



Anatomia Humana ^{7^aed.}

com

 MyHealthLab

booksmedicos.org

Elaine N. Marieb

Patricia Brady Wilhelm

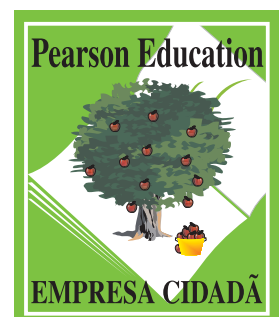
Jon Mallatt

ALWAYS LEARNING

PEARSON

Anatomia Humana ^{7^a}ed.

com



Anatomia Humana ^{7^a ed.}

com



Elaine N. Marieb
Patricia Brady Wilhelm
Jon Mallatt

Revisão técnica

Edson Aparecido Liberti

Professor Titular do Departamento de Anatomia do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP)

João-José Lachat

Professor Associado do Departamento de Cirurgia e Anatomia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP)

José Antonio Thomazini

Docente do Departamento de Cirurgia e Anatomia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP)

Tradução

Lívia Cais

Luiz Cláudio Queiroz

Maria Silene de Oliveira

PEARSON

abdr
ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE GEOMETROS
REPROGRAFICOS
Respeite o direito autoral!

©2014 by Pearson Education do Brasil
@ 2014, 2012, 2011 by Pearson Education, Inc.

Tradução autorizada a partir da edição em inglês *Human anatomy*, 7. ed., publicada pela Pearson Education, Inc.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Pearson Education do Brasil.

DIRETOR EDITORIAL E DE CONTEÚDO	ROGER TRIMER
GERENTE EDITORIAL	KELLY TAVARES
SUPERVISORA DE PRODUÇÃO EDITORIAL	SILVANA AFONSO
COORDENADORA DE DESENVOLVIMENTO	DANIELLE SALES
COORDENADORA DE PRODUÇÃO GRÁFICA	TATIANE ROMANO
EDITOR DE AQUISIÇÕES	VINÍCIUS SOUZA
EDITORA DE DESENVOLVIMENTO	CIBELE CESARIO
PREPARAÇÃO	BRUNA TOSCANO, LARA MILANI E POLIANA OLIVEIRA
REVISÃO	NORMA GUSUKUMA E IARA ARAKAKI
ESTAGIÁRIA	KARINA ONO
ÍNDICE REMISSIVO	SILVANA DE GOUVEIA
CAPA	SOLANGE RENNO
PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO	CASA DE IDEIAS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Marieb, Elaine
Anatomia humana / Elaine Marieb, Patricia Wilhelm, Jon Mallatt ;
tradução Lívia Cais, Maria Silene de Oliveira e Luiz Cláudio Queiroz ;
revisão técnica João Lachat, José Thomazini e Edson Liberti. -- São
Paulo : Pearson Education do Brasil, 2014.

Título original: Human anatomy
7. ed. americana
ISBN 978-85-4301-496-8
A-PRINT
1. Anatomia humana I. Wilhelm, Patricia Brady.
II. Mallatt, Jon. III. Título.

14-00289

DD-61
NLM-QS 18



Índice para catálogo sistemático:

1. Corpo humano : Anatomia 611




2014



Direitos exclusivos para a língua portuguesa cedidos à
Pearson Education do Brasil Ltda.,
uma empresa do grupo Pearson Education
Rua Nelson Francisco, 26
CEP 02712-100 – São Paulo – SP – Brasil
Fone: 11 2178-8686 – Fax: 11 2178-8688
vendas@pearson.com

Sumário

	Prefácio	XVII	Inclusões citoplasmáticas	35	
1	Corpo humano: orientação	1	Núcleo	35	
	Visão geral da anatomia	2	Envoltório nuclear	36	
	Subdisciplinas da anatomia	2	Nucléolo	37	
	<i>Anatomia macroscópica</i>	2	Cromatina e cromossomos	37	
	<i>Anatomia microscópica</i>	2	Ciclo de vida da célula	38	
	<i>Outros ramos da anatomia</i>	2	Interfase	38	
	Hierarquia da organização estrutural	3	Divisão celular	39	
	Escala: comprimento, volume e peso	6	<i>Mitose</i>	39	
	Terminologia anatômica	6	<i>Citocinese</i>	39	
	Anatomia macroscópica: introdução	6	Aspectos do desenvolvimento celular	39	
	Termos regionais e de direção	6	Diferenciação celular	39	
	Planos e secções do corpo	7	Envelhecimento	43	
	Estrutura do corpo humano	10	DESTAQUE		
	Cavidades e membranas do corpo	11	Mitose	40	
	<i>Cavidade dorsal</i>	11	 APLICAÇÃO CLÍNICA		
	<i>Cavidade ventral</i>	11	Hipercolesterolemia	29	
	<i>Cavidades serosas</i>	12	Doença de Tay-Sachs	32	
	Quadrantes abdominais	13	<i>Termos clínicos</i>	44	
	Variação anatômica	13	<i>Resumo do capítulo</i>	44	
	Anatomia microscópica: introdução	13	<i>Questões para revisão</i>	46	
	Microscopias de luz e eletrônica	13	3	Embriologia básica	48
	Microscopia eletrônica de varredura	15	Estágios do desenvolvimento		
	Artefatos	15	pré-natal	48	
	Anatomia clínica: introdução às técnicas de imagiologia médica	15	Plano corporal básico	49	
	Imagens de raios X	16	Período embrionário	50	
	Técnicas avançadas de raios X	17	1ª semana: do zigoto ao blastocisto	50	
	<i>Tomografia computadorizada</i>	17	2ª semana: o embrião em duas camadas	51	
	<i>Angiografia</i>	17	3ª semana: o embrião em três camadas	52	
	Tomografia por emissão de pósitrons	18	<i>A linha primitiva e as três camadas germinativas</i>	52	
	Ultrassonografia	18	<i>Notocorda</i>	53	
	Ressonância magnética	18	<i>Neurulação</i>	53	
	DESTAQUE		<i>Começa a diferenciação do mesoderma</i>	55	
	Níveis de organização estrutural	3	4ª semana: o corpo toma forma	56	
	<i>Resumo do capítulo</i>	20	<i>Dobramento</i>	56	
	<i>Questões para revisão</i>	21	<i>Derivados das camadas germinativas</i>	56	
2	Células: unidades vivas	23	5ª a 8ª semanas: o segundo mês do desenvolvimento embrionário	58	
	Visão geral das células	24	Período fetal	61	
	Membrana plasmática	25	ANÁLISE APROFUNDADA		
	Estrutura	27	Foco nos defeitos congênitos	62	
	Funções	27	 APLICAÇÃO CLÍNICA		
	Transporte da membrana	28	Gêmeos unidos (ou siameses)	51	
	Citoplasma	29	Defeitos do tubo neural	55	
	Citosol	30	<i>Termos clínicos</i>	63	
	Organelas citoplasmáticas	30	<i>Resumo do capítulo</i>	63	
	<i>Ribossomos</i>	30	<i>Questões para revisão</i>	64	
	<i>Retículo endoplasmático</i>	30	4	Tecidos	66
	<i>Complexo de Golgi</i>	31	I. Tecido epitelial	67	
	<i>Lisossomos</i>	32	Características especiais dos epitélios	68	
	<i>Mitocôndrias</i>	33	Classificação dos epitélios	68	
	<i>Peroxisomos</i>	33			
	<i>Citoesqueleto</i>	33			
	<i>Centrossomo e centríolos</i>	34			

VI Anatomia humana

<i>Epitélios simples</i>	69	Transtornos do sistema tegumentar	121
<i>Epitélios estratificados</i>	74	Queimaduras	121
Glândulas	74	Câncer de pele	123
<i>Glândulas endócrinas</i>	74	<i>Carcinoma da célula basal</i>	123
<i>Glândulas exócrinas</i>	75	<i>Carcinoma da célula escamosa</i>	123
Características da superfície epitelial	76	<i>Melanoma</i>	123
<i>Características da superfície lateral:</i>		A pele ao longo da vida	124
<i>junções intercelulares</i>	76	ANÁLISE APROFUNDADA	
<i>Característica basal: a lâmina basal</i>	78	Tatuagens	114
<i>Características da superfície apical:</i>		 APLICAÇÃO CLÍNICA	
<i>microvilosidades e cílios</i>	78	Resposta da pele ao atrito	112
II. Tecido conjuntivo	80	Úlcera de decúbito	113
Características especiais dos		Sistema de emplastro para liberação	
tecidos conjuntivos	80	de medicamento	114
Elementos estruturais dos		Sardas e nevos	115
tecidos conjuntivos	81	Cianose	115
<i>Células</i>	81	Quimioterapia e perda de pelos	119
<i>Fibras</i>	81	Acne	120
<i>Substância fundamental</i>	82	Termos clínicos	125
Classificação dos tecidos conjuntivos	83	<i>Resumo do capítulo</i>	125
<i>Tecido conjuntivo propriamente dito</i>	83	<i>Questões para revisão</i>	127
<i>Cartilagem</i>	89		
<i>Osso</i>	89	6 Ossos e tecidos	
<i>Sangue</i>	94	presentes no esqueleto	129
Membranas de cobertura e revestimento	94	Cartilagens	130
III. Tecido muscular	94	Localização e estrutura básica	130
IV. Tecido nervoso	96	Tipos de cartilagem	131
Resposta do tecido à lesão	96	<i>Cartilagem hialina</i>	131
Inflamação	98	<i>Cartilagem elástica</i>	132
Reparo	99	<i>Fibrocartilagem</i>	133
Os tecidos ao longo da vida	100	Crescimento da cartilagem	133
DESTAQUE		Ossos	133
Distinção entre os tecidos epitelial e conjuntivo	92	Função dos ossos	133
ANÁLISE APROFUNDADA		Tecido ósseo	134
Câncer — o inimigo íntimo	102	<i>Matriz extracelular</i>	134
 APLICAÇÃO CLÍNICA		<i>Células</i>	134
Membranas basais e diabetes	78	Anatomia dos ossos	135
Síndrome de Kartagener	79	<i>Classificação dos ossos</i>	135
Escorbuto	82	<i>Substâncias compacta e esponjosa</i>	136
Termos clínicos	101	<i>Estrutura de um osso longo típico</i>	136
<i>Resumo do capítulo</i>	103	<i>Estrutura dos ossos curtos, irregulares e planos</i>	137
<i>Questões para revisão</i>	105	<i>Formato do osso e tipo de tensão</i>	138
5 Sistema tegumentar	107	Estrutura microscópica dos ossos	140
Pele e hipoderme (tela subcutânea)	108	<i>Osso compacto</i>	140
Epiderme	109	<i>Osso esponjoso</i>	141
<i>Camadas da epiderme</i>	109	Desenvolvimento e crescimento ósseo	142
Derme	112	<i>Ossificação intramembranosa</i>	142
<i>Camada papilar (derme papilar)</i>	112	<i>Ossificação endocondral</i>	143
<i>Camada reticular (derme reticular)</i>	112	<i>Anatomia da cartilagem epifisial</i>	144
Hipoderme	114	<i>Crescimento pós-natal dos ossos</i>	
Cor da pele	115	<i>de origem endocondral</i>	145
Apêndices da pele (anexos cutâneos)	116	Remodelação óssea	146
Unhas	116	Recuperação de fraturas ósseas	148
Pelos e folículos pilosos	117	Distúrbios ósseos	150
<i>Pelo</i>	117	Osteoporose	150
<i>Folículos pilosos</i>	117	Osteomalácia e raquitismo	151
<i>Tipos e crescimento dos pelos</i>	119	Osteossarcoma	152
<i>Afinamento do pelo e calvície</i>	119	O esqueleto ao longo da vida	152
Glândulas sebáceas	119	ANÁLISE APROFUNDADA	
Glândulas sudoríferas	120	As maravilhosas propriedades da cartilagem	132
<i>Glândulas sudoríferas écrinas</i>	120	 APLICAÇÃO CLÍNICA	
<i>Glândulas sudoríferas apócrinas</i>	121	Acondroplasia	146
		Doença de Paget	148

Tração	150	Membro superior	196
Termos clínicos	153	Braço	196
Resumo do capítulo	153	Antebraço	198
Questões para revisão	155	Ulna	198
		Rádio	199
7 Ossos, parte 1:		Mão	199
o esqueleto axial	157	Carpó	200
Crânio	158	Metacarpo	200
Aspectos gerais da anatomia do crânio	159	Falanges dos dedos	200
Ossos do crânio	160	Cíngulo do membro inferior	202
Ossos parietais e principais suturas	160	Ílio	202
Ossos suturais	161	Ísquio	204
Osso frontal	161	Púbis	204
Osso occipital	162	Pelve e reprodução	205
Ossos temporais	163	Membro inferior	205
Osso esfenoide	165	Coxa	205
Osso etmoide	167	Perna	208
Ossos da face	169	Tíbia	208
Mandíbula	169	Fíbula	210
Maxilas	169	Pé	211
Ossos zigomáticos	170	Tarso	211
Ossos nasais	170	Metatarso	211
Ossos lacrimais	170	Falanges dos dedos dos pés	212
Ossos palatinos	173	Arcos do pé	212
Vômer	173	Distúrbios do esqueleto apendicular	213
Conchas nasais inferiores	173	O esqueleto apendicular ao longo da vida	213
Partes especiais do crânio	173	 APLICAÇÃO CLÍNICA	
Cavidade nasal	173	Fraturas da clavícula	195
Seios paranasais	173	Palpação da fratura de Colles	199
Órbitas	175	Síndrome do túnel do carpo	202
Osso hioide	176	Fratura do quadril causada por osteoporose	207
Coluna vertebral	177	Fraturas do tornozelo	208
Regiões e curvaturas normais	177	Fratura por estresse do metatarso	211
Ligamentos da coluna	178	Termos clínicos	214
Discos intervertebrais	178	Resumo do capítulo	214
Estrutura geral das vértebras	179	Questões para revisão	215
Características das vértebras	180		
Vértebras cervicais	181	9 Articulações	217
Vértebras torácicas	183	Classificação das articulações	218
Vértebras lombares	184	Articulações fibrosas	218
Sacro	184	Suturas	218
Cóccix	185	Sindesmoses	219
Caixa torácica	186	Gonfoses	219
Esterno	186	Articulações cartilagíneas	219
Costelas	186	Sincondroses	219
Distúrbios do esqueleto axial	187	Sínfises	219
Fenda palatina	187	Articulações sinoviais	220
Estenose da coluna lombar	188	Estrutura geral das articulações sinoviais	220
Curvaturas anormais da coluna vertebral	188	Movimentos realizados nas	
O esqueleto axial ao longo da vida	188	articulações sinoviais	223
 APLICAÇÃO CLÍNICA		Deslizamento	223
Desvio de septo	173	Movimentos angulares	223
Hérnia de disco	179	Movimentos especiais	225
Dente do eixo e o trauma fatal	181	Tipos de articulações sinoviais	227
Termos clínicos	190	Fatores que influenciam a estabilidade de	
Resumo do capítulo	190	articulações sinoviais	227
Questões para revisão	191	Superfícies articulares	227
		Ligamentos	227
8 Ossos, parte 2:		Tônus muscular	227
o esqueleto apendicular	193	Principais articulações sinoviais	231
Cíngulo do membro superior	194	Articulação temporomandibular	231
Clavícula	194	Articulação esternoclavicular	233
Escápula	195		






Articulação do ombro (glenoumeral)	234	ANÁLISE APROFUNDADA	
Articulação do cotovelo	234	Abuso de esteroides anabólicos	269
Articulação do carpo	234	 APLICAÇÃO CLÍNICA	
Articulação do quadril	236	Dor muscular de início tardio	260
Articulação do joelho	237	Contração muscular espasmódica momentânea	263
Articulação do tornozelo	241	Rabdomiólise	265
Distúrbios das articulações	243	Termos clínicos	270
Lesões nas articulações	243	Resumo do capítulo	271
<i>Cartilagem rompida</i>	243	Questões para revisão	272
<i>Entorses</i>	244		
<i>Deslocamentos</i>	244		
Condições inflamatórias e degenerativas	245	11 Músculos do corpo	274
<i>Bursite, tendinite e tenossinovite</i>	245	Organização dos fascículos nos músculos	275
<i>Artrite</i>	245	Sistemas de alavanca:	
As articulações ao longo da vida	247	relações osso-músculo	276
DESTAQUE		<i>Alavanca de primeira classe</i>	276
Articulações sinoviais	228	<i>Alavanca de segunda classe</i>	276
 APLICAÇÃO CLÍNICA		<i>Alavanca de terceira classe</i>	277
Disfunções temporomandibulares	233	Esquema organizacional baseado no desenvolvimento embrionário	278
Deslocamento do ombro	234	Ações e interações musculares	281
Trauma de cotovelo	234	Nomenclatura dos músculos esqueléticos	283
Lesões no joelho	240	Principais músculos esqueléticos do corpo	283
Entorse de tornozelo	241	Compartimentos musculares dos membros	286
Implante autólogo de cartilagem	244	<i>Membro superior</i>	286
Deslocamento do ombro infantil	244	<i>Membro inferior</i>	286
Termos clínicos	247	Tabela 11.1 Resumo das ações dos músculos que atuam no braço, antebraço e mão	287
Resumo do capítulo	248	Tabela 11.2 Resumo das ações dos músculos que atuam na coxa, perna e pé	289
Questões para revisão	250	Tabela 11.3 Músculos da cabeça, parte I: expressão facial	292
10 Tecido muscular esquelético	252	Tabela 11.4 Músculos da cabeça, parte II: mastigação e movimentação da língua	295
Visão geral do tecido muscular	253	Tabela 11.5 Músculos do pescoço (região cervical anterior) e da faringe: deglutição	297
Propriedades do tecido muscular	253	Tabela 11.6 Músculos do pescoço e da coluna vertebral: movimentos da cabeça e extensão do tronco	300
<i>Terminologia específica para o tecido muscular</i>	253	Tabela 11.7 Músculos profundos do tórax: respiração	304
Funções do tecido muscular	253	Tabela 11.8 Músculos da parede do abdome: movimentos do tronco e compressão das vísceras abdominais	306
Tipos de tecido muscular	253	Tabela 11.9 Músculos do assoalho da pelve e do períneo: sustentação dos órgãos abdominopélvicos	309
<i>Tecido muscular estriado esquelético</i>	253	Tabela 11.10 Músculos superficiais anteriores e posteriores do tórax: movimentos da escápula	311
<i>Tecido muscular estriado cardíaco</i>	255	Tabela 11.11 Músculos que cruzam a articulação do ombro: movimentos do braço (úmero)	315
<i>Tecido muscular liso</i>	255	Tabela 11.12 Músculos que cruzam a articulação do cotovelo: flexão e extensão do antebraço	318
Músculo esquelético	255	Tabela 11.13 Músculos do antebraço: movimentos do carpo, mão e dedos	319
Anatomia macroscópica de um músculo esquelético	255		
<i>Tecido conjuntivo e fascículos</i>	255		
<i>Nervos e vasos sanguíneos</i>	255		
<i>Conexões musculares</i>	256		
Anatomia microscópica e funcional do tecido muscular esquelético	257		
<i>Fibra muscular esquelética</i>	257		
<i>Miofibrilas e sarcômeros</i>	257		
<i>Titina e outras proteínas da miofibrila</i>	259		
<i>Retículo sarcoplasmático e sistema de túbulos transversos</i>	259		
<i>Mecanismo da contração</i>	260		
<i>Extensão muscular</i>	262		
<i>Comprimento da fibra muscular e força de contração</i>	262		
<i>Inervação do músculo esquelético</i>	262		
<i>Tipos de fibras musculares esqueléticas</i>	264		
Distúrbios do tecido muscular esquelético	267		
Distrofia muscular	267		
Síndrome da dor miofascial	268		
Fibromialgia	268		
O tecido muscular esquelético ao longo da vida	268		



Tabela 11.14 Músculos intrínsecos da mão: movimentos precisos dos dedos	325	<i>Corpo celular</i>	366
Tabela 11.15 Músculos que cruzam as articulações do quadril e do joelho: movimentos da coxa e perna	328	<i>Processos neuronais</i>	367
Tabela 11.16 Músculos da perna: movimentos do tornozelo e dedos dos pés	336	<i>Sinapses</i>	368
Tabela 11.17 Músculos intrínsecos do pé: movimento dos dedos e sustentação do pé	342	<i>Classificação dos neurônios</i>	369
Anatomia de superfície por região	345	Neuróglia	371
Cabeça	346	<i>Neuróglia no SNC</i>	371
Crânio	346	<i>Neuróglia no SNP</i>	373
Face	346	<i>Bainhas de mielina</i>	373
Pescoço	347	Anatomia macroscópica do sistema nervoso: visão geral	375
Marcos esqueléticos	347	Substâncias cinzenta e branca do SNC	375
Músculos do pescoço	348	Nervos	375
Trígonos do pescoço	348	Integração neuronal	376
Tórax	348	Arcos reflexos	377
Marcos esqueléticos	348	<i>Reflexo monossináptico</i>	377
Músculos do tórax	348	<i>Reflexo polissináptico</i>	377
Abdome	348	Circuitos neuronais	377
Marcos esqueléticos	348	<i>Circuito divergente</i>	378
Músculos e outras características da superfície do abdome	349	<i>Circuito convergente</i>	379
Dorso	350	<i>Circuito reverberante</i>	379
Ossos do dorso	350	<i>Processamento serial</i>	379
Músculos do dorso	350	<i>Processamento paralelo</i>	379
Membro superior e ombro	351	Integração entre o SNP e o SNC	379
Axila	351	Transtornos do tecido nervoso	381
Ombro	351	Esclerose múltipla	381
Braço	352	Regeneração neuronal	381
Região do cotovelo	352	O tecido nervoso ao longo da vida	383
Antebraço e mão	353	Desenvolvimento embrionário do tecido nervoso	383
Membro inferior e região glútea	353	DESTAQUE	
Região glútea	353	Vias neuronais	380
Coxa	355	APLICAÇÃO CLÍNICA	
Perna e pé	355	Gliomas	373
DESTAQUE		Neuralgia do trigêmeo	373
Ação do músculo	282	Lesões e regeneração na medula espinal	382
APLICAÇÃO CLÍNICA		Termos clínicos	384
Síndrome do compartimento	286	Resumo do capítulo	385
Torcicolo	300	Questões para revisão	386
Hérnia	306	13 Parte central do sistema nervoso	388
Cotovelo de tenista	319	Encéfalo	389
Lacerações no pescoço	348	Desenvolvimento embrionário do encéfalo	389
Trígono da ausculta	350	Partes básicas e organização do encéfalo	391
Injeções intramusculares glúteas	354	Ventrículos do encéfalo	391
Termos clínicos	357	Tronco encefálico	392
Resumo do capítulo	357	<i>Bulbo (medula oblonga)</i>	392
Questões para revisão	360	<i>Ponte</i>	395
12 Fundamentos do sistema nervoso e tecido nervoso	362	<i>Mesencéfalo</i>	395
Organização funcional do sistema nervoso	363	Cerebelo	397
Funções do sistema nervoso	363	<i>Pedúnculos cerebelares</i>	398
Divisões básicas do sistema nervoso	363	Diencefalo	399
Sensitiva somática (SS)	365	Tálamo	399
Sensitiva visceral (SV)	365	Hipotálamo	399
Motor somático (MS)	366	Epitálamo	401
Motor visceral (MV)	366	Cérebro (telencéfalo)	402
Tecido nervoso	366	<i>Lobos dos hemisférios cerebrais</i>	402
Neurônio	366	Áreas funcionais do córtex cerebral	402
		Substância branca do cérebro	410
		Substância cinzenta profunda do cérebro	412
		Sistemas funcionais do encéfalo	413
		Sistema límbico	413
		Formação reticular	415
		Proteção do encéfalo	416
		Meninges	417


X Anatomia humana




<i>Líquido cerebrospinal</i>	418	VII. Nervo facial	456
<i>Barreira hematoencefálica</i>	419	VIII. Nervo vestibulococlear	457
Medula espinal	421	IX. Nervo glossofaríngeo	458
Substância branca da medula espinal	423	X. Nervo vago	459
Substância cinzenta da medula espinal e raízes espinais	425	XI. Nervo acessório	460
Proteção da medula espinal	426	XII. Nervo hipoglosso	460
Vias sensitivas e motoras no SNC	426	Nervos espinais	461
Vias ascendentes	427	Inervação do dorso	463
<i>Via espinocerebelar</i>	427	Inervação das paredes anteriores do tórax e do abdome	463
<i>Via do funículo posterior-lemnisco medial</i>	427	Introdução aos plexos nervosos	463
<i>Via espinotalâmica</i>	430	<i>Plexo cervical e inervação do pescoço</i>	463
Vias descendentes	430	<i>Plexo braquial e inervação do membro superior</i>	464
<i>Vias diretas (tratos piramidais)</i>	430	<i>Plexo lombar e inervação do membro inferior</i>	470
<i>Vias indiretas (tratos extrapiramidais)</i>	430	<i>Plexo sacral e inervação do membro inferior</i>	472
Transtornos da parte central do sistema nervoso	433	Inervação das articulações do corpo	476
Lesões da medula espinal	433	Inervação da pele: dermatomas	476
Disfunção cerebral	433	Distúrbios da parte periférica do sistema nervoso	478
<i>Acidentes vasculares cerebrais</i>	433	Herpes-zóster	478
<i>Doença de Alzheimer</i>	435	Enxaquecas	478
A parte central da sistema nervoso ao longo da vida	436	Neuropatia periférica	478
Desenvolvimento embrionário e condições congênitas	436	A parte periférica do sistema nervoso ao longo da vida	478
Alterações pós-natais no encéfalo	437	DESTAQUE	
ANÁLISE APROFUNDADA		Inervação do membro superior	467
Lesão encefálica traumática (ou traumatismo crânio-encefálico)	434	Inervação do membro inferior	473
 APLICAÇÃO CLÍNICA		ANÁLISE APROFUNDADA	
Localização de uma lesão no tronco encefálico	397	Síndrome pós-pólio: o drama de algumas vítimas que se "recuperaram" da pólio	479
Lesões no cerebelo	399	 APLICAÇÃO CLÍNICA	
Por que os adolescentes não dormem cedo?	402	Parestesia	449
Dor do membro fantasma	406	Anosmia	452
Agnosia	408	Lesão do nervo óptico	452
Síndrome da negligência	409	Paralisia do nervo oculomotor	453
Discinesia	412	Lesão no nervo troclear	453
Hidrocefalia	421	Anestesia nas maxilas na mandíbula	455
Paralisia flácida e espástica	425	Paralisia do nervo abducente	455
Meningite	426	Paralisia de Bell	457
Esclerose lateral amiotrófica (ELA)	432	Lesão do nervo vestibulococlear	457
Termos clínicos	438	Lesão do nervo glossofaríngeo	458
Resumo do capítulo	438	Lesão do nervo vago	459
Questões para revisão	440	Lesão do nervo acessório	460
		Lesão do nervo hipoglosso	460
		Soluções	464
		Lesões do plexo braquial	466
		Lesão no nervo mediano	469
		Lesões no nervo ulnar	469
		Lesões do nervo radial	469
		Compressão dos nervos espinais lombares	471
		Lesões no nervo isquiático	475
		Importância clínica dos dermatomas	477
		Termos clínicos	480
		Resumo do capítulo	480
		Questões para revisão	482
14 Parte periférica do sistema nervoso	443	15 Divisão autônoma do sistema nervoso e neurônios sensitivos viscerais	484
Organização da parte periférica do sistema nervoso	444	Visão geral da divisão autônoma do sistema nervoso	485
Receptores sensitivos periféricos	445		
Classificação funcional	445		
<i>Localização dos receptores</i>	445		
<i>Tipo de estímulo</i>	445		
Classificação estrutural	445		
<i>Terminações nervosas livres</i>	445		
<i>Terminações nervosas encapsuladas</i>	447		
Nervos cranianos	449		
I. Nervo olfatório	452		
II. Nervo óptico	452		
III. Nervo oculomotor	453		
IV. Nervo troclear	453		
V. Nervo trigêmeo	454		
VI. Nervo abducente	455		

Comparação dos sistemas motores somático e autônomo	485	Músculos extrínsecos do bulbo do olho	512
Partes da divisão autônoma do sistema nervoso	487	Anatomia do bulbo do olho	513
Parte parassimpática	489	Túnica fibrosa	513
Eferência craniana	489	Túnica vascular	515
Nervo oculomotor (III)	489	Túnica interna	515
Nervo facial (VII)	489	Câmaras e fluidos internos	518
Nervo glossofaríngeo (IX)	490	Lente	519
Nervo vago (X)	490	Olho como dispositivo óptico	520
Eferência sacral	490	Vias visuais	521
Parte simpática	493	Via visual para o córtex cerebral	522
Organização básica	493	Vias visuais para outras partes do cérebro	523
Gânglios do tronco simpático	493	Desenvolvimento embrionário do olho	523
Gânglios pré-vertebrais	494	Transtornos oculares e visuais	523
Vias simpáticas	494	Orelha: audição e equilíbrio	525
Vias para a periferia do corpo	495	Orelha externa	525
Vias para a cabeça	495	Orelha média	525
Vias para os órgãos torácicos	496	Orelha interna	528
Vias para os órgãos abdominais	496	Cóclea	528
Vias para os órgãos pélvicos	496	Vestíbulo, utrículo e sáculo	531
O papel da medula suprarrenal na parte simpática	497	Canais semicirculares e ductos semicirculares	532
Neurônios sensitivos viscerais	498	Vias da audição e do equilíbrio	533
Reflexos viscerais	499	Desenvolvimento embrionário da orelha	534
Controle central da divisão autônoma do sistema nervoso	500	Transtornos de audição e de equilíbrio	535
Controle pelo tronco encefálico e pela medula espinal	500	Cinetose	535
Controle pelo hipotálamo e pelo corpo amigdalóide	501	Síndrome de Ménière	536
Controle pelo córtex cerebral	501	Surdez	536
Transtornos da divisão autônoma do sistema nervoso	501	Os órgãos dos sentidos ao longo da vida	536
A divisão autônoma do sistema nervoso ao longo da vida	502	Olfação e paladar	536
DESTAQUE		Visão	536
Comparação da inervação motora somática e autônoma	486	Audição	537
 APLICAÇÃO CLÍNICA		APLICAÇÃO CLÍNICA	
Neuropatia autônoma	488	Estrabismo	513
Síndrome de Horner	496	Transplantes de córnea	514
Hipertensão induzida por estresse	498	Degeneração macular relacionada à idade (DMRI)	517
Reação reflexa em massa	500	Descolamento de retina	518
Termos clínicos	503	Glaucoma	519
Resumo do capítulo	503	Catarata	520
Questões para revisão	504	Transtornos de foco	521
16 Órgãos dos sentidos	506	Tímpano perfurado	525
Sentidos químicos: paladar e olfato	507	Infecções da orelha média	527
Paladar (gustação)	507	Otosclerose	527
Calículos gustatórios	507	Termos clínicos	537
Sensibilidade e via gustatória	508	Resumo do capítulo	538
Olfato (olfação)	508	Questões para revisão	540
Desenvolvimento embrionário dos sentidos químicos	509	17 Sistema endócrino	542
Transtornos dos sentidos químicos	509	Visão geral	543
Olho e visão	510	Órgãos endócrinos	543
Estruturas acessórias do olho	510	Hormônios	543
Supercílios	510	Classes de hormônios	543
Pálpebras	511	Ação hormonal básica	544
Túnica conjuntiva	511	Controle da secreção hormonal	544
Aparelho lacrimal	511	Principais órgãos endócrinos	545
		Glândula hipófise	545
		Anatomia macroscópica	545
		Adeno-hipófise	545
		Controle hipotalâmico da secreção hormonal pela adeno-hipófise	547
		Neuro-hipófise	548
		Glândula tireoide	551
		Anatomia macroscópica	551
		Anatomia microscópica	551
		Glândulas paratireóides	553

XII Anatomia humana

<i>Anatomia macroscópica</i>	553
<i>Anatomia microscópica</i>	553
Glândulas suprarrenais	554
<i>Anatomia macroscópica</i>	554
<i>Medula da glândula suprarrenal</i>	554
<i>Córtex da glândula suprarrenal</i>	555
Glândula pineal	555
Pâncreas	556
Timo	557
Gônadas	557
Outras estruturas endócrinas	557
Transtornos do sistema endócrino	558
Transtornos da hipófise	558
Transtorno do pâncreas: diabetes melito	559
<i>Diabetes tipo 1</i>	559
<i>Diabetes tipo 2</i>	559
Transtornos da glândula tireoide	559
Transtornos do córtex da glândula suprarrenal	560
O sistema endócrino ao longo da vida	561
DESTAQUE	
Interações do hipotálamo e da hipófise	548
 APLICAÇÃO CLÍNICA	
Usos terapêuticos do hormônio do crescimento	547
Usos terapêuticos da oxitocina	551
Tratamento da osteoporose	552
Termos clínicos	562
Resumo do capítulo	563
Questões para revisão	565
18 Sangue	567
Composição do sangue	568
Plasma sanguíneo	568
Elementos figurados (formadores)	569
<i>Eritrócitos</i>	570
<i>Leucócitos</i>	571
<i>Plaquetas</i>	574
Formação da célula sanguínea	575
Medula óssea como sítio de hematopoiese	575
Linhagens celulares na formação das células sanguíneas	576
<i>Gênese dos eritrócitos</i>	578
<i>Formação dos leucócitos e plaquetas</i>	578
Transtornos do sangue	578
Transtornos dos eritrócitos	579
Transtornos dos leucócitos	579
Transtornos das plaquetas	581
O sangue ao longo da vida	581
ANÁLISE APROFUNDADA	
Transplantes de medula óssea e de sangue do cordão umbilical	580
 APLICAÇÃO CLÍNICA	
Hemocromatose	569
Talassemia	570
Hemograma completo	574
Trombo	575
Quantidades anormais de células sanguíneas imaturas	578
Termos clínicos	581
Resumo do capítulo	582
Questões para revisão	583

19 Coração	585
Localização e orientação dentro do tórax	586
Estrutura do coração	588
Revestimentos	588
Camadas da parede cardíaca	588
Câmaras cardíacas	589
<i>Átrio direito</i>	589
<i>Ventrículo direito</i>	589
<i>Átrio esquerdo</i>	593
<i>Ventrículo esquerdo</i>	593
Valvas cardíacas	593
Estrutura das valvas	593
Função das valvas	593
Bulhas cardíacas	595
Percurso do sangue através do coração	596
Tecido muscular cardíaco	598
Estrutura do músculo cardíaco	599
Mecanismo de contração	600
Complexo estimulante do coração e inervação	600
Complexo estimulante do coração	600
Inervação	602
Suprimento sanguíneo do coração	602
Artérias coronárias	603
Veias do coração	603
Transtornos do coração	603
Doença arterial coronariana	603
Insuficiência cardíaca	604
Transtornos do complexo estimulante do coração	604
O coração ao longo da vida	606
Desenvolvimento do coração	606
O coração na idade adulta e na velhice	607
DESTAQUE	
Fluxo sanguíneo através do coração	597
ANÁLISE APROFUNDADA	
Doença arterial coronariana	605
 APLICAÇÃO CLÍNICA	
Pericardite e tamponamento cardíaco	588
Transtornos valvares	596
Cardiomiopatia hipertrófica	598
Danos ao complexo estimulante	602
Termos clínicos	608
Resumo do capítulo	609
Questões para revisão	610
20 Vasos sanguíneos	612
Parte 1: Características gerais dos vasos sanguíneos	613
Estrutura das paredes dos vasos sanguíneos	613
Tipos de vasos sanguíneos	613
Artérias	613
<i>Artérias elásticas</i>	614
<i>Artérias musculares</i>	615
<i>Arteriolas</i>	616
Capilares	616
<i>Capilares contínuos</i>	616
<i>Capilares fenestrados</i>	616
<i>Capilares sinusoides</i>	616
<i>Permeabilidade capilar</i>	617

Capilares de baixa permeabilidade: a barreira hematoencefálica	617	Linfonodos	663
Leitos capilares	618	Baço	664
Vasos venosos	618	Tonsilas	665
Vênulas	618	Nódulos linfáticos agregados e o apêndice	665
Veias	618	Transtornos dos sistemas linfático e imune	666
Anastomoses vasculares	620	Os sistemas linfático e imune ao longo da vida	667
Parte 2: Vasos sanguíneos do corpo	621	ANÁLISE APROFUNDADA	
Circulação pulmonar	621	Aids: o flagelo da atualidade?	661
Circulação sistêmica	621	 APLICAÇÃO CLÍNICA	
Artérias sistêmicas	621	Vasos linfáticos e edema	654
Aorta	622	Linfonodos intumescidos	655
Artérias da cabeça e pescoço	624	Vacinação	660
Artérias do tórax	626	Esplenectomia	665
Artérias dos membros superiores	627	Termos clínicos	667
Artérias do abdome	628	Resumo do capítulo	668
Artérias da pelve e dos membros inferiores	631	Questões para revisão	669
Veias sistêmicas	633	22 Sistema respiratório	671
Veias cavas e seus principais tributários	635	Anatomia funcional do sistema respiratório	672
Veias da cabeça e pescoço	635	Nariz e seios paranasais	672
Veias do tórax	636	Nariz	672
Veias dos membros superiores	636	Cavidade nasal	672
Veias do abdome	638	Seios paranasais	676
Anastomoses portossistêmicas	641	Faringe	677
Veias da pelve e membros inferiores	641	Parte nasal da faringe	677
Transtornos dos vasos sanguíneos	643	Parte oral da faringe	678
Os vasos sanguíneos ao longo da vida	647	Parte laríngea da faringe	678
Circulação fetal	647	Laringe	678
Vasos que entram e saem da placenta	647	Produção de voz	679
Derivações para fora da circulação pulmonar	647	Funções do esfíncter da laringe	681
Os vasos sanguíneos na idade adulta	648	Inervação da laringe	681
DESTAQUE		Traqueia	681
Circulação fetal e neonatal	645	Árvore bronquial	682
ANÁLISE APROFUNDADA		Brônquios na parte de condução	682
Aterosclerose? Livre-se do dano cardiovascular	644	Parte de respiração	683
 APLICAÇÃO CLÍNICA		Pulmões e pleuras	686
Veias varicosas (varizes)	620	Anatomia macroscópica dos pulmões	686
Pontos de pulsação na cabeça e no pescoço	625	Suprimento sanguíneo e inervação dos pulmões	686
Pontos de pulsação no membro superior	627	Pleuras	687
Pontos de pulsação no membro inferior	632	Ventilação	690
Importância médica do seio cavernoso	635	Mecanismo da ventilação	691
Importância médica das veias safenas	642	Inspiração	691
Termos clínicos	649	Expiração	691
Resumo do capítulo	649	Controle neural da ventilação	693
Questões para revisão	650	Transtornos do sistema respiratório	694
21 Sistemas linfático e imune	652	Asma brônquica	694
Sistema linfático	653	Fibrose cística	694
Capilares linfáticos	653	Doença pulmonar obstrutiva crônica	696
Vasos (coletores) linfáticos	654	Bronquite crônica	696
Transporte da linfa	654	Enfisema	697
Linfonodos	655	O sistema respiratório ao longo da vida	697
Anatomia microscópica	655	ANÁLISE APROFUNDADA	
Troncos linfáticos	655	Câncer de pulmão: os fatos por trás da nuvem de fumaça	695
Ductos linfáticos	656	 APLICAÇÃO CLÍNICA	
Ducto torácico	656	Rinite	675
Ducto linfático direito	657	Epistaxe	675
Sistema imune	658	Sinusite	677
Linfócitos	658	Infecção da tonsila faríngea	677
Diferenciação e ativação de linfócitos	659	Laringite	680
Tecido linfático	660		
Órgãos linfáticos	662		
Timo	663		

XIV Anatomia humana

Traqueotomia e traqueostomia	681
Pleurisia e efusão pleural	690
Pulmão colapsado	691
Síndrome da angústia respiratória	692
Termos clínicos	699
Resumo do capítulo	699
Questões para revisão	701

23 Sistema digestório

Visão geral	704
Regiões abdominais	705
Cavidade peritoneal e peritônio	708
Mesentérios	708
Processos digestórios	710
Anatomia do tubo digestório	711
Histologia	711
Mucosa	711
Submucosa	711
Muscular	713
Serosa	713
Músculo liso	713
Estrutura do músculo liso	713
Mecanismo de contração	714
Inervação do músculo liso e das glândulas	714
Boca e órgãos anexos	715
Boca	715
Língua	716
Dentes	717
Glândulas salivares	719
Faringe	720
Esôfago	721
Anatomia macroscópica	721
Anatomia microscópica	721
Estômago	722
Anatomia macroscópica	722
Anatomia microscópica	724
Intestino delgado	724
Anatomia macroscópica	726
Anatomia microscópica	727
Intestino grosso	729
Anatomia macroscópica	729
Anatomia microscópica	732
Anatomia dos órgãos anexos	733
Fígado	733
Anatomia macroscópica	736
Anatomia microscópica	738
Vesícula biliar	739
Anatomia macroscópica	739
Anatomia microscópica	740
Pâncreas	740
Anatomia macroscópica	740
Anatomia microscópica	740
Transtornos do sistema digestório	741
Úlceras pépticas	741
Obstrução intestinal	741
Doença inflamatória intestinal	742
Hepatite viral	742
Fibrose cística e pâncreas	743
O sistema digestório ao longo da vida	743
Desenvolvimento embrionário	743
Sistema digestório na velhice	744

DESTAQUE

Peritônio e órgãos do sistema digestório	706
Processos digestórios e histologia do tubo digestório	734



APLICAÇÃO CLÍNICA

Ruídos intestinais	705
Peritonite	708
Dentes impactados	717
Doença gengival	719
Caxumba	720
Hérnia de hiato e doença do refluxo gastroesofágico	722
Apendicite	730
Diverticulose e diverticulite	731
Hemorroidas	731
Cirrose	739
Cálculos biliares	740
Inflamação do pâncreas ou pancreatite	740
Anomalias do desenvolvimento	744
Termos clínicos	745
Resumo do capítulo	745
Questões para revisão	748

24 Sistema urinário

Rins	751
Anatomia macroscópica dos rins	751
Localização e anatomia externa	751
Anatomia macroscópica interna	752
Suprimentos sanguíneo e nervoso dos rins	754
Anatomia microscópica dos rins	755
Mecanismos de produção da urina	755
Estrutura do néfron	755
Vasos sanguíneos associados aos néfrons	760
Complexo justaglomerular	760
Ureteres	761
Anatomia macroscópica	761
Anatomia microscópica	761
Bexiga urinária	762
Anatomia macroscópica	762
Anatomia microscópica	763
Uretra	764
Micção	765
Transtornos do sistema urinário	766
Infecções do trato urinário	766
Cálculos renais	767
Câncer dos órgãos urinários	767
O sistema urinário ao longo da vida	768



APLICAÇÃO CLÍNICA

Pielonefrite	753
Pielografia	761
Disfunções urinárias	766
Transplante renal	767
Termos clínicos	770
Resumo do capítulo	770
Questões para revisão	772

25 Sistema genital

Sistema genital masculino	775
Testículos	775

Localização	775	Câncer de próstata	806
Anatomia macroscópica	776	Cânceres do sistema genital nas mulheres	807
Anatomia microscópica	778	Câncer de ovário	807
Ductos reprodutores masculinos (vias espermáticas)	778	Câncer do endométrio	807
Epidídimo	779	Câncer de colo	807
Ducto deferente	780	Câncer de mama	807
Funículo espermático	780	O sistema genital ao longo da vida	808
Uretra	781	Desenvolvimento embrionário dos órgãos sexuais	808
Glândulas acessórias	781	Descida das gônadas	810
Glândulas seminais	781	Puberdade	811
Próstata	781	Menopausa	812
Glândulas bulbouretrais	783	ANÁLISE APROFUNDADA	
Pênis	783	Métodos contraceptivos: usar ou não?	797
Vasos e nervos	784	 APLICAÇÃO CLÍNICA	
Resposta sexual masculina	784	Varicocele	778
Períneo masculino	784	Vasectomia	780
Espermatogênese	785	Hérnia inguinal	781
Sistema genital feminino	787	Hiperplasia prostática benigna (HPB)	783
Ovários	787	Circuncisão	784
Anatomia macroscópica	787	Doença inflamatória pélvica	790
Anatomia microscópica	789	Endometriose	796
Tubas uterinas	789	Episiotomia	799
Útero	790	Gravidez ectópica	803
Sustentação do útero	791	Placenta deslocada — Placenta prévia	805
Parede uterina	791	Hipospádia	810
Ovogênese e ciclo menstrual feminino	792	Criptorquidismo	811
Ovogênese	792	Termos clínicos	812
Ciclo ovariano	793	Resumo do capítulo	813
Ciclo uterino	795	Questões para revisão	815
Vagina	798	Apêndice A Sistema métrico	817
Órgãos genitais externos e períneo feminino	799	Apêndice B Respostas	819
Mamas	799	Glossário	827
Gravidez e parto	800	Índice remissivo	839
Gravidez	801	Raízes das palavras	887
Eventos que levam à fertilização	801	Créditos	889
Implantação	802	Sobre os autores	891
Formação da placenta	804		
Troca através da placenta	804		
Parto	805		
Transtornos do sistema genital	806		
Cânceres do sistema genital nos homens	806		
Câncer de testículo	806		

Prefácio

Ensinar anatomia não se trata apenas de apresentar os fatos. É preciso fornecer informações em um cenário que incentive uma compreensão sólida, conceber novas abordagens que ajudem os alunos a se lembrar de uma grande quantidade de informação, de forma que eles possam aplicar o que aprenderam em novas situações. O tempo todo você espera inspirar nos alunos amor pelo assunto.

Depois de muitos anos ensinando anatomia humana, convencemos-nos de que novas abordagens para o assunto estimulam e desafiam a curiosidade natural dos alunos. É por isso que decidimos escrever este livro e temos a sorte de ter colaborado com a Pearson Education, uma editora que compartilha do nosso objetivo: definir um novo padrão para a eficácia pedagógica e visual em um texto de anatomia.

Este livro é mais direcionado aos cursos de fisioterapia, nutrição, enfermagem, farmácia, psicologia, biomedicina, ciências biomédicas e educação física. Por isso, desde o princípio trabalhamos para diferenciar *Anatomia humana* de outros livros de anatomia atualmente disponíveis.

Esta obra explica a anatomia por completo, e suas discussões não são meramente breves resumos de estudo, ao apresentar os conceitos básicos de anatomia — geral, microscópica, de desenvolvimento e clínica — de forma clara, organizada, atualizada e bem ilustrada. Percebemos que a aprendizagem de anatomia envolve a assimilação de uma grande quantidade de informação e tentamos fazer nossa apresentação o mais lógica e acessível possível. Com esse objetivo, apresentamos a anatomia como uma “história” que pode ser explicada e entendida, convencendo os alunos de que a estrutura do corpo faz sentido.

Embora a anatomia geral descritiva seja uma ciência relativamente estática, o conhecimento está crescendo rapidamente nos subcampos da anatomia funcional, neuroanatomia, anatomia do desenvolvimento e nos aspectos funcionais da anatomia do tecido e da célula. Este texto objetiva também acompanhar a explosão do conhecimento nesses subcampos e apresentar a anatomia de uma maneira que permita aos estudantes de biologia, cuja formação está se tornando cada vez mais molecular e celular, ancorar o seu treinamento bioquímico e médico no contexto físico do corpo humano.

Abordagem funcional

Enfatizamos bastante o tema da anatomia funcional, considerando cuidadosamente as características de adaptação das estruturas anatômicas do corpo. Sempre que possível, explicamos como a forma e a composição das estruturas anatômicas permitem o desempenho das funções. Tal anatomia funcional não é fisiologia (que foca nos mecanismos biológicos), mas tem mais a ver com “análise do projeto”. Essa abordagem é de extrema importância para um texto neste nível.

Anatomia microscópica

Trabalhamos para oferecer um tratamento especialmente eficaz da anatomia microscópica. Muitos textos de graduação tratam a histologia como um subcampo menor e especializado, que ocupa um lugar de menor importância na anatomia geral. Isso é lamentável, porque a maioria dos processos fisiológicos e doenças ocorre no nível celular e do tecido, e a maioria dos estudantes da área de saúde precisa de uma formação sólida em histologia e estrutura subcelular para se preparar para seus cursos de fisiologia.

Embriologia

O texto foi preparado para apresentar a embriologia da forma mais eficaz e lógica, uma vez que os fundamentos deveriam ser apresentados no início do texto, antes das discussões mais avançadas sobre os sistemas de órgãos em desenvolvimento nos capítulos relevantes. Portanto, o Capítulo 3 é uma introdução básica à embriologia, com os conceitos mais importantes de uma forma concisa, didática e visualmente reforçada com um projeto gráfico claro.

Abordagem

A maioria dos capítulos deste livro é encerrada com uma seção “... ao longo da vida”, na qual se resume o desenvolvimento embrionário de todos os órgãos do nosso corpo e, em seguida, examina como esses órgãos mudam ao longo de nossa vida. São apontadas algumas doenças particularmente comuns durante determinados períodos e são considerados os efeitos do envelhecimento. As implicações do envelhecimento são particularmente importantes no currículo dos alunos, pois muitos de seus pacientes estarão nessa faixa etária.

Apresentação de terminologia

A terminologia complexa de anatomia é um dos aspectos mais difíceis para que o assunto se torne interessante e acessível. Com esse objetivo, destacamos alguns termos importantes em negrito. Além disso, incluímos a tradução em latim ou grego de quase todos os termos no momento em que eles são introduzidos no texto. Isso promove a aprendizagem através da demonstração aos alunos, uma vez que os termos difíceis têm derivação simples e lógica. A terminologia clínica também é apresentada na seção de **Termos clínicos** encontrada na conclusão da maioria dos capítulos. Um glossário útil e uma lista das raízes das palavras e sufixos estão situados no fim do texto. Os termos estão de acordo com a terminologia anatômica.

Projeto gráfico bem-elaborado

Com um estilo dinâmico, tridimensional e realista, com um layout ampliado para algumas figuras na seção **DESTAQUE**, o livro ajuda os alunos a compreender temas difíceis da anatomia. Essas figuras-chave transmitem conceitos complexos, de difícil visualização, de uma maneira fácil de ser compreendida.

O objetivo desta obra é tornar a anatomia visualmente atraente, acessível e relevante, de modo que atenda a todas as necessidades atuais dos alunos, já que, na medida do possível, procuramos tornar o aprendizado de conceitos-chave de anatomia uma atividade fácil e agradável.

Agradecimentos

O livro teve a colaboração de profissionais qualificados, competentes e dedicados. Esta experiência reforça a importância de desenvolver habilidades de colaboração em nossos alunos. Muitas pessoas estiveram envolvidas nas várias fases de manuscrito, preparação, revisão e produção. Cada pessoa mencionada a seguir influenciou diretamente e melhorou o produto final da versão americana. Agradecemos a todos eles.

Serina Beauparlant, editora, norteou o planejamento e implementação do livro impresso e eletrônico. A compreensão de Serina quanto às necessidades dos professores e alunos, sua forma de abordagem e a dedicação em produzir o melhor produto disponível se mostraram incalculáveis. Agradecemos a ela por sua liderança e amizade. Shannon Cutt, editora, de forma eficiente gerenciou o manuscrito durante o processo editorial e também coordenou a produção de todas as novas fotos do cadáver e micrografias encomendadas para a sétima edição americana. Por se tratar de uma tarefa bastante trabalhosa, Shannon trouxe suas incríveis habilidades de organização e atenção aos detalhes, coordenando os dissecadores, histologistas e autores de numerosos títulos da Pearson e mantendo o controle de qual livro necessitava de qual imagem, os números

das figuras e os pedidos especiais dos autores. Tudo realizado com alegria e eficiência. Aimee Pavy, produtora de mídia, supervisionou o desenvolvimento do programa de mídia do livro, e Sarah Young-Dualan, produtora de mídia sênior, supervisionou o desenvolvimento do laboratório de anatomia prática. Stacey Weinberger novamente contribuiu para este texto com sua experiência na produção. Derek Perrigo, nosso gerente de marketing, que de forma eficiente cuida da parte de mercado, sempre em contato com professores e alunos, forneceu feedback sobre o que eles fazem ou não gostam em relação ao texto e os produtos de mídia. Obrigado a todos vocês.

Ellie Marcus dirigiu o desenvolvimento das novas figuras da sétima edição americana, contidas na seção **DESTAQUE**, e ajudou a revisar e selecionar outras figuras e tabelas. Ellie transformou maquetes de alguns dos temas mais desafiadores em anatomia humana em apresentações visualmente claras. Seu conhecimento do conteúdo, habilidades em apresentação visual e sua capacidade de resposta ao autor, ao editorial e inputs na revisão resultaram em novas figuras impressionantes que são ao mesmo tempo informativas e convidativas. Kristin Piljay fez um excelente trabalho como pesquisadora em fotografia, obtendo as muitas novas imagens clínicas e a permissão para a sua utilização. Um agradecimento especial à equipe de imagens por produzir as novas e retocadas peças de arte.

Michele Mangelli, da Mangelli Productions, realizou a produção da sétima edição americana de *Anatomia humana* com eficiência e habilidade e gerenciou a equipe de sessão de fotos de cadáveres.

Agradecemos a outros membros da equipe de produção: Karen Gulliver, supervisora de produção, Jean Lake, coordenador de arte e fotografia, e Sally Peyrefitte, editora, por seu excelente trabalho e atenção aos detalhes. Muitos agradecimentos vão para Tani Hasegawa, por uma bela capa e desenhos internos. Nós também apreciamos o belo trabalho da Cenveo Publisher Services/Nesbitt Graphics, Inc. na montagem das páginas da edição americana.

Alguns agradecimentos especiais aos colegas que contribuíram de várias maneiras para esta revisão, e que ficou aparente ao longo de todo o texto: o incrível trabalho da equipe de cadáver, a disseccionista e fotógrafa dra. Karen Krabbenhoft, da University of Wisconsin, Madison, e o editor de fotografia Winston Charles Poulton, da University of Florida. Da dissecação à fotografia final, essa equipe apresentou imagens claras, nítidas, com a intenção de ilustrar a estrutura anatômica da forma mais real possível.

As micrografias encontradas ao longo do texto são resultado do trabalho qualificado do dr. William Karkow, da University of Dubuque, que obteve amostras de tecido humano normal e doente, ajustou, coloriu

e fotografou numerosas espécimes e forneceu fotomicrografias às exigentes especificações da equipe do autor. Agradecemos a ele por suas imagens, experiência, perseverança e paciência.

Kristina Aldridge, Daniel Belliveau, Todd Gordon, Leslie Hendon, Jeremy Ingraham, Leif Saul, Katherine Schmeidler e Michael Wiley revisaram as primeiras versões das figuras da sétima edição americana contidas na seção **DESTAQUE**. Sua perspicácia e experiência contribuíram significativamente para o ótimo resultado dessas figuras. A administração do Community College de Rhode Island ofereceu licença à Patricia Brady Wilhelm enquanto ela trabalhou na presente edição. Agradecemos também a Leslie Hendon, da University of Alabama, em Birmingham.

Queremos também agradecer aos revisores, que nos ofereceram seus conhecimentos e críticas construtivas para melhorar a arte e o texto. Sua contribuição resultou na excelência contínua e precisão do texto.

Joslyn Ahlgren, University of Florida

Kristina Aldridge, University of Missouri-School of Medicine

Kathleen Azevedo, University of California at Berkeley Extension; Las Positas College

Daniel Belliveau, University of Western Ontario

Heather Billings, West Virginia University

Jeff Blodig, Johnson County Community College

Debra Carlson, Normandale Community College

Thomas Carlson, University of California at Berkeley

Carl Christensen, Austin Community College

Michael Gilbert, Fresno City College

Todd Gordon, Kansas City Kansas Community College

Leslie Hendon, University of Alabama-Birmingham
Katja Hoehn, Mount Royal University
Jeremy Ingraham, The University of North Carolina at Greensboro

Marie Kelly-Worden, Ball State University
Michael Klug, Minneapolis Community and Technical College

Michael Koot, Michigan State University

Dana Peterson, University of Alabama-Birmingham

Carmen Rexach, Mt. San Antonio College

Leif Saul, Colorado State University

Katherine Schmeidler, Irvine Valley College

Shelley Thai, Glendale Community College

Anthony Weinhaus, University of Minnesota

Michael Wiley, University of Toronto

Finalmente, uma nota de agradecimento pelo apoio e incentivo oferecidos por nossos cônjuges, Harvey Howell e Marisa de Los Santos, e filhos, Katherine, Kiera e Abby Wilhelm e Justine Mallatt. Eles foram pacientes e compreensivos em relação ao tempo que estivemos ausentes da família, enquanto nos concentramos em revisões, então agradecemos a eles.

Nosso último reconhecimento vai como um alto brado aos nossos alunos, que continuam a nos inspirar, sempre.

Elaine N. Marieb

Patricia Brady Wilhelm

Jon Mallatt



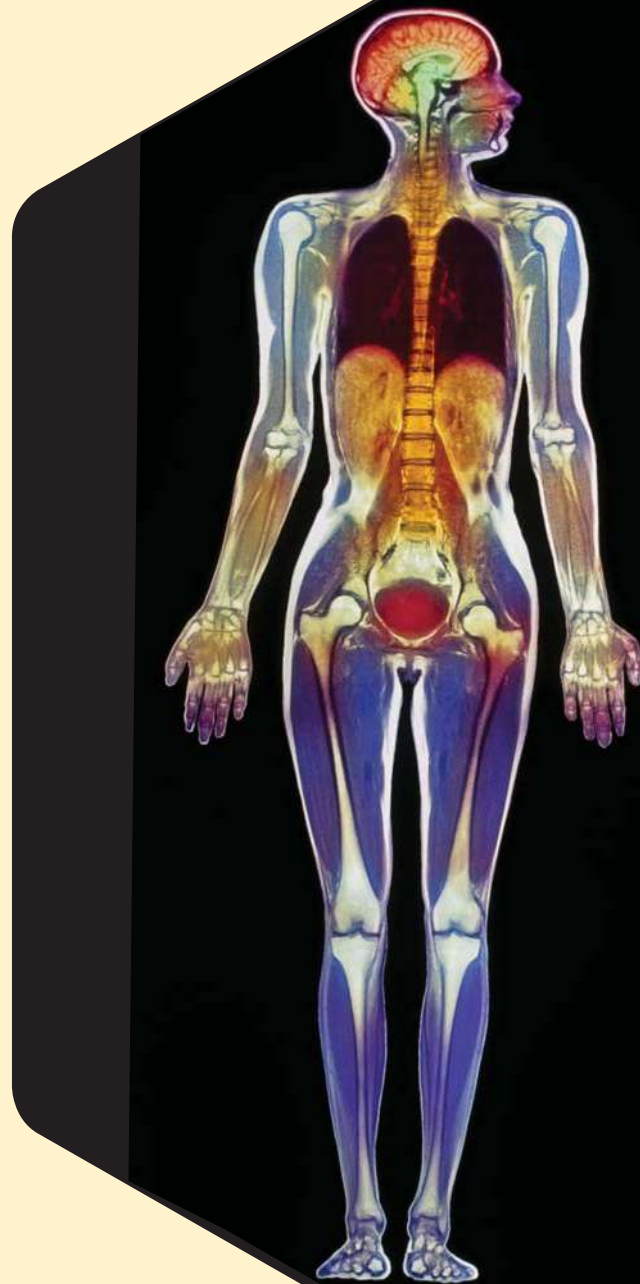
A Sala Virtual oferece, para professores, apresentações em PowerPoint, galeria de imagens, guia auxiliar para melhor exploração do livro e conteúdo e banco de exercícios.

Corpo humano: orientação



Visão geral da anatomia	2
Subdisciplinas da anatomia	2
Hierarquia da organização estrutural	3
Escala: comprimento, volume e peso	6
Terminologia anatômica	6
Anatomia macroscópica: introdução	6
Termos regionais e de direção	6
Planos e secções do corpo	7
Estrutura do corpo humano	10
Cavidades e membranas do corpo	11
Quadrantes abdominais	13
Variação anatômica	13
Anatomia microscópica: introdução	13
Microscopias de luz e eletrônica	13
Microscopia eletrônica de varredura	15
Artefatos	15
Anatomia clínica: introdução às técnicas de imagiologia médica	15
Imagens de raios X	16
Técnicas avançadas de raios X	17
Tomografia por emissão de pósitrons	18
Ultrassonografia	18
Ressonância nuclear magnética	18

Ao ler este livro, você vai aprender sobre um assunto que sempre fascinou as pessoas: o corpo humano. O estudo da anatomia humana é uma experiência interessante e altamente pessoal, além de oportuna, uma vez que avanços na ciência médica são noticiados praticamente a cada semana. A compreensão da constituição do corpo e de como ele funciona lhe permitirá não só ter a possibilidade de conhecer novas técnicas de detecção e tratamento de doenças, como também de colocar em prática hábitos para se manter sempre saudável. Se você estiver se preparando para uma carreira nas ciências da saúde, o conhecimento da anatomia humana será fundamental para a sua prática clínica.



▲ Imagem colorizada gerada por ressonância magnética do corpo inteiro de uma mulher.

VISÃO GERAL DA ANATOMIA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ definir anatomia e fisiologia e descrever as subdisciplinas da anatomia;
- ▶ identificar os níveis de organização estrutural no corpo humano e explicar os inter-relacionamentos entre cada nível;
- ▶ listar os sistemas orgânicos e fazer breve menção das suas funções;
- ▶ utilizar unidades métricas para quantificar as dimensões das células, tecidos e órgãos;
- ▶ utilizar o significado dos radicais das palavras para auxiliar na compreensão da terminologia anatômica.

A **anatomia** é o estudo da estrutura do corpo humano. Também é chamada **morfologia**, a ciência da forma. Ciência antiga, a anatomia é campo de séria investigação intelectual há pelo menos 2.300 anos. Foi a disciplina biológica de maior prestígio no século XIX e, ainda hoje, continua dinâmica.

A anatomia está intimamente relacionada à **fisiologia**, que estuda as funções do organismo. Talvez você esteja cursando essas duas matérias em separado, mas, na verdade, elas são inseparáveis, pois a estrutura suporta a função. Por exemplo, a lente do olho é transparente e curva; não seria capaz de cumprir sua função de focalizar a luz se fosse opaca e plana. Da mesma forma, os ossos espessos e longos das nossas pernas não seriam capazes de suportar nosso peso se fossem macios e delgados. Você perceberá que este livro chama a atenção para a proximidade do relacionamento entre estrutura e função. Em quase todos os casos, a descrição da anatomia de uma parte do corpo é acompanhada de uma explicação da sua função, com ênfase nas características estruturais que contribuem para aquela determinada função. Essa abordagem chama-se *anatomia funcional*.

Subdisciplinas da anatomia

A anatomia é um campo vasto da ciência que consiste em algumas disciplinas (ou ramos), e cada ramo da anatomia estuda as estruturas do corpo de forma especializada.

Anatomia macroscópica

Anatomia macroscópica (*macro* = grande) é o estudo das estruturas do corpo que podem ser examinadas a olho nu: ossos, pulmões e músculos, por exemplo. Uma técnica importante para o estudo da anatomia macroscópica é a **dissecção** (“separar cortando”), em que o tecido conjuntivo é removido do espaço entre os órgãos de forma que estes possam ser vistos com maior nitidez. Em seguida, os órgãos são abertos para visualização. O termo *anatomia* vem do grego e quer dizer “cortar em partes”.

Estudos da anatomia macroscópica podem ser feitos com algumas abordagens diferentes. Na **anatomia regional**, todas as estruturas de uma única região do corpo, como abdome ou cabeça, são examinadas como um grupo. Na **anatomia sistêmica** acontece o inverso: todos os órgãos de funções correlatas são estudados em conjunto. Por exemplo, ao estudar o sistema muscular,

você considera os músculos do corpo inteiro. A abordagem sistêmica é melhor para relacionar a estrutura à função; portanto, é a que se usa na maioria dos cursos de anatomia e também neste livro. As faculdades de medicina, entretanto, preferem a anatomia regional porque muitas lesões e doenças envolvem regiões específicas do corpo (torção de tornozelo, dor de garganta, doença cardíaca); além disso, os cirurgiões precisam de bastante conhecimento, e com detalhes, de cada região do corpo.

Outra subdivisão da anatomia macroscópica é a **anatomia de superfície**, que estuda formas e marcas (chamadas *marcos*) na superfície do corpo que revelam os órgãos subjacentes, que ficam escondidos. Esse conhecimento é utilizado, por exemplo, para identificação dos músculos que se destacam por baixo da pele de halterofilistas e para localização de vasos sanguíneos realizada por clínicos a fim de passar cateteres, sentir o pulso e coletar sangue. Este livro está repleto de descrições de marcos de superfície com utilidade clínica, em referência aos sistemas orgânicos aos quais se relacionam (o Capítulo 11, por exemplo, encerra-se com uma seção sobre anatomia de superfície, que integra os relacionamentos anatômicos entre estruturas esqueléticas e musculares).

Anatomia microscópica

A **anatomia microscópica**, ou **histologia** (estudo dos tecidos), é o estudo das estruturas que, de tão pequenas, só podem ser vistas com o auxílio de um microscópio. Entre essas estruturas, encontram-se as células e partes das células; grupos de células, chamadas *tecidos*; e os detalhes microscópicos dos órgãos do corpo (estômago, baço e assim por diante). O conhecimento da anatomia microscópica é importante porque os processos fisiológicos e o desenvolvimento das doenças ocorrem no nível celular.

Outros ramos da anatomia

Dois ramos da anatomia exploram as maneiras como se formam, crescem e amadurecem as estruturas do corpo. A **anatomia do desenvolvimento** acompanha as mudanças estruturais que ocorrem no corpo ao longo de toda a vida e também os efeitos do envelhecimento. A **embriologia** é o estudo de como se formam e se desenvolvem as estruturas do corpo antes do nascimento. O conhecimento da embriologia ajuda a compreender não só a complexidade do corpo humano adulto, como também a explicar os defeitos de nascimento, que são anormalidades anatômicas que ocorrem durante o desenvolvimento embrionário e se tornam evidentes após o nascimento.

Alguns ramos especializados da anatomia são utilizados primordialmente para diagnósticos médicos e pesquisa científica. A **anatomia patológica** lida com as mudanças estruturais nas células, tecidos e órgãos causadas pelas doenças (**patologia** é o estudo das doenças). A **anatomia radiográfica** é o estudo das estruturas internas do corpo, realizado por raios X e outras técnicas de geração de imagem (ver páginas 15-19). A **morfologia funcional** explora as propriedades funcionais das estruturas do corpo e avalia a eficiência de sua formação.

Hierarquia da organização estrutural

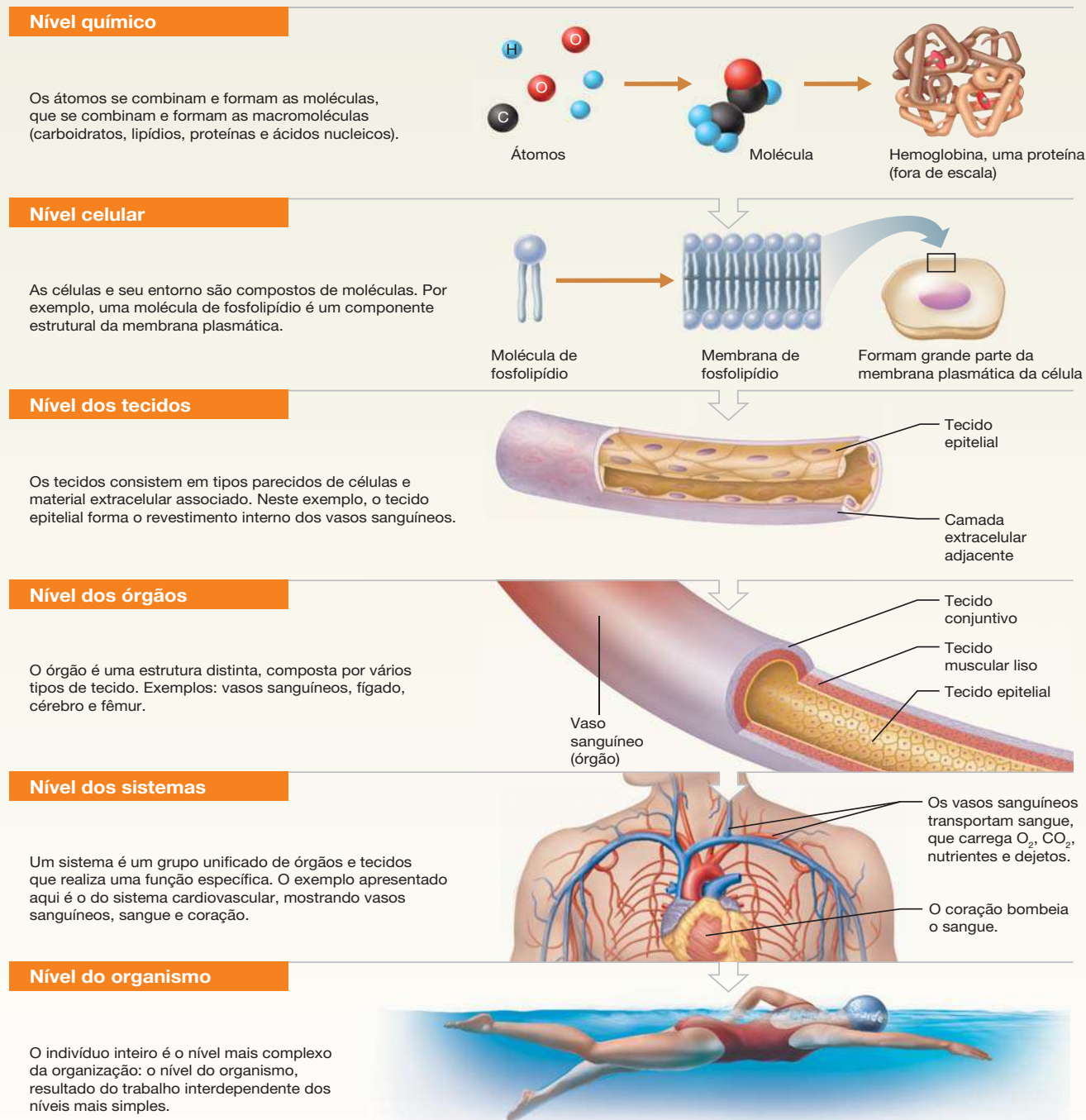
O corpo humano tem muitos níveis de complexidade estrutural, conforme ilustrado na **Figura 1.1**.

No **nível químico**, os **átomos** são minúsculos componentes que formam a matéria, tais como carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

Destaque Níveis de organização estrutural

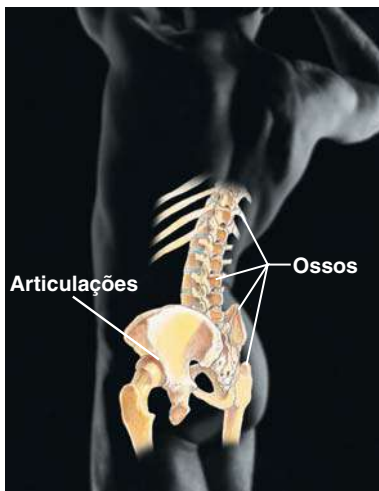
Figura 1.1

O reconhecimento das conexões entre níveis estruturais leva a uma melhor compreensão da função do organismo.





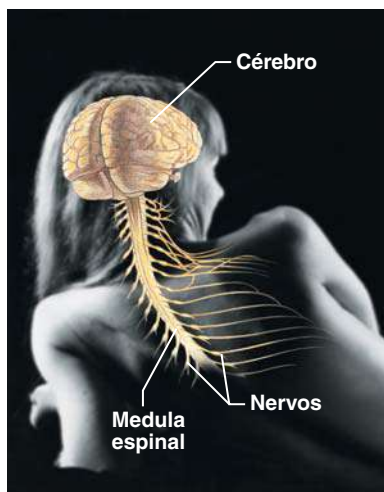
(a) Sistema tegumentar
Forma o recobrimento externo do corpo e protege os tecidos mais profundos contra lesões. Sintetiza vitamina D e aloja os receptores cutâneos (dor, temperatura etc.), além das glândulas sudoríferas e sebáceas.



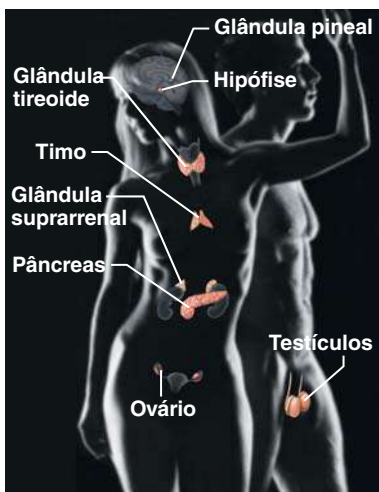
(b) Sistema esquelético
Protege e suporta órgãos do corpo e fornece o arcabouço que os músculos utilizam para produzir movimento. As células sanguíneas são formadas dentro dos ossos. Os ossos armazenam minerais.



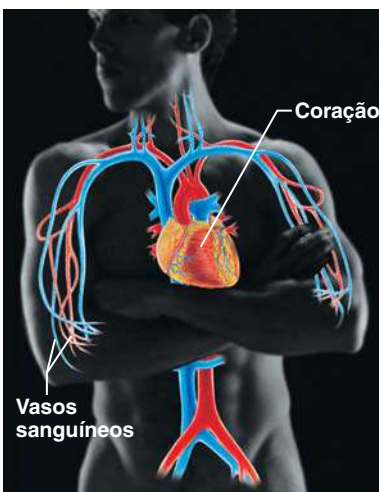
(c) Sistema muscular
Permite a inter-relação com o meio ambiente, a locomoção e as expressões faciais. Mantém a postura e produz calor.



(d) Sistema nervoso
Sendo o sistema de controle de ação rápida do corpo humano, ele responde a mudanças internas e externas, ativando os músculos e as glândulas.



(e) Sistema endócrino
Glândulas que secretam hormônios e regulam processos, entre eles o crescimento, a reprodução e o uso de nutrientes (metabolismo) pelas células do corpo.



(f) Sistema cardiovascular
Os vasos sanguíneos transportam sangue, que leva oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes, dejetos etc. O coração bombeia o sangue.

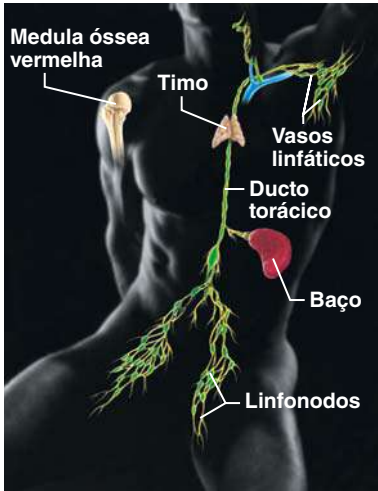
Figura 1.2 Sistemas orgânicos do corpo e suas principais funções.

Eles se combinam para formar pequenas *moléculas*, tais como as do dióxido de carbono (CO_2) e da água (H_2O), e outras maiores, as chamadas *macromoléculas* (*macro* = grande). No corpo, há quatro classes de macromoléculas: carboidratos (açúcares), lipídios (gorduras), proteínas e ácidos nucleicos (DNA, RNA). Essas macromoléculas são os componentes que formam as estruturas no **nível celular**: as *células* e suas subunidades funcionais, chamadas *organelas celulares*. As macromoléculas também contribuem para as funções metabólicas das células tanto como fonte de energia (carboidratos), quanto

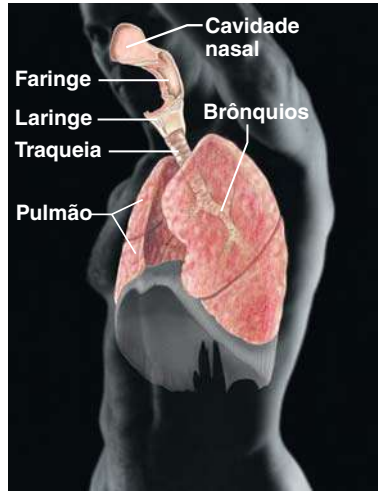
como moléculas de sinalização (proteínas e hormônios lipídicos) e como catalisadores (enzimas). As células são as menores unidades vivas no corpo, e cada ser humano tem trilhões delas.

O nível seguinte é o **nível dos tecidos**. O tecido é um grupo de células que funcionam juntas de maneira a realizar uma função comum. São apenas quatro os tipos de tecidos que formam todos os órgãos do corpo humano: tecido epitelial (epitélio), tecido conjuntivo, tecido muscular e tecido nervoso.

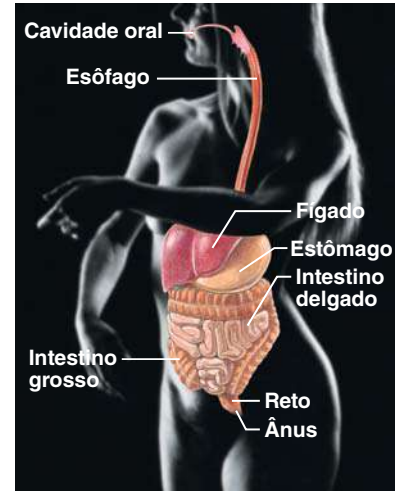
Todo tecido desempenha um papel característico no corpo humano. Em resumo, o epitélio recobre a su-



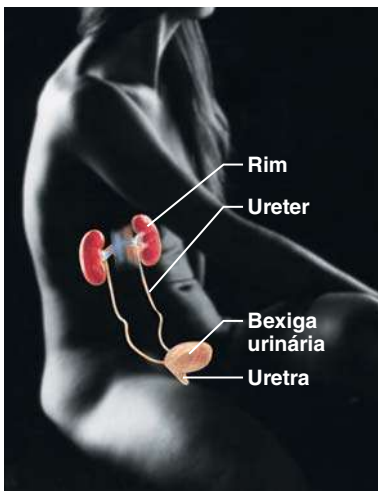
(g) Sistema linfático / imunidade
 Capta o fluido que escapa dos vasos sanguíneos e o devolve ao sangue. Elimina os detritos no fluxo linfático. Aloja glóbulos brancos (linfócitos) envolvidos na imunidade. A resposta imunológica monta o ataque contra substâncias estranhas dentro do corpo.



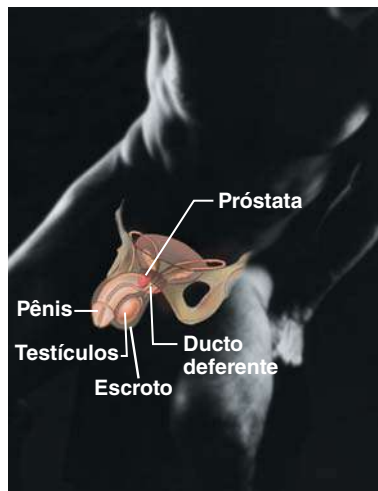
(h) Sistema respiratório
 Mantém o sangue constantemente abastecido de oxigênio e retira o dióxido de carbono. As trocas gasosas ocorrem através das paredes dos sacos de ar (alvéolos) dos pulmões.



(i) Sistema digestório
 Decompõe o alimento em unidades absorvíveis que entram na corrente sanguínea, de onde serão distribuídas para as células do corpo. Os alimentos não digeríveis são eliminados como fezes.

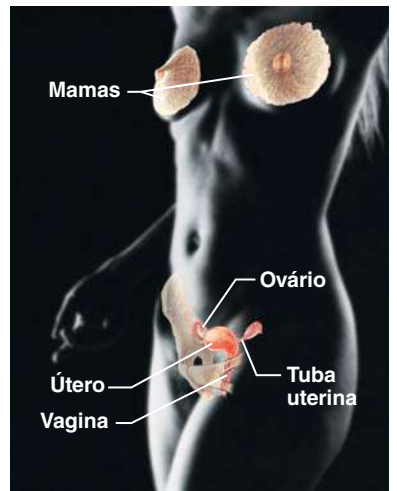


(j) Sistema urinário
 Elimina os dejetos nitrogenados do corpo. Regula a água, os eletrólitos e o equilíbrio ácido-base do sangue.



(k) Sistema genital masculino

Sua função geral é a produção de descendentes. Os testículos produzem espermatozoides e hormônio sexual masculino, e os ductos e as glândulas do sistema masculino ajudam na deposição do esperma no trato reprodutor feminino. Os ovários produzem óvulos e hormônios sexuais femininos. As demais estruturas femininas servem como local de fertilização e desenvolvimento do feto. As mamas femininas, contendo glândulas mamárias, produzem leite para alimentar o recém-nascido.



(l) Sistema genital feminino

Figura 1.2 Sistemas orgânicos do corpo e suas principais funções, *continuação*.

perfície corporal e forra suas cavidades; o tecido conjuntivo suporta o corpo e protege seus órgãos; o tecido muscular propicia o movimento; e o tecido nervoso é responsável pela rápida comunicação interna, transmitindo impulsos elétricos.

Ocorrem processos fisiológicos extremamente complexos no **nível dos órgãos**. Um órgão é uma estrutura distinta, composta de mais de um tecido. A maioria dos órgãos contém os quatro tecidos. Alguns bons exemplos são o fígado, o cérebro, o fêmur e o coração. É possível pensar em cada órgão do corpo como

um centro funcional responsável por uma atividade que nenhum outro órgão pode realizar.

Os órgãos que funcionam com bastante proximidade para atingir um propósito comum compõem um **sistema orgânico** (Figura 1.2). Por exemplo, os órgãos do sistema cardiovascular — o coração e os vasos sanguíneos — transportam sangue para todos os tecidos do corpo.

Os órgãos do sistema digestório — boca, esôfago, estômago, intestinos e assim por diante — decompõem o alimento que ingerimos, promovendo sistematicamen-

te a absorção dos nutrientes para o sangue. Os sistemas orgânicos do corpo são o *tegumentar, esquelético, muscular, nervoso, endócrino, cardiovascular, linfático, respiratório, digestório, urinário e genital*.*

O nível mais alto da organização é o do **organismo**; por exemplo, o organismo humano é toda uma pessoa viva. O nível do organismo é o resultado de todos os níveis mais simples funcionando em uníssono para sustentar a vida.

Escala: comprimento, volume e peso

Para descrever as dimensões das células, tecidos e órgãos, os anatomistas necessitam de um sistema preciso de medição, por isso o sistema utilizado é o **métrico** (Apêndice A) para compreender tamanhos, volumes e pesos das estruturas do corpo.

Muitos de nossos órgãos só têm alguns centímetros de altura, comprimento e largura. As células, as organelas (estruturas encontradas no interior das células) e os tecidos são muito pequenos e são medidos em micrômetros (*micro* = pequeno). Cada micrômetro (μm) representa a milésima parte de um milímetro. As células humanas têm, em média, 10 μm de diâmetro, embora possam variar de 5 μm a 100 μm . A célula humana de maior diâmetro, o óvulo, tem aproximadamente o mesmo tamanho do menor ponto que você seria capaz de fazer com um lápis nesta página.

Terminologia anatômica

A maioria dos termos anatômicos se baseia em palavras do grego antigo e do latim. Por exemplo, braço vem do grego *brachium*; o osso da coxa é o fêmur, que vem da palavra latina *femur*, que significa coxa. Essa terminologia, que entrou em uso quando o latim era a língua oficial da ciência, fornece a nomenclatura padrão utilizada pelos cientistas mundo afora, em qualquer idioma. Este livro ajudará no aprendizado da terminologia anatômica explicando as origens de certos termos à medida que você for se deparando com eles. Decompor, nos seus respectivos radicais, os termos com os quais não estamos muito bem familiarizados ajuda a compreender seus significados. Por exemplo, a palavra *hepatite* é composta de *hepata*, “fígado”, e *itis*, “inflamação”; portanto, hepatite é uma inflamação do fígado. Para mais informações, consulte o Glossário no fim deste volume.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Qual é a diferença entre histologia e radiografia?
- 2. Utilize os radicais de palavras fornecidos nas últimas páginas para definir cada um dos termos listados a seguir: patologia, hepatite, braquial, leucócito, pneumonia.
- 3. Defina o que é tecido. Liste os quatro tipos de tecido no corpo e descreva brevemente a função de cada um deles.

* Os sistemas cardiovascular e linfático são conhecidos, geralmente, como *sistema circulatório*, por causa de suas funções inter-relacionadas na circulação de fluidos (sangue e linfa) por todo o corpo.

- 4. Cite o sistema orgânico descrito em cada um dos itens que se seguem: (a) elimina dejetos e regula o equilíbrio de água e de íons no corpo; (b) sistema de controle de ação rápida que integra as atividades do corpo; (c) fornece sangue com oxigênio e retira o dióxido de carbono.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

ANATOMIA MACROSCÓPICA: INTRODUÇÃO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ definir a posição anatômica;
- ▶ usar a terminologia anatômica para descrever as direções, regiões e planos do corpo;
- ▶ descrever as estruturas básicas que os seres humanos compartilham com outros vertebrados;
- ▶ localizar as principais cavidades do corpo e suas subdivisões;
- ▶ citar os quatro quadrantes do abdome e identificar os órgãos viscerais localizados no interior de cada quadrante.

Termos regionais e de direção

Para descrever com precisão as várias partes do corpo e suas localizações, é preciso utilizar um ponto de referência visual em comum. Esse ponto é a **posição anatômica** (Figura 1.3a). Nessa posição, a pessoa fica ereta (de pé), com os pés retos (dedos apontados para a frente) e apoiados no chão, e o olhar fixo no horizonte. As palmas das mãos estão voltadas anteriormente com os polegares apontando para fora. É fundamental aprender a posição anatômica porque a maior parte da terminologia direcional utilizada na anatomia se refere ao corpo nesta posição. Além disso, os termos *direita* e *esquerda* sempre se referem aos respectivos lados da pessoa ou cadáver em análise — nunca aos lados direito e esquerdo do observador.

Termos regionais são os nomes das áreas específicas. As divisões fundamentais do corpo são as *regiões axial* e *apendicular*. A **região axial**, assim chamada por compor o eixo principal do corpo, consiste em *cabeca*, *pescoço* e *tronco*. O tronco, por sua vez, é dividido em *tórax* (peito), *abdome* e *pelve*; também inclui a região em torno do ânus e genitálias externas, chamada *períneo* (“em torno do ânus”). A **região apendicular** do corpo consiste nos membros, que também são chamados *terminações* ou *extremidades*.

As divisões fundamentais do corpo são subdivididas em regiões menores (conforme mostra a Figura 1.3).

Os termos de direção padrão são utilizados pelos profissionais da medicina e anatomistas para explicar precisamente onde se encontra uma estrutura do corpo em relação a outra. Por exemplo, é possível descre-

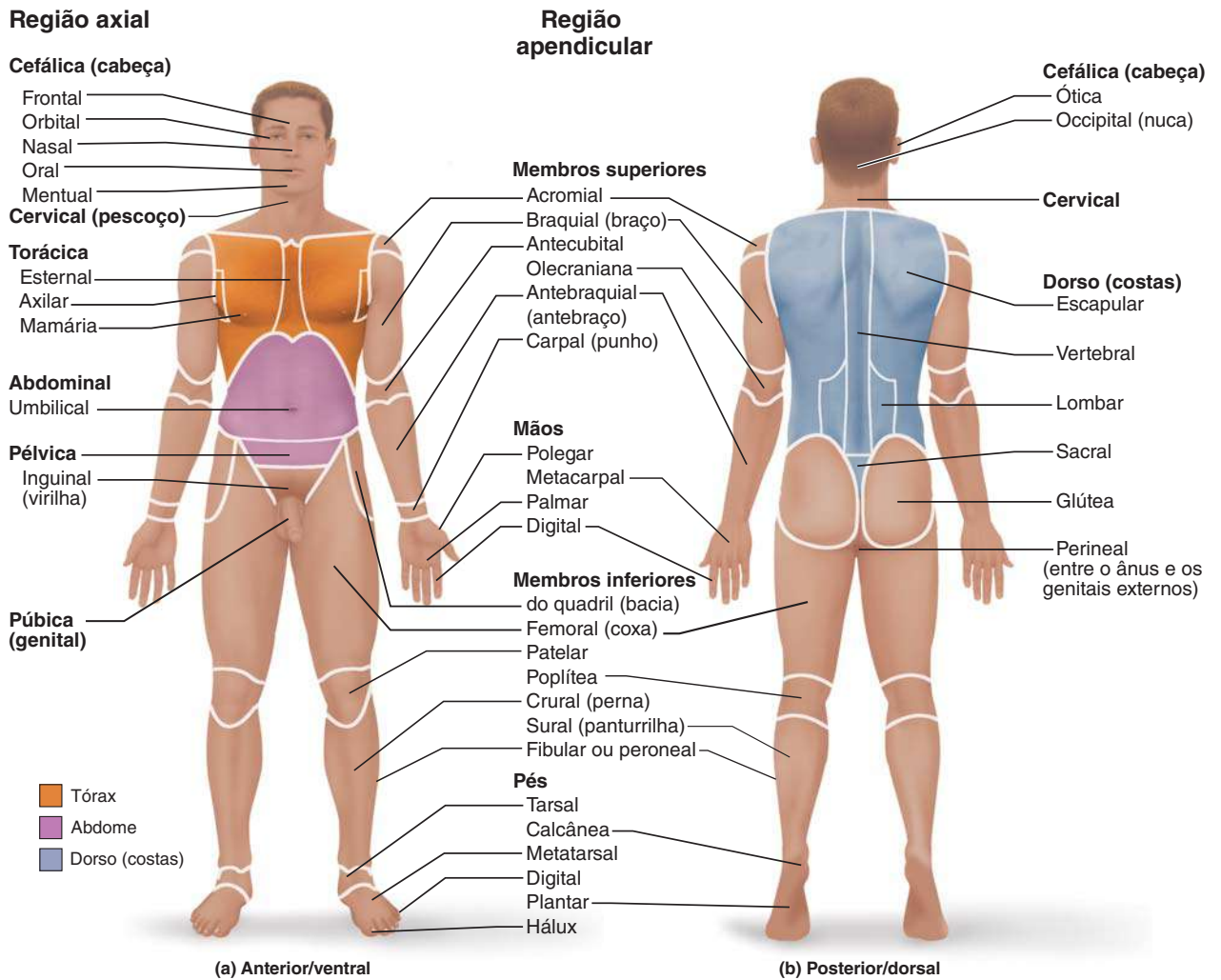


Figura 1.3 Posição anatômica e termos regionais.

ver o posicionamento das sobrancelhas em relação ao nariz estabelecendo informalmente: “As sobrancelhas ficam uma em cada lado do rosto, à direita e à esquerda do nariz, e acima deste”. Em terminologia anatômica, essa explicação se reduz a: “as sobrancelhas são laterais e superiores ao nariz”. Está claro que a terminologia anatômica é mais sucinta e menos confusa. Os mais usados são os termos pareados **superior/inferior**, **anterior (ventral)/posterior (dorsal)**, **medial/lateral** e **superficial/profundo** (Tabela 1.1).

Planos e secções do corpo

No estudo da anatomia, o corpo costuma ser *seccionado* (cortado) ao longo de uma superfície aplanada chamada *plano*. Os planos mais utilizados para o estudo do corpo humano são sagital, frontal e transversal, que se encontram em ângulos retos (Figura 1.4). Cada secção leva o nome do plano ao longo do qual ela é

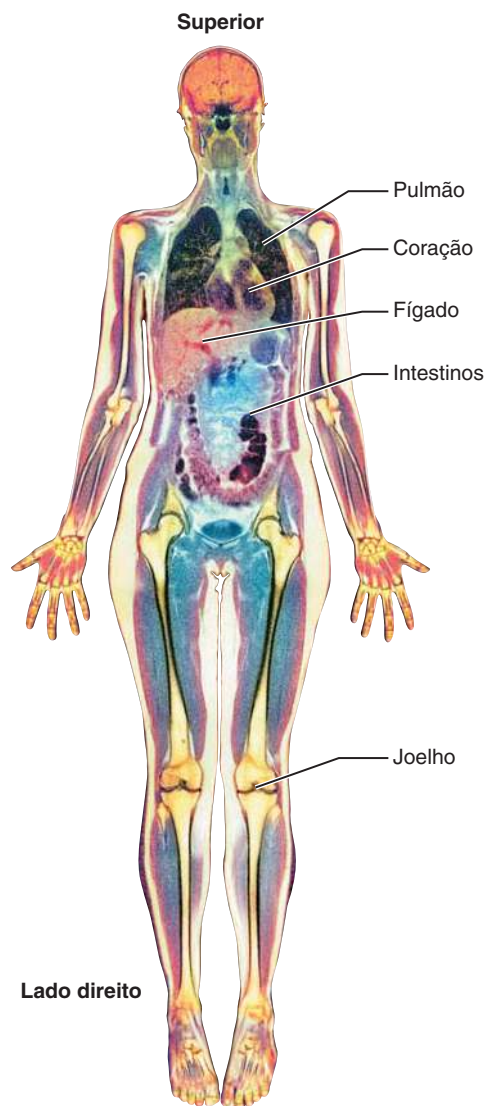
cortada. Assim, um corte feito ao longo do plano sagital produz uma secção sagital.

O **plano frontal (coronal)** se estende verticalmente e divide o corpo nas partes anterior e posterior (Figura 1.4a). O **plano transversal (horizontal)** corre horizontalmente da direita para a esquerda, dividindo o corpo nas partes superior e inferior (Figura 1.4b). A secção transversal também é chamada **corte transversal**. Os **planos sagitais** (“seta”) são verticais, como os planos frontais, mas dividem o corpo nas partes direita e esquerda (Figura 1.4c). O plano sagital específico que fica exatamente na linha média é o **plano mediano**, ou **plano sagital mediano**. Todos os outros planos sagitais, afastados da linha média, são os **parassagitais** (*para* = semelhante).

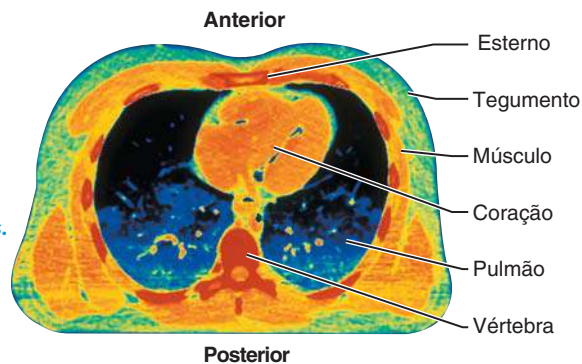
Cortes feitos ao longo de qualquer plano que fique na diagonal entre o horizontal e o vertical são chamados **secções oblíquas**. Nem frontais, transversais ou sagitais, essas secções são difíceis de interpretar porque a orientação da visualização não fica óbvia. Por isso é que raramente se usam as secções oblíquas.

Tabela 1.1 Orientação e termos de direção

Termo	Definição/Exemplo
Superior (cranial)	Em direção à extremidade da cabeça ou parte de cima de uma estrutura do corpo; acima <i>A cabeça é superior ao abdome.</i>
Inferior (caudal)	Distante da extremidade da cabeça ou em direção à parte de baixo de uma estrutura do corpo; abaixo <i>Os intestinos são inferiores caudais ao fígado.</i>
Medial	Em direção à linha média do corpo; no lado de dentro <i>O coração é medial aos pulmões.</i>
Lateral	Distante da linha média do corpo; do lado de fora <i>O polegar é lateral ao dedo mínimo.</i>
Proximal	Mais perto da origem de uma parte do corpo ou do ponto de inserção de um membro ao tronco do corpo <i>O cotovelo é proximal ao punho.</i>
Distal	Mais longe da origem de uma parte do corpo ou do ponto de inserção de um membro no tronco do corpo <i>O joelho é distal à coxa.</i>
Ipsilateral	No mesmo lado <i>A mão direita e o pé direito são ipsilaterais.</i>
Contralateral	Em lados opostos <i>A mão direita e o pé esquerdo são contralaterais.</i>
Anterior (ventral)**	Em direção à frente do corpo; em frente a <i>O esterno é anterior ao coração.</i>
Posterior (dorsal)**	Em direção às costas do corpo; atrás <i>A vértebra é posterior ao coração.</i>
Superficial (externa)	Em direção à, ou na superfície do corpo <i>A pele é superficial aos músculos esqueléticos.</i>
Profundo (interno)	Distante da superfície do corpo; mais interno <i>Os pulmões são profundos à pele.</i>



RM de corpo inteiro, seção frontal, visão anterior



TC, seção transversa através do tórax

** Embora nos seres humanos os termos ventral e anterior sejam sinônimos, o mesmo não acontece com os quadrúpedes. Ventral especificamente se refere à "barriga" de um animal vertebrado e, por isso, é a superfície inferior dos quadrúpedes. Da mesma forma, embora as superfícies dorsal e posterior sejam a mesma nos seres humanos, o termo dorsal se refere especificamente às costas de um animal. Portanto, a superfície dorsal dos quadrúpedes é sua superfície superior.

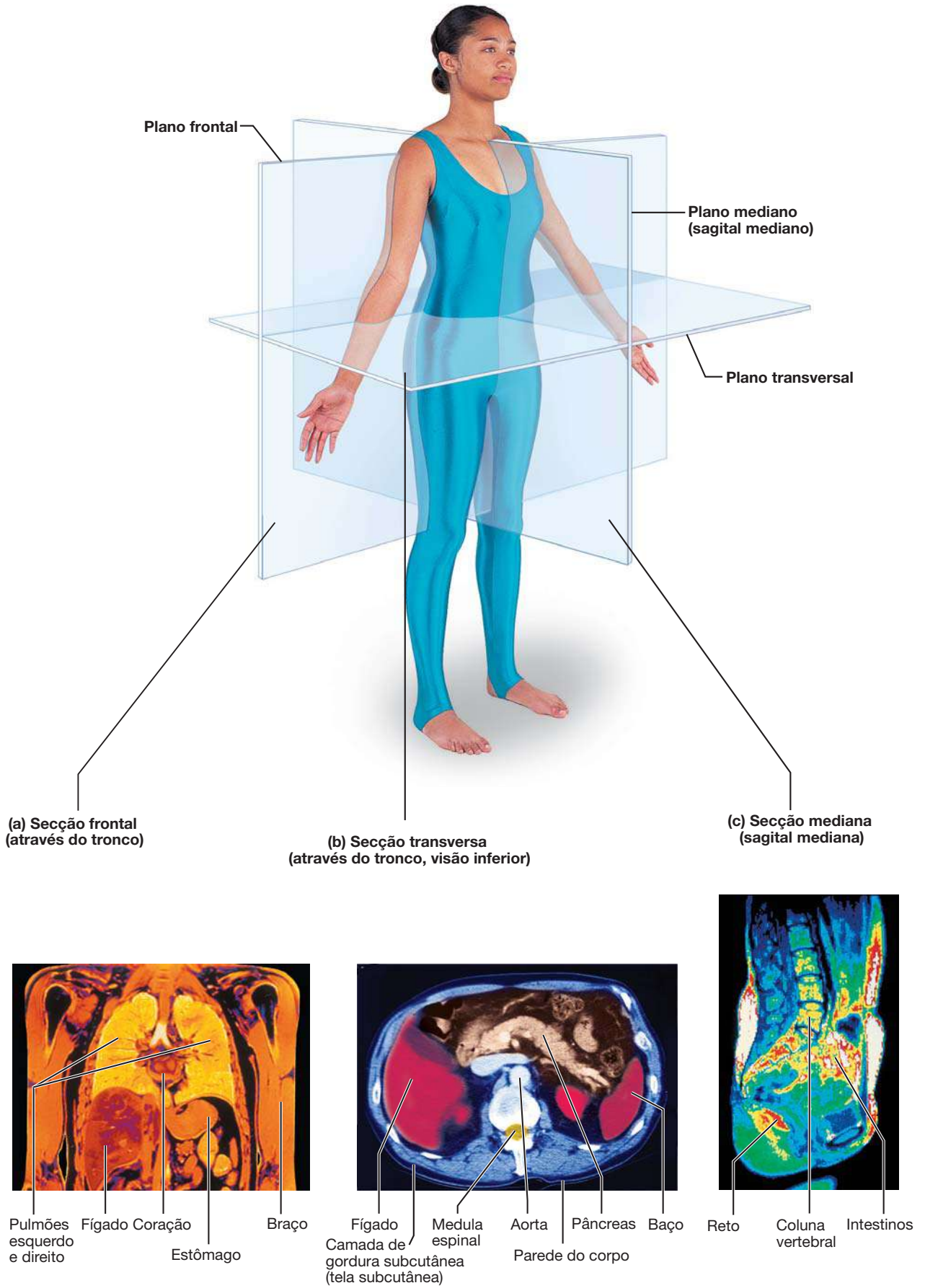
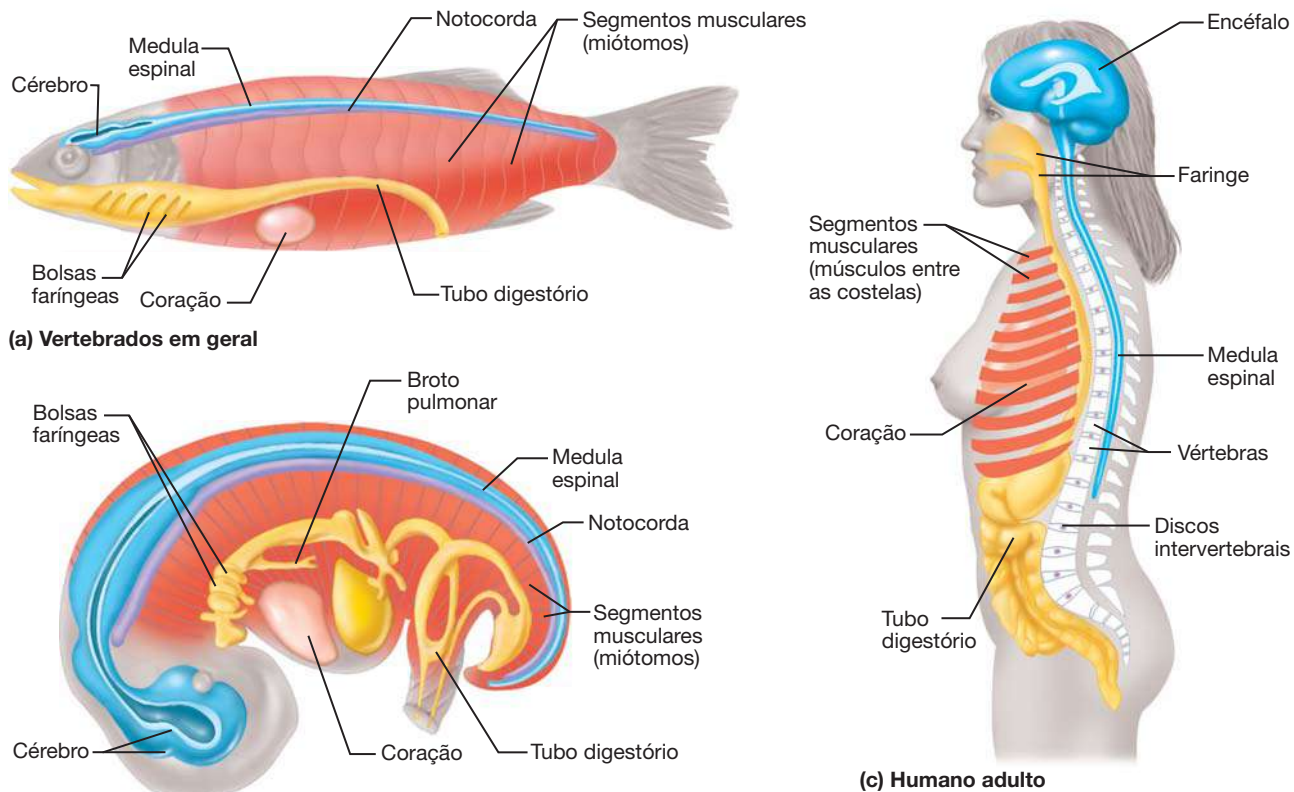
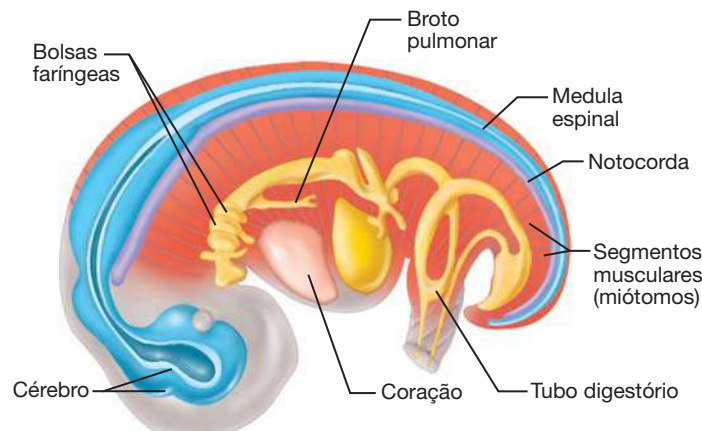


Figura 1.4 Planos do corpo com suas respectivas imagens de ressonância nuclear magnética (RM).



(a) Vertebrados em geral



(b) Embrião humano; 5 semanas pós-concepção

Figura 1.5z Estrutura básica do corpo humano, indicada por estruturas compartilhadas entre todos os vertebrados. Os corpos são mostrados como semitransparentes de forma a revelar os órgãos internos.

A habilidade para interpretar seções por todo o corpo humano, especialmente as transversais, é cada vez mais importante nas ciências clínicas. Os novos aparelhos de imagiologia (descritos nas p. 15-19) produzem imagens seccionais e não tridimensionais. Assim sendo, pode ser difícil interpretar a forma geral de um objeto unicamente a partir de uma visualização seccional. O corte transversal de uma banana, por exemplo, parece um círculo e não dá indicação do formato em meia-lua da banana inteira. Às vezes é necessário compor mentalmente toda uma série de seções para compreender a forma verdadeira de um objeto. Com a prática, você vai aprender gradativamente a relacionar seções bidimensionais com formas tridimensionais.

Estrutura do corpo humano

Os seres humanos pertencem ao grupo de animais chamados *vertebrados*. Esse grupo também inclui gatos, ratos, pássaros, lagartos, sapos e peixes. Todos os vertebrados compartilham as seguintes características básicas em comum (**Figura 1.5**):

1. Tubo dentro de um tubo. O tubo interno vai da boca até o ânus e inclui os órgãos respiratórios e digestórios (estruturas amarelas na Figura 1.5). O

tubo externo consiste no esqueleto axial e nos músculos axiais associados que compõem a parede externa do corpo, além das estruturas nervosas.

- 2. Simetria bilateral.** A metade esquerda do corpo é essencialmente a imagem espelhada da metade direita. Quase todas as estruturas corpóreas, como as mãos (direita e esquerda), os olhos e ovários (direitos e esquerdos), ocorrem em pares. As estruturas do plano mediano não são pareadas, mas costumam ter lados direito e esquerdo idênticos (o nariz é um bom exemplo).
- 3. Cordão nervoso dorsal.** Todos os embriões vertebrados têm um cordão nervoso, que corre pelas costas no plano mediano. Esse cordão se desenvolve e se transforma no encéfalo e na medula espinal.
- 4. Notocorda e vértebras.** A **notocorda** (“cordão dorsal”) é uma haste de sustentação no dorso, com localização profunda e abaixo da medula espinal. Nos seres humanos, a notocorda completa é formada no embrião, embora quase toda ela seja rapidamente substituída pelas vértebras, os componentes ósseos da coluna vertebral (ou espinha dorsal). Contudo, uma parte da notocorda continua durante toda a vida como núcleos dos discos entre as vértebras (ver descrição de núcleo pulposos, Figura 7.19, p. 178).

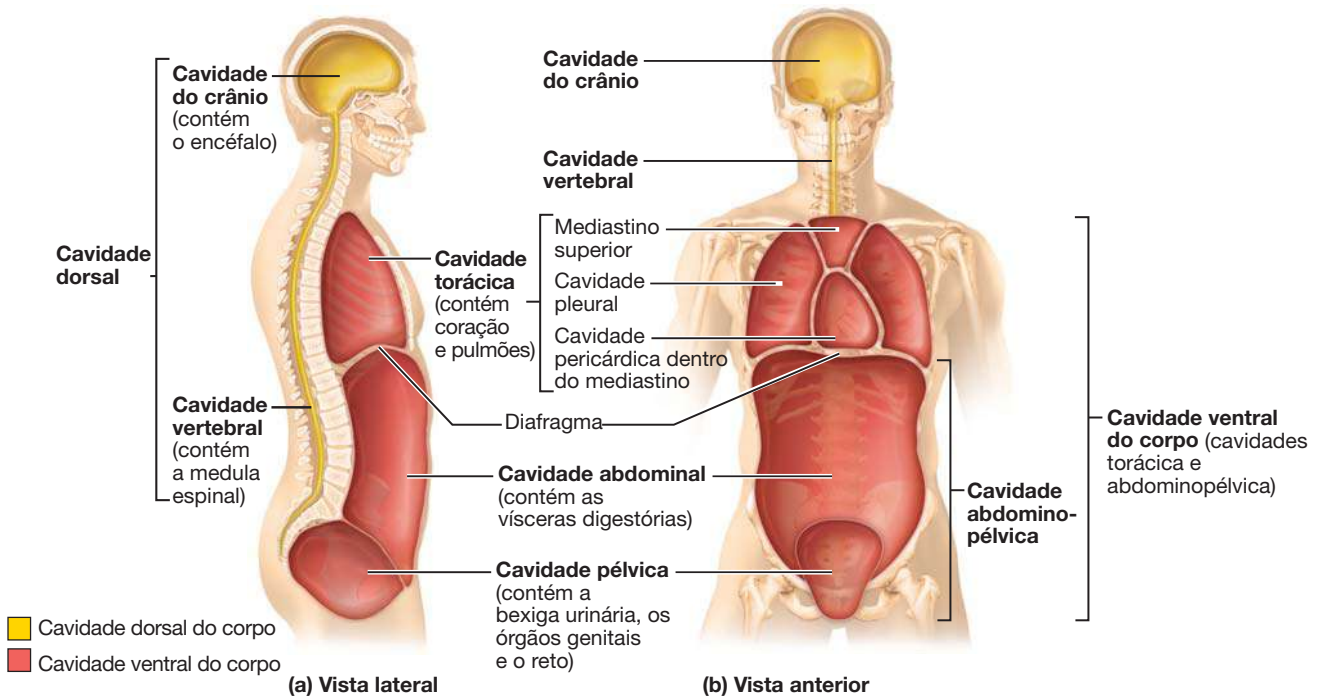


Figura 1.6 Cavidades dorsal e ventral do corpo e suas subdivisões.

- 5. Segmentação.** O “tubo externo” do corpo mostra evidências de segmentação. Os segmentos são unidades repetidas de uma estrutura semelhante que começam na cabeça e correm por toda a extensão do tronco. Nos seres humanos, as costelas são uma evidência da segmentação, assim como os vários nervos que se ramificam a partir da medula espinhal. A coluna vertebral óssea, com suas vértebras repetidas, também é segmentada.
- 6. Bolsas faríngeas.** Os seres humanos têm uma **faringe**, que é a região da garganta no tubo digestório e respiratório. No estágio embrionário, a faringe humana tem um conjunto de evaginações chamado *bolsas faríngeas*, que, nos peixes, correspondem às fendas entre as guelras. Essas bolsas dão origem a algumas estruturas na cabeça e no pescoço. Um exemplo delas é a cavidade da orelha média, que vai do tímpano até a faringe.

Cavidades e membranas do corpo

Dentro do corpo existem duas grandes cavidades chamadas cavidade dorsal e cavidade ventral (**Figura 1.6**), que ficam próximas do exterior do corpo e contêm órgãos internos. Pense nelas como cavidades preenchidas, como caixas de brinquedos cheias de brinquedos.

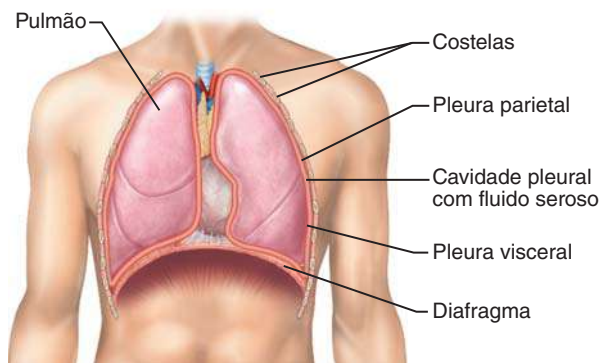
Cavidade dorsal

A **cavidade dorsal** é subdividida em **cavidade do crânio**, que fica no crânio e acomoda o encéfalo, e **cavidade vertebral**, que corre ao longo da coluna vertebral de forma a acomodar a medula espinhal. As paredes ósseas dessa cavidade são rígidas e protegem os órgãos nela contidos.

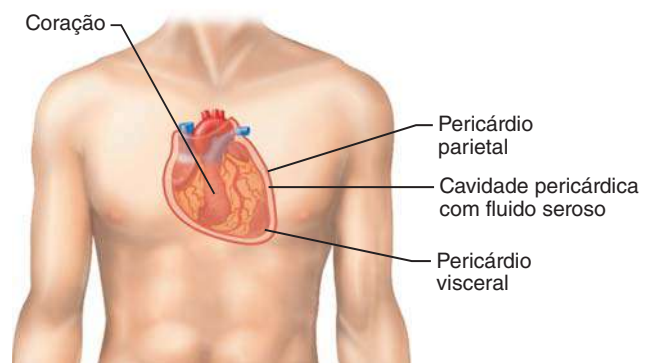
Cavidade ventral

A maior e mais anterior das cavidades fechadas do corpo é a **cavidade ventral** (**Figura 1.6**). Os órgãos que ela contém, como os pulmões, o coração, os intestinos e os rins, são chamados **órgãos viscerais** ou **vísceras**. A cavidade ventral tem duas divisões principais: 1) a **cavidade torácica**, superior, cercada pelas costelas e músculos da parede torácica, e 2) a **cavidade abdominopélvica**, inferior, cercada pela parede do abdome e pela cintura pélvica. As cavidades torácica e abdominal são separadas uma da outra pelo diafragma, um músculo de formato abobadado (arqueado) e que é utilizado na respiração.

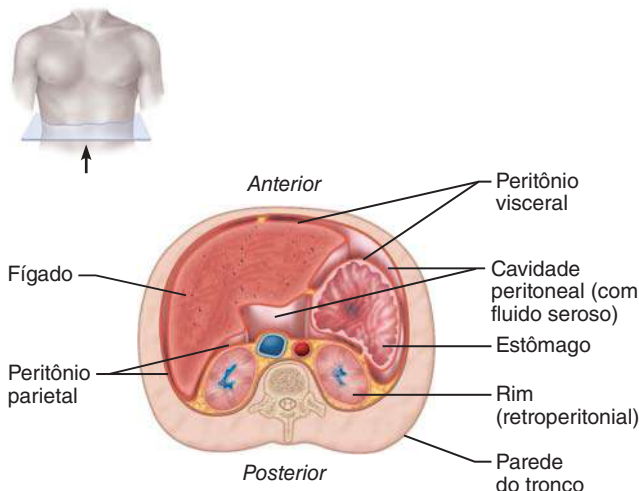
A *cavidade torácica* tem três partes: (a) duas partes laterais, cada qual contendo um pulmão cercado por uma **cavidade pleural** (“o lado, costela”), e (b) uma parte central de órgãos chamada **mediastino** (“no meio”), que contém o coração, cercado por uma **cavidade pericárdica** (“em torno do coração”) e outros importantes órgãos torácicos, como partes do esôfago e da traqueia.



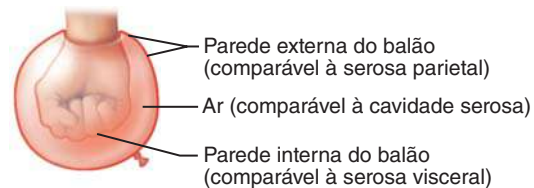
(a) Serosa associada aos pulmões: pleura



(b) Serosa associada ao coração: pericárdio



(c) Serosa associada às vísceras abdominais: peritônio



(d) Modelo das membranas serosas e da cavidade serosa

Figura 1.7 Cavidades serosas e suas membranas associadas.

A *cavidade abdominopélvica* é dividida em duas partes contínuas e não separadas por uma divisão muscular. A parte superior, chamada **cavidade abdominal**, contém o fígado, estômago, rins e outros órgãos. A parte inferior, ou **cavidade pélvica**, contém a bexiga urinária, alguns órgãos genitais e o reto. Muitos órgãos na cavidade abdominopélvica são cercados por uma **cavidade peritoneal**.

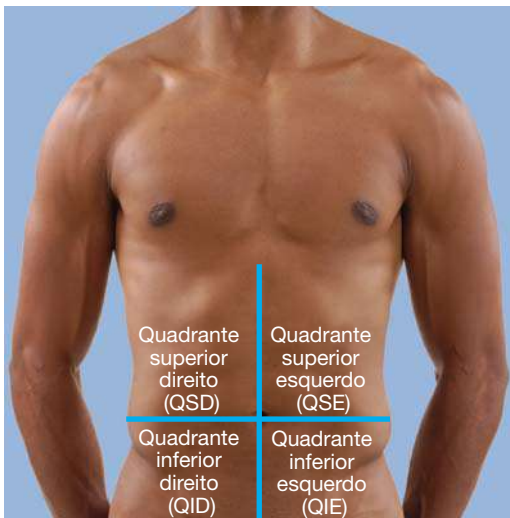
Cavidades serosas

A seção anterior mencionou a *cavidade pleural* em torno do pulmão, a *cavidade pericárdica* em torno do coração e a *cavidade peritoneal* em torno das vísceras na cavidade abdominopélvica. Cada uma dessas cavidades serosas é um espaço sacular envolvido por uma **membrana serosa** — ou apenas **serosa** (Figura 1.7). Essas membranas serosas (indicadas por linhas vermelhas na Figura 1.7) são respectivamente chamadas de **pleura**, **pericárdio** seroso e **peritônio**. A parte de uma serosa que forma a parede externa da cavidade é chamada de **serosa parietal** (“parede”), que é contínua

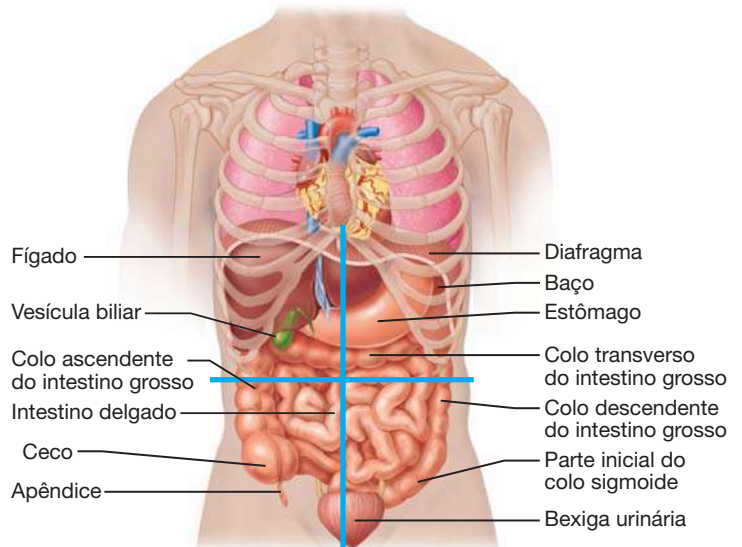
com a **serosa visceral**, interna, que recobre as vísceras. É possível visualizar o relacionamento das membranas serosas enfiando o punho cerrado em um balão parcialmente cheio (Figura 1.7d):

- A parte do balão que envolve o punho representa a serosa visceral na superfície externa do órgão.
- A parede externa do balão representa a serosa parietal.
- O estreito espaço de ar dentro do balão representa a própria cavidade serosa.

As cavidades serosas contêm uma fina camada de **fluido seroso** (*seroso* = soro), que é produzido por ambas as divisões da membrana. O escorregadio fluido seroso permite que as vísceras deslizem com pouco atrito pelas paredes da cavidade enquanto desempenham suas funções rotineiras. Essa liberdade de movimento é extremamente importante para órgãos que se mexem ou mudam de forma, como o coração ao bombear sangue e o estômago ao digerir alimentos.



(a) Quatro quadrantes abdominopélvicos



(b) Vista anterior dos quatro quadrantes correlacionados aos órgãos profundamente situados em cada um deles

Figura 1.8 Quadrantes abdominais. Em (a), os dois planos através da cavidade abdominopélvica, um horizontal e outro vertical, interceptam-se no umbigo.

Quadrantes abdominais

Como a cavidade abdominopélvica é grande e contém muitos órgãos, é útil dividi-la em áreas menores para podermos estudá-la melhor. Para localizarmos os órgãos de maneira geral, o abdome é dividido em quatro **quadrantes** (“quartos”), traçando-se um plano vertical e um horizontal através do umbigo (**Figura 1.8a**). Saber quais órgãos abdominais ficam em cada quadrante (**Figura 1.8b**) auxilia o médico no diagnóstico de alterações ou lesões. Costuma-se considerar a caixa torácica como uma proteção para os órgãos torácicos, mas ela também protege os órgãos situados na parte mais superior do abdome. O fígado e o baço, dois órgãos ricos em sangue e particularmente vulneráveis a lesões, são protegidos pela caixa torácica que os recobre parcialmente nos lados esquerdo e direito, respectivamente.

Variação anatômica

Ao olhar para as formas do corpo e do rosto das pessoas à nossa volta, sabemos que os seres humanos diferem uns dos outros na anatomia externa. O mesmo tipo de variação vale também para os órgãos internos. Assim sendo, nem todo detalhe estrutural descrito em um livro de anatomia é válido para todas as pessoas ou todos os cadáveres que você observar em um laboratório de anatomia. Em alguns corpos, por exemplo, um determinado vaso sanguíneo pode se ramificar mais acima (proximal) do que o normal; um nervo ou vaso pode se encontrar um pouco “fora do lugar”, ou pode até faltar um pequeno músculo. Mas essas pequenas variações não devem confundir o leitor, pois mais de 90% de todas as estruturas presentes em qualquer corpo humano equivalem às des-

crições contidas nos livros didáticos. Variações anatômicas extremadas são raras de ver, por serem incompatíveis com a vida. Por exemplo: os vasos que levam sangue ao cérebro não podem faltar a nenhum ser humano vivo.

✓ Verifique seu conhecimento

- 5. Utilizando os termos de direção, descreva a localização do fígado em relação ao coração (veja **Figura 1.8** e **Tabela 1.1**).
- 6. Qual é o tubo do corpo humano que mostra evidência de segmentação, o externo ou o interno?
- 7. Como se chama a camada externa da membrana serosa que reveste a cavidade pleural?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

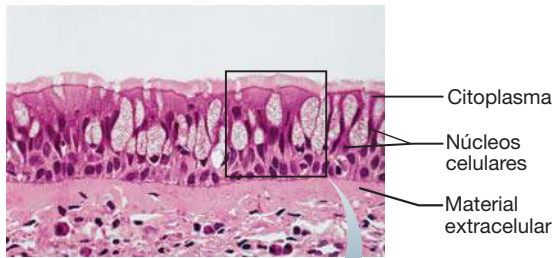
ANATOMIA MICROSCÓPICA: INTRODUÇÃO

Objetivos de aprendizagem:

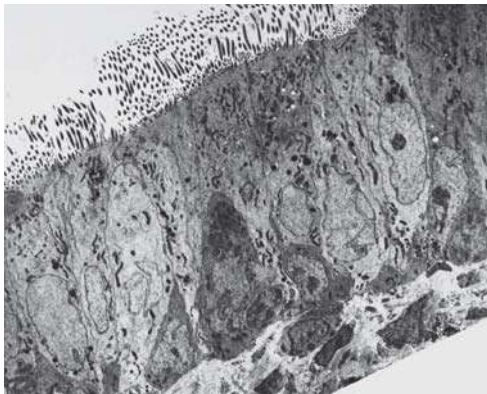
- ▶ explicar como se fazem a preparação e o exame de tecidos humanos para a observação da sua estrutura microscópica;
- ▶ distinguir o tecido observado ao microscópio de luz do tecido observado ao microscópio eletrônico.

Microscopias de luz e eletrônica

A **microscopia** é o exame de pequenas estruturas, utilizando-se o microscópio. Quando os microscópios foram inventados, no início do século XVII, eles abriram um minúsculo novo universo, cuja existência não se suspeitava antes. Hoje em dia, há dois tipos principais de microscópios, os quais são utilizados para investigar a fina estrutura dos órgãos, tecidos e cé-



(a) Fotomicrografia (190x)



(b) Eletronmicrografia de transmissão (2.250x)



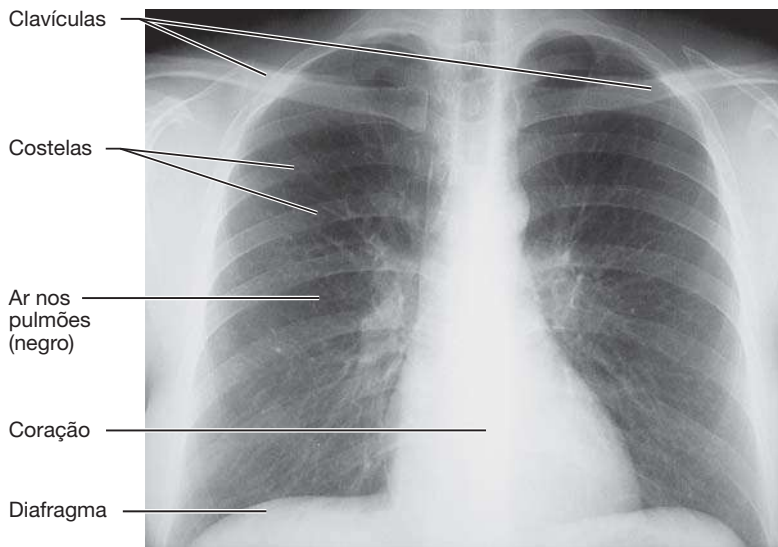
(c) Eletronmicrografia de varredura, colorizada artificialmente (2.500x)

Figura 1.9 Células visualizadas por três tipos de microscopia. (a) Fotomicrografia de epitélio ciliado. (b) Eletronmicrografia de transmissão mostrando área ampliada da região celular que está indicada pelo quadrado na parte (a). (c) Eletronmicrografia de varredura: visão da superfície das células que revestem a traqueia. As estruturas compridas, parecidas com talos de capim, na superfície dessas células são cílios, e as minúsculas saliências semelhantes a cerdas são as microvilosidades (Capítulo 4, p. 78).

lulas: o **microscópio de luz (ML)** e o **microscópio eletrônico de transmissão (MET)**. A microscopia de luz ilumina o tecido com um feixe de luz (fótons), enquanto a microscopia eletrônica usa um feixe de elétrons. A ML é utilizada para visualização de menor resolução; a MET, para maior resolução (**Figura 1.9a e b**, respectivamente). A ML é capaz de produzir imagens nítidas e detalhadas de tecidos e células, mas não das pequenas estruturas dentro das células (organelas). A *baixa resolução* de um microscópio de luz — a incapacidade de revelar as pequenas estruturas com nitidez — continua sendo sua limitação básica, apesar dos avanços técnicos que melhoraram bastante a qualidade das imagens da ML. Por outro lado, a MET usa feixes de elétrons de comprimento de onda muito menor para produzir imagens nítidas com resolução muito maior, revelando, assim, detalhes minuciosos de células e tecidos.

A preparação de tecidos para visualização ao microscópio requer etapas elaboradas. A peça deve ser **fixada** (preservada química ou fisicamente) e depois cortada em **lâminas** (fatias) finas o suficiente para transmitir luz ou elétrons. Finalmente, precisa receber **coloração** para aumentar o contraste. As colorações utilizadas na microscopia de luz são corantes orgânicos com cores belíssimas, tendo sido desenvolvidos em sua maioria pela indústria de confecções, em meados do século XIX (**Figura 1.9a**). Essas colorações ajudaram a introduzir os tempos áureos da anatomia microscópica no período de 1860 a 1900, e vinham em quase todas as cores. Muitos desses corantes consistiam em moléculas carregadas (positivas ou negativas) que se ligavam dentro do tecido a macromoléculas de carga oposta. Essa atração elétrica é a base da coloração. Os contrastes com moléculas negativamente carregadas marcam as estruturas positivamente carregadas da célula ou do tecido, sendo chamados, portanto, de **contrastos ácidos**. Os positivamente carregados, por outro lado, são chamados de **contrastos básicos**, porque se ligam a estruturas negativamente carregadas, colorindo-as. Como cada parte da célula e do tecido absorvem um tipo de corante, os contrastes distinguem as diferentes estruturas anatômicas.

Um dos contrastes histológicos mais utilizados é uma combinação de dois corantes, a hematoxilina e a eosina (coloração HE). A hematoxilina é um contraste básico que se liga a estruturas ácidas da célula (núcleo, ribossomos, retículo endoplasmático (RE) rugoso) e as tingem de tons que vão do azul-escuro ao roxo. A eosina, um corante ácido, se liga a estruturas citoplasmáticas básicas e componentes extracelulares, tingindo-os de tons que vão do vermelho ao cor-de-rosa. Neste livro, muitas das fotomicrografias exibem tecidos que receberam coloração HE (na **Figura 1.9a**, por exemplo, as manchas escuras, quase pretas, são os núcleos das células, o citoplasma é magenta e o material extracelular, na metade inferior da imagem, apresenta um tom cor-de-rosa mais claro). Vários outros contrastes podem ser



(a) Radiografia do tórax



(b) Intestino grosso normal contrastado com meio à base de bário

Figura 1.10 Imagens de raios X.

utilizados para a visualização de estruturas específicas. Alguns deles criam imagens impressionantemente belas, iluminando estruturas histológicas detalhadas.

Para a microscopia eletrônica de transmissão, as seções dos tecidos recebem corantes carregados de sais de metais pesados. Esses metais desviam os elétrons no feixe de formas variadas, propiciando assim o contraste. As imagens de microscopia eletrônica contêm apenas tons de cinza porque a cor é uma propriedade da luz, não das ondas de elétrons. A imagem pode ser artificialmente colorida de forma a realçar o contraste (Figura 1.9c).

Microscopia eletrônica de varredura

Os tipos de microscopia introduzidos até o momento são utilizados para a visualização de células e tecidos que foram seccionados. Outro tipo de microscopia eletrônica, a **microscopia eletrônica de varredura (MEV)**, propicia imagens tridimensionais de superfícies inteiras, não seccionadas, com nitidez impressionante (Figura 1.9c). Primeiro, a peça é preservada e recoberta com finas camadas de carbono e pó de ouro. Em seguida, um feixe de elétrons faz uma varredura da peça, fazendo que outros elétrons, secundários, sejam emitidos pela superfície recoberta. Um detector captura esses elétrons emitidos e monta com eles uma imagem tridimensional em uma tela de vídeo, com base no princípio de que mais elétrons são produzidos pelos pontos mais altos na superfície da peça do que pelos pontos mais baixos. Embora artificialmente construída, a imagem MEV é acurada e parece bastante real. Assim como todas as imagens da microscopia eletrônica, a original é em preto e branco, embora possa ser colorizada artificialmente de forma a destacar os detalhes estruturais (Figura 1.9c).

Artefatos

O tecido preservado visto ao microscópio foi exposto a vários procedimentos que alteram sua condição original. Como cada etapa preparatória introduz pequenas distorções, chamadas **artefatos**, a maioria das estruturas microscópicas vistas por anatomistas não é exatamente como as que existem no tecido vivo. Além disso, os cadáveres anatômicos dos seres humanos e dos animais estudados em laboratórios também foram preservados, de forma que seus órgãos apresentam uma coloração mais salpicada e uma textura diferente daquelas que existem nos órgãos vivos. Mantenha esses princípios em mente quando observar micrografias (imagens obtidas por microscópio) e as fotografias de cadáveres humanos contidas neste livro.

✓ Verifique seu conhecimento

- 8. Em tecidos submetidos à coloração HE, em que cor aparecem os núcleos celulares?
- 9. Que tipo de microscopia produz detalhadas imagens tridimensionais das características da superfície de uma estrutura?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

ANATOMIA CLÍNICA: INTRODUÇÃO ÀS TÉCNICAS DE IMAGIOLOGIA MÉDICA

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever as técnicas de imagiologia médica utilizadas para visualizar estruturas dentro do corpo.

Não é de hoje que os médicos buscam formas de examinar os órgãos internos do corpo atrás de evidências de uma doença sem que seja necessário sujeitar o paciente

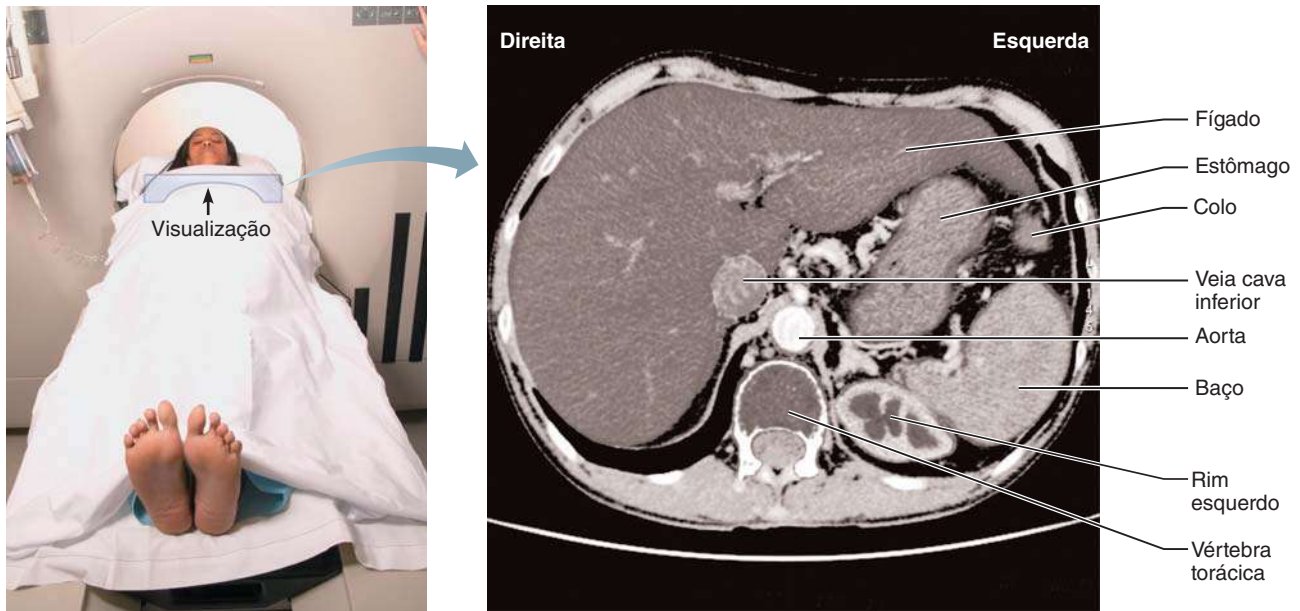


Figura 1.11 Tomografia computadorizada (TC), através do abdome superior. As secções de TC são orientadas convencionalmente como se visualizadas a partir de uma direção inferior, com a superfície posterior do corpo posicionada na parte inferior da imagem; portanto, o lado direito do paciente estará do lado esquerdo da imagem.

aos riscos de uma cirurgia exploratória. Eles são capazes de identificar algumas doenças e lesões apenas tateando (palpando) por cima do tegumento os órgãos profundos do paciente ou por meio do uso dos tradicionais raios X. Novas e poderosas técnicas continuam a ser desenvolvidas para visualização da anatomia interna de seres humanos vivos. Essas técnicas de imagiologia não apenas revelam a estrutura de órgãos internos em funcionamento como também podem render informações sobre a atividade celular. Todas essas técnicas novas se utilizam de poderosos computadores para construir imagens a partir de dados brutos transmitidos por sinais elétricos.

Imagens de raios X

Antes de considerar as novas técnicas, é preciso aprender a compreender as tradicionais imagens de raios X, pois elas ainda desempenham um papel fundamental nos diagnósticos médicos (**Figura 1.10a**). Descobertos de forma bastante acidental em 1895 e utilizados em medicina desde então, os raios X são ondas eletromagnéticas de comprimento muito curto. Quando direcionados para o corpo humano, alguns raios são absorvidos, enquanto outros o atravessam. A quantidade de absorção depende da densidade da matéria encontrada. Os raios X que passam pela superfície anterior do corpo atingem um filme (chapa de raios X) atrás do paciente. A imagem resultante (radiografia) é negativa: as áreas mais escuras, sensibilizadas do filme, representam os órgãos menos densos, que são facilmente penetrados pelos raios X, enquanto as áreas claras, não sensibilizadas, correspondem a estruturas mais densas, como ossos, que absorvem a maioria dos raios X.

As imagens de raios X são as melhores para a visualização de ossos e para a localização de estruturas densas anormais, como alguns tumores e nódulos tuberculosos nos pulmões. A mamografia (“radiografia da mama”) utiliza baixa dose de raios X para procurar tumores nas mamas, e os exames de densidade óssea usam os raios X da parte inferior da coluna vertebral e dos quadris para fazer triagem de osteoporose (“ossos porosos”). O exame de raios X feito em órgãos ociosos de tecido mole é aprimorado com o uso de um meio de contraste, um líquido que contém átomos de um elemento pesado como o bário para absorver uma quantidade maior dos raios X que atravessam os tecidos. O **meio de contraste** é injetado ou ingerido, dependendo da estrutura a ser examinada, de forma a preencher os órgãos de interesse e permitir uma melhor visualização dessas estruturas de tecido mole. O trato gastrointestinal (“estômago e intestinos”) costuma ser examinado com o uso desse procedimento (imagiologia do trato gastrointestinal superior e inferior) para triagem de úlceras ou tumores (**Figura 1.10b**).

Em muitas instâncias, as imagens de raios X convencionais são bastante informativas; entretanto, os estudos dos raios X convencionais têm algumas limitações que levaram os médicos a buscarem técnicas de imagiologia mais avançadas. Primeiro, as imagens de raios X, principalmente as de tecidos moles, podem estar embaçadas e não muito nítidas. Segundo, as imagens de raios X convencionais achatam as estruturas tridimensionais do corpo em apenas duas dimensões. Consequentemente, os órgãos parecem estar empilhados uns por cima dos outros. E o mais problemático ainda é que os órgãos mais densos bloqueiam os menos densos que estiverem na mesma trajetória dos raios. Para melhorar as

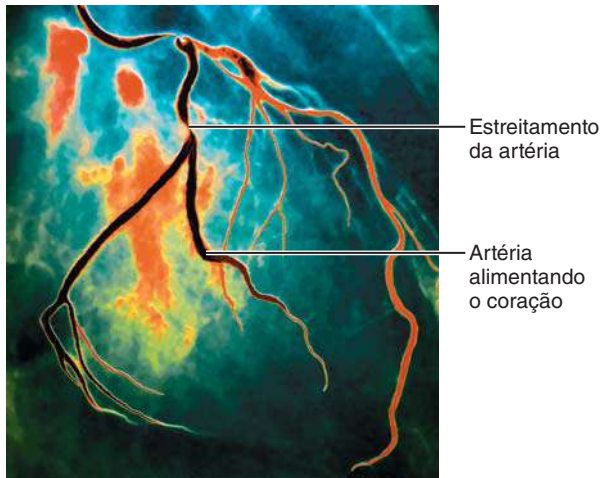


Figura 1.12 Angiografia por subtração digital (ASD) das artérias que suprem o coração (coronárias cardíacas).

imagens, particularmente dos tecidos moles, os médicos utilizam técnicas de imagiologia assistidas por computador, que são capazes de produzir imagens seccionais (fatias) através e do interior do corpo.

Técnicas avançadas de raios X

Tomografia computadorizada

Uma das mais úteis técnicas de imagiologia moderna é uma tecnologia refinada de raios X chamada **tomografia computadorizada (TC)**, ou **tomografia axial computadorizada (TAC)** (Figura 1.11). O aparelho de tomografia computadorizada tem a forma de uma porca metálica quadrada (como as porcas de parafusos) que fica assentada sobre um dos lados. O paciente fica deitado (em decúbito dorsal) no orifício central, situado entre um tubo de raios X e um gravador, ambos dentro do aparelho. O tubo e o gravador giram de forma a obter 12 imagens sucessivas de raios X em torno de toda a circunferência da pessoa. Como o feixe de raios X tem forma de leque e é pouco espesso, todas as imagens ficam confinadas a um único plano transversal ao corpo com cerca de 0,3 cm de espessura. Isso explica o termo *tomografia axial*, que literalmente significa “imagens de cortes transversais tiradas ao longo do eixo do corpo”. As informações são obtidas a partir de toda a circunferência, de forma que todos os órgãos ficam registrados a partir do melhor ângulo, sendo bloqueados pela menor quantidade de estruturas. O computador traduz todas as informações registradas em uma imagem detalhada daquela secção do corpo, imagem essa que é exibida em uma tela para visualização. A TC produz imagens excelentes dos tecidos moles, bem como dos ossos e dos vasos sanguíneos, além de ser um teste rápido e relativamente de baixo custo. A TC pode ser usada rápida e prontamente em situações de trauma para avaliar uma possível lesão interna. Como a TC utiliza raios X para produzir imagens, há alguma preocupação, por mí-

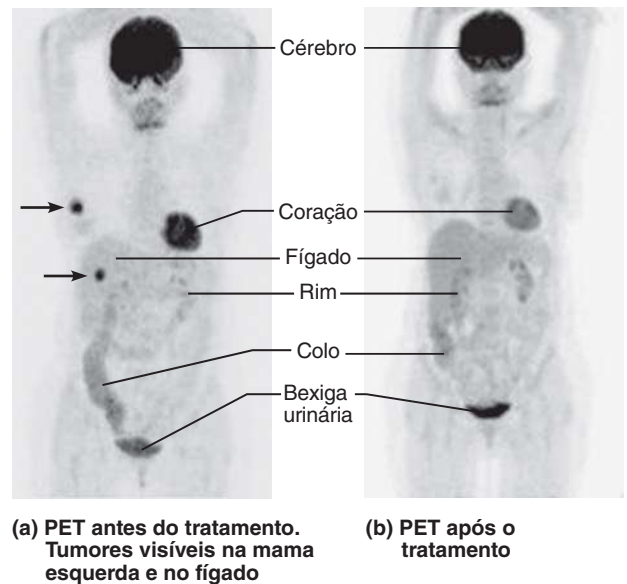


Figura 1.13 Tomografia por emissão de pósitrons (PET). Usa-se a PET em oncologia para avaliar o tamanho, a localização e a resposta ao tratamento do tumor.

nima que seja, acerca da exposição à radiação. É menos útil para estruturas de tecidos nervosos e para imagens de articulações, particularmente o joelho e o ombro, pois os ossos conseguem obstruir os detalhes nessas articulações. Entretanto, por ser de menor custo que a ressonância magnética (RM, descrita nas p. 18-19), e por seu uso ser menos restritivo, a TC é uma ferramenta diagnóstica essencial para os médicos.

Angiografia

A **angiografia** (“imagem de vasos”) é uma técnica que produz imagens dos vasos sanguíneos, através da inserção de um meio de contraste no vaso, o qual se distribui através do sistema vascular. As imagens dos vasos de interesse são registradas com o uso de uma radiografia convencional ou de uma técnica de imagiologia digitalmente assistida, como a TC ou a RM. O meio de contraste destaca a estrutura do vaso e permite uma clara visualização dos vasos sanguíneos. Esse procedimento é utilizado para diagnosticar aneurismas (uma bolha que se infla para fora de um vaso devido a um enfraquecimento de suas paredes) e aterosclerose (estreitamento de vasos sanguíneos devido ao acúmulo de placas de gordura) e também para identificar uma fonte de hemorragia interna.

Uma extensão da angiografia, a **angiografia por subtração digital (ASD)** propicia uma visão livre de obstrução de pequenas artérias (Figura 1.12). Nesse procedimento, as imagens do vaso são feitas antes e depois da injeção do meio de contraste. O computador subtrai a imagem “antes” da imagem “depois”, eliminando todos os vestígios de estruturas do corpo que obscurecem o vaso. A ASD costuma ser utilizada para identificar obstruções das artérias que irrigam a parede do coração e o cérebro.



Figura 1.14 Imagem por ultrassom de um feto no útero.

Tomografia por emissão de pósitrons

A **tomografia por emissão de pósitrons (PET)** (Figura 1.13) é um procedimento avançado que produz imagens a partir da detecção de isótopos radioativos injetados no corpo. A vantagem especial dessa técnica é que suas imagens indicam regiões de atividade celular. Por exemplo, açúcar radioativamente marcado ou moléculas de água são injetados no fluxo sanguíneo e rastreados até as áreas do corpo que os absorver em maior quantidade. Esse procedimento identifica as células mais ativas e localiza as regiões do corpo que recebem o maior suprimento de sangue. À medida que vai se desintegrando, o material radioativo libera energia na forma de raios gama. Sensores dentro do aparelho captam os raios gama emitidos, que são traduzidos em impulsos elétricos e enviados ao computador. Assim, constrói-se na tela uma imagem da localização do isótopo.

A PET é utilizada para avaliar o fluxo funcional de sangue e áreas de grande atividade metabólica. No cérebro, ela é capaz de distinguir áreas normais que estão mais ativas durante tarefas específicas (fala, visão, compreensão), propiciando assim evidência direta das funções realizadas por regiões específicas do cérebro. Mas a imagem PET tem resolução baixa e leva um tempo relativamente longo para se formar, de forma que não é capaz de registrar mudanças rápidas na atividade cerebral. A PET está sendo gradativamente substituída pela ressonância magnética funcional.

A PET também é utilizada na oncologia (tratamento do câncer) para detectar e estadiar tumores, e também para avaliar a terapia. Por medir a atividade metabólica, ela pode indicar áreas de maior atividade celular devido ao crescimento do tumor. Esse tipo de tomografia consegue revelar a presença de crescimentos cancerosos mesmo antes de se tornarem visíveis à TC ou RM. No tratamento do câncer, as imagens de PET são utilizadas para monitorar o tamanho e a distribuição de tumores e a resposta dos tumores cancerosos ao tratamento terapêutico (Figura 1.13). Ela está sendo cada vez mais

usada em combinação com a tomografia computadorizada ou a ressonância magnética para correlacionar a atividade metabólica dos tecidos cancerosos com alterações da estrutura anatômica.

Ultrassonografia

Na **ultrassonografia**, ou **ecografia** (Figura 1.14), é feita uma sondagem com pulsos de ondas de som de alta frequência (ultrassônica) que atingem os tecidos do corpo e são refletidas (eco). Um computador analisa os ecos de maneira a construir imagens seccionais dos contornos dos órgãos. Um dispositivo portátil, que parece um microfone, emite o som e capta os ecos. Esse dispositivo é deslocado pela superfície do corpo, permitindo que os órgãos sejam examinados a partir de diferentes planos.

A ultrassonografia tem duas vantagens claras em relação às outras técnicas de imagiologia. Primeira: o valor do equipamento é relativamente baixo. Segunda: o ultrassom parece ser mais seguro do que formas ionizantes de radiação, causando menos efeitos nocivos aos tecidos vivos.

Por causa de sua aparente segurança, o ultrassom é a técnica de imagiologia preferida para determinar a idade e a saúde de um feto em desenvolvimento. Também é utilizado para visualizar vísceras, além de ser cada vez mais usado também para visualizar as artérias na tentativa de detectar a aterosclerose (espessamento e endurecimento das paredes arteriais). A ultrassonografia não é muito útil para visualizar estruturas cheias de ar (pulmões) ou estruturas cercadas de ossos (cérebro e medula), pois as ondas sonoras não penetram bem em objetos duros e se dissipam rapidamente no ar.

As imagens de ultrassom são um pouco turvas, embora a nitidez esteja melhorando com o uso de ondas sonoras de hiperfrequência. Meios de contraste líquidos com bolhas refletoras de som podem ser injetados na circulação sanguínea para melhor revelar os vasos e o sangue.

Ressonância nuclear magnética

A **ressonância nuclear magnética** ou ressonância magnética (RM) é uma técnica muito requisitada por ser capaz de produzir imagens de alto contraste dos tecidos moles (Figura 1.15), uma área onde a imagiologia por meio dos raios X não é satisfatória. A RM também não usa radiação para gerar a imagem. Ela detecta primordialmente os níveis de hidrogênio no corpo, cuja maioria se encontra na água. Com isso, a tendência da RM é distinguir os tecidos uns dos outros com base nas diferenças do teor de água. Já que os ossos contêm menos água do que os outros tecidos, é fácil a RM atravessar o crânio para revelar o cérebro. Ela consegue distinguir a substância branca lipídica (mielinizada) da substância cinzenta mais aquosa do encéfalo. Muitos tumores são revelados com nitidez e a RM já revelou até tumores que não foram percebidos pela observação

direta durante cirurgia exploratória. Os tecidos moles das articulações, ligamentos e cartilagens também são bem visualizados com a RM.

A técnica submete o paciente a campos magnéticos até 60 mil vezes mais fortes que o da Terra. O paciente fica numa câmara, com o corpo cercado por um grande ímã. Quando o ímã é ligado, os núcleos dos átomos de hidrogênio do corpo — prótons isolados que giram como peão — se alinham em paralelo ao campo magnético mais forte. O paciente é então exposto a um breve pulso de ondas de rádio logo abaixo da frequência das rádios comerciais de frequência modulada (FM), que desalinham esses prótons. Quando as ondas de rádio são desligadas, os prótons voltam ao alinhamento no campo magnético, emitindo, no processo, suas próprias e fracas ondas de rádio. Essas ondas são detectadas por sensores e o computador as traduz em imagens visíveis. Com o uso de técnicas avançadas de renderização de volume, múltiplos aparelhos de RM podem ser montados em reconstruções tridimensionais (Figura 1.15b). As imagens produzidas são impressionantes visualizações do interior dos órgãos.

No início de 1990, a tecnologia da RM experimentou considerável avanço com o desenvolvimento da **RM funcional (RMf)**. Essa técnica mede o oxigênio do sangue, revelando a quantidade de sangue oxigenado que está circulando para regiões específicas do corpo. Com isso, ela consegue mostrar quais as partes do cérebro que estão ativas durante várias tarefas mentais. A RM funcional é capaz de localizar com precisão áreas do cérebro muito menores do que as localizadas pela PET, de uma maneira mais rápida e sem uso de rastreadores radioativos. Por essas razões, está cada vez mais substituindo a PET no estudo das funções cerebrais.

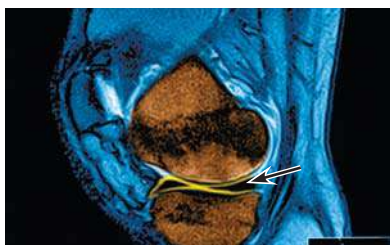
Apesar das vantagens da RMf, há limitações no seu uso. Esse tipo de ressonância não utiliza raios X, de forma que não causa preocupação quanto a exposição à esse tipo de radiação; entretanto, os ímãs de grande porte podem produzir mau funcionamento em dispositivos metálicos implantados no paciente. A RM requer mais tempo para produzir uma imagem do que a tomografia computadorizada, e durante a geração de imagem por RM não é possível usar certos aparelhos médicos, como equipamento de tração ou de suporte vital. Por essas razões, a RM não é útil em situações de trauma e também é mais sensível à movimentação do paciente durante o exame.

As imagens formadas pelas técnicas de imagiologia computadorizadas podem ser impressionantes. Contudo, cabe lembrar que são abstrações montadas por um computador. A nitidez é artificialmente aprimorada e a cor é artificialmente colocada de forma a ampliar o contraste ou destacar áreas de interesse. Embora as imagens geradas por computador não sejam imprecisas, trata-se, na verdade, de uma série de etapas removidas da observação visual direta.

✓ Verifique seu conhecimento

- 10. Qual técnica de imagiologia é mais adequada para cada uma das situações clínicas descritas? (a) Exame da vesícula biliar para verificar a possibilidade de formação de pedras (cálculos) em resposta a reclamações do paciente acerca de dor aguda no quadrante superior direito do abdome; (b) Exclusão da possibilidade de osso fraturado em paciente reclamando de dor no antebraço e carpo; (c) Exame do joelho de um paciente que reclama de dor persistente após lesão na prática de um esporte; (d) Avaliação da possibilidade de lesão em vísceras abdominais por acidente de carro.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

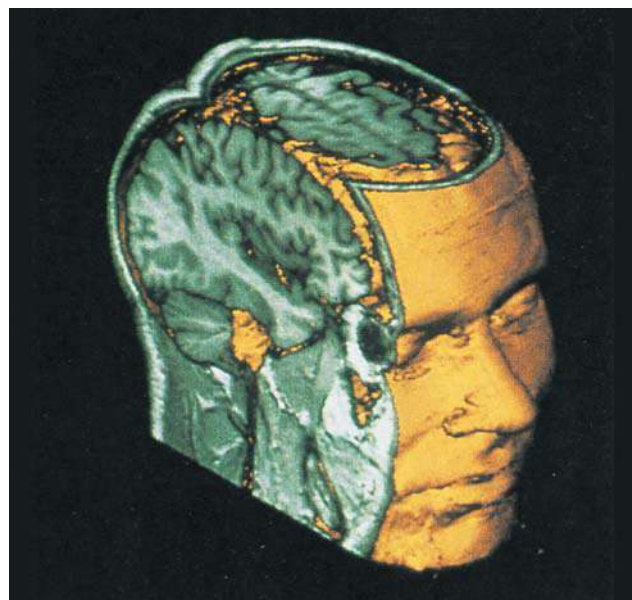


Joelho normal, menisco intacto



Joelho lesionado, menisco rompido

(a) RM do joelho, seção sagital. A seta indica o menisco. Observe rompimento no menisco na imagem inferior



(b) Renderização volumétrica de uma RM da cabeça

Figura 1.15 Ressonância nuclear magnética (RM). As superfícies planas em (b) mostram os dados originais da RM.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

VISÃO GERAL DA ANATOMIA (p. 2-6)

1. Anatomia é o estudo da estrutura do corpo. Neste livro, as estruturas são consideradas em termos de suas funções.

Subdisciplinas da anatomia (p. 2)

2. As subdisciplinas da anatomia incluem a anatomia macroscópica, a anatomia microscópica (histologia) e a anatomia do desenvolvimento.

Hierarquia da organização estrutural (p. 3-6)

3. Os níveis da organização estrutural do corpo, do mais simples ao mais complexo, são químico, celular, teciduais, dos órgãos, dos sistemas orgânicos e o próprio organismo humano.
4. Os sistemas orgânicos no corpo são o tegumentar, esquelético, muscular, nervoso, endócrino, cardiovascular, linfático / imunológico, respiratório, digestório, urinário e genital.

Escala: comprimento, volume e peso (p. 6)

5. As unidades importantes de medição do comprimento são o metro (m) para o corpo, os centímetros (cm) para os órgãos e os micrômetros (µm) para as células. (Para outras unidades de medição, consulte o Apêndice A.)

Terminologia anatômica (p. 6)

6. Como a maioria das estruturas do corpo tem nomes que vêm do grego e do latim, aprender o significado dos radicais das palavras ajuda na compreensão da anatomia.

ANATOMIA MACROSCÓPICA: INTRODUÇÃO (p. 6-13)

Termos regionais e de direção (p. 6-7)

7. Na posição anatômica do adulto, o corpo está ereto, voltado para a frente e as pernas juntas. Os braços ficam estendidos nos dois lados do corpo, com as palmas das mãos voltadas para a frente. O olhar no horizonte.
8. Termos regionais são utilizados para designar áreas específicas do corpo (Figura 1.3).
9. Os termos de direção ajudam os anatomistas a descrever com precisão a localização das estruturas no corpo. Entre os termos mais importantes, incluem-se: superior/inferior; anterior/posterior (ou ventral/dorsal); medial/lateral; proximal/distal e superficial/profundo (Tabela 1.1).

Planos e seções do corpo (p. 7-10)

10. O corpo ou os órgãos podem ser cortados ao longo de planos, de forma a produzir diferentes tipos de seções. O plano frontal divide uma estrutura em partes anterior e posterior. Um plano sagital divide o corpo em partes direita e esquerda. Um plano transversal (corte transversal) é horizontal ao eixo longitudinal e divide uma estrutura em partes superior e inferior.

Estrutura do corpo humano (p. 10-11)

11. As estruturas básicas que compartilhamos com todos os outros animais vertebrados são as de um planejamento corporal do tipo “tubo dentro de um tubo”, com simetria bilateral, cordão nervoso dorsal, notocorda e vértebras, segmentação e bolsas faríngeas.

Cavidades e membranas do corpo (p. 11-12)

12. O corpo contém duas importantes cavidades fechadas: a dorsal, que é subdividida em cavidade do crânio e vertebral, e a ventral, subdividida em torácica e abdominopélvica.
13. Dentro da cavidade ventral ficam as vísceras (como coração, pulmões, intestinos e rins) e três cavidades serosas: pleural, pericárdica e peritoneal. Essas cavidades com aspectos de fendas são forradas por membranas finas, as serosas parietal e visceral (Figura 1.7). As serosas produzem uma fina camada de fluido lubrificante, que auxilia na diminuição do atrito entre os órgãos durante movimentação.

Quadrantes abdominais (p. 13)

14. Para mapear os órgãos viscerais na cavidade abdominopélvica, o abdome é dividido em quatro quadrantes.

ANATOMIA MICROSCÓPICA: INTRODUÇÃO (p. 13-15)

Microscopias de luz e eletrônica (p. 13-15)

15. Para iluminar células e tecidos, o microscópio de luz (ML) utiliza feixes de fótons e o microscópio eletrônico de transmissão (MET) usa feixes de elétrons. O MET produz imagens mais nítidas do que o ML, com maior resolução.
16. A preparação dos tecidos para a microscopia requer preservação (fixação), seccionamento e coloração. A coloração para a ML são os corantes, enquanto para a MET são os sais à base de metais pesados.

Microscopia eletrônica de varredura (p. 15)

17. A microscopia eletrônica de varredura (MEV) fornece imagens nítidas e tridimensionais com grande resolução.

ANATOMIA CLÍNICA: INTRODUÇÃO ÀS TÉCNICAS DE IMAGIOLOGIA MÉDICA (p. 15-19)

Imagens de raios X (p. 16-17)

18. Nas radiografias convencionais, os raios X são utilizados para produzir imagens negativas de estruturas internas ao corpo. Estruturas mais densas aparecem mais claras (brancas) no filme de raios X. As imagens de raios X são úteis para a visualização de ossos e estruturas densas anormais, como tumores. Um meio de contraste ingerido ou injetado nos órgãos ocos permite a visualização dos órgãos de tecido mole, como os do trato gastrointestinal.

Técnicas avançadas de raios X (p. 17)

19. A tomografia computadorizada (TC) produz imagens de raios X melhores, que são obtidas em cortes transversais e aprimoradas por computador para se conseguir maior nitidez. A TC produz excelentes imagens de ossos, vasos sanguíneos e tecidos moles, sendo especialmente útil em

situações de trauma para avaliar lesões internas. A angiografia produz imagens nítidas dos vasos sanguíneos quando é feita a injeção de um meio de contraste.

Tomografia por emissão de pósitrons (PET) (p. 17)

20. A PET rastreia radioisótopos no corpo, localizando áreas de alto consumo de energia e elevado fluxo sanguíneo. A imagiologia PET é utilizada em estudos do funcionamento do encéfalo e para o diagnóstico de câncer e avaliação de seu tratamento.

Ultrassonografia (p. 18)

21. A ultrassonografia fornece imagens de sonar de fetos em desenvolvimento e de estruturas internas do corpo. As imagens de ultrassom permitem uma visualização imediata e de baixo custo de órgãos internos.

Ressonância nuclear magnética (p. 18-19)

22. A RM submete o corpo a fortes campos magnéticos e ondas de rádio, produzindo imagens de alto contraste das estruturas moles do corpo. A RM é bastante útil para a visualização de estruturas cercadas de ossos, como tecidos nervosos e articulações.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- A sequência correta de níveis que formam a hierarquia estrutural do corpo é (a) órgão, sistema orgânico, celular, químico, tecidual; (b) químico, tecidual, celular, organismo, órgão, sistema orgânico; (c) químico, celular, tecidual, órgão, sistema orgânico, organismo; (d) organismo, sistema orgânico, órgão, químico, celular, tecidual.
- Utilizando os termos apresentados abaixo, preencha as lacunas com o que for mais apropriado.

anterior superior medial proximal superficial
posterior inferior lateral distal profundo

- O coração se localiza _____ ao diafragma.
 - Os músculos são _____ ao tegumento.
 - O ombro é _____ ao cotovelo.
 - Na posição anatômica, o polegar é _____ ao dedo indicador.
 - A região vertebral é _____ à região escapular.
 - O nariz é _____ ao queixo.
 - Os dedos do pé são _____ ao calcanhar.
3. Associe cada um dos termos anatômicos de regiões do corpo listados na coluna B aos nomes comuns listados na coluna A.

Coluna A	Coluna B
_____ (1) axila	(a) inguinal
_____ (2) nádegas	(b) dorsal
_____ (3) costas	(c) axilar
_____ (4) virilha	(d) lombar
_____ (5) coluna vertebral	(e) glútea
_____ (6) planta do pé	(f) plantar

- Qual desses órgãos *não* seria cortado por uma secção passando pelo plano sagital mediano do corpo? (a) bexiga, (b) vesícula, (c) intestino delgado, (d) coração. (Dica: veja Figura 1.8.)
- Diga se cada uma das estruturas listadas abaixo faz parte de um tubo interno (I) ou de um tubo externo (E).

__ (1) intestinos	__ (3) coluna vertebral
__ (2) pulmões	__ (4) músculos abdominais

__ (5) esôfago __ (6) medula espinal

- Indique se cada uma das condições ou afirmativas a seguir se aplica à cavidade dorsal (D) ou à cavidade ventral (V) do corpo.

__ (1) cercada pelo crânio e pela coluna vertebral
__ (2) inclui as cavidades torácica e abdominopélvica
__ (3) contém o encéfalo e a medula espinal
__ (4) localizada mais anteriormente
__ (5) contém o coração, os pulmões e muitos órgãos digestórios
- Liste as estruturas abaixo, da mais escura (negra) à mais clara (branca), conforme apareceriam em um filme de raios X. Atribua à mais escura o número 1, à segunda mais escura, o número 2, e assim por diante.

__ (a) tecido mole
__ (b) fêmur (osso da coxa)
__ (c) ar nos pulmões
__ (d) ouro (metal) de obturação no dente
- A superfície ventral do corpo é a mesma que sua superfície _____.

(a) medial
(b) superior
(c) superficial
(d) anterior
(e) distal
- Associe cada uma das membranas serosas da coluna B à sua descrição correspondente na coluna A.

Coluna A	Coluna B
__ (1) recobre a superfície do coração	(a) pericárdio parietal
__ (2) forma o revestimento externo do pericárdio	(b) pleura parietal
__ (3) reveste a parede da cavidade torácica	(c) pericárdio visceral
__ (4) recobre a superfície externa do intestino delgado	(d) peritônio visceral

- Qual é a técnica microscópica que propicia imagens nítidas de estruturas tridimensionais com alta resolução? (a) microscopia de luz, (b) microscopia de raios X, (c) mi-

22 Anatomia humana

croscopia eletrônica de varredura, (d) microscopia eletrônica de transmissão.

11. Histologia é a mesma coisa que (a) anatomia patológica, (b) ultraestrutura, (c) morfologia funcional, (d) anatomia de superfície, (e) anatomia microscópica.

Dissertativas

12. Descreva a posição anatômica e, em seguida, coloque-se nessa posição.
13. Identifique o sistema orgânico ao qual pertence cada um dos grupos de órgãos abaixo:
- (a) timo, tireoide, ovário, pâncreas
 - (b) cavidade nasal, laringe, brônquios, pulmões
 - (c) rins, ureteres, uretra
14. (a) Defina *simetria bilateral*. (b) Embora muitas estruturas do corpo sejam bilateralmente simétricas, grande parte do *abdome* não o é. Encontre uma figura que demonstre essa falta de simetria e cite alguns órgãos abdominais que não sejam simétricos.
15. As avançadas técnicas de imagiologia apresentadas a seguir são discutidas no texto: TC, angiografia, PET, ultrassonografia e RM. (a) Qual dessas técnicas utiliza raios X? (b) Qual delas usa ondas de rádio e campos magnéticos? (c) Qual delas usa isótopos radioativos? (d) Qual delas exibe regiões do corpo em secções? Você pode ter mais de uma resposta para cada pergunta.
16. Apresente o termo regional formal para cada uma dessas regiões do corpo: (a) braço, (b) peito, (c) coxa, (d) umbigo, (e) membros.
17. Como diferenciar a aparência de um tecido quando ele é observado pela microscopia de luz e pela microscopia eletrônica? Considere os tipos de estrutura que seriam observáveis, o nível de detalhes, a cor da imagem e se na visualização apareceriam características da superfície ou se seria uma secção transversal.
18. Construa frases que usem os seguintes termos de direção: superior/inferior; dorsal/ventral; medial/lateral; superficial/profundo. (Dica: observe diagramas de corpo inteiro que mostrem muitas estruturas, como as Figuras 1.3 e 1.8.)

19. A abdominal e a pélvica estão entre as principais cavidades do corpo. Cite três órgãos de cada uma delas.
20. Onde se localiza a lesão quando se distende um músculo na região axilar, quebra um osso na região occipital ou corta um dedo?
21. O corpo humano tem forma de um tubo dentro de um tubo. (a) Cite três órgãos que façam parte do tubo interno e três estruturas que sejam componentes do tubo externo. (b) Dê um exemplo de segmentação no corpo humano.

Análise crítica e aplicação clínica

1. Os médicos de Roberto suspeitam seriamente de que ele esteja com um tumor no cérebro. Qual das técnicas de imagiologia médica que se seguem — raios X convencional, angiografia, PET, ultrassonografia ou RM — seria provavelmente a melhor para localizar o tumor com precisão?
2. A família Silveira estava viajando em seu carro e sofreu um pequeno acidente. As crianças no banco de trás estavam usando cintos de segurança abdominais e sofreram apenas hematomas em torno do abdome com algumas lesões internas. Por que a área abdominal é mais vulnerável a lesões do que outras?
3. Um paciente tinha uma hérnia na região inguinal, dor oriunda de um rim infectado na região lombar e hemorroidas na região perineal. Explique onde fica cada uma dessas regiões.
4. Uma mulher caiu de uma motocicleta. Rompeu um nervo na região axilar e quebrou ossos nas regiões do quadril, sacral, acromial e fibular. Explique onde fica cada uma dessas regiões.
5. Quem começa a estudar anatomia costuma confundir os termos *medula espinal*, *coluna vertebral* e *espinha*. Procure essas palavras no índice deste livro ou em um dicionário médico, defina cada uma delas e explique se são a mesma coisa ou não.
6. Utilizando a lista de radicais, localizada nas contracapas deste livro: 1) Procure o significado de cada um dos radicais apresentados abaixo. 2) Identifique um termo anatômico utilizado neste capítulo que seja derivado de cada um dos radicais. 3) Defina o termo anatômico a partir do conhecimento que você tem do significado daquele radical.

super-, contra-, para-, ante-, epi-, peri-, -ografia, trans-

Células: unidades vivas **2**

Visão geral das células 24

Membrana plasmática 25

Estrutura 27

Funções 27

Transporte da membrana 28

Citoplasma 29

Citosol 30

Organelas citoplasmáticas 30

Inclusões citoplasmáticas 35

Núcleo 35

Envoltório nuclear 36

Nucléolo 37

Cromatina e cromossomos 37

Ciclo de vida da célula 38

Interfase 38

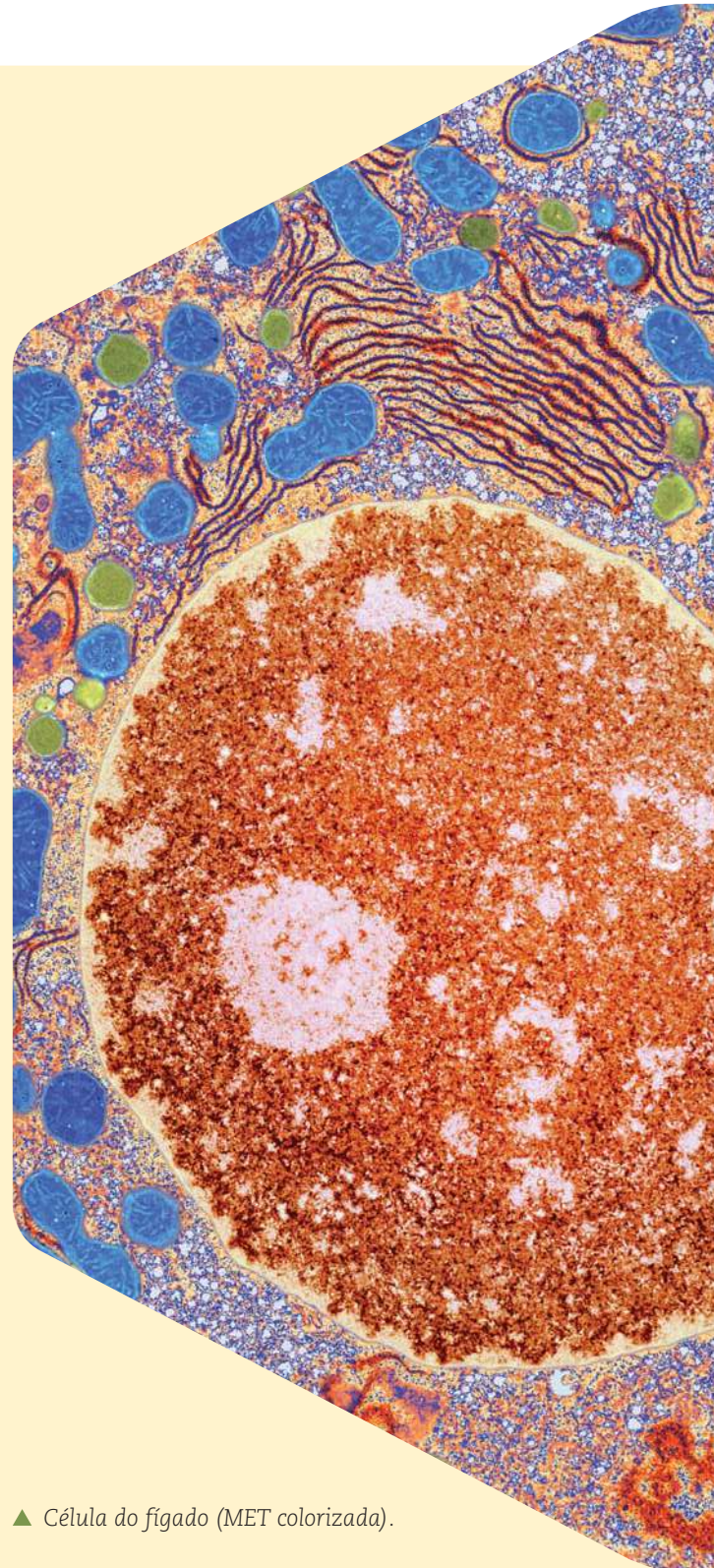
Divisão celular 39

Aspectos do desenvolvimento celular 39

Diferenciação celular 39

Envelhecimento 43

Todos os organismos vivos são de natureza celular, desde os unicelulares “generalistas”, como as amebas, até organismos multicelulares complexos, como as árvores, os cachorros e o homem. Da mesma forma que tijolos e madeiras são as unidades estruturais de uma casa, as células são as unidades estruturais de todos os seres vivos. O corpo humano tem aproximadamente *50 a 100 trilhões de células*. Este capítulo examina as estruturas e funções que são comuns às diferentes células do corpo. As células e suas funções específicas serão discutidas em detalhes em capítulos posteriores.



▲ Célula do fígado (MET colorizada).

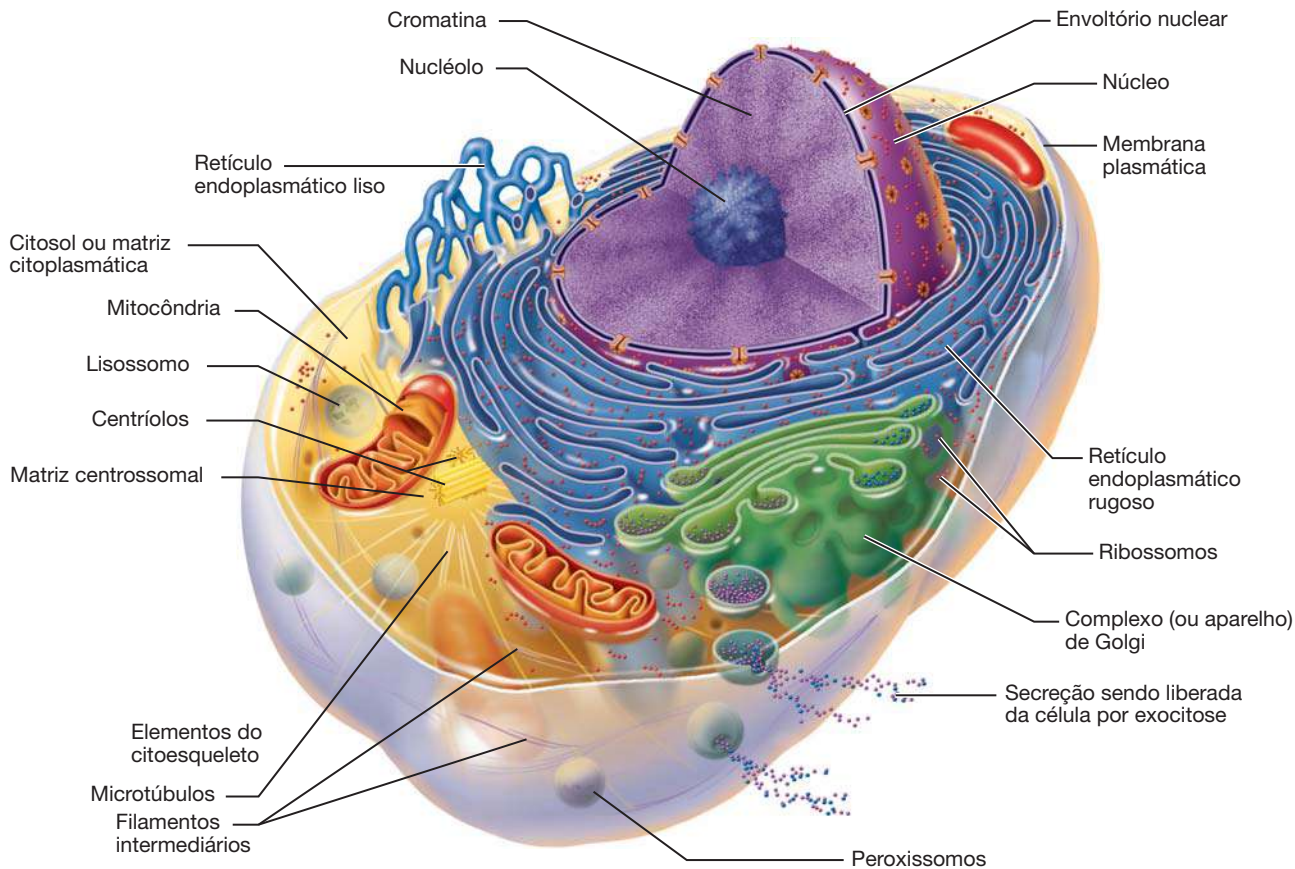


Figura 2.1 Estrutura de uma célula generalizada. Nenhum tipo de célula é exatamente igual a essa, mas a figura ilustra características comuns às células animais. Nem todas as organelas foram desenhadas na mesma escala nessa ilustração.

VISÃO GERAL DAS CÉLULAS

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ definir uma célula, suas atividades básicas e suas três principais regiões.

No final dos anos 1600, o cientista Robert Hooke observou células vegetais pela primeira vez com um microscópio óptico comum. Foi apenas em 1830, entretanto, que dois cientistas, Matthias Schleiden e Theodor Schwann, descreveram que todos os seres vivos são compostos por células. Logo após, o patologista Rudolf Virchow ampliou essa ideia, afirmando que as células são derivadas apenas de outras células. A tese de Virchow foi revolucionária, pois ela desafiou a teoria predominante da geração espontânea, que determinava que os organismos pudessem ser originados a partir de matéria não viva. Desde o final de 1800, as pesquisas com células têm sido excepcionalmente produtivas. Atualmente, o conhecimento científico sobre as células tem aumentado de forma exponencial.

As células são as menores unidades vivas do corpo e realizam todas as funções necessárias para sustentar a vida. Cada célula pode:

- obter nutrientes e outras substâncias essenciais dos fluidos corporais circunvizinhos;
- utilizar os nutrientes para produzir as moléculas de que necessita para sobreviver;
- eliminar seus resíduos;
- manter seu formato e integridade;
- multiplicar-se.

Essas funções são realizadas pelas inúmeras subunidades celulares, cuja maioria é denominada **organelas** (pequenos órgãos). Embora os diferentes tipos celulares realizem diferentes funções, virtualmente todas as células humanas contêm as mesmas partes básicas e podem ser descritas em termos de uma célula generalizada (**Figura 2.1**). As células humanas têm três partes principais: a membrana plasmática, o citoplasma e o núcleo (**Tabela 2.1**). A *membrana plasmática* é a delimitação externa. A parte interna da membrana é o *citoplasma*, que compõe a maior parte da célula, contém a maioria das organelas celulares e envolve o núcleo. O *núcleo* controla as atividades celulares e fica próximo ao centro da célula. Imagine uma célula como se fosse uma fábrica, onde cada organela funciona como um departamento específico da fábrica:

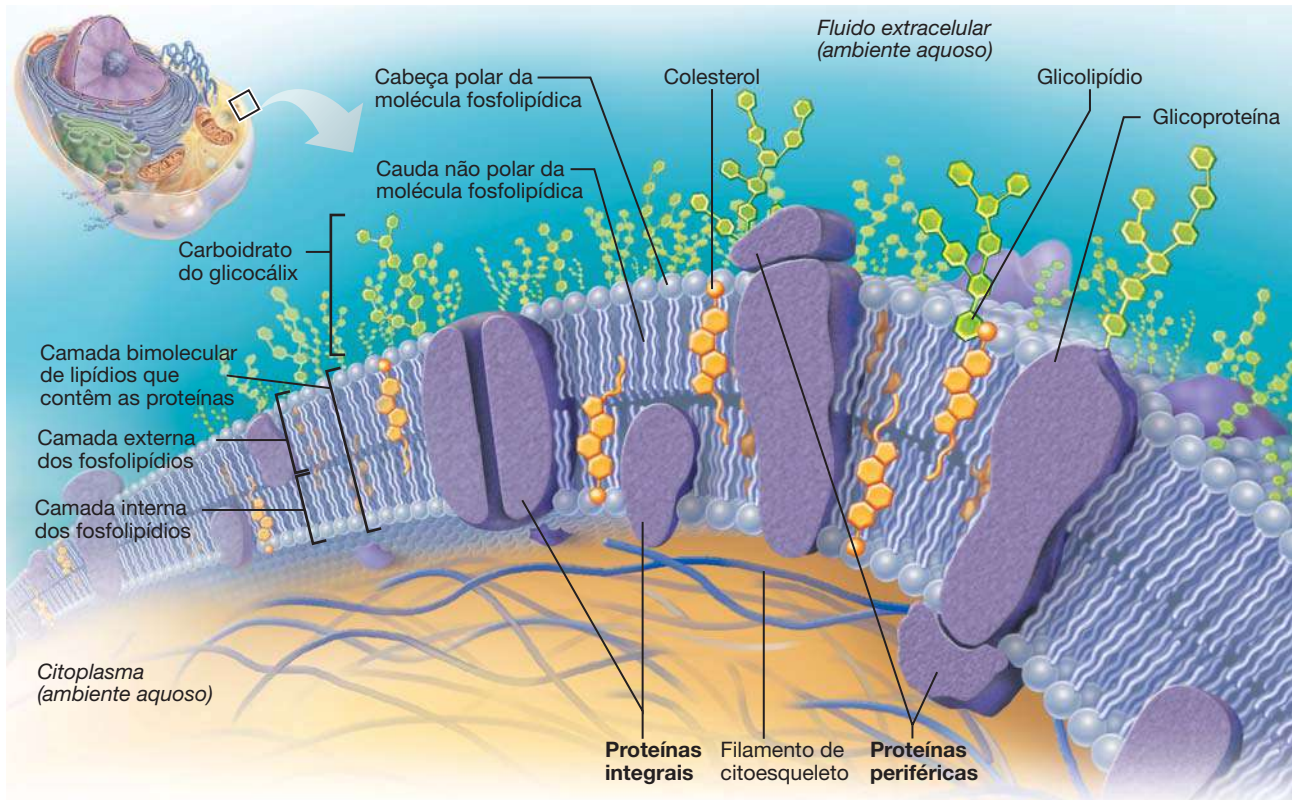


Figura 2.2 Membrana plasmática de acordo com o modelo de mosaico de fluidos.

- A **membrana plasmática** seria a cerca e o portão de segurança da célula: forma a delimitação da célula e seletivamente permite que os materiais entrem e saiam dela.
- Os **ribossomos** seriam a linha de montagem: eles produzem as proteínas.
- O **retículo endoplasmático (RE)** faz parte do departamento de produção: o RE rugoso produz proteínas, e o RE liso metaboliza os lipídios e armazena cálcio.
- O **complexo de Golgi** seria o departamento de embalagem e despacho: envolve as proteínas para uso dentro ou fora da célula.
- Os **lisossomos** seriam a equipe de limpeza e o centro de reciclagem — degradam as proteínas utilizadas e outros resíduos celulares.
- As **mitocôndrias** seriam a usina de produção de energia.
- Os **peroxissomos** seriam a instalação de tratamento dos resíduos tóxicos: neutralizam e removem as substâncias tóxicas dentro da célula.
- Os **elementos do citoesqueleto** formam a estrutura e a infraestrutura do edifício: mantêm o formato e a estrutura da célula e transportam materiais dentro dela.
- O **núcleo** seria o diretor executivo: dirige a operação da célula.

Cada uma dessas estruturas será discutida a seguir.

Verifique seu conhecimento

1. Quais são as três regiões gerais de uma célula?

(Veja a resposta no Apêndice B.)

MEMBRANA PLASMÁTICA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a composição e funções básicas da membrana plasmática;
- ▶ explicar os diferentes processos utilizados para movimentar as moléculas através da membrana plasmática.

A membrana celular externa (**Figura 2.2**) é chamada de **membrana plasmática** ou **plasmalema** (*lema* = revestimento, casca). Essa camada fina e flexível define a extensão da célula, separando dois dos principais compartimentos aquosos do organismo: o *fluido intracelular*, que se encontra dentro das células, e o *fluido extracelular*, que fica do lado de fora e entre as células. Voltando a nossa analogia, podemos imaginar a membrana plasmática como se fosse um portão de segurança que protege a fábrica (célula). Essa delimitação contém pontos de verificação específicos (receptores) que influenciam a atividade celular de várias formas.

Tabela 2.1 Partes da célula: estrutura e funções

Parte da célula	Estrutura	Funções
MEMBRANA PLASMÁTICA (Figura 2.2)	Membrana constituída de uma dupla camada de lipídios (fosfolipídios, colesterol etc.) dentro da qual ficam incluídas as proteínas; é voltada para as proteínas na face externa e alguns lipídios têm grupos de açúcar anexados	Funciona como uma barreira celular externa; age no transporte de substâncias para dentro e fora da célula; voltada para as proteínas na face externa, age como receptores (para hormônios, neurotransmissores etc.) e no reconhecimento de uma célula para outra
CITOPLASMA	Região celular entre a membrana nuclear e a plasmática; consiste em citossol (ou matriz citoplasmática) fluido, que contém solutos dissolvidos, inclusões (nutrientes armazenados, grânulos de pigmentos) e organelas , a maquinaria (ou maquinário) metabólica do citoplasma	
Organelas citoplasmáticas		
• Ribossomos (Figura 2.6)	Partículas densas que consistem de duas subunidades, cada uma composta por um RNA ribossômico e proteína; são livres ou anexadas ao RE rugoso	Locais da síntese de proteínas
• Retículo endoplasmático rugoso (Figura 2.6)	Sistema de membranas de sacos ou túbulos com ribossomos aderidos do lado externo	Produz proteínas que são secretadas pela célula; produz as membranas celulares
• Retículo endoplasmático liso (Figura 2.6)	Sistema de membranas de sacos e túbulos sem ribossomos	Local da síntese de lipídios e hormônios esteroides, metabolismo de lipídios e desintoxicação de drogas
• Complexo de Golgi (Figuras 2.7 e 2.8)	Uma pilha de bolsas de membrana lisa, próxima do núcleo	Embala, modifica e seleciona proteínas para secreção da célula, inclusão nos lisossomos e incorporação na membrana plasmática
• Lisossomos (Figura 2.9)	Bolsas membranosas que contêm hidrolases ácidas	Locais de digestão intracelular
• Mitocôndrias (Figura 2.10)	Estruturas cilíndricas com dupla membrana; membrana interna dobrada em projeções chamadas cristas	Local da síntese de ATP; fonte de energia da célula
• Peroxissomos (Figura 2.1)	Bolsas membranosas de enzimas oxidases	Enzimas que desintoxicam várias substâncias tóxicas; catalase, a mais importante de todas, degrada o peróxido de hidrogênio
• Microfilamentos (Figura 2.11a)	Finos filamentos da proteína contrátil actina	Participam da contração muscular e outros tipos de movimento intracelular; ajudam a formar o citoesqueleto da célula
• Filamentos intermediários (Figura 2.11b)	Fibras de proteínas cuja composição é variada	Elementos estáveis do citoesqueleto; resistem a forças de tensão que agem na célula
• Microtúbulos (Figura 2.11c)	Estruturas cilíndricas compostas por proteína tubulina	Sustentam a célula e lhe dão formato; participam dos movimentos intracelulares e celulares; formam os centríolos
• Centríolos (Figura 2.12)	Corpos cilíndricos pareados, cada um contém nove conjuntos de três microtúbulos	Organizam uma rede de microtúbulos durante a mitose, formando os fusos e âsters; formam a base dos cílios e flagelos
NÚCLEO (Figura 2.13)	Cercado pelo envoltório nuclear, contém fluido nucleoplasma, nucléolo e cromatina	Controla o centro da célula; responsável pela transmissão de informações genéticas e instruções para a síntese de proteínas
• Envoltório nuclear (Figura 2.13)	Estrutura com membrana dupla; perfurada pelos poros; contígua ao RE citoplasmático	Separa o nucleoplasma do citoplasma e regula a passagem de substâncias do núcleo e para o núcleo
• Nucléolos (Figura 2.13)	Corpos densos e esféricos (não unidos por membrana)	Local da fabricação de subunidades de ribossomos
• Cromatina (Figuras 2.13 e 2.15)	Material granular e fino, composto por DNA e proteínas histona	O DNA constitui os genes

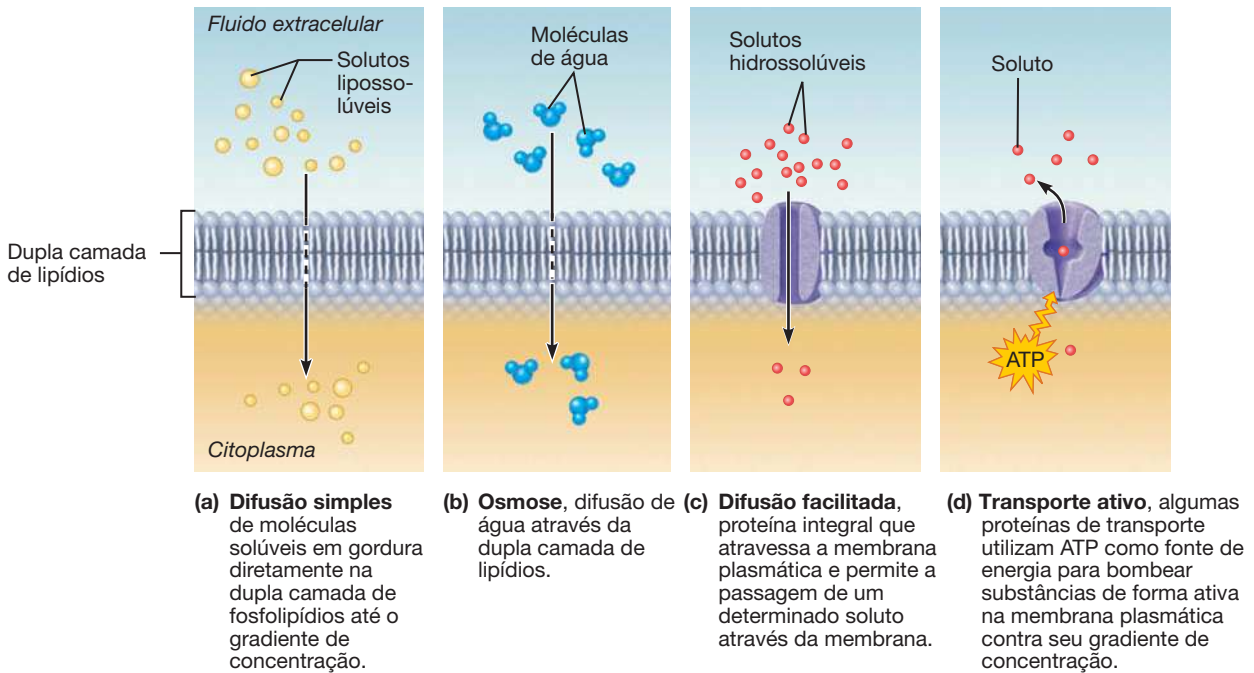


Figura 2.3 Mecanismos de transporte da membrana.

Estrutura

O *modelo de mosaico fluido* da estrutura membranosa apresenta a membrana plasmática como uma dupla camada de moléculas de lipídios com proteínas plasmáticas inseridas (Figura 2.2). Os lipídios mais abundantes na membrana plasmática são os fosfolípidios. Como se fosse um picolé com dois palitos, cada molécula de fosfolípidios tem uma “cabeça” polar que é carregada, além de uma cauda não polar, não carregada, constituída por duas cadeias de ácidos graxos. As cabeças polares são atraídas pela água — o principal componente do citoplasma e do fluido externo da célula — de forma que ficam dispostas ao longo da superfície interna e externa da membrana. As caudas não polares evitam a presença de água e ficam alinhadas no centro da membrana. O resultado são duas camadas paralelas de moléculas fosfolípídicas de ponta a ponta, formando a estrutura básica de dupla camada da membrana.

As camadas interna e externa da membrana diferem um pouco nos tipos de lipídios que elas contêm. Grupos de açúcar estão agregados a aproximadamente 10% das moléculas de lipídios externas, tornando-os “gorduras de açúcar” ou glicolipídios. A membrana plasmática também contém quantidades substanciais de colesterol, outro lipídio, que torna a membrana mais rígida e aumenta sua permeabilidade à água e a moléculas solúveis em água.

Em peso, as proteínas constituem aproximadamente metade da membrana plasmática. Há dois tipos de proteínas da membrana: integral e periférica (Figura 2.2). As **proteínas integrais** estão firmemente incrustadas ou fortemente aderidas à dupla camada de lipídios. Algumas proteínas integrais projetam-se para fora apenas de um lado da membrana, mas a maioria

são **proteínas transmembranas** que cobrem toda a extensão da membrana e projetam-se para fora dos dois lados (*trans* = através). As **proteínas periféricas**, em comparação, não estão incrustadas na dupla camada de lipídios de forma alguma. Pelo contrário, elas ficam aderidas de forma solta à superfície da membrana. As proteínas periféricas incluem uma rede de filamentos que ajudam a sustentar a membrana a partir de seu lado citoplasmático. Sem essa forte base de sustentação, a membrana plasmática se romperia facilmente.

Cadeias curtas de moléculas de carboidratos aderem às proteínas, formando as glicoproteínas. Esses açúcares se projetam a partir da superfície externa da célula, formando o *glicocálice* (“cobertura de açúcar”), ou *envoltório celular*. Os açúcares dos glicolipídios da membrana também contribuem para o glicocálice. Portanto, podemos pensar nas nossas células como se fossem “revestidas por açúcar”. O glicocálice é pegajoso e pode ajudar as células a se ligarem quando elas estão próximas. Como todas as células têm diferentes padrões de açúcares na composição do glicocálice, este também é um marcador biológico peculiar, pelo qual as células que se aproximam se reconhecem umas às outras. Por exemplo, um espermatozoide reconhece o óvulo (célula-ovo) através da composição específica do glicocálice do óvulo.

Funções

As funções da membrana plasmática estão relacionadas com a sua localização na interface entre o exterior e interior da célula:

1. A membrana plasmática funciona como uma barreira protetora contra substâncias e forças do lado de fora da célula.

- Algumas das proteínas de membrana funcionam como **receptores**; ou seja, têm capacidade de se ligar a moléculas específicas provenientes do lado externo da célula. Após a ligação ao receptor, a molécula pode induzir uma alteração da atividade celular. Os receptores de membrana funcionam como parte do sistema de comunicação celular do organismo.
- A membrana plasmática controla quais substâncias podem entrar e sair da célula e atua como uma barreira permeável e seletiva que permite que algumas substâncias passem entre o fluido intra e extracelular ao mesmo tempo, além de impedir a passagem de outras substâncias. Os processos de movimentação de substâncias pela membrana plasmática são descritos a seguir.

Transporte da membrana

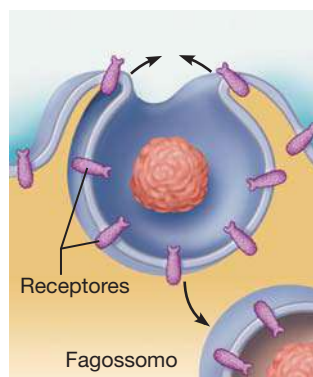
Pequenas moléculas não carregadas, como oxigênio, dióxido de carbono, moléculas solúveis em gordura, podem passar livremente pela dupla camada de lipídios da membrana plasmática por meio de um processo chamado **difusão simples**. Difusão é a tendência de moléculas, em uma determinada solução, moverem-se para baixo do seu gradiente de concentração; ou seja, movem-se de uma região onde estão concentradas para uma região onde estão menos concentradas (Figura 2.3a). A água, como outras moléculas, difunde-se para baixo de seu gradiente de concentração. A difusão de moléculas de água em uma membrana é chamada de **osmose** (Figura 2.3b).

Entretanto, a maioria das moléculas solúveis em água ou moléculas carregadas, como a glicose, aminoácidos e íons, não conseguem penetrar a dupla camada de lipídios por simples difusão. Essas substâncias podem cruzar a membrana plasmática apenas por meio de mecanismos de transporte específicos, que utilizam as proteínas integrais para transportar ou bombear as moléculas pela membrana ou para formar canais por meio dos quais passam moléculas específicas. Algumas dessas moléculas movem-se para baixo de seu gradiente de concentração, difundindo-se pela membrana plasmática e movendo-se através de uma proteína integral específica. Esse processo de transporte é chamado de **difusão facilitada** (Figura 2.3c). Outras proteínas integrais movem moléculas pela membrana plasmática contra seu gradiente de concentração, um processo chamado de **transporte ativo**, que requer o uso de energia (Figura 2.3d).

As moléculas maiores (macromoléculas) e as grandes partículas sólidas são transportadas através da membrana plasmática por outro processo, chamado *transporte vesicular*. O conhecimento dos dois tipos de transporte vesicular, *exocitose* e *endocitose*, é essencial para o entendimento da anatomia funcional básica.

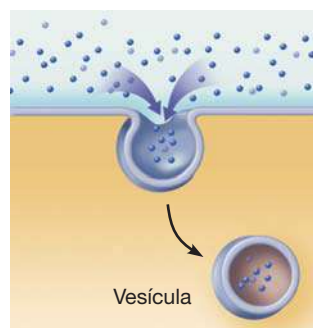
Endocitose (“para dentro da célula”) é o mecanismo pelo qual grandes partículas e macromoléculas penetram nas células (Figura 2.4). A substância a ser transportada para dentro da célula fica envolvida por uma parte da membrana plasmática, que se dobra para dentro. Na região da invaginação, proteínas específi-

cas podem cobrir a superfície interna da membrana plasmática (as estruturas roxas, com formato de tacha, apresentadas na Figura 2.4c). O revestimento que essa proteína proporciona ajuda na seleção da substância a ser transportada e deforma a membrana, formando um saco revestido por membrana chamada **vesícula**. A vesícula membranosa é retirada da membrana plasmática



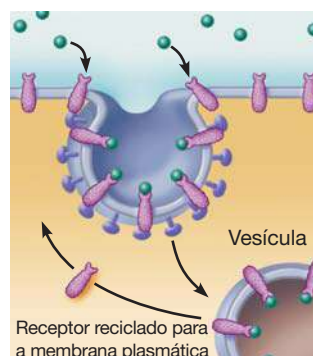
(a) Fagocitose

Processo pelo qual a célula envolve grandes partículas, como fragmentos celulares, bactérias ou outros materiais estranhos. Para isso, a célula expande a membrana plasmática, projetando prolongamentos laminares chamados de pseudópodes, ou “pés falsos”, envolvendo essas partículas, que ficam dentro de uma vesícula ou bolsa chamada **fagossomo**. Depois, o fagossomo se une ao lisossomo para que o seu conteúdo seja digerido. A vesícula pode ou não ser revestida por proteína, mas tem receptores capazes de se ligar a microrganismos ou partículas sólidas.



(b) Pinocitose

Por meio de invaginações da membrana plasmática, as células absorvem fluido extracelular e os solutos nele contidos para dentro da célula, em uma pequena vesícula membranosa. Nenhum receptor é utilizado, de forma que o processo não é específico.



(c) Endocitose mediada por receptor

Substâncias extracelulares ligam-se a proteínas de receptores específicos em regiões de fossetas revestidas por proteínas, permitindo que a célula ingira e concentre substâncias específicas nas vesículas revestidas por proteínas. A substância ingerida pode simplesmente ser liberada para dentro da célula ou ser combinada com um lisossomo para digerir conteúdos. Os receptores são reciclados em vesículas para a membrana plasmática.

Figura 2.4 Representação dos três tipos de endocitose.

e se move para dentro do citoplasma, onde seus conteúdos são digeridos. Há três tipos de endocitose: fagocitose, pinocitose e endocitose mediada por receptor.

Fagocitose quer dizer, literalmente, “o comer celular” (Figura 2.4a). Algumas células — a maioria dos glóbulos brancos, por exemplo — são especialistas em fagocitose e ajudam a monitorar e proteger o organismo por meio da ingestão de bactérias, vírus e outras substâncias estranhas. Além de “comer” as células mortas e doentes do organismo.

Da mesma forma que as células comem, por assim dizer, elas também bebem. A **pinocitose** é “o beber celular” (Figura 2.4b). A pinocitose, uma atividade rotineira da maioria das células, é uma forma não seletiva de absorver fluido extracelular. Esse processo é especialmente importante em células que funcionam na absorção de nutrientes, como as células que revestem o intestino.

Algumas moléculas, como a insulina e outros hormônios, enzimas e *lipoproteínas de baixa densidade* (LDLs, as moléculas que transportam colesterol pela corrente sanguínea para as células do organismo) são transportadas para dentro das células por meio de **endocitose mediada por receptor**, um processo de transporte seletivo (Figura 2.4c). Essas substâncias ligam-se a receptores específicos na membrana celular para serem transportadas para dentro da célula. Infelizmente, as substâncias prejudiciais, como algumas toxinas e vírus, também utilizam endocitose para entrar e atacar as células.



APLICAÇÃO CLÍNICA

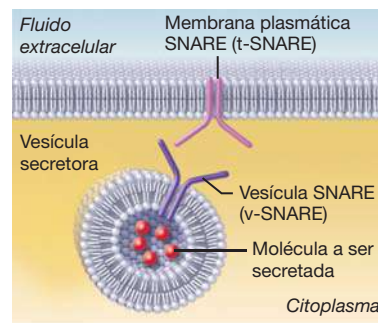
Hipercolesterolemia Em uma doença hereditária, chamada *hipercolesterolemia familiar*, as células do organismo não têm os receptores de proteína que se ligam às lipoproteínas de baixa densidade de colesterol (LDLs). Como resultado, o colesterol não consegue penetrar nas células e se acumula no sangue. Se não for tratada, a hipercolesterolemia causa aterosclerose, também conhecida como “endurecimento das artérias”, uma condição que coloca o indivíduo em risco de acidente vascular cerebral (bloqueio de um vaso sanguíneo no cérebro) ou de doença coronariana e ataque do coração.

Exocitose (“para fora da célula”) é um mecanismo pelo qual as substâncias se movem do citoplasma para o lado externo da célula (Figura 2.5). A exocitose é responsável pela maioria dos processos de secreção, como a liberação de muco ou hormônios de proteínas das células glandulares do organismo. (Os detalhes desse processo são apresentados na Figura 2.5.)

✓ Verifique seu conhecimento

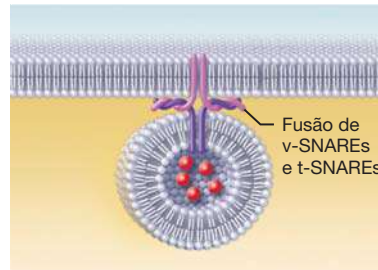
- 2. Quais tipos de macromoléculas compõem a membrana plasmática?
- 3. Através de qual processo a água entra e sai da célula?
- 4. Qual é o processo que transporta grandes macromoléculas para fora da célula?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

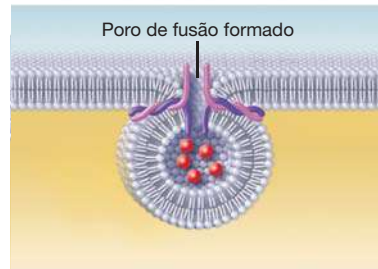


(a) Processo de exocitose

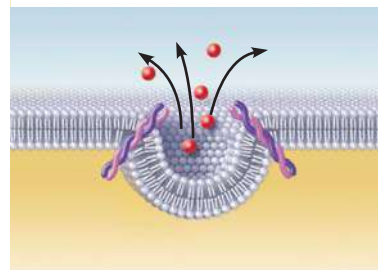
① A molécula a ser secretada migra para a membrana plasmática em uma vesícula ligada à membrana.



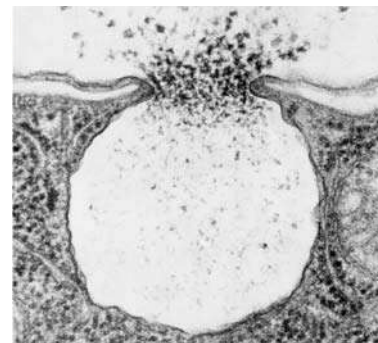
② Na membrana plasmática as proteínas na superfície vesicular (v-SNAREs, v para “vesícula”) se ligam aos t-SNAREs (proteínas da membrana plasmática, t para alvo – target em inglês).



③ A vesícula e a membrana plasmática se fundem e um poro se abre.



④ O conteúdo vesicular é liberado para o exterior da célula.



(b) Fotomicrografia de uma vesícula secretora liberando seu conteúdo por exocitose (110.000x)

Figura 2.5 Exocitose.

CITOPLASMA

Objetivos de aprendizagem:

- descrever a estrutura e a atividade celular de cada organela: ribossomos, retículo endoplasmático, complexo de Golgi, lisossomos, peroxissomos, mitocôndrias, citoesqueleto, centróssomo e centríolos;

1 Nota do revisor técnico: SNARE, sigla para *Soluble N-ethylmaleimide Sensitive Factor Attachment Protein Receptor*.

- explicar a estrutura dos glicossomos e gotículas de lipídios.

O **citoplasma**, literalmente “material que forma células”, faz parte da célula que fica dentro da membrana plasmática e fora do núcleo. A maior parte das atividades celulares é realizada no citoplasma, que consiste de três elementos principais: *citossol*, *organelas* e *inclusões*.

Citossol

O **citossol** ou **matriz citoplasmática** é a substância gelatinosa, que contém um fluido dentro do qual ficam suspensos os outros elementos citoplasmáticos (Figura 2.1), e consiste de água, íons e muitas enzimas. Algumas dessas enzimas iniciam a degradação de nutrientes (açúcares, aminoácidos e lipídios) que são a matéria-prima e fonte de energia para a atividade celular. Em muitos tipos de células, o citossol representa aproximadamente metade do volume do citoplasma.

Organelas citoplasmáticas

Em geral, o citoplasma contém aproximadamente nove tipos de organelas, cada uma com uma função diferente que é essencial para a sobrevivência da célula. Como unidades separadas, as organelas compartimentalizam as reações bioquímicas, impedindo que as reações interfiram umas nas outras e promovendo eficiência funcional. As organelas incluem as mitocôndrias, ribossomos, retículos endoplasmático rugoso e liso, complexo de Golgi, lisossomos, peroxissomos, o citoesqueleto e centríolos (Figura 2.1). Conforme você aprenderá, a maioria das organelas é ligada por uma membrana que tem composição semelhante à da membrana plasmática, mas não tem o glicocálice.

Com pouquíssimas exceções, todas as células do corpo humano compartilham os mesmos tipos de organelas.

Entretanto, quando um tipo de célula realiza uma função especial no organismo, as organelas que contribuem para essa função tornam-se mais abundantes na célula. Sendo assim, certas organelas se desenvolvem melhor em algumas células do que em outras. Você observará exemplos desse princípio ao estudar as organelas e seus papéis.

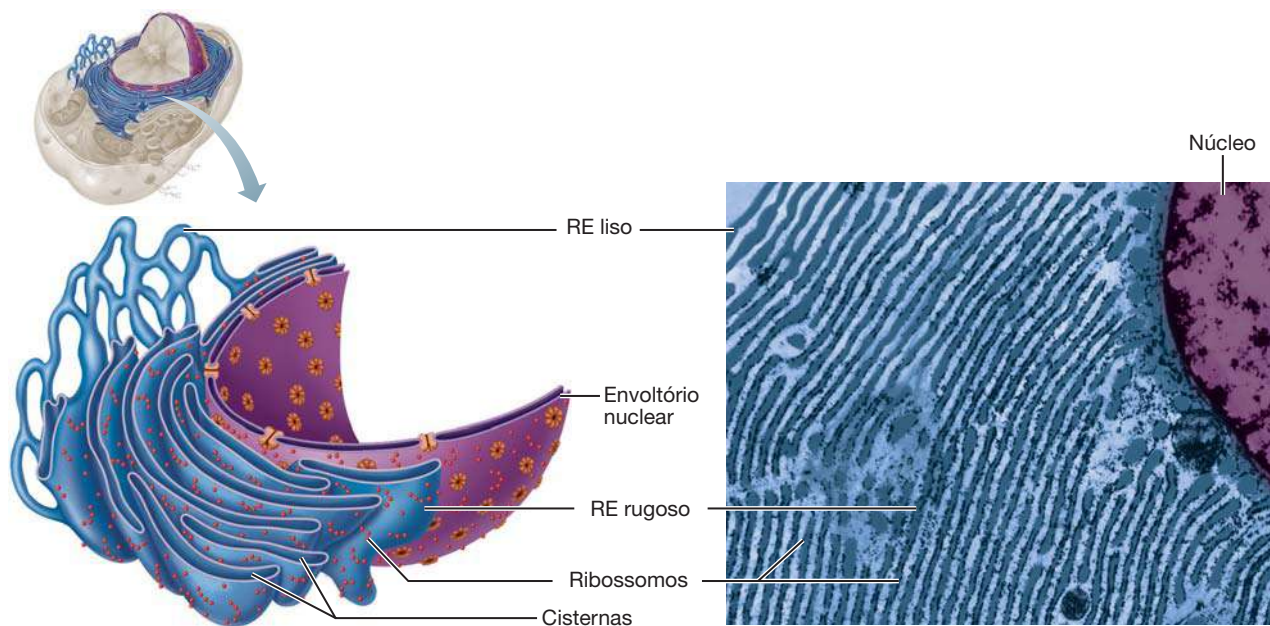
Ribossomos

Os **ribossomos** são a linha de montagem de uma fábrica e produzem proteínas para a função celular e extracelular. São pequenos grânulos de coloração escura (Figura 2.6). Ao contrário da maioria das organelas, não são revestidos por uma membrana, mas são construídos por proteínas e **RNA ribossômico** (RNA = ácido ribonucleico). Cada ribossomo consiste de duas subunidades que se encaixam uma sobre a outra. Praticamente todas as células produzem grandes quantidades de proteína, e os ribossomos são o local onde ocorre a síntese de proteínas. Nos ribossomos, blocos de construção chamados aminoácidos unem-se para formar moléculas de proteína. Esse processo de construção é chamado *translação*, que é determinado por material genético no núcleo da célula (DNA), cujas instruções são levadas para os ribossomos por moléculas mensageiras chamadas **RNA mensageiro (RNAm)**.

Muitos ribossomos flutuam livremente dentro do citossol. Esses **ribossomos livres** produzem proteínas solúveis que funcionam dentro do próprio citossol. Os ribossomos ligados às membranas do retículo endoplasmático rugoso (Figura 2.6) produzem proteínas que se tornam parte da membrana celular ou que são exportadas para fora da célula.

Retículo endoplasmático

O **retículo endoplasmático**, ou **RE**, é literalmente uma “rede dentro do citoplasma”. O RE é um sistema



(a) Imagem diagramática do RE liso e rugoso

(b) Eletromicrografia do RE liso e rugoso (18.000×)

Figura 2.6 Retículo endoplasmático (RE) e os ribossomos.

amplio de envoltório e tubos revestidos por membranas que se espiralam no citoplasma (Figura 2.6) e corresponde a mais de metade das superfícies membranosas dentro de uma célula humana normal. Há dois tipos diferentes de RE: o *RE rugoso* e o *RE liso*. Qualquer um deles pode predominar em um determinado tipo de célula, dependendo da função específica da célula.

Retículo endoplasmático rugoso O **retículo endoplasmático rugoso (RE rugoso)** consiste principalmente de cavidades interconectadas chamadas **cisternas** (“cavidades preenchidas por fluido”). Os ribossomos sustentam a face externa das membranas do RE rugoso, formando as proteínas, ligam-se à membrana quando a proteína está sendo produzida e desligam-se quando o processo é concluído.

O RE rugoso tem várias funções. Seus ribossomos produzem todas as proteínas que são secretadas das células; portanto, o RE rugoso é especialmente bem desenvolvido nas células glandulares que secretam uma grande quantidade de proteínas glandulares (células mucosas, por exemplo). Ele produz as enzimas digestórias contidas nos lisossomos. E também produz as proteínas integrais e moléculas de fosfolipídios das membranas celulares. Em outras palavras, todas as membranas têm início como membrana do RE rugoso. Ele pode, portanto, ser considerado como a “fábrica de membranas” da célula.

Retículo endoplasmático liso O **retículo endoplasmático liso (RE liso)** é uma extensão do RE rugoso (Figura 2.6). É formado por túbulos organizados em uma rede com ramificações. Como não há ribosso-

mos anexados a suas membranas, ele não é um local de síntese de proteína. O RE liso tem diferentes funções em diferentes tipos de célula, mas a maioria está relacionada ao metabolismo de lipídios e à produção ou degradação de gorduras. Ele é abundante em células que produzem os hormônios esteroides a partir do colesterol e em células hepáticas que desintoxicam medicamentos solúveis em lipídios. Entretanto, a maioria das células tem muito pouco RE liso.

Outra função importante do RE liso é o armazenamento de íons de cálcio. A presença de cálcio iônico é um sinal do início de muitos eventos celulares, incluindo-se a contração muscular e a secreção glandular. A concentração de cálcio no citosol permanece baixa quando esses eventos não estão ocorrendo, pois a maioria dos íons de cálcio é bombeada para o RE e é mantida lá até que a célula necessite deles. O RE em células musculares é muito extenso, refletindo essa função essencial.

Complexo de Golgi

O **complexo de Golgi** é um conjunto de três a dez cisternas discoides, e cada uma delas está ligada a uma membrana (Figura 2.7). Ele se parece com uma pilha de discos ocios, um encaixado dentro do outro. Os produtos do RE rugoso movem-se pelo complexo de Golgi a partir do lado convexo (*cis*) para o côncavo (*trans*). Mais especificamente, a **face cis** recebe **vesículas de transporte** membranosas e esféricas do RE rugoso; novas vesículas são geradas na **face trans** e saem do complexo.

O complexo de Golgi seleciona, processa e embala as proteínas e membranas produzidas pelo RE rugoso. As atividades e produtos do aparelho de Golgi seguem três vias — A, B e C (Figura 2.8). Na via A, que ocorre nas células glandulares, o produto da proteína fica contido nas **vesículas secretoras**; essas vesículas liberam seu conteúdo para o exterior da célula por exocitose.

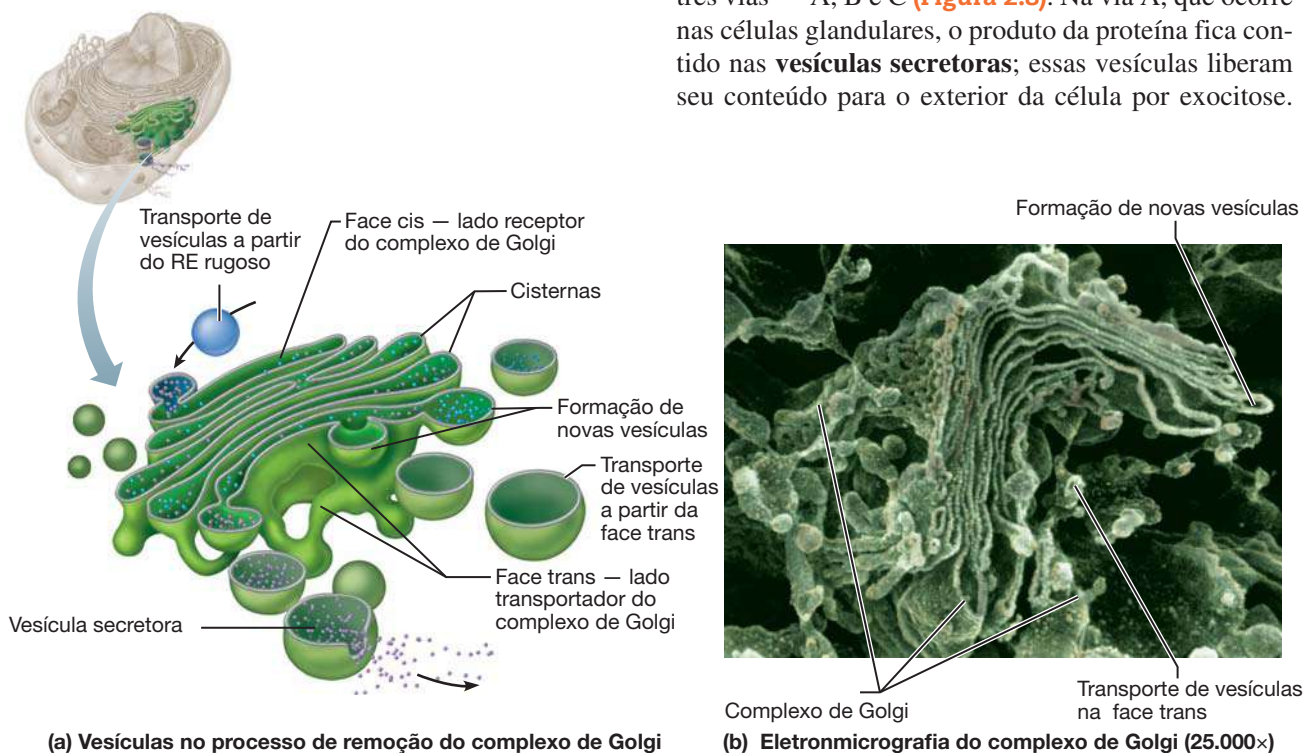


Figura 2.7 Complexo de Golgi.

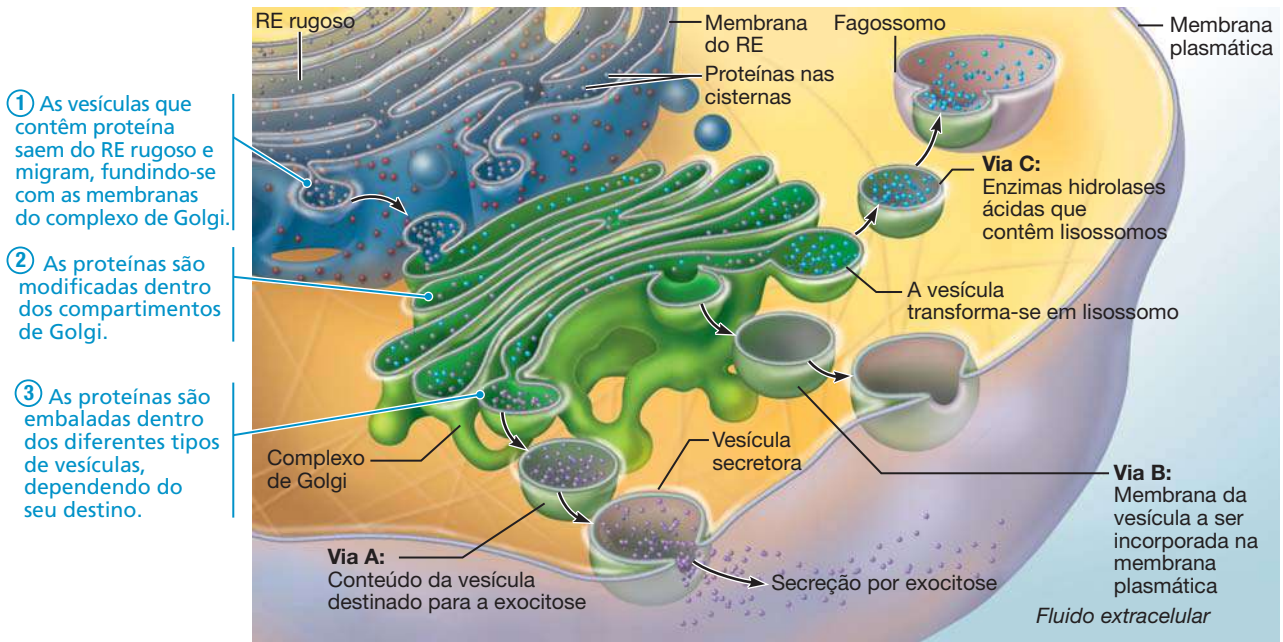


Figura 2.8 Sequência de eventos da síntese de proteína no RE rugoso para a distribuição final dessas proteínas.

Na via B, comum a todas as células, a membrana da vesícula funde-se e contribui com a membrana plasmática, cujos componentes são renovados e reciclados constantemente. Na via C, também comum em todas as células, a vesícula que sai do complexo de Golgi é um lisossomo, um saco preenchido por enzimas digestórias que permanecem dentro da célula. Portanto, o complexo de Golgi é o “departamento” de embalagem e transporte da fábrica e recebe o produto do RE rugoso, embala e transporta esse produto até o seu destino final.

Lisossomos

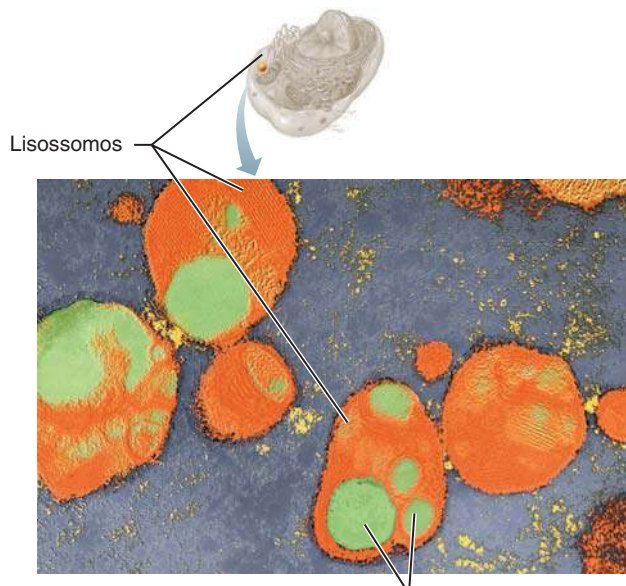
Os **lisossomos** são sacos esféricos, revestidos por membranas que contêm vários tipos de enzimas digestórias (Figura 2.9). Essas enzimas, chamadas hidrolases ácidas, podem digerir praticamente todos os tipos de grandes moléculas biológicas. Os lisossomos podem ser considerados como o “time de demolição” da célula, pois degradam e digerem substâncias indesejáveis. Por exemplo, eles fundem-se com fagossomos, esvaziando suas enzimas nessas vesículas e degradando seu conteúdo (Figura 2.8, via C).

Quando as membranas internas, proteínas ou organelas de uma célula são danificadas ou se desgastam, elas são envolvidas por uma nova membrana do RE rugoso, formando uma vesícula. Então, os lisossomos ao redor fundem-se com essa vesícula para digerir seu conteúdo. A digestão pode ser feita com segurança dentro das vesículas, pois a membrana mantém as enzimas destrutivas longe dos outros componentes celulares. As células fagocíticas, como alguns glóbulos brancos, têm um número excepcional de lisossomos para degradar as bactérias e vírus ingeridos.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Doença de Tay-Sachs Em uma doença hereditária chamada doença de Tay-Sachs, os lisossomos de um bebê não têm a enzima que degrada certos glicolipídios na reciclagem normal de membranas celulares desgastadas. Esses glicolipídios são especialmente abundantes nas membranas das células nervosas. O acúmulo de glicolipídios não digeridos nos lisossomos interfere com a função da célula nervosa, resultando em retardo mental, cegueira, movimentos espásticos e morte da criança um ano e meio após o seu nascimento.



As áreas em verde-claro correspondem às regiões onde os materiais estão sendo digeridos

Figura 2.9 Eletromicrografia colorizada de lisossomos (27.000×).

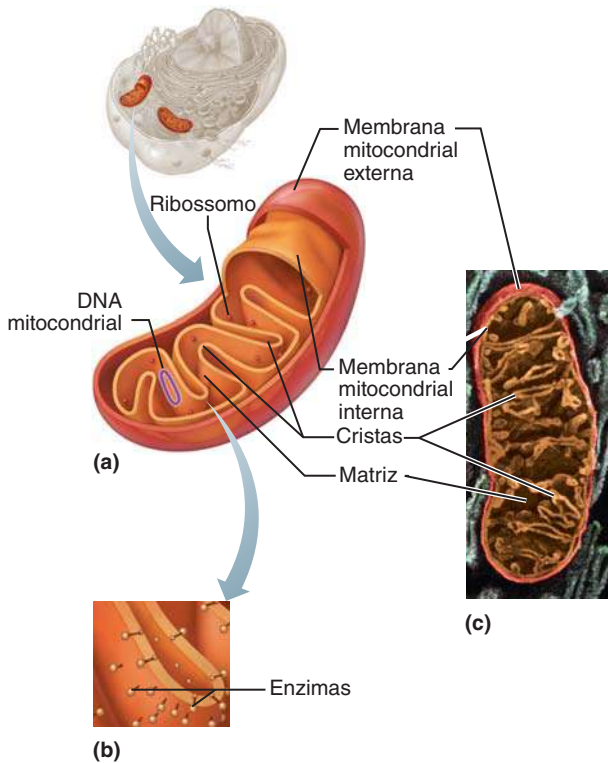


Figura 2.10 Mitocôndria. (a) Diagrama de um corte longitudinal de uma mitocôndria. (b) Ampliação da crista, apresentando enzimas que participam da produção de ATP. (c) Eletronmicrografia de uma mitocôndria (6.000×).

Mitocôndrias

As **mitocôndrias** são análogas às usinas de energia da fábrica, pois produzem a energia para realizar a função celular. São geralmente apresentadas como estruturas cujo formato se assemelha a um feijão, devido a sua aparência quando colocadas em lâminas microscópicas (**Figura 2.10**). Na realidade, as mitocôndrias são longas e filamentosas (*mitos* = fio). Em células vivas, elas se contorcem e mudam de formato à medida que se movimentam pelo citoplasma. A maioria das organelas são envolvidas por uma membrana, mas isso muda no caso das mitocôndrias, que é envolvida por duas membranas: a membrana externa, que é lisa, e a membrana interna, que se invagina formando **cristas** em forma de prateleiras, as quais se projetam para dentro da **matriz**, a substância gelatinosa que fica dentro da mitocôndria.

As mitocôndrias geram a maior parte da energia que a célula utiliza para realizar seu trabalho. Fazem isso por meio da liberação sistemática da energia armazenada nas ligações químicas das moléculas de nutrientes e da transferência dessa energia para produzir o **trifosfato de adenosina (ATP)** — as moléculas com altos níveis de energia que a célula utiliza para realizar as reações químicas. Dentro da mitocôndria, o processo de geração de ATP começa na matriz (por meio de um processo chamado ciclo do ácido cítrico) e é concluído

na membrana interna das cristas (através da fosforilação oxidativa e do transporte de elétrons). As células que necessitam de altos níveis de energia, como, por exemplo, as células musculares, têm grande número de mitocôndrias em seu citoplasma. Essas células também têm grande número de cristas dentro das mitocôndrias.

As mitocôndrias são muito mais complexas do que qualquer outra organela, pois contêm material genético hereditário (DNA) e se dividem para formar novas mitocôndrias, como se fossem miniaturas de células. É interessante observar que as mitocôndrias são muito semelhantes a um grupo de bactérias, o filo de bactérias púrpuras. Atualmente, acredita-se que as mitocôndrias surgiram de bactérias que invadiram os antigos ancestrais de células de plantas e animais.

Peroxisomos

Os **peroxissomos** funcionam como um sistema de remoção de resíduos tóxicos da fábrica. São sacos revestidos por membranas, que se parecem com pequenos lisossomos (**Figura 2.1**). Contêm uma variedade de enzimas, principalmente as oxidases e catalases. As oxidases utilizam oxigênio para neutralizar moléculas extremamente reativas, chamadas **radicais livres**, convertendo-as em peroxidase de hidrogênio. Os radicais livres são derivados normais do metabolismo celular, mas, quando se acumulam, podem destruir as proteínas, membranas e DNA da célula. O peróxido de hidrogênio também é reativo e perigoso, mas é convertido pela catalase em água e oxigênio. Essa reação induzida pela catalase degrada as toxinas que penetraram na célula, como o álcool, o formaldeído e o fenol. Os peroxissomos são numerosos nas células do fígado e rim, que desempenham um papel importante na remoção de substâncias tóxicas do organismo. Os peroxissomos também realizam outras reações metabólicas, como a degradação de longas cadeias de ácidos graxos no metabolismo de lipídios.

Citoesqueleto

O **citoesqueleto**, literalmente o “esqueleto da célula”, é uma rede elaborada de bastonetes que percorre o citosol (a estrutura do prédio da fábrica, **Figura 2.11**). Essa rede funciona como os “ossos”, “músculos” e “ligamentos” de uma célula, sustentando as estruturas celulares e gerando vários movimentos de células. Os três tipos de bastonetes do citoesqueleto são os *microfilamentos*, os *filamentos intermediários* e os *microtúbulos*, dos quais nenhum é revestido por uma membrana.

Os **microfilamentos**, os elementos mais estreitos do citoesqueleto, são filamentos da proteína **actina** (**Figura 2.11a**). Também chamados **filamentos de actina**, eles concentram-se mais fortemente em uma camada abaixo da membrana plasmática. Os filamentos de actina interagem com outra proteína, chamada **miosina**, gerando forças contráteis dentro da célula. A interação da actina com a miosina transforma uma célula

em duas durante a divisão celular (citocinese, p. 39) e causa as alterações da membrana que acompanha a endocitose e exocitose. Essa interação também permite que algumas células enviem e retraiam extensões chamadas *pseudópodes* (“pés falsos”), em uma ação chamada movimento ameboide (“mudança de formato”). Além disso, a miosina funciona como uma proteína motora que movimenta algumas organelas dentro da célula. Exceto nas células musculares, onde são estáveis e permanentes, os microfilamentos são instáveis, degradam-se constantemente, formando-se novamente a partir de subunidades menores.

Os **filamentos intermediários** (Figura 2.11b) são fibras rígidas e insolúveis de proteínas, com um diâmetro entre os microfilamentos e microtúbulos. Os filamentos intermediários são os elementos mais estáveis e permanentes do citoesqueleto. Sua propriedade mais importante é a força tênsil elevada; ou seja, agem como se fossem fios resistentes para resistir às forças de *contração* que são exercidas sobre a célula. Eles também exercem um elo para unir as células adjacentes por meio de junções celulares específicas chamadas desmossomos (p. 77).

Os **microtúbulos**, elementos com maior diâmetro, são tubos ocos constituídos de subunidades esféricas de proteína chamadas tubulinas (Figura 2.11c). São firmes, porém dobráveis. Todos os microtúbulos irradiam-se a partir de uma pequena região de citoplasma próxima do núcleo chamada *centrossomo* (“centro do corpo”; Figura 2.1). Esse padrão de irradiação de microtúbulos firmes determina o formato da célula, assim como a

distribuição de organelas. As mitocôndrias, lisossomos e grânulos de secreção se unem aos microtúbulos como se fossem ornamentos pendurados nos galhos de uma árvore de natal. As organelas movimentam-se no citoplasma puxadas pelos microtúbulos por pequenas *proteínas motoras*, as *cinesinas* e *dineínas*, que funcionam como locomotivas que se movimentam nos trilhos da ferrovia microtubular. Os microtúbulos são organelas extremamente dinâmicas, que constantemente crescem a partir do centro da célula, desagregando-se e então reagregando-se.

Centrossomo e centríolos

O **centrossomo** é uma estrutura esférica localizada no citoplasma próximo do núcleo (Figura 2.12) e não contém membranas. Consiste de uma massa externa de proteínas chamada **matriz centrossomal** e uma parte interna chamada **centríolo**. A proteína da matriz propaga o crescimento e alongamento dos microtúbulos, o que explica por que os longos microtúbulos do citoesqueleto irradiam-se a partir do centrossomo em células que não se dividem (Figura 2.11c) e por que um fuso mitótico de microtúbulos irradia-se a partir dele em células que se dividem (Figura 2.17).

No centro do centrossomo, os dois centríolos cilíndricos ficam perpendiculares um ao outro. A parede de cada centríolo consiste de 27 microtúbulos curtos, organizados em nove grupos de três. Ao contrário da maioria dos outros microtúbulos, os dos centríolos são estáveis e não se desagregam. Do ponto de vista

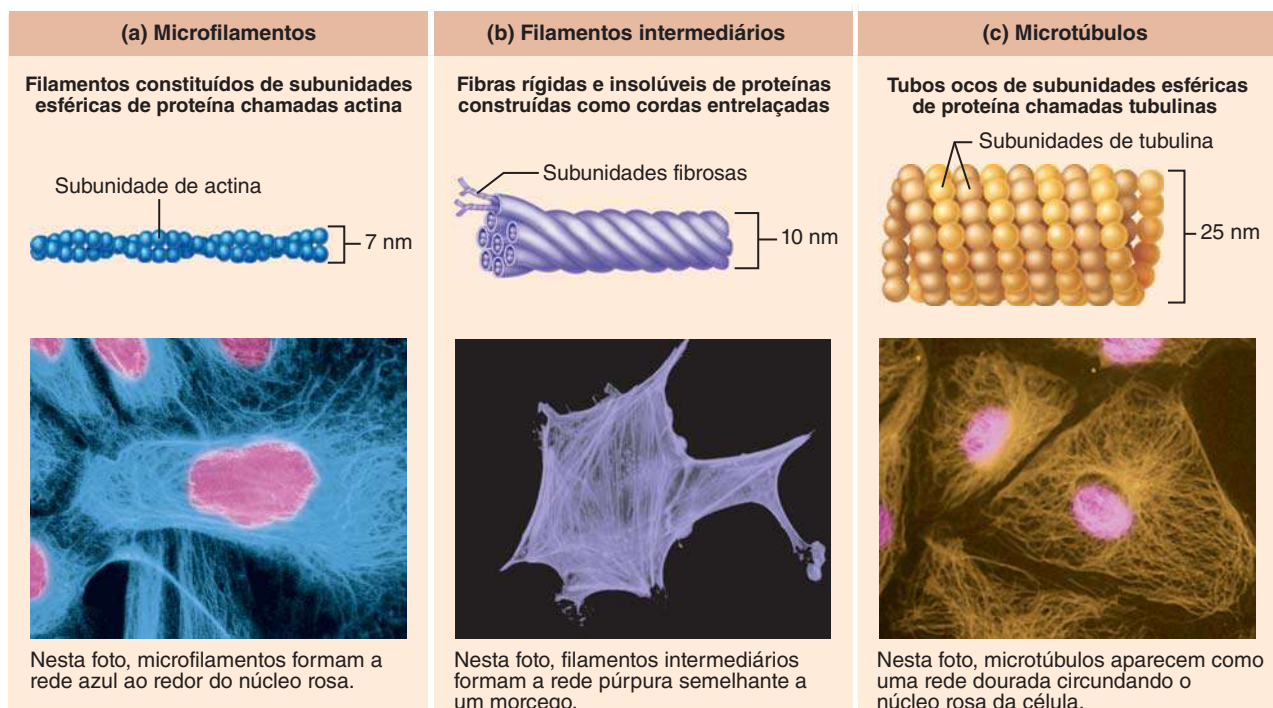


Figura 2.11 Elementos do citoesqueleto. Diagramas (acima) e fotos (abaixo) de células tratadas com fluorescência para marcar a estrutura de interesse.

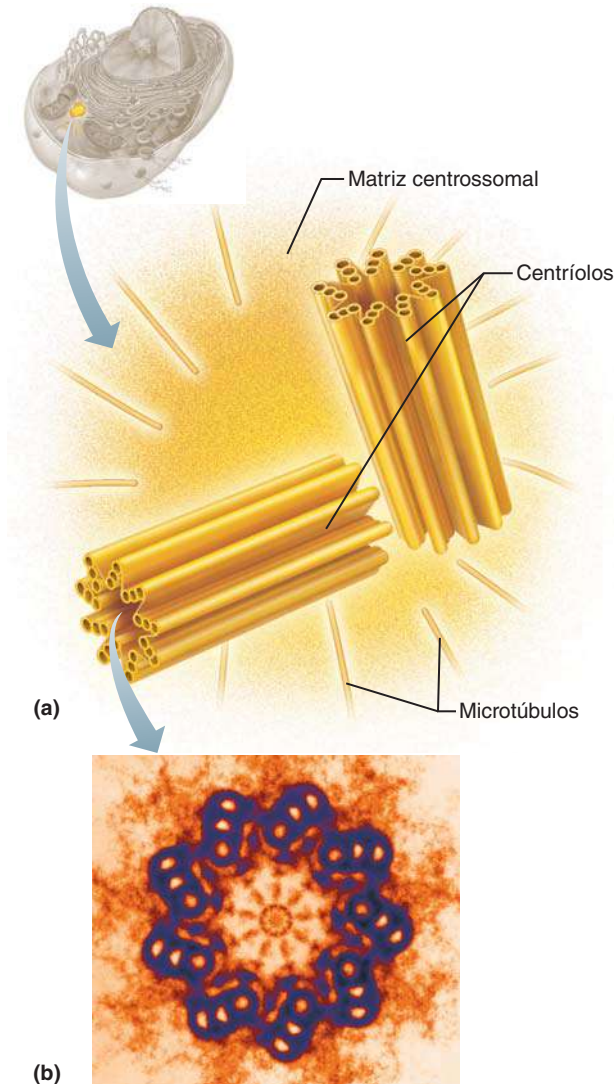


Figura 2.12 Centrossomo e centríolos. (a) Centrossomo. (b) Eletromicrografia de um centríolo em seção transversal. Sua parede consiste de nove grupos de três microtúbulos (124.000×).

funcional, os centríolos participam da formação dos cílios e flagelos (Capítulo 4, p. 78) e do fuso mitótico (Figura 2.17).

Inclusões citoplasmáticas

As *inclusões* são estruturas temporárias no citoplasma que podem ou não estar presentes em um determinado tipo de célula. As inclusões incluem pigmentos, cristais de proteína e estoques de alimento. Este último, de longe o tipo mais importante, são gotículas de lipídios e glicosomos. As **gotículas de lipídios** são gotas esféricas de gordura armazenada. Podem ter o mesmo tamanho e aparência dos lisossomos, mas podem ser distinguidas pela ausência de uma membrana envoltória. Apenas alguns tipos de células contêm gotículas de lipídios: pequenas gotí-

culas de lipídios encontradas nas células hepáticas e grandes gotículas nas células de gordura. **Glicosomos** (“corpos que contêm açúcar”) armazenam açúcar na forma de glicogênio, que é uma cadeia de moléculas de glicose de ramos longos, a principal fonte de energia da célula. Os glicosomos também contêm enzimas que formam e degradam o glicogênio em subunidades de glicose.

Do ponto de vista estrutural, os glicosomos são grânulos densos e esféricos e se parecem com os ribossomos, mas seu diâmetro tem o dobro do tamanho.

✓ Verifique seu conhecimento

- 5. Quais organelas participam da síntese e embalagem de proteínas?
- 6. Qual organela produz a energia necessária para a atividade celular?
- 7. Qual organela seria prevalente em uma célula especializada na fagocitose?
- 8. Qual elemento do citoesqueleto funciona para resistir à tensão e, dessa forma, manter a célula intacta?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

NÚCLEO

Objetivo de aprendizagem:

- descrever o papel de cada uma das três partes do núcleo no controle das atividades celulares: o envoltório nuclear, o nucléolo e a cromatina.

O **núcleo**, literalmente uma “pequena noz”, é o centro de controle da célula. Seu material genético, o **ácido desoxirribonucleico (DNA)**, organiza as atividades celulares, dando instruções para a síntese de proteínas. Em nossa analogia da fábrica, o núcleo pode ser comparado a uma biblioteca central, departamento de projetos, supervisor de construção e diretoria, tudo em um. Enquanto a maioria das células tem apenas um núcleo, algumas, incluindo as células dos músculos esqueléticos, têm muitas; ou seja, são *multinucleares* (*multi* = muitas). A presença de mais de um núcleo geralmente quer dizer que uma célula tem uma quantidade maior que o normal de citoplasma para regular. Um tipo de célula do organismo, o glóbulo vermelho maduro, é *anucleado*; ou seja, não tem núcleo. Seu núcleo normalmente é ejetado antes de a célula entrar na corrente sanguínea.

O núcleo, que tem uma média de 5 μm de diâmetro, é maior do que qualquer uma das organelas citoplasmáticas (Figura 2.1). Embora seja esférico ou oval, ele geralmente se conforma ao formato geral da célula. Se uma célula for alongada, por exemplo, o núcleo também pode ser alongado. As principais partes do núcleo são o *envoltório nuclear*, o *nucléolo*, a *cromatina* e os *cromossomos* (Figura 2.13).

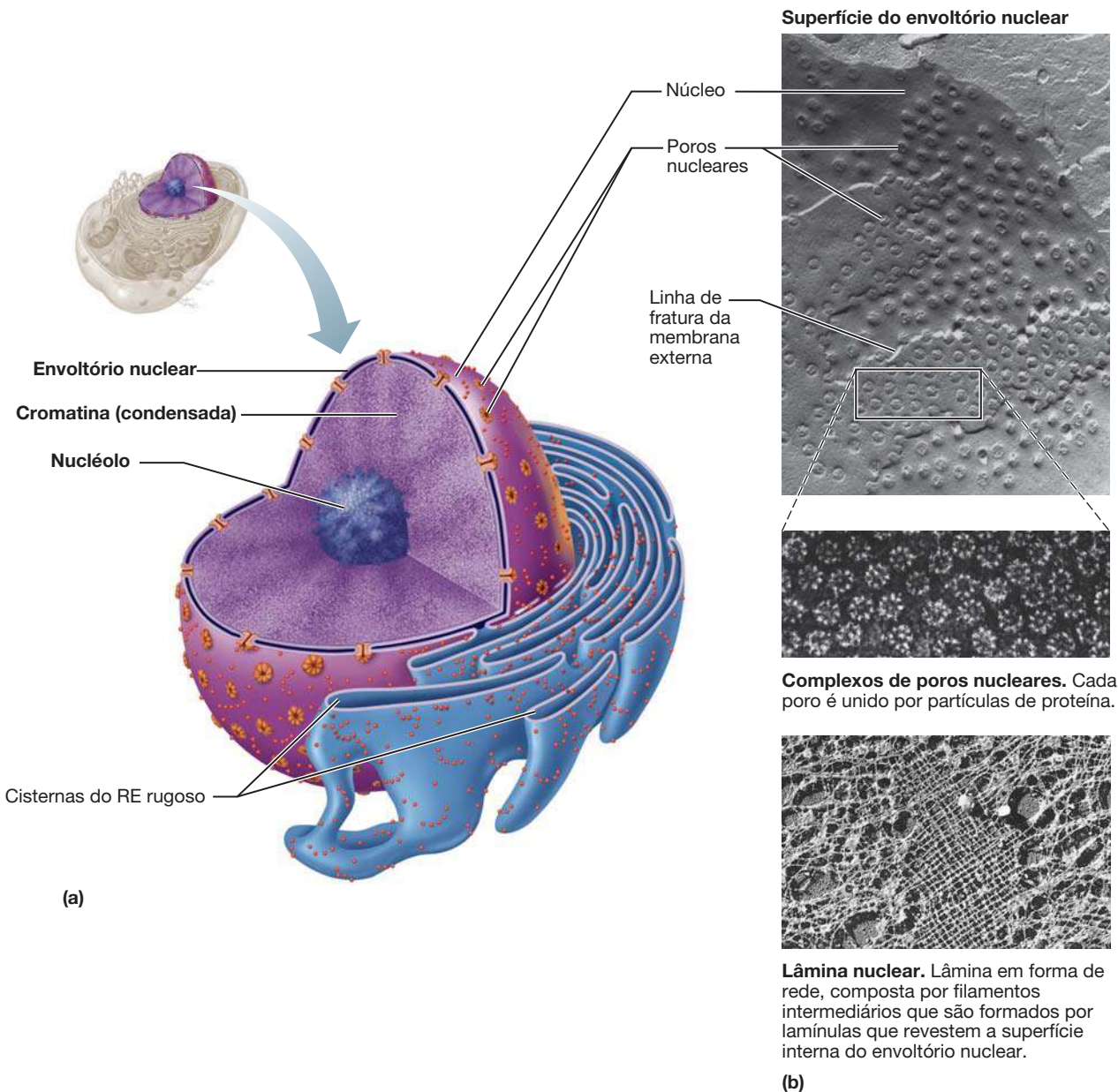


Figura 2.13 Núcleo. (a) Ilustração tridimensional do núcleo, apresentando a continuidade do envoltório nuclear com o RE rugoso. (b) Eletronmicrografias de transmissão com técnica de criofratura.

Envoltório nuclear

O núcleo é revestido por um **envoltório nuclear (carioteca)**, que consiste de duas membranas paralelas separadas por um espaço preenchido por fluido (Figura 2.13a). A membrana externa é contínua com o RE rugoso e tem ribossomos em sua face externa. Forma-se de novo a partir do RE rugoso após a divisão celular, e é evidentemente uma parte especializada do RE rugoso. A membrana interna é revestida por filamentos de proteína, a **lâmina nuclear**, que mantém a forma do núcleo (Figura 2.13b).

Em vários pontos, as duas camadas do envoltório nuclear fundem-se e os **poros nucleares** pene-

tram as regiões que foram fundidas (Figuras 2.13a e 2.13b). Cada poro é formado por um conjunto em forma de pulseira, que contém mais de 22 proteínas, existindo milhares de poros por núcleo. Como outras membranas celulares, as membranas do envoltório nuclear são seletivamente permeáveis, mas os poros permitem que as moléculas grandes entrem e saiam do núcleo, conforme necessário. Por exemplo, as moléculas de proteínas importadas do citoplasma e as moléculas de RNA exportadas do núcleo entram e saem do núcleo continuamente.

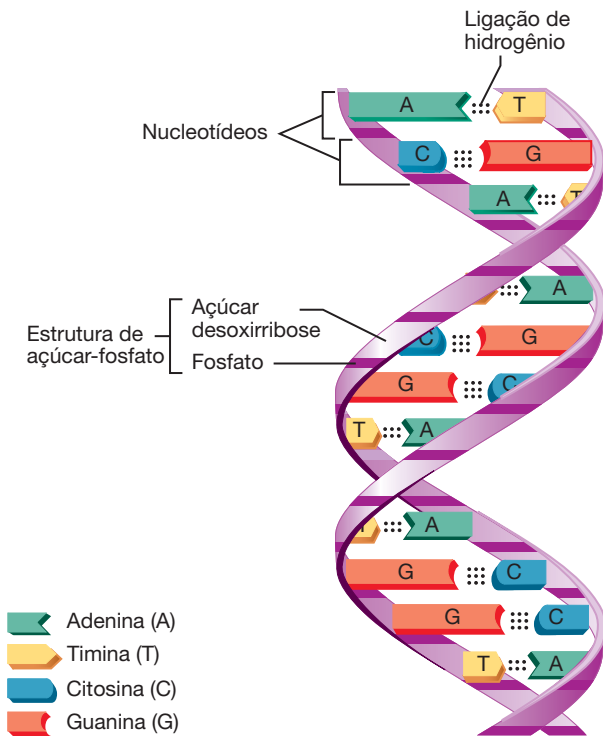


Figura 2.14 Estrutura molecular do DNA. O DNA é uma dupla-hélice construída por cadeias de moléculas de nucleotídeo. Cada nucleotídeo consiste em açúcar, fosfato e uma das quatro bases: timina (T), adenina (A), citosina (C) ou guanina (G).

O envoltório nuclear contém um fluido gelatinoso chamado *nucleoplasma*, no qual ficam suspensas a cromatina e o nucléolo. Como o citosol, o nucleoplasma contém sais, nutrientes e outros elementos químicos essenciais.

Nucléolo

O **nucléolo** (“pequeno núcleo”) é um corpo de coloração escura localizado no núcleo celular (Figura 2.13). Pode haver um ou vários dentro de um núcleo celular. O nucléolo contém partes de vários cromossomos diferentes e funciona como a “máquina de produção de ribossomos” da célula. Especificamente, essa máquina tem centenas de cópias de genes que codificam o RNA ribossômico e funciona como o local onde grandes e pequenas subunidades de ribossomos são montadas. Essas subunidades deixam o núcleo através dos poros nucleares e unem-se no citoplasma, formando ribossomos completos.

Cromatina e cromossomos

O DNA é uma dupla-hélice longa que se assemelha a uma escada em espiral (Figura 2.14). Por sua vez, essa dupla-hélice é composta de quatro tipos de

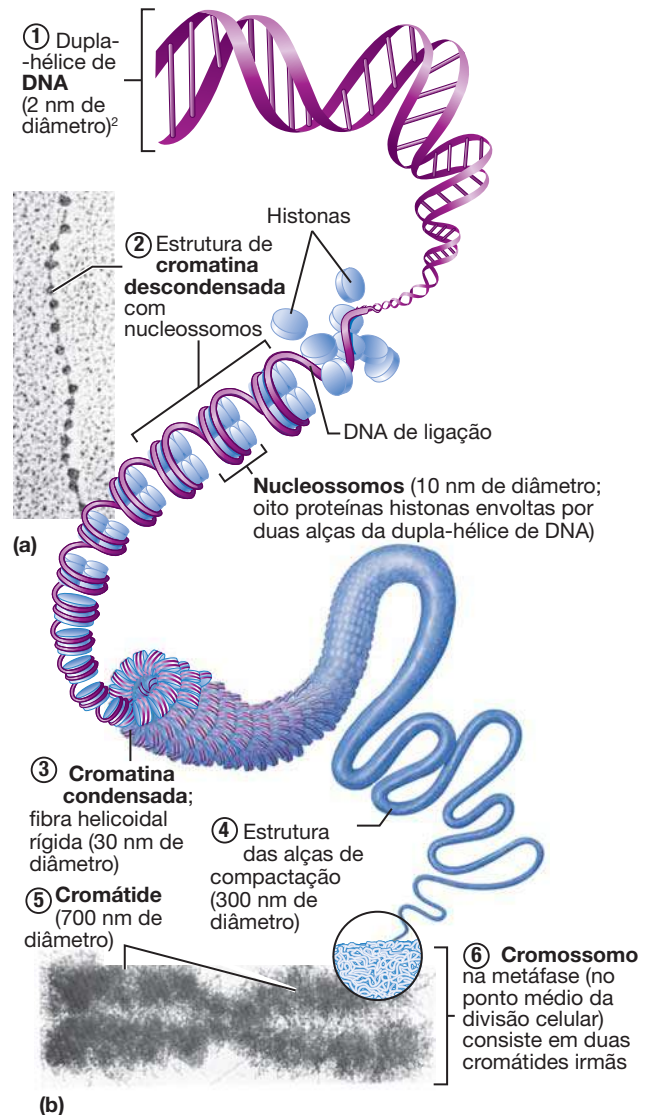


Figura 2.15 Estrutura da cromatina e do cromossomo. (a) Eletronicografia da cromatina descondensada (36.500 \times). (b) Disposição do DNA e das histonas na cromatina, a partir do estado mais descondensado ① até o mais condensado ⑥, num cromossomo.

subunidades chamadas *nucleotídeos*, contendo cada qual uma base distinta. Essas bases — timina (T), adenina (A), citosina (C) e guanina (G) — se ligam para formar os “degraus” da “escada” e para unir a hélice do DNA.

A dupla-hélice do DNA (Figura 2.15 ①) é preenchida por moléculas de proteína e se espirala em feixes de crescente complexidade estrutural e espessura. A molécula do DNA mais proteínas formam a **cro-matina**. Cada duas voltas da hélice do DNA contém oito moléculas de proteína em forma de disco, chamadas **histonas** (Figura 2.15 ②). Cada aglomerado de

2 Nota do revisor técnico: nanômetro (nm) — subunidade de medida correspondente a um milionésimo de milímetro.

DNA e de histonas é chamado **nucleossomo**. Na eletronicografia de uma cromatina, os nucleossomos têm a aparência de contas penduradas em um colar. A cromatina nessa forma é chamada **cromatina descondensada**. Uma maior espiralação dos nucleossomos forma uma fibra helicoidal mais apertada. Essas espessas fibras de cromatina são chamadas **cromatina condensada** (Figura 2.15 ③).

Durante a fase em que não há divisão celular, quando a célula está realizando suas atividades normais, a cromatina encontra-se em sua forma descondensada ou condensada. O DNA rigidamente espiralado de cromatina condensada fica inativo. A cromatina descondensada é a região ativa do DNA, dirigindo as atividades sintéticas da célula. Especificamente, a cromatina descondensada é o local onde o código genético do DNA é copiado para as moléculas de RNA mensageiro em um processo chamado **transcrição**. As células mais ativas no corpo têm uma grande quantidade de cromatina descondensada e pouca cromatina condensada.

Durante a divisão celular, a cromatina fica ainda mais condensada: as fibras helicoidais dos nucleossomos formam alças (Figura 2.15 ④) e são ainda mais condensadas de maneira a formar a estrutura mais complexa, a cromátide (Figura 2.15 ⑤) de um **cromossomo** (“corpo colorido”). Todo cromossomo contém uma única e comprida molécula de DNA, e há 46 cromossomos na célula humana padrão. Quando a célula está se dividindo, seus cromossomos tornam-se o mais espiralados possível, ficando com a aparência de hastes espessas (Figura 2.15 ⑥). Os cromossomos se movimentam bastante durante a divisão celular (p. 39-42) e sua natureza compacta ajuda a evitar que os delicados filamentos da cromatina se enrosquem e quebrem durante a movimentação dos cromossomos. Quando para de ocorrer a divisão celular, muitas partes do cromossomo se desenroscam e formam a cromatina descondensada, permitindo assim que ocorra a transcrição.

✓ Verifique seu conhecimento

- 9. O que o nucléolo produz?
- 10. Qual organela citoplasmática é contínua ao envoltório nuclear?
- 11. Quanto à aparência, em que a cromatina descondensada difere da cromatina condensada? Qual é a diferença de função entre essas formas de cromatina?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

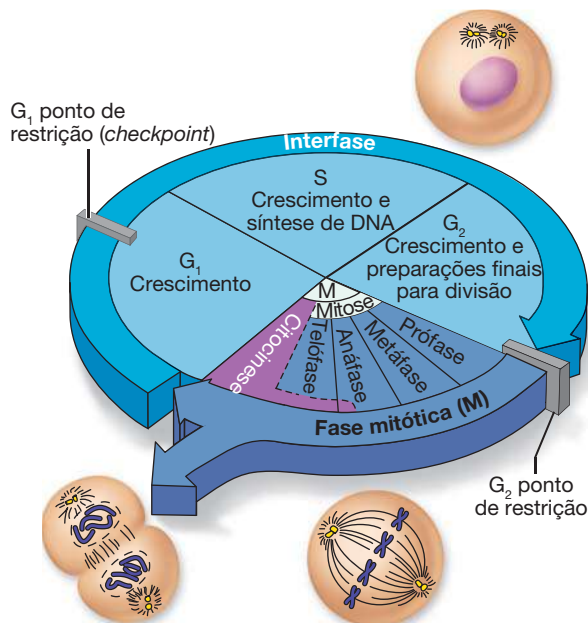


Figura 2.16 Ciclo celular. As duas fases básicas na vida e na reprodução de cada célula são a interfase e a fase mitótica (M). A duração do ciclo celular varia para cada tipo de célula, mas o estágio G_1 da interfase costuma ser o mais demorado e o de maiores variações na sua duração.

CICLO DE VIDA DA CÉLULA

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ listar as fases de cada ciclo de vida da célula e descrever um evento-chave de cada fase.

O **ciclo de vida da célula** é a série de mudanças pelas quais a célula passa desde o momento em que se forma até o momento em que se reproduz. Esse ciclo pode ser dividido em dois períodos principais (Figura 2.16): **interfase**, no qual a célula cresce e realiza suas atividades normais, e a **divisão celular**, ou **fase mitótica**, durante a qual ela se divide em duas células.

Interfase

Além de realizar suas atividades de sustentação da vida, uma célula na **interfase** se prepara para a próxima divisão celular. A interfase é dividida nas subfases G_1 , S e G_2 . Durante a G_1 (**gap 1, intervalo 1**), a primeira parte da interfase, as células estão metabolicamente ativas, fazem proteínas rapidamente e crescem vigorosamente. Essa fase é a mais variável em termos de duração. Nas células com rápida velocidade de divisão, a G_1 dura poucas horas; nas células que se dividem lentamente, ela pode durar vá-

rios dias, ou até mesmo anos. Perto do fim da G_1 , os centríolos começam a se replicar em preparação para a divisão celular. Durante o estágio seguinte, a **fase S (sintética)**, o DNA se replica, garantindo que as duas células-filhas recebam cópias idênticas do material genético. A parte final da interfase, chamada de **G_2 (gap 2, intervalo 2)**, é breve. Nesse período, são sintetizadas as enzimas necessárias para a divisão celular. Os centríolos terminam de se copiar ao final da G_2 . Agora a célula está pronta para se dividir. Durante as três subfases, a célula continua a crescer, produzindo proteínas e organelas citoplasmáticas, e a realizar suas atividades metabólicas normais.

Os pontos de restrição que avaliam atividades celulares como crescimento, replicação do DNA e formação do fuso mitótico ocorrem ao longo de todo o ciclo celular. O *checkpoint* G_1 (ponto de restrição) avalia o tamanho da célula antes da síntese do DNA, e o G_2 verifica se há dano no DNA e se a replicação está precisa (Figura 2.16). A mitose pode ser interrompida nesses pontos de verificação, evitando que células danificadas se reproduzam. A mutação em genes nesses pontos de restrição pode causar uma divisão celular descontrolada e levar ao crescimento de um tumor.

Divisão celular

A divisão celular é essencial para o crescimento do corpo e para a reparação dos tecidos. As células de vida curta que sofrem desgaste contínuo, como as da pele e as do revestimento intestinal, reproduzem-se quase continuamente. Outras, como as do fígado, reproduzem-se lentamente (substituindo as que vão se desgastando gradativamente), mas podem se dividir rapidamente se o órgão for danificado. As células do tecido nervoso e, em grande parte, as dos músculos esqueléticos são incapazes de se dividir após a maturação plena; a reparação delas se faz com cicatrização (a partir de tecido conjuntivo fibroso).

As células se dividem na **fase M (mitótica)** de seu ciclo de vida, que se segue à interfase (Figura 2.16). Na maioria dos tipos de células, a divisão envolve dois eventos distintos: *mitose*, ou divisão do núcleo, e *citocinese*, ou divisão de toda a célula em duas células.

Mitose

A **mitose** é a série de eventos durante a qual o DNA replicado da célula original é loteado em duas células novas, culminando na divisão do núcleo. Ao longo de todos esses eventos, os cromossomos evidenciam-se como hastes ou linhas grossas. De fato, *mitose* signifi-

ca literalmente “o estágio das linhas”. A mitose é descrita em termos de quatro fases consecutivas: prófase, metáfase, anáfase e telófase. Contudo, trata-se na verdade de um processo contínuo, onde cada fase conflui suavemente para a seguinte. Sua duração varia conforme o tipo de célula, mas costuma durar cerca de duas horas. A mitose é descrita em detalhes na **Figura 2.17**, na seção “Destaque”.

Citocinese

A separação de uma célula em duas ao final do ciclo celular é chamada **citocinese**, literalmente “células se separando”; começa durante a anáfase e é concluída após o término da mitose (Figura 2.17). Essencialmente, um anel de actina contrátil e filamentos de miosina no centro da célula original se contrai, cingindo a célula até parti-la em duas. As duas células novas, chamadas células-filhas, entram então na interfase de seu ciclo de vida.

Verifique seu conhecimento

- 12. Em qual fase de seu ciclo de vida a célula passa maior tempo?
- 13. Qual é o significado dos radicais que formam os termos anáfase, metáfase e telófase? O que está acontecendo em cada uma dessas fases da mitose?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

ASPECTOS DO DESENVOLVIMENTO CELULAR

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ citar o nome de alguns tipos específicos de célula e relacionar sua forma geral com suas funções especiais;
- ▶ comparar teorias de diferenciação e envelhecimento celular.

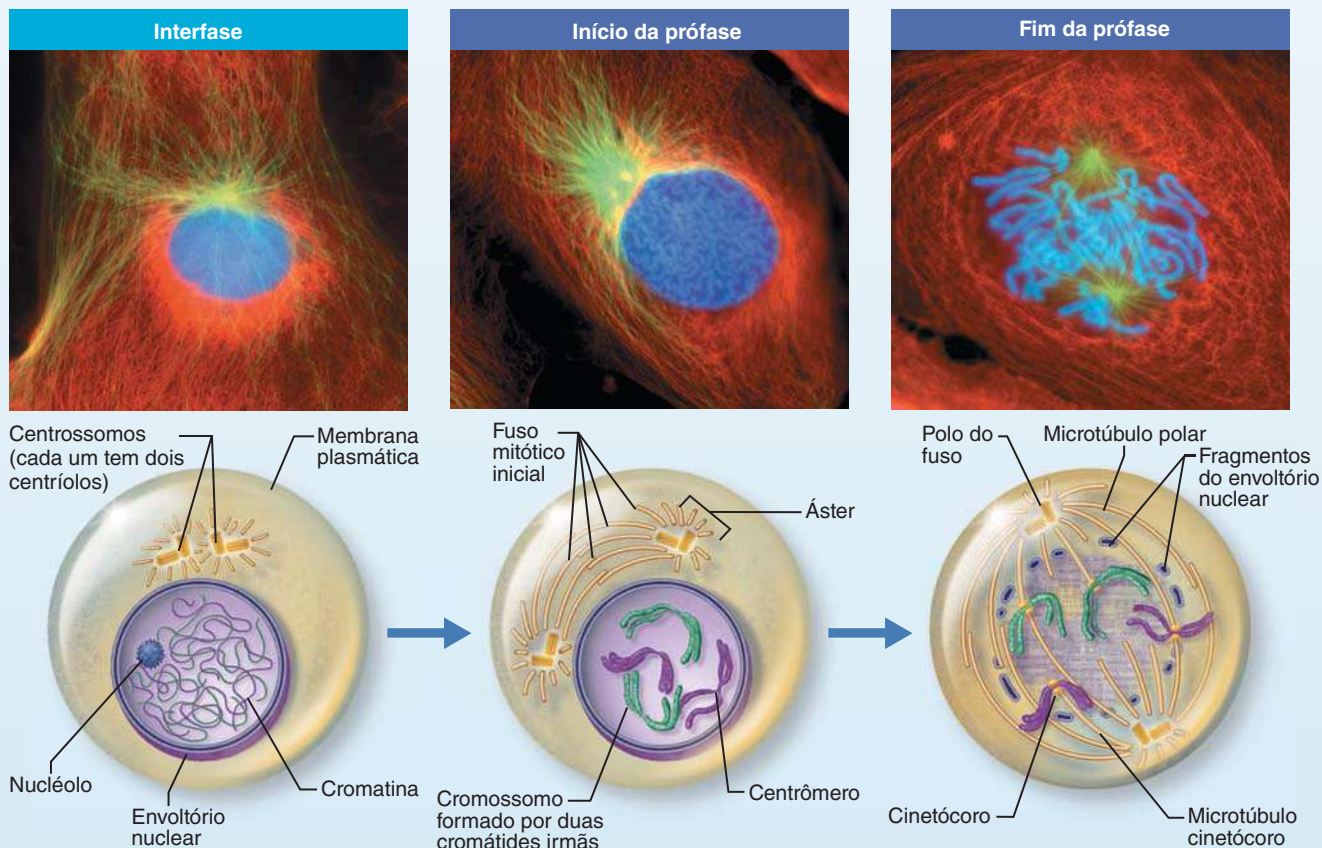
Diferenciação celular

Todos os seres humanos começam a vida como uma célula única, o ovo fertilizado, a partir do qual surgem as células do corpo. Logo no início do desenvolvimento embrionário as células começam a se especializar: algumas tornam-se hepáticas, outras tornam-se nervosas e outras, a lente transparente do olho. Toda célula do corpo carrega os mesmos genes (um *gene*, em termos simples, é um segmento de DNA que dita uma função específica da célula, normalmente

(O texto continua na p. 42.)

Destaque Mitose

Figura 2.17 A mitose é o processo de divisão nuclear no qual os cromossomos são distribuídos para dois núcleos-filhos. Juntamente com a citocinese, a mitose produz duas células-filhas idênticas.



Interfase

A *interfase* é o período da vida de uma célula em que ela realiza duas atividades metabólicas e cresce. A interfase não faz parte da mitose.

- Durante a interfase, o material que contém o DNA está na forma de cromatina. O envoltório nuclear e um dos núcleos, ou mais de um, estão intactos e são visíveis.
- Há três períodos distintos na interfase:
 - G₁: Os centríolos começam a se replicar.
 - S: O DNA é replicado.
 - G₂: São concluídas as preparações finais para a mitose e os centríolos terminam de se replicar.

Prófase — primeira fase da mitose

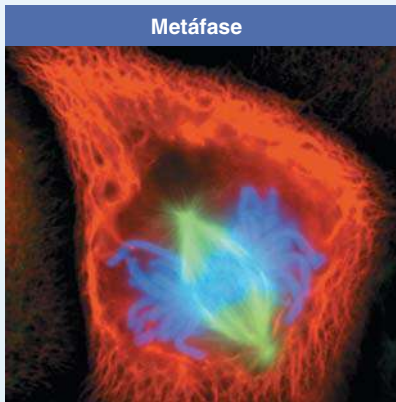
Estágio inicial

- A cromatina se condensa, formando *cromossomos* em formato de tiras.
- Cada cromossomo duplicado consiste em dois fios idênticos, chamados *cromátides irmãs*, unidas no *centrômero*. (Mais tarde, quando as cromátides se separarem, cada qual será um cromossomo.)
- À medida que surgem os cromossomos, desaparecem os nucléolos e os dois centrômeros separam-se um do outro.
- Os centrossomos funcionam como núcleo para o crescimento de um conjunto de microtúbulos chamado *fuso mitótico*. À medida que se alongam, os microtúbulos deslocam os centrossomos na direção dos polos opostos da célula.
- Os conjuntos de microtúbulos, chamados *âsters* (“astros”), se estendem a partir da matriz do centrossomo.

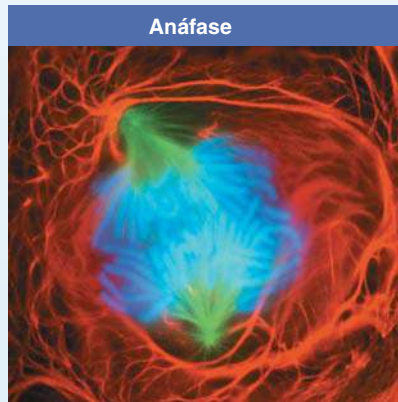
Estágio final

- O envoltório nuclear se rompe, permitindo que o fuso interaja com os cromossomos.
- Alguns dos microtúbulos do fuso em crescimento ligam-se aos *cinetócoros*, estruturas proteicas especiais no centrômero de cada cromossomo. Esses microtúbulos são chamados *microtúbulos cinetócoros*.
- Os microtúbulos do fuso restantes (não ligados a um cromossomo) são chamados *microtúbulos polares*. Os microtúbulos passam uns pelos outros, forçando um maior distanciamento entre os polos.
- Os microtúbulos cinetócoros puxam cada cromossomo a partir de ambos os polos, como num cabo de guerra que acaba arrastando os cromossomos para o centro, ou equador da célula.

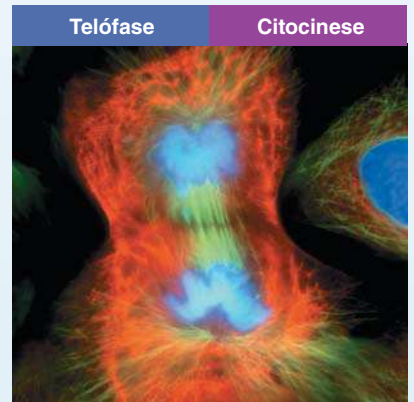
As fotomicrografias mostram células do pulmão de um tritão se dividindo. As estruturas da célula são indicadas por marcadores fluorescentes. Os cromossomos aparecem azuis e os microtúbulos em verde. (As fibras vermelhas são filamentos intermediários.) Os desenhos esquemáticos mostram detalhes não visíveis nas micrografias. Para simplificar, somente quatro cromossomos foram desenhados.



Metáfase

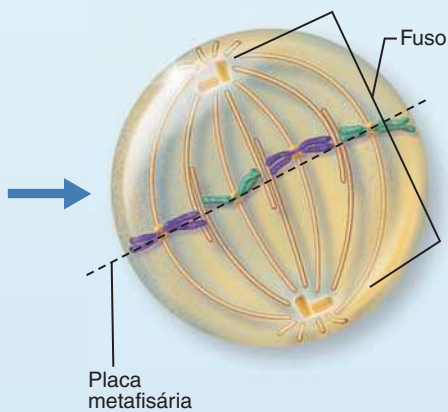


Anáfase

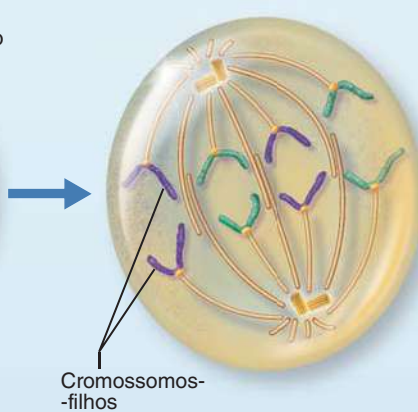


Telófase

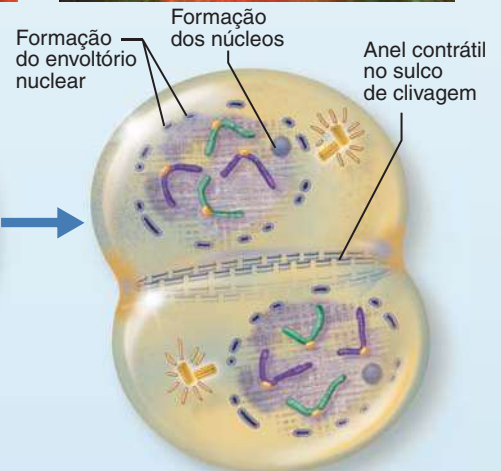
Citocinese



Placa metafisária



Cromossomos-filhos



Formação do envoltório nuclear

Formação dos núcleos

Anel contrátil no sulco de clivagem

Metáfase — segunda fase da mitose

- Os dois centróssomos estão nos polos opostos da célula.
- Os cromossomos se juntam na linha média da célula, com seus centrômeros precisamente alinhados ao *equador* do fuso. Esse plano imaginário entre os polos se chama *placa metafásica*.
- As enzimas agem de forma a separar as cromátides umas das outras.

Anáfase — terceira fase da mitose

- Fase mais curta da mitose, a anáfase começa abruptamente quando os centróssomos dos cromossomos se dividem simultaneamente. Cada cromátide se transforma em um cromossomo independente.
- Os microtúbulos, deslocados por proteínas motoras nos cinetócoros, puxam cada cromossomo gradativamente para o polo a sua frente.
 - Ao mesmo tempo, os microtúbulos polares passam uns pelos outros, se alongam e empurram os polos da célula para afastá-los.
 - O cromossomo em movimento tem um formato em V. Os centrômeros abrem caminho e os “braços” cromossômicos ficam pendentes para trás.
 - A movimentação e a separação dos cromossomos são auxiliadas pelo fato de que os cromossomos são corpos curtos e compactos. Linhas difusas de cromatina tendem a se enroscar e a se romper, resultando em um “loteamento” impreciso das células-filhas.

Telófase — fase final da mitose

- A *telófase* começa assim que a movimentação cromossômica termina. A fase final é como a *prófase* ao inverso.
- Os lotes idênticos de cromossomos nos polos opostos da célula começam a se espiralar e retomam seu formato em fita de cromatina.
 - Forma-se um novo envoltório nuclear em torno de cada massa de cromatina, reaparecem os nucléolos dentro dos núcleos e o fuso se parte e desaparece.
 - Está encerrada a mitose. A célula, por um breve período apenas, é binucleada (tem dois núcleos) e cada um dos novos núcleos é idêntico ao núcleo original da célula-mãe.

Citocinese — divisão do citoplasma

A citocinese começa durante a parte final da anáfase e prossegue até depois da telófase. Um anel contrátil de microfilamentos de actina forma o *sulco de clivagem* e estrangula a célula até separá-la em duas.

através da codificação de uma proteína específica). Se todas as nossas células têm genes idênticos, como é que elas se diferenciam e assumem estruturas e funções especializadas?

As células de cada região de um embrião são expostas a vários sinais químicos, que as canalizam em vias específicas de desenvolvimento. O citoplasma de um ovo fertilizado contém gradientes de moléculas e proteínas do RNA mensageiro (RNAm) produzido pela mãe. Nos primeiros dias de desenvolvimento, enquanto o ovo fertilizado se divide, o citoplasma de cada célula-filha recebe uma composição diferente dessas moléculas, que influenciam a atividade do genoma embrionário. Assim, genes diferentes são ativados em cada célula, levando à diferenciação celular. Uma vez que tem início a expressão específica do gene na célula, a célula pode produzir moléculas sinalizadoras que influenciem o desenvolvimento das células vizinhas “ligando” ou “desligando” alguns dos seus genes. Alguns genes são ativos em todas as células; por exemplo, todas as células devem realizar síntese proteica e produzir ATP. Mas os genes para a síntese de proteínas especializadas, como hormônios ou muco, são ativados apenas em certas populações de células. A chave da especialização celular encontra-se nos tipos de proteínas que são fabricados e reflete a ativação genética diferencial em cada tipo de célula.

A especialização celular, também chamada *diferenciação celular*, leva a uma variação *estrutural* entre os tipos de célula no corpo. As organelas que predominam em cada célula são diferentes. Por exemplo, as células dos músculos produzem quantidades imensas das proteínas actina e miosina, e o lipídio se acumula nas células adiposas (de gordura). As células fagocíticas produzem mais enzimas lisossomais e contêm muitos lisossomos. Existem cerca de 200 tipos de células no corpo, que variam bastante de tamanho, forma e função. Entre elas encontram-se as células adiposas esféricas, os hematócitos redondos achatados, as células nervosas ramificadas e as células cuboides dos túbulos renais. As formas das células e sua disposição de organelas estão relacionadas à sua função especializada (**Figura 2.18**). As células se encaixam nos seguintes grupos funcionais:

a) Células que conectam partes do corpo ou recobrem e revestem órgãos

Fibroblasto. A forma alongada dessa célula se estende ao longo das fibras compridas que ela secreta. Ela também tem RE rugoso abundante e um grande complexo de Golgi que produz e secreta os componentes proteicos dessas fibras.

Célula epitelial. Sua forma permite que uma imensa quantidade delas se acumule em uma lâmina

chamada *epitélio*. A célula epitelial tem abundância de filamentos intermediários resistentes à laceração quando o epitélio é arranhado ou puxado. Algumas células epiteliais são glandulares, com RE rugoso abundante, complexo de Golgi e grânulos secretores.

Eritrócito (hemácea). Responsável por transportar os gases respiratórios, oxigênio e dióxido de carbono. Sua forma aerodinâmica de disco côncavo propicia uma superfície maior para a captação dos gases respiratórios e também lhe garante maior fluidez para circular na corrente sanguínea. A quantidade de pigmento transportador de oxigênio nos eritrócitos é tamanha que todas as outras organelas são retiradas para dar-lhe espaço.

b) Células que produzem movimento e movem as partes do corpo

Células do músculo esquelético e do músculo liso. Essas células são alongadas e cheias de actina e filamentos de miosina, de forma que podem se encurtar com força.

c) Célula que armazena nutrientes

Célula adiposa. A imensa forma esférica de uma célula de gordura é produzida por uma gotícula de lipídio no seu citoplasma.

d) Célula que combate doenças

Macrófago (célula fagocítica). Essa célula estende longos pseudópodes para se deslocar através dos tecidos de forma a atingir o local da infecção. Os muitos lisossomos em seu interior digerem os microrganismos infecciosos que ela captura.

e) Célula que coleta informações e controla as funções do corpo

Célula nervosa (neurônio). Possui longos processos para receber e transmitir mensagens para outras estruturas do corpo. Os processos são cobertos por extensa membrana plasmática, cujos componentes são continuamente reciclados; está presente um grande RE rugoso para sintetizar os componentes da membrana.

f) Célula da reprodução

Espermatozoide (masculino). De aspecto longo e aerodinâmico, que lhe permite nadar até o ovo para fertilizá-lo. A cauda é um chicote motor chamado *flagelo* (Capítulo 4, p. 78).

A maior parte dos órgãos já está formada e funcionando muito antes do nascimento, mas o corpo continua a crescer formando mais células ao longo de toda a infância e adolescência. Quando se atinge o tamanho adulto, a divisão celular diminui consideravelmente o

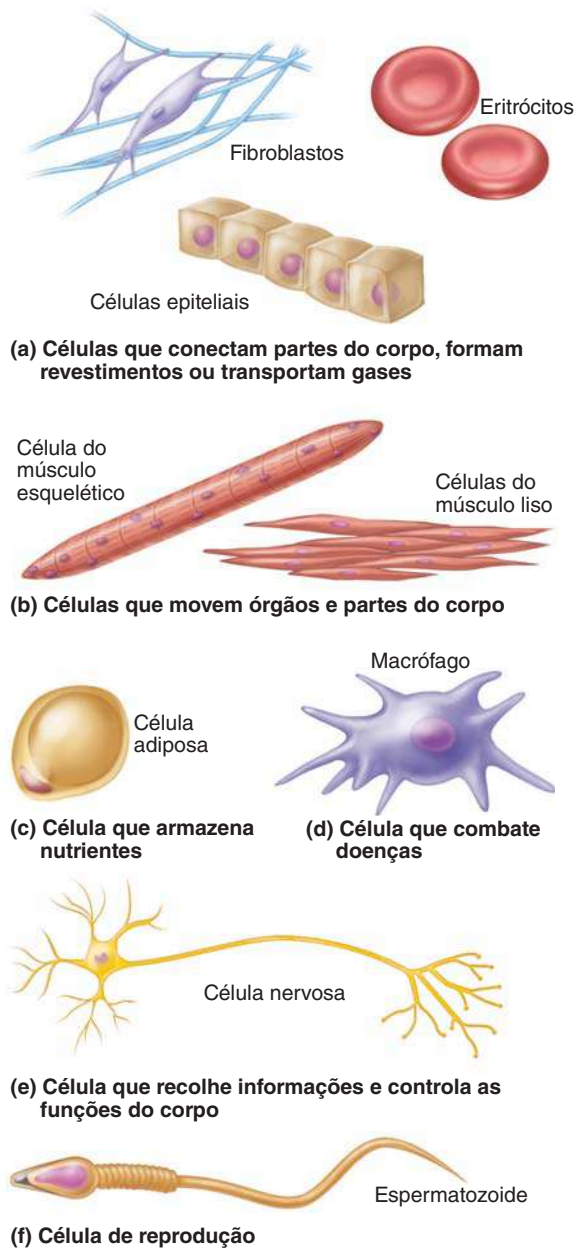


Figura 2.18 Diversidade celular. (Repare que as células não estão desenhadas na mesma escala.)

ritmo e ocorre primordialmente para substituir tipos de célula de vida curta e para reparar lesões.

Envelhecimento

Não há dúvida de que o envelhecimento celular ocorre e que ele seja responsável pela maioria dos problemas associados à idade avançada. Embora o envelhecimento seja complexo e certamente o resultado de muitos mecanismos, a teoria mais bem documentada propõe que os radicais livres desempenham o papel principal. Essas moléculas altamente reativas e, por-

tanto, destrutivas são primordialmente derivadas do metabolismo celular normal, embora também se formem em resposta a estímulos externos, como radiação e poluentes químicos. A teoria propõe que os radicais livres se acumulam e vão danificando progressivamente as moléculas das células. A grande maioria das evidências disso vem de experimentos com animais menos complexos, tais como vermes e moscas, nos quais a neutralização dos radicais livres e a reparação do dano causado se têm mostrado capazes de aumentar o tempo de vida. Aparentemente, as vitaminas E e C agem como antioxidantes no corpo humano e podem ajudar a evitar a formação excessiva de radicais livres.

A maioria dos radicais livres é produzida na mitocôndria, organela cuja taxa de metabolismo é a mais alta. Segundo os cientistas, uma diminuição na produção de energia por parte da mitocôndria danificada por radicais livres enfraquece e envelhece as células. Essa é a *teoria mitocondrial do envelhecimento*. Já se sabe há muito tempo que, quando os ratos e os camundongos de laboratório ficam um pouco malnutridos, seu tempo de vida aumenta em até 30%. O mesmo achado já foi demonstrado também para os primatas. Como a restrição calórica diminui a taxa metabólica e aumenta a eficiência do metabolismo, há uma menor produção dos destruidores radicais livres e com isso diminui o envelhecimento.

As *teorias genéticas do envelhecimento* propõem que o envelhecimento esteja programado nos nossos genes. Essas teorias originaram-se a partir da observação de que o corpo envelhece conforme um padrão previsível, como se fizesse parte regular do desenvolvimento humano (e sabe-se que o desenvolvimento é controlado pelos genes). É possível gerar ratos e moscas que vivam mais do que o normal, e os genes que aumentam ou diminuem a longevidade já foram identificados em animais. Embora alguns desses genes funcionem influenciando os radicais livres, outros agem de formas que ainda não são tão bem compreendidos.

A melhor evidência para a senescência planejada (envelhecimento programado) envolve os **telômeros**, estruturas que limitam a quantidade máxima de vezes que as células podem se dividir. Os telômeros são trechos repetidos do DNA, aparentemente sem sentido, que recobrem as extremidades dos cromossomos (*telo* = extremidade; *mere* = parte). Embora não tragam genes consigo, parecem vitais para a sobrevivência cromossômica: toda vez que o DNA é replicado, de 50 a 100 desses nucleotídeos se perdem, e os telômeros ficam um pouco mais curtos. Quando os telômeros chegam a um certo comprimento mínimo, é dado o sinal de “parar a divisão”. A *telomerase* é uma enzima que evita a degradação dos telômeros acrescentando mais DNA repetido às extremidades.

A telomerase ocorre em nossas células germinativas e cancerígenas, que se replicam infinitamente, mas não em outros tipos de células.

Muitos estudos mostram que telômeros encurtados estão associados a um maior risco de desenvolvimento de doenças relacionadas com a idade, como o diabetes, as doenças cardiovasculares, o mal de Alzheimer e certos tipos de cânceres. Em um futuro próximo, os testes para medir o comprimento dos telômeros poderão ser utilizados clinicamente como uma medida para avaliar o estado de saúde de um indivíduo.



TERMOS CLÍNICOS

Apoptose ("o ato de cair") Morte celular programada. Esse processo de suicídio celular controlado elimina as células que estão estressadas, desnecessárias, excessivas ou envelhecidas. Em resposta a macromoléculas danificadas dentro da célula ou a algum sinal extracelular, uma série de enzimas intracelulares é ativada para destruir o DNA, o citoesqueleto e outras estruturas da célula, produzindo uma morte rápida e limpa. A célula apoptótica se encolhe sem extravasar seu conteúdo para os tecidos do entorno. Destaca-se das outras células e é imediatamente consumida pelas células próximas. Essa sequência limpa e organizada evita inflamação (p. 98) e, assim, minimiza lesões nos tecidos. As células cancerígenas não conseguem realizar a apoptose, mas as células carentes de oxigênio o fazem em excesso (as células do miocárdio e do cérebro durante ataques cardíacos e derrames, por exemplo).

✓ Verifique seu conhecimento

- 14. Quais estruturas celulares seriam abundantes nas células que se especializam na produção de movimento, como as dos músculos?
- 15. Quais organelas seriam abundantes nas células que produzem e secretam hormônios?
- 16. Segundo qual teoria do envelhecimento, aqui apresentada, o processo do envelhecimento pode ser alterado pelo comportamento individual?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Displasia (*dis* = anormal) Mudança no tamanho, forma ou disposição da célula devida a uma irritação ou inflamação prolongada (por infecção, por exemplo).

Hiperplasia ("forma excessiva") Proliferação excessiva de células. As células hiperplásicas não são como as cancerígenas, pois retêm sua forma e disposição normal dentro dos tecidos.

Hipertrofia ("crescimento excessivo") Crescimento de um órgão ou tecido devido a um aumento no tamanho de suas células. A hipertrofia é uma resposta normal das células do músculo esquelético ao exercício. Hipertrofia é diferente de hiperplasia, condição na qual as células aumentam de quantidade, mas não de tamanho.

Necrose (*necros* = morte; *osis* = processo; condição) Morte de uma célula ou grupo de células devido a lesão ou doença. As lesões agudas levam as células a inchar e se romper, o que induz uma resposta inflamatória. Trata-se de uma morte celular acidental, *não controlada*, diferente da apoptose.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

VISÃO GERAL DAS CÉLULAS (p. 24-25)

1. Células são as unidades básicas estruturais e funcionais da vida.
2. Há entre 50 e 100 trilhões de células no corpo humano. Este capítulo destaca as características comuns a todas as células.
3. As células obtêm nutrientes, constroem moléculas, descartam resíduos, mantêm sua forma e replicam-se.
4. Cada célula tem três regiões principais: membrana plasmática, citoplasma e núcleo.

MEMBRANA PLASMÁTICA (p. 25-29)

Estrutura (p. 27)

5. A membrana plasmática define os limites exteriores da célula. O modelo de mosaico de fluidos interpreta essa

membrana como uma camada dupla flexível de moléculas lipídicas (fosfolipídios, colesterol e glicolipídios) com proteínas incorporadas.

6. A maior parte das proteínas na membrana é de proteínas integrais e se estende além da membrana. As proteínas periféricas, por outro lado, são presas à superfície da membrana, ajudando a suportar a membrana, além de terem outras funções.
7. Glicoproteínas e glicolipídios do grupo açúcar da membrana projetam-se da superfície da célula e contribuem com o revestimento da célula (glicocálice), e funcionam nas ligações e no reconhecimento entre as células.

Funções (p. 27-28)

8. A membrana plasmática funciona como uma frágil barreira que protege o conteúdo da célula. Ela determina o que entra e o que sai da célula, e algumas proteínas na membrana plasmática funcionam como receptores extracelulares para moléculas sinalizadoras.

Transporte da membrana (p. 28-29)

9. Pequenas moléculas sem carga passam através da membrana por simples difusão; a água entra e sai por osmo-

se; moléculas maiores ou carregadas passam por meio de mecanismos de transporte que envolvem as proteínas integrais. O movimento das moléculas a favor de seu gradiente de concentração, por meio de uma proteína integral, é chamado difusão facilitada. O movimento contra o gradiente de concentração é o transporte ativo, um processo que exige o uso de energia.

10. Grandes partículas e macromoléculas passam através da membrana por endocitose e exocitose. A endocitose traz grandes substâncias para dentro das células quando bolsas da membrana plasmática se dobram para criar vesículas citoplasmáticas. Se a substância for uma partícula, o processo é chamado fagocitose; se a substância ocorre como moléculas dissolvidas no fluido extracelular, o processo é conhecido como pinocitose. A endocitose mediada por receptores é seletiva: moléculas específicas se prendem a receptores na membrana antes de serem levadas para dentro da célula em vesículas revestidas de proteínas.
11. Na exocitose, vesículas citoplasmáticas revestidas de membrana fundem-se com a membrana plasmática e liberam seu conteúdo do lado externo da célula.

CITOPLASMA (p. 29-35)

Citosol (p. 30)

12. O citosol, ou matriz citoplasmática, é a substância viscosa que contém fluido e na qual as organelas citoplasmáticas e inclusões estão em suspensão.

Organelas citoplasmáticas (p. 30-35)

13. Cada organela realiza funções específicas. Os diversos tipos de células do corpo têm números diferentes de cada tipo de organela.
14. Os ribossomos são grânulos escuros que consistem de duas subunidades, cada qual feita de proteína e RNA ribossômico. Os ribossomos são os locais da síntese de proteína. Ribossomos livres produzem as proteínas que são usadas no citosol.
15. O retículo endoplasmático rugoso é um sistema repleto de ribossomos de cavidades revestidas por membranas (cisternas). Seus ribossomos produzem proteínas que penetram nas cisternas e que, por fim, serão secretadas pela célula. O retículo endoplasmático rugoso também produz todas as membranas das células.
16. O retículo endoplasmático liso, uma rede de túbulos revestidos de membranas que não contém ribossomos, é envolvido no metabolismo de lipídios. Todo RE armazena íons cálcio.
17. O complexo de Golgi é uma pilha de cisternas em forma de disco que tem uma face cis (convexa) e uma face trans (côncava). Ele seleciona os produtos do retículo endoplasmático rugoso e depois envia esses produtos, em vesículas membranosas, ao seu destino correto. Os lisossomos e os grânulos secretores surgem no complexo de Golgi.
18. Lisossomos são sacos esféricos com paredes membranosas de enzimas digestórias. Elas digerem organelas deterioradas e substâncias trazidas para a célula em vesículas ligadas por membranas.
19. As mitocôndrias são organelas espiraladas cobertas por duas membranas, das quais a interna forma cristas em camadas. As mitocôndrias são o local principal de síntese de ATP, principais geradores de energia das células.

20. Peroxissomos são sacos membranosos que contêm enzimas que realizam diversos processos metabólicos. Eles transformam radicais livres em peróxido de hidrogênio. Eles também usam o peróxido de hidrogênio para fracionar algumas toxinas orgânicas.

21. O citoesqueleto inclui hastes proteicas de três tipos diferentes: microfilamentos de actina, filamentos intermediários e microtúbulos — todos no citosol. Os microfilamentos de actina interagem com a miosina para produzir forças de contração. Os filamentos intermediários, que atuam para resistir à tensão presente na célula, são estáveis. Os microtúbulos, que irradiam a partir da região do centróssomo, dão forma à célula; eles também organizam a distribuição e o transporte das diversas organelas dentro do citoplasma. Tanto os microtúbulos como os microfilamentos costumam ser instáveis, rompendo-se e recompondo-se.

22. O centróssomo é uma região esférica do citoplasma próxima do núcleo. Consiste em uma matriz similar a uma nuvem que envolve um par de centríolos. As proteínas na matriz ancoram os microtúbulos longos do citoesqueleto e os microtúbulos do *fuso mitótico*. Os centríolos são estruturas tubulares com paredes compostas de microtúbulos curtos.

Inclusões citoplasmáticas (p. 35)

23. Inclusões são estruturas temporárias no citoplasma. Alguns exemplos são armazenamento de alimentos, como gotículas de lipídio e glicossomos contendo glicogênio.

NÚCLEO (p. 35-38)

24. O núcleo contém material genético (DNA) e é o centro de controle da célula. A maioria das células tem um núcleo localizado no centro, em forma de esfera ou de ovo.

Envoltório nuclear (p. 36-37)

25. O núcleo é circundado por um envoltório nuclear seletivamente permeável, que é penetrado por esporos nucleares. Esses esporos permitem que grandes moléculas como RNA e proteínas entrem e saiam do núcleo. O envoltório nuclear é contínuo com o retículo endoplasmático rugoso.

Nucléolo (p. 37)

26. O nucléolo é um corpo escuro dentro do núcleo que contém cópias dos genes para RNAs ribossômicos. Os nucléolos formam as subunidades dos ribossomos.

Cromatina e cromossomos (p. 37-38)

27. A molécula de DNA é uma dupla-hélice que consiste de quatro tipos de nucleotídeos, com bases de timina, adenina, citosina e guanina.
28. Cromatina é um material filamentado (DNA e histonas) no núcleo, que forma cromossomos. Durante a divisão celular, toda a cromatina está enrolada, fazendo os cromossomos parecerem hastes grossas. Em células não divisíveis, a cromatina é uma mistura de regiões inativas espiraladas (cromatina condensada) e regiões ativas não espiraladas (cromatina distendida).

CICLO DE VIDA DA CÉLULA (p. 38-39)

29. O ciclo de vida da célula é a série de mudanças que uma célula experimenta desde o momento em que se forma até o momento em que se divide.

Interfase (p. 38-39)

30. Intersfase é a fase do ciclo vital da célula em que ela não está dividida. Consiste das subfases G_1 , S e G_2 . Durante a G_1 , a célula cresce; durante a S, o DNA é replicado; e durante a G_2 , são feitos os preparativos finais para a divisão.

Divisão celular (p. 39)

31. A divisão celular, essencial para o crescimento e reparação do corpo, ocorre durante a fase M (mitótica). A divisão celular tem dois aspectos distintos: mitose e citocinese.
32. Mitose, a divisão do núcleo, tem quatro estágios: 1) *prófase*, quando surgem os cromatídeos, a membrana nuclear desaparece e os fusos mitóticos se formam; 2) *metáfase*, quando os cromatídeos se alinham ao equador da célula; 3) *anáfase*, quando os cromatídeos em forma de V são separados; e 4) *telófase*, quando a cromatina se distende e o núcleo é remontado. A mitose reparte os cromossomos replicados em dois núcleos-filhos. A citocinese, completada após a mitose, é a divisão da célula em duas células.

ASPECTOS DO DESENVOLVIMENTO CELULAR (p. 39-44)**Diferenciação celular** (p. 39-43)

33. A primeira célula de um ser humano é o óvulo fertilizado. A diferenciação celular começa cedo, no desenvolvimento, e acredita-se que reflita a ativação genética diferencial.
34. Existem cerca de 200 diferentes tipos de células no corpo humano. Essas células têm diversas formas, que refletem suas funções; diferentes organelas dominam em diferentes tipos de células (Figura 2.18).
35. Durante a idade adulta, o número de células permanece aproximadamente constante, e a divisão celular ocorre especialmente para repor células perdidas.

Envelhecimento (p. 43-44)

36. O envelhecimento celular (e de todo o corpo) pode refletir danos acumulados causados por radicais livres, ou pode ser um processo geneticamente influenciado, ou ambos. Pode também refletir uma perda da capacidade das células de se dividirem, ao longo do tempo.

QUESTÕES PARA REVISÃO**Múltipla escolha / Associação**

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- O processo endocítico, no qual o material particulado é trazido para dentro da célula, é chamado de (a) fagocitose, (b) pinocitose, (c) exocitose.
- A substância nuclear composta de proteínas de histona e DNA é (a) a cromatina, (b) o envoltório nuclear, (c) o nucleoplasma, (d) os poros nucleares.
- As preparações finais para a divisão celular são feitas durante esse estágio do ciclo vital da célula: (a) G_1 , (b) G_2 , (c) M, (d) S.
- A estrutura de dupla camada fundamental da membrana plasmática é determinada quase exclusivamente por (a) moléculas fosfolípídicas, (b) proteínas periféricas, (c) moléculas de colesterol, (d) proteínas integrais.
- Identifique a estrutura celular ou organela descrita pelas seguintes afirmações.
 - Uma pilha de 3 a 10 discos membranosos, com vesículas.
 - Uma continuação do envoltório nuclear forma essa organela citoplasmática coberta de ribossomos.
 - Em células não divisíveis, as partes mais densamente espiraladas dos cromossomos formam esse tipo de cromatina.
 - Esse tipo de retículo endoplasmático é uma rede de tubos ocos que participa do metabolismo dos lipídios.
 - É um conjunto de oito moléculas de histona e filamentos de DNA que as envolvem.
 - São os tubos do citoesqueleto com o maior diâmetro (escolher entre microtúbulos, microfilamentos, filamentos intermediários).
 - A única organela com DNA e cristas.
 - Essa organela produtora de energia é uma provável descendente de bactérias.
 - A síntese de proteína ocorre nessa organela.
- Identifique a afirmação *falsa* sobre centríolos.
 - Eles começam a se duplicar em G_1 .
 - Localizam-se no centróssomo.
 - São compostos de microtúbulos.
 - São tubos de paredes membranosas, paralelos entre eles.
- A face trans do complexo de Golgi (a) é sua face convexa; (b) é onde os produtos saem do complexo de Golgi em vesículas; (c) recebe vesículas transportadoras do retículo endoplasmático rugoso; (d) localiza-se no centro do conjunto do aparelho de Golgi; (e) é o mesmo que a face cis.
- Identifique a afirmação *falsa* sobre os lisossomos. (a) Eles têm a mesma estrutura e funções que os peroxissomos. (b) São formados no complexo de Golgi. (c) As enzimas lisossomais não ocorrem livres no citosol de células saudáveis. (d) Eles são abundantes nas células fagocíticas.
- Indique o estágio apropriado da mitose (prófase, metáfase, anáfase, telófase) para cada afirmação a seguir.
 - Os cromossomos estão alinhados no meio da célula.
 - A membrana nuclear se fragmenta.
 - A membrana nuclear volta a se compor.
 - Forma-se o fuso mitótico.
 - Os cromossomos (cromátides) têm forma de V.
- Dê o nome do elemento do citoesqueleto (microfilamentos de actina, filamentos intermediários ou microtúbulos) para cada um dos seguintes itens:
 - dá forma à célula
 - resiste à tensão aplicada a uma célula
 - irradia do centróssomo
 - interage com a miosina para produzir a força de contração
 - são os mais estáveis
 - associado com cinesinas e dineínas
 - associado com o motor proteico miosina

11. Diferentes organelas são abundantes em diferentes tipos de células. Associe os tipos de células com suas organelas abundantes, colocando a letra correta da coluna B em cada espaço da coluna A. Siga as sugestões fornecidas entre parênteses.

Coluna A	Coluna B
_____ (1) célula da glândula suprarrenal que fabrica hormônios esteroides	(a) mitocôndria
_____ (2) células brancas do sangue (fagocítica)	(b) RE liso
_____ (3) célula do fígado (desintoxica venenos)	(c) peroxissomos
_____ (4) célula muscular (altamente contrátil)	(d) microfilamentos
_____ (5) célula mucosa (secreta produto proteico)	(e) RE rugoso
_____ (6) célula epitelial da camada exterior da pele (resiste à tensão)	(f) filamentos intermediários
_____ (7) célula tubular renal (fabrica e usa grandes quantidades de ATP)	(g) lisossomos

12. Qual dos seguintes processos envolve receptores específicos na membrana?

(a) fagocitose, (b) endocitose mediada por receptores, (c) exocitose (d) pinocitose.

Dissertativas

13. Liste todas as organelas citoplasmáticas que são compostas (pelo menos em parte) de membranas lipídicas de camada dupla. Depois liste todas as organelas citoplasmáticas que *não* são membranosas.
14. Marcelo perdeu um ponto em sua prova de anatomia porque achava que *núcleo* e *nucléolo* eram a mesma palavra e a mesma estrutura. Diferencie núcleo de nucléolo.
15. Neste capítulo, afirmamos que as mitocôndrias são as organelas mais complexas do citoplasma. Que evidência sustenta essa afirmação?
16. Defina *cromossomo*. Depois compare o arranjo da cromatina em uma célula divisível em relação a uma célula não divisível.
17. Indique qual organela ou organelas celulares participam de cada uma das funções celulares listadas anteriormente neste capítulo (p. 24).
18. Use a analogia da célula como fábrica para descrever a função das seguintes estruturas celulares: membrana plasmática, mitocôndria, núcleo, complexo de Golgi, ribossomos, lisossomos, peroxissomos.

Análise crítica e aplicação clínica

1. Cristina, que tem 30 anos de idade, está 5 kg abaixo do peso, porque acredita que o fato de ser mais magra irá retardar seu processo de envelhecimento. Depois de adverti-la para não perder mais peso ou se tornar anoréxica, seu médico admitiu que pelo menos existe alguma evidência científica para apoiar o ponto de vista dela. Qual é essa evidência?
2. Carolina tem um tique nervoso que a faz morder a camada interna de seus lábios com os dentes da frente. O lábio ficou cada vez mais espesso como consequência da irritação contínua. O dentista de Carolina observou que seu lábio ficou espesso e disse-lhe para verificar se o espessamento não era um tumor. Uma biópsia revelou hiperplasia e áreas dispersas de displasia, mas nenhuma evidência de tumor. O que significam esses termos? Carolina tinha, de fato, câncer na boca?
3. A função normal de um gene supressor de tumores que atua na fase G_1 é prevenir que as células com cromossomos e DNA danificados “passem de G_1 para S”. Outro gene supressor de tumores atuando na fase G_2 previne a “passagem de G_2 para M”. Quando esses genes supressores de tumores falham, a consequência pode ser um câncer. Explique o significado das frases entre aspas.
4. No laboratório de anatomia, diversos alunos são expostos aos conservantes químicos fenol, formaldeído e álcool. Nossas células decompõem essas toxinas com grande eficiência. Qual organela celular é responsável por isso?
5. O sedativo fenobarbital é uma droga solúvel em lipídio. O que pode acontecer ao retículo endoplasmático liso das células do fígado de pessoas que usam esse medicamento por um longo período?
6. O medicamento vinblastina é utilizado no tratamento do câncer para interromper a divisão descontrolada de células cancerígenas. A vinblastina inibe a combinação e o crescimento de microtúbulos. Explique como a ação desse medicamento impede a mitose (consulte a Figura 2.17).

Embriologia básica 3



▲ Embrião de oito células (Eletromicroscopia de varredura colorizada/MEV)

Estágios do desenvolvimento pré-natal 48

Plano corporal básico 49

Período embrionário 50

- 1ª semana: do zigoto ao blastocisto 50
- 2ª semana: o embrião em duas camadas 51
- 3ª semana: o embrião em três camadas 52
- 4ª semana: o corpo toma forma 56
- 5ª a 8ª semanas: o segundo mês do desenvolvimento embrionário 58

Período fetal 61

Em apenas 38 semanas, da concepção ao nascimento, uma única célula-ovo (ou zigoto) evolui para um ser humano totalmente formado. No entanto, o corpo não vai sofrer grandes alterações durante o resto do seu período de vida útil (por volta de 70 a 90 anos). Este capítulo apresenta a **embriologia** humana, que é o estudo da origem e desenvolvimento de um indivíduo. O conhecimento dos eventos e estruturas embriológicas básicas é particularmente valioso quando você começa a estudar a anatomia humana. Conhecendo metodicamente como o corpo se forma, você compreenderá melhor a anatomia humana. Além disso, a embriologia ajuda a explicar a origem de muitos defeitos congênitos, que são anomalias anatômicas evidentes em cerca de 3% dos nascidos vivos.

ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO PRÉ-NATAL

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ enumerar as razões práticas e clínicas para estudar embriologia;
- ▶ fazer a distinção entre o período embrionário e o período fetal do desenvolvimento.

O **período pré-natal** (“anterior ao nascimento”) é o tempo decorrido entre a concepção (a união entre um ovo — ovócito — e um espermatozoide) e o nascimento.

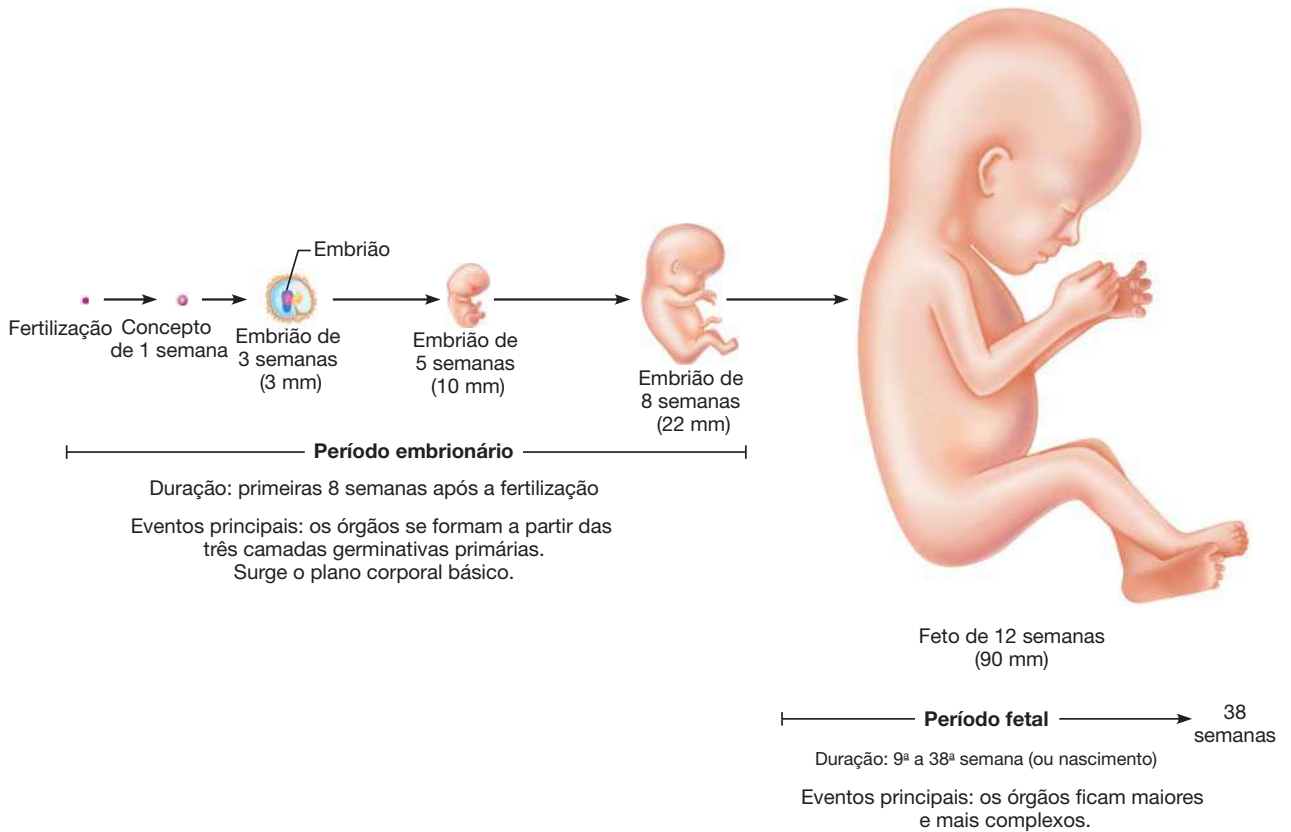


Figura 3.1 Período pré-natal. Todos os embriões e o feto são exibidos em tamanho real.

Esse período é dividido em dois estágios (**Figura 3.1**): o **período embrionário**, que abrange as oito primeiras semanas, e o **período fetal**, correspondente às 30 semanas restantes. O período embrionário é excepcionalmente agitado. No final desse período, todos os órgãos principais já estão formados e o **embrião**,¹ a forma inicial do corpo, tem uma aparência nitidamente humana. No período fetal mais longo, os órgãos do **feto** (“o jovem no útero”) crescem e se tornam mais complexos.

PLANO CORPORAL BÁSICO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ esboçar o plano estrutural básico do corpo adulto, o qual é estabelecido durante o período embrionário.

A fim de simplificar o tratamento da embriologia, este capítulo limita a discussão à derivação do plano corporal básico do adulto, que pode ser descrito como um tubo dentro de um tubo (Capítulo 1, p. 11). Esse plano básico se torna evidente por volta do 2º mês de desenvolvimento (**Figura 3.2**). A parede externa do corpo perfaz o tubo externo, e o tubo interno — nessa visão em corte através do abdome — é o tubo digestório. Esses dois tubos são separados por uma cavidade serosa. No abdome, essa cavidade se chama cavidade peritoneal. Na **Figura 3.2**, repare nas seguintes estruturas adultas:

- 1. Pele.** A pele possui duas camadas: uma camada externa, chamada *epiderme*, e uma interna coriácea, chamada *derme*.
- 2. Parede corporal externa.** A parede corporal externa consiste basicamente nos músculos do tronco. Na direção dorsal, ela também contém a coluna vertebral em que se encontra a medula espinal. As costelas estão conectadas a cada vértebra óssea na região torácica da parede do tronco.
- 3. Cavidade corporal e tubo interno.** O tubo interno consiste nas estruturas respiratórias e digestórias (ver **Figura 1.5**, p. 10). Esse corte através do abdome mostra a cavidade peritoneal, revestida pelas serosas visceral e parietal, envolvendo o tubo digestório (estômago, intestinos etc.). O tubo digestório possui uma parede muscular, sendo revestido internamente por uma camada de células (esse revestimento é exibido em amarelo na **Figura 3.2**).

Na região torácica, o plano corporal é similar. As estruturas respiratórias formam o tubo interno. As cavidades corporais no tórax são a cavidade pleural, em volta dos pulmões, e a cavidade pericárdica, em volta do coração. As serosas parietal e visceral revestem essas cavidades também (essas relações foram introduzidas no Capítulo 1, p. 13).

¹ Tecnicamente, o embrião é o estágio de desenvolvimento pré-natal entre a 3ª ou 4ª e a 8ª semanas, inclusive. No entanto, o termo *embrião* pode ser utilizado informalmente para incluir todos os estágios do período embrionário.

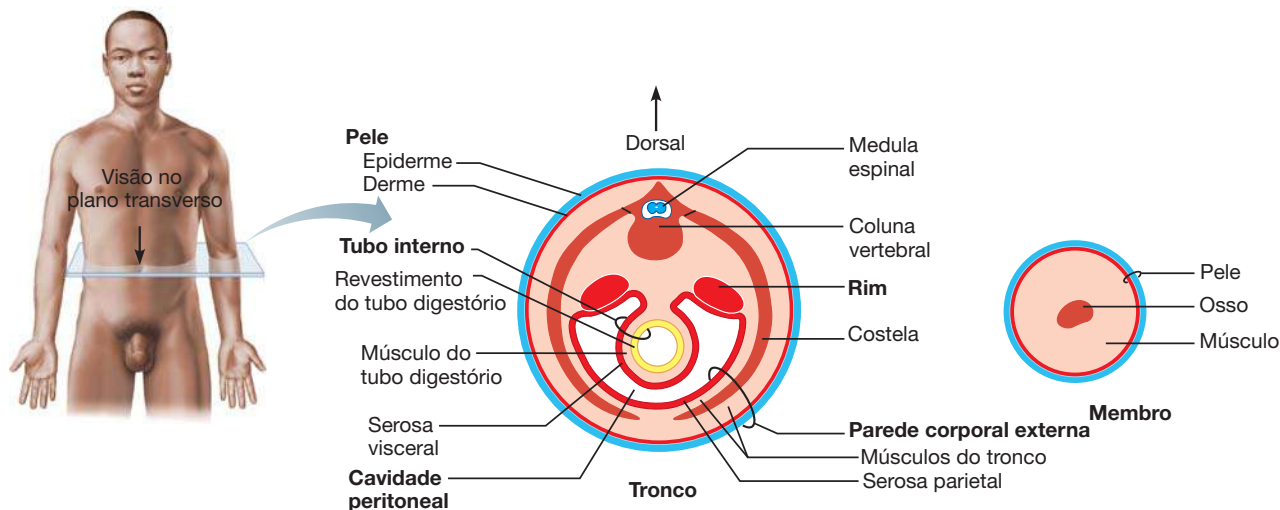


Figura 3.2 Plano corporal humano de um adulto (visualização simplificada, em corte transversal). O desenvolvimento desse plano corporal é acompanhado neste capítulo. As cores azul, vermelha e amarela indicam a derivação das três camadas germinativas embrionárias básicas. (Ver a discussão na p. 59 e a Figura 3.9 para obter mais informações.)

4. Rins e gônadas. Os rins estão situados mais ao fundo, diretamente a partir da parede corporal dorsal, na região lombar do dorso, posterior à serosa parietal. As gônadas (testículos ou ovários) originam-se em uma posição similar, mas migram para outras regiões do corpo durante o período fetal.

5. Membros. Os membros consistem principalmente em osso, músculo e pele.

Você pode ver como esse plano corporal adulto toma forma acompanhando os eventos do primeiro mês de desenvolvimento humano.

✓ Verifique seu conhecimento

1. Durante qual período pré-natal é estabelecido o plano corporal básico?
2. Quais estruturas abdominais se formam a partir do tubo interno?
3. Empregando termos de direção (Tabela 1.1, p. 8), descreva a posição dos rins em relação à cavidade peritoneal.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

PERÍODO EMBRIONÁRIO

1ª semana: do zigoto ao blastocisto

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever o estado precoce do desenvolvimento, do zigoto ao blastocisto (1ª semana).

Todo mês, um dos dois ovários de uma mulher fértil libera um ovo imaturo, chamado *ovócito* (Figura 3.3).

Essa célula geralmente é conduzida para a *tuba uterina*, que proporciona uma rota direta para o útero. A **fertilização** de um ovócito por um espermatozoide ocorre no terço lateral da tuba uterina. O ovócito fertilizado, que agora se chama **zigoto** (“união”), é levado na direção do útero. Ao longo do caminho, ele se divide repetidamente, produzindo duas células, depois quatro células, oito células e assim por diante. Como não há muito tempo para o crescimento celular entre as divisões, as células resultantes ficam cada vez menores. Essa primeira sequência da divisão, chamada **clivagem**, proporciona o grande número de células necessárias para criar o embrião.

Em aproximadamente 72 horas² após a fertilização, a clivagem gerou um agrupamento sólido de 12 a 16 células, chamado **mórula** (“amora”). Durante o quarto dia, a mórula em seu estágio atual — consistindo agora em 60 células, aproximadamente — entra no útero. Ela necessita de líquido, que se concentra em uma cavidade central. Essa nova estrutura cheia de líquido se chama **blastocisto** (*blasto* = botão ou broto; *cisto* = bolsa).

Dois tipos distintos de células são evidentes no estágio de blastocisto (Figura 3.3e): um agrupamento de células em um lado da cavidade blastocística, chamado **massa celular interna**, e a camada de células que circunda a cavidade, chamada **trofoblasto** (*trofo* = alimento). A massa celular interna formará o embrião e o trofoblasto ajudará a formar a placenta — a estrutura que transfere os nutrientes da mãe para o feto.

Este capítulo se concentra na massa celular interna e no embrião; o trofoblasto e a placenta são discutidos juntamente com o sistema genital feminino (Capítulo 25).

2 Todas as datas fornecidas para os eventos de desenvolvimento neste capítulo são tempos *médios*. As datas reais variam de 1 a 2 dias, ou mais, entre diferentes gestações.

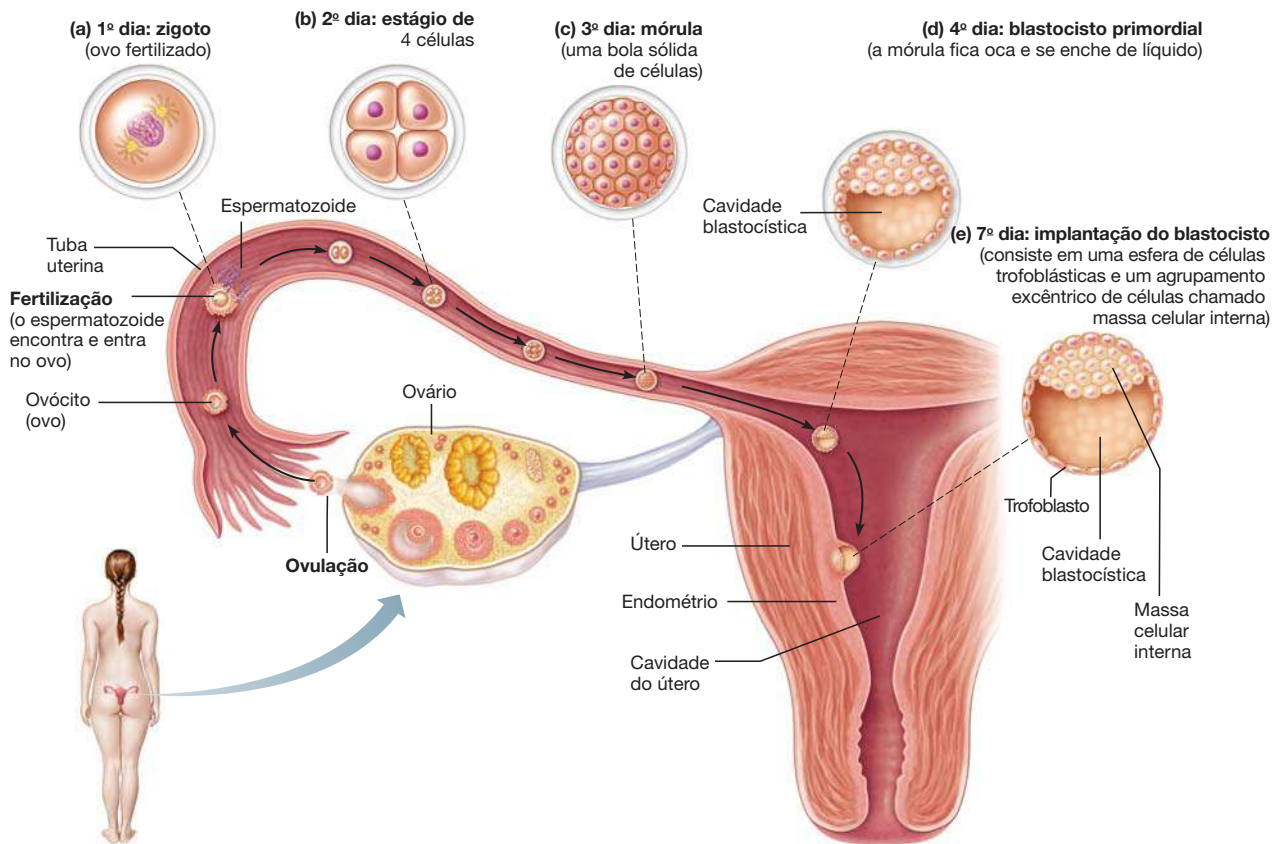


Figura 3.3 Fertilização e eventos dos seis primeiros dias de desenvolvimento. O ovário, o útero e as tubas uterinas, que se situam na pelve materna, são exibidos na visualização posterior. Um ovo (ovócito) é liberado na cavidade peritoneal (ovulação) e capturado pela tuba uterina, onde sofre a fertilização para se transformar em zigoto (a). Depois, à medida que se movimenta pela tuba uterina e segue para o útero, ele passa pelo estágio de quatro células (b) e pelos estágios de mórula (c) e blastocisto (d). Finalmente, o blastocisto é implantado na parede do útero (e), como mostrado em detalhes na próxima figura. As partes (d) e (e) exibem o blastocisto cortado ao meio para revelar o seu interior.

O estágio de blastocisto dura aproximadamente três dias, ou seja, do 4º ao 7º dia. Na maior parte desse tempo, o blastocisto flutua livremente na cavidade uterina, mas no 6º dia ele começa a se entocar na parede uterina (Figura 3.4). Esse processo, conhecido como **implantação**, dura cerca de uma semana. Na implantação, a camada de trofoblasto se corrói para dentro até o blastocisto inteiro se incorporar à parede uterina.

Em algumas gestações, a massa celular interna de um único blastocisto se divide em duas durante os primeiros estágios de clivagem da 1ª ou 2ª semana. Isso produz gêmeos idênticos, também chamados gêmeos monozigóticos (*monozigótico* = proveniente de um zigoto). No mundo inteiro, a taxa de natalidade de gêmeos idênticos é de aproximadamente 4 a cada 1.000 nascimentos.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Gêmeos unidos (ou siameses) Gêmeos idênticos que nascem unidos se chamam gêmeos siameses. Esse fenômeno se dá pela divisão incompleta da massa celular interna ou do disco embrionário durante o processo de geminação. Os gêmeos podem ficar unidos em qualquer região do corpo, muitas vezes compartilhando órgãos. Alguns podem ser separados, com êxito, por cirurgia; outros vivem a vida inteira com seu irmão siamês.

2ª semana: o embrião em duas camadas

Objetivo de aprendizagem:

- identificar as estruturas que se desenvolvem à medida que a massa celular interna se diferencia em um disco de duas camadas.

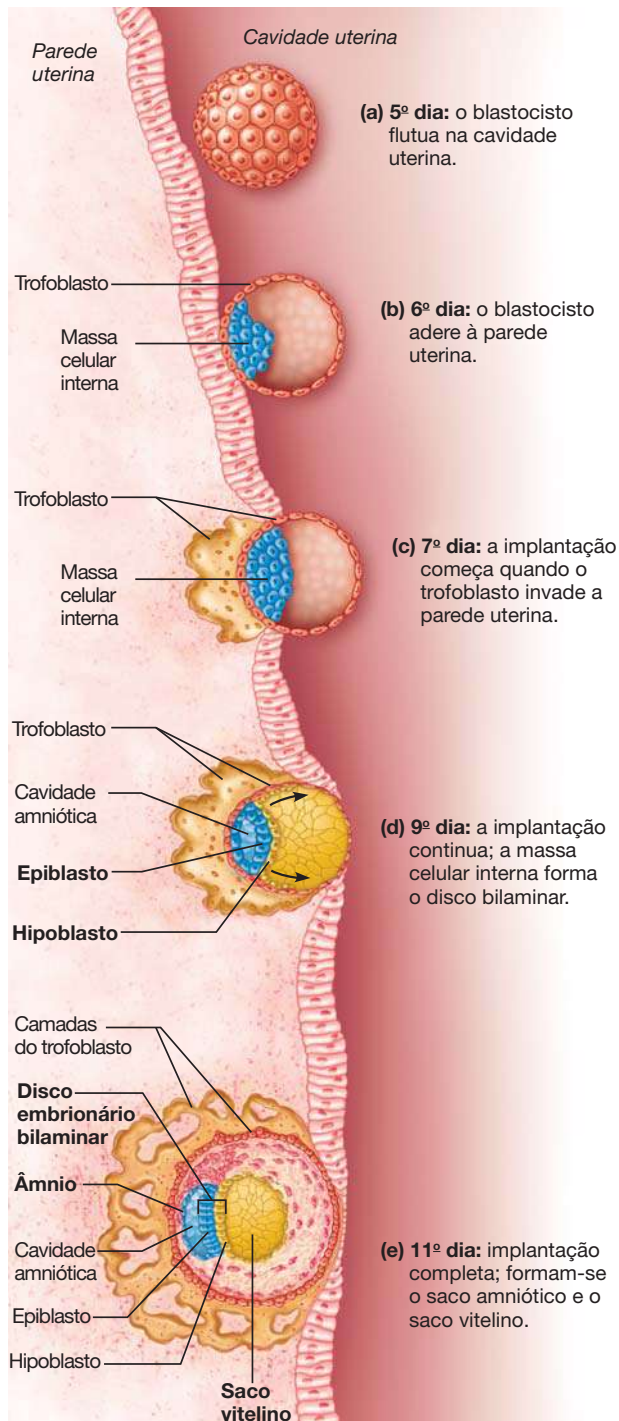


Figura 3.4 Implantação do blastocisto durante a 2ª semana de desenvolvimento.

Os embriões são mostrados em corte transversal (cortados pela metade).

Aproximadamente nove dias após a fertilização, a massa celular interna se dividiu em duas camadas de células, o **epiblasto** (*epi* = sobre, por cima) e o **hipoblasto** (*hipo* = sob, por baixo) (Figura 3.4d). As extensões dessas camadas de células formam dois sacos preenchidos com líquido (Figuras 3.4d e 3.4e), semelhantes a dois balões se tocando, com o epiblasto e o hipoblasto na área de contato. Juntos, o epiblasto e o hipoblasto

compõem o **disco embrionário bilaminar** (“de duas camadas”), que vai dar origem ao corpo inteiro.

O saco formado por uma extensão do epiblasto é o **saco amniótico**, cuja membrana externa se chama **âmnio**, e a **cavidade interna do saco amniótico** é preenchida com **líquido amniótico**, que é uma proteção contra o choque físico tanto para o embrião em desenvolvimento quanto para o feto, e ele permanece até o momento do nascimento. Você pode ter ouvido a expressão: “A bolsa da mãe rompeu imediatamente antes do nascimento”. Isso se refere à ruptura do saco amniótico e à liberação do seu líquido amniótico quando o corpo da mulher dá início ao trabalho de parto, processo em que o feto maduro é expelido do útero.

O **saco vitelino**, formado por uma extensão do hipoblasto, abriga uma quantidade muito pequena de vitelo, a qual é insignificante como fonte de alimento. O saco vitelino humano é importante porque é a partir de uma porção dele que é formado o tubo digestório (p. 61). Além disso, o tecido em volta do saco vitelino produz as primeiras células e vasos sanguíneos (ver Capítulo 18, seção “O sangue ao longo da vida”).

3ª semana: o embrião em três camadas

Objetivo de aprendizagem:

- explicar a gastrulação e a formação das três camadas germinativas (3ª semana).

A linha primitiva e as três camadas germinativas

Durante a 3ª semana, o embrião passa de um disco de duas camadas para um disco de três camadas (trilaminar). Esse processo, chamado **gastrulação**, forma as três **camadas germinativas primárias** — ectoderma, mesoderma e endoderma — a partir das quais todos os tecidos do corpo se desenvolvem. A camada germinativa começa a se formar no 14º e 15º dias, quando surge um sulco chamado **linha primitiva** na superfície dorsal do epiblasto (Figura 3.5). As células do epiblasto migram em direção a essa linha. No 14º e 15º dias, as primeiras células que migram pela linha primitiva deslocam as células do hipoblasto subjacente e se transformam no **endoderma** (Figura 3.5f). Depois, começando no 16º dia, as células do epiblasto que chegam formam uma nova camada entre o epiblasto e o endoderma, chamada **mesoderma** (Figura 3.5g). As células do epiblasto que permanecem na superfície dorsal do embrião compõem o **ectoderma**. Desse modo, as três camadas germinativas primárias do corpo são estabelecidas, todas elas derivadas das células do epiblasto.

As estruturas formadas a partir de cada camada germinativa são codificadas por cores nas figuras ao longo deste capítulo:

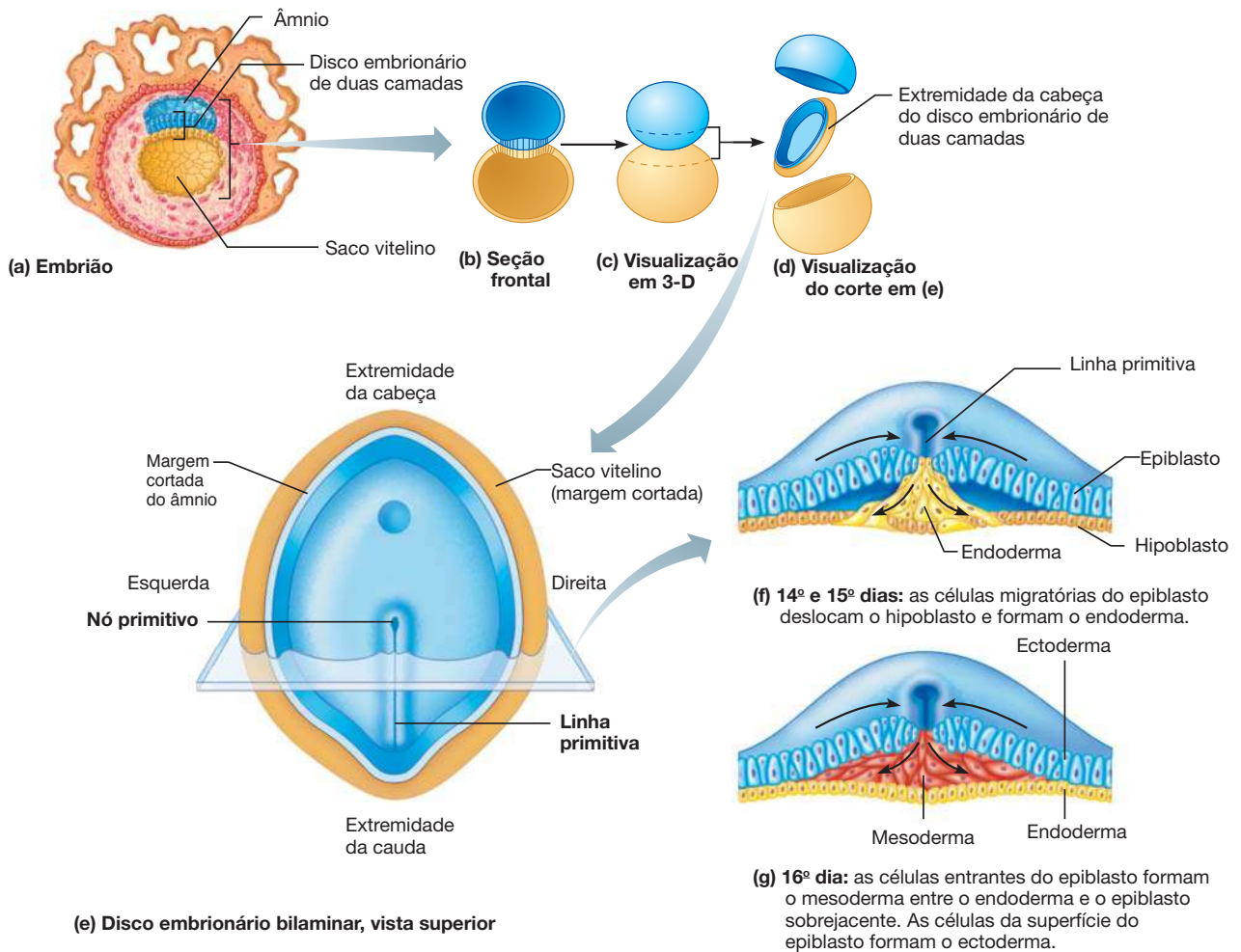


Figura 3.5 Estágio de linha primitiva. Os diagramas de (a) a (d) mostram a orientação do disco bilaminar exibido em (e). (e) A linha primitiva surge no epiblasto aproximadamente no 14º dia. (f, g) Cortes transversais no disco embrionário no local exibido em (e).

- Ectoderma** (“pele externa”; em azul na Figura 3.5): forma a camada externa da pele (epiderme), o cérebro e a medula espinal.
- Mesoderma** (“pele média”; em vermelho na Figura 3.5): forma músculo, osso e tecidos conjuntivos.
- Endoderma** (“pele interna”; em amarelo na Figura 3.5): forma o revestimento interior do tubo interno (revestimento epitelial).

As três camadas germinativas diferem quanto à estrutura de seus tecidos. Um tecido é um conjunto de células similares que desempenham uma função comum (Capítulo 1). O ectoderma e o endoderma são *tecidos epiteliais*, ou *epitélios* — camadas de células bem unidas (p. 5). O mesoderma, por outro lado, é um *tecido mesenquimatoso* (*mesen* = meio, médio; *quima* = fluido). Um mesênquima é qualquer tecido embrionário com células estreladas que não se ligam umas às outras. Assim, as células mesenquimatosas ficam livres para migrar amplamente dentro do embrião.

Notocorda

Em uma extremidade da linha primitiva existe uma intumescência chamada **nó primitivo** (Figura 3.5e). As células do epiblasto que se movem pelo nó primitivo migram diretamente na direção anterior. Essas células mesodérmicas, junto com algumas células do endoderma subjacente, formam um bastonete chamado **notocorda** (Figura 3.6a). A notocorda define o *eixo corporal* (a linha média que divide o lado esquerdo e o lado direito do corpo), estende-se por todo o comprimento do corpo e é o lugar da futura coluna vertebral. A notocorda aparece no 16º dia e por volta do 18º dia alcança a futura região da cabeça.

Neurulação

À medida que a notocorda se desenvolve, ela sinaliza para que o ectoderma sobrejacente comece a formar a medula espinal e o encéfalo, um evento chamado **neurulação** (coluna central da Figura 3.7). Especificamente, o ectoderma na linha média dorsal se espessa em uma **placa neural** e depois começa a

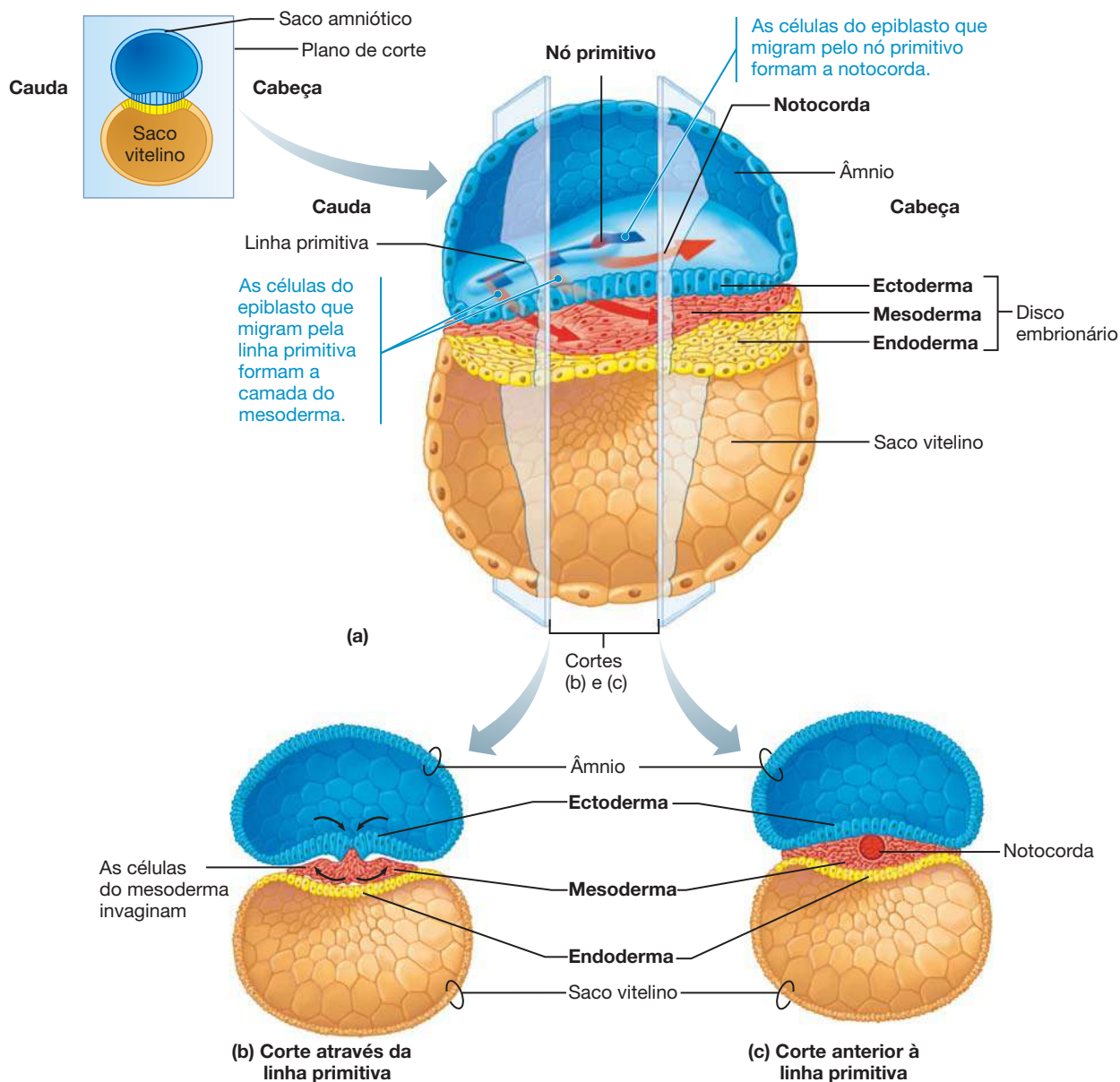


Figura 3.6 Formação do mesoderma e da notocorda em um embrião no 16º dia. (a) O disco embrionário trilaminar em corte sagital (ver o destaque acima para se orientar). (b) A visualização em corte transversal do disco embrionário através da linha primitiva. (c) Corte transversal feito anteriormente à linha primitiva, no futuro tórax.

dobrar para dentro como um **sulco neural**. Esse sulco se aprofunda até um **tubo neural** ao ser pinçado para dentro do corpo. O fechamento do tubo neural começa no final da 3ª semana, na região que será o pescoço, e depois prossegue para as direções craniana (na direção da cabeça ou coroa) e caudal (na direção da cauda). O fechamento completo ocorre no final da 4ª semana. A porção craniana desse tubo neural se transforma no encéfalo e o resto passa a ser a medula espinal.

As células da **crista neural** (em verde na Figura 3.7) são puxadas para dentro do corpo junto com o tubo neural invaginado. As células da crista neural são originárias das células ectodérmicas nas cristas laterais (pregas neurais) da placa neural e situam-se na posição imedia-

tamente externa ao tubo neural fechado. A crista neural forma as células nervosas sensoriais e algumas outras estruturas importantes, conforme é descrito mais adiante neste capítulo (p. 57).

A capacidade de um grupo de células influenciar a direção do desenvolvimento de outras células chama-se **indução**. A influência da notocorda na formação do tubo neural é um exemplo de indução. Na verdade, a notocorda inicia uma reação em cadeia de induções que continuam por todo o desenvolvimento. O distúrbio de qualquer um desses processos indutivos pode resultar em anomalias do desenvolvimento. Atualmente, os genes e as moléculas que sinalizam esses eventos indutivos estão sendo identificados pela ciência.

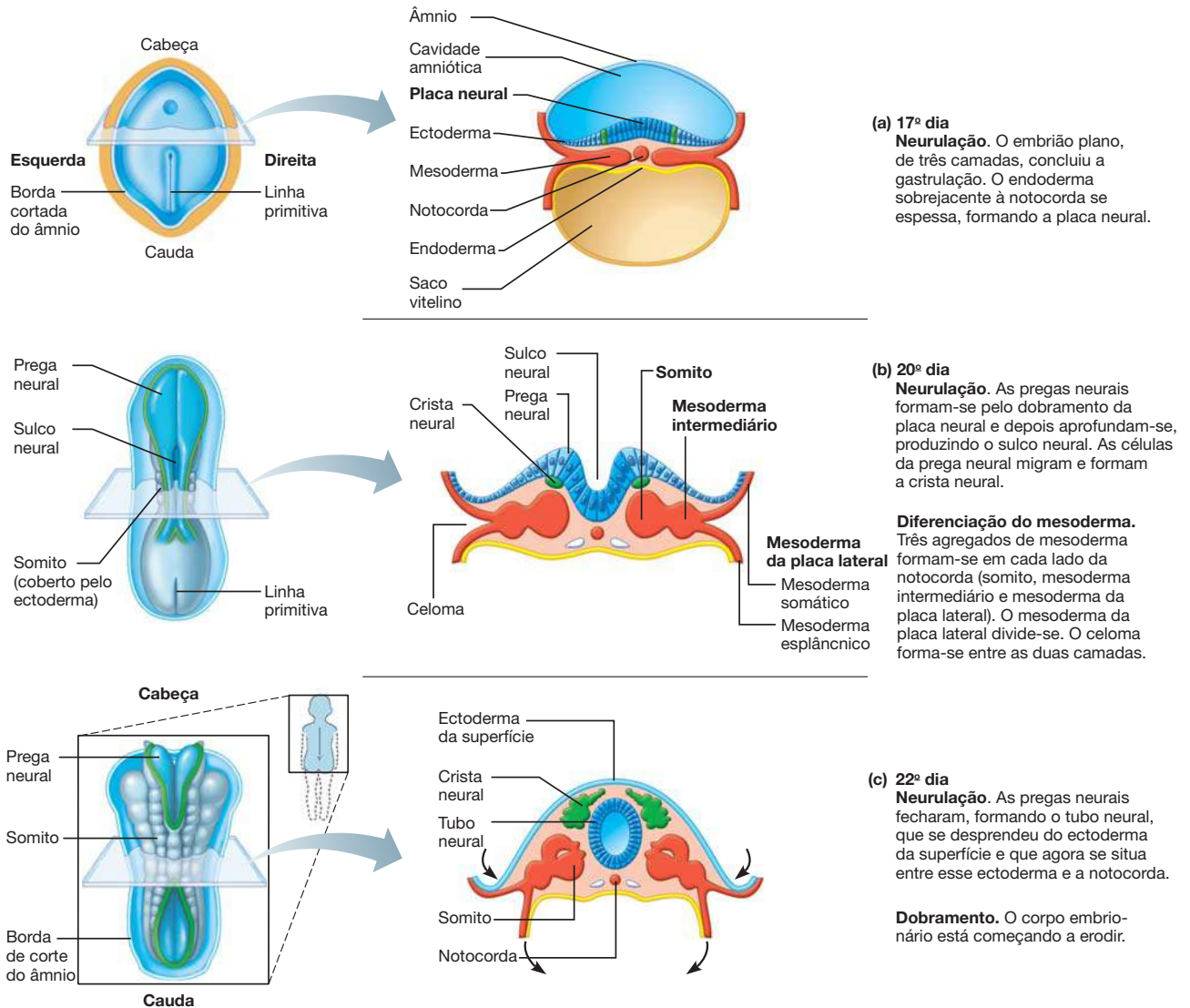


Figura 3.7 Neurulação e diferenciação do mesoderma, 3ª semana. (a-c) À esquerda, visualizações da superfície dorsal do embrião. À direita, cortes transversais através do embrião inteiro, exibindo a formação do tubo neural e a diferenciação do mesoderma.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Defeitos do tubo neural Os defeitos do tubo neural resultam do não fechamento completo desse tubo. Os defeitos mais comuns são a espinha bífida e a anencefalia. A **espinha bífida** ocorre quando a porção caudal do tubo neural não se fecha completamente, provocando a má-formação da medula espinal, da coluna vertebral e dos nervos espinhais. Dependendo da localização e do alcance do defeito, as deficiências resultantes variam de brandas (fraqueza e dor na parte inferior do corpo, disfunção do intestino ou bexiga) a graves (paralisia abaixo da área do defeito e complicações decorrentes da hidrocefalia, que é o acúmulo excessivo de líquido no cérebro). A **anencefalia** ocorre quando o tubo neural não se fecha na direção craniana. O cérebro não se desenvolve e o bebê é natimorto ou morre poucas horas após o nascimento. Até 70% dos defeitos do tubo neural têm

sido associados aos baixos níveis maternos de ácido fólico. Recomenda-se que as mulheres em idade fértil consumam 400 microgramas (0,4 mg) de ácido fólico diariamente. Além da suplementação vitamínica, boas fontes de ácido fólico são as verduras, os cereais integrais e as nozes. É importante tomar suplementos antes da gravidez, já que o tubo neural se forma na 3ª semana de desenvolvimento, frequentemente antes de a mulher saber que está grávida.

Começa a diferenciação do mesoderma

No meio da 3ª semana, o mesoderma situa-se lateralmente à notocorda, em ambos os lados do corpo (Figura 3.7a), e estende-se da posição craniana para a posição caudal (da cabeça para a cauda). No final dessa semana, o mesoderma dividiu-se em três regiões. Os **somitos** e o **mesoderma intermediário** são segmenta-

dos e formam as estruturas segmentadas do tubo externo. O *mesoderma da placa lateral* não é segmentado e está associado com o desenvolvimento dos órgãos do tubo interno.

- 1. Somitos (“corpos”).** O mesoderma mais próximo da notocorda começa como mesoderma paraxial (“próximo ao eixo do corpo”). Começando na posição craniana e avançando na direção caudal, o mesoderma paraxial divide-se em uma série de blocos chamados *somitos* (Figura 3.7b). Os somitos são visíveis na superfície como uma fileira de saliências subectodérmicas em cada lado do dorso (ver as visualizações dorsais no lado esquerdo das Figuras 3.7b e 3.7c). Os somitos são os primeiros segmentos corporais e cerca de 40 pares desenvolvem-se no final da 4ª semana.
- 2. Mesoderma intermediário.** Ele começa como uma faixa contínua de tecido imediatamente lateral ao mesoderma paraxial. Influenciado pela segmentação dos somitos, o mesoderma intermediário divide-se em segmentos esféricos em uma sequência cranial-para-caudal (Figura 3.7b). Cada segmento do mesoderma intermediário conecta-se a um somito.
- 3. Placa lateral.** Essa parte mais lateral do mesoderma permanece sem segmentação (Figuras 3.7b e 3.7c). A placa lateral começa como uma camada, mas logo se divide em duas. Um espaço em forma de cunha forma-se entre essas duas camadas. Esse espaço chama-se **celoma** (“cavidade”). As duas divisões resultantes da placa lateral são o **mesoderma somático** (“corpo”), próximo ao ectoderma, e o **mesoderma esplâncnico** (“víscera”), próximo ao endoderma. O celoma que se interpõe entre o mesoderma esplâncnico e o somático vai originar as cavidades serosas da cavidade corporal ventral, ou seja, as cavidades peritoneal, pericárdica e pleural (ver Figura 1.7).

Quando comparamos os cortes transversais de um embrião na 3ª semana (Figura 3.7) com o plano corporal de um adulto (Figura 3.2), começamos a enxergar algumas semelhanças. O ectoderma (em azul na Figura 3.7) transforma-se na epiderme da pele (em azul na Figura 3.2); o tubo neural transforma-se na medula espinal (em azul nas Figuras 3.2 e 3.7) e o endoderma no revestimento do tubo digestório (em amarelo nas Figuras 3.2 e 3.7). A principal diferença entre o embrião de três semanas e o corpo de um adulto é que o embrião ainda é um disco plano. O formato corporal tridimensional e cilíndrico forma-se durante a 4ª semana.

✓ Verifique seu conhecimento

- 4. Descreva a gastrulação. Em qual semana do desenvolvimento embrionário ela ocorre?

- 5. Qual estrutura induz a formação do tubo neural?
- 6. Que tipo (ou tipos) de mesoderma se agrupa em segmentos ao longo do eixo corporal?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

4ª semana: o corpo toma forma

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ discutir como o corpo se dobra de um disco plano para a sua forma tridimensional, tubular (4ª semana);
- ▶ distinguir no embrião de quatro semanas claramente o tubo externo, o tubo interno e o celoma;
- ▶ enumerar as principais derivações do ectoderma e do endoderma;
- ▶ identificar as cinco regiões do mesoderma e enumerar as principais derivações de cada região.

Dobramento

O embrião toma uma forma cilíndrica quando seus lados dobram medialmente, erguendo o saco vitelino e provocando a sua protrusão na cavidade amniótica (Figura 3.8). Esse processo assemelha-se a dobrar três folhas de papel empilhadas em um tubo. Ao mesmo tempo, as regiões da cabeça e cauda dobram-se embaixo (Figura 3.8b). O disco embrionário forma um bojo ascendente porque está crescendo muito mais rápido do que o saco vitelino abaixo dele. Sua dobra lateral é provocada pelo rápido crescimento dos somitos. A dobra na cabeça e na cauda é provocada pela expansão do cérebro e pelo alongamento da medula espinal.

Em consequência dessas dobras, o embrião adquire uma forma de girino por volta do 24º dia. À medida que o embrião se torna cilíndrico, ele confina uma parte tubular do saco vitelino, chamada **intestino primitivo** (futuras estruturas do tubo digestório e do aparelho respiratório: Figura 3.8c e Figura 1.5, p. 10). Esse tubo é revestido pelo endoderma. O embrião permanece preso ao saco vitelino abaixo por meio de um ducto localizado no futuro umbigo. Esse ducto passa a fazer parte do cordão umbilical.

Derivados das camadas germinativas

No 28º dia, o plano corporal humano básico foi alcançado (Figura 3.9). A comparação do corte transversal do tronco de um embrião com um mês de idade (Figura 3.9b) com o corte transversal do corpo de um adulto (Figura 3.9c) vai ajudá-lo a compreender os derivados adultos das camadas germinativas (Figura 3.10).

Derivados do ectoderma O ectoderma transforma-se em encéfalo, medula espinal e epiderme da pele. A epiderme primordial, por sua vez, produz o pelo, as unhas dos dedos das mãos e dos pés, as glândulas sudoríferas e as glândulas oleosas da pele. As células da crista neural, a partir do ectoderma, originam as células

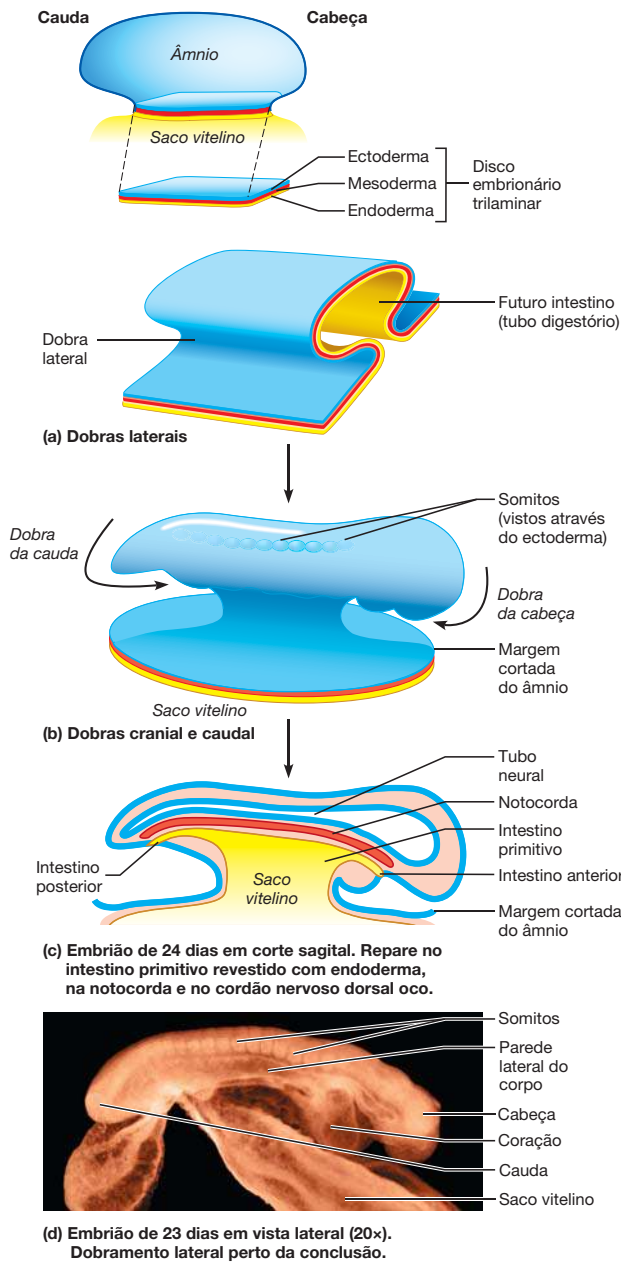


Figura 3.8 Dobramento do embrião, vistas laterais.

nervosas sensoriais. Além disso, grande parte da crista neural decompõe-se em um tecido mesenquimatoso, que vagueia livremente pelo corpo embrionário. Esses derivados da crista neural produzem estruturas tão variadas quanto as células produtoras de pigmento na pele (melanócitos) e os ossos da face.

Derivados do endoderma O endoderma transforma-se no revestimento epitelial interno do tubo intestinal e seus derivados: os tubos respiratórios, os órgãos digestórios e a bexiga urinária. Ele também origina as células secretórias das glândulas que se desenvolvem a partir do epitélio de revestimento do intestino: a tireoi-

de, o timo e as glândulas parótidas da faringe; além do fígado e do pâncreas a partir do trato digestório.

Derivados do mesoderma e da notocorda O mesoderma tem um destino complexo, então você pode começar pela análise de duas partes básicas: a notocorda; as porções segmentadas, os somitos e o mesoderma intermediário; e os mesodermas não segmentados da placa lateral, somático e esplâncnico (Figura 3.9).

- **Notocorda.** A *notocorda* origina uma parte importante da coluna vertebral, os núcleos elásticos dos discos entre as vértebras. Esses centros esféricos, cada um deles chamado *núcleo pulposo*, proporcionam à coluna alguma recuperação enquanto caminhamos.
- **Mesoderma segmentado.** Cada um dos *somitos* divide-se em três partes (Figura 3.9b). Uma parte é o **esclerótomo** (“pedaço duro”). Suas células migram na direção medial, reúnem-se em torno da notocorda e do tubo neural e produzem as vértebras e a costela no nível associado. A parte mais lateral de cada somito é um **dermátomo** (“pedaço de pele”). Suas células migram na direção externa até ficarem bem abaixo do ectoderma, onde formam a derme da pele na parte dorsal do corpo. A terceira parte de cada somito é o **miótomo** (“pedaço de músculo”), que fica para trás depois que o esclerótomo e o dermátomo migram. Cada miótomo cresce na direção ventral até abranger toda a altura dorsal-ventral do tronco. Os miótomos transformam-se na musculatura segmentada da parede corporal do tronco (Figuras 1.5b e 3.11). Além disso, as partes ventrais dos miótomos transformam-se nos botões dos membros e formam os músculos desses membros.

O *mesoderma intermediário*, lateral a cada somito, forma os rins e as gônadas. O mesoderma intermediário situa-se na mesma posição relativa dos rins adultos, fora da cavidade peritoneal, ou na posição **retroperitoneal** (compare as Figuras 3.9b e 3.9c).

- **Mesoderma não segmentado.** O mesoderma esplâncnico e somático da placa lateral estão separados pela cavidade corporal do celoma. Até agora, o *mesoderma esplâncnico* circunda o revestimento do tubo intestinal derivado do endoderma (Figura 3.9b). O mesoderma esplâncnico origina a parede inteira dos tubos digestório e respiratório, exceto o revestimento epitelial interno; isto é, ele forma a musculatura, os tecidos conjuntivos e as serosas viscerais escorregadias das estruturas digestória e respiratória. O mesoderma esplâncnico também origina o coração e a maioria dos vasos sanguíneos.

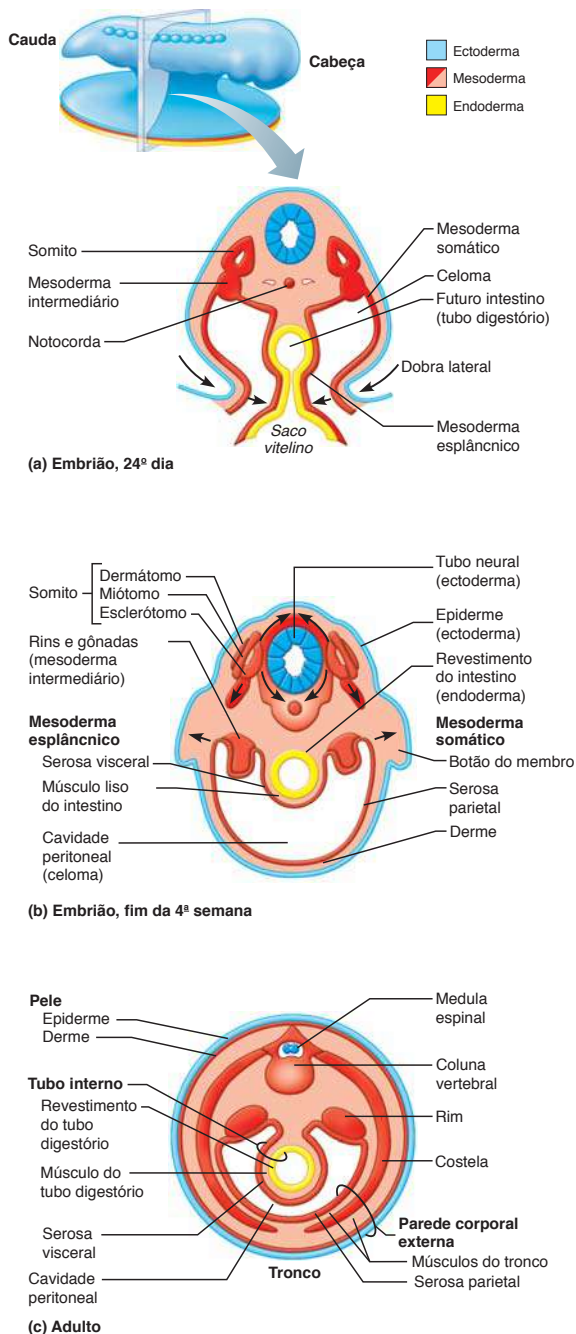


Figura 3.9 Camadas germinativas na 4ª semana e seus derivados adultos. O plano corporal básico de um adulto (c) está estabelecido na 4ª semana (a-b). (a) O dobramento continua à medida que o embrião se transforma em um cilindro e ergue o saco vitelino. As dobras direita e lateral vão se unir na direção ventral. (b) Plano corporal humano cilíndrico no 28º dia. Esse corte transversal foi extraído da região do tronco, onde os botões do membro posterior (futuras pernas) se conectam. (c) Corte transversal simplificado do abdome de um adulto.

O *mesoderma somático* (Figura 3.9b), imediatamente externo ao celoma, produz a serosa parietal e a camada dérmica da pele na região ventral do corpo. Suas células migram e formam os membros, além de produzirem ossos, ligamentos e derme de cada um dos membros.

5ª a 8ª semanas: o segundo mês do desenvolvimento embrionário

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever os principais eventos do 2º mês de desenvolvimento.

No início do 2º mês, o embrião tem apenas meio centímetro de comprimento (Figura 3.11). Por volta do 28º dia, aparecem as estruturas iniciais dos membros, na forma de **botões de membro**. Os botões dos membros superiores aparecem um pouco antes do que os botões dos membros inferiores.

Considere o 2º mês como o período em que o corpo se torna menos parecido com um girino e começa a assumir uma forma reconhecidamente humana (Figura 3.1). Os membros evoluem dos botões rudimentares para extremidades plenamente formadas, com dedos das mãos e dos pés. A cabeça aumenta rapidamente e ocupa quase a metade do volume do corpo inteiro. Surgem os olhos, orelhas e nariz, com a face adquirindo uma aparência humana à medida que o período embrionário se aproxima do encerramento. A cauda protuberante do embrião com um mês de vida desaparece no final da 8ª semana. Todos os órgãos principais já existem no final do 2º mês, pelo menos em sua forma rudimentar. Os erros de desenvolvimento durante esse período podem provocar má-formações graves (ver a seção **ANÁLISE APROFUNDADA**, p. 66). À medida que os outros capítulos discutirem o desenvolvimento de cada sistema orgânico, frequentemente você retornará aos eventos do 2º mês.

✓ Verifique seu conhecimento

- Após o dobramento, qual é a camada germinativa embrionária que forma o revestimento externo do embrião?
- O endoderma forma o revestimento interno do tubo interno ou do tubo externo?
- Que parte do somito forma as vértebras e as costelas?
- O que é formado pelo mesoderma esplâncnico da placa lateral?
- Um defeito congênito no coração é provocado por um erro de desenvolvimento durante qual semana do desenvolvimento embrionário?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

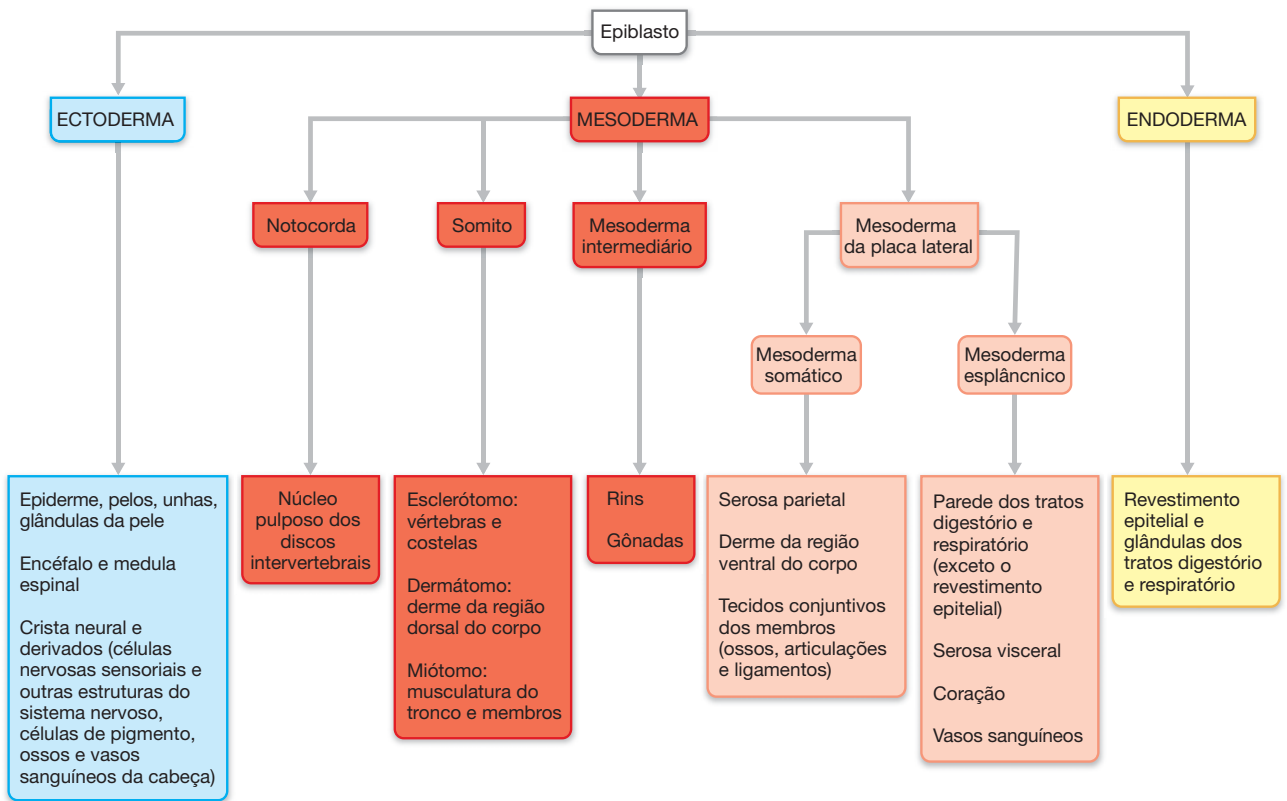


Figura 3.10 Fluxograma exibindo os principais derivados das camadas germinativas embrionárias.

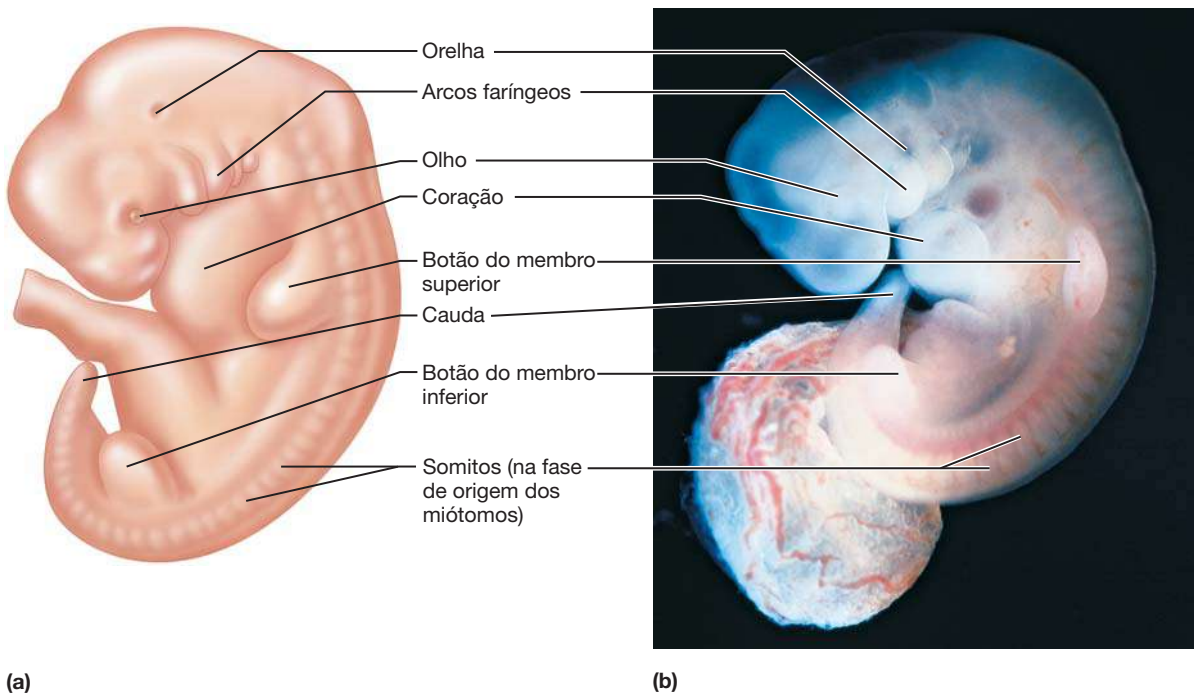


Figura 3.11 Embrião com 29 dias. (a) Diagrama. (b) Fotografia tomada com fibra óptica. Repare nos botões dos membros. Observe também os somitos segmentados, que logo vão dar origem aos miótomos segmentados.

Tabela 3.1 Eventos do desenvolvimento no período fetal

Tempo após a fertilização

Eventos

8 SEMANAS

(Final do período embrionário)



Comprimento coroa-nádegas: ~ 3 cm

Peso: 2 g no final do período

A cabeça é quase tão grande quanto o corpo. O nariz, as orelhas e os olhos são reconhecidamente humanos. Todas as principais divisões do encéfalo estão formadas. Ocorrem as primeiras ondas cerebrais no tronco encefálico.

Os membros estão formados. Os dedos inicialmente estão ligados por uma membrana, mas se separam no final da 8ª semana. A ossificação começa nos ossos longos. As vértebras são formadas na cartilagem.

O coração já está bombeando desde a 4ª semana. O fígado é grande e começa a formar as células sanguíneas.

Todos os principais sistemas orgânicos estão presentes na forma rudimentar.

9-12 SEMANAS (3º MÊS)



Comprimento coroa-nádegas: ~ 6 cm no final do período

O encéfalo continua a aumentar. Os aumentos cervical e lombar são evidentes na medula espinal. A retina do olho está presente.

O tronco e os membros alongam. O palato (teto da boca) começa a se fundir na linha média.

O feto começa a se mover, mas a mãe não sente o movimento.

Os batimentos cardíacos podem ser detectados externamente. A formação das células sanguíneas começa na medula óssea.

Os pulmões começam a se desenvolver. O feto inala e exala líquido amniótico.

Os intestinos movem-se para dentro do abdome. O fígado é proeminente e produz bile. A musculatura lisa está se formando nas paredes dos órgãos ocos. O pâncreas e a tireoide estão completamente formados.

Os genitais externos masculinos e femininos são distinguíveis; o sexo do feto pode ser determinado.

13-16 SEMANAS (4º MÊS)



Comprimento coroa-nádegas: ~ 11 cm no final do período

O desenvolvimento da pele continua com a diferenciação da derme e da hipoderme. A epiderme nas pontas dos dedos das mãos e dos pés torna-se espessa, iniciando a formação das unhas. Os melanócitos (células de pigmento) migram para a epiderme.

O dorso alonga-se. A formação óssea começa nas vértebras. A maioria dos ossos é distinguível, estando presentes as cavidades articulares. O palato duro está fundido.

Começa a se formar a mielina em torno das células nervosas.

As glândulas desenvolvem-se no trato GI. O mecônio é coletado.

Os rins atingem a estrutura típica. No ovário (sexo feminino), começa a se formar os folículos primários contendo ovócitos.

Tabela 3.1 continuação

Tempo após a fertilização	Eventos
17-20 SEMANAS (5º MÊS) Comprimento coroa-nádegas ³ ~ 16 cm no final do período	Os folículos pilosos e as glândulas sebáceas e sudoríferas se formam. O corpo é coberto com verniz caseoso (secreções adiposas das glândulas sebáceas) e o lanugo (pelo fino) cobre a pele. A gordura marrom, um sítio de produção de calor, forma-se no pescoço, tórax e virilha. A mãe consegue sentir os movimentos fetais (sinais de vida). O cérebro cresce rapidamente.
21-30 SEMANAS (6º E 7º MESES) Comprimento coroa-nádegas: ~ 38 cm no final do período	Período de aumento substancial no peso. O feto tem períodos de sono e vigília. As unhas dos dedos das mãos e dos pés estão completas. O cabelo é aparente na cabeça. Os ossos distais dos membros começam a ossificar. O encéfalo cresce e circunvoluções desenvolvem-se na superfície cerebral para acomodar o tamanho crescente do córtex cerebral. Os pulmões completam o seu desenvolvimento; formam-se sacos de ar terminais (alvéolos) e células secretoras de surfactante no final do 6º mês. A medula óssea passa a ser o único local de formação das células sanguíneas. Os testículos descem para o escroto no 7º mês (homens).
30-38 SEMANAS (8º E 9º MESES)	A gordura acumula na hipoderme; a pele espessa-se. A produção de surfactante nos pulmões aumenta. O sistema imune desenvolve-se.



Comprimento coroa-nádegas: ~ 47 cm
 Peso: 2,7-4,5 kg (6-10 lb) no final do período

PERÍODO FETAL

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ enumerar os principais eventos do desenvolvimento fetal.

O período fetal vai da 9ª à 38ª semana (Tabela 3.1). É um período de maturação e crescimento rápido das estruturas corporais que se estabeleceram no embrião. No entanto, o período fetal é mais do que apenas um período de crescimento. Durante a primeira metade desse período, as células ainda estão se diferenciando nos tipos celulares específicos para formar os diferentes tecidos do corpo e concluir os detalhes mais minuciosos da estrutura corporal.

Os partos normais ocorrem normalmente 38 semanas após a concepção. Um **parto prematuro** é aquele

que ocorre antes do tempo. Os bebês que nascem até a 30ª semana (7 meses) geralmente sobrevivem sem exigir medidas de salvamento. A tecnologia médica pode salvar muitos fetos nascidos prematuramente, algumas vezes com 22 semanas (no 6º mês). No entanto, os pulmões dos bebês prematuros não são plenamente funcionais e pode ocorrer a morte decorrente de dificuldade respiratória (ver no Capítulo 22 a seção “Síndrome da angústia respiratória” para obter mais detalhes). Entre esses bebês prematuros que sobrevivem, as taxas de problemas visuais e de retardamento mental são elevadas.

✓ Verifique seu conhecimento

- 12. Por que a dificuldade respiratória é comum nos bebês nascidos em seu 6º ou 7º mês de gestação?

(Veja a resposta no Apêndice B.)

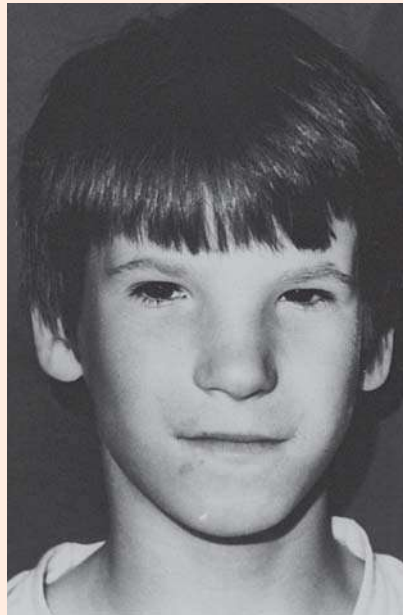
3 Nota do revisor técnico: também conhecido como vértex (o ponto mais alto da cabeça)/cóccix (no ápice da última vértebra coccígea).

Foco nos defeitos congênitos

Cerca de 3% de todos os recém-nascidos exibem um defeito congênito importante ou **anomalia congênita** (*congênita* = presente no nascimento). Esse número aumenta para 6% por volta de 1 ano de idade, quando as condições inicialmente irrecorríveis se tornam evidentes.

Os defeitos congênitos têm muitas causas, incluindo cromossomos ou genes defeituosos, exposição a substâncias químicas e radiação nociva, além de vírus transmitidos da mãe para o embrião. Os fatores químicos, físicos e biológicos que afetam o desenvolvimento e provocam defeitos congênitos se chamam **teratógenos** (“formadores de monstros”). Os teratógenos incluem muitos fármacos, alguns solventes e poluentes orgânicos, metais tóxicos, várias formas de radiação, como os raios X, e agentes infecciosos, particularmente a rubéola. Embora tenham sido identificados muitos teratógenos, a maioria dos defeitos congênitos não pode ser ligada a qualquer teratógeno ou transtorno genético conhecido. A maior parte é provocada por vários fatores.

Quando uma mulher grávida ingere álcool, ela aumenta a probabilidade dos defeitos congênitos. O consumo excessivo de álcool pode produzir **síndrome alcoólica fetal (SAF)**, tipificada por microcefalia (cabeça e mandíbulas pequenas), deficiências de crescimento e traços faciais característicos (ver a fotografia). A SAF é a mais grave de uma gama de anomalias cerebrais e comportamentais chamadas **transtornos do espectro alcoólico fetal (TEAF)**. Estima-se que os TEAF ocorram em 1% dos nascimentos e são a causa mais comum de retardamento mental nos Estados Unidos⁴. O consumo excessivo de álcool pela mãe (grande quantidade em uma frequência regular) aumenta bastante o risco de TEAF. Os riscos



de uma criança com síndrome alcoólica fetal, que é a causa evitável mais comum de retardamento mental nos Estados Unidos. Os traços característicos são a forma dos olhos e dos lábios (incluindo um lábio superior fino), nariz curto, queixo recuado, problemas de visão e audição e possíveis defeitos cardíacos. Os traços comportamentais incluem dificuldades de aprendizagem, atenção, resolução de problemas e memória, bem como problemas com a saúde mental e a interação social.

do consumo moderado de álcool são menos evidentes. Os fatores maternos, como a idade, o tamanho corporal, a nutrição, a condição socioeconômica e a genética, contribuem para a incidência dos TEAF. Dado o único fator constante que ocorre em todos os casos de TEAF — o consumo de álcool — as mulheres grávidas são aconselhadas a evitar completamente a ingestão de álcool.

Alguns medicamentos receitados podem provocar defeitos congênitos catastróficos. A talidomida, por exemplo, foi utilizada na Europa de 1958 a 1962 como um sedativo para

aliviar os enjoos matinais. Quando tomada durante o período de diferenciação dos membros (24^a ao 36^a dias), em alguns casos resultou em bebês tragicamente deformados com membros curtos e parecidos com nadadeiras. De modo similar, um fármaco chamado dietilestilbestrol (DES) foi administrado frequentemente às mulheres grávidas dos anos 1940 até 1970, já que se acreditava erroneamente que evitava abortos espontâneos. Em vez disso, ele provocou câncer da vagina e do útero nas filhas expostas ao DES ainda no útero.

Uma mãe grávida precisa ser especialmente cuidadosa com sua saúde e com a ingestão de substâncias químicas durante o período que vai da 3^a semana até a 8^a semana após a concepção. Esse é o “período perigoso”: as agressões antes da 3^a semana tendem a destruir linhas de células precoces fundamentais, de modo que o desenvolvimento não consegue avançar, ocorrendo um aborto natural. Após a 8^a semana, quase todos os órgãos já se formaram, então os teratógenos conseguem produzir apenas pequenas má-formações. No entanto, o período fetal subsequente não é isento de riscos; a exposição aos teratógenos ainda pode prejudicar o crescimento do corpo e o funcionamento dos órgãos, produzir anomalias oculares e levar ao retardamento mental.

Surpreendentemente, a maioria dos embriões humanos morre no útero devido a defeitos cromossômicos letais, má-formação grave ou incapacidade para se implantar no útero. Muitos embriões morrem nas duas primeiras semanas e são expelidos sem serem percebidos no próximo fluxo menstrual. Essa perda natural dos embriões é um processo biológico de seleção que promove o nascimento da prole saudável.

4 Nota do editor: segundo o SIAT (Sistema de Informação sobre Agentes Teratogênicos — UFBA), a SAF atinge 40 mil crianças por ano no mundo, superando a Síndrome de Down e a espinha bífida, por exemplo.



TERMOS CLÍNICOS

Aborto (nascimento prematuro) Remoção prematura do embrião ou feto do útero. Os abortos podem ser espontâneos (resultantes da morte fetal) ou induzidos.

Amniocentese ("punção do âmnio") Procedimento para obter uma amostra do líquido amniótico. Uma agulha é inserida através das paredes do abdome e do útero e uma pequena quantidade de líquido amniótico é obtida. As células vertidas do útero podem ser estudadas em busca

de anomalias cromossômicas ou genéticas, e as substâncias químicas no líquido podem revelar outros transtornos. Condições como a síndrome de Down e a espinha bífida podem ser diagnosticadas. O procedimento pode ser executado com no mínimo 11 semanas de gravidez.

Teratologia (*terato* = monstro; *logos* = estudo de) Estudo dos defeitos congênitos e dos fetos com deformidades congênitas.

RESUMO DO CAPÍTULO

MyHealthLab

Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. O estudo do período pré-natal de 38 semanas se chama embriologia. O conhecimento da embriologia nos ajuda a compreender a organização básica do corpo humano e também a origem dos defeitos congênitos. (As anomalias congênitas são consideradas no quadro da p. 63).

ESTÁGIOS DO DESENVOLVIMENTO PRÉ-NATAL (p. 48-49)

2. O período embrionário, durante o qual o plano corporal básico é estabelecido, consiste nas oito primeiras semanas do desenvolvimento pré-natal. O período fetal, basicamente um período de crescimento e maturação, consiste nas 30 semanas restantes.

PLANO CORPORAL BÁSICO (p. 49-50)

3. As características básicas do corpo de um adulto, que são estabelecidas no período embrionário, incluem a pele, músculos do tronco, coluna vertebral, medula espinal e encéfalo, tubos digestório e respiratório, cavidades serosas (peritoneal, pleural e pericárdica), coração, rins, gônadas e membros (Figura 3.2).

PERÍODO EMBRIONÁRIO (p. 50-61)

1ª semana: do zigoto ao blastocisto (p. 50-51)

4. Após a ocorrência da fertilização na tuba uterina, o zigoto sofre clivagem (divisão celular inicial sem crescimento) para produzir uma bola de células sólida chamada mórula. Aproximadamente no 4º dia, a mórula entra no útero.
5. A mórula adquire uma cavidade interna preenchida com líquido e transforma-se em blastocisto, que consiste em uma massa celular interna e um trofoblasto. A massa celular interna transforma-se no embrião e o trofoblasto forma uma parte da placenta. O blastocisto é implantado na parede uterina aproximadamente do 6º ao 13º dia.

2ª semana: o embrião em duas camadas (p. 51-52)

6. No 7º dia a massa celular interna formou duas camadas de células que se tocam: o epiblasto e o hipoblasto. Essas camadas formam o disco embrionário bilaminar.
7. O saco amniótico, cuja parede é uma extensão do epiblasto, contém líquido amniótico que protege o embrião em crescimento de qualquer trauma físico. O saco vitelino,

cuja parede é uma extensão do hipoblasto, contribui posteriormente para o tubo digestório. As primeiras células e vasos sanguíneos formam-se a partir do tecido em volta do saco vitelino.

3ª semana: o embrião em três camadas (p. 52-56)

8. No início da 3ª semana ocorre a gastrulação. A linha primitiva aparece na parte posterior da camada de epiblasto. As células do epiblasto migram pela linha primitiva e formam o endoderma e o mesoderma. O disco embrionário agora possui três camadas — ectoderma, mesoderma e endoderma — todas derivadas do epiblasto.
9. O ectoderma e o endoderma são tecidos epiteliais (camadas de células bem presas umas às outras). O mesoderma, por outro lado, é um tecido mesenquimatoso (tecido embrionário com células migratórias estreladas que permanecem desvinculadas umas das outras).
10. O nó primitivo, na extremidade anterior da linha primitiva, é o local onde surge a notocorda. A notocorda define o eixo longitudinal do corpo e, mais tarde, forma cada núcleo pulposo da coluna vertebral.
11. A notocorda sinaliza o ectoderma sobrejacente para se dobrar no tubo neural: a futura medula espinal e o futuro encéfalo. Esse dobramento leva outras células ectodérmicas, células da crista neural, para dentro do corpo.
12. No final da 3ª semana, o mesoderma em ambos os lados da notocorda condensou-se em três partes. Da direção medial para a lateral, essas partes são os somitos (blocos segmentados derivados do mesoderma paraxial), o mesoderma intermediário (agrupamentos segmentados e conectados ao somito) e a placa lateral (uma camada não segmentada). O celoma divide a placa lateral em camadas de mesoderma somático e esplâncnico.

4ª semana: o corpo toma forma (p. 56-58)

13. O embrião plano dobra-se para dentro nos lados e em sua cabeça e cauda, assumindo uma forma de girino. À medida que isso ocorre, uma parte tubular do saco vitelino é incorporada ao corpo como intestino primitivo.
14. O plano corporal básico é alcançado à medida que o corpo assume essa forma de girino (compare as Figuras 3.9b e 3.9c). As principais estruturas do corpo adulto derivadas do ectoderma, endoderma e mesoderma estão resumidas (Figura 3.10).

5ª a 8ª semanas: o segundo mês do desenvolvimento embrionário (p. 58-61)

15. Os botões dos membros aparecem aproximadamente no 28º dia.
16. Todos os órgãos principais estão presentes no final do 2º mês. Durante esse mês, o embrião assume uma forma menos parecida com um girino e mais reconhecivelmente humana, com a formação dos olhos, orelhas, nariz e membros.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Indique se cada um dos seguintes tópicos se relaciona (a) à clivagem ou (b) aos eventos que ocorrem na linha primitiva.
 - ___ (1) Período em que a mórula se forma.
 - ___ (2) Período em que a notocorda se forma.
 - ___ (3) Período em que aparecem as três camadas germinativas.
 - ___ (4) Período em que cada célula se torna nitidamente menor.
- A camada externa do blastocisto, que se prende à parede uterina, é (a) o saco vitelino, (b) o trofoblasto, (c) o âmnio, (d) a massa celular interna.
- A maioria dos defeitos congênitos pode ser vinculada à perturbação dos eventos de desenvolvimento durante essa parte do período pré-natal: (a) primeiras duas semanas, (b) segunda metade do primeiro mês e todo o segundo mês, (c) 3º mês, (d) final do 4º mês, (e) 8º e 9º meses.
- A camada germinativa primária que forma os músculos do tronco, o coração e o esqueleto é o (a) ectoderma, (b) endoderma, (c) mesoderma.
- Faça a correspondência entre a estrutura embrionária na coluna B e o seu derivado adulto na coluna A.

Coluna A

- ___(1) rim
- ___(2) cavidade peritoneal
- ___(3) células secretórias do pâncreas
- ___(4) serosa parietal
- ___(5) núcleo pulposo
- ___(6) serosa visceral
- ___(7) pelo e epiderme
- ___(8) encéfalo
- ___(9) costelas

Coluna B

- (a) notocorda
- (b) ectoderma (não o tubo neural)
- (c) mesoderma intermediário
- (d) mesoderma esplâncnico
- (e) esclerótomo
- (f) celoma
- (g) tubo neural
- (h) mesoderma somático
- (i) endoderma

- Faça a correspondência de cada data na coluna B (tempo aproximado após a concepção) com um evento ou estágio do desenvolvimento na coluna A.

Coluna A

- ___(1) blastocisto
- ___(2) ocorrência da implantação
- ___(3) surgimento dos primeiros somitos

Coluna B

- (a) 38 semanas
- (b) 15 dias
- (c) 4 a 7 dias

PERÍODO FETAL (p. 61 e 62)

17. A maior parte da diferenciação celular e tecidual está concluída na primeira metade do período fetal. O período fetal é uma época de crescimento e maturação do corpo (Tabela 3.1).

- ___(4) embrião plano torna-se cilíndrico (d) aproximadamente 21 dias
- ___(5) transição embrião/feto (e) aproximadamente 21 a 24 dias
- ___(6) nascimento (f) 2º dia da 8ª semana
- ___(7) surgimento da linha primitiva (g) 6º ao 13º dias

- Atualmente é possível salvar alguns bebês prematuros com até (a) 8, (b) 16, (c) 22, (d) 38, (e) 2 semanas de vida.
- Os somitos são a evidência de (a) uma estrutura do ectoderma, (b) uma estrutura do endoderma, (c) uma estrutura do mesoderma da placa lateral, (d) de segmentação no corpo humano.
- Quais das seguintes estruturas embrionárias são segmentadas? (Mais de uma delas está correta.) (a) mesoderma intermediário, (b) placa lateral, (c) endoderma, (d) miótomos.
- O endoderma origina (a) o tubo digestório inteiro, (b) a pele, (c) o tubo neural, (d) o rim, (e) nenhum deles.
- Quando está com um mês e meio de idade, um embrião comum tem o tamanho (a) de um grão de feijão, (b) de um punho adulto, (c) do nariz da mãe, (d) da cabeça de um alfinete comum.
- A gastrulação é (a) a formação das três camadas germinativas pelo epiblasto na linha primitiva, (b) a formação da placenta, (c) o mesmo que a clivagem, (d) o dobramento do intestino em um tubo durante a 4ª semana.
- O epiblasto forma (a) apenas o ectoderma, (b) o saco vitelino, (c) apenas o mesoderma e o ectoderma, (d) todas as três camadas germinativas primárias.
- Os membros desenvolvem-se durante (a) o início do 2º mês, (b) o início do 2º trimestre, (c) o início da 2ª semana, (d) o início do período fetal.
- A notocorda desenvolve-se basicamente a partir (a) do ectoderma, (b) da crista neural, (c) do mesoderma, (d) do endoderma.
- O período fetal é (a) da 9ª à 38ª semana, (b) o período de crescimento rápido dos órgãos do corpo, (c) um período de diferenciação celular, (d) todas as opções anteriores, (e) nenhuma das opções anteriores.

Dissertativas

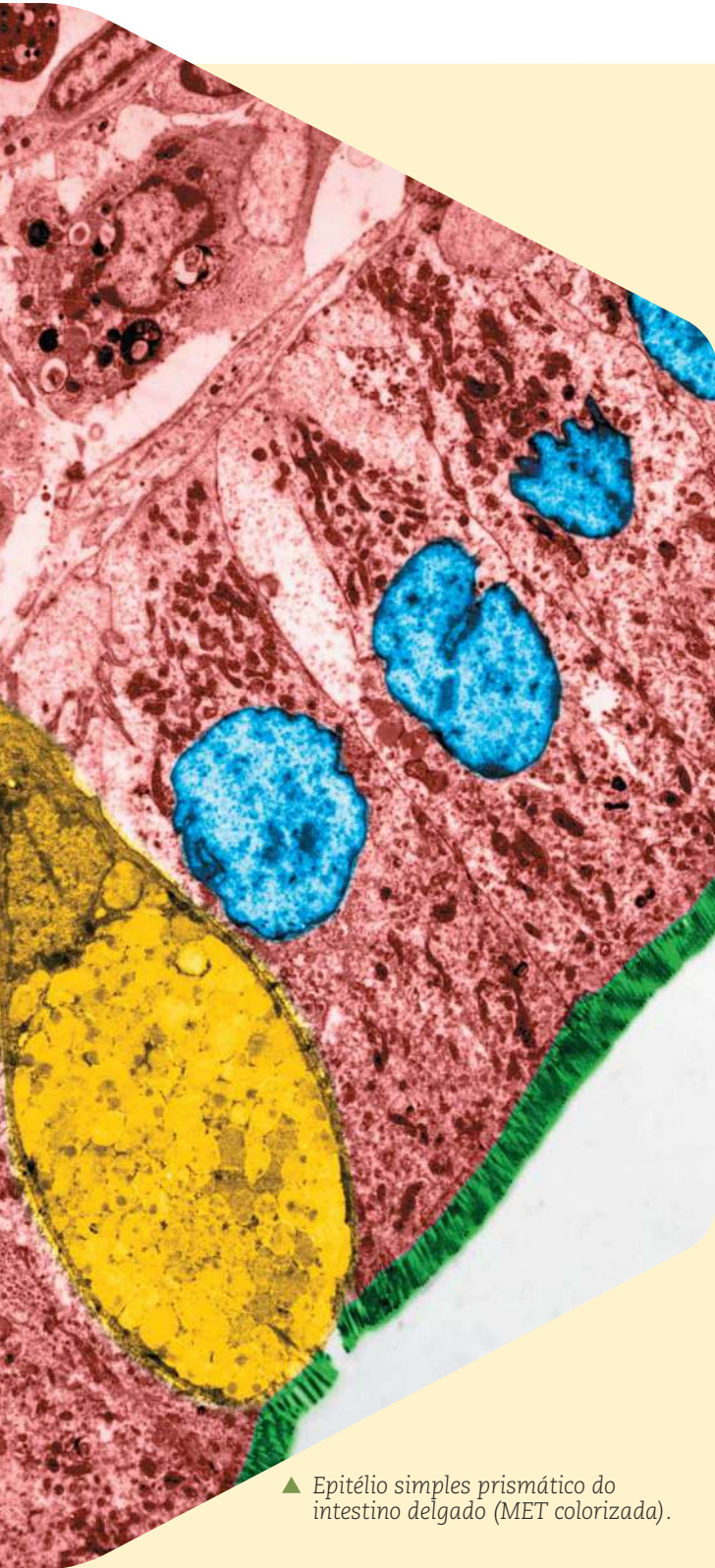
- Qual evento importante ocorre na linha primitiva? E no nó primitivo?
- Qual é a função do saco amniótico e do líquido nele contido?
- (a) O que é mesênquima? (b) Em que ele difere do epitélio?
- Explique como o disco embrionário plano assume a forma cilíndrica de um girino.

21. No laboratório de anatomia, Tânia apontou para a vértebra de um cadáver e disse “esclerótomo”. Apontou para o rim e disse “mesoderma intermediário”, para o músculo bíceps no braço e disse “mesoderma esplâncnico”, para o revestimento interno do estômago e disse “endoderma” e para o cérebro, dizendo “ectoderma”. Aponte o *único* erro de Tânia.
22. A crista neural é o único tecido embrionário exclusivo dos animais vertebrados. Mencione algumas estruturas adultas que se desenvolvem a partir da crista neural.
23. Muitos eventos embrionários ocorrem primeiro no nível craniano, avançando depois na direção caudal. Forneça três exemplos de estruturas que se desenvolvem na direção crânio-caudal.
24. Defina *indução* e forneça um exemplo de interação indutiva.
25. Explique a diferença entre os tubos interno e externo. Identifique três estruturas que estão localizadas no tubo externo e três que estão situadas no tubo interno.
26. Antes de Delta estudar embriologia em seu curso de anatomia, ela imaginava um ser humano em desenvolvimento como uma massa amorfa de tecidos indistintos até, aproximadamente, a metade da gravidez. Delta estava certa? Em qual estágio o embrião ou feto começa a se parecer com um ser humano em desenvolvimento?

Análise crítica e aplicação clínica

1. Uma colega de dormitório, uma caloura, lhe diz que acabou de descobrir que está grávida de 3 meses. Você sabe que desde que ela entrou na faculdade vem usando drogas ilícitas. Indique o melhor conselho que você poderia dar a ela e explique o porquê de sua escolha. (a) Ela deve parar de usar drogas, mas elas não poderiam ter afetado o feto durante esses primeiros meses de gravidez. (b) As substâncias nocivas geralmente não conseguem passar da mãe para o embrião, então ela pode continuar usando drogas. (c) Poderia haver defeitos no feto, então ela deveria parar de usar drogas e consultar um médico o mais rápido possível. (d) Se ela não tiver usado drogas na última semana, então ela está bem.
2. Os níveis de ácido fólico insuficientes nas primeiras semanas de gravidez podem resultar em defeitos do tubo neural no embrião em desenvolvimento. Por que é importante que as mulheres tomem suplementos de ácido fólico antes de ficarem grávidas?
3. Seu gato acha uma grande bola de barbante e começa a comê-la sem o seu conhecimento. Quando você descobre, ele tem barbante se estendendo da boca até o ânus. Com qual camada germinativa primária (ou camadas) o barbante está em contato à medida que atravessa o gato?
4. A partir de que momento da gravidez o exame de ultrassom pode ajudar a identificar o sexo do feto?

Tecidos 4



▲ Epitélio simples prismático do intestino delgado (MET colorizada).

I. Tecido epitelial 67

- Características especiais dos epitélios 68
- Classificação dos epitélios 68
- Glândulas 74
- Características da superfície epitelial 76

II. Tecido conjuntivo 80

- Características especiais dos tecidos conjuntivos 80
- Elementos estruturais dos tecidos conjuntivos 81
- Classificação dos tecidos conjuntivos 83
- Membranas de cobertura e revestimento 94

III. Tecido muscular 94

IV. Tecido nervoso 96

Resposta do tecido à lesão 96

- Inflamação 98
- Reparo 99

Os tecidos ao longo da vida 100

As células do corpo humano não trabalham de maneira independente umas das outras. Pelo contrário, as células associadas vivem e trabalham juntas em comunidades de células chamadas **tecidos**, que são definidos como *um grupo de células com estrutura similar e que desempenham uma função comum*. Apesar disso, os tecidos não são constituídos somente por células: entre elas há uma matéria inanimada, a *matriz extracelular*.

A palavra *tecido* deriva do francês arcaico “tecer”, que reflete a ideia de que os diferentes tecidos são entrelaçados e formam o “pano” do corpo humano. Os quatro tipos básicos de tecido são: **epitelial**, **conjuntivo**, **muscular** e **nervoso**. Se fosse atribuído um único termo abrangente a cada tecido básico, os termos seriam *cobertura* (tecido epitelial), *sustentação* (conjuntivo), *movimento* (muscular) e *controle* (nervoso).

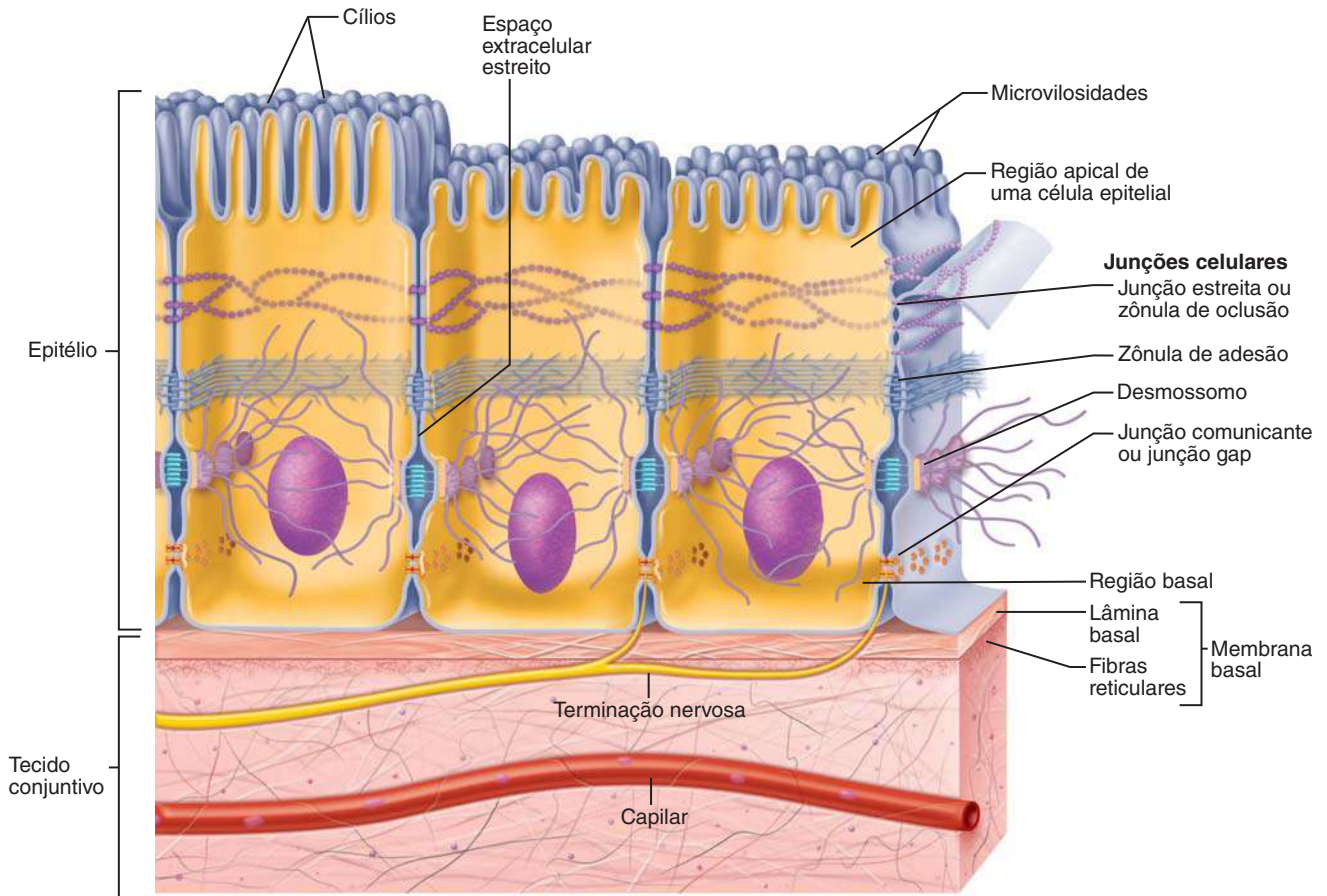


Figura 4.1 Características especiais do epitélio. Uma camada de células epiteliais bem unidas situa-se no tecido conjuntivo propriamente dito. Os epitélios contêm terminações nervosas, mas não possuem vasos sanguíneos. Observe as características especiais nas superfícies das células epiteliais: cílios, microvilosidades, junções celulares e lâmina basal.

Esses termos, no entanto, refletem apenas uma fração das funções que cada tecido desempenha.

Os tecidos são os componentes básicos dos órgãos do corpo e a maioria destes contém os quatro tipos de tecidos. O aprendizado da estrutura e das funções dos tecidos confere uma base sólida para a compreensão da estrutura e das funções dos órgãos discutidos nos capítulos posteriores deste livro.

I. TECIDO EPITELIAL

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ enumerar as características funcionais e estruturais do tecido epitelial;
- ▶ identificar os diferentes epitélios do corpo e descrever as principais funções e a localização de cada um deles.

Um **epitélio** (“cobertura”) é uma lâmina de células que cobre uma superfície corporal ou que reveste uma cavidade corporal (**Figura 4.1**). O tecido epitelial ocorre em duas formas diferentes:

- O *epitélio de cobertura e revestimento* cobre as superfícies externas e internas da maior parte dos ór-

gãos do corpo. Entre os exemplos, temos a camada externa da pele, o revestimento interno de todas as vísceras ocas, como o estômago e os tubos respiratórios, o revestimento da cavidade peritoneal e o revestimento de todos os vasos sanguíneos.

- O *epitélio glandular* forma a maior parte das glândulas do corpo.

Os epitélios ocorrem na fronteira entre dois ambientes diferentes. A epiderme da pele, por exemplo, está situada entre a parte interna e a parte externa do corpo. A maioria das substâncias que entram no corpo, ou que são liberadas por ele, precisa passar por um epitélio. Sendo assim, todas as funções dos epitélios refletem seus papéis como tecidos de interface. Essas funções incluem:

1. *Proteção* dos tecidos subjacentes.
2. *Secreção* (liberar moléculas a partir das células).
3. *Absorção* (trazer pequenas moléculas para dentro das células).
4. *Difusão* (levar as moléculas para um nível abaixo dos seus gradientes de concentração).

5. **Filtração** (passar pequenas moléculas através de uma membrana similar a uma peneira).
6. **Recepção sensorial**.

Essas funções serão discutidas com mais detalhes à medida que forem descritos os tipos específicos dos epitélios.

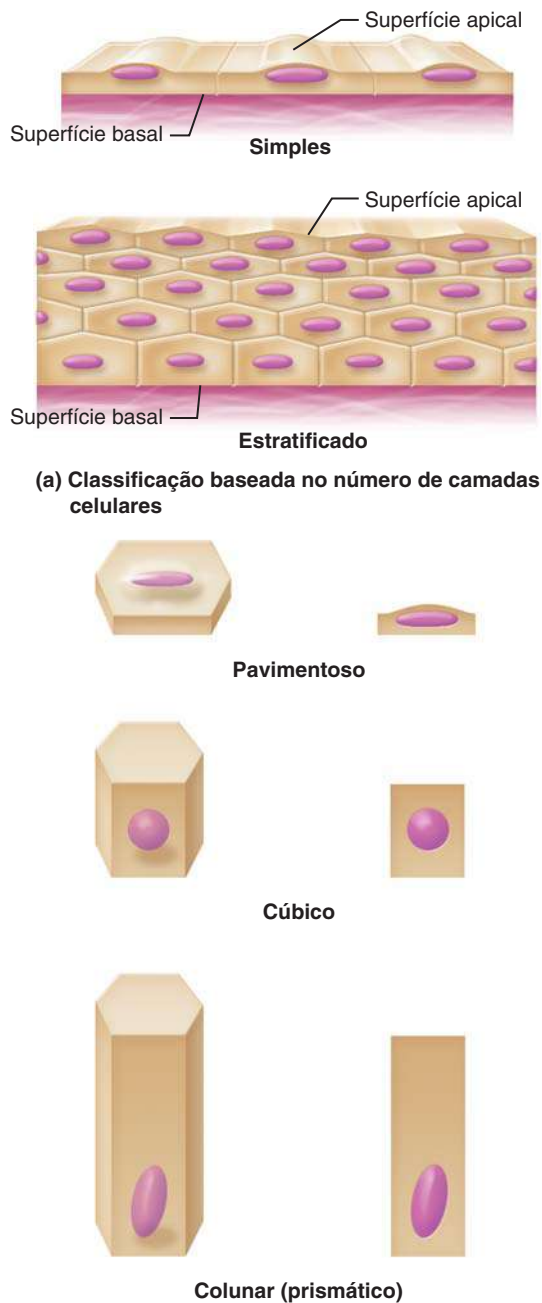
Características especiais dos epitélios

Os tecidos epiteliais possuem muitas características que os distinguem dos demais tipos de tecidos (Figura 4.1):

1. **Celularidade.** Os epitélios são constituídos quase inteiramente de células, que são separadas por uma quantidade mínima de material extracelular, principalmente projeções de suas proteínas integrais da membrana para dentro dos espaços estreitos entre as células.
2. **Contatos especializados.** As células epiteliais adjacentes juntam-se diretamente em muitos pontos, por junções celulares especiais.
3. **Polaridade.** Todos os epitélios possuem uma **superfície apical** livre e uma **superfície basal** acoaplada. A estrutura e a função das superfícies apical e basal são diferentes, uma característica chamada *polaridade*. A superfície apical fica ao lado do espaço aberto de uma cavidade, túbulo, glândula ou órgão oco. A superfície basal fica em uma fina lâmina de apoio, a *lâmina basal*, que faz parte da *membrana basal* (ver Figura 4.1 — essas estruturas são explicadas em mais detalhes na p. 78).
4. **Suporte do tecido conjuntivo.** Todas as lâminas epiteliais no corpo são sustentadas por uma camada subjacente de tecido conjuntivo.
5. **Avasculares, porém inervados.** Enquanto a maioria dos tecidos no corpo é *vascularizada* (contém vasos sanguíneos), o epitélio é *avasacular*, significando que não possui vasos sanguíneos. As células epiteliais recebem nutrientes dos capilares no tecido conjuntivo subjacente. Embora os vasos sanguíneos não penetrem nas lâminas epiteliais, as terminações nervosas o fazem; ou seja, o epitélio é *inervado*.
6. **Regeneração.** O tecido epitelial possui alta capacidade de regeneração. Alguns epitélios são expostos ao atrito, e suas células de superfície são removidas. Outras são destruídas por substâncias hostis do ambiente externo, como, por exemplo, bactérias e ácidos. Contudo que as células epiteliais recebam nutrição adequada, elas conseguem repor as células rapidamente por meio de mitose (divisão celular).

Classificação dos epitélios

O corpo humano possui muitos tipos de epitélios e são empregadas duas características para classificar e dar nome a eles: o número de camadas celulares e a forma das células (Figura 4.2). Os termos *simples* e *estratificado* descrevem o número de camadas celulares em um epitélio (Figura 4.2a).



(b) Classificação baseada no formato da célula

Figura 4.2 Classificação dos epitélios.

- **Epitélios simples:** contêm uma única camada de células, com cada uma das células conectada à membrana basal.
- **Epitélios estratificados:** contêm mais de uma camada de células. As células na superfície basal estão conectadas à membrana basal; aquelas na superfície apical margeiam um espaço aberto.

O formato das células em corte (*pavimentoso, cúbico ou prismático*) determina o tipo de epitélio (Figura 4.2b). Em cada caso, a forma do núcleo está em conformidade com o formato da célula. Essa é uma característica importante a ser observada durante a distinção dos tipos epiteliais.

Tabela 4.1 Função do tecido epitelial em relação ao tipo de tecido

Formato da célula	Número de camadas	
	Uma camada: tecidos epiteliais simples	Mais de uma camada: tecidos epiteliais estratificados
Pavimentoso	Difusão e filtração	Proteção
Cúbico colunar	Secreção e absorção — os tipos ciliados impelem muco ou células reprodutivas.	Proteção — esses tipos de tecido são raros nos seres humanos (ver p. 71 e 72).
De transição		Proteção — esticam-se para acomodar a distensão das estruturas urinárias.

- **Células pavimentosas:** são células planas, com núcleos planos em forma de disco.
- **Células cúbicas:** são células em forma de cubo, com núcleos esféricos centralizados.
- **Células prismáticas:** são mais altas do que largas, assim como as colunas. Os núcleos das células prismáticas estão situados perto da superfície basal e, mais frequentemente, são ovais e alongados de cima para baixo.

Os epitélios simples são fáceis de classificar pelo tipo celular porque todas as células na camada costumam ter o mesmo formato. Entretanto, nos epitélios estratificados, normalmente os formatos das células são diferentes entre as várias camadas celulares. Para evitar ambiguidade, os epitélios estratificados são denominados de acordo com o formato das células na camada *apical*.

É importante ter em mente a maneira pela qual a estrutura do tecido reflete a sua função (**Tabela 4.1**). Os tecidos epiteliais estratificados têm a função de proteção e, assim, várias camadas de células protegem os tecidos conjuntivos subjacentes nas áreas onde a abrasão é comum. Nos epitélios simples, o formato das células é indicativo da função do tecido. As células pavimentosas encontram-se onde a difusão ou a filtração são importantes, pois se trata de processos que dependem da distância — quanto mais fina a camada, mais rapidamente o processo ocorre. As células prismáticas e cúbicas encontram-se nos tecidos envolvidos na secreção e na absorção. Células maiores são essenciais para o maquinário celular produzir e empacotar as secreções e também produzir a energia necessária para esses processos. Os epitélios ciliados agem para propelar material como, por exemplo, o muco. Lembre-se dessas generalizações quando estudar detalhadamente cada tipo de tecido epitelial.

Quando visualizar fotomicrografias dos diferentes tipos de epitélio (**Figura 4.3**), tente separar cada uma das células dentro desses epitélios. Nem sempre isso

é fácil, já que as fronteiras entre as células epiteliais muitas vezes são indistinguíveis. Além disso, o núcleo de uma determinada célula pode ou não ser visível, dependendo do plano de corte feito para preparar as lâminas de tecido. Por exemplo, quando uma pera é fatiada em cortes transversais, as fatias do topo da pera não conterão sementes, mas as fatias do meio conterão. O mesmo vale para os cortes através dos tecidos: algumas células podem ser fatiadas através do núcleo, tornando-o visível, enquanto outras podem não o ser e, desse modo, o núcleo não aparece.

Epitélios simples

Epitélio simples pavimentoso (Figura 4.3a) É uma camada única de células planas. Quando visualizadas de cima, as células bem encaixadas lembram um assoalho azulejado. Em corte lateral, elas lembram ovos fritos vistos de lado. Fino e geralmente permeável, esse tipo de epitélio ocorre sempre que pequenas moléculas necessitam atravessar rapidamente uma membrana pelos processos de difusão ou filtração. As paredes dos capilares consistem exclusivamente nesse epitélio, cujo aspecto excepcionalmente delgado estimula a troca eficiente dos nutrientes e resíduos entre a corrente sanguínea e as células circundantes. Nos pulmões, esse epitélio forma as finas paredes dos alvéolos, onde ocorre a troca gasosa.

Epitélio simples cúbico (Figura 4.3b) Consiste em uma única camada de células em forma de cubo. Esse epitélio forma as células secretórias de muitas glândulas, as paredes dos ductos menores das glândulas e as paredes de muitos túbulos no rim. Suas funções são as mesmas do epitélio simples prismático.

Epitélio simples prismático (Figura 4.3c) É uma camada única de células altas, alinhadas como soldados em uma fileira. Reveste o tubo digestório do estômago até o canal anal, e atua no movimento ativo das moléculas, ou seja, na absorção e na secreção. A estrutura do

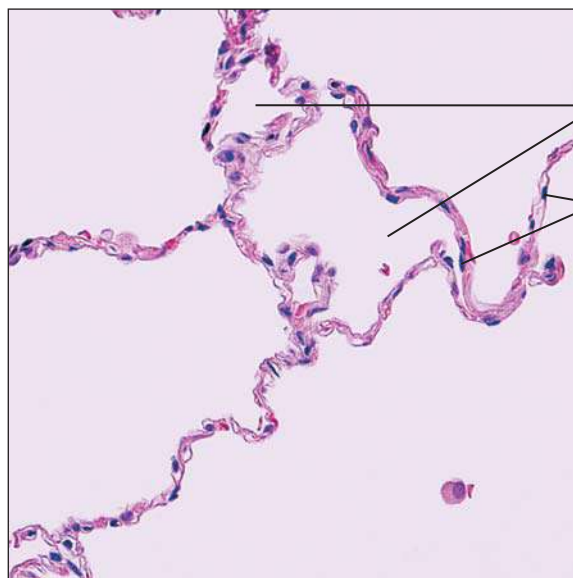
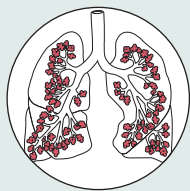
(a) Epitélio simples pavimentoso

Descrição: camada única de células achatadas, com núcleos centrais em forma de disco e citoplasma esparso (espalhado); o mais simples dos epitélios.



Função: permite a passagem de materiais por difusão e filtração nos lugares onde a proteção não é importante; produz fluido lubrificante nas serosas.

Localização: glomérulos renais; alvéolos dos pulmões; revestimento do coração, vasos sanguíneos e vasos linfáticos; revestimento da cavidade ventral do corpo (serosas).



Alvéolos do tecido pulmonar

Núcleos das células epiteliais pavimentosas

Fotomicrografia: epitélio simples pavimentoso, formando parte das paredes alveolares (sacos de ar) (140×).

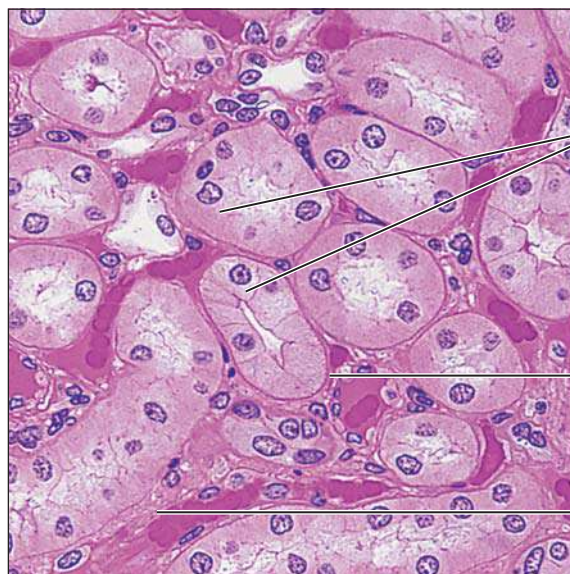
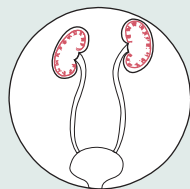
(b) Epitélio simples cúbico

Descrição: camada única de células em forma de cubo, com núcleos centrais grandes e esféricos.



Função: secreção e absorção.

Localização: túbulos renais; ductos e porções secretórias das glândulas pequenas; superfície ovariana.



Células epiteliais simples cúbicas

Membrana basal

Tecido conjuntivo

Fotomicrografia: epitélio simples cúbico nos túbulos renais (430×).

Figura 4.3 Tecidos epiteliais. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 2 e 3.)

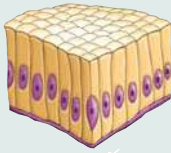
epitélio simples prismático é ideal para essas funções: é fino o bastante para permitir que grandes quantidades de moléculas o atravessem rapidamente, porém suficientemente espesso para abrigar o maquinário celular

necessário, que desempenhará os processos complexos do transporte molecular.

Alguns epitélios simples prismático trazem consigo, no ápice das células epiteliais, *cílios*, que são cer-

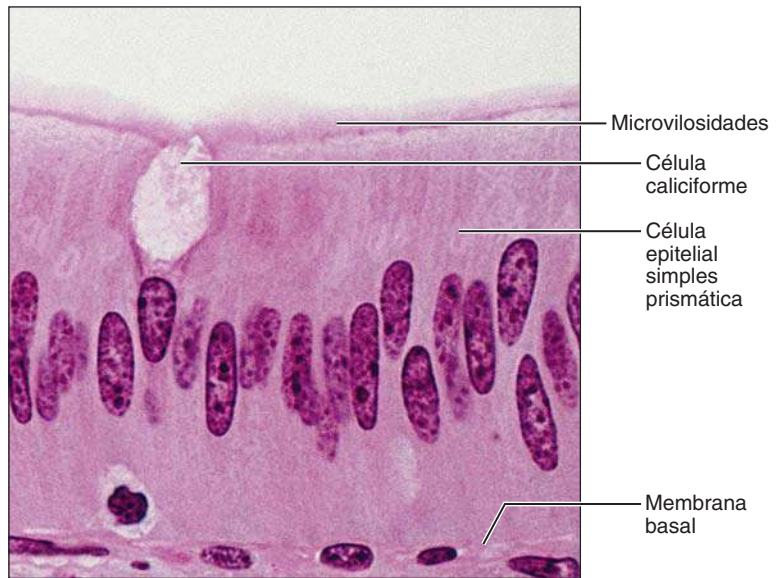
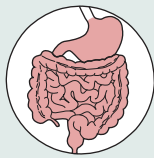
(c) Epitélio simples prismático

Descrição: camada única de células altas, com núcleos *redondos a ovais*; algumas células portam cílios; a camada pode conter glândulas unicelulares secretoras de muco (células caliciformes).



Função: absorção; secreção de muco, enzimas e outras substâncias; o tipo ciliado impele o muco (ou as células reprodutivas) pela ação ciliar.

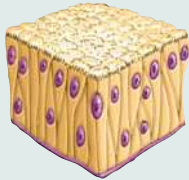
Localização: o tipo não ciliado reveste a maior parte do trato digestório (do estômago ao canal anal), a vesícula biliar e os ductos excretórios de algumas glândulas; o tipo ciliado reveste os pequenos brônquios, as tubas uterinas e algumas regiões do útero.



Fotomicrografia: epitélio simples prismático do intestino delgado (650×).

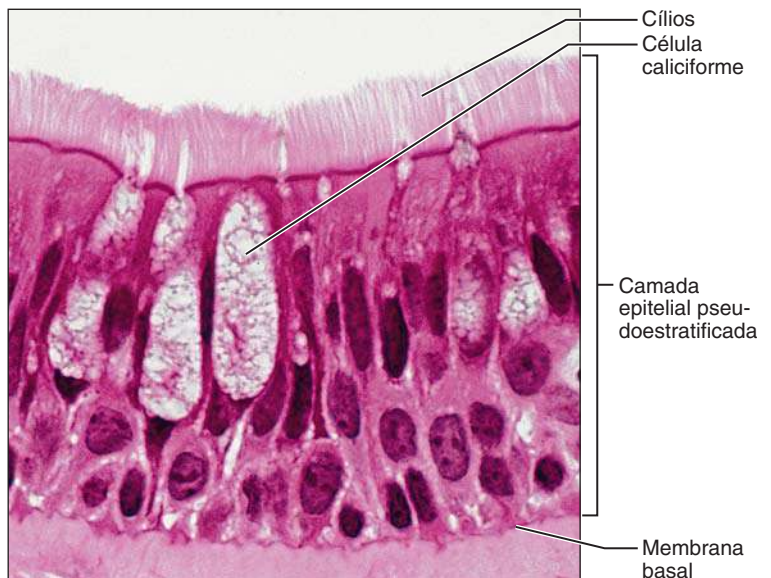
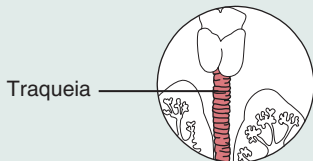
(d) Epitélio pseudoestratificado

Descrição: camada única de células com alturas diferentes, algumas delas não alcançando a superfície livre; os núcleos parecem estar em níveis diferentes; podem conter células caliciformes secretoras de muco e portar cílios.



Função: secreção, particularmente de muco; propulsão do muco pela ação ciliar.

Localização: tipo não ciliado nos ductos masculinos que transportam os espermatozoides e nos ductos das glândulas grandes; o tipo ciliado reveste a traqueia e maior parte do trato respiratório superior.



Fotomicrografia: epitélio colunar ciliado pseudoestratificado revestindo a traqueia humana (780×).

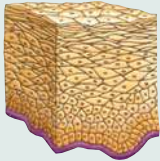
Figura 4.3 Tecidos epiteliais, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 4 e 6.)

das similares a chicotes que batem de maneira rítmica para mover as substâncias através de certas superfícies corporais (ver Figura 4.1). Um exemplo de epitélio simples prismático ciliado é o que está situado

dentro da tuba uterina: seus cílios ajudam a mover o ovo até o útero (essa jornada é acompanhada no Capítulo 3). Os cílios serão estudados em detalhes mais adiante, ainda neste capítulo.

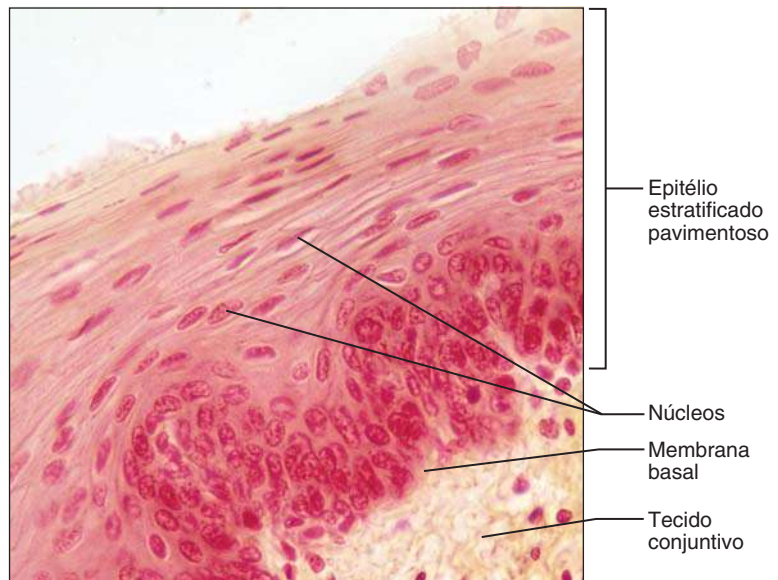
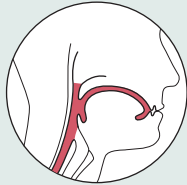
(e) Epitélio estratificado pavimentoso

Descrição: membrana espessa composta de várias camadas celulares; as células basais são cúbicas ou prismáticas e metabolicamente ativas; as células da superfície são achatadas (pavimentosas); no tipo queratinizado, as células da superfície são cheias de queratina e mortas; as células basais são ativas na mitose e produzem as células das camadas mais superficiais.



Função: proteger os tecidos subjacentes nas áreas sujeitas à abrasão.

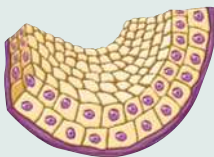
Localização: o tipo não queratinizado forma os revestimentos úmidos do esôfago, boca e vagina; o tipo queratinizado forma a epiderme da pele, que é uma membrana seca.



Fotomicrografia: epitélio estratificado pavimentoso revestindo o esôfago (280×).

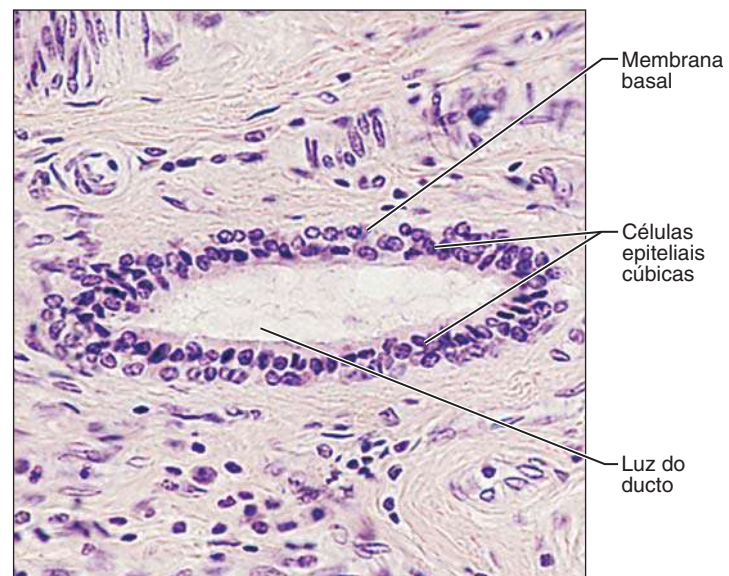
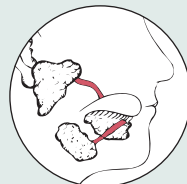
(f) Epitélio estratificado cúbico

Descrição: geralmente duas camadas de células cúbicas.



Função: proteção.

Localização: ductos maiores das glândulas sudoríferas, glândulas mamárias e glândulas salivares.



Fotomicrografia: epitélio estratificado cúbico formando um ducto da glândula salivar (290×).

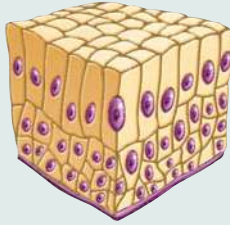
Figura 4.3 Tecidos epiteliais, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 7 e 8.)

Epitélio pseudoestratificado (Figura 4.3d) As células do epitélio pseudoestratificado têm altura variada. Todas residem na membrana basal, mas apenas as células altas alcançam a superfície apical do epitélio. As

células curtas não são diferenciadas e produzem continuamente células altas. Os núcleos celulares encontram-se em níveis diferentes, dando a falsa impressão de que esse epitélio é estratificado (*pseudo* = falso).

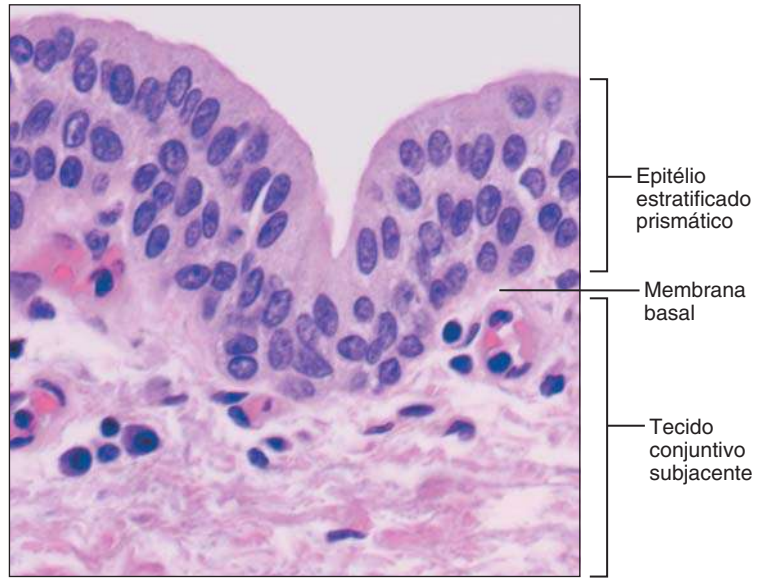
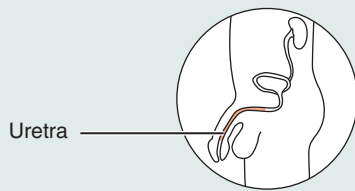
(g) Epitélio estratificado prismático

Descrição: várias camadas de células; as células basais normalmente são cúbicas; as células da superfície são alongadas e colunares.



Função: proteção; secreção.

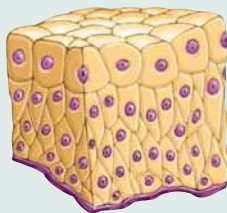
Localização: é rara no corpo; há pequenas quantidades na uretra masculina e nos ductos grandes de algumas glândulas.



Fotomicrografia: epitélio estratificado prismático revestindo a uretra masculina (360x).

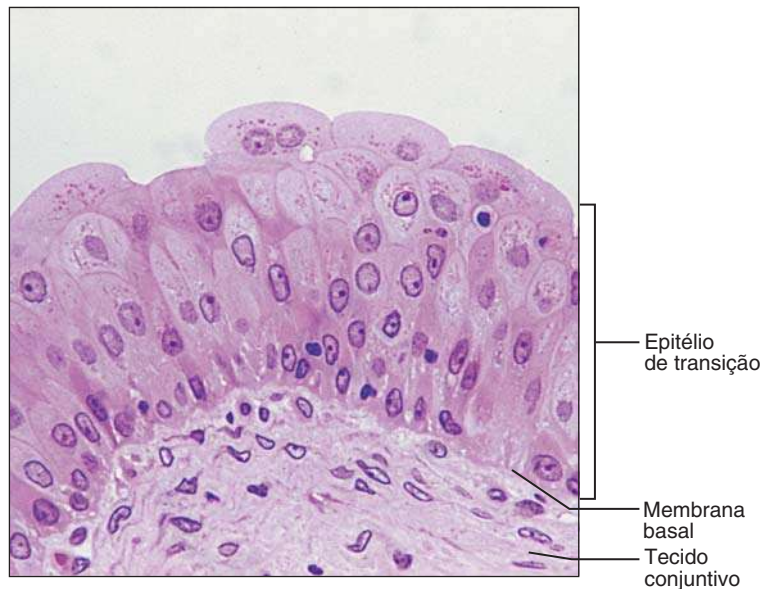
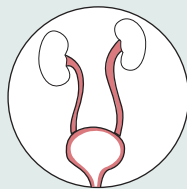
(h) Epitélio de transição

Descrição: assemelha-se aos epitélios estratificados pavimentoso e cúbico; as células basais são cúbicas ou prismáticas; as células da superfície possuem forma de domo ou são parecidas com as pavimentosas, dependendo do grau de elasticidade do órgão.



Função: estica-se imediatamente e permite a distensão do órgão urinário pela urina nele contida.

Localização: reveste os ureteres, a bexiga e parte da uretra.



Fotomicrografia: epitélio de transição revestindo a bexiga, em estado relaxado (365x); observe o aspecto bulboso, ou arredondado, das células na superfície; essas células achatam e alongam-se quando a bexiga se enche de urina.

Figura 4.3 Tecidos epiteliais, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 9 e 10.)

O epitélio pseudoestratificado prismático ciliado, assim como o epitélio simples prismático, atua na secreção ou na absorção. Um tipo ciliado reveste o in-

terior dos tubos respiratórios. Aqui, os cílios impelem dos pulmões camadas de muco com capacidade para capturar a poeira.

Epitélios estratificados

Os epitélios estratificados contêm duas (ou mais) camadas de células e regeneram-se a partir da camada de baixo; ou seja, as células basais dividem-se e empurram-se na direção apical para substituir as células de superfície mais antigas. Os epitélios estratificados são mais duráveis do que os epitélios simples e o seu papel principal (mas não o único) é o de proteção.

Epitélio estratificado pavimentoso (Figura 4.3e) Consiste em muitas camadas de células; as células da superfície são pavimentosas e, nas camadas mais profundas, elas são cúbicas ou prismáticas. De todos os tipos de epitélios, esse é o mais espesso e mais bem adaptado para a proteção, pois cobre as superfícies do corpo frequentemente sujeitas à abrasão, formando a epiderme da pele e o revestimento interno da boca, do esôfago e da vagina. Para entender a localização desse epitélio, basta lembrar que ele forma a camada mais externa da pele, e se estende por uma determinada distância para dentro de cada abertura do corpo que seja diretamente contínua com a pele.

A epiderme da pele é *queratinizada*, o que significa que as suas células de superfície contêm uma proteína protetora especialmente resistente chamada *queratina*. Os outros epitélios pavimentosos do corpo não possuem queratina e, portanto, são *não queratinizados* (a queratina é explicada em detalhes no Capítulo 5, p. 109).

Epitélios estratificados cúbico e prismático (Figuras 4.3f e 4.3g) São tipos de tecido raros e ficam localizados nos ductos grandes de algumas glândulas como, por exemplo, as sudoríferas, as mamárias e as salivares. O epitélio estratificado prismático também se encontra em pequenas quantidades na uretra masculina.

Epitélio de transição (Figura 4.3h) Reveste o interior dos órgãos urinários ocios (a bexiga urinária, por exemplo), que se esticam à medida que se enchem de urina. Quando o epitélio de transição estica, sua espessura diminui de aproximadamente seis para três camadas celulares, e suas células apicais se desdobram e se achatam. Quando está relaxado, porções da superfície apical invaginam-se para dentro da célula, proporcionando a essa superfície uma aparência recortada. Assim, esse epitélio sofre “transições” de forma. Ele também forma uma barreira impermeável que impede a urina de passar pela parede da bexiga.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Descreva a localização da região apical de um tecido epitelial. Como essa região pode ser identificada com facilidade em uma micrografia?
- 2. Por que as células cúbicas ou prismáticas são encontradas nos epitélios que atuam na secreção e na absorção? Cite três localizações do epitélio cúbico.

- 3. Por que o epitélio prismático não é encontrado nos locais onde ocorre difusão? Que tipo de epitélio é encontrado nesses locais?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Glândulas

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ distinguir entre as glândulas exócrinas e endócrinas;
- ▶ explicar como são classificadas as glândulas exócrinas multicelulares.

As células epiteliais que produzem e secretam um produto formam as **glândulas**. Os produtos das glândulas são fluidos aquosos (à base de água) que também contêm proteínas. *Secreção* é o processo por meio do qual as células da glândula obtêm as substâncias necessárias a partir do sangue e as transformam quimicamente em um produto que depois é descarregado pela célula. Mais especificamente, o produto proteico é criado no retículo endoplasmático rugoso (RE), empacotado em grânulos secretórios pelo complexo de Golgi e, finalmente, liberado pela célula por meio de exocitose (ver p. 29 e Figura 2.8). Essas organelas são bem desenvolvidas na maioria das células glandulares que secretam proteínas.

As glândulas são classificadas como **endócrinas** (“secreção interna”) ou **exócrinas** (“secreção externa”), dependendo do lugar em que liberam seu produto, e como **unicelulares** (“uma célula”) ou **multicelulares** (“muitas células”), com base na quantidade de células. As glândulas unicelulares estão dispersas nas camadas epiteliais, enquanto a maioria das glândulas multicelulares se desenvolve pela invaginação de uma camada epitelial para dentro do tecido conjuntivo subjacente.

Glândulas endócrinas

Por não possuírem ductos, as glândulas endócrinas são chamadas de *glândulas sem ductos*, que secretam diretamente para o líquido intersticial que as circunda. Mais especificamente, as glândulas endócrinas produzem moléculas mensageiras chamadas **hormônios** (“excitantes”), que elas liberam no espaço extracelular. Esses hormônios entram nos capilares vizinhos e percorrem a corrente sanguínea até os órgãos-alvo, que geralmente estão bem distantes da glândula endócrina que produz o hormônio. Cada hormônio sinaliza seus órgãos-alvo para responderem de alguma maneira característica. Por exemplo, as células endócrinas no intestino secretam um hormônio que sinaliza ao pâncreas para liberar as enzimas que ajudam a digerir uma refeição.

Embora a maioria das glândulas endócrinas seja derivada dos epitélios, algumas derivam de outros tecidos (o sistema endócrino é discutido em detalhes no Capítulo 17).

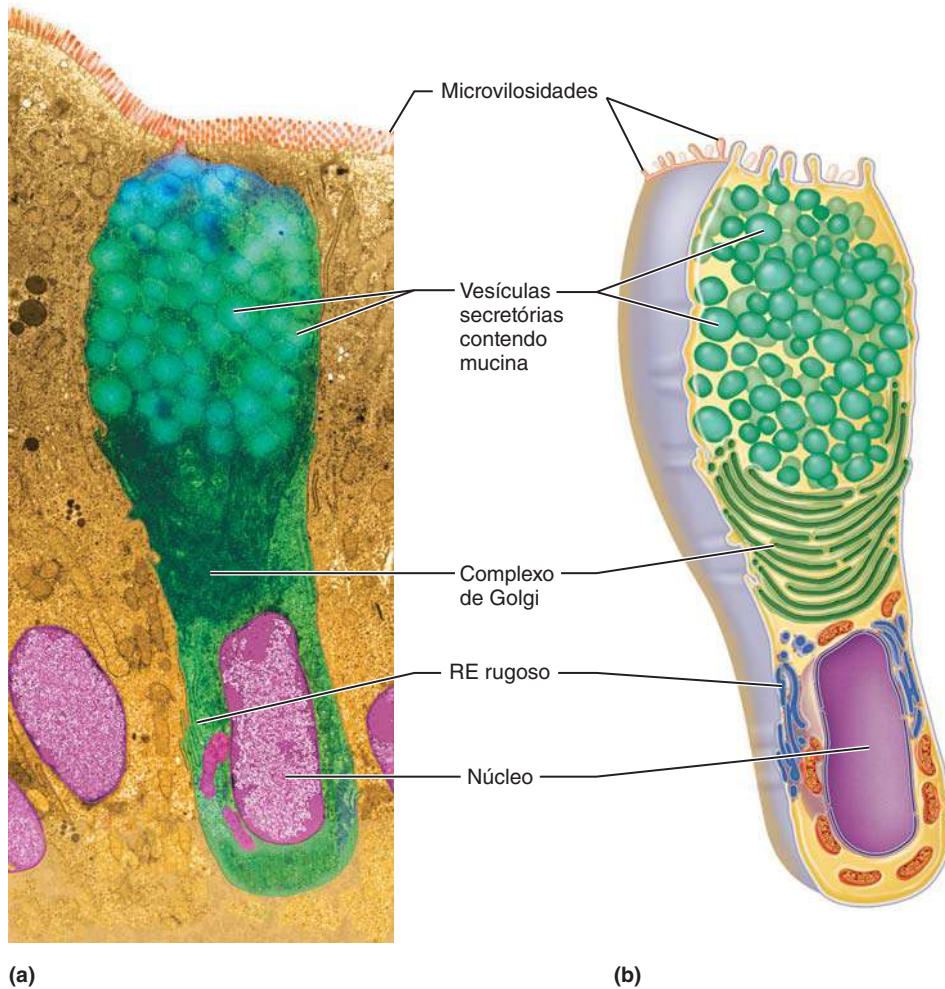


Figura 4.4 Célula caliciforme (glândula exócrina unicelular). (a) Fotomicrografia de uma célula caliciforme secretora de muco no epitélio simples cúbico que reveste o intestino delgado (1.650×). (b) Diagrama de uma célula caliciforme. Observe as vesículas secretórias e o RE rugoso e o complexo de Golgi bem desenvolvidos.

Glândulas exócrinas

As glândulas exócrinas são numerosas e muitos de seus produtos são familiares. Todas as glândulas exócrinas secretam seus produtos sobre as superfícies do corpo (pele) ou nas cavidades corporais (como o tubo digestório, por exemplo). Já as glândulas exócrinas multicelulares possuem **ductos** que transportam seus produtos para as superfícies epiteliais. A atividade de uma secreção exócrina é local, ou seja, a secreção age perto da área onde é liberada. As glândulas exócrinas são um grupo diverso; elas incluem muitos tipos de glândulas secretoras de muco, as glândulas sudoríferas e oleosas da pele, as glândulas salivares da boca, o fígado (que secreta bile), o pâncreas (que secreta enzimas digestórias), as glândulas mamárias (que secretam leite) e muitas outras.

Glândulas exócrinas unicelulares O único exemplo importante de uma glândula exócrina unicelular é a **célula caliciforme** (Figura 4.4). Fiel a seu nome, uma célula caliciforme tem, na realidade, o formato

de um cálice (um copo de bebida com uma haste). As células caliciformes estão dispersas no revestimento epitelial dos intestinos e dos tubos respiratórios, entre as células prismáticas com outras funções. Elas produzem **mucina**, uma glicoproteína (proteína de açúcar) que se dissolve em água quando é secretada. O complexo resultante composto de mucina e água é um **muco** viscoso, pegajoso, que cobre, protege e lubrifica muitas superfícies corporais internas.

Glândulas exócrinas multicelulares Cada glândula exócrina multicelular possui duas partes básicas: um **ducto** com parede de epitélio e uma **unidade secretória**, consistindo no epitélio secretório (Figura 4.5). Além disso, em todas as glândulas, exceto nas mais simples, um tecido conjuntivo de apoio circunda a unidade secretória, trazendo vasos sanguíneos e fibras nervosas. Muitas vezes o tecido conjuntivo forma uma **cápsula fibrosa** que se estende para dentro da lâmina própria da glândula e particiona essa glândula em subdivisões chamadas **lobos** (não ilustrados).

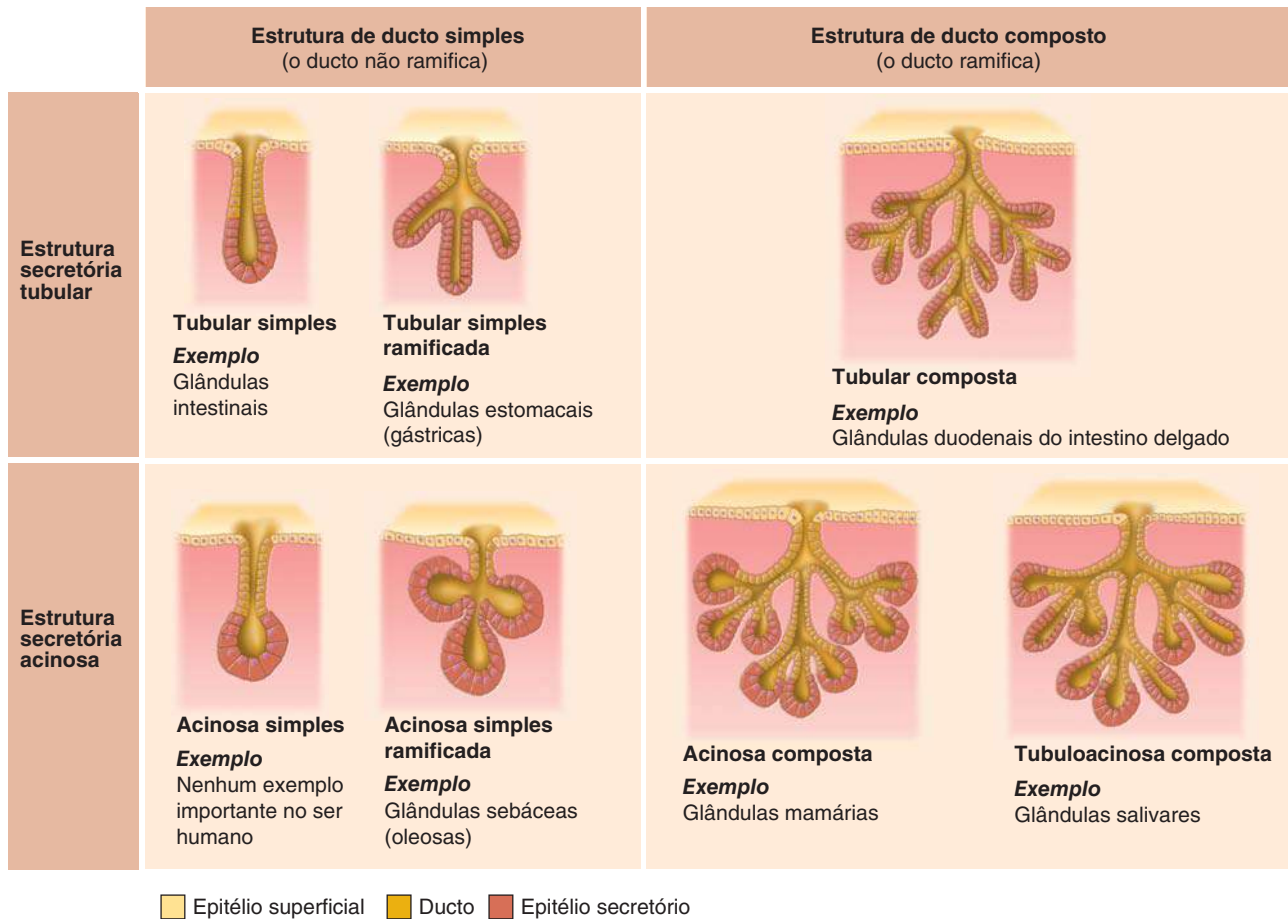


Figura 4.5 Tipos de glândulas exócrinas multicelulares. As glândulas multicelulares são classificadas de acordo com a estrutura de seus ductos (simples ou compostos) e com a estrutura das suas unidades secretórias (tubular, acinosa, tubuloacinosa).

As glândulas multicelulares são classificadas de acordo com a estrutura de seus ductos (Figura 4.5). As glândulas **simples** possuem um ducto não ramificado, enquanto as glândulas **compostas** possuem um ducto ramificado. As glândulas são ainda classificadas por suas unidades secretórias: elas são **tubulares**, se as suas células secretórias formarem tubos, e **acinosas**¹ (ácino = uva ou baga), se as células secretórias formarem sacos esféricos. Além disso, algumas glândulas são **tubuloacinosas**, isto é, elas contêm unidades tubulares e acinosas.

✓ Verifique seu conhecimento

4. Que tipo de glândula são as células caliciformes? O que elas secretam?
5. Uma glândula _____ secreta no líquido intersticial e a sua secreção é transportada para um órgão-alvo pela corrente sanguínea.
6. Qual característica distingue uma glândula exócrina simples de uma glândula exócrina composta?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Características da superfície epitelial

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever as características apical, lateral e basal dos epitélios e das células epiteliais.

Como foi descrito anteriormente, os tecidos epiteliais são compostos de muitas células bem agrupadas por junções especiais ao longo de suas paredes laterais. Os tecidos epiteliais também possuem regiões apicais e basais distintas. A superfície basal está situada em um delimitador especializado com o tecido conjuntivo subjacente; a região apical de certos epitélios possui modificações associadas a funções específicas. Essas características especiais são descritas a seguir.

Características da superfície lateral: junções intercelulares

Três fatores agem na ligação das células epiteliais umas às outras: (1) as *proteínas de adesão* nas membranas plasmáticas das células adjacentes ligam-se no estrei-

¹ Nota do revisor técnico: também conhecidas como alveolares (*alvéolo* = pequena cavidade oca).

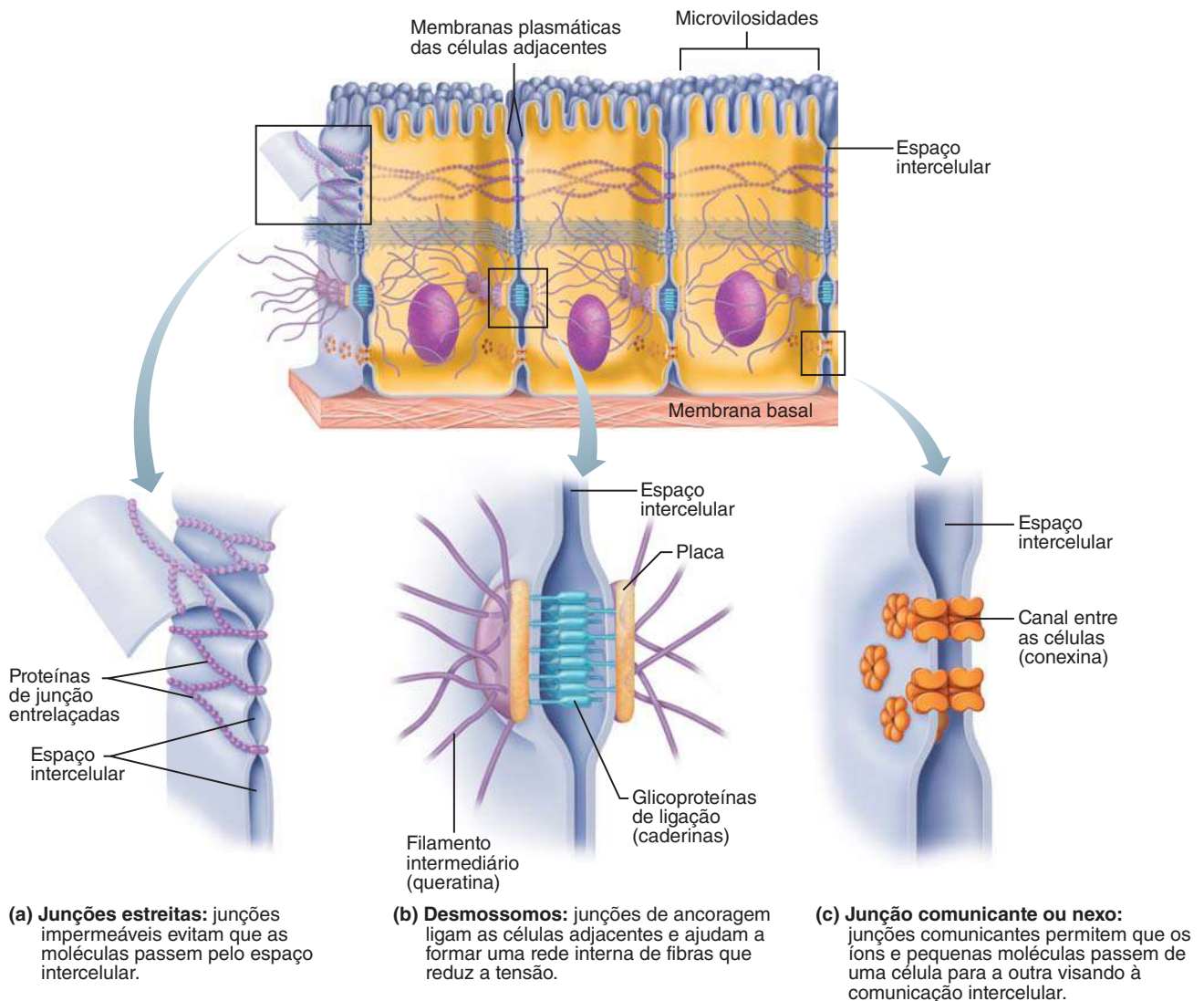


Figura 4.6 Junções celulares. Uma célula epitelial aparece unida às células adjacentes por três tipos comuns de junção celular.

to espaço extracelular; (2) os contornos ondulados das membranas das células adjacentes unem-se como um sulco macho-fêmea e (3) existem junções celulares especiais (**Figura 4.6**). As **junções celulares**, o fator mais importante, são características do tecido epitelial, mas também são encontradas em outros tipos de tecido.

Junções estreitas ou zônulas de oclusão Na região apical da maioria dos tecidos epiteliais, uma junção similar a um cinto estende-se em torno da periferia de cada célula (Figura 4.6a). Trata-se da **junção estreita**, ou **zônula de oclusão** (“pequena zona que separa”). Nas junções estreitas, as células adjacentes são tão próximas que algumas proteínas em suas membranas plasmáticas são fundidas. Essa fusão forma uma vedação que fecha o espaço extracelular e, desse modo, as junções estreitas evitam que as moléculas passem entre as células do tecido epitelial. Por exemplo, as junções estreitas no epitélio que reveste o trato digestório evitam que as enzimas digestórias, os íons e os microrga-

nismos no intestino se infiltrem na corrente sanguínea. As junções estreitas não precisam ser inteiramente impermeáveis: algumas vazam mais do que outras ou podem permitir a passagem de certos íons.

Junções da zônula de adesão Logo abaixo das junções estreitas nos tecidos epiteliais, encontram-se as **junções da zônula de adesão**, ou **zônulas de aderência**, um tipo de junção de ancoragem (Figura 4.1). As proteínas de ligação transmembrana acoplam-se aos microfilamentos de actina do citoesqueleto e ligam as células adjacentes. Essa junção reforça as junções estreitas, particularmente quando os tecidos são esticados. Junto com as junções estreitas elas formam o complexo de junção em torno das bordas laterais apicais dos tecidos epiteliais.

Desmossomos As principais junções de ligação das células chamam-se **desmossomos** (“corpos de ligação”), que é uma **junção de ancoragem**. Esses pontos de adesão estão dispersos ao longo das laterais adjacentes das células (Fi-

gura 4.6b). Os desmossomos têm uma estrutura complexa: na face citoplasmática de cada membrana plasmática existe uma placa circular. As placas das células vizinhas unem-se por proteínas de ligação, que se projetam a partir das membranas celulares e penetram, como os dentes de um zíper, no espaço intracelular. Além disso, filamentos intermediários (os elementos citoesqueléticos que resistem à tensão) inserem-se em cada placa a partir do seu lado citoplasmático interno. Feixes desses filamentos estendem-se pelo citoplasma e ancoram em outros desmossomos, no lado oposto da mesma célula. No geral, esse arranjo não só mantém as células adjacentes unidas, mas também interconecta os filamentos intermediários do epitélio inteiro em uma rede contínua de fios fortes. Assim, o epitélio é menos propenso a lacerar quando for puxado, pois as forças de tração são distribuídas uniformemente por toda a camada.

Os desmossomos são encontrados no tecido muscular cardíaco e também nos tecidos epiteliais. Em geral, essas junções são comuns nos tecidos que sofrem um grande estresse mecânico.

Junções comunicantes Uma **junção comunicante**, ou *nexo* (“ligação”), é uma junção similar a um túnel, que pode ocorrer em qualquer parte ao longo das membranas laterais das células adjacentes (Figura 4.6c). As junções comunicantes atuam na comunicação intercelular, permitindo que moléculas pequenas se movimentem diretamente entre as células vizinhas. Nessas junções, as membranas plasmáticas adjacentes são muito próximas e as células conectam-se por meio de cilindros ocos que consistem em proteína (conexinas). Íons, açúcares simples e outras moléculas pequenas passam de uma célula para outra através desses cilindros. As junções comunicantes são comuns nos tecidos embrionários e em muitos tecidos adultos, incluindo os tecidos conjuntivos. Elas também são prevalentes no músculo liso e no músculo cardíaco, onde a passagem dos íons através das junções comunicantes sincroniza a contração.

Característica basal: a lâmina basal

No limite entre o epitélio e o tecido conjuntivo abaixo dele, há uma camada de suporte chamada **lâmina basal** (ver Figura 4.1). Essa lâmina fina e acelular consiste em proteínas secretadas pelas células epiteliais. Funcionalmente, a lâmina basal age como um filtro seletivo; ou seja, ela determina quais moléculas dos capilares no tecido conjuntivo subjacente podem entrar no epitélio. Também age como um andaime ao longo do qual as células epiteliais em regeneração podem migrar. Felizmente, as infecções e as toxinas que destroem as células epiteliais normalmente deixam a lâmina basal intacta, já que sem essa lâmina a regeneração epitelial é mais difícil.

Logo abaixo da lâmina basal há uma camada de fibras reticulares (definida em breve) que pertence ao tecido conjuntivo subjacente. Juntas, essas fibras reticulares e a lâmina basal formam a **membrana basal** (ver Figura

4.1). A fina lâmina basal pode ser observada apenas através da microscopia eletrônica, mas a membrana basal por ser mais espessa é visível através da microscopia de luz (ver Figura 4.3). Embora este texto faça distinção entre *lâmina basal* e *membrana basal*, vários cientistas utilizam esses dois termos indistintamente.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Membranas basais e diabetes Nos casos de diabetes melito não tratado (diabetes tipo 1 ou tipo 2), as membranas basais do revestimento epitelial dos capilares espessam-se com o decorrer do tempo. Esse espessamento é provocado pela maior quantidade de glicose, presente em altas concentrações no diabetes, que se liga às proteínas da membrana basal. Esse processo é conhecido como aumento de glicosilação da membrana basal. O espessamento é particularmente evidente nos capilares dos rins e da retina ocular, que podem se tornar não funcionais. Por essa razão, a insuficiência renal e a cegueira são os principais sintomas do diabetes avançado.

Características da superfície apical: microvilosidades e cílios

As **microvilosidades** (“pequenos pelos despenteados”) são extensões (parecidas com dedos) da membrana plasmática das células epiteliais apicais (Figura 4.7). Cada microvilosidade contém um núcleo de filamentos de actina que se estende para os filamentos de actina do citoesqueleto e que age enrijecendo as microvilosidades. As microvilosidades ocorrem em quase todo epitélio úmido do corpo, mas são maiores e mais abundantes nos epitélios que absorvem nutrientes (no intestino delgado) (ver Figura 4.3c) ou que transportam íons (no rim). Nesses epitélios, as microvilosidades maximizam a área da superfície através da qual as moléculas pequenas entram ou saem das células. As microvilosidades também são abundantes nos epitélios que secretam muco, onde ajudam a ancorar as camadas mucosas na superfície epitelial.

Os **cílios** são extensões parecidas com chicotes e de alta motilidade nas membranas superficiais apicais de

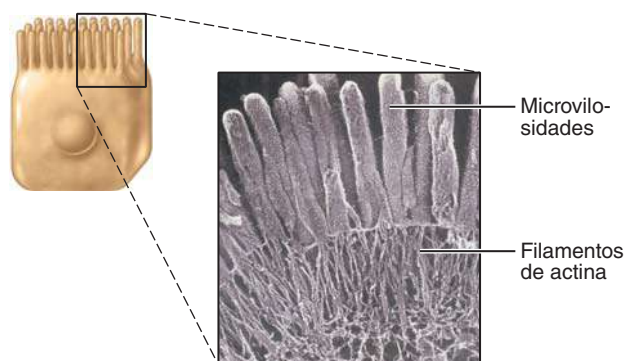
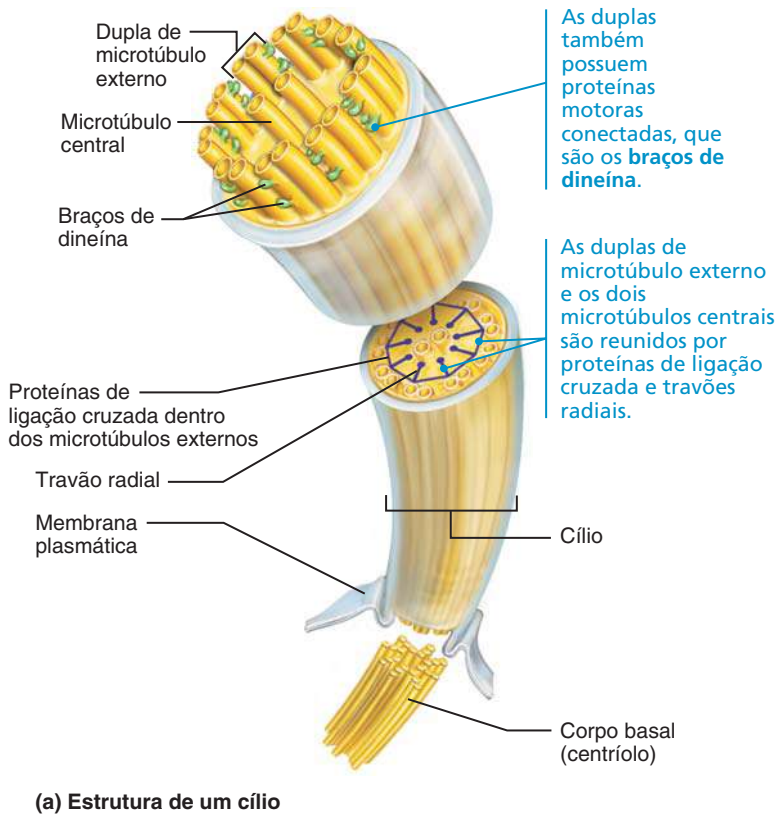
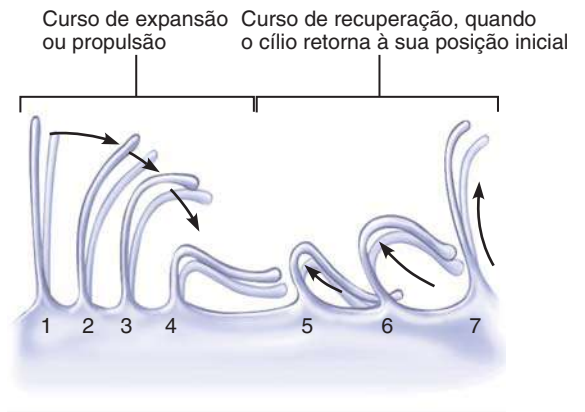


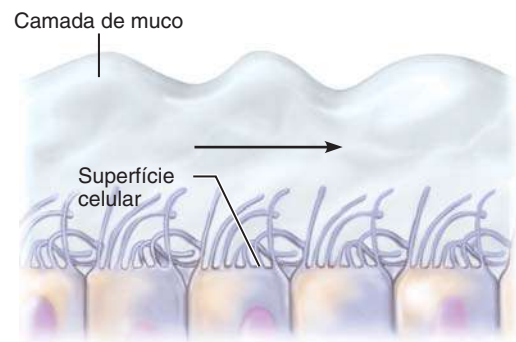
Figura 4.7 Microvilosidades.



(a) Estrutura de um cílio



(b) Fases do movimento ciliar



(c) Onda em movimento criada pela atividade de muitos cílios agindo simultaneamente e impelindo o muco pelas superfícies das células.

Figura 4.8 Estrutura e função dos cílios.

certas células epiteliais (ver Figura 4.1). Cada cílio contém um núcleo de microtúbulos que permanecem unidos através de proteínas de ligação cruzada e radiais (**Figura 4.8**). Os microtúbulos são dispostos em pares, chamados *duplas*, com nove duplas externas circundando um par central. O movimento ciliar é gerado quando as duplas adjacentes aderem umas às outras por meio de braços laterais, que consistem na proteína motora dineína (p. 34), e os quais começam a oscilar. Isso faz que as duplas deslizem ao longo do comprimento umas das outras, como centopeias tentando correr sobre as costas umas das outras. Em consequência disso, o cílio se curva.

Os microtúbulos nos cílios são dispostos quase da mesma maneira que nas organelas citoplasmáticas chamadas centríolos (p. 34). Na realidade, os cílios surgem à medida que seus microtúbulos se reúnem em torno dos centríolos que migraram do centrossomo para a membrana plasmática apical. O centríolo na base de cada cílio chama-se **corpo basal** (Figura 4.8a).

Os cílios em um epitélio curvam-se e movem-se em ondas coordenadas, como as ondas de um campo gramado em um dia ventoso. Essas ondas empurram muco e outras substâncias sobre a superfície epitelial (Figura 4.8c). Cada cílio executa um *curso de expansão* propulsor, seguido por um *curso de recuperação* similar ao ato de girar um remo para reduzir a velocidade (Figura 4.8b). Essa sequência assegura que o

fluido seja movido apenas em uma direção. Um cílio extremamente longo e isolado chama-se *flagelo* (“chicote”). As únicas células flageladas no corpo humano são os espermatozoides, que utilizam seus flagelos para nadar pelo trato reprodutor feminino.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Síndrome de Kartagener Um tipo de síndrome dos cílios imóveis, a síndrome de Kartagener é uma doença hereditária, na qual os braços de dineína dentro dos cílios não conseguem se formar. Essa condição leva a infecções respiratórias frequentes porque os cílios não funcionais não conseguem varrer as bactérias inaladas para fora dos tubos respiratórios.

✓ Verifique seu conhecimento

- 7. Em que os cílios são diferentes das microvilosidades?
- 8. Como os filamentos intermediários dentro das células epiteliais agem para ligar toda a camada dos epitélios?
- 9. Além do tecido epitelial, que outros tipos de tecidos contêm junções comunicantes?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

II. TECIDO CONJUNTIVO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever as características comuns a todos os tecidos conjuntivos;
- ▶ identificar as quatro classes principais de tecido conjuntivo.

Entre os quatro tipos básicos de tecido, o **tecido conjuntivo** é o segundo, sendo também o mais diverso e abundante. Existem quatro classes principais de tecido conjuntivo e muitas subclasses (Tabela 4.2, p. 82). As classes principais são:

1. *Tecido conjuntivo propriamente dito*. Entre os exemplos mais familiares, temos o tecido adiposo e o tecido fibroso dos ligamentos.
2. *Tecido cartilágneo*.
3. *Tecido ósseo*.
4. *Sangue*.

Os tecidos conjuntivos fazem muito mais do que apenas conectar os tecidos e órgãos do corpo: eles também formam a base do esqueleto (osso e cartilagem), armazenam e transportam nutrientes (tecido adiposo e sangue), circundam todos os vasos sanguíneos e nervos do corpo (tecido conjuntivo propriamente dito) e lideram a luta do corpo contra infecções.

Nesta seção, primeiro discutiremos as características especiais dos tecidos conjuntivos e depois descreveremos os elementos estruturais encontrados nesses

tecidos. Por fim, vamos analisar a estrutura, função e localização dos tipos específicos de tecidos conjuntivos.

Características especiais dos tecidos conjuntivos

Mesmo diferentes, gordura, osso e sangue são tecidos conjuntivos, que compartilham do mesmo plano estrutural (Figura 4.9).

1. **Relativamente poucas células, grandes quantidades de matriz extracelular.** As células dos tecidos conjuntivos são separadas umas das outras por uma grande quantidade de material extracelular, conhecido como **matriz extracelular** (matriz = “lugar onde algo é gerado”). Isso é nitidamente diferente do tecido epitelial, cujas células se agrupam de modo extremamente coeso.
2. **Matriz extracelular composta de substância fundamental e fibras.** A matriz extracelular é produzida pelas células do tecido conjuntivo, sendo composta de algum tipo de **substância fundamental** com **fibras** de proteína incorporadas. A substância fundamental varia de acordo com cada classe de tecido conjuntivo. Em muitos tecidos, ela é uma substância macia, similar a um gel, que abriga o líquido intersticial. No osso, ela é dura — calcificada pelos sais de cálcio inorgânicos. A parte fibrosa da matriz fornece suporte para o tecido conjuntivo. Três tipos de fibras proteicas são encontrados nos tecidos conjuntivos: *fibras de colágeno*, *fibras re-*

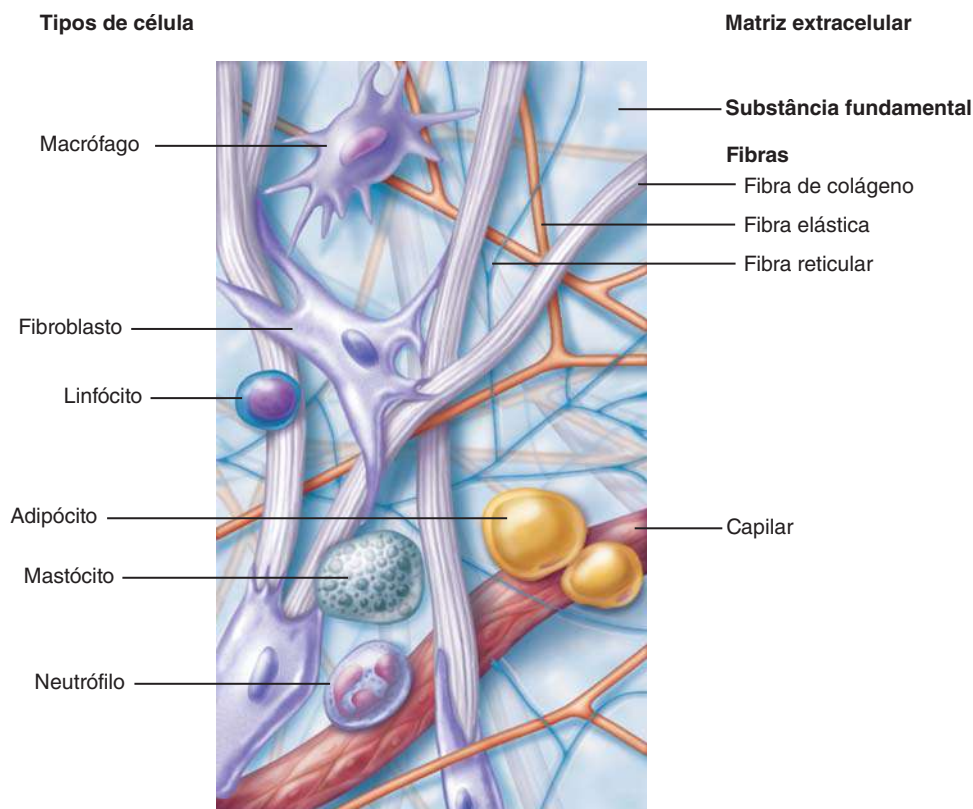


Figura 4.9 Tecido conjuntivo frouxo: tecido conjuntivo modelo.

ticulares e fibras elásticas. Os tipos, a densidade e a distribuição das fibras são particulares de cada tipo de tecido conjuntivo, um vez que a diferença entre as propriedades físicas e as funções de cada um se deve às diferenças na composição da matriz extracelular. Os detalhes da estrutura da matriz serão discutidos para cada tipo de tecido conjuntivo.

3. **Origem embrionária.** Outra característica comum aos tecidos conjuntivos é que todos eles se originam do tecido embrionário chamado **mesênquima** (Figura 4.10; ver também a p. 53).

Elementos estruturais dos tecidos conjuntivos

Os tecidos conjuntivos são compostos de células e uma quantidade significativa de matriz extracelular. Eles se diferem quanto às suas propriedades físicas por causa das diferenças nos tipos de células e de composição da matriz extracelular. No entanto, todos eles compartilham dos mesmos elementos estruturais: *células, fibras e substância fundamental*.

Células

Na maioria dos tecidos conjuntivos, o tipo de célula primário produz a matriz extracelular (ver a Tabela 4.2, terceira coluna). No tecido conjuntivo propriamente dito, essas células são chamadas **fibroblastos** (literalmente, “botões de fibras” ou “formadores de fibras”). Os fibroblastos produzem suas subunidades de fibras proteicas, que são secretadas na matriz extracelular e se reúnem nas fibras. Os fibroblastos também secretam as moléculas que formam a substância fundamental da matriz. No tecido cartilaginoso, as células que secretam a matriz são os **condroblastos** (“formadores de cartilagem”) e no osso são os **osteoblastos** (“formadores de osso”). Como essas células formadoras de tecido não secretam ativamente a nova matriz, elas são chamadas **fibrócitos, condrócitos e osteócitos** (*cito* = célula). Elas agem mantendo e reparando a matriz do tecido, preservando a saúde desse tecido.

As células encontradas no sangue são uma exceção. Essas células não produzem a matriz plasmática do sangue, uma vez que os componentes celulares do sangue agem transportando os gases respiratórios (eritrócitos), combatendo infecções (leucócitos) e auxiliando a coagulação sanguínea (plaquetas).

Outros tipos de células são encontrados em muitos tecidos conjuntivos (ver Figura 4.9).

- **Células adiposas** armazenam energia. As células adiposas têm a forma de um ovo e seu citoplasma é dominado por uma única gota lipídica gigante que achata o núcleo e o citoplasma em uma extremidade da célula. As células adiposas maduras estão entre as maiores do corpo e não conseguem se dividir.
- **Leucócitos** (neutrófilos, linfócitos, eosinófilos) reagem aos agentes infecciosos e proporcionam proteção contra eles.

- **Macrófagos** são especializados em fagocitose. Eles englobam e destroem uma ampla variedade de materiais estranhos, desde uma bactéria inteira a moléculas estranhas, partículas de pó e células teciduais mortas.
- **Mastócitos** têm um papel fundamental na inflamação e promovem a cicatrização. Os mastócitos contêm muitos grânulos secretórios grandes preenchidos com várias substâncias químicas que são secretadas em resposta aos agentes infecciosos e indutores de alergia. As substâncias químicas secretadas pelos mastócitos incluem a histamina (aumenta o fluxo sanguíneo e a permeabilidade capilar no local), a heparina (interage com outras substâncias químicas do mastócito) e as proteases (enzimas degradadoras de proteína).

Fibras

A matriz extracelular de um tecido conjuntivo é composta de fibras e substância fundamental (ver Figura 4.9). São encontrados três tipos de fibras nos tecidos conjuntivos: *fibras de colágeno, fibras reticulares e fibras elásticas*. Em geral, as fibras atuam como suporte, embora cada tipo de fibra contribua com propriedades únicas para o tecido conjuntivo.

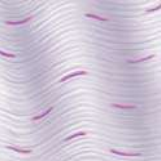
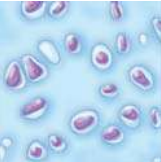
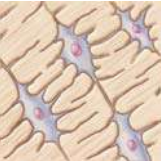
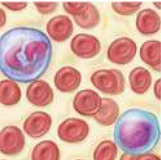
As **fibras de colágeno** (apresentadas como fibra espessa e cinza esbranquiçada nas Figuras 4.9 e 4.10) são os tipos de fibra mais fortes e abundantes nos tecidos conjuntivos. As fibras de colágeno resistem à tensão (forças de tração) e contribuem para a resistência de um tecido conjuntivo. Os testes de tração mostram que as fibras de colágeno são mais fortes do que fibras de aço do mesmo tamanho! A espessa fibra de colágeno que se observa no microscópio de luz são feixes de fibrilas de colágeno mais finas, que consistem em filamentos ainda mais finos fortemente ligados uns aos outros. Essa ligação cruzada entre os filamentos é a razão da grande resistência do colágeno à tração.

As **fibras reticulares** (exibidas como fibras azuis finas na Figura 4.9) são feixes de um tipo especial de fibrila de colágeno. Essas fibras curtas se agrupam em uma rede parecida com uma malha (*retículo* = rede) que protege e apoia as estruturas que margeiam o tecido conjuntivo. Por exemplo, os capilares são cobertos por redes difusas de fibras reticulares e essas fibras formam uma parte da membrana basal dos epitélios. Cada fibra reticular desliza livremente através das demais quando a rede é empurrada, permitindo mais flexibilidade do que as fibras de colágeno.

O último tipo de fibra encontrado em certos tecidos conjuntivos são as **fibras elásticas** (apresentadas como fibras douradas na Figura 4.9). As fibras elásticas contêm uma proteína “emborrachada”, chamada **elastina**, a qual permite que se comportem como elásticos. Embora seja normal pensarmos nos elásticos apenas como algo capaz de se esticar, a característica que os define é a sua capacidade de voltar à sua forma original após serem esticados. O tecido conjuntivo só

Tabela 4.2

Comparação das classes de tecidos conjuntivos

Classe de tecido e exemplo	Subclasses	Componentes		Características gerais
		Células	Matriz	
Tecido conjuntivo propriamente dito  <i>Tecido conjuntivo denso modelado</i>	1. Tecido conjuntivo <ul style="list-style-type: none"> • Frouxo • Adiposo • Reticular 2. Tecido conjuntivo denso <ul style="list-style-type: none"> • Modelado • Não modelado • Elástico 	Fibroblastos Fibrócitos Células de defesa Células adiposas	Substância fundamental tipo gel. Todos os três tipos de fibras: colágena, reticular, elástica.	Seis tipos diferentes: variam em densidade e tipos de fibras. Atuam como tecido de ligação. Resistem ao estresse mecânico, particularmente à tensão.
Cartilagem  <i>Cartilagem hialina</i>	1. Cartilagem hialina 2. Cartilagem elástica 3. Fibrocartilagem	Condroblastos encontrados na cartilagem em crescimento. Condrócitos	Substância fundamental tipo gel. Fibras: fibras de colágeno e elásticas em algumas matrizes.	Resiste à compressão devido à grande quantidade de água retida na matriz. Age no amortecimento e suporte das estruturas corporais.
Tecido ósseo  <i>Osso compacto</i>	1. Osso compacto 2. Osso esponjoso	Osteoblastos Osteócitos	Substância fundamental tipo gel, calcificada com sais inorgânicos. Fibras: colágeno.	Tecido duro que resiste à compressão e à tensão. Funciona como suporte.
Sangue 	A formação e a diferenciação da célula sanguínea são bastante complexas. (Os detalhes são fornecidos no Capítulo 18)	Eritrócitos (RBCs) Leucócitos (WBCs) Plaquetas	Plasma Nenhuma fibra	Tecido fluido. Age no transporte de O ₂ , CO ₂ , nutrientes, resíduos e outras substâncias (hormônios, por exemplo).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Escorbuto A vitamina C, abundante nas frutas cítricas, como laranja e limão, é necessária para a adequada ligação cruzada das moléculas que compõem as fibras de colágeno. Uma deficiência dessa vitamina na alimentação pode levar ao **escorbuto**, um enfraquecimento do colágeno e do tecido conjuntivo no corpo inteiro. O colágeno forte é necessário para manter os dentes em seus alvéolos, reforçar as paredes dos vasos sanguíneos, cicatrizar feridas e formar tecido cicatricial. Os sinais comuns de escorbuto incluem perda dos dentes, ruptura dos vasos sanguíneos e má cicatrização.

O escorbuto foi uma doença comum dos exploradores marítimos entre os séculos XVI e XVIII. Em meados dos anos 1700, um médico naval britânico observou que o consumo de sucos cítricos evitava o escorbuto. Por essa razão, a Marinha Real Britânica começou a servir suco de limão aos marinheiros para evitar a doença — e os marinheiros britânicos passaram a ser chamados *limeys*.²

consegue se esticar até o ponto em que as suas fibras de colágeno, espessas como cordas, ficam retesadas. Quando a tensão é liberada, as fibras elásticas recuam e o tecido esticado volta à sua forma original.

Substância fundamental

O outro componente da matriz do tecido conjuntivo é a substância fundamental (Figura 4.9). As moléculas que compõem a substância fundamental são produzi-

² Nota do tradutor: uma gíria associando limão (limão) aos marinheiros que consumiam o suco dessa fruta. Daí o termo *limeys*.

das e secretadas pelo tipo de célula primário do tecido conjuntivo (fibroblastos, condroblastos ou osteoblastos). A substância fundamental na maioria dos tecidos conjuntivos é um material similar a um gel, que consiste em grandes moléculas de açúcar e proteína de açúcar (proteoglicanos e glicosaminoglicanos). Essas moléculas absorvem líquido como uma esponja. A substância fundamental cheia de líquido serve para amortecer e proteger as estruturas do corpo (tecido conjuntivo propriamente dito), suportar forças de compressão (cartilagem) ou reter o líquido tecidual que banha todas as células no nosso corpo (tecido conjuntivo frouxo). No tecido ósseo, a substância fundamental secretada possui sais minerais calcificados incorporados, tornando a matriz dura e contribuindo para a sua função de dar suporte ao corpo.

Mais uma vez, aqui o sangue é uma exceção. A substância fundamental do sangue, o plasma, não é produzida pelas células sanguíneas. O plasma sanguíneo é composto de água (cerca de 90%) e várias proteínas, nutrientes, íons, gases e outras moléculas dissolvidas. Essas moléculas são produzidas pelas células em outros órgãos e depois secretadas no sangue (por exemplo, proteínas plasmáticas e hormônios) ou são transportadas para o sangue a partir de uma fonte externa (água, ar e nutrientes).

Um modelo de tecido conjuntivo pode ser criado com alguns ingredientes simples: gelatina, jujubas e alcaçuz. Primeiro, dissolva a gelatina e deixe descansar. É importante lembrar que a gelatina representa a substância fundamental do tecido conjuntivo e é composta de proteínas (na realidade, colágeno hidrolisado) que retêm o líquido de modo muito parecido com a substância fundamental da maioria dos tecidos conjuntivos. Depois que a gelatina engrossar (aproximadamente uma hora e meia), acrescente algumas jujubas e um pouco de alcaçuz. As jujubas representam os componentes celulares do tecido conjuntivo e o alcaçuz representa as fibras. Diferentes tipos de alcaçuz podem representar diferentes tipos de fibras: os retorcidos, vermelhos e grossos representam as fibras de colágeno; os pretos e os finos representam as fibras elásticas. Esse modelo não simulará as propriedades físicas dos tecidos conjuntivos — força, elasticidade e resistência à compressão — mas proporcionará uma analogia visual da composição de um tecido conjuntivo.

✓ Verifique seu conhecimento

- 10. Em que os tecidos epiteliais são diferentes dos tecidos conjuntivos quanto à disposição física das células em cada tecido?
- 11. Faça a distinção entre a matriz de um tecido conjuntivo e a substância fundamental.
- 12. Qual elemento estrutural do tecido conjuntivo resiste à tensão? Qual deles resiste à compres-

são? Qual deles permite a retomada da forma original? Qual elemento produz a matriz?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Classificação dos tecidos conjuntivos

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ diferenciar os vários tipos de tecidos conjuntivos em relação aos tipos de células localizadas dentro de cada tecido, à estrutura e composição da matriz extracelular e à função principal de cada um deles.

Tecido conjuntivo propriamente dito

Dividido nas subclasses **tecido conjuntivo frouxo** e **tecido conjuntivo denso**, são diferenciadas, por sua vez, pela densidade de suas fibras. Além desses, existe o **tecido conjuntivo especializado** (ou de propriedades especiais).

Tecido conjuntivo frouxo (Figuras 4.9 e 4.10b)

Também conhecido como areolar, é o tipo mais disseminado de tecido conjuntivo propriamente dito. Esse tecido sustenta quase todos os epitélios do corpo e circunda quase todos os nervos e vasos sanguíneos pequenos, incluindo os capilares. A estrutura desse tecido reflete suas funções básicas:

1. Sustentar e ligar outros tecidos.
2. Reter os fluidos corporais.
3. Defender o corpo contra infecções.
4. Armazenar nutrientes em forma de gordura.

As fibras do tecido conjuntivo frouxo proporcionam sustentação. Possui três tipos de fibras em sua matriz extracelular: fibras de colágeno, fibras reticulares e fibras elásticas (embora as fibras reticulares não apareçam quando são utilizadas as colorações histológicas comuns de hematoxilina e eosina).

A substância fundamental do tecido conjuntivo frouxo retém líquido. Todas as células do corpo são banhadas em fluido tecidual ou **líquido intersticial**. Esse fluido é derivado do vazamento de líquido e das pequenas moléculas do sangue à medida que percorre os capilares. Os nutrientes e o oxigênio são levados às células, sendo as moléculas de resíduos retiradas das células via difusão através desse fluido. O tecido conjuntivo frouxo situa-se entre os capilares e todas as outras células e tecidos do corpo, absorvendo esse fluido tecidual de modo similar a uma esponja. Assim, ele mantém as células do corpo envolvidas em fluido e facilita a passagem de nutrientes, gases, produtos residuais e outras moléculas de e para as células.

O tecido conjuntivo frouxo é a primeira linha de defesa do corpo contra os microrganismos invasores, como as bactérias, vírus, fungos e parasitas. Situando-se logo abaixo dos tecidos epiteliais que revestem as

superfícies corporais e envolvendo os capilares, é um lugar ideal para destruir os microrganismos em seu local de entrada — antes de adentrarem os capilares e utilizarem o sistema vascular para se espalharem a outros locais. O tecido conjuntivo frouxo contém uma série de células de defesa (exibidas na Figura 4.9) que reagem aos agentes infecciosos.

As defesas celulares não são o único meio utilizado pelo tecido conjuntivo frouxo para combater infecções. A substância fundamental viscosa e as densas redes de fibras de colágeno na matriz extracelular retardam o avanço dos microrganismos invasores. No entanto, algumas bactérias secretam enzimas que decompõem rapidamente a substância fundamental ou o colágeno. Essas bactérias que degradam a matriz são altamente invasivas: elas espalham-se rapidamente pelos tecidos conjuntivos e são particularmente difíceis de controlar pelas defesas do corpo. Um exemplo dessas bactérias é a cepa de *Streptococcus* responsável pela faringite estreptocócica.

Uma função menos importante do tecido conjuntivo frouxo é armazenar reservas de energia na forma de gordura. As células adiposas ocorrem isoladamente ou em pequenos grupos nesse tecido (ver Figura 4.9).

Tecido conjuntivo denso

O **tecido conjuntivo denso**, ou *tecido conjuntivo fibroso*, contém mais colágeno do que o tecido conjuntivo frouxo. Com suas fibras de colágeno espessas, ele consegue resistir a forças de tração extremamente fortes. Existem dois tipos de tecido conjuntivo denso: *modelado* e *não modelado*.

Tecido conjuntivo denso não modelado (Figura 4.10e) Semelhante ao tecido conjuntivo frouxo, porém com fibras de colágeno muito mais espessas. Essas fibras seguem planos diferentes, permitindo que esse tecido resista a tensões fortes provenientes de várias direções. Esse tecido predomina na derme coriácea da pele, que normalmente é esticada, puxada e golpeada a partir de vários ângulos. Também compõe as *cápsulas fibrosas* que circundam certos órgãos do corpo, como os rins, linfonodos e ossos. Seus elementos celulares e da matriz são os mesmos do tecido conjuntivo frouxo.

O tecido conjuntivo denso não modelado é confuso até mesmo para os especialistas. A derme obviamente se ajusta ao nome, pois suas fibras seguem aleatoriamente, como se poderia esperar de um tecido chamado “irregular”. No entanto, as cápsulas fibrosas dos órgãos consistem em duas camadas, com todas as fibras em uma camada seguindo em paralelo umas com as outras, mas perpendiculares às fibras da outra camada. Isto é, duas camadas “regulares” perpendiculares podem tornar o tecido “irregular”.

Tecido conjuntivo denso modelado (Figura 4.10f) Todas as fibras de colágeno no **tecido conjuntivo denso modelado** costumam seguir na mesma dire-

ção paralela à de tração. Existem agrupamentos de fibras de colágeno entre as fileiras de fibroblastos que fabricam continuamente as fibras e uma substância fundamental insuficiente. Quando esse tecido não está tensionado, suas fibras de colágeno são ligeiramente onduladas. Ao contrário do tecido conjuntivo frouxo, o tecido conjuntivo denso modelado é mal vascularizado e não contém células adiposas ou células de defesa.

Com essa enorme resistência à tensão, o tecido conjuntivo denso modelado é o componente principal dos *ligamentos*, que são faixas ou lâminas que ligam os ossos entre si. Também é o tecido principal nos *tendões*, que são cordões que conectam os músculos aos ossos, e nas *aponeuroses*, que são tendões laminares.

O tecido conjuntivo denso modelado também forma a **fáscia**, uma membrana fibrosa que envolve os músculos, grupos musculares, grandes vasos e nervos. Muitas lâminas de fáscia ocorrem por todo o corpo, ligando as estruturas como se fosse uma embalagem plástica de sanduíche. Quando a palavra *fáscia* é utilizada isoladamente, subentende-se *fáscia profunda*. A *fáscia superficial*, algo inteiramente diferente, é a hipoderme (ou tecido celular subcutâneo).

Tecido conjuntivo especializado

Formado pelos tecidos **adiposo**, **reticular** e **elástico**, inclui também os tecidos ósseo e cartilágneo (que são classificados como tecido conjuntivo de suporte por alguns autores).

Tecido adiposo (Figura 4.10c) O **tecido adiposo** é similar ao tecido conjuntivo frouxo em estrutura e função, mas a sua função de armazenamento de nutrientes é muito maior. Consequentemente, ele é densamente povoado por células adiposas que contribuem com 90% de sua massa. Essas células adiposas reúnem-se em grandes grupos chamados *lóbulos*. O tecido adiposo é ricamente vascularizado, refletindo a sua alta atividade metabólica. Ele remove lipídios da corrente sanguínea após as refeições e mais tarde os libera no sangue, conforme a necessidade. Sem os depósitos de gordura em nosso tecido adiposo não conseguiríamos sobreviver mais do que poucos dias sem comer.

Grande parte do tecido adiposo do corpo ocorre na camada abaixo da pele, chamada *hipoderme* (ou tecido celular subcutâneo). O tecido adiposo também é abundante nos mesentérios, que são camadas de membranas serosas que mantêm o estômago e o intestino em seus lugares. A gordura nesse local chama-se *visceral*. Além disso, a gordura forma o amortecimento em volta dos rins e por trás dos bulbos dos olhos nas órbitas.

Considerando que a gordura abundante por baixo da pele atende às necessidades gerais de nutrientes do corpo inteiro, os depósitos de gordura menores atendem às necessidades locais de nutrientes dos órgãos altamente ativos. Esses depósitos ocorrem em volta do coração e

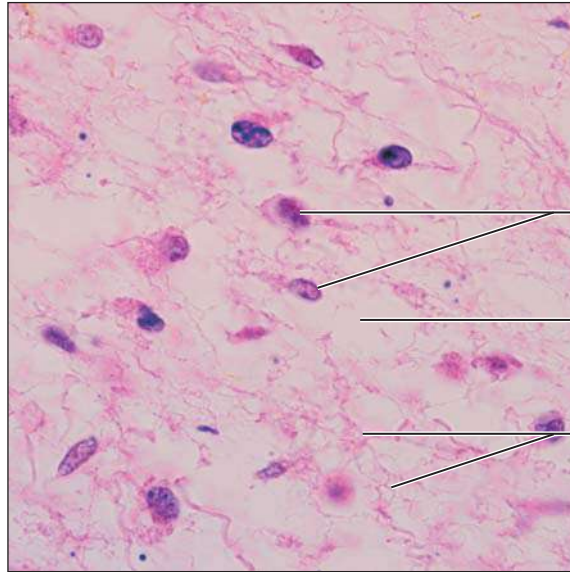
(a) Tecido conjuntivo embrionário: mesênquima

Descrição: tecido conjuntivo embrionário; substância fundamental similar a um gel contendo fibras; células mesenquimatosas estreladas.



Função: origina todos os outros tipos de tecido conjuntivo.

Localização: basicamente no embrião.

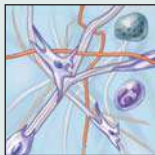


Células mesenquimatosas
Substância fundamental
Fibras

Fotomicrografia: mesênquima, um tecido conjuntivo embrionário (385×). A matriz é composta de substância fundamental líquida (fundo claro na imagem) e fibras finas e esparsas.

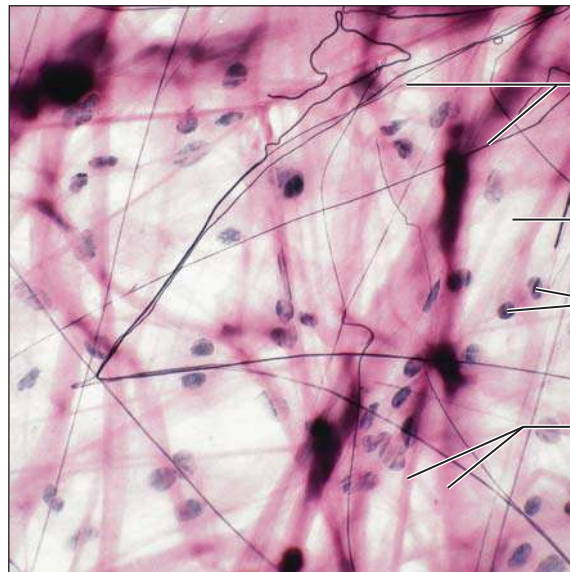
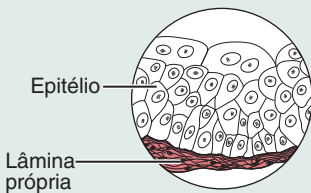
(b) Tecido conjuntivo propriamente dito: tecido conjuntivo frouxo

Descrição: matriz gelatinosa com todos os três tipos de fibras; células: fibroblastos, macrófagos, mastócitos e alguns leucócitos.



Função: envolver e amortecer os órgãos. Seus macrófagos fagocitam as bactérias, desempenham um papel importante na inflamação e retêm e transportam líquido intersticial.

Localização: amplamente distribuído sob os epitélios corporais; por exemplo, forma a lâmina própria das membranas mucosas; embala os órgãos; envolve os capilares.



Fibras elásticas
Substância fundamental
Núcleos de fibroblasto
Fibras de colágeno

Fotomicrografia: tecido conjuntivo frouxo, uma embalagem macia do tecido corporal (340×).

Figura 4.10 Tecidos conjuntivos. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 11.)

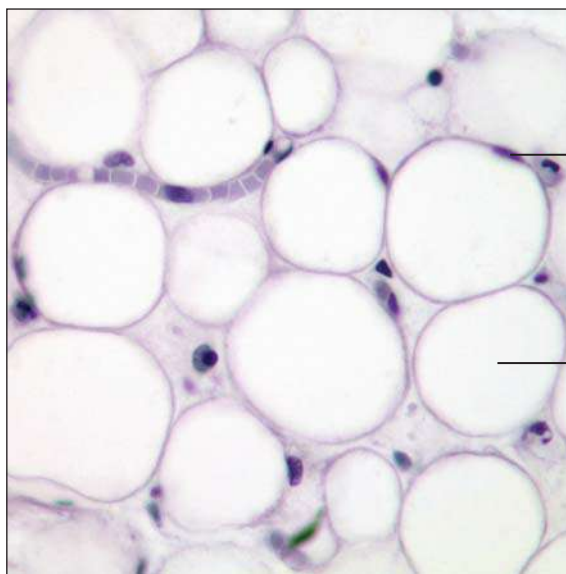
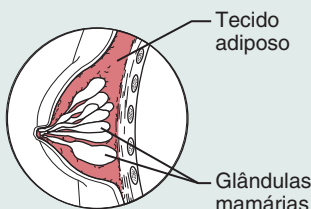
(c) Tecido conjuntivo especializado: tecido conjuntivo adiposo

Descrição: matriz como a do tecido conjuntivo frouxo, porém muito esparsa; adipócitos (ou células adiposas) bem agrupadas, possuem núcleo deslocado para o lado decorrente da grande gota de gordura.



Função: fornece reserva de energia; isola contra a perda de calor; sustenta e protege os órgãos.

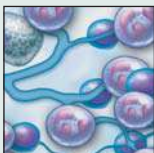
Localização: sob a pele na hipoderme; em volta dos rins e bulbos dos olhos; dentro do abdome; nas mamas.



Fotomicrografia: tecido adiposo da hipoderme (350×).

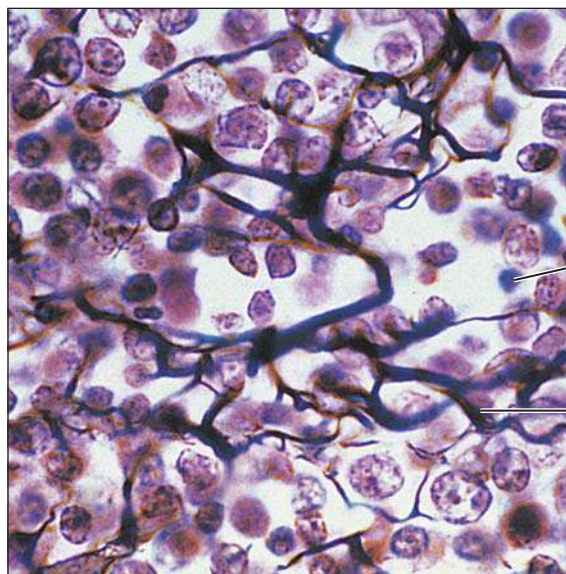
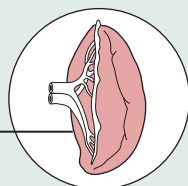
(d) Tecido conjuntivo especializado: tecido conjuntivo reticular

Descrição: rede de fibras reticulares em uma substância fundamental frouxa característica; células reticulares situadas na rede.



Função: as fibras formam um esqueleto interno macio (estroma) que sustenta outros tipos de célula, incluindo os leucócitos, mastócitos e macrófagos.

Localização: órgãos linfoides (linfonodos, medula óssea e baço).

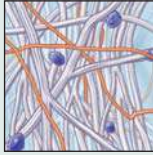


Fotomicrografia: rede de coloração escura de fibras de tecido conjuntivo reticular formando o esqueleto interno do baço (350×).

Figura 4.10 Tecidos conjuntivos, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 12 e 13.)

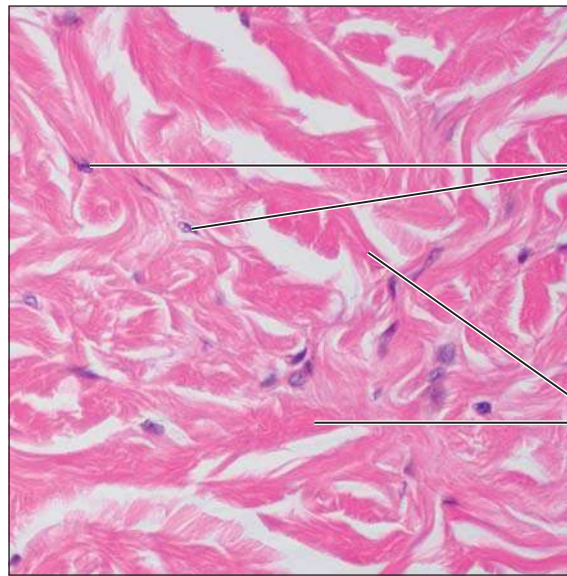
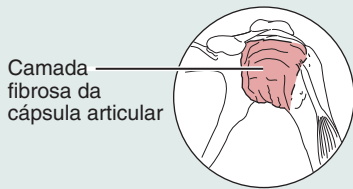
(e) Tecido conjuntivo propriamente dito: tecido conjuntivo denso não modelado

Descrição: fibras de colágeno dispostas principalmente de maneira irregular; algumas fibras elásticas; o principal tipo de células é o fibroblasto; as células de defesa e as células adiposas também estão presentes.



Função: capaz de suportar a tensão exercida em muitas direções; proporciona resistência estrutural.

Localização: cápsulas fibrosas dos órgãos e articulações; derme da pele; submucosa do trato digestório.



Fotomicrografia: tecido conjuntivo denso não modelado da derme da pele (300×).

Figura 4.10 Tecidos conjuntivos, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 14 e 15.)

dos linfonodos (onde as células do sistema imune combatem ativamente a infecção), dentro de alguns músculos e como células adiposas individuais na medula óssea (onde são produzidas novas células sanguíneas em um ritmo frenético). Muitos desses depósitos locais oferecem lipídios especiais altamente enriquecidos.

A gordura que armazena nutrientes é o *tecido adiposo branco* ou *gordura branca*. Outro tipo, chamado **tecido adiposo marrom**, produz calor e consome nutrientes. A gordura marrom, que antes se acreditava presente somente em bebês para ajudar na termorregulação, também tem sido identificada nos adultos. Ela está situada na hipoderme entre as duas escápulas no centro das costas, no lado da parte anterior do pescoço, e na parede anterior do abdome. Ela ainda é mais ricamente vascularizada do que a gordura branca. Cada célula de gordura marrom contém muitas gotas lipídicas e mitocôndrias, que usam o combustível lipídico para aquecer a corrente sanguínea em vez de produzir moléculas de ATP.

Tecido conjuntivo reticular (Figura 4.10d) O **tecido conjuntivo reticular** lembra o tecido frouxo, mas as únicas fibras em sua matriz são as fibras reticulares. Essas fibras finas formam uma ampla rede tridimensional, como a estrutura de uma casa. Os espaços da estrutura criam um

labirinto de cavernas que abriga muitas células livres. A medula óssea, o baço e os linfonodos, que contêm muitas células sanguíneas livres fora de seus capilares, consistem praticamente em tecido conjuntivo reticular. Os fibroblastos chamados **células reticulares** situam-se ao longo da rede reticular desse tecido (o tecido reticular é discutido em mais detalhes nos Capítulos 18 e 21).

Tecido conjuntivo elástico (Figura 4.10g) No **tecido elástico** as fibras elásticas são o tipo de fibra predominante, e os feixes dessas fibras superam em quantidade os feixes das fibras de colágeno. Esse tecido está situado nas estruturas onde é importante o recuo após o alongamento: dentro das paredes das artérias, em certos ligamentos (*ligamento nucal* e *ligamentos amarelos*, que conectam as vértebras sucessivas) e em volta dos brônquios nos pulmões.

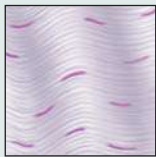
Verifique seu conhecimento

- 13. Em que o tecido conjuntivo frouxo difere do tecido conjuntivo denso?
- 14. Que tipo de tecido conjuntivo forma as seguintes estruturas: ligamentos e tendões; a hipoderme; o tecido subjacente aos epitélios; os linfonodos?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

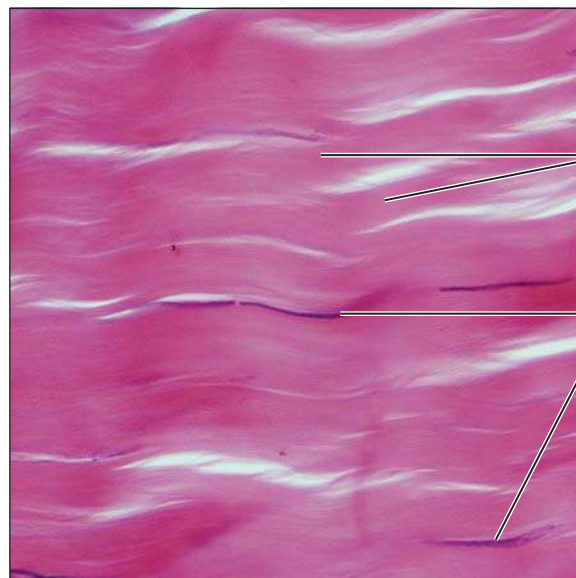
(f) Tecido conjuntivo propriamente dito: tecido conjuntivo modelado

Descrição: principalmente fibras de colágeno paralelas; algumas fibras elásticas; o principal tipo de célula é o fibroblasto.



Função: conectar os músculos aos ossos ou a outros músculos; conectar os ossos com ossos; suportar um grande esforço de tração quando essa tração for aplicada em uma direção.

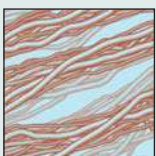
Localização: tendões, a maior parte dos ligamentos, aponeuroses.



Fotomicrografia: tecido conjuntivo denso modelado de um tendão (425×).

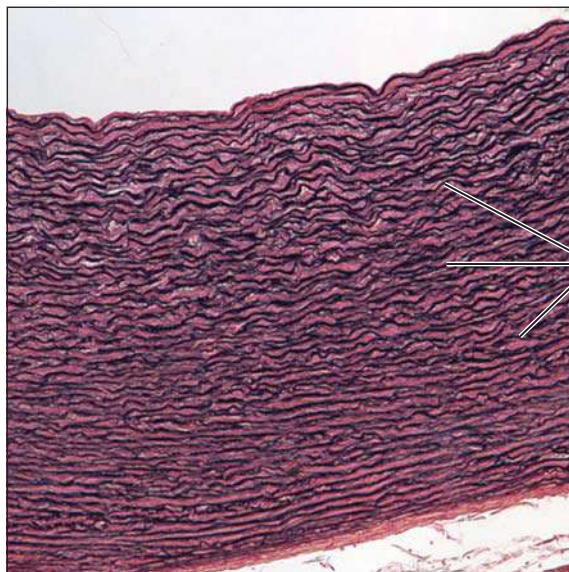
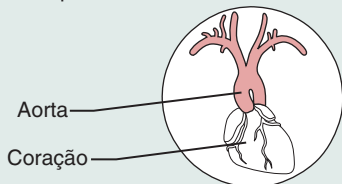
(g) Tecido conjuntivo especializado: tecido conjuntivo elástico

Descrição: tecido conjuntivo denso modelado contendo uma alta proporção de fibras elásticas.



Função: permite o retorno do tecido após o estiramento; mantém o fluxo pulsátil do sangue através das artérias; auxilia no retorno passivo dos pulmões após a inspiração.

Localização: paredes das grandes artérias; dentro de certos ligamentos associados à coluna vertebral; dentro das paredes dos brônquios.

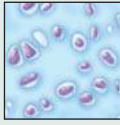


Fotomicrografia: tecido conjuntivo elástico na parede da aorta (250×).

Figura 4.10 Tecidos conjuntivos, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 16.)

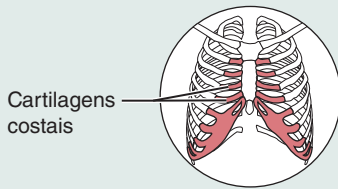
(h) Tecido cartilágneo: cartilagem hialina

Descrição: matriz amorfa, porém firme; fibras de colágeno formam uma rede imperceptível; condroblastos produzem a matriz e, quando maduros (condrócitos), residem nas lacunas.

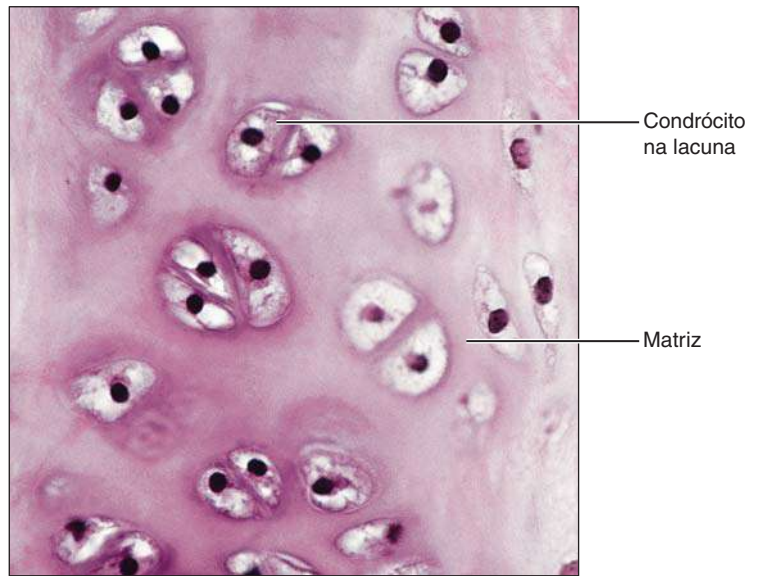


Função: sustentação e reforço; serve como um amortecedor elástico; resiste às forças compressivas.

Localização: forma a maior parte do esqueleto embrionário; reveste as extremidades dos ossos longos nas cavidades articulares; forma as cartilagens costais das costelas; cartilagens do nariz, traqueia e laringe.



Cartilagens costais



Condrócito na lacuna

Matriz

Fotomicrografia: cartilagem hialina da cartilagem costal (470x).

Figura 4.10 Tecidos conjuntivos, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 17 e 18.)

Cartilagem

Como foi visto, o tecido conjuntivo propriamente dito tem capacidade para resistir à tensão (tração). A cartilagem e o osso são os tecidos conjuntivos firmes que resistem à *compressão* (pressão) e também à tensão. Assim como todos os tecidos conjuntivos, eles consistem em células separadas por uma matriz que contém fibras, substância fundamental e líquido intersticial. No entanto, esses tecidos esqueléticos acentuam as funções de sustentação do tecido conjuntivo e não desempenham nenhum papel no armazenamento de gordura ou na defesa contra doenças.

A **cartilagem** (Figura 4.10h-j), um tecido firme, porém flexível, ocorre em várias partes do esqueleto. Por exemplo, ela forma os anéis de sustentação da traqueia e proporciona a forma do nariz e das orelhas. Assim como quase todos os tecidos conjuntivos, a cartilagem consiste em células separadas por uma matriz extracelular abundante (Figura 4.10h). Essa matriz contém fibrilas de colágeno finas, uma substância fundamental e uma quantidade excepcional de líquido intersticial; na verdade, a cartilagem consiste em até 80% de água. A distribuição da água em sua matriz habilita a cartilagem a retornar durante a compressão (como é explicado no Capítulo 6, p. 132).

A cartilagem é mais simples do que os demais tecidos conjuntivos: ela não contém vasos sanguíneos ou

nervos e possui apenas um tipo de célula, o **condrócito**. Cada condrócito reside em uma cavidade na matriz, chamada **lacuna**. Os condrócitos imaturos chamam-se *condroblastos*, células que secretam ativamente a matriz durante o crescimento da cartilagem. A cartilagem é encontrada em três variedades, cada uma dominada por um determinado tipo de fibra: *cartilagem hialina*, *cartilagem elástica* e *fibrocartilagem* ou cartilagem fibrosa (esses tipos são mostrados na Figura 4.10h-j e também são discutidos no Capítulo 6, p. 131-133).

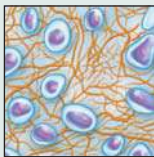
Osso

Em razão de sua dureza pétreia, o **tecido ósseo** tem uma tremenda capacidade para sustentar e proteger as estruturas do corpo. A matriz óssea contém sais de cálcio inorgânicos que habilitam o osso a resistir à compressão e uma quantidade abundante de fibras de colágeno, as quais permitem que o osso suporte fortes tensões (Figura 4.10k, p. 91).

As células ósseas imaturas, chamadas *osteoblastos*, secretam as fibras de colágeno e a substância fundamental da matriz. Depois, os sais de cálcio precipitam nas fibras de colágeno e entre elas, endurecendo a matriz. As células ósseas maduras, chamadas **osteócitos**, povoam as cavidades (**lacunas**; singular: **lacuna**) dessa matriz endurecida. O osso é um tecido vivo e dinâmico, bem abastecido por vasos sanguíneos (esse assunto será discutido com mais detalhes no Capítulo 6).

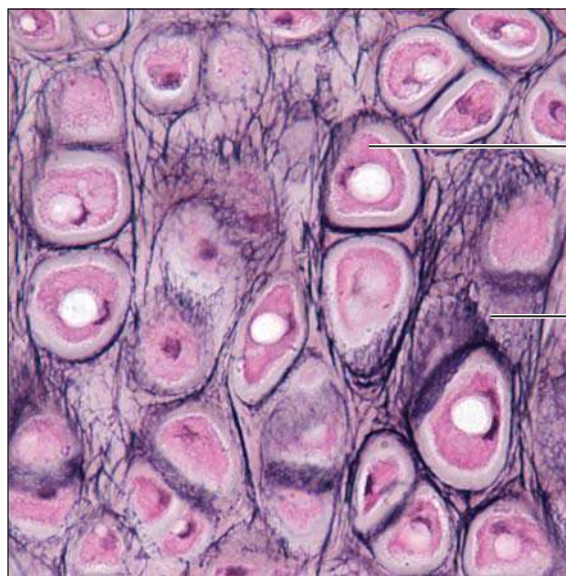
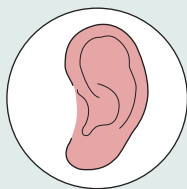
(i) Tecido cartilágneo: cartilagem elástica

Descrição: similar à cartilagem hialina, mas com fibras mais elásticas na matriz.



Função: mantém a forma de uma estrutura, proporcionando ao mesmo tempo grande flexibilidade.

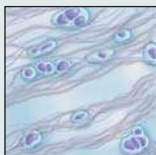
Localização: sustenta a orelha externa; epiglote.



Fotomicrografia: cartilagem elástica da orelha humana; forma o esqueleto flexível da orelha (510×).

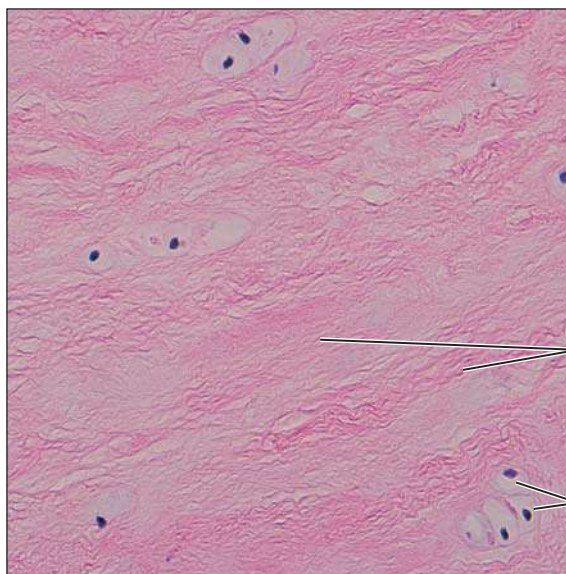
(j) Tecido cartilágneo: fibrocartilagem

Descrição: matriz similar, mas menos firme do que na cartilagem hialina; predominam as fibras de colágeno espessas.



Função: resistência à tensão com capacidade para absorver choques compressivos.

Localização: discos intervertebrais; sínfise púbica; discos da articulação do joelho.

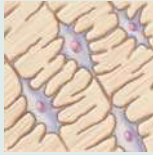


Fotomicrografia: fibrocartilagem de um disco intervertebral (175×).

Figura 4.10 Tecidos conjuntivos, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 19 e 20.)

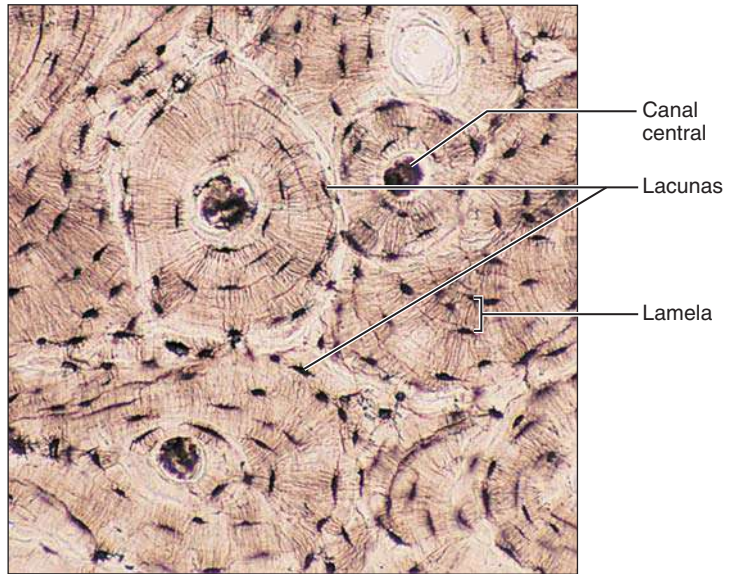
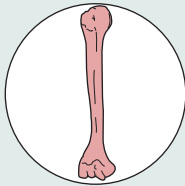
(k) Tecido ósseo

Descrição: matriz dura, calcificada, contendo muitas fibras de colágeno; osteócitos nas lacunas. Muito bem vascularizado.



Função: sustenta e protege (por confinamento); proporciona alavancas para a ação muscular; armazena cálcio, outros minerais e gordura; a medula dentro dos ossos é o lugar de formação das células sanguíneas (hematopoiese).

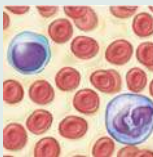
Localização: ossos.



Fotomicrografia: estrutura do osso em corte transversal (175×).

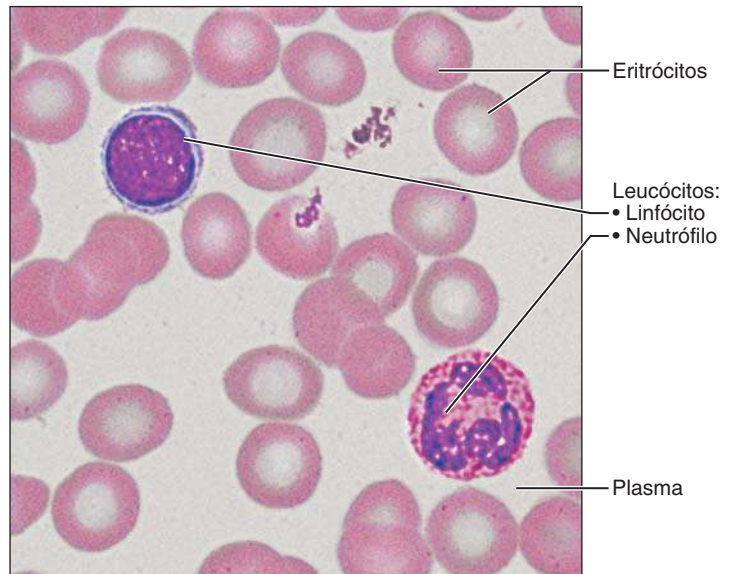
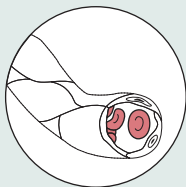
(l) Sangue

Descrição: eritrócitos e leucócitos em uma matriz líquida (plasma).



Função: transporte dos gases respiratórios, nutrientes, resíduos e outras substâncias.

Localização: contido nos vasos sanguíneos.



Fotomicrografia: esfregaço de sangue humano (1.650×), exibindo leucócitos circundados por eritrócitos.

Figura 4.10 Tecidos conjuntivos, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 22 a 27.)

Figura 4.11 A estrutura de um tecido fornece pistas sobre a sua função e localização.

Como as células estão distribuídas nos tecidos epitelial e conjuntivo?

TECIDOS EPITELIAIS

A região apical margeia o espaço aberto
 Células bem agrupadas
 Região basal conectada



Função e localização:
 o epitélio forma o revestimento externo e interno de muitos órgãos. Ele também reveste os ductos e forma a parte secretória da maioria das glândulas.

Como os núcleos das células estão dispostos?

Epitélio simples

Fileira única de núcleos



Epitélio estratificado

Fileiras empilhadas de núcleos



Epitélio pseudoestratificado

As células têm alturas diferentes e os núcleos aparecem empilhados
 Cada célula está conectada à região basal

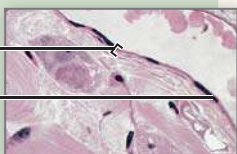


Qual é o formato das células na região apical?

Pavimentoso

Epitélio simples pavimentoso

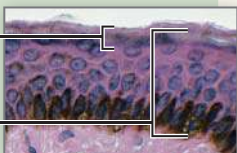
Células finas e planas
 Núcleo alongado



Função e localização: a fina camada de células permite o transporte rápido das moléculas. Localizado nos alvéolos dos pulmões, revestindo os vasos sanguíneos, nos glomérulos renais.

Epitélio estratificado pavimentoso

Células pavimentosas na região apical
 Várias camadas de células



Função e localização: as várias camadas de células fornecem proteção e regeneração rápida. Forma a camada externa da pele e reveste todas as aberturas corporais contínuas com a pele (ânus, vagina, cavidade oral).

Cúbico

Epitélio simples cúbico

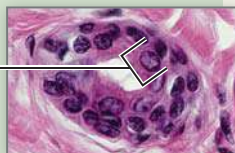
Células com formato quadrado a circular
 Núcleo circular no centro da célula



Função e localização: as células maiores abrigam organelas celulares ativas na produção de secreção e ainda permitem a passagem rápida pela camada epitelial. Localizado nas glândulas e nos túbulos renais.

Epitélio estratificado cúbico

Célula cúbica na região apical

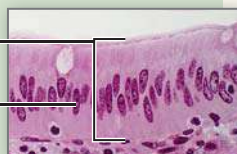


Função e localização: evita danos ao tecido subjacente decorrentes das secreções. Encontrado no revestimento dos ductos de muitas glândulas grandes (glândulas salivares, glândulas sudoríferas).

Prismático

Epitélio simples prismático (colunar)

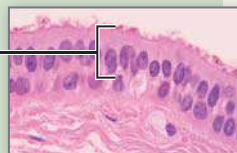
Células em formato retangular
 Núcleo oval



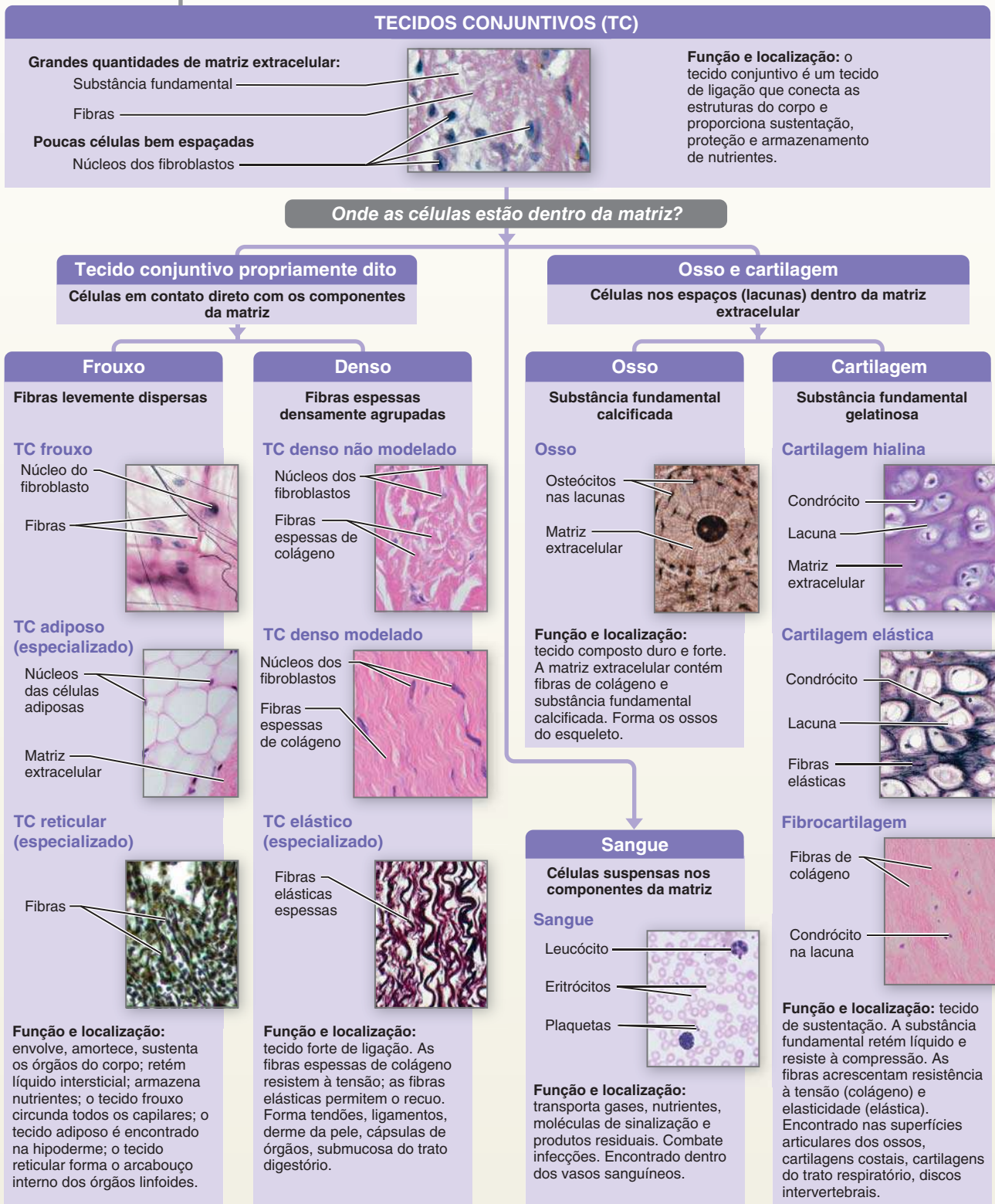
Função e localização: células prismáticas alongadas abrigam organelas celulares ativas na secreção e absorção. Encontrado no revestimento de grande parte dos tratos digestório e respiratório e nas tubas uterinas.

Epitélio estratificado prismático

Célula prismática na região apical



Função e localização: protege o tecido subjacente e produz secreções. Localizado na porção média da uretra masculina e no revestimento dos grandes ductos de algumas glândulas.



Função e localização: envolve, amortece, sustenta os órgãos do corpo; retém líquido intersticial; armazena nutrientes; o tecido frouxo circunda todos os capilares; o tecido adiposo é encontrado na hipoderme; o tecido reticular forma o arcabouço interno dos órgãos linfóides.

Função e localização: tecido forte de ligação. As fibras espessas de colágeno resistem à tensão; as fibras elásticas permitem o recuo. Forma tendões, ligamentos, derme da pele, cápsulas de órgãos, submucosa do trato digestório.

Função e localização: tecido composto duro e forte. A matriz extracelular contém fibras de colágeno e substância fundamental calcificada. Forma os ossos do esqueleto.

Função e localização: tecido de sustentação. A substância fundamental retém líquido e resiste à compressão. As fibras acrescentam resistência à tensão (colágeno) e elasticidade (elástica). Encontrado nas superfícies articulares dos ossos, cartilagens costais, cartilagens do trato respiratório, discos intervertebrais.

Sangue

O **sangue** (Figura 4.10l), que é o fluido existente nos vasos sanguíneos, é o tecido conjuntivo mais atípico. Ele não une estruturas e também não fornece suporte mecânico. O sangue é classificado como um tecido conjuntivo porque ele se desenvolve a partir do mesênquima e consiste em *células* sanguíneas circundadas por uma matriz inanimada, o *plasma* sanguíneo líquido. Suas células e sua matriz são muito diferentes das encontradas em outros tecidos conjuntivos. Ele atua como veículo de transporte³ para o sistema cardiovascular, transportando pelo corpo inteiro células de defesa, nutrientes, resíduos, gases respiratórios e muitas outras substâncias (o sangue é discutido em detalhes no Capítulo 18).

Os tecidos epiteliais e conjuntivos são os tipos de tecido mais diversos no corpo. Por essa razão, geralmente eles são os de compreensão mais difícil para os estudantes. A **Figura 4.11** apresenta as diferenças entre esses tipos de tecidos quanto à estrutura, função e localização.

✓ Verifique seu conhecimento

- 15. Quais tecidos conjuntivos contêm fibras de colágeno?
- 16. Em quais tecidos conjuntivos as células estão situadas nas lacunas?
- 17. Qual componente do tecido cartilágneo atua na resistência às forças de compressão?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Membranas de cobertura e revestimento

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ discutir a estrutura e a função das membranas mucosas, serosas e cutâneas.

Agora que você aprendeu sobre os tecidos conjuntivo e epitelial, pode conhecer as **membranas de cobertura e de revestimento** que combinam esses dois tipos de tecido (**Figura 4.12**). Essas membranas, que cobrem amplas áreas dentro do corpo, consistem em uma camada epitelial e tecido conjuntivo propriamente dito subjacente. Essas membranas são de três tipos: *cutânea*, *mucosa* e *serosa*.

A **membrana cutânea**, além de ser uma membrana seca, é a pele que cobre a superfície externa do corpo (Figura 4.12a). Seu epitélio externo é a epiderme grossa e seu tecido conjuntivo interno é a derme densa (a pele é discutida com mais detalhes no Capítulo 5).

Uma **membrana mucosa**, ou **mucosa**, reveste o interior de cada órgão interno oco que se abre para fora do corpo. Mais especificamente, as membranas mucosas

revestem os tubos dos sistemas respiratório, digestório, reprodutor e urinário (Figura 4.12b). Embora as diferentes membranas mucosas variem amplamente em relação aos tipos de epitélio que contêm, todas são molhadas ou úmidas. Como seu nome indica, muitas membranas mucosas secretam muco. Porém, nem todas fazem isso.

Todas as membranas mucosas consistem em uma camada epitelial acima de uma camada de tecido conjuntivo frouxo, chamada *lâmina própria*. Nas membranas mucosas do sistema digestório, a lâmina própria reside em uma camada de células musculares lisas. Os capítulos posteriores discutem as membranas mucosas específicas do corpo.

As **membranas serosas**, ou **serosas** (introduzidas no Capítulo 1), são as membranas escorregadias que revestem as cavidades fechadas da pleura, do pericárdio e do peritônio (Figuras 4.12c e 1.7, p. 12). Uma membrana serosa consiste em um epitélio simples pavimentoso, chamado **mesotélio**, situado em uma fina camada de tecido conjuntivo frouxo. Essa membrana produz um *fluido seroso* escorregadio, que começa como um filtrado do sangue nos capilares do tecido conjuntivo, com o acréscimo de moléculas lubrificantes pelo mesotélio.

III. TECIDO MUSCULAR

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever resumidamente os três tipos de tecido muscular.

Os dois tipos de tecidos restantes são os tecidos muscular e nervoso. Às vezes eles são chamados *tecidos compostos*, pois além de suas próprias células musculares ou nervosas, eles contêm pequenas quantidades de tecido conjuntivo frouxo — o tecido conjuntivo frouxo circunda todos os vasos sanguíneos e tanto o tecido muscular quanto o nervoso são altamente vascularizados.

Os **tecidos musculares** (**Figura 4.13**) produzem a maioria dos tipos de movimento corporal. A maior parte das células musculares chama-se **fibras musculares**, que têm uma forma alongada e se contraem vigorosamente quando se encurtam. Essas células contêm muitos miofilamentos (“filamentos musculares”), que são organelas celulares cheias de filamentos de actina e miosina que produzem contração em todos os tipos de célula (p. 33). Existem três tipos de tecido muscular: *esquelético*, *cardíaco* e *liso*.

O **tecido muscular esquelético** (Figura 4.13a) é o componente principal dos órgãos chamados músculos esqueléticos, que tracionam os ossos e provocam os movimentos corporais. As células musculares esqueléticas são cilindros grandes que contêm muitos núcleos. Sua aparência estriada ou listrada evidente reflete um arranjo altamente organizado dos seus miofilamentos

3 Nota do revisor técnico: devido à sua função, o sangue também é classificado como tecido conjuntivo de transporte.

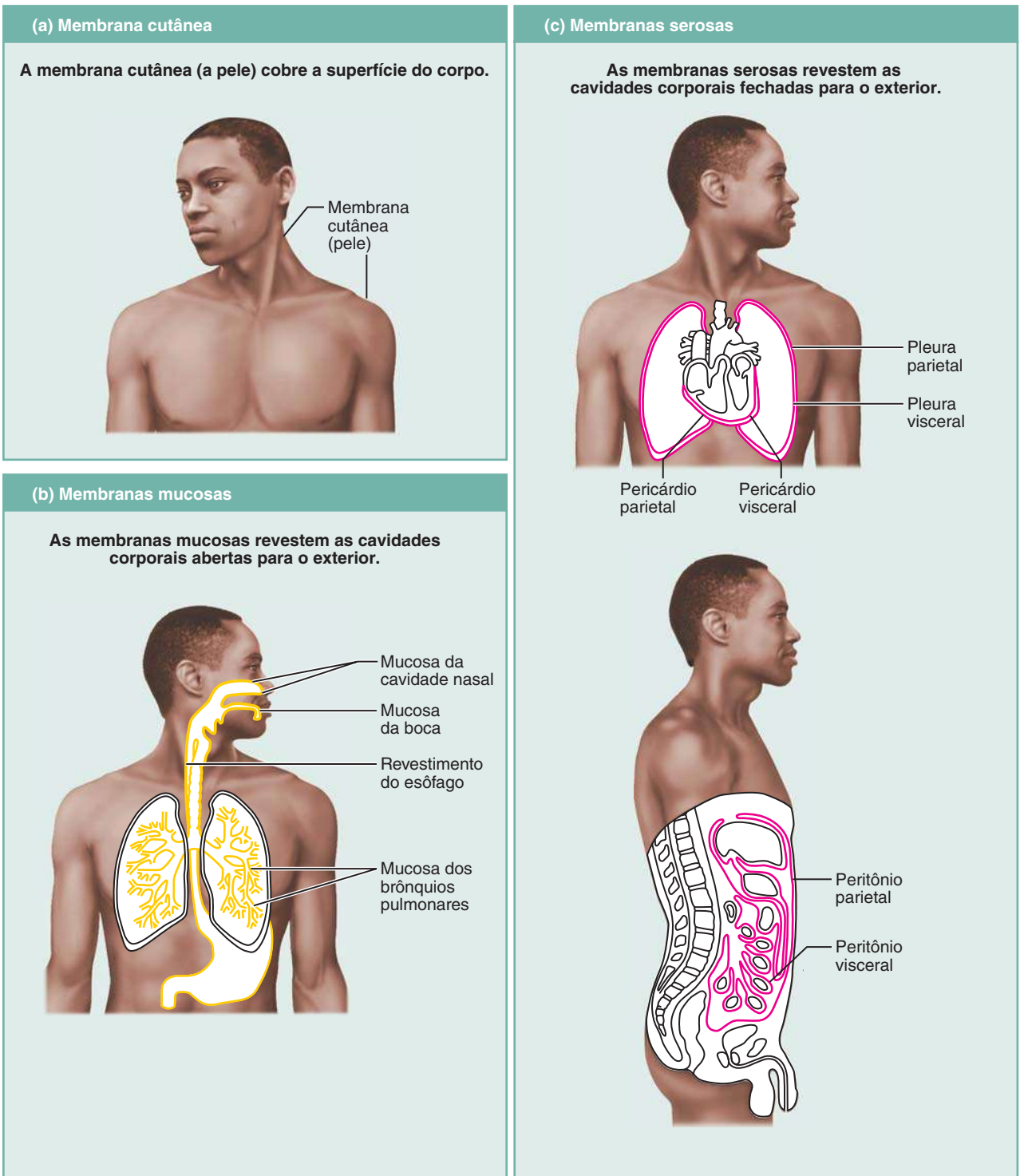


Figura 4.12 Tipos de membranas.

(o tecido muscular esquelético é descrito em detalhes no Capítulo 10).

O **tecido muscular cardíaco** (Figura 4.13b) ocorre na parede do coração e se contrai para impelir o sangue através dos vasos sanguíneos. Assim como as células musculares esqueléticas, as células musculares cardíacas também são estriadas. No entanto, elas têm duas diferenças: (1) cada célula cardíaca possui apenas um

núcleo e (2) as células cardíacas ramificam e unem-se em junções celulares especiais chamadas *discos intercalados* (os detalhes do tecido muscular cardíaco são discutidos no Capítulo 19).

O **tecido muscular liso** (Figura 4.13c) tem esse nome porque não há estrias visíveis em suas células, que são alongadas, possuem extremidades afiladas e contêm núcleos localizados em seu centro. O músculo

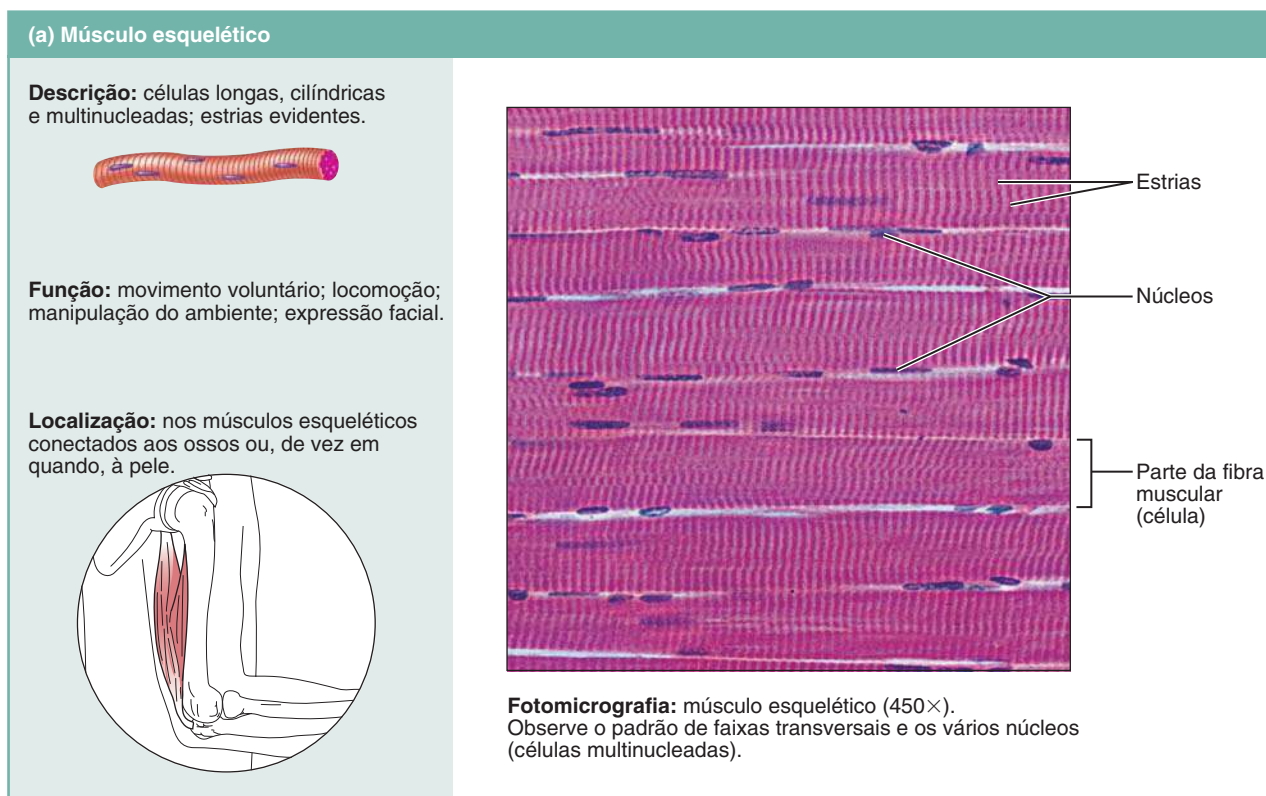


Figura 4.13 Tecidos musculares. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 28.)

liso ocorre basicamente nas paredes das vísceras ocas, como os órgãos digestórios e urinários, o útero e os vasos sanguíneos. Sua ação geral é a compressão de substâncias por esses órgãos por meio da contração e relaxamento alternados (o tecido muscular liso é descrito em detalhes no Capítulo 23).

IV. TECIDO NERVOSO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ distinguir os tipos de células encontrados no tecido nervoso.

O **tecido nervoso** é o componente principal dos órgãos nervosos — o encéfalo, a medula espinal e os nervos — que regulam e controlam as funções do corpo. Ele contém dois tipos de células: neurônios e células de suporte. Os **neurônios** são células nervosas altamente especializadas (Figura 4.14) que geram e conduzem impulsos elétricos. Eles possuem extensões, ou processos, que lhes permitem transmitir impulsos ao longo de distâncias substanciais dentro do corpo. Os **dendritos** são processos celulares que partem do corpo celular de um neurônio, como os galhos de uma árvore. Os dendritos, que são a região receptiva do neurônio, transmitem sinais para o corpo celular. Um neurônio também possui um processo celular longo e único que parte do seu corpo celular, o **axônio**, e que gera impulsos nervosos, transmitindo-os para fora do

corpo celular. As células de suporte, chamadas **neuróglia**s, são células não condutoras que nutrem, isolam e protegem os delicados neurônios (o tecido nervoso será mais bem discutido no Capítulo 12).

✓ Verifique seu conhecimento

- 18. Examine a fotomicrografia de tecido muscular liso (Figura 4.13c). Como você pode afirmar que esse tecido não é um epitélio estratificado pavimentoso?
- 19. Quais células nervosas agem transmitindo impulsos elétricos?
- 20. Faça a distinção entre os termos *estriado* e *estratificado*. Quais tecidos são estriados? Quais são estratificados?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

RESPOSTA DO TECIDO À LESÃO

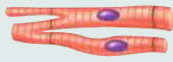
Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever os processos inflamatórios e de reparo pelos quais o tecido se recupera de uma lesão.

O corpo possui muitos mecanismos para se proteger de lesões e microrganismos invasores. Os epitélios intactos atuam como uma barreira física, mas depois que essa barreira é penetrada, as respostas protetoras são ativadas no tecido conjuntivo propriamente dito subjacente. Essas são as *respostas inflamatória e imu-*

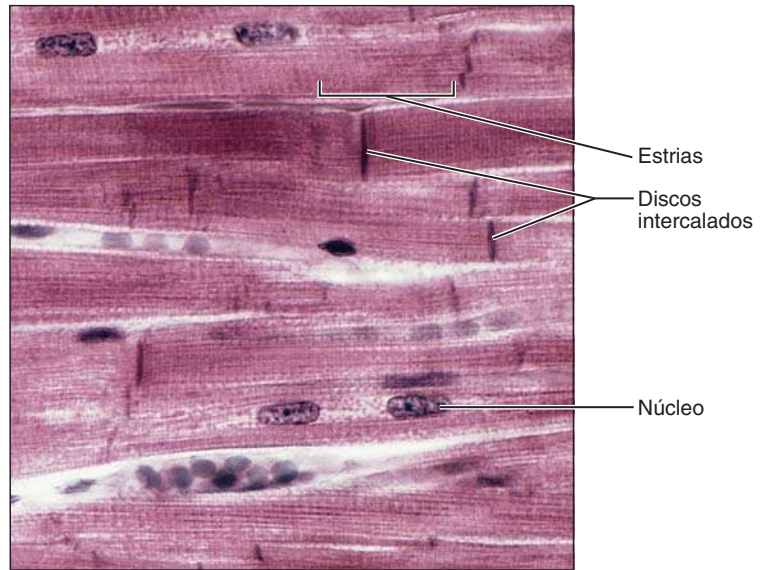
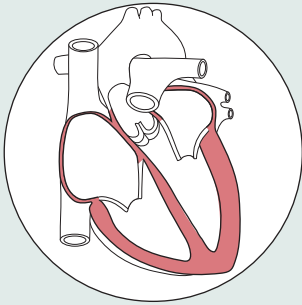
(b) Músculo cardíaco

Descrição: células ramificadas, estriadas e geralmente mononucleadas, que se interconectam em junções especializadas (discos intercalados).



Função: à medida que se contrai, impele o sangue na circulação; controle involuntário.

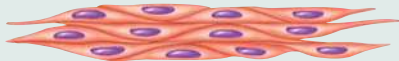
Localização: paredes do coração.



Fotomicrografia: músculo cardíaco (355×); repare nas estrias, na ramificação das células e nos discos intercalados.

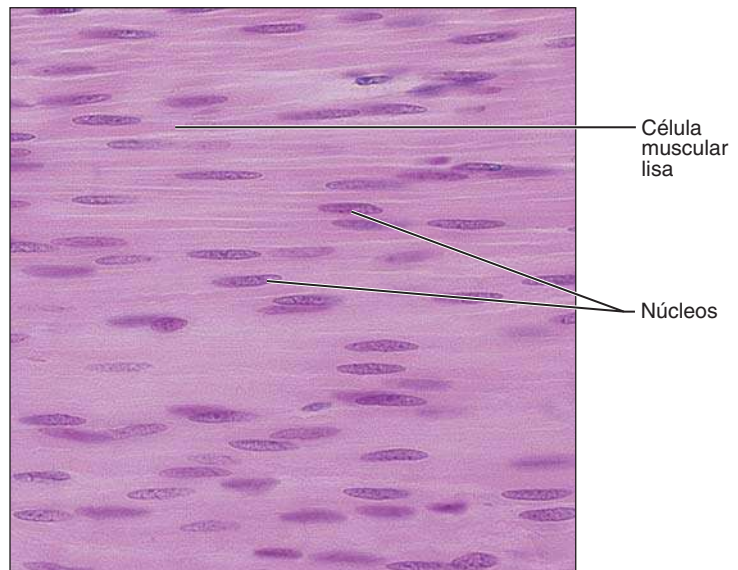
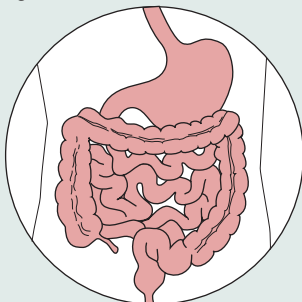
(c) Músculo liso

Descrição: células fusiformes com núcleos centrais; nenhuma estria; as células são dispostas com muita proximidade umas das outras e formam lâminas.



Função: impele, ao longo das vias internas de passagem, alimentos, urina, um bebê; controle involuntário.

Localização: principalmente nas paredes dos órgãos ocos.



Fotomicrografia: lâmina de músculo liso do trato digestório (465×).

Figura 4.13 Tecidos musculares, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 31 e 32.)

ne. A inflamação é uma resposta local inespecífica que se desenvolve rapidamente e limita o dano no local da lesão. A resposta imune, por outro lado, leva mais tempo para se desenvolver e é altamente específica.

Ela destrói determinados microrganismos infecciosos e moléculas estranhas no local da infecção e em todo o corpo. Esta seção concentra-se na inflamação (a resposta imune é discutida no Capítulo 21).

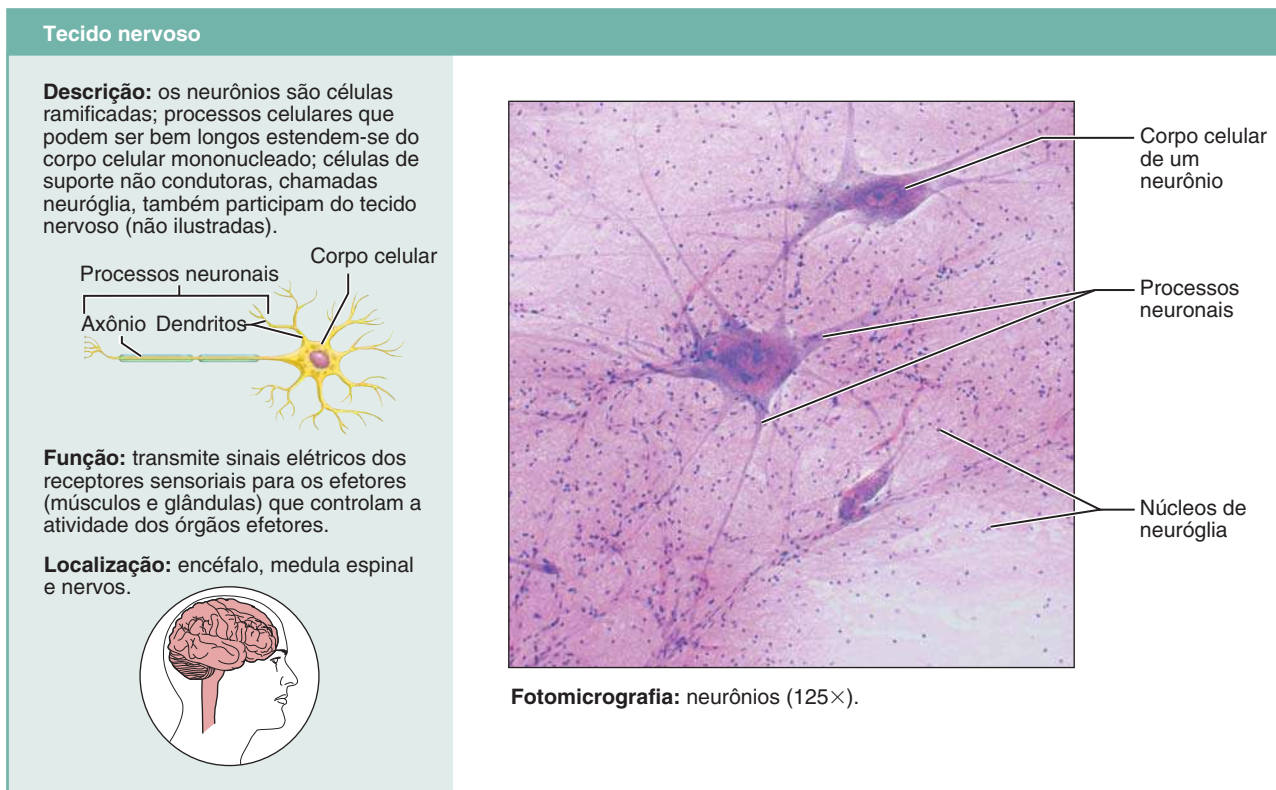


Figura 4.14 Tecido nervoso. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 33.)

Inflamação

Quase toda lesão ou infecção leva a uma resposta inflamatória. Por exemplo, suponha que a sua pele seja cortada por um pedaço de vidro sujo, esmagada por uma pancada em um jogo de futebol ou tenha uma espinha (acne) inflamada. À medida que a inflamação de curto prazo, ou aguda, desenvolve-se no tecido conjuntivo, ela produz quatro sintomas: *calor*, *rubor*, *inchaço* e *dor*. Você pode chegar à origem de cada sintoma.

A agressão inicial induz a liberação de *substâncias químicas inflamatórias* no líquido intersticial vizinho. As células do tecido lesionado, macrófagos, mastócitos e proteínas do sangue servem como fontes desses mediadores inflamatórios. Essas substâncias químicas determinam a dilatação dos vasos sanguíneos vizinhos, aumentando assim o fluxo sanguíneo para o local da lesão, que é a fonte de *calor* e *rubor* da inflamação. Certas substâncias químicas inflamatórias, como a histamina, aumentam a permeabilidade dos capilares, fazendo que grandes quantidades de líquido intersticial saiam da corrente sanguínea. O acúmulo de fluido resultante no tecido conjuntivo, chamado **edema** (“intumescimento”), provoca o *inchaço* da inflamação. O excesso de fluido pressiona as terminações nervosas,

contribuindo para a sensação de *dor*. Algumas substâncias químicas inflamatórias também provocam dor ao afetarem diretamente as terminações nervosas.

À primeira vista, o edema inflamatório parece prejudicial, mas na realidade ele é benéfico. A entrada de fluido derivado do sangue no tecido conjuntivo lesionado (1) ajuda a diluir as toxinas secretadas pelas bactérias, (2) traz oxigênio e nutrientes do sangue, que são necessários para o reparo tecidual, e (3) traz anticorpos do sangue para combater a infecção. Nas infecções muito graves e em todos os ferimentos que atingem os vasos sanguíneos, o fluido que vaza dos capilares contém proteínas de *coagulação*. Nesses casos, a coagulação ocorre na matriz do tecido conjuntivo. O coágulo fibroso isola a área lesionada e “empareda” os microrganismos infecciosos, evitando a sua disseminação.

O próximo estágio na inflamação é a *estase* (“estagnação”), que é a desaceleração do fluxo sanguíneo local, que se segue necessariamente a uma saída maciça de fluido dos capilares. Nesse estágio, os leucócitos começam a sair dos pequenos vasos. Os primeiros a aparecerem no local da infecção são os neutrófilos, depois os macrófagos. Essas células devoram os microrganismos infecciosos e também as células teciduais danificadas.

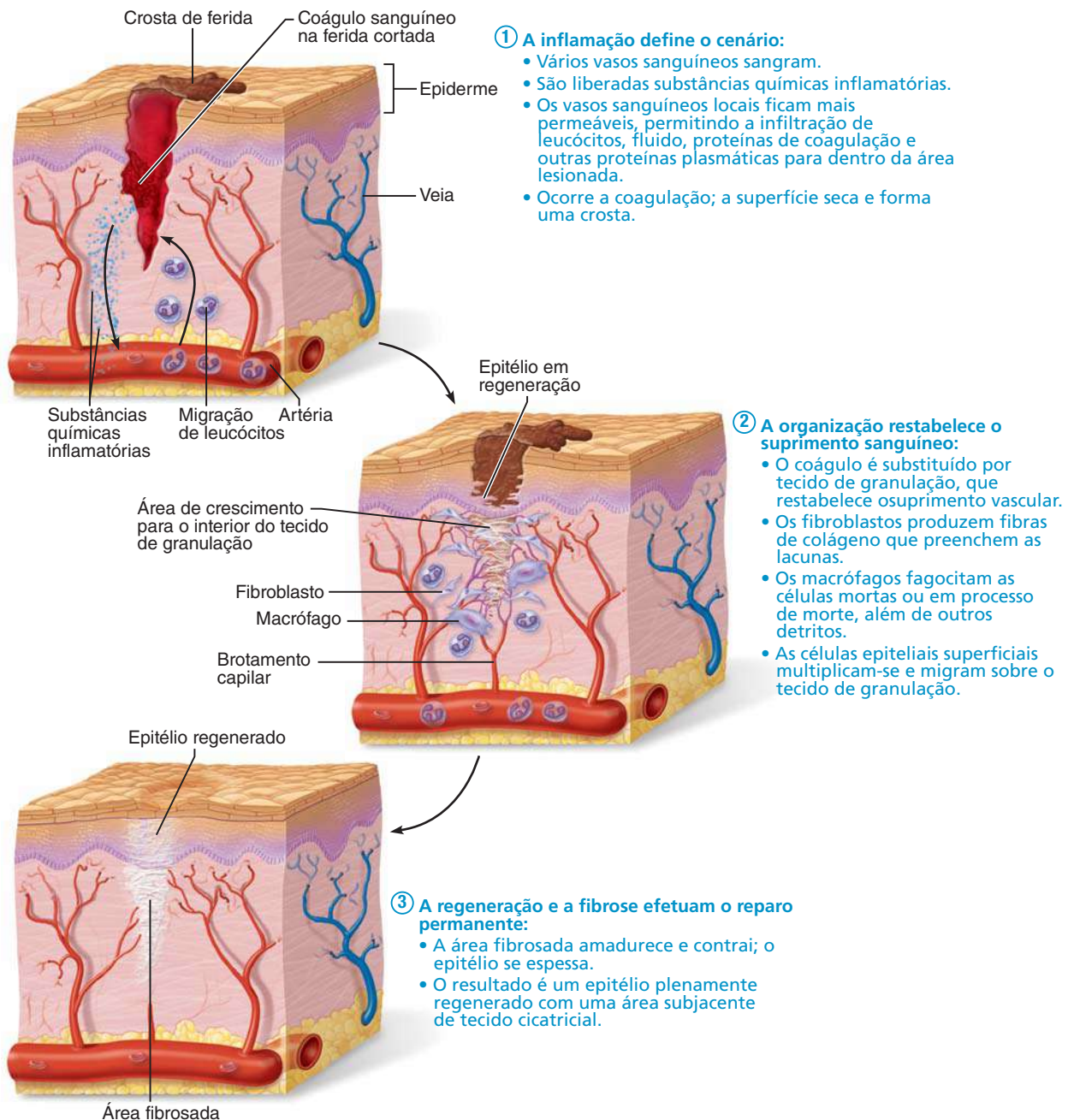


Figura 4.15 Reparo tecidual de uma ferida na pele.

Reparo

Mesmo com o avanço da inflamação, o reparo do tecido começa a acontecer e pode ocorrer de duas importantes maneiras: por regeneração e por fibrose. A **regeneração** é a substituição de um tecido destruído por um tecido novo, do mesmo tipo, enquanto a **fibrose** envolve a proliferação de um tecido conjuntivo fibroso, chamado **tecido cicatricial**. O reparo tecidual em uma ferida na pele envolve tanto a regeneração quanto a fibrose. Após a coagulação do sangue dentro do corte, a parte superficial do coágulo seca e forma uma crosta (Figura 4.15, 1). Nesse ponto, o reparo começa com uma etapa chamada organização.

Organização é o processo pelo qual o coágulo é substituído por tecido de granulação (Figura 4.15, 2). O **tecido de granulação** é um tecido delgado róseo, composto de vários elementos. Ele contém capilares que crescem a partir de áreas vizinhas, bem como uma proliferação de fibroblastos que produzem novas fibras de colágeno para preencher a ferida. Alguns de seus fibroblastos possuem propriedades de contração, que tracionam as margens do ferimento, unindo-as. Com o avanço da organização, os macrófagos digerem o coágulo original e o depósito de colágeno continua. À medida que mais colágeno é produzido, o tecido de granulação transforma-se paulatinamente em tecido cicatricial fibroso (Figura 4.15, 3).

Durante a organização, o epitélio superficial começa a se *regenerar*, crescendo sob a crosta até ela cair. O resultado final é um epitélio plenamente regenerado e uma área de cicatriz subjacente.

O processo que acabamos de apresentar descreve a cicatrização de uma ferida como um corte, arranhão ou perfuração. Por outro lado, nas *infecções* puras (uma espinha ou inflamação de garganta), normalmente não existe formação de coágulo ou cicatrização. Somente as infecções graves levam à cicatrização.

A capacidade de regeneração varia amplamente entre os diferentes tecidos. Os epitélios regeneram-se extremamente bem, assim como o osso, o tecido conjuntivos frouxo e denso não modelado e o tecido formador de sangue. O músculo liso e o tecido conjuntivo denso modelado têm uma capacidade de regeneração moderada, mas o músculo esquelético e a cartilagem têm pouca capacidade. O músculo cardíaco e o tecido nervoso no encéfalo e na medula espinal não têm capacidade regenerativa funcional. No entanto, estudos recentes demonstraram a ocorrência de alguma inesperada divisão celular nesses tecidos após a lesão e estão sendo empreendidos esforços para “persuadi-los” a se regenerar melhor.

Nos tecidos não regenerativos e nas feridas excepcionalmente graves, a fibrose substitui totalmente o tecido perdido. A cicatriz resultante tem um aspecto pálido, com uma área geralmente brilhante, e encolhe no decorrer dos meses após a sua formação. Uma cicatriz consiste principalmente em fibras de colágeno e contém poucas células ou capilares. Embora seja muito forte, ela carece da flexibilidade e elasticidade comuns à maioria dos tecidos normais, sendo incapaz de desempenhar as funções normais do tecido que substituiu.

A irritação dos órgãos viscerais pode fazer que se colem uns nos outros ou à parede corporal enquanto cicatrizam. Essas **aderências** podem impedir as ações agitadas normais das alças intestinais, paralisando perigosamente a movimentação do alimento através do tubo digestório. Elas também podem restringir o movimento do coração e dos pulmões, além de imobilizar as articulações. Após quase todas as cirurgias abdominais, formam-se aderências entre a parede corporal e a víscera abdominal, tornando mais difícil uma cirurgia subsequente nessa região.

✓ Verifique seu conhecimento

- 21. Quais tecidos se regeneram com mais facilidade? Quais tecidos não se regeneram?
- 22. O tecido de reparação que cria uma “cicatriz” está situado no epitélio ou no tecido conjuntivo subjacente?
- 23. O que provoca o calor e inchaço em um tecido infectado?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

OS TECIDOS AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ indicar a derivação embrionária de cada classe de tecido;
- ▶ descrever resumidamente as mudanças que ocorrem nos tecidos com a idade.

As derivações embrionárias dos quatro tecidos básicos são (**Figura 4.16**):

- Tecido conjuntivo e muscular derivados do mesênquima, principalmente da camada germinativa mesodérmica.
- A maioria dos tecidos epiteliais desenvolve-se a partir do epitélio embrionário das camadas ectodérmica e endodérmica. Alguns epitélios — o epitélio que reveste os vasos e o mesotélio que reveste a cavidade corporal ventral — derivam do mesênquima mesodérmico.
- O tecido nervoso no encéfalo e na medula espinal deriva do epitélio ectodérmico (recorde o Capítulo 3, p. 53 e 54).

No final do segundo mês de desenvolvimento, os quatro tecidos primários formaram-se e todos os órgãos principais já existem. Em praticamente todos os tecidos, as células continuam a se dividir por todo o período pré-natal, proporcionando o rápido crescimento corporal que ocorre antes do nascimento. No entanto, a divisão das células *nervosas* estagna-se (ou quase) durante o período fetal. Após o parto, as células da maioria dos demais tecidos continua a se dividir até o corpo adulto se formar. Na idade adulta, apenas os tecidos epiteliais e os tecidos formadores de células sanguíneas são altamente mitóticos. A divisão celular nos outros tecidos desacelera bastante, embora muitos deles retenham uma capacidade regenerativa.

Alguns tecidos que se regeneram durante a vida inteira o fazem pela divisão de suas células maduras e diferenciadas. Isso é comum nos tecidos epiteliais. As novas células diferenciadas substituem as células mais velhas dentro do tecido. Em condições patológicas, podem ocorrer anomalias nesse processo. O câncer é uma doença na qual as células teciduais se dividem de maneira descontrolada e ultrapassam as fronteiras normais dos tecidos. Os tipos de câncer mais comuns no ser humano são os carcinomas que surgem nos epitélios (ver a seção **ANÁLISE APROFUNDADA** neste capítulo).

Muitos tecidos contêm populações de **células-tronco**, que são células relativamente não diferenciadas, que se renovam e se dividem continuamente para produzir novas células teciduais, conforme a necessidade. Há muito tempo se sabe da existência das células-tronco nos tecidos de substituição rápida, como a epiderme, o revestimento do tubo digestório,

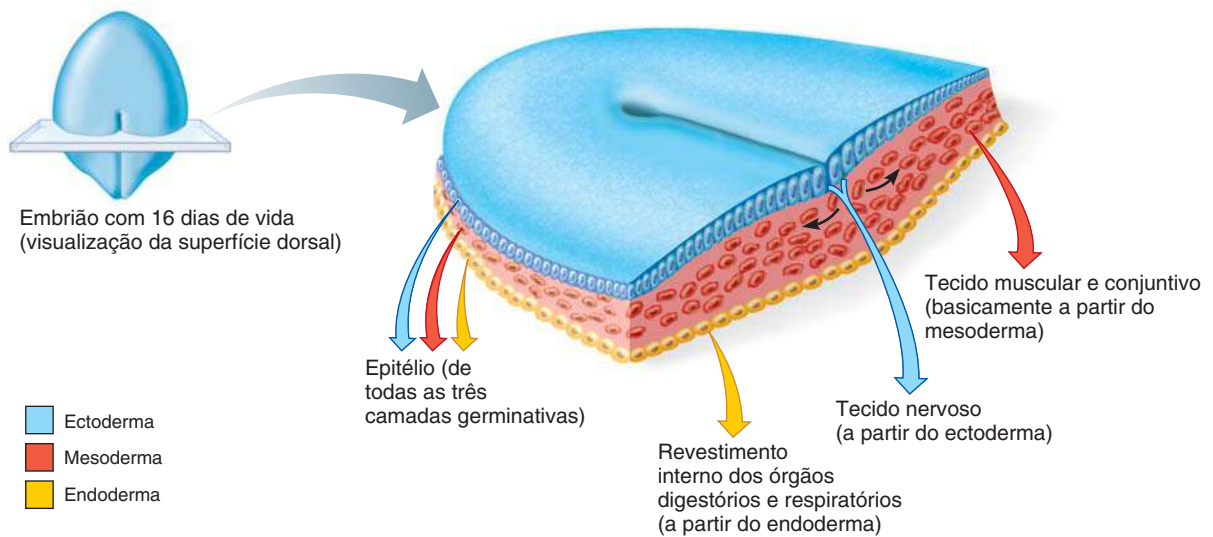


Figura 4.16 Camadas germinativas embrionárias e os principais tipos de tecidos que elas produzem.

alguns tecidos conjuntivos e o tecido formador de sangue. Hoje, porém, elas têm sido encontradas por toda parte: no encéfalo, tecido adiposo, e, provavelmente, no fígado e no pâncreas.

Em condições de boa nutrição, boa circulação, além de feridas e infecções relativamente pouco frequentes, os tecidos geralmente funcionam bem na juventude e na meia-idade. Nunca é demais mencionar a importância da nutrição para a saúde dos tecidos. Por exemplo, a vitamina A é necessária para a regeneração normal do epitélio (fígado e cenouras são ricos nessa vitamina). Como as proteínas são o material estrutural do corpo, uma ingestão adequada é essencial para que os tecidos preservem a sua integridade estrutural.

Com o avanço da idade, os epitélios afinam e se rompem com mais facilidade. A quantidade de coláge-

no no corpo diminui, tornando menos eficiente o reparo dos tecidos. As feridas não cicatrizam tão depressa quanto na juventude. O osso, o músculo e o tecido nervoso começam a atrofiar. Esses eventos decorrem, em parte, da diminuição da eficiência circulatória, mas em alguns casos a dieta é um fator que contribui. Uma dieta pobre em proteínas e vitaminas pode afetar negativamente a saúde dos tecidos.

✓ Verifique seu conhecimento

- 24. Qual camada (ou camadas) embrionária forma o epitélio?
- 25. Em que as células cancerosas são diferentes dos tipos celulares altamente mitóticos?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Adenoma (*aden* = glândula; *oma* = tumor) Qualquer neoplasma do epitélio glandular, benigno ou maligno. O tipo maligno tem o nome mais específico (*adenocarcinoma*).

Carcinoma (*karkinos* = caranguejo, câncer) Câncer que surge no epitélio. Noventa por cento de todos os cânceres humanos são desse tipo: pulmão, mama, próstata, entre outros.

Interações epiteliais-tecido conjuntivo Uma troca de sinais químicos entre os epitélios e os tecidos conjuntivos subjacentes, especialmente no controle dos eventos do desenvolvimento embrionário e na rege-

neração do câncer à medida que as células tumorais epiteliais adquirem a capacidade de metástase. Essas trocas também são chamadas interações epiteliais-estromais ou, nos embriões, interações epiteliais-mesenquimatosas. Atualmente essa é uma área de pesquisa muito ativa.

Lesão ("ferida") Qualquer lesão, ferida ou infecção que afeta o tecido sobre uma área de tamanho definido, ao contrário de se espalhar pelo corpo inteiro.

Sarcoma (*sarkos* = carne; *oma* = tumor) Câncer que surge nos tecidos derivados do mesênquima; isto é, nos tecidos conjuntivos e no músculo.

Câncer — o inimigo íntimo

Antes percebido como um crescimento celular desorganizado, hoje se sabe que o câncer é um processo lógico, coordenado, no qual uma sequência que precisa de alterações minúsculas transforma uma célula normal em uma célula exterminadora. Vamos examinar mais atentamente do que se trata, realmente, o câncer.

Quando as células não cumprem os controles normais da divisão celular e se multiplicam de maneira excessiva, o resultado é uma massa de células proliferativas chamada *neoplasma* (“novo crescimento”). Os neoplasmas são classificados como benignos (“legais”) ou malignos (“maus”). Um **neoplasma benigno**, chamado geralmente de **tumor**, é um caso estritamente local, onde suas células permanecem compactadas (frequentemente são encapsuladas), tendem a crescer lentamente e raramente matam seus hospedeiros, caso sejam removidos antes de comprimirem órgãos vitais.

Por outro lado, os **cânceres** são **neoplasmas malignos**, massas não encapsuladas que crescem implacavelmente. Suas células lembram as células imaturas e os cânceres invadem seu entorno, em vez de empurrá-las para o lado, conforme reflete o nome *câncer*, da palavra em latim para designar um “caranguejo”. As células malignas também podem se soltar da massa principal, o tumor primário, e seguir para outros órgãos do corpo utilizando o sangue ou a linfa, onde formam massas cancerosas secundárias.

Essa capacidade para seguir para outras partes do corpo chama-se **metástase**. A metástase e a capacidade invasiva distinguem as células cancerosas das células dos neoplasmas benignos. As células cancerosas consomem uma quantidade excepcional de nutrientes do corpo, levando à perda de peso e tecido, o que contribui para a morte.

Mecanismos da carcinogênese

Fatores físicos (radiação, trauma mecânico), certas infecções virais e



Visualização endoscópica de um pólipo no colo.

muitas substâncias químicas (alcatrão do tabaco, sacarina, algumas substâncias químicas dos alimentos naturais) podem agir como **carcinógenos** (causadores de câncer). Esses fatores provocam mutações — mudanças no DNA que alteram a expressão de certos genes. No entanto, nem todos os carcinógenos provocam danos; a maioria deles é eliminada pelas enzimas peroxissômicas ou lisossômicas ou pelo sistema imune. Além disso, uma mutação geralmente não é suficiente; é preciso muitas alterações genéticas para transformar uma célula normal em uma célula cancerosa.

O câncer pode resultar de dois tipos de mutação genética: 1) os **oncogenes** (*onco* = tumor), que resultam de mutações nos genes normais que regulam a divisão, a diferenciação e o crescimento celular e, quando sofrem mutações, esses genes são ativados de maneira anormal, provocando crescimento e divisão celular anormal; 2) os **genes supressores de tumor**, que agem nas células normais interrompendo a divisão celular, reparando o DNA danificado e iniciando a morte celular programada (chamada *apoptose*), quando o DNA celular é gravemente danificado. As mutações nos genes supressores de tumor estão envolvidas em muitos tipos de câncer e levam à inativação

desses controles celulares e, por sua vez, à divisão celular descontrolada.

O câncer colorretal, um dos cânceres humanos mais conhecidos, envolve mutações nessas duas vias genéticas. Assim como na maioria dos cânceres, uma metástase desenvolve-se gradualmente. Um dos primeiros sinais é um pólipo, um pequeno crescimento benigno consistindo em células mucosas aparentemente normais (ver a foto). À medida que a divisão celular continua, a massa aumenta e se transforma em adenoma. Como vários genes supressores de tumor estão inativados e um oncogene está ativado, as mutações acumulam-se e o adenoma torna-se cada vez mais anormal. A consequência final é o carcinoma do colo, uma forma de câncer com metástase rápida.

O câncer pode surgir em quase qualquer tipo de célula, mas geralmente se origina nos tecidos epiteliais da pele, pulmão, colo, mama e próstata. Os epitélios são especialmente suscetíveis, pois esses tecidos normalmente são submetidos a altas taxas de mitose. A mutação dos muitos genes que controlam a mitose pode levar à divisão celular descontrolada e, potencialmente, ao câncer.

Diagnóstico e tratamento

Os procedimentos de triagem são vitais para a detecção precoce. Infelizmente, a maioria dos cânceres é diagnosticada só depois de os sintomas já terem aparecido. Nesse caso, o método de diagnóstico geralmente é uma **biópsia**: remover cirurgicamente uma amostra de tecido e examiná-la microscopicamente em busca de células malignas.

A maioria dos cânceres é removida cirurgicamente, caso isso seja possível. Para destruir as células metastáticas, geralmente a radioterapia e a quimioterapia são aplicadas após a cirurgia. Os medicamentos anticâncer têm efeitos colaterais desagradáveis — *náusea, vômito, perda de pelos* — pois eles matam todas as células que

ANÁLISE APROFUNDADA

se dividem rapidamente, incluindo os tecidos e células normais. A radiação também tem efeitos colaterais, já que destrói o tecido saudável junto com as células cancerosas.

As novas terapias promissoras agem (1) liberando medicamentos mais precisamente para o câncer,

poupando, assim, o tecido normal por meio do uso de minúsculas esferas metálicas revestidas com a substância medicamentosa, que são guiadas até o tumor por um ímã poderoso, e (2) desnutrindo as células cancerosas ao cortar o seu suprimento sanguíneo.

Outros tratamentos experimentais procuram reparar os genes supressores de tumor defeituosos e os oncogenes, destruir as células cancerosas com vírus ou instruir as células cancerosas a cometerem suicídio por apoptose.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. Os tecidos são coleções de células estruturalmente similares e com funções relacionadas. Eles também contêm matéria inanimada entre suas células. Os quatro tecidos primários são: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso.

I. TECIDO EPITELIAL (p. 65-79)

2. Os epitélios são camadas de células que cobrem as superfícies corporais e revestem as cavidades corporais. Eles também formam a maioria das glândulas do corpo. As funções dos epitélios incluem proteção, secreção, absorção, difusão, filtração e recepção sensorial.

Características especiais dos epitélios (p. 68)

3. Os epitélios exibem um alto grau de celularidade, pouco material extracelular, junções celulares especializadas, polaridade, avascularidade e capacidade de regeneração. Eles são sustentados por tecido conjuntivo frouxo.

Classificação dos epitélios (p. 68-74)

4. Os epitélios são classificados pelo número de camadas celulares como simples (uma camada) ou estratificados (mais de uma camada) e pelo formato da célula como pavimentoso, cúbico ou prismático. Os epitélios estratificados são denominados de acordo com a forma de suas células apicais.
5. O epitélio simples pavimentoso é uma camada única de células chatas. Sua pouca espessura permite que as moléculas passem rapidamente através dele por difusão passiva. Ele reveste os alvéolos dos pulmões, o interior dos vasos sanguíneos (endotélio) e a cavidade corporal ventral (mesotélio).
6. O epitélio simples cúbico atua na absorção e secreção. Ele ocorre nos túbulos renais, nas células secretórias de muitas glândulas e nos pequenos ductos das glândulas.
7. O epitélio simples prismático (colunar) reveste o estômago e os intestinos, e uma versão ciliada reveste as tubas uterinas. Assim como o epitélio simples cúbico, ele é ativo na secreção e absorção.

8. O epitélio pseudoestratificado é um epitélio simples que contém células baixas e altas. Uma versão ciliada reveste a maior parte das passagens respiratórias.
9. O epitélio estratificado pavimentoso é espesso e tem muitas camadas. Suas células apicais são chatas e resistentes à abrasão. Entre os exemplos temos a epiderme e os revestimentos da boca, esôfago e vagina.
10. Os epitélios estratificados cúbico e prismático (colunar) e colunar, embora raros, revestem os grandes ductos de algumas glândulas.
11. O epitélio de transição é um epitélio estratificado que afina quando se estica. Ele reveste os órgãos urinários ocultos.

Glândulas (p. 74-76)

12. Uma glândula consiste em uma ou mais células especializadas em secretar um produto. A maioria dos produtos glandulares são proteínas liberadas por exocitose.
13. As glândulas endócrinas (sem ductos) secretam hormônios que entram nos vasos circulatórios e seguem para determinados órgãos, a partir dos quais sinalizam uma resposta.
14. As glândulas exócrinas secretam seus produtos nas superfícies corporais ou nas cavidades corporais. As células calciformes secretoras de muco são glândulas exócrinas unicelulares. As glândulas exócrinas multicelulares são classificadas pela estrutura de seus ductos como simples ou compostas e pela estrutura de suas unidades secretórias como tubulares, acinosas (alveolares) ou tubuloacinosas.

Características da superfície epitelial (p. 76-79)

15. Características da superfície lateral dos epitélios: os principais tipos de junções celulares são as impermeáveis que fecham os espaços extracelulares; as junções da zônula de adesão e os desmossomos que unem as células; e as junções comunicantes que permitem a passagem das moléculas pequenas de uma célula para outra.
16. Característica da superfície basal: as células epiteliais residem em uma camada proteica chamada lâmina basal. Essa lâmina age como um filtro e andaime sobre o qual as células epiteliais em processo de regeneração conseguem crescer. A lâmina basal, além de algumas fibras reticulares subjacentes, formam a membrana basal mais espessa.
17. Características da superfície apical: as microvilosidades ocorrem na maior parte dos epitélios úmidos. Elas aumentam a área de superfície epitelial e podem ancorar camadas

de muco. Os cílios são projeções similares a chicotes que batem para mover o fluido (normalmente o muco). Microtúbulos nos núcleos dos cílios geram movimento ciliar.

II. TECIDO CONJUNTIVO (p. 80-94)

18. O tecido conjuntivo é a classe de tecido mais diversa e abundante. Suas quatro classes básicas são o tecido conjuntivo propriamente dito (frouxo e denso), cartilagem, osso e sangue.

Características especiais dos tecidos conjuntivos (p. 80-81)

19. Todos os tecidos conjuntivos consistem em células separadas por matriz extracelular abundante. Em todos os tecidos conjuntivos, exceto no sangue, a matriz consiste em substância fundamental, fibras e líquido intersticial. Todos os tecidos conjuntivos são derivados do mesênquima embrionário.

Elementos estruturais dos tecidos conjuntivos

(p. 81-83)

20. O principal tipo de célula no tecido conjuntivo produz as fibras e a substância fundamental da matriz extracelular; fibroblastos no tecido conjuntivo propriamente dito, condroblastos na cartilagem; osteoblastos no osso. Depois que o tecido já está formado, essas células passam a chamar fibrócitos, condrócitos e osteócitos, com a função de manter a matriz tecidual. Outros tipos de célula encontrados em muitos tecidos conjuntivos incluem as células adiposas e várias células de defesa: leucócitos, macrófagos e mastócitos.
21. Três tipos de fibras são encontrados nos tecidos conjuntivos: as fibras de colágeno, que resistem à tensão; as fibras reticulares, que fornecem suporte estrutural; e as fibras elásticas, que permitem o recuo dos tecidos esticados.
22. A substância fundamental é um material similar a um gel que retém líquido. A matriz óssea é endurecida com sais minerais calcificados.

Classificação dos tecidos conjuntivos (p. 83-92)

23. O *tecido conjuntivo frouxo* circunda os capilares e sustenta a maioria dos epitélios. Suas funções principais são: (1) sustentar e ligar outros tecidos com suas fibras; (2) reter o líquido intersticial em sua substância fundamental gelatinosa; (3) combater a infecção com suas muitas células de defesa derivadas do sangue (macrófagos, plasmócitos, neutrófilos etc.); e (4) armazenar nutrientes nas células adiposas.
24. O *tecido conjuntivo adiposo* é similar ao tecido conjuntivo frouxo, mas nele predominam as células adiposas que armazenam nutrientes. Essa gordura branca é abundante na hipoderme subjacente à pele. A gordura marrom, comum nos bebês, também é encontrada nos adultos, e produz calor.
25. O *tecido conjuntivo reticular* assemelha-se ao tecido frouxo, exceto no fato de que suas únicas fibras são reticulares. Elas formam redes de cavernas que retêm células sanguíneas livres. O tecido reticular ocorre na medula óssea, linfonodos e baço.
26. O tecido conjuntivo denso contém fibras excepcionalmente espessas de colágeno e resiste a enormes forças de tração. No *tecido conjuntivo denso não modelado*, as fibras de colágeno seguem em várias direções. Esse tecido ocorre na derme da pele e nas cápsulas dos órgãos.
27. O *tecido conjuntivo denso modelado* contém feixes de fibras de colágeno que seguem na mesma direção e são

separadas por fileiras de fibroblastos. Esse tecido, que está sujeito à alta tensão a partir de uma única direção, é o tecido principal dos tendões, ligamentos e fáschia.

28. O *tecido conjuntivo elástico* tem uma alta proporção de fibras elásticas. Esse tecido está situado nas paredes das artérias, em torno dos tubos bronquiais e dentro de certos ligamentos.
29. A *cartilagem* e o *osso* têm a estrutura básica do tecido conjuntivo (células e matriz), mas sua matriz dura lhes permite resistir à compressão. Suas células estão situadas nas lacunas, isto é, nos espaços dentro da matriz. A cartilagem é flexível e avascular. Sua matriz contém basicamente água.
30. O tecido ósseo tem uma matriz dura e rica em colágeno, com sais de cálcio incorporados. Esse mineral proporciona resistência compressiva ao osso.
31. O *sangue* consiste em eritrócitos e leucócitos em uma matriz líquida chamada plasma. É o tecido conjuntivo mais atípico.

Membranas de cobertura e revestimento

(p. 94)

32. As membranas, cada uma consistindo em um epitélio e uma camada subjacente de tecido conjuntivo, cobrem amplas superfícies do corpo. A membrana cutânea (pele), que é seca, cobre a superfície do corpo. As membranas mucosas, que são úmidas, revestem os órgãos internos ocultos que se abrem para o exterior do corpo. As membranas serosas, que são escorregadias, revestem as cavidades pleural, pericárdica e peritoneal.

III. TECIDO MUSCULAR (p. 94-96)

33. O tecido muscular consiste em células musculares longas e especializadas em contrair e gerar movimento. Uma matriz extracelular escassa separa as células musculares. Existem três tipos de tecido muscular: o *tecido muscular esquelético* está nos músculos que movem o esqueleto e suas células são cilíndricas e estriadas. O *tecido muscular cardíaco* está na parede do coração e bombeia o sangue. Suas células ramificam e possuem estrias. O *tecido muscular liso* está nas paredes dos órgãos ocultos e geralmente impele substâncias através desses órgãos. Suas células são alongadas e possuem extremidades afiladas, não possuindo estrias.

IV. TECIDO NERVOSO (p. 96)

34. O tecido nervoso, que é o principal tecido do sistema nervoso, é composto de neurônios e células de sustentação chamadas neuróglias. O tecido nervoso regula as funções do corpo. Os *neurônios* são células ramificadas que recebem e transmitem impulsos elétricos. A *neuróglio* nutre, isola e protege os neurônios.

RESPOSTA DO TECIDO À LESÃO (p. 96-100)

Inflamação (p. 98)

35. A inflamação é uma resposta à lesão e infecção do tecido. Ela está localizada no tecido conjuntivo e nos vasos do lugar onde ocorre a lesão. A resposta inflamatória começa com a dilatação dos vasos sanguíneos (provocando rubor e calor), seguida por edema (provocando inchaço e dor). O resultado é a estase e a migração de leucócitos para o tecido lesionado.

Reparo (p. 99-100)

36. O reparo do tecido começa durante a inflamação e pode envolver a regeneração tecidual, a fibrose (formação de

cicatriz) ou ambas. O reparo de um corte começa com a organização, durante a qual o coágulo é substituído por tecido de granulação. A deposição de colágeno substitui o tecido de granulação por tecido cicatricial.

37. Os epitélios, o tecido conjuntivo frouxo e denso não modelado e o tecido formador de sangue são tecidos que se regeneram bem. Os tecidos com capacidade regenerativa moderada são o músculo liso e o tecido conjuntivo denso modelado. O músculo esquelético e a cartilagem têm capacidade regenerativa limitada. O músculo cardíaco e a maioria dos tecidos nervosos não se regeneram naturalmente e são substituídos por tecido cicatricial.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Um epitélio que possui várias camadas celulares, com células chatas na camada apical, se chama (escolha todas as opções que se aplicarem): (a) ciliado, (b) prismático, (c) estratificado, (d) simples, (e) pavimentoso.
- O tipo de glândula que secreta produtos como leite, saliva, bile ou suor através de um ducto é (a) uma glândula endócrina, (b) uma glândula exócrina, (c) uma célula calciforme.
- Faça a correspondência entre o tipo indicado na coluna B e a localização adequada na coluna A.

Coluna A

- ___ (1) reveste o interior do estômago e a maior parte dos intestinos
- ___ (2) reveste o interior da boca
- ___ (3) reveste grande parte do trato respiratório (incluindo a traqueia)
- ___ (4) mesotélio
- ___ (5) reveste o interior da bexiga urinária

Coluna B

- (a) Pseudoestratificado ciliado
 - (b) Simples prismático
 - (c) Simples cúbico
 - (d) Simples pavimentoso
 - (e) Estratificado prismático
 - (f) Estratificado pavimentoso
 - (g) De transição
- No tecido conjuntivo propriamente dito, o tipo celular que secreta as fibras e a substância fundamental é (a) o fibroblasto, (b) o neutrófilo, (c) o mastócito, (d) o macrófago, (e) o condrócito.
 - Identifique as características da superfície celular descritas abaixo.
 - Extensões similares a chicotes que movimentam os fluidos pelas superfícies epiteliais.
 - Pequenos “dedos” nas superfícies epiteliais apicais que aumentam a área de superfície da célula e ancoram o muco.
 - A junção celular que mantém as células unidas ligando os filamentos intermediários das células adjacentes.
 - Uma junção celular que fecha o espaço extracelular.
 - Na membrana basal e na lâmina basal, a característica que pode ser observada pela microscopia ótica.
 - Faça a correspondência entre cada tecido epitelial na coluna B e a sua função apresentada na coluna A.

OS TECIDOS AO LONGO DA VIDA (p. 100-103)

- O músculo e os tecidos conjuntivos são derivados do mesênquima, principalmente da camada germinativa mesodérmica. O tecido epitelial forma-se a partir das três camadas embrionárias: ectoderma, mesoderma e endoderma. O tecido nervoso é derivado do ectoderma.
- A função do tecido entra em decadência com o avanço da idade. A diminuição da massa e da viabilidade observada na maioria dos tecidos durante a velhice reflete parcialmente os déficits circulatórios ou a má nutrição.

Coluna A

- ___ (1) atua na difusão e filtração
- ___ (2) atua na proteção
- ___ (3) atua na secreção e absorção
- ___ (4) muda de forma à medida que o tecido alonga
- ___ (5) produz movimento de material

Coluna B

- (a) Epitélio estratificado
 - (b) Epitélio simples prismático
 - (c) Epitélio de transição
 - (d) Epitélio ciliado
 - (e) Epitélio simples pavimentoso
- Para cada tecido conjuntivo (TC) apresentado, indique o tipo predominante (ou tipos) de fibras encontradas na matriz extracelular por: (a) fibras de colágeno, (b) fibras elásticas, (c) fibras reticulares.
 - ___ (1) osso
 - ___ (2) frouxo (TC)
 - ___ (3) denso não modelado (TC)
 - ___ (4) reticular (TC)
 - ___ (5) fibrocartilagem
 - O tecido muscular estriado é (a) o músculo esquelético, (b) o músculo cardíaco, (c) o músculo liso, (d) o músculo cardíaco e esquelético, (e) os três tipos de tecido muscular.
 - A neurógliia (a) conduz impulsos elétricos, (b) são células-tronco nervosas, (c) são células de suporte que ajudam os neurônios, (d) são um crescimento anormal do tecido nervoso.
 - Quais das seguintes células não são encontradas em um tecido conjuntivo? (a) fibroblastos, (b) células calciformes, (c) macrófagos, (d) mastócitos, (e) condrócitos.
 - A substância fundamental no tecido conjuntivo propriamente dito tem a função de (a) sustentar e reforçar o tecido, (b) reter o líquido intersticial, (c) combater infecção, (d) armazenar nutrientes, (e) resistir à tensão.
 - Qual camada embrionária (ectoderma, mesoderma ou endoderma) forma basicamente cada um dos seguintes tecidos principais? (a) tecido conjuntivo, (b) tecido muscular, (c) tecido nervoso.

Dissertativas

- Defina tecido.

14. Explique a classificação das glândulas exócrinas multicelulares e forneça um exemplo de cada classe.
15. Mencione quatro funções do tecido conjuntivo frouxo e relacione cada função a uma estrutura específica desse tecido.
16. O que é fáschia?
17. (a) De onde vem o líquido intersticial? (b) Qual é a sua função?
18. Qual é o nome do tipo específico de tecido conjuntivo que está sendo descrito:
 - a) em torno dos capilares;
 - b) no ligamento amarelo entre as vértebras;
 - c) o tecido conjuntivo embrionário original;
 - d) o tecido duro do crânio;
 - e) o tecido principal nos ligamentos;
 - f) predominante na derme;
 - g) predominante na hipoderme.
19. Forneça os nomes dos sintomas clássicos da inflamação e explique o que cada um deles representa em termos de alterações no tecido lesionado.
20. (a) Defina glândula endócrina. (b) O que é um hormônio?
21. Mencione dois tecidos específicos que se regeneram bem e dois que se regeneram mal.
22. Dos quatro tipos básicos de tecido, quais são os dois que se desenvolvem a partir do mesênquima?
23. O corpo não consiste inteiramente de célula e, na verdade, provavelmente um material não celular compõe uma parcela do corpo maior que a composta por células. Qual é esse material não celular?
24. Quais são as diferenças entre uma membrana mucosa e uma membrana serosa?
25. Qual é o tipo principal de tecido nas seguintes estruturas? (a) um ligamento ou tendão; (b) um osso da perna; (c) um músculo como o bíceps do braço; (d) o encéfalo; (e) o es-

queleto flexível na orelha externa; (f) a parede contrátil do coração; (g) os túbulos renais.

26. Indique o nome e a localização de um tecido epitelial formado a partir de cada uma das camadas embrionárias: ectoderma, mesoderma e endoderma.

Análise crítica e aplicação clínica

1. O lúpus eritematoso sistêmico, ou apenas lúpus, é uma condição que às vezes afeta as mulheres jovens. É uma inflamação crônica (persistente) que afeta toda ou a maior parte do tecido conjuntivo propriamente dito do corpo. O médico disse a Suzy que ela era portadora de lúpus. Ela perguntou se isso teria efeitos disseminados ou apenas localizados em seu corpo. O que o médico responderia?
2. Os marinheiros que faziam longas viagens na época de Cristóvão Colombo ingeriam apenas pão, água e carne salgada durante as suas jornadas. Frequentemente eles sofriam de escorbuto. Quais mudanças foram feitas para prevenir o escorbuto?
3. Três pacientes em uma unidade de cuidados intensivos sofreram danos e morte generalizada dos tecidos em três órgãos diferentes. Um paciente sofreu dano cerebral decorrente do fumo, outro teve um ataque cardíaco que destruiu o músculo cardíaco e o terceiro danificou grande parte do fígado (uma glândula) em um acidente de automóvel. Todos os três pacientes estabilizaram e vão sobreviver, mas apenas um deles vai obter recuperação funcional plena através da regeneração tecidual. Qual deles e por quê?
4. Nos adultos, mais de 90% dos cânceres consiste em adenomas (adenocarcinomas) ou carcinomas. Na verdade, os cânceres da pele, pulmão, colo, mama e próstata estão nessas categorias. Qual dos quatro tipos básicos de tecido origina a maioria dos cânceres? Por que esse tipo de tecido é tão suscetível ao câncer?
5. Um retalho de tecido cicatricial que se forme na parede da bexiga urinária, no coração ou em outro órgão oco pode prejudicar gravemente a função desse órgão. Considerando as propriedades do tecido cicatricial, por que você acha que isso acontece?
6. O epitélio ciliado está situado nos tubos bronquiais e nas tubas uterinas. Qual similaridade funcional compartilhada por essas estruturas é consumada pelo epitélio ciliado?

Sistema tegumentar 5

Pele e hipoderme (tela subcutânea) 108

- Epiderme 109
- Derme 112
- Hipoderme 114
- Cor da pele 115

Apêndices da pele (anexos cutâneos) 116

- Unhas 116
- Pelos e folículos pilosos 117
- Glândulas sebáceas 119
- Glândulas sudoríferas 120

Transtornos do sistema tegumentar 121

- Queimaduras 121
- Câncer de pele 123

A pele ao longo da vida 124

Você seria seduzido por uma propaganda de um casaco que fosse impermeável, elástico, lavável, que não amassasse, que consertasse automaticamente pequenos rasgos e queimaduras e que tivesse garantia de duração por toda a vida, contanto que fossem tomados os mínimos cuidados? Parece bom demais para ser verdade, mas você já tem esse casaco — a sua pele. A pele e seus apêndices — glândulas sudoríferas, glândulas sebáceas, pelo e unhas — desempenham uma série de funções. Juntos, esses órgãos compõem o **sistema tegumentar** (“cobertura”).



▲ Corte congelado através dos folículos pilosos na pele (MEV colorizada).

PELE E HIPODERME (TELA SUBCUTÂNEA)

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ mencionar os tipos de tecidos que compõem a epiderme e a derme, além de descrever as funções primárias da pele;
- ▶ mencionar as camadas da epiderme e da derme, além de descrever a estrutura e as funções de cada camada;
- ▶ descrever a estrutura e a função da hipoderme (tela subcutânea);
- ▶ descrever os fatores que contribuem para a cor da pele.

A **pele (tegumento)**¹ e seus apêndices são os primeiros *órgãos* discutidos neste livro. Um órgão consiste em tecidos que trabalham juntos para desempenhar certas funções (ver o Capítulo 1). Embora a pele seja menos complexa do que a maioria dos outros órgãos, ela também é uma maravilha arquitetônica, sendo, inclusive, o maior de todos os órgãos, contribuindo com aproximadamente 7% do peso corporal total.

A espessura da pele varia de 1,5 a 4 mm (ou mais) nas diferentes regiões do corpo e possui duas camadas distintas (**Figuras 5.1 e 5.2**): a camada superficial é um tecido epitelial espesso, a *epiderme*. Abaixo da epiderme encontra-se a *derme*, um tecido conjuntivo fibroso. Logo abaixo da pele há uma camada gordurosa chamada *hipoderme (tela subcutânea)*, composta de tecido conjuntivo frouxo e tecido adiposo. Embora a hipoderme não faça parte do sistema tegumentar, ela compartilha algumas funções da pele e, portanto, é descrita neste capítulo.

A pele desempenha uma série de funções:

1. **Proteção.** A pele recobre e isola os órgãos corporais internos e protege o corpo de pancadas, arranhões e cortes. A pele também protege o corpo de substâncias químicas e microrganismos invasores. A epiderme é impermeável, evitando a perda hídrica desnecessária por toda a superfície corporal, e as células na camada epidérmica produzem pigmento para proteger a pele dos efeitos nocivos da radiação ultravioleta (UV).
2. **Regulação da temperatura corporal.** As redes ricas em capilares sanguíneos na pele e as glândulas

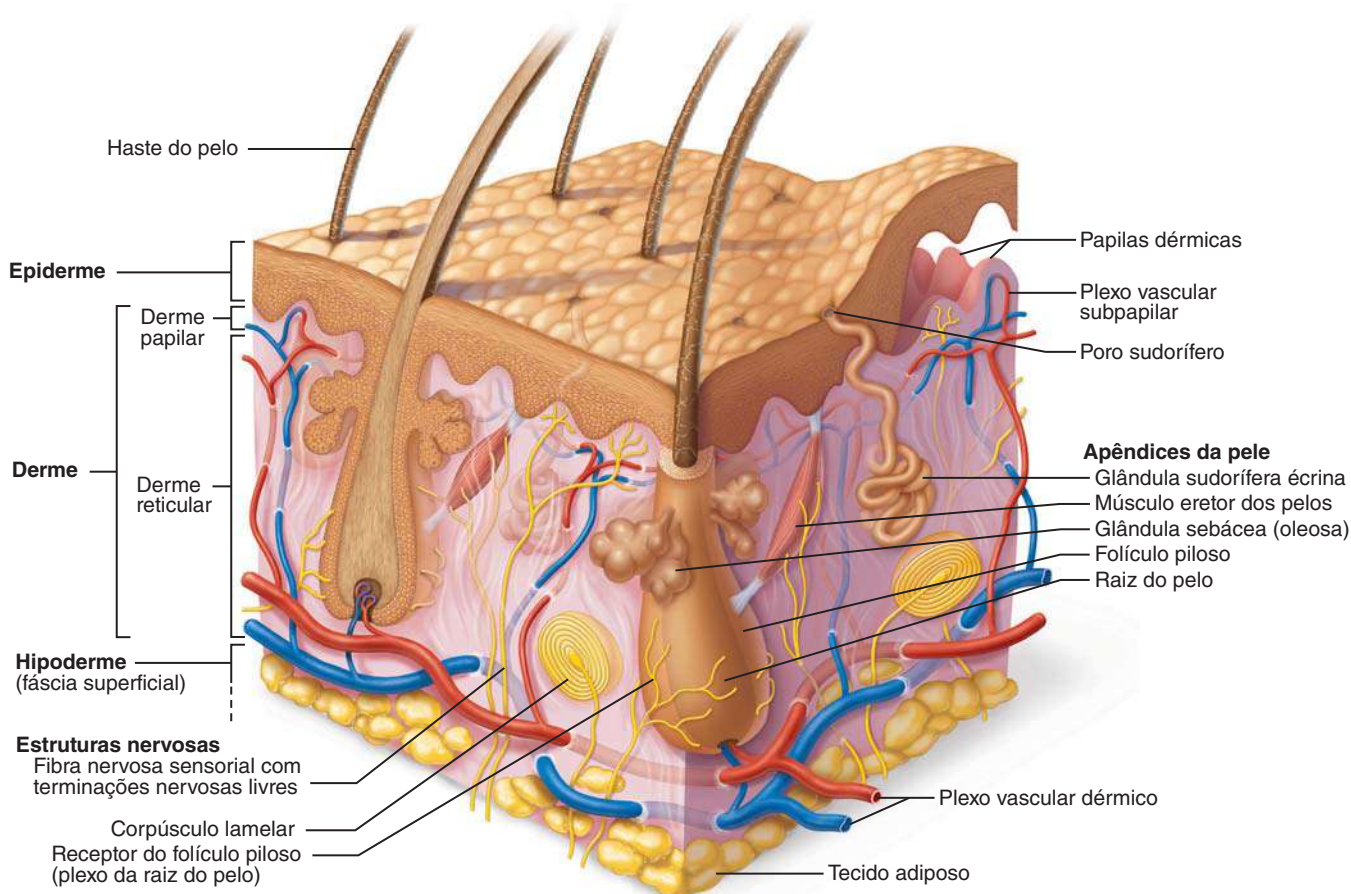


Figura 5.1 Estrutura da pele. Diagrama tridimensional geral da pele, estruturas acessórias e hipoderme subjacente (as estruturas do sistema nervoso serão estudadas no Capítulo 14).

¹ Nota do revisor técnico: para muitos anatomistas, o tegumento é constituído pela pele e tela subcutânea (hipoderme). A pele é subdividida em epiderme e derme e a tela subcutânea, em estrato areolar, fáscia superficial e estrato lamelar.

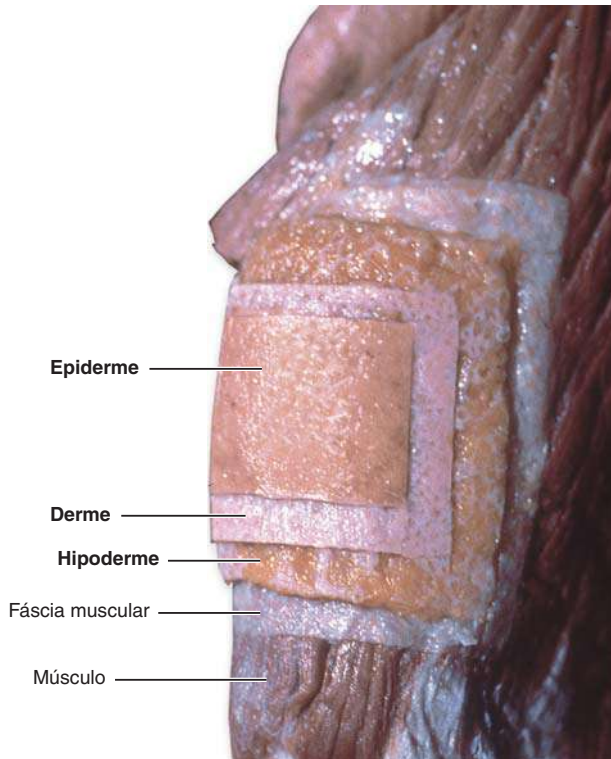


Figura 5.2 Estrutura macroscópica da pele e dos tecidos subjacentes. Fotografia da parte superior do braço de um cadáver.

sudoríferas regulam a perda de calor do corpo, ajudando a controlar a temperatura corporal.

3. **Excreção.** A pele comporta-se como uma miniatura de sistema excretório quando ureia, sais e água são perdidos através do suor.
4. **Produção de vitamina D.** As células epidérmicas utilizam a radiação UV para sintetizar a vitamina D, uma molécula necessária para absorver o cálcio a partir do trato digestório.
5. **Recepção sensorial.** A pele contém órgãos sensoriais, chamados *receptores sensoriais*, associados a terminações nervosas. Ao sentir o toque, a pressão, a temperatura e a dor, esses receptores nos colocam a par das condições na superfície do corpo.

Exploraremos melhor as funções da pele quando estudarmos sua anatomia.

✓ Verifique seu conhecimento

1. Qual é o significado das raízes das palavras *epi-*, *hipo-* e *derme*?
2. Mencione as cinco funções principais da pele.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Epiderme

A **epiderme** (“sobre a pele”) é um epitélio estratificado pavimentoso e queratinizado que contém quatro tipos diferentes de células: *queratinócitos*, *me-*

lanócitos, *células epiteliais táteis* e *células dendríticas* (Figura 5.3).

Os **queratinócitos**, a célula epidérmica mais abundante, produzem **queratina**, uma proteína fibrosa dura que confere à epiderme suas propriedades protetoras. Os queratinócitos conferem proteção física e mecânica, já que produzem antibióticos e enzimas que desintoxicam a pele das substâncias nocivas às quais está exposta.

Os queratinócitos são fortemente conectados entre si por uma grande quantidade de desmossomos e surgem na parte mais profunda da epiderme, a partir de células que sofrem mitose quase contínua. À medida que essas células são empurradas para cima pela produção de novas células abaixo delas, elas produzem a queratina que acaba por preencher seu citoplasma. No momento em que alcançam a superfície da pele, essas células são sacos planos e mortos, completamente preenchidos com queratina. Milhões dessas células mortas são removidos diariamente por atrito, proporcionando-nos uma epiderme inteiramente nova a cada 35-45 dias — o tempo médio entre o nascimento de um queratinócito e a sua remoção definitiva. Nos locais onde a pele sofre maior fricção, tanto a produção celular quanto a formação de queratina são aceleradas.

Os outros tipos de célula da epiderme são distribuídos de forma esparsa entre os queratinócitos. Discutiremos essas células e suas funções quando examinarmos as camadas da epiderme.

Camadas da epiderme

A variação na espessura da epiderme determina se a pele é espessa ou delgada. Na **pele espessa**, que cobre as palmas das mãos e plantas dos pés, a epiderme consiste em cinco camadas, ou *estratos*. Na **pele delgada**, que cobre o resto do corpo, existem apenas quatro estratos, ou camadas.

Estrato basal (camada basal) O **estrato basal**, a camada mais profunda da epiderme, está firmemente conectado à derme subjacente ao longo de uma fronteira ondulada. Também chamado *estrato germinativo* (“camada germinativa”), ele consiste em uma única fileira de células, geralmente do tipo células-tronco, representando os queratinócitos mais jovens (Figura 5.3). Essas células dividem-se rapidamente e muitos núcleos mitóticos são visíveis. As **células epiteliais táteis**, ou células de Merkel, estão distribuídas de forma esparsa entre os queratinócitos. Cada célula epitelial tátil semiesférica está intimamente associada a uma terminação sensorial nervosa similar discoide e funciona como um receptor tátil.

Cerca de 10% a 25% das células no estrato basal são **melanócitos** (“células de melanina”) em forma de aranha, que produzem o pigmento escuro **melanina** (“preto”) na pele. A melanina é produzida nos grânulos com paredes membranosas e depois transferida através dos processos celulares (as “pernas da aranha”) para os queratinócitos vizinhos. Conseqüentemente, os

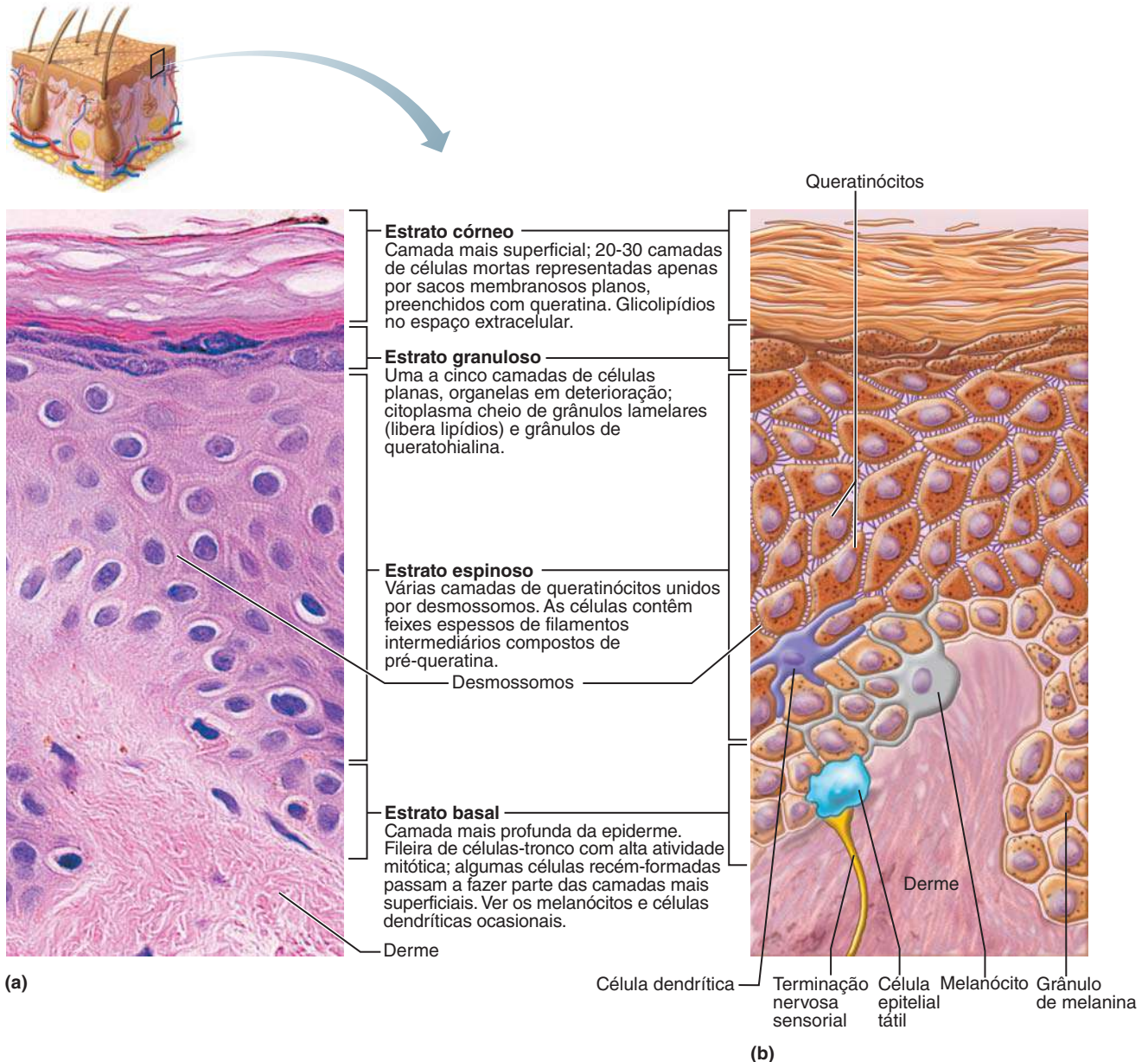


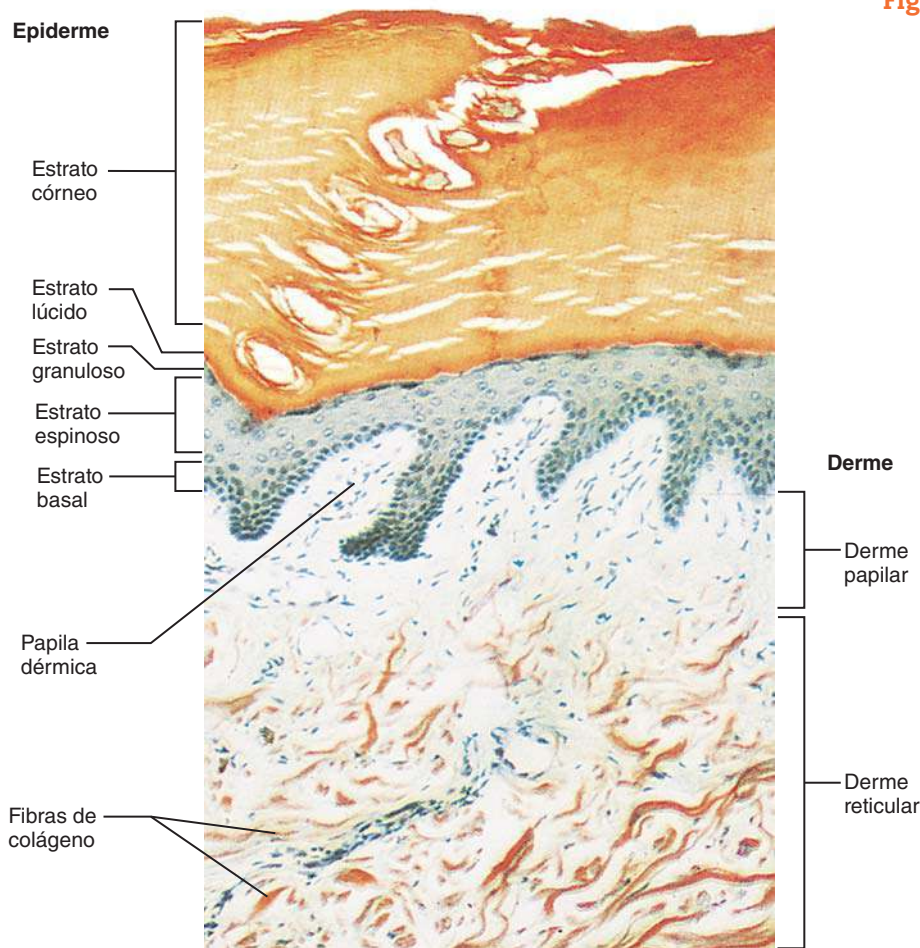
Figura 5.3 Células e camadas epidérmicas. (a) Fotomicrografia das quatro camadas principais da epiderme (500×). (b) Diagrama exibindo essas quatro camadas e a distribuição dos diferentes tipos de células. O estrato lúcido, presente na pele espessa, não está ilustrado na figura.

queratinócitos basais contêm mais melanina do que os próprios melanócitos. Essa melanina agrupa-se no lado superficial dos queratinócitos, entre a radiação recebida e os núcleos celulares, protegendo assim os núcleos celulares dos raios UV que podem danificar o DNA e provocar câncer (ver p. 123). Nas pessoas de pele clara, a melanina é digerida pelos lisossomos nas células a uma curta distância acima da camada basal. Nas pessoas de pele escura não ocorre essa digestão, então a melanina ocupa os queratinócitos em toda a epiderme. Embora as pessoas de pele escura tenham uma melanina mais escura, mais grânulos e mais pigmento em cada melanócito, elas *não* têm mais melanócitos em sua pele. Em todas as pessoas, exceto as de pele mais escura, os melanócitos reagem à radiação ultravioleta (UV),

aumentando a produção de melanina e também a sua transferência para os queratinócitos, que é a resposta protetora que conhecemos como bronzeamento.

O papel dos melanócitos na pigmentação da pele há muito foi reconhecido. Além disso, os melanócitos também secretam uma série de moléculas de sinalização em resposta à radiação ultravioleta que age na modulação da resposta imune na pele. Essas moléculas de sinalização influenciam a resposta inflamatória e podem ter outras funções regulatórias.

Estrato espinoso (camada espinosa) O **estrato espinoso** tem várias camadas de espessura (Figura 5.3). Aqui ocorre mitose, mas com menos frequência do que na camada basal, que tem esse nome em razão da grande

**Figura 5.4** Pele espessa.

Fotomicrografia da epiderme e da derme da pele espessa (185×). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 37.)

quantidade de extensões espinosas dos seus queratinócitos, como se pode ver nas lâminas histológicas típicas. Essas espinhas, no entanto, não existem nas células vivas. Elas são artefatos criados durante a preparação do tecido, quando as células encolhem, mantendo-se firmes em seus muitos desmossomos. As células do estrato espinoso contêm feixes espessos de filamentos intermediários que consistem em uma proteína pré-queratina resistente à tensão.

As **células dendríticas** encontram-se dispersas entre os queratinócitos do estrato espinoso. Essas células estreladas fazem parte do sistema imune (ver Capítulo 21). As células dendríticas policiam a superfície externa do corpo, utilizando a endocitose mediada por receptor (ver p. 29) para capturar as proteínas estranhas (antígenos) que invadiram a epiderme. Depois, elas saem da pele e seguem para um linfonodo próximo, iniciando uma resposta imune a todas as células estranhas que portam o antígeno (ver conteúdo sobre ativação de linfócito no Capítulo 21).

Estrato granuloso (camada granulosa) O fino **estrato granuloso** consiste de uma a cinco camadas de queratinócitos planos. Junto com abundantes filamentos intermediários de pré-queratina, essas células também contêm *grânulos de queratohialina* e *grânulos*

lamelares, daí o seu nome camada granular. Os grânulos de queratohialina ajudam a formar a queratina nas camadas mais superficiais, conforme a breve descrição. Os grânulos lamelares (“laminados”) contêm um glicolípido de impermeabilização que é secretado no espaço extracelular e desempenha um papel importante na desaceleração da perda hídrica pela epiderme. Além disso, as membranas plasmáticas das células espessam-se de modo a se tornarem mais resistentes à destruição. É como se os queratinócitos “endurecessem” para transformar a camada externa na região mais forte da pele.

Assim como todos os epitélios, a epiderme conta com capilares no tecido conjuntivo subjacente (a derme) para obter seus nutrientes. Acima do estrato granuloso, as células epidérmicas estão distantes demais dos capilares dérmicos para receber nutrientes, então elas morrem, o que é uma ocorrência completamente normal.

Estrato lúcido (camada lúcida) O **estrato lúcido** (*luci* = claro) ocorre na pele espessa (**Figura 5.4**), mas não na pele delgada. Aparecendo no microscópio de luz como uma faixa transparente delgada, o estrato lúcido consiste em poucas fileiras de queratinócitos planos e mortos. A microscopia eletrônica revela que suas células são idênticas às que existem no fundo da próxima camada, o estrato córneo.

Estrato córneo (camada córnea) A parte mais externa da epiderme, o **estrato córneo** (*cornu* = corno, chifre), tem muitas células de espessura. Ele é muito mais espesso na pele espessa do que na pele delgada (Figura 5.4). Seus queratinócitos mortos são sacos planos completamente preenchidos com queratina, pois seus núcleos e organelas desintegraram-se na morte celular. A queratina consiste em filamentos intermediários de pré-queratina incorporados em uma “cola” dos grânulos de queratohialina. Tanto a queratina quanto as membranas plasmáticas espessadas das células no estrato córneo protegem a pele contra a abrasão e a penetração. Além disso, o glicolipídio entre as células mantém essa camada impermeável. É impressionante que uma camada de células mortas ainda possa desempenhar tantas funções!

As células do estrato córneo são eliminadas regularmente; são a caspa que se solta do couro cabeludo e os flocos que saem da pele seca. Em média, uma pessoa perde 18 kg desses flocos de pele durante a vida. Essas células que saem são substituídas por células das camadas mais profundas. Da próxima vez que você ouvir o ditado “A beleza é apenas superficial”, considere que quase tudo o que você enxerga quando olha para alguém está morto.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Resposta da pele ao atrito O atrito persistente (decorrente de um calçado inadequado, por exemplo) provoca um espessamento da epiderme chamado **calo**. O atrito de curto prazo, porém acentuado (decorrente do uso de uma enxada, por exemplo), pode provocar uma **bolha**, que é a separação da epiderme e da derme por uma bolsa cheia de líquido.

✓ Verifique seu conhecimento

- 3. Quais camadas da epiderme contêm células vivas?
- 4. Quais funções da pele são realizadas pelas células localizadas na epiderme?
- 5. Em que a pele espessa é diferente da pele delgada no que diz respeito à estrutura?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Derme

A **derme**, a segunda região mais importante da pele, é um tecido conjuntivo forte e flexível. As células da derme são típicas de qualquer tecido conjuntivo propriamente dito: fibroblastos, macrófagos, mastócitos e leucócitos dispersos (ver p. 81). Os tipos de fibras — colágenas, elástica e reticular — também são característicos. A derme une o corpo inteiro como se fosse um *bodystocking*.² É a sua “pele de animal” que corresponde às peles dos animais utilizadas para produzir produtos de couro.

A derme tem duas camadas: a *derme papilar* e a *derme reticular* (Figura 5.4).

Camada papilar (derme papilar)

A **camada papilar**, os 20% superficiais da derme, consiste em tecido conjuntivo frouxo, contendo fibras de colágeno e fibras elásticas muito finas. Ela inclui as **papilas dérmicas** (“mamilos”), que são projeções digitiformes que se estendem até a epiderme subjacente. Essas projeções das papilas dérmicas para dentro da derme aumentam a área de superfície para a troca de gases, nutrientes e produtos residuais entre essas camadas. Lembre-se de que a epiderme é avascular e depende da difusão desses materiais a partir da derme subjacente. A superposição dessas camadas fortalece a junção derme-epiderme e, assim, reduz a formação de bolhas.

Nas palmas das mãos e na planta dos pés, as papilas dérmicas assentam-se acima de montes maiores, chamados *cristas dérmicas*, que elevam a epiderme subjacente em *cristas epidérmicas* ou *cristas de atrito*, que criam as impressões digitais, impressões palmares e pegadas (Figura 5.5a). As cristas epidérmicas aumentam o atrito e melhoram a capacidade de apoio das mãos e dos pés. Os padrões dessas cristas são determinados geneticamente, sendo exclusivos de cada pessoa. Como os *poros sudoríferos* se abrem ao longo das cristas de atrito, eles deixam impressões digitais distintas em quase qualquer coisa que você toca. Desse modo, as impressões digitais são “películas de suor”.

Camada reticular (derme reticular)

Mais profunda, a **camada reticular** contribui com 80% da espessura da derme e está constituída por tecido conjuntivo denso não modelado. Sua matriz extracelular contém feixes espessos de fibras colágenas e elásticas entrelaçadas, que seguem muitos planos diferentes. No entanto, a maioria dispõe-se em paralelo à superfície da pele. A camada reticular tem esse nome por causa das redes de fibras de colágeno (*retículo* = rede); o nome não implica qualquer abundância de fibras reticulares. Separações ou regiões menos densas entre os feixes de colágeno formam as *linhas de clivagem* ou *linhas de tensão* da pele (Figura 5.5b). Essas linhas invisíveis ocorrem no corpo inteiro e seguem longitudinalmente na pele dos membros e da cabeça e em padrões circulares em volta do pescoço e do tronco. O conhecimento das linhas de clivagem é importante para os cirurgiões. As incisões feitas em *paralelo* com essas linhas tendem a abrir menos e a cicatrizar mais rapidamente do que as incisões feitas *perpendicularmente* a elas.

As fibras de colágeno da derme conferem resistência e resiliência à pele. Desse modo, a maioria das punções e arranhões tem dificuldade em penetrar essa camada relativamente rígida. Além disso, as fibras elásticas na

2 Nota do tradutor: Peça de lingerie inteira que cobre o corpo do ombro até os pés, conhecida como “meia do corpo”.

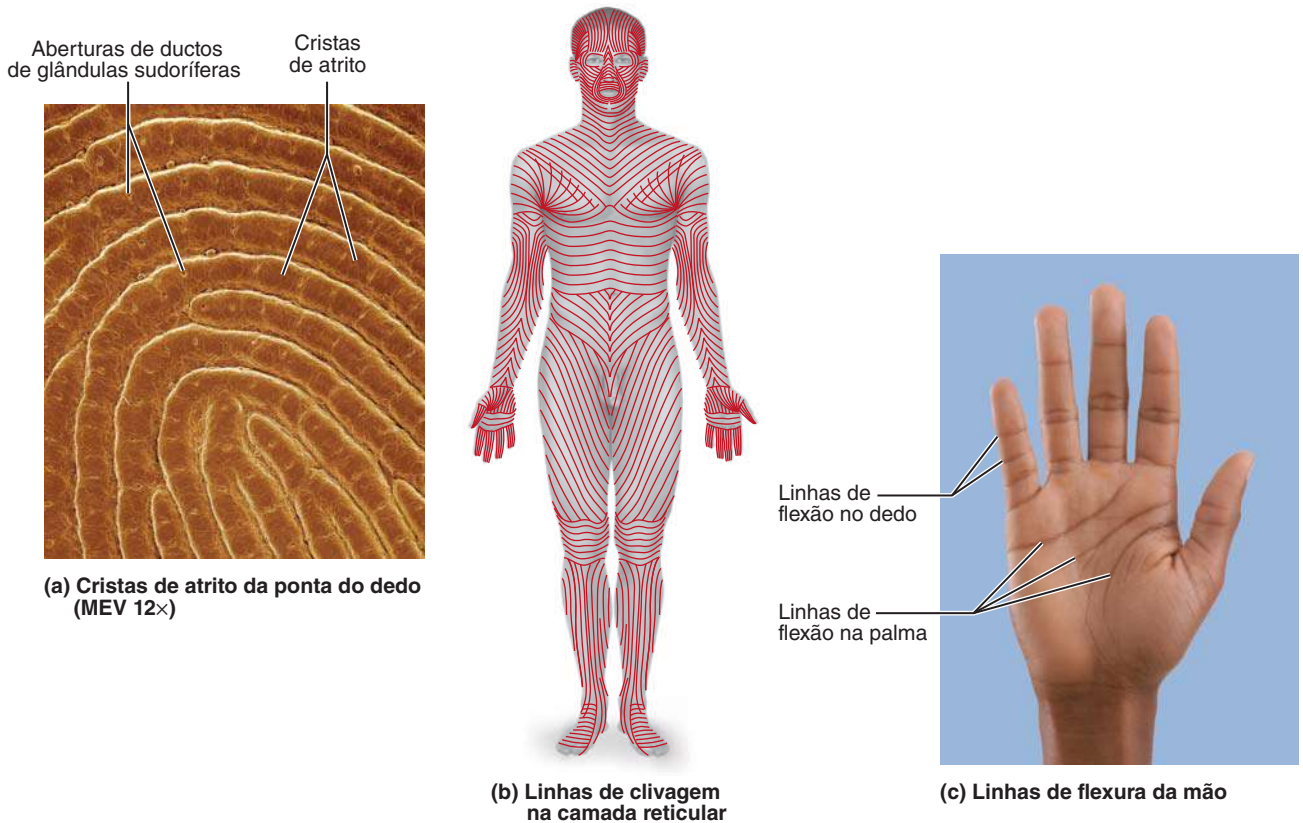


Figura 5.5 Modificações dérmicas. (a) Cristas de atrito. (b) As linhas de clivagem representam as separações entre os feixes de fibras de colágeno na camada reticular da derme. (c) As linhas de flexura formam-se onde a derme é bem presa à fáscia subjacente.

derme conferem à pele propriedades de estiramento-recuo. O estiramento exagerado da pele, como ocorre na obesidade e na gravidez, pode lacerar o colágeno na derme. Essa laceração dérmica resulta em cicatrizes branco-prateadas chamadas *estrias* (“listras”), que conhecemos como “marcas de estiramento”. A derme também é o local receptor dos pigmentos utilizados nas tatuagens (ver **ANÁLISE APROFUNDADA**, p. 114).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Úlcera de decúbito As escaras, ou **úlceras de decúbito**, são uma preocupação constante dos pacientes com mobilidade prejudicada. Os idosos acamados são especialmente suscetíveis, assim como os cadeirantes com lesões na medula espinal. Uma úlcera de decúbito ocorre normalmente sobre uma proeminência óssea, como o quadril, o sacro ou o calcanhar. A pressão constante exercida pelo peso corporal provoca uma ruptura localizada da pele por causa da redução no suprimento sanguíneo. A morte do tecido pode ocorrer em 2-3 horas. Com o passar do tempo, a epiderme e a camada papilar da derme são perdidas e a área danificada exibe um aumento das fibras de colágeno. Sem a cobertura protetora da epiderme, os agentes infecciosos podem entrar facilmente no corpo e provocar complicações graves e fatais.

A partir da porção mais profunda da derme, surgem as marcas da superfície da pele chamadas *linhas de flexão*. Observe, por exemplo, as rugas profundas na pele da palma de sua mão (Figura 5.5c). Elas resultam de um dobramento contínuo da pele, frequentemente sobre as articulações, onde a derme a prende bem às estruturas subjacentes. As linhas de flexão são visíveis nos pulsos, palmas e dedos das mãos, plantas e dedos dos pés.

A derme é ricamente abastecida por fibras nervosas (descritas no Capítulo 14) e vasos sanguíneos. Os vasos sanguíneos dérmicos consistem de dois plexos vasculares (um plexo é uma rede de vasos convergentes e divergentes) (ver Figura 5.1). O **plexo dérmico profundo** está situado entre a hipoderme e a derme. Ele nutre a hipoderme e as estruturas localizadas nas porções profundas da derme. O **plexo papilar** mais superficial, localizado logo abaixo das papilas dérmicas, abastece as estruturas dérmicas mais superficiais, a papila dérmica e a epiderme.

Os vasos sanguíneos dérmicos fazem mais do que apenas nutrir a derme e a epiderme sobrejacente; eles também desempenham um papel importante na regulação da temperatura corporal. Esses vasos são tão extensos que podem abrigar 5% de todo o sangue do corpo. Quando os órgãos internos precisam de mais sangue ou calor, os nervos estimulam os vasos dérmicos a constringirem, desviando mais sangue para a

Tatuagens

A tatuagem — utilização de uma agulha para depositar pigmento na derme da pele — foi praticada pela primeira vez no ano 8000 a.C., aproximadamente. Hoje, as tatuagens são feitas como arte corporal, para expressar individualidade e/ou afirmações pessoais. As tatuagens podem sinalizar a participação em um grupo, como os militares, em uma gangue de rua ou uma equipe esportiva. Elas também estão sendo utilizadas cada vez mais com finalidades estéticas, como a aplicação de um delineador permanente nos olhos, sobrancelhas e linhas dos lábios.

E se a tatuagem sair de moda ou se o pigmento migrar? Até há pouco tempo, depois de fazer uma tatuagem, a pessoa ficava essencialmente presa a ela, já que as tentativas de remoção — lixamento da pele, criocirurgia (congelamento do tecido) ou aplicação de substâncias químicas cáusticas — deixavam cicatrizes, algumas piores do que a própria tatuagem. Os lasers atuais em geral conseguem remover as tatuagens “mais antigas”, ou seja, os desenhos em azul e preto, há muito tempo aplicados. As tatuagens mais novas



e coloridas são outra história. Elas exigem o uso de lasers diferentes que emitem luz em diversas frequências para remover cada tipo de pigmento. A remoção de tatuagem requer de sete a nove tratamentos, com um mês de intervalo entre eles, e pode machucar tanto quanto a confecção da própria tatuagem. Mesmo assim, as tatuagens nem sempre podem ser erradicadas completamente. Os pig-

mentos verde e amarelo são os mais difíceis de vaporizar.

As tatuagens apresentam alguns outros riscos. A FDA (U.S. Food and Drug Administration), órgão governamental dos Estados Unidos que controla os alimentos, suplementos alimentares, medicamentos etc., exerce certo controle sobre a composição dos pigmentos utilizados, mas eles são aprovados para aplicação apenas na superfície da pele — a segurança de injetá-los sob a pele não está bem estabelecida. Além disso, as leis estaduais nos Estados Unidos variam bastante. Enquanto alguns proibiram a prática inteiramente, outros não possuem qualquer norma a respeito. A tatuagem envolve agulhas e sangramento, os requisitos de treinamento dos profissionais são mínimos e há um risco de reações alérgicas e doenças infecciosas transmitidas pelo sangue, como a hepatite (mesmo que o profissional utilize agulhas estéreis, elas podem ser mergulhadas em pigmentos contaminados com o sangue dos clientes anteriores). Mesmo com a disponibilidade de técnicas de remoção a laser, é importante considerar os riscos de fazer uma tatuagem.

circulação geral e disponibilizando-o para os órgãos internos. Por outro lado, nos dias de calor, os vasos dérmicos absorvem o sangue quente, resfriando o corpo ao irradiar o calor para fora.

Existem glândulas e folículos pilosos incorporados na derme. Esses apêndices da pele derivam da camada epidérmica e estendem-se para dentro da derme e da hipoderme.

Hipoderme

Logo abaixo da pele situa-se a **hipoderme**, palavra grega que significa “abaixo da pele” (ver Figuras 5.1 e 5.2). Essa camada também é chamada **fáscia superficial**³ e *camada subcutânea*. A hipoderme consiste nos



APLICAÇÃO CLÍNICA

Sistema de emplastro para liberação de medicamento O emplastro transdérmico é concebido para que as moléculas do medicamento sejam difundidas através da epiderme para os vasos sanguíneos da camada dérmica. Um emplastro comum funciona bem para moléculas lipossolúveis pequenas (por exemplo, estrogênio, nitroglicerina e nicotina) que podem trilhar seu caminho entre as células epidérmicas. Emplastros estão sendo desenvolvidos para liberar moléculas maiores ou que sejam hidrossolúveis, como a insulina e as vacinas. Em um novo projeto de emplastro, agulhas finas e ocas se projetam do reservatório de medicamento, passando pela epiderme e penetrando na derme com profundidade suficiente para liberar medicamentos no plexo subpapilar, mas não tão fundo a ponto de atingir as terminações nervosas.

3 Nota do revisor técnico: para muitos anatomistas, a fáscia superficial é uma das camadas da tela subcutânea.

tecidos conjuntivos frouxos e adiposo⁴, mas normalmente o tecido adiposo predomina. Além de armazenar gordura, a hipoderme prende a pele nas estruturas subjacentes (principalmente nos músculos), porém com liberdade suficiente para que a pele possa deslizar relativamente bem sobre essas estruturas. Essa capacidade de deslizar assegura que muitos golpes apenas resvalam em nossos corpos. A hipoderme também é um isolante: como a gordura é um mau condutor de calor, ela ajuda a evitar a perda térmica do corpo. A hipoderme espessa-se acentuadamente com o ganho de peso, mas nos dois sexos esse espessamento ocorre em diferentes áreas do corpo. Nas mulheres, a gordura subcutânea acumula inicialmente nas coxas e mamas, enquanto nos homens ela se acumula inicialmente na parte anterior do abdome, como uma “barriga de cerveja”.

✓ Verifique seu conhecimento

- 6. De que maneira os vasos sanguíneos dérmicos regulam a temperatura do corpo?
- 7. Que tipo de tecido compõe (a) a camada papilar da derme, (b) a camada reticular da derme e (c) a hipoderme?
- 8. Que tipos de células são encontrados na derme e de que maneira cada uma delas contribui para as funções da pele?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Cor da pele

Três pigmentos contribuem para a cor da pele: melanina, caroteno e hemoglobina. A **melanina**, o mais importante, é produzida a partir de um aminoácido chamado tirosina. Presente em diversos tipos, a melanina varia de amarela a avermelhada e de marrom a

preta. Conforme foi observado anteriormente, a melanina passa dos melanócitos para os queratinócitos no estrato basal da epiderme. As variações na cor da pele do homem resultam de diferenças na quantidade e no tipo de melanina produzida.

O **caroteno** é um pigmento amarelo-laranja que o corpo obtém a partir de fontes vegetais, como as cenouras e tomates. Ele tende a acumular no estrato córneo da epiderme e na gordura da hipoderme.

A tonalidade rosa da pele caucasiana reflete a cor carmim da **hemoglobina** oxigenada nos capilares da derme. Como a pele caucasiana contém pouca melanina, a epiderme é quase transparente e permite a visualização da cor do sangue. As marcas em preto-e-azul representam o sangue descolorido, que é visível através da pele. As contusões, provocadas normalmente por pancadas, revelam locais onde o sangue escapou da circulação e coagulou abaixo da pele. O termo geral para uma massa coagulada de sangue vazado, em qualquer parte do corpo, é o **hematoma** (“inchaço de sangue”).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Cianose Quando a hemoglobina é mal oxigenada, tanto o sangue quanto a pele dos caucasianos parecem azuis, uma condição chamada **cianose** (“condição azul escura”). Muitas vezes a pele torna-se cianótica nas pessoas com insuficiência cardíaca ou transtornos respiratórios graves. Nas pessoas de pele escura, a pele pode ser escura demais para revelar a cor dos vasos subjacentes, mas a cianose pode ser detectada nas membranas mucosas e leitos ungueais (a parte de baixo das unhas das mãos e dos pés).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Sardas e nevos As sardas e os nevos pigmentados são acúmulos localizados de melanina na pele. Nas sardas, o aumento da melanina restringe-se à camada basal da epiderme. As sardas formam-se em consequência da exposição repetida à luz solar. Os indivíduos com compleição clara são mais propensos à formação de sardas. Os nevos pigmentados formam-se quando agrupamentos de melanócitos são transformados em células contendo melanina (nevócitos). Esses agrupamentos estão situados na camada basal da epiderme e nas camadas superiores da derme. Os nevos pigmentados formam-se logo após o nascimento e podem aparecer a qualquer momento durante o início da idade adulta. Eles não se formam em consequência da exposição ao ultravioleta.

As razões para as variações nas cores da pele das diferentes populações humanas não são plenamente compreendidas. As teorias que explicam essa variação refletem o fato de que os raios UV do solo são tanto perigosos quanto essenciais. Uma hipótese propõe que a coloração escura da pele evoluiu para eliminar o perigo de câncer de pele provocado pela radiação UV. Uma hipótese alternativa argumenta que os efeitos da luz solar sobre os níveis de ácido fólico no sangue foram a pressão seletiva para a evolução da pele escura nas áreas tropicais. Nas pessoas de pele clara, os altos níveis de luz solar diminuem os níveis de ácido fólico no sangue. Os níveis mais baixos de ácido fólico nas mulheres grávidas aumentam o risco de defeitos do tubo neural no feto em desenvolvimento. A evolução da pele escura nos trópicos protege os níveis sanguíneos de ácido fólico e promove uma prole saudável.

⁴ Nota do revisor técnico: definições questionáveis, já que a maioria dos anatomistas subdivide a tela subcutânea em três estratos: o areolar, a fásia superficial e o estrato lamelar.

O outro fator que influencia a cor da pele é a produção de vitamina D. Os raios UV estimulam a epiderme profunda a produzir vitamina D, um hormônio vital necessário para a captação do cálcio na alimentação e essencial para ter ossos saudáveis. O cálcio e, portanto, a quantidade adequada de vitamina D também são fundamentais para o feto em desenvolvimento.

A produção de vitamina D não é um problema nos trópicos ensolarados, mas os caucasianos no norte da Europa recebem pouca luz solar durante o longo e escuro inverno. Portanto, sua epiderme incolor assegura que uma quantidade suficiente de raios UV vai penetrar a pele, visando à produção de vitamina D. A exposição natural aos raios UV nessas regiões temperadas não é suficiente para reduzir os níveis de ácido fólico. A maioria dos tipos de cor da pele humana evoluiu nas latitudes intermediárias (China, Oriente Médio etc.) e é caracterizada por tons de pele moderadamente marrons, ou seja, nem “brancos” nem “negros”. Essa pele é suficientemente escura para conferir alguma proteção contra os efeitos negativos da luz solar no verão, especialmente quando bronzeia, porém suficientemente clara para permitir a produção de vitamina D nos invernos moderados das latitudes intermediárias. O conflito de escolha entre a proteção contra os efeitos nocivos da radiação UV e a proteção da vitamina D pode ter sido a pressão seletiva por trás da evolução da coloração da pele à medida que os primeiros seres humanos se afastaram dos trópicos.

✓ Verifique seu conhecimento

- 9. Qual pigmento provoca grande variação de cor na pele humana?
- 10. Uma pessoa de pele escura que vive nas latitudes mais ao norte deveria se preocupar com a produção de vitamina D? Explique.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

APÊNDICES DA PELE (ANEXOS CUTÂNEOS)

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura das unhas;
- ▶ mencionar as partes de um pelo e de um folículo piloso e explicar a função de cada parte;
- ▶ comparar a estrutura e a localização das glândulas sebáceas e sudoríferas;
- ▶ comparar as glândulas sudoríferas écrinas e apócrinas.

Junto com a própria pele, o sistema tegumentar inclui vários derivados da epiderme. Esses **apêndices da pele** (ou anexos cutâneos) incluem as unhas, os pelos e os folículos pilosos, as glândulas sebáceas (oleosas) e as glândulas sudoríferas. Embora derivem das células

epiteliais da epiderme, todos esses apêndices estendem-se para a derme.

Unhas

A **unha** (Figura 5.6) é a modificação da epiderme, similar a uma crosta, que corresponde ao casco ou garra em outros mamíferos. As unhas dos dedos das mãos são ferramentas embutidas que nos permitem pegar pequenos objetos e arranhar a pele quando ela coça. As unhas são feitas de células queratinizadas mortas. A **queratina dura**, que predomina nos pelos e unhas, tem duas diferenças em relação à **queratina mole**, encontrada nas células epidérmicas típicas: (1) é mais rígida e durável e (2) as células de queratina têm durabilidade e não escamam. Cada unha possui uma **margem livre** distal, uma parte visível, o corpo da unha (**placa ungueal**) e uma **raiz** (a parte proximal embutida na pele). A unha está assentada em um leito de epiderme chamado vale da unha (**leito ungueal**). Esse leito contém apenas as camadas mais profundas da epiderme, pois a própria unha corresponde às camadas superficiais queratinizadas.

As unhas têm um aspecto róseo por causa da rica rede de capilares na derme subjacente. Na raiz e na extremidade proximal do corpo da unha, o leito espessa-se e forma a **matriz da unha (ungueal)**, que é a parte

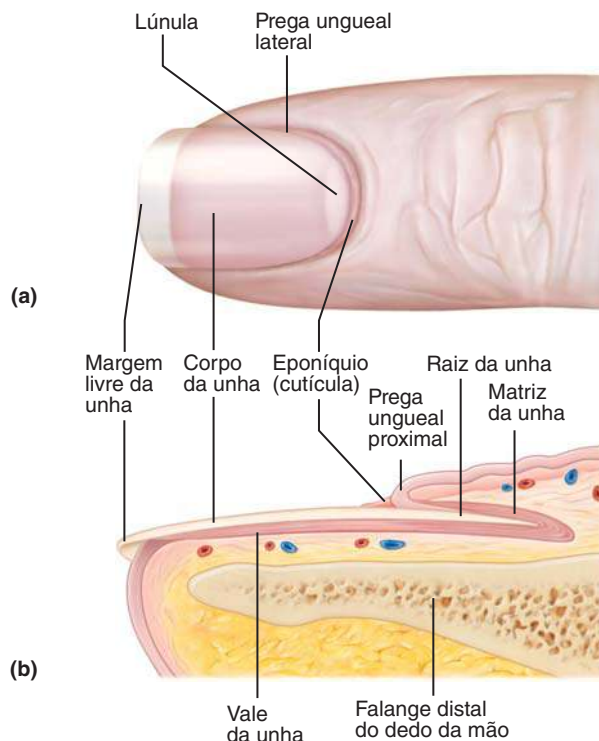


Figura 5.6 Estrutura da unha. (a) Visualização superficial da parte distal do dedo da mão. (b) Corte sagital através da falange distal do dedo da mão.

de crescimento ativo da unha. A matriz é tão espessa que a derme rósea não aparece através dela, ao contrário, vemos uma forma de lua crescente na cor branca, a **lúnula** (“lua pequena”), sob a região proximal da unha. As margens lateral e proximal da unha são sobrepostas por pregas de pele chamadas **pregas ungueais**. A prega ungueal proximal projeta-se no corpo da unha como cutícula ou **eponíquio** (“sobre a unha”).

A *unha do pé encravada* é exatamente o que o seu nome sugere: uma unha cujo crescimento a empurra dolorosamente para dentro da prega ungueal lateral. Isso acontece quando a unha cresce de forma torta, geralmente por causa da pressão de um calçado mal ajustado.

✓ Verifique seu conhecimento

11. Qual é a diferença entre a queratina no pelo e nas unhas e a queratina na epiderme?

(Veja a resposta no Apêndice B.)

Pelos e folículos pilosos

Juntos, os pelos e seus folículos pilosos formam unidades estruturais complexas (**Figura 5.7**). Nessas unidades, os *pelos* são filamentos longos e os *folículos pilosos* são invaginações tubulares da epiderme a partir das quais o pelo cresce.

Pelo

Embora o pelo sirva para manter os outros mamíferos aquecidos, o pelo do corpo humano é muito menos exuberante e útil para manter a temperatura corporal. Mesmo assim, o pelo é distribuído por toda a superfície da nossa pele, exceto nas palmas das mãos, plantas dos pés, mamilos e partes dos genitais externos (a glândula do pênis, por exemplo). A principal função desse pelo corporal escasso é sentir as coisas que toquem ligeiramente a pele. O pelo no couro cabeludo protege a cabeça contra a luz solar direta no verão e contra a perda de calor nos dias frios. As sobrancelhas protegem os olhos e os pelos nasais filtram do ar inalado grandes partículas, tais como insetos e fiapos.

O **pelo** é um filamento flexível, feito de células mortas preenchidas com queratina dura. As partes principais de um pelo são a **raiz**, que é a parte embutida na pele, e a **haste**, que é a parte que se projeta acima da superfície da pele (**Figura 5.7**). Se a sua haste for plana e parecida com uma fita no corte transversal, o pelo é tortuoso; se for oval no corte transversal, o pelo é ondulado; se for perfeitamente redonda, o pelo é reto.

Um pelo consiste em três camadas concêntricas de células queratinizadas (**Figuras 5.7a e 5.7b**). Seu núcleo central, a **medula** (“meio”), consiste em grandes células e espaços de ar. A medula não existe nos pelos finos. O **córtex**, que envolve a medula, consiste em

várias camadas de células planas. A **cutícula** mais externa é uma única camada de células que sobrepoem umas às outras a partir de baixo, como as telhas em um telhado. Esse “padrão de telha” ajuda a manter os pelos vizinhos separados para que não se emaranhem. Os condicionadores capilares suavizam a superfície áspera da cutícula para que o cabelo pareça mais brilhante. A cutícula é a parte mais intensamente queratinizada do pelo, conferindo resistência e mantendo as camadas internas bem compactadas. Como está sujeita à maior parte da abrasão, a parte mais antiga da cutícula do pelo tende a se desgastar na ponta da haste. A abrasão faz que as fibrilas de queratina no córtex e na medula encrespem, criando as “pontas duplas”.

O pigmento do pelo é criado pelos melanócitos na base do folículo piloso (exibido na **Figura 5.7c**), sendo transferido para as células da raiz pilosa. Proporções diferentes dos dois tipos de melanina (preto-marrom e amarelo-ferrugem) combinam-se para produzir todas as cores comuns de pelo — preto, castanho, ruivo e loiro. O pelo grisalho ou branco resulta de uma diminuição na produção de melanina e da substituição dessa melanina por bolhas de ar incolores na haste do pelo.

Folículos pilosos

Os **folículos pilosos** estendem-se da superfície epidérmica até a derme. A extremidade profunda do folículo expande-se, formando um **bulbo piloso** (**Figura 5.7c**). Um nó de terminações nervosas sensoriais envolve cada bulbo piloso, formando um **receptor do folículo piloso** ou um **plexo da raiz pilosa** (ver **Figura 5.1**). A inclinação da haste do pelo estimula essas terminações nervosas. Portanto, os pelos são excelentes receptores táteis. Faça um teste passando a mão levemente sobre os pelos do seu antebraço.

Uma pequena parte da derme similar a um mamilo, chamada **papila dérmica** (*papila pilosa*), projeta-se para dentro de cada bulbo. Essa papila contém um nó de capilares que liberam substâncias que estimulam o crescimento do pelo e fornecem nutrientes para seu crescimento. Se a papila for destruída por um trauma, o folículo deixa de produzir pelo.

As células epiteliais no bulbo piloso logo acima da papila compõem a **matriz pilosa**. As células dessa matriz proliferam e formam a haste do pelo.

A parede do folículo piloso possui um componente dérmico e um componente epidérmico, que são descritos de fora para dentro (**Figura 5.7a-d**).

- **Bainha de tecido conjuntivo periférico** (*bainha fibrosa*). Essa bainha de tecido conjuntivo deriva da derme e forma a camada externa da parede do folículo.
- **Membrana vítrea**. Essa membrana está na junção da bainha fibrosa com a bainha radicular epitelial.

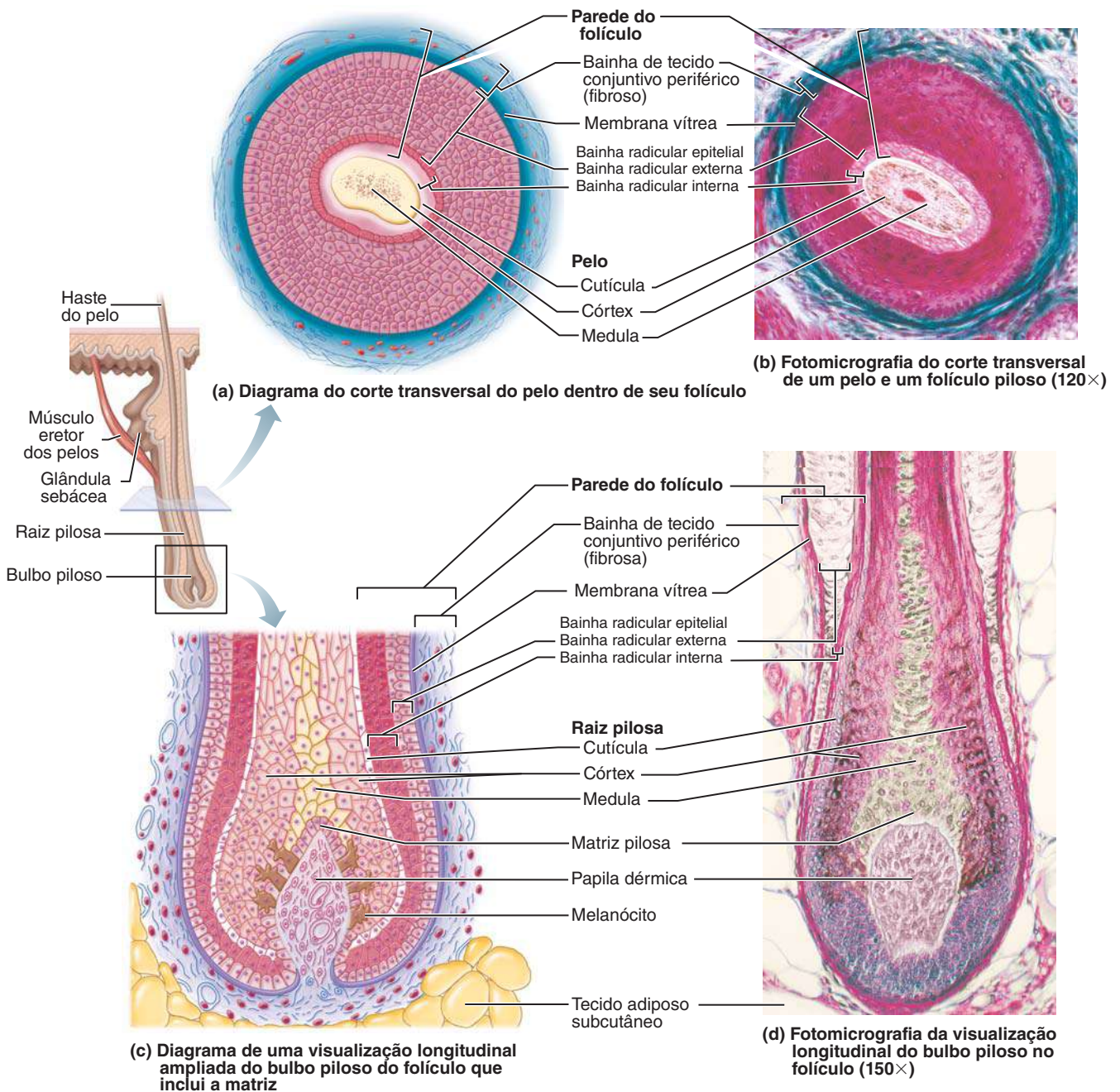


Figura 5.7 Estrutura do pelo e do folículo piloso.

Em essência, ela é a membrana basal do epitélio folicular.

- **Bainha radicular epitelial.** A bainha radicular epitelial deriva da epiderme e possui dois componentes: a **bainha radicular externa**, que é uma continuação direta da epiderme, e a **bainha radicular interna**, que deriva das células da matriz.

As células-tronco epiteliais estão situadas em um **bojo**, na região superficial da bainha radicular externa. Essas células-tronco originam as células da matriz pilosa que formam a haste do pelo e também as novas cé-

lulas epidérmicas. As células-tronco dessa região têm sido cultivadas para produzir emplastros de epiderme derivados das próprias células de um paciente e que são utilizados para tratar feridas crônicas.

Associado a cada folículo piloso há um feixe de células musculares lisas, chamado **músculo eretor dos pelos** (ver Figuras 5.1 e 5.7). Cada eretor dos pelos segue da parte mais superficial da derme até um folículo piloso profundo. Quando seus eretores de pelos estão relaxados, a maioria dos pelos fica deitada, já que a maior parte dos folículos se assenta em um ân-

gulo oblíquo em relação à superfície da pele. Depois, quando esse músculo se contrai em resposta ao frio ou ao medo, o pelo fica ereto e a superfície da pele forma pequenas ondulações, produzindo arrepios. Embora essa resposta de “erigar os pelos” não seja muito útil para os seres humanos cujo pelo é relativamente esparsa, ela mantém os animais peludos mais aquecidos ao aprisionar uma camada de ar isolante em seu pelo. Além disso, um animal assustado e com seu pelo erigido parece maior e mais ameaçador para um inimigo.

Tipos e crescimento dos pelos

Os pelos existem em vários tamanhos e formas, mas como regra geral eles podem ser classificados como **velus** (“lã”) e/ou **terminal**. O pelo corporal das crianças e mulheres é da variedade velus fino e curto. O pelo mais longo e grosso do nosso couro cabeludo é um pelo terminal. Na puberdade, os pelos terminais também aparecem nas regiões axilar e púbica de ambos os sexos e na face, peito, braços e pernas em seres humanos do sexo masculino. Esses pelos terminais crescem sob a influência dos hormônios sexuais masculinos chamados *androgênios*, dos quais a *testosterona* é o tipo mais importante.

Os pelos crescem em média 2 mm por semana, embora essa taxa varie amplamente de acordo com a região do corpo, além do sexo e da idade. Cada folículo passa por ciclos de crescimento. Em cada ciclo, uma fase de crescimento ativo é seguida por uma fase de descanso, na qual a matriz pilosa fica inativa e o folículo atrofia um pouco. No início de cada fase ativa, o crescimento do pelo novo empurra o pelo velho, fazendo com que caia. A vida útil do pelo varia: no couro cabeludo, os folículos permanecem ativos por quatro anos, em média; depois, cada pelo cresce bastante até ser descartado. Nas sobrancelhas, por outro lado, os folículos ficam ativos apenas por alguns meses, por isso as sobrancelhas nunca crescem demais. Felizmente, os ciclos dos folículos pilosos adjacentes no couro cabeludo não estão em sincronia; assim, os seres humanos perdem apenas uma pequena porcentagem dos pelos da cabeça em qualquer época.

Afinamento do pelo e calvície

Dadas as condições ideais, o pelo cresce mais depressa dos 10 anos aos 40 anos de idade. Quando os pelos não são mais substituídos com a mesma rapidez com que são descartados, eles afinam. Por volta dos 60 a 65 anos de idade, ambos os sexos costumam sofrer algum grau de calvície. Os pelos terminais grossos são substituídos por pelos velus cada vez mais finos.

A verdadeira calvície é diferente. O tipo mais comum, a **calvície de padrão masculino**, é uma condição determinada geneticamente e influenciada pelo

gênero. Acredita-se que seja provocada por um gene não expressado até a idade adulta, momento em que ele muda a resposta dos folículos pilosos aos androgênios. Os pelos respondem aos androgênios, encurtando cada vez mais seus ciclos de crescimento, que se tornam tão curtos que muitos pelos nunca saem de seus folículos antes de serem descartados e os que saem são pelos velus finos que se parecem com penugem de pêssego na área “calva”. Os medicamentos utilizados para tratar a calvície masculina inibem a produção dos androgênios ou aumentam o fluxo sanguíneo para a pele e os folículos pilosos. Esses tratamentos são apenas parcialmente bem-sucedidos.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Quimioterapia e perda de pelos Os quimioterápicos utilizados para tratar o câncer visam às células que se dividem com mais rapidez no corpo, destruindo assim muitas células-tronco pilosas e provocando perda de pelos. Após a interrupção da quimioterapia, o pelo consegue se recuperar e voltar a crescer. Já a perda de pelos em decorrência de queimaduras graves, radiação excessiva ou outros fatores que destroem os folículos é permanente.

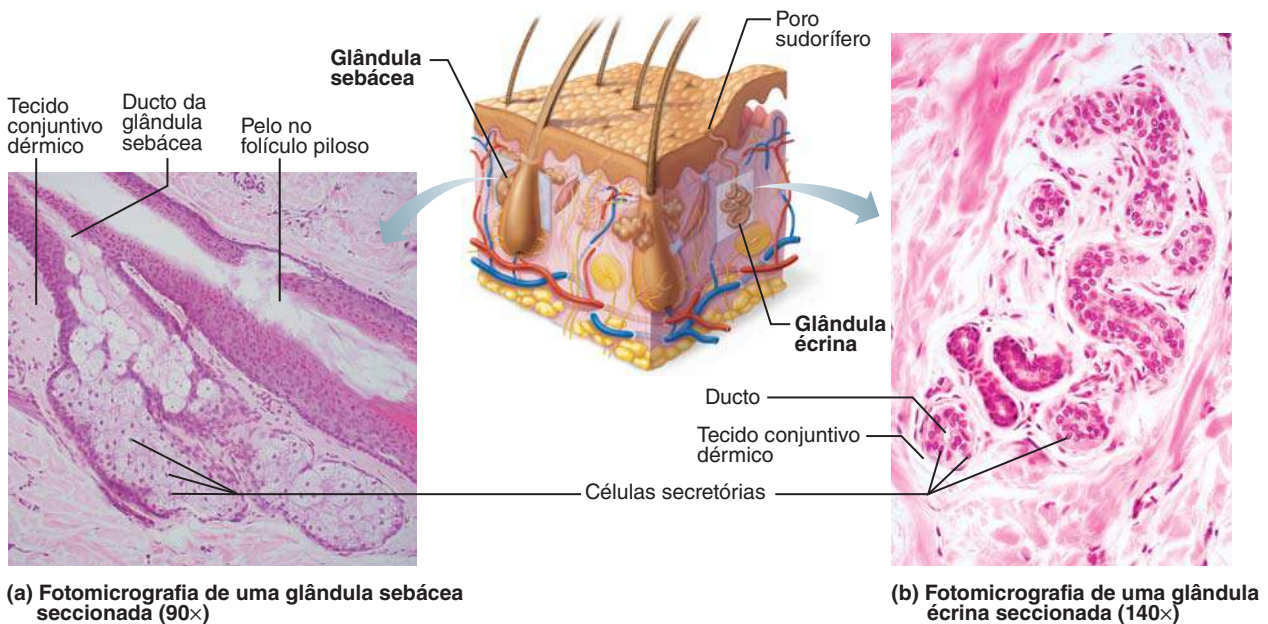
✓ Verifique seu conhecimento

- 12. O pelo e o folículo piloso derivam de qual região da pele?
- 13. Ordene as três camadas de células pilosas, da mais profunda até a mais superficial.
- 14. Por que a perda de pelos por causa da quimioterapia é temporária, mas a perda de pelos decorrente de uma queimadura grave é permanente?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Glândulas sebáceas

As **glândulas sebáceas** são as glândulas oleosas da pele (Figura 5.1 e **Figura 5.8a**), que ocorrem no corpo inteiro, exceto nas palmas das mãos e plantas dos pés. Elas são glândulas alveolares simples, com vários alvéolos se abrindo para um único ducto (ver a Figura 4.5, p. 76 para conhecer a sua estrutura básica), mas, na realidade, os alvéolos são preenchidos com células, de modo que não há luz (cavidade central). Seu único produto, chamado **sebo** (“gordura animal”), é secretado da forma mais incomum: as células centrais nos alvéolos acumulam lipídios oleosos até se encherem e explodirem em pedaços. Esse processo chama-se **secreção holócrina** (*holos* = todo, inteiro), pois as células *inteiras* se rompem e formam o produto. A maioria das



(a) Fotomicrografia de uma glândula sebácea seccionada (90×)

(b) Fotomicrografia de uma glândula écrina seccionada (140×)

Figura 5.8 Glândulas da pele.

glândulas sebáceas está associada a folículos pilosos, esvaziando seu sebo no terço superior do folículo. A partir daí, o sebo flui superficialmente e cobre a pele. Além de tornar a nossa pele e pelos oleosos, o sebo recolhe a sujeira, amacia e lubrifica o pelo e a pele, evita que os pelos fiquem quebradiços e evita as rachaduras na epiderme. Ele também ajuda a desacelerar a perda hídrica pela pele e a exterminar as bactérias.

A secreção do sebo é estimulada por hormônios, especialmente os androgênicos. As glândulas sebáceas ficam relativamente inativas durante a infância, mas são ativadas em ambos os sexos durante a puberdade, quando a produção de androgênicos começa a crescer.

Glândulas sudoríferas

O suor evita o superaquecimento do corpo, já que resfria a pele enquanto evapora. Apenas os mamíferos possuem **glândulas sudoríferas** (glândulas sudoríparas). Os seres humanos possuem mais de 2,5 milhões de glândulas sudoríferas distribuídas por toda a superfície da pele, exceto nos mamilos e partes dos genitais externos. Os seres humanos produzem cerca de 500 ml de suor por dia, mas essa quantidade pode aumentar para 4,5 a 7,5 litros nos dias de calor durante o exercício vigoroso. A pele interfere na evaporação do suor e na capacidade para resfriar o corpo, assim, a necessidade de mais regulação da temperatura através da sudorese levou a uma redução da quantidade de pelos nos seres humanos.

Existem dois tipos de glândulas sudoríferas, ambas aumentando a sua secreção em resposta ao estresse e também ao calor: glândulas *écrinas* e *apócrinas*.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Acne Alguns adolescentes produzem tanto sebo que não é possível removê-lo das glândulas com velocidade suficiente através de ductos. Quando uma glândula sebácea fica bloqueada pelo sebo, aparece uma espinha na superfície da pele. Se o material oxidar e secar, ele escurece e forma um cravo (a cor escura do cravo não se deve à sujeira). As glândulas sebáceas tendem a ser infectadas por bactérias, produzindo uma espinha. As bactérias decompõem o sebo, transformando-o em ácidos graxos irritantes, que, junto com os próprios produtos bacterianos, induzem a inflamação, especialmente quando a massa infectada inteira explode para fora do folículo e penetra na derme circundante. A *acne* resultante pode ser branda ou extremamente grave, levando a cicatrizes permanentes.

O tratamento da acne considera diferentes fatores causais: maior produção de sebo e formação de espinhas e inflamação e infecção bacteriana. As medicações tópicas, como o peróxido de benzoila, tratam a acne inflamatória. Já os retinoides tópicos, derivados da vitamina A, agem na prevenção da formação de espinhas, e os antibióticos destroem as bactérias causadoras da acne. Muitas vezes utiliza-se uma combinação de tratamento para maximizar os resultados.

Glândulas sudoríferas écrinas

As **glândulas écrinas** (“secretórias”) são disparadamente o tipo mais numeroso (Figura 5.8b) e são mais abundantes nas palmas das mãos, plantas dos pés e fronte. Cada uma delas é uma versão espiralada de uma glândula tubular simples (ver Figura 4.5, p. 76). A base espiralada secretória está situada na derme pro-

funda e na hipoderme e o ducto segue superficialmente, abrindo-se na superfície da pele através de um **poro** em forma de túnel (embora a maioria dos poros na superfície da pele sejam poros sudoríferos, os “poros” observados na face são aberturas dos folículos pilosos).

O suor é um produto secretório incomum por se tratar basicamente de um filtrado de sangue que passa através das células secretórias das glândulas sudoríferas, sendo liberado por exocitose. O suor consiste em 99% de água, com alguns sais (principalmente o cloreto de sódio) e traços de resíduos metabólicos (ureia, amônia, ácido úrico). O suor é ácido, então ele retarda o crescimento das bactérias na pele.

Glândulas sudoríferas apócrinas

As **glândulas apócrinas** estão confinadas basicamente nas áreas axilar, anal e genital, são maiores do que as glândulas écrinas e seus ductos abrem-se nos folículos pilosos. As glândulas apócrinas produzem um tipo especial de suor que consiste em substâncias gordurosas e proteínas, além dos componentes daquele produzido pelas glândulas écrinas. Por essa razão, o suor apócrino é viscoso e às vezes tem uma cor leitosa ou amarela, que é inodoro quando secretado pela primeira vez, mas à medida que suas moléculas orgânicas são decompostas pelas bactérias na pele, ele adquire um odor almiscarado. Essa é a origem do odor corporal.

As glândulas apócrinas começam a funcionar na puberdade, sob a influência dos androgênios. Sua atividade é aumentada pelas preliminares sexuais e elas aumentam e diminuem com as fases do ciclo menstrual da mulher. As secreções das glândulas apócrinas foram identificadas como feromônios humanos verdadeiros (sinais químicos que transmitem informações para um membro da mesma espécie) no final dos anos 1990, quando se demonstrou que eram responsáveis pela sincronia do ciclo menstrual que ocorre nas mulheres que moram juntas.

As glândulas apócrinas estão envolvidas na sinalização sexual e parecem atuar na atratividade e seleção dos parceiros. Os genes que codificam o sistema imune, o complexo de histocompatibilidade principal (MHC), também influenciam as secreções das glândulas apócrinas. Cada pessoa possui um conjunto único desses genes. Em experimentos, os aromas do odor corporal que as mulheres escolheram como “sexy” ou “atraente” vieram dos homens com genes do sistema imune mais diferentes dos próprios genes dessas mulheres. Os parceiros com genes do sistema imune complementares conferem à sua prole uma maior proteção contra doenças e uma menor probabilidade de transtornos recessivos.

A pele forma vários tipos de glândulas sudoríferas modificadas. As *glândulas ceruminosas* (“ceráceas”)

são glândulas apócrinas modificadas no revestimento do canal auditivo externo. Seu produto é um componente do cerume. As *glândulas mamárias* são glândulas sudoríferas especializadas e altamente modificadas para secretar leite. Embora as glândulas mamárias façam parte do sistema tegumentar, elas são estudadas junto com o sistema genital feminino (Capítulo 25).

✓ Verifique seu conhecimento

- 15. As glândulas apócrinas tornam-se ativas na adolescência. Elas também são as glândulas que causam a acne?
- 16. Que tipo de tecido forma as glândulas écrinas? (Examine a fotomicrografia da glândula écrina na Figura 5.8b.)
- 17. Quais funções da pele são desempenhadas pelas glândulas écrinas?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TRANSTORNOS DO SISTEMA TEGUMENTAR

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever as camadas envolvidas e os sintomas das queimaduras de primeiro, segundo e terceiro grau e explicar por que as queimaduras graves são potencialmente fatais;
- ▶ identificar o tipo de célula envolvido, a aparência característica e o grau de malignidade nos três tipos de câncer.

Exposta diretamente aos perigos e germes do mundo exterior, a pele pode desenvolver mais de mil condições e doenças diferentes. Os transtornos de pele mais comuns são as infecções bacterianas, virais ou fúngicas (algumas delas são descritas nos “Termos clínicos”, no final deste capítulo). As ameaças mais graves à pele são as queimaduras e o câncer de pele.

Queimaduras

As **queimaduras** são uma ameaça devastadora para o corpo, principalmente em decorrência dos seus efeitos na pele. Uma queimadura é um dano tecidual infligido por calor, eletricidade, radiação, atrito exagerado ou certas substâncias químicas nocivas.

A ameaça imediata à vida decorrente das queimaduras graves é uma perda catastrófica de fluidos corporais. O edema inflamatório é grave. À medida que o fluido escoar das superfícies queimadas, o corpo perde água e sais essenciais rapidamente. Essa desidratação, por sua vez, leva a um choque circulatório fatal, ou seja, a uma circulação sanguínea inadequada, provocada pela redução no volume de sangue. Para salvar o paciente, a equipe médica precisa repor imediatamente

os fluidos perdidos. Depois de passar a crise inicial, a infecção passa a ser a principal ameaça. Os patógenos conseguem invadir facilmente as áreas onde a barreira de pele está destruída.

As queimaduras são classificadas por sua gravidade (profundidade) como queimaduras de primeiro, segundo ou terceiro grau (Figura 5.9). As queimaduras de terceiro grau são as *mais* graves. Nas **queimaduras de primeiro grau** apenas a epiderme é danificada. Os sintomas incluem vermelhidão, inchaço e dor: a reação inflamatória típica ao dano tecidual (ver p. 96). Geralmente, as queimaduras de primeiro grau cicatrizam em poucos dias, sem uma atenção especial. A queimadura de sol normalmente é de primeiro grau.

As **queimaduras de segundo grau** envolvem lesão da epiderme e da parte superior da derme. Os sintomas se assemelham aos das queimaduras de primeiro grau, mas também aparecem bolhas à medida que o fluido

se acumula entre as camadas epidérmica e dérmica. A pele regenera-se com pouca ou nenhuma formação de cicatrizes em 3 a 4 semanas, se forem tomados os cuidados necessários para evitar infecção. As queimaduras de primeiro e segundo grau são consideradas **queimaduras de espessura parcial**.

As **queimaduras de terceiro grau** consomem toda a espessura da pele e, portanto, são **queimaduras de espessura total**. A área queimada tem aspecto branco, vermelho ou escurecido. Embora a pele possa acabar se regenerando, normalmente não se espera por isso, por causa da perda hídrica e da infecção. Sendo assim, a pele de outras partes do corpo do paciente precisa ser enxertada na área queimada. Esse enxerto, no qual um indivíduo é doador e receptor ao mesmo tempo, chama-se *autoenxerto*.

Em geral, as queimaduras são consideradas críticas se houver qualquer uma das seguintes condições:



Queimadura de primeiro grau

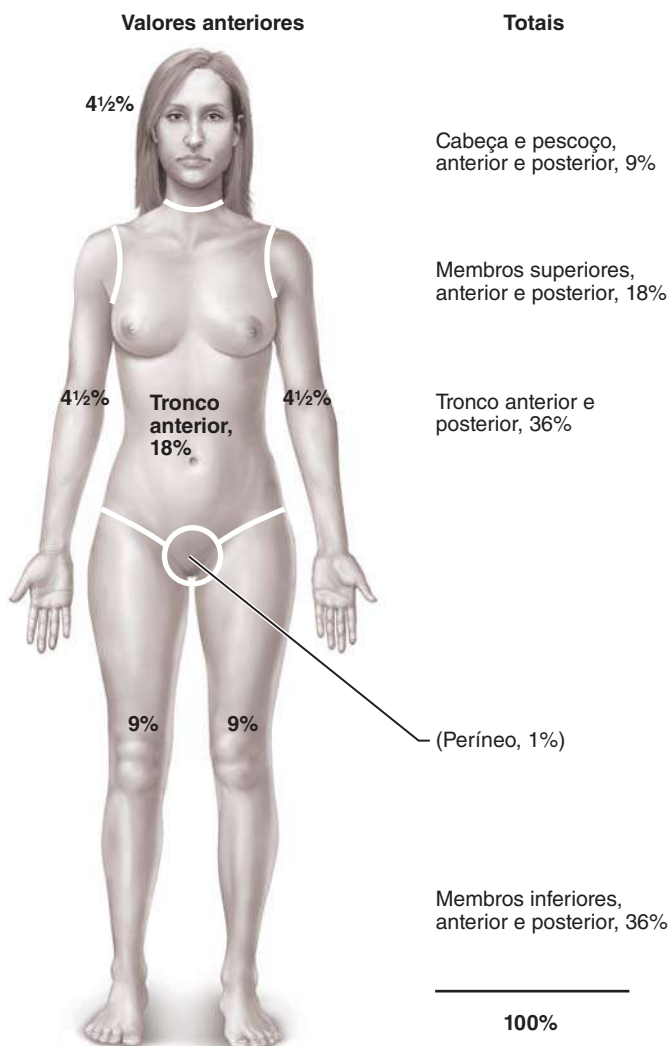
Queimadura de segundo grau

(a) Pele com queimadura de espessura parcial (queimaduras de primeiro e segundo graus)



Queimadura de terceiro grau

(b) Pele com queimadura de espessura total (queimadura de terceiro grau)



(c) Regra dos nove, utilizada para estimar a extensão das queimaduras

Figura 5.9 Queimaduras.



(a) Carcinoma da célula basal

(b) Carcinoma da célula escamosa

(c) Melanoma

Figura 5.10 Fotografias de cânceres de pele.

(1) se mais de 10% do corpo sofrer queimaduras de terceiro grau; (2) 25% do corpo com queimaduras de segundo grau; (3) se houver queimaduras de terceiro grau na face, mãos ou pés. Uma maneira rápida de estimar a área de superfície afetada por uma queimadura é utilizar a **regra dos nove** (Figura 5.9c). Esse método divide a superfície corporal em 11 regiões, cada uma contribuindo com 9% (ou um múltiplo de 9%) da área total do corpo (os valores exibidos na Figura 5.9c indicam valores de área de superfície relativos às superfícies anteriores do corpo; os valores totais para cada região são indicados à direita na ilustração). Esse método tem uma precisão apenas aproximada, então tabelas especiais são utilizadas quando é necessário obter uma precisão maior.

Nos pacientes cujas queimaduras sejam grandes demais ou que por qualquer motivo sejam candidatos inadequados aos autoenxertos, existem as coberturas artificiais. A pele artificial consiste em uma “derme” produzida a partir de colágeno bovino e uma “epiderme” produzida com silicone. A derme do próprio paciente substitui gradualmente e reabsorve a artificial, com essa lâmina de silicone sendo posteriormente descascada e substituída por uma rede de células epidérmicas cultivadas a partir da pele do próprio paciente. A pele artificial não é rejeitada pelo corpo, salva vidas e resulta em cicatrizes mínimas. No entanto, tem uma probabilidade maior de infeccionar do que um autoenxerto.

Câncer de pele

É comum aparecerem muitos tipos de tumores na pele, sendo a maioria benigna (verrugas, por exemplo). Alguns, no entanto, podem ser malignos. O câncer de pele é o tipo de câncer mais comum, com cerca de um milhão de novos casos surgindo a cada ano nos Estados Unidos. Conforme mencionamos anteriormente, o fator de risco mais importante do câncer de pele é o excesso de exposição aos raios UV na luz solar. Dados recentes mostram o maior risco de três tipos de câncer de pele em indivíduos com uma história de bronzeamento artificial.

Carcinoma da célula basal

O **carcinoma da célula basal** é o menos maligno e o mais comum dos cânceres de pele (Figura 5.10a) e mais de 30% de todos os caucasianos o desenvolvem durante a vida. As células do estrato basal proliferam, invadindo a derme e a hipoderme, provocando erosões teciduais. As lesões mais comuns desse câncer são nódulos em forma de cúpula e brilhantes nas áreas da face expostas ao sol. Mais tarde, esses nódulos desenvolvem uma úlcera central e uma borda frisada “perolada” que sangra com frequência. O carcinoma da célula basal cresce com lentidão relativa, raramente ocorrendo metástase. A cura total por excisão cirúrgica ou outros métodos de remoção é a regra em 99% dos casos.

Carcinoma da célula escamosa

O **carcinoma da célula escamosa** (Figura 5.10b) surge a partir dos queratinócitos do estrato espinoso, na forma de uma pápula escamosa avermelhada (uma elevação pequena e arredondada), que tende a crescer rapidamente e a metastatizar, caso não seja removida. No entanto, se for tratado precocemente a chance de uma cura completa é boa e a taxa global de cura é 99%. O carcinoma pode ser removido por radioterapia, cirurgia ou cremes de pele contendo medicamentos anticâncer.

Melanoma

O **melanoma**, um câncer dos melanócitos, é o tipo mais perigoso de câncer de pele (Figura 5.10c). Os melanócitos são derivados das células da crista neural, que vagam amplamente durante o período embrionário. Essa predisposição para a migração explica a natureza invasiva do melanoma, que contribui com apenas um em cada 20 cânceres de pele, mas está crescendo rapidamente nos países com populações de pele clara — crescimento em torno de 3% a 8% *ao ano* nos Estados Unidos. O melanoma pode surgir sempre que houver pigmento, mas com frequência ele se origina nos nevos existentes, aparecendo geralmente como uma mancha escura em expansão. Como as células do

melanoma metastatizam rapidamente nos vasos circunferenciais circundantes, a chave para sobreviver ao melanoma é a detecção precoce. A maioria das pessoas não sobrevive a esse câncer se a lesão atingir mais de 4 mm de espessura. O melanoma é resistente à quimioterapia e ao tratamento de imunoterapia atual, embora vacinas estejam sendo testadas.

A American Cancer Society sugere que os indivíduos com exposição frequente ao sol examinem regularmente a pele em busca de nevos e novas manchas de pigmentação, aplicando a **regra ABCD** para reconhecer um melanoma: **A**, *assimetria*: as duas metades da mancha ou nevo não coincidem; **B**, *irregularidade da margem* (do inglês, *border irregularity*): as margens possuem endentações e descontinuidades; **C**, *cor*: a mancha de pigmentação contém várias cores, incluindo tons de preto, marrom, bronze e algumas vezes tons de azul e vermelho; **D**, *diâmetro*: mais de 6 mm (maior que uma borracha de lápis). Alguns especialistas constataram que a adição de um **E**, relativo à *avaliação* (do inglês *evaluation*) acima da superfície da pele, aperfeiçoa o diagnóstico, então eles empregam a **regra ABCD/E**.

✓ Verifique seu conhecimento

- 18. Que tipo de queimadura provoca bolhas?
- 19. Quais são as duas preocupações fatais resultantes das queimaduras de terceiro grau e como elas são tratadas?
- 20. Que tipo de câncer de pele é o mais comum? Qual deles pode ser fatal?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

A PELE AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ identificar as camadas germinativas primárias que formam a pele e seus apêndices;
- ▶ descrever as mudanças que ocorrem na pele, desde o nascimento até a velhice.

A epiderme desenvolve-se a partir do ectoderma embrionário, e a derme e a hipoderme desenvolvem-se a partir do mesoderma (ver Capítulo 3, p. 56-59). Os melanócitos derivam das células da crista neural, que migram para o ectoderma durante os três primeiros meses de desenvolvimento pré-natal. No final do quarto mês, a pele está bem formada: a epiderme tem todas as suas camadas, as papilas dérmicas são evidentes e os apêndices epidérmicos estão presentes na forma rudimentar. Durante o quinto e o sexto mês, o feto é coberto com uma camada felpuda de pelos delicados, chamados *lanugo* (“lã”, ou “lanugem”). Esse manto desprende-se no sétimo mês e, então, aparecem os pelos velus.

Quando um bebê nasce, sua pele está coberta com *verniz caseoso* (“verniz de queijo”), uma substância parecida com queijo, que é produzida pelas glândulas sebáceas. Ele protege a pele do feto contra o contato constante com o fluido amniótico. A pele e a hipoderme de um recém-nascido são muito finas, mas engrossam durante a primeira infância e a infância.

Com o início da adolescência, as glândulas sebáceas tornam-se mais ativas e a acne pode aparecer (ver p. 119). Geralmente a acne desaparece no início da idade adulta e a pele de um indivíduo atinge sua melhor aparência dos 20 aos 30 anos. A partir daí, a pele começa a exibir os efeitos nocivos das agressões ambientais permanentes, como a abrasão, o vento, o sol e os produtos químicos. A escamação e vários tipos de inflamação da pele, chamadas **dermatites**, tornam-se mais comuns.

Na meia-idade, as substâncias lubrificantes e amaciantes produzidas pelas glândulas sebáceas começam a diminuir. Em consequência, a pele torna-se seca e coça. As pessoas com pele naturalmente oleosa podem evitar esse ressecamento, de modo que a sua pele envelheça em boas condições.

A maioria dos aspectos do envelhecimento da pele não é intrínseca, mas provocada pela luz solar em um processo chamado “fotoenvelhecimento”. A pele envelhecida que foi protegida do sol perdeu parte da elasticidade e é mais fina (assim como a hipoderme subjacente), mas continua sem rugas e marcas. A pele exposta ao sol, por outro lado, é enrugada, frouxa, inelástica, coriácea e possui manchas de pigmentação chamadas “manchas senis”. Na derme dessa pele envelhecida pelo sol, a quantidade de colágeno diminuiu e um material anormal contendo elastina acumulou-se. Grande parte dessa mudança deve-se à ativação de enzimas, induzida pelos raios UV, que degrada o colágeno e outros componentes da derme.

Ao bloquear os raios UV, grandes quantidades de melanina protegem a pele do fotoenvelhecimento. É por isso que os indivíduos de pele clara, que possuem pouca melanina para começar, exibem alterações relacionadas à idade em uma idade mais precoce do que as pessoas com pele e pelos mais escuros. Pela mesma razão as pessoas de pele escura têm uma aparência jovial por muito mais tempo do que os caucasianos.

✓ Verifique seu conhecimento

- 21. A partir de qual camada germinativa embrionária os apêndices da pele se desenvolvem? A partir de qual camada embrionária a hipoderme se desenvolve?
- 22. Como a radiação UV danifica a camada dérmica da pele?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Alopecia Qualquer condição envolvendo a ausência ou perda de pelos. A calvície masculina, que é o tipo mais comum, é chamada tecnicamente de *alopecia androgênica*.

Furúnculos e carbúnculos (“pequenas brasas incandescentes”) Infecção e inflamação dos folículos pilosos e das glândulas sebáceas que se espalharam para a hipoderme subjacente. Um furúnculo pode ser associado a uma espinha gigante; os carbúnculos são furúnculos compostos. A causa comum é infecção bacteriana.

Herpes simples labial (vesículas febris) Vesículas pequenas, doloridas e cheias de líquido que ocorrem em volta dos lábios e na mucosa da boca. Elas são provocadas pelo vírus herpes simples, que está situado nas células nervosas que abastecem a pele, onde permanece dormente até ser ativado por perturbações emocionais, febre ou radiação UV.

Impetigo Lesões em relevo, rosadas e cheias de fluido, comuns em volta da boca e do nariz. Elas desenvolvem uma crosta amarela e acabam se rompendo. Essa condição contagiosa, provocada por uma infecção de *Staphylococcus*, é comum nas crianças em idade escolar.

Pé de atleta Condição de coceira, vermelhidão e escamação da pele entre os dedos dos pés, resultante de infecção fúngica.

Psoríase Condição inflamatória crônica caracterizada por pápulas dérmicas avermelhadas cobertas com escamas secas e prateadas. As escamas resultam de uma proliferação excessiva da epiderme e a cor rosa deve-se ao alargamento dos capilares na derme. Relativamente

comum, ela afeta 2% dos norte-americanos⁵. Pode ser uma condição autoimune desencadeada por produtos bacterianos. Um tratamento eficaz para a psoríase emprega um medicamento que retarda o crescimento epidérmico e que é ativado pela exposição à luz UV.

Queratose actínica Lesão pré-cancerosa da pele, consistindo em manchas ásperas e escamosas, normalmente mede de 3 a 10 mm de diâmetro, às vezes um pouco mais! Essas lesões podem ter a textura de uma lixa e podem se assemelhar a uma abrasão que não cicatriza. Elas são as precursoras do carcinoma da célula escamosa, sendo comuns na pele danificada pelo sol. O tratamento com cremes ou cirurgia remove as células danificadas. Depois de diagnosticada a lesão, é essencial fazer uma triagem em busca de outras lesões.

Rosácea Erupção crônica da pele produzida por pequenos vasos sanguíneos dilatados na face, particularmente no nariz e bochechas, provocando rubor facial. Pápulas e pústulas similares à acne podem ou não ocorrer. É uma condição mais comum nas mulheres, mas tende a ser mais grave quando ocorre nos homens. A causa é desconhecida, mas o estresse, alguns transtornos endócrinos e qualquer coisa que produza rubor (bebidas quentes, álcool, luz solar etc.) podem agravar essa condição.

Vitiligo (“manchas brancas”) Anomalia de pigmentação da pele devida a uma perda de melanócitos, caracterizada por manchas claras circundadas por áreas de pele com pigmentação normal. Pode ser esteticamente desfiguradora, especialmente nas pessoas de pele escura. É um transtorno autoimune.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. O sistema tegumentar consiste na pele e seus apêndices (pelo, glândulas sebáceas, glândulas sudoríferas e unhas). A hipoderme, embora não faça parte do sistema tegumentar, também é considerada neste capítulo.
2. A pele age na proteção do nosso corpo contra golpes e arranhões, substâncias químicas, microrganismos invasores, perda hídrica e radiação ultravioleta (UV). Ela também age na regulação da temperatura corporal, excreção, produção de vitamina D e percepção sensorial.

PELE E HIPODERME (TELA SUBCUTÂNEA) (p. 108-116)

Epiderme (p. 109-112)

3. A epiderme é um epitélio estratificado pavimentoso e queratinizado. Seu principal tipo de célula é o queratinócito. De mais profundo até a superfície, seus estratos são o ba-

sal, espinoso, granuloso, lúcido e córneo. O estrato lúcido ocorre apenas na pele espessa encontrada nas palmas das mãos e solas dos pés.

4. A divisão das células do estrato basal é a origem dos novos queratinócitos destinados ao crescimento e renovação da epiderme.
5. No estrato espinoso, os queratinócitos contêm fortes filamentos intermediários pré-queratina. No estrato granuloso, os queratinócitos contêm grânulos de queratohialina que se combinam com os filamentos pré-queratina e formam queratina resistente à tensão. As células do estrato granuloso também secretam um glicolípido extracelular impermeabilizante. As células queratinizadas do estrato córneo protegem a pele e são descartadas como flocos de pele e caspa.
6. Espalhados entre os queratinócitos nas camadas mais profundas da epiderme, temos os melanócitos produtores de pigmento, as células epiteliais táteis e as células dendríticas do sistema imune.

Derme (p. 112-114)

7. A derme coriácea é constituída por uma lâmina de tecido conjuntivo. A derme papilar mais superficial consiste em tecido conjuntivo frouxo, enquanto a derme reticular mais

⁵ Nota do editor: a Sociedade Brasileira de Dermatologia estima que a psoríase atinja 4 milhões de brasileiros.

profunda consiste em tecido conjuntivo denso não modelado. A camada papilar encontra-se no lado da superfície inferior ondulada da epiderme, sendo responsável pelas cristas de atrito epidérmicas que produzem as impressões digitais. Na camada reticular, regiões menos densas entre os feixes de colágeno produzem linhas de clivagem. As linhas de flexura ocorrem sobre as articulações, onde a derme está bem aderida às estruturas subjacentes.

8. A derme é bem abastecida por vasos e nervos. Também localizados na derme estão as glândulas e folículos pilosos.

Hipoderme (p. 114-115)

9. A hipoderme é subjacente à pele. Composta principalmente de tecido adiposo, ela armazena gordura, isola o corpo contra a perda de calor e absorve e desvia golpes. Durante o ganho de peso, essa camada espessa-se com mais nitidez nas coxas e mamas das mulheres e na parede abdominal anterior dos homens.

Cor da pele (p. 115-116)

10. A cor da pele reflete a quantidade de pigmentos (melanina e/ou caroteno) na pele e o nível de oxigenação da hemoglobina nos vasos sanguíneos dérmicos.
11. A melanina, produzida pelos melanócitos e transferida para os queratinócitos, protege a pele e os níveis de ácido fólico no sangue dos efeitos danosos da radiação UV. A epiderme produz vitamina D sob o estímulo da radiação UV. À medida que as populações ancestrais se afastaram dos trópicos, a necessidade de equilibrar a síntese de vitamina D com proteção UV resultou na evolução de uma gama de cores de pele.

APÊNDICES DA PELE (ANEXOS CUTÂNEOS) (p. 116-121)

12. Os apêndices da pele, que se desenvolvem a partir da epiderme, mas se projetam para dentro da derme, incluem pelos e folículos pilosos, glândulas sebáceas, glândulas sudoríferas e unhas.

Unhas (p. 116-117)

13. A unha é uma modificação escamosa da epiderme que cobre a extremidade distal dorsal de um dedo da mão ou do pé. A região de crescimento ativo é a matriz da unha.

Pelos e folículos pilosos (p. 117-119)

14. Um pelo é produzido por um folículo piloso tubular e consiste em células altamente queratinizadas. Cada pelo possui uma cutícula externa, um córtex e, geralmente, uma medula central. Os pelos têm raízes e hastes. A cor do pelo reflete a quantidade e variedade de melanina presente.
15. Um folículo piloso consiste em uma bainha radicular epitelial que inclui a matriz pilosa e a bainha radicular de tecido conjuntivo derivada da derme. As células-tronco, que renovam a matriz pilosa e originam novas células epidérmicas, estão na bainha radicular epitelial. Um nó de capilares na papila pilosa nutre o pelo e um nó nervoso circunda o bulbo piloso. Os músculos eretores dos pelos deixam os pelos eretos e produzem arrepios em resposta ao frio ou ao medo.
16. Os pelos finos e ásperos chamam-se velus e pelos terminais, respectivamente. Na puberdade, sob a influência dos androgênios, os pelos terminais aparecem nas regiões axilares e púbicas em ambos os sexos.
17. Os pelos crescem em ciclos que consistem nas fases de crescimento e descanso. O afinamento do pelo resulta de fatores que prolongam as fases de descanso folicular, in-

cluindo a atrofia natural dos folículos pilosos, relacionada à idade, e a expressão do gene da calvície masculina durante a idade adulta.

Glândulas sebáceas (p. 119-120)

18. As glândulas sebáceas são glândulas alveolares simples, que normalmente se esvaziam nos folículos pilosos. Sua secreção holócrina oleosa chama-se sebo.
19. O sebo lubrifica a pele e o pelo, retarda a perda hídrica através da pele e atua como um agente bactericida. As glândulas sebáceas secretam quantidades maiores de sebo na puberdade, sob a influência dos androgênios. As glândulas sebáceas bloqueadas e infectadas levam a espinhas e acne.

Glândulas sudoríferas (p. 120-121)

20. As glândulas sudoríferas écrinas são glândulas tubulares espiraladas simples que secretam suor, um filtrado modificado do sangue. A evaporação do suor resfria a pele e o corpo.
21. As glândulas sudoríferas apócrinas, que produzem feromônios, ocorrem principalmente nas regiões axilar, anal e genital. Sua secreção contém proteínas e ácidos graxos; a ação bacteriana sobre essa secreção é a causa do odor corporal.

TRANSTORNOS DO SISTEMA TEGUMENTAR (p. 121-124)

22. Os transtornos de pele mais comuns resultam de infecções microbianas.

Queimaduras (p. 121-123)

23. Nas queimaduras graves, a primeira ameaça é a perda de fluidos corporais, que leva ao colapso circulatório. A ameaça secundária é a infecção devastadora.
24. A extensão de uma queimadura pode ser estimada utilizando-se a regra dos nove. A gravidade das queimaduras é indicada pelos termos *primeiro*, *segundo* e *terceiro graus*. As queimaduras de terceiro grau danificam a espessura total da pele e exigem a aplicação de enxerto (artificial ou autoenxerto) para o êxito da recuperação.

Câncer de pele (p. 123-124)

25. O principal fator de risco do câncer de pele é a exposição à luz solar UV.
26. O carcinoma de célula basal e o carcinoma de célula escamosa são os tipos mais comuns de câncer de pele e, normalmente, são curáveis se forem detectados precocemente. O melanoma, um câncer dos melanócitos, é menos comum, porém mais perigoso. A regra ABCD ou ABCD/E pode ser empregada para examinar um nevo ou mancha quanto à possibilidade de melanoma.

A PELE AO LONGO DA VIDA (p. 124-125)

27. A epiderme desenvolve-se a partir do ectoderma embrionário; a derme e a hipoderme desenvolvem-se a partir do mesoderma; e os melanócitos desenvolvem-se a partir das células da crista neural.
28. Aos 5-6 meses, um feto tem uma cobertura de lanugo. As glândulas sebáceas fetais produzem verniz caseoso que protege a pele dentro da bolsa amniótica.
29. Na velhice, a pele afina e perde elasticidade. Os danos decorrentes da exposição à luz solar levam às rugas, manchas senis e a uma pele frouxa e coriácea; isso reflete a perda de colágeno e o acúmulo na derme de material contendo elastina.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

1. Que tipo de célula epidérmica atua no sistema imune? (a) queratinócito, (b) melanócito, (c) célula dendrítica, (d) célula epitelial tátil.
2. Faça a correspondência entre cada camada epidérmica na coluna B com sua descrição na coluna A.

Coluna A

- _____ (1) Desmossomos e artefatos de encolhimento conferem a essas células projeções “espinosas”.
- _____ (2) Suas células são sacos de queratina planos e mortos.
- _____ (3) Suas células se dividem e também é chamado estrato germinativo.
- _____ (4) Contém grânulos lamelares de queratohialina.
- _____ (5) Está presente apenas na pele espessa.

Coluna B

- (a) estrato basal
- (b) estrato córneo
- (c) estrato granuloso
- (d) estrato lúcido
- (e) estrato espinoso
3. A capacidade da epiderme para resistir ao atrito e à abrasão deve-se em grande parte à presença de (a) melanina, (b) caroteno, (c) colágeno, (d) queratina.
 4. A cor da pele é determinada (a) pela melanina, (b) pelo caroteno, (c) pelo nível de oxigenação do sangue, (d) todas as opções.
 5. Qual é o fator principal que contribui para a natureza impermeável da pele? (a) os desmossomos no estrato córneo, (b) os glicolipídios entre as células do estrato córneo, (c) a espessa gordura isolante da hipoderme, (d) a natureza coriácea da derme.
 6. Marque a afirmativa *falsa* a respeito da vitamina D: (a) As pessoas de pele escura não produzem vitamina D. (b) Se a produção de vitamina D for inadequada, pode haver o desenvolvimento de ossos fracos. (c) Se a pele não for exposta à luz solar, uma pessoa pode desenvolver ossos fracos. (d) A vitamina D é necessária para a captação do cálcio dos alimentos pelo intestino.
 7. Utilize a lógica para deduzir a resposta a esta pergunta. Dado o que você sabe sobre cor da pele e câncer de pele, a taxa de câncer de pele mais alta na Terra ocorre entre (a) os negros na África tropical, (b) os cientistas nas estações de pesquisa na Antártida, (c) os brancos no norte da Austrália, (d) os noruegueses nos Estados Unidos, (e) os negros nos Estados Unidos.
 8. Um músculo eretor de pelos (a) está associado a cada glândula sudorífera, (b) faz que o pelo fique ereto, (c) permite que cada pelo seja esticado quando molhado, (d) espreme o pelo para cima para que possa crescer.
 9. O sebo (a) lubrifica a pele e o pelo; (b) consiste em células mortas e substâncias gordurosas; (c) coleta sujeira, então o pelo precisa ser lavado; (d) todas as opções.
 10. Uma glândula sudorífera écrina é uma glândula ____: (a) tubular composta, (b) tubuloacinar composta, (c) pavimentosa simples, (d) tubular simples.

11. Identifique qual camada embrionária apresentada na coluna B forma cada uma das estruturas de pele na coluna A.

Coluna A

- _____ (1) hipoderme
- _____ (2) glândula sebácea
- _____ (3) epiderme
- _____ (4) derme
- _____ (5) melanócitos

Coluna B

- (a) ectoderma
- (b) mesoderma
- (c) endoderma
- (d) crista neural
12. A camada reticular da derme (a) confere resistência e elasticidade à pele, (b) é composta de tecido conjuntivo frouxo, (c) isola contra a perda de calor. (d) forma a papila dérmica.

13. Faça a correspondência das estruturas de pele na coluna B com sua função apresentada na coluna A.

Coluna A

- _____ (1) proteção contra a radiação ultravioleta
- _____ (2) isolamento, armazenamento de energia
- _____ (3) impermeabilização e prevenção da perda hídrica
- _____ (4) regulação da temperatura
- _____ (5) iniciação de uma resposta imune às bactérias invasoras
- _____ (6) excreção de água, ureia e sais
- _____ (7) ajuda na ligação do epitélio à derme

Coluna B

- (a) células dendríticas
- (b) plexos vasculares dérmicos
- (c) camada papilar da derme
- (d) hipoderme
- (e) melanócitos
- (f) estrato córneo
- (g) glândulas sudoríferas écrinas
- (h) camada reticular da derme
14. A pele espessa difere da pele fina quanto à (a) espessura do estrato espinoso, (b) presença de uma camada adicional, o estrato granuloso, (c) espessura do estrato córneo, (d) distribuição das glândulas sudoríferas.
 15. Na lista apresentada na coluna B, identifique o tecido primário que forma cada uma das estruturas apresentadas na coluna A.

Coluna A

- _____ (1) epiderme
- _____ (2) camada reticular da derme
- _____ (3) hipoderme
- _____ (4) camada papilar da derme
- _____ (5) glândulas sudoríferas apócrinas
- _____ (6) folículo piloso
- _____ (7) unhas

Coluna B

- (a) tecido conjuntivo denso não modelado
- (b) tecido conjuntivo denso modelado
- (c) tecido conjuntivo frouxo
- (d) tecido epitelial
- (e) tecido adiposo

Dissertativas

16. Um homem calvo é, necessariamente, totalmente sem pelos? Explique.
17. Explique por que a pele fina também é chamada de pele com pelos e por que a pele espessa também é chamada de pele sem pelos. (Repere em suas localizações.)
18. Faça a distinção entre as queimaduras de primeiro, segundo e terceiro graus.
19. Por que a pele exposta à luz solar envelhece muito mais do que a pele não exposta ou pouco exposta?
20. Explique por que nenhum câncer de pele se origina das células do estrato córneo.
21. Explique cada um destes fenômenos conhecidos, em termos do que você aprendeu neste capítulo: (a) arrepios, (b) caspa, (c) estrias decorrentes do ganho de peso, (d) impressões digitais, (e) corpo quase sem pelos dos seres humanos, (f) pelos grisalhos.
22. Eric, um aluno de anatomia, disse que estava tão quente certo dia que ele estava “suando como um porco”. Seu professor ouviu-o e comentou: “É uma frase estúpida, Eric. Nenhum porco jamais sua tanto quanto uma pessoa!”. Explique o comentário do professor.
23. Mencione cinco funções da pele.
24. Após estudar a pele na aula de anatomia, Rafael pegou os grandes “pneus” em volta do seu abdome e disse: “Tenho uma hipoderme espessa, mas essa camada executa algumas funções valiosas!”. Quais são as funções da hipoderme?
25. Que tipo de tecido (ou tecidos) forma cada uma das seguintes estruturas? (a) derme, (b) epiderme, (c) hipoderme. Qual camada germinativa embrionária é a origem de cada uma delas?

Análise crítica e aplicação clínica

1. Quais são os dois problemas clínicos mais importantes enfrentados pelos pacientes gravemente queimados? Explique cada um deles em termos da ausência de pele.

2. Dimas, um “rato de praia” de 40 anos de idade, disse que o seu bronzeado o tornou popular quando era jovem. Hoje, sua face está enrugada e ele tem vários nevos que estão crescendo rapidamente e que são grandes como moedas. Quando ele lhe mostra os nevos, você pensa imediatamente “ABCD”. O que significam essas letras e qual doença Dean pode ter?
3. Os pacientes de longa data, confinados nos leitos hospitalares, são virados a cada duas horas. Por quê? Por que isso é eficaz?
4. Carmen escorregou no gelo e lacerou a pele do queixo ao se chocar com a calçada. Enquanto o médico na sala de emergência lhe aplicava seis pontos, ele comentou que o corte foi bem em cima de uma linha de clivagem. Qual é a probabilidade de cicatrização da sua ferida, e existe a probabilidade de formação de uma cicatriz importante?
5. Um homem prendeu um dedo em uma máquina na fábrica e sua unha inteira foi arrancada do dedo indicador da mão direita. As partes perdidas da unha foram o corpo, a raiz, o leito, a matriz e o eponíquio. Essa unha tem chance de crescer novamente? Explique.
6. Em um diagrama do corpo humano, demarque várias regiões de acordo com a regra dos nove. Que porcentagem da superfície total do corpo é afetada se alguém se queimar (a) no tronco posterior inteiro e nas nádegas? (b) nos membros inferiores inteiros? (c) na parte frontal inteira do membro superior esquerdo?
7. Por que os melanomas são o tipo de câncer de pele em que a metástase é mais comum? (Lembre-se de que os melanócitos são formados a partir do tecido da crista neural, um tecido embrionário que se distribui amplamente durante o início do desenvolvimento.)
8. Quais são os efeitos nocivos da radiação UV e de que maneira essa radiação é benéfica para o nosso bem-estar?

Ossos e tecidos presentes no esqueleto

6

Cartilagens 130

- Localização e estrutura básica 130
- Tipos de cartilagem 131
- Crescimento da cartilagem 133

Ossos 133

- Função dos ossos 133
- Tecido ósseo 134
- Anatomia dos ossos 135
- Estrutura microscópica dos ossos 140
- Desenvolvimento e crescimento ósseo 142
- Remodelação óssea 146
- Recuperação de fraturas ósseas 148

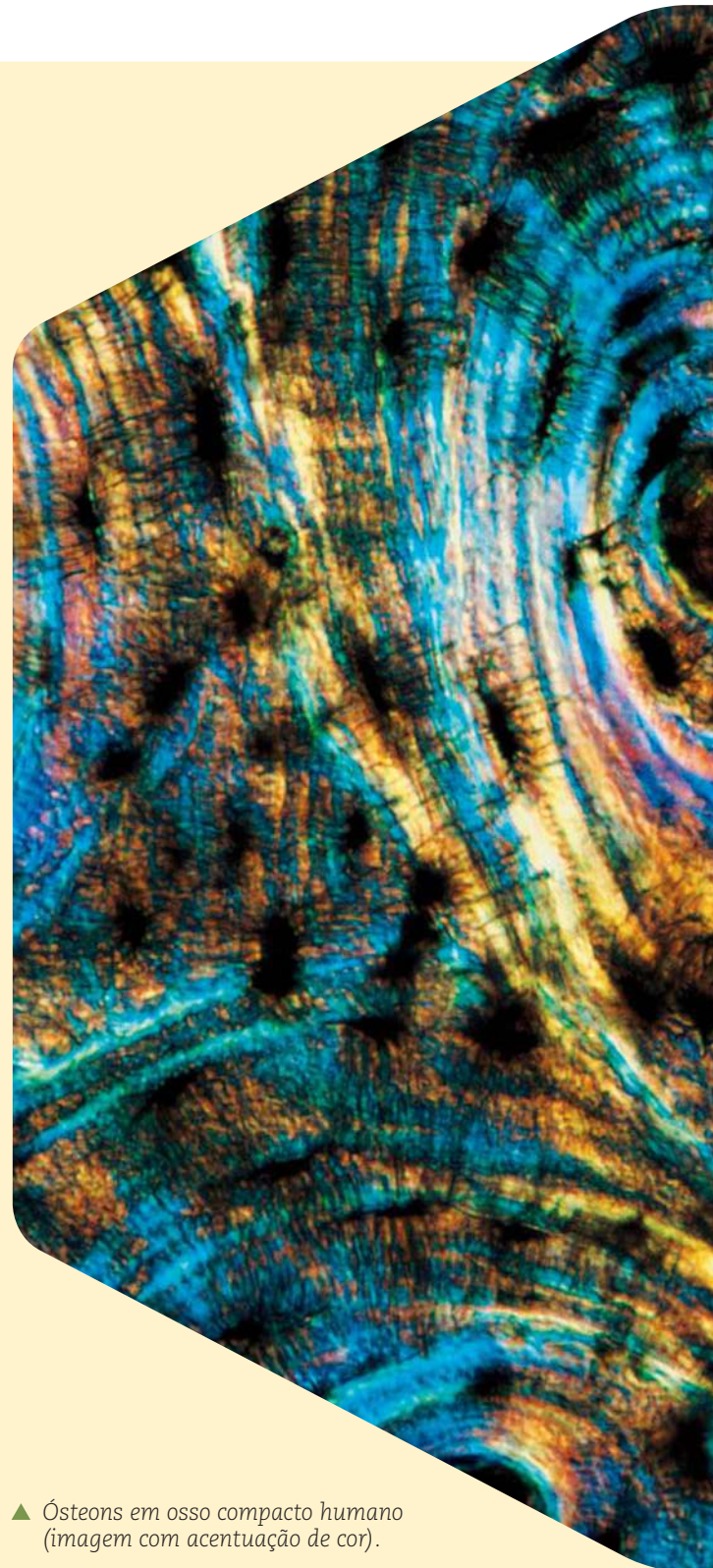
Distúrbios ósseos 150

- Osteoporose 150
- Osteomalacia e raquitismo 151
- Osteossarcoma 152

O esqueleto ao longo da vida 152

O sistema esquelético é composto de ossos, cartilagens e articulações que formam a estrutura interna de suporte do corpo. Os ossos são os responsáveis por dar suporte e formato ao corpo, são pontos de fixação para os músculos e também funcionam como um depósito para armazenamento de minerais essenciais. A cartilagem, um componente de muitas articulações, ajuda no suporte e no movimento, à medida que funciona como um apoio para as extremidades ósseas. A cartilagem e o osso estão ligados ao longo de todo o seu desenvolvimento, e a maioria dos ossos tem origem em um tecido cartilaginoso que, posteriormente, é substituído por um tecido ósseo durante o crescimento pré-natal e ao longo da infância.

O sistema esquelético também contém informações da nossa história pessoal. Os ossos dentro de nós não são como os ossos sem vida, ossos secos que examinamos em um laboratório; ao contrário, eles são órgãos vivos, dinâmicos, que refletem muitos aspectos da nossa vida,



▲ Ósteons em osso compacto humano (imagem com acentuação de cor).

tais como idade, gênero, etnia, altura e condição de saúde e nutrição. Essas informações só poderão ser totalmente compreendidas por meio do estudo da estrutura e do crescimento dos tecidos que constituem o esqueleto.

Este capítulo foca a estrutura, função e crescimento da cartilagem e do osso (os ossos individuais do esqueleto são descritos nos Capítulos 7 e 8. Os detalhes da estrutura e funções das articulações são tratados no Capítulo 9).

CARTILAGENS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ localizar as principais estruturas cartilagueiras do corpo humano adulto e explicar as propriedades funcionais do tecido cartilagueiro;

- ▶ comparar a estrutura, as funções e as localizações dos três tipos de tecido cartilagueiro;
- ▶ explicar como a cartilagem se desenvolve.

Localização e estrutura básica

As estruturas cartilagueiras são encontradas por todo o corpo humano. Essas cartilagens (mostradas na **Figura 6.1**) incluem:

1. Cartilagem na orelha externa.
2. Cartilagens no nariz.
3. **Cartilagens articulares**, que revestem as extremidades da maioria dos ossos nas articulações móveis.
4. **Cartilagens costais**, que conectam as costelas ao esterno (osso do peito).

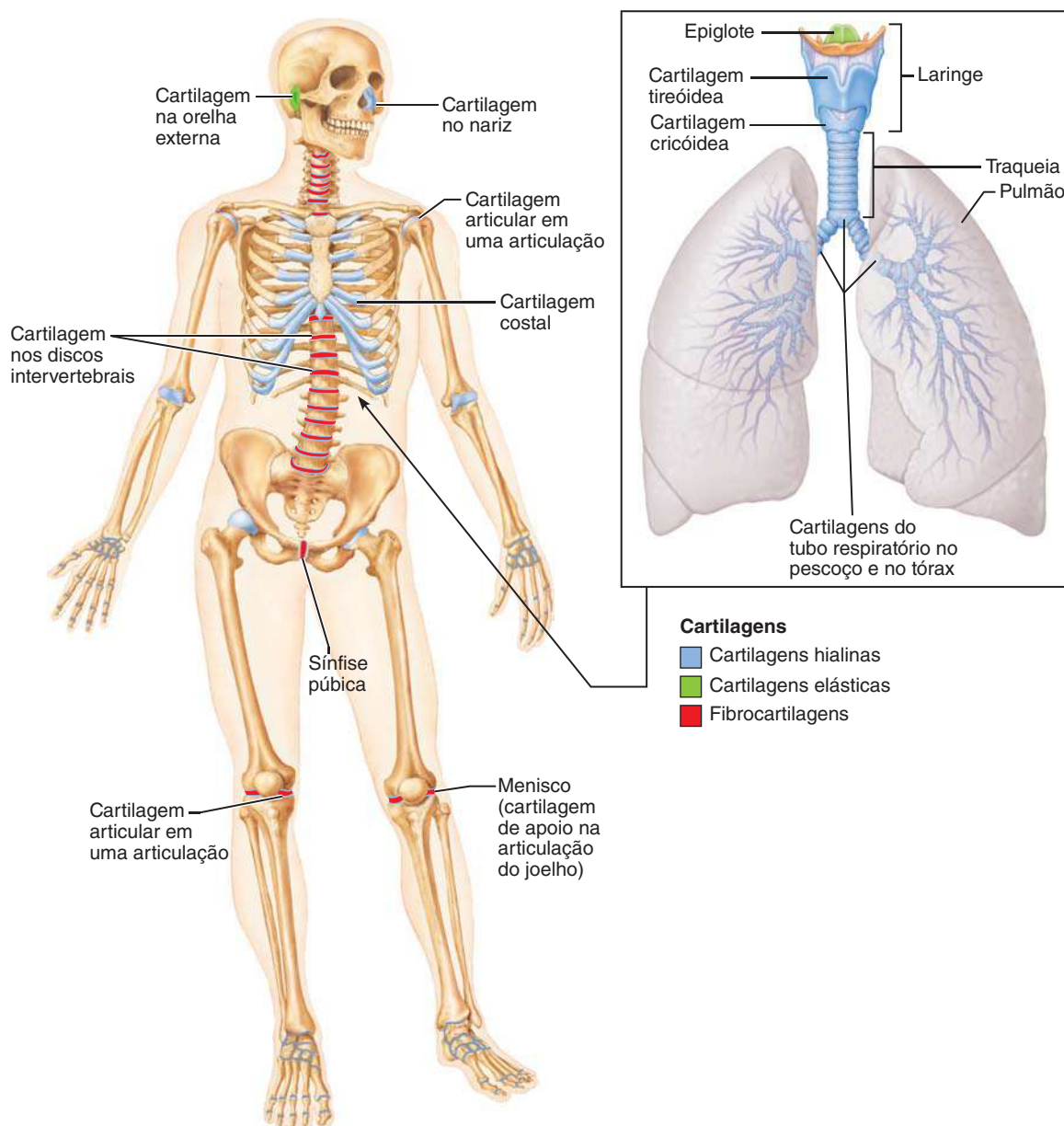


Figura 6.1 Cartilagens do corpo. As cartilagens que sustentam os tubos respiratórios e a laringe estão detalhadas separadamente à direita.

5. Cartilagens da laringe (caixa de voz), incluindo a *epiglote*, uma aba que evita que o alimento entre na laringe e nos pulmões.
6. Cartilagens que mantêm abertos os tubos de ar do sistema respiratório.
7. Cartilagens dos discos entre as vértebras.
8. Cartilagem da sínfise púbica.
9. Cartilagens que formam *discos articulares* dentro de algumas articulações móveis — o *menisco* no joelho, por exemplo.

A cartilagem é muito mais abundante no embrião e no feto do que no adulto: a maior parte do esqueleto é inicialmente formada por uma cartilagem de crescimento rápido, que nos períodos fetais e na infância é substituída por tecido ósseo (esse processo será descrito posteriormente neste capítulo).

Uma estrutura cartilágnea típica do esqueleto, tal como uma cartilagem articular, é composta da cartilagem do tecido conjuntivo, que não contém nenhum nervo ou vaso sanguíneo. A estrutura é cercada por uma camada de tecido conjuntivo denso não modelado, o **pericôndrio** (ao redor da cartilagem), que funciona como um cinto que resiste à expansão externa quando a cartilagem sofre pressão (ver Figura 6.2a). O pericôndrio também atua no crescimento e no reparo da cartilagem.

O tecido cartilágneo é composto basicamente por água (60% a 80%) e é muito resiliente, isto é, ele tem a habilidade de voltar ao seu formato original depois de ser comprimido (para mais informações a respeito das propriedades do tecido cartilágneo, veja a seção **ANÁLISE APROFUNDADA**, p. 132).

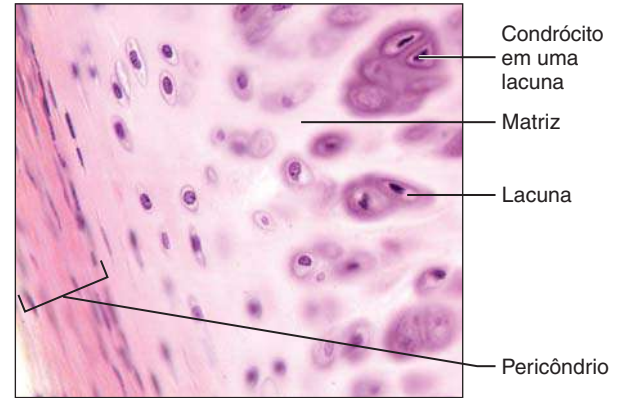
Tipos de cartilagem

No corpo humano, há três tipos de tecido cartilágneo: a *cartilagem hialina*, a *cartilagem elástica* e a *fibrocartilagem* (Figura 6.2). Enquanto estiver lendo a respeito disso, tenha em mente que a cartilagem é um tecido conjuntivo formado por células denominadas **condrócitos** e por uma abundante matriz extracelular. Contrastando com o tecido conjuntivo propriamente dito, no tecido cartilágneo cada condrócito está localizado em um espaço na matriz denominado **lacuna**, literalmente um “pequeno lago” ou uma “cavidade”. A matriz contém fibras e uma substância fundamental gelatinosa de moléculas de açúcar complexas que atraem e retêm a água (ver Capítulo 4, p. 89).

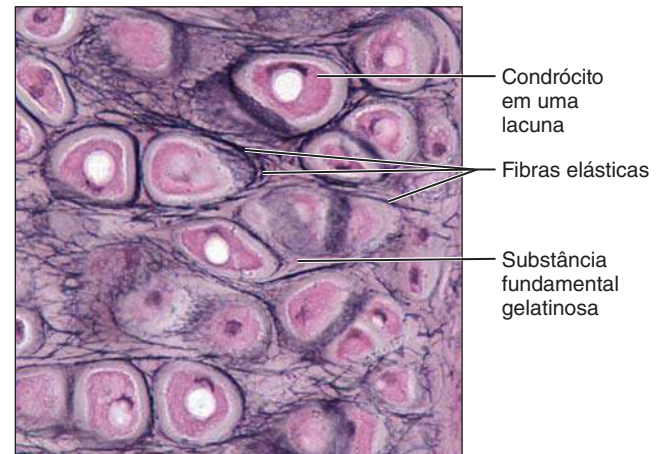
Cartilagem hialina

A **cartilagem hialina**, que se parece com um vidro fosco quando vista a olho nu, é o tipo de cartilagem mais abundante (ver Figura 6.1). Quando vista ao microscópio de luz, seus condrócitos parecem esféricos (Figura 6.2a). O único tipo de fibra na matriz é a uni-

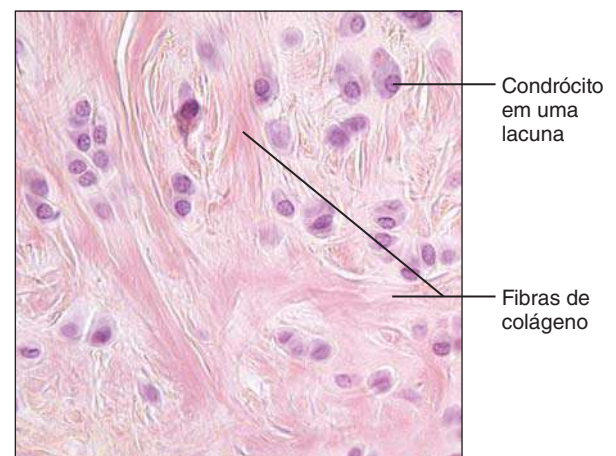
dade de fibrilas de colágeno, que formam redes tão finas que não podem ser observadas à microscopia de luz. A substância fundamental gelatinosa retém grandes quantidades de água e, dessa forma, esse tecido resiste bem à compressão. A cartilagem hialina fornece suporte por meio de flexibilidade e resistência. Ela torna-se a cartilagem articular que cobre as extremi-



(a) Cartilagem hialina (260x)



(b) Cartilagem elástica (350x)



(c) Fibrocartilagem (320x)

Figura 6.2 Tipos de tecido cartilágneo.

As maravilhosas propriedades da cartilagem

Sem a existência de cartilagem saudável para acomodar as articulações móveis, as atividades que exigem força seriam quase impossíveis de ser realizadas. A cartilagem é resiliente, pois, se você faz pressão sobre ela e, em seguida, relaxa a pressão, ela volta ao seu estado original. Essa resiliência permite que as cartilagens articulares, nas extremidades dos ossos, amortecem o impacto, por exemplo, de uma corrida, de saltos ou de saltos com vara.

Outra importante característica é a capacidade que o tecido cartilágneo tem de crescer rapidamente, o que o habilita a manter o mesmo ritmo de crescimento do embrião. A maioria dos ossos tem origem em uma cartilagem que é gradualmente substituída por tecido ósseo. Ao longo de toda a infância e adolescência, placas de cartilagem de crescimento permanecem na maioria dos ossos. Quando a idade adulta é atingida, essas placas de cartilagem também se calcificam e o crescimento da cartilagem diminui. Por causa de seu rápido crescimento, seria de se esperar que a cartilagem exigisse um alto suprimento de sangue. Porém, ela não tem nenhum vaso sanguíneo e suas células (condrócitos) são especialmente adaptadas para sobreviver com o pouco oxigênio que chega até elas, proveniente dos vasos em torno do pericôndrio. Na realidade, cartilagem e vasos sanguíneos são totalmente incompatíveis: a cartilagem libera uma secreção química que impede o desenvolvimento de vasos sanguíneos em seu interior.



As cartilagens dessa saltadora com vara e de outros atletas devem ser bem nutridas e bem hidratadas em razão da grande demanda física a que suas articulações estão submetidas nesse vigoroso esporte.

A resiliência da cartilagem deve-se à sua habilidade de reter enormes quantidades de água. De fato, a cartilagem é constituída de 60% a 80% de água porque, em grande parte, os açúcares complexos presentes na sua substância fundamental contêm muitas cargas negativas que atraem água. Quando a cartilagem é comprimida, as moléculas de água são forçadas a se distanciar das cargas negativas. À medida que a pressão aumenta, as cargas negativas são empurradas para que se juntem cada vez mais, até se repelirem, resistindo a uma maior compressão. Quando a pressão termi-

na, as moléculas de água retornam para dentro do tecido, fazendo que a cartilagem volte ao seu formato original. Essas dinâmicas também desempenham um papel vital na nutrição da cartilagem: o fluxo de fluido durante e depois da compressão leva nutrientes para os condrócitos. Por essa razão, longos períodos de inatividade podem enfraquecer as cartilagens nas articulações.

O rápido crescimento é outro resultado da capacidade da cartilagem de reter fluidos. Como a maior parte da matriz da cartilagem é composta de água, o oxigênio e os nutrientes de capilares distantes podem se difundir através dela rápido o suficiente para suprir as necessidades metabólicas das células formadoras de cartilagem (condroblastos), que se dividem rapidamente. Além disso, a substância fundamental secretada pelos condroblastos atrai tanta água que a cartilagem se expande rapidamente com pouco gasto de materiais.

Como essa substância fundamental atrai água, a cartilagem tem uma tendência natural de inchar. Para prevenir inchaço excessivo, sua matriz contém uma rede de finas fibras de colágeno que não são elásticas. Esse colágeno também oferece à cartilagem a capacidade de resistir a uma tensão, quando pressionada por forças externas, por exemplo. Embora a cartilagem seja resistente às tensões e compressões, ela é frágil às forças de cisalhamento (torção e flexão). Por causa dessa fragilidade, é comum nos atletas a ocorrência de ruptura da cartilagem.

dades dos ossos adjacentes nas articulações móveis. Ela também forma os anexos cartilágneos das costelas para o esterno, é responsável pela maior parte da cartilagem encontrada no sistema respiratório e forma o esqueleto embrionário.

Cartilagem elástica

A **cartilagem elástica** é similar à cartilagem hialina, mas sua matriz contém muitas fibras elásticas junto às delicadas fibrilas de colágeno (Figura 6.2b). Assim, essa cartilagem é mais elástica do que a cartilagem hialina e

mais capaz de suportar repetidas flexões. Um exemplo é a cartilagem epiglótica, que se curva para cobrir o ádito (abertura) da laringe a cada vez que engolimos. A cartilagem da orelha externa, que também é altamente flexível, é outro exemplo de cartilagem elástica (Figura 6.1).

Fibrocartilagem

A **fibrocartilagem** é um tecido incomum, que resiste às forças de compressão e de tensão. Ocorre em certos ligamentos e certas cartilagens que recebem ambas as forças. É uma intermediação estrutural perfeita entre uma cartilagem hialina e um tecido conjuntivo denso modelado. Microscopicamente, ela consiste de fibras de colágeno espessas (assim como no tecido conjuntivo denso modelado) ao redor dos condrócitos dentro das lacunas (Figura 6.2c). Duas localizações específicas das fibrocartilagens estão no *anel fibroso* dos discos entre as vértebras e nos discos articulares de algumas articulações, como, por exemplo, o menisco do joelho.

Crescimento da cartilagem

A estrutura cartilaginosa cresce de duas formas. Em **crescimento aposicional**, “crescimento a partir do lado de fora”, células formadoras de cartilagem (condroblastos) no pericôndrio circundante produzem o novo tecido cartilaginoso através da secreção da matriz. Em **crescimento intersticial**, “crescimento de dentro”, os condrócitos dentro da cartilagem dividem-se e produzem uma nova matriz. A cartilagem cresce rapidamente durante o desenvolvimento embrionário, a infância e a adolescência. A cartilagem para de crescer nos últimos anos da adolescência, quando o esqueleto, por si só, cessa seu crescimento e os condrócitos não se dividem novamente. Como resultado, a cartilagem tem pouca regeneração nos adultos. Essa limitada cicatrização reflete a habilidade dos condrócitos sobreviventes de secretarem mais matriz extracelular, recuperando-a tipicamente com fibrocartilagem.

Sob determinadas condições, os cristais de fosfato de cálcio precipitam-se na matriz da cartilagem. Tal calcificação é um sinal de amadurecimento no adulto, e em uma criança é um estágio normal no crescimento da maioria dos ossos (ver p. 145). Note, contudo, que **cartilagem calcificada** não é osso: osso e cartilagem são sempre tecidos distintos.

Verifique seu conhecimento

1. Como a matriz se difere em cada um dos três tipos de cartilagem?
2. Que tipo de cartilagem é mais abundante? Liste três localizações onde esse tipo de cartilagem é encontrado.
3. Onde estão localizados os condroblastos que produzem cartilagem nova pelo crescimento aposicional?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

OSSOS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever as funções do esqueleto ósseo e do tecido ósseo;
- ▶ descrever a estrutura do tecido ósseo e as funções de seus componentes orgânicos e inorgânicos.

Os ossos do esqueleto são *órgãos* porque contêm diversos tecidos distintos. Embora o tecido ósseo predomine, os ossos também contêm tecido nervoso (em nervos), tecido sanguíneo (em vasos sanguíneos), cartilagem (em cartilagens articulares) e tecido epitelial revestindo os vasos sanguíneos.

Aqui, na parte do livro destinada ao assunto, descreveremos as funções dos ossos e examinaremos a composição do tecido ósseo. Olharemos para o osso como um órgão, examinando sua estrutura macroscópica e microscópica, seu desenvolvimento e crescimento, além de sua capacidade de recuperação.

Função dos ossos

As funções do sistema esquelético foram brevemente mencionadas no parágrafo introdutório deste capítulo. Mais especificamente, os ossos desempenham as seguintes funções:

1. **Suporte** — os ossos formam uma estrutura dura que suporta o peso do corpo. Por exemplo, os ossos das pernas são pilares que suportam o tronco do corpo de uma pessoa quando ela está em pé.
2. **Movimento** — os músculos do esqueleto fixam-se aos ossos pelos tendões e utilizam os ossos como alavancas para movimentar o corpo e suas partes. Como resultado, os seres humanos conseguem andar, agarrar objetos e mover a caixa torácica para respirar. A organização dos ossos e a estrutura das articulações determinam os tipos de movimento possíveis. Suporte e movimento são funções mutuamente dependentes: a estrutura de suporte é necessária para o movimento, e os músculos do esqueleto contribuem significativamente para o suporte do peso do corpo.
3. **Proteção** — os ossos do crânio formam uma caixa de proteção para o encéfalo. As vértebras circundam a medula espinal e a caixa torácica ajuda a proteger os órgãos do tórax.
4. **Depósito mineral** — os ossos funcionam como um reservatório para minerais, dos quais os mais importantes são o cálcio e o fosfato. Os minerais estocados são liberados na corrente sanguínea à medida que íons são requisitados em todas as partes do corpo.
5. **Formação da célula sanguínea e estoque de energia** — os ossos contêm medula óssea vermelha e amarela. A medula óssea vermelha forma as células sanguíneas e a medula óssea amarela é onde a gordura fica armazenada, com pouco ou

nenhum desempenho na formação da célula sanguínea (a medula óssea vermelha e a produção de células sanguíneas estão descritas em detalhes no Capítulo 18).

- 6. Energia metabólica** — as células de produção óssea, *osteoblastos* (descritas na próxima seção), secretam um hormônio que influencia na regulação de açúcar no sangue e na energia metabólica. Esse hormônio, *osteocalcina*, estimula a secreção pancreática, que reduz os níveis de açúcar (insulina). A osteocalcina também influencia as células de gordura, fazendo que elas estoquem menos gordura e secretem um hormônio que aumenta a sensibilidade das células à insulina. Esses resultados trazem implicações clínicas no tratamento de distúrbios metabólicos relacionados à regulação de açúcar no sangue, tal como o diabetes tipo 2.

Tecido ósseo

Assim como outros tecidos conjuntivos, o tecido ósseo consiste de células separadas por uma matriz extracelular. Diferentemente de outros tecidos conjuntivos, o osso tem componentes orgânicos e inorgânicos. Os componentes orgânicos são as células, as fibras e a substância fundamental. Os componentes inorgânicos são os sais minerais que invadem a matriz óssea, fazendo que o tecido ósseo se torne mais rígido. O osso realmente contém uma pequena quantidade de fluido, embora ele contenha menos água do que outros tecidos conjuntivos.

Matriz extracelular

Assim como outros tecidos conjuntivos, é a composição única da matriz que proporciona ao osso suas propriedades físicas excepcionais.

Os componentes orgânicos do tecido ósseo são responsáveis por 35% da massa de tecido. Essas substâncias orgânicas, particularmente o colágeno, contribuem para a flexibilidade e resistência à tração, permitindo que o osso resista ao estiramento e torção. O colágeno é notavelmente abundante no tecido ósseo.

O equilíbrio do tecido ósseo, cuja constituição é 65% massa, consiste de hidroxapatitas inorgânicas ou sais minerais, principalmente de fosfato de cálcio. Esses sais minerais estão presentes como pequenos cristais que se encontram dentro e ao redor das fibrilas de colágeno na matriz extracelular. Os cristais embalados rigidamente, transformados em osso com sua dureza excepcional, habilitam-no a resistir à compressão. Esses sais minerais também são a explicação de como os ossos resistem a centenas de milhões de anos, fornecendo informação acerca de tamanhos, formatos, estilos de vida e, ainda, algumas doenças (por exemplo, artrite) dos antepassados vertebrados.

A natureza composta do osso pode ser comparada a concreto armado: as fibras de colágeno, assim como as hastes de aço, fornecem resistência à tração; os sais minerais, assim como a areia e a rocha no concreto, fornecem resistência à compressão. Na verdade, o osso é mais forte do que o concreto armado para resistir à compressão e quase igual na resistência à tração. Quanto às forças de torção, nem osso nem concreto armado resistem bem a elas, que são a causa da maioria das fraturas de ossos.

Para demonstrar a natureza composta do osso:

1. Mergulhe um osso de perna de frango ou osso da fúrcula em vinagre durante vários dias. A acidez do vinagre dissolve os sais minerais do osso, deixando apenas o componente orgânico, principalmente o colágeno. O osso desmineralizado pode ser amarrado feito um nó, o que demonstra a grande flexibilidade proporcionada pelo colágeno ósseo. Isso também confirma que, sem o seu conteúdo mineral, o osso flexiona facilmente para suportar peso.
2. Cozinhe um osso à temperatura elevada para destruir sua porção orgânica. O que resta é o componente mineral, rígido, mas extremamente frágil.

A combinação adequada de elementos orgânicos e inorgânicos permite que o osso seja extremamente durável, forte e resistente, sem ser quebradiço.

Células

Três tipos de células no tecido ósseo produzem ou mantêm o tecido: células osteogênicas, osteoblastos e osteócitos. **Células osteogênicas** (*osteo* = osso; *gênica* = produção) são as células-tronco que se diferenciam em osteoblastos formadoras de osso. **Osteoblastos** (*blasto* = broto) são células que ativamente produzem e secretam os componentes orgânicos da matriz óssea: a substância fundamental e as fibras de colágeno. Essa matriz óssea secretada pelos osteoblastos é chamada **osteoide** (“igual a osso”). Dentro de uma semana, os sais de cálcio inorgânico cristalizam-se dentro do osteoide. Uma vez que os osteoblastos estão completamente cercados pela matriz óssea e não estão mais produzindo um novo osteoide, eles são chamados de osteócitos. A função dos **osteócitos** (*cito* = célula) é manter a matriz óssea saudável. Na verdade, se os osteócitos morrem ou são destruídos, a matriz do osso é reabsorvida.

As células responsáveis pela reabsorção do osso são o quarto tipo de célula encontrado no tecido ósseo, os **osteoclastos** (*clasto* = quebrar; ver Figura 6.14), que são derivados de uma linhagem de células brancas do sangue. Essas células multinucleadas quebram o osso pela secreção de ácido clorídrico (que dissolve o componente mineral da matriz) e de enzimas de lisossomos, que digerem os componentes orgânicos.

Produzir e destruir o tecido ósseo é um processo contínuo em ossos normais, saudáveis. Destruir o velho tecido ósseo e substituí-lo por um tecido novo ajuda a manter os ossos fortes e lhes permite responder a novas tensões. Quando estamos fisicamente ativos, novo osso é formado, fortalecendo o suporte proporcionado pelo esqueleto; quando estamos incapacitados, com um osso quebrado, ou acamados em razão de alguma doença, o tecido ósseo é reabsorvido, pois ele não precisa apoiar o corpo. Voltaremos a esse processo chamado de remodelação óssea mais à frente, neste mesmo capítulo.

✓ Verifique seu conhecimento

- 4. Qual componente do tecido ósseo contribui para a resistência e flexibilidade dos ossos? Qual contribui para a sua dureza?
- 5. Quais minerais são armazenados no osso e quais células no tecido ósseo têm a função de remover esses minerais do tecido ósseo?
- 6. Qual a diferença entre osteoblasto e osteócito?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Anatomia dos ossos

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a anatomia de um osso longo típico e de um osso plano típico;

- ▶ explicar como os ossos suportam a tensão e a compressão;
- ▶ descrever os tipos de marcas encontradas nos ossos.

Classificação dos ossos

Os ossos apresentam-se em muitos tamanhos e formas. Por exemplo, o minúsculo osso pisiforme do carpo (região do punho) tem a forma e tamanho de uma ervilha, enquanto o fêmur (osso da coxa) é grande e alongado. O formato de cada osso reflete a sua função e formação. O fêmur, por exemplo, deve suportar grande peso e pressão, e seu design cilíndrico e oco fornece o máximo de resistência com um mínimo de peso.

Os ossos são classificados por sua forma como longos, curtos, planos e irregulares (**Figura 6.3**).

1. **Ossos longos** — como o próprio nome sugere, são ossos consideravelmente mais longos do que largos (Figura 6.3a). Um osso longo tem uma barra com duas extremidades distintas. A maioria dos ossos dos membros são ossos longos e eles são nomeados por sua forma alongada e não pelo seu tamanho global: os ossos dos dedos das mãos e dos pés são ossos longos, embora sejam pequenos.
2. **Ossos curtos** — os ossos curtos têm uma forma ligeiramente cúbica. Eles aparecem no carpo e no tarso (Figura 6.3b).

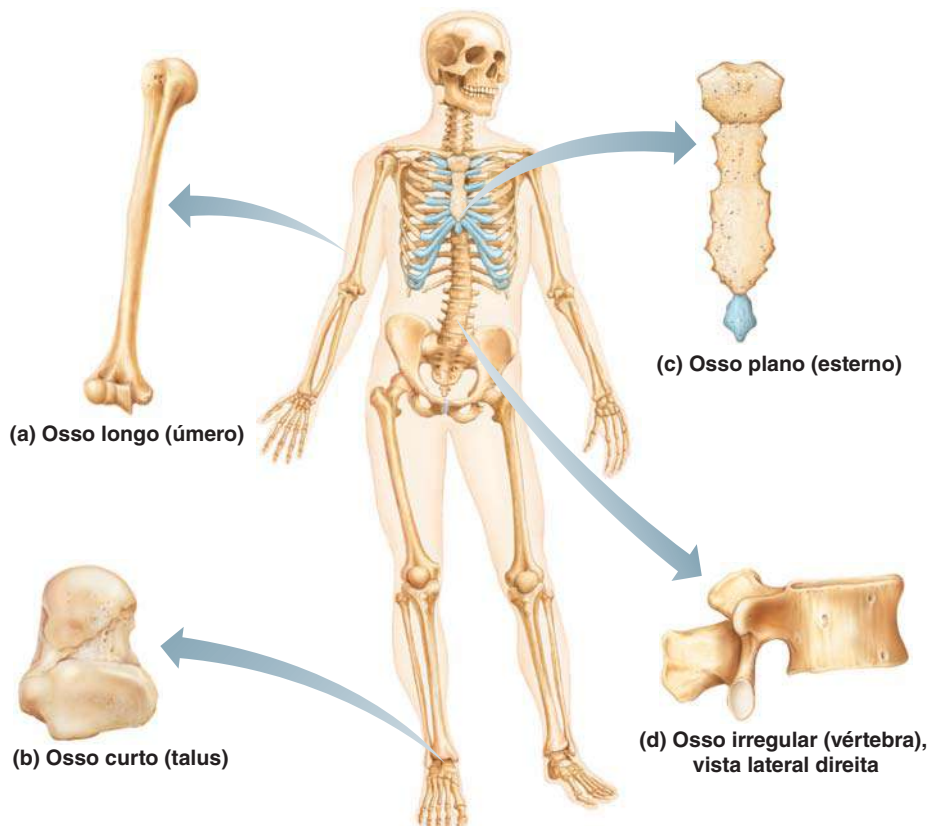


Figura 6.3 Classificação dos ossos.

Os *ossos sesamoides* (“em formato de semente de gergelim”) são um tipo especial de osso curto que se forma dentro de um tendão. Um bom exemplo é a patela (ou rótula). Eles variam em tamanho e em número, dependendo do indivíduo. Alguns ossos sesamoides atuam para claramente alterar a direção da tração de um tendão. Outros reduzem o atrito e modificam a pressão nos tendões, reduzindo irritações e rompimentos.

- Ossos planos** — os ossos são finos, achatados e, normalmente, ligeiramente curvados (Figura 6.3c). A maioria dos ossos do crânio é plana, assim como as costelas, o esterno (osso peitoral) e a escápula (omoplata).
- Ossos irregulares** — os ossos irregulares têm várias formas que não se enquadram nas categorias anteriores. Exemplos são as vértebras e os ossos do quadril (Figura 6.3d).

Substâncias compacta e esponjosa

Quase todos os ossos do esqueleto têm uma camada exterior densa que parece lisa e sólida a olho nu.

Tal camada é a substância compacta (**osso compacto**) (Figura 6.4 e Figura 6.7). Na parte interna está a substância esponjosa (**osso esponjoso**), também chamado *osso trabecular*, que tem o aspecto de um favo de mel de pequenas peças planas em formato de agulha chamadas de **trabéculas** (*trabéculas* = “vigas pequenas”). Nessa rede, os espaços entre as trabéculas são preenchidos com medula óssea vermelha ou amarela.

Estrutura de um osso longo típico

Com poucas exceções, todos os ossos longos do corpo têm a mesma estrutura geral (Figura 6.4).

Diáfise e epífise A **diáfise** tubular, ou haste, forma o eixo longitudinal de um osso longo: as **epífises** são as extremidades ósseas (Figura 6.4a). A superfície de articulação de cada epífise é coberta com uma fina camada de cartilagem hialina, a **cartilagem articular**. Entre a diáfise e cada epífise de um osso longo adulto existe uma **linha epifisial**, um resquício da lâmina epifisial, comumente chamada *placa de crescimento*, um disco de cartilagem hialina que cresce durante a infância para alongar o osso.

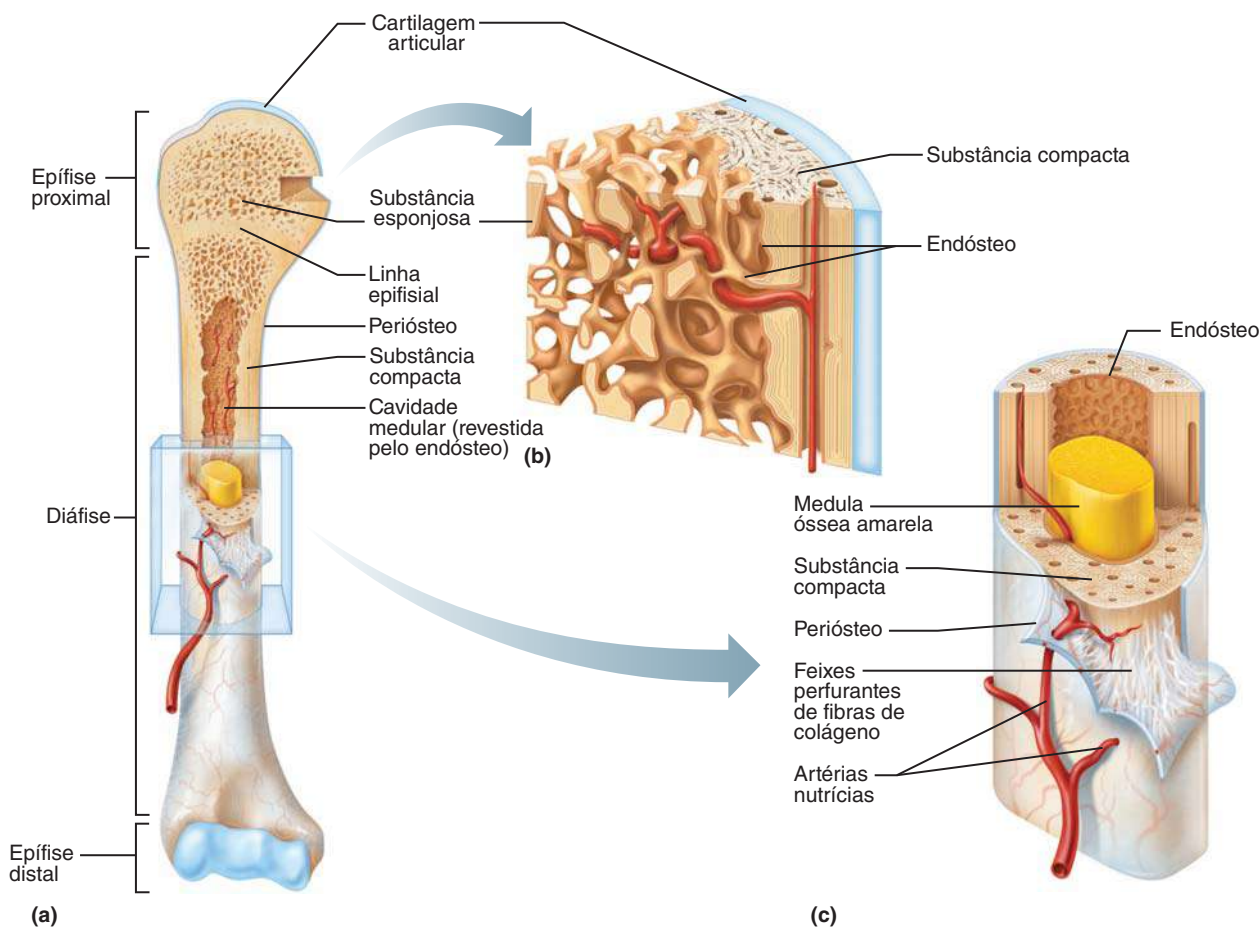


Figura 6.4 Estrutura de um osso longo (úmero). (a) vista anterior, com o osso seccionado frontalmente para mostrar o interior da extremidade proximal. (b) Ampliação de (a), mostrando as substâncias esponjosa e compacta da epífise. (c) Ampliação da diáfise de (a). Note que a superfície externa da diáfise é coberta pelo perióstio, e a superfície articular da epífise é coberta com cartilagem.

Vasos sanguíneos Ao contrário da cartilagem, os ossos são bem vascularizados. Na verdade, em qualquer momento, entre 3% e 11% do sangue do corpo está no esqueleto. Os vasos principais que nutrem a diáfise são uma *artéria nutrícia* (Figura 6.4c) e uma *veia nutrícia*. Juntas, elas atravessam um orifício na parede da diáfise, o *forame nutrício* (*forame* = abertura). A artéria nutrícia penetra essa abertura para abastecer a medula óssea e a substância esponjosa. Em seguida, ramificações destas estendem-se para fora, para abastecer o osso compacto. Várias *artérias epifisiais* e *veias* nutrem cada epífise da mesma maneira.

Cavidade medular O interior de todos os ossos consiste em grande parte de substância esponjosa. Contudo, o centro da diáfise de ossos longos não contém nenhum tecido ósseo e é denominado **cavidade medular** (*medular* = meio) ou *cavidade para a medula óssea* (Figura 6.4a). Como o próprio nome indica, em adultos, essa cavidade é preenchida com medula óssea amarela. Lembre-se de que os espaços entre as trabéculas do osso esponjoso também estão preenchidos com essa mesma medula.

Membranas Uma membrana de tecido conjuntivo denominada **periósteo** (*periósteo* = em torno do osso) cobre toda a superfície exterior de cada osso, exceto nas extremidades da epífise, onde está presente a cartilagem articular (Figuras 6.4a e 6.4b).

Essa membrana tem duas subcamadas: uma superficial de tecido conjuntivo denso não modelado, que resiste à tensão colocada em um osso durante uma flexão, e outra profunda, que se encosta na substância compacta. A camada profunda é osteogênica, contendo células de depósito de osso (osteoblastos) e células destruidoras de osso (osteoclastos). Essas células remodelam as superfícies ósseas ao longo de toda a nossa vida (ver p. 145-146 para mais detalhes). As células osteogênicas da camada profunda do periósteo não se distinguem dos fibroblastos dentro dessa mesma camada. Durante os períodos de crescimento ou deposição dos ossos, as células osteogênicas diferenciam-se em osteoblastos, que por sua vez produzem as camadas de tecido ósseo que circundam o perímetro do osso, as lamelas circunferenciais (ver Figura 6.7a).

O periósteo é ricamente suprido com nervos e vasos sanguíneos, razão pela qual os ossos quebrados são dolorosos e sangram em grande quantidade. Os vasos que irrigam o periósteo são ramificações a partir dos vasos nutrícios e epifisários. O periósteo está fixado ao osso subjacente por **feixes perfurantes de fibras de colágeno** (*fibras de Sharpey*), feixes espessos de colágeno que correm do periósteo para dentro da matriz óssea (Figura 6.4c). O periósteo também fornece pontos de inserção para os tendões e ligamentos que se unem a um osso. Nesses pontos, os feixes perfurantes de fibras de colágeno são extremamente densos.

Enquanto o periósteo cobre a superfície externa dos ossos, as superfícies ósseas *internas* são recobertas por uma membrana de tecido conjuntivo muito mais fino, denominada **endósteo** (“dentro do osso”). Especificamente, o endósteo recobre as trabéculas de substância esponjosa (Figura 6.4b), e também reveste os canais centrais do ósteon (ver Figura 6.7a). Assim como o periósteo, o endósteo também é osteogênico, e ambos contêm osteoblastos e osteoclastos.

Estrutura dos ossos curtos, irregulares e planos

Ossos curtos, irregulares e planos têm a mesma composição que os ossos longos: externamente são ossos compactos, revestidos por periósteo, e internamente são ossos esponjosos revestidos pelo endósteo (Figura 6.5). Eles não têm diáfise e epífise e contêm medula óssea entre as trabéculas de substância esponjosa, mesmo não havendo presença de nenhuma cavi-

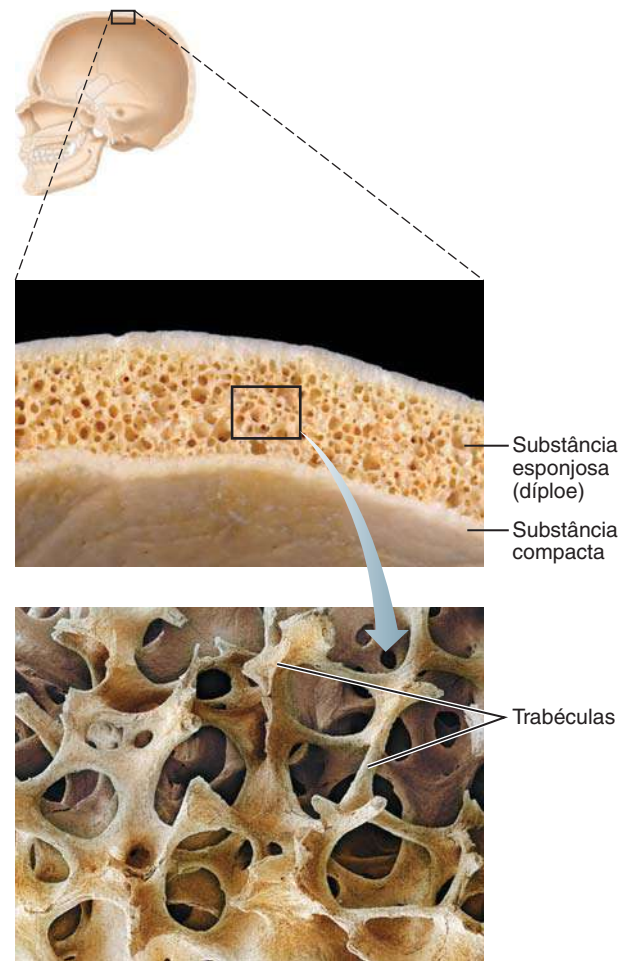


Figura 6.5 Estrutura de um osso plano. Ossos planos consistem de uma camada de substância esponjosa (o díploe) prensado entre duas finas camadas de substância compacta. (Fotomicrografia acima, 3×, abaixo, 32×.)

dade medular. Em ossos planos, a substância esponjosa é denominada **díploe** (duplo). Um osso plano é como um sanduíche em sua estrutura: a substância compacta é o pão e a esponjosa é o recheio.

Formato do osso e tipo de tensão

A anatomia de cada osso reflete as tensões que mais comumente incidem sobre ele. Os ossos são submetidos a compressões à medida que o peso recai sobre eles ou que os músculos os traciona. A carga, no entanto, é normalmente aplicada fora do centro e ameaça *dobrar* o osso (**Figura 6.6a**). De um lado, a flexão comprime o osso e, de outro, o estende (o submete à tensão). Tanto a compressão como a tensão são maiores nas superfícies ósseas externas. Para resistir a altas tensões, o tecido ósseo compacto forte localiza-se na parte externa do osso. Internas a essa região, no entanto, as forças de tensão e compressão tendem a anular-se mutuamente, resultando em menos estresse. Assim, o osso compacto não é encontrado no interior dos ossos, pois ali o osso esponjoso é suficiente. Como nenhum estresse ocorre no centro do osso, a falta de tecido ósseo no centro da cavidade medular não prejudica a resistência dos ossos longos. Na verdade, um cilindro oco é mais forte do que uma haste sólida de mesmo peso. Sendo assim, esse formato é eficiente tanto de uma perspectiva biológica quanto mecânica. O osso esponjoso e as cavidades medulares aliviam o peso do esqueleto e dão espaço para a medula óssea.

O osso esponjoso não é uma rede aleatória de fragmentos ósseos. Ao contrário, as trabéculas de osso esponjoso parecem se alinhar ao longo de linhas de tensão em um padrão organizado de pequenos suportes, posicionados como os arcobotantes que suportam as paredes de uma catedral gótica (**Figura 6.6b**).

As superfícies dos ossos também refletem as tensões que são aplicadas ao osso. As superfícies têm distintas **marcas ósseas** (ou acidentes ósseos) (**Tabela 6.1**) que se encaixam em três categorias: (1) projeções, que são os locais de fixação para os músculos

Figura 6.6 Anatomia óssea e tensão de flexão. (a) Peso do corpo transmitido através da cabeça do fêmur (osso da coxa) ameaça flexionar o osso ao longo do arco indicado. As maiores forças ocorrem na periferia do osso longo — compressão no lado de carga, tensão na superfície oposta — onde resistem pelo osso compacto. Tração e compressão se anulam internamente no ponto nulo de estresse; uma quantidade menor de material ósseo é requerida internamente. (b) Diagrama das trajetórias de tensão através da epífise proximal do fêmur durante a carga, e uma fotografia do alinhamento das trabéculas dentro desta epífise.

e ligamentos; (2) as superfícies que participam das articulações; e (3) depressões e aberturas. Essas marcações ósseas fornecem uma riqueza de informação sobre as funções dos ossos e músculos e na relação dos ossos com suas estruturas macias associadas. Será possível identificar essas marcas em ossos individuais quando estudarmos a estrutura detalhada dos ossos (Capítulos 7 e 8).

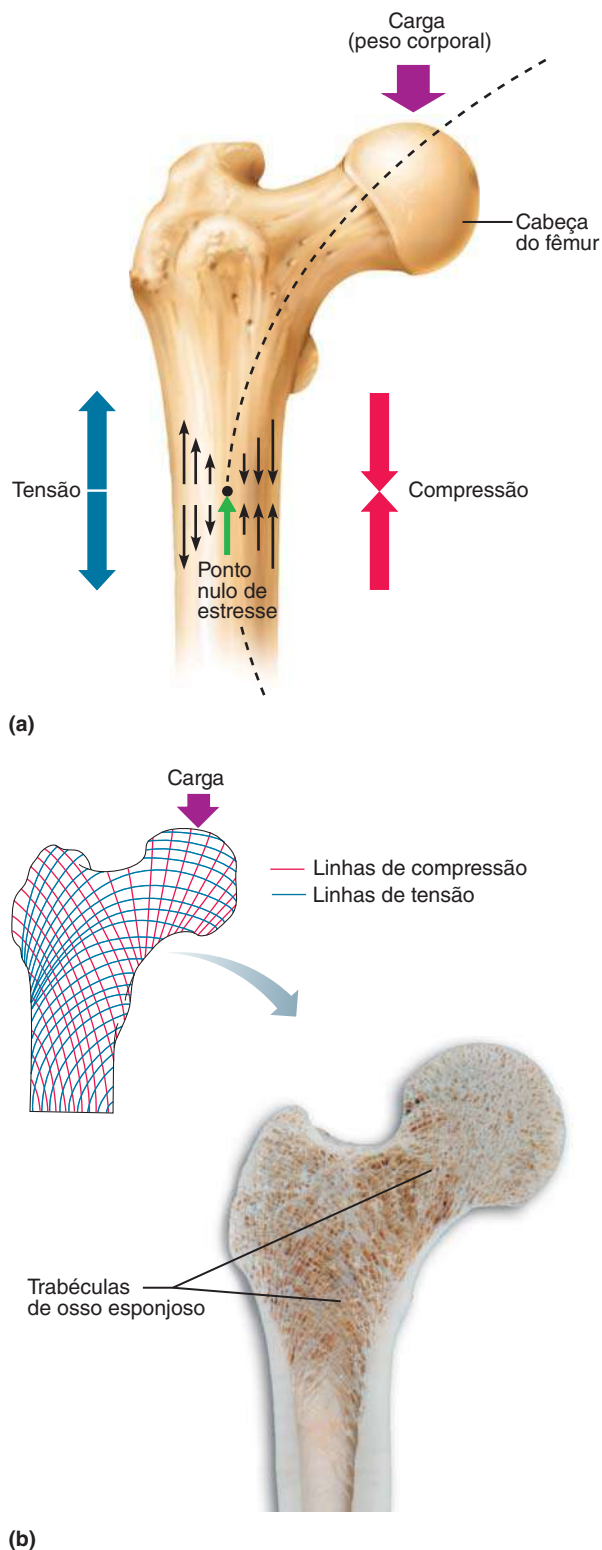


Tabela 6.1 Referências ósseas

Nome da marcação óssea	Descrição	Ilustração
PROJEÇÕES QUE SÃO LOCAIS DE FIXAÇÃO DE MÚSCULOS E DE LIGAMENTOS		
Tuberosidade ou túber	Projeção arredondada grande, pode se tornar rugosa.	
Crista	Margem estreita do osso, geralmente proeminente.	
Trocânter	Processo muito grande, truncado e de formato irregular (o único exemplo está no fêmur).	
Linha	Margem estreita de osso, menos proeminente do que uma crista.	
Tubérculo	Pequena projeção arredondada ou processo.	
Epicôndilo	Área elevada sobre ou acima de um côndilo.	
Espinha	Projeção afiada, delgada, muitas vezes pontiaguda.	
Processo	Qualquer proeminência óssea.	
SUPERFÍCIES QUE FORMAM ARTICULAÇÕES		
Cabeça	Expansão óssea esferoide sustentada por um colo estreito.	
Faceta	Superfície articular lisa, quase plana.	
Côndilo	Projeção articular arredondada, muitas vezes se articula com uma fossa correspondente.	
DEPRESSÕES E ABERTURAS		
Para passagem de vasos e nervos		
Forame	Abertura redonda ou oval através de um osso.	
Sulco	Sulco.	
Fissura	Abertura estreita.	
Incisura	Entalhe na extremidade de uma estrutura.	
Outras		
Fossa	Depressão em forma de bacia de um osso, muitas vezes servindo como uma superfície articular.	
Meato	Semelhante a um canal de passagem articular.	
Seio	Cavidade dentro de um osso, preenchida com ar e revestida com membrana mucosa.	

✓ Verifique seu conhecimento

- 7. Quais são as duas membranas osteogênicas encontradas em um osso, onde cada uma delas está localizada e quais tipos de células são encontrados nessas membranas?
- 8. Em um osso plano, onde está localizado o osso compacto? Onde está localizado o osso esponjoso?
- 9. Qual é a função de cada uma das seguintes marcas ósseas — côndilo, tubérculo e forame?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Estrutura microscópica dos ossos

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a histologia do osso compacto e esponjoso.

Osso compacto

Visto a olho nu, o osso compacto parece sólido. O exame microscópico, no entanto, revela que ele é crivado com passagens para os vasos sanguíneos e os nervos (**Figura 6.7a**). Um importante componente estrutural do osso compacto é o **ósteon** (*osteo* = osso), ou

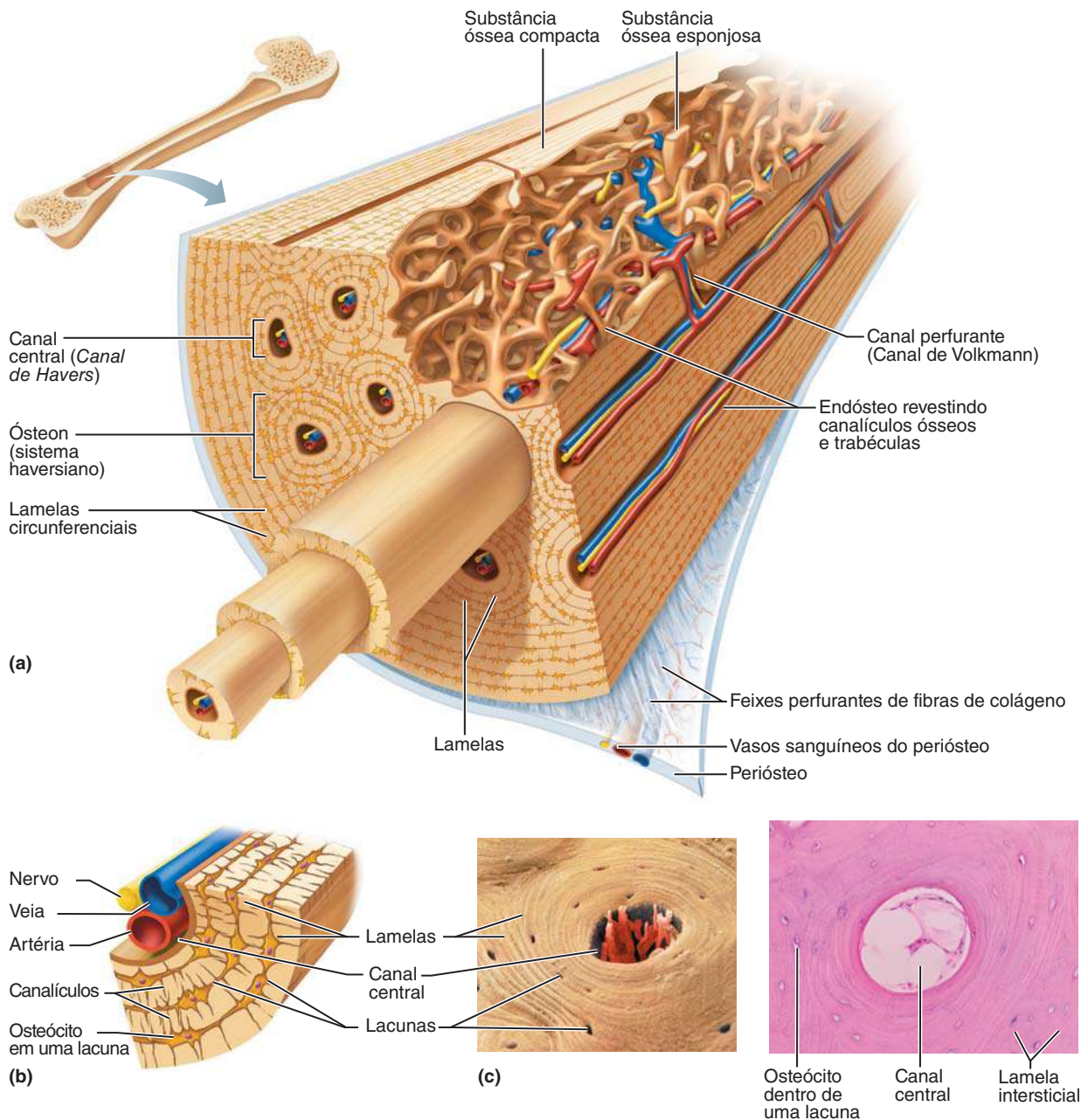


Figura 6.7 Estrutura microscópica do osso compacto. (a) Ilustração de uma seção de diáfise de um osso longo. (b) Detalhes de parte de um osteon. (c) MEV (à esquerda) e fotomicrografia de luz a partir de osso fresco (à direita) de uma seção transversal através de um osteon (145× e 145×, respectivamente). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 20.)

sistema haversiano. Ósteons são estruturas cilíndricas longas, orientadas paralelamente ao longo eixo do osso e de principal compressão. Funcionalmente, os ósteons podem ser vistos como miniaturas de pilares de sustentação de peso. Estruturalmente, um ósteon é um grupo de tubos concêntricos, semelhantes aos anéis de um tronco de árvore em uma seção transversal (Figura 6.7c). Cada um dos tubos é uma **lamela** (pequena lâmina), uma camada de matriz óssea em que as fibras de colágeno e cristais minerais se alinham e correm em uma direção única. No entanto, as fibras e os cristais de lamelas adjacentes sempre correm em direções aproximadamente opostas.

Esse padrão de alternância é ideal para suportar uma torção ou tensões (Figura 6.8). As lamelas ósseas também inibem a propagação de trincas. Quando uma trinca atinge a extremidade de uma lamela, as forças que causam a trinca ficam dispersas ao redor dos limites lamelares, impedindo assim a fenda de progredir em partes mais profundas do osso, causando fratura.

Através do centro de cada ósteon corre um **canal central**, ou *canal de Havers* (ver Figura 6.7a), que, como todas as cavidades ósseas internas, ele é forrado com endósteo. O canal central contém seus próprios vasos sanguíneos, que fornecem nutrientes às células ósseas do ósteon, e as suas próprias fibras nervosas. O endósteo que reveste o canal central é uma camada osteogênica.

Ao contrário dos anéis de crescimento em árvores, lamelas de tecido ósseo são adicionadas à superfície interna do ósteon, diminuindo assim o diâmetro do canal central. **Canais perfurantes**, também chamados de *canais de Volkmann*, encontram-se em ângulo reto com os canais centrais e conectam o suprimento sanguíneo e nervoso do periósteo ao dos canais centrais e da cavidade medular.

A forma das células ósseas maduras, os osteócitos, lembra a de uma aranha (Figura 6.7b). Seus corpos ocupam pequenas cavidades na matriz sólida denominadas lacunas (“pequenos lagos”) e suas “pernas de aranha” ocupam tubos finos chamados **canalículos**. Esses “pequenos canais” correm através da matriz, conectando as lacunas vizinhas umas às outras e aos capilares mais próximos, tais como aqueles nos canais centrais.

Dentro dos canalículos, as extensões de osteócitos vizinhos tocam-se um ao outro e formam junções comunicantes (*gap*) (ver p. 78). Nutrientes provenientes dos capilares no canal central passam por essas junções, de um osteócito para o seguinte, ao longo de todo o ósteon. Essa transferência direta de célula a célula é a única maneira de suprir os osteócitos com os nutrientes de que eles precisam, porque a matriz óssea interveniente é muito sólida e impermeável para atuar como um meio de difusão.

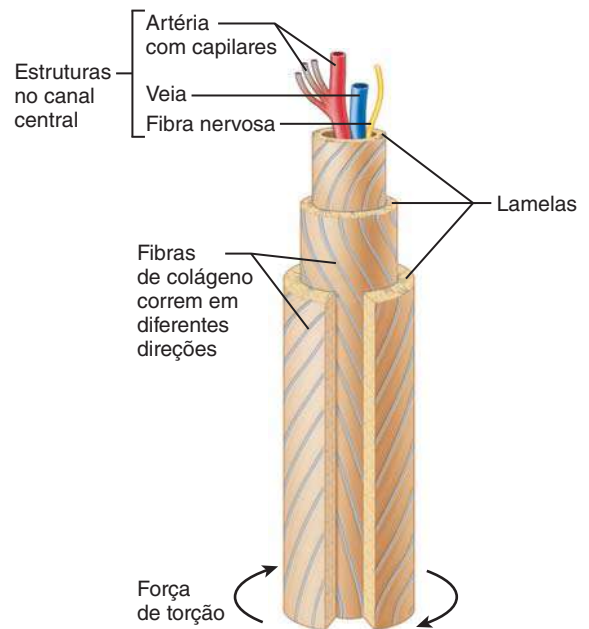


Figura 6.8 Um único ósteon. Para ilustrar as lamelas individualmente, o ósteon é desenhado como se fosse puxado para fora como uma antena telescópica.

Nem todas as lamelas do osso compacto estão dentro dos ósteons. Encontram-se entre os ósteons grupos de lamelas incompletas denominadas **lamelas intersticiais** (Figura 6.7c), que são fragmentos de ósteons antigos produzidos pela remodelação óssea. Além disso, há **lamelas circunferenciais** nas superfícies externa e interna da camada de osso compacto. Cada uma dessas lamelas estende-se em torno de toda a circunferência da diáfise (Figura 6.7a). Funcionando como um ósteon, mas em uma escala muito maior, as lamelas circunferenciais resistem de maneira eficaz à torção de todo o osso longo.

Ossos esponjosos

A anatomia microscópica do osso esponjoso (Figura 6.9) é menos complexa do que a do osso compacto. Cada trabécula contém várias camadas de lamelas e osteócitos, mas é muito pequena para conter ósteons ou vasos próprios. Os osteócitos recebem seus nutrientes dos capilares do endósteo, que circunda a trabécula via conexões através dos canalículos.

✓ Verifique seu conhecimento

- 10. Indique a diferença entre um canal central, um canal perfurante e canalículos.
- 11. Como os osteócitos de uma lamela externa de um ósteon recebem oxigênio e nutrientes?
- 12. O que é uma trabécula? O que a diferencia de um ósteon?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

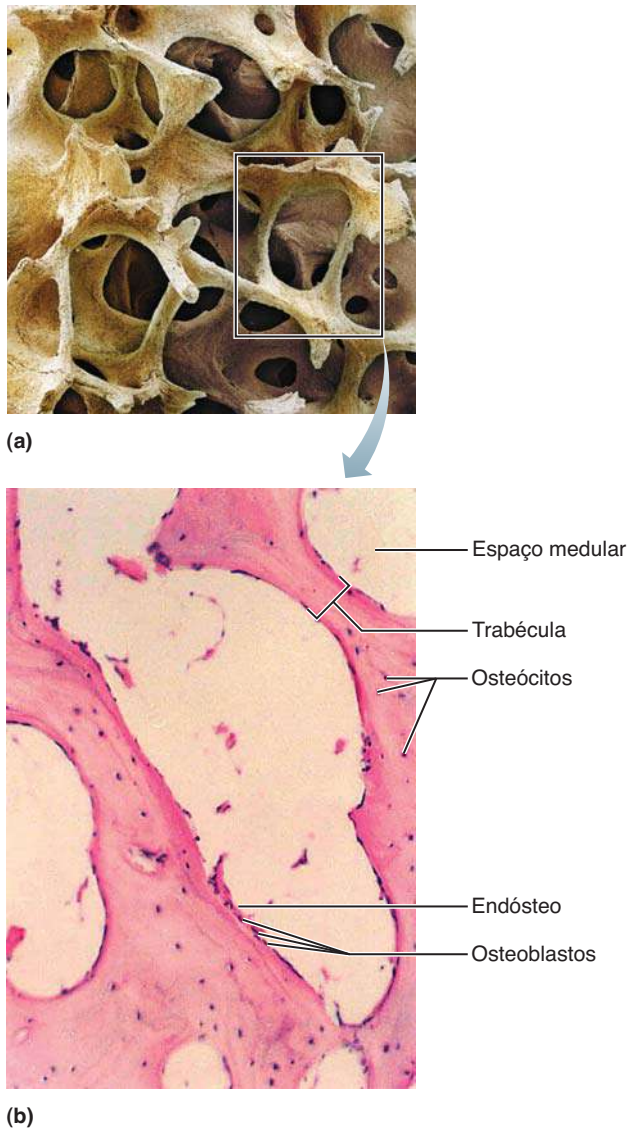


Figura 6.9 Osso esponjoso. (a) Micrografia de osso esponjoso mostrando uma rede de trabéculas ósseas (32×). (b) Fotomicrografia de trabéculas (85×). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 21).

Desenvolvimento e crescimento ósseo

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ comparar os dois tipos de formação óssea: ossificação intramembranosa e endocondral;
- ▶ descrever como ossos endocondrais crescem em suas cartilagens epifisais.

Osteogênese e ossificação são nomes para o processo de formação de tecido ósseo. A osteogênese começa no embrião, passa pela infância e adolescência à medida que o esqueleto cresce e, então, a uma taxa mais

lenta, acontece no adulto como parte de uma remodelação contínua do esqueleto totalmente desenvolvido.

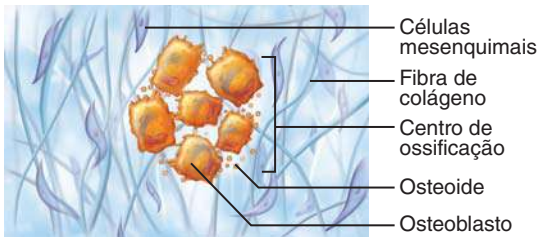
Antes da 8ª semana, o esqueleto do embrião humano é composto apenas de cartilagem hialina e algumas membranas de mesênquima, um tecido conjuntivo embrionário (Capítulo 4, p. 85). O tecido ósseo aparece pela primeira vez na 8ª semana e, eventualmente, substitui a maior parte da cartilagem e as membranas mesenquimais no esqueleto. Alguns ossos, chamados **ossos de origem intramembranosa**, desenvolvem-se a partir de uma membrana mesenquimal por meio de um processo chamado **ossificação intramembranosa** (*intra* = dentro). Outros ossos desenvolvem-se a partir de cartilagem hialina, que é substituída por um processo chamado **ossificação endocondral** (*endo* = dentro; *condro* = cartilagem). Esses ossos são chamados de **ossos de origem endocondral** ou *ossos de substituição da cartilagem*.

Ossificação intramembranosa

Os ossos de origem intramembranosa formam-se diretamente do mesênquima sem antes serem modelados em cartilagem. Todos os ossos do crânio, exceto uns poucos em sua base, são dessa categoria. As clavículas são os únicos ossos formados por ossificação intramembranosa que não estão no crânio.

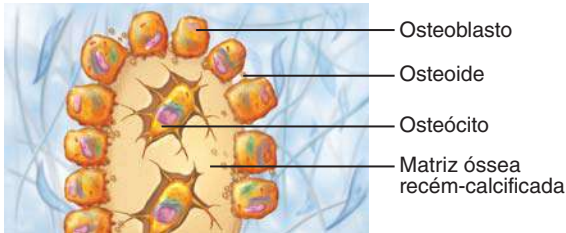
A ossificação intramembranosa prossegue da seguinte maneira: durante a 8ª semana do desenvolvimento embrionário, células mesenquimais agrupam-se dentro da membrana de tecido conjuntivo e transformam-se em osteoblastos de formação óssea (Figura 6.10, ①). Essas células começam a secretar a parte orgânica da matriz óssea, denominada osteoide, que então se torna mineralizada (Figura 6.10, ②). Uma vez rodeados por sua própria matriz, os osteoblastos são chamados de osteócitos. O novo tecido ósseo forma-se por entre os vasos sanguíneos embrionários, que se distribuem como uma rede aleatória (Figura 6.10, ③). O resultado é **tecido ósseo** em formação com trabéculas dispostas em redes. Esse tecido embrionário carece de lamelas que ocorrem no osso esponjoso maduro. Durante essa mesma fase, mais mesênquima se condensa imediatamente externamente ao osso membranoso em desenvolvimento e transforma-se no perióstio.

Para completar o desenvolvimento de um osso de origem intramembranosa, as trabéculas na periferia crescem mais espessas até que placas ósseas compactas estejam presentes em ambas as superfícies (Figura 6.10, ④). No centro do osso de origem intramembranosa, as trabéculas permanecem separadas, e osso esponjoso surge. O padrão final é aquele característico do osso plano (Figura 6.5).



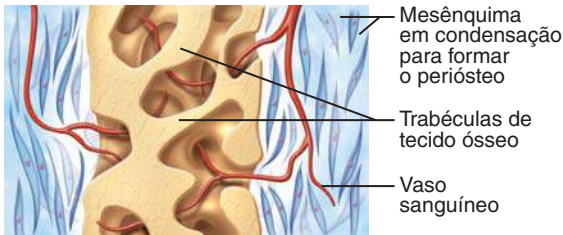
① **Centros de ossificação aparecem na membrana do tecido conjuntivo fibroso.**

- Grupos de células mesenquimais selecionadas, centralmente localizadas e diferenciadas em osteoblastos, formando um centro de calcificação



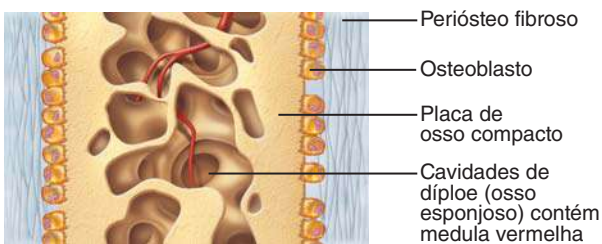
② **A matriz óssea (osteóide) é secretada dentro da membrana fibrosa e calcifica-se.**

- Osteoblastos começam a secretar osteóide, que é calcificado dentro de alguns dias.
- Osteoblastos aprisionados transformam-se em osteócitos.



③ **Formação do osso e do periosteio.**

- Osteóide acumulado é depositado por entre vasos sanguíneos embrionários de forma aleatória. O resultado é uma rede (em vez de lamelas) de trabéculas denominadas osso em formação.
- O mesênquima vascularizado condensa-se sobre a face externa do osso em formação e transforma-se em periosteio.



④ **Osso lamelar substitui o osso em formação imediatamente profundo ao periosteio. A medula vermelha aparece.**

- As trabéculas imediatamente profundas ao periosteio se espessam e são substituídas por osso lamelar maduro, formando placas de osso compacto.
- Osso esponjoso (díploe), composto de trabéculas separadas, persiste internamente, e seu tecido vascular transforma-se em medula vermelha.

Figura 6.10 Ossificação intramembranosa: desenvolvimento do osso plano do crânio de um feto. Diagramas ③ e ④ representam uma ampliação muito menor do que os diagramas ① e ②.

Ossificação endocondral

Todos os ossos da base do crânio para baixo, exceto as clavículas, são ossos endocondrais, que são primeiro modelados em cartilagem hialina, que depois é gradualmente substituída por tecido ósseo. A ossificação endocondral começa no fim do segundo mês de desenvolvimento e não é concluída até que o esqueleto pare de crescer no início da idade adulta. Os ossos de origem endocondral em crescimento aumentam tanto em comprimento como em largura. As etapas seguintes esboçam apenas o aumento do comprimento, usando um osso longo e grande como exemplo (Figura 6.11).

① **Um colar ósseo forma-se ao redor da diáfise.**

No final da fase embrionária (8ª semana), o osso de origem endocondral começa como um pedaço de cartilagem denominado *modelo cartilaginoso*. Como todas as cartilagens, ele é envolvido por um pericôndrio. Então, no final da 8ª semana de desenvolvimento, o pericôndrio em torno da diáfise é invadido por vasos sanguíneos e torna-se periosteio de um osso em formação. Os osteoblastos nesse novo periosteio estabelecem um colar de tecido ósseo em torno da diáfise.

② **A cartilagem calcifica-se no centro da diáfise.**

Ao mesmo tempo que o colar ósseo se forma, os condrócitos no centro da diáfise aumentam (hipertrofia) e sinalizam que a matriz da cartilagem ao redor irá se calcificar. A matriz de cartilagem calcificada é impermeável à difusão de nutrientes. Impossibilitados de receber os nutrientes, os condrócitos morrem e desintegram-se, deixando cavidades na cartilagem. Já não mantida pelos condrócitos, a matriz da cartilagem começa a deteriorar. Isso não enfraquece seriamente a diáfise, que está bem estabilizada pelo colar ósseo ao seu redor, mas afeta apenas o seu centro. Em outros lugares, a cartilagem permanece saudável e continua a crescer, fazendo que todo o osso endocondral se alongue.

③ **O broto do periosteio invade a diáfise e a formação das primeiras trabéculas ósseas.**

No 3º mês de desenvolvimento, as cavidades dentro das diáfises são invadidas por uma coleção de elementos chamados de **broto periosteal**. Tal broto consiste de uma artéria e uma veia nutritivas, juntamente com as células que irão formar a medula óssea. Mais importante, o broto contém células em formação e em destruição óssea (células-tronco osteogênicas e osteoclastos). Os osteoclastos corroem parcialmente a matriz da cartilagem calcificada, e as células osteogênicas diferenciam-se em osteoblastos, que secretam osteóide ao redor dos fragmentos dessa matriz, formando as trabéculas com cobertura óssea. Dessa forma, a primeira versão do osso esponjoso aparece dentro da diáfise.

9ª semana

3º mês

Nascimento Da infância para a adolescência

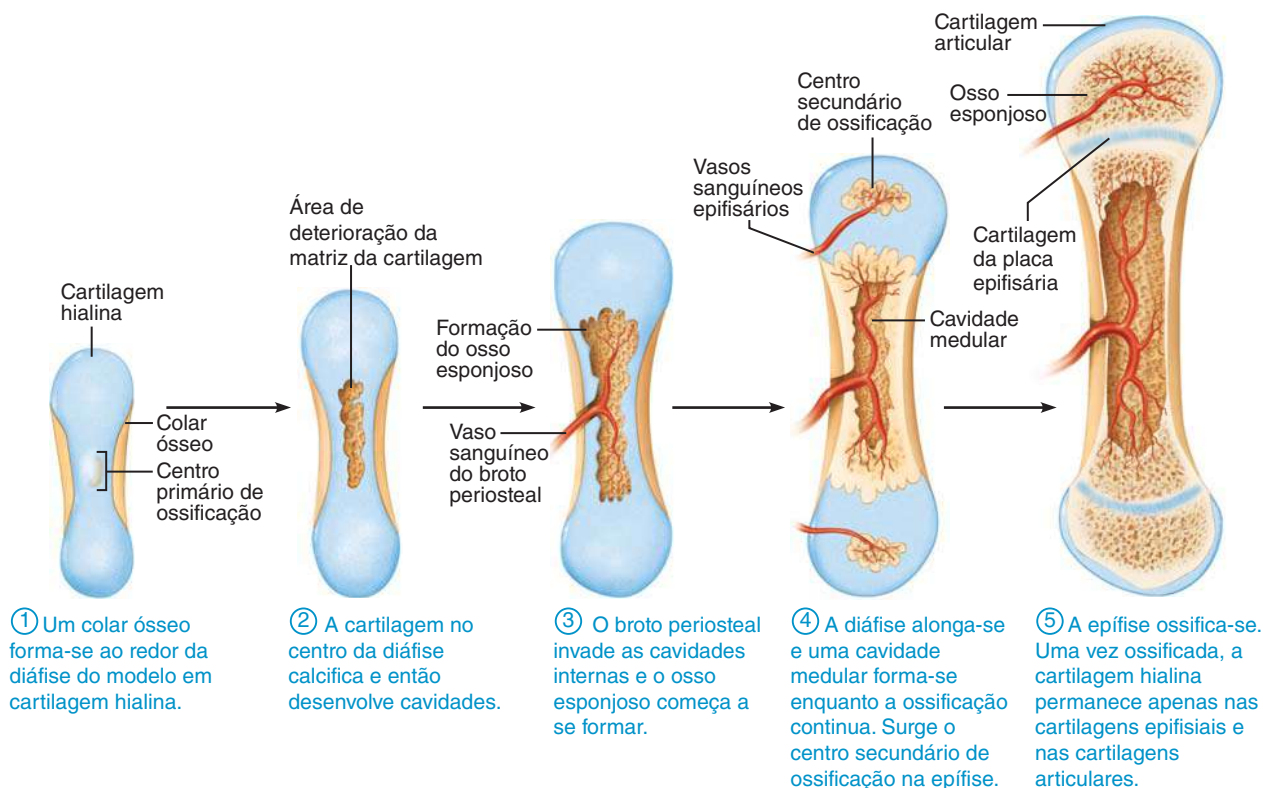


Figura 6.11 Ossificação endocondral de um osso longo.

No 3º mês de desenvolvimento, o tecido ósseo continua a se formar em torno da diáfise a partir do perióstio e começa a aparecer no centro da diáfise. Esse tecido ósseo da diáfise forma o **centro primário de ossificação**.

- ④ **A diáfise alonga-se, e as cavidades medulares formam-se.** Durante o restante do período fetal, a cartilagem da epífise continua a crescer rapidamente, com a parte mais próxima da diáfise continuamente se calcificando e sendo substituída pelo osso trabecular, alongando assim a diáfise. Os osteoclastos, por sua vez, quebram as extremidades desses ossos trabeculares para formar uma cavidade medular central sem osso.

Pouco antes ou depois do nascimento, as epífises começam a se ossificar: em primeiro lugar, a cartilagem no centro de cada epífise calcifica-se e degenera-se. Em seguida, um broto contendo os vasos epifisários invade cada epífise. Trabéculas ósseas aparecem da mesma forma que tinham aparecido mais cedo no centro primário de ossificação. As áreas de formação óssea nas epífises são chamadas **centros secundários de ossificação**. Os maiores ossos longos do corpo podem ter vários centros de ossificação em cada epífise.

- ⑤ **A epífise ossifica-se e as cartilagens epifisiais separam diáfise e epífises.** Após o aparecimento

do centro secundário de ossificação e as epífises terem em grande parte se ossificado, a cartilagem hialina permanece em apenas dois lugares: (1) sobre as superfícies das epífises, onde forma as cartilagens articulares, e (2) entre a diáfise e as epífises, onde forma as **cartilagens epifisiais**. As cartilagens epifisiais, também chamadas placas do crescimento, são responsáveis pelo alongamento dos ossos durante as duas décadas após o nascimento.

Anatomia da cartilagem epifisial

Tanto nas epífises do feto como nas cartilagens epifisiais da criança, a cartilagem está organizada de uma maneira que permite que ela cresça de maneira excepcionalmente rápida e eficiente (**Figura 6.12**). As células da cartilagem mais próximas das epífises são relativamente pequenas e inativas. Essa região é chamada **zona de reserva**. Debaixo da zona de reserva, as células cartilaginosas formam colunas altas, como moedas em uma pilha. Os condroblastos no topo da pilha, na **zona de proliferação**, dividem-se rapidamente, empurrando a epífise para longe da diáfise, fazendo assim que o osso longo se alongue. Os condrocitos mais velhos mais embaixo na pilha, na **zona hipertrófica**, ampliam-se e sinalizam para a matriz circundante se calcificar. Na **zona de calcificação**, a matriz cartilaginosa torna-se calcificada e os condrocitos morrem. Esse processo deixa

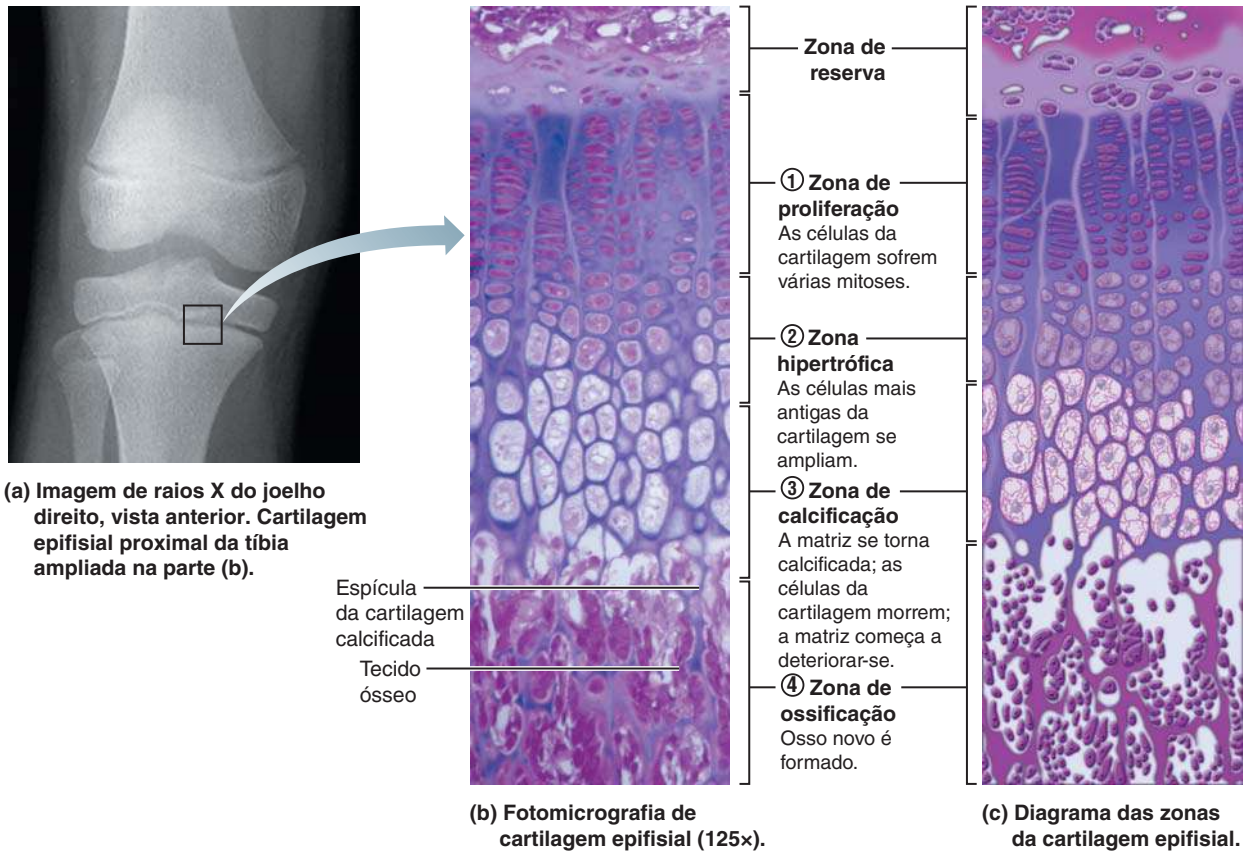


Figura 6.12 Organização da cartilagem epifisial de um osso longo em crescimento. Os condrócitos adjacentes às epífises estão inativos. Essa região é a zona de reserva. As outras células de cartilagem epifisial estão organizadas em quatro zonas distintas: proliferação, hipertrófica, calcificação e ossificação.

espículas longas (trabéculas) de cartilagem calcificada no lado da diáfise da junção epífise-diáfise. Essas espículas são parcialmente corroídas por osteoclastos, então cobertas com tecido ósseo por osteoblastos, formando espículas de osso. Essa região é a **zona de ossificação**. Essas espículas ósseas são destruídas a partir da diáfise pela ação dos osteoclastos na mesma proporção em que são formadas na epífise; assim, elas se mantêm em um comprimento constante e a cavidade da medula cresce quanto mais o osso se alonga.

Crescimento pós-natal dos ossos de origem endocondral

Durante a infância e adolescência, os ossos de origem endocondral alongam-se inteiramente através do crescimento das cartilagem epifisiais. Como a cartilagem é substituída por tecido ósseo no lado da diáfise quase tão rapidamente quanto ela cresce, a cartilagem epifisial mantém uma espessura constante enquanto todo o osso se alonga. Quando a adolescência chega ao fim, os condroblastos dividem-se com menos frequência, e as cartilagens epifisiais tornam-se mais fi-

nas. Eventualmente, elas esgotam seu suprimento de células mitoticamente ativas da cartilagem, assim a cartilagem para de crescer e é substituída por tecido ósseo. Os ossos longos param de se alongar quando o tecido ósseo das epífises e diáfise se funde. Esse processo, chamado *fechamento das cartilagens epifisiais*, ocorre entre as idades de 15 a 23 anos. O momento de fechamento varia entre os indivíduos, entre os ossos e até mesmo entre diferentes cartilagens epifisiais do mesmo osso. Em geral, as cartilagens epifisiais no sexo feminino fecham mais cedo do que no masculino. Uma vez que essas cartilagens tenham se fechado, a pessoa não tem mais sua estatura aumentada. A idade de uma criança ou adolescente pode ser estimada pela medição do comprimento do osso e do grau de fechamento das cartilagens epifisiais de um osso longo, tal como mostrado em uma imagem de raios X. Em adultos, como não ocorre mais aumento da altura depois do fechamento dessas cartilagens, o comprimento dos ossos longos pode ser usado para estimar a altura global. Ambas as técnicas são utilizadas cientificamente para ajudar na identificação de pessoas.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Acondroplasia Condição congênita que envolve o crescimento defeituoso da cartilagem e da ossificação endocondral. Essa condição resulta de uma mutação em um gene no cromossomo 4 (receptor do fator de crescimento de fibroblastos -3 ou FGFR3 — do termo em inglês *fibroblastic growth factor receptor-3*). O aumento de atividade desse gene inibe a proliferação celular nas cartilagens epifisiais. Como resultado, o crescimento e as zonas hipertróficas dessas cartilagens ficam estreitos e desorganizados, e a ossificação e o seu fechamento ocorrem antes de o osso atingir o comprimento normal. A acondroplasia resulta em nanismo típico, em que os membros são curtos, mas o tronco e ossos de origem intramembranosa são de tamanho normal. Embora essa condição seja genética, 80% dos casos são resultados de novas mutações. Ela não é rara e afeta entre 1 em 15 mil e 1 em 40 mil indivíduos.

Ossos em crescimento também devem ficar mais largos à medida que se alongam. Os osteoblastos da camada osteogênica do periósteo adicionam tecido ósseo em lamelas circunferenciais na face externa da diáfise, à medida que os osteoclastos no endósteo removem osso da superfície interna da parede da diáfise. Esses dois processos ocorrem na mesma proporção, de forma que a circunferência do osso longo expande e ele se alarga. O crescimento de um osso por meio de adição de tecido ósseo às suas superfícies é chamado **crescimento aposicional**.

O crescimento ósseo é regulado por vários hormônios, principalmente pelo hormônio do crescimento (produzido pela glândula hipófise), que estimula as cartilagens epifisiais a crescer. Os hormônios da tireoide regulam os efeitos do hormônio do crescimento, assegurando que o esqueleto retenha as proporções adequadas à medida que ele cresce. Os hormônios sexuais (andrógenos e estrógenos) primeiro promovem o crescimento ósseo no surto de crescimento na adolescência e, mais tarde, induzem as cartilagens epifisiais a se fecharem, encerrando o crescimento em comprimento.

Esta seção tem focado o crescimento e desenvolvimento de ossos grandes e longos. Os outros tipos de osso de origem endocondral crescem de maneira ligeiramente diferente. Ossos curtos, tais como aqueles do carpo, surgem a partir de apenas um único centro de ossificação. A maioria dos ossos irregulares, tais como os ossos do quadril e as vértebras, desenvolve-se a partir de vários centros de ossificação distintos. Ossos longos pequenos, tais como aqueles na palma da mão e nos dedos, formam-se a partir de um centro primário de ossificação (diáfise) e de mais um único centro secundário; isto é, eles têm apenas uma epífise. No entanto, independentemente do número e localização

dos centros de ossificação, todos os ossos de origem endocondral seguem passos semelhantes (mostrados na Figura 6.11): calcificação e deterioração da cartilagem interna, invasão de um broto periosteal contendo osteoclastos e células-tronco osteogênicas e deposição de tecido ósseo por osteoblastos.

✓ Verifique seu conhecimento

- 13. Quais ossos do esqueleto são ossos de origem intramembranosa?
- 14. Quais partes dos ossos longos de um feto com 6 meses são ossificadas?
- 15. Como um osso cresce em comprimento durante a infância, a espessura da cartilagem epifisial muda? Em qual região da cartilagem epifisial é adicionado tecido ósseo: em sua extremidade epifisária ou diafisária?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Remodelação óssea

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ discutir como o tecido ósseo é remodelado no esqueleto;
- ▶ explicar as etapas da cicatrização de fraturas ósseas.

Os ossos parecem ser os mais inertes dos órgãos do corpo quando vistos no laboratório e, uma vez formados, eles parecem definidos para a vida toda. Nada poderia estar mais longe da verdade. O osso é um tecido dinâmico e ativo. Grandes quantidades de matriz de osso e milhares de osteócitos são continuamente removidos e substituídos dentro do esqueleto, e a arquitetura em pequena escala dos ossos muda constantemente. Metade de 1 grama de cálcio pode entrar ou sair do esqueleto adulto a cada dia.

No esqueleto adulto, o osso é depositado e removido principalmente na superfície endóstica. Juntos, esses dois processos constituem a **remodelação óssea**. O osso esponjoso no esqueleto, recoberto com endósteo, é totalmente substituído a cada três ou quatro anos. A remodelação no osso compacto ocorre no endósteo que reveste os canais centrais dos osteons. Esse processo ocorre de forma mais lenta do que no osso esponjoso; o osso compacto é completamente substituído a cada dez anos.

A remodelação óssea é coordenada por populações de osteoblastos e osteoclastos adjacentes (**Figura 6.13**). Em adultos jovens saudáveis, a massa total de osso no corpo permanece constante, uma indicação de que as taxas de depósito e de reabsorção estão essencialmente iguais; entretanto, o processo de remodelação não é uniforme. Alguns ossos (ou partes do osso) são fortemente remodelados; outros não são. Por exemplo, a região distal do fêmur é totalmente substituída a cada 5-6 meses, enquanto a diáfise do fêmur muda muito mais lentamente.

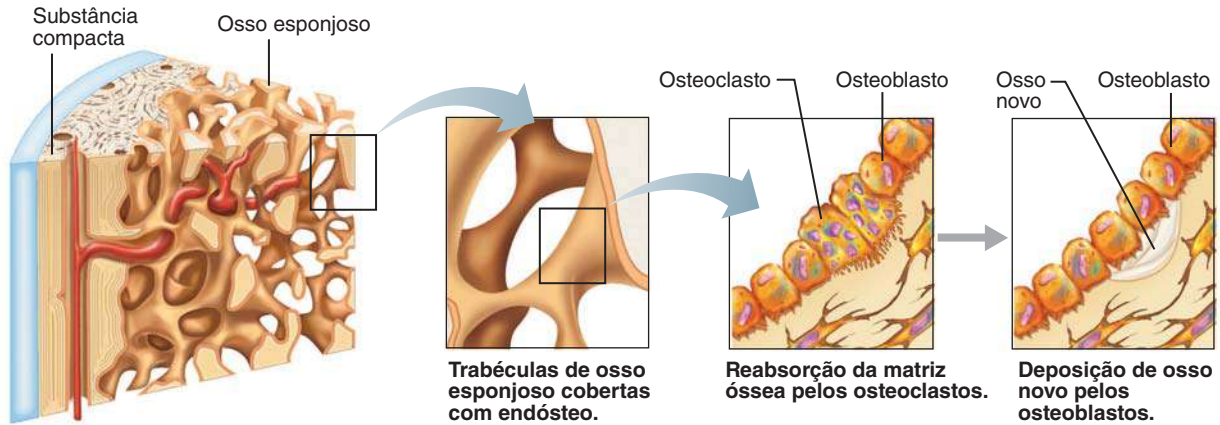


Figura 6.13 Remodelação do osso esponjoso. Reabsorção da matriz óssea pelos osteoclastos a partir de uma cavidade na superfície do osso. Osteoblastos do endóstio preenchem a cavidade, formando um osso novo.

A **reabsorção óssea** é realizada pelos osteoclastos (Figura 6.13 e Figura 6.14). Cada uma dessas células gigantes tem muitos núcleos. Os osteoclastos espalham-se ao longo das superfícies ósseas, essencialmente “cavando buracos”, à medida que degradam o tecido ósseo (Figura 6.13). A parte de sua membrana plasmática que toca a superfície do osso é bastante pregueada e ondulada. Essa membrana expandida forma um selo apertado contra o osso e segrega ácido clorídrico concentrado, que dissolve a parte mineral da matriz. Os íons de cálcio (Ca^{2+}) liberados e os íons de fosfato (PO_4^{3-}) entram nos fluidos teciduais e na corrente sanguínea. Enzimas lisossômicas também são liberadas através dessa membrana ondulada e digerem a parte orgânica da matriz do osso. Finalmente, os osteoclastos aparentemente absorvem o colágeno e os osteócitos mortos através de fagocitose.

A **deposição óssea** é realizada por osteoblastos. Essas células depositam osteoide orgânico nas superfícies ósseas (Figura 6.13), e os sais de cálcio cristalizam-se dentro desse osteoide. Esse processo de calcificação leva cerca de uma semana. Como afirmado anteriormente, os osteoblastos transformam-se em osteócitos quando estão rodeados por matriz óssea.

Os osteoblastos formadores de osso derivam de células mesenquimais. Em adultos, os osteoblastos originam-se a partir de células-tronco do mesênquima localizado no perióstio, no endóstio e no tecido conjuntivo próximo da medula óssea. Os osteoclastos também se originam na medula óssea, a partir de células sanguíneas imaturas chamadas *células-tronco hematopoiéticas*, e podem estar relacionados a macrófagos. Muitas dessas células-tronco fundem-se para formar cada osteoclasto, o que explica sua estrutura multinucleada.

Os ossos do esqueleto são continuamente remodelados por duas razões. Em primeiro lugar, a remodelação óssea ajuda a manter concentração constante de Ca^{2+} e PO_4^{3-} nos fluidos corporais. Os níveis de

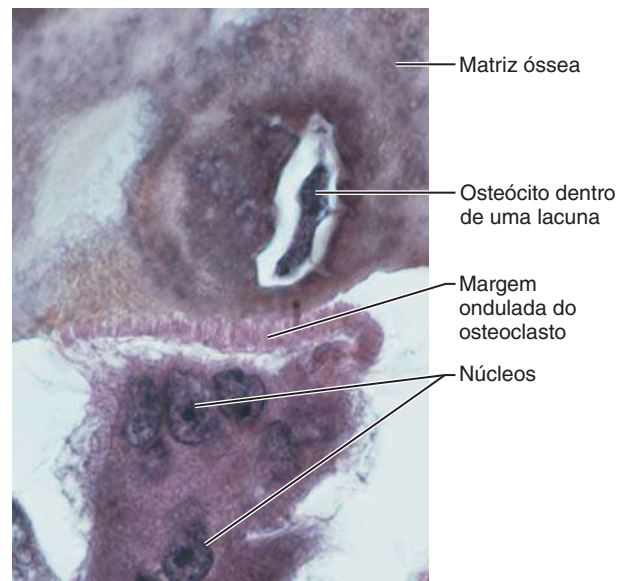


Figura 6.14 Osteoclasto. Fotomicrografia de um osteoclasto degradando tecido ósseo (520 \times).

Ca^{2+} são rigidamente controlados porque ele é crítico na contração muscular. Quando a concentração de Ca^{2+} nos fluidos corporais começa a diminuir, um hormônio é liberado pela glândulas paratireoides, no pescoço. Esse *hormônio da paratireoide* estimula os osteoclastos a reabsorver o osso, um processo que libera mais Ca^{2+} para o sangue.

Em segundo lugar, o osso é remodelado em resposta ao estresse mecânico que ele experimenta. Desse modo, tanto os osteons do osso compacto como as trabéculas de osso esponjoso são constantemente substituídos por novos osteons e trabéculas, que são mais precisamente alinhados em função dessa compressão e tensões de tração recém-experimentadas. Além disso, o osso cresce mais espesso em resposta às forças experimentadas durante o exercício e ganhos de peso. Por

outro lado, na ausência de estresse mecânico, o tecido ósseo é perdido, razão pela qual os ossos de pessoas acamadas se atrofiam. A perda de massa óssea em condições de gravidade quase zero é o principal obstáculo para longas missões no espaço. Para retardar a perda óssea, os astronautas realizam exercícios isométricos durante as missões espaciais.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Doença de Paget Doença caracterizada por taxas excessivas de deposição e reabsorção óssea. O osso recém-formado tem uma taxa anormal elevada de tecido ósseo imaturo em relação ao osso compacto maduro. Isso, juntamente com a mineralização reduzida, faz que os ossos se tornem macios e fracos. Posteriormente, à medida que a doença avança, a atividade dos osteoblastos supera a dos osteoclastos. Portanto, os ossos podem se espessar, mas de forma irregular, e as cavidades medulares podem ser preenchidas com osso. A doença de Paget pode afetar muitas partes do esqueleto, mas é geralmente uma condição localizada e intermitente. Ela raramente ocorre antes dos 40 anos e afeta cerca de 3% de todas as pessoas idosas na América do Norte. Ela progride lentamente, muitas vezes não produz sintomas, e raramente é fatal. Sua causa é desconhecida. O tratamento envolve a inibição dos osteoclastos com drogas à base de bisfosfonatos ou calcitonina.

Recuperação de fraturas ósseas

Apesar de sua resistência, os ossos são suscetíveis a **fraturas** ou quebras. Nos jovens, a maioria das fraturas resulta de traumas (lesões esportivas, quedas ou acidentes de carro, por exemplo) que torcem ou esmagam os ossos. Na velhice, os ossos afinam e enfraquecem, e as fraturas ocorrem com maior frequência. A fratura em que o osso quebra mas não penetra

na pele é uma **fratura simples**. Quando extremidades quebradas do osso sobressaem através da pele, a fratura é **composta**. Outros tipos mais comuns de fraturas incluem a fratura cominutiva, por compressão, fraturas em espiral, epifisial, em depressão e em galho verde (**Tabela 6.2**, p. 149).

Uma fratura é tratada por **redução**, quando é feito um realinhamento nas extremidades do osso quebrado. Na **redução fechada**, as extremidades ósseas são estimuladas a retornar a sua posição pelas mãos do médico. Na **redução aberta**, as extremidades ósseas são unidas cirurgicamente com pinos ou fios. Depois que o osso fraturado é reduzido, ele é imobilizado por uma forma de gesso ou uma tração para permitir que o processo de cicatrização se inicie. O tempo de cura é de aproximadamente 6 a 8 semanas para uma fratura simples, porém é mais longo para ossos grandes, ossos que suportam peso e ossos de pessoas idosas.

A cura de uma fratura simples ocorre em várias fases (**Figura 6.15**).

- ① **Formação de hematoma.** A fratura é geralmente acompanhada por hemorragia. Vasos sanguíneos rompem-se no perióstio e no interior do osso, liberando sangue que se coagula e forma um hematoma. As fases de inflamação (descritas no Capítulo 4, p. 98) são evidentes dentro e em torno do coágulo.
- ② **Formação de calo fibrocartilágneo.** Dentro de poucos dias, novos vasos sanguíneos crescem dentro do coágulo. O perióstio e o endóstio próximos do local da fratura exibem uma proliferação de células formadoras de osso, que depois invadem o coágulo, preenchendo-o com tecido reparador chamado *calo mole* (calo: “pele dura”). Inicialmente, o calo mole é um tecido de granulação fibroso (p. 99). À medida que mais fibras são produzidas, o calo mole torna-se um tecido conjuntivo denso contendo fibrocartilagem e car-

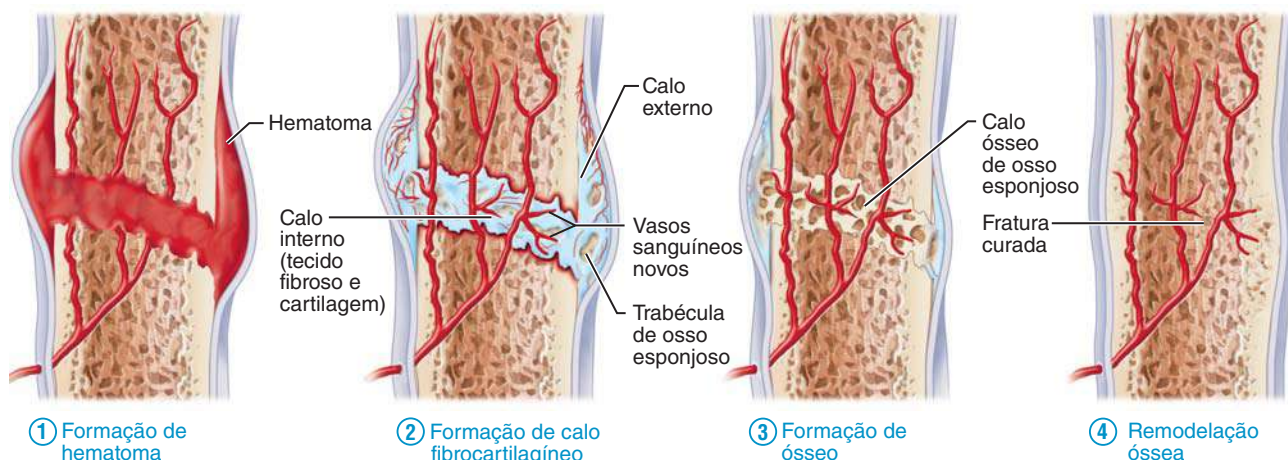

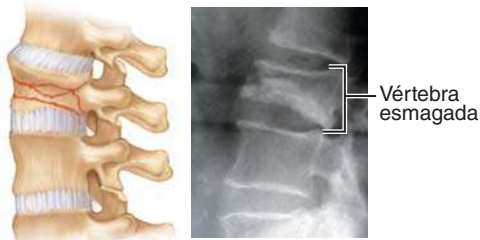
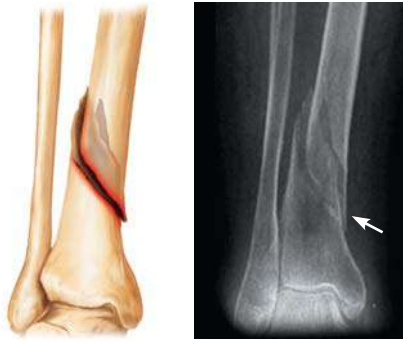
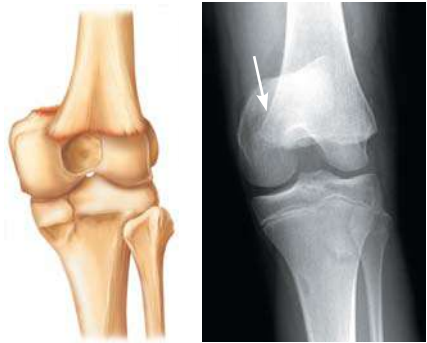




Figura 6.15 Estágios da reparação de uma fratura óssea.

Tabela 6.2 Tipos comuns de fraturas

Tipo de fratura	Descrição e comentários	Tipo de fratura	Descrição e comentários
Cominutiva	Fragmentos de osso em três ou mais peças. Particularmente comum em idosos, cujos ossos são mais frágeis.	Por compressão	O osso é esmagado. Comum em ossos porosos (isto é, em ossos osteoporóticos), em função de forte trauma, como em uma queda.
	 <p>Vértebra esmagada</p>	Espiral	Quebra com margens irregulares. Ocorre quando forças excessivas de torção são aplicadas a um osso. Fratura comum em esportes.
	Epifisial	A epífise separa-se da diáfise juntamente com a cartilagem epifisial. Tende a ocorrer quando as células da cartilagem estão morrendo e a calcificação da matriz está ocorrendo.	
	Em depressão	Parcela do osso quebrado é pressionada para dentro. Típico de fraturas em crânio.	
	Em galho verde	Quebra incompleta do osso, da mesma forma que um galho verde se quebra. Somente um lado da diáfise se quebra, o outro flexiona. Comum em crianças, cujos ossos têm relativamente mais matriz orgânica e são mais flexíveis do que os dos adultos.	
			

tilagem hialina. Nesse ponto, o calo mole também é chamado de **calo fibrocartilágneo**.

- ③ **Formação de calo ósseo.** Após uma semana, trabéculas de osso novo começam a se formar no calo, principalmente por ossificação endocondral. Essas trabéculas cobrem todo o calo e unem os dois fragmentos do osso quebrado. O calo é agora chamado de calo ósseo, ou *calo duro*, e suas trabéculas crescem mais espessas e mais fortes e tornam-se rígidas dois meses após a lesão.
- ④ **Remodelação óssea.** Ao longo de um período de muitos meses, o calo ósseo é remodelado. O excesso de material ósseo é removido, tanto do exterior da diáfise do osso, quanto no interior da cavidade medular. O osso compacto forma-se para reconstruir as paredes da diáfise. A área reparada assemelha-se à região original do osso intacto, porque reage como ele ao mesmo tipo de estresse mecânico.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Tração A tração ("puxar") envolve colocar uma tensão sustentada sobre uma região do corpo para manter as partes de um osso fraturado no alinhamento correto. A tração também mantém o osso imobilizado enquanto ele se recupera. Sem tração do membro inferior, por exemplo, fortes espasmos dos músculos grandes da coxa iriam separar a fratura em um fêmur quebrado. A tração também é utilizada para imobilizar fraturas da coluna vertebral, já que qualquer movimento poderia comprimir a medula espinal.

✓ Verifique seu conhecimento

16. Como os exercícios podem afetar o osso? Por quê?
17. Como a remodelação óssea ajuda na reparação de um osso após uma fratura?
18. Quais tipos de fraturas ósseas são mais comuns em pessoas mais idosas (veja Tabela 6.2)?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

DISTÚRBIOS ÓSSEOS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ relatar os processos de doenças que causam a osteoporose, a osteomalácia, o raquitismo e o osteossarcoma dentro do que foi aprendido sobre estrutura, composição e crescimento do tecido ósseo;
- ▶ identificar os sintomas e tratamentos para cada uma dessas doenças.

Como mencionado na introdução deste capítulo, deficiências nutricionais e doenças refletem-se em nosso esqueleto. Estudar os restos de esqueletos das populações humanas pré-históricas pode revelar uma riqueza de informações sobre a sua nutrição e estilo de

vida. Para os seres humanos modernos, compreender o crescimento e desenvolvimento do osso é essencial para tratar doenças do sistema esquelético.

Osteoporose

A **osteoporose** é caracterizada por massa óssea diminuída e deterioração da arquitetura microscópica do esqueleto ósseo (**Figura 6.16**). Embora a composição química da matriz óssea permaneça normal, a reabsorção óssea supera a deposição em associação com números elevados de osteoclastos. Ossos osteoporóticos tornam-se porosos e leves. O osso compacto torna-se mais fino e menos denso que o normal, e o osso esponjoso tem menos trabéculas. A perda de massa óssea frequentemente leva a fraturas. Embora a osteoporose afete todo o esqueleto, a coluna vertebral é a mais vulnerável, e fraturas por compressão das vértebras são frequentes. O fêmur (osso da coxa), especialmente o seu colo, próximo à articulação do quadril, também é muito suscetível a fraturas. Uma quebra desse local, chamada de fratura de quadril, é um problema comum em pessoas com osteoporose.

A osteoporose ocorre mais frequentemente em idosos, particularmente em mulheres que entraram no período



(a) Osso normal



(b) Osso osteoporótico

Figura 6.16 Osteoporose. Eletromicrografias de varredura, coloridas artificialmente (aproximadamente 75×).

do pós-menopáusico (climatério). Embora os homens a desenvolvam em um grau menor, 30% das mulheres norte-americanas entre 60 e 70 anos têm osteoporose e 70% aos 80 anos. Além disso, 30% de todas as mulheres caucasianas (o grupo mais suscetível) terá uma fratura óssea em decorrência da osteoporose.¹ A deficiência de estrogênio implica fortemente osteoporose em mulheres mais idosas, visto que a secreção de estrogênio, que ajuda a manter a densidade óssea, diminui após a menopausa. Outros fatores que contribuem para a osteoporose incluem o exercício insuficiente para forçar os ossos, uma dieta pobre em cálcio e proteínas e níveis inadequados de vitamina D. Como as taxas de deposição óssea são elevadas durante a adolescência e início da vida adulta, uma dieta adequada e exercício físico durante esses anos é crucial para o desenvolvimento e manutenção de ossos saudáveis para toda a vida.

A osteoporose tem sido tradicionalmente tratada com cálcio e vitamina D suplementar (a vitamina D é necessária para a absorção de cálcio a partir do trato digestório), aumento de exercício e reposição de estrogênio. Por causa do aumento do risco de ataque cardíaco, acidente vascular cerebral e câncer de mama associado à terapia de reposição de estrogênio, esse é um tratamento controverso. Tratamentos mais recentes atuam no sentido de suprimir a atividade dos osteoclastos e diminuir a perda óssea. Eles incluem: (1) medicamentos à base de bifosfatos, tais como o alendronato de sódio (Fosamax), o risedronato de sódio (Actonel), o ibandronato de sódio (Boniva) e o ácido zoledrônico (Reclast), (2) hormônios, tais como a calcitonina, e (3) um novo tratamento, o denosumabe (Prolia), um anticorpo injetado que bloqueia um mensageiro químico necessário para a formação e função dos osteoclastos, inibindo a formação.

Moduladores seletivos dos receptores de estrogênio (SERMs, do inglês *selective estrogen receptor modulators*), tais como o raloxifeno (Evista) e o tamoxifeno, imitam os efeitos benéficos do estrogênio, mas agem somente sobre o osso, sem qualquer estímulo indesejado para os tecidos da mama e do útero.

O primeiro tratamento a ter ação sobre o outro lado da equação, a construção do osso, é a teriparatida (Forteo). Aprovada para uso nos Estados Unidos, a teriparatida é um hormônio paratireoide sintético que influencia as atividades tanto dos osteoblastos como dos osteoclastos. A administração intermitente de teriparatida aumenta a formação dos osteoblastos, estimula o aumento da captação de cálcio a partir do intestino e aumenta a densidade óssea.

Esses novos tratamentos não fornecem uma cura, mas aumentam a massa óssea para um grau moderado e diminuem significativamente o risco de fraturas.

Osteomalacia e raquitismo

O termo **osteomalacia** (“ossos moles”) aplica-se a uma série de doenças em adultos em que os ossos não são adequadamente mineralizados. Apesar da matriz osteoide ser produzida, a calcificação não ocorre e os ossos ficam macios e enfraquecem. O principal sintoma é a dor quando peso é colocado sobre o osso afetado.

O **raquitismo**, doença análoga nas crianças, é acompanhado por muitos dos mesmos sinais e sintomas. Como os ossos jovens estão crescendo rapidamente, o raquitismo é mais grave do que a osteomalacia. Juntamente com os ossos enfraquecidos e pernas arqueadas (Figura 6.17), a má-formação da cabeça da criança e a das costelas são comuns. E como as cartilagens epifisais não podem ser substituídas por osso calcificado, elas crescem anormalmente espessas, e as epífises dos ossos longos tornam-se anormalmente longas.

A osteomalacia e o raquitismo são causados pela inadequada quantidade de vitamina D ou de fosfato de cálcio na dieta. Essas doenças são curadas pela ingestão de leite fortificado e exposição da pele à luz solar.

Estima-se que nos anos 1800, mais de 90% das crianças das cidades industrializadas da América do Norte e



Figura 6.17 Raquitismo. (a) Fotografia de criança de 6 anos de idade, com pernas deformadas por causa do raquitismo. (b) Imagem de raios X das pernas de criança de 6 anos de idade, com raquitismo.

¹ Nota do editor: conforme relatório divulgado pela IOF (International Osteoporosis Foundation) de 2012, a incidência de fraturas de quadril no Brasil crescerá 32% até 2050. Atualmente, estima-se que ocorram 121 mil fraturas do tipo por ano no país e que a doença já atinge uma em cada três mulheres com mais de 50 anos.

Europa sofria de raquitismo. A mudança de uma sociedade agrícola para uma sociedade industrial resultou em grandes populações vivendo em cidades cheias de fumaça e crianças trabalhando longas horas em fábricas com pouca exposição à luz solar. A vitamina D foi adicionada ao leite, nos Estados Unidos, em 1930, em resposta a essa epidemia desencadeada pela Revolução Industrial. As leis sobre o trabalho infantil só foram criadas em 1937.

O raquitismo está aumentando com predomínio em crianças com idades entre 6 e 24 meses. Vários fatores contribuíram para esse aumento: aleitamento materno sem suplementação de vitamina D, mais tempo dentro de casa e aumento do uso de protetor solar. O equilíbrio da necessidade de proteção solar e produção de vitamina D é necessário para manter a saúde do osso e evitar danos para a pele. Um curto período (10-15 minutos) de exposição ao sol três vezes por semana é suficiente para a síntese de vitamina D.

Osteossarcoma

Como *osteo* significa “osso” e *sarcoma* é qualquer tipo de câncer proveniente de uma célula de tecido conjuntivo ou de células do músculo, então **osteossarcoma** é uma forma de câncer nos ossos.

O osteossarcoma afeta principalmente os jovens entre 10 e 25 anos de idade e geralmente tem origem em um osso longo do membro superior ou inferior, com 50% dos casos originando-se próximo ao joelho. As células cancerígenas derivam de células osteoblásticas de origem mesenquimal em partes da diáfise mais próximas às epífises. Secretando osteoide e crescendo rapidamente, o tumor altera o osso afetado pela erosão da cavidade medular internamente e do osso compacto externamente. O tumor produz metástases e a maioria das mortes resulta de tumores secundários nos pulmões. Os osteossarcomas em sua maioria são reconhecidos pela dor e o inchaço visível que eles produzem no osso afetado, e o diagnóstico é confirmado por estudos de raios X ou outras técnicas de imagem médica. O tratamento começa pela remoção da região cancerosa do osso e substituição por enxertos ósseos ou próteses (embora a amputação do membro seja necessária em casos graves). Isso é seguido por quimioterapia e cirurgia para remoção de quaisquer metástases no pulmão. A taxa de sobrevivência é de 60% a 70%, se a doença for detectada logo.

✓ Verifique seu conhecimento

- 19. Quais doenças resultam da inadequada mineralização dos ossos?
- 20. Se você quiser retardar a perda óssea, atividades de quais células do tecido ósseo deveriam ser focadas?
- 21. Em que idade você pode melhor prevenir o desenvolvimento da osteoporose?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

O ESQUELETO AO LONGO DA VIDA

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever como a arquitetura óssea e massa óssea mudam do período embrionário para a idade senil.

Como observado anteriormente, a cartilagem cresce rapidamente durante a juventude e então para de crescer durante o início da idade adulta. Em adultos idosos, a cartilagem contém menos condrocitos e apresenta alguma degradação e calcificação da sua matriz, que resulta em adelgaçamento da cartilagem articular.

Os ossos podem ser considerados uma espécie de calendário do tempo, da época que foram formados até a sua morte. A camada germinativa mesodérmica e a crista neural (no crânio) dão origem a células mesenquimais embrionárias, que por sua vez produzem as membranas e cartilagens, que formam a maior parte do esqueleto embrionário. Essas estruturas ossificam-se em seguida, de acordo com uma programação prévia. Embora cada osso do esqueleto tenha sua própria programação de desenvolvimento, a maioria dos ossos longos começa a se ossificar na 8ª semana e tem centros primários de ossificação na 12ª semana (**Figura 6.18**). Tão preciso é o calendário de ossificação que a idade de um feto no útero pode ser determinada a partir das imagens de raios X ou de uma ultrassonografia do esqueleto fetal.

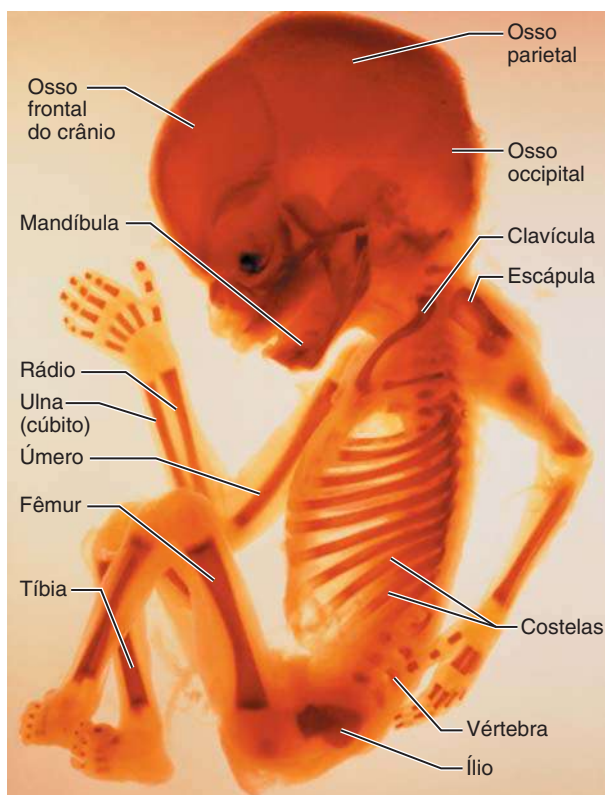


Figura 6.18 Centros primários de ossificação no esqueleto de um feto com 12 semanas.

No nascimento, todos os ossos são relativamente macios e inexpressivos. À medida que a criança utiliza seus músculos, os ossos desenvolvem projeções e outras marcas (ver Tabela 6.1). Os ossos infantis não são particularmente fracos, mas a cartilagem de suas cartilagens epifisais não é tão forte como o osso. Assim, as lesões da infância muitas vezes dividem as epífises para fora da diáfise. Ao tratar tais lesões, as partes ósseas são manipuladas de volta ao seu lugar, então estabilizadas com pinos de metal. Conforme mencionado anteriormente, o esqueleto continua a crescer até os 18 a 21 anos. Em crianças e adolescentes, a taxa de formação óssea excede a taxa de reabsorção do osso. Em adultos jovens, os dois processos entram em equilíbrio. Na idade madura, começando aproximadamente aos 40 anos de idade, a massa óssea tanto do osso compacto como do esponjoso começa a declinar. Entre os jovens adultos, a

massa do esqueleto é geralmente maior em homens do que nas mulheres. A perda óssea relacionada à idade é maior em mulheres do que em homens. Como a massa óssea diminui com a idade, outras alterações ocorrem. Um número crescente de osteons permanece incompletamente formados e a mineralização é menos completa. A quantidade de osso compacto sem vida aumenta, refletindo em uma redução do suprimento de sangue para os ossos na idade senil.

✓ Verifique seu conhecimento

- 22. Em que idade os ossos começam a se ossificar? Em que idade a massa óssea começa a declinar?
- 23. Por que a perda de ossos relativa à idade é maior nas mulheres do que nos homens?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Esporão ósseo Projeção anormal em um osso por causa do crescimento excessivo do osso — é comum em indivíduos idosos com osteoartrite.

Fratura patológica Fratura que ocorre em um osso doente envolvendo trauma físico leve ou nenhum trauma. Um exemplo é um quadril fraturado em virtude de uma osteoporose: o quadril fratura primeiro, causando a queda da pessoa.

Ostealgia Dor no osso.

Osteogenese imperfeita (doença dos ossos frágeis) Doença congênita causada por um defeito no gene do colágeno (colágeno tipo I). Como resultado, o tecido ósseo torna-se frágil e suscetível à fratura. Nas formas leves da doença, é comum ocorrerem alta suscetibi-

lidade à fratura óssea e hiper mobilidade das articulações. Formas mais graves podem resultar em deformidades ósseas e tempo reduzido de vida. Tratamento com drogas à base de bisfosfonatos aumenta a resistência óssea, reduz fraturas e diminui a dor.

Osteomielite Inflamação da medula óssea. Infecção bacteriana do osso e medula óssea. O patógeno entra nos ossos pela corrente sanguínea, através de infecções dos tecidos ao redor ou após uma fratura óssea composta.

Transplante ósseo Enxerto de um pedaço de osso de uma parte do esqueleto de uma pessoa para outra parte onde o osso foi danificado ou perdido. O enxerto, geralmente retirado da crista íliaca do osso íliaco, estimula o desenvolvimento do osso perdido.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

CARTILAGENS (p. 130-133)

Localização e estrutura básica (p. 130-131)

- As cartilagens importantes do organismo adulto são as cartilagens da orelha externa e do nariz, as cartilagens articulares, as cartilagens costais, a cartilagem epiglótica, as cartilagens dos tubos respiratórios, as cartilagens dos discos intervertebrais e discos cartilagíneos em certas articulações móveis. A cartilagem compõe a maior parte do esqueleto embrionário.
- Pericôndrio é uma membrana de tecido conjuntivo denso que circunda um pedaço de cartilagem.
- A cartilagem é resiliente: a água expulsa de sua matriz por compressão retorna rapidamente assim que a compressão cessa, fazendo que a cartilagem volte ao tamanho anterior.

- A cartilagem de crescimento aumenta rapidamente porque a pequena quantidade de matriz que ela produz atrai um grande volume de água. A cartilagem é avascular e é fraca para resistir a tensões de cisalhamento.

Tipos de cartilagem (p. 131-133)

- Três tipos de cartilagem ocorrem no corpo: hialina, elástica e fibrocartilagem (Figura 6.1).
- A cartilagem hialina é o tipo mais comum. A sua matriz contém finas fibrilas de colágeno. A cartilagem elástica é semelhante à cartilagem hialina, mas a sua matriz também contém fibras elásticas que a tornam flexível. A fibrocartilagem contém fibras de colágeno espessas e pode resistir tanto à compressão como à tensão extrema.

Crescimento da cartilagem (p. 133)

- As cartilagens crescem a partir de dentro (crescimento intersticial) e externamente, à medida que os condroblastos no pericôndrio adicionam tecido cartilagíneo na periferia (crescimento aposicional). Em adultos, a cartilagem danificada pouco se regenera. No esqueleto em crescimento e maduro, a cartilagem se calcifica.

OSSOS (p. 133-150)

- Os ossos do esqueleto são considerados órgãos porque contêm diferentes tipos de tecidos.

Função dos ossos (p. 133-134)

- Os ossos suportam o peso do corpo, agem como alavancas para os músculos, protegem os órgãos moles, armazenam cálcio e contêm a medula óssea que forma as células sanguíneas. As células ósseas também atuam no metabolismo energético, influenciando na regulação do açúcar no sangue.

Tecido ósseo (p. 134-135)

- O osso consiste de células e uma matriz extracelular. A matriz contém substâncias orgânicas secretadas pelos osteoblastos, incluindo o colágeno, que proporciona ao osso resistência à tração. A parte orgânica da matriz óssea é chamada de osteoide. Sais de fosfato de cálcio (hidroxapatita) cristalizam-se nessa matriz, tornando o osso duro e capaz de resistir à compressão.
- As células do tecido ósseo são células-tronco osteogênicas; osteoblastos, que secretam osteoide; osteócitos, que mantêm a matriz óssea; e osteoclastos, que degradam tecido ósseo.

Anatomia dos ossos (p. 135-140)

- Os ossos são classificados de acordo com seu formato como longos, curtos, planos ou irregulares.
- Os ossos possuem uma camada externa de substância óssea compacta e são preenchidos internamente com substância esponjosa, no qual trabéculas estão dispostas em redes.
- Um osso longo é composto de uma diáfise ou haste e de epífises ou extremidades. Vasos nutritivos nutrem a diáfise e vasos epifisários nutrem cada epífise. A medula óssea forma-se dentro do osso esponjoso em uma cavidade medular (medula) central. Um perióstio cobre a superfície externa dos ossos, e um endóstio cobre as superfícies ósseas internas.
- Os ossos planos são constituídos de duas placas de osso compacto separadas por uma camada de osso esponjoso.
- A densidade do material ósseo e a magnitude do estresse de flexão diminuem a partir da superfície até as regiões mais profundas dos ossos. Assim, as forças maiores ocorrem na periferia, onde elas são resistidas pelo osso compacto. Os espaços dentro dos ossos aliviam o peso do esqueleto e contêm medula óssea.
- As trabéculas de osso esponjoso parecem estar dispostas ao longo das linhas dominantes de estresse experimentado pelo osso.
- Acidentes ósseos são estruturas que representam locais de fixação muscular, articulação e passagem de vasos sanguíneos e nervos (ver Tabela 6.1, p. 139).

Estrutura microscópica dos ossos (p. 140-142)

- Uma unidade estrutural importante no osso compacto é o osteon, basicamente uma coluna consistindo de um canal central rodeado por lamelas concêntricas. Os canais centrais de osteons adjacentes estão conectados por canais perfurantes. Os osteócitos, fixos às lacunas, estão conectados uns aos outros e ao canal central por canalículos.
- As lamelas ósseas são tubos concêntricos de matriz óssea. As fibras de colágeno nas lamelas adjacentes correm em direções aproximadamente opostas. Esse arranjo dá ao tecido ósseo muita força para resistir à torção.

- O osso esponjoso é constituído de trabéculas contendo várias camadas de lamelas e osteócitos, mas nenhum osteon.

Desenvolvimento e crescimento ósseo (p. 142-145)

- Os ossos planos do crânio e a clavícula formam-se por ossificação intramembranosa do mesênquima embrionário. Uma rede de tecido ósseo entrelaçado em torno de capilares aparece e depois é remodelada em um osso plano.
- A maioria dos ossos desenvolve-se por ossificação endocondral do modelo de uma cartilagem hialina, a partir do fim do período embrionário (8ª semana). Os estágios de desenvolvimento de um osso longo são: (1) formação de um colar ósseo em torno da diáfise; (2) calcificação e cavitação no centro da diáfise; (3) crescimento de um broto do perióstio no centro da diáfise e a formação das primeiras trabéculas ósseas; (4) aparecimento da cavidade medular e crescimento rápido e contínuo ao longo do período fetal; próximo do nascimento, formação dos centros secundários de ossificação nas epífises; e (5) ossificação das epífises e crescimento contínuo em comprimento das cartilagens epifisais no decorrer da adolescência.
- A cartilagem de crescimento das epífises fetais e as cartilagens epifisais pós-natal estão organizadas em várias zonas, que permitem crescimento rápido (tais zonas são explicadas na Figura 6.12).
- Os ossos de origem endocondral alongam-se durante a juventude através do crescimento das cartilagens epifisais, que se fecham no início da idade adulta.
- Os ossos crescem em largura através de crescimento aposicional.

Remodelação óssea (p. 146-148)

- Novo tecido ósseo é continuamente depositado e reabsorvido em resposta a estímulos mecânicos e hormonais. Juntos, esses processos são chamados de remodelação óssea. A remodelação óssea em adultos ocorre no endóstio.
- Os osteoclastos degradam tecido ósseo pela secreção de enzimas e ácido nas superfícies ósseas. Esse processo libera Ca^{2+} e PO_4^{3-} para o sangue. O hormônio da paratireoide estimula essa reabsorção de osso.
- O osteoide é secretado por osteoblastos em áreas de depósito ósseo. Sais de cálcio então são depositados no osteoide.
- Forças de compressão e a gravidade que agem sobre o esqueleto ajudam a manter a resistência dos ossos, já que estes se espessam nos pontos em que sofrem estresse.

Recuperação de fraturas ósseas (p. 148-150)

- As fraturas são tratadas por redução aberta ou fechada. A recuperação envolve a formação de um hematoma, um calo fibrocartilágneo e um calo ósseo, e, em seguida, uma remodelação do calo para o osso padrão original.

DISTÚRBIOS ÓSSEOS (p. 150-152)

- A osteoporose é uma condição na qual a degradação óssea supera a formação óssea, fazendo que os ossos enfraqueçam. Mulheres na pós-menopausa são mais suscetíveis.
- A osteomalacia e o raquitismo ocorrem quando os ossos são inadequadamente mineralizados, tornando-se macios e deformados. A causa mais comum é a ingestão ou produção insuficientes de vitamina D.

34. O osteossarcoma é a forma mais comum de câncer ósseo.

O ESQUELETO AO LONGO DA VIDA (p. 152-153)

35. A formação de osso no feto ocorre de forma previsível e precisamente cronometrada.

36. A massa do esqueleto aumenta drasticamente durante a puberdade e adolescência, quando a formação óssea excede a reabsorção.

37. A massa óssea é constante na idade adulta jovem, mas aproximadamente no início dos 40 anos de idade a reabsorção óssea excede a formação.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Qual é uma função do sistema esquelético? (a) apoio, (b) formação das células sanguíneas, (c) armazenagem de minerais, (d) prover alavancas para as atividades do músculo, (e) todas as alternativas.
- As cartilagens articulares estão localizadas (a) nas extremidades dos ossos, (b) entre as costelas e o esterno (osso peitoral), (c) entre a epífise e diáfise, (d) no nariz.
- O pericôndrio da cartilagem é semelhante _____ do osso.
 - às cartilagens articulares
 - à camada de osso esponjoso
 - aos ósteons
 - à medula óssea
 - ao perióstio

4. Utilize a legenda para indicar o tipo de cartilagem que forma cada uma das estruturas abaixo.

Legenda: (a) cartilagem hialina (b) cartilagem elástica (c) fibrocartilagem

- ____(1) cartilagem articular que cobre as superfícies de articulações móveis
 ____ (2) a cartilagem epiglótica
 ____ (3) a cartilagem tireóidea
 ____ (4) o menisco no joelho
 ____ (5) o esqueleto embrionário

5. Indique se cada uma das seguintes afirmações é verdadeira (V) ou falsa (F).

- ____ (1) A cartilagem é mais resistente do que o osso.
 ____ (2) A cartilagem é especialmente forte para resistir às forças de cisalhamento (flexão e torção).
 ____ (3) A cartilagem pode crescer mais rapidamente do que o osso no esqueleto em crescimento.
 ____ (4) No esqueleto adulto, a cartilagem recupera-se e regenera-se mais rapidamente do que o osso quando danificado.
 ____ (5) Nenhum osso ou cartilagem contém capilares.
 ____ (6) O tecido ósseo contém pouca água em comparação com outros tecidos conjuntivos, enquanto o tecido cartilágneo contém uma grande quantidade de água.
 ____ (7) Os nutrientes difundem-se rapidamente pela matriz da cartilagem, mas muito pouco pela matriz óssea sólida.

6. Um osso que tem essencialmente a mesma largura, comprimento e altura é mais provavelmente (a) um osso longo, (b) um osso curto, (c) um osso plano, (d) um osso irregular.

7. A haste central de um osso longo é corretamente chamada de (a) epífise, (b) perióstio, (c) diáfise, (d) osso compacto.

8. Associe a função dos acidentes ósseos descritos na coluna B com as marcações listadas na coluna A.

Coluna A

- trocânter
- côndilo
- forame
- processo
- faceta
- tuberosidade

Coluna B

- local de fixação para o músculo ou ligamento
- forma uma superfície articular
- passagem para vasos ou nervos

9. O ósteon mostra-se como (a) um canal central que contém os vasos sanguíneos, (b) lamelas concêntricas da matriz, (c) osteócitos em lacunas, (d) todas as alternativas.

10. Os ossos planos do crânio desenvolvem-se a partir de (a) tecido areolar, (b) cartilagem hialina, (c) membranas mesenquimais, (d) osso compacto.

11. Os eventos a seguir aplicam-se ao processo de ossificação endocondral como ocorre no centro primário de ossificação. Coloque esses eventos na ordem correta, atribuindo a cada evento um número de 1-6.

- ____ (a) A cartilagem na diáfise calcifica e os condrócitos morrem e desintegram-se, deixando cavidades.
 ____ (b) Um colar ósseo forma-se em torno do modelo de cartilagem hialina apenas até a profundidade do perióstio.
 ____ (c) O broto do perióstio invade o centro da diáfise.
 ____ (d) O pericôndrio da diáfise torna-se mais vascularizado e transforma-se em perióstio.
 ____ (e) Os osteoblastos primeiro depositam tecido ósseo ao redor das espículas de cartilagem dentro da diáfise.
 ____ (f) Os osteoclastos removem o osso do centro da diáfise deixando uma cavidade medular que, em seguida, aloja a medula óssea.

12. A remodelação do tecido ósseo é função de quais células? (a) condrócitos e osteócitos, (b) osteoblastos e osteoclastos, (c) condroblastos e osteoclastos, (d) osteoblastos e osteócitos.

13. As células osteogênicas estão localizadas (a) nas lacunas, (b) na camada fibrosa do perióstio, (c) no endóstio, (d) no pericôndrio, (e) na zona de crescimento da epífise.

14. Uma fratura na qual o osso penetra no tecido mole e na pele é (a) em galho verde, (b) composta, (c) simples, (d) cominutiva, (e) por compressão.

15. A doença em que os ossos são porosos e delgados, mas a química da matriz óssea permanece normal é (a) osteo-

malácia, (b) osteoporose, (c) osteomielite, (d) doença de Paget.

16. Onde, dentro de uma cartilagem epifisial, está localizada a cartilagem calcificada? (a) mais próxima da diáfise, (b) dentro da cavidade medular, (c) mais afastada da diáfise, (d) no centro primário de ossificação, (e) todas as alternativas.
17. O endóstio está localizado em todos estes locais, com exceção de: (a) em torno do fêmur, (b) nas trabéculas do osso esponjoso, (c) sobre o revestimento do canal central de um ósteon, (d) frequentemente em contato direto com a medula óssea.
18. Associe as células indicadas na coluna B com as descrições na coluna A. Mais de uma resposta pode estar correta.

Coluna A	Coluna B
(1) situada dentro de lacunas	(a) osteoblastos
(2) secretam a matriz	(b) osteócitos
(3) mantêm a matriz óssea	(c) osteoclastos
(4) degradam o tecido ósseo	(d) condrócitos
(5) localizados no endóstio	

Dissertativas

19. Explique (a) por que as cartilagens são resilientes e (b) por que a cartilagem pode crescer tão rapidamente no esqueleto em desenvolvimento.
20. Alguns estudantes de anatomia estão brincando no intervalo das aulas, imaginando com o que um osso se pareceria se ele tivesse osso esponjoso do lado de fora e osso compacto no interior, em vez do contrário. Você diz aos alunos que tal osso imaginário seria de desenho mecânico pobre e iria quebrar muito facilmente quando flexionado. Explique por que isso é assim.
21. Quando e por que as cartilagens epifisiais se fecham?
22. Durante qual período de vida a massa óssea do esqueleto aumenta de forma drástica? E quando começa a diminuir? Por que as fraturas são mais comuns em adultos idosos?
23. Em um pedaço de cartilagem no esqueleto jovem, crescimentos intersticial e aposicional ocorrem em conjunto. Compare e diferencie crescimento intersticial e aposicional.
24. Fotocopie uma foto de um esqueleto e, em seguida, use um lápis vermelho para colorir seus ossos de origem intramembranosa e um lápis azul para colorir seus ossos de origem endocondral.
25. Diferencie: osteoclastos, osteócitos, osteoblastos e ósteon.
26. Liste três características estruturais da cartilagem e do tecido ósseo que são semelhantes. Liste três características estruturais que são diferentes.

Análise crítica e aplicação clínica

1. Explique por que as pessoas confinadas à cadeira de rodas por causa de paralisia dos membros inferiores têm ossos delgados e fracos em suas coxas e pernas.
2. Enquanto caminhava para casa depois da aula, José, de 52 anos, sofreu uma queda. Ele quebrou um osso e danificou a cartilagem do joelho. Supondo que nenhum tecido especial foi enxertado, o que provavelmente vai se recuperar mais rápido, o osso ou a cartilagem? Por quê?
3. Carlos foi para o campeonato de levantamento de peso no verão de uma turma entre sétima e oitava série. Ele notou que o treinador colocou uma enorme pressão nos participantes para melhorar sua força. Após um exercício especialmente vigoroso, Carlos sentiu seu braço extremamente dolorido e fraco ao redor do cotovelo. Ele foi até o médico do campeonato, que fez uma radiografia e, em seguida, lhe disse que a lesão era grave porque “a extremidade, ou a epífise, do osso da parte superior do seu braço estava começando a girar para fora”. O que tinha acontecido? Poderia a mesma coisa acontecer com a irmã de Carlos de 23 anos, Selena, que também estava começando um programa de levantamento de peso? Por quê?
4. Marcelo fez a seguinte pergunta: “Se as cartilagens epifisiais estão crescendo tão rápido, por que elas permanecem delgadas? Coisas que crescem supostamente devem ficar maiores ou mais espessas, mas essas placas permanecem com a mesma espessura.” Como você responderia a essa pergunta?
5. Velhas histórias nórdicas contam sobre um famoso viking de nome Egil, uma pessoa real, que viveu por volta do ano 900 d.C. Seu crânio era muito grande e deformado, e os ossos do crânio eram endurecidos e espessos (6 cm, ou vários centímetros, de espessura). Depois que ele morreu, seu crânio foi desenterrado e ele resistiu ao golpe de um machado sem danos. Em vida ele teve dores de cabeça em função da pressão exercida por grandes vértebras na sua coluna vertebral. Tanto sangue foi desviado para seus ossos para suportar sua extensa remodelação que seus dedos das mãos e pés estavam sempre frios, e seu coração foi danificado por esforço excessivo. Qual foi a provável doença óssea que Egil teve?
6. Berenice, uma mulher de 75 anos, tropeçou levemente enquanto caminhava e, em seguida, sentiu uma dor terrível em seu quadril esquerdo. No hospital, imagens de raios X revelaram que o quadril estava fraturado. Além disso, o osso esponjoso ao longo de sua coluna vertebral era muito delgado. Que condição Berenice provavelmente tem?
7. Por que gestações repetidas levam uma mulher a desenvolver osteomalácia?
8. Os tratamentos tradicionais para a osteoporose focam as deficiências de cálcio na dieta e a importância de exercícios com halteres. Descreva como os exercícios com halteres melhoram a massa óssea.

Ossos, parte 1: o esqueleto axial

7

Crânio 158

- Aspectos gerais da anatomia do crânio 159
- Ossos do crânio 160
- Ossos da face 169
- Partes especiais do crânio 173

Coluna vertebral 177

- Regiões e curvaturas normais 177
- Ligamentos da coluna 178
- Discos intervertebrais 178
- Estrutura geral das vértebras 179
- Características das vértebras 180

Caixa torácica 186

- Esterno 186
- Costelas 186

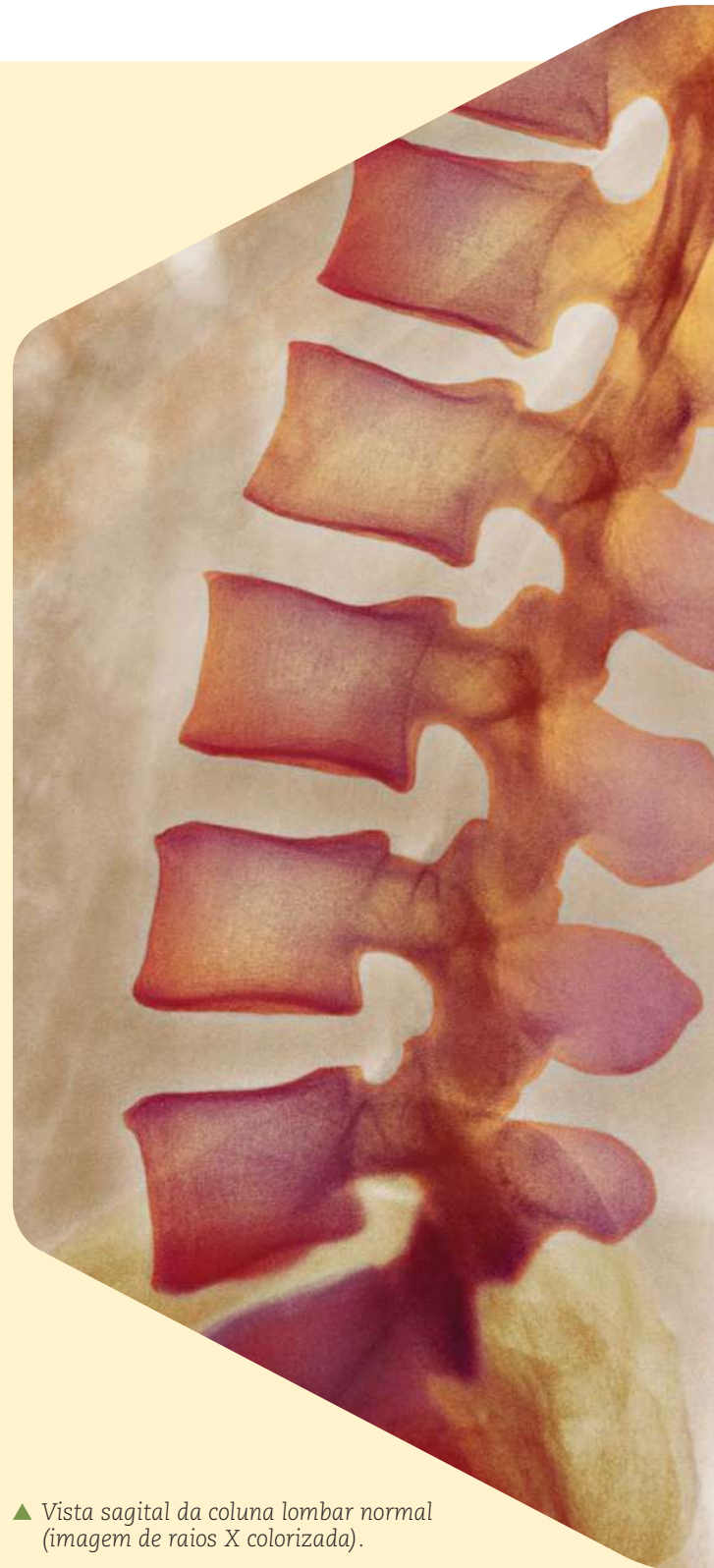
Distúrbios do esqueleto axial 187

- Fenda palatina 187
- Estenose da coluna lombar 188
- Curvaturas anormais da coluna vertebral 188

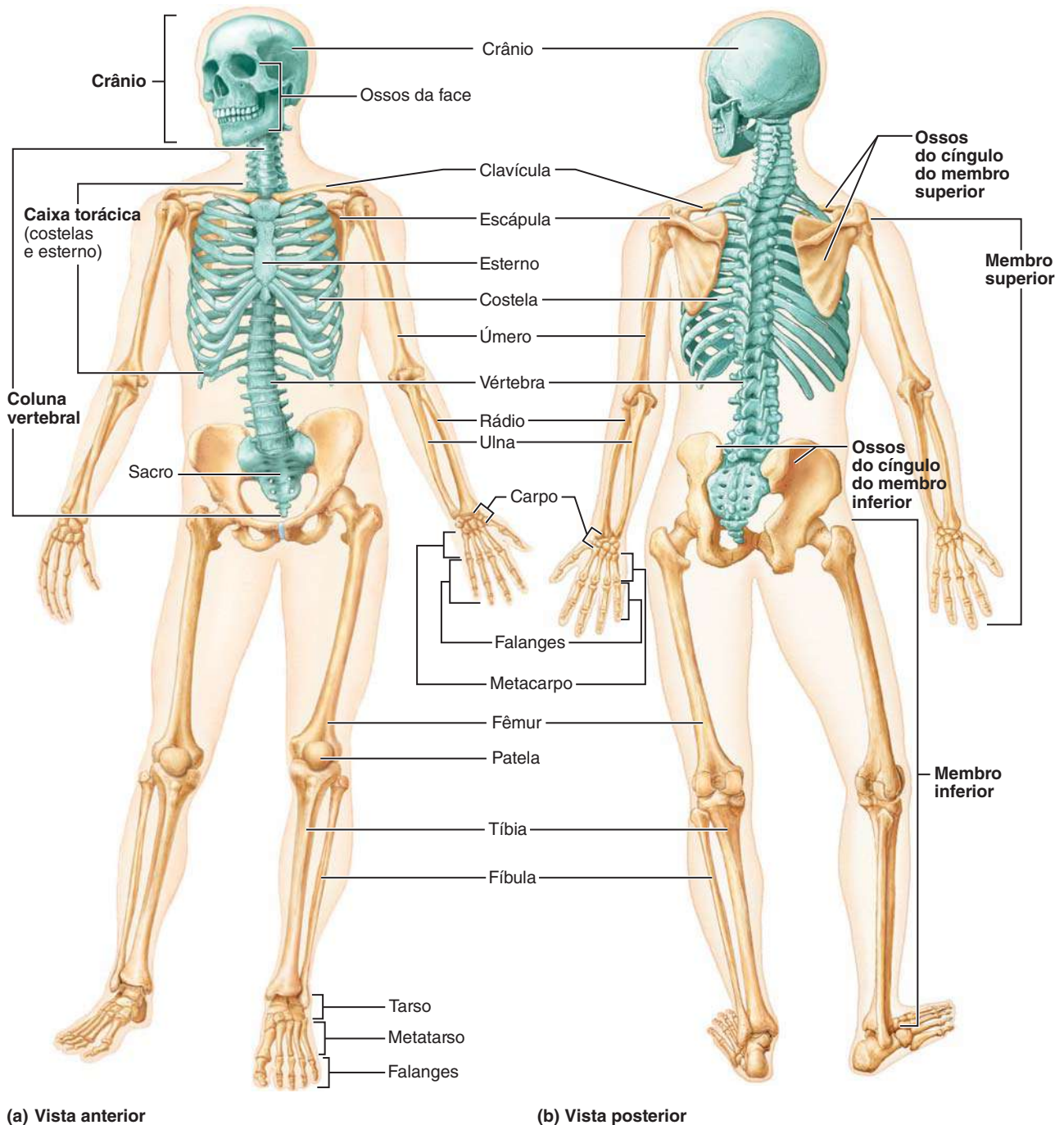
O esqueleto axial ao longo da vida 188

A palavra *esqueleto* é de origem grega e significa “corpo seco” ou “múmia”, uma definição bastante depreciativa. No entanto, essa estrutura interna é um triunfo de projeto de engenharia maior do que qualquer arranha-céu. O esqueleto é forte, porém leve, e maravilhosamente adaptado para as funções de manipulação, proteção, locomoção e suporte de peso que ele desempenha.

O esqueleto é composto por **ossos**, **cartilagens**, **articulações** e **ligamentos**. Articulações, também chamadas **junturas**, são as uniões entre os elementos do esqueleto. Os ligamentos conectam os ossos e reforçam a maioria das articulações (os ossos serão descritos neste capítulo e no seguinte; as articulações e seus ligamentos serão discutidos detalhadamente no Capítulo 9).



▲ Vista sagital da coluna lombar normal (imagem de raios X colorizada).



(a) Vista anterior

(b) Vista posterior

Figura 7.1 Esqueleto humano. Os ossos do esqueleto axial estão na cor verde. Os ossos do esqueleto apendicular estão na cor bronze.

Os 206 ossos identificados do esqueleto humano estão agrupados nos esqueletos axial e apendicular (**Figura 7.1**). O **esqueleto apendicular** (assunto do Capítulo 8) consiste dos ossos dos membros inferiores e superiores, incluindo os cingulos (cinturas) superior e inferior, que unem os membros ao esqueleto axial.

O **esqueleto axial**, o foco deste capítulo, possui 80 ossos dispostos em três regiões principais: o *crânio*, a *coluna vertebral* e a *caixa torácica* (ver Figura 7.1).

Essa divisão axial do esqueleto sustenta a cabeça, o pescoço, o tronco e protege o encéfalo, a medula espinal e os órgãos do tórax.

CRÂNIO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ comparar as funções dos ossos do crânio e da face;
- ▶ nomear e descrever os ossos do crânio e identificar suas características mais importantes.

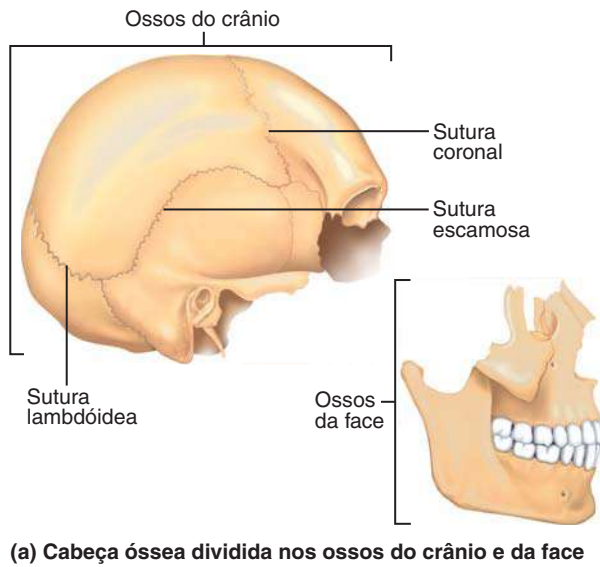
O **crânio**, formado por ossos do crânio e da face, é a estrutura óssea mais complexa do corpo e seus *ossos* (Figura 7.2a) envolvem e protegem o encéfalo, além de fornecerem locais de fixação para alguns músculos do pescoço e da cabeça. Os *ossos da face* (1) formam

a estrutura da face; (2) delimitam cavidades para os órgãos dos sentidos da visão, paladar e olfato; (3) fornecem aberturas para a passagem de ar e alimentos; (4) contêm os dentes e (5) ancoram os músculos da face.

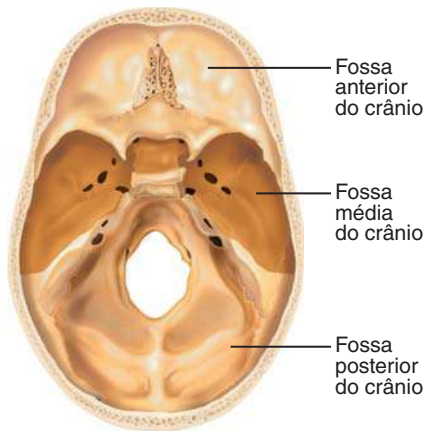
A maioria dos ossos do crânio são ossos planos e estão firmemente unidos por articulações imóveis que os interconectam, denominadas suturas. As linhas das suturas são irregulares, com uma aparência de dentes de serra. As suturas maiores — a *sutura coronal*, *sagital*, *escamosa* e *lambdóide* — conectam os ossos do crânio. A maioria das outras suturas cranianas unem os ossos da face e são nomeadas de acordo com os ossos específicos que conectam.

Aspectos gerais da anatomia do crânio

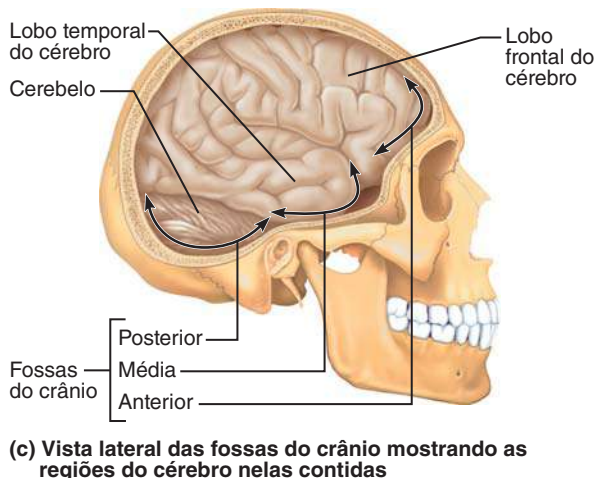
Vale a pena examinar a anatomia básica do crânio antes de descrever os ossos individualmente. Com a mandíbula removida, o crânio assemelha-se a uma esfera óssea, oca, sinuosa. Os ossos da face formam seu aspecto anterior e os do crânio, o restante. O crânio pode ser dividido em uma calota e uma base. A *calvária* (“a parte calva do crânio”) assemelha-se a um solidéu e forma as superfícies superior, lateral e posterior do crânio, bem como a região da frente. A *base do crânio* é a parte inferior. Internamente, cristas ósseas proeminentes dividem a base do crânio em três “degraus” distintos ou fossas: anterior, média e posterior (Figura 7.2b). O encéfalo “acomoda-se” confortavelmente nessas fossas e é completamente coberto pela calvária (Figura 7.2c). Em geral, diz-se que o encéfalo ocupa a *cavidade craniana*.



(a) Cabeça óssea dividida nos ossos do crânio e da face



(b) Vista superior das fossas do crânio



(c) Vista lateral das fossas do crânio mostrando as regiões do cérebro nelas contidas

Figura 7.2 Ossos do crânio e da face e fossas do crânio

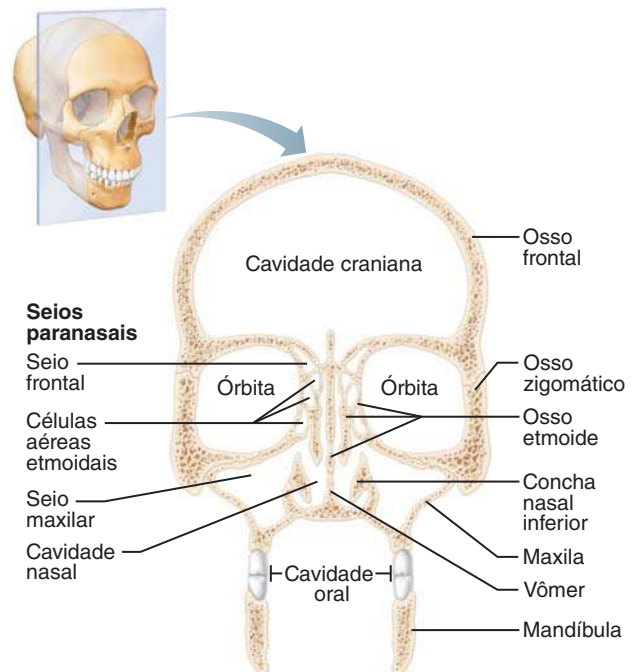


Figura 7.3 Cavidades maiores do crânio, secção frontal.

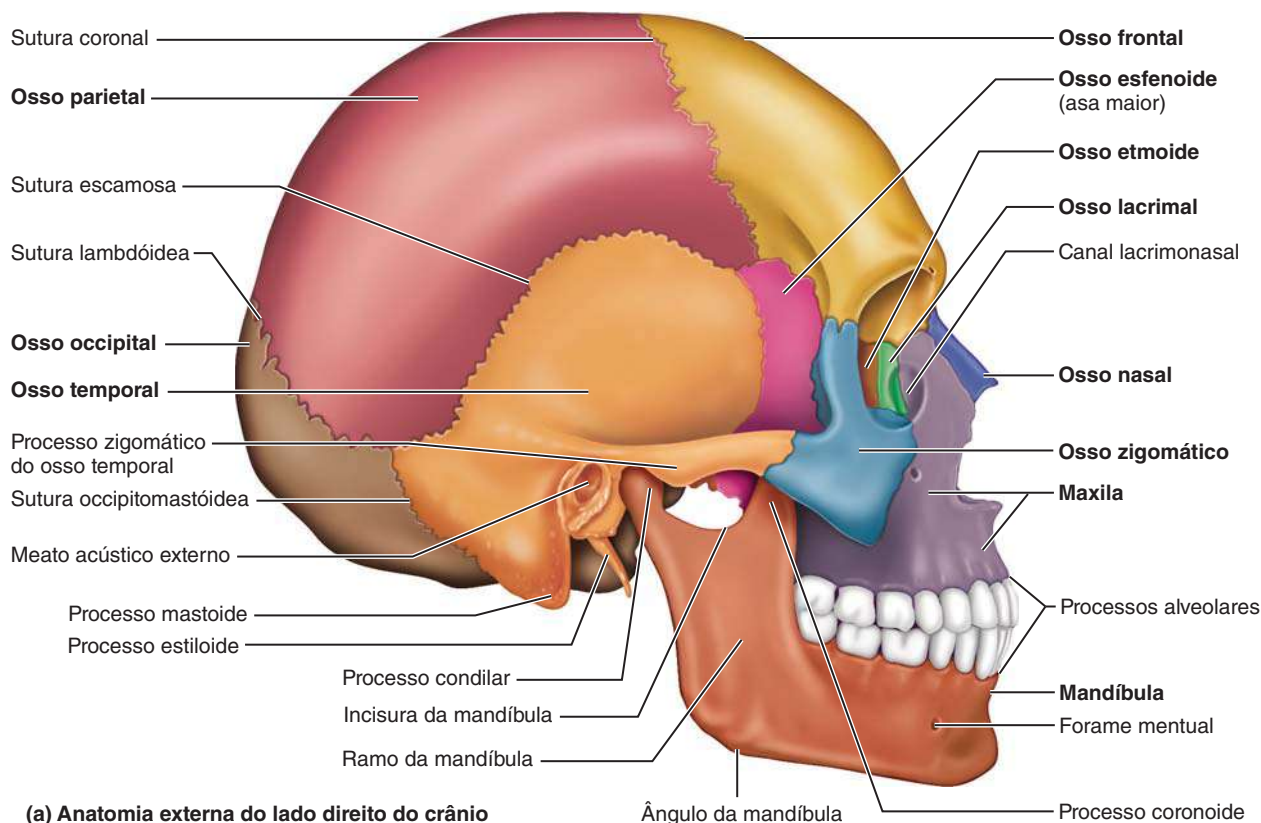


Figura 7.4 Vista lateral do crânio.

Além dessa grande cavidade, o crânio contém outras cavidades menores, incluindo as *cavidades das orelhas média e interna* (esculpidas nas partes laterais da base do crânio), a *cavidade nasal* e as *órbitas* (Figura 7.3). A cavidade nasal situa-se internamente ao nariz, e as órbitas abrigam os bulbos dos olhos. As cavidades cheias de ar localizadas em vários ossos em torno da cavidade nasal são os *seios paranasais*.

O crânio também tem aproximadamente 85 aberturas conhecidas (forames, canais e fissuras). As mais importantes delas proporcionam passagens para a medula espinal, para o conjunto de vasos sanguíneos que suprem o encéfalo e para os 12 pares de *nervos cranianos*, que conduzem impulsos do e para o encéfalo. Os nervos cranianos (que são discutidos no Capítulo 14) são classificados por números, utilizando os numerais romanos de I a XII (os ossos do crânio e suas características são ilustrados nas Figuras 7.3-7.16 e resumidos na Tabela 7.1, p. 171-172. A caixa colorida ao lado do nome de cada osso corresponde à cor daquele osso nas figuras).

Ossos do crânio

Os ossos do crânio são pares, o parietal e temporal, e os ímpares são frontal, occipital, esfenóide e etmoide. Juntos, esses oito ossos formam a concha protetora do encéfalo. Como sua superfície superior é curva, o

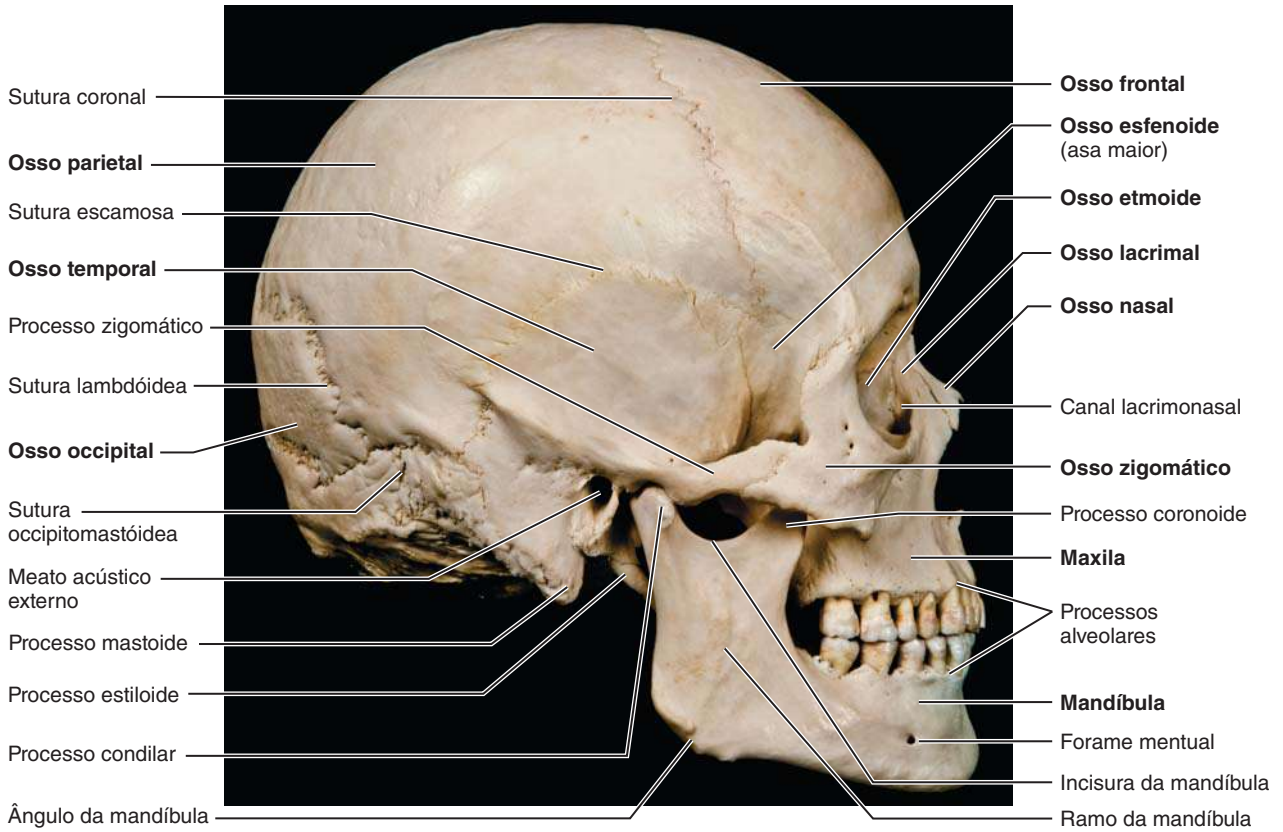
crânio é autoprotetor, o que permite que os ossos sejam relativamente finos e, assim como uma casca de ovo, o crânio também é notavelmente forte para o seu peso.

■ Ossos parietais e principais suturas

(Figuras 7.4 e 7.5)

Os dois grandes **ossos parietais**, em forma de retângulos curvos, formam a maior parte da calvária (calota craniana), constituem a maior parte da região superior do crânio, bem como suas paredes laterais (*parietal* = parede) (Figura 7.4). Os locais onde os ossos parietais se articulam com outros ossos do crânio constituem as quatro maiores suturas:

1. A **sutura coronal**, ao longo do plano coronal (frontal), está localizada anteriormente onde os ossos parietais encontram o osso frontal.
2. Uma **sutura escamosa** ocorre onde cada osso parietal encontra um osso temporal na parte lateral inferior do crânio.
3. A **sutura sagital** ocorre onde os ossos parietais direito e esquerdo encontram-se na linha mediana do crânio na parte superior (Figura 7.5).
4. A **sutura lambdóideia** ocorre onde os ossos parietais encontram, na parte posterior, o osso occipital (Figuras 7.4 e 7.5). Essa sutura é assim chamada porque lembra a letra grega lambda (λ).



(b) Fotografia do lado direito do crânio

Figura 7.4 Vista lateral do crânio, continuação.

Essas suturas variam um pouco na aparência em diferentes crânios. À medida que uma pessoa envelhece, as linhas de sutura se fecham (ossificam), tornando-as menos perceptíveis.

Ossos suturais

Ossos suturais são ossos encontrados dentro das suturas, especialmente na sutura lambdóideia (Figura 7.5). Eles desenvolvem-se entre os ossos do crânio principais durante o período fetal e mantêm-se ao longo da vida. Irregulares na forma, tamanho e localização, nem todas as pessoas têm esses ossos. Sua utilidade é desconhecida.

Osso frontal (Figura 7.6)

O **osso frontal** forma a frente (testa) e o teto das órbitas (Figura 7.6). Imediatamente acima das órbitas, torna-se ligeiramente saliente para formar os *arcos superciliares*, que se encontram profundos às sobrancelhas. A **margem supraorbital**, ou margem superior de cada órbita, é perfurada por um orifício ou por uma incisura, respectivamente chamado **forame supraorbital** ou **incisura supraorbital**. Por essa abertura surgem o nervo (uma ramificação do nervo V craniano) e a artéria supraorbitais, que suprem a frente. A parte

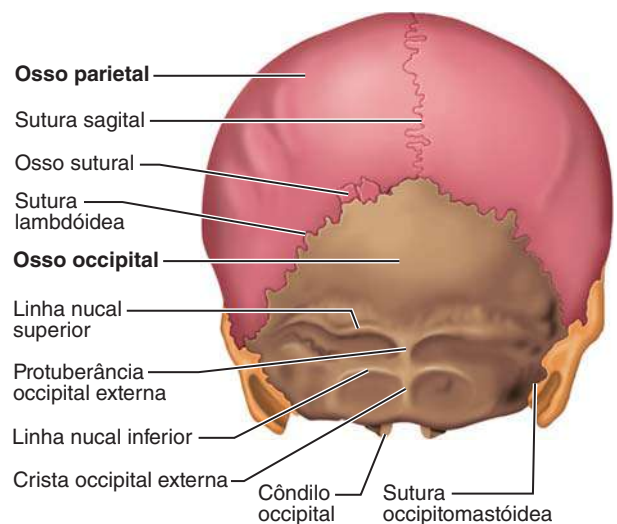
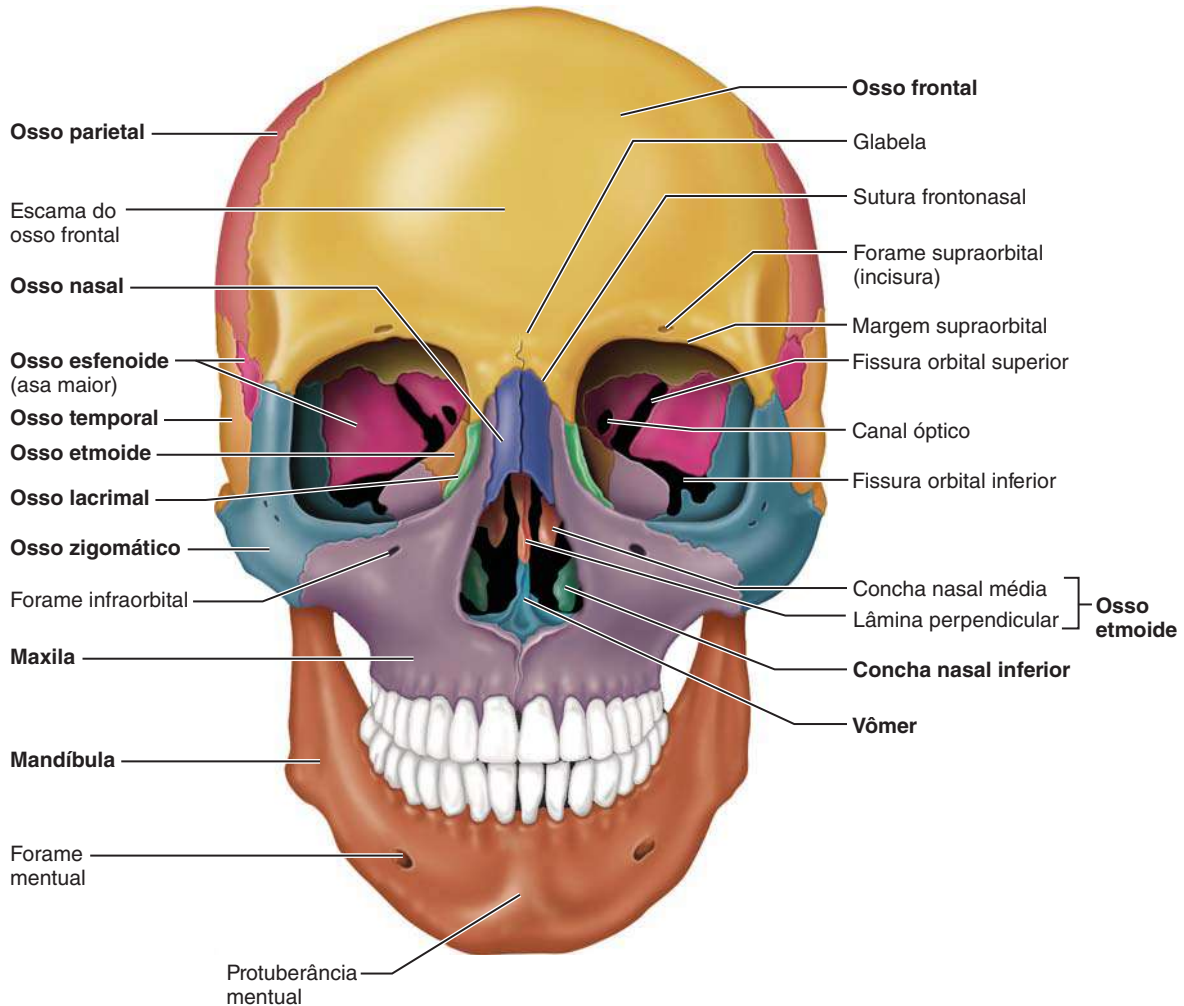


Figura 7.5 Vista posterior do crânio.

lisa na linha mediana do osso frontal, entre os arcos superciliares, é a **glabella** (“lisa, sem pelos”). As regiões do osso frontal laterais à glabella contêm os **seios frontais**, preenchidos por ar (ver Figura 7.3). Imediatamente inferior a ela, o osso frontal encontra os ossos nasais através da *sutura frontonasal*.



(a) Vista anterior do crânio

Figura 7.6 Vista anterior do crânio. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 1 e 7.)

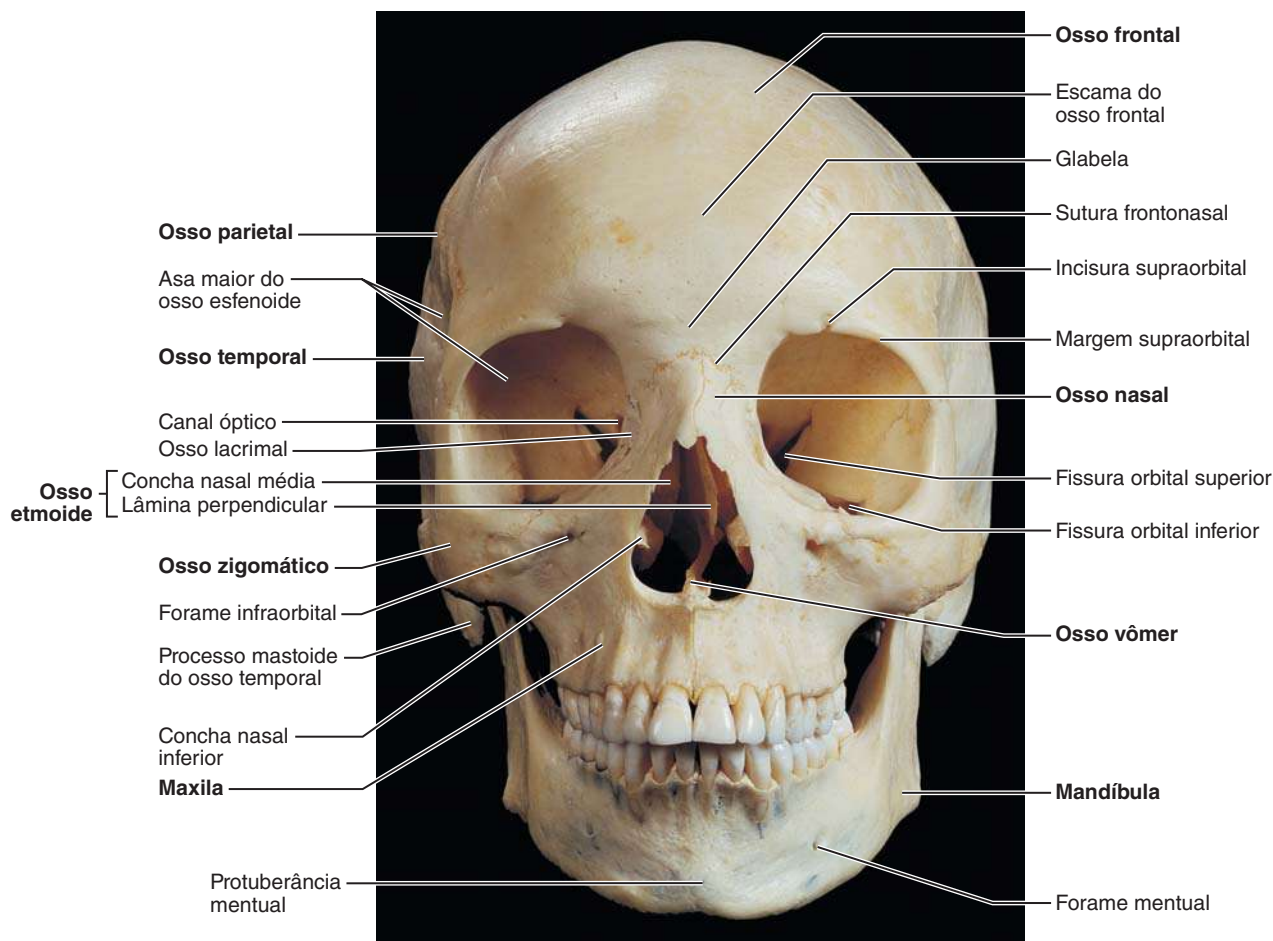
Internamente, o osso frontal participa na formação da **fossa anterior do crânio** (ver Figuras 7.2b e 7.9), onde se apoiam os lobos frontais do cérebro.

■ Osso occipital (Figuras 7.5 e 7.7)

O **osso occipital** (“atrás da cabeça”) forma a parte posterior da calvária e da base do crânio (Figura 7.5). Ele articula-se com os ossos parietais na sutura lambdóideia e com os ossos temporais nas *suturas occipitomastóideas* (Figura 7.4). Várias estruturas são observadas na superfície externa do osso occipital (Figuras 7.5 e 7.7). A **protuberância occipital externa**, uma saliência mediana, localiza-se na junção entre a base e a parede posterior da calvária. A *crista occipital externa* estende-se anteriormente, a partir da protuberância occipital externa na direção do forame magno. Essa crista propicia fixação ao *ligamento nuchal*, um ligamento elástico, em forma de folha de papel, que se situa no plano mediano da região posterior do pescoço e conecta as vértebras cervicais ao crânio.

Prolongando-se lateralmente a partir da protuberância occipital estão as **linhas nucais superiores** e, correndo lateralmente a partir da metade da crista occipital, estão as **linhas nucais inferiores**. As linhas nucais e as regiões ósseas entre elas são áreas de fixação de muitos músculos do pescoço e do dorso. A linha nucal superior define o limite superior do pescoço.

Internamente, o osso occipital forma as paredes da **fossa posterior do crânio**, que acomoda uma parte do encéfalo chamada cerebelo (Figura 7.2). Na base do osso occipital está o **forame magno**, literalmente, “grande orifício” (Figura 7.7). Por essa abertura, a parte inferior do encéfalo continua na medula espinal. O forame magno é ladeado por dois **côndilos occipitais** de forma oval, que se articulam com a primeira vértebra da coluna vertebral, permitindo que a cabeça consiga acenar “sim”, por exemplo. Medial e superiormente a cada côndilo occipital, parcialmente oculto por eles, está o **canal do hipoglossos**, através do qual trafega o XII nervo craniano, o nervo hipoglossos. Anteriormente,



(b) Fotografia de vista anterior de crânio

Figura 7.6 Vista anterior do crânio, continuação.

te ao forame magno, o osso occipital une-se ao osso esfenóide através de seu **processo basilar**.

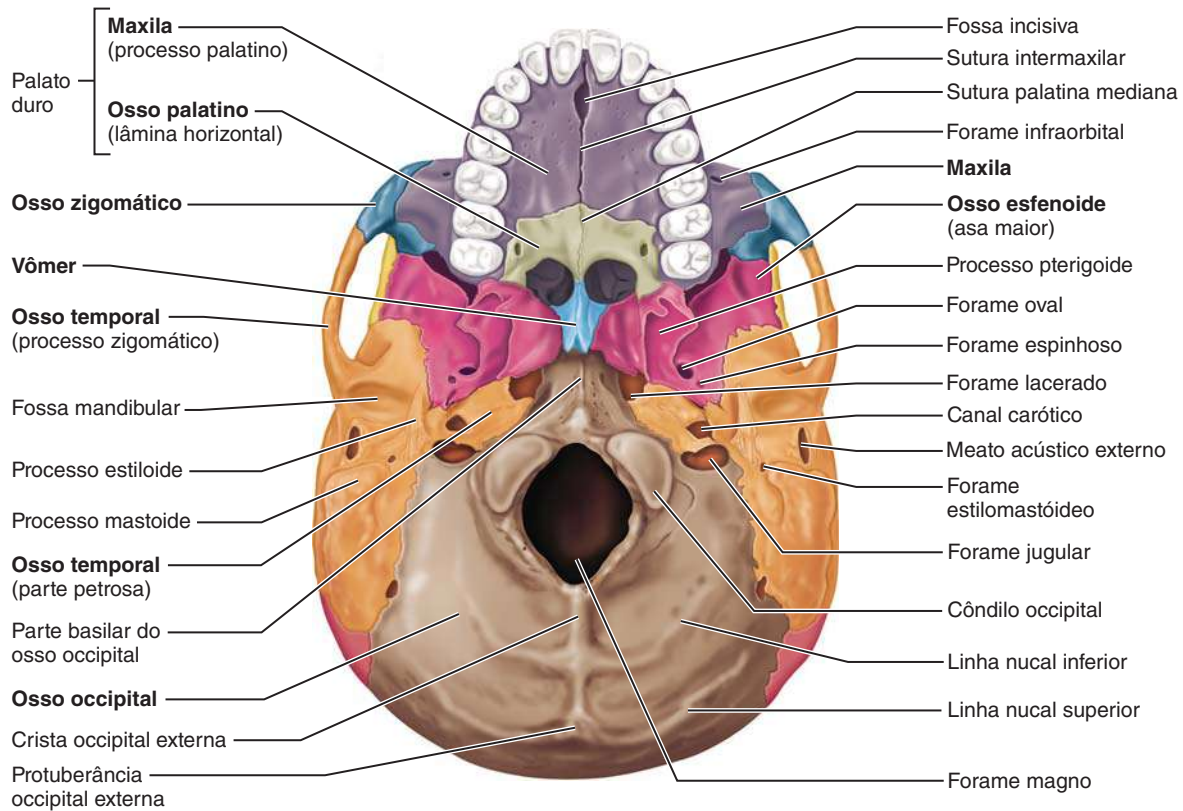
■ Ossos temporais (Figuras 7.4 e 7.8)

Os ossos temporais são mais bem visualizados lateralmente (Figura 7.4). Localizados inferiormente aos ossos parietais, formam a região lateral inferior do crânio e partes de seu assoalho. Os termos *temporal* e *têmpora*, com origem na palavra latina para “tempo”, referem-se ao fato de que os cabelos grisalhos, um sinal da passagem do tempo, aparecem primeiro na região desse osso.

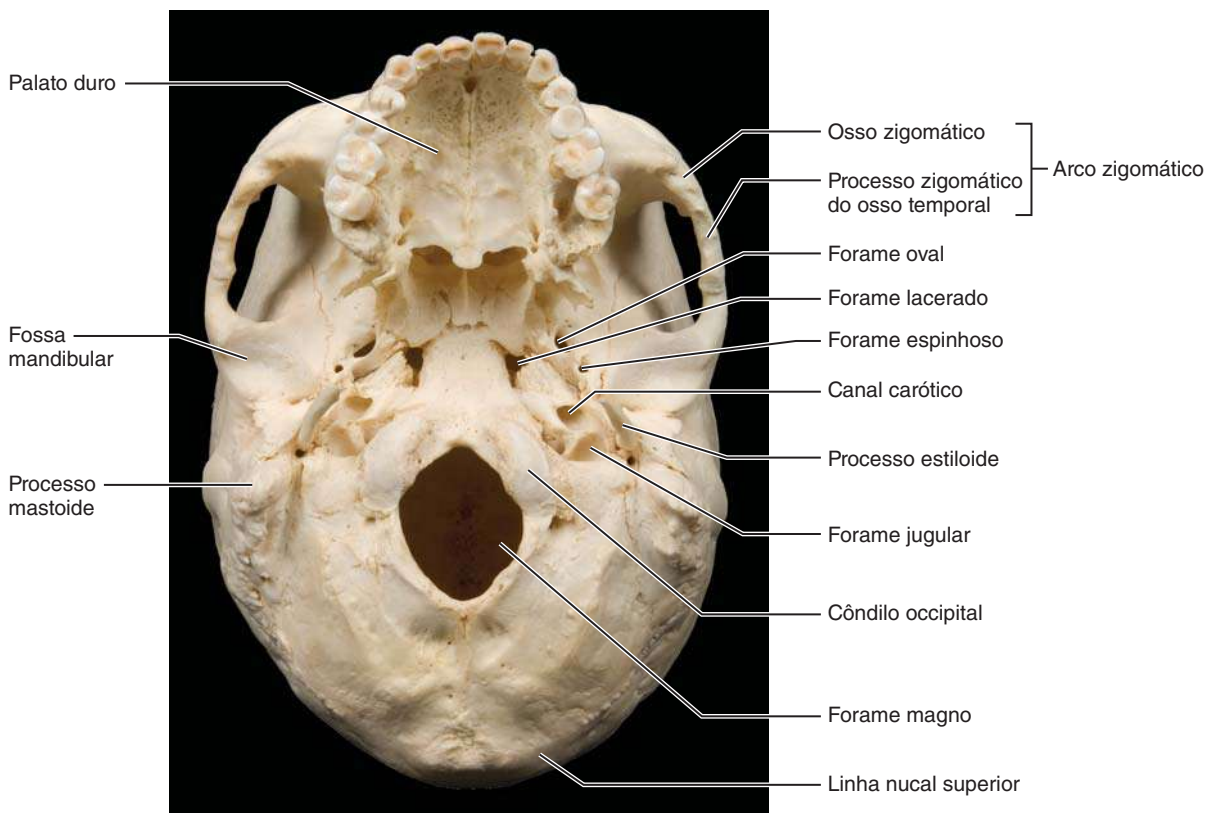
Cada osso temporal tem uma forma complexa, e é descrito com base nas suas três partes principais: as *partes escamosa, timpânica e petrosa*. A **parte escamosa** em forma de placa (Figura 7.8) margeia a sutura escamosa. Ela tem um **processo zigomático** em forma de barra que se projeta anteriormente para encontrar o osso zigomático da face. Juntas, essas duas estruturas ósseas formam o **arco zigomático**, comumente chamado de “osso da bochecha”. A **fossa mandibular**, de contorno oval na superfície inferior do processo zigomático recebe a cabeça da mandíbula, formando a *ar-*

ticulação temporomandibular, de grande mobilidade (articulação da mandíbula).

A **parte timpânica** circunda o **meato acústico externo** ou canal auditivo externo e é através desse canal que o som entra na orelha. O meato acústico e a membrana timpânica (tímpano) em sua extremidade profunda são partes da orelha externa. Em um crânio macerado, se a membrana timpânica for removida uma parte da *cavidade profunda da orelha média* até a região timpânica pode ser visível através do meato. A **parte petrosa** do osso temporal contribui para a formação da base do crânio e forma uma cunha óssea entre o osso occipital posteriormente e o osso esfenóide anteriormente (Figura 7.7a). No interior da cavidade craniana, essa região muito espessa assemelha-se ao cume de uma montanha (Figura 7.9). O declive posterior desse cume encontra-se na fossa posterior do crânio, enquanto a inclinação anterior encontra-se na **fossa média do crânio**, que contém os lobos temporais do cérebro. Instaladas no interior da parte petrosa estão as cavidades das orelhas média e interna, que contém o aparelho sensorial de audição e equilíbrio.



(a) Vista inferior do crânio (mandíbula removida)



(b) Fotografia de vista inferior do crânio (mandíbula removida)

Figura 7.7 Vista inferior do crânio.

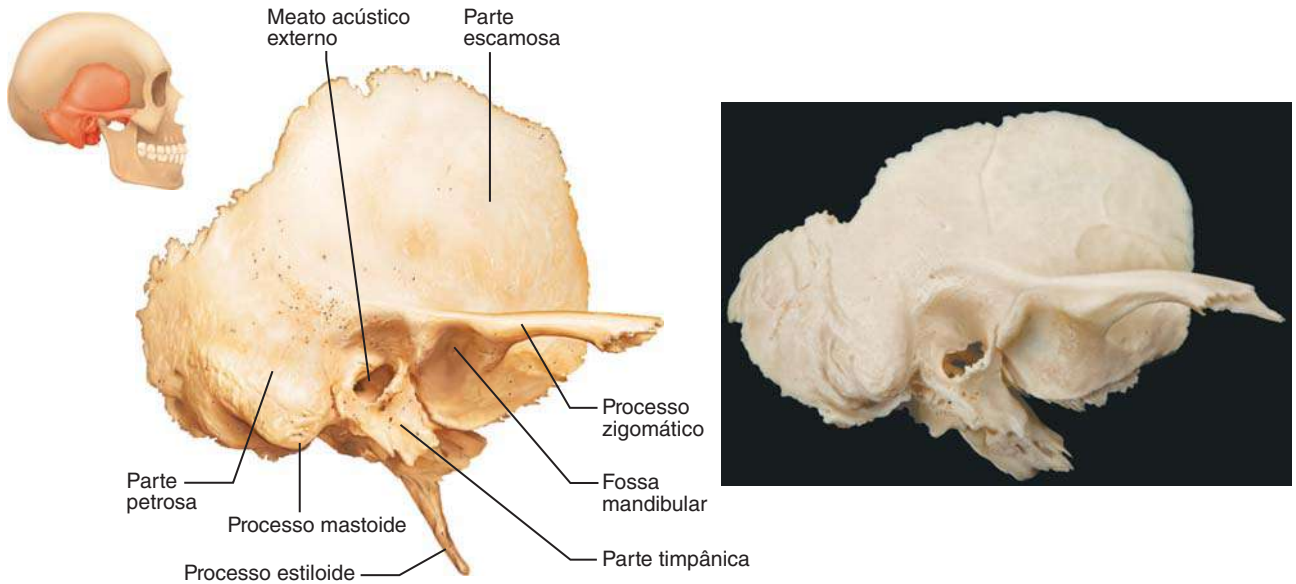


Figura 7.8 Osso temporal. Vista lateral direita. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 2 e 8.)

Vários forames atravessam a parte petrosa (Figura 7.7a). O grande **forame jugular** está localizado onde a parte petrosa se une ao osso occipital. Através desse forame passa a maior veia da cabeça, a veia jugular interna, e os nervos cranianos IX, X e XI. O **canal carótico** abre-se na face inferior do crânio, anteriormente ao forame jugular. A artéria carótida interna, a principal artéria para o encéfalo, penetra através da cavidade craniana. O **forame lacerado** é uma abertura irregular entre a extremidade medial da parte petrosa do osso temporal, e o osso esfenóide. No vivo, esse forame é quase completamente fechado por cartilagem, mas é tão visível em um crânio macerado que os alunos geralmente perguntam seu nome. O **meato acústico interno** encontra-se na cavidade craniana, na face posterior da parte petrosa (Figura 7.9). Por ele trafegam os nervos cranianos VII (facial) e VIII (vestibulococlear).

Projetando-se inferiormente a partir da parte petrosa do osso temporal está o **processo estiloide**, em forma de agulha (Figura 7.8). Esse processo é um ponto de fixação para alguns músculos da língua e da faringe e para um ligamento que conecta o crânio ao osso hioide do pescoço.

Lateral e posterior ao processo estiloide está o proeminente **processo mastoide** (“em forma de mama”), um local de inserção para alguns músculos do pescoço. Esse processo pode ser sentido como uma saliência imediatamente posterior à orelha. O **forame estilo-mastóide** (Figura 7.7a) está localizado entre os processos estiloide e mastoide. Uma ramificação do VII nervo craniano, o nervo facial, deixa o crânio através desse forame.

O processo mastoide é cheio de cavidades de ar chamadas *células mastóideas*, que se encontram imediatamente posteriores à cavidade da orelha média. Infecções podem se espalhar a partir da garganta para a orelha média e para as células mastóideas. Tal infecção, chamada *mastoidite*, pode até se espalhar para o encéfalo, do qual as células aéreas mastóideas estão separadas apenas por uma cobertura fina de osso. Esse foi um problema sério até o final da década de 1940, quando então os antibióticos se tornaram disponíveis e seu uso, sistematizado.

■ Osso esfenóide (Figuras 7.9 e 7.10)

O **osso esfenóide** (“forma de cunha”) abrange toda a largura da base do crânio (Figura 7.9) e diz-se que se assemelha a um morcego com as asas abertas. Ele é considerado uma espécie de “pedra fundamental” do crânio porque forma uma cunha central que se articula com todos os outros ossos dessa região. Por sua forma e orientação complexas, o estudo desse osso é desafiante: partes do esfenóide são visíveis na maioria dos aspectos do crânio. Ele também tem um certo número de forames para a passagem de vasos e nervos cranianos.

O esfenóide consiste de um **corpo** central e três pares de processos: as *asas maiores*, as *asas menores* e os *pterigóideos* (Figura 7.10). A superfície superior do corpo tem uma depressão em forma de sela, a **sela turca (túrcica)**. O assento dessa sela, chamado de *fossa hipofisial*, abriga a hipófise. Dentro do corpo do esfenóide estão os **seios esfenoidais** (Figura 7.11). As **asas maiores** projetam-se lateralmente a partir do corpo do

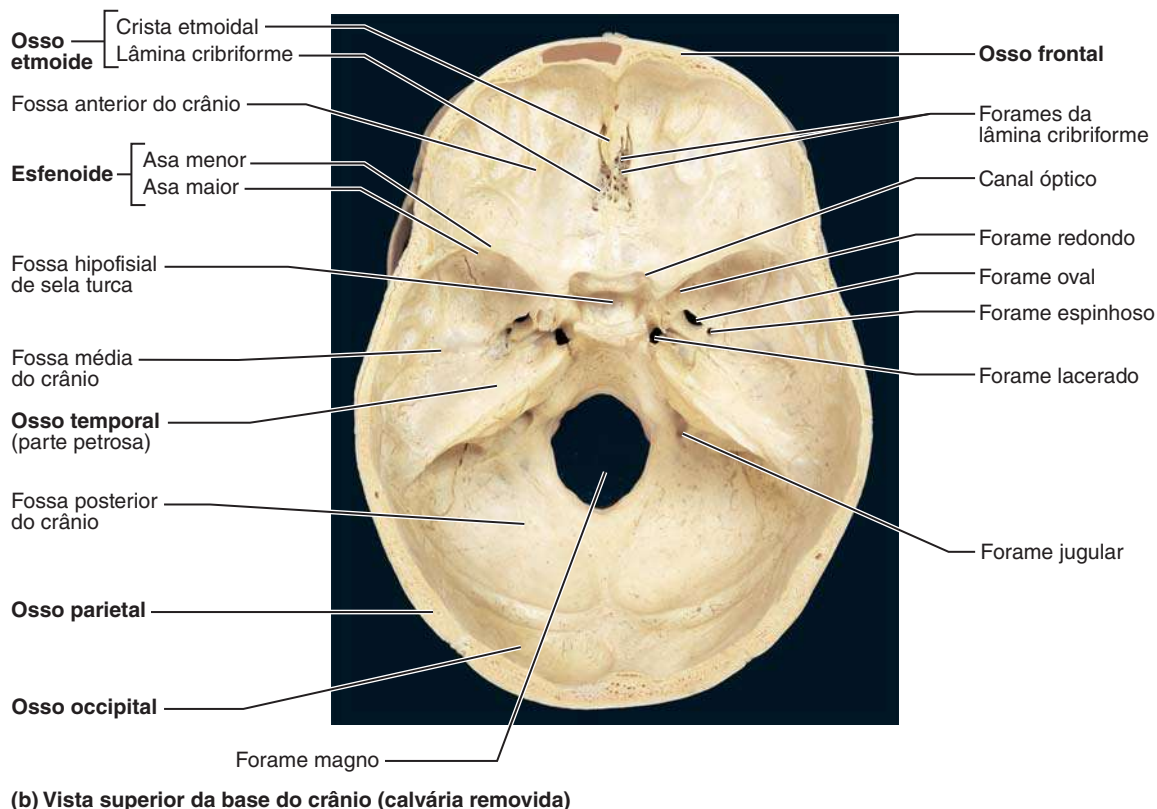
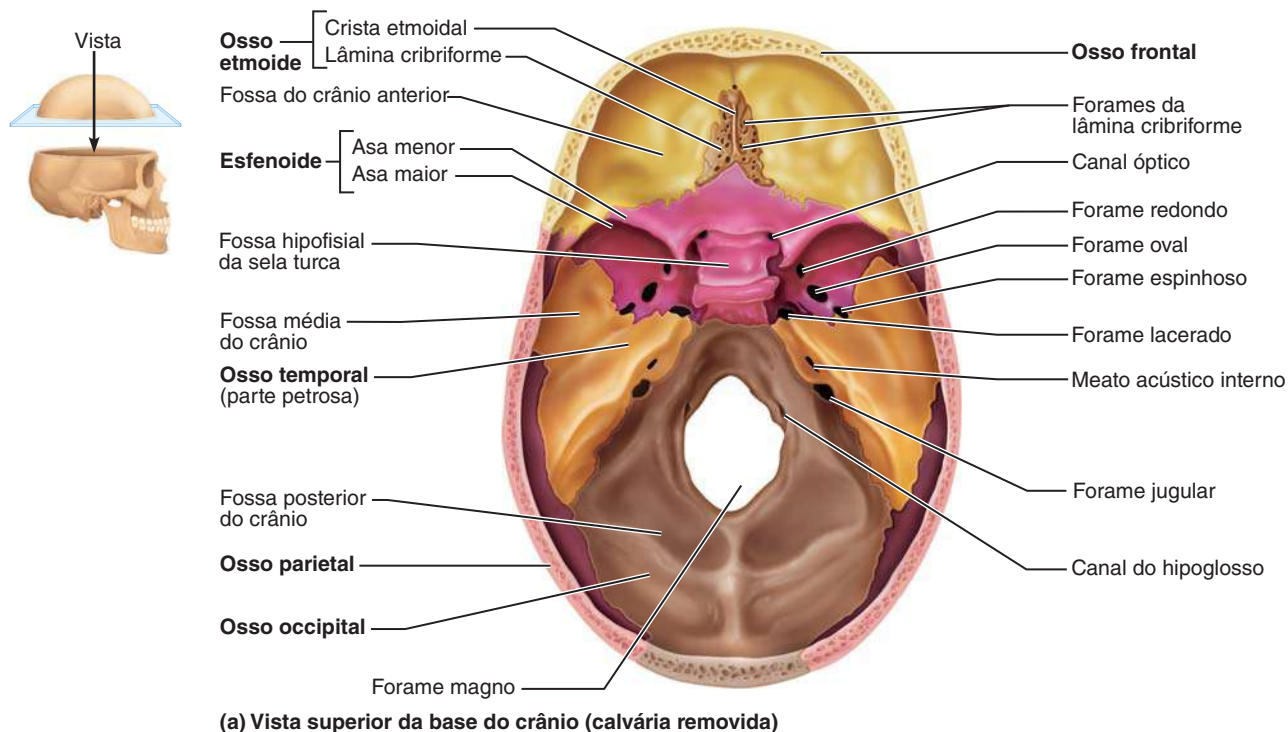


Figura 7.9 Base do crânio. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 4 e 5.)

esfenoide, formando partes da fossa média do crânio (Figura 7.9) e da órbita. Externamente, as asas maiores formam a parede lateral do crânio, anteriormente à parte escamosa dos ossos temporais (Figura 7.4a). As **asas menores**, em forma de chifre, formam parte da base

da fossa anterior do crânio (Figura 7.9) e uma parte da órbita. Os **processos pterigoides**, em forma de calha, projetam-se inferiormente a partir das asas maiores (ver Figuras 7.7 e 7.10). Esses processos, ambos com lâminas medial e lateral, são pontos de inserção para os

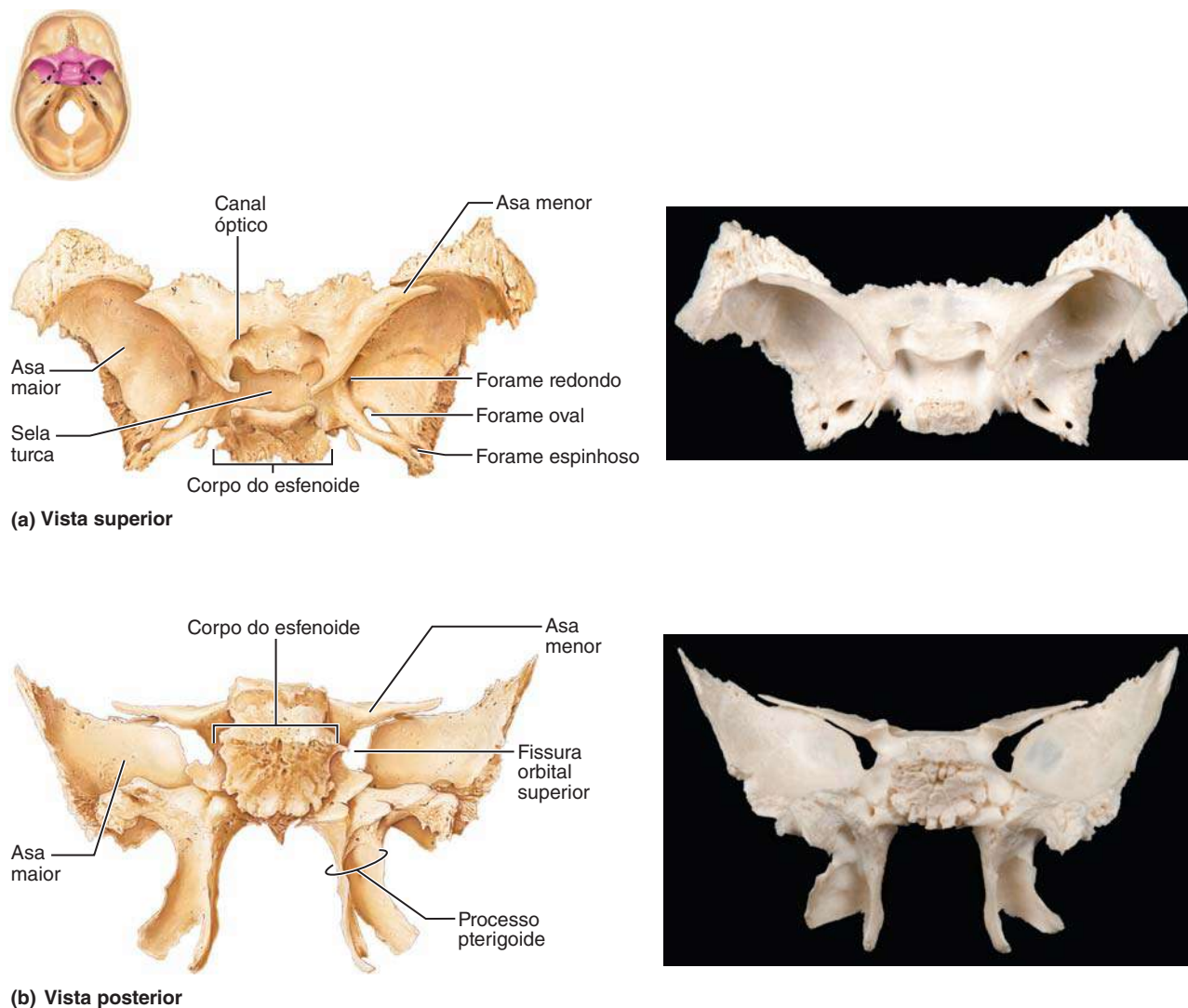


Figura 7.10 Osso esfenóide. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 3 e 9.)

músculos pterigóideos que ajudam a fechar a mandíbula na mastigação.

O osso esfenóide tem cinco aberturas importantes (Figuras 7.9 e 7.10) em cada lado. O **canal óptico** localiza-se imediatamente anterior à sela turca. O II nervo craniano, o nervo óptico, a partir da órbita passa através dessa abertura em direção à cavidade craniana. As outras quatro aberturas alinham-se de forma crescente, lateralmente ao corpo do esfenóide. A mais anterior dessas aberturas, a **fissura orbital superior**, é uma longa fenda entre as asas maiores e menores (Figura 7.10b). Ela permite a passagem de diversas estruturas da e para a órbita, como os nervos cranianos que controlam os movimentos dos olhos (III, IV e VI). Essa fissura é mais bem notada em vista anterior da órbita (Figura 7.6). O **forame redondo** está no segmento medial da asa maior, e o **forame oval** situa-se posterolateralmente a ele. O forame redondo e o forame oval são passagens através das quais dois grandes ramos do V nervo craniano (os nervos maxilar e mandibular) saem do crânio. Posterior

e lateralmente ao forame oval encontra-se o **forame espinhoso**, que recebe esse nome pela pequena coluna que se projeta de sua margem, na fase inferior do crânio. Através desse forame passa a artéria meníngea média, em direção às superfícies internas dos ossos parietais e da parte escamosa dos ossos temporais.

■ Osso etmoide (Figuras 7.11 e 7.12)

O **osso etmoide** (Figura 7.12) é o osso que está situado mais profundamente no crânio, anterior ao osso esfenóide e posterior aos ossos nasais, (Figura 7.11), formando a maior parte da área óssea medial entre a cavidade nasal e as órbitas. O etmoide é um osso delicado, com paredes notavelmente finas. No crânio articulado, apenas pequenas partes do etmoide são visíveis.

A sua superfície superior é formada pelas **lâminas cribiformes (crivosas)**, horizontais e emparelhadas, que contribuem para formar o teto da cavidade nasal e o assoalho da fossa anterior do crânio (Figura 7.9). As lâminas crivosas são perfuradas por pequenos orifícios

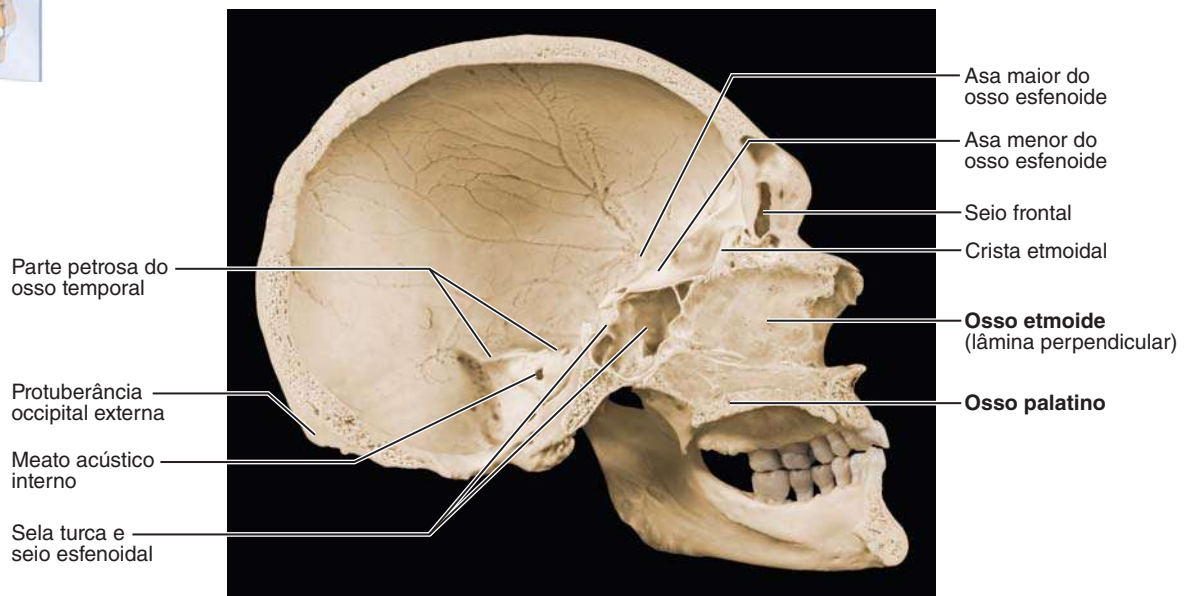
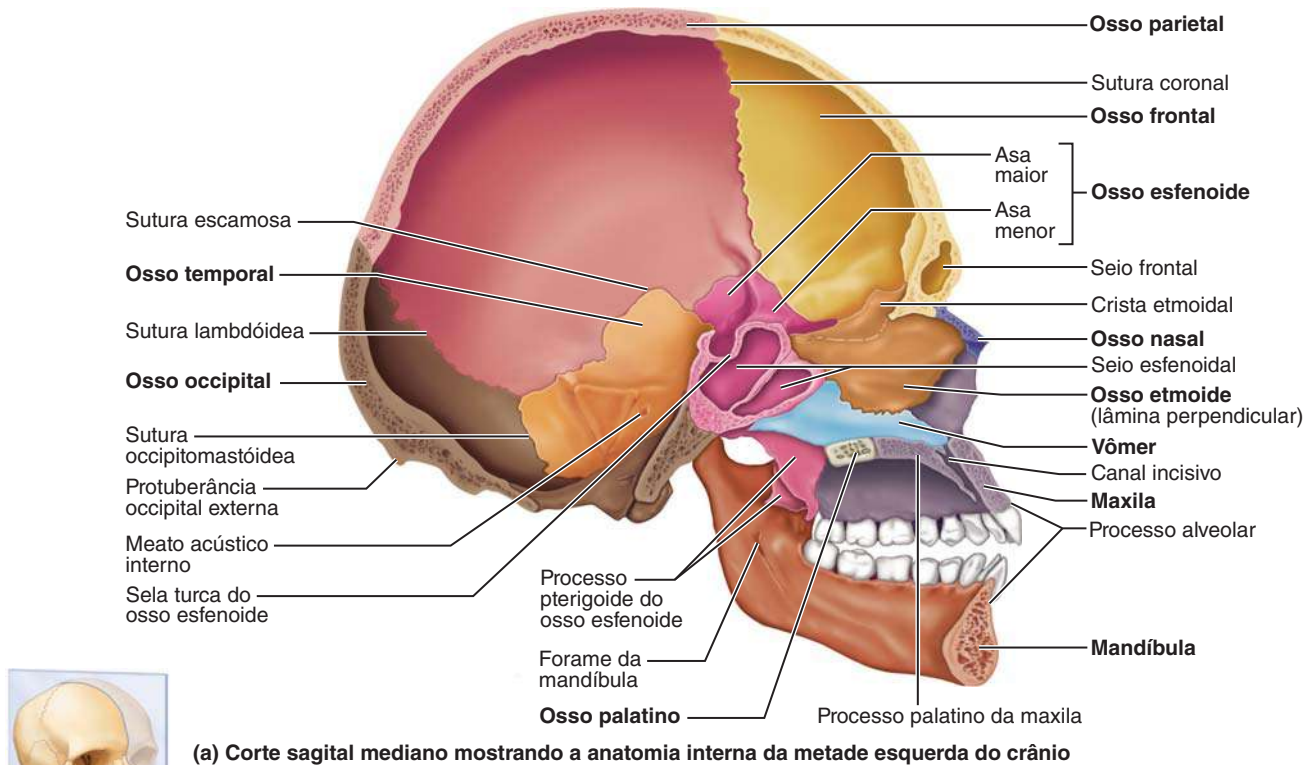


Figura 7.11 Corte sagital mediano do crânio.

chamados *forames da lâmina cribriforme*. Os filamentos do I nervo craniano, o nervo olfatório, passam por esses orifícios à medida que correm da cavidade nasal para o cérebro. Entre as duas lâminas cribriformes, na linha mediana, está uma projeção superior chamada **crista etmoidal**. Uma membrana fibrosa chamada *foice do cérebro* (estudada mais adiante na discussão sobre a *dura-mater*, Capítulo 13, p. 417-418) conecta-se a esse processo e ajuda na manutenção da posição do encéfalo dentro da cavidade craniana.

A **lâmina perpendicular** do osso etmoide projeta-se inferiormente no plano mediano e constitui o segmento superior do septo nasal, a parede vertical que divide a cavidade nasal em metades direita e esquerda (Figura 7.6). Em cada lado da lâmina perpendicular situa-se um delicado **labirinto etmoidal** preenchido por **células etmoidais** (seios etmoidais). O osso etmoide é nomeado por esses seios, já que, em grego, *ethmos* significa “peneira”. Estendendo-se medialmente do labirinto etmoidal estão as **conchas nasais superior e média**, que

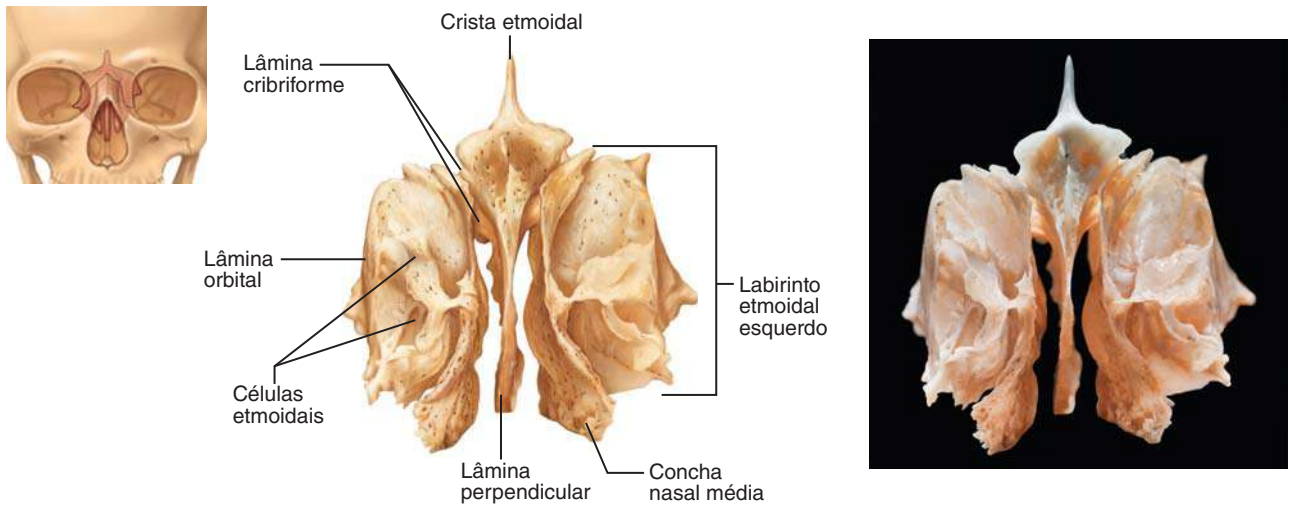


Figura 7.12 Osso etmoide. Vista anterior. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 3 e 10.)

se projetam para dentro da cavidade nasal (ver Figura 7.14a). As conchas são curvadas como pergaminhos, e nomeadas pela semelhança com as conchas que encontramos nas praias. As superfícies laterais do labirinto são chamadas de **lâminas orbitais** porque contribuem para formar as paredes mediais das órbitas.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Nomeie os ossos que formam a fossa anterior do crânio.
- 2. Para cada característica listada, nomeie o osso que apresenta a seguinte característica: crista etmoidal, processo mastoide, linha nucal, sela turca, forame supraorbital e processo zigomático.
- 3. Quais os quatro ossos que se articulam com o osso parietal esquerdo? Nomeie as suturas que unem esses ossos ao osso parietal esquerdo.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Ossos da face

O esqueleto da face consiste de 14 ossos (ver Figuras 7.4 e 7.6): a mandíbula e o vômer, que são ímpares, além dos pares maxilas, zigomáticos, nasais, lacrimais, palatinos e conchas nasais inferiores.

■ Mandíbula (Figura 7.13a)

A **mandíbula** em forma de U, é o maior e mais forte osso na face (**Figura 7.13a**) e é formada por um *corpo* horizontal, que constitui a margem inferior da mandíbula, e dois *ramos* verticais. Cada **ramo** encontra o corpo posteriormente, em um **ângulo da mandíbula**. Na margem superior de cada ramo estão dois processos. O **processo coronoide** (coronoide = “em forma de coroa”) é uma projeção anterior plana, triangular, onde se insere o músculo temporal, que eleva a mandíbula durante a mastigação. O **processo condilar** posterior amplia-se na parte superior para formar a **cabeca da**

mandíbula. Ele articula-se com o osso temporal para formar a articulação temporomandibular. Os processos coronoide e condilar são separados pela **incisura da mandíbula**.

O **corpo** da mandíbula propicia fixação para os dentes inferiores e forma o mento (queixo). Sua margem superior é o **processo alveolar**, os alvéolos dos dentes. Na linha mediana, anteriormente, as duas metades da mandíbula fundem-se na sínfise da mandíbula (mentual), onde se salienta a **protuberância mental** (Figura 7.6).

Várias aberturas atravessam a mandíbula. Na superfície medial de cada ramo está um **forame da mandíbula** (Figura 7.13a), através do qual o nervo responsável pela sensibilidade dentária (nervo alveolar inferior, uma ramificação do V nervo craniano) entra no corpo da mandíbula e supre as raízes dos dentes inferiores. Os dentistas injetam anestésico dentro desse forame antes de trabalhar nos dentes inferiores. O **forame mental**, que se abre no lado anterolateral do corpo da mandíbula, permite a passagem de vasos sanguíneos e nervos para o lábio inferior e pele do mento.

■ Maxilas (Figuras 7.6 e 7.13b)

As **maxilas** (“mandíbulas”), situadas na parte central do esqueleto facial (ver Figuras 7.6 e 7.13b), são consideradas uma espécie de “pedra fundamental” da face, porque se articulam com todos os outros ossos dessa região, exceto a mandíbula.

Assim como a mandíbula, as maxilas também têm um **processo alveolar**, que permite a fixação dos dentes nos alvéolos. Os **processos palatinos** projetam-se medialmente a partir dos processos alveolares, para formar a parte óssea do **palato duro** (“céu da boca”) (Figura 7.7a). Os **processos frontais** estendem-se superiormente para alcançar o osso frontal, formando parte da

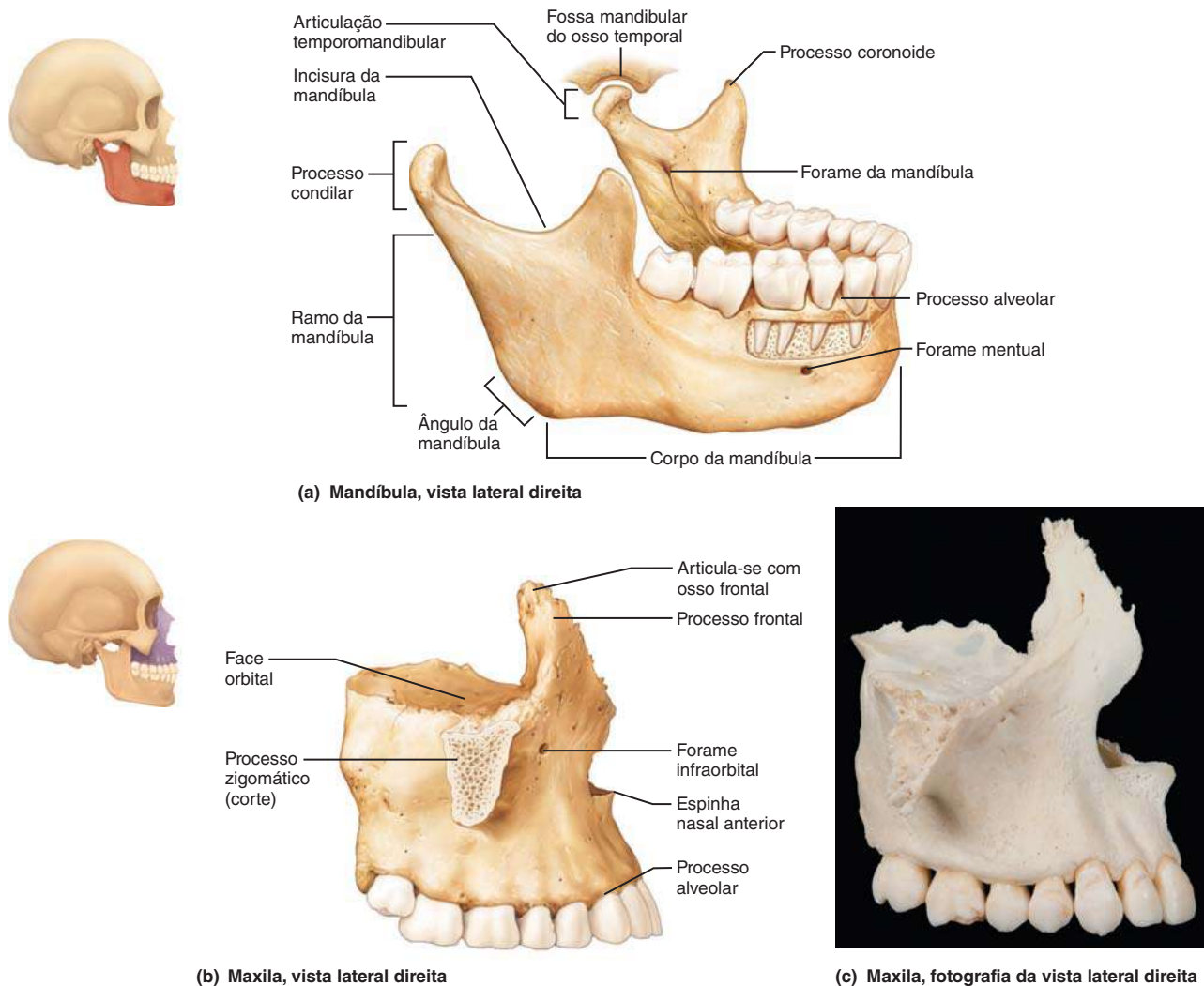


Figura 7.13 Anatomia detalhada da mandíbula e da maxila. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 11 e 12.)

face lateral do dorso do nariz (Figura 7.6). As maxilas situam-se lateralmente à cavidade nasal e contêm os **seios maxilares**, que são os maiores seios paranasais e estendem-se das órbitas às raízes dos dentes superiores. Lateralmente, as maxilas articulam-se com os ossos zigomáticos através de seus **processos zigomáticos**.

As maxilas, junto com diversos outros ossos, formam as margens da **fissura orbital inferior** no assoalho da órbita. Essa fissura permite a passagem de diversos vasos e nervos (ver Tabela 7.1), incluindo o nervo maxilar (um ramo do V nervo craniano) ou a sua continuação, o nervo infraorbital, que se dirige anteriormente para alcançar a face através do **forame infraorbital**.

■ Ossos zigomáticos (Figuras 7.4 e 7.6)

Os **ossos zigomáticos**, de forma irregular, são comumente chamados de maçãs do rosto (*zygoma* = bochecha). Cada osso articula-se com o processo zigomático de um osso temporal posteriormente, com os respectivos processos zigomáticos do osso frontal

superiormente e com os processos zigomáticos de cada maxila anteriormente (Figura 7.4). Os ossos zigomáticos formam as proeminências das bochechas e definem parte da margem de cada órbita.

■ Ossos nasais (Figura 7.6)

Os **ossos nasais**, retangulares, articulam-se entre si medialmente para formar o dorso do nariz. Superiormente, eles articulam-se com o osso frontal, com as maxilas lateralmente, e com a lâmina perpendicular do osso etmoide posteriormente. Inferiormente, eles se fixam às cartilagens que formam a maior parte do esqueleto do nariz externo (ver Figura 22.2).

■ Ossos lacrimais (Figura 7.4)

Os delicados **ossos lacrimais**, em formato de unha, estão localizados nas paredes mediais das órbitas. Os ossos lacrimais articulam-se com o osso frontal superiormente, com o osso etmoide posteriormente e com as maxilas anteriormente. Cada osso lacrimal contém

Tabela 7.1 Ossos do crânio

Vista do crânio	Nome do osso com comentários ¹	Estruturas importantes
OSSOS DO CRÂNIO		
	<p>Frontal (1) Forma a frente, parte superior das órbitas e a maior parte da fossa anterior do crânio; contém seios</p>	<p>Forames supraorbitais (incisuras): passagem para as artérias supraorbitais e nervos.</p>
	<p>Parietal (2) Forma a maior parte das superfícies superior e lateral do crânio</p>	<p>Forame magno: permite a passagem da medula espinal do tronco encefálico para o canal vertebral. Canal do hipoglossos: passagem para o nervo hipoglossos (XII nervo craniano). Côndilos occipitais: articulam-se com o atlas (primeira vértebra). Protuberância occipital externa e linhas nucais: locais de inserção de músculos. Crista occipital externa: local de inserção dos ligamentos nucais.</p>
<p>Vista lateral do crânio (Figura 7.4)</p>	<p>Occipital (1) Forma a superfície posterior e a maior parte da base do crânio</p>	<p>Processo zigomático: contribui para o arco zigomático, que forma a proeminência da bochecha. Fossa mandibular: ponto de articulação para a cabeça da mandíbula. Meato acústico externo: canal que vai da orelha externa ao tímpano. Processo estiloide: local de inserção de diversos músculos do pescoço e da língua, e para um ligamento ao osso hioide. Processo mastoide: local de inserção de músculos do pescoço. Forame estilomastóide: passagem para o VII nervo craniano (nervo facial). Forame jugular: passagem para a veia da jugular interna e nervos cranianos IX, X e XI. Meato acústico interno: passagem para os nervos cranianos VII e VIII. Canal carótico: passagem para a artéria carótida interna.</p>
	<p>Temporal (2) Forma as superfícies inferolaterais do crânio e contribui para a fossa média do crânio; tem partes escamosa, timpânica e petrosa</p>	<p>Sela turca: parte da fossa hipofisial e onde se assenta a glândula hipófise. Canal óptico: passagem para o II nervo craniano e artérias oftálmicas. Fissura orbital superior: passagem para os nervos cranianos III, IV, VI, parte do V (divisão oftálmica) e veia oftálmica. Forame redondo (2): passagem para a divisão maxilar do V nervo craniano. Forame oval (2): passagem para a divisão mandibular do V nervo craniano. Forame espinhoso (2): passagem para a artéria meníngea média.</p>
	<p>Esfenoide (1) "Pedra fundamental" do crânio; contribui para a fossa média do crânio e órbitas; as partes mais importantes são o corpo, as asas maiores, as asas menores e os processos pterigoides</p>	<p>Crista etmoidal: ponto de fixação para a foice cerebral, uma dobra de membrana dural. Lâmina cribiforme: passagem para filamentos dos nervos olfativos (I nervo craniano) Conchas nasais superior e média: formam parte das paredes laterais da cavidade nasal; aumentam a turbulência do fluxo de ar.</p>
<p>Vista superior do crânio, calvária removida (Figura 7.9)</p>	<p>Etmoide (1) Pequena contribuição para a fossa anterior do crânio; forma parte do septo nasal e as paredes laterais e teto da cavidade nasal; contribui para a parede medial da órbita</p>	

¹ O código de cores ao lado de cada nome de osso corresponde à cor do osso nas ilustrações (ver Figuras 7.4-7.16). O número entre parênteses, que vem logo em seguida ao nome do osso, indica o número total de tais ossos no corpo.

um sulco profundo que contribui para formar o *canal lacrimonasal*, que contém o *saco lacrimal* que acumula as lágrimas, permitindo que esse fluido seja drenado da superfície do olho para dentro da cavidade nasal (*lacrima* = lágrima).

■ Ossos palatinos (Figuras 7.7 e 7.14)

Os **ossos palatinos** localizam-se posteriormente às maxilas (Figura 7.14a). Em formato de L, articulam-se entre si nas suas **lâminas horizontais** inferiormente, que completam a parte posterior do palato duro. As **lâminas perpendiculares (verticais)** formam a parte posterior das paredes laterais da cavidade nasal (Figura 7.14a), e uma pequena parte das órbitas (ver Figura 7.16).

■ Vômer (Figura 7.14b)

Ossão delgado em forma de arado, o **vômer** encontra-se na cavidade nasal, onde forma a parte inferior do septo nasal (Figuras 7.6, 7.7 e 7.14b).

■ Conchas nasais inferiores (Figura 7.14a)

As **conchas nasais inferiores** são ossos finos e curvados na cavidade nasal e são as maiores dos três pares de conchas (ver Figuras 7.6 e 7.14a). Projetando-se medialmente a partir das paredes laterais da cavidade nasal, imediatamente inferiores às conchas nasais médias do osso etmoide.

✓ Verifique seu conhecimento

- 4. Nomeie todos os ossos que se articulam com as maxilas.
- 5. Quais ossos ou processos ósseos formam o palato ósseo?
- 6. O que são os processos alveolares e em quais ossos eles estão localizados?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Partes especiais do crânio

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ definir os limites ósseos da cavidade nasal, seios paranasais e órbitas.

A seguir, examinaremos quatro partes especiais do crânio: a cavidade nasal e as órbitas, que são regiões específicas do crânio, formadas por muitos ossos; os seios paranasais, que são extensões da cavidade nasal, e o osso hioide.

Cavidade nasal (Figura 7.14)

A **cavidade nasal** está delimitada por ossos e cartilagens. Seu *teto* são as lâminas cribriformes do etmoide.

O *assoalho* é formado pelos processos palatinos das maxilas e pelas lâminas horizontais dos ossos palatinos. Essas mesmas estruturas nasais do assoalho também formam o teto da boca e são chamadas coletivamente de palato duro.² Contribuindo para constituir as *paredes laterais* da cavidade nasal estão os ossos nasais, as conchas nasais superiores e médias do etmoide, as conchas nasais inferiores, os processos frontais das maxilas e as lâminas perpendiculares dos ossos palatinos (Figura 7.14a). Nessas paredes laterais, cada uma das três conchas forma uma cobertura sobre a passagem de ar em forma de sulco chamada **meato** (“uma passagem”): **superior, médio e inferior**.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Desvio de septo O septo nasal é levemente desviado da linha mediana em muitas pessoas. Um desvio exacerbado é classificado como *desvio de septo*. Essa condição ocorre geralmente como resultado de trauma no nariz externo e pode causar dificuldade de respiração através do nariz, bem como congestão nasal, frequentes hemorragias e sinusites. A cirurgia para corrigir o desvio (septoplastia) pode ser indicada se os sintomas forem particularmente graves.

A cavidade nasal está dividida em metades direita e esquerda pelo septo nasal. A parte óssea do septo é formada, inferiormente, pelo vômer e, superiormente, pela lâmina perpendicular do etmoide (Figura 7.14b). A lâmina de cartilagem, chamada *cartilagem do septo nasal*, completa anteriormente esse septo.

As paredes da cavidade nasal são revestidas por uma membrana mucosa que umedece e aquece o ar inalado. Essa membrana também secreta o muco que retém a poeira contida no ar, funcionando como um filtro de detritos. Os três pares de conchas nasais em forma de espiral fazem que o ar flua através da cavidade nasal como um redemoinho. Essa turbulência aumenta o contato do ar inalado com a membrana mucosa na cavidade nasal de tal modo que o ar é aquecido, umedecido e filtrado de forma mais eficiente.

Seios paranasais (Figura 7.15)

Os ossos em torno da cavidade nasal — frontal, etmoide, esfenóide e as maxilas — contêm espaços em seu interior. Essas cavidades são cheias de ar e são chamadas de **seios paranasais** (*para* = perto) porque se agrupam em torno da cavidade nasal (Figura 7.15). Na verdade, eles são extensões da cavidade nasal, cobertos pela mesma membrana mucosa, e ajudam a aquecer, umedecer e filtrar o ar inalado. Os seios para-

2 Nota do revisor técnico: o termo “palato duro” é utilizado para definir a região revestida por mucosa, cujo esqueleto, o “palato ósseo”, está formado pelas maxilas e palatívos.

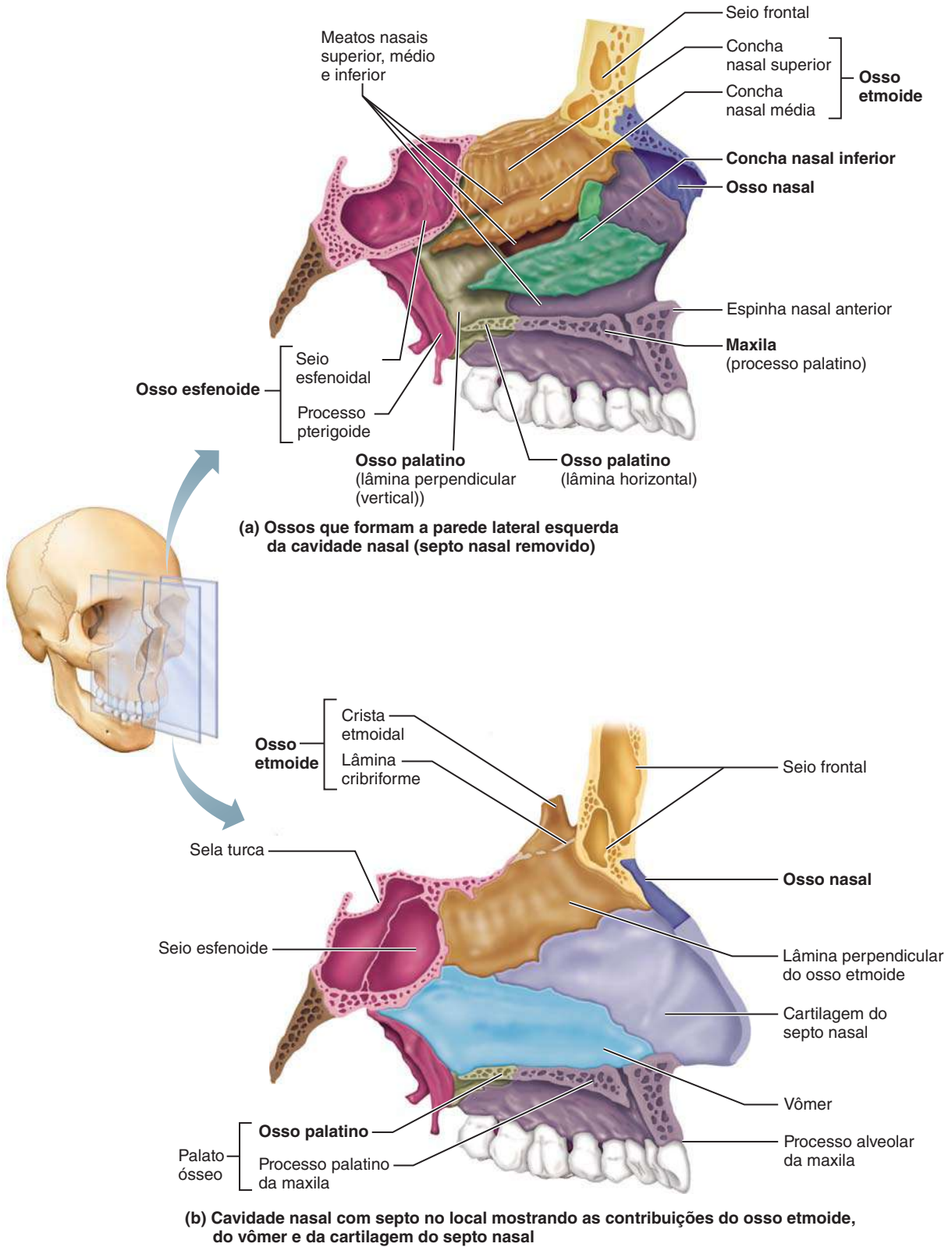
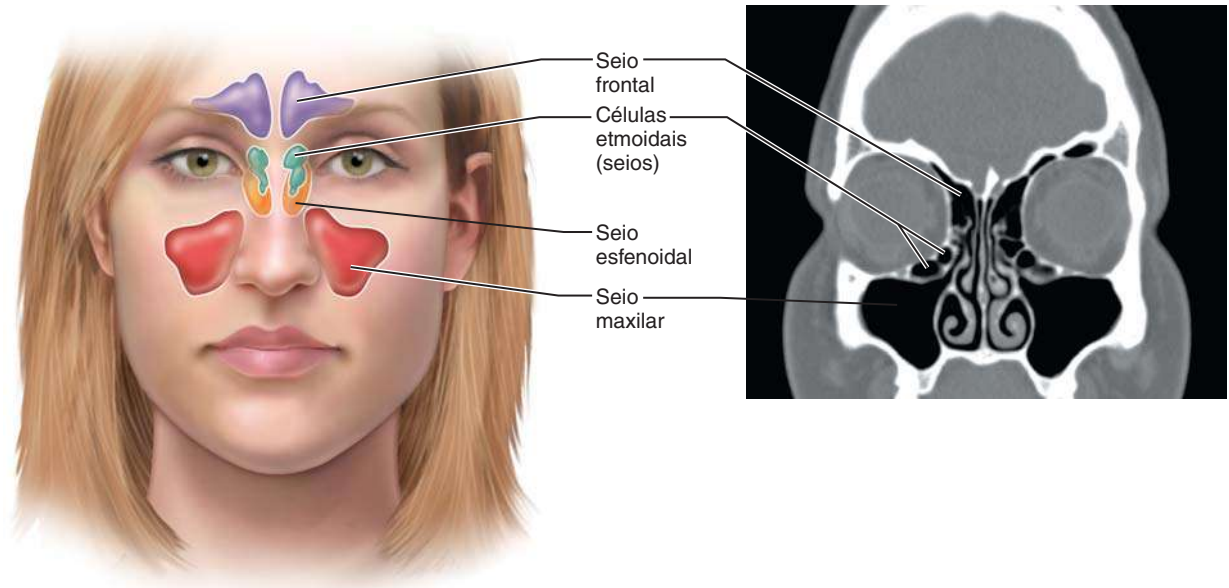
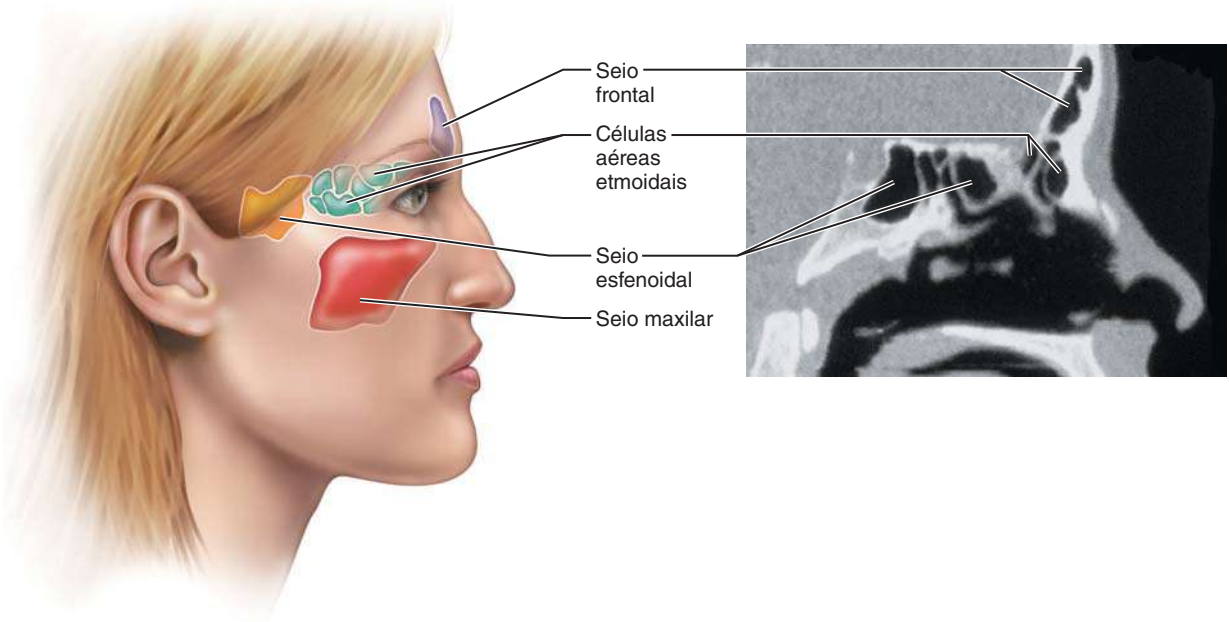


Figura 7.14 Ossos da cavidade nasal. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 15.)



(a) Vista anterior



(b) Vista lateral e medial

Figura 7.15 Seios paranasais. Ilustração à esquerda, tomografia computadorizada à direita.

nasais também deixam o crânio mais leve, dando aos ossos que o ocupam uma aparência oca se vistos em uma imagem de raios X. Esses seios conectam-se à cavidade nasal através de pequenas aberturas, a maioria das quais localizada nos meatos das conchas inferiores (para mais informações sobre os seios paranasais, consulte o Capítulo 22).

Órbitas (Figura 7.16)

As **órbitas** são cavidades ósseas em forma de cone que contêm os bulbos dos olhos e os músculos que os movimentam, alguma gordura e as glândulas lacrimais (produtoras de lágrima). As paredes de cada órbita são formadas por partes de sete ossos — frontal, esfenóide,

zigomático, maxilar, palatino, lacrimal e etmoide (**Figura 7.16**). As fissuras orbitais inferiores e superiores, o canal óptico e o canal lacrimonasal (descritos anteriormente) também estão na órbita.

Ossos hioide (Figura 7.17)

Não é exatamente parte do crânio, mas associado a ele o **osso hioide** situa-se imediatamente inferior à mandíbula no pescoço anterior (**Figura 7.17**). Em forma de arco, tem um **corpo** e dois pares de **cornos**. O hioide é o único osso do esqueleto que não articula diretamente com qualquer outro osso. Em vez disso,

seus cornos menores são conectados aos processos estiloides dos ossos temporais pelos finos *ligamentos estilo-hioideos*. Outros ligamentos conectam o hioide à laringe inferiormente situada. Funcionalmente, o osso hioide atua como uma base móvel para a língua.

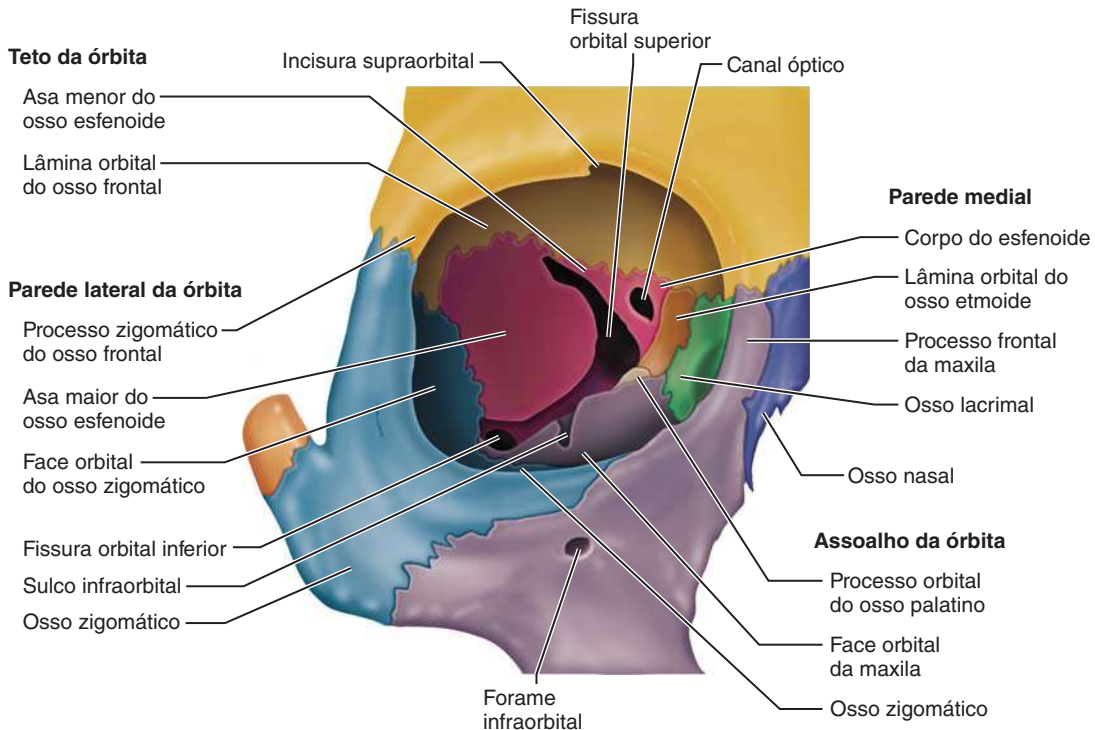
Além disso, o corpo e os cornos maiores são pontos de inserção para músculos do pescoço que elevam e abaixam a laringe durante o processo de deglutição.

Verifique seu conhecimento

- 7. Quais ossos formam as conchas nasais? Qual é a função dessas estruturas?



(a) Fotografia, órbita direita



(b) Contribuição de cada um dos sete ossos que formam a órbita direita

Figura 7.16 Ossos que formam a órbita. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 14.)

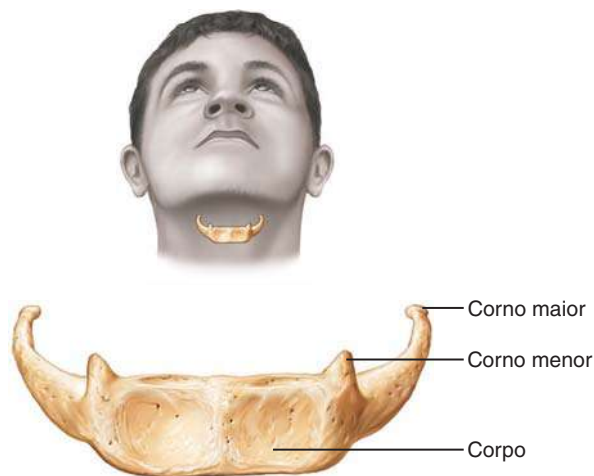


Figura 7.17 Osso hioide. Vista anterior.

- 8. Quais dos ossos que formam a órbita são ossos do crânio? Quais são ossos da face?
- 9. Quais seios paranasais estão localizados ao longo das paredes laterais da cavidade nasal? Qual tipo de membrana reveste todos os seios paranasais?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

COLUNA VERTEBRAL

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ determinar a função das curvaturas da coluna vertebral, e dos discos intervertebrais;
- ▶ descrever a estrutura geral da coluna vertebral e listar seus componentes;
- ▶ discutir a estrutura de uma vértebra típica e descrever as características especiais das vértebras cervical, torácica e lombar.

A **coluna vertebral** (Figura 7.18), também chamada *coluna espinal* ou *espinha dorsal*, consiste de 26 ossos articulados em uma estrutura curva e flexível. Suporte principal do eixo do corpo, a coluna vertebral estende-se a partir do crânio até a pelve, onde transmite o peso do tronco para os membros inferiores. Ela também envolve e protege a delicada medula espinal e fornece pontos de articulação para as costelas, e de inserção para os músculos do pescoço e do dorso. No feto e na criança, a coluna vertebral consiste de 33 ossos separados, ou **vértebras**. No segmento inferior, nove delas eventualmente se fundem para formar dois ossos, o sacro e o pequeno cóccix. Os 24 restantes permanecem como vértebras individuais que se unem através dos *discos intervertebrais*.

Regiões e curvaturas normais

A coluna vertebral, que em média tem aproximadamente 70 cm de comprimento em um adulto, apresenta cinco regiões (Figura 7.18). As 7 vértebras do pescoço

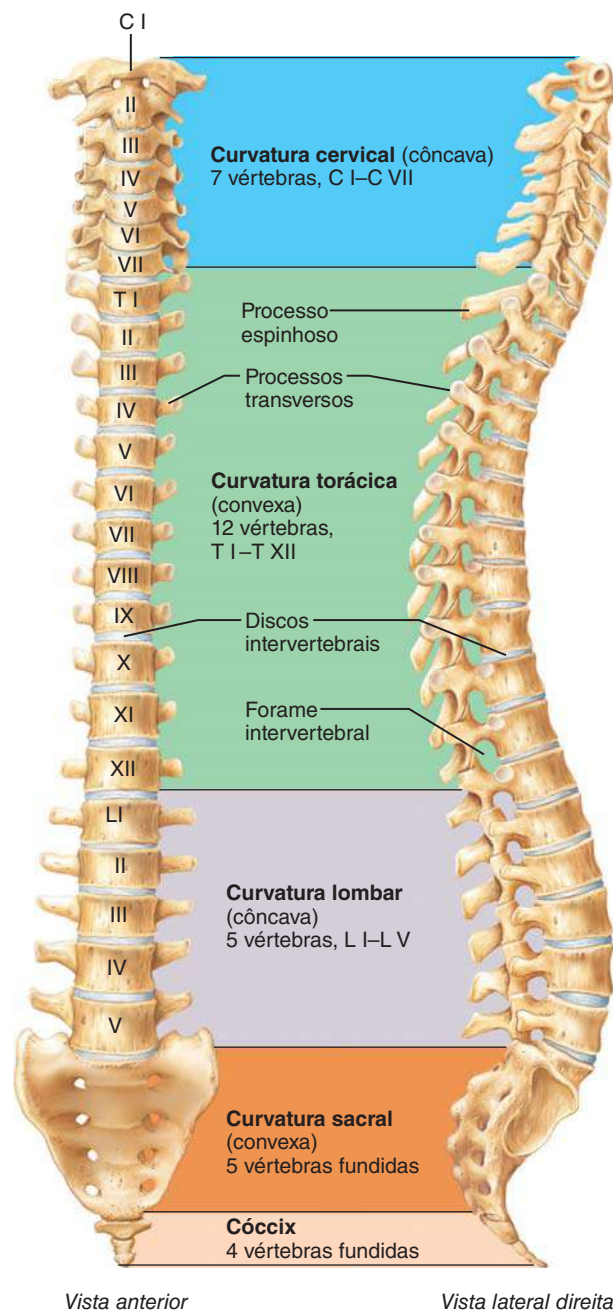


Figura 7.18 Coluna vertebral. Perceba as quatro curvaturas, em vista lateral direita. Os termos *convexa* e *côncava* são relativos à superfície posterior da coluna. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 17.)

são as **vértebras cervicais**, as 12 seguintes são as **vértebras torácicas** e as 5 que apoiam a parte inferior do dorso são as **vértebras lombares**.

As vértebras tornam-se progressivamente maiores da região cervical para a região lombar, pois o peso que devem suportar aumenta progressivamente. No segmento inferior às vértebras lombares está o **sacro**, que se articula com os ossos do quadril, na pelve. O segmento mais inferior da coluna vertebral é o pequeno **cóccix**.

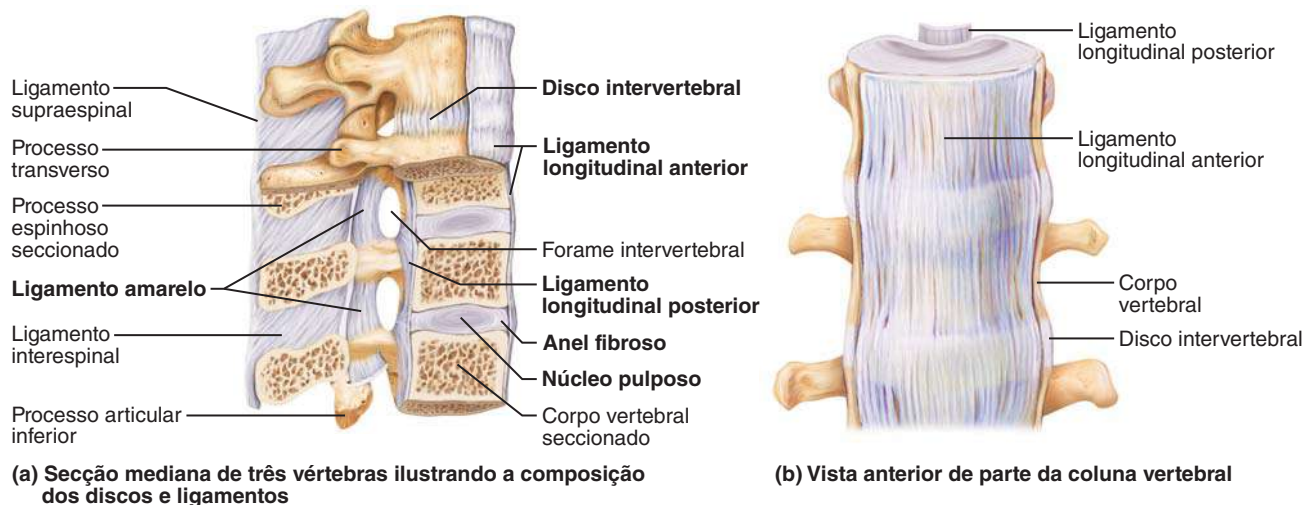


Figura 7.19 Ligamentos e discos intervertebrais da coluna.

Todas as pessoas (e na verdade a maioria dos mamíferos) têm sete vértebras cervicais. Variações no número de vértebras nas outras regiões ocorrem em cerca de 5% da população.

A partir de uma vista lateral, são visíveis quatro curvaturas que dão à coluna vertebral uma forma de S (Figura 7.18, à direita). As **curvaturas cervical** e **lombar** são côncavas posteriormente, enquanto as **curvaturas torácica** e **sacral** são convexas. Essas curvaturas aumentam a resistência da coluna, permitindo que funcione como uma mola, em vez de uma haste rígida, reta.

Só as curvaturas torácica e sacral são bem desenvolvidas no momento do nascimento. Essas duas *curvaturas primárias* são convexas posteriormente, de modo que a coluna de uma criança se curva (tem a forma da letra C) como a de um animal de quatro patas. As *curvaturas secundárias*, as curvaturas cervical e lombar, são côncavas posteriormente e desenvolvem-se durante os dois primeiros anos da infância, à medida que os discos intervertebrais são remodelados. A curvatura cervical está presente antes do nascimento, mas não se pronuncia até que o bebê começa a levantar sua cabeça, aos 3 meses de idade, e a curvatura lombar desenvolve-se quando o bebê começa a andar, com aproximadamente 1 ano de idade. A curvatura lombar posiciona o peso da parte superior do corpo sobre os membros inferiores, proporcionando um equilíbrio perfeito quando o corpo está na posição vertical (em pé).

Ligamentos da coluna

Como uma torre de transmissão de telecomunicações, a coluna vertebral não se autossustenta e é mantida em posição por um elaborado sistema de suportes, propiciado por diversos ligamentos do dorso e músculos do tronco (os músculos do tronco serão discutidos no Capítulo 11). Os principais ligamentos de suporte são os **ligamentos longitudinais anteriores** e **poste-**

riores (Figura 7.19), que correm verticalmente ao longo das superfícies anterior e posterior dos corpos das vértebras, desde o pescoço até o sacro. O ligamento longitudinal anterior é amplo e fixa-se bem tanto às vértebras ósseas como aos discos intervertebrais. No decorrer de sua função de apoio, esse ligamento anterior espesso impede a hiperextensão do tronco (flexão muito longa para trás). O ligamento longitudinal posterior, que é estreito e relativamente fraco, fixa-se apenas aos discos intervertebrais. Esse ligamento ajuda a evitar a hiperflexão (flexão muito longa da coluna vertebral para a frente).

Vários outros ligamentos posteriores conectam cada vértebra àquelas imediatamente superior e inferior (Figura 7.19a). Entre eles está o **ligamento amarelo** (“flavo”), que conecta as lâminas de vértebras adjacentes. Ele contém tecido conjuntivo elástico e é especialmente forte: estira-se à medida que nos curvamos para a frente, e em seguida retrocede (encurta-se), à medida que voltamos para uma posição ereta.

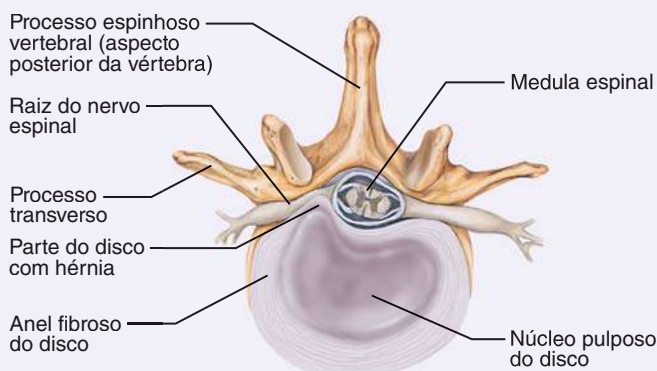
Discos intervertebrais

Cada **disco intervertebral** (Figura 7.19) é uma almofada de amortecimento composta de uma esfera interna, o **núcleo pulposo**, e um colar externo com cerca de 12 anéis concêntricos, o **anel fibroso**. Cada núcleo pulposo é gelatinoso e age como uma bola de borracha, permitindo à coluna a absorção de estresse compressivo. No anel fibroso, as camadas exteriores consistem de ligamento e as internas consistem de fibrocartilagem. A função principal desses anéis é conter o núcleo pulposo, limitando a sua expansão quando a coluna é comprimida. No entanto, os anéis também funcionam como uma cinta, mantendo as vértebras adjacentes juntas, resistindo à tensão sobre a coluna e absorvendo forças de compressão. As fibras de colágeno das camadas adjacentes dos anéis fibrosos cruzam como um X,



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hérnia de disco Um trauma grave ou um trauma físico súbito da coluna vertebral — em virtude de levantar um objeto pesado, por exemplo — pode causar uma ou mais **hérnias de disco** (também chamadas **discos prolapsados** ou, em termos comuns, *hérnias discais*). Essa condição normalmente envolve a ruptura do anel fibroso, seguida pela protrusão do núcleo pulposo. O envelhecimento é um fator que contribui, pois ao longo do tempo o núcleo pulposo perde suas propriedades de amortecimento e o anel fibroso enfraquece e fragmenta-se. Essa fadiga mecânica permite que o núcleo se projete através do anel. O anel é mais fino posteriormente, mas o ligamento longitudinal posterior impede que a hérnia prossiga diretamente na região posterior, então a ruptura acontece na região posterolateral — em direção às raízes do nervo da coluna que saem da medula espinal nesse nível (ver figura a).



(a) Vista superior de um disco intervertebral com hérnia

A pressão resultante sobre essas raízes nervosas causa dor ou dormência. Na maioria dos casos, a dor eventualmente se resolve, por isso o tratamento é geralmente conservador: exercício moderado, fisioterapia, massagem, terapia de calor e analgésicos. Se esses tratamentos falharem, a hérnia de disco pode ser removida cirurgicamente, e enxertos ósseos são utilizados para fundir as vértebras adjacentes.

Em muitos casos, as dores não resultam de hérnia de disco, mas de pequenos nervos que penetram as fissuras no disco intervertebral juntamente com veias neoformadas. Um tratamento novo, simples e pouco doloroso chamado de IDET (do inglês *intradiscal electrothermal annuloplasty* — anuloplastia eletrotérmica interdiscal) consiste em inserir dentro do disco um cateter flexível com a ponta aquecida, queimando os nervos invasores e, ao mesmo tempo, selando as fissuras nos anéis.



(b) Ressonância magnética da região lombar da coluna vertebral em corte sagital mostrando discos normais e com hérnia

permitindo que a coluna resista à torção. Esse arranjo cria a mesma estrutura antitorção provida pelas lamelas ósseas nos ósteons (ver Figura 6.8, p. 141).

Os discos intervertebrais agem como amortecedores durante uma caminhada, saltos e corridas. Em pontos de compressão, os discos achatam-se formando uma pequena saliência ao longo do perímetro entre os corpos de vértebras adjacentes. Os discos são mais espessos nas regiões lombar (parte inferior do dorso) e cervical (pescoço) da coluna vertebral. Coletivamente, os discos intervertebrais constituem cerca de 25% da altura da coluna vertebral. Como resultado da compressão e perda de fluido do núcleo pulposo gelatinoso, eles achatam-se um pouco ao final de cada dia. Provavelmente, à noite você deve medir entre 1 e 2 centímetros a menos, em comparação a quando acorda, pela manhã.

✓ Verifique seu conhecimento

- 10. Qual parte do disco intervertebral se expande durante uma compressão? Qual parte resiste a forças de torção?

- 11. Quando e como as curvaturas secundárias da coluna vertebral desenvolvem-se?
- 12. Por que os discos intervertebrais geralmente desenvolvem hérnias na direção posterolateral?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Estrutura geral das vértebras

Vértebras de todas as regiões compartilham um padrão estrutural comum. As seguintes características são comuns a todas as vértebras (**Figura 7.20**):

- A parte anterior da vértebra é um **corpo** em forma de disco. O corpo é a região que suporta peso na vértebra.
- O **arco vertebral** forma a parte posterior da vértebra, e está composto de dois pedículos e duas lâminas. Os **pedículos** (“pequenos pés”) são paredes ósseas curtas que se projetam posteriormente ao corpo vertebral, e formam os lados do arco. As duas **lâminas** (“folhas”) são placas ósseas planas que completam o arco posteriormente, estendendo-se a partir dos processos transversos ao processo spi-

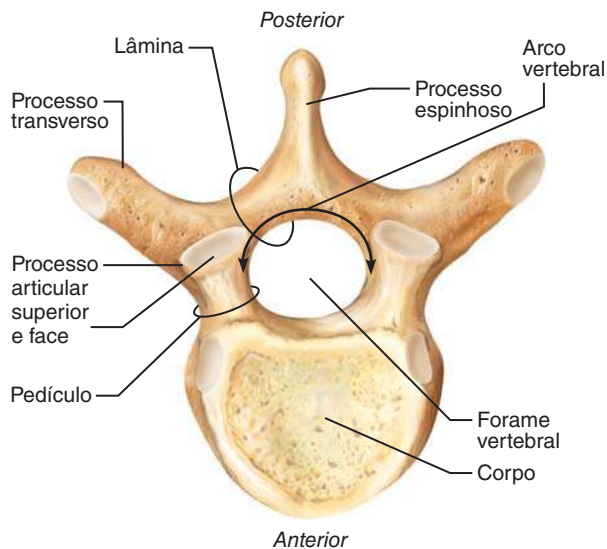


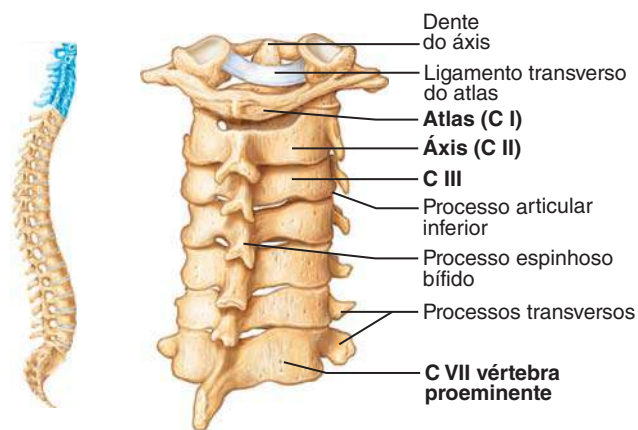
Figura 7.20 Estrutura de uma vértebra típica. Vista superior. Somente as características do osso estão ilustradas nessa figura e nas figuras subsequentes deste capítulo. A cartilagem articular não está representada.

nhoso. O arco vertebral protege a medula espinal e nervos espinais localizados no forame vertebral.

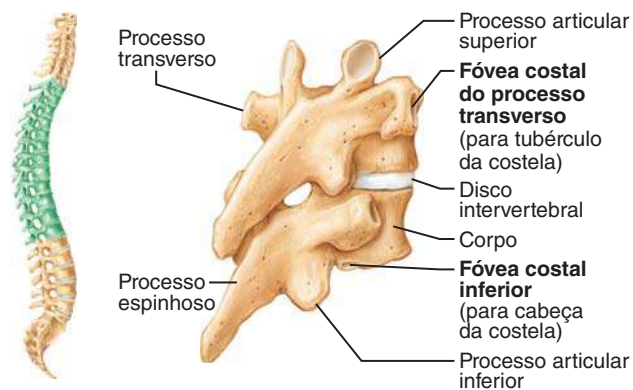
- O grande orifício cercado pelo corpo e arco vertebral é o **forame vertebral**. Sucessivos forames vertebrais das vértebras articuladas se superpõem para formar o longo *canal vertebral*, através do qual a medula espinal e o nervos espinais passam.
- O **processo espinhoso** é a projeção posterior, mediana, resultante da junção de duas lâminas. É um local de inserção para músculos e de fixação de ligamentos que movem e estabilizam a coluna vertebral, respectivamente.
- Um **processo transverso** projeta-se lateralmente de cada junção pedículo-lâmina. Tal como acontece com o processo espinhoso, o processo transverso são locais de inserção para músculos e fixação de ligamentos.
- Processos articulares projetam-se superior e inferiormente das junções pedículo-lâmina e formam articulações móveis entre vértebras adjacentes: os **processos articulares inferiores** de cada vértebra articulam-se aos **processos articulares superiores** da vértebra imediatamente inferior. Vértebras adjacentes são unidas tanto pelos discos intervertebrais como pelos processos articulares. As superfícies articulares lisas desses processos são **facetar** (“pequenas faces”) denominadas **face articular**.
- Incisuras nas margens superior e inferior dos pedículos formam aberturas laterais entre as vértebras adjacentes, os **forames intervertebrais** (de conjugação) (ver Figura 7.18). Nervos espinais da medula espinal passam através desses forames.

Características das vértebras

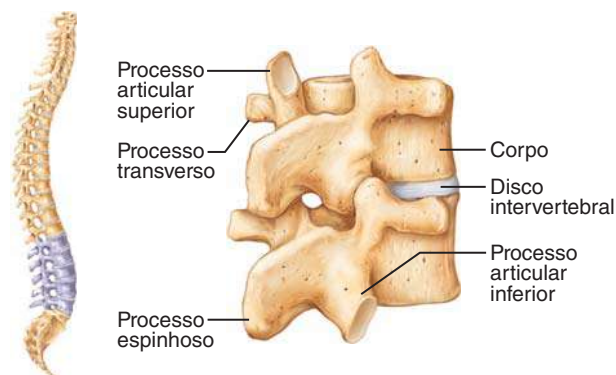
As diferentes regiões da coluna desempenham funções ligeiramente diferentes, portanto a estrutura vertebral mostra variação regional (**Figura 7.21**). Em geral, os tipos de movimentos que podem ocorrer entre as vértebras são (1) flexão e extensão (flexão anterior e estiramento posterior da coluna vertebral); (2) flexão



(a) Vértebras cervicais



(b) Vértebras torácicas



(c) Vértebras lombares

Figura 7.21 Vistas posterolaterais de vértebras articuladas. Em (a), observe o processo espinhoso proeminente da C VII, a vértebra proeminente. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 19, 20 e 21.)

lateral (flexão da parte superior do corpo para a direita ou para a esquerda) e (3) rotação, em que as vértebras fazem um movimento de rotação uma sobre a outra no longo eixo da coluna vertebral (para mais detalhes, ver Tabela 7.2).

Vértebras cervicais

As sete vértebras cervicais, identificadas como C I-C VII, são as vértebras menores e mais leves.

As duas primeiras vértebras cervicais são o *atlas* (C I) e o *áxis* (C II) (Figura 7.22). Essas duas vértebras são incomuns: não existe disco intervertebral entre elas e têm estrutura única, além de características funcionais.

Atlas, C I O *atlas* carece de um corpo e de um processo espinhoso. Essencialmente, é um anel de osso consistindo de **arcos anterior** e **posterior**, além de uma **massa lateral** em cada lado. Cada massa lateral tem faces articulares em ambas as superfícies superior e inferior. As faces articulares superiores recebem os côndilos occipitais do crânio. Assim, elas “carregam” o crânio, da mesma forma que o gigante Atlas sustentou o mundo, de acordo com a mitologia grega. Essas articulações participam da flexão e extensão da cabeça sobre o pescoço, como quando você acena com um “sim”. As faces articulares inferiores articulam-se com o *áxis*.

Áxis, C II O *áxis*, que tem um corpo, um processo espinhoso e os outros processos vertebrais típicos, não é tão especializado como o atlas. Sua única característica incomum é o **dente do áxis**, projetando superiormente a partir do seu corpo. Esse processo é realmente o corpo “ausente” do atlas que se funde com o *áxis* durante o desenvolvimento embrionário. Articulado com arco anterior do atlas (Figura 7.21a), o dente do *áxis* atua como um pivô para a rotação do atlas e do crânio. Assim, esse conjunto participa na rotação da cabeça de um lado para o outro para indicar “não”. *Áxis* é um bom nome para a segunda vértebra cervical porque seu dente permite que a cabeça gire sobre o eixo do pescoço.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Dente do áxis e o trauma fatal Em casos de traumatismo grave da cabeça, em que o crânio é impulsionado inferiormente na direção da coluna, o dente do *áxis* pode ser forçado para dentro do tronco encefálico. Alternativamente, se o pescoço é impulsionado para a frente, como em um acidente de carro, o dente do *áxis* pode ser conduzido posteriormente para dentro da medula espinal cervical. As duas lesões são fatais.

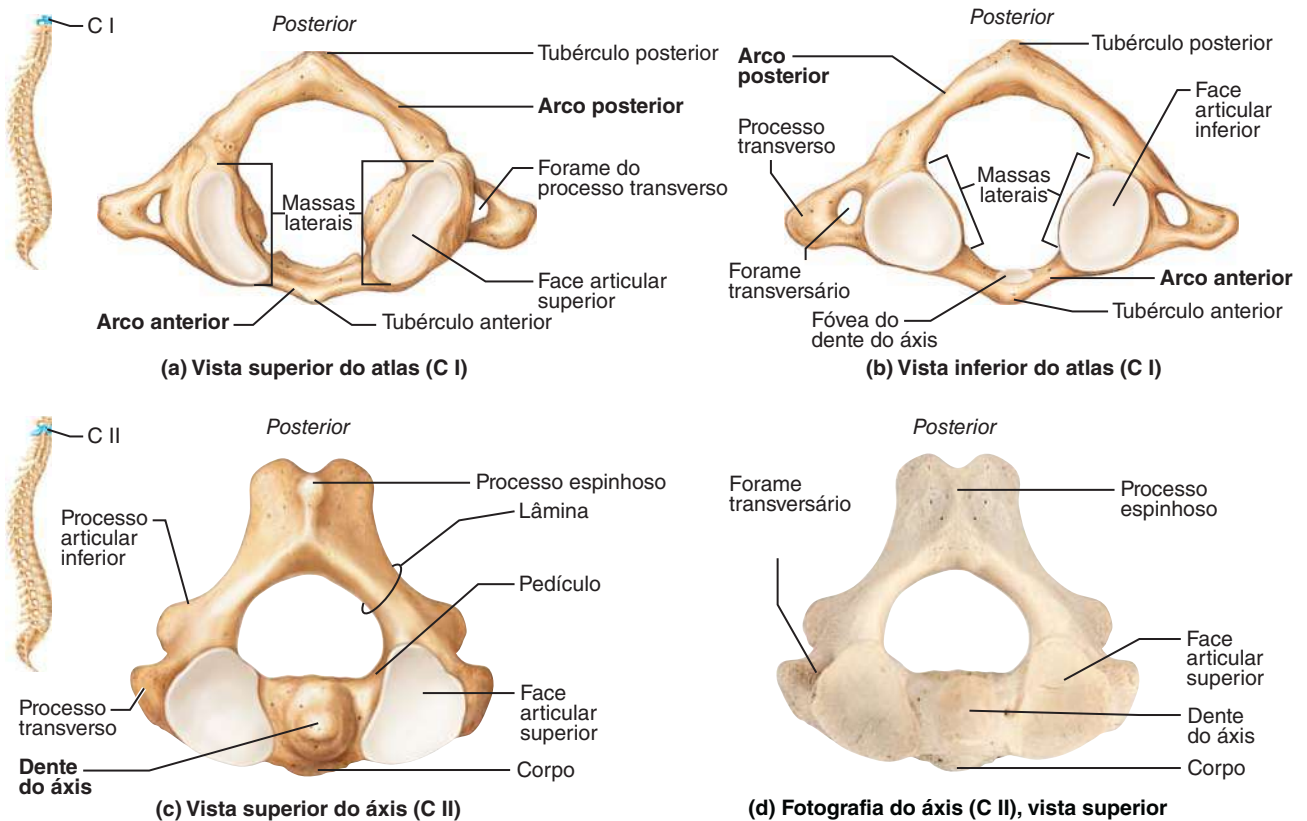


Figura 7.22 Primeira e segunda vértebras cervicais. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 18.)

Vértebras cervicais típicas, C III-C VII As vértebras cervicais comuns, C III-C VII, têm as seguintes características distintas (**Tabela 7.2**):

- O corpo é mais largo lateralmente do que na dimensão anteroposterior.
- Exceto na C VII, o processo espinhoso é curto, projeta-se diretamente posteriormente e é bífido, isto é, ele é dividido em sua extremidade.
- O forame vertebral é grande e geralmente triangular.

- Cada processo transversal contém uma abertura, um **forame transversário**, através do qual as artérias vertebrais passam. Esses vasos sobem através do pescoço para ajudar a suprir o encéfalo.
- As faces articulares superiores estão posicionadas superoposteriormente, e as faces articulares inferiores, inferoanteriormente. Assim, essas articulações encontram-se em um plano oblíquo. A orientação dessas articulações permite que o pescoço realize

Tabela 7.2

Características regionais das vértebras cervical, torácica e lombar

Característica	Cervical (III-VII)	Torácica	Lombar
Corpo	Pequeno; largo látero-lateralmente	Maior que o da cervical; em formato de coração; fôveas costais superior e inferior próximas do pedículo	Maciço, em forma de rim
Processo espinhoso	Curto; bifurcado; projeta-se posteriormente	Longo; forte; projeta-se inferiormente	Curto; achatado; retangular; projeta-se posteriormente
Forame vertebral	Triangular	Circular	Triangular
Processos transversos	Contém forames	Fôveas para os tubérculos das costelas (exceto T XI e T XII) nas superfícies anteriores	Delgados e cônicos
Processos articulares superior e inferior	Faces superiores direcionadas superoposteriormente	Faces superiores direcionadas posteriormente	Faces superiores direcionadas postero-medialmente (ou medialmente)
	Faces inferiores direcionadas inferoanteriormente	Faces inferiores direcionadas anteriormente	Faces inferiores direcionadas anterolateralmente ou lateralmente
Movimentos permitidos	Flexão e extensão; flexão lateral; rotação; região da coluna com movimento máximo	Rotação; flexão lateral possível, mas restringida pelas costelas; flexão e extensão limitadas	Flexão e extensão; alguma flexão lateral; rotação impedida

VISTA SUPERIOR

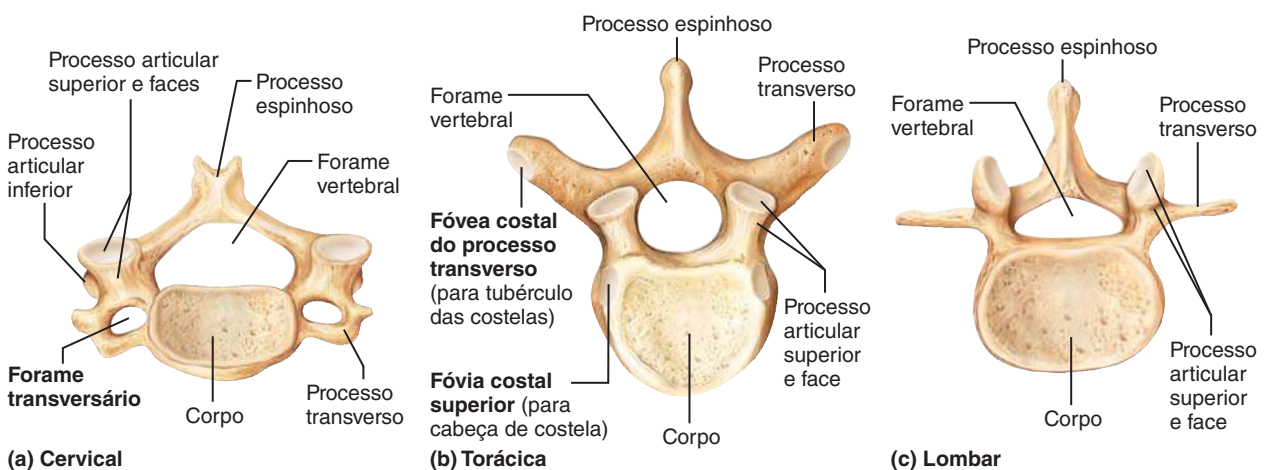
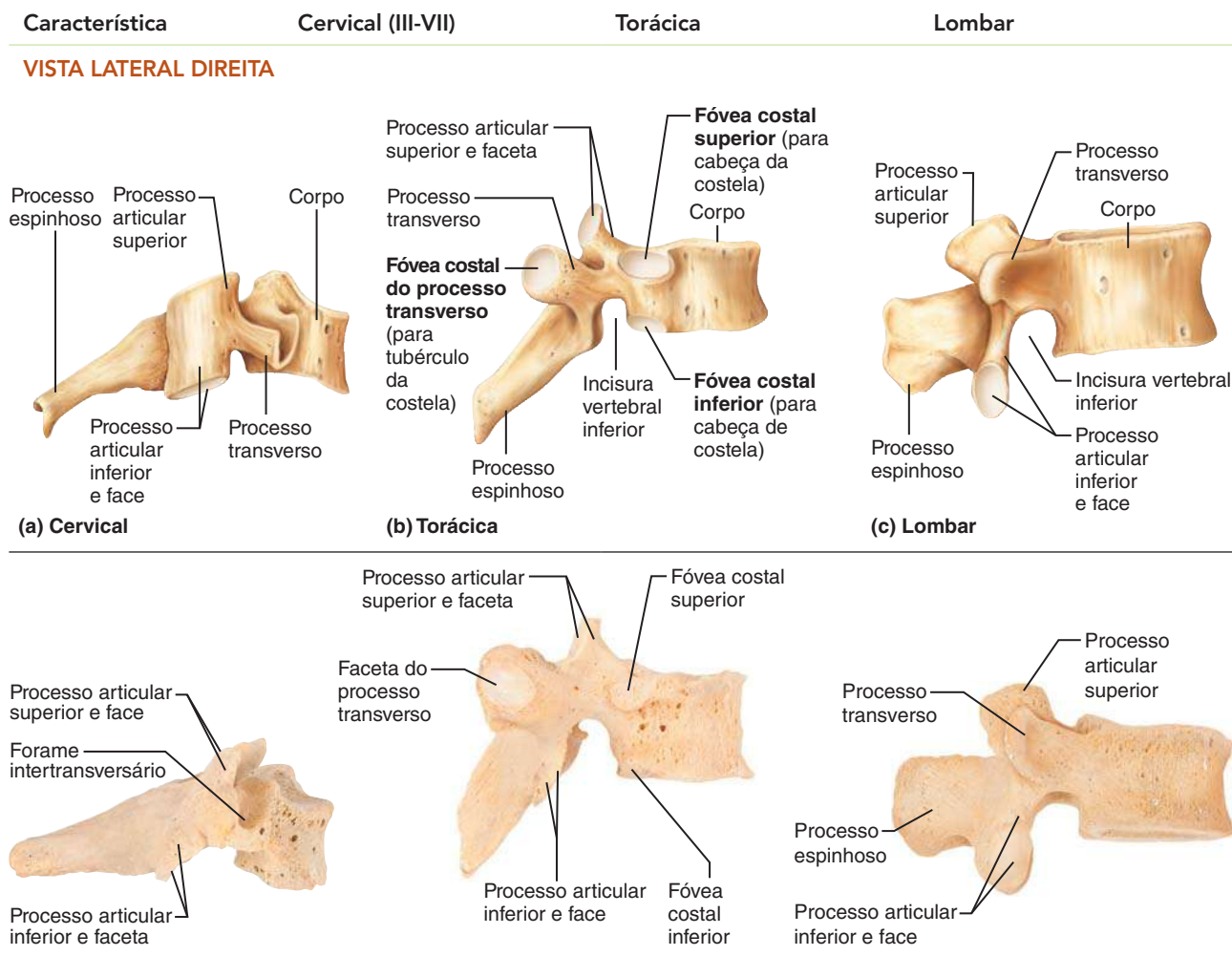


Tabela 7.2 (continuação)



uma gama extremamente ampla de movimentos: flexão e extensão, flexão lateral e rotação.

O processo espinhoso da C VII não é bifurcado, e é muito maior do que aqueles das outras vértebras cervicais (Figura 7.21a). Como seu grande processo espinhoso pode ser visto e sentido através da pele, a C VII é chamada **vértebra proeminente** e é utilizada como um ponto de referência para a contagem das vértebras em pessoas vivas. Para localizar esse marco, deslize seus dedos na direção inferior ao longo da parte posterior do seu pescoço, na linha mediana, onde você pode sentir os processos espinhosos das vértebras cervicais. O da vértebra C VII é especialmente saliente.

Vértebras torácicas

As 12 vértebras torácicas, T I–T XII (Figura 7.21b e Tabela 7.2), articulam-se com as costelas. Suas outras características únicas são:

- Superiormente, o corpo vertebral tem grosseiramente a forma de um coração. Lateralmente, cada um

dos lados do corpo vertebral possui duas pequenas depressões. A **fóvea costal superior** e a **fóvea costal inferior**. As cabeças das costelas articulam-se com essas fóveas. Para a maioria das costelas, a cabeça da costela está articulada aos corpos de duas vértebras adjacentes: a fóvea costal inferior da vértebra superior e a fóvea costal superior da vértebra inferior. A vértebra T I difere desse padrão geral, pois seu corpo apresenta uma fóvea completa para a primeira costela e uma meia-fóvea para a segunda costela; além disso, os corpos da T X–T XII têm apenas fóveas únicas para receber suas respectivas costelas.

- O processo espinhoso é longo e dirige-se inferiormente.
- O forame vertebral é circular.
- Com exceção de T XI e T XII, os processos transversos têm fóveas que se articulam com os tubérculos das costelas chamadas **facetis costais dos processos transversos** (Figura 7.21b).
- As faces articulares superiores e inferiores, que articulam vértebras adjacentes, encontram-se principal-

mente no plano frontal, ou seja, as faces articulares superiores posicionam-se posteriormente, enquanto as faces articulares inferiores posicionam-se anteriormente (Figura 7.21b). Tais articulações limitam a flexão e a extensão, mas permitem a rotação entre as vértebras adjacentes. Grande parte da habilidade de girar o tronco vem da região torácica da coluna vertebral. A flexão lateral também é possível, mas é limitada em virtude das costelas.

Vértebras lombares

A região lombar da coluna vertebral, a área comumente referida como a menor do dorso, recebe o maior estresse. A função maximizada para o suporte de peso das cinco vértebras lombares (L I–L V) reflete-se em sua estrutura robusta: em vista superior, seus corpos são maciços e reniformes (ver Tabela 7.2). Suas outras características são as seguintes:

- Os pedículos e as lâminas são mais curtos e mais espessos do que de outras vértebras.
- Os processos espinhosos são curtos, planos e em forma de um pequeno machado e projetam-se diretamente na direção posterior. Esses processos são robustos para a inserção dos grandes músculos do dorso.
- O forame vertebral é triangular.
- As faces articulares superiores estão voltadas posteromedialmente (ou medialmente), enquanto as faces articulares inferiores estão voltadas anterolateralmente (ou lateralmente) (ver Figura 7.21c), orientadas aproximadamente no plano sagital. Tais

articulações proporcionam estabilidade por evitar rotação entre as vértebras lombares, enquanto permitem flexão e extensão. A região lombar flexiona, por exemplo, quando você faz abdominais ou curva-se para pegar uma moeda no chão. Além disso, também a flexão lateral é permitida por essa região da coluna vertebral.

Sacro

O **sacro**, triangular e curvo, molda a parede posterior da pelve (Figura 7.23). Ele é formado por cinco vértebras fundidas (S I–S V); assim, a maioria das características do sacro são modificações das características vertebrais típicas. Na região superior, o sacro articula-se com a L V através de um par de **processos articulares superiores** (Figura 7.23b) e um disco intervertebral. Inferiormente, articula-se com o cóccix.

A margem anterossuperior da primeira vértebra sacral forma uma protuberância na posição anterior dentro da cavidade pélvica definida como **promontório** (*promontório* = “um ponto alto da terra projetando-se para o mar”). O centro de gravidade do corpo humano fica acerca de um centímetro posterior a esse ponto. Quatro **linhas transversas** atravessam a superfície anterior do sacro, definindo as linhas de fusão das vértebras do sacro. Os **forames sacrais anteriores** permitem a passagem das divisões ventrais (ramos ventrais) dos nervos espinhais sacrais. A grande região lateral a esses forames é simplesmente chamada *parte lateral*. Essa parte expande-se superiormente nas **asas** que se desenvolvem a partir de elementos fundidos das cos-

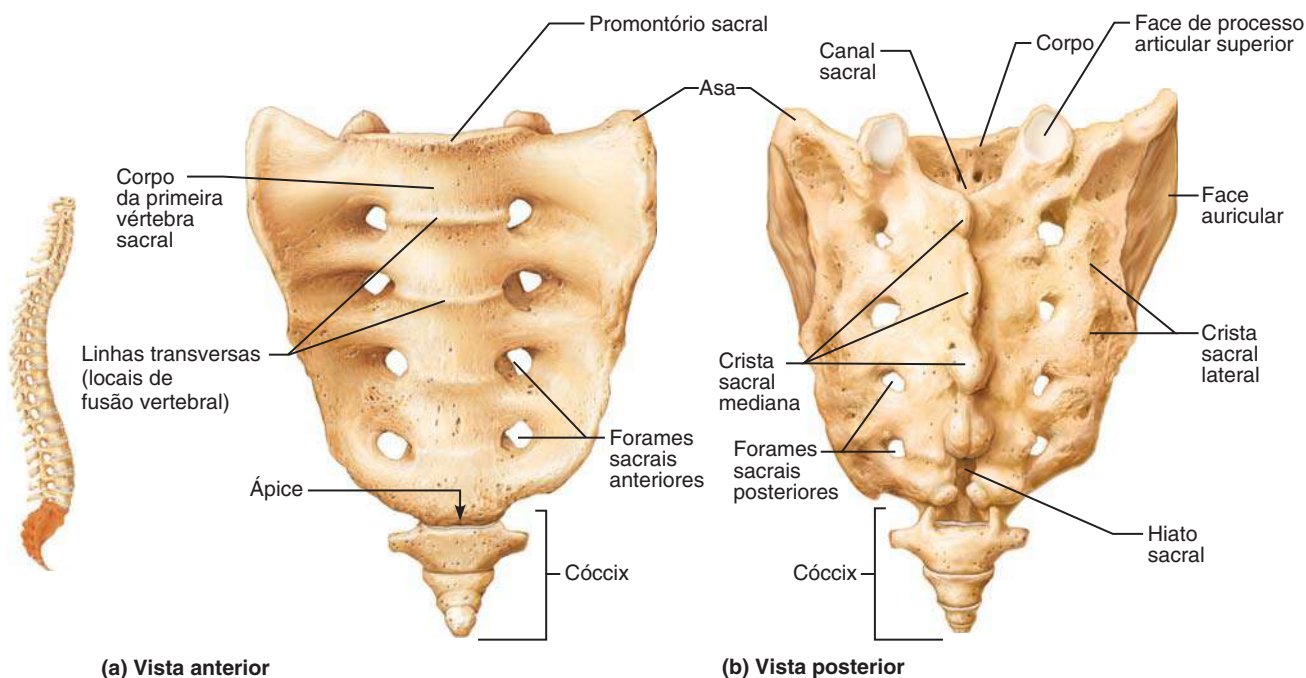


Figura 7.23 Sacro e cóccix. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 22.)

telas de S 1-S 5 (elementos embrionários das costelas desenvolvem-se em associação com todas as vértebras, embora eles só se tornem verdadeiras costelas no tórax. Em outros locais, eles se fundem nas superfícies ventrais dos processos transversos). As asas articulam-se através de suas faces auriculares com os dois ossos do quadril (ilíacos) para formar as *articulações sacroilíacas* da pelve.

Na superfície posterior, na linha mediana, encontra-se a **crista sacral mediana**, irregular, que representa os processos espinhosos fundidos das vértebras sacrais. Lateralmente a ela estão os **forames sacrais posteriores**, que permitem a passagem dos ramos dorsais dos nervos espinhais sacrais. Lateralmente a eles estão as **cristas sacrais laterais**, representando as extremidades dos processos transversos das vértebras sacrais a cada lado.

O canal vertebral continua dentro do sacro como **canal sacral**. As lâminas da quinta (e, por vezes, da quarta) vértebra sacral não conseguem fundir-se medialmente, deixando uma abertura externa alargada chamada **hiato sacral** (*hiato* = lacuna) na extremidade inferior do canal sacral.

Cóccix

O **cóccix** é pequeno e triangular (Figura 7.23). O nome *cóccix* vem de uma palavra grega para “cuco” e o osso foi assim nomeado por causa de uma semelhança imaginária a um bico da ave. O cóccix é composto de três a cinco vértebras fundidas juntas. Exceto pelo pequeno apoio que proporciona aos órgãos pélvicos, ele é quase um osso inútil. A lesão do cóccix, como a causada por queda abrupta, é extremamente dolorosa. Ocasionalmente nasce um bebê com um cóccix anormalmente longo. Na maioria desses casos, é possível ao médico cortar essa “cauda”.

✓ Verifique seu conhecimento

- 13. O que faz o processo articular superior de uma vértebra articular-se com outro processo?
- 14. Nomeie uma característica que é única para todas as vértebras cervicais.
- 15. Como você pode distinguir a vértebra torácica T XII da vértebra lombar L I?
- 16. Que parte das vértebras forma a crista sacral mediana?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

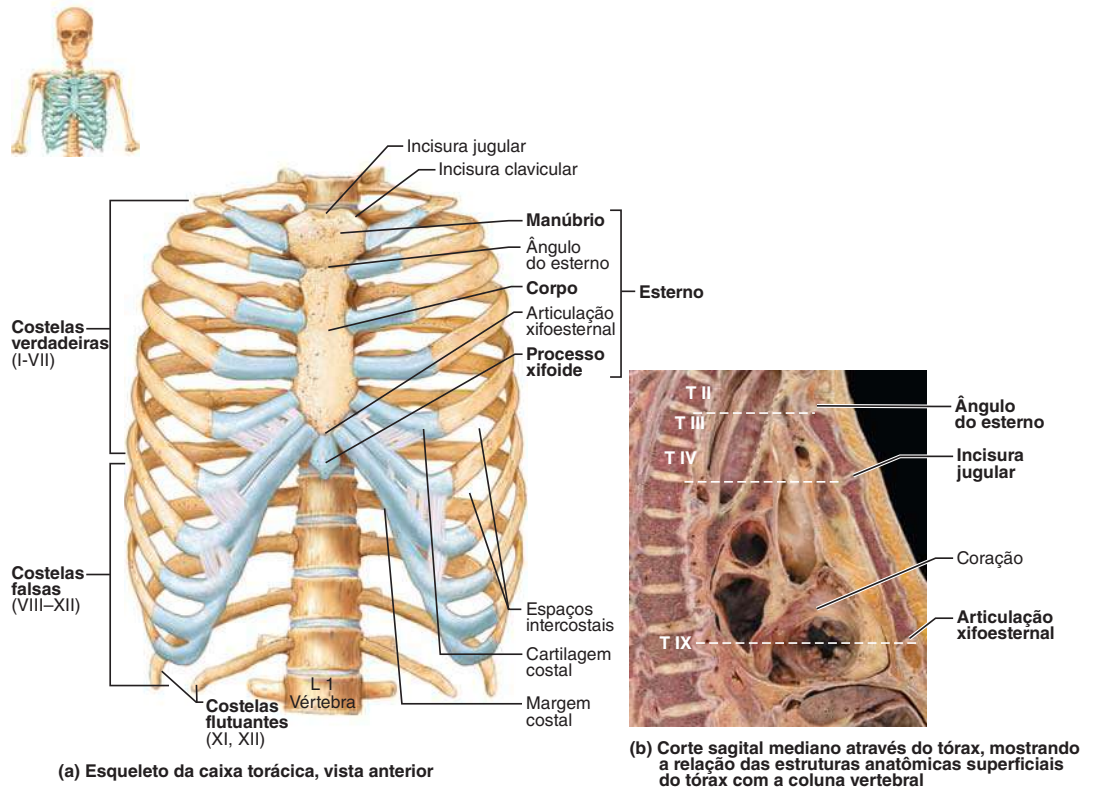


Figura 7.24 Caixa torácica. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 23.)

CAIXA TORÁCICA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ identificar as características distintivas das costelas e do esterno;
- ▶ diferenciar costelas verdadeiras das costelas falsas e explicar como elas se relacionam com as costelas flutuantes;
- ▶ descrever como uma costela típica se fixa à coluna vertebral.

A estrutura óssea do tórax (peito), chamada **caixa torácica**, tem aproximadamente a forma de um barril e inclui as vértebras torácicas posteriormente, as costelas lateralmente e o esterno e as cartilagens costais anteriormente (Figura 7.24). A caixa torácica forma uma caixa de proteção em torno do coração, pulmões e outros órgãos e também suporta os ombros e membros superiores, bem como fornece pontos de inserção para muitos músculos do dorso, pescoço, tórax e ombros. Além disso, os *espaços intercostais* são ocupados pelos músculos intercostais (*inter* = entre; *costa* = a costela), que elevam e deprimem o tórax durante a respiração.

Esterno

O **esterno** está localizado na linha média anterior do tórax. Semelhante a um punhal, é um osso plano, com aproximadamente 15 cm de comprimento, composto de três partes: o manúbrio, o corpo e o processo xifoide. O **manúbrio** (“cabo da faca”) é a parte superior e tem a forma de um nó de gravata. Suas **incisuras claviculares** articulam-se com as clavículas súpero lateralmente. Imediatamente abaixo, o manúbrio articula-se com a primeira e segunda costelas. O **corpo**, ou parte média, compõe a maior parte do esterno. É formado a partir de quatro ossos separados, um abaixo do outro, que se fundem após a puberdade. As laterais do esterno são entalhadas para articulação com as cartilagens costais da segunda à sétima costelas. O **processo xifoide** forma a extremidade inferior do esterno. Esse processo em forma de língua é uma lâmina de cartilagem hialina na juventude e não se ossifica totalmente até aproximadamente os 40 anos de idade. Em algumas pessoas, o processo xifoide projeta-se posteriormente. Golpes no peito podem empurrar esse processo para a região do coração ou fígado, causando forte hemorragia.

O esterno tem três pontos anatômicos importantes que podem ser palpados: a incisura jugular, o ângulo do esterno e a articulação xifoesternal (Figura 7.24a).

- A **incisura jugular**, também chamada *fúrcula supraesternal*, é a incisura central na margem superior do manúbrio. Se você deslizar o dedo para baixo, na superfície anterior de seu pescoço, ele vai pousar na incisura jugular, que se situa geralmente

no mesmo plano horizontal que o disco entre a segunda e terceira vértebras torácicas (Figura 7.24b).

- Imediatamente abaixo está o **ângulo do esterno**, uma crista horizontal na superfície anterior do esterno, onde o manúbrio se articula ao corpo. Essa articulação de fibrocartilagem age como uma dobradiça, permitindo que o corpo do esterno desloque-se anteriormente quando inspiramos. O ângulo do esterno está alinhado com o disco entre a quarta e quinta vértebras torácicas. Anteriormente, ele se situa no nível da segunda costela. É um ponto de referência útil para encontrá-la. Uma vez que a segunda costela está localizada, você pode fazer uma contagem para baixo para identificar todas as outras costelas (exceto a primeira e, por vezes, a décima segunda, que são muito profundas para serem palpadas). Ao localizar as costelas individuais, você identifica uma série de linhas horizontais de “latitude”, pelas quais pode localizar as vísceras da cavidade torácica.
- A **articulação xifoesternal** é onde o corpo do esterno e o processo xifoide fundem-se. Ela está localizada no nível da nona vértebra torácica. Profundamente a essa articulação está o coração, sobre o diafragma.

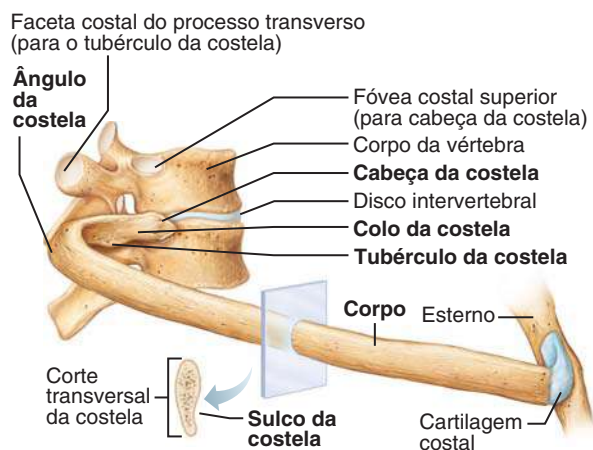
Costelas

Doze pares de **costelas** formam os lados da caixa torácica (ver Figura 7.24a). Todas as costelas articulam-se às vértebras torácicas posteriormente e projetam-se anteroinferiormente no tórax. Os sete pares superiores, que se fixam diretamente ao esterno por suas cartilagens costais, são as **costelas verdadeiras**, ou *costelas vertebrostermais*. Os cinco pares inferiores, costelas VIII a XII, são chamados **costelas falsas** porque eles se fixam ao esterno indiretamente ou não se fixam. As costelas VIII a X fixam-se ao esterno indiretamente, já que cada uma se une à cartilagem costal acima dela; estas são chamadas *costelas vertebrocondrais*. As costelas XI e XII são chamadas **costelas flutuantes**, ou *costelas vertebrais*, porque elas não têm articulações anteriores. Em vez disso, suas cartilagens costais encontram-se embutidas nos músculos da parede lateral do corpo. As costelas aumentam em comprimento dos pares I ao VII, e depois diminuem dos pares VIII ao XII. A margem inferior da caixa torácica, ou **arco costal**, é formada pelas cartilagens costais das costelas VII a X. As margens costais direita e esquerda divergem a partir da região da articulação xifoesternal, onde formam o **ângulo infraesternal** (*infra* = abaixo).

Uma costela típica é um osso plano curvado (também classificado como osso alongado) (Figura 7.25). A parte principal de uma costela é chamada de **haste** ou **corpo**. Sua margem superior é lisa, mas a sua margem inferior é forte e afilada e tem um **sulco da costela** na sua face interna, onde se localizam vasos e nervos intercostais. Além do corpo, cada costela tem uma cabeça, um colo e um



(a) Costela típica (costela 6, direita), vista posterior

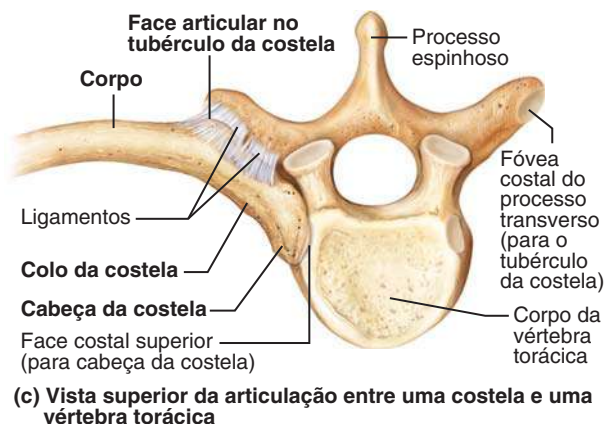


(b) Articulações esternal e vertebral de uma costela verdadeira típica

Figura 7.25 Costelas. Todas as costelas ilustradas nesta figura são do lado direito. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 23e e 23f.)

tubérculo. A **cabeça** em forma de cunha articula-se com os corpos vertebrais por duas faces articulares: uma face une-se ao corpo da vértebra torácica de mesmo número; a outra une-se ao corpo da vértebra imediatamente superior (Figura 7.25b). O **colo** de uma costela é uma região pequena, constricta à parte lateral da cabeça. Exatamente na lateral do colo, na superfície posterior, o **tubérculo** (como um botão) articula-se com o processo transverso da vértebra torácica de mesmo número (Figura 7.25c). Lateral ao tubérculo, no **ângulo** da costela, o corpo curva-se acentuadamente para a frente e estende-se até a cartilagem costal anteriormente. As cartilagens costais fornecem uniões seguras, mas flexíveis, das costelas ao esterno, e contribuem para a elasticidade da caixa torácica.

A primeira costela é atípica, pois é achatada de superior para inferior, e é bem larga (Figura 7.24a). Os vasos subclávios, a grande artéria e veia que suprem os membros superiores, correm em um sulco ao longo de sua superfície superior. Há outras exceções ao padrão de costela típica: a primeira e as costelas X-XII articulam-se somente com um corpo vertebral; as costelas



(c) Vista superior da articulação entre uma costela e uma vértebra torácica

Figura 7.25 Costelas, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 23f.)

XI e XII não se articulam com os processos transversos das vértebras.

✓ Verifique seu conhecimento

- 17. Defina o ângulo do esterno. Qual costela articula-se com o esterno nesse local?
- 18. Quais estruturas anatômicas específicas das vértebras torácicas articulam-se com a cabeça de uma costela? Onde o tubérculo de uma costela se articula?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

DISTÚRBIOS DO ESQUELETO AXIAL

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever as causas e consequências da fenda palatina;
- ▶ listar três tipos de curvaturas anormais da coluna vertebral e explicar a estenose vertebral.

Fenda palatina

Várias anomalias congênicas podem afetar o crânio. A mais comum é a **fenda palatina**, na qual as metades direita e esquerda do palato não se juntam medialmente. Esse defeito deixa uma abertura entre a boca e a cavidade nasal que interfere na sucção e na habilidade de mamar do bebê. A fenda palatina pode levar à aspiração (inalação) de alimento para dentro da cavidade nasal e para os pulmões, resultando em pneumonia. Muitas vezes acompanhada por lábio leporino (**Figura 7.26**), é reparada cirurgicamente. Recentemente, descobriu-se que a probabilidade de fenda palatina é minimizada se a mãe tomar multivitaminas contendo ácido fólico durante o início da gravidez.



Figura 7.26 Fenda palatina.

Estenose da coluna lombar

A condição conhecida como **estenose da coluna lombar** é o estreitamento do canal vertebral na região lombar. Esse distúrbio pode comprimir as raízes dos nervos espinais e causar dor nas costas. O estreitamento pode resultar de alterações degenerativas ou alterações artríticas nas articulações vertebrais e seus ligamentos ou ser causado por osteófitos projetando-se para dentro do canal vertebral.

Curvaturas anormais da coluna vertebral

Existem vários tipos de curvaturas anormais da coluna vertebral. Algumas são congênicas (presentes no nascimento), enquanto outras resultam de doença, má postura, ou por trações desiguais em músculos da coluna vertebral.

Escoliose é uma curvatura *lateral* anormal de mais de 10 graus que ocorre mais frequentemente na região torácica (**Figura 7.27a**). Um tipo, de causa desconhecida, é comum em adolescentes, especialmente



Figura 7.27 Curvaturas anormais da coluna.

em meninas. Outro, o mais grave dos casos, resulta de vértebras estruturadas anormalmente, membros inferiores de comprimento desigual ou paralisia muscular. Se os músculos de um lado do dorso são não funcionais, aqueles no lado oposto tracionam sem oposição e movem a coluna para fora do alinhamento normal. Para evitar deformidades permanentes, os médicos tratam a escoliose com cintas ou cirurgia enquanto a criança está em fase de crescimento. Escoliose grave pode comprimir o pulmão, causando dificuldade de respiração.

Cifose, ou corcunda, é uma curvatura torácica exagerada que é mais comum em mulheres idosas porque muitas vezes resulta de fraturas da coluna vertebral em consequência de uma osteoporose (**Figura 7.27b**). Também pode resultar de tuberculose da coluna ou osteomalacia.

Lordose é uma curvatura lombar acentuada (**Figura 7.27c**). A lordose temporária é comum em pessoas portadoras de uma “grande carga na frente”, tais como obesos e mulheres grávidas. Como a cifose, a lordose também pode resultar de tuberculose vertebral ou osteomalacia.

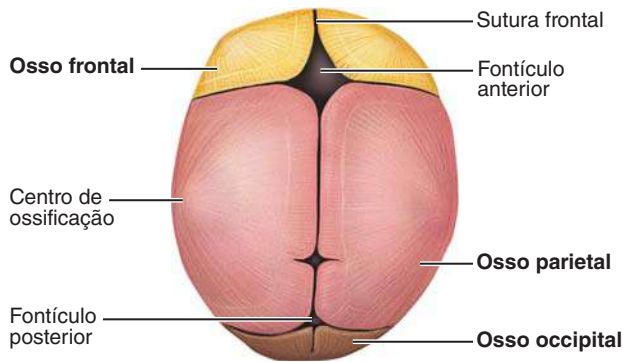
O ESQUELETO AXIAL AO LONGO DA VIDA

Objetivo de aprendizagem:

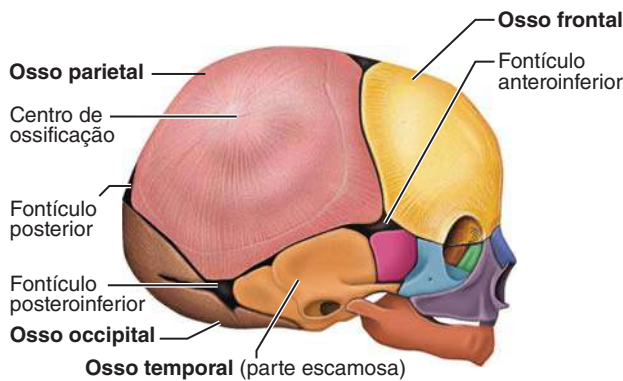
- descrever as mudanças que ocorrem com o esqueleto axial conforme crescemos.

Os ossos membranosos do crânio começam a se ossificar ao final do segundo mês do desenvolvimento. Nesses ossos planos, o tecido ósseo cresce para fora a partir de **centros de ossificação** dentro das membranas mesenquimais. No momento do nascimento, os ossos do crânio permanecem incompletos e são separados por remanescentes das membranas, e ainda não ossificados, chamados **fontículos (fontanelas)** (**Figura 7.28**). Os principais fontículos — **anterior, posterior, anterolateral e posterolateral** — possibilitam que o crânio seja levemente comprimido quando a criança passa pelo estreito canal do parto e permitem o crescimento do encéfalo do bebê. A pulsação do bebê nesses “pontos macios” é sentida como se houvesse água jorrando (*fontículo* significa “pequena fonte”). O grande fontículo anterior, em forma de diamante, ainda pode ser sentida de um ano e meio a dois depois do nascimento. As outras são geralmente substituídas por osso até o final do primeiro ano.

Enquanto os ossos da calvária e da face formam-se diretamente do mesênquima por ossificação intramem-



(a) Vista superior



(b) Vista lateral

Figura 7.28 Crânio de recém-nascido. Note os fontículos e os centros de ossificação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 16.)

branosa, aqueles na base do crânio desenvolvem-se a partir da cartilagem, por ossificação endocondral. Mais especificamente, os ossos endocondrais do crânio são o occipital (exceto o extremo da sua parte posterossuperior), a parte petrosa do temporal, a maior parte do esfenóide e do etmoide.

No momento do nascimento, os ossos do crânio são delgados. O osso frontal e a mandíbula começam como ossos pares que se fundem medialmente durante a infância. A parte timpânica do osso temporal é meramente um anel em forma de C em recém-nascidos.

O crânio muda ao longo da vida, mas as mudanças são mais drásticas durante a infância. Ao nascer, o crânio do bebê é enorme em relação a sua face pequena (veja a Figura 7.28). As maxilas e a mandíbula são comparativamente pequenas, e os contornos da face são planos. Aos 9 meses de idade, o crânio já está na metade do seu tamanho adulto. Aos 2 anos, é três quartos de seu pleno tamanho, e aos 8 ou 9 anos o crânio já terá quase atingido o seu tamanho total.

Entre as idades de 6 e 13 anos, no entanto, a cabeça parece ampliar substancialmente porque a face literalmente cresce a partir do crânio, assim como a mandíbula, as bochechas e o nariz tornam-se mais proeminentes. O alargamento da face está relacionado com uma expansão do nariz, dos seios paranasais e dos músculos da mastigação, além do desenvolvimento de grandes dentes permanentes.

Os problemas com a coluna vertebral, tais como lordose ou escoliose, podem aparecer durante os primeiros anos escolares, quando o crescimento rápido dos ossos longos dos membros alonga muitos músculos. As crianças normalmente têm uma ligeira lordose porque seguram o abdome na posição anterior para contrabalançar o peso de suas cabeças relativamente grandes, mantidas levemente na posição posterior. Durante a infância, o tórax fica mais largo, mas a postura adulta verdadeira (cabeça erguida, ombros para trás, abdome para dentro e queixo para fora) não se desenvolve até a adolescência.

O envelhecimento afeta muitas partes do esqueleto, especialmente a coluna vertebral. O teor de água dos discos intervertebrais diminui. Como os discos se tornam mais estreitos e menos elásticos, o risco de hérnia aumenta. Aos 55 anos, é comum a perda de alguns centímetros da altura. Um encurtamento adicional do tronco pode ser causado por osteoporose da coluna vertebral que leva à cifose, que é às vezes chamada de “corcunda da viuvez” em adultos mais idosos.

Com o aumento da idade, o tórax torna-se mais rígido, principalmente porque as cartilagens costais se ossificam. Essa perda de elasticidade da caixa torácica leva a uma respiração superficial, que por sua vez conduz à troca gasosa menos eficiente nos pulmões. Lembre-se de que todos os ossos perdem massa com a idade. Os ossos do crânio perdem menos massa que a maioria, mas perdem o suficiente para alterar os contornos faciais da pessoa idosa. Como o tecido ósseo da mandíbula e das maxilas diminui, esses ossos parecem pequenos e ficam, novamente, com aspecto infantil. Se uma pessoa idosa perde seus dentes, a perda óssea na região das maxilas é acelerada porque o osso da região alveolar (soquetes dos dentes) é reabsorvido.

✓ Verifique seu conhecimento

- 19. Quais ossos do crânio formam dois ossos individuais que se fundem durante a infância, para formar um osso único na idade adulta?
- 20. Qual curvatura anormal da coluna vertebral está associada com a perda óssea degenerativa relacionada à idade?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Craniotomia (“corte no crânio”) Cirurgia para remover parte do crânio, realizada geralmente para ter acesso ao encéfalo — por exemplo, para remover um tumor cerebral, um coágulo de sangue ou uma amostra de tecido do cérebro para uma biópsia. Um pedaço do crânio é removido da seguinte maneira: os médicos perfuram o crânio com uma série de orifícios circulares, a intervalos regulares, para delinear uma área e, em seguida, com uma serra neurocirúrgica, são realizados cortes entre esses furos. Ao final da cirurgia, a região do osso removida é recolocada e ele cicatriza normalmente.

Fusão espinhal Procedimento cirúrgico que envolve inserção de lascas de osso (como em um enxerto de tecido) para estabilizar uma porção da coluna vertebral, particularmente após a fratura de uma vértebra ou o prolapso de um disco.

Golpe de chicote cervical Lesão na região do pescoço causada por uma sequência rápida de hiperextensão seguida por hiperflexão do pescoço. Resulta, geralmente, de uma colisão traseira em um carro. Danos e dor geralmente resultam de alongamento dos ligamentos e articulações entre as vértebras do pescoço e rompimento de músculos do pescoço. O tratamento envolve a utilização de uma cinta no pescoço, analgésicos, drogas relaxantes para o músculo e fisioterapia.

Laminectomia Remoção cirúrgica de uma lâmina vertebral. Laminectomias são geralmente realizadas para ter acesso e tratar uma hérnia de disco.

Ortopedista ou **cirurgião ortopédico** Médico especialista em recuperar função perdida ou restaurar danos aos ossos e articulações.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. O esqueleto axial constitui o eixo longitudinal do corpo. Suas partes são o crânio, a coluna vertebral e a caixa torácica. O esqueleto apendicular, por sua vez, consiste dos ossos dos membros com seus cingulos: superior (ombro) e inferior (quadril).

CRÂNIO (p. 159-177)

2. O crânio forma a calvária e a base do crânio e protege o encéfalo. O esqueleto facial fornece aberturas para os olhos, para as áreas respiratórias e passagens digestórias, além de áreas para inserção dos músculos faciais.
3. Quase todos os ossos do crânio são unidos por suturas imóveis.
4. Os oito ossos do crânio são: parietal e temporal (pares) e frontal, occipital, esfenoide e etmoide (ímpares). (Ver Tabela 7.1, p. 171-172.)
5. Os 14 ossos da face são as maxilas, zigomáticos, nasais, lacrimais, palatinos e as conchas nasais inferiores (pares), além dos ímpares mandíbula e vômer (ver Tabela 7.1).
6. A cavidade nasal e órbitas são regiões complexas do crânio, cada uma formada por muitos ossos (ver Figuras 7.14 e 7.16).
7. Os seios paranasais estão localizados nos ossos frontal, etmoide, esfenoide e maxilas. Eles são extensões da cavidade nasal, com a qual estão conectados.
8. O osso hioide curvo, na região anterior do pescoço, serve como uma base móvel para a língua, entre outras funções.

COLUNA VERTEBRAL (p. 177-186)

9. A coluna vertebral inclui 26 ossos irregulares: 24 vértebras, o sacro e o cóccix.
10. A coluna vertebral tem cinco grandes regiões: das vértebras cervicais (7), das vértebras torácicas (12), das vértebras lombares (5), do sacro e do cóccix. As curvaturas

cervical e lombar são côncavas posteriormente e as curvaturas torácica e sacral são convexas posteriormente.

11. As curvaturas torácica e sacral são curvaturas primárias, presentes no momento do nascimento. A curvatura cervical torna-se pronunciada quando um bebê começa a levantar sua cabeça, e a curvatura lombar desenvolve-se quando uma criança começa a andar. Essas duas últimas são as curvaturas secundárias.
12. A coluna vertebral é suportada por uma série de ligamentos, incluindo os ligamentos longitudinais anterior e posterior, que se posicionam ao longo do corpo das vértebras do pescoço até o sacro, e os ligamentos amarelos, um ligamento elástico especialmente forte que está posicionado entre as lâminas de vértebras adjacentes.
13. Os discos intervertebrais, com seu núcleo pulposo e anéis fibrosos, funcionam como amortecedores e dão flexibilidade à coluna vertebral. Hérnias de disco geralmente envolvem ruptura do anel, seguida por protrusão do núcleo.
14. Com exceção da C I, todas as vértebras cervicais, torácicas e lombares têm um corpo, dois processos transversos, dois processos articulares superiores e dois inferiores, um processo espinhoso, um forame e um arco vertebrais.
15. O atlas e o áxis (C I e C II) são vértebras atípicas. A forma de anel do atlas suporta o crânio e ajuda a tornar os movimentos de negação com a cabeça possíveis. O áxis tem um dente que permite à cabeça fazer esses movimentos de rotação.
16. Características especiais distinguem as vértebras cervicais, torácicas e lombares umas das outras (ver Tabela 7.2, p. 182-183). A orientação das faces articulares determina os movimentos possíveis nas diferentes regiões da coluna vertebral. O sacro e o cóccix, grupos de vértebras fundidas, contribuem para formar a parede posterior da pelve.

CAIXA TORÁCICA (p. 186-187)

17. A caixa torácica inclui os 12 pares de costelas, o esterno e as vértebras torácicas.
18. O esterno é composto pelo manúbrio, corpo e processo xifoide. Marcos importantes são a incisura jugular, o ângulo do esterno e a articulação xifoesternal.

19. Os primeiros sete pares de costelas são chamados costelas verdadeiras, o restante são costelas falsas. A décima primeira e décima segunda são chamadas costelas flutuantes. Uma costela típica consiste de uma cabeça com faces, um colo, um tubérculo e um corpo. Uma cartilagem costal ocorre na extremidade ventral de cada costela.

DISTÚRBIOS DO ESQUELETO AXIAL (p. 187-188)

20. Fenda palatina, uma má-formação congênita, ocorre quando os ossos do palato duro não se fundem medialmente. A estenose da coluna vertebral lombar é um estreitamento patológico do canal vertebral na região lombar. Escoliose, cifose e lordose são três tipos de curvaturas anormais da coluna vertebral.

O ESQUELETO AXIAL AO LONGO DA VIDA (p. 188-190)

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

1. Associe os ossos da coluna B com as descrições da coluna A (algumas informações da coluna A requerem mais de uma resposta na coluna B).

Coluna A	Coluna B
(1) Ossos conectados pela sutura coronal	(a) etmoide
(2) Osso mais importante do crânio	(b) frontal
(3) Osso mais importante da face	(c) mandíbula
(4) Ossos que formam o palato duro	(d) maxila
(5) Osso que contém o forame magno	(e) occipital
(6) Forma o mento	(f) palatino
(7) Contém os seios paranasais	(g) parietal
(8) Contém células aéreas da mastoide	(h) esfenóide
	(i) temporal

2. Discos intervertebrais com hérnia tendem a apresentar hérnia na posição: (a) superior, (b) anterolateral, (c) posterolateral, (d) lateral.

3. As partes do esterno que se articulam no ângulo do esterno são: (a) xifoide e corpo, (b) xifoide e manúbrio, (c) manúbrio e corpo, (d) segundas costelas.

4. A única costela cujo corpo é achatado no plano horizontal em vez de no vertical é (a) a primeira costela, (b) a sétima costela, (c) a décima primeira costela, (d) a décima segunda costela.

5. O nome da primeira vértebra cervical é (a) atlas, (b) áxis, (c) occipício, (d) vértebra proeminente.

6. Associe as vértebras listadas na coluna B com as características na coluna A.

Coluna A	Coluna B
(1) nenhum processo espinhoso	(9) processo transverso
(2) forame transverso	(10) faces articulares direcionadas medialmente/lateralmente
(3) faces articulares superiores	
(4) dente	
(5) faces costais dos processos transversos	
(6) corpo reniforme	
(7) processo espinhoso bifido	
(8) forame vertebral circular	

21. Fontículos são regiões cobertas de membrana entre os ossos do crânio de uma criança. Eles permitem o crescimento do encéfalo e facilitam a passagem da cabeça da criança pelo canal do parto durante o nascimento.
22. A maioria dos ossos do crânio são ossos membranosos. Os únicos ossos de origem endocondral do crânio são a maior parte do occipital e esfenóide, a parte petrosa do temporal e o etmoide.
23. O crescimento do crânio no início da vida está intimamente relacionado com o rápido crescimento do encéfalo. O alargamento da face no final da infância segue o desenvolvimento dos dentes, além da expansão do nariz, dos seios paranasais e dos músculos da mastigação.
24. Na fase idosa, os discos intervertebrais estreitam-se. Isso, juntamente com a osteoporose, leva a uma diminuição gradual na altura do indivíduo.

Coluna B	Coluna A
(d) vértebras torácicas	(1) atlas apenas
(e) vértebras lombares	(2) áxis apenas
(f) todas as vértebras	(3) vértebras cervicais
	7. Associe o forame na coluna B com o osso na coluna A no qual ele está localizado.

Coluna A	Coluna B
(1) osso etmoide	(a) canal do hipoglossos
(2) maxila	(b) forame oval
(3) osso esfenóide	(c) meato acústico externo
(4) osso occipital	(d) forame infraorbital
(5) osso temporal	(e) forame da lâmina cribiforme

Dissertativas

8. No feto, como é que as proporções relativas do crânio e face comparam-se com as do crânio de um adulto jovem?
9. Nomeie e desenhe as quatro curvaturas vertebrais normais. Quais são primárias e quais são secundárias?
10. Liste duas características estruturais específicas de cada vértebra cervical, torácica e lombar que permitam que qualquer pessoa identifique cada tipo corretamente.
11. (a) Qual é a função dos discos intervertebrais? (b) Diferencie o anel fibroso do núcleo pulposo de um disco. (c) Que região desenvolve uma hérnia na condição chamada disco prolapsado?
12. As costelas flutuantes são costelas verdadeiras ou costelas falsas? Explique.
13. Descreva brevemente as características anatômicas e o comprometimento de função vistos em uma fenda palatina.
14. Compare o esqueleto de um adulto jovem ao de uma pessoa com 85 anos de idade no que se refere à massa óssea em geral e à estrutura óssea do crânio, do tórax e da coluna vertebral.
15. Identifique que tipos de movimento são permitidos pela região lombar da coluna vertebral e compare-os com os movimentos permitidos pela região torácica.
16. Liste os ossos presentes em cada uma das três fossas cranianas.

17. Descreva as características importantes do esterno.
18. Defina as seguintes estruturas de uma forma que mostre que você pode diferenciá-las: arco vertebral, canal vertebral, forame vertebral e forame intervertebral.
19. Descreva onde os quatro fontículos principais estão localizados em relação às principais suturas do crânio.
20. O professor Paulo Spigel apontou para o forame magno do crânio e disse: “Isso é o lugar onde a comida vai. O alimento passa através deste buraco quando você engole”. Alguns dos alunos acreditaram nele, mas outros disseram que aquilo era um grande erro. Você pode corrigir a afirmação dele?
21. Em seu curso de anatomia, podem lhe entregar uma vértebra isolada e lhe pedirem para determinar se se trata de osso da coluna cervical, torácica ou lombar. Elabore um esquema confiável para distinguir esses três tipos de vértebras.
22. Descreva como uma costela verdadeira típica (por exemplo, a quinta costela) articula-se com a coluna vertebral e o esterno.

Análise crítica e aplicação clínica

1. Antônio foi atingido na face durante uma prática de beisebol. Uma radiografia revelou múltiplas fraturas dos ossos ao redor de uma órbita. Nomeie os ossos que formam as margens de uma órbita.
2. Linda teve poliomielite quando criança e ficou parcialmente paralisada, o que afetou um membro inferior por mais de um ano. Embora não esteja mais paralisada, ela tem agora uma grave curvatura lateral na coluna lombar. Explique o que aconteceu e nomeie sua condição.
3. Valter, um homem que toma bastante cerveja e apresenta uma barriga protuberante, queixou-se de fortes dores na região inferior das costas. Depois da realização de algumas radiografias, foi descoberto que ele tinha sofrido deslocamento das vértebras em sua região lombar. Como é chamada essa condição e o que poderia causá-la?
4. Que região da coluna vertebral (cervical, torácica ou lombar) é mais provável sofrer uma hérnia de disco?
5. Depois de sofrer queda de um cavalo, Márcia queixou-se de dor no lado direito de seu tórax, que se intensificou quando ela respirou fundo ou tossiu. O técnico de emergência médica suspeitou de uma costela quebrada. Usando palpação, como o técnico poderia identificar a localização precisa de uma lesão?

Ossos, parte 2: o esqueleto apendicular

8

Cíngulo do membro superior 194

Clavícula 194

Escápula 195

Membro superior 196

Braço 196

Antebraço 198

Ulna 198

Rádio 199

Mão 199

Cíngulo do membro inferior 202

Ílio 202

Ísqüio 204

Púbis 204

Pelve e reprodução 205

Membro inferior 205

Coxa 205

Perna 208

Pé 211

Distúrbios do esqueleto apendicular 213

O esqueleto apendicular ao longo da vida 213

Os ossos dos membros e seus cíngulos estão anexados ou apensos ao esqueleto axial. Assim, esse conjunto é chamado coletivamente de **esqueleto apendicular** (veja Figura 7.1, p. 158). O cíngulo superior (peitoral) une os membros superiores ao tronco, enquanto o cíngulo inferior (cintura pélvica) desempenha a mesma função nos membros inferiores. Embora os ossos dos membros superiores e inferiores cumpram funções diferentes, eles compartilham o mesmo plano estrutural básico, isto é, cada membro é composto de três segmentos: mãos, antebraços e braços nos membros superiores; pés, pernas e coxas nos membros inferiores.



▲ Ossos da mão de uma pessoa de 12 anos de idade (imagem de raio X colorizada).

O esqueleto apendicular permite a realização de grande variedade de movimentos típicos de um estilo de vida ativo, dinâmico, com capacidade para movimentar e manipular objetos. Cada vez que você dá um passo, joga uma bola, segura e manuseia um lápis para escrever ou até mesmo dirige um carro, você usa seu esqueleto apendicular.

Os ossos do esqueleto apendicular estão ilustrados e descritos em detalhes neste capítulo.

CÍNGULO DO MEMBRO SUPERIOR

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ identificar os ossos que formam o cingulo do membro superior e explicar suas funções;
- ▶ identificar as características ósseas importantes da escápula e da clavícula.

O **cingulo do membro superior**, ou *cintura escapular*, consiste de uma clavícula na posição anterior, e uma escápula posteriormente (**Figura 8.1**). O cingulo, ou cintura, em cada lado, e seus músculos associados formam os ombros. O termo *cintura* justifica-se pela cinta que circunda completamente o corpo, mas essas cinturas não satisfazem totalmente a essa descrição: na posição anterior, a extremidade medial de cada clavícula

une-se ao esterno, e as extremidades laterais unem-se às escápulas. As duas escápulas, no entanto, não completam o anel posteriormente, porque suas margens mediais não se unem umas às outras ou ao esqueleto axial.

Além de unir o membro superior ao tronco, o cingulo superior fornece fixação para muitos músculos que movem o membro. Ele é leve e permite que os membros superiores sejam bastante móveis. Essa mobilidade resulta de dois fatores:

1. Como só a clavícula está unida ao esqueleto axial, a escápula pode mover-se livremente em torno do tórax, permitindo que o braço se movimente com ela.
2. O soquete da articulação do ombro — a cavidade glenoidal — é rasa e por isso não restringe o movimento do úmero (osso do braço). Embora esse arranjo seja bom para a flexibilidade, é ruim para a estabilidade: luxações de ombro são bastante comuns.

Clavícula

As **clavículas** (“pequenas chaves”), ou colar de ossos, são ossos delgados, em forma de S, que se estendem horizontal e superoanteriormente no tórax (Figura 8.1a). A **extremidade esternal**, em forma de cone, articula-se ao manúbrio do osso esterno medialmente, e a **extremidade acromial** achatada articula-se com a

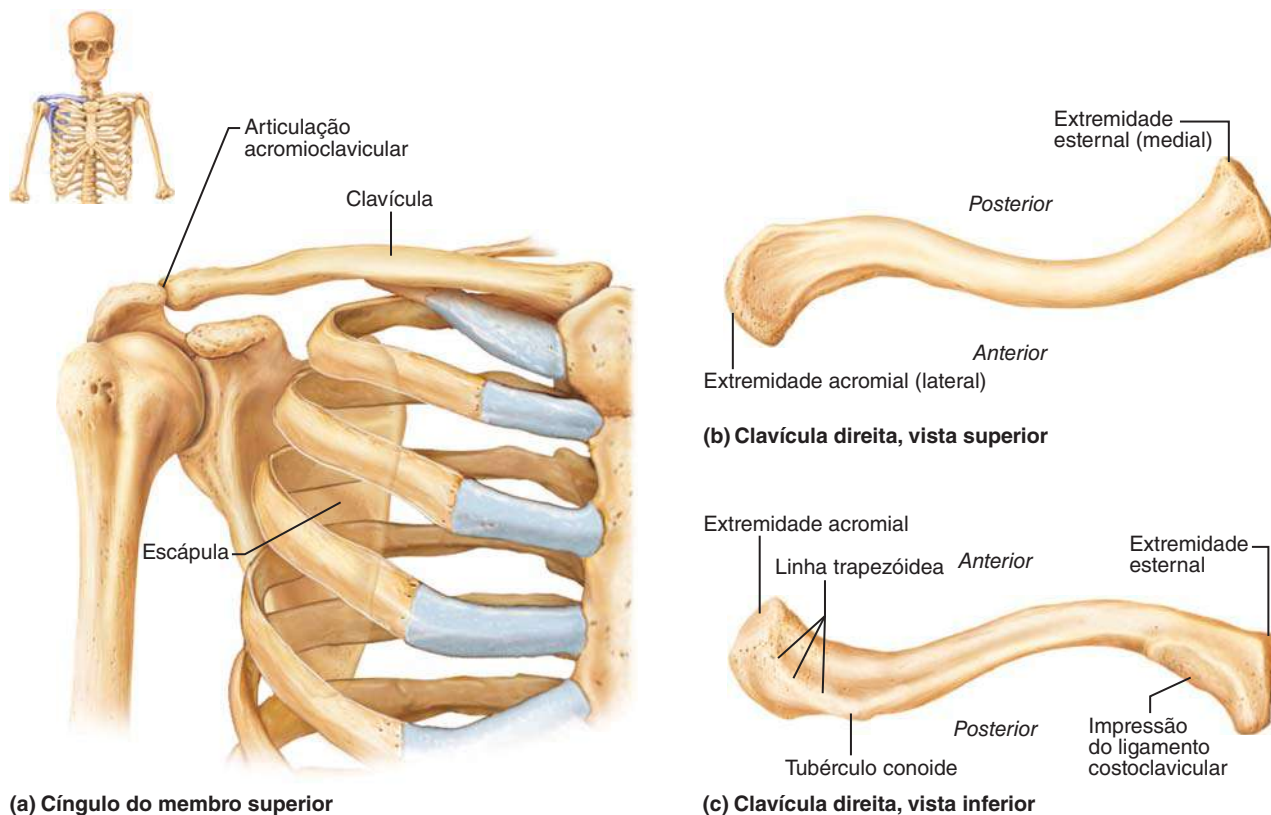


Figura 8.1 Cingulo superior: clavícula. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 24.)

escápula lateralmente (Figura 8.1b e c). Os dois terços mediais da clavícula são convexos anteriormente — você pode sentir essa projeção anterior em si mesmo quando palpar a clavícula. O terço lateral é côncavo anteriormente. A superfície superior é quase lisa, mas a superfície inferior é estriada e sulcada para permitir a inserção dos ligamentos e músculos que fixam a clavícula à caixa torácica e à escápula. A espessa **linha trapezóidea** e o **tubérculo conoide** (ver Figura 8.1c) fornecem fixação para um ligamento que vai na direção do processo coracoide da escápula (definida a seguir), e uma área áspera perto da extremidade do esterno é o local de inserção do ligamento costoclavicular, um ligamento que liga a clavícula à primeira costela.

As clavículas executam várias funções, pois, além de fornecer fixação para os músculos, funcionam como braços que mantêm as escápulas e os braços lateralmente ao tórax. Essa função torna-se evidente quando a clavícula é fraturada: toda a região dos ombros cai medialmente. As clavículas também transmitem forças de compressão aplicadas aos membros superiores para o esqueleto axial, como quando alguém coloca ambos os braços à frente e empurra um carro, por exemplo.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Fraturas da clavícula As clavículas não são muito fortes e podem ser fraturadas com frequência. Isso pode ocorrer quando uma pessoa cai sobre a margem lateral do ombro, ou é atingida diretamente na clavícula em um esporte de contato, ou usa os braços estendidos para aliviar uma queda. A fratura de uma clavícula também é uma lesão comum em acidentes automobilísticos nos quais os ocupantes do veículo estavam usando cintos de segurança. As curvas na clavícula garantem que ela normalmente frature na posição anterior (para fora) em seu terço médio. Se fosse para fraturar posteriormente (para dentro), lascas de ossos poderiam atingir os principais vasos sanguíneos para o braço, os vasos subclávios, que se encontram logo abaixo da clavícula.



Escápula

As **escápulas** são ossos planos, triangulares e delgados (Figura 8.2) localizados na superfície dorsal da caixa torácica, entre a segunda costela (na posição superior) e a sétima costela (na posição inferior). Cada escápula tem três margens. A **margem superior** é a mais curta e mais forte. A **margem medial**, ou *margem vertebral*, é paralela à coluna vertebral. A **margem lateral** (ou axilar) espessa, margeia a axila e termina na posição superior em uma fossa rasa, a **cavidade glenoidal** (*glenoidal* = em forma de poço) (Figura 8.2c). Essa cavidade articula-se com o úmero, formando a articulação do ombro.

Como todos os triângulos, a escápula tem três cantos, ou ângulos: a cavidade glenoidal situa-se no **ângulo lateral** da escápula; o **ângulo superior** é onde as margens superior e medial encontram-se; e o **ângulo inferior** está na junção das margens medial e lateral. O ângulo inferior move-se quando o braço é levantado e abaixado e é um marco importante no estudo dos movimentos escapulares.

A face costal da escápula (anterior) é ligeiramente côncava e com pouco detalhes. O **processo coracoide** projeta-se anteriormente da parte lateral da margem superior. A raiz *corac* significa “como um bico de corvo”, mas esse processo se parece mais com um dedo torto. É um ponto de fixação para o músculo bíceps do braço. Ligamentos fortes também vinculam o processo coracoide à clavícula. Imediatamente medial ao processo coracoide está a **incisura da escápula** (passagem para o nervo supraescapular), e imediatamente lateral a ele encontra-se a cavidade glenoidal.

A face posterior apresenta uma **espinha** proeminente que é facilmente sentida através da pele. Essa espinha termina lateralmente numa projeção plana, o **acrômio** (“ápice do ombro”), que se articula com a extremidade acromial da clavícula.

Três grandes fossas ocorrem em ambas as superfícies da escápula e são nomeadas de acordo com sua localização. As **fossas infraespalinal** (“abaixo da espinha”) e **supraespalinal** (“acima da espinha”) encontram-se na posição inferior e superior à espinha escapular, respectivamente (Figura 8.2b). A **fossa subescapular** (“sob a escápula”) é a concavidade rasa formada por toda a superfície anterior da escápula (Figura 8.2a). Preenchendo essas fossas estão músculos de mesmos nomes: *infraespalinal*, *supraespalinal* e *subescapular*.

✓ Verifique seu conhecimento

1. Qual é a parte da escápula que se articula com a clavícula?
2. De que forma o cingulo do membro superior se une ao esqueleto axial?
3. Nomeie as três fossas da escápula e descreva sua localização.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

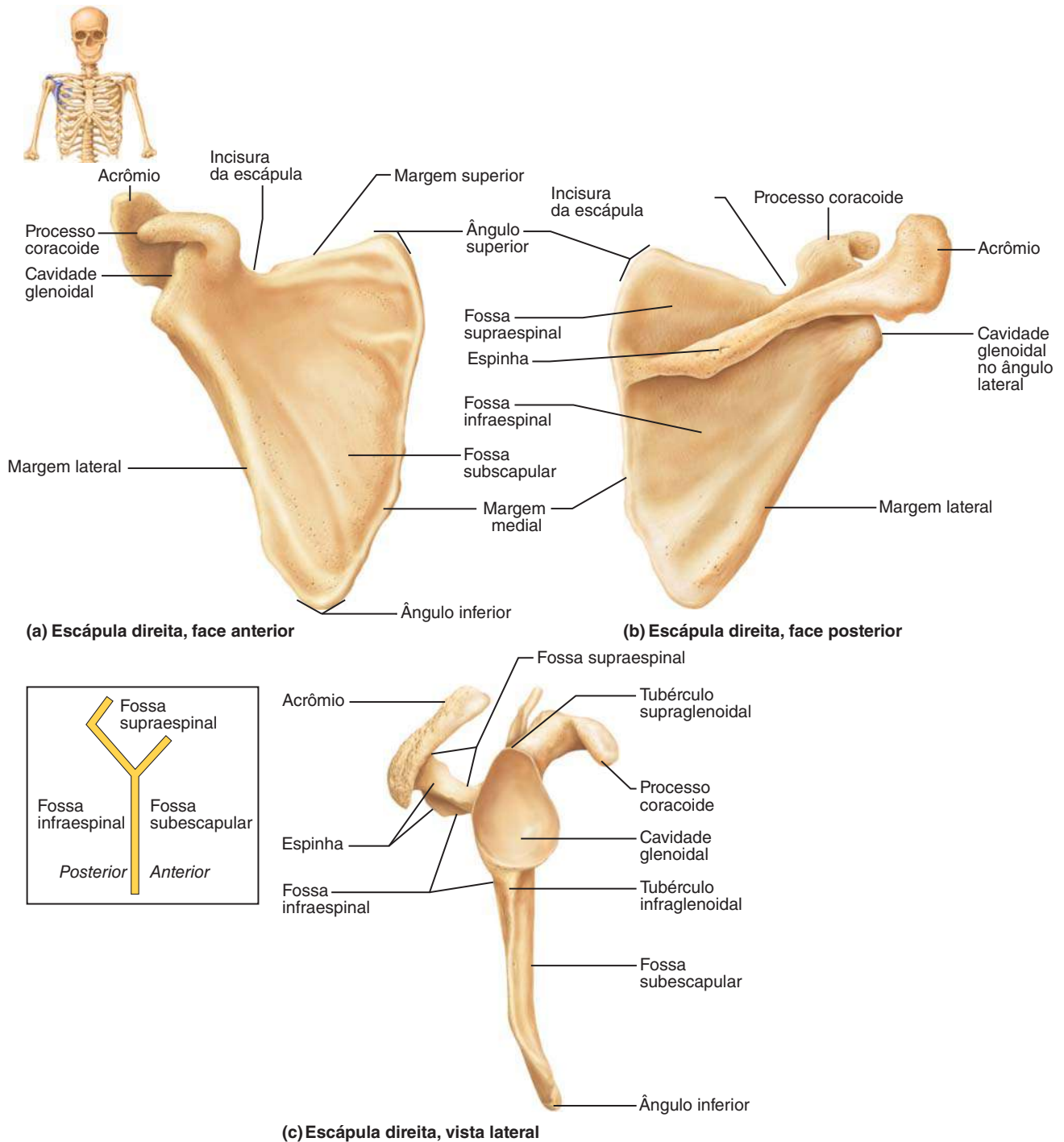


Figura 8.2 Escápula. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 24.)

MEMBRO SUPERIOR

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ identificar os ossos dos membros superiores e suas características importantes e descrever como eles se articulam uns com os outros.

Trinta ossos formam o esqueleto do membro superior (veja Figuras 8.3 a 8.6) e estão agrupados em ossos do braço, do antebraço e da mão (**Tabela 8.1**, p. 201).

Braço

Anatomistas usam o termo *braço* ou *braquial* para designar a parte do membro superior entre o ombro e o cotovelo apenas. O **úmero** é o único osso do braço (**Figura 8.3**). Sendo o maior e mais longo osso no membro superior, articula-se com a escápula no ombro e com o rádio e a ulna (ossos do antebraço) no cotovelo.

Na extremidade proximal do úmero está a **cabeça** hemisférica, que se encaixa na cavidade glenoidal

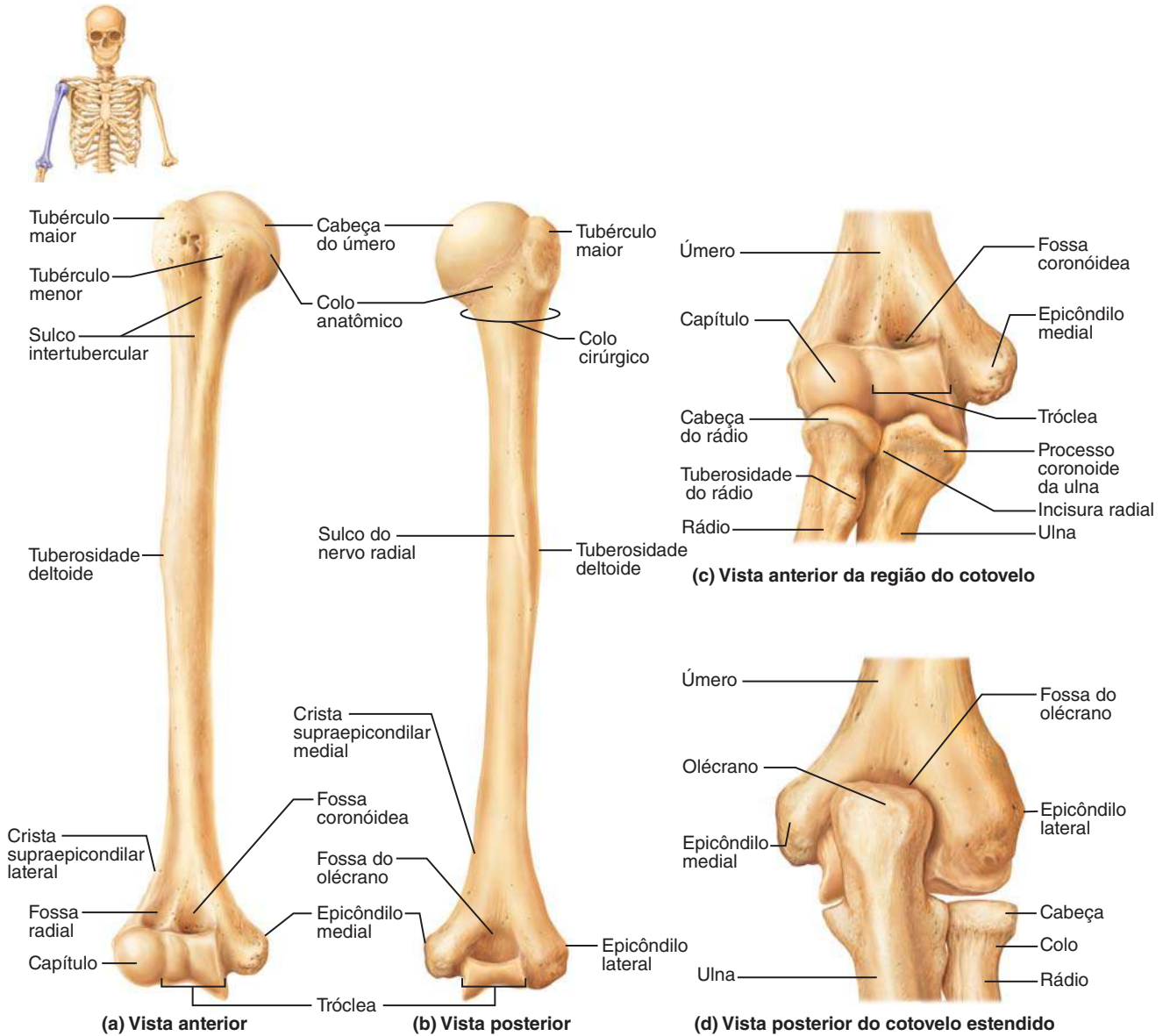


Figura 8.3 Úmero do braço direito e detalhes da articulação do cotovelo. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 25.)

da escápula. Logo abaixo da cabeça há uma ligeira constrição, o **colo anatômico**. Inferior a este, o **tubérculo maior** lateral e o **tubérculo menor**, medial, são separados pelo **sulco intertubercular** (“entre os tubérculos”), ou *sulco bicipital*. Os tubérculos são locais de fixação para os músculos do manguito rotador (Capítulo 11, p. 317). O sulco intertubercular guia um tendão do músculo bíceps para o seu ponto de fixação na margem da cavidade glenoidal (o tubérculo supraglenoidal, Figura 8.2c). O **colo cirúrgico** do úmero, assim chamado porque é a parte mais frequentemente fraturada do úmero, está na posição inferior aos tubérculos. Aproximadamente da metade para baixo da diáfise, na face lateral, está a **tuberosidade para o músculo deltoide**, próximo à qual, ao longo da superfície posterior da diáfise, o **sulco do**

nervo radial desce obliquamente. Ele marca o curso do nervo radial, um nervo importante do membro superior.

Na extremidade distal do úmero há dois côndilos, uma **tróclea** (“polia”) medial, que se articula com a ulna, e um **capítulo** (“pequena cabeça”) lateral, que se articula com o rádio (Figura 8.3c). A tróclea parece uma ampulheta virada de lado e o capítulo tem a forma de meia esfera. Eles estão flanqueados pelos **epicôndilos** (“ao lado dos côndilos”) **medial** e **lateral**, que são pontos de fixação (origem) para os músculos do antebraço. Diretamente acima desses epicôndilos estão as **cristas supraepicondiliares medial** e **lateral** (Figura 8.3a).

Na face posterior do úmero, imediatamente proximal à tróclea, está a profunda **fossa do olécrano**. Na

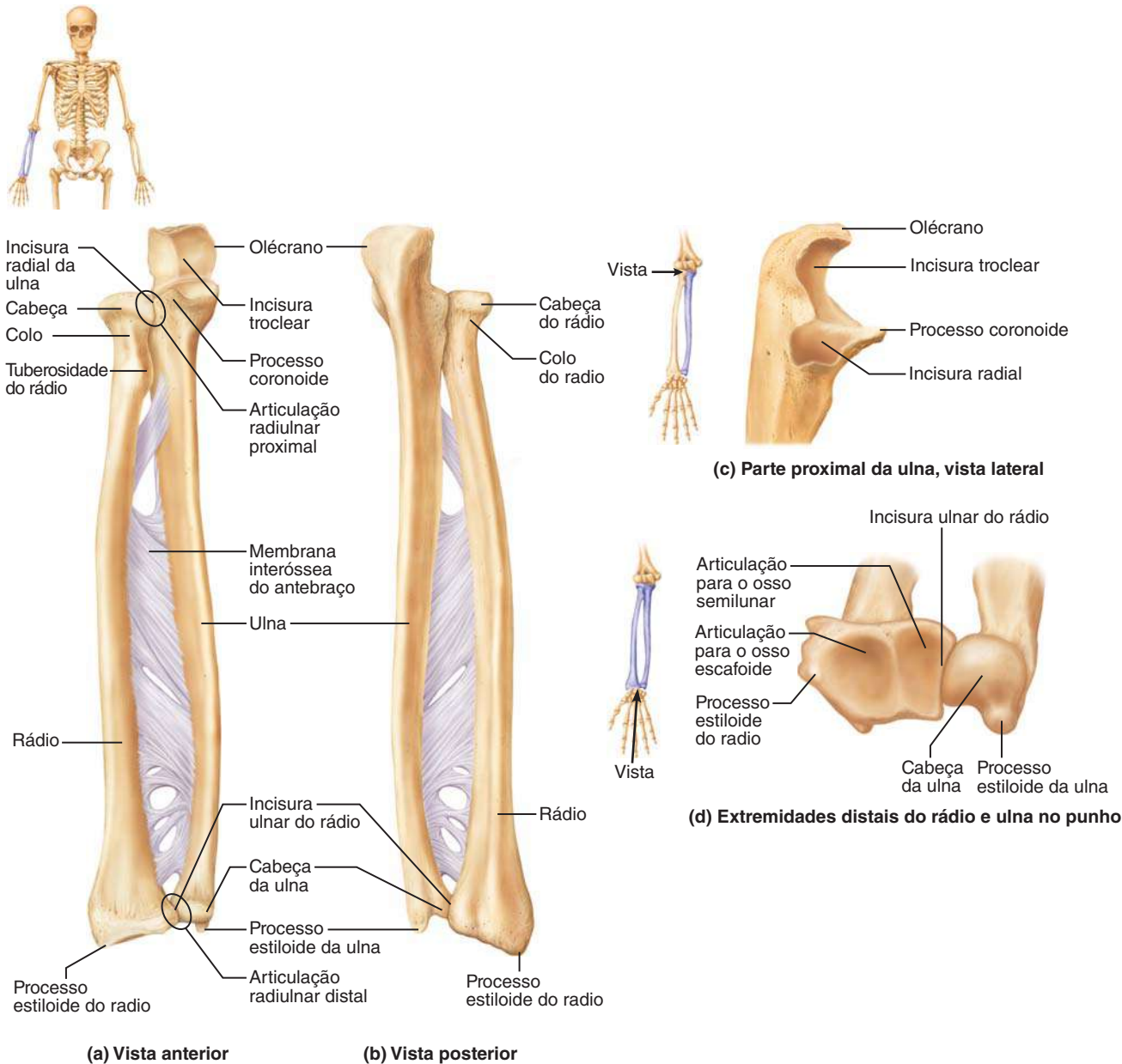


Figura 8.4 Rádio e ulna do antebraço direito. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 26.)

posição correspondente, sobre a face anterior, estão as rasas **fossas coronoides**, medialmente, e **radial**, lateralmente. Essas fossas recebem projeções de mesmos nomes dos ossos do antebraço durante os movimentos do cotovelo (ver Figuras 8.3c e 8.3d).

Antebraço

Formando o esqueleto do *antebraço*, há dois ossos longos paralelos, rádio e ulna (**Figura 8.4**), que se articulam com o úmero (proximalmente) e com os ossos do carpo (distalmente). O rádio e a ulna também articulam-se entre si, tanto proximal como distalmente,

nas pequenas *articulações radiulnares*. Além disso, eles estão interligados ao longo de todo o seu comprimento por um ligamento plano chamado **membrana interóssea** (“entre os ossos”). Na posição anatômica, o rádio encontra-se lateralmente (do lado do polegar) e a ulna, medialmente. Quando a palma da mão está virada posteriormente, a extremidade distal do rádio cruza sobre a ulna e os dois ossos formam uma letra X.

Ulna

A **ulna** (cotovelo), que é ligeiramente mais longa do que o rádio, é o osso principal que forma a articular



Figura 8.5 Localização de processos estiloides do rádio e da ulna. Palpação de posicionamento normal.

lação do cotovelo com o úmero. Ela se parece muito com uma chave-inglesa. Na sua extremidade proximal, estão duas projeções proeminentes, o **olécrano** (cotovelo) e **coronoide** (“em forma de coroa”), separados por uma profunda concavidade, a **incisura troclear** (Figura 8.4c). Juntos, esses dois processos articulam-na à tróclea do úmero (Figura 8.3c) formando uma articulação em dobradiça que permite ao antebraço curvar-se sobre o braço (flexão) e então estender-se novamente. Quando o antebraço é totalmente estendido, o olécrano “trava” dentro da fossa do olécrano do úmero (Figura 8.3d). Quando o antebraço é fletido, o processo coronoide da ulna encaixa-se dentro da fossa coronoideia do úmero. No lado lateral do processo coronoide há uma depressão, a **incisura radial** (Figura 8.4c), onde a cabeça do rádio articula-se com a ulna.

Distalmente, a diáfise da ulna estreita-se e termina em uma **cabeça** em forma de botão que se articula com o rádio lateralmente (Figura 8.4d). Medialmente neste, está o **processo estiloide da ulna** (em forma de estaca), a partir do qual corre um ligamento para o carpo. A cabeça da ulna é separada dos ossos do carpo por um disco de fibrocartilagem e desempenha pouco ou nenhum papel no movimento das mãos.

Rádio

O **rádio** (ou “raio de roda”) é relativamente delgado na sua extremidade proximal e alargado na sua extremidade distal, ao contrário da ulna (Figura 8.4). Sua parte proximal, a cabeça, tem o formato de uma extremidade de um carretel de linha (Figuras 8.3c e 8.3d). Sua face superior é côncava e articula-se com o capítulo do úmero. Medialmente, a cabeça do rádio articula-se com a incisura radial da ulna, formando a **articulação radiulnar proximal**. Imediatamente distal à cabeça, na superfície anterior em posição anatômica, há uma elevação áspera, a **tuberosidade do rádio**, o

local de inserção do músculo bíceps braquial. Na extremidade distal do rádio (Figura 8.4d), a **incisura ulnar**, medial, articula-se com a cabeça da ulna, formando a **articulação radiulnar distal**, e o **processo estiloide do rádio**, lateral, ancora um ligamento que se estende até o carpo. A superfície articular distal (inferior) é côncava e articula-se com ossos carpais. Considerando-se que a ulna contribui fortemente para a articulação do cotovelo, o rádio é o principal osso do antebraço que contribui para a articulação com a mão. Quando o rádio gira, esta se move com ele.

Os processos estiloides do rádio e da ulna podem ser palpados distalmente, segurando-se o lado dorsal do antebraço adjacente ao carpo com o polegar e o indicador da mão oposta (Figura 8.5). Nessa posição, o polegar apalpa o processo estiloide do rádio e o dedo indicador apalpa o processo estiloide da ulna. O processo estiloide do rádio encontra-se cerca de 1 cm mais distalmente em relação ao processo estiloide da ulna.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Palpação da fratura de Colles Quando um paciente se apresenta com um histórico de queda sobre a mão estendida, uma possível fratura na região radiocárpica (a curva na forma de um garfo), o médico faz uma palpação na posição dos processos estiloides (Figura 8.5). Se a palpação revelar que o processo estiloide do rádio moveu-se proximalmente a partir da sua posição normal, o diagnóstico é de **fratura de Colles**, uma fratura de impacto onde a extremidade distal do rádio é forçada proximalmente na direção de sua diáfise.



Radiografia do rádio fraturado (fratura de Colles).

Mão

O esqueleto da mão inclui os ossos carpais, ou pulso; os ossos metacarpais, ou palma; e as **falanges**, ou ossos dos dedos (Figura 8.6).

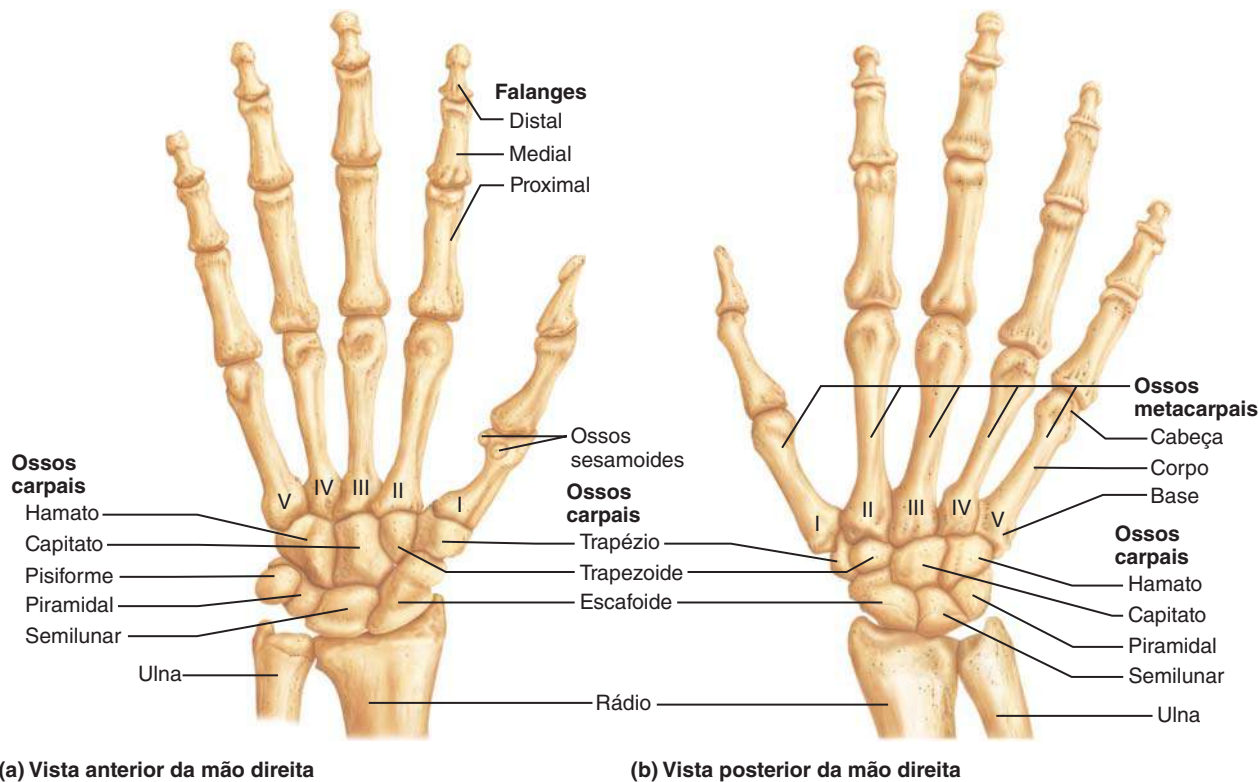


Figura 8.6 Ossos da mão. (a) Vista anterior (palma) da mão direita, ilustrando os ossos carpais, metacarpais e falanges. (b) Vista posterior. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 27.)

Carpó

Podemos dizer que um relógio de pulso é realmente utilizado no antebraço distal, mas de forma alguma no punho. O verdadeiro punho, ou **carpo**, é a região proximal da mão, imediatamente distal à articulação do pulso. O carpo contém oito ossos curtos, ou **carpais**, estreitamente unidos por ligamentos. Movimentos de deslizamento ocorrem entre eles em duas fileiras irregulares de quatro ossos cada (Figura 8.6). Na fileira proximal, a partir da lateral (lado do polegar) para a medial, estão os ossos **escafoide** (“em forma de barco”), **semilunar** (“forma de meia-lua”), **piramidal** (“triangular”) e **pisiforme** (“forma de ervilha”). Apenas os ossos escafoide e semilunar articulam-se com o rádio para formar a articulação radiocarpal. Os ossos da fileira distal, novamente da lateral para a medial, são os ossos **trapézio**, **trapezoide** (“quatro lados”), **capitato** (“forma de cabeça”) e **hamato** (possui um “hâmulo”, pequeno gancho, em latim). O escafoide é o osso do carpo que é mais fraturado, muitas vezes resultado de queda com a mão estendida. O impacto encurva o escafoide, que, em seguida, é fraturado na região mediana estreita.

Metacarpo

Cinco ossos **metacarpais** irradiam-se distalmente a partir do carpo para formar o **metacarpo**, ou palma/dorso da mão (*meta* = além de). Esses pequenos ossos alongados não são nomeados individualmente; são numerados de I a V, a partir do dedo polegar para o dedo mínimo (Figura 8.6). As *bases* dos metacarpais articulam-se com os ossos da fileira distal do carpo proximalmente e umas com as outras nos seus lados medial e lateral. Distalmente, as *cabeças* bulbosas dos metacarpais articulam-se com as falanges proximais dos dedos para formar as articulações metacarpofalângicas. O metacarpal I, associado ao polegar, é o mais curto e o que tem mais movimento articular.

Falanges dos dedos

Os dedos são numerados de I a V, começando com o *polegar*, e contêm ossos longos em miniatura chamados **falanges**. O singular desse termo é *falange* (“uma linha unida de soldados”). Na maioria das pessoas, o terceiro dedo é o mais longo. Com a exceção do polegar, cada dedo tem três falanges: *proximal*, *média* e *distal* (Figura 8.6). O polegar não tem falange média.

Tabela 8.1 Ossos do membro superior

Região do corpo	Ossos ¹	Ilustração	Localização	Pontos de referência
CÍNGULO DO MEMBRO SUPERIOR (Figuras 8.1 e 8.2)	Clavícula (2)		A clavícula situa-se no tórax superoanteriormente; articula-se medialmente com o esterno e lateralmente com a escápula	Extremidade acromial; extremidade esternal; tubérculo conoide
	Escápula (2)		A escápula situa-se no tórax posteriormente; forma parte do ombro; articula-se com o úmero e a clavícula	Cavidade glenoidal; espinha; acrômio; processo coracoide; fossas infraespinal, supraespinal e subescapular
MEMBRO SUPERIOR Braço (Figura 8.3)	Úmero (2)		O úmero é o único osso do braço; entre a escápula e o cotovelo	Cabeça; tubérculos maior e menor; sulco intertubercular; sulco do nervo radial; tuberosidade deltoide; tróclea; capitulo; fossas coronóidea e do olécrano; epicôndilos medial e lateral
Antebraço (Figura 8.4)	Ulna (2)		A ulna é o osso medial do antebraço, entre o cotovelo e o carpo; forma a articulação do cotovelo	Processo coronoide; olécrano; incisura radial; incisura troclear; processo estiloide da ulna; cabeça
	Rádio (2)		Rádio é o osso lateral do antebraço; articula-se com os ossos carpais proximais para formar parte da articulação radiocarpal	Cabeça, tuberosidade radial; processo estiloide do rádio; incisura ulnar
Mão (Figura 8.6)	8 Carpiais (16) Escafoide Semilunar Piramidal Pisiforme Trapézio Trapezoide Capitato Hamato		Os ossos carpais formam um crescente ósseo no punho; dispostos em duas fileiras com quatro ossos cada	
	5 Metacarpais (10)		Os ossos metacarpais formam a palma/dorso da mão, cada um alinhado com um dedo	
	14 Falanges (28) Proximal Medial Distal		As falanges formam os dedos; três nos II-V dedos; duas no I dedo (o polegar)	

Vista anterior da cintura escapular e membro superior

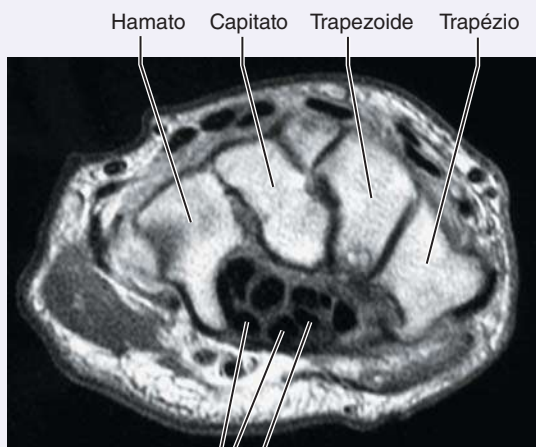
1 O número entre parênteses após o nome do osso indica o número total de ossos no corpo.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Síndrome do túnel do carpo A disposição dos ossos no carpo faz que ele seja côncavo anteriormente. Um ligamento em forma de faixa cobre essa concavidade superficialmente, formando um túnel osteofibroso denominado *túnel do carpo*. Muitos tendões longos dos músculos que vão do antebraço aos dedos passam por esse túnel estreito. Outra estrutura que atravessa o túnel é o nervo mediano, que, de modo geral, inerva a metade lateral da mão, incluindo os músculos que movem o polegar. A inflamação de qualquer elemento no túnel do carpo, como tendões edemaciados por excesso de uso, pode comprimir o nervo mediano. Esse comprometimento do nervo é chamado **síndrome do túnel do carpo** e afeta muitos trabalhadores que fletem repetidamente seus pulsos e dedos. Em alto risco estão os trabalhadores que usam ferramentas manuais vibrantes por períodos prolongados e trabalhadores em linhas de embalagem e processamento de alimentos. Como o nervo mediano é prejudicado, a pele da parte lateral da mão formiga ou fica dormente, e os movimentos do polegar enfraquecem. A dor é maior durante a noite. Essa condição pode ser tratada pelo descanso da mão em uma tala durante o sono, com drogas anti-inflamatórias ou cirurgia.

A síndrome do túnel do carpo é apenas uma da série de distúrbios causados por uso excessivo que podem afetar os tendões, músculos e articulações dos membros superiores e do dorso. Coletivamente, essas condições são chamadas **lesões por esforço repetitivo (LER)**.



Túnel do carpo
Tendões flexores
Nervo mediano

Ressonância magnética da fileira distal dos ossos carpais da mão direita. Apenas dois tendões flexores são identificados, outros são visíveis dentro do túnel do carpo.

✓ Verifique seu conhecimento

- 4. Na posição anatômica, qual osso do antebraço está localizado lateralmente?

- 5. Para cada uma das características listadas, identifique (a) o osso no qual cada uma está localizada e (b) o osso com o qual cada uma se articula: capitulo, incisura troclear, cabeça da ulna, entalhe radial.
- 6. Qual é a diferença entre o colo anatômico e o colo cirúrgico do úmero?
- 7. Nomeie os ossos que estão localizados na palma da mão.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

CÍNGULO DO MEMBRO INFERIOR

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ nomear os ossos que contribuem para formar o osso do quadril e relacionar a estrutura do cingulo do membro inferior à sua função;
- ▶ comparar e contrastar as pelves masculina e feminina.

O **cingulo do membro inferior** (cintura pélvica) liga os membros inferiores à coluna vertebral e dá suporte aos órgãos viscerais da pelve. O peso total da parte superior do corpo passa através desse cingulo para os membros inferiores. Enquanto o cingulo superior mal toca na caixa torácica, o inferior conecta-se ao esqueleto através de alguns dos ligamentos mais fortes do corpo. Além disso, enquanto a cavidade glenoidal da escápula é relativamente rasa, a cavidade correspondente no cingulo inferior é um cálice profundo que segura firme a cabeça do fêmur (osso da coxa). Conseqüentemente, os membros inferiores têm menos liberdade de movimento do que os membros superiores, mas são muito mais estáveis.

O cingulo superior consiste dos **ossos do quadril** e sacro (parte do esqueleto axial) (**Figura 8.7**). Cada osso do quadril, também chamado *coxal* e *ilíaco* ou *osso pélvico*, articula-se com seu parceiro contralateral anteriormente, e com o sacro posteriormente. A estrutura profunda, em forma de bacia e que é formada pelos ossos do quadril, sacro e cóccix, chama-se *pelve* (**Figura 8.7a**).

O osso do quadril é grande e de forma irregular (**Figuras 8.7b e 8.7c**). Durante a infância, ele é composto por três ossos separados: *ílio*, *ísqüio* e *púbis*. Nos adultos, esses ossos são fundidos e seus limites são relativamente indistinguíveis. Seus nomes são mantidos, contudo, para se referir a diversas regiões do osso do quadril adulto. Na face lateral da pelve, na junção em forma de Y do ílio, do ísqüio e do púbis existe uma cavidade hemisférica profunda, o **acetábulo** (recipiente para guardar vinagre), (**Figura 8.7b**). O acetábulo recebe a cabeça arredondada do fêmur na articulação do quadril.

Ílio

O **ílio** (“flanco”) é um osso plano que forma a região superior do osso do quadril. Consiste de um **corpo** inferior e uma expansão superior chamada **asa** (que faz jus

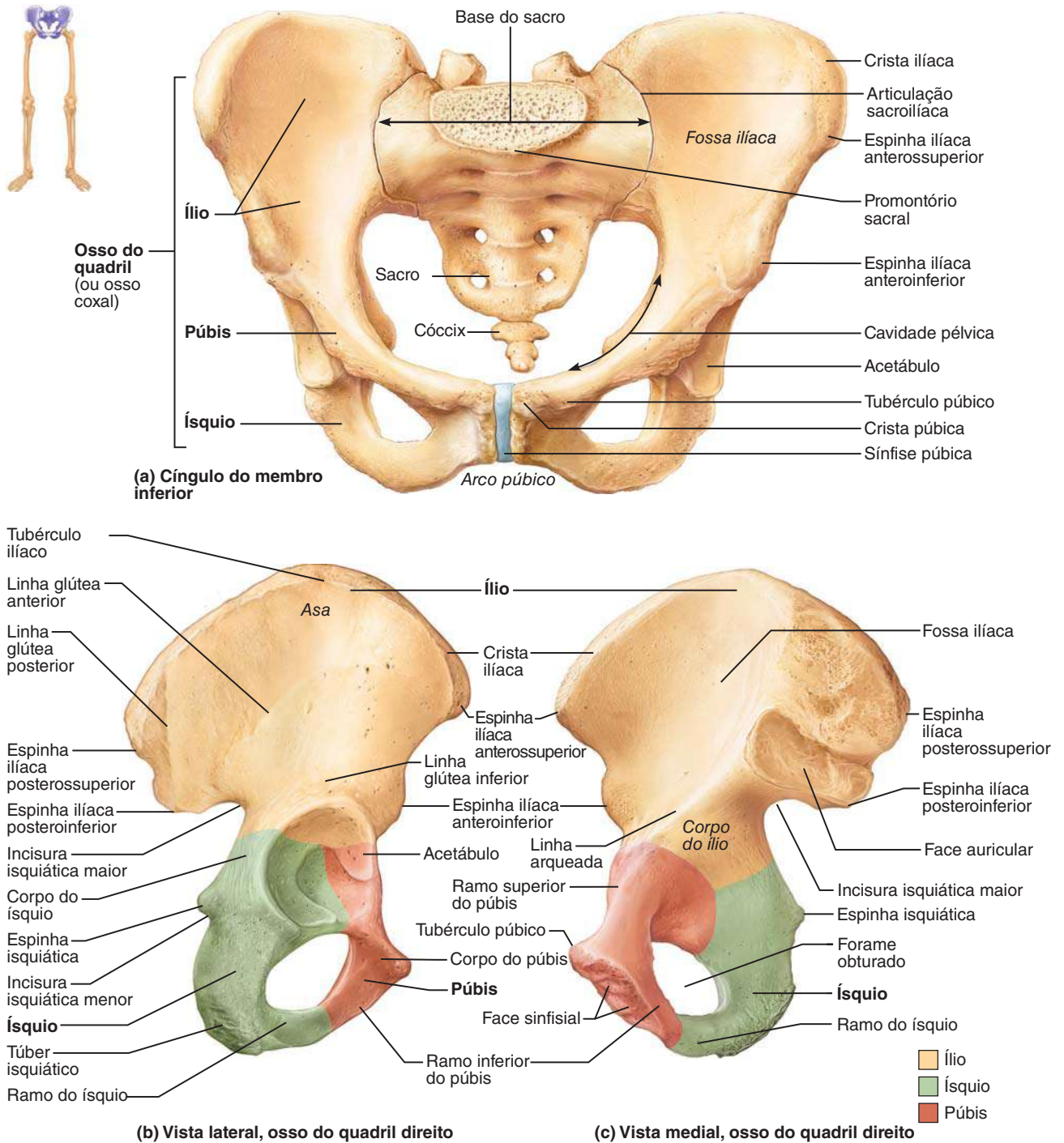


Figura 8.7 Ossos do cingulo do membro inferior. (a) Pelve articulada mostrando os dois ossos do quadril, o sacro e o cóccix. (b) Vista lateral do osso do quadril direito (a anterior está à direita). (c) Vista medial do osso do quadril direito (a anterior está à esquerda). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 28.)

ao nome pela sua semelhança com uma asa). A margem superior espessa da asa é a **crista ilíaca**. Muitos músculos fixam-se a essa crista, que é mais espessa ainda no **tubérculo ilíaco** (Figura 8.7b). Cada crista ilíaca termina anteriormente em uma **espinha ilíaca anterossuperior** truncada e, posteriormente, em uma **espinha ilíaca posterossuperior**, afilada. A espinha ilíaca anterossu-

perior é um marco anatômico especialmente proeminente e é facilmente sentida através da pele. A posição das espinhas ilíacas posterossuperiores é indicada por covinhas na pele que se formam a aproximadamente 5 cm lateralmente à linha mediana do dorso, na transição da região lombar para a região glútea (ver Figura 11.37, p. 354). Localizadas inferiormente às espinhas ilíacas

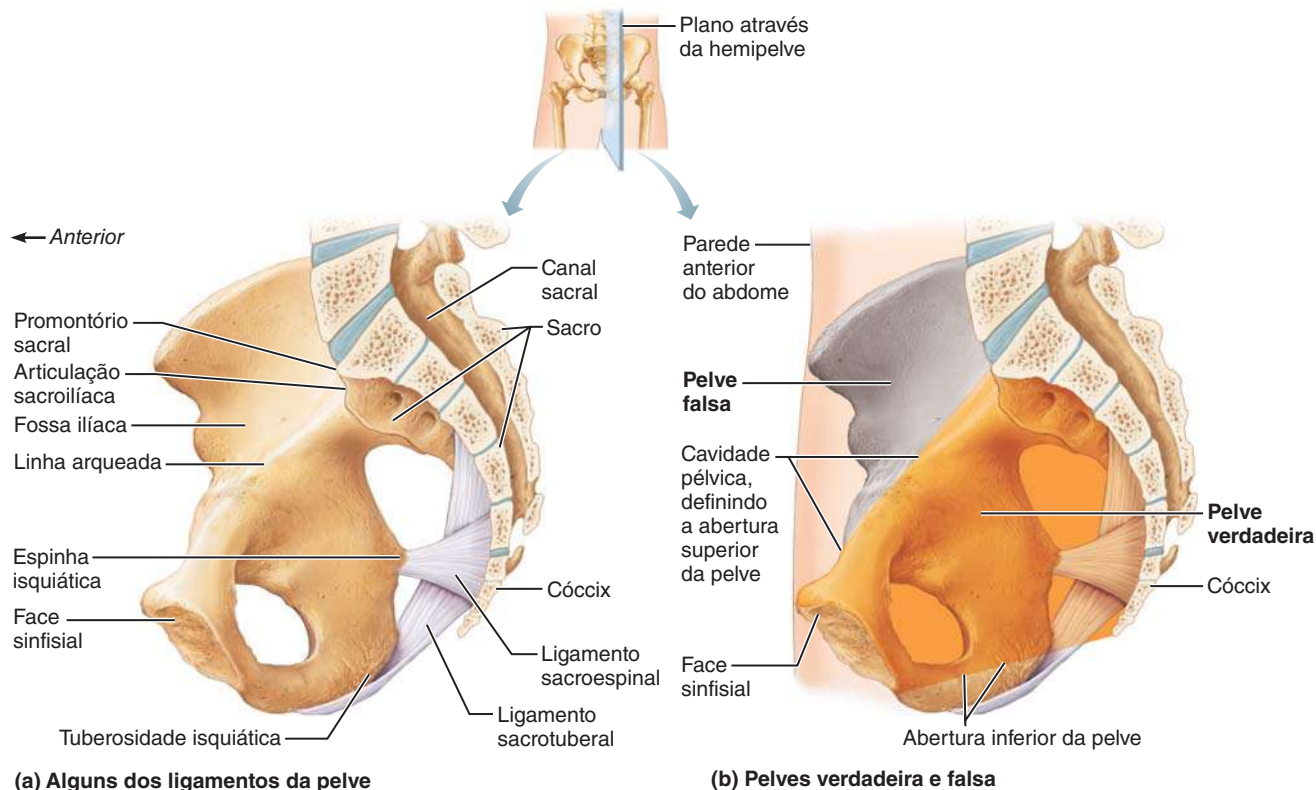


Figura 8.8 Corte sagital mediano através da pelve.

superiores estão as **espinhas ilíacas anteroinferior** e **posteroinferior**.

Posteriormente, imediatamente inferior à espinha ilíaca posteroinferior, o ílio é profundamente recortado para formar a **incisura isquiática maior**. O nervo isquiático, o maior nervo do corpo, passa através dessa incisura para entrar na coxa, posteriormente. A ampla superfície posterolateral do ílio, a **face glútea** (relativo a “nádegas”), é atravessada por três elevações: as **linhas glúteas posterior, anterior e inferior**. Essas linhas definem os pontos de origem dos músculos glúteos.

A superfície interna da asa do íleo é côncava. Essa concavidade ampla é chamada **fossa ilíaca** (Figura 8.7c). Posteriormente a essa fossa, encontra-se uma **face auricular** rugosa (“em forma de orelha”), que se articula com o sacro, formando a **articulação sacroilíaca**. O peso do corpo é transmitido a partir da coluna vertebral para a pelve através dessa articulação. Correndo anteroinferiormente a partir da face auricular existe uma elevação proeminente chamada **linha arqueada**, que ajuda a definir o limite superior da pelve verdadeira (descrita a seguir). A parte inferior do ílio junta-se com o ísquio posteriormente (mostrado em verde) e com o púbis anteriormente (ilustrado em vermelho).

Ísquio

O **ísquio** (“quadril”) forma a região posteroinferior do osso do quadril (Figura 8.7b). Na forma de um arco, ele tem um **corpo** superior mais espesso e um **ramo**

inferior mais delgado. Anteriormente, o ramo isquiático junta-se ao púbis. A **espinha isquiática**, triangular, encontra-se posteriormente ao acetábulo e projeta-se medialmente. É um ponto de fixação para um ligamento proveniente do sacro e cóccix, o **ligamento sacroespinal** (Figura 8.8a). Imediatamente inferior à espinha isquiática está a **incisura isquiática menor**, por onde passam os nervos e vasos que suprem o períneo (área ao redor do ânus e genitais externos). A face inferior do corpo isquiático é o **túber isquiático** áspero e espesso, a parte mais forte do osso do quadril. Quando você se senta, seu peso é suportado inteiramente por esses túberos. Um **ligamento sacrotuberal maciço** (Figura 8.8a) corre a partir do sacro para cada túber isquiático e ajuda a manter a pelve articulada. O túber é também uma área de fixação dos músculos isquiotibiais.

Púbis

O **púbis** (“sexualmente maduro”) forma a região anterior do osso do quadril. Na posição anatômica, encontra-se quase horizontalmente, e a bexiga repousa sobre ele. O púbis tem a forma de um V, com **ramos superior e inferior** que se estendem a partir de um corpo achatado (Figuras 8.7b e 8.7c). O **corpo do púbis** localiza-se medialmente e sua margem anterior é espessada para formar a **crista púbica**. Na extremidade lateral da crista púbica encontra-se, como um botão, o **tubérculo púbico**, um ponto de fixação para o **ligamento inguinal** (como mostrado na Figura 11.14,

p. 308). Os dois ramos do púbis estendem-se lateralmente: o *ramo inferior* junta-se ao ramo do ísquio e o *ramo superior* junta-se aos corpos do ísquio e ílio. Uma elevação delgada chamada *linha pectínea do púbis* encontra-se ao longo do ramo superior, formando parte anterior da linha terminal da pelve.

Uma grande abertura, o **forame obturado**, ocorre entre o púbis e o ísquio (Figuras 8.7b e 8.7c). Embora alguns vasos e nervos realmente passem por ele, o forame obturado está quase completamente fechado por uma membrana fibrosa, a membrana obturatória. Na verdade, a palavra *obturado* significa, literalmente, “fechado”.

Na linha mediana, os corpos dos dois ossos púbicos estão unidos por um disco de fibrocartilagem. Essa articulação é a *sínfise púbica* (Figura 8.7a). Inferior a essa articulação, o ramo inferior do púbis e o ramo do ísquio formam um arco em forma de um V invertido, o **arco púbico** cuja angulação ajuda a distinguir a pelve masculina da feminina.

Pelve e reprodução

A pelve óssea é dividida em duas partes, a *pelve falsa* (*maior*) e a *pelve verdadeira* (*menor*) (Figura 8.8). Essas partes estão separadas pela **linha terminal** (abertura superior da pelve), uma elevação oval contínua que se estende da crista púbica através da linha arqueada, as margens inferiores arredondadas da asa do sacro e o promontório sacral (Figura 8.7a). A **pelve falsa**, superior à linha terminal, é delimitada pelas asas do ílio. Ela é, na realidade, parte do abdome e contém os órgãos abdominais. A **pelve verdadeira** encontra-se na região inferior à linha terminal e forma uma bacia profunda contendo os órgãos pélvicos.

As pelves masculina e feminina típicas exibem várias diferenças (**Tabela 8.2**, p. 206), que são tão consistentes que um anatomista pode determinar o sexo de um esqueleto com 90% de certeza simplesmente pelo exame da pelve. A pelve feminina é adaptada para a reprodução: ela tende a ser mais ampla, mais rasa e mais leve do que a do homem. Essas características proporcionam mais espaço na pelve verdadeira, que deve ser larga o suficiente para a cabeça de uma criança passar durante o nascimento.

A **abertura superior da pelve** é delimitada pela linha terminal (Figura 8.8b). O seu maior diâmetro é da direita para a esquerda, no plano frontal (ver Tabela 8.2). Quando começa o trabalho de parto, a cabeça do bebê entra nessa abertura, a sua frente fica de frente para um ílio, e a parte de trás da sua cabeça virada para o outro. Se o promontório sacral da mãe for muito grande, ele pode dificultar ou mesmo impedir a entrada do bebê na pelve verdadeira.

A **abertura inferior da pelve** é a margem inferior da pelve verdadeira (mostrada nas fotografias na parte inferior da Tabela 8.2). Seus limites são o arco púbico

anteriormente, os túberes isquiáticos lateralmente e o sacro e o cóccix posteriormente. Tanto o cóccix como as espinhas isquiáticas projetam-se nessa abertura, portanto um cóccix com um ângulo acentuado ou espinhas isquiáticas grandes e de forma incomum podem interferir no trabalho de parto. A maior dimensão dessa abertura é o diâmetro anteroposterior. Geralmente, depois que a cabeça da criança passa através da abertura superior da pelve, ela roda de modo que a frente agora fique voltada posteriormente, e a parte de trás da cabeça, anteriormente. Essa é a posição normal da cabeça quando o bebê deixa o corpo da mãe (ver Figura 25.27, p. 805). Assim, durante o parto, a cabeça da criança faz um quarto de volta para se encaixar nas dimensões mais amplas da pelve verdadeira.

✓ Verifique seu conhecimento

- 8. Qual osso forma a parte anterior da pelve?
- 9. Nomeie a parte específica do osso do quadril que suporta seu peso quando você se senta.
- 10. Quando você coloca as mãos nos seus quadris, sobre qual estrutura você as está apoiando?
- 11. Como a estrutura do arco púbico, da incisura isquiática maior e do sacro se diferem entre mulheres e homens?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

MEMBRO INFERIOR

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ identificar os ossos do membro inferior e suas principais características, e descrever como eles se articulam uns com os outros;
- ▶ nomear os três arcos de sustentação do pé e explicar sua importância.

Os membros inferiores suportam todo o peso do corpo quando ele está ereto, bem como estão submetidos a enormes forças quando saltamos ou corremos. Assim, os ossos dos membros inferiores são mais robustos e mais fortes do que os ossos correspondentes dos membros superiores. Os três segmentos do membro inferior são coxa, perna e pé (**Tabela 8.3**, p. 210).

Coxa

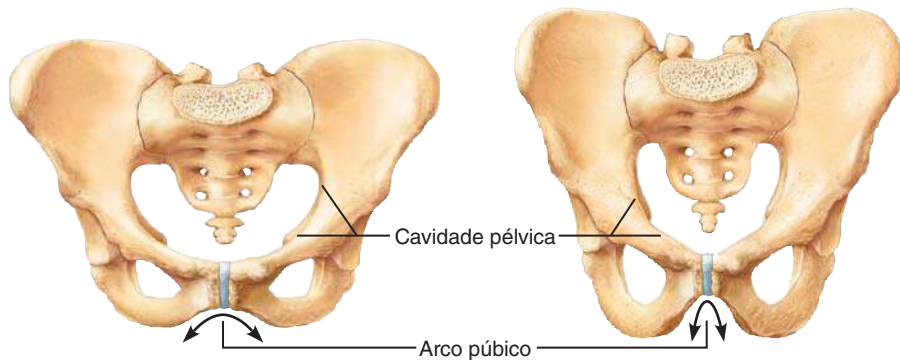
O **fêmur** é o único osso da coxa (**Figura 8.9b**). É o maior, mais longo e mais forte osso do corpo. Sua estabilidade é consequência do fato de que ele pode suportar tensões que podem alcançar 280 kg por cm², ou 2 toneladas por polegada quadrada. O fêmur posiciona-se cada vez mais medialmente, à medida que inclina-se em direção ao joelho. Esse posicionamento coloca as articulações do joelho mais próximas ao centro de gravidade do corpo na linha mediana, proporcionando assim um melhor equilíbrio. Esse trajeto do fêmur, de lateral para medial, é mais pronunciado nas mulheres por causa de

Tabela 8.2

Comparação das pelves masculina e feminina

Características	Feminina	Masculina
Estrutura geral e modificações funcionais	Inclinada para a frente; adaptada para a reprodução; pelve verdadeira define o canal do parto; cavidade da pelve verdadeira é ampla, rasa e maior	Menos inclinada para a frente; adaptada para suportar uma estrutura masculina mais pesada e músculos mais fortes; cavidade da pelve verdadeira é estreita e profunda
Espessura óssea	Ossos mais leves, mais delgados e mais lisos	Ossos mais pesados, mais espessos e marcas mais proeminentes
Acetábulo	Menor; mais separados	Maior; mais próximos
Arco púbico	Com ângulo mais largo (80° a 90°); mais arredondado	Ângulo é mais agudo (50° a 60°)

Vista anterior



Sacro	Mais largo; mais curto; curvatura sacral é acentuada	Estreito; mais longo; promontório sacral mais ventral
Cóccix	Mais móvel; reto	Menos móvel; curva-se ventralmente
Incisura isquiática maior	Larga e rasa	Estreita e profunda

Vista lateral esquerda



Abertura superior da pelve (linha terminal)	Mais larga; oval laterolateralmente	Estreita; basicamente tem a forma de um coração
Abertura inferior da pelve	Mais larga; espinhas isquiáticas mais curtas; mais afastadas entre si e evertidas	Mais estreita; espinhas isquiáticas mais longas, mais afiladas; apontam medialmente

Vista posteroinferior



sua pelve mais larga. Assim, há um ângulo grande na articulação entre o fêmur e a tíbia (um dos ossos da perna), que é vertical. Isso pode contribuir para a maior incidência de problemas no joelho em atletas do sexo feminino.

A **cabeça** quase esférica do fêmur tem uma pequena depressão em seu centro chamada **fóvea da cabeça do fêmur**. Um ligamento curto, o *ligamento redondo da cabeça do fêmur*, vai dessa depressão ao acetábulo do osso do quadril. A cabeça do fêmur é suportada por um **colo do fêmur**, que se projeta lateralmente em ângulo com a diáfise do osso, com a qual continua. Esse trajeto angulado ocorre pelo fato de que o fêmur articula-se com a face lateral da pelve, em vez de se articular com sua

região inferior. O colo é a parte mais fraca do fêmur e é frequentemente fraturado quando se “quebra a bacia”.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Fratura do quadril causada por osteoporose

Quando idosos descrevem que caíram e “quebraram a bacia”, na maioria das vezes a ordem dos eventos é inversa. A perda óssea em decorrência da osteoporose faz que o colo do fêmur — osso normal e saudável que resiste ao constante estresse a que está submetido — enfraqueça e frature, causando assim a queda da pessoa.

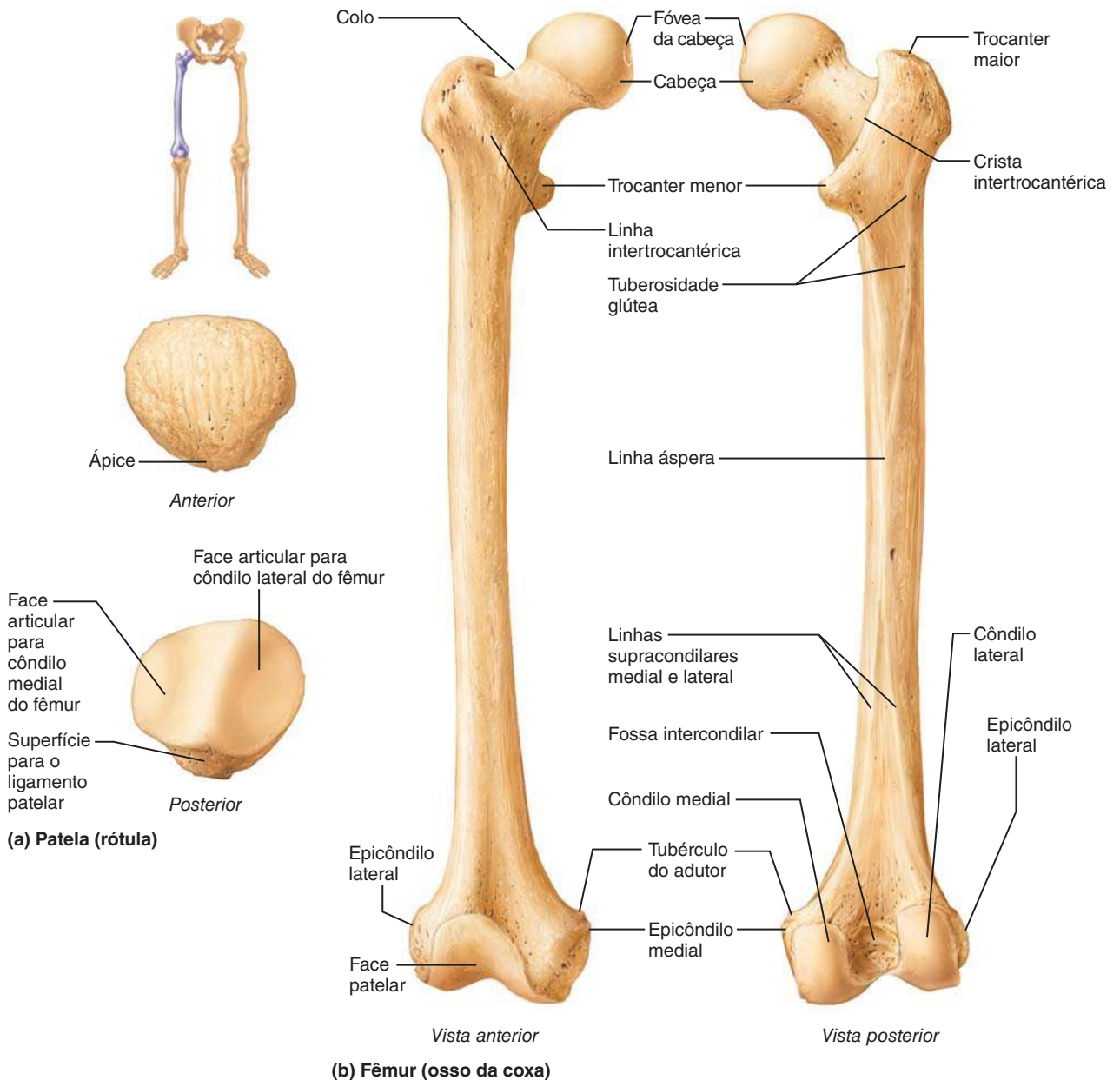


Figura 8.9 Patela (a) e fêmur (b) direitos. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 29.)

Na junção da diáfise e do colo estão o **trocanter maior** lateralmente e o **trocanter menor** postero-medialmente, que proporcionam locais para fixação muscular. Os dois trocanteres estão interligados pela **linha intertrocantérica** anteriormente e pela proeminente **crista intertrocantérica** posteriormente. Inferior à crista intertrocantérica, na face posterior da diáfise, está a **tuberosidade glútea**. A parte inferior dessa tuberosidade junta-se com uma elevação vertical longa, a **linha áspera**. Essas áreas também são locais de fixação muscular.

Distalmente, o fêmur expande-se para terminar nos **côndilos lateral e medial**, em forma de rodas largas. Essas são as superfícies que se articulam com a tíbia. Os pontos mais elevados ao lado desses côndilos são os **epicôndilos lateral e medial**, nos quais músculos e ligamentos se fixam. O **tubérculo do adutor** é uma intumescência na parte superior do epicôndilo medial. Anteriormente, os dois côndilos estão separados por uma **face patelar** lisa, que se articula com a patela (rótula). Posteriormente, os côndilos são separados por uma **fossa intercondilar** profunda. Estendendo-se superiormente a partir dos respectivos côndilos para a linha áspera estão as **linhas supracondilares lateral e medial**.

A **patela** (“frigideira pequena”) é um osso sesamoide triangular que mantém o tendão dos músculos do quadríceps femoral anteriormente à tíbia (Figura 8.9a). Ela protege a articulação do joelho anteriormente e melhora a alavancagem do músculo quadríceps, ao agir no joelho.

Perna

Os anatomistas utilizam o termo *perna* para se referir à parte do membro inferior entre o joelho e o tornozelo. Dois ossos paralelos, a *tíbia* e a *fíbula*, formam o esqueleto da perna (Figura 8.10). A tíbia, localizada medialmente, é mais maciça do que a fíbula e articulam entre si, tanto superior como inferiormente. Contudo, ao contrário das articulações entre o rádio e a ulna no antebraço, as *articulações tibiofibulares* não permitem quase nenhum movimento. Uma **membrana interóssea** conecta a tíbia e a fíbula ao longo de todo o seu comprimento. A tíbia articula-se com o fêmur para formar a articulação do joelho e com o osso tálus do pé (tarso) na articulação do tornozelo. A fíbula não contribui para a articulação do joelho e somente ajuda a estabilizar a articulação do tornozelo.

Tíbia

A **tíbia** (“canela”) recebe o peso do corpo a partir do fêmur e o transmite para o pé. É o segundo maior

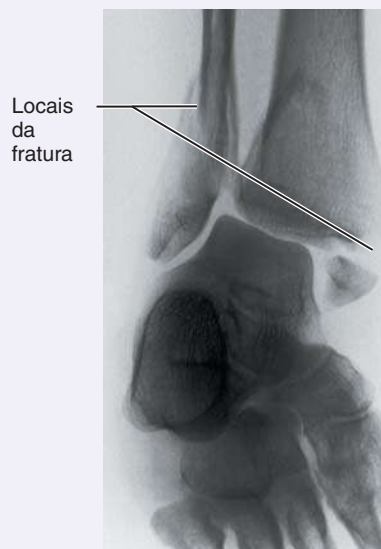
osso (depois do fêmur) em tamanho e resistência. Na sua epífise proximal os amplos **côndilos lateral e medial** dispõem-se lado a lado na parte superior da diáfise, à semelhança de duas peças de um jogo de xadrez, e se articulam com os côndilos correspondentes do fêmur. Os côndilos da tíbia são separados por uma projeção irregular, a **eminência intercondilar**. Na parte inferior do côndilo da tíbia lateral está uma face que se articula com a fíbula para formar a *articulação tibiofibular* (Figuras 8.10a e 8.10d). Imediatamente inferior aos côndilos, na superfície anterior da tíbia, está a **tuberosidade da tíbia** (Figura 8.10c), local de inserção do ligamento da patela.

A diáfise da tíbia é triangular em secção transversal. A **margem anterior** acentuada fica logo abaixo da pele e é facilmente palpável. Distalmente, a extremidade da tíbia é plana onde ela se articula com o tálus do pé. Medial a essa superfície de articulação, a tíbia tem uma projeção inferior chamada **maléolo medial** (“pequeno martelo”), que forma a protuberância medial do tornozelo. A **incisura fibular**, na face lateral da epífise distal da tíbia, articula com a fíbula, formando a *sindesmose tibiofibular*.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Fraturas do tornozelo Os maléolos medial e lateral são comumente fraturados quando o pé é forçosamente invertido ou evertido no tornozelo, isto é, quando apoiamos no solo com a margem lateral do pé e apontamos sua planta medialmente (inversão) ou na margem medial e apontamos a planta lateralmente (eversão). Esse tipo de lesão ocorre com frequência na população em geral e em pessoas que participam de esportes de contato.



Fratura de ambos os maléolos

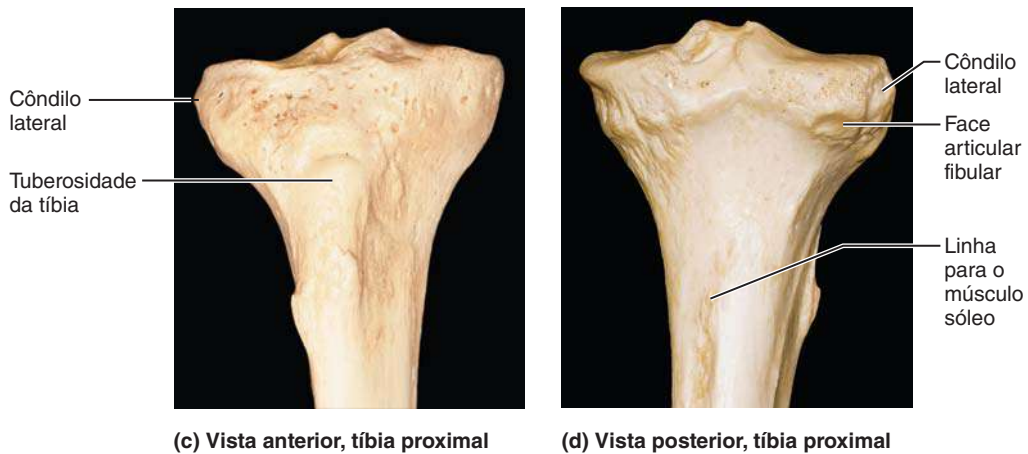
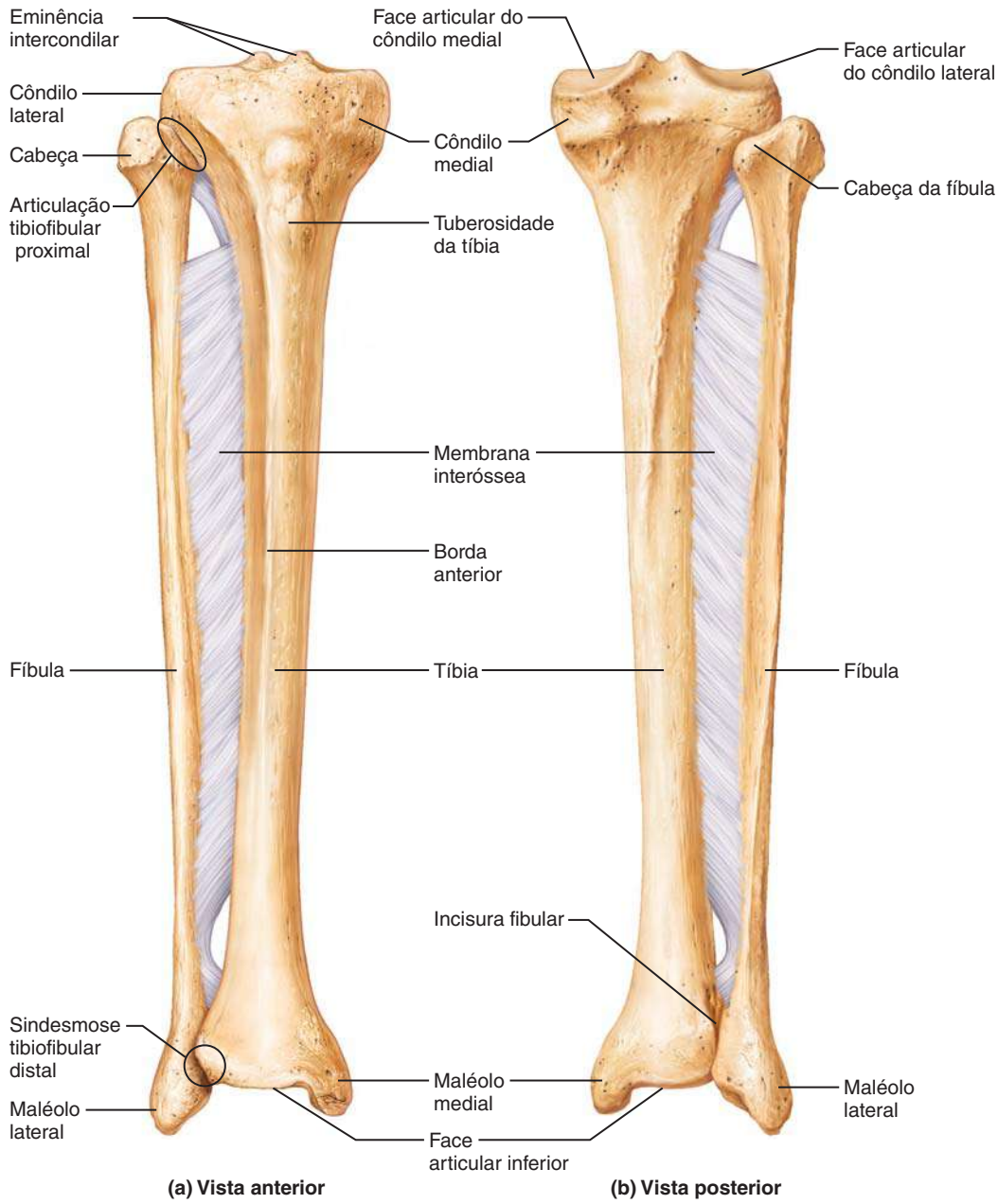


Figura 8.10 Tibia e fíbula da perna direita. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 30.)

Tabela 8.3 Ossos dos membros inferiores

Região do corpo	Ossos ²	Ilustração	Localização	Pontos de referência
CÍNGULO DO MEMBRO INFERIOR (Figura 8.7)	Ossos do quadril (2)		Cada osso do quadril é formado pela fusão de um ílio, ísquio e púbis; os ossos do quadril articulam-se anteriormente na sínfise púbica e constituem as articulações sacroilíacas com o sacro posteriormente; o cingulo formado de ambos os ossos do quadril e o sacro tem a forma de uma bacia	Crista ilíaca; espinhas ilíacas anteriores e posteriores; superfície auricular; incisuras isquiáticas maior e menor; forame obturado; tuberosidade e espinha isquiática; acetábulo; arco púbico; crista púbica; tubérculo púbico
MEMBRO INFERIOR Coxa (Figura 8.9)	Fêmur (2)		O fêmur é o único osso da coxa; entre a articulação do quadril e joelho; o maior osso do corpo	Cabeça, trocanteres maior e menor; colo; côndilos e epicôndilos lateral e medial; tuberosidade glútea; linha áspera
Patela (Figura 8.9)	Patela (2)		A patela é um osso sesamoide formado junto ao tendão do músculo quadríceps femoral (na coxa anterior)	
Perna (Figura 8.10)	Tíbia (2)		A tíbia é o osso maior e medial da perna; entre o joelho e o pé	Côndilos medial e lateral; tuberosidade da tíbia; borda anterior; maléolo medial
	Fíbula (2)		A fíbula é o osso lateral da perna	Cabeça; maléolo lateral
Pé (Figura 8.11)	7 Ossos tarsais (14) Tálus Calcâneo Navicular Cuboide Cuneiforme lateral Cuneiforme intermédio Cuneiforme medial		A fíbula é o osso lateral da perna	Os ossos tarsais são sete e formam a parte proximal do pé; o tálus articula-se com os ossos da perna na articulação do tornozelo; o calcâneo, o maior desses ossos, forma o calcanhar
	5 Ossos metatarsais (10)		Os ossos metatarsais são cinco ossos enumerados de I a V	Os ossos metatarsais são cinco ossos enumerados de I a V
	14 Falanges (28) Proximal Medial Distal	As falanges formam os dedos dos pés; três nos II-V dedos, duas no I dedo (hálux)	As falanges formam os dedos dos pés; três nos II-V dedos, duas no I dedo (hálux)	

Vista anterior do cingulo e do membro inferior esquerdo

Fíbula

A **fíbula**, localizada lateralmente à tíbia, é um osso delgado e longo com duas extremidades expandidas. Sua extremidade superior (epífise proximal) é a **cabeça** e sua extremidade inferior (epífise distal) é o

maléolo lateral. Esse maléolo forma a protuberância lateral do tornozelo e articula-se com o osso tálus do pé (tarso). A diáfise da fíbula é bastante sulcada — a fíbula não suporta peso, mas vários músculos se originam a partir dela.

2 O número entre parênteses após o nome do osso indica o número total de ossos no corpo.

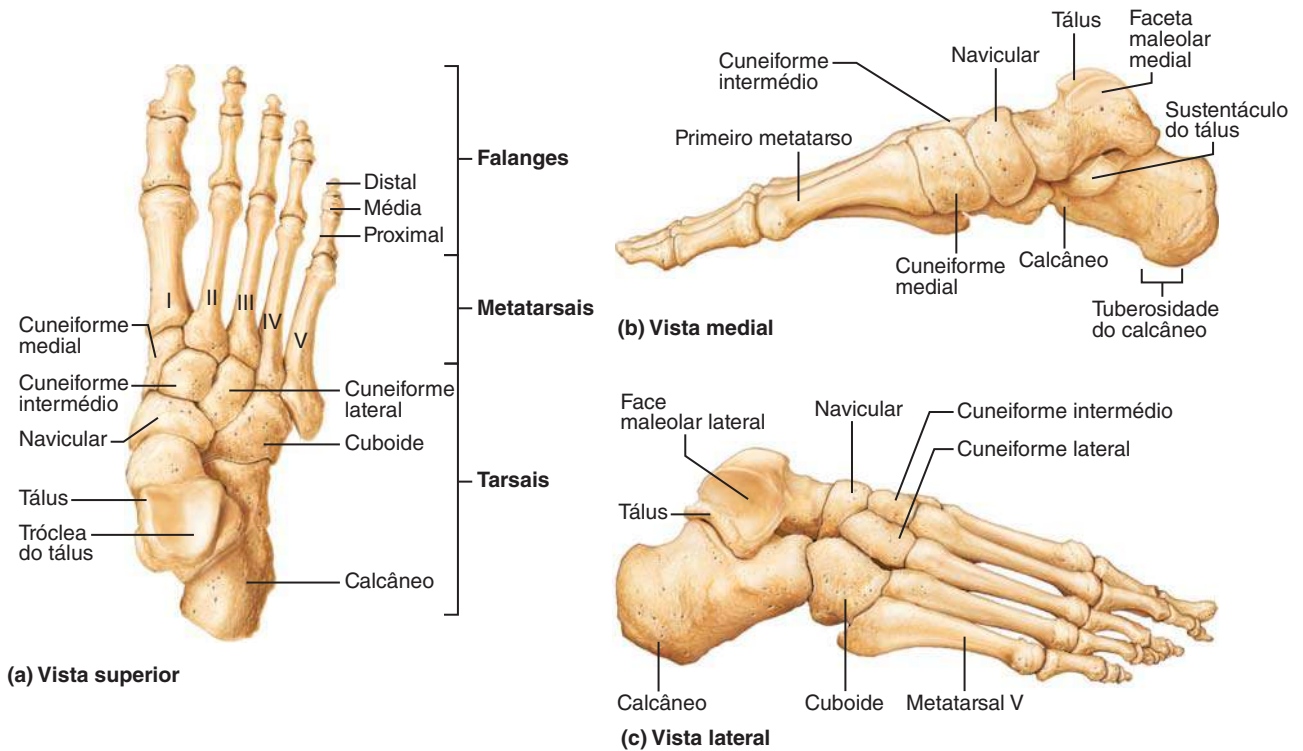


Figura 8.11 Ossos do pé direito. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 31a, c e d.)

Pé

O esqueleto do pé compreende os ossos *tarsais*, os ossos *metatarsais* e as *falanges*, ou ossos do dedo do pé (Figura 8.11). O pé tem duas funções importantes: ele suporta o peso do corpo e atua como uma alavanca para impulsionar o corpo para a frente durante uma caminhada ou corrida. Um único osso poderia servir a ambos os propósitos, mas teria um desempenho pobre em um terreno irregular. Sua estrutura multicomponente torna o pé flexível, evitando esse problema.

Tarso

O **tarso** corresponde à metade posterior do pé e contém em seu conjunto sete ossos chamados **tarsais**. É comparável ao carpo da mão. O peso do corpo é suportado principalmente pelos dois maiores ossos tarsais, mais posteriores: o **tálus** (“tornozelo”), que se articula com a tíbia e a fíbula superiormente, e o robusto **calcâneo** (“osso do calcanhar”), que forma o calcanhar do pé. A tíbia articula-se com o tálus na **tróclea do tálus** (Figura 8.11a). Inferiormente, o tálus articula-se com o calcâneo. O espesso tendão dos músculos do compartimento posterior da perna (panturrilha) insere-se à superfície posterior do calcâneo. A parte do calcâneo que toca o solo é a **tuberosidade do calcâneo** e a projeção medial em forma de prateleira é o **sustentáculo do tálus** (Figura 8.11b). Os demais ossos do tarso são o **cuboide** (em forma de cubo) lateralmente, o **navicu-**

lar (em forma de navio) medialmente e os **cuneiformes** (em forma de cunha) **medial, intermédio e lateral** anteriormente.

Metatarso

O **metatarso** do pé, que corresponde ao metacarpo da mão, consiste de cinco ossos pequenos e alongados chamados **metatarsais**, em seu conjunto, que são numerados de I a V começando do lado medial do pé (Figura 8.11a). O primeiro metatarsal, na base do hálux (primeiro dedo do pé), é o maior e desempenha um papel importante quanto ao apoio do peso do corpo. Os metatarsais são mais aproximadamente paralelos uns aos outros do que os metacarpais na palma da mão. Distalmente, onde os metatarsais articulam-se com as falanges proximais dos dedos dos pés, a cabeça alargada do primeiro metatarsal constitui a chamada “bola” do pé.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Fratura por estresse do metatarso Uma das lesões mais comuns nos pés, essa **fratura** resulta de estresse repetitivo no pé, como resultado de marcha ou corrida prolongada. O segundo e terceiro metatarsais são os mais afetados. O tratamento geralmente envolve repouso do pé e uso de botas gessadas, ou sapatos com palmilhas que concentram o peso do corpo no calcâneo.

Falanges dos dedos dos pés

As 14 falanges dos dedos dos pés são menores do que aquelas dos dedos das mãos e, por isso, são menos hábeis. Ainda assim, a sua estrutura geral e disposição são as mesmas das falanges das mãos: existem três falanges em cada dedo, exceto para o I dedo (o *hálux*), que tem apenas duas falanges. Assim como na mão, esses ossos são nomeados *falanges proximal, média e distal*.

Arcos do pé

Uma estrutura composta de múltiplos componentes só pode suportar peso se for arqueada. O pé tem três arcos: *arco longitudinal medial*, *arco longitudinal lateral* e *arco transverso* (Figura 8.12). Esses arcos são mantidos pelo formato de intertravamento dos ossos do pé, por ligamentos fortes e pela tração de alguns tendões durante a atividade muscular (os ligamentos e tendões também proporcionam resiliência). Como resultado, os arcos “cedem” quando é aplicado peso sobre o pé, depois retornam a sua posição original quando o peso é removido.

Se você examinar suas pegadas em areia molhada, vai ver que a margem medial do pé, do calcânar à ponta distal do primeiro metatarso, não deixa impressão. Isso acontece porque o **arco longitudinal medial** (Figura 8.12b) faz a curva bem acima do chão. O tálus, perto da articulação talonavicular, é a “pedra-chave” desse arco (Figura 8.12b), que se origina no calcâneo, sobe até o tálus e depois desce aos três metatarsais mais mediais³. O **arco longitudinal lateral** é muito baixo, pois eleva a margem lateral do pé apenas o suficiente para redistribuir parte do peso do corpo para o calcâneo e parte para a cabeça do quinto metatarsal (isto é, para as duas extremidades do arco). O osso cuboide é a pedra-chave desse arco lateral. Os dois arcos longitudinais servem como pilares para o **arco transverso**, que corre obliquamente de um lado ao outro do pé, seguindo a linha das articulações tarsometatarsais. Juntos, os três arcos formam uma meia cúpula, que distribui para os ossos do calcânar aproximadamente metade do peso de uma pessoa, em pé e caminhando, e a outra metade para as cabeças dos metatarsais.

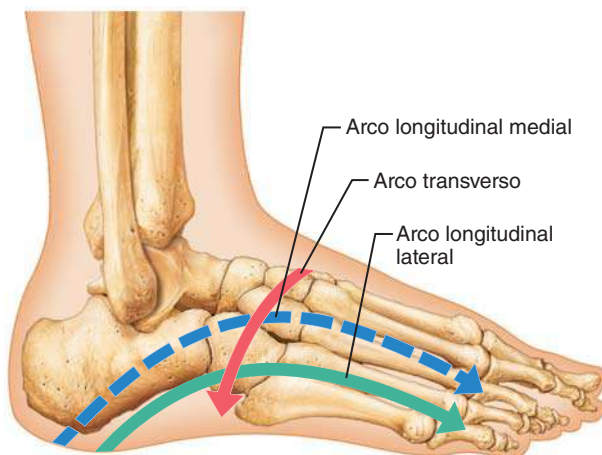
Como mencionado anteriormente, vários tendões correm abaixo dos ossos do pé e ajudam a apoiar os arcos do pé. Os músculos associados a esses tendões são menos ativos quando a pessoa está em pé do que caminhando. Portanto, pessoas que ficam o dia todo em pé em seu trabalho podem desenvolver arcos caídos, ou “pés chatos”. Correr em superfícies duras também pode causar esse efeito de arcos caídos, a menos que a pessoa use sapatos que deem sustentação adequada aos arcos.

✓ Verifique seu conhecimento

- 12. Que estrutura específica do osso do quadril articula-se com a cabeça do fêmur?

- 13. Quais estruturas formam as duas intumescências ósseas em ambos os lados do tornozelo?
- 14. Em qual osso está localizada cada uma das seguintes estruturas: maléolo lateral, linha áspera, trocater menor, incisura fibular, sustentáculo do tálus e tuberosidade da tibia?
- 15. Qual é a “pedra-chave” do arco longitudinal medial do pé? Como os arcos do pé distribuem o peso do corpo?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



(a) Vista lateral do pé direito



(b) Imagem de raios X, vista medial do pé direito; “pedra-chave” do arco longitudinal medial (indicado na flecha)

Figura 8.12 Arcos do pé.

³ Nota do revisor técnico: a maioria dos autores descreve a direção desse arco como partindo do calcâneo, alcançando o tálus e descendo na direção do osso navicular e do I e II metatarsais.

DISTÚRBIOS DO ESQUELETO APENDICULAR

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever duas doenças congênitas: displasia do quadril e pé torto.

A maioria dos distúrbios do esqueleto apendicular são fraturas ósseas, que são discutidas em associação com os ossos individualmente (ver também Tabela 6.2, p. 149). Dois outros distúrbios significativos são os defeitos congênitos.

Displasia do quadril (luxação congênita do quadril) (*displasia* = má-formação) é um defeito de nascença relativamente comum; na verdade, até 4% dos bebês são tratados por isso. Nessa condição, que afeta mais mulheres do que homens, ou o acetábulo não se forma completamente ou os ligamentos da articulação do quadril são frouxos. Em ambos os casos, a cabeça do fêmur tende a “escorregar” para fora de seu soquete (**Figura 8.13a**). Diagnóstico e tratamento precoces são essenciais para evitar a deformação permanente. O tratamento geralmen-



(a) **Displasia do quadril.** À direita, estrutura normal do quadril de uma criança; à esquerda, deslocamento aparente da cabeça do fêmur no quadril.



(b) **Pé torto.** Ambos os pés virados para dentro; pé à esquerda mostra posicionamento de pé torto clássico.

Figura 8.13 Distúrbios congênitos do membro inferior.

te envolve o uso de uma tala ou um cinto de correias para segurar o fêmur na sua posição correta, de modo que o acetábulo possa crescer adequadamente e os ligamentos possam se fixar. Em casos extremos ou aqueles que são diagnosticados tardiamente, uma cirurgia pode ser necessária para reparar e reforçar os ligamentos do quadril.

No **pé torto** congênito, que ocorre em cerca de 1 em cada 700 nascimentos, as plantas dos pés voltam-se medialmente e os dedos apontam para baixo (**Figura 8.13b**). Esse distúrbio pode ser geneticamente induzido ou resultar de posicionamento anormal dos pés (por exemplo, ficar dobrado contra o peito) durante o desenvolvimento fetal. O pé torto é tratado pelo uso de moldes de gesso um após o outro para ajustar a posição do pé em crescimento ou, em casos extremos, por cirurgia.

O ESQUELETO APENDICULAR AO LONGO DA VIDA

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever como o comprimento dos membros muda em relação ao comprimento da cabeça e tronco, à medida que o ser humano cresce.

Durante a juventude, o crescimento do esqueleto apendicular não só aumenta a altura do corpo como também altera as proporções do corpo (**Figura 8.14**). Mais especificamente, a **proporção superoinferior (SI) do corpo** muda com a idade. Nessa relação, o *segmento inferior do corpo (I)* é a distância da parte superior do cingulo pélvico superior até o chão, enquanto o *segmento superior do corpo (S)* é a diferença entre a altura do segmento inferior do corpo e a altura total da pessoa.

No nascimento, a razão SI é cerca de 1,7 para 1. Assim, cabeça e tronco, juntos, são mais de 1,5 vez o tamanho dos membros inferiores. Os membros inferiores crescem mais rápido do que o tronco a partir desse momento. Assim, por

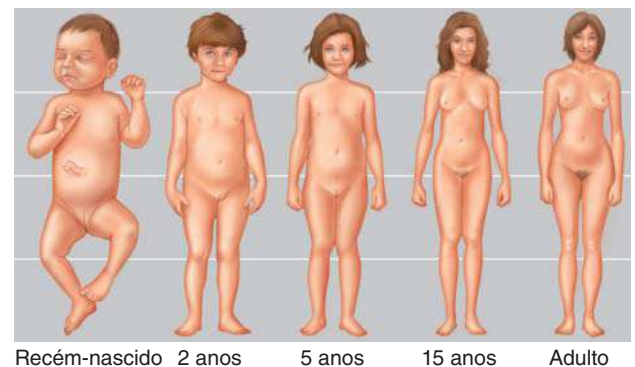


Figura 8.14 Alterações nas proporções corporais ao longo da vida. Durante o crescimento, os braços e as pernas crescem mais rápido que a cabeça e o tronco, como pode ser visto nessa figura de um indivíduo em diferentes idades, todos desenhados na mesma altura.

volta dos 10 anos de idade, a relação SI é cerca de 1 para 1, mudando pouco, depois disso. Durante a puberdade, a pelve feminina alarga-se, preparando-se para a reprodução, e todo o esqueleto masculino torna-se mais robusto.

Uma vez que a estatura adulta é alcançada, um esqueleto apendicular saudável muda muito pouco até a meia-idade. Em seguida, ele perde massa, tornando mais comuns a osteoporose e fraturas dos membros.



TERMOS CLÍNICOS

Joanete Deformidade do I dedo do pé, que envolve deslocamento lateral desse dedo e deslocamento medial do I metatarsal. Também inclui um inchaço ósseo e uma bursite (p. 245) no lado medial da cabeça do I metatarsal. Causada por sapatos apertados ou desconfortáveis (ou, mais raramente, por artrite ou fatores genéticos).

Joelho valgo Deformidade na qual os dois joelhos esfregam-se ou batem-se durante uma caminhada. O joelho valgo geralmente ocorre em crianças por causa de crescimento irregular dos ossos do membro inferior, lesão nos ligamentos ou lesão nas extremidades ósseas do joelho.

✓ Verifique seu conhecimento

- 16. Quais mudanças ocorrem no esqueleto masculino durante a puberdade? E no feminino?
- 17. Considerando o que você sabe sobre como são formados os ossos do quadril, por que a displasia do quadril pode ser tratada com sucesso pelo uso de talas, desde que aplicadas precocemente?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Lesão de Lisfranc Torcer ou dobrar bruscamente a parte anterior do pé na parte posterior ou até mesmo uma queda podem causar danos às articulações entre os ossos tarsais e metatarsais. Geralmente, envolve os cuneiformes e os três primeiros metatarsais. As bases dos metatarsais podem ser deslocadas e as articulações intercuneiformes danificadas, com fraturas desses ossos.

Pelvimetria Medição das dimensões da entrada (abertura superior) e saída (abertura inferior) da pelve, geralmente para determinar se as medidas são adequadas para um parto normal.

Podologia Área especializada que estuda e lida com cuidados do pé, incluindo sua anatomia, distúrbios e tratamentos médicos e cirúrgicos.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. O esqueleto apendicular consiste dos cingulos superior e inferior e dos ossos dos membros superiores e inferiores.

CÍNGULO DO MEMBRO SUPERIOR (p. 194-196)

2. Os cingulos superiores são especializados em movimentos. Cada um consiste de uma clavícula e uma escápula e conecta um membro superior à caixa torácica.
3. Cada clavícula articula-se com o manúbrio medialmente e com uma escápula lateralmente. As clavículas mantêm os braços lateralmente “para fora” (afastados) do tórax e transmitem forças de impulsão dos membros superiores para o tórax.
4. Cada escápula, triangular na forma, articula-se com uma clavícula e um úmero (as margens, ângulos e características da escápula estão resumidos na Tabela 8.1).

MEMBRO SUPERIOR (p. 196-202)

5. Cada membro superior é composto de 30 ossos e é especializado em mobilidade (ver Tabela 8.1).

6. O esqueleto do braço consiste exclusivamente do úmero. A cabeça do úmero articula-se com a cavidade glenoidal da escápula, formando a articulação do ombro.
7. Os ossos do antebraço são o rádio (lateral) e a ulna (medial). Articulações entre esses ossos são altamente móveis, permitindo que o rádio gire em torno da ulna. Proximalmente, a ulna contribui para a articulação do cotovelo. Distalmente, o rádio contribui para a articulação com o carpo.
8. Os ossos da mão são carpais, metacarpais e falanges.

CÍNGULO DO MEMBRO INFERIOR (p. 202-205)

9. O cingulo inferior, especializado na sustentação de peso, é composto de dois ossos do quadril e o sacro, que juntos formam a pelve óssea (em forma de bacia). O cingulo conecta o membro inferior ao esqueleto axial.
10. Cada osso do quadril consiste de ílio, ísquio e púbis fundidos. No acetábulo, uma depressão em forma de xícara, ocorre a fusão desses três ossos que se assemelha a um Y.
11. O ílio é a parte superior do osso do quadril. Cada ílio forma uma sólida articulação com o sacro. O ísquio é uma barra óssea curva; quando uma pessoa se senta, o peso é suportado pelos túberes isquiáticos. Os ossos do púbis, em forma de V, articulam-se anteriormente na sínfise púbica.
12. A abertura superior da pelve ou linha terminal, uma elevação óssea oval que inclui a crista púbica, a linha arqueada

do ílio e o promontório sacral, separa a pelve falsa (superior) da pelve verdadeira (inferior).

13. A pelve masculina é relativamente profunda e estreita, com ossos maiores e mais pesados; a feminina, que faz parte do canal do parto, é comparativamente mais rasa e mais larga (ver Tabela 8.2).

MEMBRO INFERIOR (p. 205-212)

14. O membro inferior consiste de coxa, perna e pé e é especializado na sustentação de peso e locomoção (ver Tabela 8.3).
15. O fêmur, espesso e longo, é o único osso da coxa. Sua cabeça em forma de esfera articula-se com o acetábulo.
16. Os ossos da perna são a tíbia (que participa tanto na articulação do joelho como na do tornozelo), localizada medialmente, e a delgada fíbula, localizada lateralmente.

17. Os ossos do pé são os tarsais, metatarsais e falanges. Os tarsais mais importantes são o calcâneo (osso do calcanhar) e o tálus. Este conecta-se aos ossos da perna na articulação do tornozelo.

18. No pé são definidos três arcos que distribuem o peso do corpo para o calcanhar e para a planta do pé.

DISTÚRBIOS DO ESQUELETO APENDICULAR (p. 213)

19. A displasia do quadril (luxação congênita do quadril) e o pé torto são defeitos congênicos comuns.

O ESQUELETO APENDICULAR AO LONGO DA VIDA (p. 213)

20. O crescimento rápido dos membros inferiores faz que a relação superoinferior do corpo (SI) mude de 1,7:1 no nascimento para 1:1 a partir dos 10 anos de idade.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Qual das seguintes estruturas ósseas *não* está próxima ou na articulação do ombro? (a) acrômio, (b) tubérculo maior, (c) cavidade glenoidal, (d) colo anatômico do úmero, (e) tuberosidade deltóidea.
- Qual das seguintes estruturas ósseas *não* está próxima ou na articulação do quadril? (a) acetábulo, (b) promontório sacral, (c) trocânter maior, (d) colo do fêmur.
- Qual dos ossos listados *não* tem uma cabeça? (a) rádio, (b) fêmur, (c) ulna, (d) tíbia, (e) fíbula.
- Os tubérculos maior e menor estão localizados (a) no úmero, (b) no osso do quadril, (c) no fêmur, (d) no tornozelo, (e) na tíbia.
- O maléolo lateral é (a) a parte proximal da fíbula, (b) a parte distal da tíbia, (c) a parte distal da fíbula, (d) a parte proximal da ulna, (e) um osso na cavidade da orelha média.
- Associe os ossos indicados na coluna B às suas descrições na coluna A (as respostas na coluna B podem ser usadas mais de uma vez).

Coluna A

- osso do esqueleto axial a que o cingulo do membro superior está conectado
- suas estruturas incluem a cavidade glenoidal e o acrômio
- suas estruturas incluem asa, crista e incisura isquiática maior
- osso membranoso que transmite forças do membro superior para a caixa torácica
- osso do cingulo do membro inferior que se articula com o sacro
- osso que suporta o peso corporal quando a pessoa se senta
- osso mais anteroinferior do cingulo inferior
- osso do esqueleto axial que contribui para formação do cingulo do membro inferior

Coluna B

- clavícula
- ílio
- ísquio
- púbis
- sacro
- escápula
- esterno

7. Associe os ossos da coluna B com suas descrições na coluna A (as respostas da coluna B podem ser usadas mais de uma vez).

Coluna A

- articula-se com o acetábulo e a tíbia
- seu maléolo forma a face lateral do tornozelo
- osso que se articula com os ossos carpais do punho
- ossos do punho
- osso com forma muito parecida a uma chave-inglesa
- articula-se com o capítulo do úmero
- maior osso é o calcâneo

Coluna B

- carpais
- fêmur
- fíbula
- úmero
- rádio
- tarsais
- tíbia
- ulna

8. A partir da lista de ossos a seguir, indique todos aqueles que têm um processo estiloide: (a) clavícula, (b) escápula, (c) rádio, (d) ulna, (e) tíbia, (f) fíbula.
9. No antebraço, o rádio é o osso _____ e, portanto, a incisura radial da ulna apresenta-se _____. (a) lateral/medialmente, (b) lateral/lateralmente, (c) medial/medialmente, (d) medial/lateralmente.
10. O escafoide e o semilunar articulam-se com (a) os metacarvais, (b) o rádio e a ulna, (c) o rádio, (d) a tíbia, (e) o trapézio.

Dissertativas

11. A principal função do cingulo do membro superior é a mobilidade. (a) Qual é a principal função do cingulo do membro inferior? (b) Relacione essas diferenças funcionais com as diferenças anatômicas entre os cingulos.
12. Liste três diferenças entre as pelves masculina e feminina.
13. Descreva as funções dos arcos do pé.
14. Descreva brevemente as características anatômicas e comprometimento de função vistos em uma displasia do quadril.
15. Defina e distinga a pelve verdadeira da pelve falsa.
16. Luiz era um brilhante estudante de anatomia, mas ele às vezes chamava os ossos da perna de “fíbia” e “tíbula”. Corrija esse erro comum.

17. Desenhe a escápula em vista posterior e identifique todas as margens, ângulos, fossas e características importantes visíveis nessa vista.
18. Descreva a localização de cada uma das seguintes estruturas ósseas: (a) trocânter maior, (b) linha áspera, (c) tróclea, (d) processo coronoide, (e) tuberosidade deltóidea, (f) tubérculo maior, (g) incisura isquiática maior.
19. (a) Quais regiões do corpo os anatomistas realmente chamam de braço e perna? (b) Qual dedo está localizado no lado medial da mão?
20. Nomeie todos os ossos do esqueleto apendicular que têm uma tuberosidade.
21. A mão e o pé são estruturalmente semelhantes em muitos aspectos; eles também mostram diferenças claras em estruturas relacionadas com suas diferentes funções. Descreva as características estruturais do pé que estão claramente relacionadas com o suporte de peso e funções locomotoras.

Análise crítica e aplicação clínica

1. Maurício se machucou depois de tentar suavizar sua queda com os braços estendidos. O médico da emergência deu uma olhada em seu ombro e viu que Maurício tinha uma clavícula quebrada (e mais nenhuma lesão). Descreva a posição do ombro de Maurício. Que parte da clavícula foi provavelmente quebrada? Maurício estava preocupado com lesão nos principais vasos sanguíneos relativos a seu braço (os vasos subclávios), mas foi dito a ele que tal lesão era improvável. Por que o médico poderia prever isso?
2. Raquel trabalha como cabeleireira e desenvolveu pés chatos. Explique o motivo de isso ter acontecido.
3. Jaime trabalhou em uma fábrica de embalagem de aves, onde sua função era abrir frangos com um corte e eliminar seus órgãos viscerais. Depois do trabalho, ele digitava por longas horas em seu computador, porque ele estava escrevendo um romance baseado em seu trabalho na fábrica. Logo, seu punho e mão começaram a doer quando ele os flexionava, e ele começou a acordar à noite com dor e formigamento no polegar de sua mão. Que processo patológico ele provavelmente desenvolveu?
4. Compare os ossos do membro superior com os ossos do membro inferior. Em que eles são similares; em que eles são diferentes? Como é que essas diferenças se relacionam para as diferentes funções do membro superior *versus* o membro inferior?
5. A fratura óssea mais comum em pessoas com menos de 75 anos é fratura no punho, ou fratura do escafoide ou fratura da extremidade distal do rádio (fratura de Colles). Essa lesão resulta de queda sobre a mão estendida. Por que o rádio é lesado nesse tipo de queda e não a ulna?

Articulações 9

Classificação das articulações	218
Articulações fibrosas	218
Suturas	218
Sindesmoses	219
Gonfoses	219
Articulações cartiláneas	219
Sincondroses	219
Sínfises	219
Articulações sinoviais	220
Estrutura geral das articulações sinoviais	220
Movimentos realizados nas articulações sinoviais	223
Tipos de articulações sinoviais	227
Fatores que influenciam a estabilidade de articulações sinoviais	227
Principais articulações sinoviais	231
Articulação temporomandibular	231
Articulação esternoclavicular	233
Articulação do ombro (glenoumeral)	234
Articulação do cotovelo	234
Articulação do carpo	234
Articulação do quadril	236
Articulação do joelho	237
Articulação do tornozelo	241
Distúrbios das articulações	243
Lesões nas articulações	243
Condições inflamatórias e degenerativas	245
As articulações ao longo da vida	247



▲ Articulação do joelho normal (imagem de raio X colorizada).

Os elementos rígidos do esqueleto unem-se em locais chamados **articulações** ou **junturas**. A raiz *arti* (do grego *arthro*) significa “junta”, e o estudo científico das articulações (junturas) é chamado *artrologia*. Duas funções importantes dos ossos são o apoio e o movimento. O movimento é possibilitado pela articulação dos ossos nas junturas e pela contração dos músculos esqueléticos inseridos nos ossos. Os movimentos precisos e graciosos de bailarinos e ginastas atestam a grande variedade de movimentos que as articulações permitem. Embora as articulações sejam sempre os pontos mais fracos do esqueleto, sua estrutura lhes permite resistir a esmagamentos, dilacerações e a várias forças que as impulsionariam para fora do alinhamento.

CLASSIFICAÇÃO DAS ARTICULAÇÕES

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ classificar as articulações por estrutura e função.

As articulações são classificadas por função ou estrutura. A *classificação funcional* centra-se na quantidade de movimento permitido. Assim, **sinartroses** (*syn* = junto; *artro* = articulação) são articulações imóveis, **anfiartroses** (*amphi* = de ambos os tipos) são articulações ligeiramente móveis e **diartroses** (*di* = dois) são articulações livremente móveis. As diartroses predominam nos membros, enquanto as sinartroses e anfiartroses são mais restritas ao esqueleto axial.

A *classificação estrutural* baseia-se no material que une os ossos, e na presença ou ausência de uma cavidade articular. Estruturalmente, as articulações são

classificadas como **fibrosas**, **cartilaginárias** e **sinoviais** (Tabela 9.1, p. 219).

Neste capítulo, a discussão sobre as articulações está organizada de acordo com a classificação estrutural, e as propriedades funcionais são indicadas em determinadas regiões.

ARTICULAÇÕES FIBROSAS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura geral das articulações fibrosas;
- ▶ fornecer exemplos dos três tipos de articulações fibrosas.

Nas articulações fibrosas (Figura 9.1), os ossos são conectados por um tecido fibroso nomeado tecido conjuntivo denso modelado. Nenhuma cavidade articular está presente. A maioria das articulações fibrosas é imóvel ou apenas ligeiramente móvel. Os tipos de articulações fibrosas são *suturas*, *sindesmoses* e *gonfoses*.

Suturas

Nas **suturas**, literalmente “costuras”, os ossos estão firmemente ligados por uma quantidade mínima de tecido fibroso (Figura 9.1a). As suturas ocorrem apenas entre os ossos do crânio, e seu tecido fibroso é contínuo com o perióstio em torno desses ossos planos. Nas suturas, as margens dos ossos unidos são onduladas e apresentam um intertravamento. As suturas não só costuram os ossos, unindo-os, como também permitem seu crescimento, de forma que o crânio possa expandir-se com o encéfalo durante a infância. Durante a meia-ida-

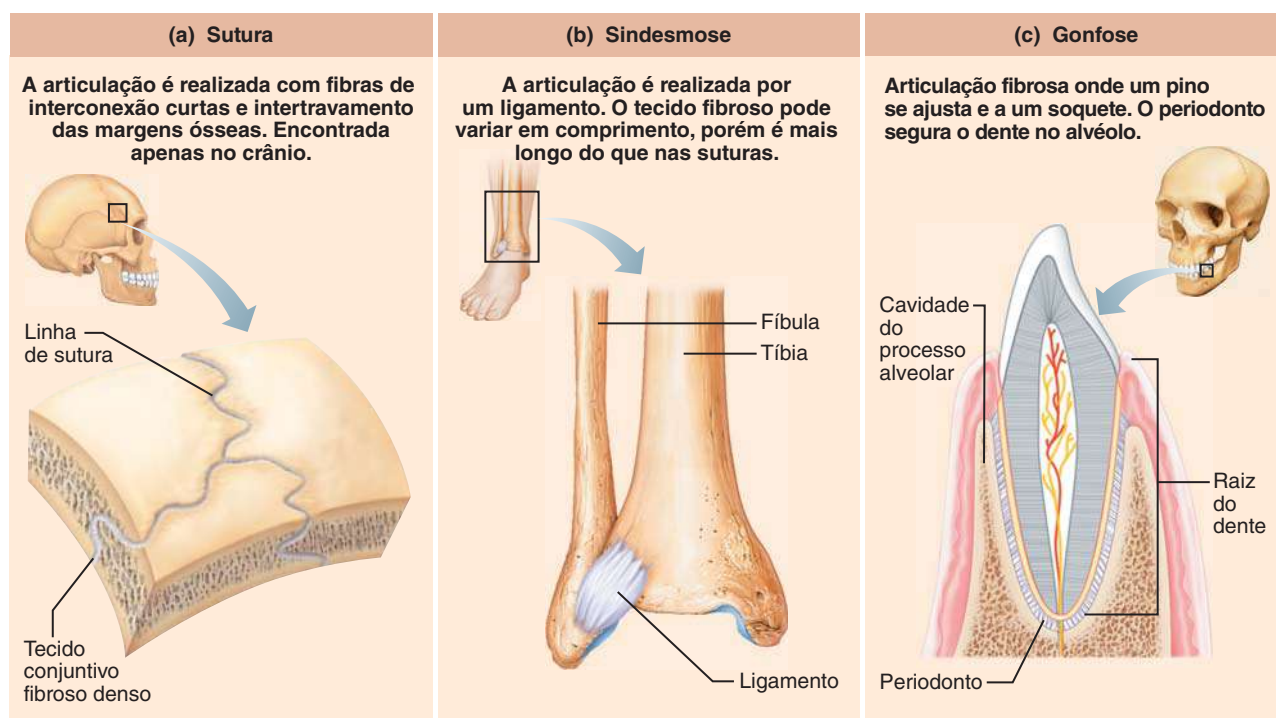


Figura 9.1 Articulações fibrosas.

Tabela 9.1 Resumo das classes de articulações

Classe estrutural	Características estruturais	Tipos	Mobilidade
Fibrosas	Ossos adjacentes unidos por fibras colágenas	1. Sutura (fibras curtas) 2. Sindesmose (fibras mais longas) 3. Gonfose (periodonto)	Imóvel (sinartrose) Ligeiramente móvel (anfiartrose) Ligeiramente móvel
Cartilagíneas	Ossos adjacentes unidos por cartilagem	1. Sincondrose (cartilagem hialina) 2. Sínfise (fibrocartilagem)	Imóvel Ligeiramente móvel
Sinoviais	Ossos adjacentes separados por uma cavidade articular, cobertos com cartilagem articular e fechados dentro de uma cápsula articular revestida com membrana sinovial	1. Plana 2. Cilíndrica 3. Trocóideia 4. Elipsóideia 5. Selar 6. Esferóideia	Livremente móvel (diartrose); movimentos dependem da arquitetura da articulação

de, o tecido fibroso ossifica e os ossos do crânio fundem-se. Nessa fase, as suturas fechadas são chamadas *sinostoses* — literalmente, “junções ósseas”.

Sindesmose

Nas **sindesmose** (“com ligamento”), os ossos são conectados exclusivamente por ligamentos, fitas de tecido fibroso mais longas do que aquelas que ocorrem nas suturas (Figura 9.1b). A quantidade de movimento permitido em uma sindesmose depende do comprimento das fibras conjuntivas. Se as fibras são curtas, como na articulação tibiofibular distal (Figura 9.1b), pouco ou nenhum movimento é permitido. Se as fibras são bastante longas, como na membrana interóssea entre o rádio e a ulna (veja a Figura 8.4, p. 198), maior quantidade de movimento é possível.

Gonfoses

Uma articulação **gonfose** é quando um pino ajusta-se a um soquete. O único exemplo é a articulação de um dente com o seu respectivo alvéolo (Figura 9.1c). Nesse caso, o curto ligamento é o periodonto.

ARTICULAÇÕES CARTILAGÍNEAS

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever as articulações cartilagíneas e dar exemplos dos dois tipos principais.

Nas articulações cartilagíneas, os ossos que se articulam estão unidos por cartilagem (Figura 9.2). As articulações cartilagíneas não possuem uma cavidade articular e não apresentam muita mobilidade. Existem dois tipos de articulações cartilagíneas: *sincondroses* e *sínfises*.

Sincondroses

Uma articulação em que cartilagem *hialina* une os ossos é uma **sincondrose** (“junção da cartilagem”; Figura 9.2a). As cartilagens epifisais são sincondroses. Funcionalmente, elas são classificadas como sinartroses. Outro exemplo é a articulação imóvel entre a cartilagem costal da primeira costela e o manúbrio do esterno. A cartilagem hialina também está presente sob a forma de cartilagens articulares sobre as superfícies ósseas. As cartilagens articulares funcionam como redutor da fricção entre os ossos durante o movimento.

Sínfises

Uma articulação em que a *fibrocartilagem* une os ossos é uma **sínfise** (“crescendo juntos”). Exemplos incluem os discos intervertebrais e a sínfise púbica na pelve (Figura 9.2b). A fibrocartilagem resiste tanto à tensão como à compressão e pode agir como um amortecedor resistente (ver Capítulo 6). As sínfises, então, são articulações ligeiramente móveis (anfiartroses) que fornecem resistência com flexibilidade.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Defina cada um dos seguintes termos: sinartrose, sindesmose, sincondrose. Qual deles é uma classificação funcional das articulações?
- 2. Que tipos de cartilagem são encontrados em uma articulação do tipo sínfise? Informe o nome de um local onde ocorre esse tipo de articulação.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

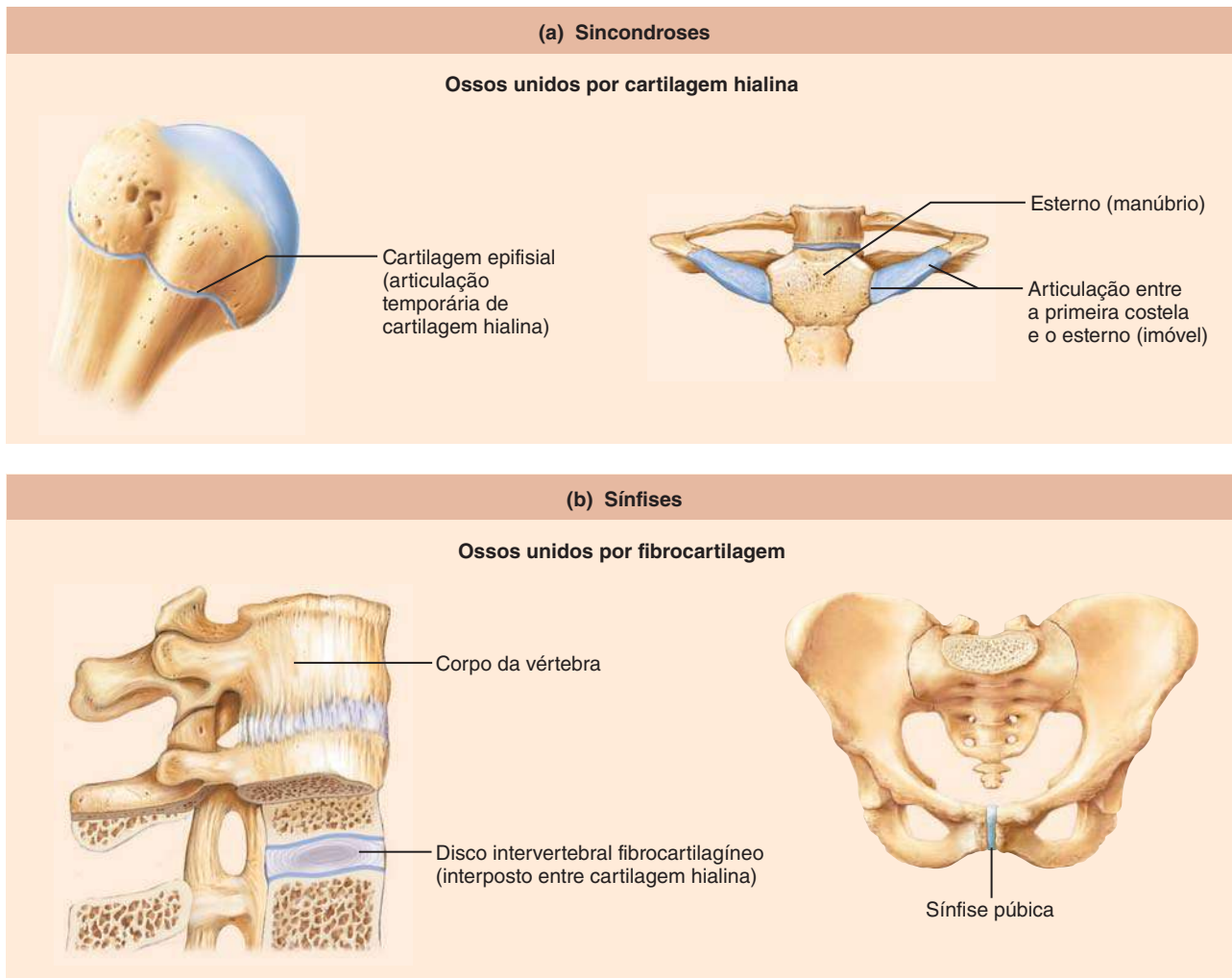


Figura 9.2 Articulações cartilágneas.

ARTICULAÇÕES SINOVIAIS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever as características estruturais compartilhadas por todas as articulações sinoviais;
- ▶ discutir o papel da lubrificação na função de articulações sinoviais;
- ▶ descrever a estrutura e a função dos discos articulares, bolsas e bainhas sinoviais.

As articulações sinoviais são as articulações mais móveis do corpo; todas são diartroses (livremente móveis). Cada articulação sinovial contém uma *cavidade articular* preenchida por líquido.

A maioria das articulações do corpo inclui-se nessa classe, especialmente aquelas dos membros (ver Tabela 9.3, p. 230-231).

Estrutura geral das articulações sinoviais

As articulações sinoviais (**Figura 9.3**) têm as seguintes características:

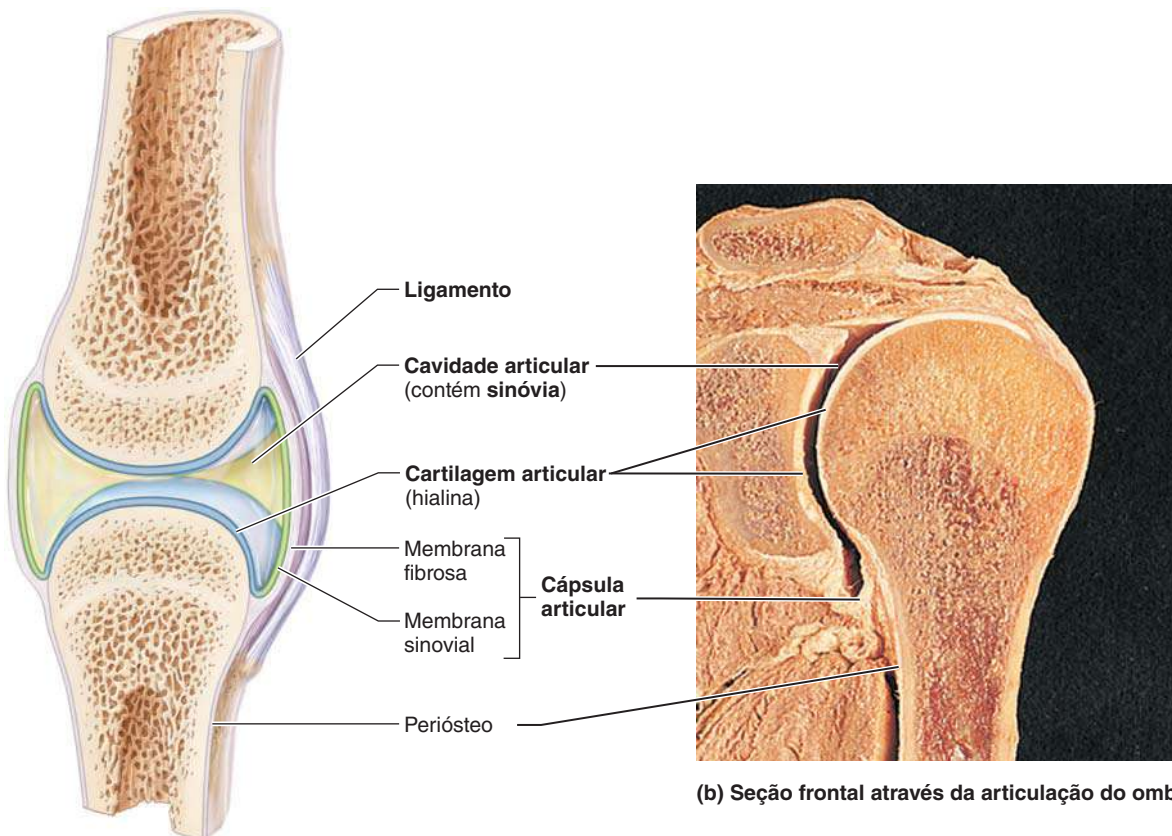
- **Cartilagem articular.** As extremidades dos ossos em oposição são cobertas por cartilagens articulares compostas de cartilagem hialina. Essas “almofadas” absorvem as forças de compressão aplicadas nas articulações, protegendo as extremidades ósseas de esmagamento.
- **Cavidade articular.** Sendo uma característica única das articulações sinoviais, a cavidade articular é um espaço potencial que mantém uma pequena quantidade de sinóvia.
- **Cápsula articular.** A cavidade articular é delimitada por uma cápsula articular de duas camadas, ou cápsula articular. A **membrana fibrosa** externa é de tecido conjuntivo denso não modelado e contínua com a camada de perióstio dos ossos que se articulam. Ela fortalece a articulação, fazendo que os ossos não fiquem separados. A camada interna é a **membrana sinovial**, constituída de tecido conjuntivo frouxo. Além de revestir a cápsula articular, essa membrana cobre todas as superfícies articulares internas não cobertas por cartilagem. Sua função é a de produzir sinóvia.

- **Sinóvia.** O líquido viscoso dentro da cavidade articular também é chamado fluido ou líquido sinovial, pois se assemelha à clara de ovo cru (*ovum* = ovo). A sinóvia é essencialmente um filtrado do sangue, resultante de capilares na membrana sinovial. Ela também contém moléculas glicoproteicas especiais, secretadas pelos fibroblastos da membrana sinovial, que a tornam um lubrificante escorregadio que facilita o movimento da articulação. A sinóvia não só ocupa a cavidade articular, como também ocorre *dentro* das cartilagens articulares, pois a compressão sobre as articulações durante o movimento normal a força para dentro e para fora das cartilagens articulares. Esse mecanismo de **lubrificação** nutre as células nas cartilagens articulares (a cartilagem é avascular) e lubrifica as superfícies livres dessas cartilagens, permitindo que ossos adjacentes se desloquem entre eles com um mínimo de fricção (atrito).
- **Ligamentos.** Algumas articulações sinoviais são fortalecidas e reforçadas por ligamentos em forma de cordões ou faixas. Geralmente, os ligamentos são *capsulares*, isto é, são partes mais espessas da membrana fibrosa da cápsula articular. Em outros casos, os ligamentos são *extracapsulares* ou *intra-capsulares*. Os ligamentos extracapsulares estão localizados fora da cápsula; por exemplo, os liga-

mentos colaterais fibular e tibial do joelho (**Figura 9.4**). Já os ligamentos intracapsulares são internos à cápsula — por exemplo, os ligamentos cruzados anterior e posterior do joelho (ver Figura 9.15e) — e são cobertos com membrana sinovial que os separa da cavidade articular através da qual eles passam.

- **Nervos e vasos.** As articulações sinoviais são ricamente supridas com fibras nervosas sensoriais que inervam a cápsula articular. Algumas dessas fibras detectam dor, como sabe bem qualquer pessoa que tenha sofrido uma lesão articular, mas a maioria delas monitora o quanto a cápsula está sendo estirada. Esse monitoramento do alongamento da articulação é uma das várias maneiras pelas quais o sistema nervoso detecta nossa postura e movimentos do corpo (ver p. 365). As articulações sinoviais também têm um rico suprimento sanguíneo. A maioria dos vasos sanguíneos supre a membrana sinovial onde os leitos capilares produzem o filtrado do sangue, que é a base da sinóvia.

Cada articulação sinovial é suprida por várias ramificações provenientes de vasos sanguíneos e nervos maiores. Essas ramificações vêm de muitas direções diferentes e se sobrepõem no abastecimento de áreas da cápsula articular (Figura 9.4). Tal sobreposição fornece redundância funcional:



(a) Articulação sinovial típica

(b) Seção frontal através da articulação do ombro

Figura 9.3 Estrutura geral de articulações sinoviais.

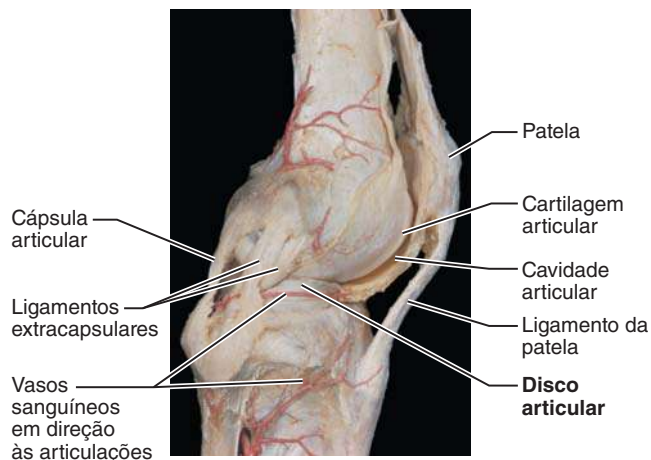


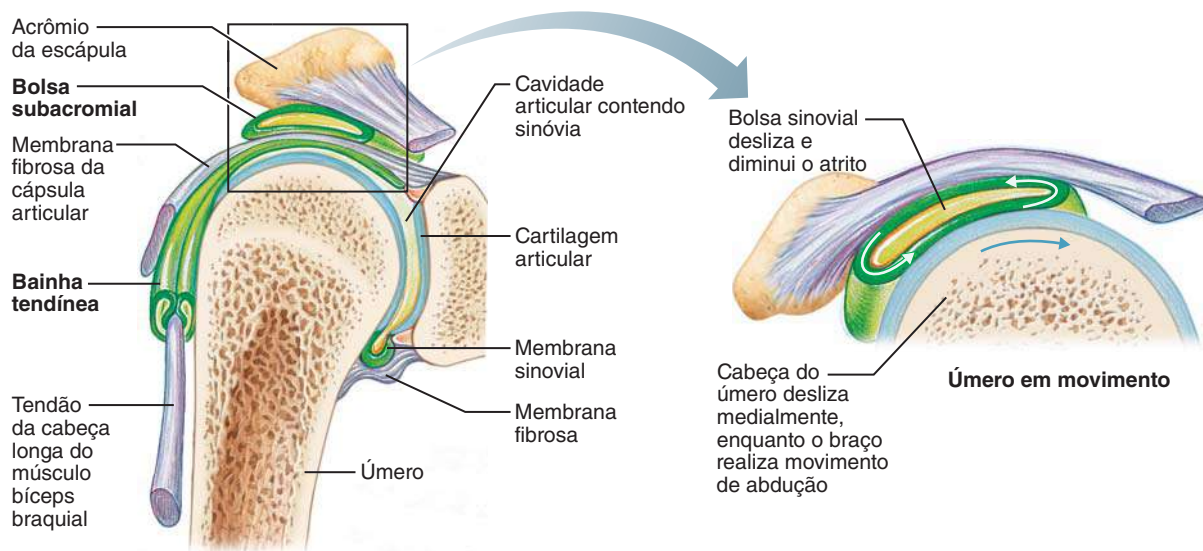
Figura 9.4 Dissecção do joelho. Visão lateral.

quando os movimentos normais em uma articulação comprimem um vaso sanguíneo, outros vasos ficam abertos e conseguem manter a articulação nutrida. Além disso, quando uma lesão em uma articulação destrói alguns vasos e nervos, outros sobrevivem e mantêm a articulação funcionando.

- **Disco articular.** Certas articulações sinoviais contêm um disco de fibrocartilagem (Figura 9.4) denominado **disco articular** ou **menisco** (*menisco* = crescente). Os discos articulares ocorrem na articulação temporomandibular (mandíbula), na articulação esternoclavicular, na articulação do joelho, entre outras (ver Tabela 9.3). Tal disco estende-se

internamente a partir da cápsula e divide a cavidade articular completa ou parcialmente. Discos articulares ocorrem em articulações cujas extremidades ósseas articulares têm formas um pouco diferentes. Quando duas superfícies de articulação têm um encaixe pobre, elas tocam-se apenas em pequenos pontos, onde as forças de carga se tornam altamente concentradas; isso pode danificar as cartilagens articulares e provocar a osteoartrite. Um disco articular preenche as lacunas e melhora o encaixe, distribuindo a carga de forma mais uniforme, minimizando o desgaste e danos. Esses discos permitem dois movimentos diferentes na mesma articulação — um movimento distinto para cada face do disco, como é o caso da articulação temporomandibular.

- **Bolsas sinoviais e bainhas tendíneas.** Essas estruturas contêm sinóvia e frequentemente são associadas com as articulações sinoviais. Por serem, essencialmente, “sacos” fechados de lubrificante, elas agem como “rolamentos de esferas”, para reduzir o atrito entre os elementos do corpo que se movem uns sobre os outros (Figura 9.5). A **bolsa sinovial**, que vem do latim *bursa*, é um saco fibroso achatado revestido por uma membrana sinovial. As bolsas sinoviais ocorrem onde ligamentos, músculos, pele, tendões ou ossos se sobrepõem uns aos outros e sofrem fricção. Uma **bainha tendínea** é essencialmente uma bolsa alongada que envolve um tendão — semelhante a um pão em torno de uma salsicha em um cachorro-quente (ver Figura 9.5a). Bainhas tendíneas ocorrem apenas em tendões que estão sujeitos ao atrito, tais como aqueles que passam por cavidades articulares ou que formam um emaranhado dentro de canais estreitos (como no túnel do carpo, por exemplo).



(a) Secção frontal através da articulação do ombro direito

(b) Ampliação de (a), mostrando como uma bolsa sinovial elimina o atrito onde um ligamento (ou outra estrutura) friccionária contra um osso

Figura 9.5 Bolsa sinovial e bainhas tendíneas.

✓ Verifique seu conhecimento

- 3. Liste as seis características comuns a todas as articulações sinoviais.
- 4. Em que um disco articular difere de uma cartilagem articular?
- 5. Quais são as funções da sinóvia?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Movimentos realizados nas articulações sinoviais

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ nomear e descrever os tipos mais comuns de movimentos do corpo;
- ▶ classificar as articulações sinoviais em seis categorias, de acordo com o formato de suas superfícies articulares e os tipos de movimento que elas permitem;
- ▶ dar exemplos de articulações em cada classe.

À medida que os músculos se contraem, eles fazem que os ossos se movam nas articulações sinoviais. Os movimentos resultantes são de três tipos básicos: (1) *deslizamento* de uma superfície óssea em outra; (2) *movimentos angulares*, que alteram o ângulo entre os dois ossos; e (3) *rotação* em torno do eixo longo de um osso (esses movimentos estão ilustrados na **Figura 9.6** e resumidos na **Tabela 9.2**).

Deslizamento

No **deslizamento**, as superfícies planas próximas de dois ossos deslizam entre si (Figura 9.6a). Ocorre nas articulações carpais e tarsais e entre os processos articulares planos das vértebras.

Movimentos angulares

Os movimentos angulares (Figuras 9.6b-9.6e) aumentam ou diminuem o ângulo entre dois ossos, e incluem flexão, extensão, abdução, adução e circundução.

Flexão e extensão Flexão e extensão são movimentos que ocorrem principalmente no plano sagital.

A **flexão** *diminui o ângulo* entre os ossos, aproximando-os (Figuras 9.6b-9.6d). Exemplos incluem a flexão do pescoço ou do tronco (Figuras 9.6b e 9.6c); a flexão dos dedos, como quando cerramos o punho (para dar um murro, por exemplo), e a flexão do antebraço em direção ao braço, na altura do cotovelo. Nos exemplos menos óbvios, o braço é flexionado na altura do ombro quando movimentado para uma direção anterior (Figura 9.6d) e o quadril é flexionado quando a coxa é movimentada anteriormente.

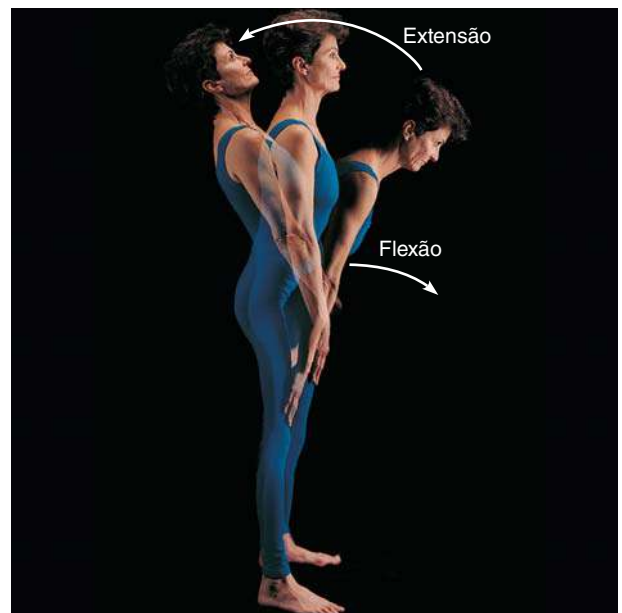
A **extensão** é o inverso da flexão e ocorre nas mesmas articulações (ver Figuras 9.6b-9.6d). Ela *aumenta o ângulo* entre os ossos que se articulam e é uma ação de alongamento. Alongar os dedos depois de cerrar o



(a) Movimentos de deslizamento no punho

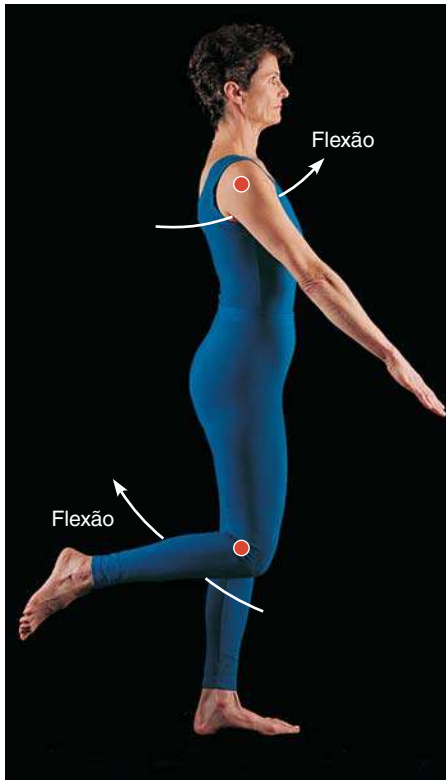


(b) Movimentos angulares: flexão e extensão do pescoço

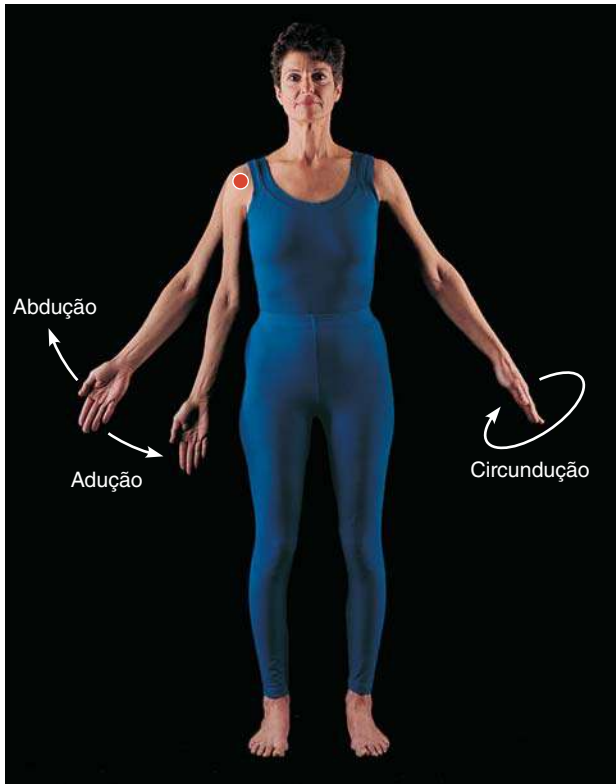


(c) Movimentos angulares: flexão e extensão do tronco

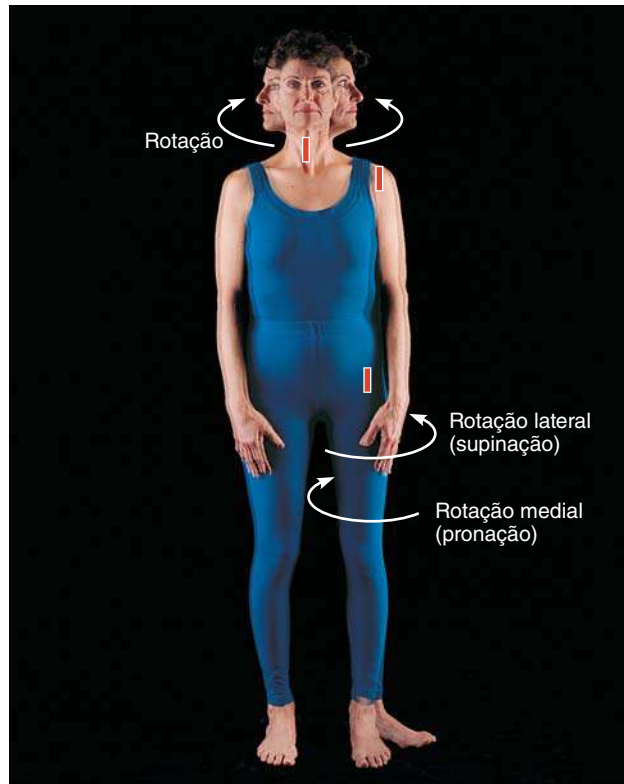
Figura 9.6 Movimentos permitidos pelas articulações sinoviais. O eixo ao redor do qual cada movimento ocorre está indicado por um ponto vermelho em (b), (d) e (e) e por um traço vermelho em (f).



(d) Movimentos angulares: flexão e extensão no ombro e no joelho



(e) Movimentos angulares: abdução, adução e circundução do membro superior no ombro



(f) Rotação da cabeça, pescoço e membro inferior

Figura 9.6 Movimentos permitidos pelas articulações sinoviais, *continuação*.

Tabela 9.2

Movimentos das articulações sinoviais

Movimento	Definição
DESLIZAMENTO (Figura 9.6a)	Deslizamento das superfícies planas de dois ossos entre si
MOVIMENTOS ANGULARES (Figuras 9.6b-9.6e)	
Flexão	Diminuição do ângulo entre dois ossos
Extensão	Aumento do ângulo entre dois ossos
Abdução	Movimento de afastamento de um membro em relação à linha média do corpo
Adução	Movimento de um membro em direção à linha média do corpo
Circundução	Movimento de um membro ou dedo de forma que ele descreva um cone no espaço
ROTAÇÃO (Figura 9.6f)	
Rotação medial	Rotação em direção ao plano sagital
Rotação lateral	Rotação em direção oposta ao plano sagital

punho é um exemplo de extensão. Na altura do ombro e do quadril, a extensão move o membro posteriormente (ver a extensão do ombro na Figura 9.6d). Curvar uma articulação para trás, além de sua amplitude de movimento normal, é chamado **hiperextensão** (literalmente, “superextensão”), que ocorre com pessoas que têm ligamentos frouxos que permitem uma maior amplitude de movimento.

Abdução e adução Abdução e adução movem uma parte do corpo ao longo do plano frontal.

Abdução, das palavras em latim que significam “afastar-se”, é o movimento de um membro *para fora* da linha média do corpo. Levantar o braço ou a coxa lateralmente é um exemplo de abdução (Figura 9.6e). Para os dedos das mãos ou dos pés, abdução significa separá-los. Nesse caso, a abdução ocorre em relação ao dedo médio (que é o mais longo), sendo o terceiro dedo da mão ou o segundo do pé. Note que flexionar o tronco para a direita ou para a esquerda a partir da linha média do corpo é chamado *flexão lateral* em vez de abdução.

Adução (“movendo em direção a”) é o oposto de abdução: o movimento de um membro *em direção* à linha média do corpo (Figura 9.6e) ou, no caso dos dedos, em direção à linha média (dedo maior) da mão ou do pé.

Circundução **Circundução** (“movendo-se em um círculo”) é mover um membro ou um dedo de modo que ele descreva um cone no espaço (Figura 9.6e). Esse é um movimento complexo que combina flexão, abdução, extensão e adução em sucessão.

Rotação **Rotação** é o movimento de giro de um osso em torno do eixo longitudinal. Esse movimento ocorre ao longo do plano transversal. A rotação é o único movimento permitido entre as duas primeiras vértebras cervicais. Toda a coluna vertebral também gira, torcendo todo o tronco para a direita ou para a esquerda. A rotação também ocorre nas articulações do quadril e ombro (Figura 9.6f). A rotação dos membros pode ser direcionada para o plano mediano ou longe dele. Por exemplo, na **rotação medial** do membro inferior, as superfícies anteriores dos membros giram em direção ao plano mediano do corpo; a **rotação lateral** é o movimento oposto.

Movimentos especiais

Certos movimentos não se encaixam em nenhuma das categorias anteriores e ocorrem em apenas algumas articulações (**Figura 9.7**).

Elevação e depressão **Elevação** significa mover uma parte do corpo para uma posição superior (Figura 9.7a). Já mover a parte elevada para uma posição inferior é uma **depressão**. Durante a mastigação, a mandíbula é elevada e deprimida alternadamente.

Protrusão e retração Movimentos não angulares nas direções anteriores e posteriores são chamados **protrusão** e **retração**, respectivamente (Figura 9.7b). A mandíbula é protruída quando você a desloca para a frente, e retraída quando você a traz de volta.

Supinação e pronação Os termos **supinação** e **pronação** referem-se aos movimentos de rotação do rádio em torno da ulna (Figura 9.7c). A supinação ocorre quando o antebraço, especificamente o rádio, gira lateralmente, de modo que a palma volta-se anteriormente. Esta é a posição anatômica normal. A pronação ocorre quando o rádio faz uma rotação medial, de modo que a palma volta-se posteriormente. A pronação faz o rádio se cruzar com a ulna de forma que os dois ossos formem um X.

Oposição Na palma da mão, a articulação selar, entre o primeiro metacarpal e o trapézio, permite um movimento chamado *oposição* do polegar (Figura 9.7d). Essa é a ação pela qual você pode mover seu polegar



(a) Elevação
Mover uma parte do corpo para a posição superior

Depressão
Mover uma parte do corpo para a posição inferior



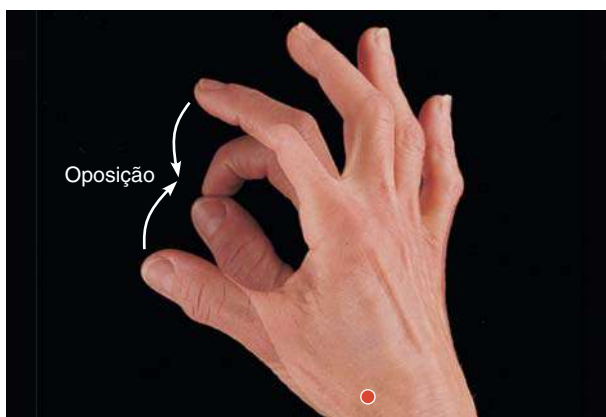
(b) Protrusão
Mover uma parte do corpo para a direção anterior

Retração
Mover uma parte do corpo para a direção posterior



(c) Pronação (P)
Rotação do antebraço de forma que a palma da mão se volta posteriormente

Supinação (S)
Rotação do antebraço de forma que a palma da mão se volta anteriormente



(d) Oposição
Movimento do dedo polegar para tocar a ponta dos outros dedos



(e) Inversão
Volta a planta do pé medialmente

Eversão
Volta a planta do pé lateralmente



(f) Dorsiflexão
Elevação do pé, de forma que sua superfície superior se aproxime da face anterior da perna

Flexão plantar
Depressão do pé com elevação do calcanhar

Figura 9.7 Alguns movimentos especiais do corpo. O ponto vermelho em (d), (e) e (f) indica o eixo ao redor do qual o movimento ocorre.

sobre a palma da mão, permitindo que ele toque as pontas dos outros dedos da mesma mão. Essa ação única é o que faz da mão humana uma excelente ferramenta para agarrar e manipular objetos.

Inversão e eversão **Inversão e eversão** são movimentos especiais do pé nas articulações intertarsais (Figura 9.7e). Para inverter o pé, gire a planta do pé medialmente; para everter, gire a planta lateralmente.

Dorsiflexão e flexão plantar Os movimentos do pé para cima e para baixo, no tornozelo, também recebem nomes especiais. Levantar o pé, de modo que a sua superfície superior aproxime-se da face anterior da perna, é chamado **dorsiflexão**, enquanto elevar o calcanhar (apontando os dedos do pé) é chamado **flexão plantar** (Figura 9.7f). A flexão dorsal do pé corresponde à extensão da mão no carpo, enquanto a flexão plantar corresponde à flexão da mão.

Tipos de articulações sinoviais

Os formatos das superfícies ósseas articulares determinam os movimentos permitidos em uma articulação sinovial. As articulações sinoviais são funcionalmente descritas como se segue:

- **Não axial.** Ossos adjacentes não se movem em torno de um eixo específico.
- **Uniaxial.** O movimento ocorre em torno de um único eixo.
- **Biaxial.** O movimento pode ocorrer em torno de dois eixos. Sendo assim, a articulação permite movimento ao longo dos planos frontal e sagital.
- **Multiaxial.** O movimento pode ocorrer em torno de todos os três eixos e ao longo de todos os três planos do corpo: frontal, sagital e transversal.

Com base em seu formato, as articulações sinoviais são estruturalmente classificadas como *plana*, *cilíndricas*, *trocóidea*¹, *elipisóidea*, *selar* e *esferóidea*. Essa classificação é apresentada em detalhes na **Figura 9.8**. A maioria das articulações sinoviais do corpo é resumida por tipo estrutural e funcional e por movimentos que ocorrem em cada conjunto (**Tabela 9.3**, p. 230-231).

Fatores que influenciam a estabilidade de articulações sinoviais

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ listar três fatores que influenciam a estabilidade das articulações sinoviais.

Como as articulações são bastante exigidas durante o movimento, elas devem ser estabilizadas para prevenir luxação (desalinhamento). A estabilidade de uma articulação sinovial depende de três fatores: as formas

das superfícies articulares, o número e a posição dos ligamentos estabilizadores e o tônus muscular.

Superfícies articulares

As superfícies articulares dos ossos em uma articulação encaixam-se de forma complementar. Apesar de suas formas determinarem quais os tipos de movimento são possíveis na articulação, as superfícies articulares raramente desempenham um papel importante na estabilidade articular: a maioria das cavidades é muito rasa, embora algumas superfícies articulares tenham cavidades profundas ou sulcos que realmente fornecem estabilidade. O melhor exemplo é o encaixe esférico e profundo da articulação do quadril; outros exemplos são as articulações do cotovelo e do tornozelo.

Ligamentos

As cápsulas e ligamentos das articulações sinoviais ajudam a manter os ossos em conjunto e a evitar movimentos excessivos ou indesejáveis. Os ligamentos localizados no lado medial ou inferior de uma articulação resistem à abdução excessiva; ligamentos localizados lateral e superiormente resistem à adução. Ligamentos anteriores resistem à rotação lateral e extensão excessiva; ligamentos posteriores resistem à rotação medial e flexão excessiva. Como regra geral, quanto mais ligamentos uma articulação tem, mais forte ela é. Quando outros fatores de estabilização são insuficientes, uma tensão excessiva é promovida nos ligamentos e eles falham. Assim como bala de caramelo, uma vez estirados, os ligamentos permanecem estirados. No entanto, um ligamento pode esticar apenas cerca de 6% além do seu comprimento antes de se romper. Pessoas que conseguem dobrar o polegar e tocar o antebraço, ou que colocam ambos os calcanhars por trás do pescoço, são às vezes chamadas “duplo articulados”, mas é claro que elas não têm mais articulações que o habitual. Os ligamentos e as cápsulas articulares de indivíduos “duplo articulados” são simplesmente mais frouxos e mais flexíveis do que os ligamentos da maioria das pessoas.

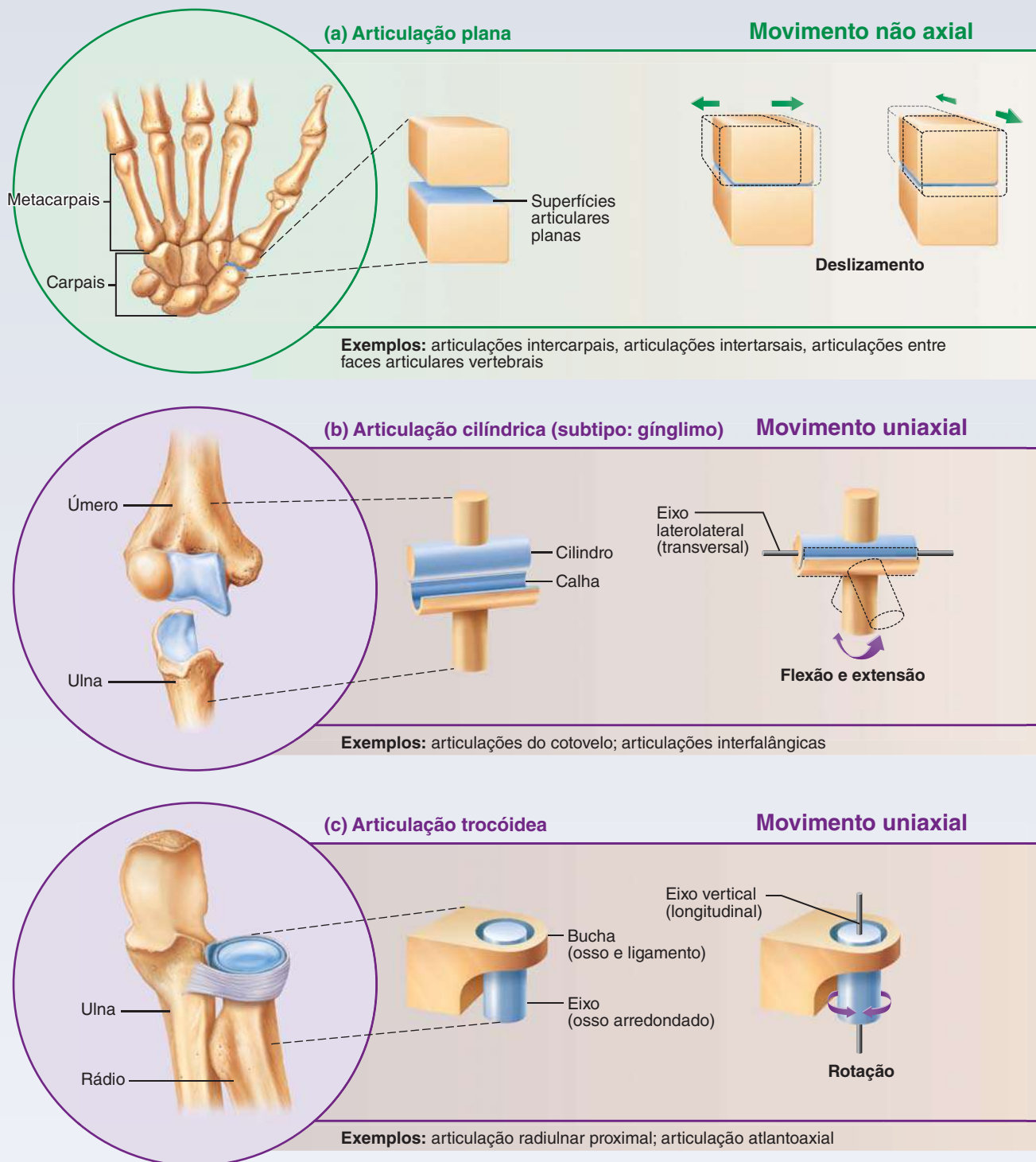
Tônus muscular

Outro fator importante na estabilização de uma articulação é o **tônus muscular**, um constante e baixo nível de força de contração gerada por um músculo, mesmo quando ele não está provocando movimento. O tônus muscular ajuda a estabilizar as articulações, mantendo a tensão nos tendões musculares que cruzam as articulações externamente à cápsula articular. Dessa forma, o músculo funciona como um ligamento que prende as superfícies ósseas adjacentes. Esse fator estabilizador é especialmente importante no reforço das articulações do ombro e joelho e para suportar as articulações nos arcos do pé.

¹ Nota do revisor técnico: na nomenclatura anatômica, as articulações trocóidea e gínglimo são subtipos de articulação cilíndrica.

Figura 9.8

Os formatos das superfícies definem os tipos de movimentos que podem ocorrer em uma articulação sinovial; eles também determinam a classificação das articulações sinoviais em seis tipos estruturais.



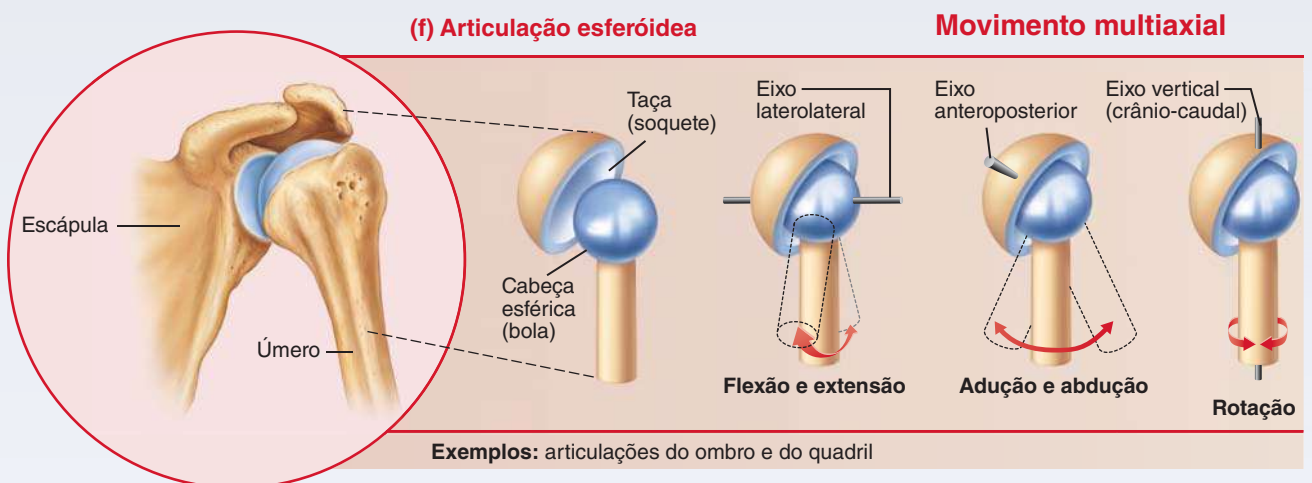
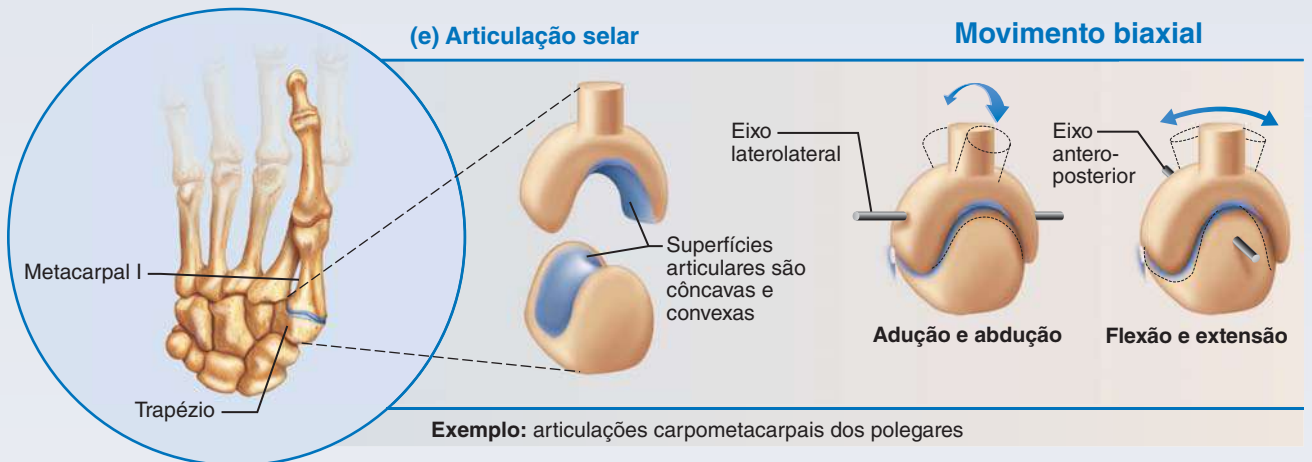
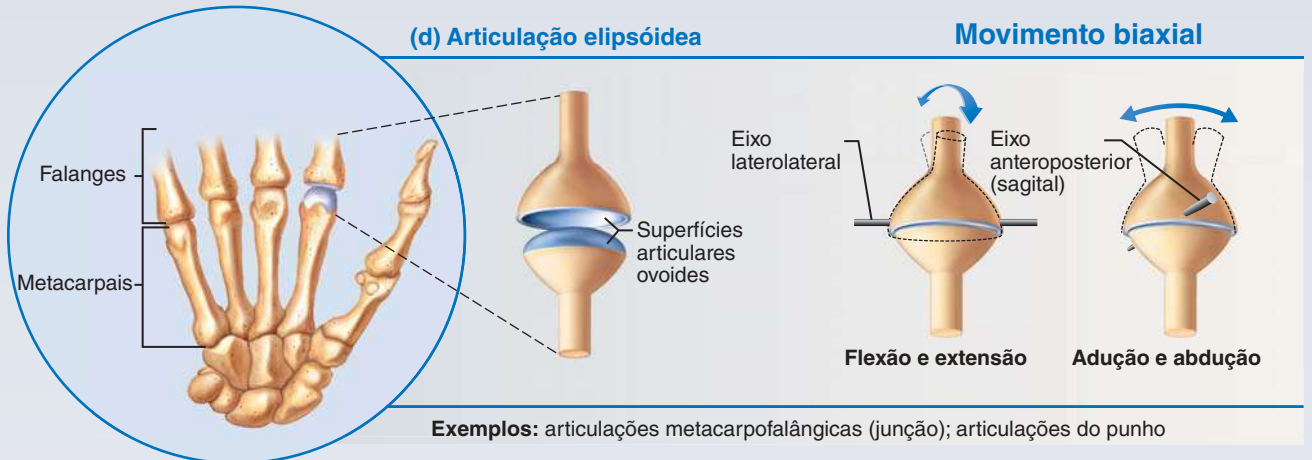
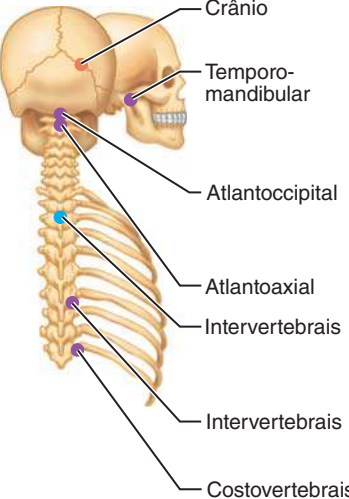
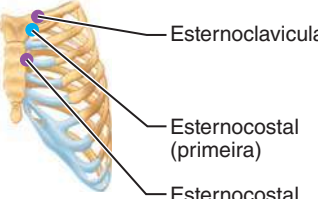
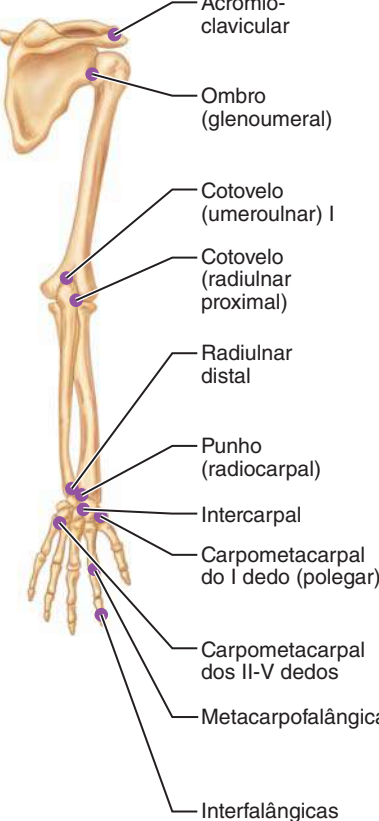


Tabela 9.3

Características estruturais e funcionais das articulações do corpo

Ilustração	Articulação	Ossos que se articulam	Tipo estrutural	Tipo funcional; movimentos permitidos	
	Crânio	Ossos do crânio e face	Fibrosas, suturas	Sinartroses; nenhum movimento	
	Temporo-mandibular	Osso temporal e mandíbula	Sinovial; bicondilar modificada (contém disco articular)	Diartrorse; deslizamento e rotação uniaxial; movimentos de lateralidade, elevação, depressão, protração e retração da mandíbula	
	Atlantoccipital	Osso occipital e atlas	Sinovial; elipsóidea	Diartrorse; biaxial; flexão, extensão, flexão lateral, circundução da cabeça e do pescoço	
	Atlantoaxial	Atlas (C I) e áxis (C II)	Sinovial; trocóidea	Diartrorse; uniaxial; rotação da cabeça	
	Intervertebrais	Entre corpos vertebrais adjacentes	Cartilaginéas; sínfises	Anfiartroses; movimentos leves	
	Intervertebrais	Entre processos articulares	Sinoviais, planas	Diartrorses; deslizamento	
	Costovertebrais	Vértebras (processos transversos ou corpos) e costelas	Sinoviais, planas	Diartrorses; deslizamento de costelas	
		Esternoclavicular	Esterno e clavícula	Sinovial; selar (contém disco articular)	Diartrorse; multiaxial (permite que a clavícula se movimente em todos os eixos)
		Esternocostal (primeira)	Esterno e I costela	Cartilaginéa; sincondrose	Sinartrose; nenhum movimento
		Esternocostal	Esterno e costelas II a VII	Sinoviais; planas	Diartrorses; deslizamento
	Acromioclavicular	Acrômio da escápula e clavícula	Sinovial; plana (contém disco articular)	Diartrorse, deslizamento e rotação da escápula na clavícula	
	Ombro (glenoumeral)	Escápula e úmero	Sinovial; esferóidea	Diartrorse; multiaxial; flexão, extensão, abdução, adução, rotação do úmero e circundução	
	Cotovelo (umeroulnar) I	Úlna (e rádio) com úmero	Sinovial; cilíndrica	Diartrorse; uniaxial; flexão, extensão do antebraço	
	Cotovelo (radiulnar proximal)	Rádio e ulna	Sinovial; trocóidea	Diartrorse; uniaxial; rotação do rádio em torno do eixo longitudinal para permitir pronação e supinação	
	Radiulnar distal	Rádio e ulna	Sinovial; trocóidea (contém disco articular)	Diartrorse; uniaxial; rotação (cabeça convexa da ulna gira em torno da incisura ulnar do rádio)	
	Punho (radiocarpal)	Rádio e carpais proximais	Sinoviais; elipsóideas	Diartrorse; biaxial; flexão, extensão, abdução, adução, circundução da mão	
	Intercarpal	Carpais adjacentes	Sinoviais; planas	Diartrorses; deslizamento	
	Carpometacarpal do I dedo (polegar)	Carpal (trapézio) e I metacarpal	Sinovial; selar	Diartrorse; biaxial; flexão, extensão, abdução, adução, circundução, oposição do I metacarpal	
	Carpometacarpal dos II-V dedos	Carpal(is) e metacarpal(is)	Sinoviais; planas	Diartrorses; deslizamento dos metacarpais	
	Metacarpofalângicas	Metacarpais e falanges	Sinoviais; elipsóideas	Diartrorses; biaxiais, flexão, extensão, abdução, adução; circundução dos dedos	
Interfalângicas	Falanges adjacentes	Sinoviais; cilíndricas	Diartrorses; uniaxiais; flexão, extensão dos dedos		

- Articulações fibrosas
- Articulações cartilaginéas
- Articulações sinoviais

(continua)

Tabela 9.3 continuação

Ilustração	Articulação	Ossos que se articulam	Tipo estrutural	Tipo funcional; movimentos permitidos
	Sacroilíaca	Sacro e osso do quadril	Sinovial na infância; cada vez mais fibrosa no adulto	Diartrose na infância; modificada para anfiartrose no adulto (movimento leve, realçado durante a gravidez)
	Símfise púbica	Ossos do púbis	Cartilagíneas; sínfise	Anfiartrose; movimento leve (realçado durante a gravidez)
	Quadril	Osso do quadril e fêmur	Sinovial; esferóide	Diartrose; multiaxial; flexão, extensão, abdução, adução, rotação, circundução do fêmur
	Joelho (tibiofemural)	Fêmur e tíbia	Sinovial; cilíndrica modificada (contém discos articulares)	Diartrose; biaxial; flexão, extensão da perna; permite alguma rotação
	Joelho (femoropatelar)	Fêmur e patela	Sinovial; plana	Diartrose; deslizamento da patela
	Tibioficular proximal	Tíbia e fíbula (proximalmente)	Sinovial; plana	Diartrose; deslizamento da fíbula
	Tibioficular distal	Tíbia e fíbula (distalmente)	Fibrosa; sindesmose	Sinartrose; cede levemente durante dorsiflexão do pé
	Tornozelo (talo crural)	Tíbia e fíbula com tálus	Sinovial; cilíndrica	Diartrose; uniaxial; dorsiflexão e flexão plantar do pé
	Intertarsal	Tarsais adjacentes	Sinoviais; planas	Diartroses; deslizamento; inversão e eversão do pé
	Tarsometatarsal	Tarsal(is) e metatarsal(is)	Sinoviais; planas	Diartroses; deslizamento dos metatarsais
	Metatarsofalângicas	Metatarsal e falanges proximais	Sinoviais; elipsóideas	Diartroses; biaxiais; flexão, extensão, abdução, adução, circundução (reduzida) do I dedo do pé
	Interfalângicas	Falanges adjacentes	Sinoviais; cilíndricas	Diartroses; uniaxiais; flexão, extensão dos dedos do pé

✓ Verifique seu conhecimento

- 6. Nomeie todos os movimentos que ocorrem nestas articulações: (a) cotovelo, (b) quadril, (c) tornozelo, (d) atlantoaxial e (e) articulação metacarpofalângica.
- 7. Classifique cada uma das articulações nomeadas na questão 6 de acordo com o seu formato. Para cada articulação, indique se é uniaxial, biaxial ou multiaxial.
- 8. Defina pronação e supinação. Em quais articulações esses movimentos ocorrem?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

PRINCIPAIS ARTICULAÇÕES SINOVIAIS

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever as características das principais articulações temporomandibular, esternoclavicular, do ombro, do cotovelo, do punho, do quadril, do joelho e do tornozelo.

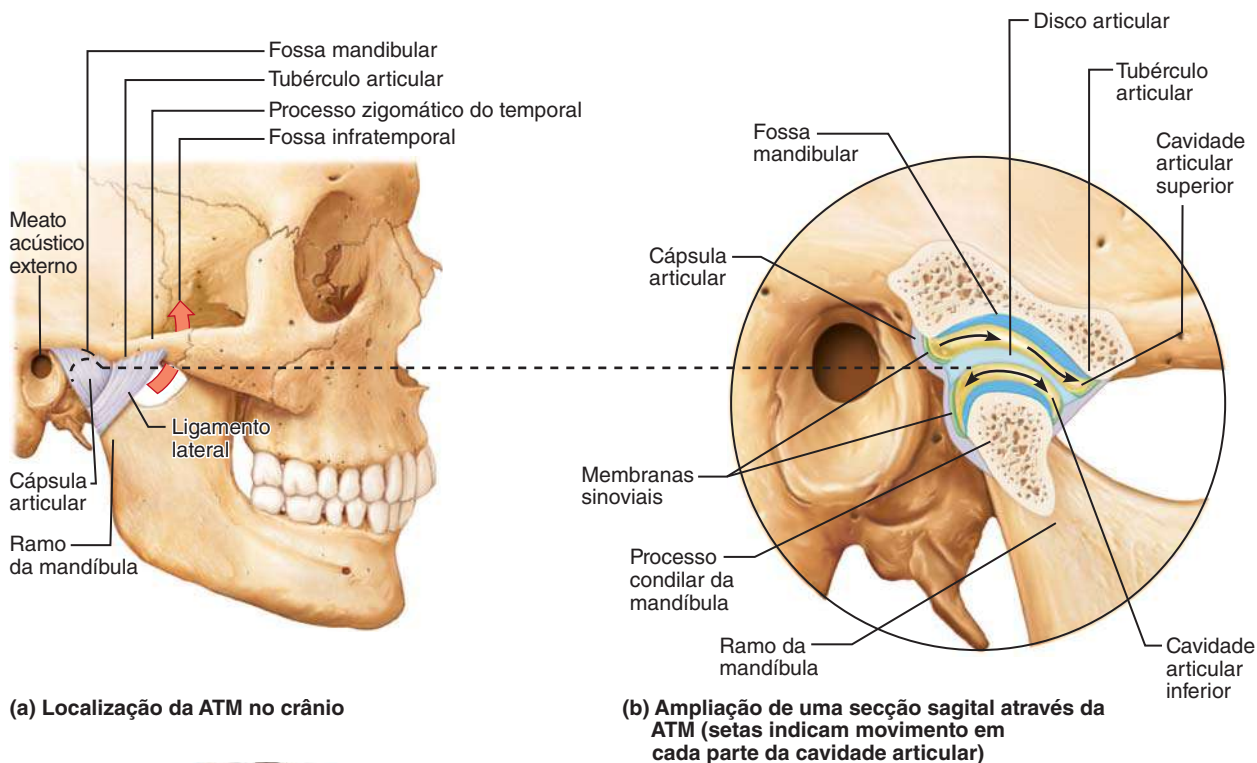
Articulações sinoviais importantes incluem a articulação temporomandibular, esternoclavicular, do ombro, cotovelo, punho, quadril, joelho e tornozelo. Enquanto lê a respeito, mantenha em mente que todas elas contêm uma cavidade articular, cartilagens articulares, cápsula articular e membrana sinovial.

Articulação temporomandibular

A **articulação temporomandibular (ATM)**, ou articulação da mandíbula, é uma articulação cilíndrica modificada, localizada anteriormente à orelha (**Figura 9.9**). Nessa articulação, a cabeça da mandíbula articula-se com a superfície inferior da parte escamosa do osso temporal. A cabeça da mandíbula tem forma elipsóide, enquanto a superfície articular do osso temporal tem uma forma mais complexa: posteriormente, ela forma a **fossa mandibular** côncava, anteriormente, forma uma saliência chamada **tubérculo articular**. Delimitando a articulação há uma cápsula articular frouxa, espessada lateralmente no **ligamento lateral**.

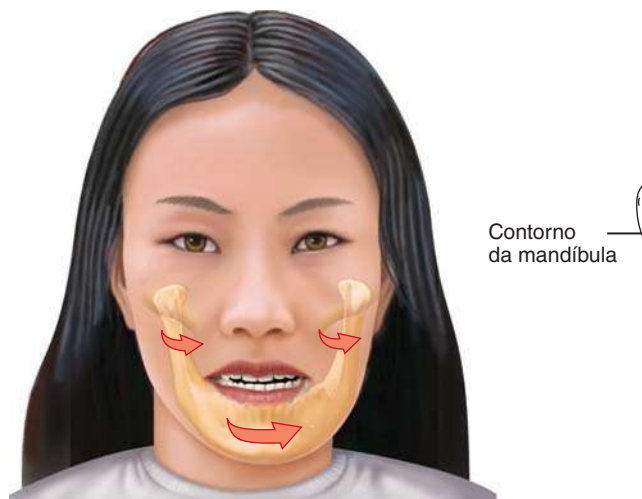
Internamente à cápsula encontra-se um disco articular, que divide a cavidade sinovial em compartimentos superior e inferior (Figura 9.9b). As duas superfícies do disco permitem diferentes tipos de movimento na ATM. Primeiro, a superfície inferior côncava recebe a cabeça da mandíbula e permite movimento característico de uma articulação cilíndrica realizando depressão e elevação da mandíbula enquanto abre e fecha a boca. Em segundo lugar, a superfície superior do disco desliza anteriormente com a cabeça da mandíbula sempre que a boca está bem aberta. Esse movimento anterior prende a cabeça da mandíbula contra o osso denso do tubérculo articular, de modo que a mandíbula não é for-

çada superiormente através do teto fino da fossa mandibular quando mordemos alimentos duros, como nozes, por exemplo. Para demonstrar o deslizamento anterior de sua mandíbula, coloque um dedo sobre a cabeça da mandíbula bem anterior à abertura da orelha e boceje. O compartimento superior também permite movimentos laterolaterais de deslizamento dessa articulação. Como os dentes posteriores são atraídos para oclusão durante a mastigação, a mandíbula move-se com um movimento de lateralidade chamado *excursão lateral* (Figura 9.9c). Esse movimento articular lateral é exclusivo para o aparelho mastigatório de mamíferos, e é aparente em cavalos e vacas, quando estão mastigando.



(a) Localização da ATM no crânio

(b) Ampliação de uma secção sagital através da ATM (setas indicam movimento em cada parte da cavidade articular)



(c) Excursão lateral: movimentos de lateralidade da mandíbula

Figura 9.9 Articulação temporomandibular (ATM).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Disfunções temporomandibulares Por causa de sua cavidade rasa, a ATM é a articulação do corpo mais facilmente deslocada. Mesmo um bocejo intenso pode deslocá-la. Essa articulação quase sempre desloca-se anteriormente, isto é, a cabeça da mandíbula desliza para a frente, terminando em uma região do crânio chamada fossa infratemporal (ver Figura 9.9a), deixando a boca aberta e incapaz de se fechar. Para realinhá-la, o médico coloca os seus polegares na boca do paciente entre os molares inferiores e as bochechas e, em seguida, empurra a mandíbula inferior e posteriormente.

Disfunções temporomandibulares, geralmente causadas por espasmos dolorosos da musculatura da mastigação, podem resultar de estresse induzido por rangido dos dentes, uma lesão na ATM, ou de má oclusão dos dentes. Os sintomas mais comuns são dor na orelha e na face, sensibilidade nos músculos da mandíbula, estalos ou estalidos quando a boca se abre, e rigidez da ATM. O tratamento geralmente concentra-se em fazer que os músculos da mandíbula relaxem com massagem, alongamento, aplicação de calor úmido ou gelo, administração de drogas relaxantes, “mordedores” para uso durante o sono e adoção de técnicas de gestão de estresse.

Articulação esternoclavicular

A **articulação esternoclavicular** é uma articulação selar (Figura 9.10a). Esse tipo incomum de articulação é encontrado em apenas mais um local: na articulação entre o trapézio e o primeiro metacarpal (do polegar). A incisura clavicular do esterno em formato de sela e a superfície superior da primeira cartilagem costal articulam com a superfície medial da clavícula. Um disco articular dentro da cavidade da articulação divide a cavidade. Quatro ligamentos cercam a articulação: os **ligamentos esternoclaviculares anterior e posterior**; o **ligamento interclavicular**, que se estende entre as

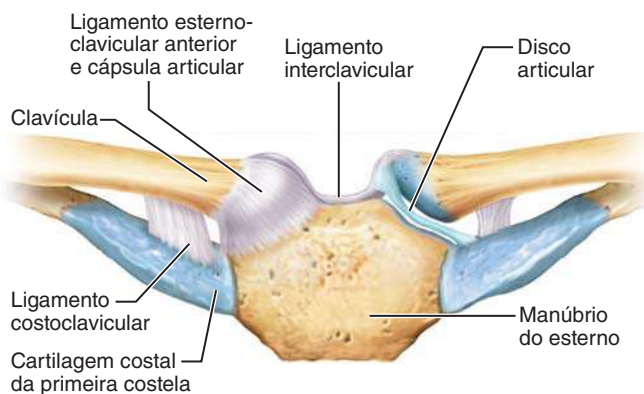
extremidades mediais das clavículas direita e esquerda; e o **ligamento costoclavicular**, que se estende da primeira cartilagem costal para a superfície inferior da clavícula. Músculos provenientes do osso esterno, o esternocleidomastóideo, o esterno-hióideo e o esterno-tireóideo, também contribuem para a estabilidade dessa articulação.

Essa articulação de formato único permite movimentos complexos múltiplos (Figura 9.10b) e é essencial para a mobilidade da extremidade superior. Para demonstrar os três planos de movimento da articulação esternoclavicular, coloque uma mão na junção do osso esterno com a clavícula. Em primeiro lugar, encolha seus ombros para sentir a elevação e depressão da articulação esternoclavicular; em segundo, alongue seus braços para a frente e para trás ao máximo para sentir a protração e retração e, finalmente, abduza ou flexione seu braço para sentir a rotação posterior (esse movimento é muito sutil). A articulação esternoclavicular também faz a única ligação óssea do esqueleto axial com o cingulo do membro superior. A articulação esternoclavicular é uma articulação bem reforçada e extremamente estável. Golpes contundentes dirigidos medialmente resultam mais comumente em fratura da clavícula do que em luxação dessa articulação.

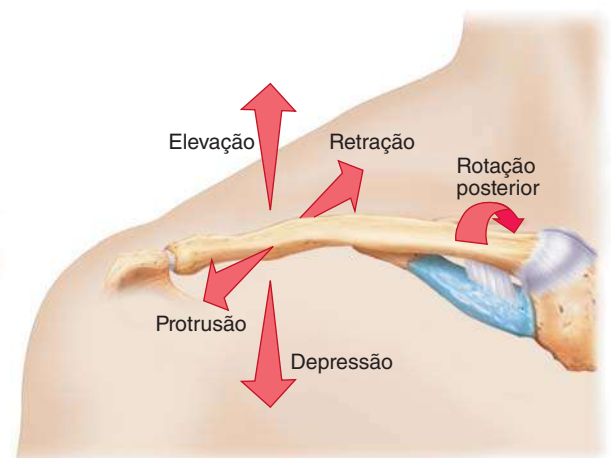
✓ Verifique seu conhecimento

- 9. Tanto a articulação esternoclavicular como a temporomandibular contêm um disco articular. Qual é a função desse disco em cada uma dessas articulações?
- 10. Que outra articulação descrita neste capítulo contém um disco articular?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



(a) Articulação esternoclavicular, vista anterior



(b) Movimentos esternoclaviculares

Figura 9.10 Articulação esternoclavicular.

Articulação do ombro (glenoumeral)

Na **articulação do ombro** (Figura 9.11), a estabilidade foi sacrificada para produzir a articulação com maior liberdade de movimento do corpo. Essa articulação do tipo esferóide é formada pela cabeça do úmero e pela cavidade glenoidal rasa da escápula. Ainda que a cavidade glenoidal seja aprofundada por um aro de fibrocartilagem chamado **lábio glenoidal** (Figuras 9.11a e 9.11d), essa cavidade rasa pouco contribui para a estabilidade da articulação. A cápsula articular (Figura 9.11c) é extremamente fina e frouxa (qualidades que contribuem para a liberdade de movimento da articulação) e estende-se desde a margem da cavidade glenoidal ao colo anatômico do úmero. O único espessamento forte da cápsula é o **ligamento coracoumeral**, superiormente situado, que ajuda a suportar o peso do membro superior. A parte anterior da cápsula se espessa ligeiramente em três **ligamentos glenoumerais** bastante fracos (Figura 9.11d).

Os tendões dos músculos que cruzam a articulação do ombro contribuem bastante para a estabilidade da articulação. Um desses é o tendão da cabeça longa do músculo bíceps braquial (Figuras 9.11a e 9.11d). Esse tendão une-se à margem superior do lábio glenoidal, passa por dentro da cavidade articular e corre no sulco intertubercular do úmero, mantendo a cabeça do úmero firmemente contra a cavidade glenoidal. Quatro outros tendões e os músculos a eles associados formam o **manguito rotador** (ver Figura 9.11e), que circunda a articulação do ombro e se funde com a cápsula articular. Os músculos do manguito rotador incluem o subescapular, o supra e o infraespalinal e o redondo menor (ver Capítulo 11, p. 317). Mover o braço vigorosamente pode estirar gravemente ou romper o manguito rotador. Jogadores de beisebol que arremessam a bola com muita firmeza podem facilmente lesar esse manguito.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Deslocamento do ombro Uma consequência da mobilidade no ombro é que **deslocamentos de ombro** são lesões comuns. Como as estruturas de reforço dessa articulação são mais fracas anterior e inferiormente, a cabeça do úmero desloca-se facilmente anterior e inferiormente. A cavidade glenoidal fornece um suporte insuficiente quando o úmero é girado lateralmente e abduzido, assim como quando um jogador de futebol americano usa o braço para enfrentar um adversário ou um jogador de beisebol atinge o solo. Essas situações causam muitos deslocamentos de ombro, assim como golpes em cima e atrás do ombro. A **separação de ombro** é um deslocamento da articulação acromioclavicular e resulta de uma queda sobre a mão estendida ou sobre o lado do ombro.

Articulação do cotovelo

A **articulação do cotovelo** (Figura 9.12) é uma diartrose cilíndrica que permite apenas extensão e flexão. Embora o rádio e a ulna se articulem com côndilos do úmero, é a íntima conexão do úmero com a incisura troclear da ulna que forma a articulação e a estabiliza. A cápsula articular fixa-se ao úmero, à ulna e ao **ligamento anular** (“em forma de anel”) do rádio, um anel ao redor da cabeça do rádio (Figuras 9.12b-9.12d). Lateral e medialmente, a cápsula espessa-se em fortes ligamentos que impedem movimentos lateral e medial: o **ligamento colateral radial**, uma fita triangular no lado lateral (Figura 9.12b), e o **ligamento colateral ulnar** no lado medial (Figuras 9.12c e 9.12d). Tendões de vários músculos do braço, como os do bíceps e do tríceps braquiais, cruzam a articulação do cotovelo e proporcionam estabilidade (Figura 9.12a).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Trauma de cotovelo Embora o cotovelo seja uma articulação muito estável, ele frequentemente pode sofrer traumas. Somente a mandíbula e os ombros são deslocados com mais frequência. O deslocamento de cotovelo geralmente é causado por queda sobre um braço estendido ou por amortecimento da queda com a mão. Esse tipo de queda empurra a ulna posteriormente. Tal queda também pode deslocar o rádio posteriormente e frequentemente causa fratura nos elementos que se articulam.

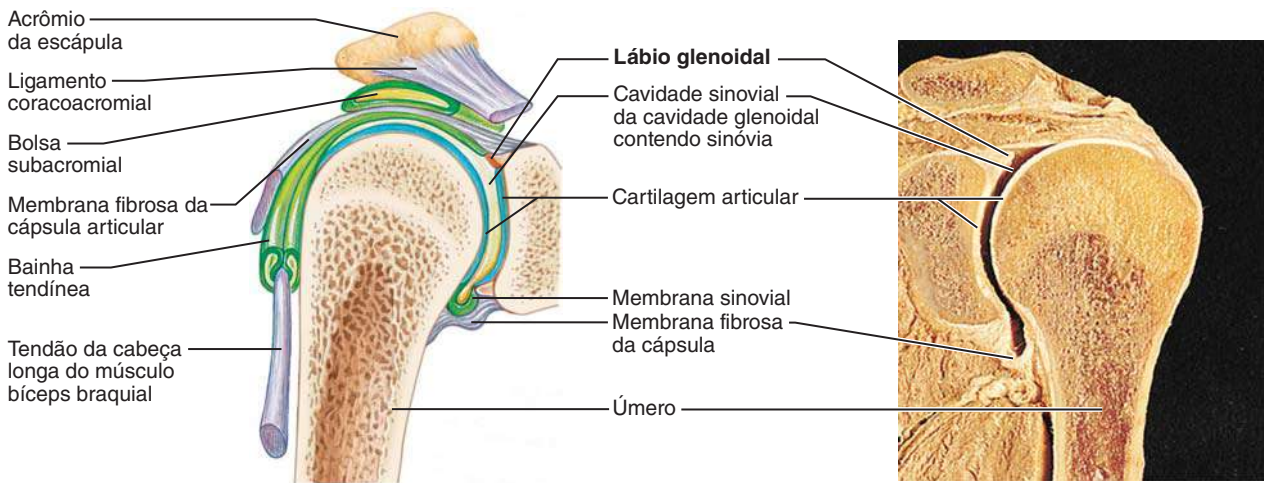
Os atletas que repetidamente manipulam uma raquete ou atiram bolas sujeitam seus antebraços a intensas forças de flexão que podem enfraquecer e, finalmente, romper o ligamento colateral ulnar.

A reconstrução cirúrgica do ligamento colateral ulnar, comumente chamada “cirurgia de Tommy John”, depois de o jogador do time de beisebol Los Angeles Dodgers ter sido o primeiro a sofrer esse procedimento, envolve uma substituição com um autoenxerto de tendão do braço, do joelho ou do pé do próprio doente. A recuperação completa só acontece depois de 6 a 12 meses de reabilitação.

Articulação do carpo

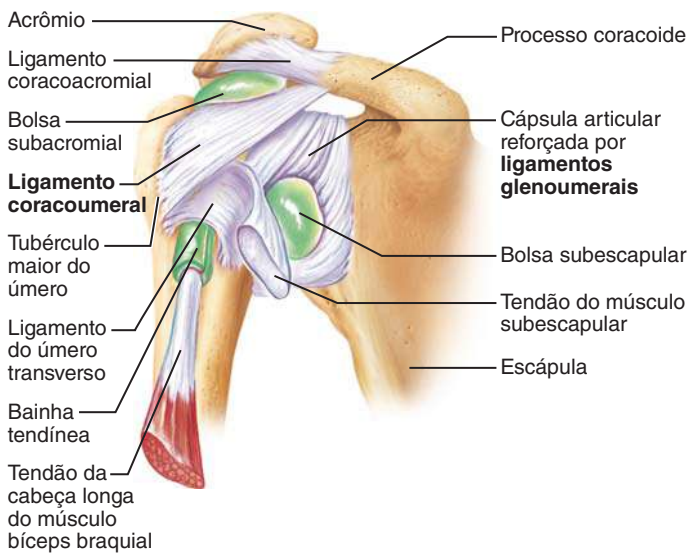
O carpo tem duas superfícies articulares importantes: a **articulação radiocarpal**² e as **articulações intercarvais** das quais faz parte a articulação **mediocarpal**. A articulação radiocarpal é a articulação entre o rádio e os carvais proximais, escafoide e semilunar (Figuras 9.13a e 9.13b). Essa é uma articulação elipsóide, que permite movimentos de flexão, extensão, adução, abdução e circundução. As articulações intercarvais estão localizadas por entre os ossos proximais e distais dos carvais (Figura 9.13b). O deslizamento ocorre nessa articulação à medida que os ossos carvais adjacentes deslizam entre si.

² Nota do revisor técnico: conhecida como articulação do punho.

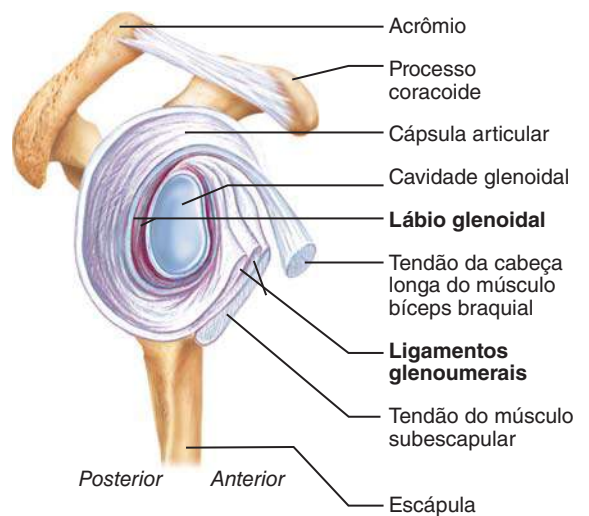


(a) Secção frontal através da articulação do ombro direito

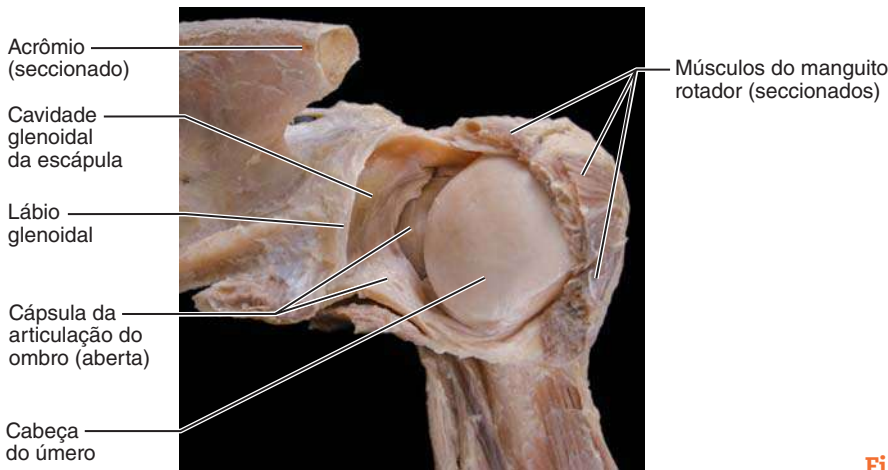
(b) Foto de cadáver correspondente a (a)



(c) Vista anterior da cápsula da articulação do ombro direito

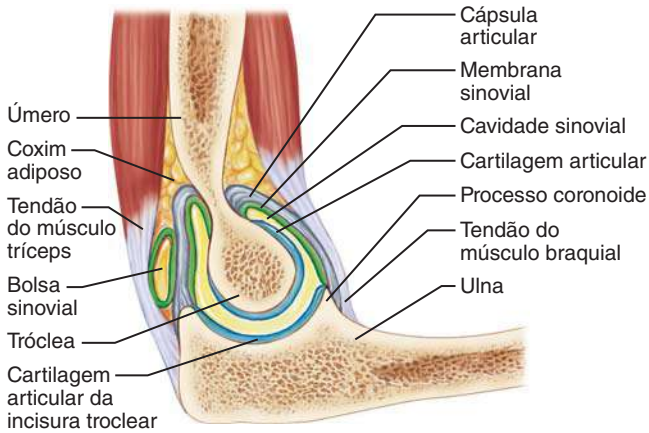


(d) Vista lateral da cavidade da articulação do ombro direito, úmero removido

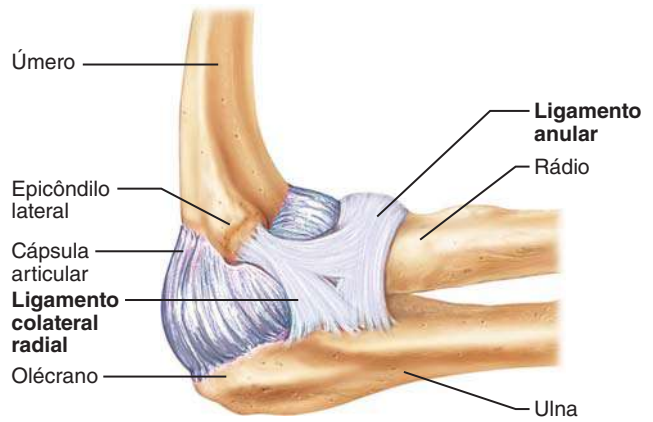


(e) Vista posterior de uma articulação do ombro aberta

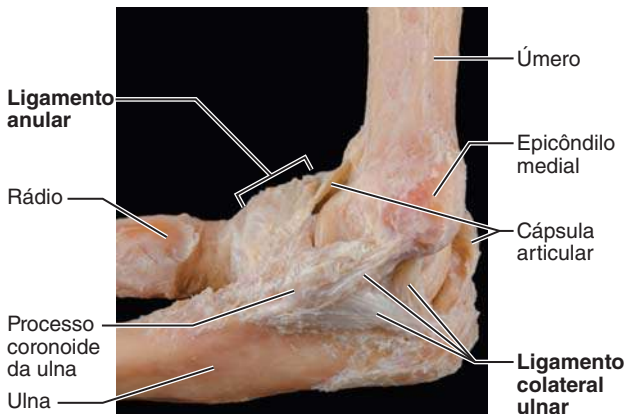
Figura 9.11 Articulação do ombro.



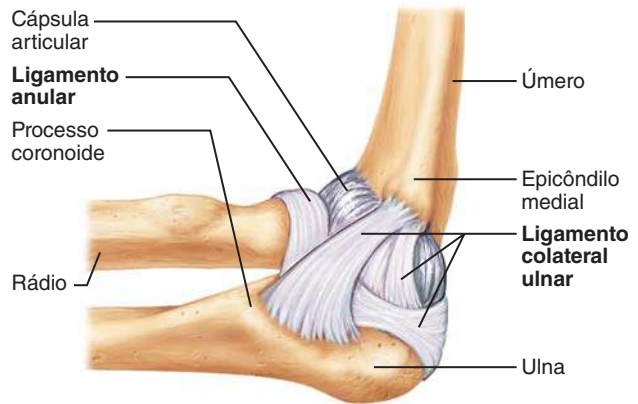
(a) Secção sagital através do cotovelo direito (vista lateral)



(b) Vista lateral da articulação do cotovelo direito



(c) Foto de vista medial do cotovelo direito de cadáver



(d) Vista medial do cotovelo direito

Figura 9.12 Articulação do cotovelo.

O carpo é estabilizado por vários ligamentos (Figura 9.13c). Quatro ligamentos principais que se estendem dos ossos do antebraço até os ossos carpais reforçam essa articulação: o **ligamento radiocarpal palmar** anteriormente, o **ligamento radiocarpal dorsal** posteriormente, o **ligamento colateral radial do carpo** lateralmente e o **ligamento colateral ulnar do carpo** medialmente. Há múltiplos ligamentos menores estendendo-se entre os ossos carpais que os conectam entre si e aos ossos metacarpais (Figura 9.13c).

✓ Verifique seu conhecimento

- 11. Qual articulação é a mais estável: do ombro, do cotovelo ou do carpo? Qual é a menos estável?
- 12. Quais estruturas contribuem mais para a estabilidade da articulação do ombro?
- 13. Qual osso do antebraço faz parte da articulação do cotovelo? Qual faz parte da articulação radiocarpal?

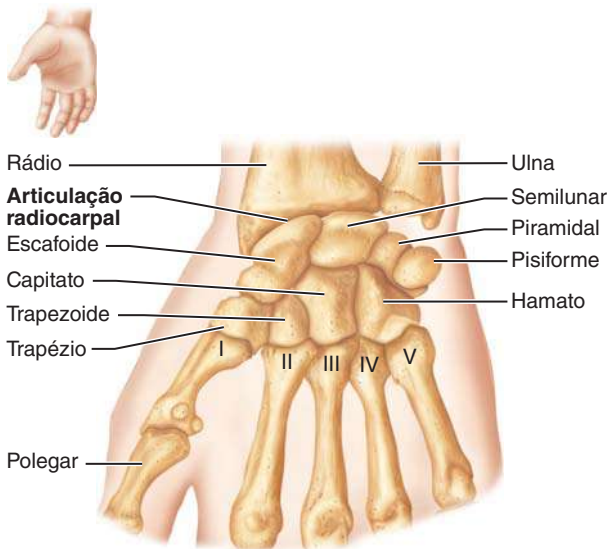
(Veja as respostas no Apêndice B.)

Articulação do quadril

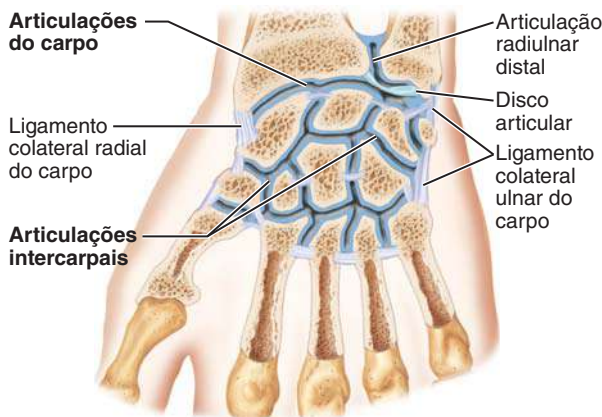
A **articulação do quadril**, como a articulação do ombro, tem uma estrutura esferóidea (Figura 9.14) que permite uma grande amplitude de movimento, mas não tão extensa como na articulação do ombro. Os movimentos ocorrem em todos os eixos possíveis, mas são limitados pelos ligamentos das articulações e pela cavidade bastante profunda.

A articulação do quadril é formada pela cabeça esférica do fêmur e pelo acetábulo côncavo e profundo do osso do quadril. A profundidade do acetábulo é reforçada por um anel circular de fibrocartilagem chamado **lábio do acetábulo** (Figuras 9.14a e 9.14b). Como o diâmetro desse lábio é menor do que o da cabeça do fêmur, esta não pode escorregar facilmente para fora do encaixe articular e, assim, é rara a ocorrência de luxações no quadril. A cápsula da articulação estende-se desde o anel do acetábulo até o colo do fêmur (Figuras 9.14c e 9.14d).

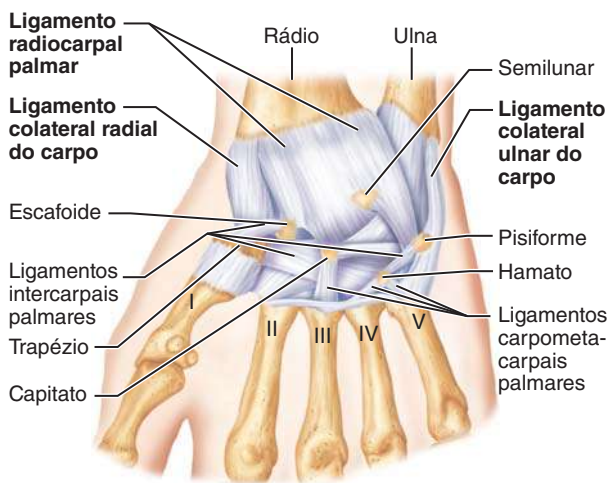
Três espessamentos ligamentares dessa cápsula reforçam a articulação: o **ligamento iliofemoral**, um



(a) Carpo direito, vista anterior (palmar)



(b) Articulações do carpo, secção frontal



(c) Ligamentos do carpo, vista anterior (palmar)

Figura 9.13 Articulações do carpo.

ligamento em forma de V localizado anteriormente; o **ligamento pubofemoral**, um espessamento triangular da cápsula na região inferior (Figura 9.14d); e o **ligamento isquiofemoral**, um ligamento espiralado localizado posteriormente (Figura 9.14c). Esses três ligamentos estão dispostos de tal maneira que eles “aparafusam” a cabeça do fêmur dentro do acetábulo, quando uma pessoa fica em pé, aumentando assim a estabilidade da articulação.

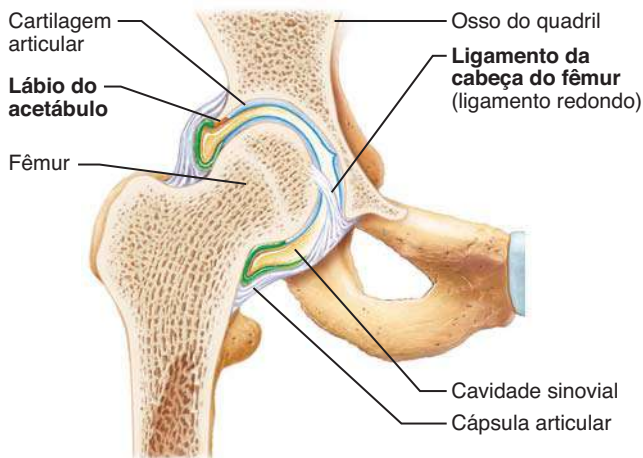
O **ligamento da cabeça do fêmur** (Figuras 9.14a e 9.14b) é uma fita plana, intracapsular, que vai da cabeça do fêmur para a região inferior do acetábulo. Esse ligamento permanece sem ação durante a maioria dos movimentos do quadril, por isso ele não é importante na estabilização da articulação. Sua função mecânica é desconhecida, mas ele contém uma artéria que ajuda a suprir a cabeça do fêmur. Danos a essa artéria podem levar à artrite da articulação do quadril.

Tendões dos músculos que cruzam a articulação do quadril contribuem para a sua estabilidade, assim como as partes contráteis de muitos músculos do quadril e da coxa que circundam a articulação. Nessa articulação, no entanto, a estabilidade vem principalmente do encaixe profundo em forma de taça e dos ligamentos capsulares.

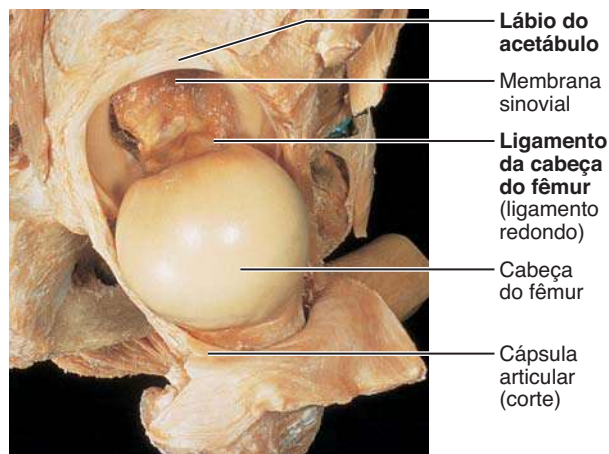
Articulação do joelho

A **articulação do joelho**, a maior e mais complexa articulação do corpo (Figura 9.15), atua principalmente como uma diartrose cilíndrica. No entanto, também permite alguma rotação medial e lateral, quando em posição de flexão e durante o ato de extensão da perna. Estruturalmente, é composta e bicondilar, porque tanto o fêmur como a tíbia têm duas superfícies condilares. Nessa articulação, os côndilos do fêmur em forma de roda deslizam ao longo dos côndilos quase planos da tíbia como pneus em uma estrada. Compartilhando a articulação do joelho está uma articulação entre a patela e a extremidade inferior do fêmur (Figura 9.15a); essa *articulação femoropatelar* é uma articulação plana que permite que a patela deslize pela extremidade distal do fêmur, quando o joelho é fletido.

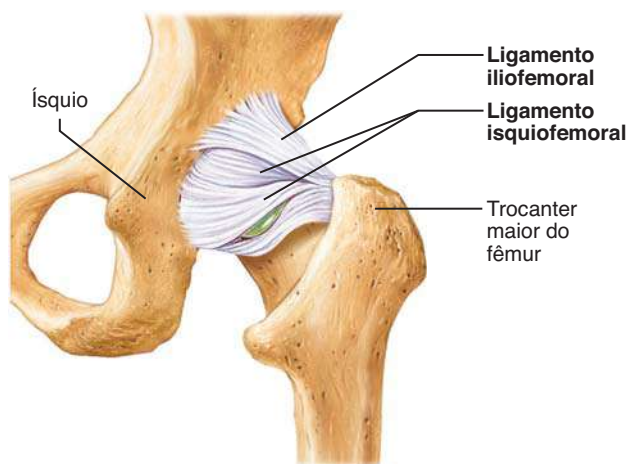
A cavidade sinovial da articulação do joelho tem uma forma complexa (Figura 9.15a), com várias subdivisões incompletas e várias extensões que conduzem a “becos sem saída”. Pelo menos 12 bolsas sinoviais estão associadas com essa articulação, algumas das quais são mostradas na figura. A **bolsa subcutânea pré-patelar** é muitas vezes lesada quando o joelho sofre uma colisão anterior.



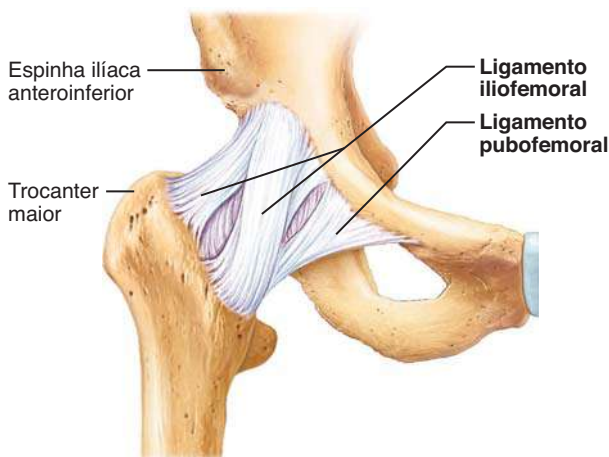
(a) Secção frontal através da articulação do quadril direito



(b) Foto do interior da articulação do quadril, vista lateral



(c) Vista posterior da articulação direita do quadril, cápsula no lugar



(d) Vista anterior da articulação direita do quadril, com cápsula preservada

Figura 9.14 Articulação do quadril.

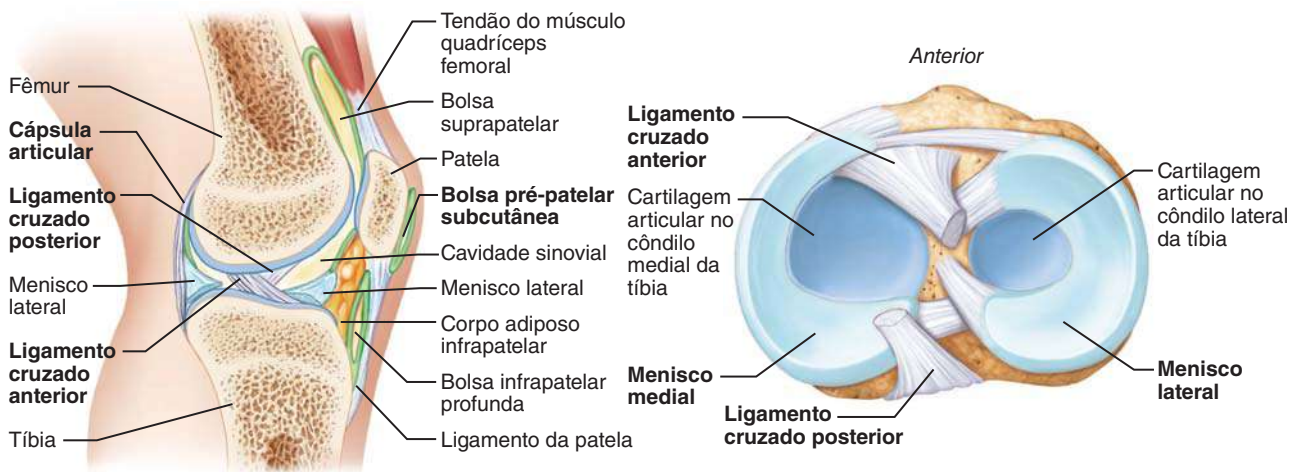
Há dois meniscos de fibrocartilagem dentro da cavidade da articulação, entre os côndilos do fêmur e da tíbia. Esses **meniscos lateral e medial** em forma de C estão conectados externamente aos côndilos da tíbia (Figura 9.15b). Além de nivelar a distribuição da carga compressiva e a sinóvia, os meniscos ajudam a estabilizar a articulação, orientando os côndilos durante movimentos de flexão, extensão e rotação, prevenindo o atrito do fêmur sobre a tíbia.

A cápsula articular da articulação do joelho pode ser observada nas faces lateral e posterior do joelho (Figura 9.15d), onde ela cobre a maior parte dos côndilos do fêmur e da tíbia. Anteriormente, contudo, a cápsula está ausente. Em vez disso, essa área anterior é coberta por três ligamentos largos que seguem inferiormente da

patela à tíbia (Figura 9.15c): o **ligamento da patela**, ladeado pelos **retináculos medial e lateral da patela**. O ligamento patelar é, na verdade, uma continuação do tendão do principal músculo da coxa anteriormente, o quadríceps femoral. Os médicos batem levemente no ligamento da patela para testar o reflexo patelar.

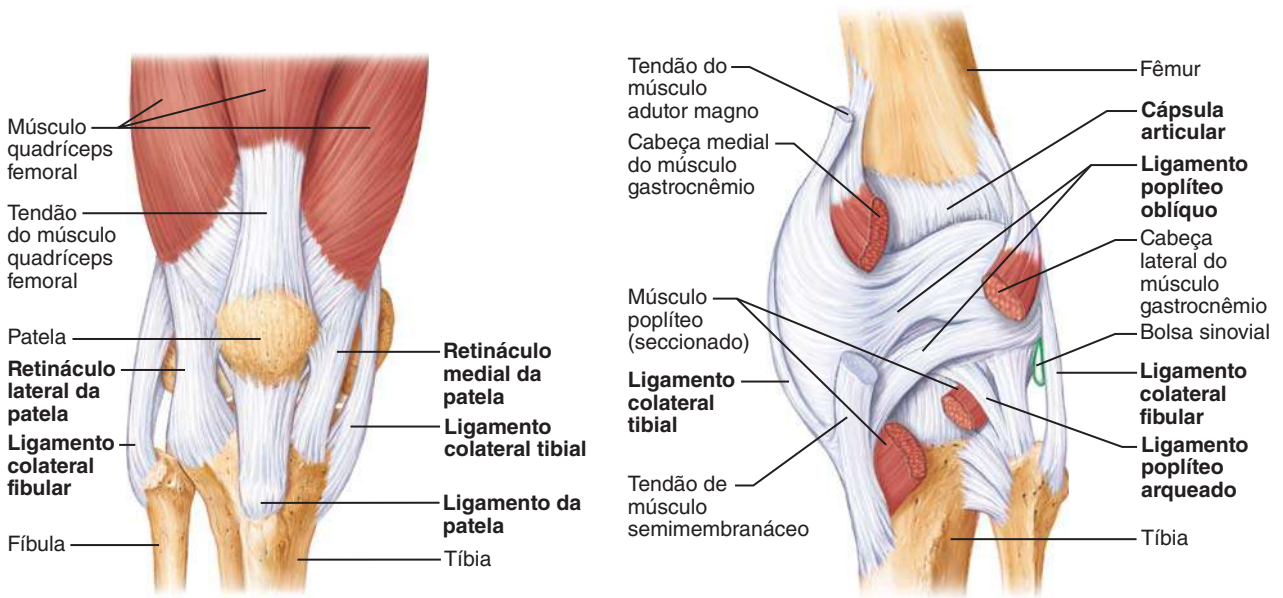
A cápsula da articulação do joelho é reforçada por diversos ligamentos capsulares e extracapsulares, todos os quais se tornam retesados quando o joelho é estendido para evitar hiperextensão da perna no joelho.

1. Os **ligamentos** extracapsulares **colateral fibular e tibial** estão localizados nas faces lateral e medial da cápsula da articulação, respectivamente (Figuras 9.15c-9.15e). O ligamento colateral fibular desce do epicôndilo lateral do fêmur à cabeça da fíbula; o



(a) Secção sagital através da articulação do joelho direito

(b) Vista superior da tíbia direita na articulação do joelho, mostrando os meniscos e os ligamentos cruzados



(c) Vista anterior do joelho direito

(d) Vista posterior da cápsula articular, incluindo ligamentos

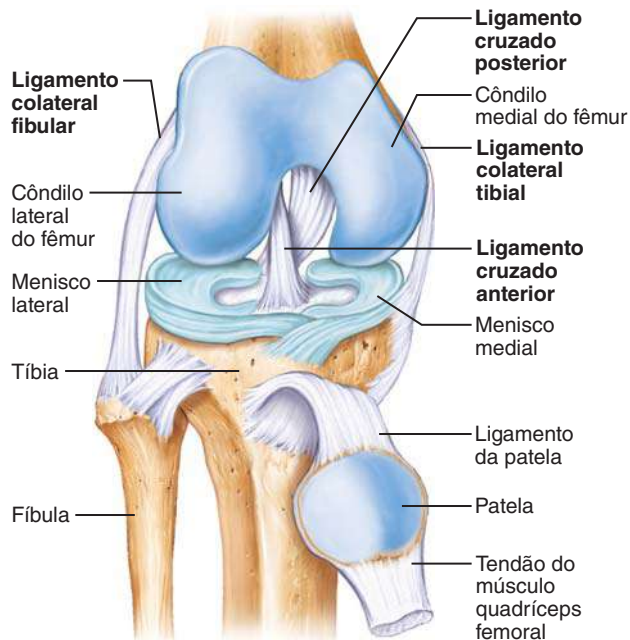
Figura 9.15 Articulação do joelho.

ligamento colateral tibial vai do epicôndilo medial do fêmur ao côndilo medial da tíbia. Além de travar a extensão da perna e prevenir a hiperextensão, esses ligamentos colaterais impedem que a perna se mova lateral e medialmente no joelho.

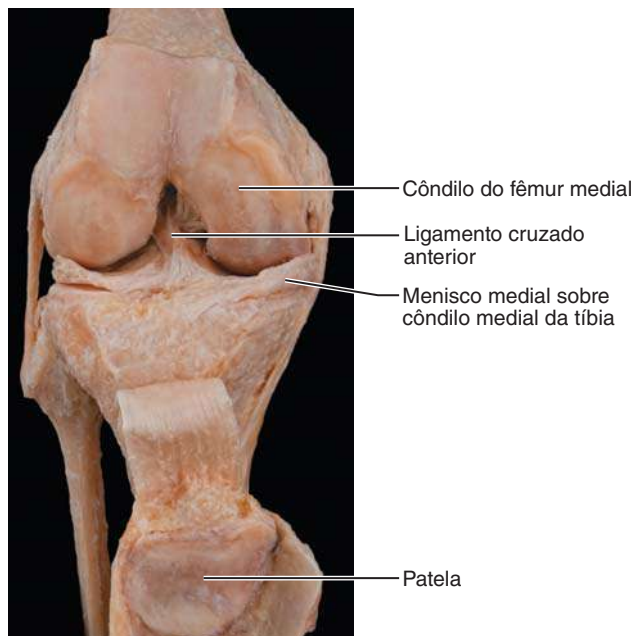
2. O **ligamento poplíteo oblíquo** (“dorso do joelho”) atravessa a face posterior da cápsula (Figura 9.15d). Na verdade, ele é uma parte do tendão do músculo semimembranáceo, que se funde com a cápsula articular e ajuda a estabilizar a articulação.
3. O **ligamento poplíteo arqueado** curva-se superiormente a partir da cabeça da fíbula sobre o músculo poplíteo, para a face posterior da cápsula articular (Figura 9.15d).

Além disso, a articulação do joelho é estabilizada por dois fortes ligamentos *intracapsulares* chamados *ligamentos cruzados* — eles se cruzam como um X (Figuras 9.15a, 9.15b e 9.15e). Cada um estende-se da tíbia para o fêmur e é nomeado de acordo com seu local de fixação na tíbia. O **ligamento cruzado anterior** fixa-se à parte *anterior* da tíbia, na região intercondilar. A partir daí, ele segue posteriormente para se inserir no fêmur, na face medial do côndilo lateral. O **ligamento cruzado posterior** projeta-se da área intercondilar *posterior* da tíbia e segue anteriormente para se inserir ao fêmur na face lateral do côndilo medial.

Funcionalmente, os ligamentos cruzados agem como correias de restrição para evitar movimentos



(e) Vista anterior de joelho flexionado, mostrando os ligamentos cruzados (cápsula articular removida e tendão do quadríceps cortado e refletido distalmente)



(f) Foto de uma articulação de joelho aberta; vista similar a (e)

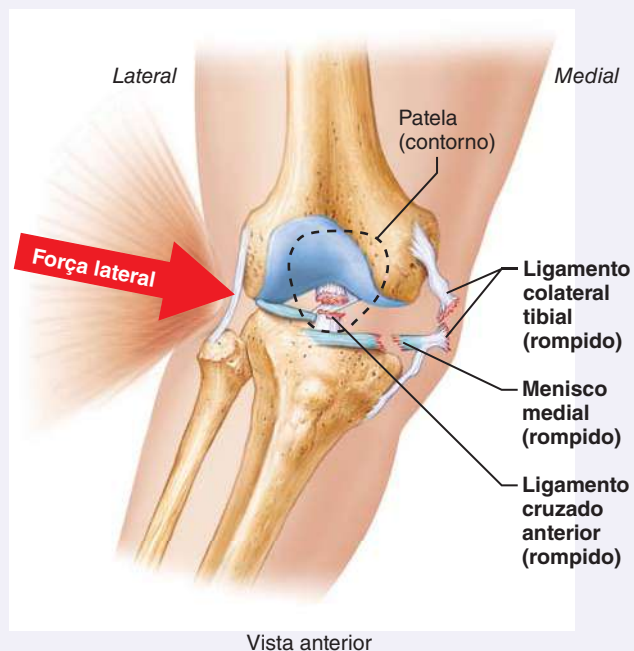
Figura 9.15 Articulação do joelho, *continuação*.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Lesões no joelho Ocorrem com frequência em esportes de contato porque, embora os ligamentos e os músculos segurem o joelho com força, suas superfícies articulares não oferecem nenhuma estabilidade. Isto é, a superfície da tíbia quase plana não tem nenhum encaixe para proteger os côndilos do fêmur. Assim, a articulação do joelho é particularmente vulnerável a *golpes horizontais*, como ocorre em combates e bloqueios de corpo em jogos de futebol americano. Mais perigosos são os *golpes laterais*, que laceram o ligamento colateral tibial e o menisco medial conectado a ele, bem como o ligamento cruzado anterior (LCA), uma lesão definida como a "tríade infeliz".

Lesões só do LCA estão aumentando rapidamente em esportes sem contato. Mais especificamente, tem ocorrido maior incidência de lesões do LCA em atletas mulheres, à medida que os esportes femininos tornam-se mais vigorosos e competitivos. Fatores diversos estão envolvidos na maior incidência de lesões do LCA em mulheres: pelve mais ampla, fossa intercondilar mais estreita, efeitos dos hormônios femininos na frouxidão ligamentar e tempo de reação muscular mais lento. Essa é uma lesão sem contato comum no futebol, no basquetebol e no voleibol. A maioria das lesões de LCA ocorre quando um corredor para e muda de direção rapidamente, torcendo a perna em hiperextensão. Um ligamento LCA lacerado tem dificuldades para cicatrizar, de modo que deve ser substituído cirurgicamente, geralmente com um enxerto do ligamento da patela, do tendão calcâneo ou do tendão semitendíneo (ver p. 330, 340 e 333). Regimes de treinamento estão sendo desenvolvidos para diminuir a incidência de lesões do LCA em mulheres atletas. Lesões do ligamento cruzado posterior, causadas por golpes direcionados posteriormente à extremidade superior da tíbia, são menos comuns e mais capazes de se recuperarem por conta própria.

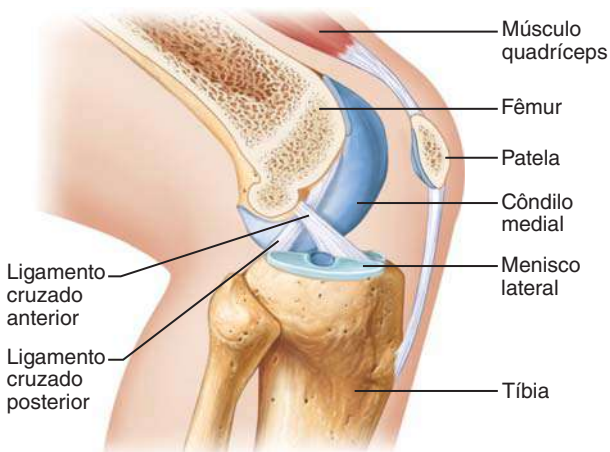


"Tríade infeliz": ruptura do LCA, do ligamento colateral tibial e do menisco medial. Lesão comum no futebol americano.

indesejados na articulação do joelho (**Figura 9.16**). O cruzado anterior ajuda a evitar deslizamento da tibia. O cruzado posterior, que é ainda mais forte do que o cruzado anterior, impede que o fêmur deslize para a frente ou o deslocamento da tibia para trás. Os dois ligamentos cruzados também funcionam em conjunto para travar o joelho quando um deles repousa (isso será discutido em breve).

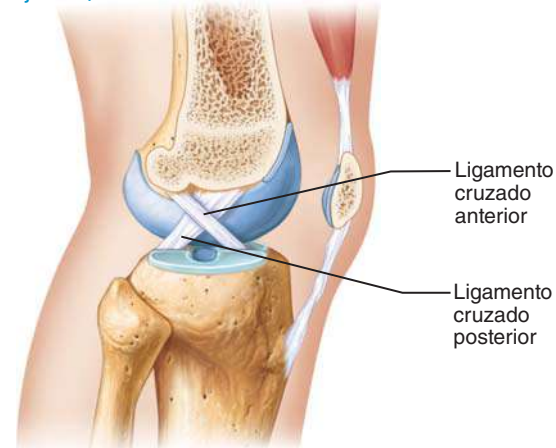
Os tendões de muitos músculos reforçam a cápsula articular e agem como estabilizadores cruciais da articulação do joelho. Os mais importantes são os tendões dos músculos quadríceps femoral e semimembrâneo (ver Figuras 9.15c e 9.15d). Quanto maior a força e o tônus desses músculos, menor a chance de lesão no joelho.

① Durante o movimento do joelho, o cruzado anterior evita o deslizamento anterior da tibia; o cruzado posterior evita o deslizamento posterior da tibia.



(a)

② Quando o joelho está completamente estendido, ambos os ligamentos cruzados ficam retesados e o joelho, travado.



(b)

Figura 9.16 Função estabilizadora dos ligamentos cruzados.

Os joelhos têm um dispositivo de travamento embutido que proporciona um apoio firme para o corpo na posição em pé (vertical). Quando uma pessoa se levanta, a perna flexionada começa a estender o joelho, e os côndilos do fêmur atuam como rolamentos de esferas nos côndilos da tibia. Então, quando a extensão se aproxima do final, o côndilo lateral do fêmur para de rolar antes de o côndilo medial parar. Isso faz que o fêmur gire medialmente na tibia até que ambos os ligamentos cruzados e colaterais estiquem-se totalmente e parem o movimento (Figura 9.16b). A tensão nesses ligamentos trava o joelho em uma estrutura rígida e ele não pode ser flexionado novamente, até que seja desbloqueado por um músculo de nome poplíteo (ver Tabela 11.16, p. 339-341), que gira o fêmur lateralmente sobre a tibia.

Articulação do tornozelo

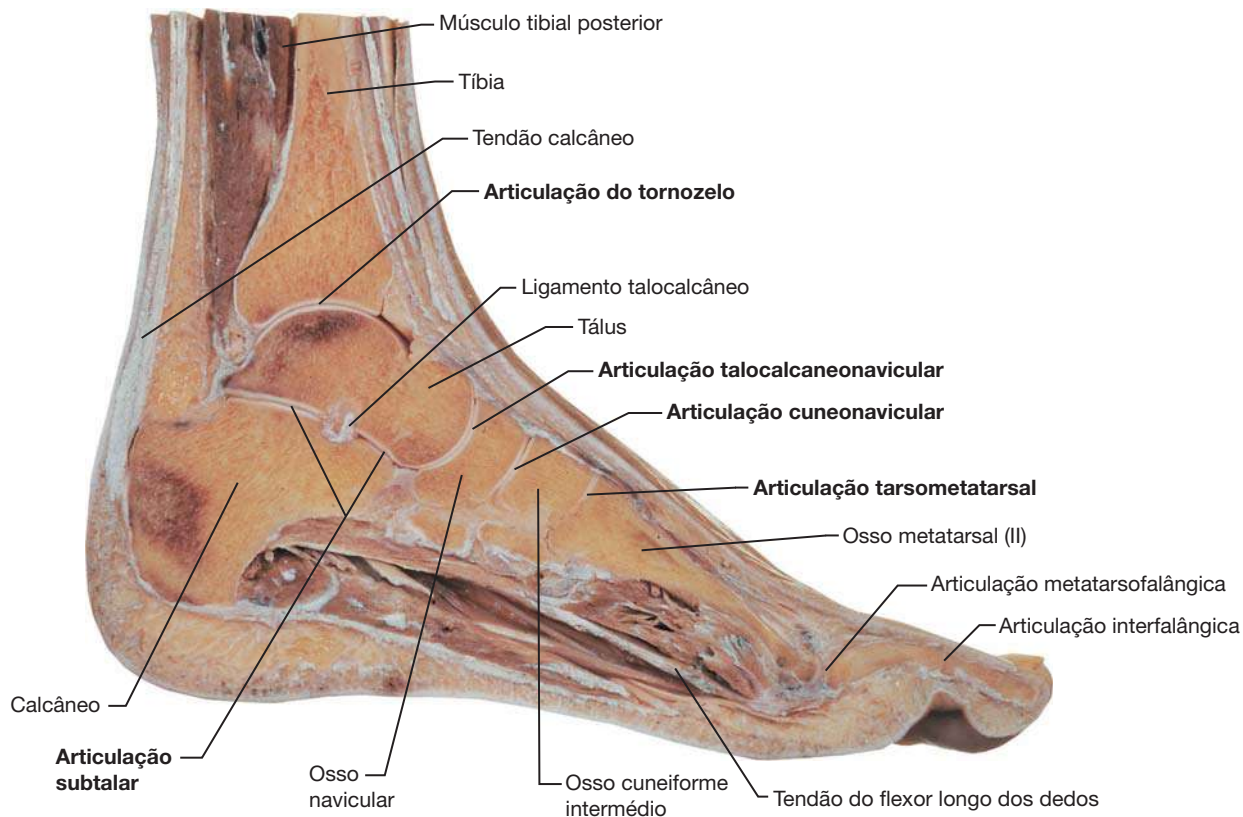
A **articulação do tornozelo**³ é uma diartrose cilíndrica, entre (1) as extremidades inferiores da tibia e fíbula unidas e (2) o tálus do pé (**Figura 9.17**). Essa articulação permite apenas a dorsiflexão e a flexão plantar. A inversão e eversão ocorrem nas articulações intertarsais (Figura 9.17a). A articulação do tornozelo tem uma cápsula que é fina anterior e posteriormente, mas espessada com ligamentos, medial e lateralmente. O robusto **ligamento colateral medial (deltóideo)** (Figura 9.17b) estende-se do maléolo medial da tibia para uma longa linha de inserção nos ossos navicular e tálus e no sustentáculo do tálus do calcâneo. No outro lado do tornozelo, o **ligamento colateral lateral** (Figura 9.17c) consiste de três faixas que vão desde o maléolo lateral da fíbula aos ossos do pé: os **ligamentos talofibulares anterior e posterior** e o **ligamento calcaneofibular**, que se estende inferoposteriormente para atingir o calcâneo. Funcionalmente, os ligamentos colateral evitam o deslizamento anterior e posterior do tálus e do pé.



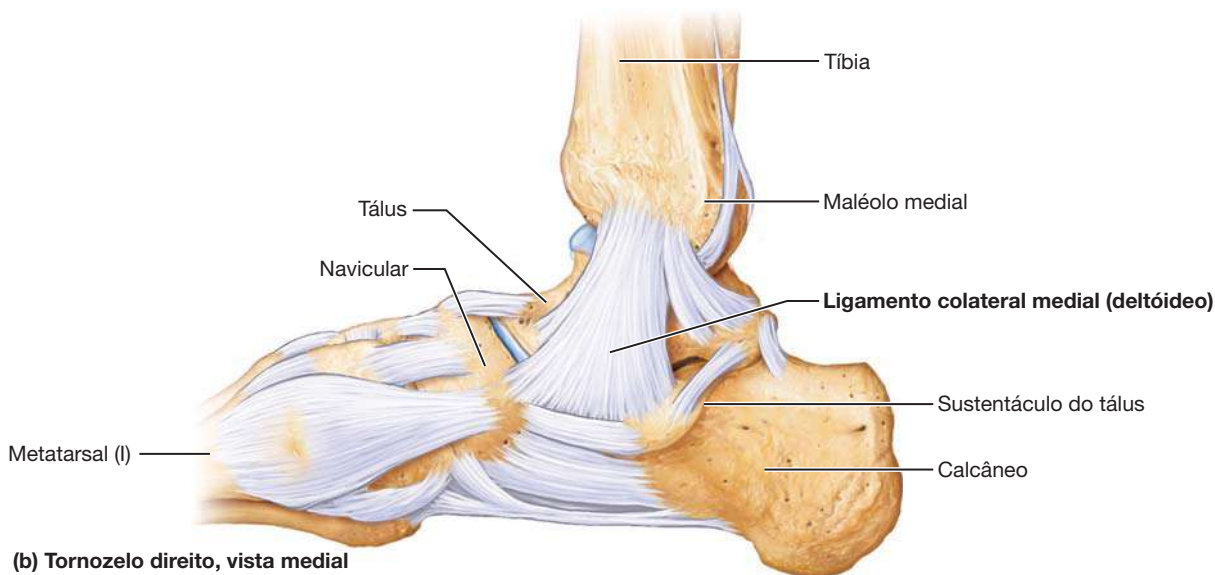
APLICAÇÃO CLÍNICA

Entorse de tornozelo O tornozelo é a articulação mais frequentemente lesionada no membro inferior, sendo as entorses de tornozelo as lesões esportivas mais comuns (uma entorse é um ligamento estirado ou rompido em uma articulação; veja a seção "Distúrbios das articulações"). A maioria das entorses de tornozelo é causada por inversão excessiva do pé e envolve o ligamento colateral lateral. *Entorses da sindesmose do tornozelo*, pelo contrário, são causadas pela dorsiflexão extrema, rotação interna ou rotação externa do pé; todas essas ações movem o tálus de forma que a tibia se afaste da fíbula e os ligamentos tibiofibulares sejam estendidos. Entorses de tornozelo são tratadas com o regime de **RGCE**: repouso, gelo, compressão e elevação (em inglês, regime de **RICE** — *rest, ice, compression, elevation*), seguidos de exercícios de fortalecimento, tão logo a recuperação já seja perceptível.

³ Nota do revisor técnico: na nomenclatura anatômica, essa é a articulação talocrural.



(a) Foto de secção sagital do tornozelo e pé de cadáver



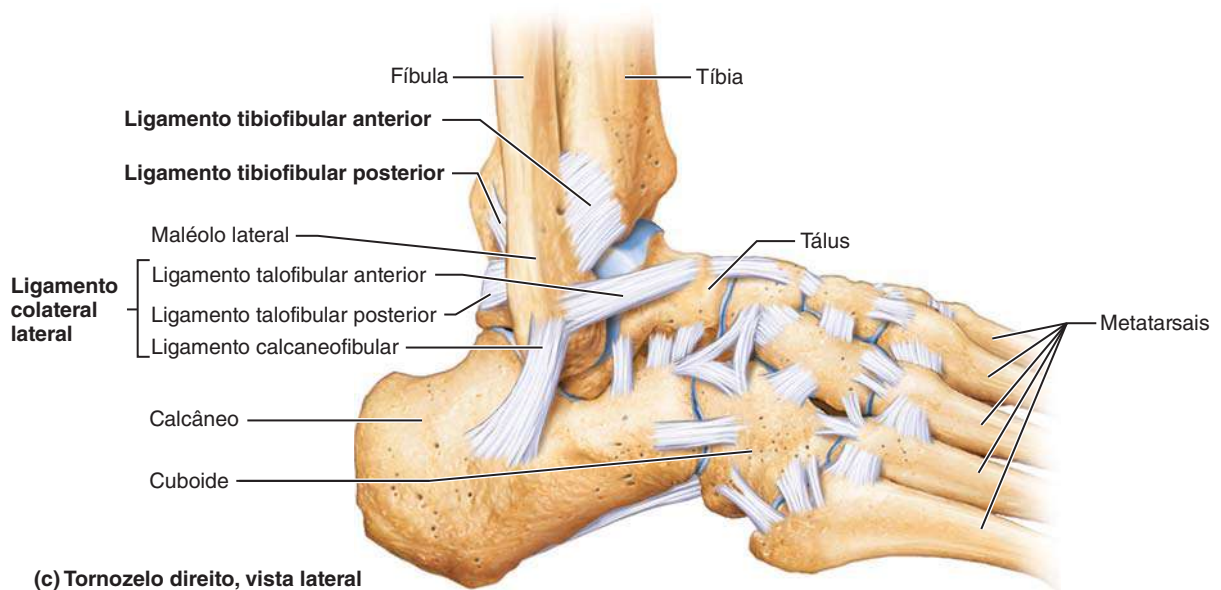
(b) Tornozelo direito, vista medial

Figura 9.17 Articulação do tornozelo.

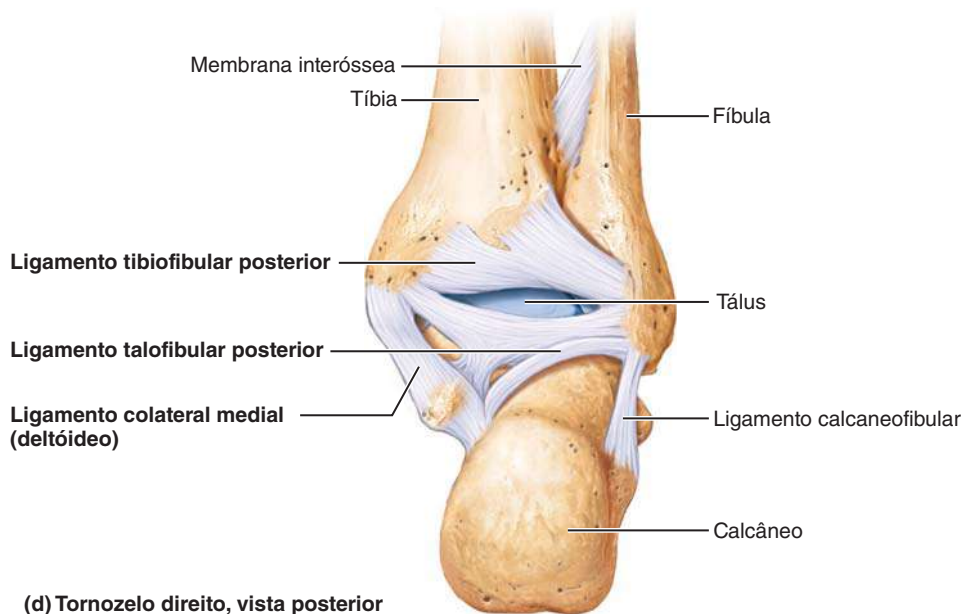
Formando a profunda articulação do tornozelo com encaixe em forma de U, as extremidades inferiores da tíbia e da fíbula são unidas por ligamentos próprios: os **ligamentos tibiofibulares anterior e posterior** e a parte inferior da membrana interóssea (Figuras 9.17c e 9.17d). Esses ligamentos, constituintes sindesmose tibiofibular, estabilizam o encaixe de forma que forças provenientes do pé possam ser transmitidas até ele.

Verifique seu conhecimento

- 14. Nomeie os ligamentos intracapsulares encontrados nas articulações do quadril e do joelho.
- 15. Qual ligamento é lesado em uma entorse de tornozelo em consequência de uma forte inversão?
- 16. As superfícies articulares do joelho contribuem pouco para a estabilidade da articulação. Quais



(c) Tornozelo direito, vista lateral



(d) Tornozelo direito, vista posterior

Figura 9.17 Articulação do tornozelo, *continuação*.

características estruturais adicionais ajudam na estabilização do joelho?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

DISTÚRBIOS DAS ARTICULAÇÕES

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ nomear as lesões mais comuns para as articulações e discutir os problemas associados a cada uma delas;
- ▶ nomear e descrever os tipos de artrite.

A estrutura e a função das articulações torna especialmente vulneráveis a uma variedade de distúrbios. Como elas estão submetidas às mesmas forças intensas que o esqueleto rígido, ainda que consistam de tecidos macios, as articulações estão propensas a *lesões* causa-

das por estresse traumático. Além disso, sua função no que tange ao movimento submete-as a atrito e, conseqüentemente, ao desgaste, e elas podem ser atingidas por *processos inflamatórios e degenerativos*.

Lesões nas articulações

Três tipos comuns de lesões articulares são cartilagens rompidas, entorses e luxações.

Cartilagem rompida

Embora a maioria das lesões da cartilagem envolva rompimento do menisco no joelho, rompimentos e lesões por sobrecarga nas cartilagens articulares de outras articulações estão se tornando cada vez mais comuns em atletas de competições, especialmente ginastas.

Os rompimentos da cartilagem no joelho ocorrem frequentemente quando um menisco é submetido simultaneamente à alta compressão e a tensões de cisalhamento. Por exemplo, um jogador de tênis, ao lançar-se para retornar uma bola, pode girar o joelho flexionado medialmente com tanta força que tanto a cápsula articular como o menisco medial ligado a ela (Figura 9.18) se rompem. Como a cartilagem é avascular, ela raramente pode se autorreparar, ficando rompida para sempre.

Como os fragmentos de cartilagem (também chamados *corpos livres*) podem causar obstrução ou restrição dos movimentos das articulações, o tratamento frequentemente recomendado é a remoção cirúrgica da cartilagem danificada.

A reparação pode ser realizada utilizando procedimento ambulatorial chamado **cirurgia artroscópica**. Usando-se uma minúscula câmera de vídeo, o equipamento cirúrgico é inserido dessa modo articulação através de uma pequena incisão. Desse modo, o cirurgião remove os fragmentos de cartilagem e repara os ligamentos, minimizando cicatrizes e danos nos tecidos e acelerando a recuperação. A cirurgia artroscópica tem aplicações em muitas articulações, não apenas no joelho.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Implante autólogo de cartilagem Cartilagens articulares danificadas têm pouca possibilidade de recuperação (ver p. 133), e persistir para que tenham uma recuperação melhor é um dos principais objetivos da pesquisa médica. Embora falte ainda muito progresso a ser feito, foi descoberto que os condrócitos próprios de um paciente, quando cultivados em laboratório e depois enxertados em superfícies articulares, podem produzir cartilagem hialina nova o suficiente para preencher pequenos buracos ou fissuras nas cartilagens articulares do joelho. Esse é um procedimento chamado *implante autólogo de cartilagem* e seu objetivo, em longo prazo, é fazer que cresçam lâminas mais espessas de cartilagem para cobrir superfícies articulares inteiras.

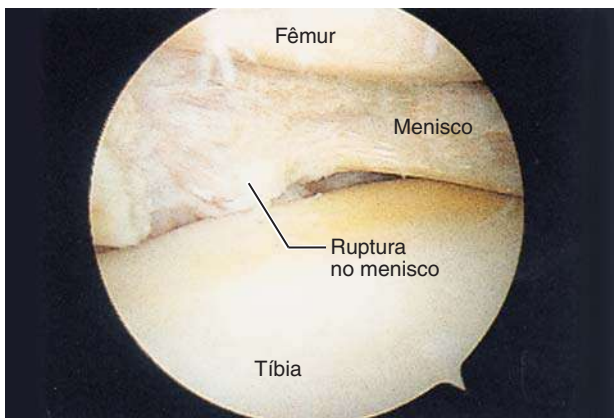


Figura 9.18 Fotografia artroscópica de um menisco medial rompido.

Entorses

Em uma **entorse**, os ligamentos que reforçam uma articulação são estirados ou rompidos. Locais comuns de entorses são a região lombar da coluna, o tornozelo e o joelho. Sob certo aspecto, ligamentos rompidos eventualmente reparam-se, mas eles se recuperam lentamente, porque os ligamentos têm uma vascularização muito pobre. As entorses tendem a ser dolorosas e são imobilizadas. Já ligamentos rompidos completamente exigem reparo cirúrgico imediato, pois a inflamação nas articulações atinge os tecidos vizinhos e torna o ligamento lesado uma estrutura de consistência pastosa. A correção cirúrgica pode ser uma tarefa difícil: um ligamento é composto de centenas de filamentos fibrosos, e restaurar um ligamento tem sido comparado a tentar juntar as pontas das cerdas de duas escovas de cabelo, costurando-as. Quando ligamentos importantes estão gravemente danificados para serem reparados, eles devem ser removidos e substituídos por enxertos ou ligamentos substitutos.

Deslocamentos

Um **deslocamento (luxação)** ocorre quando os ossos de uma articulação são forçados para fora de seu alinhamento. Essa lesão é geralmente acompanhada por entorses, inflamação, dor e dificuldade em mover a articulação. Deslocamentos podem resultar de quedas graves ou golpes e são lesões comuns nos esportes. As articulações temporomandibular (ATM), do ombro, dedos e do polegar são mais comumente deslocadas. Assim como as fraturas, os deslocamentos devem ser reduzidos, isto é, as extremidades ósseas devem ser retornadas às suas posições anatômicas originais por um médico.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Deslocamento do ombro infantil (cotovelo de babá) Uma lesão comum no antebraço em crianças jovens (com menos de 5 anos de idade) é a subluxação da articulação radiulnar proximal. Quando o antebraço é tracionado com o braço estendido, como balançando a criança pelas mãos, a cabeça do rádio pode ser deslocada do ligamento anular (ver Figuras 9.12b-9.12d), resultando em aprisionamento do ligamento anular na articulação umerorradial. A dor imediata que ocorre diminui após a lesão e é seguida por uma relutância em utilizar o braço ferido. O relato correto do deslocamento do antebraço é fundamental para o diagnóstico dessa lesão com precisão. O tratamento é uma simples redução que resulta em retorno imediato de uso do braço.

A **subluxação** é um deslocamento parcial ou incompleto de uma articulação. Em uma subluxação, as extremidades do osso retornam a sua posição correta por conta própria. A articulação que foi deslocada uma vez fica susceptível a lesões repetidas porque o desloca-

mento inicial estira a cápsula articular e os ligamentos. Depois que a cápsula é afrouxada, é mais provável que a articulação luxa novamente. Ligamentos lesionados eventualmente retornam ao seu comprimento original, mas essa cicatrização pode levar anos.

Condições inflamatórias e degenerativas

Condições inflamatórias que afetam as articulações incluem inflamações de bolsas sinoviais e bainhas tendíneas, além de várias formas de artrite.

Bursite, tendinite e tenossinovite

A **bursite**, inflamação de uma bolsa sinovial, geralmente resulta de golpe físico ou de atrito, embora também possa ser causada por artrite ou infecção bacteriana. Em resposta, a bolsa incha-se com acúmulo de fluido. Se acontecer no joelho, pode causar uma bursite dolorosa na bolsa subcutânea pré-patelar (ver Figura 9.15a), a qual é conhecida como “**joelho de empregada doméstica**”. Apoiar e esfregar os cotovelos sobre uma mesa pode levar ao **cotovelo de estudante** (ou **bursite olecraniana**), que é o inchaço de uma bolsa sinovial posterior imediatamente profunda à pele no cotovelo. Casos graves de bursite podem ser tratados pela injeção de drogas anti-inflamatórias dentro da bolsa. Acúmulo excessivo de fluido pode exigir sua remoção por aspiração através de uma agulha.

Tendinite é a inflamação de um tendão e **tenossinovite** é a inflamação de uma bainha tendínea. Essas duas condições normalmente ocorrem em conjunto. As causas (lesão por excesso de esforço ou infecção), os sintomas (dor, inchaço, sensibilidade) e os tratamentos (repouso, gelo e drogas anti-inflamatórias) espelham-se nos da bursite.

Artrite

O termo **artrite** descreve mais de 100 tipos de doenças inflamatórias ou degenerativas que danificam as articulações. Em todas as suas formas, a artrite é a doença incapacitante mais comum nos Estados Unidos: um em cada cinco norte-americanos sofre de seus efeitos.⁴ Todas as formas de artrite têm, em maior ou menor grau, os mesmos sintomas iniciais: dor, rigidez e inchaço da articulação.

Osteoartrite (doença articular degenerativa) O tipo mais comum de artrite é a **osteoartrite (OA)**, uma condição crônica (de longo prazo) degenerativa que é frequentemente chamada “**artrite desgaste e rasga**”. É mais comum em idosos e está, provavelmente, relacionada com o processo de envelhecimento normal. A osteoartrite afeta

mais frequentemente as mulheres do que os homens, mas 85% de todos os norte-americanos desenvolvem essa condição.⁵ A OA afeta as cartilagens articulares, amolecendo-as, desgastando-as, rompendo-as e ficando corroídas.

A causa da OA é desconhecida. De acordo com a teoria atual, o uso normal das articulações faz que elas liberem enzimas chamadas metaloproteínases, que quebram a matriz da cartilagem (especialmente as fibras de colágeno); enquanto isso, os condrócitos reparam continuamente o dano através da secreção de mais matriz. Sempre que é exercida uma pressão sobre uma articulação de forma repetida ou excessiva, uma boa quantidade da enzima que destrói a cartilagem é liberada, causando a OA. Como esse processo ocorre mais onde uma orientação desigual de forças causa microlesões, as articulações mal alinhadas ou sobrecarregadas estão mais propensas a desenvolver a osteoartrite.

O osso diretamente abaixo da cartilagem articular também é afetado, tornando-se denso e rígido. À medida que a doença progride, osteófitos tendem a crescer em torno das margens das cartilagens danificadas, invadindo a cavidade articular e talvez restringindo o movimento articular (**Figura 9.19**). Os pacientes queixam-se de rigidez ao acordar pela manhã, mas esta diminui dentro de meia hora. No entanto, há sempre dor. As articulações afetadas podem fazer um ruído de trituração (chamado *crepitação*) quando suas superfícies ásperas esfregam-se durante o movimento.

As articulações mais comumente afetadas com OA são as dos dedos das mãos, dos pés, quadris e joelhos. As articulações não sinoviais entre os corpos vertebrais também são suscetíveis, especialmente nas regiões cervical e lombar da coluna vertebral.

O curso da OA é lento e irreversível. Não é geralmente incapacitante, com exceção de alguns casos graves que envolvam as articulações do quadril e do joelho. Uma inflamação pode ou não acompanhar a degeneração das articulações, mas geralmente não é grave. Em muitos casos, os sintomas da OA podem ser controlados com um analgésico, como aspirina ou paracetamol, além de um programa de exercícios de baixo impacto. Esfregar na pele ou sobre a articulação uma substância extraída de pimenta, chamada capsaicina, também ajuda a diminuir a dor da OA. À medida que as pessoas que estão envelhecendo estão desfrutando de estilos de vida ativos, a substituição articular tem se tornado um tratamento comum para articulações gravemente danificadas por artrite (Figura 9.19c).

4 Nota do editor: segundo o site do Ministério da Saúde, cinco novos medicamentos serão disponibilizados no SUS para os portadores de artrite, que dessa forma, terão acesso a todos os medicamentos biológicos registrados na Anvisa. Um estudo realizado em 2004 mostrou que 0,46% (quase um milhão de pessoas) da população brasileira sofre dessa doença.

5 Nota do editor: dados da Sociedade Brasileira de Reumatologia, colhidos junto à Previdência Social, mostram que, no Brasil, a osteoartrite é responsável por 7,5% de todos os afastamentos do trabalho; é a segunda doença entre as que justificam o auxílio inicial, com 7,5% no total; é a segunda também em relação ao auxílio-doença (em prorrogação) com 10,5%.



(a) Joelho normal

(b) Osteoartrite

(c) Substituição total do joelho

Figura 9.19 Osteoartrite no joelho.

Artrite reumatoide Outro tipo de artrite, a **artrite reumatoide (AR)** é uma doença inflamatória crônica. Seu início ocorre geralmente entre 30 e 50 anos de idade, mas pode surgir em qualquer idade. O curso da AR é variável: pode se desenvolver gradualmente ou em intervalos distanciados de anos. É marcado por surtos e remissões. A artrite reumatoide tende a afetar muitas articulações simultânea e bilateralmente (em ambos os lados do corpo), especialmente as pequenas articulações dos dedos, do carpo, tornozelos e pés. Junto com dor e inchaço das articulações, outras manifestações de AR incluem osteoporose, fraqueza muscular e problemas cardiovasculares.

A AR é uma **doença autoimune**, uma doença na qual o sistema imunológico do corpo ataca seus próprios tecidos. A causa dessa reação é desconhecida, mas a AR pode ocorrer em seguida a uma infecção causada por determinadas bactérias e vírus que possuem moléculas de superfície semelhantes às moléculas normalmente presentes nessas articulações. Quando o corpo é estimulado a atacar as moléculas estranhas, ele inadequadamente destrói também seus próprios tecidos articulares.

A AR começa com uma inflamação da membrana sinovial. Capilares nessa membrana vazam sinóvia em excesso e células brancas do sangue na cavidade articular. Esse excesso de sinóvia faz que a articulação inche. A inflamação crônica e o inchaço podem deteriorar os tecidos conjuntivos ao redor da articulação. Na mão, a perda de integridade das cápsulas articulares nas articulações metacarpofalângicas e interfalângicas conduz às deformidades características da artrite reumatoide (**Figura 9.20**). Com o tempo, a membrana sinovial inflamada espessa-se na forma de um *pannus* (“trapo”), uma camada de tecido de granulação que se agarra às cartilagens articulares. O *pannus* corrói a cartilagem e, frequentemente, o osso subjacente. Como a cartilagem é destruída, o *pannus* transforma-se em um tecido

**Figura 9.20** Artrite reumatoide. Sinais clássicos de AR na mão à esquerda: desvio ulnar proeminente dos dedos e inchaço nas articulações metacarpofalângicas.

fibroso de cicatrização que interliga as extremidades ósseas. Esse tecido de cicatrização eventualmente ossifica-se e as extremidades ósseas fundem-se, imobilizando a articulação. Essa condição final, denominada **anquilose** (“condição rígida”), muitas vezes resulta em dedos curvos e deformados.

A maioria dos medicamentos utilizados para tratar a AR são medicamentos anti-inflamatórios ou imunossupressores. Esses medicamentos são administrados por longos períodos, mas conseguem ser apenas parcialmente bem-sucedidos, pois não há cura para a AR. Próteses articulares é o último recurso para pacientes gravemente incapacitados. Alguns doentes com AR têm mais de uma dúzia de articulações artificiais.

Artrite gotosa (gota) Normalmente, as pessoas mantêm níveis sanguíneos adequados de ácido úrico, um produto resíduo do metabolismo do ácido nucleico, que é excretado na urina. Se a taxa de excreção é baixa, os níveis de ácido úrico sobem anormalmente no

sangue e nos fluidos corporais, e o ácido precipita-se como cristais de urato nas membranas sinoviais. Uma resposta inflamatória segue quando o corpo tenta atacar e digerir os cristais, produzindo um ataque dolorido agonizante de **artrite gotosa**, ou **gota**. O ataque inicial envolve uma única articulação, usualmente no membro inferior, frequentemente na base do I dedo do pé. Outros ataques costumam a se repetir, meses ou anos depois. A gota é mais comum em homens do que em mulheres, pois os homens têm naturalmente níveis mais elevados de ácido úrico no sangue (talvez porque os estrógenos aumentam a sua taxa de excreção).

A gota não tratada pode causar a fusão das extremidades ósseas, imobilizando a articulação. Felizmente, há disponibilidade de tratamento eficaz. Para ataques agudos são utilizadas drogas anti-inflamatórias não esteroides, tal como o ibuprofeno. Para o longo prazo, drogas que baixem o nível de urato e medidas dietéticas (abstenção de álcool e carne vermelha) são eficazes.

✓ Verifique seu conhecimento

- 17. Identifique o tipo de artrite descrito em cada caso: (a) cristalização de ácido úrico nas membranas sinoviais; (b) erosão da cartilagem articular; (c) resposta autoimune causando inflamação da membrana sinovial.
- 18. Por que uma articulação lesada fica mais suscetível à repetição da lesão após uma entorse ou subluxação?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

AS ARTICULAÇÕES AO LONGO DA VIDA

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever como as articulações se desenvolvem e como sua função pode ser afetada pelo envelhecimento.

As articulações sinoviais desenvolvem-se a partir do mesênquima que preenche os espaços entre os “modelos ósseos” cartilagueiros no final da fase embrionária.

A região externa desse mesênquima interveniente condensa-se para se tornar a membrana fibrosa da cápsula articular, enquanto a região interna vai se transformar na cavidade articular. Na 8ª semana, aproximadamente, essas articulações assemelham-se, no formato e disposição, a articulações adultas, isto é, suas membranas sinoviais estão desenvolvidas e o fluido sinovial é secretado para dentro das cavidades das articulações. Essas características estruturais básicas estão geneticamente determinadas, mas depois do nascimento o tamanho da articulação, o formato e a flexibilidade são modificados pelo uso. As articulações ativas crescem mais e têm cápsulas, ligamentos e suportes ósseos mais espessos do que teriam se elas nunca fossem usadas.

Durante a juventude, muitas lesões nas articulações atacam e rompem as epífises, separando-as da diáfise, uma vulnerabilidade que termina depois que as cartilagens epifisiais se fecham, no início da idade adulta. Daquele momento em diante, lesões semelhantes resultam meramente em entorses.

A osteoartrite é o problema de articulação mais comum associado à idade avançada. Assim como os ossos devem ser estimulados para manter a sua resistência, as articulações devem ser exercitadas para manter sua saúde. O exercício comprime sínovia para dentro e fora das cartilagens articulares, provendo as células de cartilagem com a nutrição de que as articulações precisam. Embora o exercício não possa impedir a osteoartrite, ele fortalece as articulações e retarda a degeneração das cartilagens articulares. Ele também fortalece os músculos que estabilizam as articulações. Excesso de exercício, no entanto, piora a osteoartrite. Como a fluabilidade da água alivia muito o estresse sobre as articulações que suportam peso, as pessoas que se exercitam em piscinas frequentemente mantêm uma boa função articular ao longo da vida.

✓ Verifique seu conhecimento

- 19. Em que idade as articulações sinoviais são formadas?

(Veja a resposta no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Artroplastia (“reforma da articulação”) É a substituição de uma articulação doente por uma articulação artificial (ver Figura 9.19).

Condromalácia patelar (“amolecimento da cartilagem da patela”) Lesões e amolecimento das cartilagens articulares na superfície posterior da patela e na superfície anterior do fêmur distal. Essa condição, vista mais frequentemente em atletas adolescentes, produz uma dor forte no joelho quando a perna é estendida (para subir escadas, por exemplo). A condromalácia pode ocorrer quando o quadríceps femoral, o principal grupo muscu-

lar na coxa anteriormente, traciona de forma desigual na patela, esfregando-a persistentemente contra o fêmur na articulação do joelho. A condromalácia pode frequentemente ser corrigida com exercícios que fortaleçam as partes enfraquecidas do músculo quadríceps.

Doença de Lyme Doença inflamatória que frequentemente resulta em dores articulares e artrite, especialmente na articulação do joelho. É causada por espiroquetas, organismos bacterianos transmitidos por picadas de carrapatos que vivem em cervos e ratos. A doença de Lyme é caracterizada primeiro por uma erupção cutânea e sinto-

mas semelhantes aos da gripe. É tratável com antibióticos, especialmente se detectada precocemente.

Espondilite anquilosante (“articulação rígida da vértebra”) Tipo distinto de artrite reumatoide que afeta principalmente os homens. Geralmente começa nas articulações sacroilíacas e progride superiormente ao longo da coluna vertebral. As vértebras tornam-se interligadas pela grande quantidade de tecido fibroso e a coluna vertebral torna-se rígida.

Lesões em valgo e varo *Valgus* significa “curvado para fora, para longe da linha média do corpo”, tal como em abdução da perna no joelho ou o antebraço no cotovelo. *Varus* significa “curvado para dentro”, tal como em adução desses elementos. Como o joelho e o cotovelo não são projetados para tais movimentos, flexões fortes em indivíduos valgos ou varos acabam por lesá-los.

Síndrome da dor patelofemoral Dor persistente na região por trás da patela. Resulta de pressão de atrito entre os côndilos do fêmur e a patela, como pode ocorrer pelo uso excessivo dos músculos do quadríceps femoral ou por uma patela com formato anormal. Distingue-se da condromalácia patelar por ausência de lesão à cartilagem e por não ocorrer em idade mais jovem. O tratamento é baseado em exercício que fortaleça os diferentes músculos do quadríceps femoral, até que fiquem gradualmente uniformes.

Sinovite Inflamação da membrana sinovial de uma articulação. Pode resultar de lesão, infecção ou artrite. A sinovite leva à produção de excesso de líquido, fazendo que as articulações inchem. Esse acúmulo de líquido na cavidade articular é chamado *efusão*.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. Articulações (juntas) são locais onde os elementos ósseos do esqueleto se encontram. Elas mantêm os ossos juntos e permitem vários níveis de movimento.

CLASSIFICAÇÃO DAS ARTICULAÇÕES (p. 218)

2. As articulações são classificadas funcionalmente como sinartroses (sem movimento), anfiartroses (ligeiro movimento) ou diartroses (movimento livre). Elas são classificadas estruturalmente como fibrosas, cartilagíneas ou sinoviais.

ARTICULAÇÕES FIBROSAS (p. 218-219)

3. Nas articulações fibrosas, os ossos são ligados por tecido conjuntivo fibroso. Nenhuma cavidade articular está presente. Quase todas as articulações fibrosas são sinartroses (imóveis).
4. Os tipos de articulações fibrosas são suturas (entre os ossos do crânio), sindesmoses (“juntas ligamentares”) e gonfoses (articulação dos dentes com seus respectivos alvéolos dentários).

ARTICULAÇÕES CARTILAGÍNEAS (p. 219-220)

5. Nas articulações cartilagíneas, os ossos são unidos por cartilagem. Não existe nenhuma cavidade articular.
6. Sincondroses são articulações imóveis de cartilagem hialina, tais como cartilagens epifisais. Sínfises são anfiartroses de fibrocartilagem (ligeiramente móveis), tais como os discos intervertebrais e a sínfise púbica.

ARTICULAÇÕES SINOVIAIS (p. 220-231)

7. A maioria das articulações do corpo é sinovial. Articulações sinoviais são diartroses (livremente móveis).

Estrutura geral das articulações sinoviais (p. 220-223)

8. As articulações sinoviais têm uma cavidade articular contendo líquido e são envoltas por uma cápsula articular, que tem uma membrana fibrosa externa, frequentemente reforçada por ligamentos, e uma membrana sinovial interna que produz a sinóvia. As extremidades articulares dos ossos são cobertas por cartilagens articulares para absorção de impacto. Os nervos na cápsula proporcionam uma sensação de “estiramento da articulação”.
9. A sinóvia é essencialmente um filtrado do sangue, mas também contém moléculas que o tornam um lubrificante redutor de atrito. As extremidades ósseas revestidas de cartilagem deslizam em uma película escorregadia de sinóvia secretada sobre essas cartilagens articulares. Esse mecanismo é chamado lubrificação por gotejamento.
10. Algumas articulações contêm discos de fibrocartilagem (meniscos), que distribuem a carga uniformemente e podem permitir dois movimentos em uma articulação.
11. Bolsas sinoviais e bainhas tendíneas são frequentemente associadas com articulações sinoviais. A bolsa é um saco fibroso revestido por uma membrana sinovial e contém sinóvia. As bainhas tendíneas, que são estruturalmente semelhantes às bolsas, enrolam-se em torno de certos tendões e agem como dispositivos lubrificantes que permitem às estruturas adjacentes moverem-se suavemente uma sobre a outra.

Movimentos realizados nas articulações sinoviais (p. 223-227)

12. Os músculos ao se contraírem produzem três tipos comuns de movimentos ósseos em articulações sinoviais: deslizamento, movimentos angulares (flexão, extensão, abdução, adução e circundução) e rotação.
13. Movimentos especiais incluem os de elevação e depressão, protração e retração, supinação e pronação do antebraço, oposição do polegar, eversão e inversão do pé e dorsiflexão e flexão plantar do pé.

Tipos de articulações sinoviais (p. 227)

14. A forma das superfícies articulares reflete os tipos de movimentos permitidos em uma articulação. As articulações são classificadas pela forma em: planas (não axiais), cilíndricas ou trocoides (uniaxiais), elipsóides, selares (biaxiais) e esferóides (triaxiais).

Fatores que influenciam a estabilidade de articulações sinoviais (p. 227-231)

15. As articulações são a parte mais frágil do esqueleto. Os fatores que estabilizam as articulações são a forma das superfícies articulares, os ligamentos e o tônus dos músculos cujos tendões cruzam a articulação.

PRINCIPAIS ARTICULAÇÕES SINOVIAIS (p. 231-243)

16. A articulação temporomandibular (ATM) é uma diartrose cilíndrica modificada (bicondilar), formada por: (1) cabeça da mandíbula e (2) fossa mandibular e tubérculo articular do osso temporal. Essa articulação permite tanto uma abertura da boca em um movimento de dobradiça, como um deslizamento anterior da mandíbula. Frequentemente ela se desloca anteriormente e é o local de disfunções temporomandibulares induzidas pelo estresse.
17. A articulação esternoclavicular é uma articulação selar, entre a extremidade medial da clavícula e o manúbrio do esterno. Essa articulação permite a elevação, depressão, protração, retração e uma leve rotação. É uma articulação extremamente estável.
18. A articulação do ombro (glenoumeral) é uma articulação esferóide entre a cavidade glenoidal e a cabeça do úmero. É a articulação mais livremente móvel do corpo. Sua cavidade é rasa e sua cápsula é frouxa e reforçada por ligamentos superiores e anteriores. Os tendões do músculo bíceps braquial e o manguito rotador ajudam a estabilizar a articulação. O úmero frequentemente desloca-se anterior e inferiormente na articulação do ombro.
19. O cotovelo é uma diartrose cilíndrica na qual a ulna e o rádio se articulam com o úmero. Ele permite flexão e extensão e rotação. Suas superfícies articulares são altamente complementares e ajudam a estabilizá-lo. Os ligamentos colaterais radial e ulnar impedem o movimento laterolateral do antebraço.
20. O carpo é constituído por uma articulação elipsóide entre a extremidade distal do rádio e os ossos carpais proximais (escafoide, semilunar), que permite flexão, extensão, abdução e adução da mão. As articulações intercarpais entre a fileira proximal e a fileira distal dos ossos do carpo são articulações planas que permitem movimentos de deslizamento entre os ossos.
21. A articulação do quadril é uma articulação esferóide entre o acetábulo do osso íliaco e a cabeça do fêmur. É adaptada para o suporte de peso. Suas superfícies articulares são profundas e seguras e sua cápsula é bastante reforçada por três ligamentos espessos.
22. O joelho é uma articulação complexa e rasa, formada pela articulação dos côndilos do fêmur e da tibia (e anteriormente pela patela com o fêmur). Extensão, flexão e alguma rotação são permitidas. Os meniscos em forma de C estão localizados nas superfícies articulares da tibia. A cápsula, que é ausente anteriormente, é reforçada por diversos ligamentos capsulares e extracapsulares. Por

exemplo, os ligamentos colaterais tibial e fibular ajudam a prevenir a hiperextensão, abdução e adução da perna. Os ligamentos intracapsulares cruzados ajudam a prevenir o deslocamento anteroposterior das superfícies articulares e ajudam a travar o joelho quando se está em pé. O tônus dos músculos que cruzam essa articulação é importante para a estabilidade do joelho. Em esportes de contato, golpes laterais são responsáveis por muitas lesões no joelho. Em esportes sem contato, o ligamento cruzado anterior é um local frequente de lesão, causada por parada rápida no movimento e mudança de direção.

23. A articulação do tornozelo é uma diartrose cilíndrica entre (1) as extremidades distais da tibia e da fibula e (2) o tálus do tarso. Seus ligamentos colaterais medial e lateral permitem a flexão plantar e a dorsiflexão e evitam o deslocamento anterior e posterior do pé. A inversão e eversão do pé ocorrem através de movimentos de deslizamento nas articulações intertarsais.

DISTÚRBIOS DAS ARTICULAÇÕES (p. 243-247)**Lesões nas articulações** (p. 243-245)

24. Um trauma pode romper as cartilagens articulares. Lesões esportivas são comuns aos meniscos do joelho e podem resultar de forças de torção e também de golpes diretos no joelho. A cirurgia artroscópica é utilizada para reparar o joelho e outras lesões articulares.
25. Entorses são o estiramento e a ruptura de ligamentos articulares. Como os ligamentos têm pouca vascularização, a recuperação é lenta.
26. Luxações (ou deslocamentos) articulares movimentam as superfícies dos ossos articulares para fora de seu alinhamento. Tais lesões devem ser reduzidas.

Condições inflamatórias e degenerativas (p. 245-247)

27. Bursite e tenossinovite são inflamações de uma bolsa sinovial e de uma bainha tendínea, respectivamente. Tendinite é a inflamação de um tendão.
28. Artrite é a inflamação ou degeneração de articulações acompanhadas de dor, inchaço e rigidez. A artrite inclui muitas doenças distintas e afeta milhões de pessoas.
29. Osteoartrite é uma doença degenerativa que envolve primeiro as cartilagens articulares. Resulta de desgaste ou sobrecarga e é comum em pessoas mais idosas. As articulações que suportam peso são frequentemente as mais afetadas.
30. Artrite reumatoide, o tipo mais incapacitante de artrite, é uma doença autoimune que envolve inflamação grave das articulações, começando com as membranas sinoviais.
31. Gota é uma inflamação das articulações causada pela deposição de sais de urato nas membranas sinoviais.

AS ARTICULAÇÕES AO LONGO DA VIDA (p. 247-248)

32. As articulações desenvolvem-se a partir do mesênquima existente entre os “modelos cartilagueiros dos ossos” no embrião.
33. As articulações geralmente funcionam bem até o final da meia-idade, quando a osteoartrite quase sempre aparece.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Associe os tipos de articulação mencionados em (a), (b) e (c) às descrições abaixo. Mais de um tipo de articulação pode ser aplicado.
 - Articulações fibrosas
 - Articulações cartilagueiras
 - Articulações sinoviais

___(1) não têm cavidade articular

___(2) são tipos de suturas e sindesmoses

___(3) tecido conjuntivo denso preenche o espaço entre os ossos

___(4) quase todas as articulações do crânio

___(5) são tipos de sincondroses e sínfises

___(6) todas são diartroses

___(7) o tipo mais comum de articulação do corpo

___(8) quase todas são sinartroses

___(9) articulações do ombro, quadril, joelho e cotovelo
- As articulações sinoviais têm: (a) cartilagem articular, (b) uma cavidade articular, (c) um lubrificante, (d) uma cápsula articular, (e) todas as anteriores
- Em geral, o(s) fator(es) mais importante(s) que determina(m) a estabilidade das articulações sinoviais é (são): (a) forma das superfícies articulares; (b) ligamentos de reforço; (c) ligamentos e tônus muscular; (d) sinóvia, que age como uma cola; (e) a pele que envolve o corpo, que segura os membros juntos.
- As características de uma sínfise incluem: (a) presença de fibrocartilagem; (b) capacidade para resistir à forte compressão e estresses de tensão; (c) presença de uma cavidade articular; (d) mobilidade muito elevada; (e) ambas (a) e (b).
- A maioria das fibras nervosas em relação às articulações sinoviais: (a) monitora o quanto a cápsula é estirada; (b) supre as cartilagens articulares; (c) faz que a articulação se mova; (d) monitora a dor quando a cápsula é lesada.
- Associe as partes de uma articulação sinovial listadas em (a), (b), (c) e (d) com as funções abaixo (mais do que uma parte pode ser aplicada):
 - cartilagem articular
 - ligamentos e membrana fibrosa da cápsula
 - sinóvia
 - tendão do músculo

___(1) protege as extremidades ósseas de esmagamento quando comprimidas; resistente

___(2) resiste à tensão colocada nas articulações

___(3) lubrificante que reduz a fricção e desgaste das superfícies articulares

___(4) ajuda a impedir o deslocamento

- Indique a articulação (ou articulações) da coluna B que contém a estrutura listada na coluna A.

Coluna A

- menisco medial
- ligamento anular do rádio
- articulação selar
- disco articular
- manguito rotador
- ligamento cruzado anterior
- ligamento deltóideo
- ligamento colateral ulnar
- ligamento colateral fibular

Coluna B

- articulação esternoclavicular
- articulação temporomandibular
- articulação do punho
- articulação do ombro
- articulação do cotovelo
- articulação do quadril
- articulação do joelho
- articulação do tornozelo

- Classifique cada uma das articulações sinoviais listadas como uma das seguintes: (a) articulação plana, (b) articulação cilíndrica, (c) articulação trocóide, (d) articulação elipsóide, (e) articulação selar, (f) articulação esferóide

- ___(1) articulação radiulnar proximal
- ___(2) trapézio e I metacarpo
- ___(3) joelho
- ___(4) articulação metacarpofalângica
- ___(5) articulação do punho
- ___(6) articulação atlantoccipital
- ___(7) articulação atlantoaxial
- ___(8) articulações esternocostais, costelas II a VII
- ___(9) articulações intervertebrais (entre processos articulares)
- ___(10) acromioclavicular

Dissertativas

- Defina articulação.
- De onde se origina a sinóvia?
- Explique a lubrificação por gotejamento das superfícies articulares sinoviais.
- Compare (1) flexão e extensão com (2) adução e abdução.
- Nomeie dois exemplos específicos de cada articulação: cilíndricas, planas, elipsóides e esferóides.
- Quais são as funções dos meniscos no joelho? E dos ligamentos cruzados anterior e posterior?
- Por que as entorses e as lesões das cartilagens articulares são particularmente problemáticas?
- Nomeie a direção mais comum na qual cada uma das seguintes articulações tende a deslocar-se: (a) ombro; (b) cotovelo.
- Examine o tórax utilizando um esqueleto ou uma ilustração. Classifique as várias articulações que você vê contendo cartilagem hialina, fibrocartilagem ou tecido fibroso (articulações fibrosas).
- Quais são os nomes técnicos e movimentos permitidos às seguintes articulações? (a) articulações dos dedos dos pés;

(b) articulação do punho; (c) articulação temporomandibular; (d) articulação entre sacro e ossos íliacos; (e) articulações dos dedos na mão.

19. Liste as funções das seguintes partes de uma articulação sinovial: (a) da membrana fibrosa da cápsula; (b) da sinóvia; (c) do disco articular.
20. Compare uma bolsa sinovial e uma bainha tendínea em termos de estrutura, função e localizações.
21. Forneça os nomes anatomicamente corretos das articulações entre: (a) a escápula e clavícula; (b) os processos articulares de vértebras sucessivas; (c) as costelas e o esterno; (d) as costelas e vértebras; (e) os vários ossos do tarso. (Consulte a Tabela 9.3, se necessário.)
22. Nomeie a articulação que contém: (a) cavidade e lábio glenoidal; (b) ligamentos cruzados e meniscos; (c) ligamento anular e cabeça do rádio; (d) processo coronoide, tróclea e ligamento colateral radial; (e) ligamentos medial, lateral e tálus.

Análise crítica e aplicação clínica

1. Henrique estava correndo pela estrada quando tropeçou em um buraco. Quando ele caiu, seu tornozelo torceu violentamente para o lado. O diagnóstico foi luxação grave e torção do tornozelo. O cirurgião declarou que iria realizar uma redução da luxação e em seguida iria tentar reparar o ligamento lesado com artroscopia. (a) Quais tipos de movimentos podem ocorrer normalmente na articulação do tornozelo? (b) O médico estava dizendo a Henrique que seus ossos estavam quebrados? (c) O que é redução de uma articulação? (d) Por que frequentemente é necessário reparar ligamentos cirurgicamente? (e) De que forma a cirurgia artroscópica irá diminuir o tempo de recuperação de Henrique e seu sofrimento?
2. Daniel, um estudante de anatomia, estava exausto e mesmo assim foi assistir a uma palestra. Depois de 30 minutos, ele começou a cochilar e, logo depois, acordou repentinamente (a voz do professor estava muito alta para permitir uma boa soneca) e bocejou amplamente. Para sua grande aflição, ele não conseguiu fechar a boca — sua mandíbula “travou” e sua boca ficou aberta. O que aconteceu com a mandíbula de Daniel?
3. A senhora Estevez, que tem 37 anos, visitou seu médico e reclamou de uma dor insuportável em várias articulações em ambas as mãos. As articulações estavam muito vermelhas, inchadas e quentes ao toque. Quando o médico perguntou se ela já havia tido tal episódio no passado, ela disse que um ataque semelhante a acometeu, dois anos antes, e que havia desaparecido tão repentinamente quanto chegado. Seu diagnóstico foi de artrite. (a) Qual o tipo de artrite que senhora Estevez tem? (b) Qual é a causa da inflamação das articulações nesse tipo de artrite?
4. Durante o trabalho, uma caixa caiu de uma prateleira na região acromial de Marcelo. Já na sala de emergência, o médico pôde sentir que a cabeça do úmero do paciente tinha se movido para dentro da axila. O que aconteceu com Marcelo?
5. Em sua festa de aniversário de 94 anos, Jaime foi elogiado sobre sua boa aparência e, ao mesmo tempo, questionado sobre a sua saúde. Ele respondeu: “Eu me sinto bem, com exceção de algumas articulações que doem e estão rígidas, especialmente meus joelhos e quadris e a parte inferior das costas, principalmente quando eu acordo pela manhã”. Uma série de análise de raios X e uma ressonância magnética realizada há algumas semanas na parte da manhã mostraram que as cartilagens articulares dessas articulações estavam ásperas e descamadas e que havia presença de osteófitos nas extremidades de alguns ossos. Qual é o provável diagnóstico de Jaime?
6. No noticiário da noite, Samanta ouviu que a população de cervos em seu estado havia aumentado muito nos últimos anos e ela sabia que muitas vezes foram vistos cervos andando pelas ruas na região onde mora. De repente, ela exclamou: “É por isso que várias crianças da sala de aula do meu filho contraíram a doença de Lyme este ano!” Explique seu raciocínio. (Consulte a seção “Termos clínicos”.)
7. Como a estrutura das articulações em cada membro reflete a função de cada membro (mobilidade no membro superior, estabilidade no membro inferior)?

Tecido muscular esquelético

10



▲ Fibras musculares estriadas contraídas, contendo fibras nervosas mielínicas (MET colorizada).

Visão geral do tecido muscular 253

Propriedades do tecido muscular 253

Funções do tecido muscular 253

Tipos de tecido muscular 253

Músculo esquelético 255

Anatomia macroscópica de um músculo esquelético 255

Anatomia microscópica e funcional do tecido muscular esquelético 257

Distúrbios do tecido muscular esquelético 267

Distrofia muscular 267

Síndrome da dor miofascial 268

Fibromialgia 268

O tecido muscular esquelético ao longo da vida 268

A palavra *músculo* vem do latim *musculus* e significa “rato pequeno”. Esse nome foi dado porque quando um músculo é flexionado, ele assemelha-se a um camundongo correndo por baixo da pele. Na realidade, os músculos esqueléticos ondulados dos halterofilistas quase sempre são a primeira coisa que nos vem à mente quando ouvimos a palavra *músculo*. No entanto, o músculo também é o tecido principal no coração e nas paredes dos órgãos ocos. O tecido muscular é um tecido composto, que consiste em células musculares e tecidos conjuntivos circundantes. Em todas as suas formas, o tecido muscular corresponde à quase metade da massa corporal.

VISÃO GERAL DO TECIDO MUSCULAR

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ conhecer quatro propriedades funcionais que distinguem o tecido muscular dos demais tecidos;
- ▶ comparar e diferenciar os tecidos musculares esquelético, cardíaco e liso.

Propriedades do tecido muscular

O tecido muscular possui quatro propriedades funcionais que o distinguem dos demais tecidos:

1. **Contratilidade.** O tecido muscular contrai vigorosamente. As células musculares contêm **miofilamentos** (*mio* = músculo), que são tipos específicos de microfilamentos responsáveis pelo encurtamento das células musculares. Existem dois tipos de miofilamentos: um contendo a proteína *actina* e o outro contendo a proteína *miosina*. Essas duas proteínas geram força contrátil em cada célula do corpo (Capítulo 2, p. 33). Essa propriedade contrátil é mais desenvolvida nas células musculares.
2. **Excitabilidade.** Os sinais nervosos ou outros estímulos excitam as células musculares, fazendo que impulsos elétricos percorram a membrana plasmática das células. Esses impulsos iniciam a contração nas células musculares.
3. **Extensibilidade.** O tecido muscular pode ser esticado. A contração de um músculo esquelético vai esticar um músculo oposto. A parede muscular de um órgão oco é esticada pelas substâncias contidas dentro desse órgão — o bolo alimentar no trato digestório ou a urina na bexiga urinária, por exemplo.
4. **Elasticidade.** Depois de esticar, o tecido muscular recua passivamente e retorna ao tamanho de quando estava em repouso.

Terminologia específica para o tecido muscular

Os prefixos **mio-** ou **mis-** (ambos significam “músculo”) e **sarco-** (“carne”) referem-se a músculo. Existem alguns termos específicos para as estruturas nas células musculares que utilizam essas raízes em seus nomes. Por exemplo, a membrana plasmática das células musculares chama-se **sarcolema** (“bainha de carne”). O citoplasma é o **sarcoplasma** e o retículo endoplasmático, que é especializado no armazenamento de cálcio, é o **retículo sarcoplasmático**. Os microfilamentos contendo proteínas contráteis são os **miofilamentos**. Você vai aprender outros termos neste capítulo que utilizam essas mesmas raízes.

Funções do tecido muscular

A função mais óbvia do tecido muscular é produzir movimento. O tecido muscular também atua na abertura

ra e fechamento de passagens no corpo, na manutenção da postura, na estabilização das articulações e na geração de calor.

- **Produzir movimento.** O músculo esquelético conecta-se ao esqueleto e movimentam o corpo ao mover os ossos. O músculo, quando existe nas paredes dos órgãos ocos, produz movimento ao comprimir os fluidos e outras substâncias através desses órgãos.
- **Abrir e fechar passagens do corpo.** Os *músculos esfínterianos* circundam muitas aberturas no corpo e funcionam como válvulas: relaxando para deixar passar uma substância, contraindo para fechar a passagem. Essa função é especialmente visível nos tratos digestório e urinário. O tecido muscular em volta da boca e dos olhos abre e fecha esses orifícios corporais. As fibras musculares na íris do olho contraem e relaxam para mudar o diâmetro da pupila.
- **Manter a postura e estabilizar as articulações.** Quando estamos acordados, os músculos esqueléticos contraem-se continuamente para manter a postura, habilitando o corpo a permanecer em pé ou sentado. O tônus muscular, que é a contração muscular constante e em baixo nível, ajuda a estabilizar e fortalecer muitas articulações sinoviais.
- **Gerar calor.** A contração muscular produz calor. Isso exerce um papel vital na manutenção da temperatura corporal normal em 37 °C. Essa função é clara quando nos exercitamos: o excesso de calor gerado durante o exercício estimula a sudorese para nos resfriar.

Tipos de tecido muscular

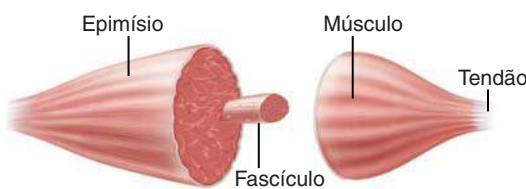
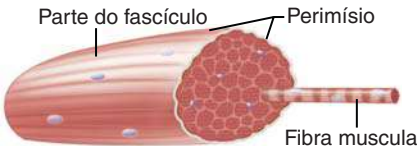
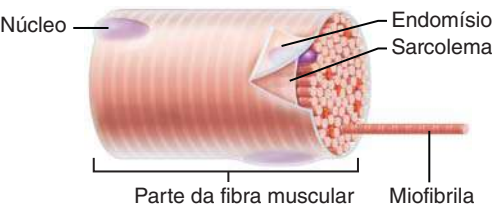
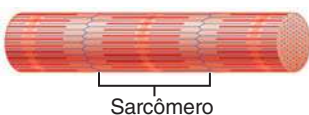
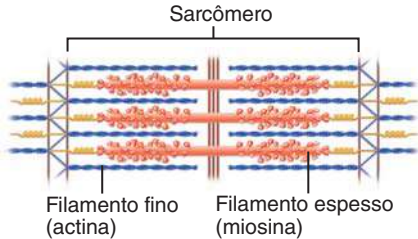
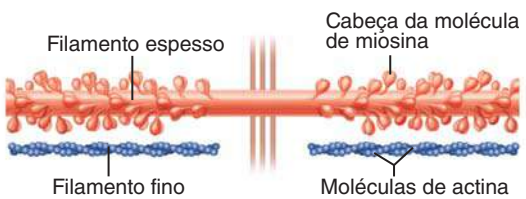
Existem três tipos de tecido muscular: *estriado esquelético*, *estriado cardíaco* e *liso*. Cada tipo pode ser descrito por duas características diferentes: (1) a presença ou ausência de estrias claras e escuras nas células musculares e (2) se o controle da contração é *voluntário* ou *involuntário*.

Tecido muscular estriado esquelético

O tecido muscular esquelético está situado nos **músculos esqueléticos**, que são órgãos individuais que se conectam ao esqueleto e o movimentam. Esse tecido corresponde a 40% do peso corporal. As células musculares do tecido muscular esquelético representam o **músculo estriado**, que possui estrias escuras e claras que cortam transversalmente essas células. Essas estrias são nítidas quando o tecido muscular é visualizado histologicamente (ver Figura 4.13a, p. 96). As alongadas e cilíndricas células musculares esqueléticas constituem as **fibras musculares**. O músculo esquelético é inervado pela divisão **voluntária** do sistema nervoso e está sujeito ao controle consciente; você consegue controlar esse tecido muscular de acordo com a sua vontade. Os detalhes da estrutura e função do tecido muscular esquelético são o foco deste capítulo (**Tabela 10.1**).

Tabela 10.1

Estrutura e níveis organizacionais do músculo estriado esquelético

Estrutura e nível organizacional	Descrição	Envoltórios de tecido conjuntivo
Músculo (órgão) 	Músculo consiste em centenas e até milhares de células musculares, além de envoltórios de tecido conjuntivo, vasos sanguíneos e fibras nervosas.	Envolvido externamente pelo epimísio
Fascículo (uma parte do músculo) 	Fascículo é um feixe individual de células musculares, separadas do restante do músculo por uma bainha de tecido conjuntivo.	Circundado pelo perimísio
Fibra muscular (célula) 	Fibra muscular é uma célula multinucleada alongada — ela possui uma aparência estriada.	Circundado pelo endomísio
Miofibrila (organela complexa contendo miofilamentos) 	As miofibrilas são organelas contráteis em forma de bastão que ocupam a maior parte do volume da célula muscular. Compostas de sarcômeros (arranjados de forma que a extremidade de um sarcômero encoste na extremidade do outro), elas parecem listradas, sendo que suas listras adjacentes são alinhadas.	
Sarcômero (um segmento de uma miofibrila) 	Sarcômero é uma unidade contrátil composta de miofilamentos feitos de proteínas contráteis.	
Miofilamento ou filamento 	Os miofilamentos contráteis são de dois tipos: espesso e fino. Os filamentos espessos contêm feixes de moléculas de miosina; os filamentos finos contêm moléculas de actina (além de outras proteínas). O deslizamento dos filamentos finos ultrapassando os filamentos espessos produz encurtamento muscular. Os filamentos elásticos compostos de moléculas de titina (não exibidos) mantêm a organização da banda A e proporcionam o recuo elástico quando a contração muscular termina.	

Tecido muscular estriado cardíaco

O tecido **muscular cardíaco** ocorre apenas nas paredes do coração. As células musculares do músculo cardíaco também são **músculo estriado** (ver Figura 4.13b, p. 97), mas sua contração é **involuntária**. Na verdade, o músculo cardíaco consegue contrair sem nenhum estímulo nervoso. A divisão involuntária do sistema nervoso regula a contração do tecido muscular cardíaco; não temos nenhum controle direto e consciente sobre a velocidade das batidas do nosso coração (os detalhes da estrutura e função do tecido muscular cardíaco serão descritos no Capítulo 19).

Tecido muscular liso

A maior parte do tecido **muscular liso** no corpo encontra-se nas paredes dos órgãos internos (exceto o coração), como o estômago, a bexiga urinária, os vasos sanguíneos e as vias respiratórias, por exemplo. As células musculares do músculo liso **não possuem estrias** (ver Figura 4.13c, p. 97). Assim como as do músculo esquelético, essas células são alongadas e conhecidas como *fibras musculares*. Do mesmo modo que no músculo cardíaco, a divisão **involuntária** do sistema nervoso inerva o músculo liso (a estrutura detalhada e a função do tecido muscular liso são abordadas no Capítulo 23).

O tecido muscular cardíaco e o tecido muscular liso são chamados coletivamente de *músculo visceral*, um termo que reflete o fato de ambos ocorrerem nos órgãos e serem inervados pela divisão involuntária do sistema nervoso. As propriedades dos três tipos de tecido muscular são resumidas no final deste capítulo (**Tabela 10.2**, p. 266-267).

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Quais semelhanças estruturais são compartilhadas por todo o tecido muscular? Quais são as propriedades funcionais exclusivas desse tecido?
- 2. Que tipos de tecido muscular são estriados? Que tipos são chamados de músculo visceral? Em quais tipos as células musculares são chamadas fibras?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

MÚSCULO ESQUELÉTICO

Cada músculo é um órgão composto de vários tipos de tecidos: além do tecido muscular esquelético, um músculo também contém tecido conjuntivo, vasos sanguíneos e nervos. As seções a seguir examinam a anatomia do músculo esquelético do nível macroscópico ao microscópico.

Anatomia macroscópica de um músculo esquelético

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ mencionar as camadas de tecido conjuntivo que ocorrem no músculo esquelético e em volta dele,

além de descrever resumidamente o suprimento sanguíneo e nervoso de um músculo;

- ▶ definir os fascículos musculares;
- ▶ descrever as várias maneiras nas quais um músculo se conecta em suas origens e inserções.

Tecido conjuntivo e fascículos

Várias bainhas de tecido conjuntivo mantêm as fibras de um músculo esquelético unidas. Essas bainhas, do exterior para o interior, são (**Figura 10.1**):

1. **Epimísio.** Uma camada externa de tecido conjuntivo denso não modelado circunda todo o músculo esquelético. Essa camada é o **epimísio**, um nome que significa “em cima do músculo”. Algumas vezes, o epimísio mistura-se com a fáscia profunda situada entre os músculos vizinhos.
2. **Perimísio.** Dentro de cada músculo esquelético, as fibras musculares são separadas em grupos. Cada grupo, que se assemelha a um feixe de varas amarradas, chama-se **fascículo** (“feixe”). Em volta de cada fascículo há uma camada de tecido conjuntivo fibroso, chamada **perimísio** (“em volta do músculo [fascículo]”).
3. **Endomísio.** Dentro de um fascículo, cada fibra muscular é circundada por uma bainha fina de tecido conjuntivo frouxo consistindo principalmente em fibras reticulares. Essa camada é o **endomísio** (“dentro do músculo”).

Esses tecidos conjuntivos fibrosos unem as fibras musculares e as mantêm em alinhamento paralelo para que possam trabalhar juntas e produzir força. Essas bainhas são contínuas entre si: o endomísio funde-se com o perimísio, que por sua vez é contínuo ao epimísio (Figura 10.1b). Todas as três bainhas convergem e formam o **tendão**, a estrutura de tecido conjuntivo que une os músculos esqueléticos aos ossos (Figura 10.1a). Quando as fibras musculares se contraem, elas empurram o endomísio circundante. Por causa da continuidade entre as bainhas, esse empurrão é exercido também no perimísio, no epimísio e no tendão, uma sequência que transmite a força de contração para o osso que está sendo movimentado. As bainhas também conferem a um músculo grande parte de sua elasticidade natural e carregam os vasos sanguíneos e nervos que suprem as fibras musculares.

Nervos e vasos sanguíneos

Em geral, cada músculo esquelético é suprido por um nervo, uma artéria e uma ou mais veias — todos eles entrando ou saindo do músculo aproximadamente na metade do seu comprimento. Os nervos e vasos ramificam-se repetidamente no tecido conjuntivo intramuscular, com os ramos menores suprindo cada fibra muscular.

Esse rico suprimento sanguíneo para os músculos reflete a alta demanda de nutrientes e oxigênio decorrente

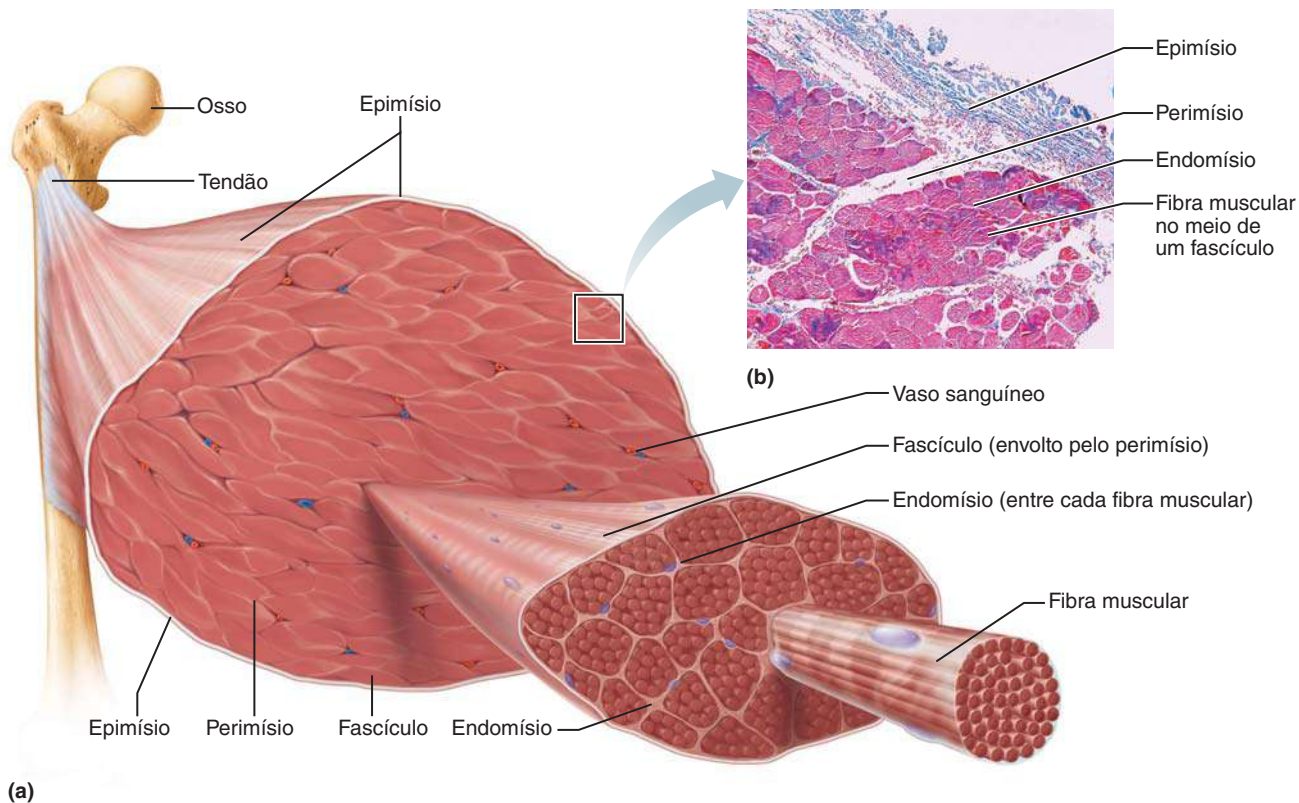


Figura 10.1 Bainhas de tecido conjuntivo no músculo esquelético: epimísio, perimísio e endomísio. (a) Ilustração. (b) Fotomicrografia do músculo esquelético em corte transversal. As bainhas de tecido conjuntivo são coradas em azul/púrpura pela coloração tricrômica (40×). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 29.)

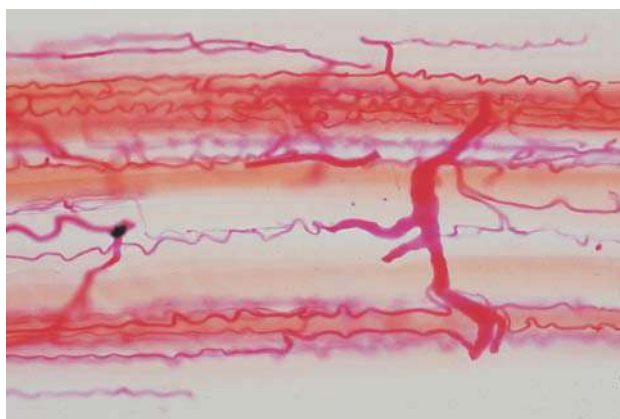


Figura 10.2 Fotomicrografia da rede de capilares que circunda as fibras musculares esqueléticas. O suprimento arterial foi injetado com gelatina vermelho-escura para demonstrar o leito capilar. As fibras musculares, que seguem horizontalmente na fotografia, estão coradas em laranja. Repare na aparência ondulada dos capilares (vasos mais finos) (75×).

da contração das fibras musculares. Os capilares no endomísio formam uma rede (Figura 10.2). Esses capilares longos tornam-se ondulados quando as fibras musculares se contraem e retificados quando o músculo se alonga.

A inervação do músculo esquelético é descrita mais adiante neste capítulo (p. 264).

Conexões musculares

Uma conexão muscular é o local em que um músculo se conecta a um osso. Cada músculo esquelético estende-se de um osso a outro, atravessando pelo menos uma articulação móvel. Quando o músculo se contrai, ele faz que um dos ossos se movimente, enquanto o outro osso normalmente continua fixo. A conexão de um músculo ao osso menos móvel chama-se **origem** (inserção proximal) do músculo, enquanto a conexão ao osso mais móvel se chama **inserção** (inserção distal) do músculo (Figura 10.3)¹. Assim, quando o músculo se contrai, sua inserção é empurrada na direção da origem desse músculo. Nos músculos dos membros, a origem é, por convenção, a conexão mais proximal do músculo e a inserção é a conexão mais distal. No entanto, é importante perceber que as funções da origem e da inserção podem mudar, dependendo da posição do corpo e do movimento produzido quando o músculo se

¹ Nota do revisor técnico: na nomenclatura anatômica “os termos origem e inserção não são usados, visto que mudam com a função”. Todavia, para facilitar a leitura, os mesmos serão mantidos no presente livro.

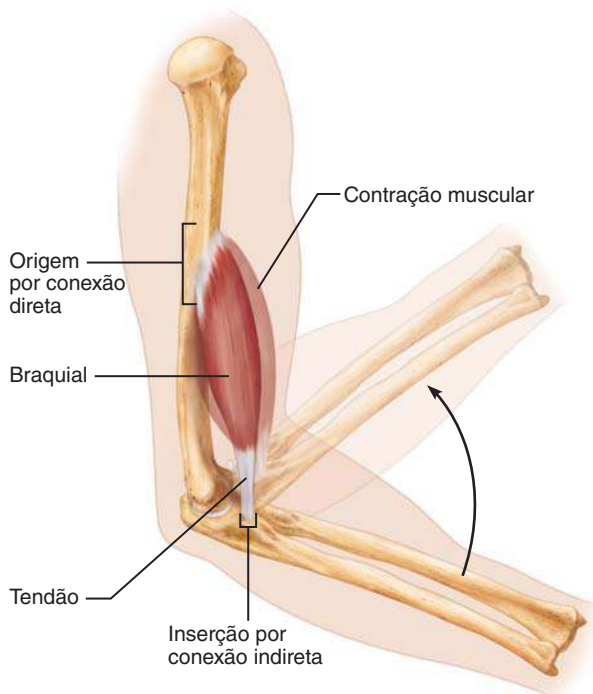


Figura 10.3 Conexões musculares (origem e inserção). Quando um músculo esquelético se contrai, sua inserção é empurrada para sua origem.

contraí. Por exemplo, as conexões convencionais do músculo braquial no braço são a origem na diáfise do úmero e inserção na parte proximal da ulna (Figura 10.3). Esses termos são precisos quando se referem à posição usual do membro e à função desse músculo, que é flexionar o antebraço, como acontece quando você levanta um objeto, por exemplo. Porém, considere a posição do membro superior e seu movimento quando você fica pendurado, se exercitando em uma barra. Nessa situação, é o úmero que se movimenta, não a ulna. Assim, a origem convencional do braquial é a inserção, que se movimenta, sendo a inserção estável.

Os músculos conectam-se às suas origens e inserções por meio de tecido conjuntivo fibroso e forte que se estende até o periósteo fibroso do osso. Nas *conexões diretas*, ou *carneas*, os cordões de fixação do tecido conjuntivo são tão curtos que os próprios fascículos musculares parecem se conectar diretamente ao osso. Nas *conexões indiretas*, o tecido conjuntivo estende-se bem além do final das fibras musculares, formando um tendão semelhante a uma lâmina plana chamada **aponeurose**. As conexões indiretas são mais comuns do que as conexões diretas e a maioria dos músculos possui tendões. As proeminências ósseas quase sempre estão presentes quando os tendões encontram os ossos. Essas proeminências incluem os tubérculos, os trocanteres e as cristas (ver Tabela 6.1, p. 139). Embora a maioria dos tendões e aponeuroses se conecte aos ossos, alguns se conectam à pele, à cartilagem,

às lâminas da fásia ou a uma linha de tecido fibroso chamada **rafe** (“costura”).

Muitos músculos abrangem duas articulações ou mais. Esses músculos chamam-se *biarticulares* (“duas articulações”) ou *multiarticulares*. Por exemplo: imagine um músculo que se origina no úmero, percorre o antebraço sem se conectar ao rádio ou à ulna e se insere nos ossos carpais. A contração desse músculo provocaria movimentos nas duas articulações: do cotovelo e do punho.

✓ Verifique seu conhecimento

3. Qual é o nome do tecido conjuntivo que circunda um fascículo?
4. Quais são as definições funcionais da origem e da inserção de um músculo? Nos membros, quais são as definições convencionais da origem e da inserção de um músculo?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Anatomia microscópica e funcional do tecido muscular esquelético

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura microscópica de uma fibra muscular esquelética e o arranjo dos seus filamentos contráteis espessos e finos em sarcômeros e miofibrilas;
- ▶ descrever a estrutura e as funções do retículo sarcoplasmático e dos túbulos T nas fibras musculares;
- ▶ explicar o mecanismo de filamentos deslizantes da contração muscular, incluindo o papel da titina;
- ▶ descrever a inervação das fibras musculares esqueléticas nas junções neuromusculares. Definir uma unidade motora;
- ▶ comparar e diferenciar os três tipos de fibras musculares esqueléticas.

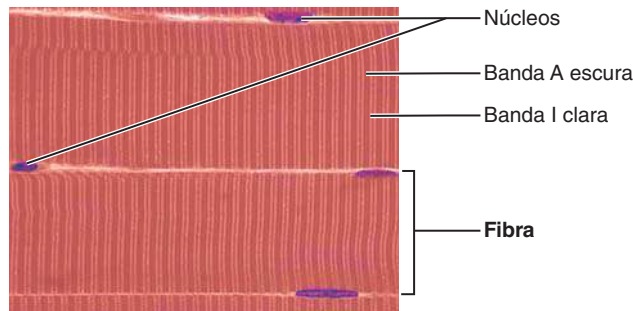
Fibra muscular esquelética

As fibras musculares esqueléticas são constituídas por células cilíndricas longas (**Figuras 10.4a** e **10.4b**). São células imensas, relativamente falando. Seu diâmetro é 10-100 μm (até dez vezes o diâmetro de uma célula média do corpo) e seu comprimento é incrível: de vários centímetros, nos músculos curtos, até dezenas de centímetros, nos músculos longos. No entanto, seria equivocado dizer que as fibras musculares esqueléticas são as maiores células do corpo, já que cada uma delas foi formada pela fusão de centenas de células embrionárias. Como as fibras se desenvolvem dessa maneira, elas contêm muitos núcleos, que estão situados na periferia de cada fibra, logo abaixo do sarcolema (Figura 10.4b).

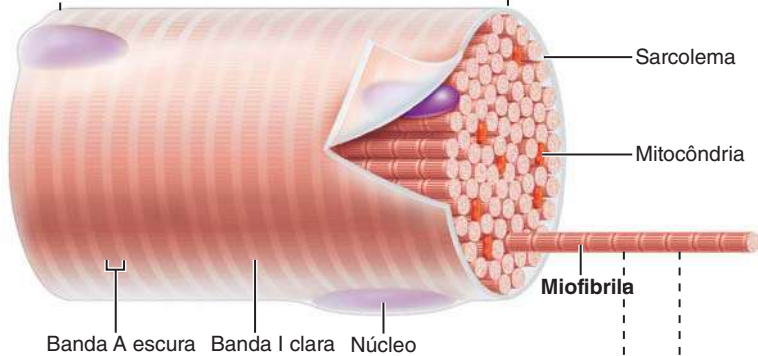
Miofibrilas e sarcômeros

No microscópio de luz, as estrias claras e escuras nas fibras musculares esqueléticas são claramente visíveis. As estrias resultam da estrutura interna de

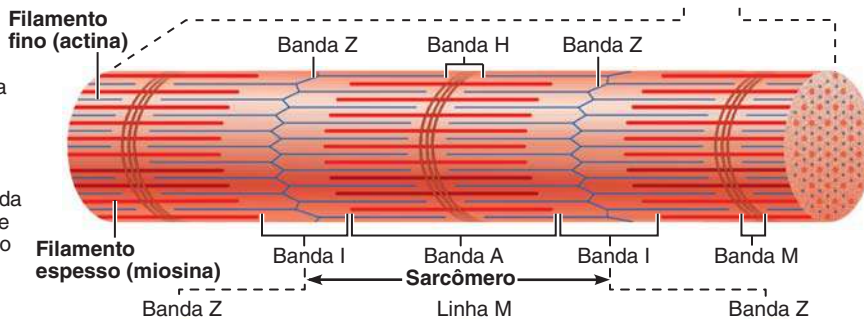
(a) Fotomicrografia de partes de duas fibras musculares isoladas (725x). Repare nas estrias (faixas escuras e claras alternadas).



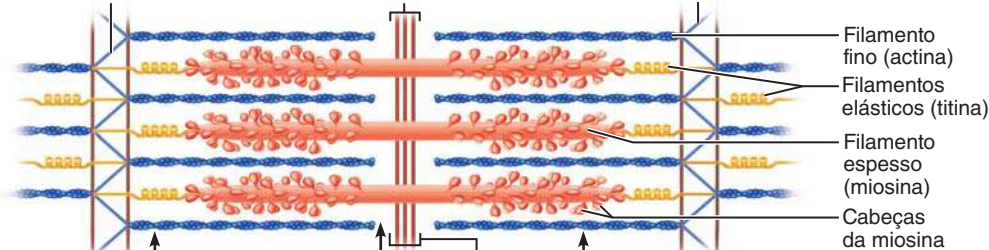
(b) Diagrama de parte de uma fibra muscular exibindo as miofibrilas. Uma miofibrila estende-se a partir da extremidade do corte da fibra.



(c) Pequena parte de uma miofibrila ampliada para mostrar os miofilamentos responsáveis pelo padrão de bandas. Cada sarcômero estende-se de uma banda Z para o seguinte.



(d) Ampliação de um sarcômero (seccionado longitudinalmente). Repare nas cabeças da miosina nos filamentos espessos.



(e) Vista em corte transversal de um sarcômero cortado em locais diferentes.

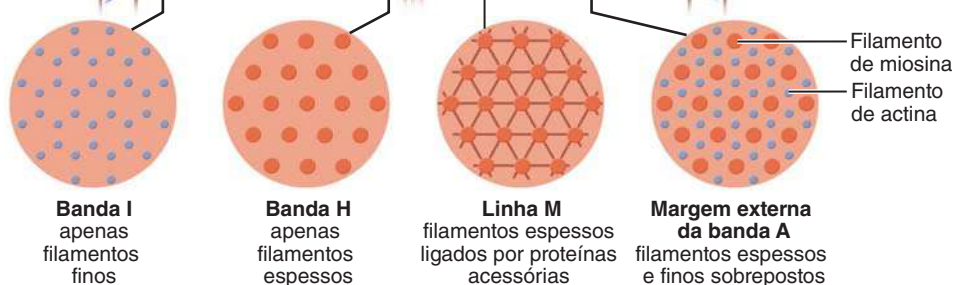


Figura 10.4 Anatomia microscópica da fibra muscular esquelética (célula). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 28.)

organelas longas em forma de bastão, chamadas **miofibrilas**, que são cilindros não ramificados que estão presentes em grandes quantidades, correspondendo a mais de 80% do sarcoplasma. São organelas contráteis especializadas e exclusivas do tecido muscular. As

miofibrilas contêm miofilamentos (Figura 10.4c), proteínas contráteis descritas anteriormente e que serão discutidas detalhadamente em breve. As miofibrilas, em uma fibra, são separadas umas das outras por outros componentes do sarcoplasma. Entre esses compo-

mentos estão as mitocôndrias e os glicossomos, ambos fornecedores de energia para a contração muscular. É difícil distinguir cada miofibrila em uma fotomicrografia (Figura 10.4a), pois as estrias das miofibrilas adjacentes se alinham quase perfeitamente.

Uma miofibrila é composta de segmentos repetidos, chamados **sarcômeros** (“segmentos de músculo”) (Figuras 10.4c e 10.4d). O sarcômero é a unidade básica de contração no músculo esquelético. As fronteiras nas duas extremidades de cada sarcômero chamam-se **bandas (linhas) Z**. Existem muitos miofilamentos conectados a cada banda Z, estendendo-se para o centro do sarcômero, chamados **filamentos finos (de actina)**, que consistem, principalmente, em proteína actina, embora também contenham outras proteínas. No centro do sarcômero e por cima das extremidades internas dos filamentos finos, existe um feixe cilíndrico de **filamentos espessos (de miosina)**, que consistem praticamente em moléculas de miosina. Eles também contêm enzimas ATPase que quebram o ATP (moléculas armazenadoras de energia) para liberar a energia necessária para a contração muscular. Ambas as extremidades de um filamento espesso são ornamentadas com botões chamados *cabeças da miosina* (Figura 10.4d).

A estrutura do sarcômero explica o padrão das estrias nas fibras musculares esqueléticas. As faixas escuras são criadas pelo comprimento total dos filamentos espessos nos sarcômeros, junto com as extremidades internas dos filamentos finos que sobrepõem os filamentos espessos. A região de cada sarcômero chama-se **banda A** (Figura 10.4c). A parte central de uma banda A, que nenhum filamento fino alcança, é a **banda (zona) H**. A **linha M** no centro da banda H contém bastonetes minúsculos que unem os filamentos espessos (Figura 10.4d). As duas regiões em ambos os lados da banda A, que contêm apenas filamentos finos, são chamadas **banda I**. São essas bandas dos sarcômeros que criam as partes claras do padrão claro-escuro das estrias observadas ao longo do comprimento de qualquer fibra muscular esquelética. Cada banda I faz parte de dois sarcômeros adjacentes e possui uma banda Z passando pelo seu centro (Figura 10.4c). Lembre-se de que as estrias das miofibrilas adjacentes se alinham perfeitamente, permitindo-nos ver as várias faixas em uma fibra muscular (Figuras 10.4a e 10.4b). Essas notações referem-se a como essas regiões refratam a luz polarizada: as bandas A são *anisotrópicas* e as bandas I são *isotrópicas*.

Cortes transversais em regiões diferentes do sarcômero (Figura 10.4e) fornecem uma visão tridimensional dos tipos de miofilamentos e da sua organização em cada região.

Titina e outras proteínas da miofibrila

A **titina** é uma molécula espiralada nos sarcômeros que resiste ao estiramento excessivo. As moléculas de titina em um sarcômero são encontradas nos filamentos elásticos e estendem-se desde a banda Z até o filamento espesso e seguem por dentro do filamento espesso, conectando-se à linha M (ver Figura 10.4d). Quando foi identificada pela primeira vez, a titina gerou muita empolgação, já que é a maior proteína já descoberta. Além disso, tem duas funções básicas: (1) mantém os filamentos espessos em seus lugares no sarcômero, mantendo assim a organização da banda A, e (2) desdobra-se quando o músculo é alongado e depois retoma a sua forma quando a força de estiramento é liberada, contribuindo assim para a elasticidade muscular. A titina não resiste ao estiramento na faixa de extensão comum, mas se torna mais rígida quanto mais for desdobrada; portanto, ela resiste bastante ao estiramento excessivo que tenta separar o sarcômero.

Em cada miofibrila, várias proteínas circundam as bandas Z. Essas proteínas ligam os sarcômeros adjacentes (a Tabela 10.1, p. 254, oferece uma visão geral da estrutura macroscópica e microscópica do músculo esquelético).

Retículo sarcoplasmático e sistema de túbulos transversos

Cada fibra muscular esquelética contém dois conjuntos de túbulos que participam da regulação da contração muscular: o retículo sarcoplasmático e o sistema de túbulos transversos (Figura 10.5). O **retículo sarcoplasmático (RS)** é um retículo endoplasmático liso elaborado, cujos túbulos interconectados circundam cada miofibrila (como, por exemplo, as mangas soltas de uma blusa de malha em volta dos seus braços). A maioria dos túbulos do RS segue longitudinalmente ao longo da miofibrila. Outros túbulos do RS, chamados **cisternas terminais** (“sacos de extremidade”), formam grandes e perpendiculares canais cruzados sobre a junção entre cada banda A em uma miofibrila e suas bandas I adjacentes (junções A-I). O retículo sarcoplasmático e as cisternas terminais armazenam grandes quantidades de íons cálcio (Ca^{2+}), que são liberados quando o músculo é estimulado a se contrair.

O **sistema de túbulos transversos (túbulos T)** são invaginações profundas do sarcolema localizadas entre cada par de cisternas terminais (Figura 10.5). O complexo dos túbulos T, ladeado por duas cisternas terminais na junção A-I, chama-se **triade** (“grupo de três”).

A contração no músculo esquelético é controlada por impulsos gerados pelos nervos que percorrem o sarcolema da fibra muscular. Como os túbulos T são continuações do sarcolema, eles conduzem cada impulso até as regiões mais profundas da fibra muscular, garantindo assim que as miofibrilas profundas contraíam simultaneamente com as superficiais. Os impulsos que chegam aos túbulos T estimulam a liberação de cálcio pela cis-

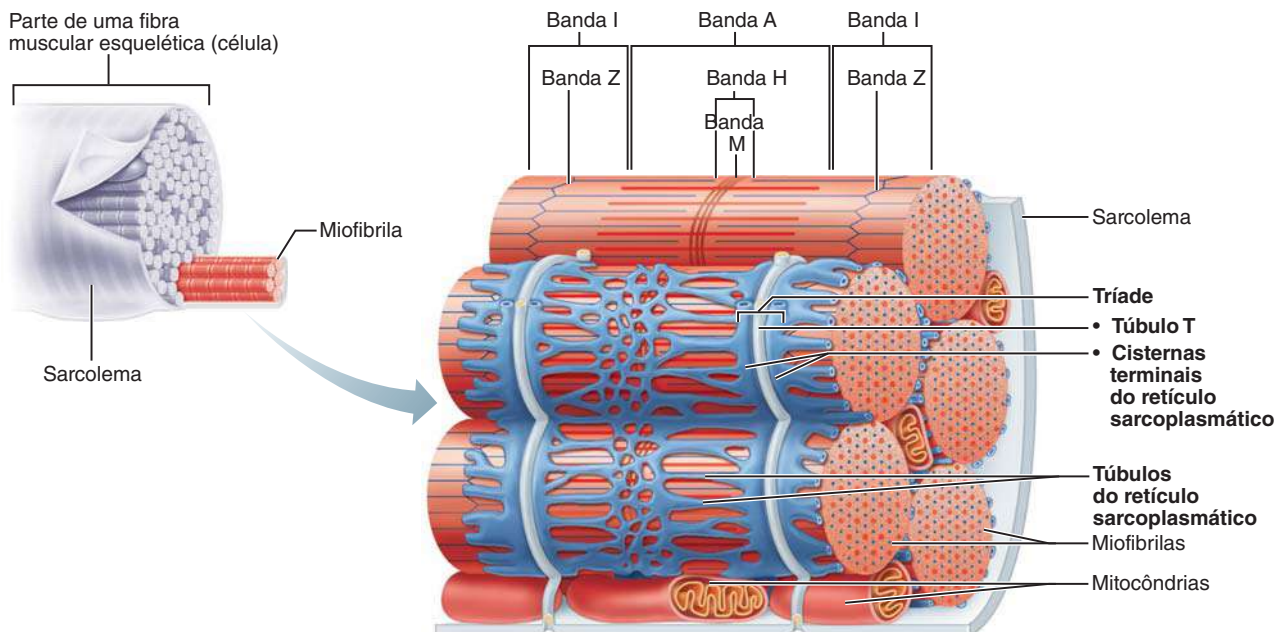


Figura 10.5 Retículo sarcoplasmático e túbulos T na fibra muscular esquelética.

terna terminal. O cálcio se difunde pelo citosol até os filamentos finos e dispara a contração muscular. Após a contração, o cálcio é bombeado de volta para o retículo sarcoplasmático, onde é armazenado.

✓ Verifique seu conhecimento

- 5. Coloque em ordem as seguintes estruturas, da menor para a maior, e defina cada uma delas: miofibrila, fibra muscular, miofilamentos, sarcômero.
- 6. Quais miofilamentos são encontrados apenas na banda A?
- 7. Quais são as funções da cisterna terminal e dos túbulos T?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Mecanismo da contração

Existem dois tipos de contração muscular envolvidos na produção do movimento: contração concêntrica e contração excêntrica. A *contração concêntrica* é o tipo mais familiar, no qual o músculo se encurta e funciona, como quando se pega um livro ou se faz quicar uma bola. A *contração excêntrica* ocorre quando um músculo gera força à medida que *se alonga*.

Contração excêntrica Quando se contrai excêntrica-mente, um músculo gera força enquanto se alonga. Esse tipo de contração é essencial para o movimento controlado e para a resistência à gravidade. O mecanismo da contração excêntrica é menos compreendido do que o mecanismo da contração concêntrica. Ambos os tipos ocorrem durante as flexões. Durante a parte de subida

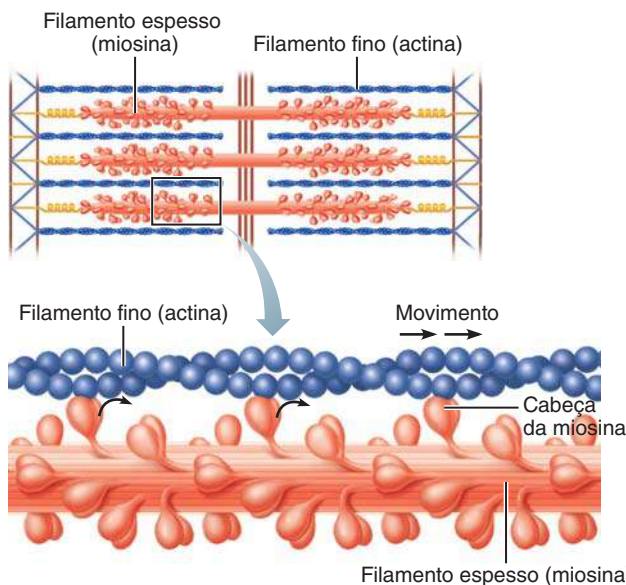
do exercício, as contrações concêntricas nos músculos peitorais do tórax elevam o tronco do chão. Durante a parte de descida do movimento, esses mesmos músculos contraem-se excêntrica-mente e, ao fazê-lo, resistem à gravidade e controlam o movimento de descida do tronco. A contração excêntrica ocorre em muitos movimentos que resistem à gravidade: descer escadas, correr ladeira abaixo, apoiar os pés no solo após um salto são alguns exemplos. Sempre que os músculos agem como um freio, eles estão se contraindo excêntrica-mente.



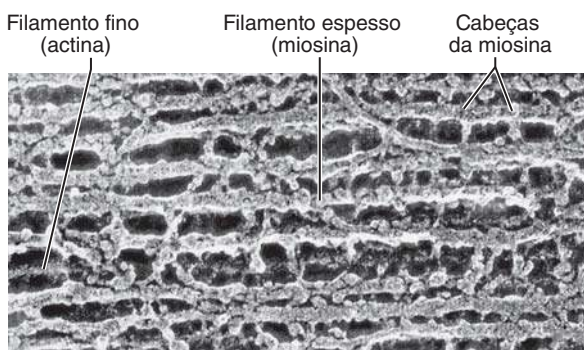
APLICAÇÃO CLÍNICA

Dor muscular de início tardio A dor muscular que começa entre 8 e 24 horas após uma atividade se chama **dor muscular de início tardio** ou **dor muscular pós-exercício**. Iniciar um programa de exercícios, participar ocasionalmente de uma atividade que fisicamente exige muito do corpo ou aumentar a duração ou intensidade de um programa de exercícios regular podem resultar em dores musculares. Essa dor é provocada por lacerações microscópicas nas fibras musculares, sendo mais comum após o exercício excêntrico. A resposta inflamatória a essas pequenas lacerações resulta no inchaço do tecido conjuntivo que circunda as fibras musculares. O inchaço comprime as terminações nervosas sensíveis no músculo, provocando a dor característica. A dor muscular de início tardio não dura muito (em torno de 3 a 7 dias). A atividade aeróbica de baixo nível aumenta o suprimento sanguíneo para o músculo e acelera a recuperação. Essas lacerações microscópicas estimulam uma maior produção de miofibrilas e miofilamentos, resultando em uma maior força muscular.

Contração concêntrica Quando se contrai concêntricamente, um músculo gera força enquanto encurta. A contração concêntrica do músculo esquelético é explicada pelo **mecanismo de filamentos deslizantes** (Figura 10.6). A contração ocorre à medida que as cabeças da miosina dos filamentos espessos se conectam aos filamentos finos em ambas as extremidades do sarcômero e empurram os filamentos finos para o centro do sarcômero ao girarem para dentro. Depois que uma cabeça da miosina gira em sua “dobradiça”, ela relaxa, volta à sua posição original, liga-se ao filamento fino mais ao longo do seu comprimento e gira novamente. Esse ciclo similar ao movimento de uma catraca repete-se muitas vezes durante uma única contração. É importante ressaltar que os próprios filamentos espessos e finos não encurtam: o filamento fino simplesmente desliza sobre o filamento espesso.



(a) As cabeças da miosina se conectam à actina nos filamentos finos, depois giram e puxam os filamentos finos para dentro.



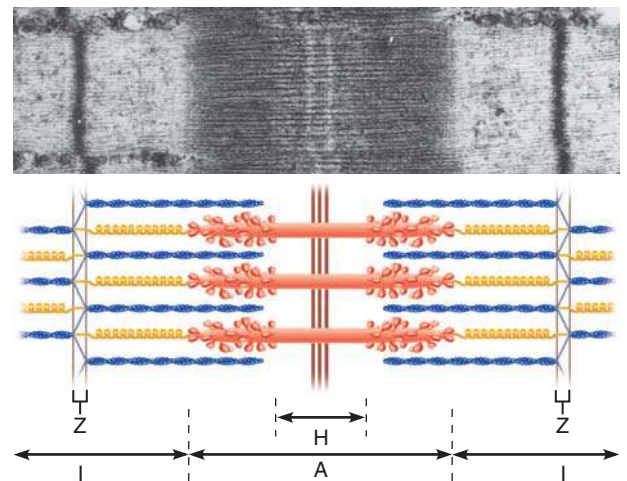
(b) Criofratura MET através da banda A de um sarcômero exibindo cabeças da miosina conectadas aos filamentos finos.

Figura 10.6 Mecanismo de filamentos deslizantes na contração concêntrica de um músculo esquelético.

O mecanismo de filamentos deslizantes é iniciado pela liberação de íons cálcio pelo retículo sarcoplasmático e pela ligação desses íons aos filamentos finos. A energia para esse processo provém do ATP.

A contração afeta o padrão das estrias do músculo esquelético (Figura 10.7). Em um sarcômero totalmente relaxado (Figura 10.7 ①), os filamentos finos sobrepõem-se parcialmente aos filamentos espessos. Repare no comprimento da banda A, da banda I e na posição das bandas Z no sarcômero relaxado. Quando o músculo é estimulado a contrair, como mostra a (Figura 10.7 ②), a ação dos filamentos espessos empurra vigorosamente as duas bandas Z para mais perto uma da outra, fazendo que cada sarcômero encurte. À medida que as bandas

① Sarcômero de uma fibra muscular, totalmente relaxado.



② Sarcômero de uma fibra muscular, totalmente contraído.

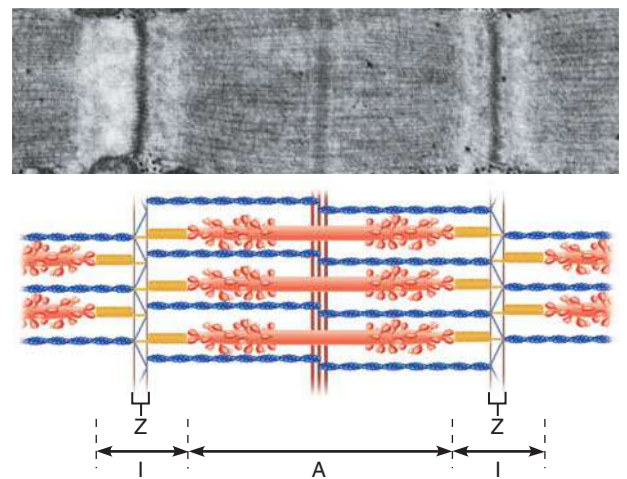


Figura 10.7 Alterações nas estrias durante a contração do músculo esquelético. Os números indicam a sequência dos eventos de ① relaxado a ② totalmente contraído. As eletrmicrografias (imagem de cima em ambos os casos) exibem ampliações de 32.000x.

Z se aproximam uma da outra, as bandas I encurtam e as bandas H desaparecem completamente. Repare que a diminuição no comprimento das bandas I e a perda da banda H se devem à maior quantidade de sobreposição dos filamentos finos e espessos. O comprimento do filamento fino não mudou. As bandas A mantêm o mesmo comprimento, já que o comprimento dos filamentos espessos também não muda.

Quando um músculo se alonga, em vez de se contrair, a quantidade de sobreposição entre os filamentos finos e espessos diminui: as bandas I e as bandas H alongam-se enquanto as bandas Z se distanciam. Mais uma vez, não há mudança na largura das bandas A.

Extensão muscular

Sabemos que o tecido muscular é extensível e que as fibras musculares são estiradas (estendidas) de volta para o seu comprimento original após se contraírem. A que se deve esse estiramento? Basicamente, um músculo esquelético — e as fibras nele contidas — é alongado por um movimento *oposto* ao movimento produzido normalmente pelo músculo. Por exemplo, um músculo que normalmente *abduz* o braço no ombro é alongado pela *adução* do braço nessa articulação.

Comprimento da fibra muscular e força de contração

O comprimento ideal das fibras musculares esqueléticas em repouso é o comprimento que vai gerar a maior força de tração quando o músculo estiver contraído. Esse comprimento ideal ocorre quando uma fibra é ligeiramente alongada, de modo que seus filamentos finos e espessos se sobreponham apenas até um ponto moderado (Figura 10.7 ①). Nessas condições, as cabeças da miosina podem se mover e puxar todo o comprimento dos filamentos finos. Em outras condições, a contração é abaixo do ideal: se uma fibra muscular estiver tão alongada que os filamentos espessos e finos não se sobreponham em nenhum ponto, as cabeças da miosina não têm nenhum lugar para se conectarem e nenhuma força de tração pode ser gerada. Por outro lado, se os sarcômeros estiverem tão comprimidos a ponto de os filamentos espessos tocarem as bandas Z, muito pouco encurtamento adicional pode ocorrer (Figura 10.7 ②).

O que vale para uma fibra muscular também vale para um músculo inteiro. Os músculos esqueléticos inteiros têm um intervalo de comprimento operacional ideal, que vai de aproximadamente 80% do seu comprimento normal em repouso até cerca de 120% desse comprimento. Os locais de conexão muscular tendem a manter os músculos dentro do intervalo ideal; ou seja, normalmente as articulações não permitem que qualquer osso se movimente com tamanha amplitude que os músculos a ele conectados consigam encurtar ou alongar além do intervalo ideal.

Inervação do músculo esquelético

A liberação de íons cálcio pelo retículo sarcoplasmático e a subsequente contração do músculo esquelético são iniciadas através de estimulação nervosa. As células nervosas que inervam as fibras musculares se chamam **neurônios motores**. Um neurônio possui dois tipos de processos celulares que se estendem do corpo celular: os *dendritos*, que são regiões receptoras no neurônio, e um *axônio*, que é um processo celular longo e único que inicia e transmite impulsos nervosos (Capítulo 4, p. 98).

Placa motora Cada fibra muscular em um músculo esquelético é suprida por uma terminação nervosa que estimula a fibra para que ela se contraia. O ponto em que a terminação nervosa e a fibra se encontram se chama **placa motora** ou *junção neuromuscular* (Figura 10.8). A parte neural da placa é um conjunto de expansões na extremidade do axônio que armazena moléculas químicas mensageiras, os neurotransmissores. Essas expansões chamam-se **terminais axônicos** ou *botões terminais*. Os terminais são separados do sarcolema da fibra muscular por um espaço chamado **fenda sináptica** (Figura 10.8b) e contêm vesículas que liberam o neurotransmissor quando um impulso nervoso alcança os terminais (Figura 10.8 ①). O neurotransmissor na placa motora — a acetilcolina — difunde-se através da fenda sináptica e se liga às moléculas receptoras no sarcolema, onde induz um impulso que inicia a contração muscular (Figura 10.8 ②).

A placa motora possui várias características exclusivas. Cada terminal está assentado em uma depressão similar a uma calha, no sarcolema, que por sua vez possui suas próprias invaginações (Figura 10.8b). As invaginações do sarcolema são cobertas com uma lâmina basal (não ilustrada). Essa lâmina basal contém a enzima acetilcolinesterase, que decompõe a acetilcolina imediatamente após o neurotransmissor sinalizar para uma única contração (Figura 10.8 ③). Isso assegura que cada impulso nervoso para a fibra muscular produza apenas uma contração rápida da fibra, evitando quaisquer outras contrações indesejáveis que resultariam se a acetilcolina permanecesse na fenda sináptica.

Unidade motora O axônio de um neurônio motor ramifica-se e inerva uma série de fibras no músculo esquelético. Um neurônio motor e todas as fibras musculares que ele inerva se chamam **unidade motora**. Duas unidades motoras simplificadas estão ilustradas (Figura 10.9a). Quando um neurônio motor dispara, todas as fibras musculares esqueléticas na unidade motora contraem-se de uma só vez. Embora a quantidade média de fibras musculares em uma unidade motora seja igual a 150, as quantidades podem chegar a até várias centenas ou podem ser tão poucas quanto quatro fibras muscu-

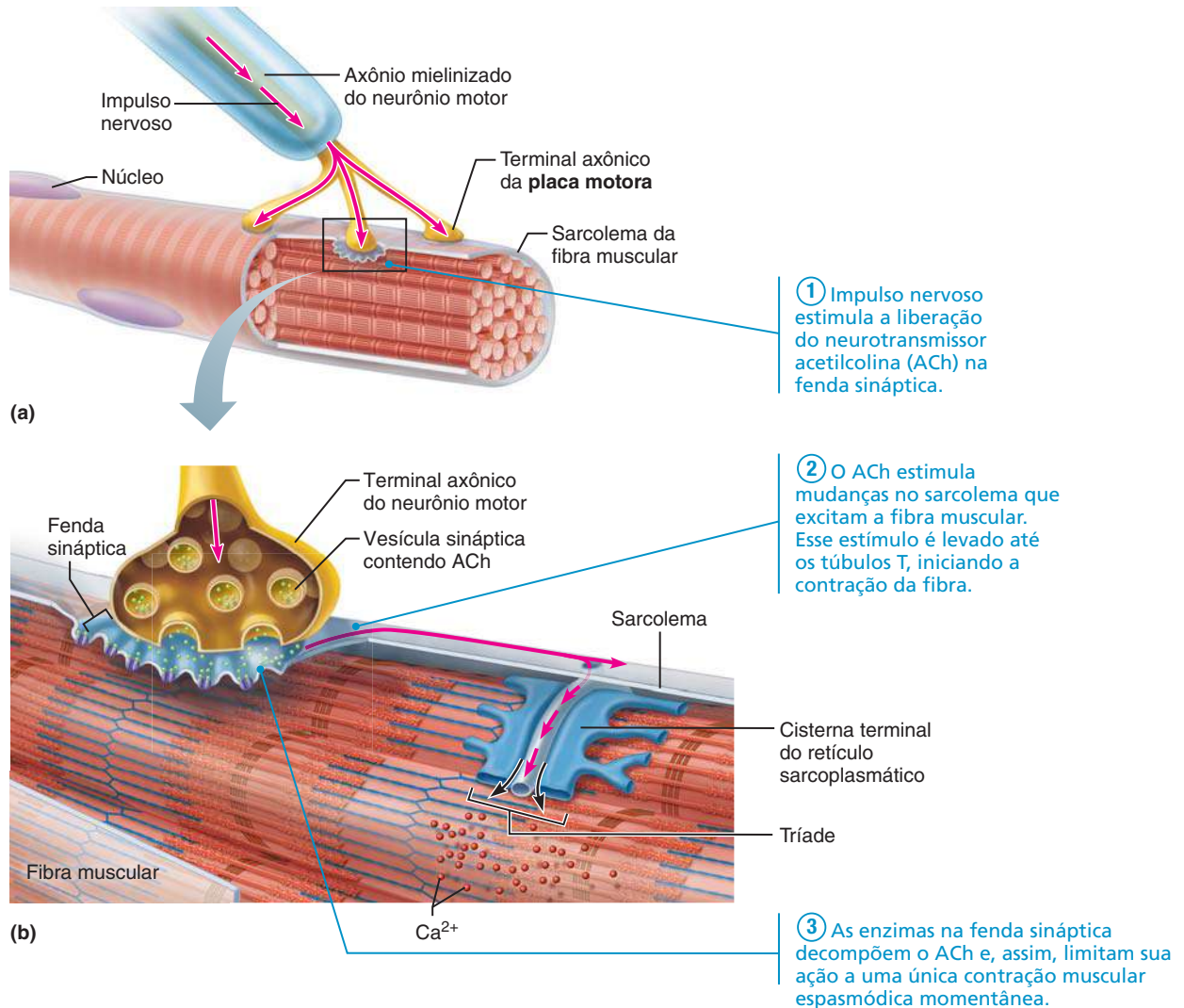


Figura 10.8 Placa motora. (a) Axônio de um neurônio motor formando três junções neuromusculares com uma fibra muscular esquelética. (b) Ampliação de uma única placa motora em contato com uma célula muscular.

lares. Os músculos que exigem controle muito preciso (como os músculos que movimentam os dedos das mãos ou os olhos) possuem poucas fibras musculares por unidade motora, enquanto os músculos volumosos que suportam peso, cujos movimentos são menos precisos (como os músculos do quadril), possuem muitas fibras por unidade motora. As fibras musculares de uma única unidade motora simples não são agrupadas, mas estão espalhadas por todo o músculo. Em consequência, a estimulação de uma única unidade motora provoca uma contração fraca do músculo inteiro.

Os diferentes músculos contêm unidades motoras de tamanhos variados e em grande quantidade cada um. A adição de unidades motoras para obter um movimento chama-se **recrutamento**. Ou seja, quando pouca força é exigida para determinado movimento, poucas unidades motoras são estimuladas; já em caso de muita

força, outras unidades motoras são recrutadas. Desse modo, o mesmo músculo é capaz tanto de erguer um lápis da mesa quanto de levantar este livro.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Contração muscular espasmódica momentânea A contração descontrolada de uma pequena parte de um músculo, geralmente de uma única unidade motora, chama-se **contração muscular espasmódica momentânea** ou **fasciculação muscular**. As contrações espasmódicas ocasionais na pálpebra, plegar ou panturrilha são normais. Essas contrações espasmódicas relativamente comuns podem ter alguma relação com ansiedade ou estresse. As contrações musculares espasmódicas anormais podem ser um sintoma de certos transtornos nervosos, deficiências alimentares ou efeitos colaterais de medicamentos.

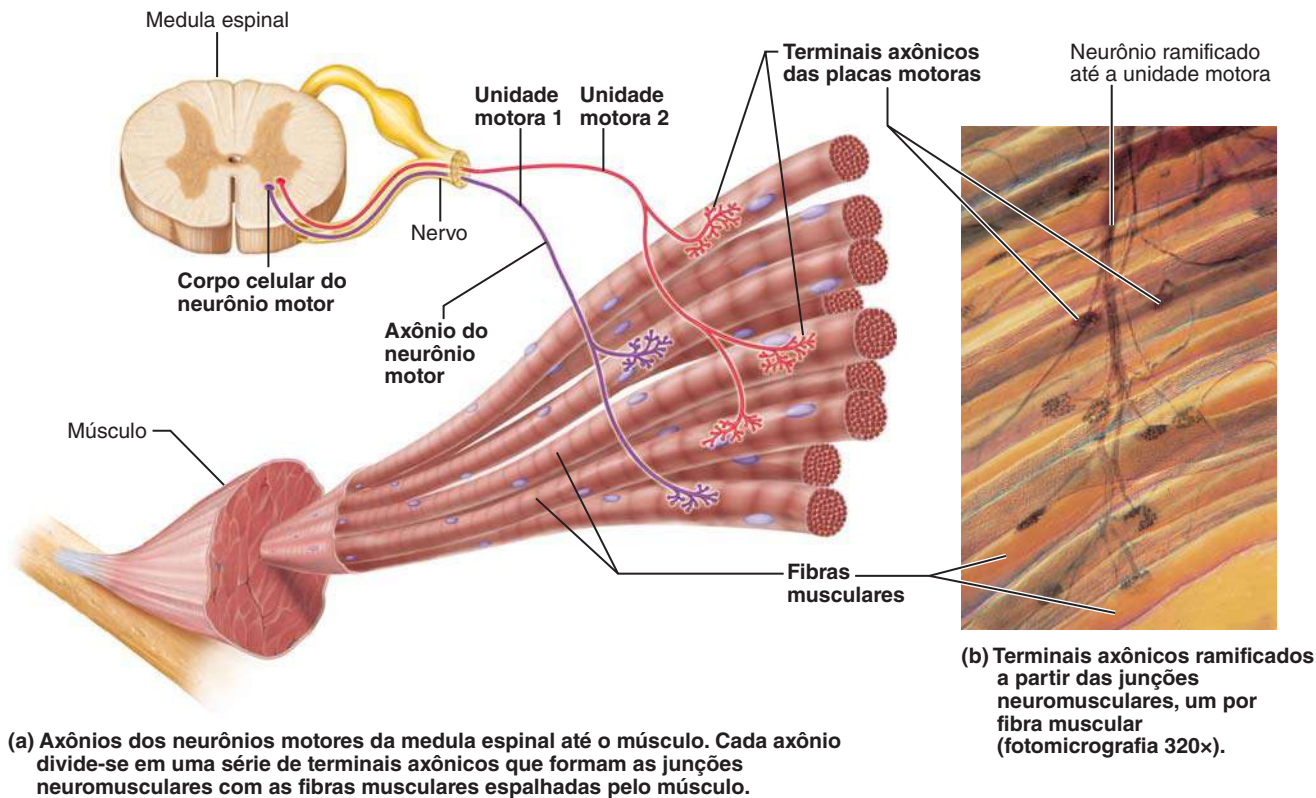


Figura 10.9 Unidades motoras. Cada unidade motora consiste em um neurônio motor e todas as fibras musculares que ele inerva. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 30.)

✓ Verifique seu conhecimento

- 8. Por que a sobreposição dos filamentos finos e espessos é essencial para a contração muscular?
- 9. Qual região da miofibrila muda de tamanho durante a contração: a banda A, a banda I ou a banda Z?
- 10. Diferencie uma placa motora de uma unidade motora.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Tipos de fibras musculares esqueléticas

Os vários tipos de fibras musculares esqueléticas são categorizados de acordo com duas características: (1) como produzem energia (ATP) e (2) com que velocidade se contraem. Algumas fibras musculares produzem predominantemente ATP de modo aeróbico (utilizando oxigênio) e, portanto, são chamadas **fibras oxidativas**. Outras produzem o ATP de modo anaeróbico (sem oxigênio) via glicólise, sendo chamadas **fibras glicolíticas**. A velocidade da contração, rápida *versus* lenta, depende da rapidez com que uma fibra decompõe o ATP para obter a energia necessária para essa contração. Com base nessas características, as fibras musculares são divididas em três classes gerais: *fibras lentas oxidativas (LO)*, *fibras rápidas glicolíticas (RG)* e *fibras rápidas oxidativas (RO)* (Figura 10.10). A maioria

dos músculos no corpo contém os três tipos de fibra, mas as proporções variam de um músculo para outro.

Fibras lentas oxidativas (LO) Como o seu nome sugere, as fibras lentas oxidativas obtêm sua energia a partir de reações metabólicas aeróbicas; assim, elas possuem uma quantidade relativamente grande de mitocôndrias (locais de metabolismo aeróbico) e um rico suprimento de capilares. Essas fibras relativamente finas são vermelhas por causa do seu conteúdo abundante de *mioglobina*, um pigmento para ligação ao oxigênio, em seu sarcoplasma. As fibras lentas oxidativas contraem-se lentamente, são extremamente resistentes à fadiga, contanto que haja uma quantidade suficiente de oxigênio presente, e produzem contrações prolongadas. Existem muitas dessas fibras nos músculos posturais da região lombar, músculos que se contraem continuamente para manter a coluna vertebral ereta e, assim, manter a postura. Como são finas, as fibras lentas oxidativas não geram muita potência.

Fibras rápidas glicolíticas (RG) As fibras rápidas glicolíticas são pálidas porque contêm pouca mioglobina. Elas têm aproximadamente o dobro do diâmetro das fibras lentas oxidativas, contêm mais miofilamentos e, portanto, geram muito mais potência. Uma vez que essas fibras dependem das vias anaeróbicas para produzir ATP, elas contêm poucas mitocôndrias ou

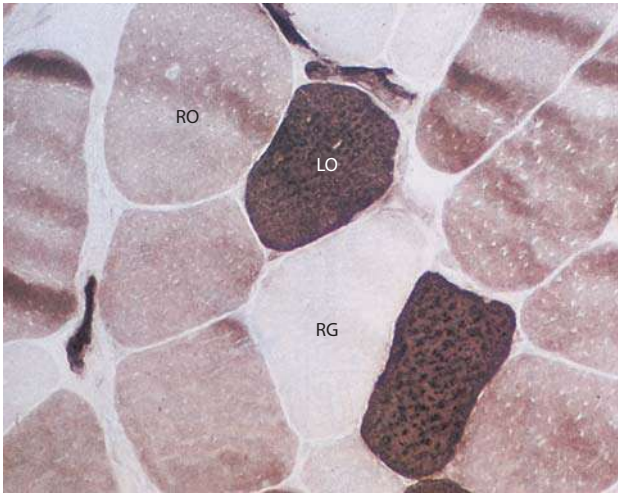


Figura 10.10 Corte transversal dos três tipos de fibras no músculo esquelético.

Da menor para a maior, elas são as fibras lentas oxidativas (LO), fibras rápidas oxidativas (RO) e fibras rápidas glicolíticas (RG). A técnica de coloração utilizada nessa preparação diferencia as fibras pela abundância de suas mitocôndrias, enzimas mitocondriais e outras características (600×).

capilares, mas têm muitos glicossomos contendo glicogênio como fonte de combustível. As fibras rápidas glicolíticas contraem-se rapidamente, mas também se “cansam” rapidamente e são comuns nos músculos dos membros superiores que erguem objetos pesados por breves períodos de tempo.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Rabdomiólise Embora a mioglobina de ligação ao oxigênio aumente a resistência, se vaziar do músculo pode causar problemas. O dano no músculo esquelético provocado por esmagamento ou exercício destrutivo exagerado pode levar a uma condição chamada *rabdomiólise* (“desintegração do músculo [esquelético] em forma de bastão”). A condição foi reconhecida originalmente nos sobreviventes de bombardeios e terremotos que ficaram presos em escombros. Na *rabdomiólise*, a mioglobina é liberada para a corrente sanguínea e entope os rins que filtram o sangue, provocando insuficiência renal que acaba levando à insuficiência cardíaca.

Fibras rápidas oxidativas (RO) As fibras musculares rápidas oxidativas são intermediárias em muitas de suas características, em comparação com os outros dois tipos de fibra. Assim como as fibras rápidas glicolíticas, elas contraem-se rapidamente; como as fibras lentas oxidativas, elas dependem do oxigênio e possuem um alto teor de mioglobina, uma grande quantidade de mitocôndrias e

um rico suprimento capilar. Como as fibras rápidas oxidativas dependem muito do metabolismo aeróbico, elas são resistentes à fadiga, porém menos do que as fibras lentas oxidativas. A velocidade de contração das fibras rápidas oxidativas está entre a dos dois outros tipos de fibras. O diâmetro da fibra também é intermediário; assim, essas fibras são mais poderosas do que as fibras lentas oxidativas, mas não tão poderosas quanto as fibras rápidas glicolíticas. Elas são abundantes nos músculos dos membros inferiores, que precisam mover o corpo por longos períodos de tempo durante a locomoção.

Uma vez que cada músculo contém uma mistura dos três tipos de fibra, este pode realizar tarefas diferentes em momentos diferentes. Um músculo na panturrilha, por exemplo, utiliza suas fibras glicolíticas para impelir o corpo em uma corrida curta, suas fibras rápidas oxidativas na corrida de longa distância e suas fibras lentas oxidativas na manutenção da postura ereta.

Efeitos do exercício Embora os músculos de todas as pessoas contenham misturas dos três tipos de fibra, algumas pessoas possuem uma quantidade relativamente maior de um dos tipos. Essas diferenças são controladas geneticamente e indubitavelmente influenciam nas capacidades atléticas de resistência *versus* força. Porém, é possível transformar os tipos de fibra muscular através do exercício. Especificamente, o exercício de resistência intenso consegue converter fibras rápidas glicolíticas em fibras rápidas oxidativas. Quaisquer fibras convertidas dessa maneira reverterem ao seu tipo original quando o exercício é descontinuado. De fato, um fenômeno paralelo interessante tem sido observado. Após o término do exercício, a porcentagem de fibras rápidas glicolíticas aumenta significativamente em relação ao nível anterior ao exercício. Esse fenômeno é a base fisiológica para a diminuição do treinamento antes de uma competição importante, uma prática comum entre os atletas.

A musculação também aumenta o diâmetro e a força das fibras musculares rápidas. O levantamento de peso aumenta a produção das proteínas contráteis actina e miosina, dos miofilamentos que contêm essas proteínas e das organelas de miofibrila que esses miofilamentos formam. À medida que a quantidade e o tamanho das miofibrilas aumentam, as fibras também aumentam. O músculo esquelético é multinucleado e as fibras aumentadas precisam de mais núcleos para direcionar e sustentar a formação de novas proteínas. As pequenas células musculares imaturas, chamadas células satélite, estão espalhadas no tecido muscular fora das fibras musculares. Essas células fundem-se com as fibras, fornecendo os núcleos adicionais necessários quando as fibras aumentam. Assim, as fibras musculares não aumentam de quantidade por divisão mitótica. Em vez disso, elas aumentam de diâmetro ao criarem mais proteínas contráteis e miofilamentos. É por meio desse processo que os halterofilistas desenvolvem músculos grandes.

Tabela 10.2 Comparação entre os músculos esquelético, cardíaco e liso




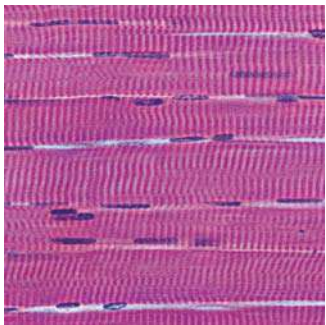

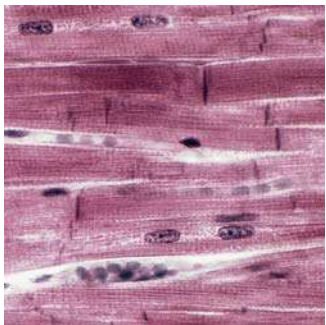

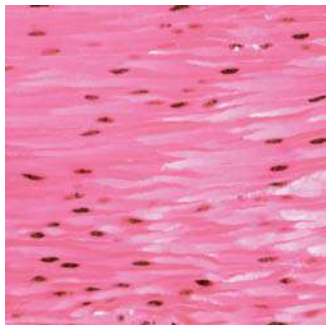

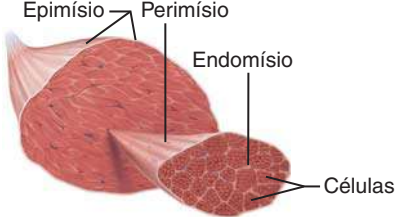
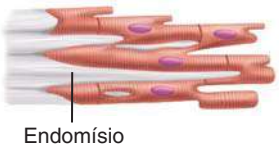
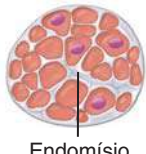
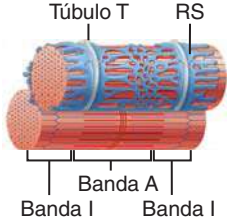
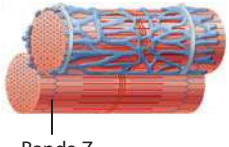
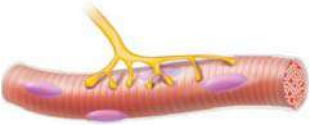

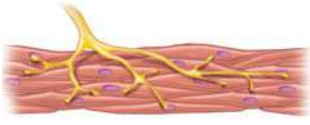
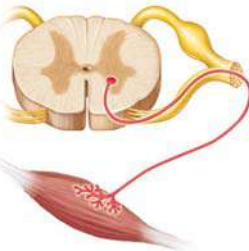
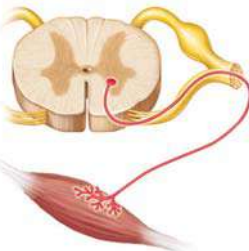
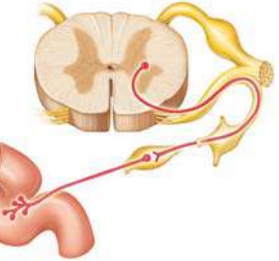
Característica	Esquelético	Cardíaco	Liso
Local do corpo	 <p>Conectado aos ossos ou à pele (alguns músculos da face)</p>	 <p>Paredes do coração</p>	 <p>Principalmente nas paredes dos órgãos ocos, como o estômago, as vias respiratórias, a bexiga, os vasos sanguíneos e o útero</p>
Formato e aparência da célula	  <p>Células multinucleadas únicas, cilíndricas e muito longas, com estrias evidentes</p>	  <p>Cadeias de células ramificadas; uninucleadas ou binucleadas; estrias</p>	  <p>Uninucleadas, fusiformes, únicas; sem estrias</p>
Componentes do tecido conjuntivo	 <p>Epimísio, perimísio e endomísio</p>	 <p>Endomísio conectado ao esqueleto fibroso do coração</p>	 <p>Endomísio</p>
Presença de miofibrilas compostas de sarcômeros	Sim	Sim, mas as miofibrilas têm espessura irregular	Não, mas os filamentos de actina e miosina estão presentes por todo o músculo
Presença de túbulos T e local de invaginação	 <p>Sim; dois em cada sarcômero nas junções A-I</p>	 <p>Sim; um em cada sarcômero nas bandas Z; diâmetro maior do que os do músculo esquelético</p>	Nenhum túbulo T; possui cavéolas ao longo do sarcolema

Tabela 10.2 (continuação)

Característica	Esquelético	Cardíaco	Liso
Retículo sarcoplasmático elaborado	Sim	Menos do que o músculo esquelético; cisternas terminais escassas	Equivalente ao do músculo cardíaco; alguns RSs estão em contato com o sarcolema
Fonte de (Ca ⁺) para o pulso de cálcio	Retículo sarcoplasmático (RS)	RS e a partir do fluido extracelular	RS e a partir do fluido extracelular
Presença de sinapses	Não	Sim; em discos intercalados	Sim; no músculo com uma unidade motora
Células exibem placas motoras individuais	 Sim	 Não	 Não no músculo liso com uma unidade motora; sim no músculo liso com várias unidades motoras
Regulação da contração	Voluntária, via terminais axônicos do sistema nervoso somático 	Involuntária; regulação intrínseca do sistema; também pelos controles da divisão autônoma do sistema nervoso (SNA); estiramento 	Involuntária; nervos autônomos, hormônios, substâncias químicas locais, estiramento 
Energética	Aeróbica e anaeróbica	Aeróbica	Principalmente aeróbica

✓ Verifique seu conhecimento

- 11. Que tipo de fibra predomina nos músculos dos membros inferiores de Usain Bolt, o bicampeão olímpico (2008 e 2012) dos 100 metros rasos?

(Veja a resposta no Apêndice B.)

DISTÚRBIOS DO TECIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO

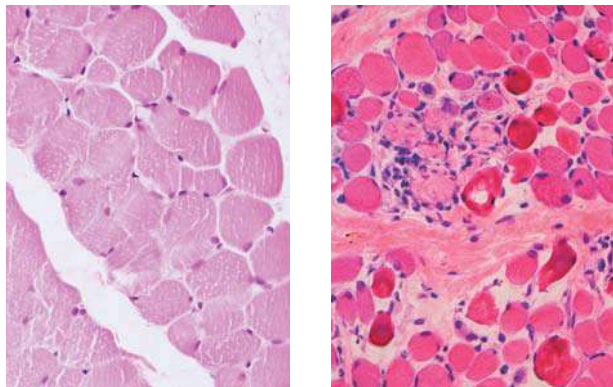
Objetivo de aprendizagem:

- explicar alguns sintomas da distrofia muscular, da síndrome da dor miofascial e da fibromialgia.

O tecido muscular esquelético do corpo sofre consideravelmente poucos distúrbios. Com boa nutrição e exercício suficiente, ele é espantosamente resistente à infecção por toda a vida. Os transtornos não infecciosos do músculo esquelético, entretanto, incluem a *distrofia muscular*, a *síndrome da dor miofascial* e a *fibromialgia*.

Distrofia muscular

A **distrofia muscular** é um grupo de doenças herdas que destroem os tecidos e que aparecem geralmente na infância. Os músculos afetados aumentam com tecidos adiposo e conjuntivo, enquanto as fibras musculares degeneram (**Figura 10.11**). A forma mais comum e grave é a **distrofia muscular de Duchenne**, que é herdada como uma *doença recessiva ligada ao sexo (gênero)*. Isso significa que as mulheres portam e transmitem o gene anormal, mas ele é expresso quase exclusivamente nos homens. Ela afeta um em cada 3.500 meninos. Essa doença trágica é diagnosticada geralmente quando o menino tem entre 2 e 6 anos de idade. As crianças ativas e aparentemente normais tornam-se desajeitadas e começam a cair frequentemente à medida que seus músculos enfraquecem. A doença evolui dos músculos pélvicos para os músculos do ombro, da cabeça e do peito. As vítimas raramente vivem mais de 30 anos e costumam morrer de infecções respiratórias ou insuficiência respiratória.



(a) Tecido muscular normal

(b) Tecido muscular de um paciente com DMD

Figura 10.11 Distrofia muscular de Duchenne.

(a) Tecido muscular normal em corte transversal, coloração de hematoxilina e eosina (HE) (135×). (b) Tecido muscular de um paciente com distrofia muscular de Duchenne (DMD), corte transversal, coloração HE (115×).

Na distrofia muscular de Duchenne, as fibras musculares doentes carecem de uma proteína submembrana chamada *distrofina*, que liga o citoesqueleto da fibra muscular à matriz extracelular. Sem essa proteína de reforço, o sarcolema enfraquece e o conseqüente escoamento de íons cálcio extracelular para dentro das fibras musculares pode afetar de forma fatal a função muscular.

Os tratamentos que promovem a produção da distrofina utilizando células musculares embrionárias, chamadas *mioblastos* (serão discutidas em breve), e usando terapia genética estão em desenvolvimento, incluindo alguns já em ensaios clínicos. Um outro tratamento estimula o músculo distrófico a produzir mais *utrofina*, uma proteína relacionada à distrofina e que pode substituí-la funcionalmente.

Outro tipo de distrofia muscular, chamada **distrofia miotônica**, pode aparecer em qualquer idade entre o nascimento e os 60 anos. Os sintomas dessa doença herdada e de progressão lenta incluem espasmos musculares esqueléticos seguidos de fraqueza muscular e ritmo cardíaco anormal. Esse transtorno também é provocado por um defeito genético subjacente e o padrão de herança já é bem compreendido.

Síndrome da dor miofascial

Na **síndrome da dor miofascial**, a dor é causada por faixas de fibras musculares tensionadas que sofrem espasmos quando a pele sobre elas é tocada. As áreas sensíveis da pele chamam-se pontos de disparo. A síndrome da dor miofascial está associada principalmente com músculos posturais excessivamente utilizados ou tenso, com a dor sendo sentida frequentemente a alguma distância do ponto de disparo em lugares previsíveis

chamados *zonas de referência*. Essa síndrome é muito comum, afetando até a metade de todas as pessoas, principalmente dos 30 aos 60 anos de idade. A dor é tratada com medicamentos anti-inflamatórios não esteroides e alongando o músculo afetado. A massagem também ajuda, e exercitar o músculo afetado pode levar à recuperação no longo prazo.

Fibromialgia

A **fibromialgia** é uma misteriosa síndrome de dor crônica com causa desconhecida (*algia* = dor). Seus sintomas incluem dor musculoesquelética grave, fadiga, anomalias do sono e cefaleia. Ela afeta cerca de 2% de todas as pessoas, principalmente as mulheres. Os locais mais comuns de dor são a região lombar ou o pescoço. No entanto, para que uma condição seja identificada como fibromialgia, a dor deve estar presente em pelo menos 11 de 18 pontos padronizados que estão espalhados amplamente pelo corpo. Nem todos esses pontos estão sobre os músculos, e os problemas musculares não parecem ser a causa principal. No entanto, a fibromialgia foi incluída neste capítulo porque pode ser confundida com a síndrome da dor miofascial (ver texto anterior). A fibromialgia é tratada com antidepressivos, exercício e analgésicos.

✓ Verifique seu conhecimento

12. Quais mudanças são visíveis no tecido muscular de um menino com distrofia muscular de Duchenne?

(Veja a resposta no Apêndice B.)

O TECIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever o desenvolvimento embrionário e a capacidade de regeneração do tecido muscular esquelético;
- ▶ explicar as mudanças que ocorrem com a idade no músculo esquelético.

Com raras exceções, todos os tecidos musculares desenvolvem-se a partir das células mesodérmicas embrionárias chamadas *mioblastos*, que se fundem e formam fibras musculares esqueléticas (**Figura 10.12**). Essa fusão das células embrionárias é o motivo para as fibras musculares esqueléticas serem multinucleadas. As fibras musculares começam a produzir miofilamentos espessos e finos e adquirem capacidade para se contrair. Geralmente, os músculos esqueléticos iniciam contração na 7ª semana, quando o embrião tem apenas 2 cm de comprimento. Os nervos crescem nas massas musculares a partir da medula espinal, trazendo os músculos esqueléticos para o controle do sistema nervoso.

As fibras musculares esqueléticas nunca sofrem mitose após terem se formado. Durante a infância e a ado-

Abuso de esteroides anabólicos

A testosterona é o hormônio sexual masculino que promove as mudanças físicas que transformam meninos em homens — especialmente o aumento da massa muscular e da massa óssea que vêm com a puberdade. Introduzidos nos anos 1950 para tratar da anemia e de certas doenças de perda de massa muscular, além de evitar a atrofia muscular nos pacientes imobilizados após uma cirurgia, os esteroides anabólicos são variantes da testosterona e são produzidos pela indústria farmacêutica.

Convencidos de que grandes doses de esteroides poderiam reforçar a masculinidade em homens adultos, muitos atletas e fisiculturistas os utilizaram no início dos anos 1960. Hoje, quase um em cada dez homens jovens experimentou esteroides e o seu uso está crescendo rapidamente também entre as mulheres jovens.

Não resta dúvida de que muitos fisiculturistas e atletas profissionais são usuários frequentes. Os esteroides anabólicos, segundo afirmam, aumentam a massa muscular e a força, reduzem o dano muscular resultante dos programas de exercício intensos e diminuem o tempo de recuperação.

Os esteroides são capazes de produzir os efeitos relatados por seus usuários? Pesquisas relatam o aumento da força isométrica e do peso corporal nos usuários de esteroides. No entanto, se a maior força se traduz em melhoria do desempe-



nho atlético, isso é bastante discutido. O desempenho requer controle muscular acurado e resistência, e os efeitos dos esteroides ainda são questionáveis.

As vantagens alegadas pelos usuários de esteroides compensam seus riscos? Absolutamente não. Os esteroides provocam inchaço da face; acne e perda de pelos; testículos encolhidos e infertilidade; danos hepáticos que estimulam câncer no fígado e alterações nos níveis de colesterol do sangue que podem predispor os usuários à doença coronariana. Além disso, as mulheres podem desenvolver características masculinas, como mamas menores, aumento do clitóris, excesso de pelos corporais e adelgaçamento (rareamento) dos cabelos. Os perigos psiquiátricos do uso de esteroides anabólicos podem ser igualmente ameaçadores: estu-

dos indicam que um terço dos usuários sofre problemas mentais graves. Depressão, ilusões e comportamento maníaco — envolvendo oscilações de personalidade e violência extrema — são comuns.

Outro suplemento que chegou ao mercado é a androstenediona, “pró-hormônio” tomado por via oral e convertido em testosterona e estrogênio no corpo, vendido e utilizado legalmente de 1996 até 2004. O grande jogador de beisebol Mark McGwire popularizou bastante o seu uso. Uma desvantagem é que grandes quantidades precisam ser ingeridas para obter pequenos aumentos nos níveis de testosterona (estudos mais recentes mostram que, na realidade, não ocorre nenhum aumento). Nessas grandes doses, os níveis de estrogênio aumentam significativamente, resultando em efeitos feminilizantes. Além disso, os níveis de lipoproteínas de alta densidade (colesterol “bom”) são menores, aumentando o risco de doença cardíaca. Em 2004, o FDA classificou esse suplemento como substância controlada e proibiu o seu uso no esporte.

Quando um suplemento se torna ilegal, outros são desenvolvidos. Algumas pessoas admitem uma disposição para experimentar quase qualquer coisa para melhorar seu desempenho, exceto se o uso do suplemento for fatal para o usuário. Será que essas pessoas estão fazendo isso inconscientemente?

lescência, essas células ficam mais longas e espessas para acompanhar o crescimento do corpo. Além disso, durante o final do período fetal (e a partir de então) as fibras musculares esqueléticas são circundadas por *células satélite* dispersas, que são células imaturas semelhantes a mioblastos não diferenciados (Figura 10.12). Durante a juventude, as células satélite fundem-se com as fibras musculares existentes para ajudá-las a crescer.

Após uma lesão muscular, as células satélite proliferam no tecido muscular danificado e começam a produzir proteínas para reparar a lesão. Algumas células satélite fundem-se com as fibras musculares circundantes; outras permanecem como satélites. No entanto, a capacidade de regeneração do tecido muscular esquelético não é completa e o tecido gravemente danificado é substituído principalmente por tecido cicatricial.

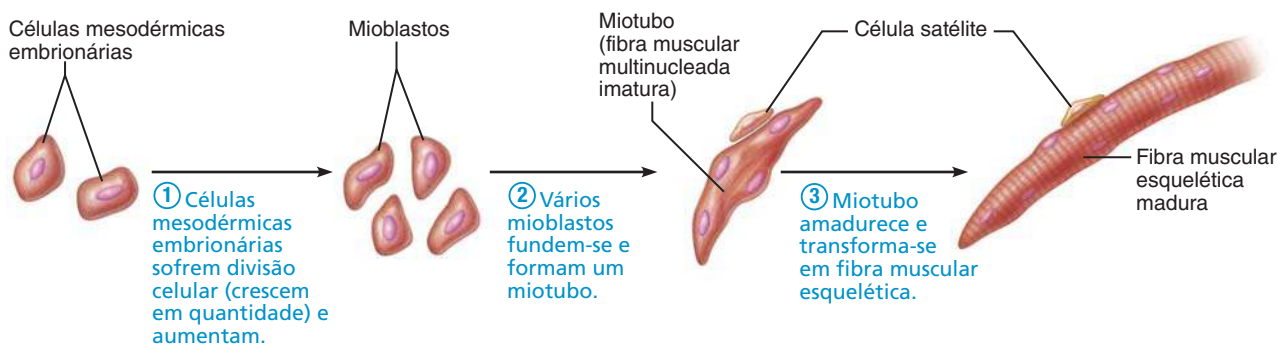


Figura 10.12 Formação de uma fibra muscular esquelética multinucleada por fusão dos mioblastos.

A força do músculo esquelético é diferente nos homens e mulheres. Em média, a força do corpo dos homens adultos é maior do que a do corpo das mulheres adultas. Parece haver um embasamento biológico para essa diferença. Os indivíduos variam, mas, em média, os músculos esqueléticos das mulheres correspondem a 36% da massa corporal, em comparação aos 42% que compõem a massa corporal dos homens. O maior desenvolvimento muscular dos homens se deve principalmente aos efeitos dos hormônios androgênicos (principalmente a testosterona) sobre o músculo esquelético, e não aos efeitos do exercício. Como os homens geralmente são maiores do que as mulheres, a diferença média na força é ainda maior do que a sugerida pela massa muscular (a força do corpo por unidade de massa muscular, porém, é a mesma em ambos os sexos). Com o exercício muscular árduo, o aumento dos músculos é maior nos homens do que nas mulheres, novamente em razão da influência dos hormônios sexuais masculinos. Alguns atletas tomam grandes doses de hormônios sexuais masculinos sintéticos (“esteroides”) para aumentar a sua massa muscular (essa prática ilegal e perigosa é discutida na **ANÁLISE APROFUNDADA**, p. 269).

À medida que o ser humano envelhece, a quantidade de tecido conjuntivo nos músculos esqueléticos aumen-

ta, o número de fibras musculares diminui e os músculos ficam mais fibrosos ou, dizendo de outra forma, mais sólidos. Como os músculos esqueléticos formam uma parcela tão grande da massa corporal de uma pessoa, o peso corporal diminui em muitas pessoas idosas. A perda muscular leva a uma diminuição da força muscular — geralmente em torno de 50% por volta dos 80 anos. Essa condição chama-se **sarcopenia**, que significa literalmente “perda de carne”. Isso pode ter sérias implicações para a saúde, já que leva a muitas quedas graves nos idosos. A causa imediata da sarcopenia pode ser uma redução na taxa em que as células satélite envelhecidas conseguem recriar músculo. Felizmente, a sarcopenia pode ser revertida através do exercício, mesmo nas pessoas em idade avançada. A musculação no idoso não retarda a perda de fibras musculares, mas aumenta o tamanho das fibras remanescentes, mantendo, assim, a força muscular.

✓ Verifique seu conhecimento

- 13. Por que as fibras musculares esqueléticas são multinucleadas?
- 14. Como os idosos evitam ou reverterem os efeitos da sarcopenia?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Dor lombar Dor nas costas. Pode ser decorrente de um disco herniado ou fraturado, mas geralmente se deve a ligamentos lesionados e lesão muscular (ver abaixo). Os músculos lombares lesionados contraem-se em espasmos, provocando rigidez na região lombar e dor durante o movimento. As dores nas costas atormentam 80% dos norte-americanos em algum momento de suas vidas, mas a maioria dos casos se revolvem sozinhos.²

Espasmo Contração espasmódica repentina e involuntária do músculo esquelético (ou liso), que varia quanto à sua gravidade: de meramente irritante a muito dolorosa. Pode ser decorrente de desequilíbrios químicos ou de lesão. Os espasmos da pálpebra ou dos músculos da

face, chamados tiques, podem resultar de fatores psicológicos. A massagem da área afetada pode ajudar a sanar o espasmo. Uma *câimbra* é um espasmo prolongado que deixa o músculo tenso e dolorido.

Lesão muscular Laceração de um músculo, frequentemente como resultado de um movimento súbito que o alonga (estira) excessivamente. Também conhecida como *distensão muscular*. Pode envolver a junção músculo-tendão. O sangramento dentro do músculo e a inflamação levam à dor.

Mialgia Dor muscular resultante de qualquer transtorno muscular.

Miopatía (*pat* = doença) Qualquer doença muscular.

² Nota do editor: no Brasil, a dor nas costas é uma das principais causas de aposentadoria por invalidez, segundo dados do Instituto Nacional de Seguro Social (INSS).

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

VISÃO GERAL DO TECIDO MUSCULAR (p. 253-255)

1. O tecido muscular possui as propriedades especiais de contratilidade, excitabilidade, extensibilidade e elasticidade. Os miofilamentos, que geram força contrátil, correspondem a uma grande porcentagem do sarcoplasma das células musculares.
2. O tecido muscular produz movimento, abre e fecha passagens no corpo, mantém a postura e estabiliza as articulações, além de gerar calor corporal.
3. Os três tipos de tecido muscular são o estriado esquelético, o estriado cardíaco e o liso. O músculo esquelético se conecta ao esqueleto, possui células estriadas e pode ser controlado voluntariamente. O músculo cardíaco ocorre na parede do coração, possui células estriadas e é controlado involuntariamente. O músculo liso ocorre principalmente nas paredes de órgãos ocos, possui células não estriadas e é controlado involuntariamente. Uma célula no músculo esquelético ou liso (mas não no músculo cardíaco) se chama fibra.

MÚSCULO ESQUELÉTICO (p. 255-267)

Anatomia macroscópica de um músculo esquelético (p. 255-257)

4. Cada músculo esquelético é um órgão. Os elementos de tecido conjuntivo de um músculo esquelético são o epimísio (em volta do músculo inteiro), o perimísio (em volta de um fascículo) e o endomísio (em volta das fibras). Um fascículo é um feixe de fibras musculares. Todas essas bainhas de tecido conjuntivo contribuem para a formação dos tendões.
5. Toda fibra do músculo esquelético é estimulada a contrair-se, por uma célula nervosa. O músculo esquelético possui um rico suprimento sanguíneo. Fibras nervosas finas e capilares ocupam o endomísio.
6. Cada músculo estende-se a partir de uma inserção imóvel (ou menos móvel), chamada origem, até uma inserção mais móvel, chamada inserção.
7. Os músculos conectam-se aos ossos através de tendões, aponeuroses ou conexões diretas (carnosas). Alguns músculos atravessam duas articulações ou mais.

Anatomia microscópica e funcional do tecido muscular esquelético (p. 257-267)

8. A fibra do músculo esquelético é uma célula longa e estriada, formada a partir da fusão de muitas células embrionárias, e contém muitos núcleos localizados periféricamente.
9. A miofibrilas são organelas cilíndricas que exibem padrões de faixas distintas, ou estrias, escuras e claras e são os componentes principais do sarcoplasma das células musculares esqueléticas. Uma miofibrila é uma fileira de sarcômeros arranjados em uma sequência em que a extremidade de um sarcômero encosta na extremidade do outro. Um sarcômero estende-se de uma banda Z para o próxi-

mo. Filamentos finos (actina) estendem-se centralmente a partir de cada banda Z. Os filamentos espessos (miosina) ocupam o centro de cada sarcômero e sobrepõem-se às extremidades internas dos filamentos finos.

10. Os miofilamentos determinam o padrão de estrias nas fibras musculares esqueléticas. Existem banda A, onde se situam os filamentos espessos; banda I, que contém apenas filamentos finos; e banda Z, onde os filamentos finos dos sarcômeros adjacentes se unem. Também existem as linhas M e as banda H, onde ocorrem apenas filamentos espessos. Durante a contração, as bandas Z para mais perto umas das outras, e as bandas I e a banda H encurtam-se. Estendendo-se da banda Z movem-se até o filamento espesso, a imensa molécula de titina resiste à extensão excessiva e, junto com os elementos de tecido conjuntivo, confere elasticidade ao músculo.
11. Do maior para o menor, os níveis de organização em um músculo são o músculo inteiro, os fascículos, as fibras, as miofibrilas, os sarcômeros e os miofilamentos (ver Tabela 10.1, p. 254).
12. O retículo sarcoplasmático é um retículo endoplasmático liso especializado, situado na fibra muscular. Os túbulos T são invaginações profundas do sarcolema. Quando uma célula nervosa estimula uma fibra muscular, cria-se um impulso no sarcolema que sinaliza o retículo sarcoplasmático para liberar Ca^{2+} , o que inicia então o deslizamento dos miofilamentos (contração muscular).
13. A contração muscular ocorre pela contração concêntrica, que encurta o músculo, e pela contração excêntrica, na qual o músculo gera força enquanto se alonga.
14. De acordo com o mecanismo de filamentos deslizantes, a contração muscular concêntrica ocorre quando os filamentos finos são puxados para o centro do sarcômero pelo giro das cabeças da miosina nos filamentos espessos.
15. Um músculo é estendido, ou alongado, por um movimento esquelético provocado pela contração de um músculo oposto.
16. Os músculos conectam-se ao esqueleto de uma maneira que os mantém no comprimento quase ideal para gerar forças contráteis máximas.
17. Os neurônios motores inervam as fibras musculares esqueléticas nas junções neuromusculares (placas motoras). O terminal axônico libera acetilcolina, que sinaliza a célula muscular para se contrair. A lâmina basal da célula muscular libera a enzima acetilcolinesterase na fenda sináptica, que decompõe a acetilcolina imediatamente após o neurotransmissor sinalizar uma única contração. Cada fibra muscular precisa ser suprida por uma placa motora.
18. Unidade motora consiste em um neurônio motor e todas as fibras musculares esqueléticas que inerva. As unidades motoras contêm quantidades diferentes de fibras musculares distribuídas amplamente dentro de um músculo. Todas as fibras musculares na unidade motora contraem-se simultaneamente.
19. Existem três tipos de fibras musculares esqueléticas: (1) fibras lentas oxidativas (resistentes à fadiga e melhores para manter a postura); (2) fibras rápidas glicolíticas (para curtas explosões de potência) e (3) fibras rápidas oxidativas (para uma contração bem forte, de maior duração). A maioria dos músculos no corpo contém uma mistura des-

ses tipos de fibra. O exercício pode alterar o tipo de fibra muscular.

DISTÚRBIOS DO TECIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO (p. 267-268)

20. Os transtornos do músculo esquelético incluem a distrofia muscular, a síndrome da dor miofascial e a fibromialgia.

O TECIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO AO LONGO DA VIDA (p. 268-270)

21. O tecido muscular desenvolve-se a partir das células mesodérmicas embrionárias chamadas mioblastos. As fibras

musculares esqueléticas formam-se pela fusão de muitos mioblastos.

22. O tecido muscular esquelético maduro tem alguma capacidade de regeneração devido às suas células satélite.
23. Em média, os homens possuem mais massa muscular do que as mulheres. Essa disparidade deve-se aos efeitos dos hormônios sexuais masculinos.
24. Os músculos esqueléticos são altamente vascularizados e resistentes à infecção, mas na velhice eles encolhem, tornam-se fibrosos e perdem força. Essa condição, chamada sarcopenia, é parcialmente reversível através do exercício.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- O tecido conjuntivo situado imediatamente externo ao sarcolema de uma célula muscular individual chama-se: (a) epimísio; (b) perimísio; (c) endomísio; (d) endóstio.
- Um fascículo é: (a) um músculo; (b) um feixe de células musculares envoltas por uma bainha de tecido conjuntivo; (c) um feixe de miofibrilas; (d) um grupo de miofilamentos.
- Os filamentos espessos e finos possuem propriedades diferentes. Em cada frase a seguir, indique se o filamento descrito é espesso ou fino (escreva *espesso* ou *fino* nos espaços em branco).

___(1) contém actina

___(2) contém cabeças da miosina

___(3) contém miosina

___(4) *não* está na banda H

___(5) *não* está na banda I

___(6) conecta-se a uma banda Z

- Escreva *sim* ou *não* nos espaços em branco a seguir para indicar se cada um dos seguintes elementos se encolhe quando uma fibra muscular esquelética se contrai.

___(1) banda H

___(3) banda I

___(2) banda A

___(4) linha M

- Faça a correspondência entre o nível de organização do músculo esquelético fornecido na chave e a sua descrição:

Chave:

(a) músculo;

(d) miofibrila;

(b) fascículo;

(e) miofilamento

(c) fibra;

___(1) organela em bastão; feita de sarcômeros

___(2) um órgão

___(3) um feixe de células

___(4) um grupo de moléculas grandes

___(5) uma célula

- A função dos túbulos T na contração muscular é: (a) produzir e armazenar glicogênio; (b) liberar Ca^{2+} no interior da

célula e depois recuperá-lo; (c) transmitir um impulso no interior da célula muscular; (d) produzir proteínas.

- Que tipo de fibra seria mais útil nos músculos da perna de um corredor de longa distância? (a) rápida glicolítica; (b) lenta glicolítica; (c) rápida oxidativa.
- Os íons que entram pela primeira vez em uma célula muscular quando um impulso passa por seu sarcolema e depois dispara uma contração muscular são os íons de: (a) cálcio; (b) cloro; (c) sódio; (d) potássio.
- Preencha cada lacuna com a resposta correta da chave. Mais de uma resposta pode estar correta.

Chave:

(a) músculo esquelético;

(b) músculo cardíaco;

(c) músculo liso

___(1) estriado e involuntário

___(2) estriado e voluntário

___(3) não estriado e involuntário

___(4) presente na parede da bexiga

___(5) localizado apenas no coração

___(6) suas fibras são células multinucleadas gigantes

___(7) as células musculares chamam-se fibras musculares

___(8) não possui bandas A ou I

___(9) está situado nas paredes dos órgãos ocos

___(10) seus materiais extranucleares chamam-se sarcoplasma (em vez de citoplasma) e a membrana plasmática chama-se sarcolema

Dissertativas

- Mencione e explique as quatro propriedades funcionais especiais do tecido muscular.
- (a) Distinga um tendão de uma aponeurose e uma conexão carnosa. (b) Defina origem e inserção e explique em que são diferentes.
- Explique a teoria dos filamentos deslizantes aplicada à contração desenhando e rotulando um sarcômero relaxado e um sarcômero contraído.
- Defina unidade motora.

14. Mencione as diferenças estruturais entre três tipos diferentes de fibras musculares esqueléticas.
15. Cíntia era uma boa aluna em anatomia, mas ela percebeu que estava misturando estruturas “que parecem iguais” no músculo esquelético: miofilamentos, miofibrilas, fibras e fascículos. Portanto, ela criou uma tabela resumida para definir e diferenciar essas quatro estruturas. Construa uma tabela como a dela.
16. Qual é a função do retículo sarcoplasmático em uma célula muscular esquelética?
17. Defina sarcolema e sarcoplasma.
18. Onde está situada a titina e quais são as suas funções?
19. Qual é a distribuição geral dos tipos de fibra muscular esquelética nas várias regiões do corpo (tronco, membro superior, membro inferior) e como o tipo de fibra está relacionado com a função dessa região do corpo?

Análise crítica e aplicação clínica

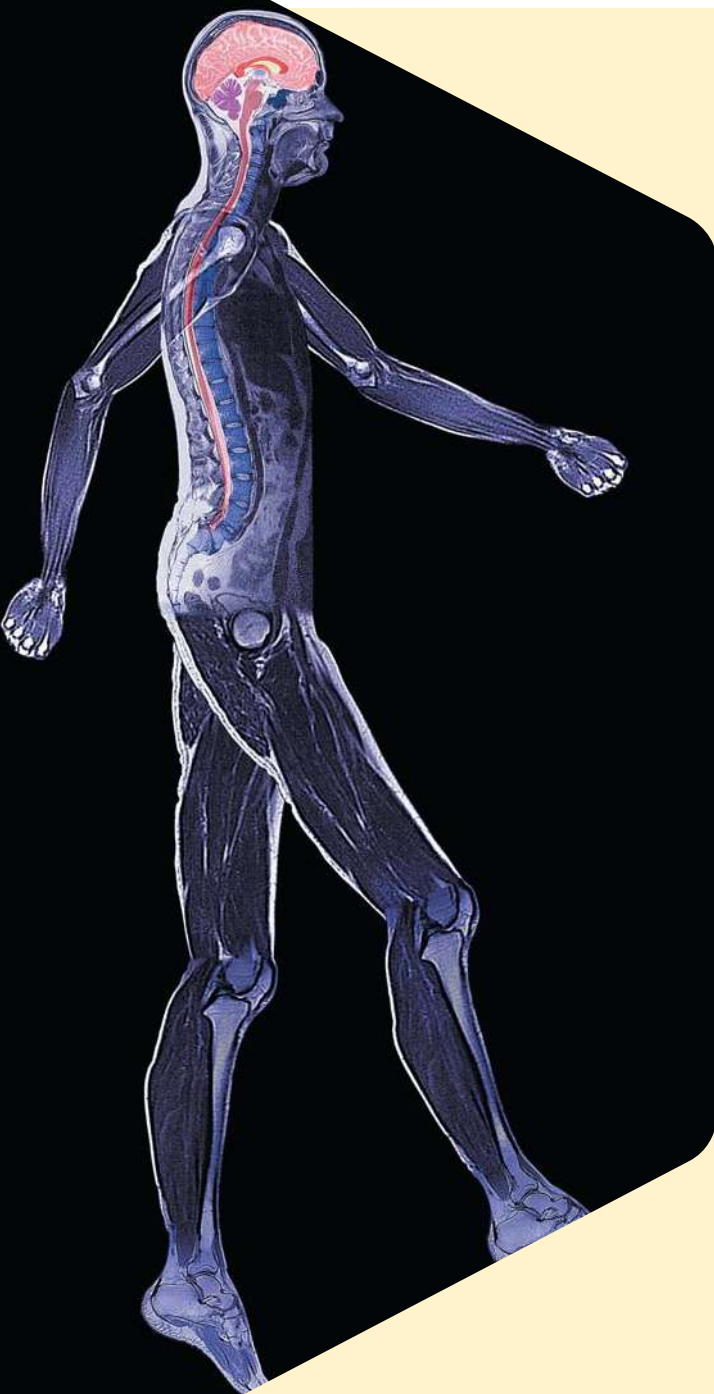
1. Um certo estudante de anatomia decidiu que seu estado atlético deixava muito a desejar. Ele entrou para uma academia e começou a “puxar ferro” três vezes por semana. Após três meses de treinamento, durante os quais ele conseguiu levantar cada vez mais peso, os músculos do seu braço e tórax ficaram muito maiores. Explique o que aconteceu com as fibras desses músculos.
2. Diego, que não se mantinha em forma, foi jogar uma partida de futebol. Quando ele estava correndo, a região da panturrilha começou a doer. No dia seguinte, foi ao médico, que disse que Diego sofrera um estiramento. Diego continuou insistindo que as articulações não doíam. Cla-

ramente, ele confundiu *estiramento* com *torção*. Explique a diferença.

3. As galinhas são capazes de realizar apenas pequenos voos e os músculos envolvidos no seu voo consistem em fibras rápidas glicolíticas. Os músculos peitorais dos patos, por outro lado, consistem em fibras lentas e rápidas oxidativas. O que você pode deduzir a respeito da capacidade de voo dos patos?
4. Sandra e Roger, pais de um paciente portador de distrofia muscular de Duchenne, sofrem pela longa batalha contra essa doença. Para consolá-los, Paulo, médico ortopedista, disse que um dia os médicos esperam ser capazes de curar essa doença injetando mioblastos saudáveis nos músculos enfraquecidos. O que são mioblastos?
5. Por que as infecções musculares são relativamente raras (em comparação com as infecções respiratórias ou da pele, por exemplo)?
6. Como o velocista Lateesha sabia que a melhor maneira de tratar estiramentos musculares era através da “RICE” (repouso, gelo, compressão e elevação) (ver o Capítulo 9, p. 244). O que isso significa?
7. Após o seu primeiro dia na temporada de esqui, Janine acordou com músculos duros e doloridos. O que causou a dor muscular? Janine deveria esquiara colina abaixo novamente?
8. Dado o que você aprendeu sobre aumentar a força muscular através da musculação, por que os atletas diminuem o seu treinamento antes de uma grande competição?
9. As células do músculo esquelético não se dividem. Como o músculo esquelético repara a si mesmo quando lesionado?

Músculos do corpo

11



▲ Musculatura do membro inferior (RM).

Organização dos fascículos nos músculos 275

Sistemas de alavanca: relações osso-músculo 276

Esquema organizacional baseado no desenvolvimento embrionário 278

Ações e interações musculares 281

Nomenclatura dos músculos esqueléticos 283

Principais músculos esqueléticos do corpo 283

Compartimentos musculares dos membros 286

Tabelas de músculos 291

Anatomia de superfície por região 345

Cabeça 346

Pescoço 347

Tórax 348

Abdome 348

Dorso 350

Membro superior e ombro 351

Membro inferior e região glútea 353

A expressão *sistema muscular* se refere especificamente aos músculos estriados esqueléticos, que são os músculos que correspondem à parte “carneosa” do corpo e produzem muitos tipos de movimentos: o piscar de um olho, ficar em pé na ponta dos pés, deglutir o alimento, respirar e empunhar uma marreta são apenas alguns exemplos. Antes de apresentar cada músculo e suas ações, este capítulo discute a mecânica da função muscular, isto é, os parâmetros físicos que definem os movimentos musculares: organização dos fascículos nos

músculos esqueléticos, o princípio da alavanca e a posição de um músculo quando atravessa uma articulação. A origem embrionária dos músculos, os compartimentos fasciais dos membros e os critérios empregados na nomenclatura dos músculos também são apresentados. Todos esses conceitos gerais vão orientar a sua compreensão sobre como os músculos produzem movimento e ajudá-lo a lembrar dos detalhes de cada ação muscular. O capítulo se encerra com um estudo da anatomia de superfície por região do corpo para reforçar as relações anatômicas entre os músculos e o esqueleto ósseo.

ORGANIZAÇÃO DOS FASCÍCULOS NOS MÚSCULOS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever os diferentes arranjos que ocorrem nos músculos esqueléticos. Fornecer um exemplo de músculo associado a cada arranjo;
- ▶ descrever as implicações funcionais da organização dos fascículos.

Os músculos esqueléticos consistem em fascículos (feixes de fibras) suficientemente grandes para serem vistos a olho nu. Nos diferentes músculos, os fascículos estão alinhados em padrões distintos (Figura 11.1). A organização dos fascículos revela muita coisa a respeito da função do músculo.

- Os fascículos dispostos em anéis concêntricos formam um padrão **circular** (Figura 11.1a). Os músculos com essa organização circundam as aberturas externas do corpo, que eles fecham por meio de contração. O nome genérico de um músculo com essa organização circular é *esfíncter* (“espremedor”) ou *orbicular*. Exemplos específicos incluem o músculo orbicular da boca e o músculo orbicular dos olhos.
- No padrão **convergente** de organização fascicular (Figura 11.1b), a origem (ou inserção proximal) do músculo é ampla e os fascículos *convergem* para o tendão de inserção (ou inserção distal). Esse tipo de músculo pode ser *triangular* ou *em forma de leque*. O músculo peitoral maior anteriormente no tórax é um exemplo. Nos músculos convergentes, as fibras musculares se estendem por todo o comprimento do músculo, da origem até a inserção.
- Na organização **paralela** dos fascículos, os eixos longitudinais dos fascículos seguem em paralelo ao eixo longitudinal do músculo, e as fibras musculares se estendem da origem até a inserção. Os músculos com essa organização são *fusiformes*, com um *ventre* central ampliado, como o bíceps braquial, no membro superior (Figura 11.1c), ou em forma de fita, como o músculo sartório no membro inferior (Figura 11.1d).
- Em um padrão **peniforme**, os fascículos (e, portanto, as fibras musculares) são curtos e se conectam

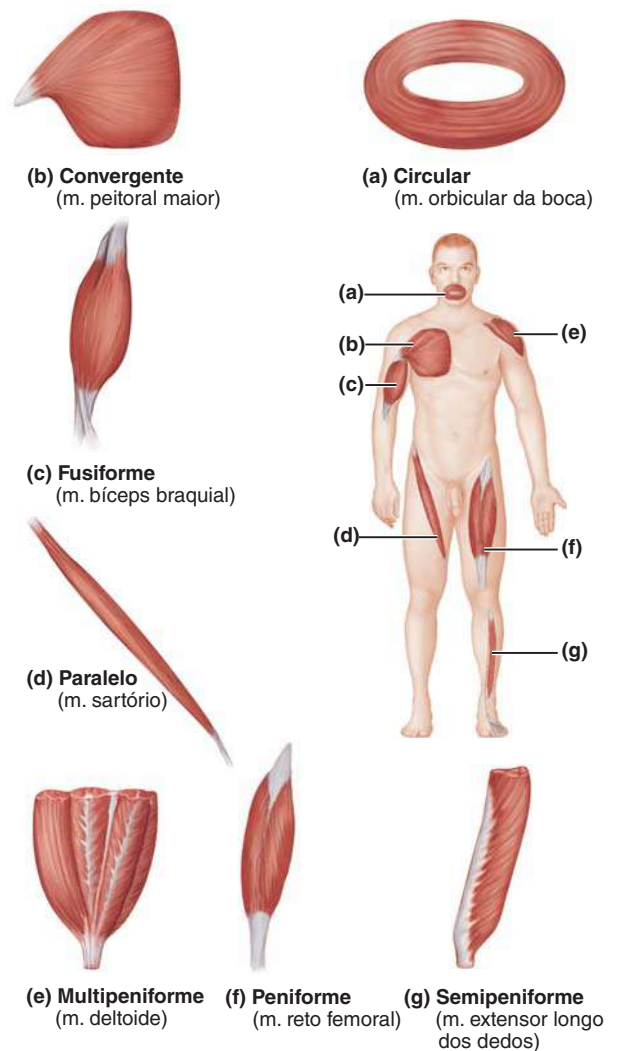


Figura 11.1 Padrões de organização dos fascículos nos músculos.

obliquamente a um tendão que se estende por todo o comprimento do músculo (Figuras 11.1e-11g). Esse padrão faz com que o músculo se pareça com uma pena. Uma organização **multipeniforme** se parece com muitas penas lado a lado, com todas as suas extremidades inseridas em um tendão grande. O músculo deltoide, que confere o formato arredondado ao ombro, é um exemplo. Se os fascículos se inserirem no tendão em ambos os lados, essa organização se chama **bipeniforme** (*bi* = dois). É o caso do músculo reto femoral da coxa. Se os fascículos se inserirem em apenas um lado do tendão, o músculo é **unipeniforme** (*uni* = um). O músculo extensor longo dos dedos pertence a esse grupo.

A organização dos fascículos influencia a quantidade de movimento produzida quando um músculo encurta, que é conhecida como intervalo de movimento, e a quantidade de força que o músculo emprega. As fibras musculares esqueléticas podem encurtar até um terço do

seu comprimento em repouso quando contraem. Quanto mais paralelas forem as fibras em relação ao eixo longitudinal do músculo, mais esse músculo consegue encurtar, resultando em uma maior distância de movimento. Embora os músculos com fascículos paralelos possam ter um intervalo de movimento maior, geralmente eles não são potentes. A potência de um músculo depende mais da quantidade total de fibras que ele contém. Os músculos bipeniforme e multipeniforme contêm o maior número de fibras; assim, eles encurtam muito pouco, mas tendem a ser muito potentes.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Como se chama a organização fascicular em um músculo cujas fibras se estendem ao longo do seu eixo longitudinal, da origem até a inserção?
- 2. Por que os músculos peniformes são mais potentes do que os músculos paralelos?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

SISTEMAS DE ALAVANCA: RELAÇÕES OSSO-MÚSCULO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever os três tipos de sistemas de alavanca que os músculos utilizam e indicar as posições relativas do esforço, fulcro e carga em cada um deles.

A operação da maioria dos músculos esqueléticos envolve *alavancagem* — o uso de uma alavanca para ajudar a movimentar algum objeto. Uma **alavanca** é uma barra rígida que se move sobre um ponto fixo, o **fulcro**, quando uma força é aplicada a ela. A força aplicada, chamada **esforço**, é utilizada para mover uma resistência, ou **carga**. Um sistema de alavanca simples com o qual você certamente está familiarizado é uma gangorra. O meio da gangorra é o fulcro; as duas alavancas se estendem para os extremos da gangorra. O esforço é o peso do corpo de uma pessoa na gangorra; a carga é o peso da outra pessoa. A distância a partir do fulcro até onde cada pessoa está sentada, é o braço de esforço e o braço de carga, respectivamente.

Uma alavanca permite que um dado esforço (1) movimente uma carga mais pesada ou (2) movimente uma carga mais distante e com mais velocidade. No primeiro caso, se a carga a ser movimentada estiver perto do fulcro e o esforço for aplicado longe desse fulcro, um esforço pequeno consegue movimentar uma carga grande (**Figura 11.2a**). Essa alavanca é conhecida como **alavanca de potência**. As alavancas de potência operam em **vantagem mecânica**, permitindo que um esforço pequeno movimente uma carga grande. Em uma alavanca de potência, a carga é movimentada apenas em uma distância curta, mas o esforço necessário também é pequeno. Por exemplo, cada empurrão para baixo na alavanca do

macaco ergue um carro apenas um pouco, mas é necessário pouco esforço muscular (**Figura 11.2a**).

No segundo caso, se o esforço for aplicado mais perto do fulcro do que da carga a ser movimentada, é necessário um esforço maior para movimentar essa carga. Esse tipo de alavanca opera em **desvantagem mecânica**, exigindo um esforço maior para movimentar uma carga pequena. No entanto, como o braço de carga é mais longo do que o braço de esforço, a carga é movimentada em uma distância maior e também em uma velocidade maior. Por isso, esse tipo de alavanca se chama **alavanca de velocidade**. Empunhar uma pá é um exemplo de alavanca de velocidade (**Figura 11.2b**).

Embora a pá e o macaco sejam tipos diferentes de alavanca, ambos seguem a mesma **lei universal das alavancas**: quando o braço de esforço é maior do que o braço de carga, a alavanca opera em vantagem mecânica; quando o braço de esforço é menor do que o braço de carga, a alavanca opera em desvantagem mecânica. Voltando ao exemplo da gangorra, pense nas alterações que você faria para equilibrar uma gangorra com alguém mais leve do que você. Se você consegue isso, compreende intuitivamente a lei das alavancas. (A equação na parte superior da **Figura 11.2** apresenta essa relação.)

Mas o que tudo isso tem a ver com os músculos esqueléticos? No sistema esquelético, os ossos do esqueleto agem como *alavancas* e as articulações agem como *fulcros*. A contração muscular é o *esforço* aplicado no ponto em que o músculo se conecta ao osso. A *carga* é a parte do corpo que é movimentada, junto a qualquer coisa conectada a ela, como uma barra ou uma mala.

Alavanca de primeira classe

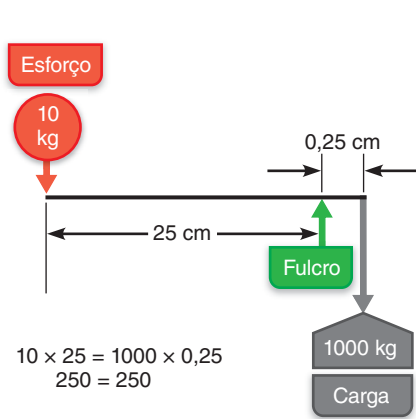
As alavancas são divididas em três classes, dependendo das posições relativas do esforço, fulcro e carga.

Nas **alavancas de primeira classe** o fulcro está situado entre a carga e o ponto em que o esforço é aplicado (**Figura 11.3a**). A gangorra e o macaco descritos anteriormente são exemplos de alavanca de primeira classe. As alavancas de primeira classe conseguem operar em vantagem mecânica, para obter potência, ou em desvantagem mecânica, para obter velocidade e distância, dependendo dos comprimentos do braço de carga e do braço de esforço. Os músculos posteriores do pescoço funcionam como uma alavanca de primeira classe em volta da articulação atlantoccipital para apoiar a cabeça (**Figura 11.3a**).

Alavanca de segunda classe

Nos sistemas de alavanca de segunda e terceira classes, a carga e o esforço estão no mesmo lado do fulcro. Em uma **alavanca de segunda classe**, o esforço é aplicado mais longe do fulcro do que da carga, como em um carrinho de mão (**Figura 11.3b**). O braço de esforço é mais longo do que o braço de carga e, portanto, a alavanca opera em vantagem mecânica. Ficar na ponta dos pés é um exemplo de alavanca de segunda classe (Fi-

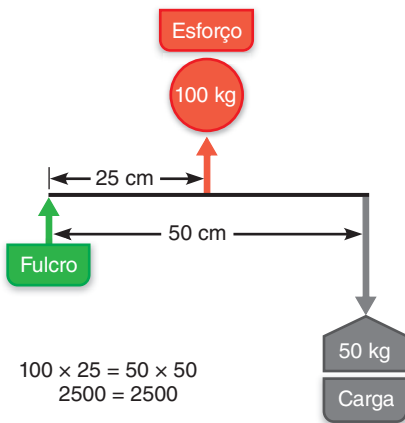
Esforço × comprimento do braço de esforço = carga × comprimento do braço de carga
(força × distância) = (resistência × distância)



(a) Vantagem mecânica com uma alavanca de potência



Figura 11.2 Sistemas de alavanca operando em vantagem mecânica e em desvantagem mecânica. A equação na parte superior da figura apresenta as relações entre as forças e as distâncias em qualquer sistema de alavanca. **(a)** Vantagem mecânica com uma alavanca de potência. Quando utilizamos um macaco, a carga erguida é maior do que o esforço muscular aplicado: apenas 10 kg de força (o esforço) erguem um carro de 1.000 kg (a carga). **(b)** Desvantagem mecânica com uma alavanca de velocidade. Quando utilizamos uma pá para erguer terra, a força muscular é maior do que a carga erguida: uma força (esforço) muscular de 100 kg ergue 50 kg de terra (a carga). As alavancas que operam em desvantagem mecânica são comuns no corpo.



(b) Desvantagem mecânica com uma alavanca de velocidade



gura 11.3b); as articulações metatarsofalângicas representam o fulcro, e os músculos da panturrilha (esforço) realizam a flexão plantar do pé, elevando o corpo (carga). Nessa alavanca de potência, o esforço muscular relativamente pequeno move uma carga muito maior.

Alavanca de terceira classe

Em uma **alavanca de terceira classe** o esforço é aplicado mais perto do fulcro, como acontece quando utilizamos uma pá (Figura 11.2b) ou um fórceps (Figura 11.3c). O braço de carga é maior do que o braço de esforço; assim, as alavancas de terceira classe trabalham em desvantagem mecânica. Um exemplo no corpo (Figura 11.3c) é a flexão do antebraço (carga) pelo músculo bíceps braquial (esforço). Nesse sistema de alavanca o cotovelo é o fulcro. A maioria dos músculos esqueléticos funciona como um sistema de alavanca de terceira classe para obter velocidade. Essa posição coloca as inserções musculares perto da articulação, proporcionando estabilidade à articulação e produzindo movimentos rápidos e amplos, como os realizados na corrida ou arremesso, com encurtamento relativamente pequeno do músculo.

A posição relativa da carga, fulcro e ponto de aplicação do esforço em um sistema de alavanca define a atividade de um músculo quanto à velocidade, distância de movimentação e carga a ser movimentada. Em um sistema de alavanca que trabalha em desvantagem mecânica é necessário um esforço maior para produzir um movimento, mas existem ganhos de velocidade e distância. Um sistema que trabalha em vantagem mecânica consegue movimentar uma carga maior com menos esforço, mas a distância de movimentação é sacrificada. As alavancas desse tipo estão situadas onde a força do movimento é prioridade.

✓ Verifique seu conhecimento

- 3. Quais os tipos de alavancas que operam em vantagem mecânica?
- 4. Em um sistema de alavanca esquelético/muscular, qual estrutura faz o papel de fulcro?
- 5. A maioria dos músculos esqueléticos do corpo trabalha em desvantagem mecânica. Quais são os proveitos dessa organização?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

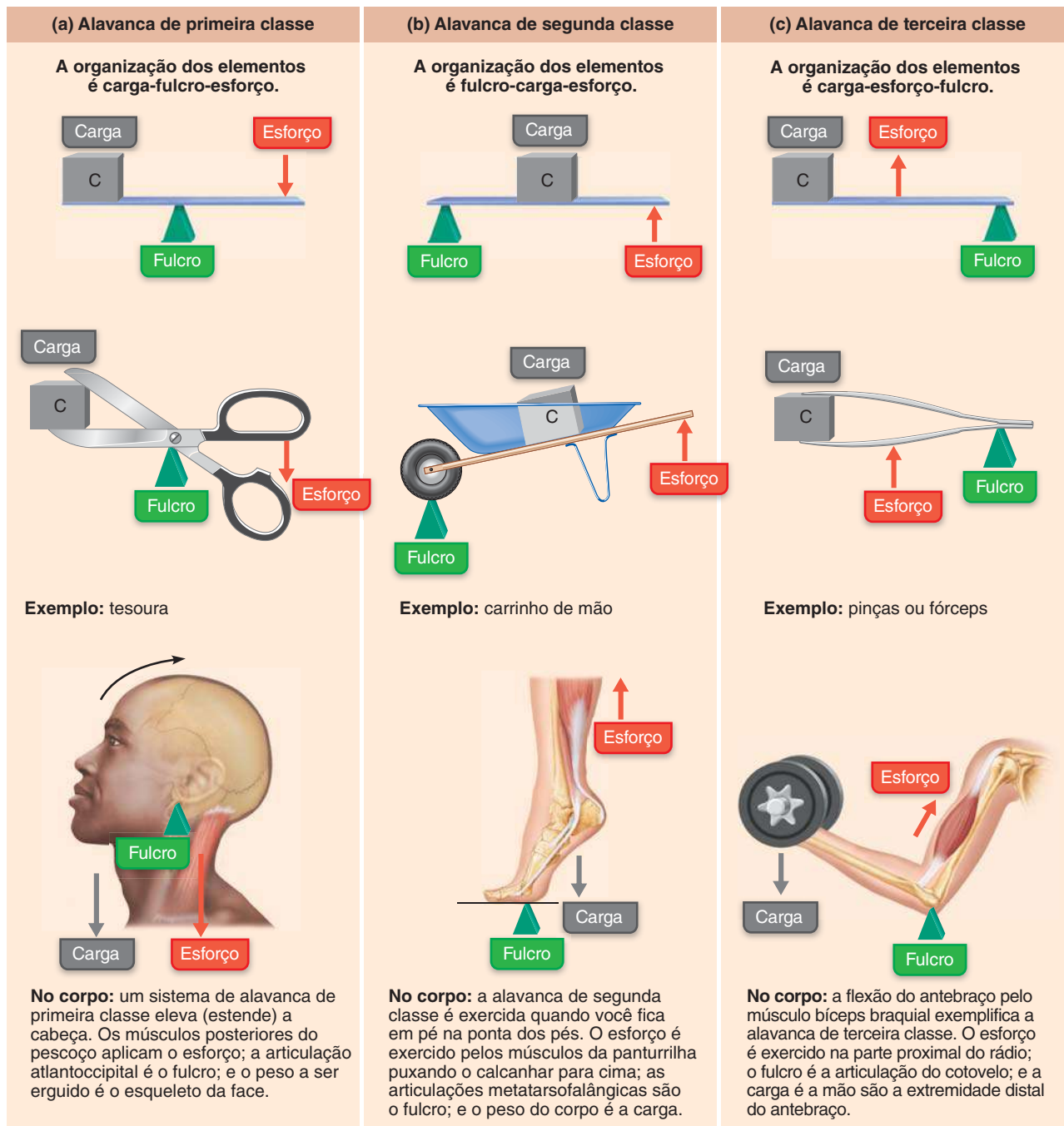


Figura 11.3 Sistemas de alavanca.

ESQUEMA ORGANIZACIONAL BASEADO NO DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ organizar os músculos do corpo em quatro grupos funcionais, com base na sua origem no desenvolvimento.

Antes de examinar cada músculo do corpo, é importante obter uma visão geral que agrupe os múscu-

los de acordo com a sua origem embrionária e função geral. Esse esquema de classificação pode ajudá-lo a organizar a formidável disposição dos músculos esqueléticos.

Todos os músculos se desenvolvem a partir do mesoderma (Capítulo 3, p. 59-60). As partes do mesoderma que estão presentes no segundo mês de desenvolvimento incluem os miótomos e o mesoderma esplâncnico (Figura 11.4a e b). Repare também que as sete primeiras estruturas similares a um miótomo na cabeça são chamadas coletivamente de **somitômeros** (“pedaços de somitos”).

Nesse esquema baseado no desenvolvimento, os músculos são organizados em quatro grupos: (1) músculo das vísceras, (2) músculos do arco faríngeo, (3) músculos axiais e (4) músculos dos membros.

1. Músculo das vísceras. O tecido muscular encontrado nas vísceras consiste em músculo liso ou músculo cardíaco. Esse músculo se desenvolve a partir do mesoderma esplâncnico em volta do intestino primitivo (Figura 11.4b). Uma vez que o músculo das vísceras não forma os músculos do esqueleto, ele não será discutido neste capítulo. (O músculo das vísceras é abordado nos Capítulos 19 e 23.)

2. Músculos do arco faríngeo (Figura 11.4c). Esse grupo inclui os músculos esqueléticos da faringe, além de alguns outros músculos da cabeça e do pescoço. A característica que une esses músculos é que todos eles se desenvolvem em volta da faringe embrionária, do quarto ao sétimo somítômero. Sua função original era a de espremer o alimento pela faringe, como na deglutição, mas eles se diversificaram para fazer mais que isso. Outro nome para os músculos do arco faríngeo é **músculos branquioméricos** (“segmento branquial”).

Os principais músculos nesse grupo incluem os músculos da face (expressão facial) (Tabela 11.3), os músculos da mastigação (Tabela 11.4) e dois conjuntos de músculos envolvidos na deglutição: os músculos supra-hióideos e os constritores da faringe (Tabela 11.5). Um músculo do pescoço chamado esternocleidomastóideo (Tabela 11.6) e um músculo do dorso chamado trapézio (Tabela 11.10) também pertencem a esse grupo, embora se desenvolvam apenas parcialmente a partir dos somítômeros (e parcialmente dos miótomos vizinhos).

3. Músculos axiais (Figura 11.4d). Estes são os músculos esqueléticos do tórax, abdome e pelve, além de muitos músculos do pescoço e alguns da cabeça. Eles se chamam músculos axiais porque se relacionam com o esqueleto axial, e suas funções principais são movimentar o tronco e manter a postura. Eles se desenvolvem a partir dos miótomos e de alguns somítômeros.

As regiões dorsais dos miótomos se transformam nos músculos profundos do dorso (Tabela 11.6), que alongam a coluna vertebral quando ficamos em pé. As regiões ventrais dos miótomos se transformam nos músculos das partes anterior e lateral do tronco e do pescoço, que flexionam a coluna vertebral (dentre outras funções). Esses músculos incluem os da parte anterior do pescoço (músculos infra-hióideos; Tabela 11.5), os músculos respiratórios

do tórax (Tabela 11.7), os músculos da parede da pelve anterior do abdome (Tabela 11.8) e os músculos do assoalho da pelve (Tabela 11.9).

Os três primeiros somítômeros (miótomos pré-ópticos) no embrião em desenvolvimento se transformam nos músculos extrínsecos do olho, que são músculos que se originam fora do bulbo do olho e movimentam os olhos; os miótomos occipitais se transformam nos músculos que movimentam a língua (Tabela 11.4).

4. Músculos dos membros (Figura 11.4e). Os membros superiores e inferiores surgem a partir da região ventral como brotamentos de membro, e os seus músculos se desenvolvem das partes laterais dos miótomos vizinhos. A massa muscular situada dorsalmente em relação aos ossos dos membros se transforma nos músculos extensores desse membro, enquanto a massa ventral se transforma nos músculos flexores. Os músculos que conectam os membros aos seus cingulos (cinturas) e os músculos que conectam os cingulos ao tronco (Tabelas 11.10, 11.11 e 11.15) também fazem parte desse grupo. Esses músculos funcionam na locomoção e na manipulação dos objetos. Como eles se desenvolvem da mesma maneira, os músculos dos membros superiores e inferiores são similares e comparáveis diretamente.

Nos membros superiores de um adulto (Tabelas 11.11-11.14), os músculos extensores se situam posteriormente e estendem suas partes (antebraço, mão e dedos). Os músculos flexores são anteriores e flexionam essas partes.

O membro inferior gira durante o desenvolvimento embrionário; assim, em indivíduos adultos (Tabelas 11.15-11.17), os músculos extensores são anteriores e estendem a perna, realizam a flexão dorsal do pé e estendem os dedos dos pés. Os músculos flexores, posteriores, flexionam a perna, realizam a flexão plantar do pé, e flexionam os dedos dos pés.

Verifique seu conhecimento

- 6. A qual grupo de desenvolvimento pertence cada um dos músculos a seguir: (a) os músculos que movimentam a coxa, (b) os músculos do abdome, (c) os músculos da mastigação?
- 7. Qual é o movimento produzido pelos músculos que se desenvolvem na superfície dorsal do membro?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

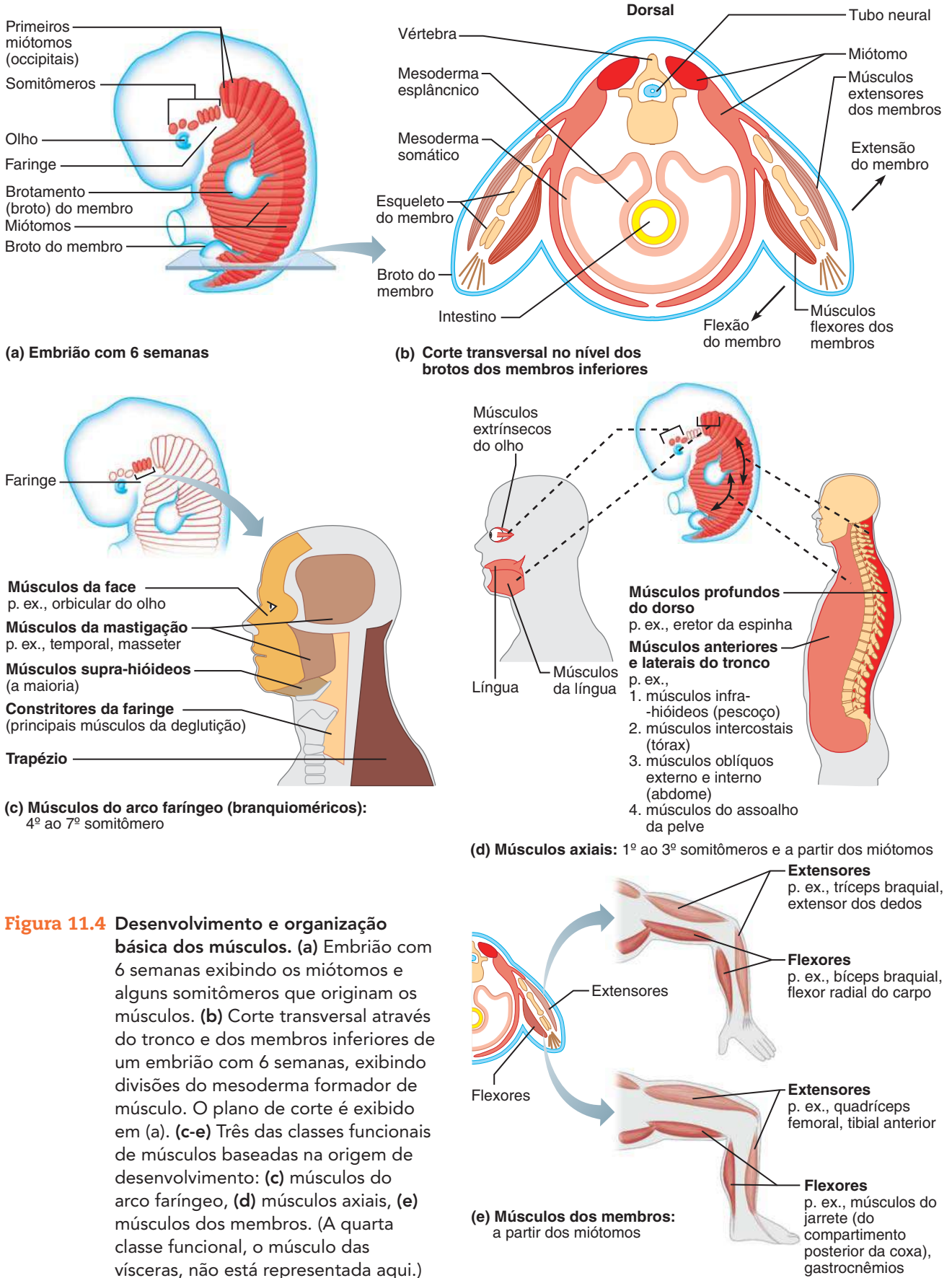


Figura 11.4 Desenvolvimento e organização básica dos músculos. (a) Embrião com 6 semanas exibindo os miôtomos e alguns somitômeros que originam os músculos. (b) Corte transversal através do tronco e dos membros inferiores de um embrião com 6 semanas, exibindo divisões do mesoderma formador de músculo. O plano de corte é exibido em (a). (c-e) Três das classes funcionais de músculos baseadas na origem de desenvolvimento: (c) músculos do arco faríngeo, (d) músculos axiais, (e) músculos dos membros. (A quarta classe funcional, o músculo das vísceras, não está representada aqui.)

AÇÕES E INTERAÇÕES MUSCULARES

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever como a posição de um músculo, quando ele atravessa uma articulação, determina a sua ação;
- ▶ descrever as funções dos músculos motores primários (agonistas), antagonistas, sinergistas e fixadores.

É fácil compreender que diferentes músculos trabalham juntos para realizar um único movimento. Porém, o que não é tão óbvio é que os músculos costumam trabalhar uns *contra* os outros de maneira produtiva. Nenhum músculo isoladamente consegue reverter o movimento que produz; assim, para qualquer ação que um músculo (ou grupo muscular) consiga realizar, deve haver outros músculos que “desfaçam” essa ação (ou que realizem uma ação oposta). Em geral, os grupos de músculos que produzem movimentos contrários se situam em lados opostos de uma determinada articulação. Ver seção Destaque — Ação muscular (Figura 11.5).

Com relação às suas ações, os músculos são classificados em vários tipos *funcionais*. Um músculo que tenha grande responsabilidade pela produção de um movimento específico é o **motor primário** ou **agonista** (“líder”) desse movimento. Por exemplo, o m. peitoral maior é um motor primário para flexionar o braço no ombro (Figura 11.5a). Algumas vezes, dois músculos contribuem tão intensamente para o mesmo movimento que ambos se chamam agonistas.

Os músculos que se opõem ou revertem um determinado movimento agem como **antagonistas** (“contra o líder”). Quando um motor primário está ativo, é possível que os antagonistas estejam alongados ou permaneçam relaxados. No entanto, geralmente os antagonistas contraem-se ligeiramente durante o movimento para impedir que esse movimento ultrapasse a sua marca ou para desacelerá-lo quando se aproximar da sua conclusão. Os antagonistas também podem ser motores primários por direito próprio; ou seja, um antagonista de um movimento pode servir como agonista do movimento oposto. Por exemplo, a *flexão* do braço pelo m. peitoral maior é antagonizada pelo m. latíssimo do dorso, que é um motor primário na *extensão* do braço (Figura 11.5b). É importante que dois elementos de qualquer par agonista/antagonista sejam solicitados e desenvolvam uniformemente; de outro modo, o músculo mais desenvolvido vai impor uma tensão constante na articulação, diminuindo a sua flexibilidade e provocando movimentos pouco refinados. Diz-se que uma pessoa nessa situação é *musculosa*.

Além dos músculos motores primários e dos antagonistas, a maioria dos movimentos também envolve um ou mais músculos chamados **sinergistas** (“de trabalho

conjunto”). Os sinergistas ajudam os motores primários adicionando um pouco de força extra ao movimento que está sendo executado ou reduzindo os movimentos extras indesejados que o motor primário possa produzir. Essa segunda função dos sinergistas merece mais explicação. Alguns motores primários atravessam várias articulações e podem provocar movimentos em todas elas, mas os sinergistas agem cancelando alguns desses movimentos. Por exemplo, os músculos que flexionam os dedos das mãos atravessam as articulações carpais e dos próprios dedos, mas você pode fletir fortemente seus dedos sem flexionar o seu carpo porque os sinergistas o estabilizam e impedem seu movimento.

Além disso, alguns motores primários podem provocar vários tipos de movimentos *na mesma articulação*. Por exemplo, o m. latíssimo do dorso (exibido na Figura 11.5b) atua na adução do braço e também na extensão do ombro, já que ele atravessa o ombro posterior e medialmente. Os sinergistas impedem o movimento que, particularmente, é inadequado em um determinado momento: o m. peitoral maior (Figura 11.5a), um flexor do ombro, vai agir como um sinergista com o m. latíssimo do dorso para evitar a extensão e produzir uma adução direta.

Alguns sinergistas mantêm um osso firmemente no lugar de modo que o motor primário tenha uma base estável sobre a qual pode mover uma parte do corpo. Esses sinergistas se chamam **fixadores**. Um exemplo são os músculos que fixam a escápula quando o braço se move. Os músculos que mantêm a postura e estabilizam as articulações agem como fixadores.

Em suma, apesar de os músculos motores primários receberem todo o crédito pelos movimentos, as ações dos músculos antagonistas e sinergistas também são importantes. Os músculos que atravessam a mesma articulação e possuem ações similares agem como sinergistas; os músculos que têm ações opostas formam pares de agonista/antagonista. Consulte as tabelas-resumo (Tabelas 11.1 e 11.2) para fazer uma revisão das ações e interações musculares nos membros superiores e inferiores.

✓ Verifique seu conhecimento

- 8. O m. bíceps braquial e o m. braquial flexionam o antebraço. Esses músculos, que trabalham juntos, funcionam como _____.
- 9. Um músculo que abduz a coxa atravessaria o quadril em qual face da articulação? Qual ação os músculos antagonistas produziram?
- 10. Na maioria das articulações (joelho e tornozelo são exceções), que movimento é produzido pelos músculos que atravessam a face posterior da articulação?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Figura 11.5

Pode-se inferir a ação de um músculo pela sua posição em relação à articulação que ele cruza (os exemplos estão relacionados com a articulação do ombro).

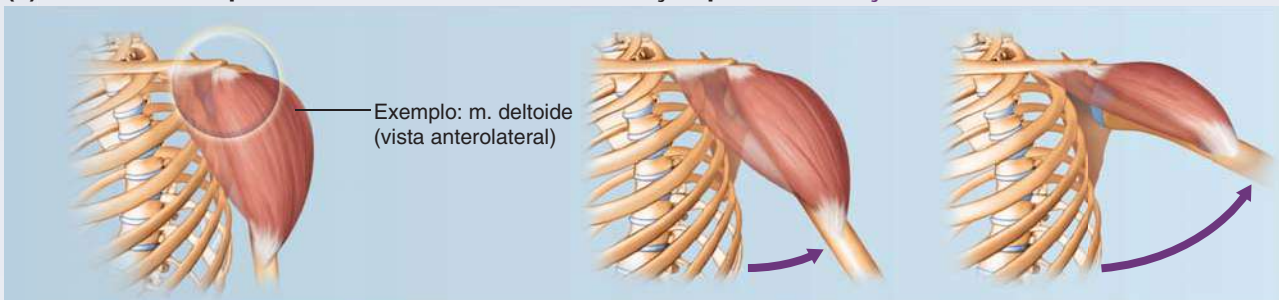
(a) Um músculo que cruza a face anterior da articulação produz flexão*



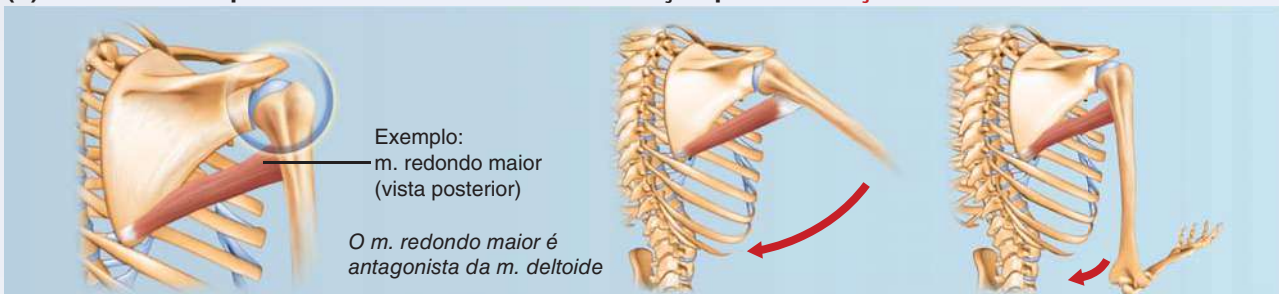
(b) Um músculo que cruza a face posterior da articulação produz extensão*



(c) Um músculo que cruza a face lateral da articulação produz abdução



(d) Um músculo que cruza a face medial da articulação produz adução



* Essas considerações gerais não se aplicam às articulações do joelho e talocrural (tornozelo), pois o membro inferior sofre rotação durante o desenvolvimento. Assim, os músculos que cruzam posteriormente essas articulações produzem flexão, e aqueles que cruzam anteriormente produzem extensão.

NOMENCLATURA DOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ mencionar os critérios utilizados na nomenclatura dos músculos.

Os músculos esqueléticos recebem seus nomes de acordo com vários critérios, cada um deles descrevendo o músculo de alguma maneira. Aprender esses critérios pode simplificar a tarefa de aprender os nomes dos músculos.

- **Localização.** Alguns nomes indicam onde um músculo está situado. Por exemplo, o músculo braquial está no braço (*brachium* = braço) e os músculos intercostais estão entre as costelas (*costa* = costela).
- **Formato.** Alguns músculos recebem seus nomes em razão do seu formato. Por exemplo, o m. deltoide é triangular (a letra grega *delta* é escrita Δ) e os músculos trapézios direito e esquerdo juntos formam um trapézioide.
- **Tamanho relativo.** Os termos *máximo* (maior), *mínimo* (menor), *longo* e *curto* fazem parte dos nomes de alguns músculos — como os músculos glúteos máximo e mínimo.
- **Direção dos fascículos e fibras.** Os nomes de alguns músculos indicam a direção de seus fascículos (e fibras musculares). Nos músculos *retos*, os fascículos estão em paralelo com a linha mediana, enquanto *transverso* e *oblíquo* significam que seus fascículos se situam em um ângulo reto e em um ângulo oblíquo, respectivamente, com a linha mediana. Os exemplos incluem os músculos reto do abdome, transverso do abdome e oblíquo externo.
- **Localização das inserções.** Os nomes de alguns músculos revelam seus pontos de origem e inserção. Lembre-se de que a origem é a inserção proximal e menos móvel de um músculo, e que a inserção distal é a conexão móvel. A origem sempre recebe o nome primeiro. Por exemplo, o músculo braquiorradial no antebraço origina-se no osso do braço, o úmero, e insere-se no rádio.
- **Quantidade de origens.** Os músculos com o termo *bíceps* (“duas cabeças”), *tríceps* (“três cabeças”) ou *quadríceps* (“quatro cabeças”) em seus nomes possuem duas, três ou quatro origens, respectivamente. Por exemplo, o m. bíceps braquial tem duas origens.
- **Ação.** Os músculos que recebem seus nomes em razão da sua ação incluem palavras como *flexor*, *extensor*, *adutor* ou *abdutor*. Por exemplo, o m. adutor longo na face medial da coxa aduz a coxa no quadril. Os nomes de muitos músculos do antebraço

e da perna começam com *extensor* e *flexor*, indicando como movimentam a mão, o pé e os dedos.

Frequentemente, são empregados vários critérios diferentes para dar nome a um músculo. Por exemplo, o nome *extensor radial longo do carpo* transmite a ação do músculo (extensor), a articulação na qual ele atua (*carpo*) e sua localização ao longo do rádio no antebraço (radial). O nome também indica que o músculo é mais longo do que alguns outros músculos extensores do carpo. Embora esses nomes extensos possam ser difíceis de lembrar com exatidão, eles são extremamente informativos.

✓ Verifique seu conhecimento

- 11. Utilize o seu conhecimento sobre as raízes das palavras e os critérios para a nomenclatura dos músculos para afirmar o que o nome indica a respeito de cada um dos seguintes músculos: (a) latíssimo do dorso, (b) esternocleidomastoídeo, (c) serrátil anterior, (d) adutor magno.

(Veja a resposta no Apêndice B.)

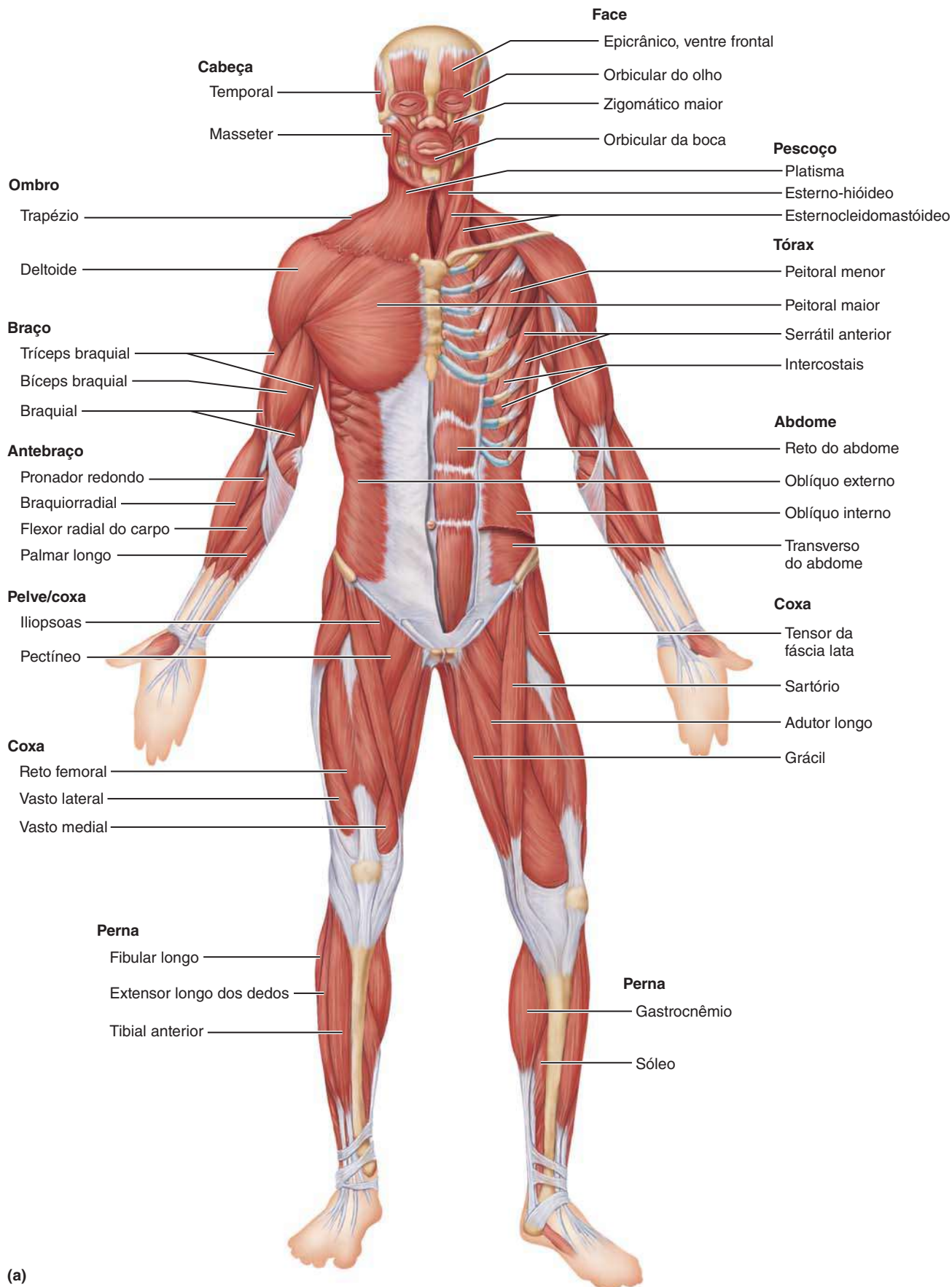
PRINCIPAIS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS DO CORPO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ identificar os compartimentos musculares dos membros superiores e inferiores. Identificar a ação geral dos músculos em cada compartimento e mencionar os nomes dos músculos localizados em cada compartimento;
- ▶ identificar os músculos descritos nas tabelas desta seção (Tabelas 11.3-11.17). estabelecer a origem, a inserção e a ação principal de cada um deles.

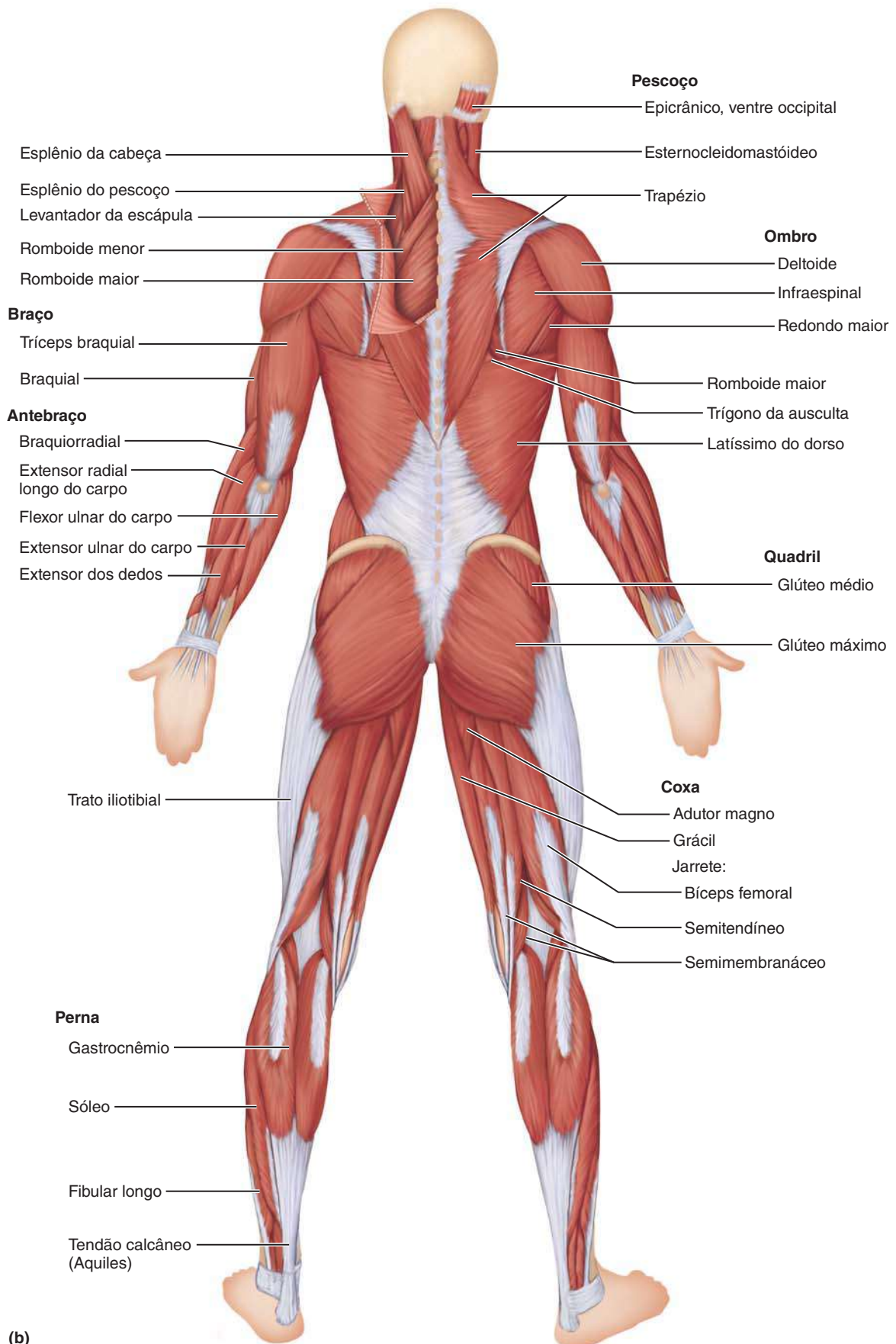
Existem mais de 600 músculos no corpo e pode ser difícil aprender todos eles. O primeiro requisito é ter certeza de que você compreende todos os movimentos corporais: flexão, extensão, abdução, adução, rotação medial e lateral, protração, retração, elevação, depressão, pronação, supinação, oponência, flexão dorsal (ou dorsiflexão), flexão plantar, inversão e eversão (ver Figuras 9.6 e 9.7, p. 223-226). Esses são os termos que você vai utilizar para descrever as ações musculares. Alguns professores fazem com que seus alunos aprendam apenas alguns grupos musculares mais importantes (**Figura 11.6**), enquanto outros exigem um estudo mais detalhado.

As tabelas-resumo dos músculos dos membros (Tabelas 11.1 e 11.2) são apresentadas em primeiro lugar para consulta e análise rápidas das ações desses músculos. Depois vêm as tabelas mais detalhadas (Tabelas 11.3-11.17), que descrevem a origem, inserção, ação e inervação da maior parte dos músculos do corpo.



(a)

Figura 11.6 Músculos superficiais do corpo. (a) Vista anterior. O pescoço e o tronco foram parcialmente dissecados no lado esquerdo para mostrar os músculos mais profundos.



(b)

Figura 11.6 Músculos superficiais do corpo, continuação. (b) Vista posterior. O trapézio foi removido no lado esquerdo para ilustrar os músculos mais profundos. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 32-37, 39-42.)

Compartimentos musculares dos membros

O tecido conjuntivo denso divide os músculos dos membros em **compartimentos** anatômicos. Esses compartimentos fasciais agrupam os músculos com origem e função similares no desenvolvimento. Desta forma, os músculos situados no mesmo compartimento possuem ações semelhantes e, frequentemente, atuam sinergicamente para produzir um determinado movimento. Músculos em compartimentos opostos atuam como pares agonista/antagonista. Na maioria dos casos, cada compartimento é suprido por um único nervo.

Membro superior

O membro superior possui dois compartimentos: anterior e posterior. Os músculos do compartimento anterior do braço flexionam o braço no ombro ou flexionam o antebraço no cotovelo, e, são inervados pelo nervo musculocutâneo (**Figura 11.7a**). Os músculos do compartimento anterior do antebraço são flexores ou pronaadores para a mão e/ou para os dedos, e inervados pelo nervo mediano ou pelo nervo ulnar (**Figura 11.7b**).

Os músculos dos compartimentos posteriores do braço e do antebraço estendem o cotovelo, o carpo e os dedos, respectivamente. Esses músculos, além do *supinador* e do *braquiorradial* (músculos do compartimento posterior em termos de desenvolvimento), são todos inervados pelos ramos do nervo radial. Em termos funcionais, o supinador promove a rotação lateral do antebraço, e o braquiorradial, que cruza a face anterior do cotovelo, age como um flexor do antebraço (as ações dos músculos que movem o braço, o antebraço e a mão estão resumidas na **Tabela 11.1**, p. 287-288).

Membro inferior

A coxa, no membro inferior, possui três compartimentos: posterior, anterior e medial (**Figura 11.8a**). Os músculos do compartimento posterior estendem a coxa no quadril, além de flexionarem a perna no joelho, sendo inervados pelo ramo tibial do nervo isquiático. Os músculos do compartimento anterior flexionam a coxa no quadril, além de estenderem a perna no joelho, sendo inervados pelo nervo femoral. Os músculos do compartimento medial aduzem a coxa e são inervados principalmente pelo nervo obturatório.

A perna também possui três compartimentos: posterior, anterior e lateral (**Figura 11.8b**). O compartimento posterior contém os músculos flexores dos dedos e os flexores plantares inervados pelo nervo tibial. O compartimento anterior contém os músculos extensores dos dedos e os flexores dorsais, todos inervados pelo nervo fibular profundo. O compartimento lateral contém os

músculos fibulares que fazem a flexão plantar e a eversão do pé, sendo inervados pelo nervo fibular superficial (as ações dos músculos da coxa e da perna estão resumidas na **Tabela 11.2**, p. 289-291.)



APLICAÇÃO CLÍNICA

Síndrome do compartimento Qualquer lesão em um músculo de membro, seja traumática ou crônica, pode resultar no inchaço do músculo. Uma vez que a fáscia inelástica que circunda o compartimento muscular impede a expansão desse compartimento, a pressão sobre este aumenta e pode comprimir os vasos e nervos, resultando em uma dor intensa. Esse aumento na pressão impede a drenagem venosa do compartimento, aumentando ainda mais a pressão dentro dele. A **síndrome aguda do compartimento muscular** resulta de lesão traumática e requer cuidados médicos imediatos para minimizar os riscos de dano tecidual resultante de isquemia (diminuição do suprimento sanguíneo). O tratamento cirúrgico, cortando a pele e a fáscia do compartimento afetado (um procedimento chamado fasciotomia), pode ser necessário para reduzir a pressão no compartimento. A **síndrome crônica do compartimento muscular** é uma lesão por uso excessivo. Quando o músculo é exercitado, a pressão intracompartimental aumenta. Quando um músculo é excessivamente utilizado, como acontece quando um atleta treina de forma exagerada, microlacerações no músculo podem provocar inchaço, aumentando a pressão no compartimento muscular. As lesões mais comuns desse tipo ocorrem nos compartimentos anterior e lateral da perna. O sintoma característico da síndrome crônica do compartimento muscular é a dor durante a atividade, a qual é aliviada quando o exercício é interrompido. O diagnóstico é confirmado medindo-se a pressão intracompartimental antes e depois do exercício. A síndrome crônica do compartimento muscular geralmente é tratada de modo conservador com RICE (repouso, gelo, compressão e elevação — do inglês *rest, ice, compression, elevation*) e atividades de baixo impacto que não resultem em dor.

✓ Verifique seu conhecimento

- 12. Em qual compartimento muscular estão situados os músculos bíceps braquial e braquial? Em qual compartimento está situado o seu antagonista?
- 13. Quais são as ações dos músculos no compartimento posterior da coxa? Qual grupo muscular funciona como um antagonista desses músculos?
- 14. Cite dois músculos que agem sinergicamente como motores primários da flexão plantar.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

(O texto continua na p. 291.)

Tabela 11.1

Resumo das ações dos músculos que atuam no braço, antebraço e mão (Figura 11.7)

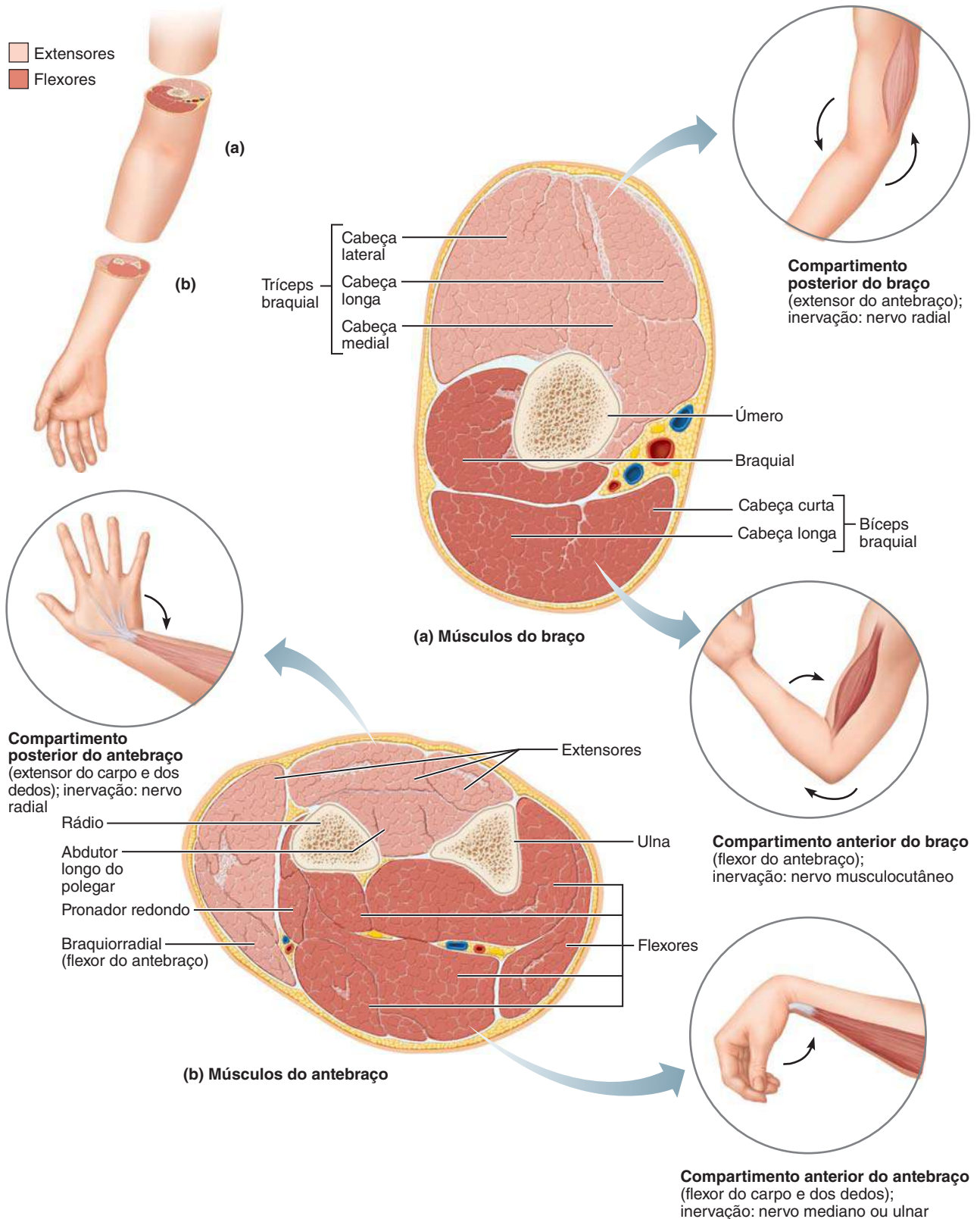


Figura 11.7 Compartimentos musculares no braço e no antebraço.

Tabela 11.1

Resumo das ações dos músculos que atuam no braço, antebraço e mão (Figura 11.7) *continuação*

PARTE I: MÚSCULOS QUE AGEM NO BRAÇO (ÚMERO) (MP = MOTOR PRIMÁRIO)

	Ações no ombro					
	Flexão	Extensão	Abdução	Adução	Rotação medial	Rotação lateral
Peitoral maior	X (MP)			X (MP)	X	
Latíssimo do dorso		X (MP)		X (MP)	X	
Redondo maior		X		X	X	
Deltoide	X (MP) (fibras anteriores)	X (MP) (fibras posteriores)	X(MP)		X (fibras anteriores)	X (fibras posteriores)
Subescapular					X (MP)	
Supraespinoso			X			
Infraespinoso						X (MP)
Redondo menor				X (fraca)		X (MP)
Coracobraquial	X			X		
Bíceps braquial	X					
Tríceps braquial				X		

PARTE II: MÚSCULOS QUE AGEM NO ANTEBRAÇO

	Ações no antebraço			
	Flexão	Extensão	Pronação	Supinação
Bíceps braquial	X (MP)			X
Braquial	X (MP)			
Tríceps braquial		X (MP)		
Ancôneo		X		
Pronador redondo	X (fraca)		X	
Pronador quadrado			X (MP)	
Braquiorradial	X			
Supinador				X

PARTE III: MÚSCULOS QUE AGEM NO CARPO E NOS DEDOS

	Ações no carpo				Ações nos dedos	
	Flexão	Extensão	Abdução	Adução	Flexão	Extensão
Compartimento anterior						
Flexor radial do carpo	X (MP)		X			
Palmar longo	X (fraca)					
Flexor ulnar do carpo	X (MP)			X		
Flexor superficial dos dedos	X (MP)				X	
Flexor longo do polegar					X (polegar)	
Flexor profundo dos dedos	X				X	
Compartimento posterior						
Extensor radial do carpo, longo e curto		X	X			
Extensor dos dedos		X (MP)				X (e abduz)
Extensor ulnar do carpo		X		X		
Abdutor longo do polegar			X		(abduz o polegar)	
Extensor do polegar, longo e curto						X (polegar)
Extensor do indicador						X (dedo indicador)

Tabela 11.2

Resumo das ações dos músculos que atuam na coxa, perna e pé (Figura 11.8)

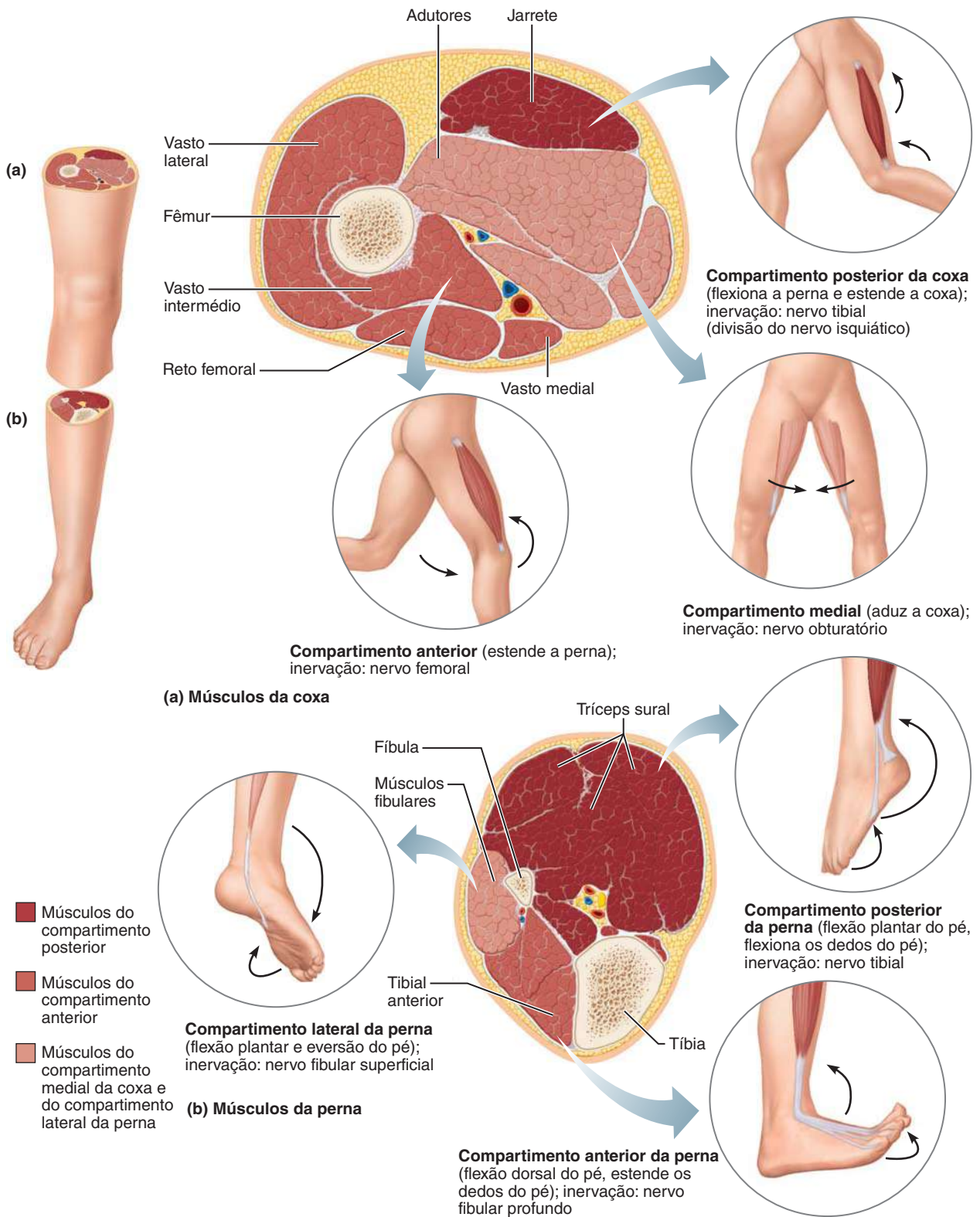


Figura 11.8 Compartimentos musculares na coxa e na perna.

Tabela 11.2

Resumo das ações dos músculos que atuam na coxa, perna e pé (Figura 11.8) *continuação*
PARTE I: MÚSCULOS QUE AGEM NA COXA E NA PERNA (MP = MOTOR PRIMÁRIO)
Compartimento posterior

Glúteo máximo

Glúteo médio

Glúteo mínimo

Piriforme

Obturador interno

Obturador externo

Gêmeos

Quadrado femoral

Bíceps femoral

Semitendíneo

Semimembranáceo

Gastrocnêmio

Plantar

Poplíteo

Compartimento anterior

Iliopsoas

Tensor da fáscia lata

Sartório

Reto femoral

Músculos vastos

Compartimento medial

Adutor magno

Adutor longo

Adutor curto

Grácil

Pectíneo

	Ações na articulação do quadril					Ações no joelho		
	Flexão	Extensão	Abdução	Adução	Rotação medial	Rotação lateral	Flexão	Extensão
Compartimento posterior								
Glúteo máximo		X (MP)	X			X		
Glúteo médio			X (MP)		X			
Glúteo mínimo			X		X			
Piriforme			X			X		
Obturador interno						X		
Obturador externo						X		
Gêmeos						X		
Quadrado femoral						X		
Bíceps femoral		X (MP)					X (MP)	
Semitendíneo		X					X (MP)	
Semimembranáceo		X					X (MP)	
Gastrocnêmio							X	
Plantar							X	
Poplíteo							X (e gira a perna medialmente)	
Compartimento anterior								
Iliopsoas	X (MP)							
Tensor da fáscia lata	X		X		X			X
Sartório	X		X			X	X	
Reto femoral	X							X (MP)
Músculos vastos								X (MP)
Compartimento medial								
Adutor magno		X		X	X			
Adutor longo	X			X	X			
Adutor curto				X	X			
Grácil				X	X		X	
Pectíneo	X			X	X			

(continua)

Tabela 11.2 continuação

	Ações no tornozelo				Ações nos dedos dos pés	
	Flexão plantar	Flexão dorsal	Inversão	Eversão	Flexão	Extensão
PARTE II: MÚSCULOS QUE AGEM NO TORNOZELO E NOS DEDOS DOS PÉS						
Compartimento posterior						
Gastrocnêmio	X (MP)					
Sóleo	X (MP)					
Plantar delgado	X					
Flexor longo dos dedos	X		X		X (MP)	
Flexor longo do hálux	X		X		X (hálux)	
Tibial posterior	X		X (MP)			
Compartimento anterior						
Tibial anterior		X (MP)	X			
Extensor longo dos dedos		X				X (MP)
Fibular terceiro		X		X		
Extensor longo do hálux		X	X (fraca)			X (hálux)
Compartimento lateral						
Fibular longo e curto	X			X		

Tabelas de músculos

Nas tabelas de músculos, detalhadas a seguir (Tabelas 11.3-11.17), os músculos são agrupados por função e localização, da cabeça aos pés. Cada tabela começa introduzindo um grupo muscular nos parágrafos de abertura. Os detalhes da forma, localização, conexões, ações e inervação de cada músculo no grupo seguem no formato de tabela. Todos os músculos estão ilustrados nas figuras que acompanham as tabelas. Quando estudar cada músculo, examine suas conexões e a direção dos seus fascículos, e tente entender como essas características determinam a sua ação. Muitos músculos executam várias ações; nessas tabelas, a ação principal de cada músculo é indicada em **texto azul**. Uma boa maneira de aprender as ações musculares é você mesmo encenar os movimentos e depois sentir os músculos contraídos aumentarem em volume por baixo da sua pele.

A seqüência das tabelas é:

- Músculos da cabeça, parte I: expressão facial (**Tabela 11.3, Figura 11.9**); p. 292-294.
- Músculos da cabeça, parte II: mastigação e movimento da língua (**Tabela 11.4, Figura 11.10**); p. 295 e 296.
- Músculos anteriores do pescoço e da garganta: deglutição (**Tabela 11.5, Figura 11.11**); p. 297-299.
- Músculos do pescoço e da coluna vertebral: movimentos da cabeça e extensão do tronco (**Tabela 11.6, Figura 11.12**); p.300-303.
- Músculos profundos do tórax: respiração (**Tabela 11.7, Figura 11.13**); p. 304-305.
- Músculos da parede do abdome: movimentos do tronco e compressão das vísceras abdominais (**Tabela 11.8, Figura 11.14**); p. 306-308.
- Músculos do assoalho da pelve e do períneo: sustentação dos órgãos abdominopélvicos (**Tabela 11.9, Figura 11.15**); p. 309-310.
- Músculos superficiais anteriores e posteriores do tórax : movimentos da escápula (**Tabela 11.10, Figura 11.16**); p. 311-314.
- Músculos que cruzam a articulação do ombro: movimentos do braço (úmero) (**Tabela 11.11, Figura 11.17**); p. 315-317.
- Músculos que cruzam a articulação do cotovelo: flexão e extensão do antebraço (**Tabela 11.12, Figura 11.17**); p. 318.

- Músculos do antebraço: movimentos do carpo, mão e dedos (**Tabela 11.13**, **Figuras 11.18**, **11.19** e **11.20**); p. 319-324.
- Músculos intrínsecos da mão: movimentos precisos dos dedos (**Tabela 11.14**, **Figura 11.21**); p. 325-327.
- Músculos que cruzam as articulações do quadril e do joelho: movimentos da coxa e perna (**Tabela 11.15**, **Figuras 11.22**, **11.23** e **11.24**); p. 328-335.
- Músculos da perna: movimentos do tornozelo e dedos dos pés (**Tabela 11.16**, **Figuras 11.25**, **11.26** e **11.27**); p. 336-341.
- Músculos intrínsecos do pé: movimento dos dedos e sustentação do pé (**Tabela 11.17**, **Figura 11.28**); p. 342-345.

(O texto continua na p. 345.)

Tabela 11.3 Músculos da cabeça, parte I: expressão facial (Figura 11.9)

Os músculos que promovem a expressão facial, os músculos da face, estão na face e no couro cabeludo, imediatamente profundos ao tegumento. Eles são finos e de formato variado; os músculos adjacentes nesse grupo tendem a se fundir. Diferentemente dos outros músculos esqueléticos, os músculos da face se inserem no tegumento, não nos ossos. No couro cabeludo, o músculo principal é o **epicrânico**, que possui partes anterior e posterior distintas. Na face, os músculos que cobrem os ossos da face erguem os supercílios e abrem as narinas, fecham os olhos e lábios e proporcionam a melhor ferramenta para influenciar as outras pessoas — o sorriso. A grande importância dos músculos da face na comunicação não verbal fica clara quando eles estão paralisados, como em algumas vítimas de AVC. Todos os músculos apresentados nessa tabela são inervados pelo *VII nervo craniano*, o *nervo facial*. Os músculos que movimentam os bulbos dos olhos quando olhamos em diversas direções são descritos no Capítulo 16, “Órgãos dos sentidos”, na discussão a respeito do olho.

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DO COURO CABELUDO				
Epicrânico (occipitofrontal)	Músculo bipartido consistindo nos ventres frontal e occipital conectados pela aponeurose epicrânica. As ações alternadas desses dois músculos tracionam o couro cabeludo anteriormente e posteriormente.			
• Ventre frontal	Cobre a frente e a calvária; nenhuma conexão óssea	O — aponeurose epicrânica I — pele dos supercílios e raiz do nariz	Com a aponeurose fixa, eleva os supercílios (como no olhar de espanto); enruga horizontalmente a pele da frente	Nervo facial (VII par craniano)
• Ventre occipital	Sobrejacente ao occipúcio posteriormente; ao tracionar a aponeurose epicrânica, fixa a origem do ventre frontal	O — ossos occipital e temporal I — aponeurose epicrânica	Fixa a aponeurose e traciona o couro cabeludo posteriormente	Nervo facial
MÚSCULOS DA FACE				
Corrugador do supercílio	Pequeno músculo do supercílio; atua com o orbicular do olho	O — osso frontal acima do osso nasal I — pele do supercílio	Traciona medial e inferiormente o supercílio ; enruga a pele da frente verticalmente	Nervo facial
Orbicular do olho	Músculo esfíncter na pálpebra; circunda a margem da órbita	O — ossos frontal e na parte medial da órbita maxilar e ligamentos I — tecido da pálpebra	Fecha o olho ; produz a piscada, os olhos semicerrados e movimenta inferiormente os supercílios	Nervo facial
Zigomáticos maior e menor	Par de músculos que se estendem diagonalmente, da maçã do rosto até o ângulo da boca	O — osso zigomático I — pele e músculo do ângulo da boca	Elevam o ângulo da boca	Nervo facial
Risório	Músculo delgado, inferior e lateral ao zigomático	O — fásia lateral associada ao músculo masseter I — pele no ângulo da boca	Traciona lateralmente o ângulo da boca	Nervo facial

Tabela 11.3 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DA FACE (continuação)				
Levantador do lábio superior	Músculo fino entre o orbicular da boca e a margem inferior do olho	O — osso zigomático e margem infraorbital da maxila I — pele e músculo do lábio superior	Abre os lábios ; eleva o lábio superior	Nervo facial
Depressor do lábio inferior	Pequeno músculo que vai da mandíbula até o lábio inferior	O — corpo da mandíbula lateral à linha média I — pele e músculo do lábio inferior	Comprime o lábio inferior (como em um beicinho)	Nervo facial
Depressor do ângulo da boca	Pequeno músculo lateral ao depressor do lábio inferior	O — margem do corpo da mandíbula, em sua face externa, acima da origem do músculo depressor do lábio inferior I — pele e músculo no ângulo da boca abaixo da inserção dos zigomáticos	Traciona o ângulo da boca inferior e lateralmente (como em uma careta); antagonista do zigomático	Nervo facial
Orbicular da boca	Músculo em multicamadas dos lábios, com fibras que seguem em direções diferentes; a maioria em direção circular	O — indiretamente na maxila e na mandíbula; as fibras se mesclam com fibras de outros músculos faciais associados aos lábios I — pele que circunda a boca; insere-se nos músculos e na pele nos ângulos da boca	Fecha os lábios ; projeta os lábios; músculo do beijo e do assobio	Nervo facial
Mental	Músculo que forma uma elevação em forma de V no mento (queixo)	O — mandíbula abaixo dos incisivos I — pele do mento	Enruga o mento ; projeta o lábio inferior	Nervo facial

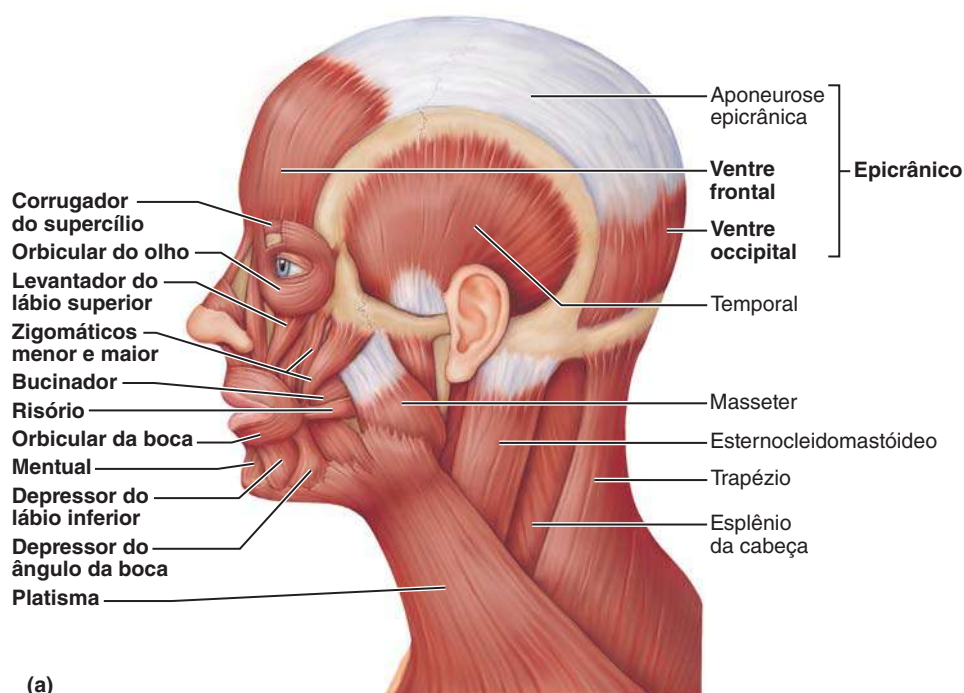


Figura 11.9 Músculos do couro cabeludo, face e pescoço, vista lateral esquerda. (a) Ilustração, (b) Dissecção em cadáver.

Tabela 11.3 **Músculos da cabeça, parte I: expressão facial (Figura 11.9)**
continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DA FACE (continuação)				
Bucinator	Músculo fino e horizontal na bochecha; abaixo do masseter (ver também a Figura 11.10)	O — processo alveolar da região molar da maxila e mandíbula I — orbicular da boca	Comprime a bochecha (como no ato de assobiar ou sugar); traciona ângulo da boca lateralmente; mantém o alimento entre os dentes durante a mastigação; bem desenvolvido nos lactentes	Nervo facial
Platisma	Músculo plano e superficial do pescoço; não é estritamente um músculo da cabeça, mas exerce um papel na expressão facial	O — fáscia do tórax (sobre os músculos peitoral maior e deltoide) I — margem inferior da mandíbula; pele e músculos no ângulo da boca	Tensiona a pele do pescoço (p. ex., durante o barbear); ajuda a abaixar (deprimir) a mandíbula; traciona o lábio inferior posterior e inferiormente	Nervo facial

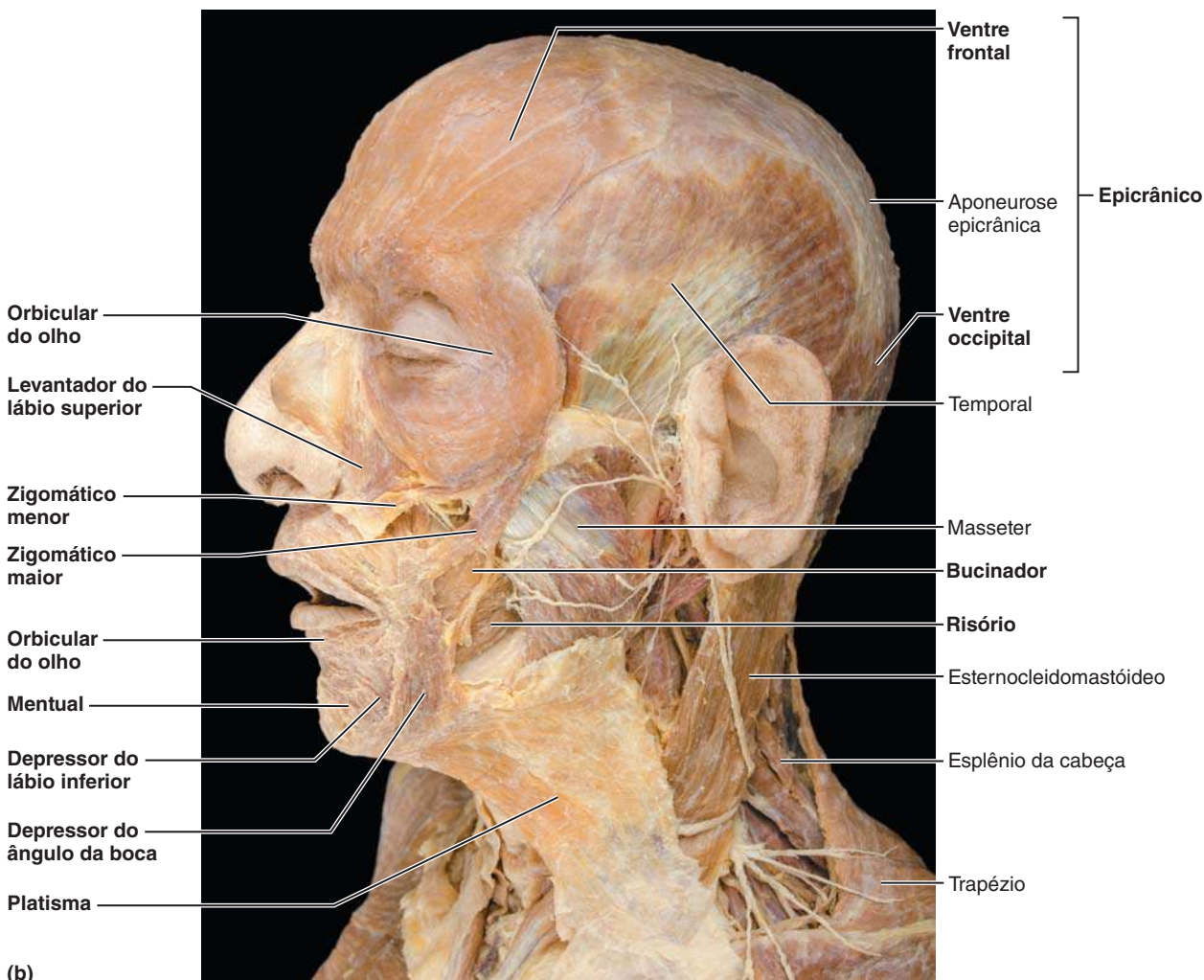


Tabela 11.4

Músculos da cabeça, parte II: mastigação e movimentação da língua (Figura 11.10)

Quatro pares de músculos principais estão envolvidos na mastigação, e todos eles são inervados pelo nervo mandibular ramo do V nervo craniano, o nervo trigêmeo. Os músculos motores primários do fechamento da mandíbula são os poderosos músculos **masseter** e **temporal**, que podem ser sentidos pelo abaulamento da pele quando os dentes são ocluídos fortemente. Os movimentos de lateralidade são proporcionados pelos músculos **pterigóideos**. O músculo **bucinador** (ver Tabela 11.3) também exerce um papel auxiliar na mastigação. Para abaixar a mandíbula, a gravidade geralmente é o suficiente, mas se houver resistência, os músculos de abertura da mandíbula são ativados (músculos **digástrico** e **milo-hióideo**; ver Tabela 11.5).

A língua consiste em fibras musculares que enrolam, comprimem e dobram a língua durante a fala e a mastigação. Esses **músculos intrínsecos da língua**, que mudam a forma da língua (mas que, na realidade, não a movem), são considerados no sistema digestório (Capítulo 23). Apenas os **músculos extrínsecos da língua** são apresentados nesta tabela. Esses músculos movem a língua lateral, anterior e posteriormente. Todos os músculos da língua são inervados pelo XII nervo craniano, o nervo hipoglosso.

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DA MASTIGAÇÃO				
Masseter	Músculo potente que cobre a face lateral do ramo da mandíbula	O — arco zigomático e osso zigomático I — ângulo e ramo da mandíbula	Eleva a mandíbula ; fecha a boca	Ramo mandibular do nervo trigêmeo (V craniano)
Temporal	Músculo em forma de leque que cobre partes dos ossos temporal, frontal e parietal	O — fossa temporal I — processo coronoide da mandíbula via um tendão que passa inferiormente ao arco zigomático	Eleva e retrai a mandíbula ; mantém a posição da mandíbula em repouso; a parte anterior ajuda a protraír (projetar) a mandíbula	Ramo mandibular do nervo trigêmeo
Pterigóideo medial	Músculo profundo de duas cabeças que segue ao longo da interna do ramo da mandíbula e é, em grande parte, escondido por esse osso	O — face medial da lâmina lateral do processo pterigoide (esfenoide) e túber da maxila I — face medial da mandíbula perto do seu ângulo	Atua com o músculo pterigóideo lateral para projetar a mandíbula e produzir movimentos de lateralidade (ranger dos dentes) ; sinergista dos músculos temporal e masseter na elevação da mandíbula	Ramo mandibular do nervo trigêmeo
Pterigóideo lateral	Músculo profundo de duas cabeças; situado superiormente ao músculo pterigóideo medial	O — asa maior e face lateral da lâmina lateral do processo pterigoide do osso esfenoide I — processo condilar da mandíbula e cápsula da articulação temporomandibular	Projeta a mandíbula e produz movimentos de lateralidade	Ramo mandibular do nervo trigêmeo
MÚSCULOS QUE MOVIMENTAM A LÍNGUA (MÚSCULOS EXTRÍNSECOS)				
Genioglosso	Músculo em forma de leque; forma o volume da língua; sua conexão com a mandíbula impede que a língua se desloque posteriormente e obstrua a respiração	O — face interna da mandíbula perto da sínfise I — região inferior da língua e corpo do osso hióide	Projeta a língua ; pode abaixar ou, em sincronia com outros músculos extrínsecos, retraindo a língua	Nervo hipoglosso (XII craniano)

Tabela 11.4

Músculos da cabeça, parte II : mastigação e movimentação da língua (Figura 11.10) *continuação*

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS QUE MOVIMENTAM A LÍNGUA (MÚSCULOS EXTRÍNSECOS) (continuação)				
Hioglosso	Músculo plano e quadrilátero	O — corpo e corno maior do osso hioide I — inferolateralmente na língua	Abaixa a língua e traciona seus lados inferiormente	Nervo hipoglosso
Estiloglosso	Músculo delgado que segue superiormente e em ângulos retos com o hioglosso	O — processo estiloide do osso temporal I — face inferolateral da língua	Retrai e eleva a língua	Nervo hipoglosso

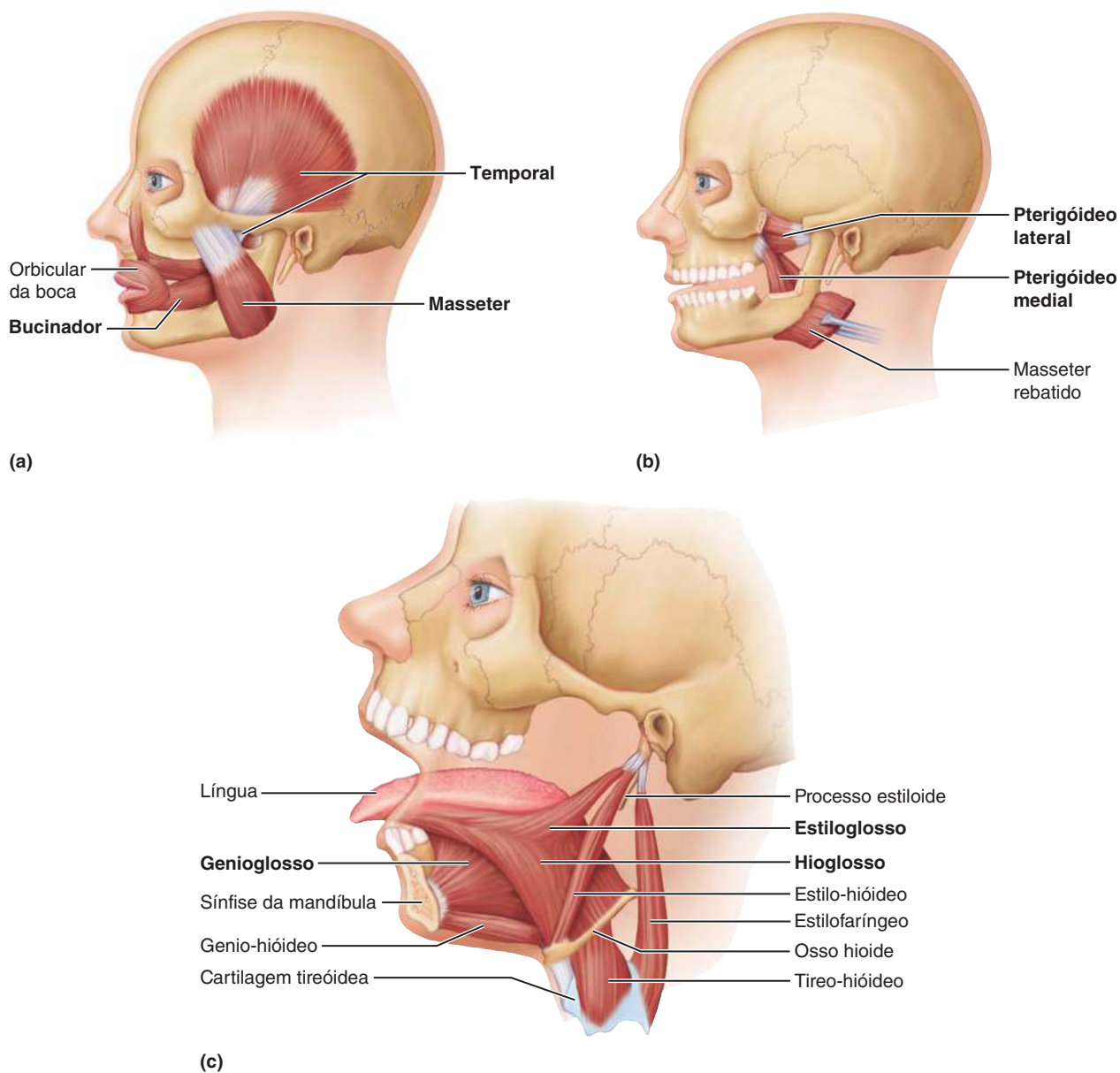


Figura 11.10 Músculos da mastigação e movimentação da língua, vista lateral esquerda. (a) Músculos superficiais da mastigação. (b) Músculos profundos da mastigação. (c) Músculos extrínsecos da língua e músculos supra-hióideos associados.

Tabela 11.5

Músculos do pescoço (região cervical anterior) e da faringe: deglutição (Figura 11.11)

O pescoço (região cervical) é dividido em dois triângulos (anterior e lateral) pelo músculo esternocleidomastóideo (Figura 11.11). Esta tabela considera os músculos do triângulo anterior divididos nos grupos **supra-hióideo** e **infra-hióideo**, situados superior e inferiormente ao osso hioide, respectivamente. A maior parte desses músculos participa da deglutição.

A deglutição começa quando a língua e os músculos bucinadores espremem o alimento posteriormente, ao longo do teto da cavidade própria da boca, na direção da faringe. Depois, os músculos na faringe e no pescoço contraem em sequência para completar o processo de deglutição:

1. Os músculos supra-hióideos ajudam no fechamento da passagem de ar da laringe — de modo que o alimento não seja aspirado para os pulmões —, elevando a laringe superior e anteriormente, sob a proteção da epiglote. Ao tracionarem anteriormente o osso hioide, os músculos supra-hióideos também alargam a faringe para receber o alimento.
2. Os músculos da parede da faringe, os **constritores da faringe**, comprimem o alimento inferiormente, em direção ao esôfago.
3. Com o término da deglutição, os músculos infra-hióideos tracionam o osso hioide e a laringe inferiormente até a sua posição original.

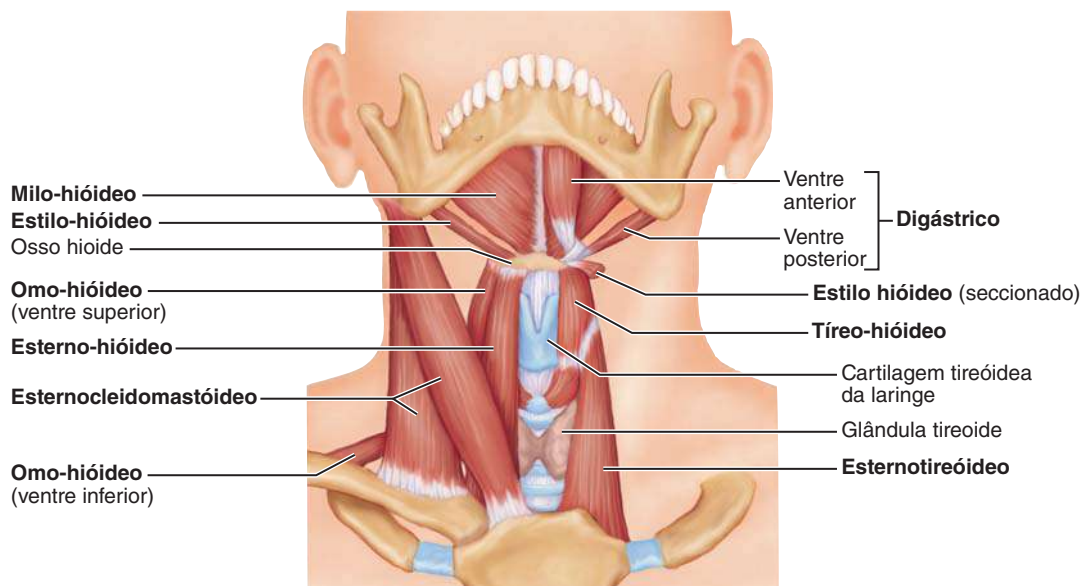
A deglutição também inclui mecanismos que evitam que o alimento penetre na cavidade nasal. Esses mecanismos são considerados no capítulo sobre o sistema respiratório.

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS SUPRA-HIÓIDEOS				
Digástrico	Consiste em dois ventres unidos por um tendão intermediário	O — face interna da sínfise (ventre anterior) e processo mastoide do osso temporal (ventre posterior) I — por uma alça de tecido conjuntivo até o osso hioide	Abaixa a mandíbula; agindo juntos, os músculos digástricos elevam o osso hioide e o fixam durante a deglutição e a fala	Ramo mandibular do nervo trigêmeo (V) craniano, no ventre anterior; nervo facial (VII craniano) no ventre posterior
Estilo-hióideo (ver também a Figura 11.10)	Músculo delgado abaixo do ângulo da mandíbula; paralelo ao ventre posterior do músculo digástrico	O — processo estiloide do osso temporal I — osso hioide	Eleva e retrai o hioide, alongando assim o assoalho da boca durante a deglutição	Nervo facial
Milo-hióideo	Músculo plano e triangular logo acima do músculo digástrico; esse par de músculos forma o assoalho da boca	O — face medial da mandíbula I — osso hioide e rafe mediana	Eleva o osso hioide e o assoalho da boca, permitindo que a língua exerça uma pressão para trás e para cima que comprime o bolo alimentar para o interior da faringe	Ramo mandibular do nervo trigêmeo
Genio-hióideo (ver também a Figura 11.10)	Músculo estreito; vai do mento ao osso hioide, acima do milo-hióideo	O — face interna da sínfise da mandíbula I — osso hioide	Eleva e projeta o hioide, encurtando o assoalho da boca e alargando a faringe para receber o alimento durante a deglutição	Primeiro nervo cervical espinal via nervo hipoglosso (XII craniano)
MÚSCULOS INFRA-HIÓIDEOS				
Esterno-hióideo	Músculo mais medial do pescoço; delgado; superficial, exceto inferiormente onde é coberto pelo esternocleidomastóideo	O — manúbrio e extremidade medial da clavícula I — margem inferior do osso hioide	Traciona a laringe e o osso hioide inferiormente se a mandíbula estiver imobilizada	C1-C3 através da alça cervical (raiz nervosa no plexo cervical)
Esternotireóideo	Lateral e inferior ao esterno-hióideo	O — face posterior do manúbrio do esterno I — cartilagem tireóidea	Traciona a laringe e o osso hioide inferiormente	A mesma do esterno-hióideo

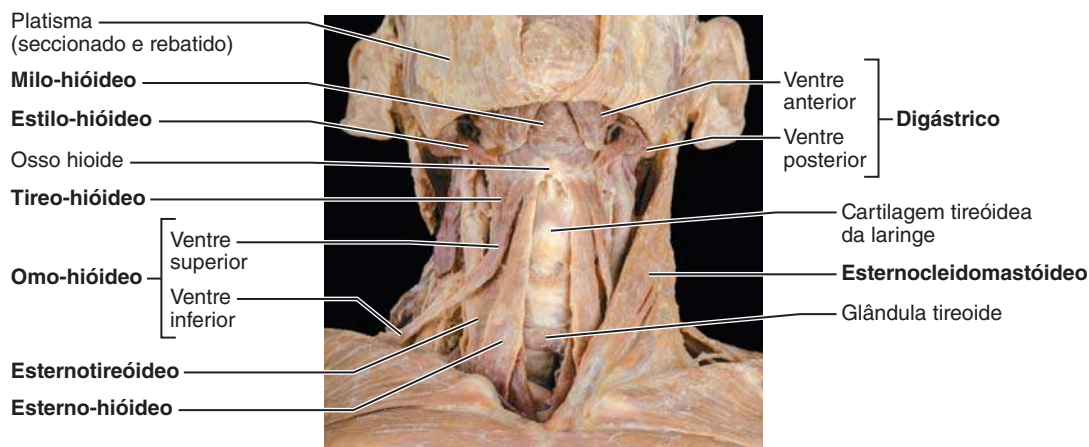
Tabela 11.5

Músculos do pescoço (região cervical anterior) e da faringe: deglutição (Figura 11.11) *continuação*

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS INFRA-HIÓIDEOS (<i>continuação</i>)				
Omo-hióideo	Músculo similar a uma tira, com dois ventres unidos por um tendão intermediário; lateral ao esterno-hióideo	O — margem superior da escápula I — osso hioide, margem inferior	Traciona o osso hioide inferiormente	A mesma do esterno-hióideo
Tireo-hióideo (ver também a Figura 11.10)	Aparece como uma continuação superior do músculo esternotireóideo	O — cartilagem tireóidea I — osso hioide	Abaixa o osso hioide ou eleva a laringe se o osso hioide estiver imobilizado	Primeiro nervo cervical via hipoglosso



(a)



(b)

Figura 11.11 Músculos da região cervical anterior e da faringe utilizados na deglutição. (a) Vista anterior dos músculos supra-hióideos e infra-hióideos. O músculo esternocleidomastóideo (não envolvido na deglutição) é exibido à esquerda para fornecer um marco anatômico. Os músculos mais profundos são exibidos à direita. (b) Dissecção em cadáver dos músculos supra-hióideos e infra-hióideos.

Tabela 11.5 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS CONSTRITORES DA FARINGE				
Constritores da faringe: superior, médio e inferior	Composição de três pares de músculos sobrepostos, cujas fibras seguem circularmente na parede da faringe; organizados de modo que o músculo superior é o mais interno e o inferior, o mais externo	O — conectado anteriormente à mandíbula e à lâmina medial do processo pterigoide (superior), ao osso hioide (médio) e às cartilagens da laringe (inferior) I — rafe mediana posterior da faringe	Constringe a faringe durante a deglutição, impelindo o bolo alimentar para o esôfago	Plexo faríngeo [ramos do nervo vago (X craniano)]

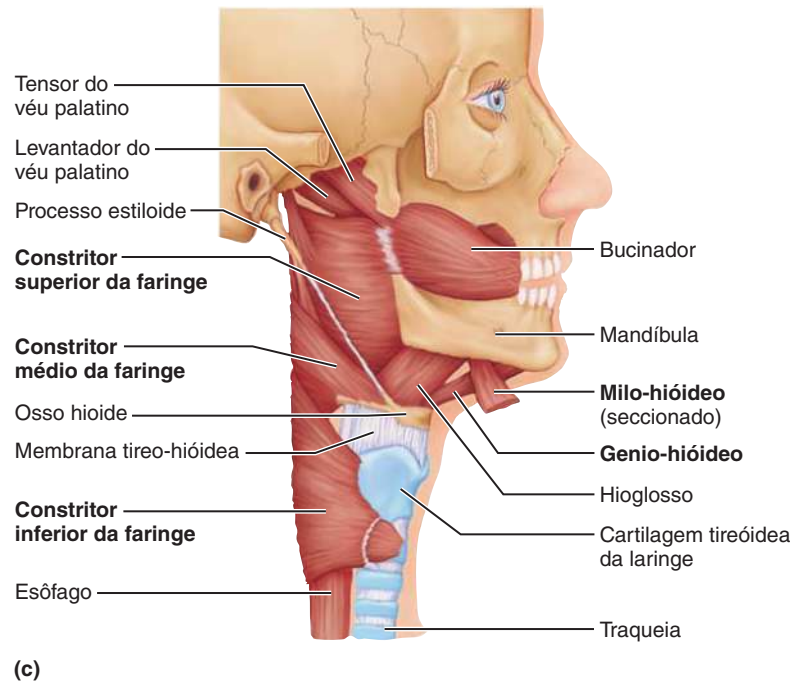


Figura 11.11 Músculos da região cervical anterior e da faringe utilizados na deglutição, continuação. (c) Os músculos constritores da faringe são exibidos em sua relação anatômica própria com o bucinador (um músculo auxiliar da mastigação) e com o músculo hioglosso (que promove os movimentos da língua). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 45.)

Tabela 11.6

Músculos do pescoço e da coluna vertebral: movimentos da cabeça e extensão do tronco (Figura 11.12)

Movimentos da cabeça. A cabeça é movida pelos músculos que se originam inferiormente no esqueleto axial. A *flexão* da cabeça é exercida principalmente pelos músculos **esternocleidomastóideos** (Figura 11.12a), com algum auxílio dos músculos supra-hióideos e infra-hióideos (ver Tabela 11.5). A *flexão lateral* e a *rotação* da cabeça e do pescoço ocorrem quando os músculos contraem-se apenas em um lado do pescoço. Essas ações são realizadas pelos esternocleidomastóideos e pelos músculos mais profundos do pescoço considerados nesta tabela. A *extensão* da cabeça é auxiliada pelo músculo trapézio no dorso (ver Figura 11.6b), mas os principais extensores da cabeça são os músculos **esplênios**, profundos ao trapézio (Figura 11.12b).

Extensão do tronco. A extensão do tronco é exercida pelos *músculos profundos*, ou *intrínsecos*, do dorso (Figura 11.12c e d). Esses músculos também mantêm as curvaturas normais da coluna vertebral, agindo como músculos posturais. Quando considerar os músculos do dorso, lembre-se de que eles são profundos; os músculos superficiais do dorso que os cobrem (ver Figura 11.8b) seguem principalmente na direção de ossos do membro superior (ver Tabelas 11.10 e 11.11).

Os músculos profundos do dorso formam uma coluna ampla e espessa que vai do sacro até o crânio (ver Figura 11.12c). Muitos músculos de tamanhos variados contribuem para essa massa muscular. Isso ajuda a considerar cada um desses músculos como um cadarço, que, quando puxado, faz com que uma ou mais vértebras alonguem ou girem sobre as vértebras inferiores a elas. O maior dos músculos profundos do dorso é o grupo dos **erectores da espinha**. Muitos dos músculos profundos do dorso são longos, de modo que grandes regiões da coluna vertebral possam ser alongadas de uma só vez. Quando esses músculos contraem-se em apenas um lado do corpo, eles ajudam a inclinar a coluna lateralmente. Essa flexão lateral é acompanhada automaticamente por alguma rotação. Durante os movimentos vertebrais, as faces articulares das vértebras deslizam umas sobre as outras.

Também existem muitos músculos curtos que se estendem de uma vértebra a outra. Esses pequenos músculos agem basicamente como sinergistas na extensão e rotação da coluna e como seus estabilizadores. Eles não são descritos nesta tabela, mas você pode deduzir suas ações examinando suas origens e inserções (ver a Figura 11.12d).

Os músculos do tronco considerados nesta tabela são extensores. A *flexão* do tronco é exercida pelos músculos situados anteriormente à coluna vertebral (ver a Tabela 11.8).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Torticolo A condição em que o pescoço permanece virado para um lado, mantendo a cabeça inclinada nessa direção, se chama *torticolo* ("pescoço virado"). Muitas das diversas formas dessa condição resultam de problemas do músculo esternocleidomastóideo em apenas um lado do pescoço. A forma adulta, ou *torticolo espasmódico*, é provocada por espasmos prolongados no músculo. Nas formas congênitas, o feto em desenvolvimento se contorce em uma posição estranha em razão de uma falta de fluido amniótico, ou ocorre um alongamento excessivo do músculo durante o parto. O dano resultante impede o músculo de aumentar seu tamanho à medida em que a criança cresce. A identificação e o tratamento precoces com fisioterapia são eficazes para resolver essa condição.



Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DA REGIÃO ANTEROLATERAL¹ (FIGURA 11.12a)				
Eternocleidomastóideo (ver também a Figura 11.11a e b)	Músculo de duas cabeças situado profundo ao platisma na superfície anterolateral do pescoço; define os limites dos triângulos cervicais anterior e lateral	O — manúbrio do esterno e parte medial da clavícula I — processo mastoide do osso temporal e linha nugal superior do osso occipital	Flexiona e gira lateralmente a cabeça; a contração simultânea dos músculos provoca flexão da coluna cervical; agindo isoladamente, cada músculo gira a cabeça na direção do ombro no lado oposto e inclina ou flexiona lateralmente a cabeça para o seu próprio lado	Nervo acessório (XI nervo craniano); nervos cervicais espinais C2 e C3 (ramos ventrais)
Escalenos	Localizados lateralmente no pescoço; mais profundos que o platisma e o esternocleidomastóideo	O — processos transversos das vértebras cervicais I — duas primeiras costelas	Elevam as duas primeiras costelas (auxílio na inspiração); flexionam e giram o pescoço	Nervos cervicais espinais

¹ Nota do revisor técnico: Na nomenclatura anatômica, esses músculos situam-se, respectivamente, nas regiões *esternocleidomastóidea* e *cervical lateral*.

Tabela 11.6 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS PRÓPRIOS DO DORSO (FIGURA 11.12b-d)				
Esplênio (Figuras 11.9 e 11.12b)	Músculo superficial e largo, bipartido (partes da cabeça e pescoço) se estendendo das vértebras torácicas superiores até o crânio	O — ligamento nugal ² , processos espinhosos das vértebras CVII-TVI I — processo mastoide do osso temporal e osso occipital (cabeça); processos transversos das vértebras CII-CIV (pescoço)	Estende a cabeça; quando os músculos esplênios realizam contração unilateral, a cabeça vira e inclina lateralmente para o mesmo lado	Nervos cervicais espinais (ramos dorsais)
Eretor da espinha (Figura 11.12c, lado esquerdo)	Agonista na extensão do dorso. O eretor da espinha em cada lado consiste em três colunas — os músculos iliocostal, longuíssimo e espinal — formando a camada intermediária dos músculos intrínsecos do dorso. Os eretores da espinha proporcionam resistência no cingulo do membro inferior que ajuda a controlar a ação de se inclinar para a frente, e agem como poderosos extensores no retorno à posição ereta. Durante a flexão plena (i. e., quando as pontas dos dedos das mãos tocam o chão), os eretores da espinha estão relaxados e a tensão é suportada inteiramente pelos ligamentos do dorso. Na inversão do movimento, esses músculos inicialmente estão inativos e a extensão é iniciada pelos músculos da região femoral posterior (jarrete) e glúteo máximo. Como resultado dessa peculiaridade, levantar uma carga ou mover-se subitamente a partir de uma posição inclinada é potencialmente lesivo para os músculos e ligamentos do dorso e para os discos intervertebrais. Os músculos eretores da espinha sofrem espasmos dolorosos rapidamente após lesão nas estruturas do dorso.			

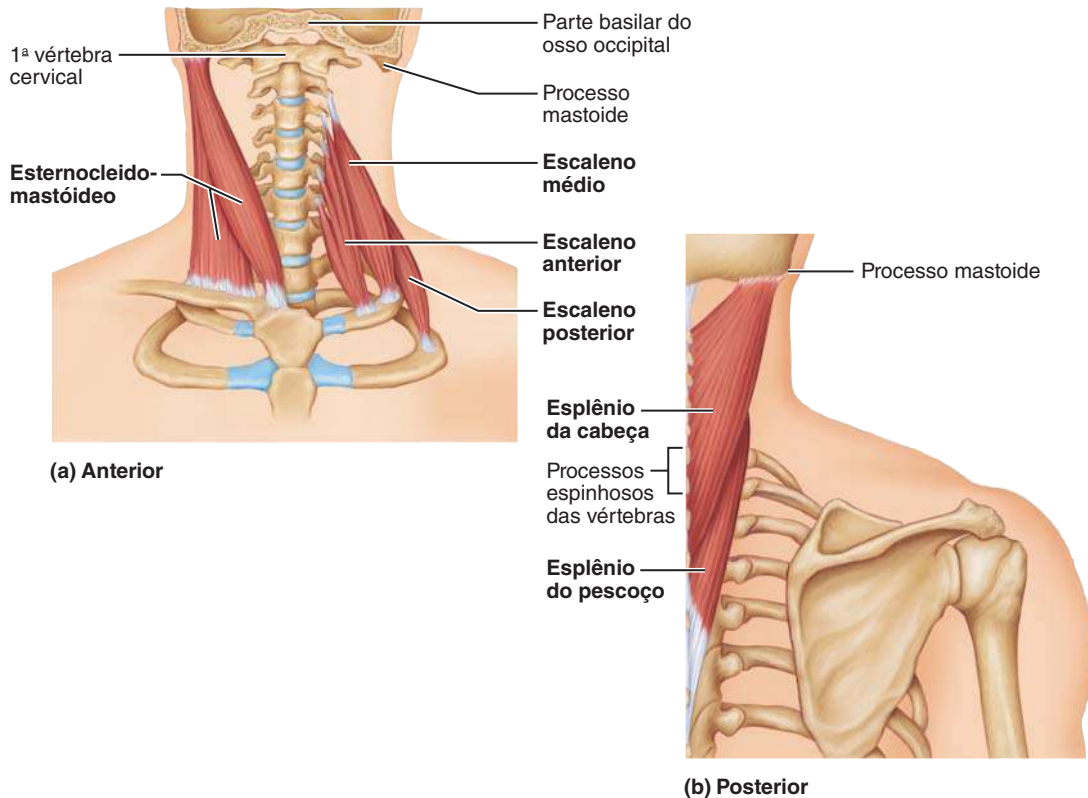


Figura 11.12 Músculos do pescoço e da coluna vertebral que movimentam a cabeça e o tronco. (a) Músculos da região cervical anterolateral do pescoço; o músculo platísmia superficialmente e os músculos profundos do pescoço foram removidos. (b) Músculos próprios do dorso; os músculos superficiais foram removidos.

² O ligamento nugal é um ligamento forte e elástico no plano sagital mediano que se estende do osso occipital no crânio ao longo das extremidades dos processos espinhosos das vértebras cervicais (Figura 11.12c). Ele une as vértebras cervicais e inibe a flexão excessiva da cabeça e pescoço, prevenindo assim os danos à medula espinal no canal vertebral.

Tabela 11.6

Músculos do pescoço e da coluna vertebral: movimentos da cabeça e extensão do tronco (Figura 11.12) *continuação*

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS PRÓPRIOS DO DORSO (FIGURA 11.12b-d) (continuação)				
• Iliocostal — do lombo (partes lombar e torácica) e do pescoço	Grupo muscular mais lateral do músculo eretor da espinha; estendem-se da pelve até o pescoço	O — do lombo: cristas ilíacas (lombar); 6 costelas inferiores (torácica); do pescoço: (costelas VI a III) I — ângulos das costelas (lombar e torácica); processos transversos das vértebras cervicais CIV-CVI (cervical)	Estende e flexiona lateralmente a coluna vertebral , mantém a postura ereta; agindo em um lado, inclina a coluna vertebral para o mesmo lado	Nervos espinais (ramos dorsais)
• Longuíssimo — do tórax, do pescoço e da cabeça	Grupo muscular tripartido, intermediário do eretor da espinha; estende-se a partir de muitos fascículos musculares desde a região lombar até o crânio; passa principalmente entre os processos transversos das vértebras	O — processos transversos das vértebras lombares até cervicais I — processos transversos das vértebras torácicas ou cervicais e até as costelas superiores à origem, como o nome indica; o longuíssimo da cabeça se insere no processo mastoide do osso temporal	Os longuíssimos do tórax e do pescoço estendem e flexionam lateralmente a coluna vertebral ; agindo em um lado realizam a flexão lateral; o longuíssimo da cabeça estende e gira a cabeça para o mesmo lado	Nervos espinais (ramos dorsais)
• Espinais — do tórax e do pescoço	Coluna muscular mais medial do eretor da espinha; o espinal do pescoço geralmente é rudimentar e maldefinido	O — processos espinhosos das vértebras lombares superiores e torácicas inferiores I — processos espinhosos das vértebras torácicas superiores e vértebras cervicais	Estende a coluna vertebral	Nervos espinais (ramos dorsais)
Semiespinal — do tórax, do pescoço e da cabeça (Figura 11.12c, lado direito)	Músculo composto que forma parte da camada profunda dos músculos próprios do dorso	O — processos transversos de CVII-TXII I — osso occipital (da cabeça) e processos espinhosos das vértebras cervicais (do pescoço) e torácicas T1-TVI (do tórax)	Estende a coluna vertebral e a cabeça, girando-as para o lado oposto ; age sinergicamente com o músculo esternocleidomastóideo do lado oposto	Nervos espinais (ramos dorsais)
Quadrado do lombo (ver também a Figura 11.22a)	Músculo espesso ³ que forma parte da parede posterior do abdome	O — crista ilíaca e aponeurose toracolombar I — processos transversos das vértebras lombares superiores e margem inferior da XII costela	Flexiona lateralmente a coluna vertebral quando age separadamente; em conjunto, estendem a coluna lombar e fixam a XII costela; mantém a postura ereta; auxilia na inspiração forçada	T12 e nervos espinais lombares superiores (ramos ventrais)

3 Nota do revisor técnico: na nomenclatura anatômica, o músculo quadrado do lombo é incluído no grupo dos músculos do abdome.

Tabela 11.6 continuação

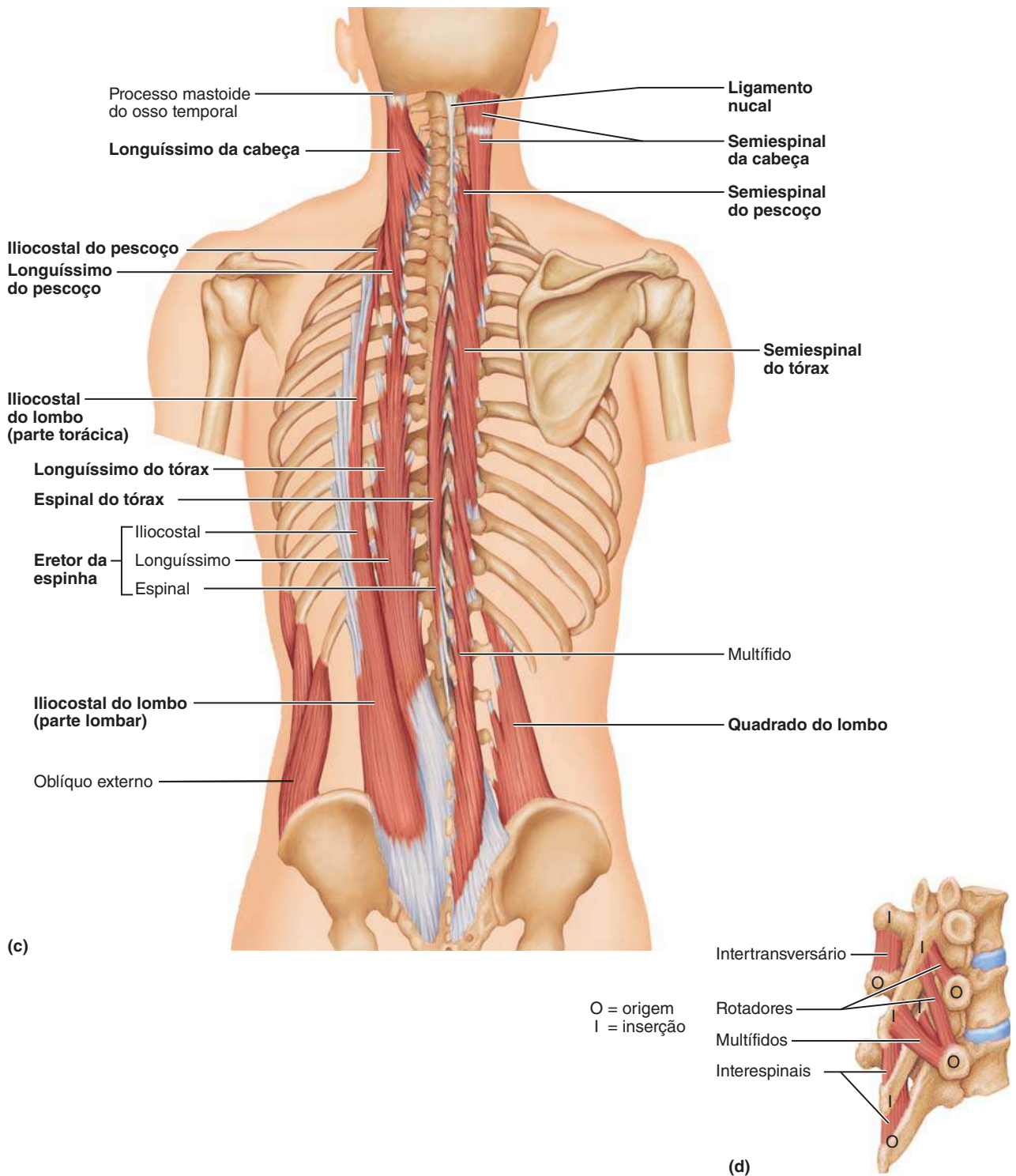


Figura 11.12 Músculos do pescoço e da coluna vertebral que movimentam a cabeça e o tronco, continuação. (c) Músculos profundos do dorso. Os músculos superficiais e os esplênios foram removidos. As três colunas musculares (iliocostal, longuíssimo e espinal) que compõem o eretor da espinha são exibidas à esquerda; os músculos semiespinais mais profundos são exibidos à direita. (d) Músculos mais profundos do dorso, associados à coluna vertebral.

Tabela 11.7

Músculos profundos do tórax: respiração (Figura 11.13)

A principal função dos músculos profundos do tórax é propiciar os movimentos necessários para a respiração. A respiração tem duas fases — inspiração e expiração — que são determinadas por alterações cíclicas no volume da cavidade torácica.

Os músculos torácicos são muito curtos: A maioria vai apenas de uma costela à outra. Eles formam três camadas na parede torácica. Os **músculos intercostais externos** formam a camada mais superficial. Eles elevam a caixa torácica, aumentando as suas dimensões anteroposterior e lateral. Desse modo, os intercostais externos funcionam durante a inspiração. Os **intercostais internos** formam a camada muscular intermediária. Eles podem ajudar a expiração forçada comprimindo a caixa torácica. A terceira e mais profunda camada muscular da parede torácica se conecta às superfícies internas das costelas. Ela possui três partes descontínuas (da posterior até a anterior): *subcostais*, *intercostais íntimos* e *transversos do tórax*. Eles são pequenos e de função discutida, e não são apresentados nesta tabela.

O **diafragma**, o músculo mais importante da respiração (Figuras 11.13b e c), forma uma partição completa entre as cavidades torácica e abdominopélvica. No estado relaxado, o diafragma tem a forma de uma cúpula. Quando se contrai, ele se move inferiormente e se achata, aumentando o volume da cavidade torácica. Assim, o diafragma é um músculo potente na inspiração. Ele contrai ritmicamente durante a respiração, mas é possível contrai-lo voluntariamente para comprimir as vísceras abdominais e aumentar a pressão na cavidade abdominopélvica. Essa pressão ajuda a evacuar o conteúdo dos órgãos pélvicos (fezes, urina ou um bebê). Também é útil para erguer grandes pesos: quando uma pessoa respira profundamente para fixar o diafragma, o abdome se transforma em um pilar firme que não vai ceder sob o peso que está sendo erguido. Os músculos da parede anterior do abdome também ajudam a aumentar a pressão intra-abdominal (ver Tabela 11.8).

Com exceção do diafragma, que é inervado pelos *nervos frênicos* do pescoço, todos os músculos descritos nesta tabela são supridos pelos nervos que correm entre as costelas, chamados *nervos intercostais*.

Quando a respiração é forçada e pesada, como durante um exercício, outros músculos entram em atividade na respiração. Por exemplo, na inspiração forçada, os músculos escalenos e esternocleidomastóideo do pescoço ajudam a erguer as costelas. A expiração forçada é auxiliada pelos músculos da parede do abdome que puxam inferiormente as costelas e empurram o diafragma superiormente ao comprimirem os órgãos abdominais.

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
Intercostais externos	11 pares estão situados entre as costelas; as fibras seguem obliquamente (para baixo e anteriormente), de cada costela para a costela imediatamente inferior; nos espaços intercostais inferiores, as fibras são contínuas com o músculo oblíquo externo, formando parte da parede do abdome	O — margem inferior da costela superior I — margem superior da costela inferior	Com as primeiras costelas fixas pelos músculos escalenos, os intercostais externos tracionam as costelas na direção umas das outras para elevar a caixa torácica ; ajudam na inspiração; sinergistas do diafragma	Nervos intercostais
Intercostais internos	11 pares se situam entre as costelas; as fibras seguem para cima e posteriormente e em ângulos retos com as fibras dos intercostais externos; os músculos intercostais internos inferiores são contínuos com as fibras do músculo oblíquo interno da parede do abdome	O — margem superior da costela inferior I — margem inferior (sulco costal) da costela superior	Com as XII costelas fixas pelo quadrado lombar, pelos músculos da parede posterior do abdome e pelos músculos oblíquos, os intercostais internos unem as costelas e comprimem a caixa torácica ; ajudam na expiração forçada; antagonistas dos intercostais externos	Nervos intercostais
Diafragma	Músculo largo, atravessado pela aorta, veia cava inferior e esôfago; forma o assoalho da cavidade torácica; no estado relaxado, tem uma forma de cúpula; as fibras convergem das margens da caixa torácica para um tendão central	O — processo xifoide, face interna das cartilagens costais das seis últimas costelas; e vértebras lombares I — tendão central	Motor agonista da inspiração; achata na contração , aumentando as dimensões verticais do tórax; quando fortemente contraído, aumenta radicalmente a pressão intra-abdominal	Nervos frênicos

Tabela 11.7 continuação

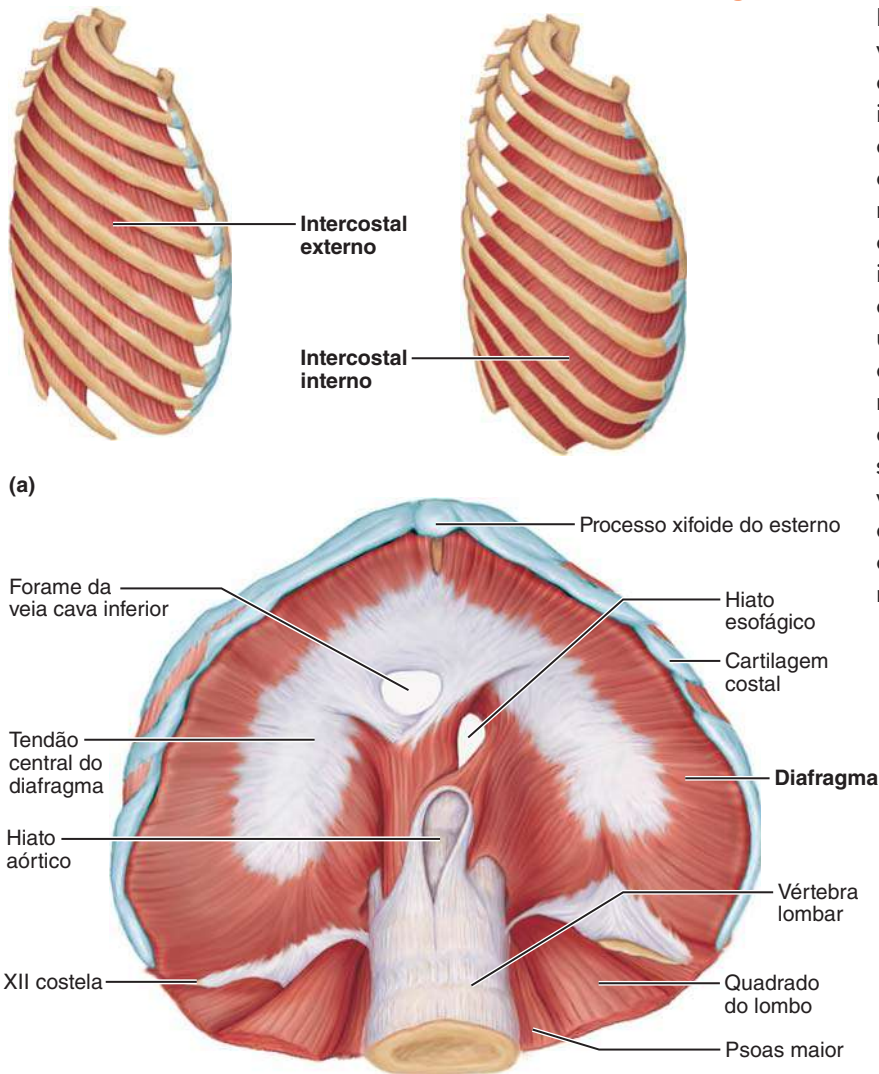


Figura 11.13 Músculos da respiração. (a) Músculos profundos do tórax em vista lateral direita: os intercostais externos são superficiais aos intercostais internos. Essas duas camadas musculares seguem obliquamente e em ângulos retos entre si. **(b)** Vista inferior do diafragma, o motor principal da inspiração. Suas fibras musculares convergem para um tendão central, uma organização que faz com que o diafragma se achate e se mova inferiormente à medida que contrai. O diafragma e seu tendão são atravessados pelos grandes vasos (aorta e veia cava inferior) e pelo esôfago. **(c)** Fotografia do diafragma em vista superior em nível da vértebra TIX.

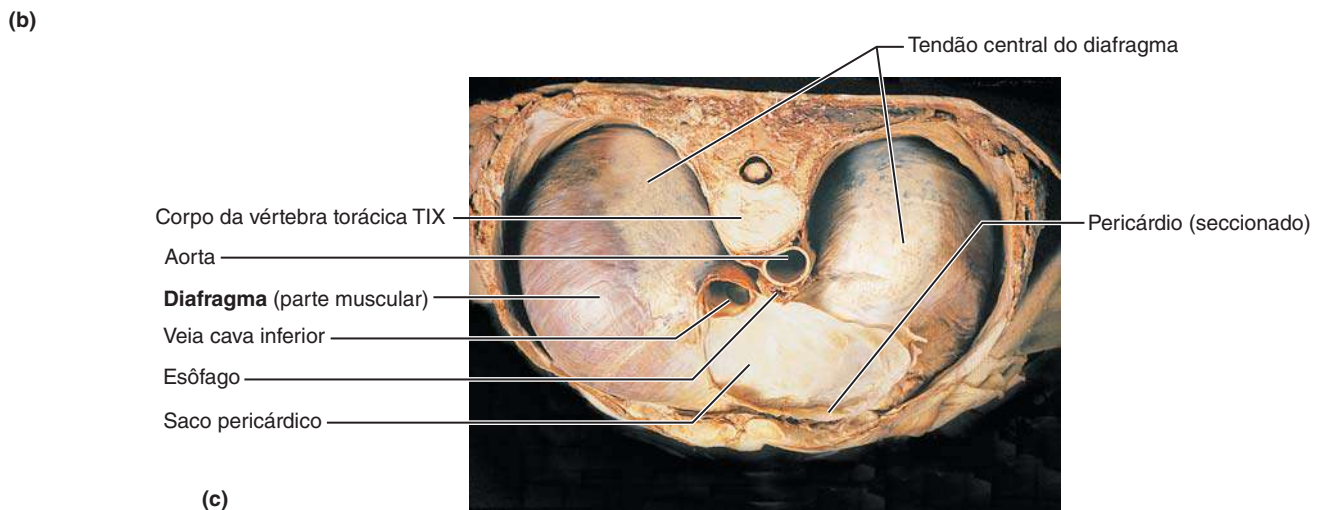


Tabela 11.8

Músculos da parede do abdome: movimentos do tronco e compressão das vísceras abdominais (Figura 11.14)

As paredes do abdome não possuem reforços ósseos (nenhuma costela) e são formadas por um conjunto de camadas musculares, suas fâscias e aponeuroses. Três músculos planos e largos sobrepostos formam as partes anterior e lateral da parede do abdome: o **oblíquo externo**, o **oblíquo interno** e o **transverso do abdome**, continuações diretas dos três músculos intercostais no tórax. Os fascículos do oblíquo externo seguem na direção infero-medial, em ângulos retos com os fascículos do músculo oblíquo interno, que seguem principalmente na direção superomedial. Os fascículos do profundo do transverso do abdome são rigorosamente horizontais. Essa organização dos fascículos em direções diferentes confere grande resistência à parede do abdome, do mesmo modo que a madeira compensada obtém sua resistência das folhas de madeira cujos veios seguem em direções diferentes. Esses três músculos terminam anteriormente em amplas aponeuroses que confinam um quarto par de músculos, o **reto do abdome**, e se estendem medialmente, inserindo-se na **linha alba** (“linha branca”), uma rafe (costura) tendínea que segue verticalmente do esterno até a sínfise púbica. O confinamento apertado do reto do abdome nas aponeuroses, chamado de **bainha do músculo reto do abdome**, assegura que esse músculo não se rompa como a corda de um arco quando contrai para flexionar o tronco.

Funções. Os quatro músculos da parede do abdome atuam na flexão anterior (exercício abdominal), flexão lateral e rotação do tronco. Quando contraem simultaneamente, eles tracionam as costelas inferiormente e comprimem o conteúdo abdominal. Essa ação empurra o diafragma para cima e ajuda na expiração forçada. Quando os músculos do abdome contraem-se simultaneamente com o diafragma e a via aérea é fechada

(manobra de Valsalva), a maior pressão intra-abdominal ajuda a promover a micção, defecação, vômito, parto, espirro, tosse, risada, soluço, grito e assoada do nariz. Da próxima vez que você realizar uma dessas atividades, sinta os músculos da parede do abdome contraírem sob a sua pele. Esses músculos também ajudam a sustentar as vísceras abdominais e reforçam o tronco. Eles contraem durante o levantamento de peso — algumas vezes com tanta força que ocorrem hérnias.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hérnia Uma hérnia abdominal é uma protrusão anormal do conteúdo abdominal para fora da cavidade do abdome através de um ponto fraco nos músculos da sua parede. Os elementos herniados com mais frequência são as alças em espiral do intestino delgado e partes do omento maior (uma grande membrana de peritônio da cavidade do abdome). Uma hérnia pode resultar do aumento da pressão intra-abdominal durante o levantamento de peso ou do esforço na defecação. Um elemento herniado da cavidade do abdome geralmente se encontra bem abaixo da pele ou na fâscia superficial, onde consegue formar uma saliência visível na superfície corporal. Os tipos mais comuns de hérnias ocorrem na virilha, na região da aponeurose do músculo oblíquo externo (hérnia inguinal); na parte superior da coxa (hérnia femoral), através do forame para o esôfago no diafragma (hérnia de hiato); e no umbigo ou em volta deste (hérnia umbilical).

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DA PAREDE ANTERIOR E LATERAL DO ABDOME				
	Quatro pares de músculos planos; atuam na sustentação e proteção das vísceras abdominais; e flexão lateral da coluna vertebral			
Oblíquo externo	Maior e mais superficial dos três músculos laterais; as fibras seguem inferior e medialmente (mesma direção adotada pelos dedos das mãos estendidos, quando colocamos as mãos no bolso da calça); a aponeurose se curva inferiormente, formando o ligamento inguinal	O — por faixas musculares a partir das superfícies externas das oito costelas inferiores I — a maioria das fibras se insere na linha alba via uma aponeurose ampla; algumas se inserem na crista púbica, no tubérculo púbico e na crista ilíaca	Flexiona a coluna vertebral e comprime a parede do abdome quando o par contrai simultaneamente; agindo individualmente, auxilia os músculos do dorso na rotação e flexão lateral do tronco; utilizado no exercício de contorção oblíqua	Nervos intercostais (T7-T12)
Oblíquo interno	A maioria das fibras segue na direção superior e medial; o músculo forma um leque de modo que suas fibras inferiores seguem inferior e medialmente	O — aponeurose toracolombar, crista ilíaca e ligamento inguinal I — linha alba, crista púbica, três ou quatro últimas costelas e margem costal	A mesma do oblíquo externo	Nervos intercostais (T7-T12) e L1
Transverso do abdome	Músculo mais profundo da parede do abdome; as fibras seguem na direção horizontal	O — ligamento inguinal, aponeurose toracolombar, cartilagens das seis últimas costelas; crista ilíaca I — linha alba, crista púbica	Comprime o conteúdo da cavidade do abdome	Nervos intercostais (T7-T12) e L1

Tabela 11.8 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DA PAREDE ANTERIOR E LATERAL DO ABDOME (continuação)				
Reto do abdome	Par de músculos mediais; estendem-se do púbis até a caixa torácica; embainhados pelas aponeuroses dos músculos laterais; segmentados por três intersecções tendíneas	O — crista púbica e sínfise púbica I — processo xifoide e cartilagens costais das costelas V-VII	Flexionam e rotacionam a região lombar da coluna vertebral; fixam e abaixam as costelas, estabilizam a pelve durante a caminhada, aumentam a pressão intra-abdominal; utilizados nos exercícios abdominais	Nervos intercostais (T6 ou T7-T12)

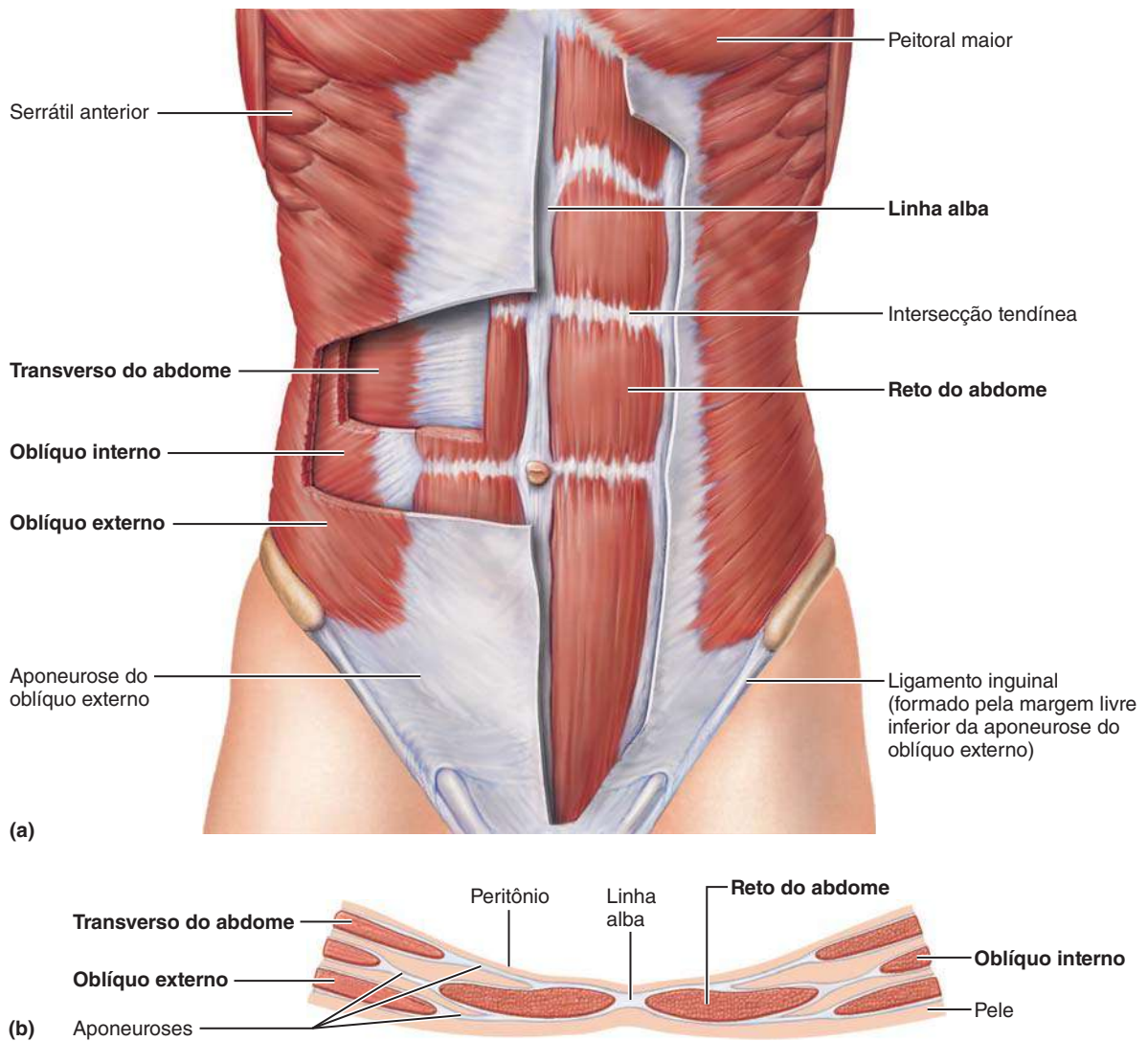


Figura 11.14 Músculos da parede do abdome. (a) Vista anterior dos músculos que formam a parede anterior e lateral do abdome. Os músculos superficiais foram parcialmente removidos para revelar os músculos mais profundos. (b) Corte transversal através da parede do abdome anterior (região média), mostrando como as aponeuroses dos músculos do abdome laterais contribuem para a formação da bainha do músculo reto do abdome.

Tabela 11.8

Músculos da parede do abdome: movimentos do tronco e compressão das vísceras abdominais (Figura 11.14) *continuação*

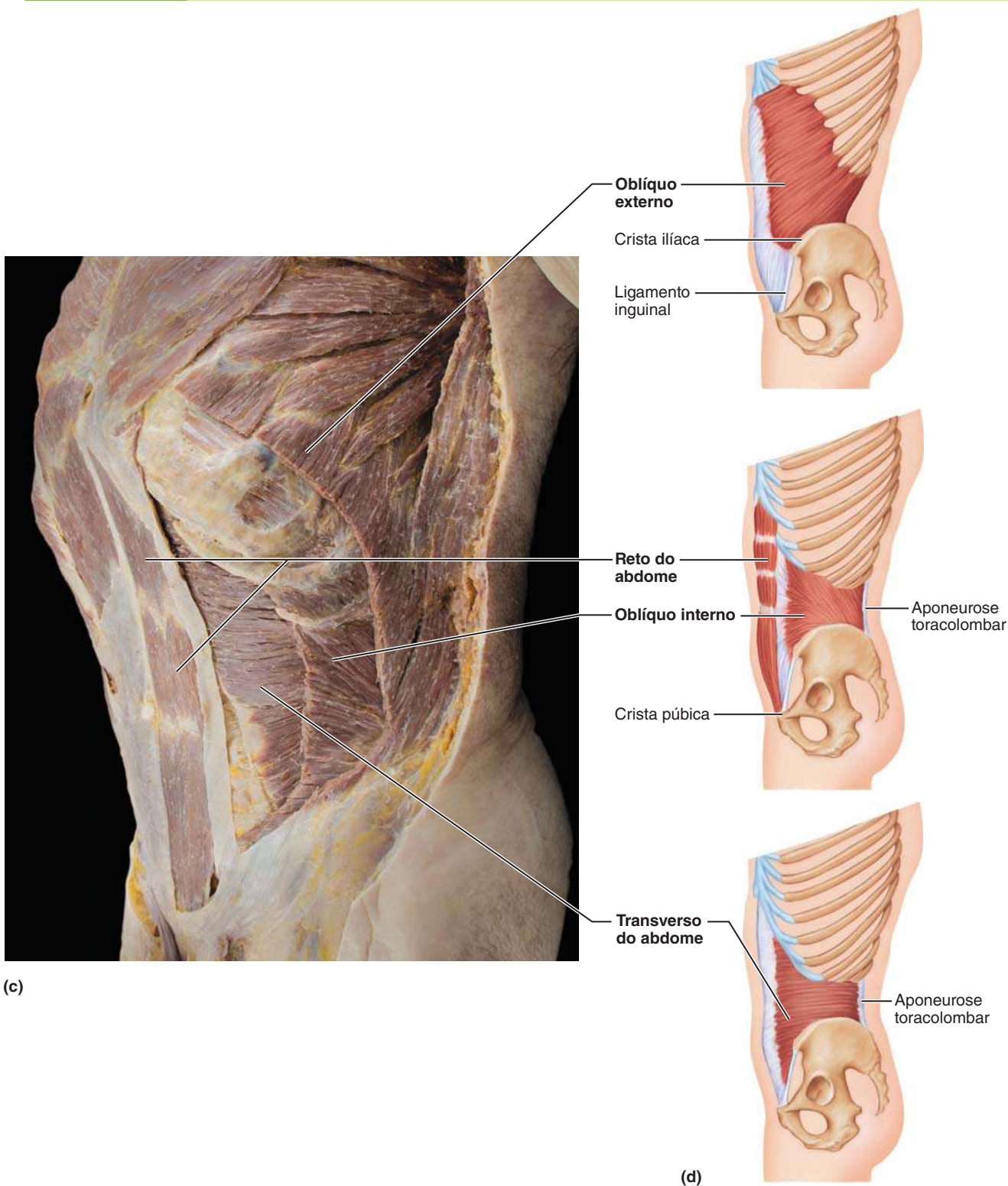


Figura 11.14 **Músculos da parede do abdome, continuação.** (c) Dissecação mostrando os músculos da parede do abdome em vista lateral esquerda. (d) Vistas laterais esquerdas do tronco ilustrando as direções das fibras e as conexões dos músculos oblíquo externo, oblíquo interno e transverso do abdome. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 34.)

Tabela 11.9

Músculos do assoalho da pelve e do períneo: sustentação dos órgãos abdominopélvicos (Figura 11.15)

O assoalho, ou **diafragma da pelve** (Figura 11.15a), é uma camada que consiste em dois músculos, o **levantador do ânus** e o pequeno **isquiococcígeo** (**coccígeo**). Esse diafragma sustenta os órgãos pélvicos, veda a abertura inferior da pelve óssea e se ergue superiormente durante a defecação. O diafragma da pelve é atravessado pelo reto e pela uretra e nas mulheres também pela vagina.

A região inferior ao diafragma da pelve é o **períneo** (Figura 11.15b e c). Na metade anterior do períneo há uma camada muscular triangular, chamada **diafragma urogenital**. Ele contém o músculo **esfíncter externo da uretra**, que envolve a uretra. Utilizamos esse músculo voluntariamente para evitar a micção. Imediatamente inferior ao diafragma urogenital está o espaço superficial do períneo, que contém músculos (**bulboesponjoso**, **isquiocavernoso**) que ajudam a manter a ereção do pênis e do clitóris. Na metade posterior do períneo, circundando o ânus, encontra-se o **esfíncter externo do ânus** (Figura 11.15b). Esse músculo é utilizado voluntariamente para evitar a defecação. Imediatamente anterior a esse esfíncter, no ponto médio exato do períneo, encontra-se o **tendão central** (ou centro tendíneo) do períneo. Muitos músculos do períneo se inserem nesse tendão forte e, ao fazê-lo, são capazes de suportar o peso dos órgãos da pelve.

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DO DIAFRAGMA DA PELVE (FIGURA 11.15a)				
Levantador do ânus	Músculo largo e tripartido (pubococcígeo, puborretal e iliococcígeo); fibras com direção inferomedial, formando uma "tipoia" muscular em torno da próstata (ou vagina), uretra e junção anorretal antes de se encontrarem no plano mediano	O — origem linear extensa dentro da pelve, do púbis até a espinha isquiática I — face interna do cóccix, levantador do ânus do lado oposto e (em parte) nas estruturas que o atravessam	Apoia e mantém a posição dos órgãos pélvicos ; resiste à deflexão inferior que acompanha os aumentos da pressão intrapélvica durante a tosse, vômito e esforços expulsivos dos músculos do abdome; forma os esfíncteres na junção anorretal e na vagina; eleva o canal anal durante a defecação	S3, S4 e nervo retal inferior (ramo do nervo pudendo)
Isquiococcígeo	Pequeno músculo triangular situado posteriormente ao levantador do ânus; forma a parte posterior do diafragma da pelve	O — espinha do ísquio I — sacro e cóccix	Sustenta os órgãos pélvicos ; mantém o cóccix e traciona-o anteriormente depois de ter sido defletido posteriormente na defecação ou no parto	S4 e S5
MÚSCULOS DO DIAFRAGMA UROGENITAL (FIGURA 11.15b)				
Transverso profundo do períneo	Os dois (D,E) ocupam a distância entre os ramos do ísquio; nas mulheres, situa-se posteriormente à vagina	O — ramos do ísquio I — tendão central do períneo; nas mulheres algumas fibras na parede da vagina	Sustenta os órgãos pélvicos ; fixa o tendão central	Nervo pudendo
Esfíncter externo da uretra	Músculo que circunda a uretra, e também a vagina	O — ramos isquiopúbicos I — rafe mediana	Constringe a uretra ; permite a inibição voluntária da micção; ajuda a sustentar os órgãos pélvicos	Nervo pudendo
MÚSCULOS DO ESPAÇO SUPERFICIAL DO PERÍNEO (FIGURA 11.15c)				
Isquiocavernoso	Percorre da pelve até a base do pênis ou clitóris	O — túber isquiático I — ramo do corpo cavernoso do pênis ou do clitóris	Retarda a drenagem venosa e mantém a ereção do pênis ou clitóris	Nervo pudendo
Bulboesponjoso	Envolve o bulbo do pênis nos homens e encontra-se imediatamente profundo aos lábios maiores nas mulheres	O — tendão central do períneo e rafe mediana do pênis I — anteriormente no corpo cavernoso do pênis ou clitóris	Esvazia a uretra masculina ; ajuda na ereção do pênis ou clitóris	Nervo pudendo
Transverso superficial do períneo	Faixa muscular posterior ao óstio da uretra (e nas mulheres também ao óstio da vagina); variáveis; algumas vezes ausente	O — túber isquiático I — tendão central do períneo	Estabiliza e fortalece o tendão central do períneo	Nervo pudendo

Tabela 11.9

Músculos do assoalho da pelve e do períneo: sustentação dos órgãos abdominopélvicos (Figura 11.15) *continuação*

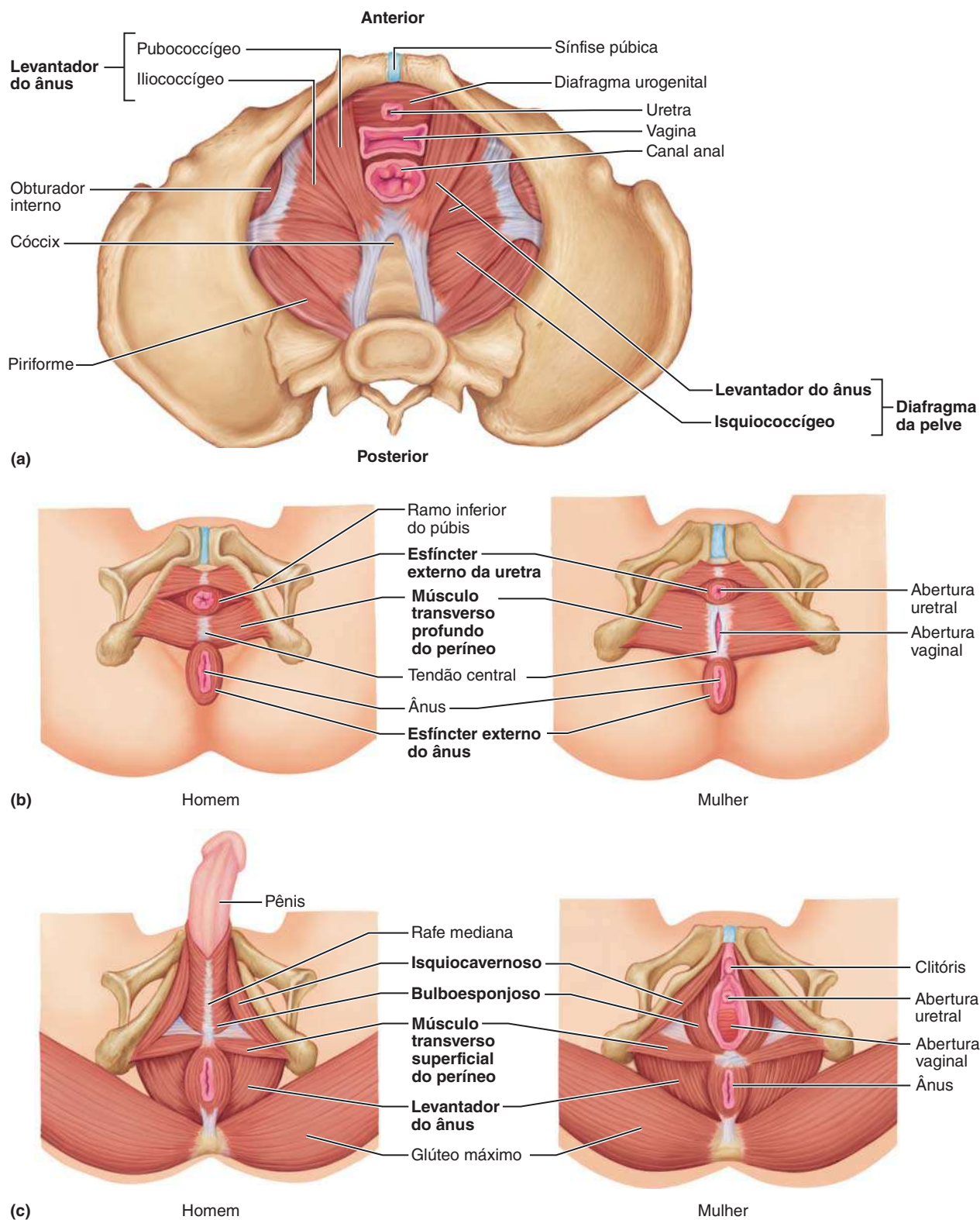


Figura 11.15 **Músculos do assoalho pélvico e do períneo.** (a) Vista superior dos músculos do assoalho da pelve (levantador do ânus e cocciógeo) em uma pelve feminina. (b) Vista inferior dos músculos do diafragma urogenital do períneo. (c) Músculos do espaço superficial do períneo, que ficam profundos à pele do períneo.

Tabela 11.10 Músculos superficiais anteriores e posteriores do tórax: movimentos da escápula (Figura 11.16)

Os músculos mais superficiais do tórax são os *músculos extrínsecos do ombro*, que se originam das costelas e da coluna vertebral e se inserem no cingulo do membro superior. Eles fixam a escápula e a movimentam para aumentar a amplitude de movimentos do braço. Os músculos *anteriores* desse grupo são o **peitoral maior**, **peitoral menor**, **serrátil anterior** e **subclávio** (Figura 11.16a e b). Os *músculos posteriores* são o **trapézio** e o **latíssimo do dorso**, superficialmente, e mais profundos o **levantador da escápula** e os **romboides** (Figura 11.16c e d). O peitoral maior e o latíssimo do dorso se inserem no úmero. Eles atuam principalmente nos movimentos do braço (Tabela 11.11).

A escápula é submetida a uma série de movimentos sobre a caixa torácica posteriormente.

Elevação. Na *elevação* (movimento superior) da escápula, como no encolhimento dos ombros, os músculos motores principais são o levantador da escápula e a parte descendente do trapézio; os romboides são sinergistas. Repare que todos os fascículos desses músculos assumem um trajeto inferolateral (ver Figura 11.16c e d); assim, eles são levantadores ideais da escápula.

Depressão. A *depressão* (*abaixamento*) (movimento inferior) da escápula deve-se principalmente à gravidade (peso do braço). No entanto, quando a escápula precisa ser abaixada contra uma resistência, essa ação é exercida pelos músculos serrátil anterior, peitoral menor e parte ascendente do trapézio. Os fascículos de todos esses músculos seguem superiormente e se inserem na escápula.

Protração/abdução. A *protração* ou *abdução* movimenta a escápula lateral e anteriormente (como no ato de socar). Essa ação é executada principalmente pelo músculo serrátil anterior, cujas fibras horizontais tracionam a escápula na direção anterolateral.

Retração/adução. A *retração* ou *adução* movimenta a escápula medial e posteriormente. Isso é feito pela parte transversa do trapézio e pelos músculos romboides.

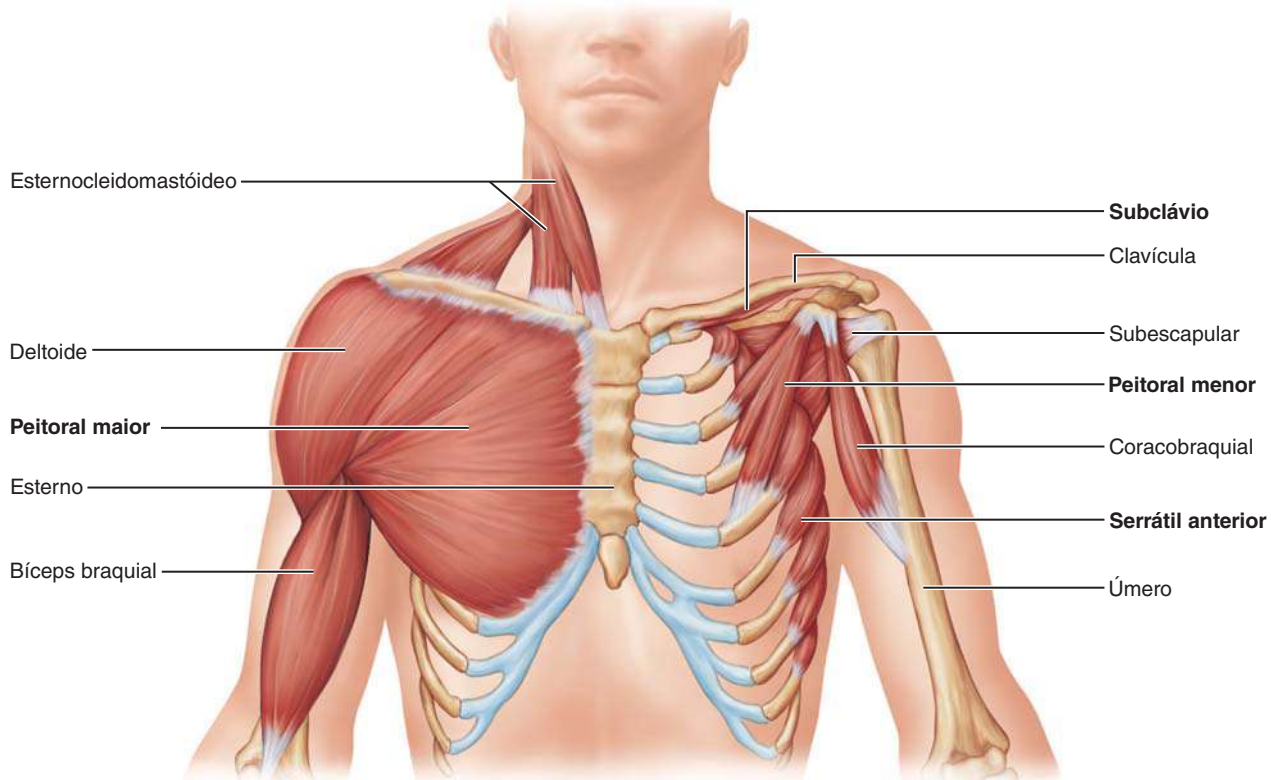
Rotação lateral (ascendente). A *rotação lateral* da escápula (na qual o ângulo inferior da escápula se move lateralmente) permite que uma pessoa erga o braço acima da cabeça: o músculo serrátil anterior desloca o ângulo inferior lateralmente, enquanto a parte descendente do trapézio, tracionando a espinha da escápula, desloca a margem superior da escápula medialmente.

Rotação medial (descendente). Na *rotação medial* da escápula (na qual o ângulo inferior volta-se medialmente, como no ato de remar uma canoa), os músculos romboides tracionam a parte inferior da escápula medialmente, enquanto o músculo levantador da escápula fixa a parte superior.

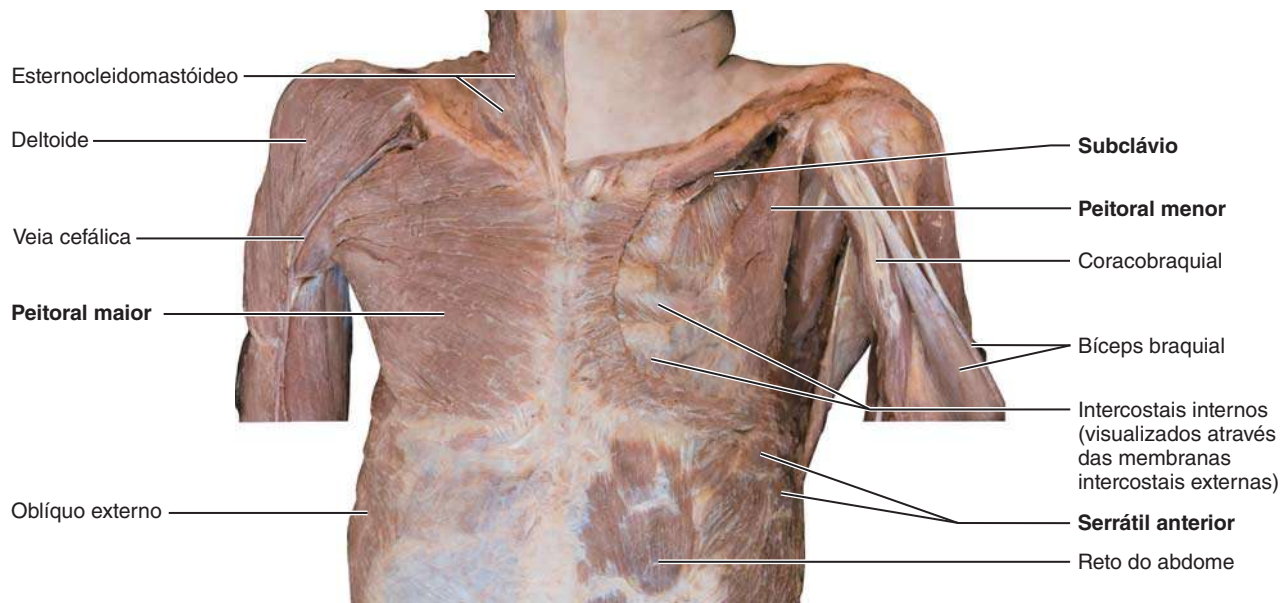
Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS ANTERIORES DO TÓRAX (FIGURA 11.16a E b)				
Peitoral menor	Músculo fino e plano profundo ao peitoral maior	O — face anterior das costelas III-V (ou II-IV) I — processo coracoide da escápula	Com as costelas fixas, protrai e deprime a escápula ; com a escápula fixa, traciona superiormente a caixa torácica	Nervos peitorais medial e lateral (C6-C8)
Serrátil anterior	Músculo em forma de leque; profundo à escápula; profundo e inferior aos músculos peitorais, lateralmente na caixa torácica; forma a parede medial da axila; as origens têm uma aparência em dente de serra	O — por uma série de fitas musculares das costelas I-VIII (ou IX) I — toda a superfície anterior da margem medial da escápula	Rotação lateral da escápula ; motor principal para protrar e manter a escápula contra a parede torácica; papel importante na abdução e na elevação do braço, além dos movimentos horizontais do braço (empurrar, socar); chamado "músculo do boxeador"	Nervo torácico longo (C5-C7)
Subclávio	Pequeno músculo cilíndrico que se estende da I costela até a clavícula	O — cartilagem costal da I costela I — sulco na face inferior da clavícula	Ajuda a estabilizar e a abaixar o cingulo do membro superior	Nervo subclávio (C5 e C6)

Tabela 11.10

Músculos superficiais anteriores e posteriores do tórax: movimentos da escápula (Figura 11.16) *continuação*



(a)



(b)

Figura 11.16 **Músculos anteriores do tórax que agem sobre a escápula e o braço.** (a) Vista anterior. Os músculos superficiais que movem o braço são exibidos à esquerda; os profundos, que agem no cingulo do membro superior, são exibidos à direita. (b) Dissecção em cadáver, vista anterior.

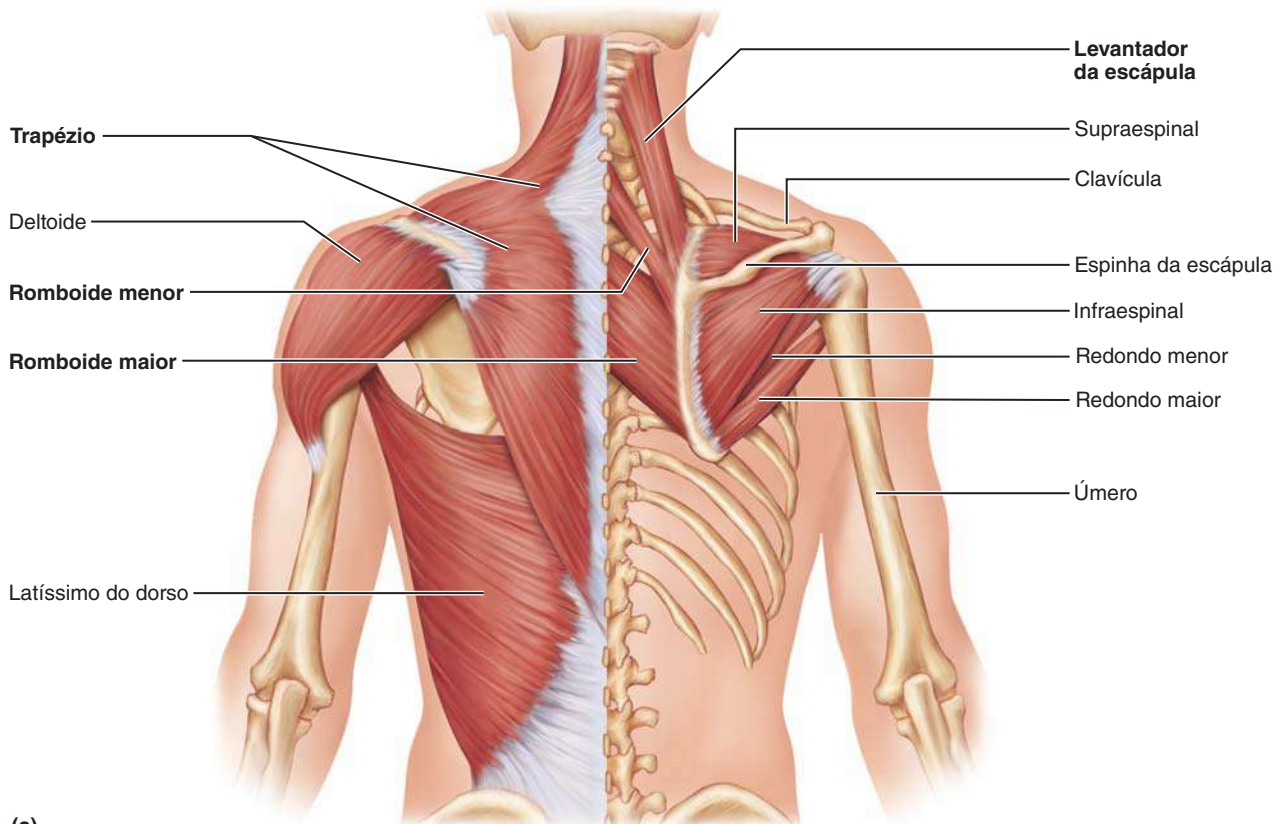
Tabela 11.10 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS POSTERIORES DO TÓRAX⁴ (FIGURA 11.16c e d)				
Trapézio	O músculo mais superficial plano e triangular; em relação à espinha da escápula, apresenta as partes descendente (superior), transversa (média) e ascendente (inferior)	O — osso occipital, ligamento nocal e processos espinhosos de CVII e de todas as vértebras torácicas I — ao longo do acrômio; espinha da escápula e terço lateral da clavícula	Estabiliza, eleva, retrai e roda a escápula; as fibras médias retraem (aduzem) a escápula ou podem ajudar a estender a cabeça quando a escápula está fixada; as fibras inferiores abaixam a escápula (e o ombro)	Nervo acessório (XI nervo craniano); C3 e C4
Levantador da escápula	Músculo espesso em forma de fita localizado na parte posterior e lateral do pescoço, mais profundo que o trapézio	O — processos transversos de C1-CIV I — margem medial da escápula, superior à espinha (ângulo superior)	Eleva e aduz a escápula em sinergia com as fibras superiores do trapézio; roda a escápula inferiormente; quando a escápula está fixada, flexiona o pescoço para o mesmo lado	Nervos espinais cervicais e nervo dorsal da escápula (C3-C5)
Romboides	Dois músculos retangulares profundos ao trapézio e inferiores ao levantador da escápula; o romboide menor é o músculo mais superior	O — processos espinhosos de CVII e T1 (menor) e processos espinhosos de T11-TV (maior) I — margem medial da escápula	Estabilizam a escápula; agem em conjunto (e com as fibras médias do trapézio) na retração da escápula, alinhando assim os ombros; rodam a escápula inferiormente (como ocorre quando o braço é abaixado contra uma resistência)	Nervo dorsal da escápula (C4 e especialmente C5)

4 Nota do revisor técnico: na nomenclatura anatômica, muito embora situados na face posterior do tórax, esses músculos são considerados como músculos do dorso.

Tabela 11.10

Músculos superficiais anteriores e posteriores do tórax: movimentos da escápula (Figura 11.16) *continuação*



(c)

Músculos superficiais

Trapézio

Deltoide

Redondo maior

Trígono da ausculta

Latíssimo do dorso

Músculos mais profundos

Levantador da escápula

Supraespinal

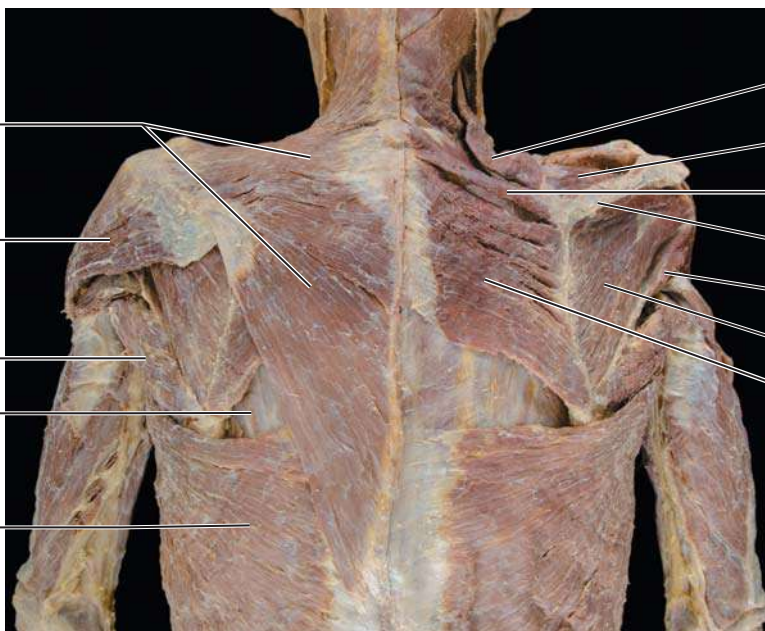
Romboide menor

Espinha da escápula

Redondo menor

Infraespinal

Romboide maior



(d)

Figura 11.16 **Músculos posteriores do tórax que agem sobre a escápula e o braço, *continuação*.** (c) Vista posterior. Os músculos superficiais do dorso são exibidos no lado esquerdo. Os músculos superficiais foram removidos no lado direito para revelar os músculos mais profundos que agem na escápula e os músculos da escápula que ajudam a estabilizar a articulação do ombro (manguito rotador). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 32.) (d) Vistas similares as de (c) em dissecções em cadáver.

Tabela 11.11

Músculos que cruzam a articulação do ombro: movimentos do braço (úmero) (Figura 11.17)

A articulação do ombro é a mais móvel do corpo, mas paga o preço da instabilidade. Muitos músculos cruzam a articulação do ombro e se inserem no úmero. A maioria desses músculos se origina no cingulo do membro superior, com exceção de dois, o latíssimo do dorso e o peitoral maior, com origens no esqueleto axial.

Quando considerar os movimentos do braço, lembre-se de que o termo *braço* se refere à região que contém o úmero. Dos nove músculos abordados aqui, os três maiores são potentes agonistas: o **peitoral maior**, o **latíssimo do dorso** e o **deltoide** (Figura 11.17a e b). Os outros seis são sinergistas e fixadores. Quatro desses músculos fazem parte do *manguito rotador*: **supraespinal**, **infraespinal**, **subescapular** e **redondo menor** (introduzidos no Capítulo 9 — Articulações, p. 233). Esse manguito reforça a cápsula articular do ombro para impedir o deslocamento excessivo da cabeça do úmero. Os dois músculos restantes, o **redondo maior** e o **coracobraquial**, agem como sinergistas dos motores primários (agonistas).

As interações desses nove músculos são complexas, e cada uma delas contribui para vários movimentos. (Um resumo das suas ações é fornecido na p. 287, Tabela 11.1, Parte I.)

Flexão. Os músculos que se originam *anteriormente* à articulação do ombro *flexionam* o braço (erguem-no anteriormente). Esses flexores incluem o peitoral maior, as fibras da parte clavicular (anteriores) do deltoide e o coracobraquial.

Extensão. Os músculos que se originam *posteriormente* à articulação do ombro *estendem* o braço. Esses extensores incluem o latíssimo do dorso, as fibras da parte espinal (posteriores) do deltoide e o redondo maior.

Abdução. A fibra da parte acromial (médias) do músculo deltoide constituem o *abductor* principal do braço e se estendem sobre as faces superior e lateral do úmero para mover o braço lateralmente.

Adução. Os principais músculos *adutores* do braço são o peitoral maior, anteriormente, e o latíssimo do dorso, posteriormente.

Rotação. A *rotação lateral* e a *rotação medial* do braço são executadas principalmente pelos músculos do manguito rotador.

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
Peitoral maior	Músculo plano em forma de leque cobrindo a parte anterior e superior do tórax; forma a parede anterior da axila; dividido nas partes clavicular, esterno costal e abdominal	O — extremidade esternal da clavícula, cartilagem das costelas I-VI (ou VII) e aponeurose do músculo oblíquo externo do abdome I — as fibras convergem e se inserem, por meio de um tendão curto, no tubérculo maior do úmero	Agonista na flexão do braço; roda o braço medialmente; aduz o braço contra resistência; com a escápula (e o braço fixados), traciona superiormente a caixa torácica e, assim, ajuda a escalar, arremessar, empurrar e também na respiração forçada	Nervos peitorais lateral e medial (C5-C8 e T1)
Deltoide	Músculo espesso e multipeniforme que forma a massa muscular arredondada do ombro; um local utilizado com frequência para injeção intramuscular, particularmente nos homens, que tendem a ter massa muscular mais desenvolvida	O — terço lateral da clavícula; acrômio e espinha da escápula I — tuberosidade para o músculo deltoide no úmero	Agonista da abdução do braço quando todas as fibras contraem simultaneamente; antagonista dos músculos peitoral maior e do latíssimo do dorso, que aduzem o braço; se apenas as fibras anteriores estiverem ativas, pode agir vigorosamente na flexão e rotação medial do braço, sendo, portanto, um sinergista do músculo peitoral maior; se apenas as fibras posteriores estiverem ativas, promove a extensão e rotação lateral do braço; ativo durante os movimentos rítmicos de oscilação do braço durante a caminhada	Nervo axilar (C5 e C6)

Tabela 11.11

Músculos que cruzam a articulação do ombro: movimentos do braço (úmero) (Figura 11.17) *continuação*

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
Latíssimo do dorso	Músculo plano e triangular da região lombar; origens superficiais extensas; coberto superiormente pelo músculo trapézio; contribui para a formação da parede posterior da axila	O — conexão indireta via fáscia toracolombar nos processos espinhosos das seis vértebras torácicas inferiores, vértebras lombares, III a IV costelas inferiores e crista ilíaca I — forma uma espiral em torno do músculo redondo maior e se insere no assoalho do sulco intertubercular do úmero	Agonistas da extensão do braço; adução e rotação medial do braço; desempenha um papel importante para abaixar o braço em um curso de potência, como em um golpe, no ato de martelar ou nadar; com os braços acima da cabeça, traciona o corpo para cima e para a frente, como no exercício de barra	Nervo toracodorsal (C6-C8)
Redondo maior	Músculo espesso e de contorno arredondado em secção transversal; situado inferiormente ao músculo redondo menor; ajuda a formar a parede posterior da axila (junto aos músculos latíssimo do dorso e subescapular)	O — face posterior do ângulo inferior da escápula I — crista do tubérculo menor no úmero anteriormente; tendão de inserção fundido com o tendão do latíssimo do dorso	Estende, roda medialmente e aduz o braço; sinergista do latíssimo do dorso	Nervo subescapular inferior (C5-C7)

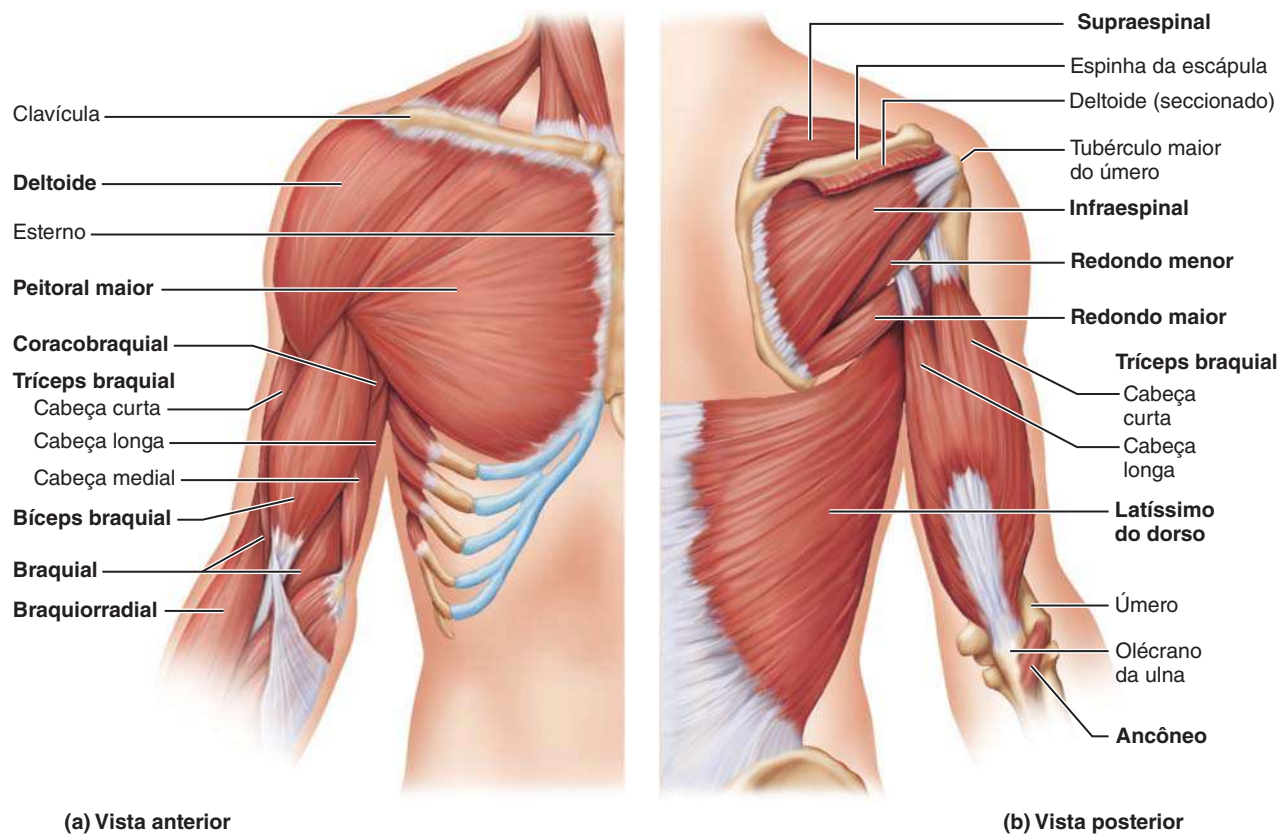


Figura 11.17 **Músculos que cruzam a articulação do ombro e a articulação do cotovelo, agindo no braço e no antebraço, respectivamente; lado direito.** (a) **Músculos anteriores do tórax, ombro e braço, vista anterior.** (b) **Músculos posteriores do tórax e do braço.** O músculo deltoide e o músculo trapézio foram removidos. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 35 e 36.)

Tabela 11.11 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
Subescapular ⁵	Forma parte da parede posterior da axila; o tendão de inserção cruza anteriormente a articulação do ombro	O — fossa subescapular da escápula I — tubérculo menor do úmero	Gira medialmente o braço; auxiliado pelo músculo peitoral maior; ajuda a manter a cabeça do úmero na cavidade glenoidal, estabilizando a articulação do ombro	Nervo subescapular (C5 e C6)
Supraespinal ⁶	Nome derivado da sua localização na face da escápula; mais profundo que o trapézio	O — fossa supraespinal da escápula I — região superior do tubérculo maior do úmero	Inicia a abdução do braço; estabiliza a articulação do ombro; ajuda a evitar o deslocamento do úmero inferiormente, como acontece quando carregamos uma mala pesada	Nervo supraescapular (C5 e C6)
Infraespinal ⁷	Parcialmente coberto pelos músculos deltoide e trapézio; nome derivado da sua localização na escápula	O — fossa infraespinal da escápula I — tubérculo maior do úmero posteriormente à inserção do supraespinal	Roda lateralmente o braço; ajuda a manter a cabeça do úmero na cavidade glenoidal, estabilizando a articulação do ombro	Nervo supraescapular
Redondo menor ⁸	Músculo pequeno e alongado; situado inferiormente ao infraespinal, com quem pode fundir-se	O — margem lateral da escápula I — tubérculo maior do úmero, inferior à inserção do infraespinal	As mesmas ações do músculo infraespinal	Nervo axilar (C5 e C6)
Coracobraquial	Músculo pequeno e cilíndrico; localizado no compartimento anterior do braço	O — processo coracoide da escápula I — face medial da diáfise do úmero	Flexão e adução do braço; sinergista do músculo peitoral maior	Nervo musculocutâneo (C5-C7)

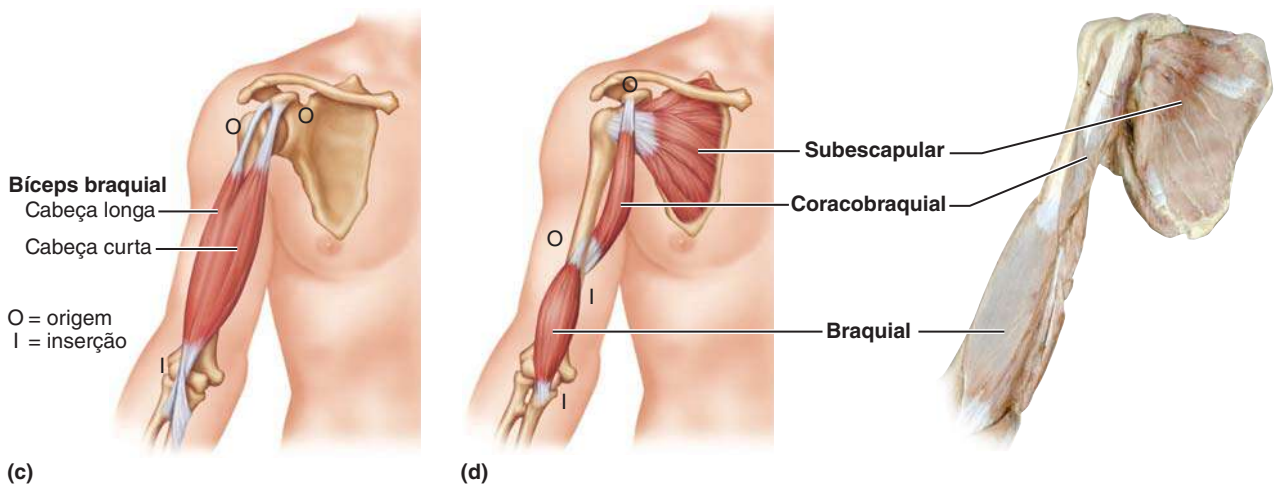


Figura 11.17 Músculos que cruzam a articulação do ombro e a articulação do cotovelo, agindo no braço e no antebraço, respectivamente; lado direito, continuação. (c) Músculo bíceps braquial isolado, anteriormente no braço. (d) O músculo braquial e os músculos coracobraquial e subescapular exibidos isoladamente na figura à esquerda e em uma dissecação à direita.

5 Nota do revisor técnico: no conjunto, esses músculos compõem o manguito rotador.
 6 Nota do revisor técnico: idem comentário anterior.
 7 Nota do revisor técnico: idem comentário anterior.
 8 Nota do revisor técnico: idem comentário anterior.

Tabela 11.12

Músculos que cruzam a articulação do cotovelo: flexão e extensão do antebraço (Figura 11.17)

Esta tabela se concentra nos músculos situados no braço, mas que movem o antebraço. Esses músculos cruzam a articulação do cotovelo e se inserem nos ossos do antebraço, que flexionam e/ou estendem. As paredes da fáschia dividem o braço em dois compartimentos musculares: os *extensores* posteriormente e os *flexores* anteriormente.

Extensão. O principal *extensor* do antebraço é o **músculo tríceps braquial**.

Flexão. Os músculos anteriores do braço flexionam o antebraço. Em ordem decrescente de força, eles são o **braquial**, **bíceps braquial** e **braquiorradial**. O bíceps braquial e o braquial se inserem no rádio e na ulna, respectivamente, e se contraem. O braquiorradial (Figura 11.18a) é um flexor fraco do antebraço e se situa, na realidade, mais no antebraço do que no braço.

O músculo bíceps braquial não só flexiona o antebraço, mas também promove a *supinação*, girando o rádio na articulação radioulnar proximal; como esse músculo não consegue flexionar o antebraço sem também supinar o antebraço, ele é ineficaz quando levantamos um objeto com uma mão que se mantém em pronação. (É por isso que é mais difícil fazer exercícios na barra com as palmas viradas anteriormente do que com as palmas viradas posteriormente.)

Os músculos bíceps e tríceps também cruzam a articulação do ombro, mas promovem apenas movimentos fracos no ombro.

(As ações dos músculos nesta tabela estão resumidas na p. 288, Tabela 11.1, Parte II.)

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS POSTERIORES (FIGURA 11.17b)				
Tríceps braquial	Músculo grande, com muita massa muscular; o único músculo do compartimento posterior do braço; origem de três cabeças; as cabeças longa e curta são superficiais em relação à cabeça medial	O — cabeça longa: tubérculo infraglenoidal da escápula; cabeça curta: posteriormente, na diáfise do úmero; cabeça medial: posteriormente, na diáfise do úmero, distalmente ao sulco do nervo radial I — por tendão comum no olécrano da ulna	Poderoso extensor do antebraço (agonista, particularmente a cabeça medial); antagonista dos flexores do antebraço; as cabeças longa e curta são ativas principalmente na extensão contra a resistência; o tendão da cabeça longa pode auxiliar a estabilizar a articulação do ombro e na adução do braço	Nervo radial (C6-C8)
Ancôneo (ver também Figura 11.19)	Músculo triangular curto; intimamente associado à extremidade distal do músculo tríceps no úmero, posteriormente	O — epicôndilo lateral do úmero I — face lateral do olécrano da ulna	Abduz a ulna durante a pronação do antebraço ⁹ ; sinergista do músculo tríceps braquial na extensão do cotovelo	Nervo radial
MÚSCULOS ANTERIORES				
Bíceps braquial (Figura 11.17c)	Músculo fusiforme de duas cabeças; os ventres se unem à medida que se aproximam do ponto de inserção; o tendão da cabeça longa ajuda a estabilizar a articulação do ombro	O — cabeça curta: processo coracoide; cabeça longa: tubérculo supraglenoidal e lábio da cavidade glenoidal; o tendão da cabeça longa passa por dentro da cápsula da articulação do ombro e desce para o sulco intertubercular do úmero I — por tendão comum na tuberosidade do rádio	Flexiona e supina o antebraço ; essas ações ocorrem geralmente ao mesmo tempo (p. ex., quando você abre uma garrafa de vinho, ele gira o saca-rolha e puxa a rolha); flexor fraco do braço no ombro	Nervo musculocutâneo (C5 e C6)
Braquial (Figura 11.17d)	Músculo potente imediatamente profundo ao bíceps braquial no úmero	O — face anterior da diáfise do úmero, distalmente à inserção do músculo deltoide I — processo coronoide da ulna e cápsula da articulação do cotovelo	Flexiona o antebraço (traciona a ulna como o bíceps traciona o rádio proximalmente)	Nervo musculocutâneo
Braquiorradial (ver também a Figura 11.18a)	Músculo superficial do antebraço lateralmente; forma o limite lateral da fossa cubital; estende-se da diáfise do úmero distalmente, até a extremidade distal do antebraço; progride a partir do grupo de músculos extensores	O — crista supraepicondilar lateral na extremidade distal do úmero I — base do processo estilóide do rádio	Sinergista na flexão do antebraço ; tem melhor atuação quando o antebraço está parcialmente flexionado e semipronado, como ocorre quando carregamos uma mala; estabiliza o cotovelo durante a flexão e a extensão rápidas	Nervo radial (uma exceção importante: o nervo radial supre normalmente os músculos extensores)

9 Nota do revisor técnico: vários autores não registram essa atividade para esse músculo.

Tabela 11.13

Músculos do antebraço: movimentos do carpo, mão e dedos (Figuras 11.18, 11.19 e 11.20)

Os muitos músculos no antebraço realizam várias funções básicas: alguns movem a mão e o carpo, outros movem os dedos das mãos e alguns auxiliam na supinação e pronação do antebraço. O ventre da maioria desses músculos é proximal e os tendões longos e finos são distais, com quase todos eles se inserindo na mão. No carpo, esses tendões estão ancorados firmemente por espessamentos da fáscia profunda similares a faixas, chamados **retináculo dos músculos flexores** e **retináculo dos músculos extensores** (“retentores”). Essas “munhequeiras” evitam que os tendões saltem para fora quando tensionados. Apinhados no carpo e na palma da mão, os tendões musculares são circundados por bainhas tendíneas escorregadias que minimizam o atrito quando deslizam umas contra as outras.

Muitos músculos do antebraço se originam a partir da extremidade distal do úmero; desse modo, eles cruzam a articulação do cotovelo e também as articulações do carpo e dos dedos. No entanto, suas ações no cotovelo são fracas. Nas articulações do *carpo*, os músculos do antebraço executam a flexão, extensão, abdução e adução da mão, mas nas articulações interfalângicas esses músculos apenas flexionam e estendem os dedos. (Os outros movimentos dos dedos são realizados por músculos pequenos na própria mão. Esses músculos *intrínsecos* da mão são descritos na Tabela 11.14.)

Bainhas de fáscia dividem os músculos do antebraço em dois compartimentos principais: um *compartimento anterior flexor* e um *compartimento posterior extensor*. Ambos os compartimentos, por sua vez, contêm uma camada muscular superficial e uma camada muscular profunda (Figura 11.20).

Compartimento (anterior) flexor. A maioria dos músculos flexores no compartimento anterior origina-se em um tendão comum no epicôndilo medial do úmero. Os

flexores são supridos por dois nervos que transitam através do antebraço anteriormente, os nervos mediano e ulnar — especialmente pelo nervo mediano. Dois dos músculos do compartimento anterior não são flexores, mas sim pronadores: o **músculo pronador redondo** e o **músculo pronador quadrado**.

Compartimento (posterior) extensor. Em geral, os músculos do compartimento posterior estendem a mão e os dedos. Uma exceção é o músculo **supinador**, que auxilia supinar o antebraço. Outra exceção é o músculo **braquiorradial** (ver Tabela 11.12), que flexiona o antebraço no cotovelo. Muitos dos músculos do compartimento posterior surgem de um tendão comum a partir do epicôndilo lateral do úmero. Todos são supridos pelo nervo radial, o nervo principal na face posterior do antebraço.

(As ações dos músculos do antebraço estão resumidas na p. 288, Tabela 11.1, Parte III. As relações tridimensionais desses músculos do membro superior são demonstradas em corte transversal na Figura 11.20.)



APLICAÇÃO CLÍNICA

Cotovelo de tenista O trauma ou uso excessivo do tendão de origem dos extensores do antebraço no epicôndilo lateral do úmero resulta no *cotovelo de tenista*. Essa condição é provocada quando esses músculos contraem vigorosamente para estender o carpo — como na execução de um *backhand* no tênis ou ao levantar a neve com uma pá. Apesar do seu nome, o cotovelo de tenista não envolve a articulação do cotovelo nem o olécrano. A maioria dos casos é resultado de atividades profissionais em vez de esportivas.

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
PARTE I: MÚSCULOS DO COMPARTIMENTO ANTERIOR (FIGURAS 11.18 E 11.20)				
MÚSCULOS SUPERFICIAIS DO COMPARTIMENTO ANTERIOR				
Pronador redondo	Músculo de duas cabeças; aparece superficialmente entre as margens proximais do braquiorradial e do flexor radial do carpo; forma o limite medial da fossa cubital	O — epicôndilo medial do úmero; processo coronoide da ulna I — por tendão comum na parte média da diáfise do rádio lateralmente	Realiza a pronação do antebraço ; flexor fraco do antebraço	Nervo mediano (C6 e C7)
Flexor radial do carpo	Segue diagonalmente através do antebraço; a meio caminho, seu ventre continua-se por um tendão plano que no punho se torna semelhante a um cordão	O — epicôndilo medial do úmero I — base do segundo e terceiro metacarpais; tendão de inserção facilmente visível que funciona como guia para a posição da artéria radial (utilizada para medir a pulsação) no carpo	Flexor potente da mão ; abduz a mão; sinergista fraco da flexão do antebraço	Nervo mediano (C6 e C7)

Tabela 11.13

Músculos do antebraço: movimentos do carpo, mão e dedos (Figuras 11.18, 11.19 e 11.20) *continuação*

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS SUPERFICIAIS DO COMPARTIMENTO ANTERIOR (<i>continuação</i>)				
Palmar longo	Pequeno músculo com um tendão de inserção longo; frequentemente ausente; pode ser utilizado como guia para encontrar o nervo mediano situado lateralmente a ele no punho	O — epicôndilo medial do úmero I — aponeurose palmar	Tensiona a pele e a aponeurose palmar durante os movimentos da mão; flexor fraco da mão; sinergista fraco na flexão do antebraço	Nervo mediano (C7 e C8)
Flexor ulnar do carpo	Músculo mais medial desse grupo; duas cabeças; o nervo ulnar se situa lateralmente a esse tendão	O — epicôndilo medial do úmero; olécrano e face posterior da diáfise da ulna I — ossos pisiforme e hamato e base do quinto metacarpal	Fixa e aduz a mão com o extensor ulnar do carpo (músculo posterior); estabiliza o carpo durante a extensão dos dedos	Nervo ulnar (C8 e T1)
Flexor superficial dos dedos	Músculo de duas cabeças; situado profundamente, sobreposto pelos músculos superficiais, porém visível na extremidade distal do antebraço	O — epicôndilo medial do úmero, processo coronoide da ulna; diáfise do rádio I — por quatro tendões nas falanges médias dos dedos II-V	Flexiona a mão e as falanges médias dos dedos II-V; flexor importante dos dedos quando são necessárias velocidade e flexão contra resistência	Nervo mediano (C7, C8 e T1)

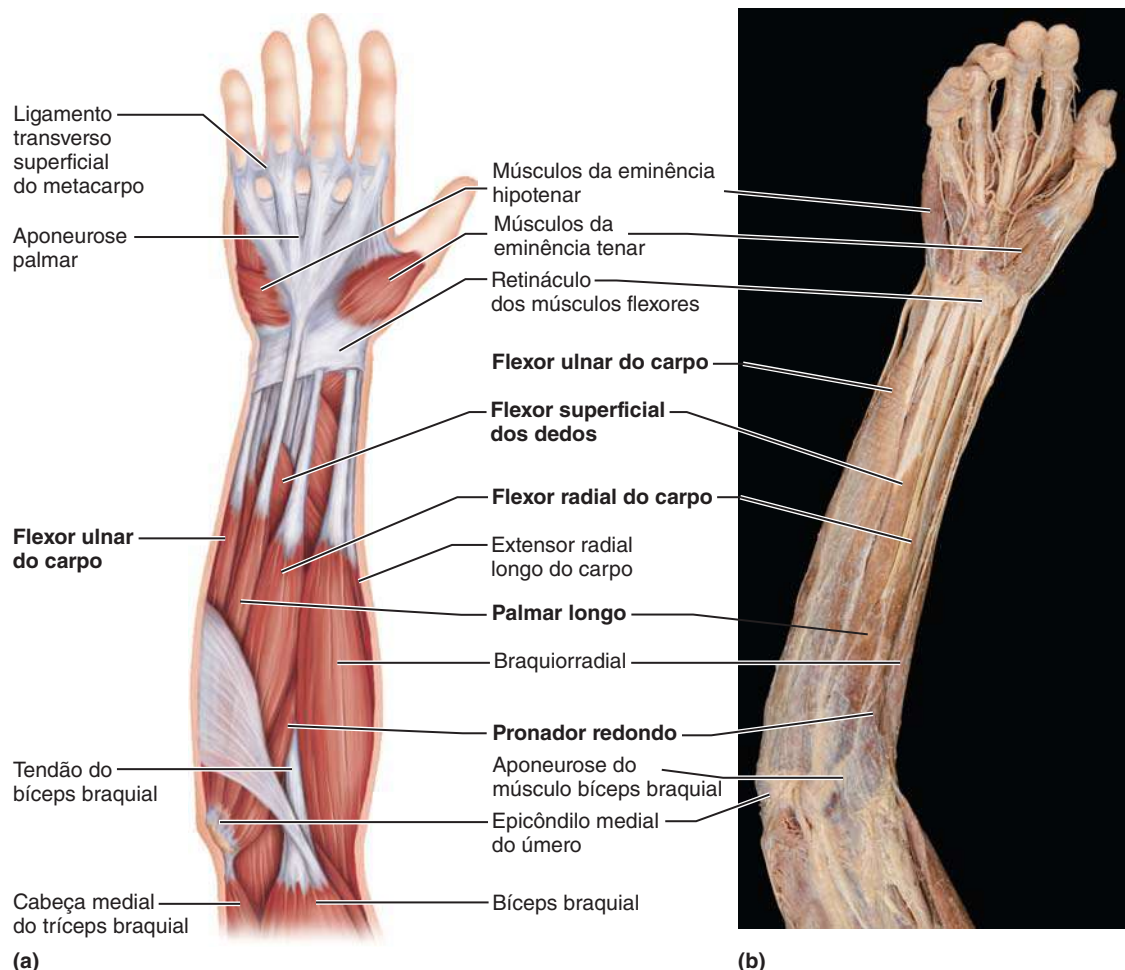


Figura 11.18 Músculos do compartimento anterior do antebraço que agem no carpo e nos dedos. (a) Vista superficial dos músculos do antebraço direito e mão direita. (b) Vista similar à de (a) em dissecção em cadáver.

Tabela 11.13 continuação

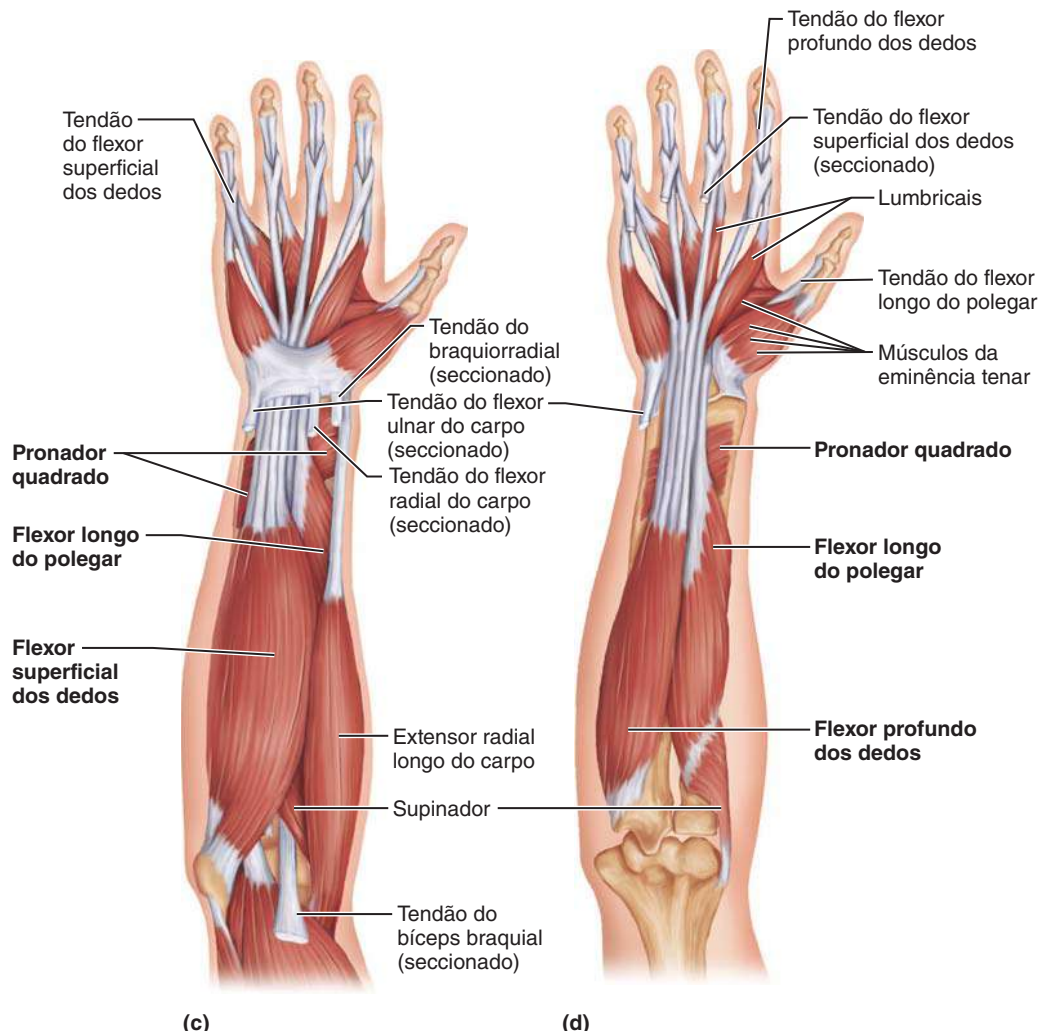


Figura 11.18 Músculos do compartimento anterior do antebraço que agem no carpo e nos dedos, continuação. (c) Os músculos braquiorradial, flexor radial do carpo, flexor ulnar do carpo e palmar longo foram removidos para revelar o flexor superficial dos dedos. (d) Músculos profundos do compartimento anterior. Os músculos superficiais foram removidos. Os músculos lumbricais e da eminência tenar (músculos intrínsecos da mão) também estão ilustrados. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 37a.)

Tabela 11.13

Músculos do antebraço: movimentos do carpo, mão e dedos (Figuras 11.18, 11.19 e 11.20) *continuação*

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS PROFUNDOS DO COMPARTIMENTO ANTERIOR				
Flexor longo do polegar	Parcialmente coberto pelo flexor superficial dos dedos; lateral e paralelo ao flexor profundo dos dedos	O — face anterior da diáfise do rádio e membrana interóssea I — falange distal do polegar	Flexiona a falange distal do polegar	Ramo do nervo mediano (C7 e C8)
Flexor profundo dos dedos	Origem extensa; inteiramente subjacente ao flexor superficial dos dedos	O — face anteromedial da diáfise da ulna e membrana interóssea I — por quatro tendões nas falanges distais dos dedos II-V	Flexiona as articulações interfalângicas distais; flexor de ação lenta de qualquer um ou de todos os dedos; auxilia na flexão da mão	Metade medial pelo nervo ulnar; metade lateral pelo nervo mediano (C7 e C8)
Pronador quadrado	Músculo mais profundo do antebraço distalmente; direção inferior e lateral; único músculo que se origina somente na ulna e se insere somente no rádio	O — parte distal da diáfise da ulna anteriormente I — face anterior e distal do rádio	Agonista da pronação do antebraço; age com o pronador redondo; também auxilia a unir a ulna e o rádio	Nervo mediano (C7 e C8)
PARTE II: MÚSCULOS POSTERIORES (FIGURAS 11.19 E 11.20)	Estes músculos do compartimento posterior são apresentados de lateral para medial. Todos eles são supridos pelo nervo radial ou seus ramos. Mais da metade dos músculos do compartimento posterior originam-se de um tendão extensor comum inserido na face posterior do epicôndilo lateral do úmero e fáscia adjacente. Os tendões são mantidos junto a face posterior do carpo pelo retináculo dos músculos extensores (não ilustrado), que impede o "comportamento de corda de arco" desses tendões, quando o pulso é hiperestendido. Os músculos extensores dos dedos terminam em uma ampla aponeurose sobre o lado dorsal de cada dedo, a expansão extensora.			
MÚSCULOS SUPERFICIAIS DO COMPARTIMENTO POSTERIOR				
Braquiorradial (ver Tabela 11.12)	O músculo mais anterior do compartimento posterior é visto na região anterior do antebraço. (Como se origina bem acima no braço, ele é abordado na Tabela 11.12; ver Figura 11.18a.)	(Ver Tabela 11.12)	(Ver Tabela 11.12)	Nervo radial (C5 e C6)
Extensor radial longo do carpo	Paralelo ao braquiorradial no antebraço lateralmente, podendo se misturar com ele	O — crista supracondilar lateral do úmero I — base do segundo metacarpal	Estende a mão junto com o extensor ulnar do carpo e abduz a mão junto com o flexor radial do carpo	Nervo radial (C5 e C6)
Extensor radial curto do carpo	Um pouco mais curto que o extensor radial longo do carpo e profundo a ele	O — epicôndilo lateral do úmero I — base do terceiro metacarpal	Estende e abduz a mão; age sinergicamente com o extensor radial longo do carpo para estabilizar o carpo durante a flexão dos dedos	Nervo radial (nervo interósseo posterior, ramo do nervo radial, C7 e C8)
Extensor comum dos dedos	Medial ao extensor radial curto do carpo; uma parte separada desse músculo, chamada extensor do dedo mínimo, estende o dedo mínimo	O — epicôndilo lateral do úmero I — por quatro tendões nas expansões extensoras e falanges distais dos dedos II-V	Agonista na extensão dos dedos; estende a mão; pode abduzir (afastar uns dos outros) os dedos	Nervo radial (nervo interósseo posterior, C7 e C8)
Extensor ulnar do carpo	Mais medial dos músculos posteriores superficiais; músculo longo e delgado	O — epicôndilo lateral do úmero e margem posterior da diáfise da ulna I — base do quinto metacarpal	Estende a mão junto com o extensor radial do carpo e aduz a mão junto com o flexor ulnar do carpo	Nervo radial (nervo interósseo posterior, C7 e C8)

Tabela 11.13 continuação

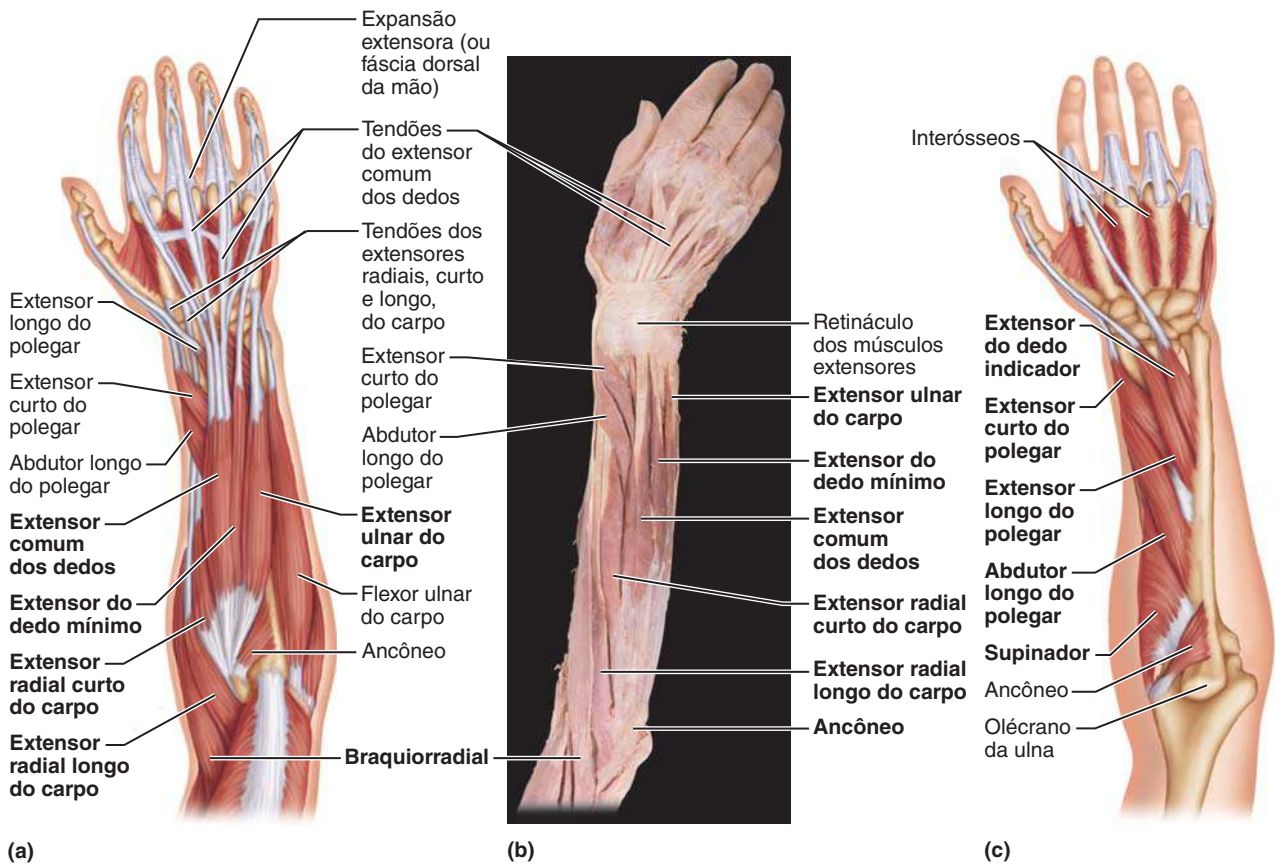


Figura 11.19 Músculos do compartimento posterior do antebraço que agem no carpo e nos dedos. (a) Músculos superficiais do antebraço direito, vista posterior. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 37b.) (b) Dissecção em cadáver com vista similar à de (a). (c) Músculos profundos do antebraço direito; os músculos superficiais foram removidos. Os interósseos, que formam a camada mais profunda de músculos intrínsecos da mão, também estão ilustrados.

Tabela 11.13

Músculos do antebraço: movimento do carpo, mão e dedos (Figuras 11.18, 11.19 e 11.20) *continuação*

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS PROFUNDOS DO COMPARTIMENTO POSTERIOR				
Supinador	Músculo profundo na face posterior do cotovelo; ocultado em grande parte pelos músculos superficiais	O — epicôndilo lateral do úmero; ulna proximalmente I — extremidade proximal da diáfise do rádio	Ajuda o bíceps braquial a realizar a supinação forçada do antebraço; trabalha sozinho na supinação lenta; antagonista dos músculos pronadores	Nervo radial (nervo interósseo posterior, C6 e C7)
Abdutor longo do polegar	Lateral e paralelo ao extensor longo do polegar; imediatamente distal ao supinador	O — superfície posterior da diáfise do rádio e da ulna; membrana interóssea I — base do primeiro metacarpal e trapézio	Abduz e estende o polegar	Nervo radial (nervo interósseo posterior, C7 e C8)
Extensores curto e longo do polegar	Par muscular profundo com origem e ação comuns; subjacente ao extensor ulnar do carpo	O — região dorsal da diáfise do rádio e da ulna; membrana interóssea I — base da falange proximal (curto) e distal (longo) do polegar	Estende o polegar	Nervo radial (nervo interósseo posterior, C7 e C8)
Extensor do dedo indicador	Pequeno músculo com origem próxima ao carpo	O — face posterior da diáfise da ulna distalmente; membrana interóssea I — expansão extensora (fáscia dosal) do dedo indicador; une-se ao tendão do extensor comum dos dedos	Estende o dedo indicador e auxilia na extensão da mão	Nervo radial (nervo interósseo posterior, C7 e C8)

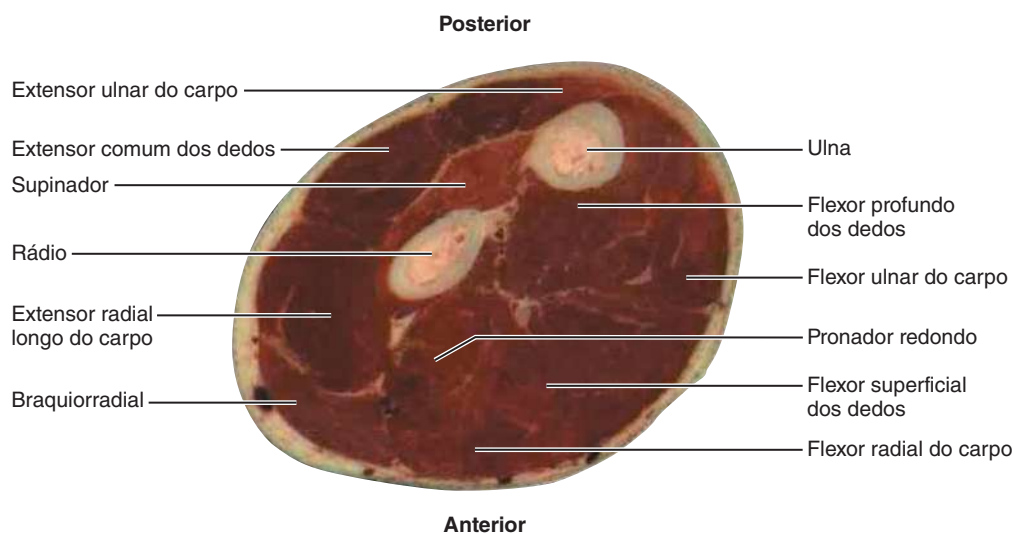


Figura 11.20 Corte transversal da parte proximal do antebraço.

Tabela 11.14 Músculos intrínsecos da mão: movimentos precisos dos dedos (Figura 11.21)

Esta tabela considera os pequenos músculos situados inteiramente na mão. Todos estão na palma, nenhum no dorso da mão. Todos movem os metacarvais e os dedos, mas como são pequenos, também são fracos. Portanto, eles basicamente controlam os movimentos precisos (como passar a linha na agulha), deixando os movimentos potentes dos dedos (“pegada”) para os músculos do antebraço.

Os músculos intrínsecos da palma são divididos em três grupos: (1) os músculos na *eminência tenar* (saliência do lado do polegar); (2) os músculos na *eminência hipotenar* (a saliência do lado do dedo mínimo); e (3) os músculos intermédios da palma. Os músculos das eminências tenar e hipotenar são imagens quase espelhadas uns dos outros, cada um contendo um pequeno flexor, um abductor curto e um músculo oponente. Os músculos intermédios, chamados **lumbricais** e **interósseos**, estendem os dedos nas articulações interfalângicas. Os interósseos também são os principais abdutores e adutores dos dedos.

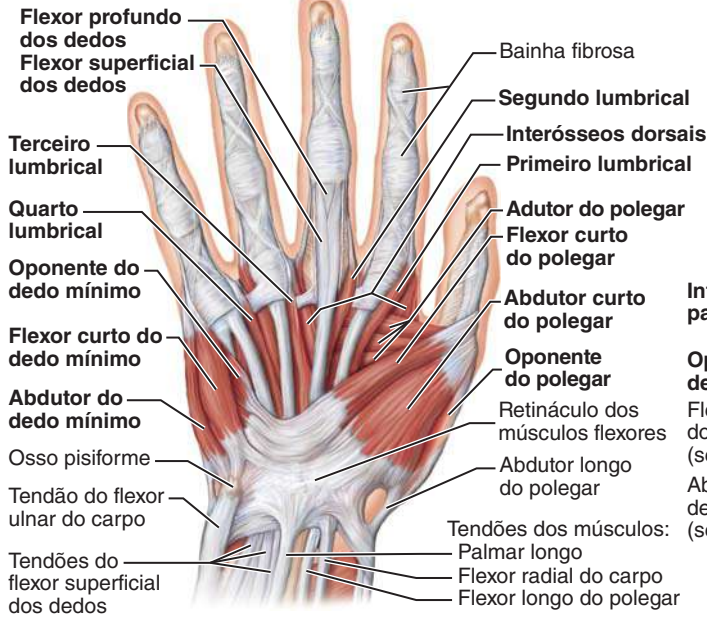
Movimentos do polegar e dos dedos. Os movimentos do polegar são definidos de maneira diferente dos movimentos dos outros dedos, pois o polegar se situa em um ângulo reto em relação aos outros dedos da mão. O polegar flexiona curvando-se medialmente ao longo da palma, e não anteriormente, como o fazem os outros dedos. (Certifique-se de começar com a sua mão em posição anatômica, ou isso não vai ficar claro.) O polegar se estende, apontando lateralmente (como no movimento de pedir carona), e não posteriormente, como acontece com os outros dedos. Abduzir os dedos é separá-los uns dos outros, mas abduzir o polegar é apontá-lo anteriormente. A adução dos dedos os traz de volta na direção do dedo médio (para a posição anatômica); a adução do polegar o move posteriormente. A oposição do polegar é o movimento na direção do dedo mínimo, permitindo que a pessoa agarre objetos na palma da mão (o cabo de um martelo, por exemplo).

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DA EMINÊNCIA TENAR				
Abdutor curto do polegar	Músculo lateral da eminência tenar; superficial	O — retináculo dos flexores e ossos carpais vizinhos I — base da falange proximal do polegar, lateralmente	Abduz o polegar (na articulação carpometacarpal)	Nervo mediano (C8 e T1)
Flexor curto do polegar	Músculo medial e profundo da eminência tenar	O — retináculo dos flexores e ossos carpais vizinhos I — base da falange proximal do polegar, lateralmente	Flexiona o polegar (nas articulações carpometacarpais e metacarpofalângica)	Nervo mediano (ou, às vezes, ulnar) (C8 e T1)
Oponente do polegar	Mais profundo que o abductor curto do polegar, no metacarpal I	O — retináculo dos flexores e trapézio I — face anterior inteira do metacarpal I	Oponência: move o polegar até tocar a ponta do dedo mínimo	Nervo mediano (ou, às vezes, ulnar)
Adutor do polegar	Em forma de leque com fibras horizontais; distal aos outros músculos da eminência tenar; cabeças oblíqua e transversa	O — osso capitato e bases dos metacarvais II-IV; face anterior do metacarpal III I — face medial da base da falange proximal do polegar	Aduz e ajuda na oponência do polegar	Nervo ulnar (C8 e T1)
MÚSCULOS DA EMINÊNCIA HIPOTENAR				
Abdutor do dedo mínimo	Músculo medial da eminência hipotenar; superficial	O — osso pisiforme I — face medial da falange proximal do dedo mínimo	Abduz o dedo mínimo na articulação metacarpofalângica	Nervo ulnar (C8 e T1)
Flexor curto do dedo mínimo	Músculo profundo lateral da eminência hipotenar	O — osso hamato e retináculo dos músculos flexores I — a mesma do abductor do dedo mínimo	Flexiona o dedo mínimo na articulação metacarpofalângica	Nervo ulnar
Oponente do dedo mínimo	Profundo em relação ao abductor do dedo mínimo	O — a mesma do flexor curto do dedo mínimo I — a maior parte do comprimento do lado medial do metacarpal V	Ajuda na oponência: traz o metacarpal V na direção do polegar para colocar a mão em concha	Nervo ulnar

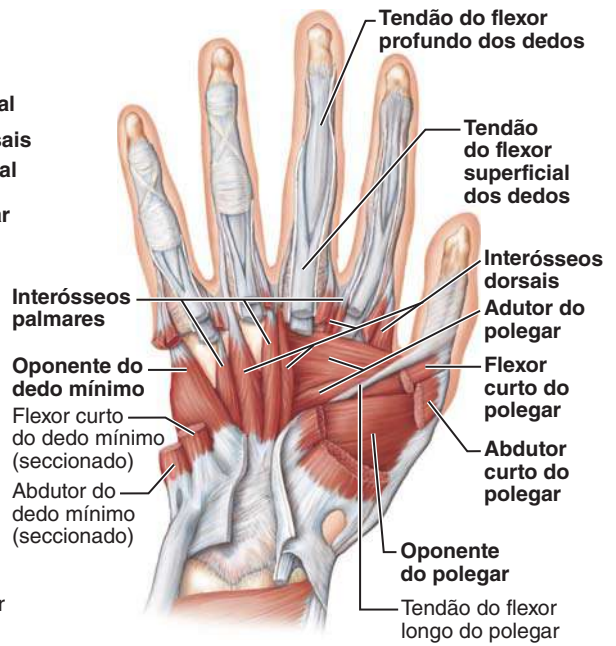
Tabela 11.14

Músculos intrínsecos da mão: movimentos precisos dos dedos (Figura 11.21) *continuação*

Tendões dos músculos:



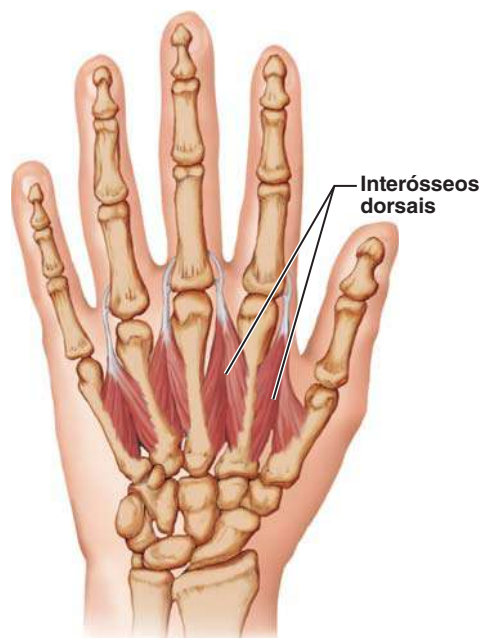
(a) Camada superficial



(b) Segunda camada



(c) Interósseos palmares (isolados)



(d) Interósseos dorsais (isolados)

Figura 11.21 Músculos da mão, vistas ventrais da mão direita.

Tabela 11.14 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS INTERMÉDIOS				
Lumbricais	Quatro músculos vermiformes na palma, um para cada dedo da mão (exceto para o polegar); incomuns, pois se originam dos tendões de outro músculo	O — lateralmente, de cada tendão do flexor profundo dos dedos na palma I — margem lateral da expansão extensora na primeira falange dos dedos II-V	Puxando a expansão extensora sobre a primeira falange, eles flexionam os dedos nas articulações metacarpofalângicas, mas estendem os dedos nas articulações interfalângicas	Nervo mediano (dois laterais) e nervo ulnar (dois mediais) (C8 e T1)
Interósseos palmares	Quatro músculos cônicos longos nos espaços entre os metacarpais; situam-se na posição ventral aos interósseos dorsais	O — face medial da diáfase do metacarpal II e face lateral da diáfase dos metacarpais IV e V; ausente no metacarpal III I — expansão extensora da primeira falange de cada dedo (exceto para o III dedo), voltada para o eixo médio da mão	Aduz os dedos: move os dedos na direção do terceiro dedo. Age com os lumbricais para estender os dedos nas articulações interfalângicas e flexioná-los nas articulações metacarpofalângicas	Nervo ulnar
Interósseos dorsais	Quatro músculos bipeniforme, preenchendo os espaços entre os metacarpais; músculos mais profundos da palma, visíveis também no lado dorsal da mão (ver Figura 11.19b)	O — faces adjacentes de todos os metacarpais I — expansão extensora sobre a primeira falange dos dedos II-IV	Abduz os dedos; estende os dedos nas articulações interfalângicas e flexioná-los nas articulações metacarpofalângicas	Nervo ulnar

Tabela 11.15

Músculos que cruzam as articulações do quadril e do joelho: movimentos da coxa e perna (Figuras 11.22, 11.23 e 11.24)

Esta tabela considera os músculos que abrangem as articulações do quadril e joelho e que produzem movimentos em ambas as articulações.

Os *músculos anteriores* do quadril e da coxa flexionam principalmente a coxa no quadril e estendem a perna no joelho — produzindo a fase de oscilação anterógrada da marcha. Os *músculos posteriores* do quadril e da coxa, por outro lado, estendem a coxa e flexionam a perna — a fase de oscilação retrógrada da marcha. Um terceiro grupo muscular, os *músculos mediais* ou *adutores*, move apenas a coxa e não a perna. Na coxa, os músculos anteriores, posteriores e mediais são separados por paredes de fáscia respectivamente nos *compartimentos anterior, posterior e medial* (Figura 11.24). A fáscia profunda da coxa (*fáscia lata*) circunda e confina os três grupos musculares, como se fosse uma meia de compressão.

Movimentos da coxa. O quadril é uma articulação esferóideia que permite a flexão, extensão, adução, abdução e rotação da coxa. Os músculos que flexionam a coxa no quadril originam-se na coluna vertebral e na pelve, passando anteriormente à articulação do quadril. Esses músculos incluem o **iliopsoas**, **tensor da fáscia lata**, **reto femoral** e **pectíneo** (Figura 11.22a e b). Os **extensores** da coxa originam-se posteriormente à articulação do quadril e incluem o **glúteo máximo** e os músculos do compartimento posterior da coxa (do **jarrete**) (Figura 11.23c e d). Os **adutores** da coxa originam-se medialmente à articulação do quadril (Figura 11.22c). A **abdução** da coxa é realizada principalmente pelo **glúteo médio** e pelo **glúteo mínimo**, músculos glúteos situados lateralmente à articulação do quadril (Figura 11.23a). Os adutores e abdutores funcionam durante a marcha — não para mover o membro inferior, mas para deslocar o tronco de lado a lado para que o centro de gravidade do corpo esteja sempre equilibrado diretamente sobre o membro que está no solo. A **rotação medial e lateral** do fêmur é feita por muitos músculos diferentes.

Movimentos da perna. Na articulação do joelho, a flexão e a extensão são os principais movimentos. O único extensor da perna no joelho é um músculo de 4 cabeças, o **quadríceps femoral** situado no compartimento anterior da coxa (Figura 11.22a e b). Os antagonistas do quadríceps são os músculos do compartimento posterior (do jarrete) (Figura 11.23c e d), que são os agonistas da **flexão** do joelho.

As relações tridimensionais e os compartimentos fasciais dos músculos da coxa são exibidos em uma vista em corte transversal (Figura 11.24). (As ações desses músculos estão resumidas na p. 290, Tabela 11.2, Parte I.)

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
PARTE I: MÚSCULOS ANTERIORES E MEDIAIS (FIGURA 11.22)				
ORIGEM NA PELVE OU NAS VÉRTEBRAS				
Iliopsoas	O iliopsoas é uma composição de dois músculos intimamente relacionados (o íliaco e o psoas maior), cujas fibras passam sob o ligamento inguinal (ver Figura 11.14) e se inserem no fêmur via um tendão comum.			
• Íliaco	Músculo lateral, plano e em forma de leque	O — fossa íliaca, asa do sacro I — trocânter menor do fêmur via tendão do iliopsoas	O iliopsoas é o agonista na flexão da coxa e na flexão do tronco (como no arqueamento do tronco)	Nervo femoral (L2 e L3)
• Psoas maior	Músculo medial, longo e espesso do par muscular. (Os açougueiros se referem a esse músculo como filé-mignon.)	O — processos transversos, corpos e discos das vértebras lombares e T12 I — trocânter menor do fêmur via tendão do iliopsoas	A mesma que a do íliaco também promove a flexão lateral da coluna vertebral ; importante músculo postural	Ramos ventrais L1-L3
Tensor da fáscia lata	Confinado entre as camadas de fáscia na face lateral da coxa; associado funcionalmente com os rotadores mediais e flexores da coxa	O — anteriormente na crista íliaca e espinha íliaca anterossuperior I — trato iliotibial ¹⁰	Estabiliza o tronco na coxa, enrijecendo o trato iliotibial ; flexiona, abduz e gira medialmente a coxa	Nervo glúteo superior (L4-S1)

¹⁰ O trato iliotibial é uma parte lateral mais espessa da fáscia lata (a fáscia que embainha todos os músculos da coxa). Ele se estende como uma faixa tendínea da crista íliaca até o joelho (ver Figura 11.22a).

Tabela 11.15 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DO COMPARTIMENTO ANTERIOR DA COXA (FIGURAS 11.22 E 11.24)				
Sartório	Músculo superficial em forma de fita que segue obliquamente pela superfície anterior da coxa até o joelho; músculo mais longo do corpo; cruza as articulações do quadril e do joelho	O — espinha ilíaca anterossuperior I — com um trajeto espiral até a face medial do joelho, insere-se proximal e medialmente na tíbia	Flexiona, abduz e gira lateralmente a coxa; flexiona a perna (fraco) como em um chute no futebol; ajuda a produzir a posição de pernas cruzadas (posição de lótu)	Nervo femoral (L2 e L3)
Quadríceps femoral	Possui quatro cabeças distintas (<i>quadríceps</i> = quatro cabeças) que formam a musculatura anterior e lateral da coxa. Essas cabeças (músculos reto femoral e vastos lateral, medial e intermédio) possuem um tendão de inserção comum, o tendão do quadríceps , que se insere na patela e depois, via ligamento da patela , na tuberosidade da tíbia. O quadríceps é um poderoso extensor da perna utilizado na escalada, salto, corrida e ao levantar da posição sentada. O grupo é inervado pelo nervo femoral. O tônus do quadríceps é importante no fortalecimento da articulação do joelho.			
• Reto femoral	Músculo superficial do compartimento anterior da coxa, onde se posiciona em linha reta é a cabeça mais longa e única do grupo do quadríceps a cruzar a articulação do quadril	O — espinha ilíaca anteroinferior e margem superior do acetábulo I — patela e tuberosidade da tíbia via ligamento patelar	Estende a perna e flexiona a coxa	Nervo femoral (L2-L4)
• Vasto lateral	Maior cabeça do grupo, forma a face lateral da coxa; um local comum de injeção intramuscular	O — trocânter maior, linha intertrocantérica, linha áspera I — a mesma do reto femoral	Estende a perna e estabiliza o joelho	Nervo femoral
• Vasto medial	Forma a face inferomedial da coxa	O — linha áspera, linha supracondilar medial I — a mesma do reto femoral	Estende a perna; as fibras inferiores estabilizam a patela	Nervo femoral
• Vasto intermédio	Encoberto pelo reto femoral; situado entre o vasto lateral e o vasto medial na coxa, anteriormente	O — proximal, nas faces anterior e lateral da diáfise femoral I — a mesma do reto femoral	Estende a perna	Nervo femoral
MÚSCULOS DO COMPARTIMENTO MEDIAL DA COXA (FIGURAS 11.22 E 11.24)				
Pectíneo	Músculo curto e plano; sobrejacente ao adutor curto proximalmente na coxa; adjacente ao adutor longo medialmente	O — linha pectínea do púbis (e ramo superior) I — uma linha do trocânter menor até a linha áspera na face posterior do fêmur	Aduz, flexiona e gira medialmente a coxa	Nervo femoral e, às vezes, nervo obturatório (L2 e L3)
Grácil	Músculo longo, fino e superficial da coxa medialmente	O — ramo inferior e corpo do púbis e ramo isquiático adjacente I — face medial da tíbia, imediatamente inferior ao seu côndilo medial	Aduz a coxa, flexiona e gira medialmente a perna, especialmente durante a marcha	Nervo obturatório (L2 e L3)
Adutores	Essa grande massa muscular consiste em três músculos (longo, curto e magno) que formam a face medial da coxa. Eles originam-se na parte inferior da pelve e se inserem em vários níveis no fêmur. Todos são utilizados nos movimentos que pressionam as coxas uma contra a outra, como montar em um cavalo; importantes nos movimentos de inclinação da pelve que ocorrem durante a marcha e na fixação do quadril quando o joelho é flexionado e o pé está fora do chão. O grupo inteiro é suprido pelo nervo obturatório. A tensão ou alongamento de um músculo deste grupo se chama “distensão da virilha”.			
• Adutor longo	Sobrejacente ao adutor magno; mais anterior dos músculos adutores	O — púbis, próximo à sínfise púbica I — linha áspera	Aduz, flexiona e gira medialmente a coxa	Nervo obturatório (L2-L4)

Tabela 11.15

Músculos que cruzam as articulações do quadril e do joelho: movimentos da coxa e perna (Figuras 11.22, 11.23 e 11.24) continuação

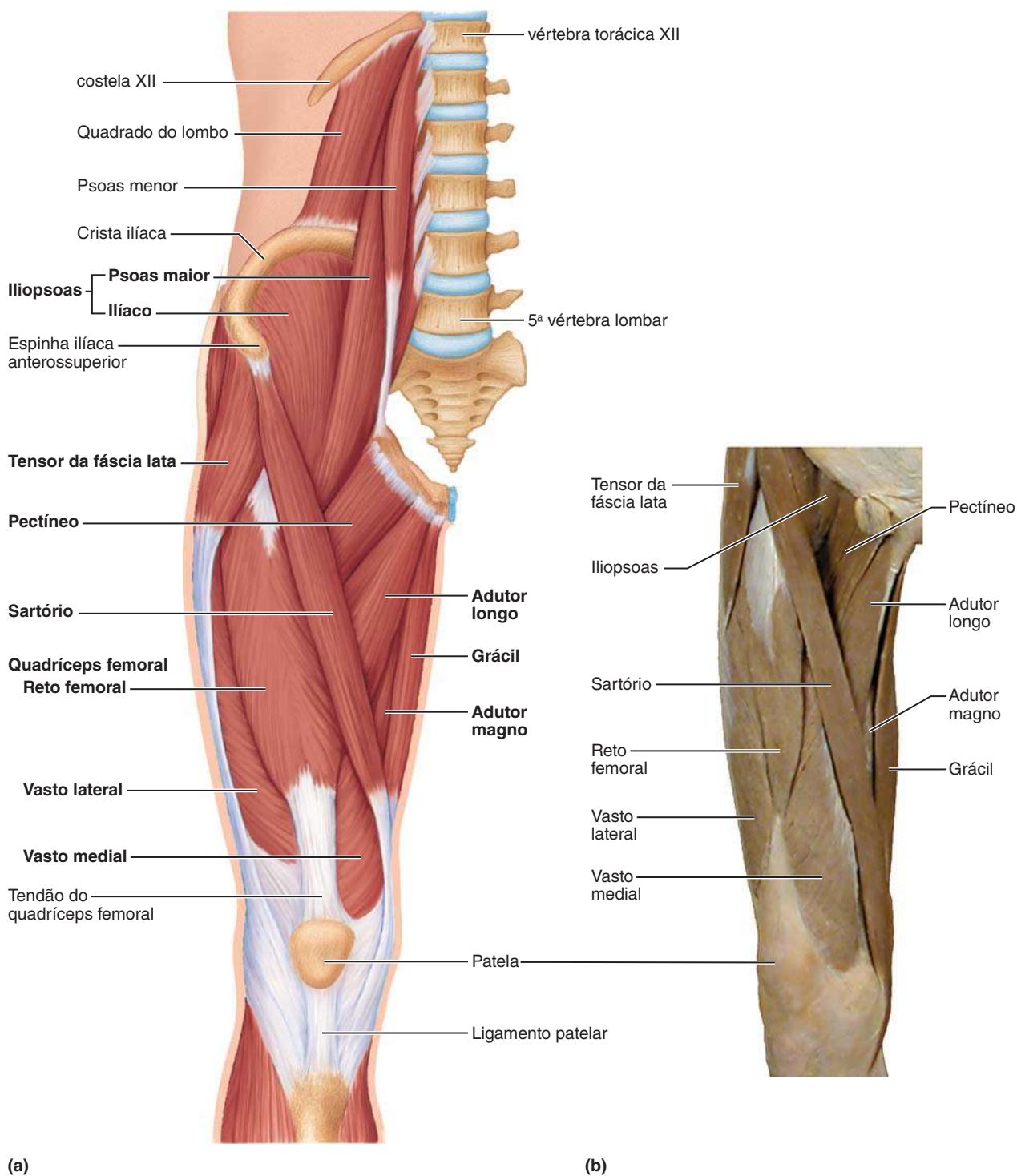


Figura 11.22 **Músculos anteriores e mediais da coxa direita.** (a) Vista anterior dos músculos profundos da pelve e dos músculos superficiais da coxa direita. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 40.) (b) Dissecção dos músculos anteriores e mediais da coxa direita.

Tabela 11.15 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DO COMPARTIMENTO MEDIAL DA COXA (continuação)				
• Adutor curto	Em contato com o músculo obturador externo; sobreposto pelo adutor longo e pelo pectíneo	O — corpo e ramo inferior do púbis I — linha áspera acima do adutor longo	Aduz e roda medialmente a coxa	Nervo obturatório (L2 e L3)
• Adutor magno	Um músculo triangular com uma inserção ampla; é um músculo composto, com uma ação parcialmente de adutor e parcialmente de extensor	O — ramos do ísquio e do púbis e túber isquiático I — linha áspera, linha supracondilar medial e tubérculo do adutor no fêmur	A parte anterior aduz, roda medialmente e flexiona a coxa; a parte posterior é sinergista dos músculos do compartimento posterior na extensão da coxa	Nervo obturatório e nervo isquiático (L2-L4)

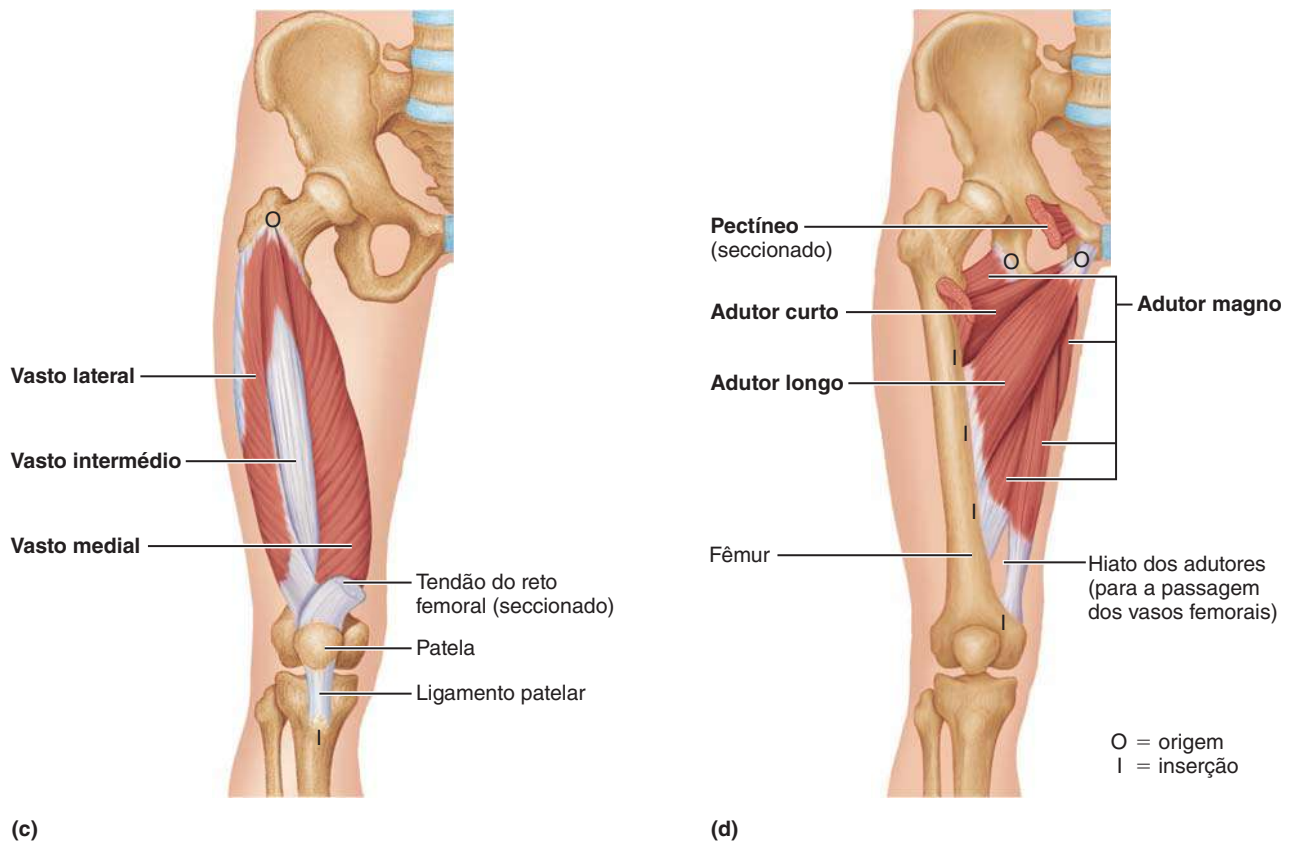


Figura 11.22 Músculos anteriores e mediais da coxa direita, continuação. (c) Os músculos vastos do grupo quadríceps. O músculo reto femoral do grupo quadríceps e os músculos circundantes foram removidos para revelar as conexões e a extensão dos músculos vastos. (d) Músculos adutores do compartimento medial da coxa. Outros músculos foram removidos para que as origens e inserções dos músculos adutores possam ser visualizadas.

Tabela 11.15

Músculos que cruzam as articulações do quadril e do joelho: movimentos da coxa e perna (Figuras 11.22, 11.23 e 11.24) continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
PARTE II: MÚSCULOS POSTERIORES (FIGURA 11.23)				
MÚSCULOS DA REGIÃO GLÚTEA — ORIGEM NA PELVE OU NO SACRO				
Glúteo máximo	Maior e mais superficial dos músculos glúteos; forma o volume da massa dos glúteos; os fascículos são espessos; um local de injeção intramuscular (região dorso glútea); sobrejacente ao grande nervo isquiático; cobre o túber isquiático apenas quando a pessoa está em pé; quando sentada, move-se superiormente, expondo o túber isquiático sob a pele	O — ílio dorsalmente, sacro e cóccix I — tuberosidade glútea do fêmur; trato iliotibial	Principal extensor da coxa; complexo, potente e mais eficaz quando a coxa está flexionada e a força é necessária, como no ato de subir escadas e correr; geralmente inativo quando a pessoa está em pé ou caminhando; roda lateralmente e abduz a coxa	Nervo glúteo inferior (L5-S2)
Glúteo médio	Músculo espesso coberto em grande parte pelo glúteo máximo; local importante para injeções intramusculares (região ventro glútea); considerado mais seguro que o dorso glútea porque há menos chance de lesionar o nervo isquiático	O — entre as linhas glúteas anterior e posterior na face lateral do ílio I — por tendão curto lateral ao trocânter maior do fêmur	Abduz e roda medialmente a coxa; estabiliza a pelve; sua ação é extremamente importante na caminhada; p. ex., o músculo do membro plantado no chão mantém a pelve em abdução de modo que esta não ceda, no lado do membro que está oscilando; assim, o pé do membro que está oscilando pode ser elevado	Nervo glúteo superior (L4-S1)
Glúteo mínimo	Menor e mais profundo dos músculos glúteos	O — entre as linhas glúteas anterior e inferior na face externa do ílio I — margem anterior do trocânter maior do fêmur	As mesmas do glúteo médio	Nervo glúteo superior (L4-S1)
MÚSCULOS DO COMPARTIMENTO POSTERIOR DA COXA (FIGURAS 11.23 E 11.24)				
Região femoral posterior (jarrete)	Os músculos espessos que constituem jarrete são os músculos bíceps femoral, semitendíneo e semimembrâneo. Eles cruzam as articulações do quadril e do joelho, sendo agonistas na extensão da coxa e na flexão da perna. O grupo tem uma origem comum no túber isquiático, e é suprido pelo nervo isquiático (que é composto de dois nervos, o tibial e o fibular comum, envoltos em uma mesma bainha de tecido conjuntivo).			
• Bíceps femoral	Músculo mais lateral do grupo; origem a partir de duas cabeças	O — túber isquiático (cabeça longa); linha áspera, linha supracondilar lateral e diáfise do fêmur distalmente (cabeça curta) I — o tendão comum de trajeto inferior e lateral (formando a margem lateral da fossa poplíteia), inserindo-se na cabeça da fíbula e no côndilo lateral da tibia	Estende a coxa e flexiona a perna; roda lateralmente a perna quando o joelho está semiflexionado	Nervo isquiático — nervo tibial (cabeça longa), nervo fibular comum (cabeça curta (L5-S2))

Tabela 11.15 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DO COMPARTIMENTO POSTERIOR DA COXA (FIGURAS 11.23 E 11.24)				
• Semitendíneo	Situado medialmente em relação ao bíceps femoral; seu tendão longo e delgado começa aproximadamente a dois terços do caminho na coxa	O — túber isquiático I — face medial da diáfise da tíbia superiormente	Estende a coxa e flexiona a perna; roda medialmente a perna	Nervo isquiático — parte do nervo tibial (L5-S2)
• Semimembrânico	Mais profundo que o semitendíneo	O — túber isquiático I — côndilo medial da tíbia; através do ligamento poplíteo oblíquo do joelho até o côndilo lateral do fêmur	Estende a coxa e flexiona a perna; roda medialmente a perna	Nervo isquiático — parte do nervo tibial (L5-S2)

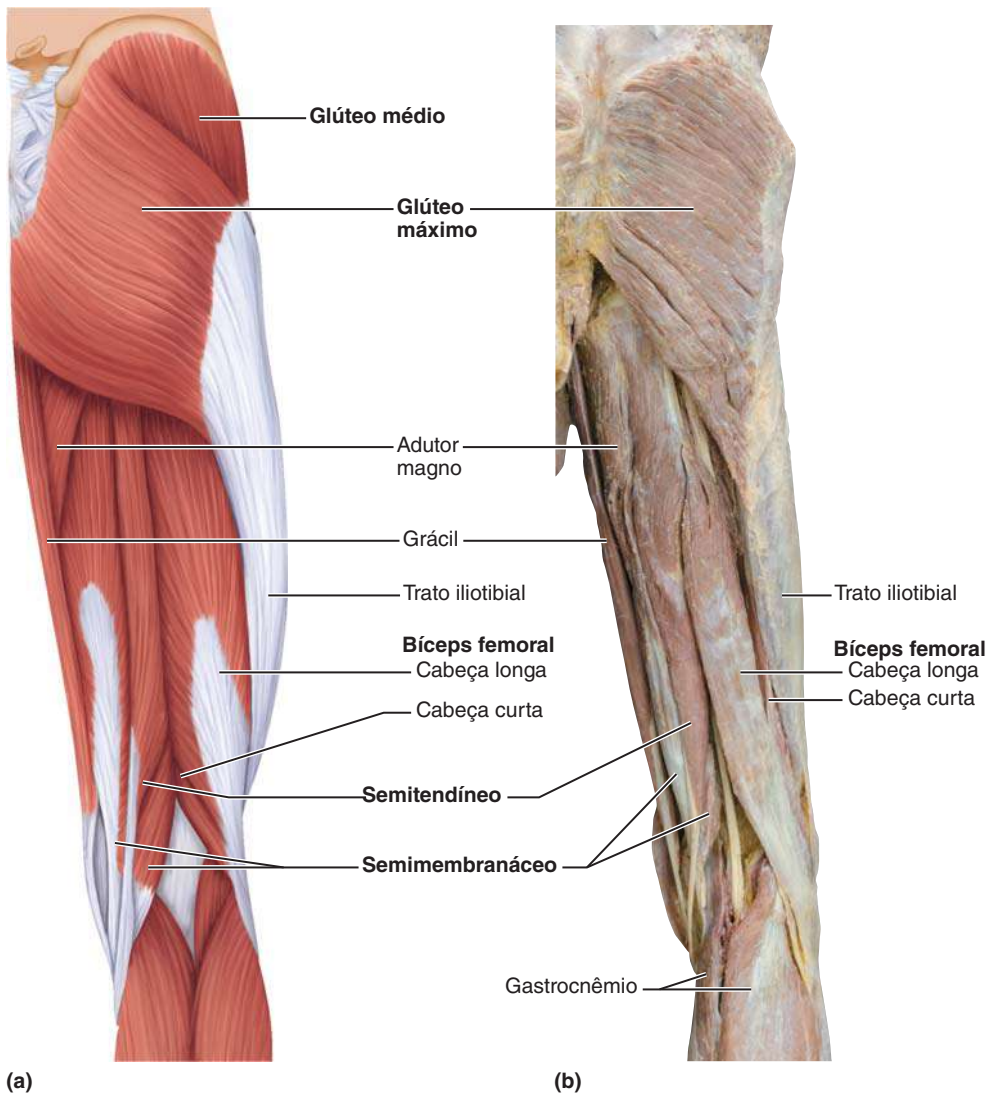


Figura 11.23 Músculos posteriores do quadril e coxa direitos. (a) Vista superficial exibindo os músculos glúteos (nádega) e os músculos do jarrete (coxa). (b) Dissecção em cadáver em vista similar à de (a). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 39.)

Tabela 11.15

Músculos que cruzam as articulações do quadril e do joelho: movimentos da coxa e perna (Figuras 11.22, 11.23 e 11.24) continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DA REGIÃO GLÚTEA: ROTADORES LATERAIS				
Piriforme	Músculo piramidal localizado posteriormente em relação à articulação do quadril. Inferior ao glúteo mínimo; sai da pelve via incisura isquiática maior	O — superfície anterolateral do sacro (incisura isquiática maior do lado oposto) I — margem superior do trocânter maior do fêmur	Roda lateralmente a coxa estendida; uma vez que se insere acima da cabeça do fêmur, também pode ajudar na abdução da coxa quando o quadril é flexionado; estabiliza a articulação do quadril	L4-S1
Obturador externo	Músculo triangular plano e profundo na superfície medial superior da coxa	O — superfície externa da membrana obturatória, face externa do púbis e ísquio e margens do forame obturado I — por um tendão na fossa trocântérica do fêmur posteriormente	As mesmas do piriforme	Nervo obturatório (L3 e L4)

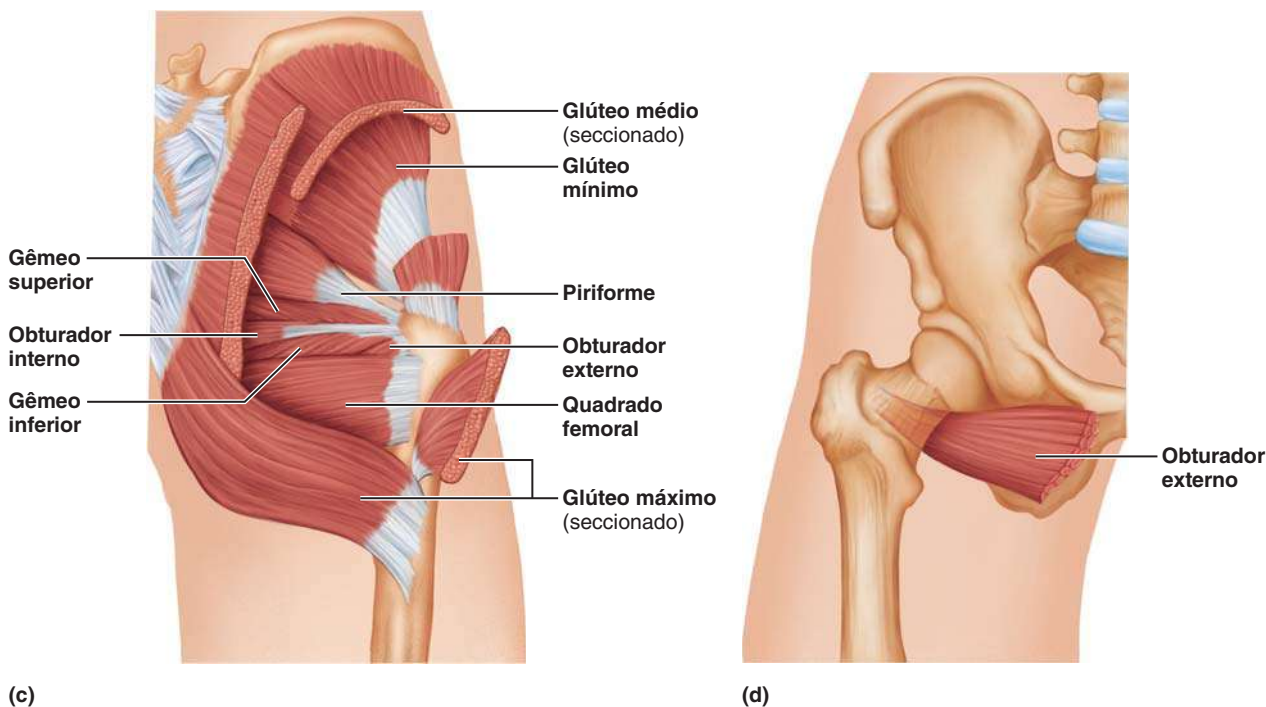


Figura 11.23 Músculos posteriores do quadril e coxa direitas, continuação. (c) Músculos profundos da região glútea que agem principalmente na rotação lateral da coxa. Os músculos superficiais glúteos, máximo e médio, foram removidos. (d) Vista anterior do músculo obturador externo isolado, mostrando seu trajeto da origem na pelve anteriormente até a face posterior do fêmur.

Tabela 11.15 *continuação*

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DA REGIÃO GLÚTEA: ROTADORES LATERAIS (<i>continuação</i>)				
Obturador interno	Circunda o forame obturado no interior da pelve; sai da pelve via incisura isquiática menor e faz uma curva aguda para se inserir no fêmur	O — superfície interna da membrana obturatória, incisura isquiática maior e margens do forame obturado I — trocânter maior à frente do piriforme	As mesmas do piriforme	L5 e S1
Gêmeo — superior e inferior	Dois músculos pequenos com inserções e ações comuns; considerados como partes extrapélvicas do obturador interno	O — espinha isquiática (superior); túber isquiático (inferior) I — trocânter maior do fêmur	As mesmas do piriforme	L5 e S1
Quadrado femoral	Músculo curto e espesso; o mais inferior dos músculos rotadores laterais; estende-se lateralmente a partir da pelve	O — túber isquiático I — crista intertrocantérica do fêmur	Roda a coxa lateralmente e estabiliza a articulação do quadril	L5 e S1

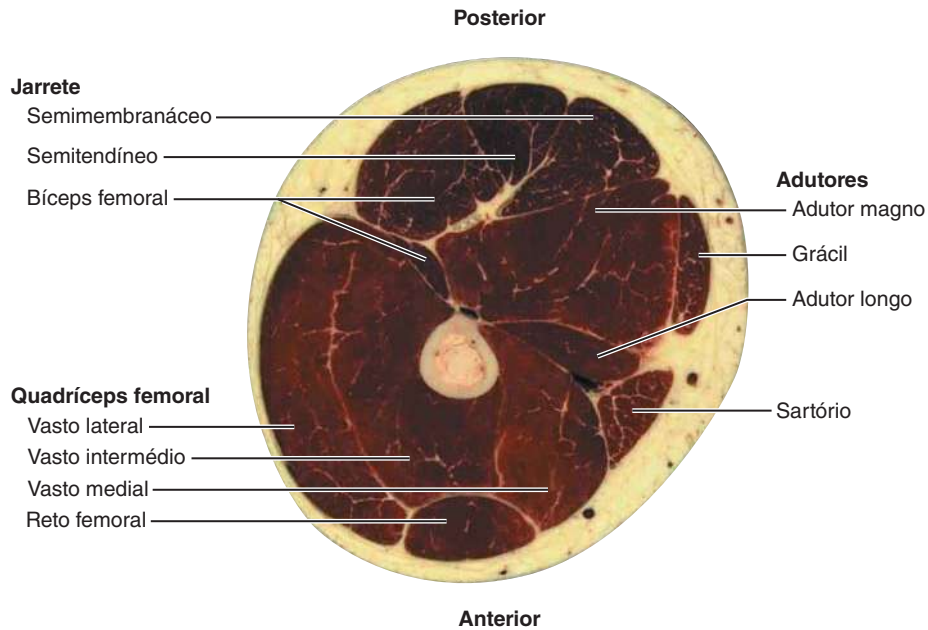


Figura 11.24 Corte transversal da parte média da coxa.

Tabela 11.16

Músculos da perna: movimentos do tornozelo e dedos dos pés (Figuras 11.25, 11.26 e 11.27)

A fásia profunda da perna é contínua com a fásia lata que circunda a coxa. Como uma “meia até o joelho” abaixo da pele, essa fásia da perna circunda os músculos da perna e os une firmemente, evitando o inchaço excessivo desses músculos durante o exercício e também ajudando no retorno venoso. As extensões para dentro da fásia da perna dividem os músculos da perna em *compartimentos anterior, lateral e posterior* (Figura 11.8), cada um com seu próprio suprimento nervoso e sanguíneo. Distalmente, a fásia da perna fica mais espessa e constitui os **retináculos dos músculos extensores, fibulares e flexores**, “pulseiras do tornozelo” que mantêm os tendões em posição ao seguirem para os pés. Assim como no carpo e na mão, os tendões são envolvidos distalmente por bainhas tendíneas escorregadias.

Os diversos músculos da perna promovem movimentos na articulação do tornozelo (flexão dorsal e plantar), nas articulações tarsometatarsais (inversão e eversão do pé) ou interfalângicas (flexão, extensão).

Compartimento anterior (extensor). Os músculos no *compartimento anterior* da perna (Figura 11.25) são comparáveis diretamente com o grupo muscular extensor do antebraço: eles estendem os dedos dos pés e fazem a flexão dorsal do pé. Embora a flexão dorsal não seja um movimento potente, ela impede que os dedos se arrastem durante a marcha.

Compartimento lateral. Os *músculos do compartimento lateral* (Figura 11.26) são os *músculos fibulares* (antes chamados de peroneais). Eles evertem e flexionam a planta do pé.

Compartimento posterior (flexor). Os músculos do *compartimento posterior* (Figura 11.27) são comparáveis com o grupo muscular flexor do antebraço: eles flexionam os dedos dos pés e realizam a flexão plantar do pé. A flexão plantar é o movimento mais potente no tornozelo: ela levanta o peso do corpo inteiro. A flexão plantar é necessária para ficar em pé na ponta dos dedos e proporciona impulsão para a frente na marcha ou corrida.

(As ações dos músculos nesta tabela estão resumidas na Tabela 11.2, Parte II, p. 291.)

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
PARTE I: MÚSCULOS DO COMPARTIMENTO ANTERIOR DA PERNA (FIGURAS 11.25 E 11.26)				
Todos os músculos do compartimento anterior da perna são flexores dorsais do tornozelo e têm uma inervação comum, o nervo fibular profundo. A paralisia do grupo muscular anterior causa o <i>pé caído</i> , exigindo que uma pessoa erga uma perna a uma altura incomum durante a marcha para evitar tropeçar nos dedos do pé. A “canelite” (p. 357) são uma condição inflamatória comum dos músculos do compartimento anterior.				
Tibial anterior	Músculo superficial da perna anteriormente; segue em paralelo com a margem anterior da tibia	O — cômulo lateral e dois terços superiores da diáfise da tibia; membrana interóssea I — por tendão na superfície inferior do osso cuneiforme medial e do primeiro metatarsico	Agonista na flexão dorsal; inverte o pé; ajuda a sustentar a parte medial do arco longitudinal do pé	Nervo fibular profundo (L4 e L5)
Extensor longo dos dedos	Músculo unipenniforme na superfície anterolateral da perna; lateral ao músculo tibial anterior	O — cômulo lateral da tibia; três quartos proximais da fíbula; membrana interóssea I — falanges média e distal dos dedos II-V via expansão extensora	Agonista na extensão dos dedos do pé (age principalmente nas articulações metatarsofalângicas); flexão dorsal do pé	Nervo fibular profundo (L5 e S1)
Fibular terceiro	Músculo pequeno; geralmente contínuo à parte distal do extensor longo dos dedos; nem sempre está presente	O — face anterior distal da fíbula e membrana interóssea I — o tendão se insere no dorso do metatarsal V	Flexão dorsal e eversão do pé	Nervo fibular profundo (L5 e S1)
Extensor do hálux	Profundo ao extensor longo dos dedos e ao tibial anterior; origem estreita	O — anteromedialmente na diáfise da fíbula e membrana interóssea I — na falange distal do hálux	Estende o hálux; flexão dorsal do pé	Nervo fibular profundo (L5 e S1)
PARTE II: MÚSCULOS DO COMPARTIMENTO LATERAL DA PERNA (FIGURAS 11.26 E 11.27)				
Esses músculos possuem uma inervação comum, o nervo fibular superficial. Além da flexão plantar e da eversão do pé, esses músculos estabilizam o tornozelo lateralmente e a parte lateral do arco longitudinal do pé.				
Fibular longo (ver também a Figura 11.25)	Músculo lateral superficial; sobrejacente à fíbula	O — cabeça e face superior e lateral da diáfise da fíbula lateralmente I — pelo tendão longo que se curva sob o pé até o metatarsal I e o osso cuneiforme medial	Flexão plantar e eversão do pé	Nervo fibular superficial (L5 e S1)

Tabela 11.16 continuação

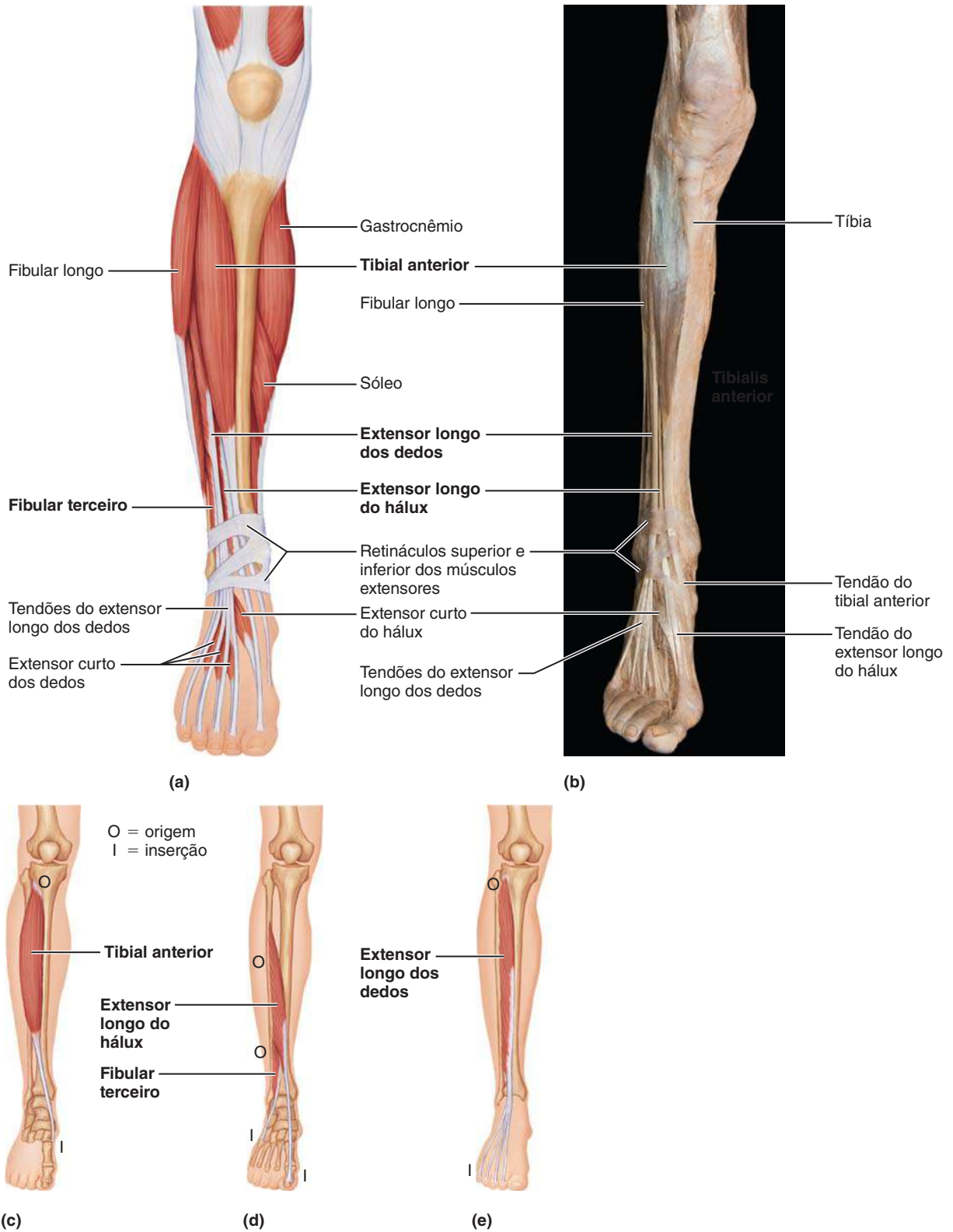


Figura 11.25 Músculos do compartimento anterior da perna direita. (a) Vista superficial dos músculos anteriores da perna. (b) Dissecção em cadáver em vista similar à de (a). (c-e) Músculos anteriores da perna exibidos isoladamente para mostrar as origens e inserções.

Tabela 11.16

Músculos da perna: movimentos do tornozelo e dedos dos pés (Figuras 11.25, 11.26 e 11.27) *continuação*

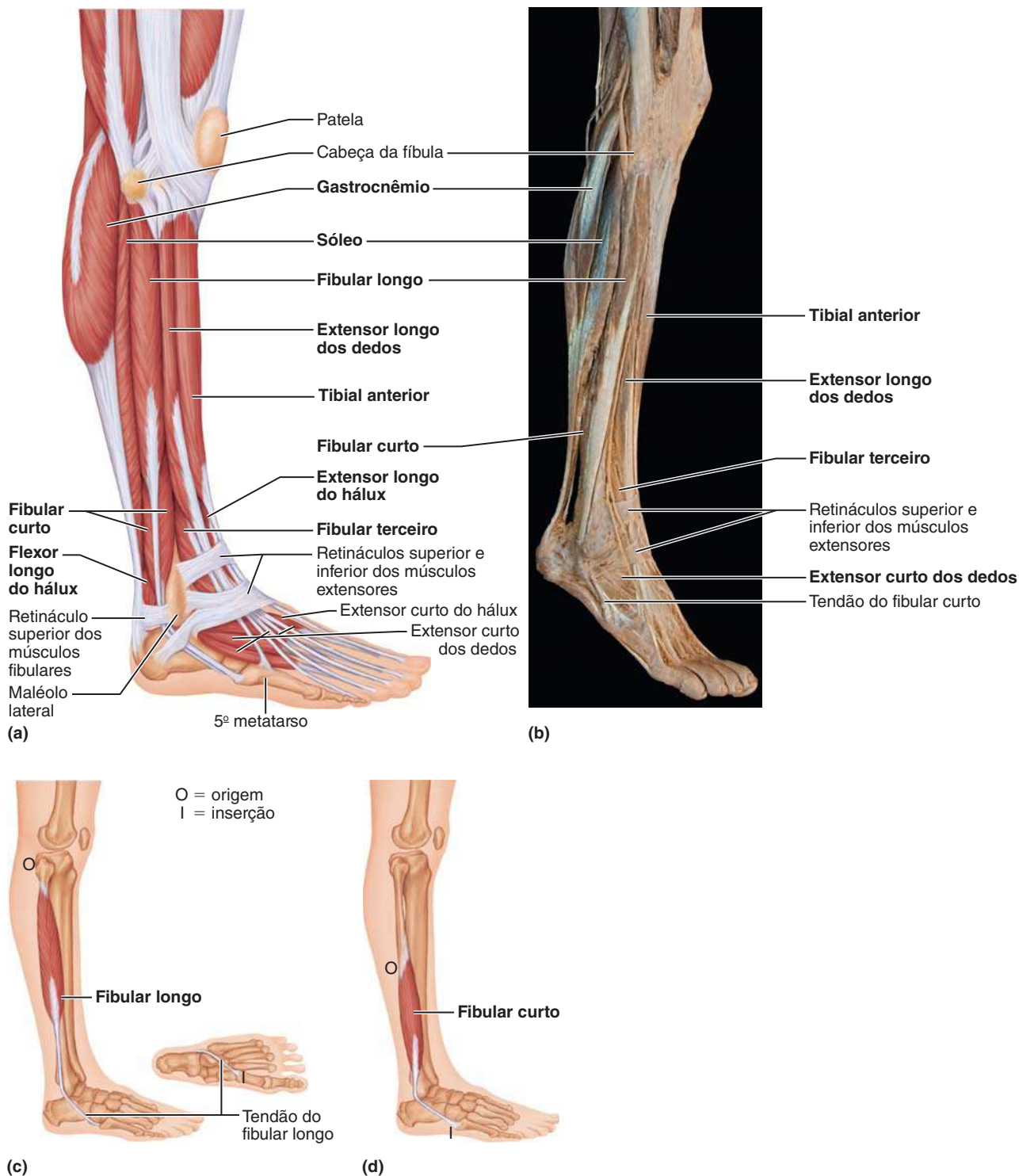


Figura 11.26 **Músculos do compartimento lateral da perna direita.** (a) Vista superficial da face lateral da perna. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 42b e 43a.) (b) Dissecção em cadáver em vista similar à de (a). (c) Vista do fibular longo isolado; o destaque ilustra a inserção do fibular longo da face plantar do pé. (d) Vista isolada do músculo fibular curto.

Tabela 11.16 continuação

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULOS DO COMPARTIMENTO LATERAL DA PERNA (continuação)				
Fibular curto	O menor músculo; profundo ao fibular longo; confinado em uma bainha comum	O — distalmente, na diáfise da fíbula I — por tendão que passa posteriormente ao maléolo lateral e se insere na extremidade proximal do metatarsal V	Flexão plantar e eversão do pé	Nervo fibular superficial (L5 e S1)
PARTE III: MÚSCULOS DO COMPARTIMENTO POSTERIOR DA PERNA (FIGURA 11.27)				
Os músculos do compartimento posterior da perna possuem uma inervação comum, o nervo tibial. Eles atuam conjuntamente para fazer a flexão plantar, no tornozelo.				
MÚSCULOS SUPERFICIAIS DO COMPARTIMENTO POSTERIOR DA PERNA (FIGURA 11.27a E b)				
Tríceps sural (ver também a Figura 11.26)	Refere-se ao par muscular (gastrocnêmios e sóleo) que molda a região sural (panturrilha) posteriormente e se insere no calcâneo por um tendão comum, o tendão calcâneo (tendão de Aquiles) o maior do corpo; agonistas na flexão plantar.			
• Gastrocnêmios	Par de músculos superficiais; dois ventres proeminentes que formam a saliência curva proximal da panturrilha	O — por duas cabeças a partir dos côndilos medial e lateral do fêmur I — posteriormente no calcâneo através do tendão calcâneo	Flexão plantar do pé quando a perna é estendida; uma vez que também cruzam a articulação do joelho, eles podem flexionar a perna quando o pé é flexionado dorsalmente	Nervo tibial (S1 e S2)
• Sóleo	Músculo da panturrilha amplo e plano, profundo aos gastrocnêmios	O — ampla origem cônica na tíbia superiormente, fíbula e membrana interóssea I — a mesma dos gastrocnêmios	Flexão plantar do pé; importante músculo locomotor e postural durante a marcha, corrida e dança	Nervo tibial (S1 e S2)
Plantar	Geralmente um músculo pequeno e fraco, mas com tamanho e alcance variáveis; pode estar ausente	O — fêmur posteriormente, acima do côndilo lateral I — por um tendão fino e longo no calcâneo ou no tendão calcâneo	Ajuda na flexão da perna e na flexão plantar do pé	Nervo tibial (S1 e S2)
MÚSCULOS PROFUNDOS DO COMPARTIMENTO POSTERIOR DA PERNA (FIGURA 11.27c-f)				
Poplíteo	Músculo fino e triangular posteriormente no joelho; dirige-se inferior e medialmente para a face posterior da tíbia	O — côndilo lateral do fêmur e menisco lateral do joelho I — parte proximal da tíbia	Flexiona e roda a perna medialmente para desbloquear o joelho em extensão total quando a flexão começa; com a tíbia fixa, gira lateralmente a coxa	Nervo tibial (L4 e S1)
Flexor longo dos dedos	Músculo longo e estreito; dirige-se medialmente; e parcialmente sobre o tibial posterior	O — origem ampla na face posterior da tíbia I — o tendão passa posterior ao maléolo medial e se divide, inserindo-se nas falanges distais dos dedos II-V	Flexão plantar e inversão do pé; flexiona os dedos; ajuda a “prender” o pé no solo	Nervo tibial (L5 e S2)
Flexor longo do hálux (ver também a Figura 11.26)	Músculo bipeiforme; situado lateralmente ao tibial posterior	O — parte média da diáfise da fíbula; membrana interóssea I — o tendão percorre a planta do pé até a falange distal do hálux	Flexão plantar e inversão do pé; flexiona o hálux em todas as articulações; músculo de “partida” durante a marcha	Nervo tibial (L5 e S2)
Tibial posterior	Músculo espesso e plano profundamente ao sóleo; situado entre os flexores posteriores	O — superior e posteriormente na tíbia, fíbula e membrana interóssea I — o tendão passa posterior ao maléolo medial; insere-se em vários ossos tarsais e nos metatarsais II-IV	Agonista principal na inversão do pé; flexão plantar do pé; estabiliza a parte medial do arco longitudinal medial do pé	Nervo tibial (L4 e L5)

Tabela 11.16

Músculos da perna: movimentos do tornozelo e dedos dos pés (Figuras 11.25, 11.26 e 11.27) *continuação*

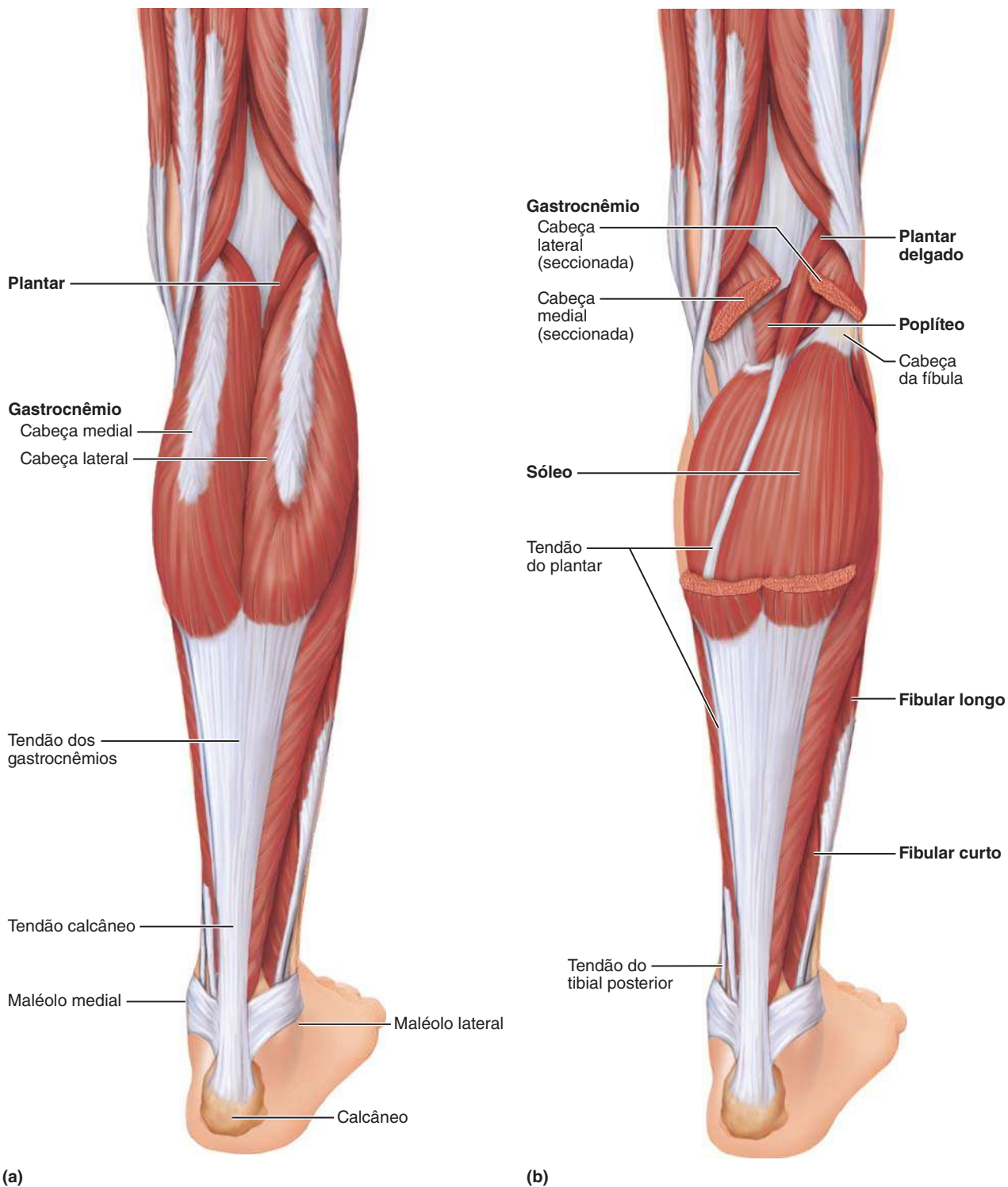


Figura 11.27 Músculos do compartimento posterior da perna direita. (a) Vista superficial e posterior da perna. (b) Os gastrocnêmios espessos foram removidos para mostrar o sóleo imediatamente profundo a eles.

Tabela 11.16 *continuação*

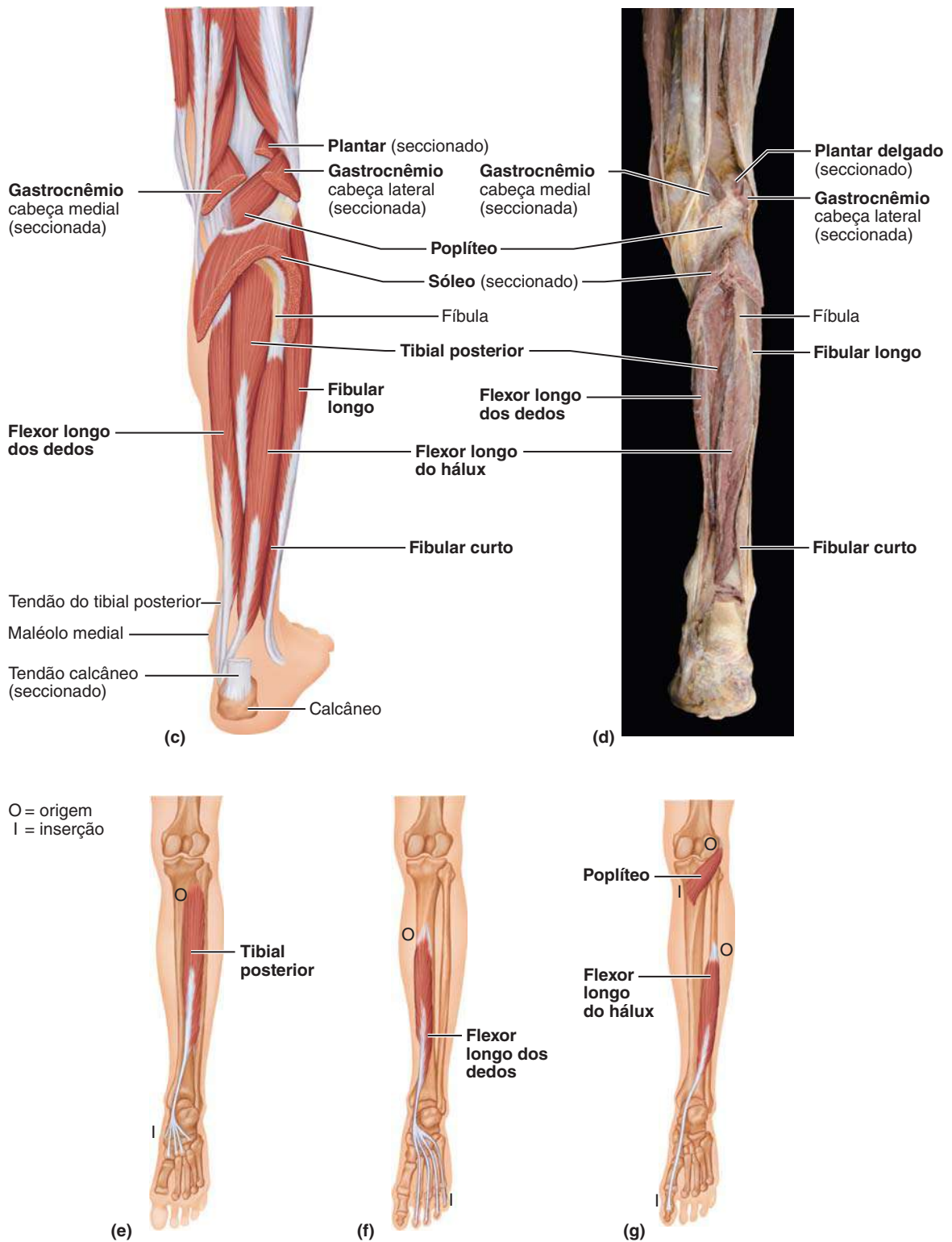


Figura 11.27 Músculos do compartimento posterior da perna direita, *continuação*. (c) O tríceps sural foi removido para mostrar os músculos profundos do compartimento posterior. (d) Dissecção em cadáver em vista similar à de (c). (e-g) Músculos profundos exibidos isoladamente para que suas origens e inserções possam ser observadas.

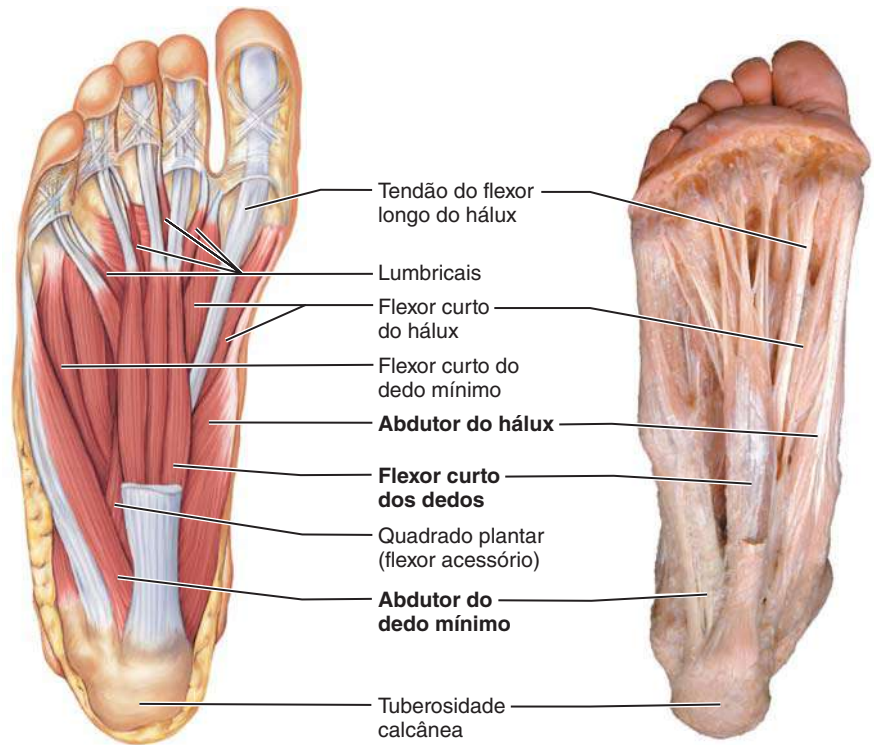
Tabela 11.17

Músculos intrínsecos do pé: movimento dos dedos e sustentação do pé (Figura 11.28)

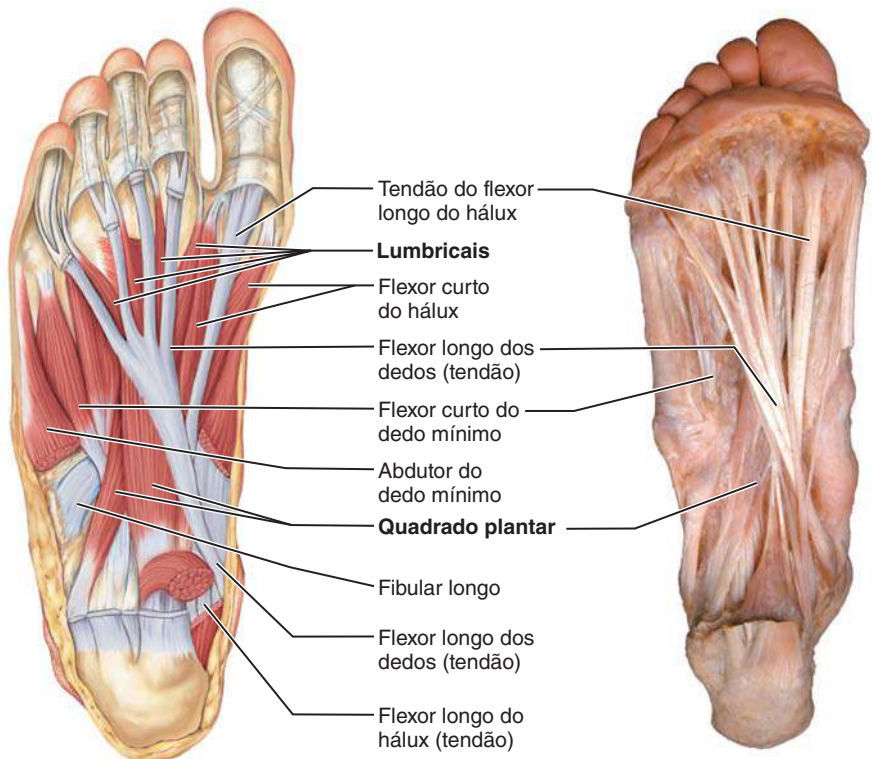
Os músculos intrínsecos do pé ajudam a flexionar, estender, abduzir e aduzir os dedos do pé. Além disso, junto aos tendões de alguns músculos da perna que entram na planta do pé, os músculos intrínsecos sustentam os arcos do pé. Existe um único músculo no dorso do pé (face superior) e muitos músculos na face plantar (a planta do pé). Os músculos plantares ocorrem em quatro camadas, da superficial até a profunda. No geral, os músculos da planta do pé são muito parecidos com os da palma da mão.

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULO DO DORSO DO PÉ				
Extensor curto dos dedos (Figura 11.26a)	Músculo pequeno e quadripartido no dorso do pé; profundo aos tendões do extensor longo dos dedos; corresponde aos músculos extensor do indicador e extensor do polegar do antebraço	O — segmento anterior do osso calcâneo I — base da falange proximal do hálux; expansões extensoras nos dedos II-IV	Ajuda a estender os dedos do pé nas articulações metatarsofalângicas	Nervo fibular profundo (L5 e S1)
MÚSCULOS DA PLANTA DO PÉ (FIGURA 11.28)				
Primeira camada (superficial)				
• Flexor curto dos dedos	Músculo em forma de faixa no meio da sola; corresponde ao flexor superficial dos dedos do antebraço e se insere nos dedos da mesma maneira	O — tuberosidade do calcâneo I — falange média dos dedos II-IV	Flexiona os dedos do pé	Nervo tibial (nervo plantar medial, um ramo do nervo tibial, S1 e S2)
• Abdutor do hálux	Situado medialmente ao flexor curto dos dedos (lembre-se do músculo similar do polegar, o abdutor curto do polegar)	O — tuberosidade do calcâneo e retináculo dos flexores I — falange proximal do hálux, face medial, através de um tendão compartilhado com o flexor curto do hálux (ver abaixo)	Abduz o hálux	Nervo tibial (nervo plantar medial, S1 e S2)
• Abdutor do dedo mínimo	Mais lateral dos três músculos superficiais da planta (lembre-se do músculo abdutor similar na palma)	O — tuberosidade do calcâneo I — lateralmente na base da falange proximal do dedo mínimo	Abduz e flexiona o dedo mínimo	Nervo tibial (nervo plantar lateral, um ramo do nervo tibial, S2 e S3)
Segunda camada				
• Quadrado plantar	Músculo retangular profundo ao flexor curto dos dedos na metade posterior da planta; duas cabeças; flexor acessório (ver Figura 11.28b e c)	O — faces medial e lateral do calcâneo I — tendão do flexor longo dos dedos	Ajusta a tração oblíqua do flexor longo dos dedos	Nervo tibial (nervo plantar lateral, S2 e S3)
• Lumbricais	Quatro pequenos músculos em forma de “verme” (como os lumbricais da mão)	O — a partir de cada tendão do flexor longo dos dedos I — expansão extensora na falange proximal dos dedos II-V medialmente	Ao tracionar a expansão extensora, flexiona os dedos do pé nas articulações metatarsofalângicas e estende os dedos nas articulações interfalângicas	Nervo tibial (nervo plantar medial até o primeiro lumbrical e nervo plantar lateral até o segundo, terceiro e quarto lumbricais, L5-S2)

Tabela 11.17 continuação



(a) Primeira camada



(b) Segunda camada

Figura 11.28 Músculos do pé direito. (a, b) Vista plantar. Dissecções das duas camadas superficiais

Tabela 11.17

Músculos intrínsecos do pé: movimento dos dedos e sustentação do pé (Figura 11.28) *continuação*

Músculo	Descrição	Origem (O) e inserção (I)	Ação	Inervação
MÚSCULO NA SOLA DO PÉ (<i>continuação</i>)				
Terceira camada				
• Flexor curto do hálux	Cobre o 1º metatarsal; divide-se em dois ventres — lembre-se do flexor curto do polegar (ver Figura 11.28c)	O — ossos cuneiforme lateral e cuboide I — por dois tendões em ambos os lados da base da falange proximal do hálux; cada tendão tem um osso sesamoide	Fixa o hálux na articulação metatarsofalângica	Nervo tibial (nervo plantar medial, S1 e S2)
• Adutor do hálux	Cabeças oblíqua e transversa; profundo aos lumbricais (lembre-se do adutor do polegar)	O — bases dos metatarsais II-IV e bainha do tendão fibular longo (cabeça oblíqua). Ligamentos das articulações metatarsofalângicas (cabeça transversa) I — base da falange proximal do hálux, lateralmente	Ajuda a manter o arco transverso do pé; adutor fraco do hálux	Nervo tibial (nervo plantar lateral, S2 e S3)
• Flexor curto do dedo mínimo	Cobre o metatarsal V (lembre-se do mesmo músculo na mão)	O — base do metatarsal V e bainha do tendão fibular longo I — base da falange proximal do dedo V	Flexiona o dedo mínimo do pé na articulação metatarsofalângica	Nervo tibial (nervo plantar lateral, S2 e S3)
Quarta camada				
• Interósseos plantares e dorsais	Três plantares e quatro dorsais; similares aos interósseos palmares e dorsais da mão quanto à localização, conexões e ações; no entanto, o eixo longitudinal do pé em torno do qual esses músculos se orientam é o segundo dedo, não o terceiro	Ver interósseos palmares e dorsais (Tabela 11.14)	Ver interósseos palmares e dorsais (Tabela 11.14)	Nervo tibial (nervo plantar lateral, S2 e S3)

Tabela 11.17 continuação

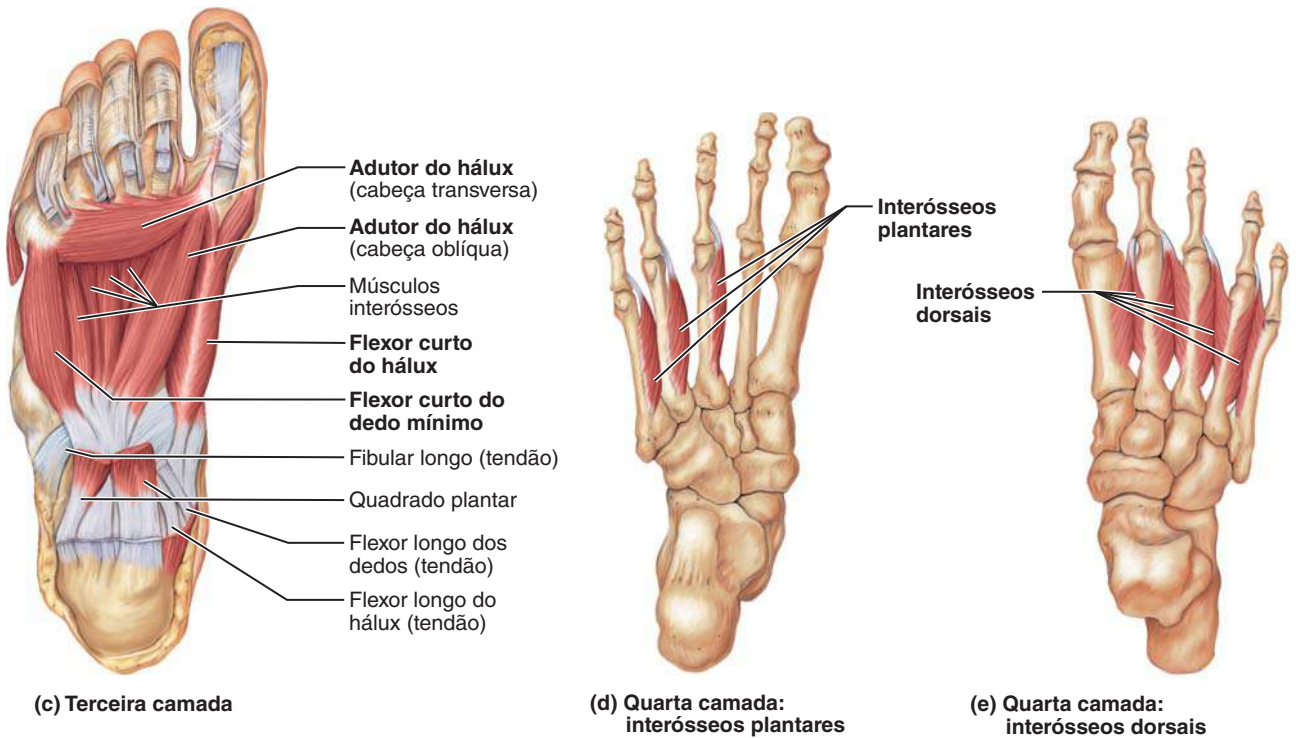


Figura 11.28 Músculos do pé direito, continuação. (c, d) Vista plantar. (e) Vista dorsal do pé direito, músculos mais profundos.

✓ Verifique seu conhecimento

- 15. Qual é o músculo mais importante para a respiração? Quais músculos abdominais ajudam na inspiração e na expiração forçada?
- 16. Descreva os seis movimentos possíveis na articulação do ombro. Mencione um músculo que realize cada movimento.
- 17. Qual músculo é o agonista principal da flexão dorsal? Qual é o movimento importante durante a marcha?
- 18. Como funcionam os glúteos menores — glúteo médio e glúteo mínimo — durante a marcha?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

ANATOMIA DE SUPERFÍCIE POR REGIÃO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ utilizar marcos de superfície para localizar e identificar os músculos subjacentes.

Até agora, estudamos os sistemas esquelético e muscular de maneira independente, mas é importante

pensar nesses sistemas como uma unidade integrada que age na sustentação e movimentação do corpo. Em muitas situações clínicas, a compreensão dos componentes esqueléticos e musculares de uma determinada região, bem como das estruturas nervosas e vasculares da região, é necessária para avaliar a funcionalidade.

A **anatomia de superfície**, o estudo da superfície externa do corpo, fornece informações sobre os órgãos internos. Sentir as estruturas internas através da pele com os dedos se chama **palpação** (“toque”). Muitas características da anatomia esquelética e muscular são facilmente visualizadas a partir da superfície corporal ou podem ser localizadas por meio de palpação. Esta seção reforça grande parte do que você aprendeu sobre a estrutura esquelética e muscular e realça como esses elementos estão anatomicamente relacionados entre si. Esta seção adota uma abordagem *regional* na anatomia de superfície, focando as relações anatômicas entre as estruturas corporais em uma determinada região, explorando primeiro a cabeça e avançando para o tronco e membros. Deixe a sua própria estrutura corporal ajudá-lo a se lembrar dos detalhes anatômicos. Ainda melhor, sempre que possível, faça com que um companheiro de estudos assumo o papel de paciente enquanto você faz suas observações e palpações.

Cabeça (Figura 11.29)

Crânio

Passa os dedos sobre a face superior da sua cabeça e observe como os ossos do crânio sob a pele estão bem próximos da superfície. Avance até a frente e palpe os *arcos superciliares* (“cristas da sobrancelha”) diretamente acima de suas órbitas (Figura 11.29a). Depois, mova a mão até a superfície posterior do crânio, onde você consegue sentir uma saliência, a *protuberância occipital externa*. Seguindo com seus dedos lateralmente a partir dessa protuberância, sinta a *linha nugal superior* semelhante a uma crista no osso occipital. Essa linha marca a extensão superior dos músculos do pescoço posteriormente e é a fronteira entre a cabeça e o pescoço. Com os seus dedos na linha nugal superior, estenda a sua cabeça para sentir a contração dos músculos posteriores do pescoço, o *trapézio* e o *esplênio*. Agora, sinta o *processo mastoide* proeminente em cada lado do crânio, imediatamente posteriores às suas orelhas.

Coloque uma mão em sua têmpora e trinque os dentes. Você deve ser capaz de sentir a saliência do *músculo temporal* enquanto ele se contrai. Em seguida, erga os supercílios e sinta a sua fronte enrugando enquanto o ventre frontal do *músculo epicrânico*, um músculo da face, contrai. Essa parte do epicrânico origina-se na *aponeurose epicrânica*, que cobre a superfície superior do crânio e

se liga fortemente ao tecido subcutâneo subjacente e à pele, formando verdadeiro couro cabeludo. Empurre-o para confirmar que ele desliza livremente sobre os ossos cranianos subjacentes. Uma vez que o couro cabeludo é pouco ligado ao crânio, as pessoas podem ser facilmente “escalpeladas” (nos acidentes industriais, por exemplo). A maioria das artérias do corpo constrição e fecha após serem cortadas ou laceradas, mas os vasos no couro cabeludo altamente vascularizado são incapazes de fazê-lo porque são mantidos abertos pelo tecido conjuntivo denso que os circunda. Como resultado, as feridas no couro cabeludo sangram profusamente. No entanto, como ele é tão bem vascularizado, essas feridas também cicatrizam rapidamente.

Face

A superfície da face é dividida em três regiões: orbital (olho), nasal e oral (boca), mais a região auricular (do crânio). Na região orbital da sua própria face, rastreie a margem óssea de uma órbita. O sulco conhecido como *fossa lacrimal*, que contém o saco lacrimal que acumula as lágrimas, pode ser sentido no lado medial da órbita. Em seguida, toque a parte mais superior do seu nariz, que é a *raiz do nariz*, entre os supercílios. Logo abaixo dela, entre os seus olhos, está o dorso do nariz, formado pelos ossos nasais (Figura 11.29a).

Cranianas

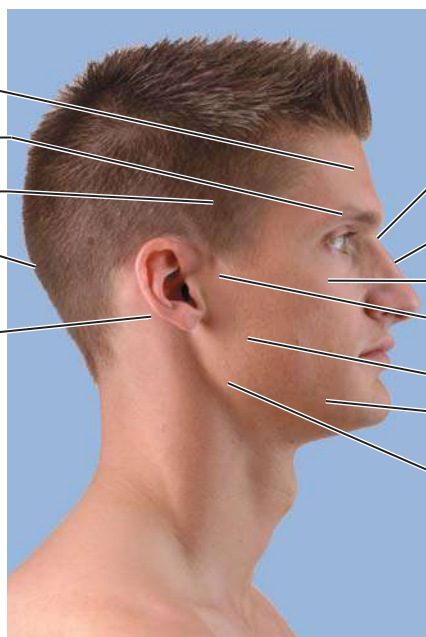
Epicrânico, ventre frontal

Arco superciliar

Músculo temporal

Protuberância occipital externa

Processo mastoide



Faciais

Raiz do nariz

Dorso do nariz

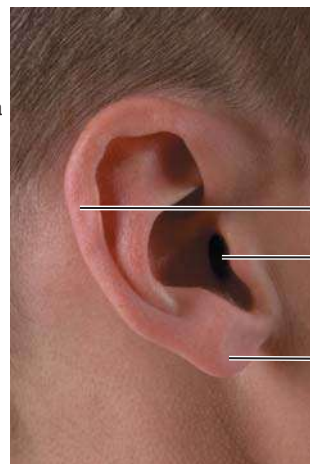
Arco zigomático

Articulação temporomandibular

Ramo da mandíbula

Corpo da mandíbula

Ângulo da mandíbula



Hélice

Meato acústico externo

Lóbulo

(a) Características do crânio e da face

(b) Orelha externa direita

Figura 11.29 Anatomia da superfície lateral da cabeça.

Segure a sua *orelha*, a parte da orelha externa que circunda a abertura do *meato acústico externo* (Figura 11.29b). Acompanhe a margem externa da orelha, ou *hélice*, até o *lóbulo*, na direção inferior. O lóbulo é facilmente perfurado e, por não ser muito sensível à dor, é um lugar conveniente para obter uma gota de sangue visando à análise clínica. Além disso, um *oxímetro de pulso*, um dispositivo que mede os níveis de oxigênio no sangue através da superfície da pele, pode ser fixado no lóbulo da orelha.

Mova a sua mão anteriormente, do meato acústico externo da orelha até a órbita, e sinta o *arco zigomático* (“maçã do rosto”) logo abaixo da pele. Esse osso pode se quebrar facilmente com golpes na face. Em seguida, coloque seus dedos na face e sinta-a se contorcer quando você sorri, franze os supercílios e faz caretas; agora você está monitorando a ação dos *músculos subcutâneos da face (expressão facial)* (Tabela 11.3, p. 292-294).

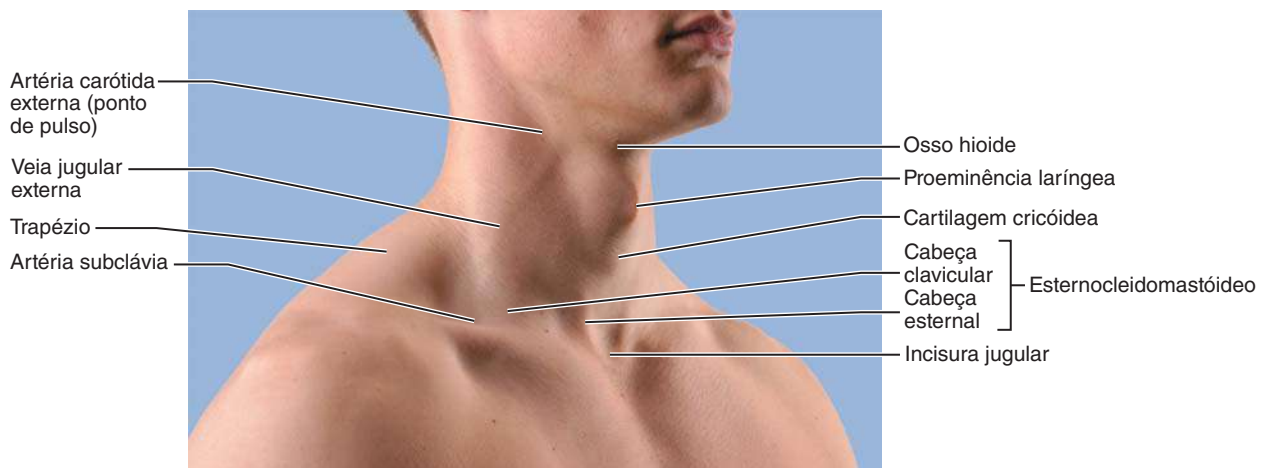
Na região da mandíbula inferiormente, palpe as seguintes partes: seu *corpo* anterior e seu *ramo*, posterior e ascendente (Figura 11.29a). Pressione a pele sobre o ramo mandibular e sinta a saliência do *músculo masse-*

ter quando você morder. Apalpe a margem anterior do masseter e acompanhe-a até a inserção desse músculo na margem inferior da mandíbula e o ângulo da mandíbula. Finalmente, para sentir a *articulação temporomandibular*, coloque um dedo diretamente anterior ao meato acústico externo, e abra e feche a sua boca várias vezes. A estrutura óssea que você sente mexer é a *ca-beça da mandíbula*.

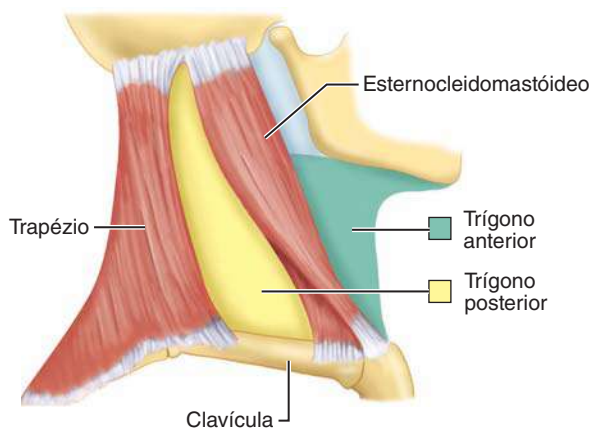
Pescoço (Figura 11.30)

Marcos esqueléticos

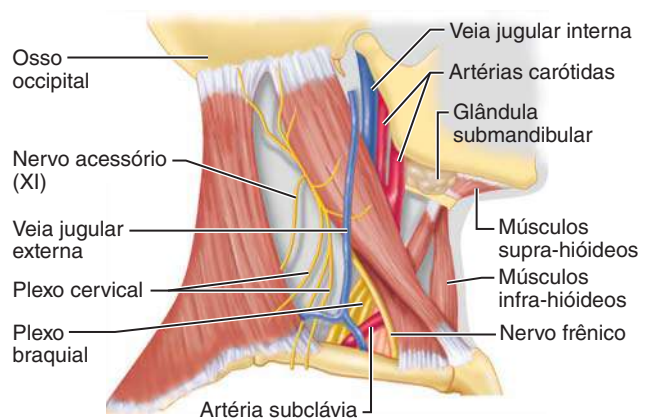
Passes os dedos inferiormente ao longo da região posterior do seu pescoço, na linha média posterior, onde você pode sentir os *processos espinhosos* das vértebras cervicais. A espinha de CVII é especialmente proeminente. Na direção anterior, coloque um dedo no seu mento (queixo) e depois corra o dedo inferiormente, ao longo da linha média anterior do pescoço. A primeira estrutura dura que você vai encontrar será o *osso hioide* em forma de U (**Figura 11.30a**), situado no ângulo entre o assoalho da boca e o pescoço. Imediatamente inferior



(a) Características superficiais



(b) Trígonos do pescoço



(c) Trígonos anterior e posterior

Figura 11.30 Anatomia de superfície e regiões do pescoço. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 44.)

a essa estrutura, você vai sentir a *proeminência laríngea* (pomo de Adão) da cartilagem tireóidea; essa saliência começa com uma incisura em forma de V superiormente e continua inferiormente como uma crista vertical aguda. Logo abaixo dessa proeminência, seu dedo vai afundar em uma depressão macia (formada pelo *ligamento cricótireóideo*) e depois vai atingir a superfície arredondada da *cartilagem cricóidea*.

Músculos do pescoço

O *esternocleidomastóideo*, o músculo mais importante do pescoço e também o marco superficial mais importante dessa região, pode ser mais bem visualizado e sentido quando a sua cabeça é girada para o lado. Se você ficar em pé diante de um espelho e virar bastante a sua face da direita para a esquerda, várias vezes, você conseguirá ver as duas cabeças desse músculo, a *cabeça esternal*, medial, e a *cabeça clavicular*, lateral (Figura 11.30).

Outro grande músculo do pescoço, na superfície posterior, é o *trapézio*. Você pode senti-lo contrair logo abaixo da pele quando encolhe os ombros.

Trígonos do pescoço

Os músculos esternocleidomastóideos dividem cada lado do pescoço em um trígono posterior e um trígono anterior (Figura 11.30b). O **trígono posterior** é delimitado pelo esternocleidomastóideo anteriormente, o trapézio posteriormente e a clavícula inferiormente. O **trígono anterior** é delimitado pela margem inferior da mandíbula superiormente, a linha média do pescoço anteriormente e o esternocleidomastóideo posteriormente.

O trígono posterior contém muitos nervos e vasos sanguíneos importantes (Figura 11.30c), incluindo o *nervo acessório* (nervo craniano XI), a maior parte do *plexo cervical* e o *nervo frênico* (discutido no Capítulo 14). Na parte inferior do trígono estão a *veia jugular externa*, os troncos do *plexo braquial* e a *artéria subclávia* — todos eles relativamente superficiais.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Lacerações no pescoço Os vasos e nervos nos trígonos do pescoço são relativamente superficiais e, portanto, suscetíveis à lesão por uma laceração no pescoço. Uma laceração através de qualquer um desses vasos pode resultar em perda sanguínea importante. Um ferimento no trígono posterior do pescoço pode danificar os nervos localizados nessa região, resultando na perda de longo prazo da sensibilidade na pele do pescoço e do ombro, bem como em paralisia parcial dos músculos esternocleidomastóideo e trapézio.

No trígono anterior do pescoço (Figura 11.30c), as estruturas importantes incluem a *glândula submandi-*

bular, os *músculos supra-hióideo* e *infra-hióideo* e as partes das artérias carótidas e das veias jugulares situadas superiormente ao esternocleidomastóideo. A *artéria carótida comum* e a *veia jugular interna* estão logo abaixo do esternocleidomastóideo. Imediatamente anterior ao esternocleidomastóideo, superior ao nível da sua laringe, você consegue sentir um pulso carotídeo — as pulsações da *artéria carótida externa* (Figura 11.30a).

Tórax (Figura 11.31)

Marcos esqueléticos

As características superficiais da caixa torácica (**Figura 11.31**) são palpáveis. O esterno é dividido em três partes: manúbrio, corpo e processo xifoide (Capítulo 7, p. 186). A *incisura jugular* forma uma depressão macia superior do manúbrio. O *ângulo do esterno*, um ligeiro ressalto indicando a junção do manúbrio e do corpo, é um marco importante para localizar as segundas costelas. As costelas produzem uma série de linhas horizontais que podem ser utilizadas para mapear a localização dos órgãos subjacentes da cavidade torácica. Esse mapeamento também requer linhas longitudinais na parede do tronco. Duas linhas verticais definidas são a **linha axilar média**, que se estende inferiormente do centro da axila até a parede torácica lateral, e a **linha medioclavicular**, que sai do ponto médio da clavícula e se estende inferiormente até a virilha, passando a 1 cm medial, aproximadamente, do mamilo.

A *margem costal* marca o limite inferior da parede torácica. O **ângulo infraesternal** é a localização da *sínfise xifosternal*, a junção do corpo do esterno com o processo xifoide.

Músculos do tórax

Os principais músculos superficiais da parede anterior ao tórax são o *peitoral maior* e os fascículos anteriores do *serrátil anterior*. (Usando a Figura 11.31 como guia, tente palpar esses dois músculos no seu peito.) Os dois contraem durante as flexões e você pode confirmar isso fazendo uma flexão com um dos braços na mesa enquanto palpa os músculos com a mão do outro braço.

Abdome (Figura 11.31)

Marcos esqueléticos

A parede anterior do abdome se estende da margem costal até um limite inferior definido pelos seguintes marcos anatômicos (todos exibidos na Figura 11.31):

1. **Crista ilíaca** (margem superior do ílio). Você pode localizá-la bilateralmente, descansando as mãos nos quadris.
2. **Espinha ilíaca anterossuperior**. Representando o ponto mais anterior da crista ilíaca, essa espinha é um

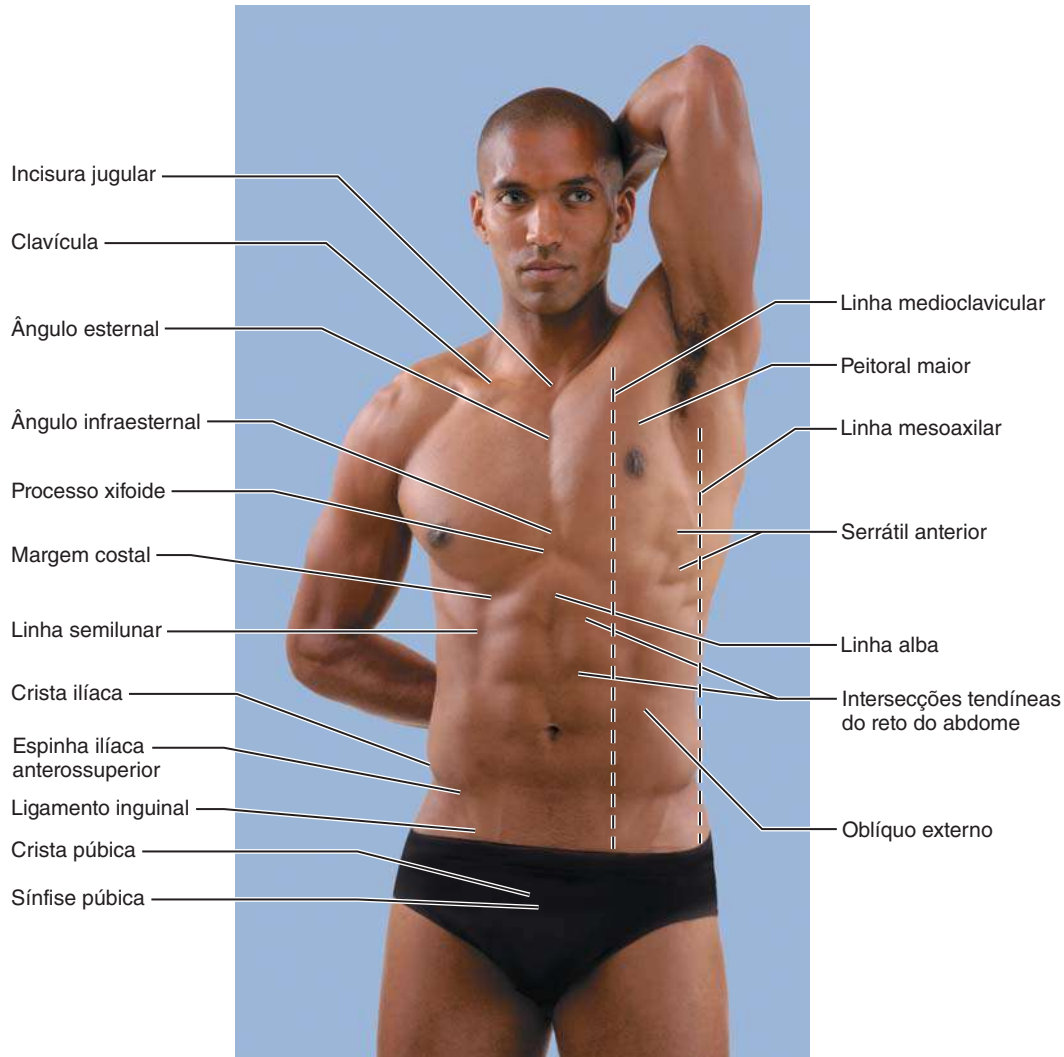


Figura 11.31 Tórax e abdome anteriores.

marco proeminente que pode ser palpado em qualquer pessoa, mesmo nas que estiverem acima do peso.

3. **Ligamento inguinal.** Este ligamento, indicado por um sulco na pele da virilha, segue medialmente da espinha ilíaca anterossuperior até o *tubérculo púbico* do osso púbis.
4. **Crista púbica.** Você vai ter que pressionar profundamente para sentir esta crista no púbis, perto da *sínfise púbica* mediana. O *tubérculo púbico*, o ponto mais lateral da crista púbica, é mais fácil de palpar, mas ainda assim você precisa pressionar profundamente.

Músculos e outras características da superfície do abdome

O marco central da parede anterior do abdome é o *umbigo*. Seguindo superiormente e inferiormente a partir do umbigo, encontra-se a linha alba (“linha branca”), representada na pele das pessoas magras por um sulco vertical (Figura 11.31). Essa linha tendínea que se estende do processo xifoide até a sínfise púbica, ime-

diatamente medial aos músculos retos do abdome, é a inserção dos músculos do abdome — os oblíquos e transversos do abdome (ver Tabela 11.8, p. 306-308). A linha alba é um local privilegiado para a entrada cirúrgica na cavidade abdominal, pois um corte longo através dela não produz danos musculares e gera um sangramento mínimo.

Ladeando a linha alba encontram-se os músculos *retos do abdome* verticais. Sinta esses músculos contraírem logo abaixo da pele enquanto faz exercícios abdominais com os joelhos dobrados ou se curva para a frente após se inclinar para trás na sua cadeira. Na pele das pessoas magras, a margem lateral de cada músculo reto cria um sulco conhecido como **linha semilunar** (“linha em meia-lua”). Nas pessoas musculosas, três sulcos horizontais na pele que cobre o reto do abdome representam as *intersecções tendíneas*, faixas fibrosas que subdividem o músculo reto do abdome. Em razão dessas divisões, cada músculo reto do abdome vertical apresenta quatro saliências horizontais distintas.

Os únicos outros músculos importantes que podem ser vistos através da parede anterior do abdome são os *oblíquos externos* lateralmente. Sinta esses músculos contraírem quando você tossir, fizer força na defecação ou de alguma outra maneira aumentar a pressão intra-abdominal.

Dorso (Figura 11.32)

Ossos do dorso

O sulco vertical no centro do dorso se chama **sulco mediano** (Figura 11.32). Os *processos espinhosos* das vértebras são visíveis nesse sulco quando a coluna vertebral é flexionada. Palpe alguns desses processos nas suas costas (os das vértebras CVII e TI são os mais proeminentes e os mais fáceis de encontrar). Embora seja difícil localizar estrutura nas suas próprias costas, você deve conseguir palpar as partes posteriores de algumas costelas, bem como a proeminente *espinha da escápula* e a *margem medial* longa da escápula. A escápula é superficial em relação às costelas II a VII, seu *ângulo inferior* está no nível do processo espinhoso da vértebra TVII, e a extremidade medial da espinha da escápula é oposta ao processo espinhoso de TIII.

Lembre-se de que você pode localizar as cristas ilíacas na sua região lombar ao descansar as mãos nos quadris. Localize o ponto mais superior de cada crista, aproximadamente a meio caminho entre o sulco mediano e a lateral do corpo (Figura 11.32). Uma linha horizontal através dos pontos direito e esquerdo, o **plano**

supracristal, intercepta LIV, proporcionando uma maneira simples de localizar essa vértebra. A capacidade para localizar LIV é essencial para realizar uma *punção lombar*, um procedimento no qual um médico insere uma agulha no canal vertebral, diretamente acima ou abaixo de LIV dessa vértebra.

O *sacro* é fácil de palpar na posição imediatamente superior à fenda interglútea, e é possível sentir o *cóccix* na parte inferior extrema dessa fenda, imediatamente posterior ao ânus.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Trígono da ausculta Os músculos superficiais do dorso não cobrem uma pequena área triangular da caixa torácica imediatamente medial à parte inferior da escápula. Essa área, chamada de **trígono da ausculta**, é delimitada medialmente pelo trapézio, inferiormente pelo latíssimo do dorso e lateralmente pela margem medial da escápula (Figura 11.32). Esse é o local em que um médico posiciona um estetoscópio para ouvir os ruídos pulmonares.

Músculos do dorso

Os maiores músculos superficiais do dorso são o *trapézio* superiormente e o *latíssimo do dorso* inferiormente (Figura 11.32). Além disso, os músculos *erectores da espinha* mais profundos são bastante evidentes na região

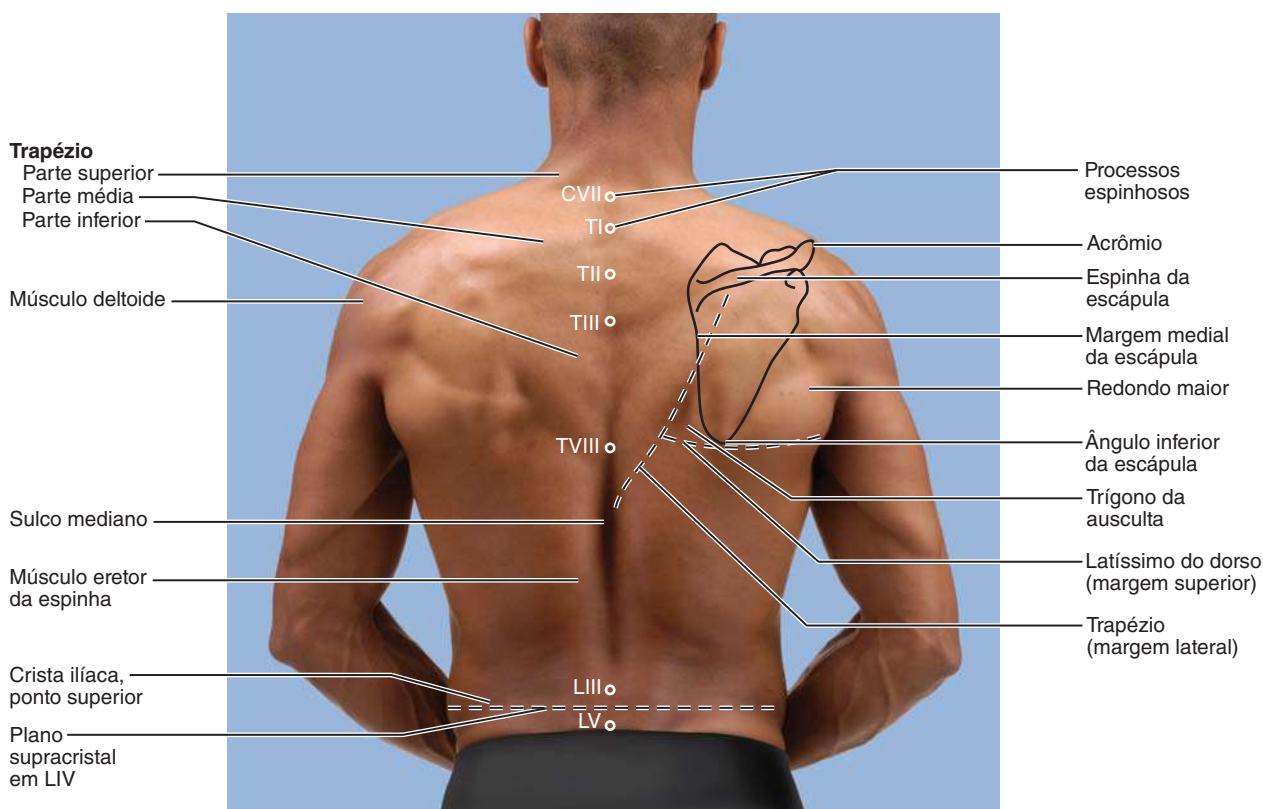


Figura 11.32 Anatomia de superfície do dorso.

lombar, ladeando a coluna vertebral como cordões verticais espessos. Sinta seus músculos eretores da espinha contraírem e se projetarem enquanto estende a sua coluna.

Membro superior e ombro

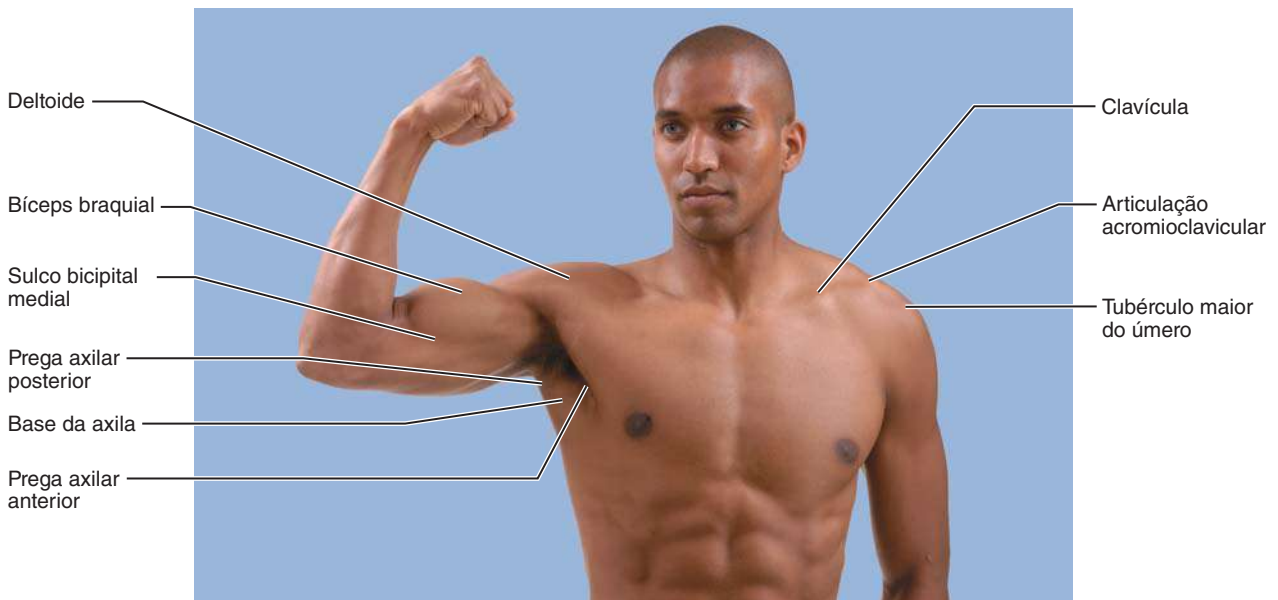
Axila (Figura 11.33)

A **base da axila** que contém à fossa axilar é a depressão onde crescem pelos (Figura 11.33a). Esse “vale” situa-se entre duas cristas musculares espessas e arredondadas, chamadas de **pregas axilares**. Imediatamente anterior à base, agarre com força a sua **prega axilar anterior**, a margem inferior da parede anterior

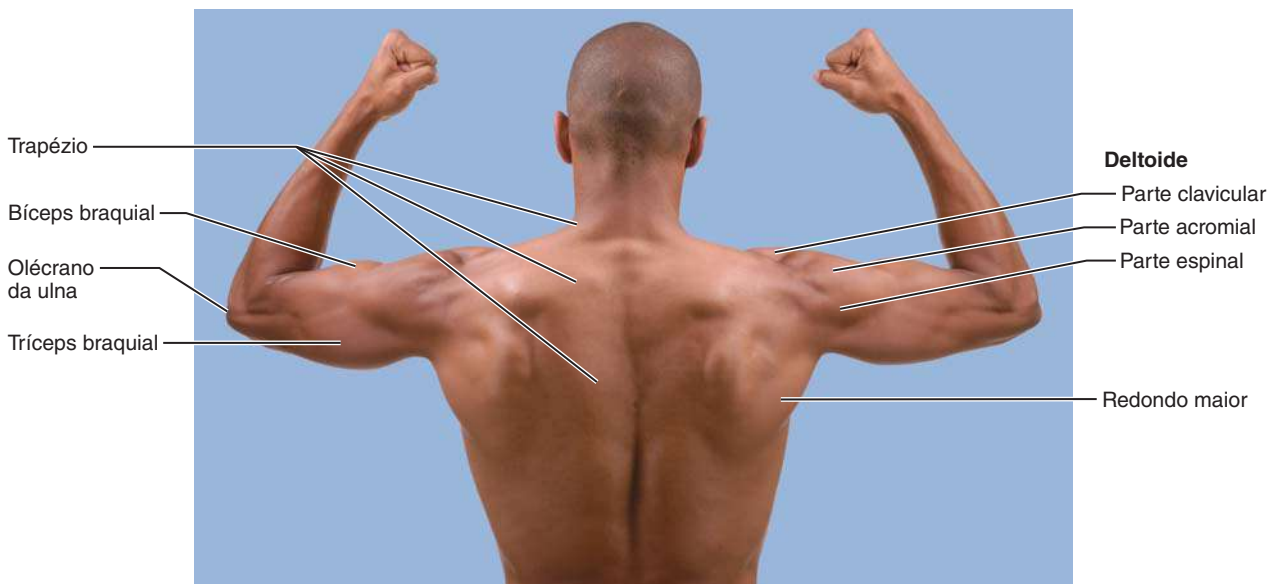
da axila formada pelo músculo peitoral maior. Depois, pegue a **prega axilar posterior**, a margem inferior da parede posterior da axila que é formada pelos músculos latíssimo do dorso e redondo maior, enquanto seguem para suas inserções no úmero.

Ombro (Figura 11.33)

Localize a espinha proeminente da escápula posteriormente (Figura 11.32) e acompanhe essa espinha até a sua extremidade lateral, que é o **acrômio** achatado no ápice do ombro. Depois, palpe a sua **clavícula** na direção anterior (Figura 11.33a), acompanhando esse osso, do esterno até o ombro e observando a sua forma curva.



(a)



(b)

Figura 11.33 Ombro e braço.

Agora, localize a junção entre a clavícula e o acrômio na posição superolateral do seu ombro, na *articulação acromioclavicular*. Para encontrar essa articulação, impulsione repetidamente um membro superior na direção anterior até que, com a mão no seu outro membro superior, você consiga palpar o ponto preciso onde ocorre o pivô dessa ação. Em seguida, coloque seus dedos no *tubérculo maior* do úmero, o marco ósseo mais lateral da face superior do ombro. Ele é coberto pelo espesso *músculo deltoide*, que forma a parte superior arredondada do ombro (Figura 11.33b). Frequentemente as injeções intramusculares são administradas no deltoide, cerca de 5 cm abaixo do tubérculo maior (Figura 11.34).

Braço (Figura 11.33)

No braço, o *úmero* pode ser palpado em todo o seu comprimento, especialmente ao longo de seus limites medial e lateral. Sinta o músculo *bíceps braquial* contrair no seu braço anteriormente quando você flexiona o seu antebraço contra resistência. O limite medial do bíceps é representado pelo **sulco bicipital medial** (Figura 11.33a). Em seguida, estenda o seu antebraço contra resistência e sinta o seu músculo *tríceps braquial* se avolumar no braço posteriormente. As três cabeças do tríceps (curta, longa e medial) são visíveis através da pele de uma pessoa musculosa (Figura 11.35a).

Região do cotovelo (Figura 11.35)

Na parte distal do seu braço, perto do cotovelo, palpe as duas projeções do úmero, os *epicôndilos lateral*

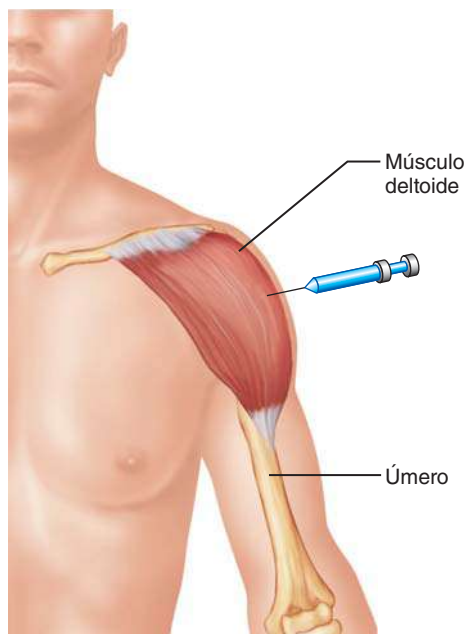


Figura 11.34 Injeção intramuscular no músculo deltoide. Esse local é para a injeção de volumes menores que 1 ml.

e *medial* (Figura 11.35b). Posteriormente, entre os epicôndilos, sinta o *olécrano da ulna*, que forma a ponta do cotovelo. Essa é a área de inserção do *tríceps braquial*. Confirme se os dois epicôndilos e o olécrano se situam na mesma linha horizontal quando o cotovelo for estendido. Se esses três processos ósseos não estiverem alinhados, o cotovelo está deslocado. Agora, sinta

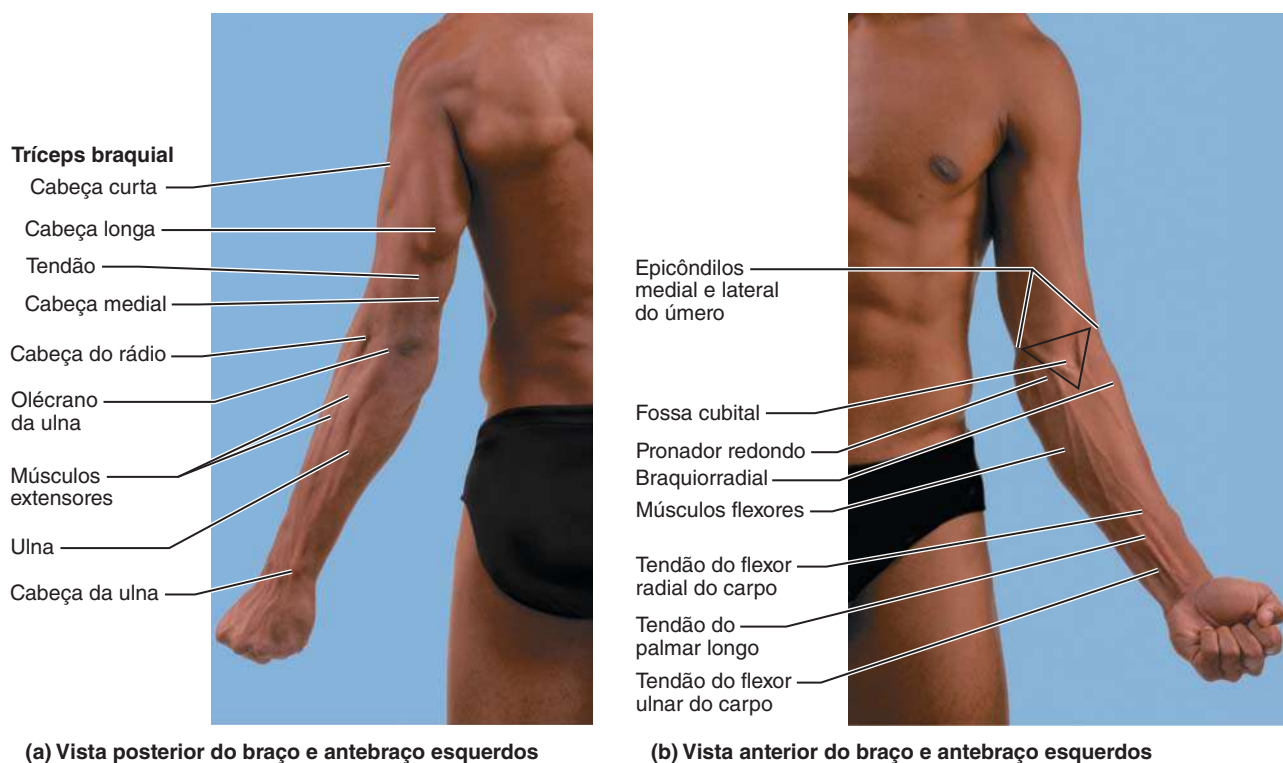


Figura 11.35 Características de superfície do braço e do antebraço.

a superfície posterior do epicôndilo medial: você está palpando seu nervo ulnar. Bater nesse nervo no osso do cotovelo promove uma forte pontada de dor ao longo da superfície medial do antebraço e da mão.

Na superfície anterior da região do cotovelo há uma depressão triangular chamada **fossa cubital** (Figura 11.35b). A base do triângulo é formada superiormente por uma linha horizontal entre os epicôndilos do úmero, e os dois lados inferiores do triângulo são definidos pelos músculos *braquiorradial* e *pronador redondo*. Tente definir esses limites no seu próprio membro superior: para encontrar o músculo braquiorradial, flexione o seu antebraço contra resistência e observe esse músculo se avolumar sob a pele lateral do seu antebraço; para sentir a contração do seu pronador redondo, palpe a fossa cubital enquanto pronar o seu antebraço contra resistência.

Antebraço e mão (Figuras 11.35 e 11.36)

Os dois ossos paralelos do antebraço são a *ulna* medialmente e o *rádio* lateralmente. Você pode sentir a ulna ao longo de todo o seu comprimento como uma crista aguda posteriormente no antebraço (Figura 11.35a). Confirme se essa crista segue inferiormente a partir do olécrano. Quanto ao rádio, você pode sentir a sua metade distal, mas a maior parte da sua metade proximal está coberta por músculos. No entanto, você pode sentir a *cabeça do rádio* giratória na extremidade proximal desse osso. Para isso, estenda o seu antebraço e repare que se forma uma cavidade na superfície lateral posterior da região do cotovelo. Então, enquanto pressiona três dedos nessa cavidade, gire a sua mão livre como se estivesse girando a maçaneta de uma porta. Você vai sentir a cabeça do rádio girar enquanto executa essa ação. Distalmente, sinta os processos estiloides do rádio lateralmente e o da ulna medialmente (ver Figura 8.5, p. 199).

Depois, sinta os principais grupos musculares no seu antebraço. Flexione a sua mão e dedos contra resistência e sinta os *músculos flexores* (anteriores) contraírem (Figura 11.35b); depois, estenda a sua mão no

punho e sinta o enrijecimento dos *músculos extensores* (posteriores) (Figura 11.35a).

Os tendões dos músculos superficiais do compartimento anterior do antebraço são evidentes na superfície anterior, próximo ao carpo. Flexione sua mão contra resistência e os tendões dos principais flexores do carpo vão levantar, a pele do antebraço, distalmente. Os mais salientes serão os tendões dos músculos *flexor radial do carpo* e *palmar longo* (Figura 11.36a). (Como o palmar longo está ausente em pelo menos um dos braços em 30% de todas as pessoas, seu antebraço pode exibir apenas um tendão proeminente em vez de dois.) Finalmente, no lado medial do antebraço, encontra-se o tendão do *flexor ulnar do carpo*.

Ao estender totalmente o seu polegar e apontá-lo na direção posterior, você formará uma depressão triangular na base do polegar no dorso da mão — a **tabaqueira anatômica** (Figura 11.36b), que tem esse nome porque antigamente as pessoas colocavam rapé (tabaco para inalar) nesse recôncavo antes de levá-lo ao nariz. Suas duas margens elevadas são definidas pelos tendões do músculo *abdutor longo do polegar*, e *extensor curto do polegar* no lado radial e *extensor longo do polegar* no lado ulnar. O principal osso no assoalho da tabaqueira anatômica é o osso escafoide do carpo, mas o processo estiloide do rádio também está situado ali. Se for deslocado por uma fratura óssea, o processo estiloide do rádio será sentido fora da tabaqueira anatômica, não dentro dela. A dor sentida dentro da tabaqueira anatômica pode indicar uma fratura do escafoide.

Estenda a sua mão e dedos, e na superfície dorsal da sua mão observe os tendões do *extensor comum dos dedos* (Figura 11.36b).

Membro inferior e região glútea

Região glútea (Figura 11.37)

Localize as cristas ilíacas colocando as suas mãos nos quadris e siga cada uma até o seu ponto mais superior — a pequena, porém afilada, *espinha ilíaca poste-*

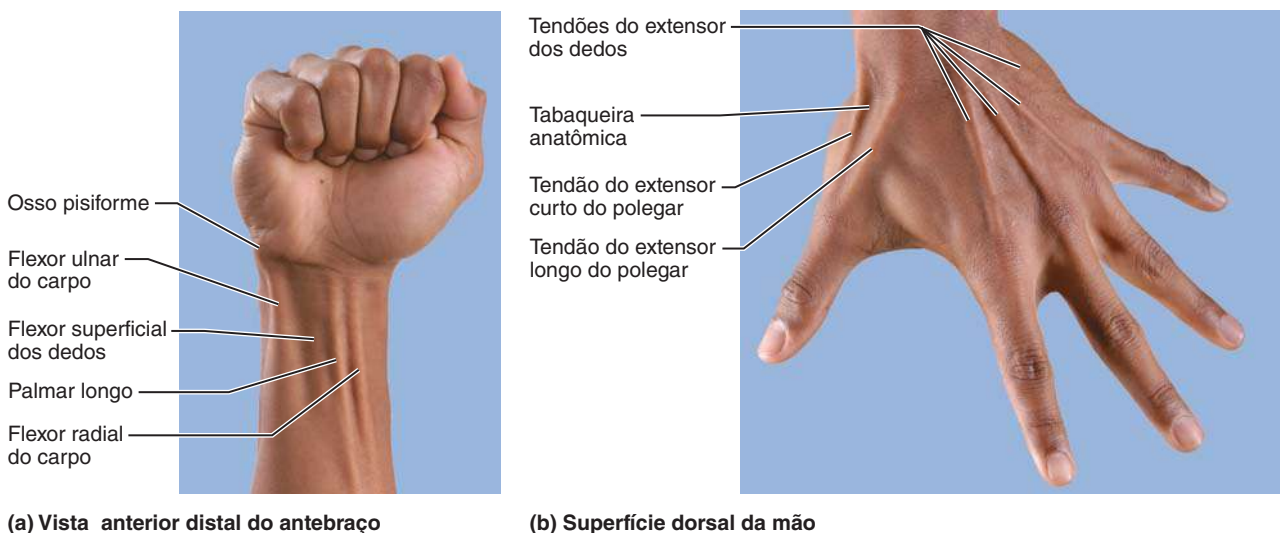


Figura 11.36 Características da superfície distal do antebraço e da mão.

rossuperior, indicada por uma concavidade distinta na pele a uma distância equivalente à largura de dois a três dedos lateralmente a partir da linha média do dorso (Figura 11.37). A concavidade também indica a posição

da articulação sacroilíaca, em que o osso do quadril se conecta ao sacro da coluna vertebral.

Na região glútea predominam as duas proeminências das nádegas, formadas por tecido adiposo subcutâneo

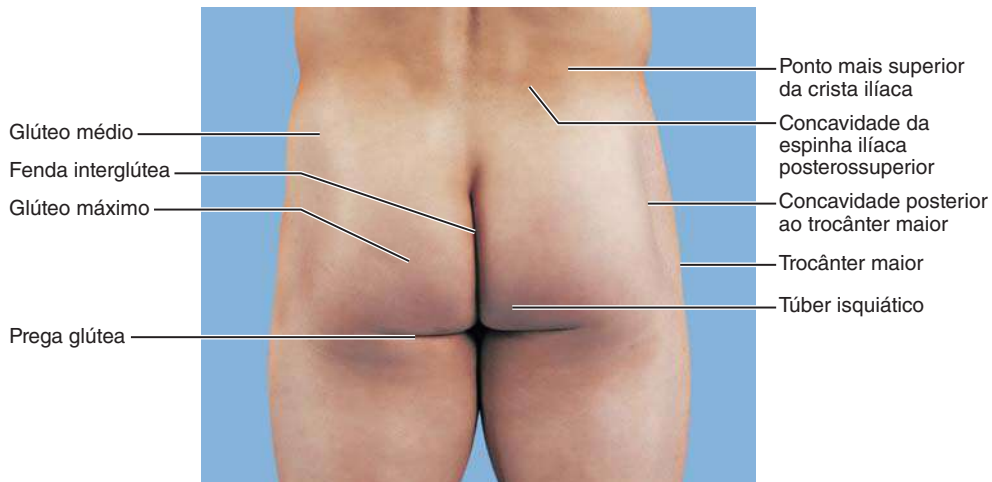


Figura 11.37 Região glútea. Essa região se estende das cristas ilíacas superiormente até as pregas glúteas inferiormente.

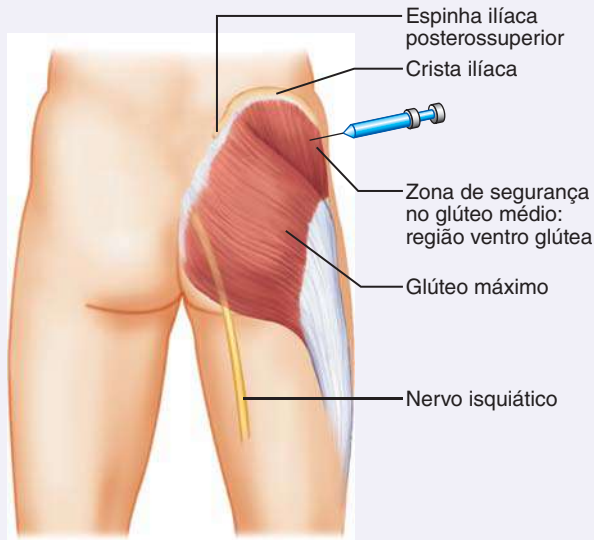


APLICAÇÃO CLÍNICA

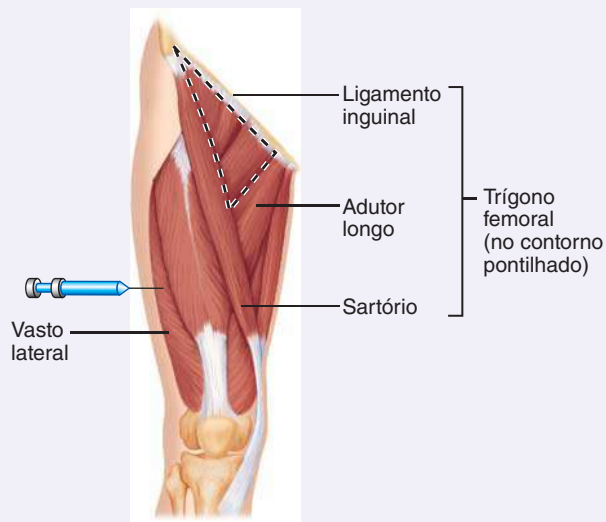
Injeções intramusculares glúteas A região glútea é um local importante para administrar injeções intramusculares. Durante a inserção de uma agulha hipodérmica, é preciso um cuidado extremo para evitar a perfuração do espesso isquiático (que supre grande parte do membro inferior), além dos nervos e vasos sanguíneos glúteos, todos profundos ao músculo glúteo máximo. Para evitar essas estruturas, as injeções são aplicadas no músculo glúteo médio, logo acima dos glúteos, em uma "zona de segurança" chamada **região ventro glútea** (figura a). Uma boa maneira de encontrar esse local é desenhar uma linha

lateralmente da espinha ilíaca posterossuperior (concavidade) até o trocânter maior, e depois avançar 5 cm superiormente a partir do ponto médio dessa linha.

As injeções glúteas não são administradas em crianças pequenas porque suas áreas de segurança são pequenas demais para serem localizadas com certeza. Em vez disso, os bebês e crianças pequenas recebem as injeções na metade do comprimento do músculo vasto lateral da coxa (figura b). Esse também é o local de administração do EpiPen®, utilizado em resposta a uma reação alérgica.



(a) Região ventro glútea



(b) Região vastolateral

Locais de injeção intramuscular no membro inferior.

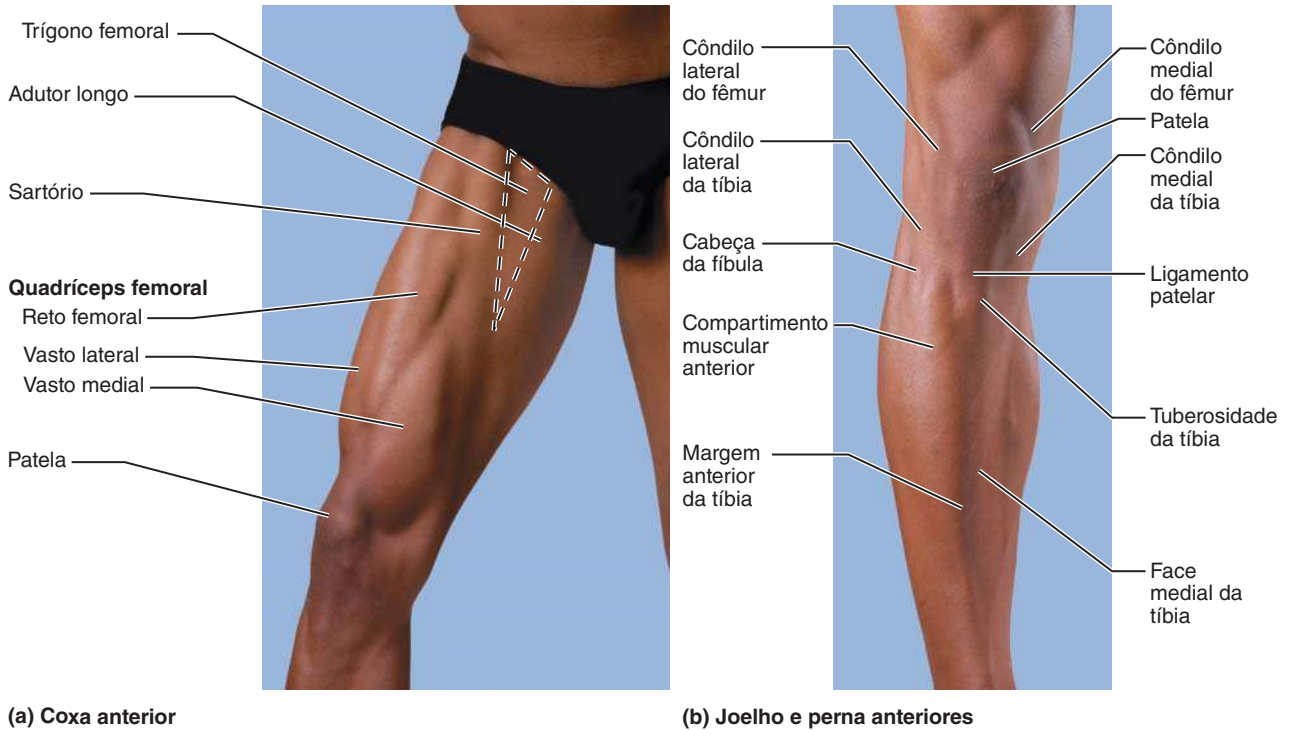


Figura 11.38 Anatomia da superfície do membro inferior. Vistas anterior e lateral do membro esquerdo.

e pelos espessos músculos *glúteos máximos* (Figura 11.37). O sulco vertical na linha mediana entre as duas proeminências se chama *fenda interglútea*. A margem inferior de cada proeminência é a **prega glútea**, aproximadamente horizontal, que corresponde à margem inferior do glúteo máximo. Quando você sentar ou flexionar a coxa, tente palpar o *túber isquiático* logo acima do lado medial de cada prega glútea. Essas saliências são as partes inferiores robustas dos ossos ísquio que suportam o peso do corpo quando você senta. Em seguida, palpe o *trocânter maior* do fêmur colocando um dedo na lateral do quadril, imediatamente anterior a uma concavidade e cerca de uma mão de distância inferior à crista ilíaca. Uma vez que esse trocânter é o ponto mais superior e lateral no fêmur, você consegue sentir que ele se move com o fêmur quando você flexiona e estende a sua coxa de modo alternado.

Coxa (Figuras 11.38 e 11.39)

Como uma grande parte do fêmur está envolta em músculos espessos, a coxa possui poucos marcos ósseos palpáveis. Palpe os músculos da coxa: os *músculos quadríceps femoral* anteriormente, os *músculos adutores* medialmente (Figura 11.38a) e os *músculos do jarrete* posteriormente (Figura 11.39). O *vasto lateral*, um local para injeções intramusculares, é o músculo lateral do quadríceps femoral (Figura 11.38a). Distalmente, sinta os *côndilos medial e lateral do fêmur* e anteriormente a *patela*, anterior aos côndilos (Figura 11.38b).

A superfície anteroposterior da coxa exibe uma depressão de três lados chamada **trígono femoral** (Figura

11.38a). A margem superior desse trígono é formada pelo ligamento inguinal, e suas duas margens inferiores são definidas pelos músculos *sartório* e *adutor longo*. A artéria, veia e nervo femorais são localizados no trígono femoral à medida que entram ou saem no membro inferior.

Na parte posterior do joelho, há uma concavidade chamada **fossa poplíteia** (Figura 11.39), cujas quatro margens são definidas por músculos grandes. O *bíceps femoral* forma a margem superolateral; o *semitendíneo* e o *semimembranáceo* definem a margem superomedial; e as duas cabeças do *gastrocnêmio* formam as duas margens inferiores.

Perna e pé (Figura 11.38)

Localize a sua patela (rótula) e depois siga o espesso *ligamento patelar* inferiormente, da patela até a sua inserção na tibia superiormente da perna, onde você consegue sentir uma projeção dura, a *tuberosidade da tibia* (Figura 11.38b). Continue avançando os dedos inferiormente ao longo da *margem anterior* aguda da tibia e sua *face medial* plana — os marcos ósseos estão situados próximos da superfície por todo o seu comprimento. É a superfície medial exposta da tibia que se contunde quando alguém recebe “uma pancada na canela”.

Agora, volte para a parte superior da sua perna e palpe os expandidos *côndilos lateral e medial da tibia*, imediatamente inferiores ao joelho. Você pode distinguir os côndilos da tibia dos côndilos do fêmur porque consegue sentir os da tibia se moverem durante a flexão do joelho.

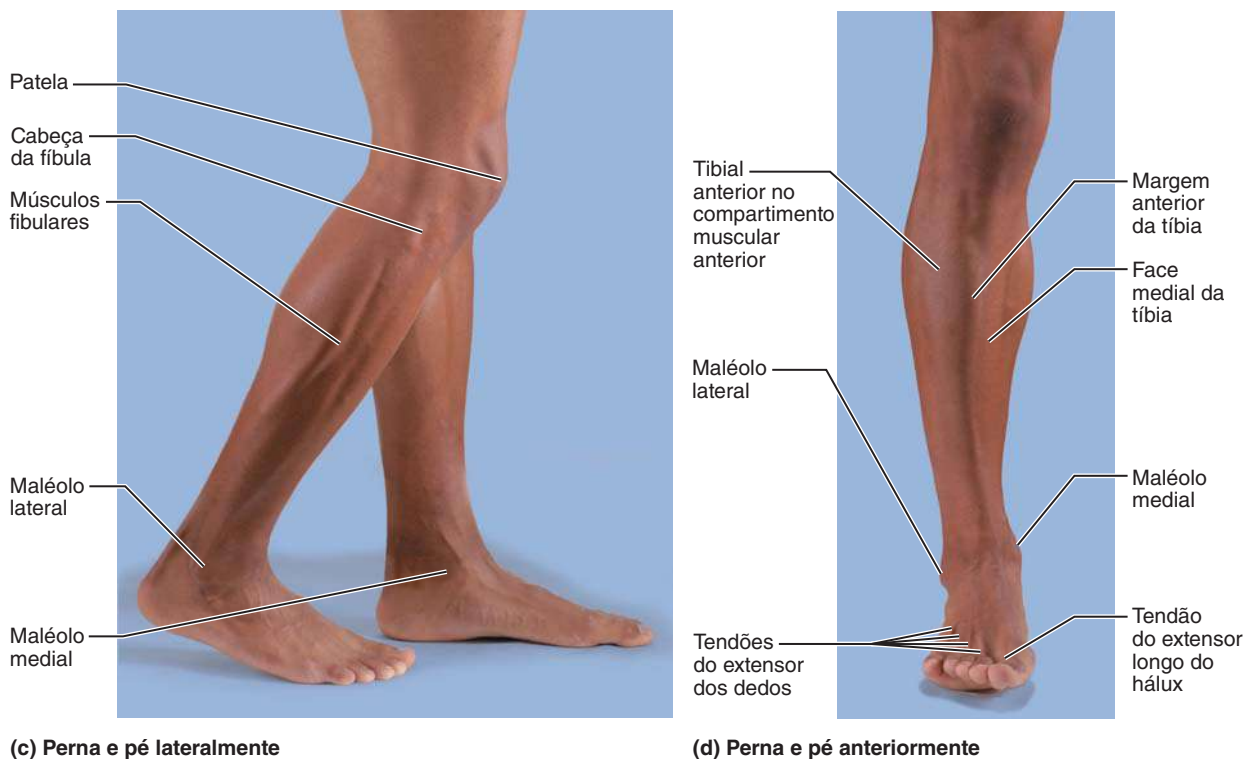


Figura 11.38 Anatomia da superfície do membro inferior, *continuação*. Vistas anterior e lateral do membro esquerdo.



Figura 11.39 Anatomia de superfície do membro inferior, *vista posterior*.

Sinta a expandida *cabeça da fíbula* na superfície supero-lateral da perna (Figuras 11.38b e c).

Na parte mais distal da perna você consegue sentir a extremidade inferior da fíbula, o *maléolo lateral*, assim como a proeminência lateral do tornozelo (articulação talocrural) (Figura 11.38d). Repare que essa proeminência está situada ligeiramente abaixo do *maléolo medial* da tibia, que forma a proeminência medial do tornozelo.

Em seguida, palpe os principais grupos musculares da sua perna, começando pelos músculos da região sural (panturrilha) posteriormente (Figura 11.39). Ficar em pé na ponta dos dedos dos pés vai ajudá-lo a sentir as *cabeças lateral e medial dos gastrocnêmios* e, inferior a elas, o amplo músculo *sóleo*. Sinta também a tensão no seu *tendão calcâneo (Aquiles)* e o ponto de inserção desse tendão no osso calcâneo do pé. Volte para a superfície anterior da perna e palpe o *compartimento muscular anterior* (Figura 11.38b), enquanto mantém permanentemente a flexão dorsal e a flexão plantar do pé. Você vai sentir os músculos *tibial anterior* e *extensor dos dedos* contraindo e relaxando. Depois, palpe os *músculos fibulares* que cobrem a maior parte da fíbula lateralmente (ver Figura 11.38c). Os tendões desses músculos passam posteriormente ao maléolo lateral e podem ser sentidos em um ponto posterior e ligeiramente superior ao maléolo.

Agora, observe a superfície dorsal (superfície superior) do seu pé. Quando você estender os dedos dos pés,

observe os tendões dos músculos *extensor longo dos dedos* e o *extensor longo do hálux* (Figura 11.38d).

✓ Verifique seu conhecimento

- 19. Onde está situada a linha alba e quais músculos se inserem nessa?
- 20. Defina os limites do triângulo da ausculta e descreva a importância desse marco.
- 21. Descreva três locais para administrar injeções intramusculares e os marcos que ajudam a definir esses locais.
- 22. Identifique a região do corpo onde são encontrados os seguintes marcos de superfície: (a) plano supracristal; (b) linha semilunar; (c) fossa cubital; (d) sulco bicipital medial.
- 23. Quais são os limites do triângulo posterior do pescoço? Onde você pode localizar o pulso carotídeo?
- 24. Quando fechamos a mão, dois tendões ficam proeminentes no antebraço distalmente. Cite os nomes desses tendões.

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Dedo em martelo (“dedo caído”) Flexão extrema e persistente da falange distal de um dedo provocada pela curvatura enérgica, como acontece quando uma bola de beisebol atinge a ponta de um dedo da mão. Parte da inserção óssea dos músculos extensores dos dedos é arrancada, então os flexores do dedo flexionam a articulação sem oposição.

Distensão do adutor (da virilha) Músculo adutor tracionado na coxa, geralmente o adutor longo. Lesão esportiva comum, provocada por abdução extrema (ou forçada) quando a coxa é aduzida (como acontece quando o membro plantado desliza lateralmente quando um jogador de futebol chuta a bola). Também pode ocorrer se a articulação do quadril de uma pessoa estiver instável e os adutores estabilizadores da coxa distenderem em decorrência de compensarem continuamente a instabilidade. A geração de imagens e outras técnicas são utilizadas para distinguir essa condição das outras lesões na região da virilha, como as hérnias e a rachadura do colo do fêmur.

Eletromiografia A geração, estudo e interpretação de registros gráficos da atividade elétrica da contração muscular. Eletrodos inseridos nos músculos detectam os impulsos elétricos que atravessam as membranas celulares dos músculos e estimulam a contração; equipamentos relacionados fornecem uma exibição visual dos impulsos. Essa é a melhor e mais importante técnica para determinar as funções dos músculos e grupos musculares do corpo.

Estiramento Laceração de um músculo, seguida por sangramento nos tecidos (hematoma) e dor intensa; uma

lesão esportiva comum. O estiramento do quadríceps femoral ocorre frequentemente nos jogadores de futebol.

Hálux valgo (*valgo* = “inclinado para longe da linha mediana do corpo”) Deslocamento permanente do hálux na direção dos outros dedos, provocado frequentemente por calçados apertados. Nessa condição, os ossos sesamoides subjacentes à cabeça do primeiro metatarsal foram empurrados lateralmente, afastando-se do hálux. Desse modo, o músculo abductor do hálux da planta do pé, cujo tendão de inserção contém um dos sesamoides, não consegue abduzir o dedo deslocado de volta para a sua posição adequada.

Ruptura do tendão calcâneo O tendão calcâneo (Aquiles) é o tendão mais forte do corpo, mas sua ruptura é surpreendentemente comum, particularmente nos idosos, em decorrência de tombos, e nos corredores de velocidade, que estiram o tendão com extrema intensidade no início de uma corrida. A ruptura leva a um hiato imediatamente superior ao calcanhar, e a panturrilha incha quando o músculo tríceps sural é liberado de sua inserção. Em consequência, a flexão plantar é muito fraca, mas a flexão dorsal é exagerada. O tendão precisa sofrer reparo cirúrgico.

Síndrome da tensão tibial medial (canelite) Termo comum para a dor na região anterior da perna provocada por inchaço do músculo tibial anterior. Esse músculo incha após o exercício vigoroso, na ausência de condicionamento prévio adequado. Uma vez que é fortemente envolto pela fáscia, o tibial anterior corta a sua própria circulação à medida que se avoluma e pressiona dolorosamente seus próprios nervos.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

ORGANIZAÇÃO DOS FASCÍCULOS NOS MÚSCULOS (p. 275-276)

1. A organização dos fascículos no músculo esquelético pode ser circular, convergente, paralela ou peniforme. As fibras musculares longas encontradas nos fascículos com organi-

zação convergente e paralela produzem uma ampla gama de movimentos; as fibras musculares curtas, embora mais densamente agrupadas nos fascículos com organização peniforme, produzem mais potência.

SISTEMAS DE ALAVANCA: RELAÇÕES OSSO-MÚSCULO (p. 276-277)

2. Uma alavanca é uma barra rígida que se move sobre um fulcro. Quando é aplicado um esforço na alavanca, uma carga é movimentada. No corpo, os ossos são as alavancas, as articulações são o fulcro e o esforço é exercido pelos músculos esqueléticos tracionando em suas inserções.

- Quando um esforço está mais distante do fulcro do que da carga, a alavanca trabalha em vantagem mecânica, uma alavanca de potência. Quando o esforço está mais próximo do fulcro do que da carga, a alavanca trabalha em desvantagem mecânica, uma alavanca de velocidade.
- As alavancas de primeira classe (fulcro localizado entre a carga e o esforço) podem operar em vantagem ou desvantagem mecânica. As alavancas de segunda classe (carga entre o fulcro e o esforço) trabalham em vantagem mecânica. As alavancas de terceira classe (esforço entre o fulcro e a carga) trabalham em desvantagem mecânica. A maioria dos músculos no corpo está nos sistemas de alavanca de terceira classe e, portanto, proporciona velocidade de movimento.

ESQUEMA ORGANIZACIONAL BASEADO NO DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO (p. 278-279)

- Com base na origem embrionária e nas funções gerais, os músculos do corpo podem ser divididos em quatro grupos principais: músculos das vísceras, músculos do arco faríngeo, músculos axiais e músculos dos membros.
- Os *músculos do arco faríngeo* são músculos esqueléticos que se desenvolvem a partir de somitômeros e circundam a faringe; alguns migram para a cabeça e o dorso durante o desenvolvimento. Os *músculos axiais* do pescoço e do tronco derivam dos miótomos. Eles incluem os músculos dorsais que estendem a coluna vertebral e os músculos ventrais que flexionam a coluna. Dos músculos axiais na cabeça, os músculos do olho e os músculos da língua se desenvolvem a partir de somitômeros e miótomos occipitais, respectivamente. Os *músculos dos membros* derivam das partes ventrolaterais dos miótomos e exibem a mesma organização nos membros superiores e inferiores: extensores em um lado e flexores no outro.

AÇÕES E INTERAÇÕES MUSCULARES (p. 281)

- Os músculos esqueléticos estão organizados em grupos opostos nas articulações móveis, de modo que um grupo pode reverter ou modificar a ação do outro.
- Os motores primários ou agonistas têm a responsabilidade principal por um determinado movimento. Os antagonistas produzem o movimento oposto. Os sinergistas ajudam os agonistas, evitam movimentos indesejáveis ou estabilizam as articulações (como fixadores).
- Os músculos que cruzam o lado anterior de uma articulação geralmente produzem flexão. Os que cruzam a articulação no lado posterior geralmente são extensores. (As exceções são o joelho e o tornozelo.) Os adutores cruzam o lado medial de uma articulação e os abdutores cruzam a parte lateral.

NOMENCLATURA DOS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS (p. 283)

- Os músculos são denominados de acordo com a sua localização, formato, tamanho relativo, direção dos fascículos e fibras localização das inserções, quantidade de origens e ação.

PRINCIPAIS MÚSCULOS ESQUELÉTICOS DO CORPO (p. 283-345)

Compartimentos musculares dos membros (p. 286-291)

- Os músculos dos membros são organizados em compartimentos: os compartimentos anterior (flexor) e posterior (extensor) no braço e no antebraço; os compartimentos posterior, anterior e medial na coxa; e os compartimen-

tos posterior, anterior e lateral na perna. Os músculos localizados no mesmo compartimento geralmente possuem função e inervação similares. As tabelas-resumo dos músculos dos membros superiores e inferiores (Tabelas 11.1 e 11.2) fornecem uma revisão excelente das ações, interações e compartimentos musculares.

Tabelas de músculos (p. 291-345)

- Os músculos que promovem a expressão facial, os músculos da face (Tabela 11.3), são finos e se inserem principalmente na pele da face. Eles fecham os olhos e lábios, comprimem as bochechas e permitem que as pessoas sorriam e demonstrem sentimentos.
- Os músculos da mastigação incluem o masseter e o temporal, que elevam a mandíbula, e os dois pterigóideos, que ajudam a triturar o alimento. Os músculos extrínsecos da língua ancoram-na e controlam seus movimentos (Tabela 11.4).
- Os músculos profundos no pescoço anteriormente ajudam na deglutição elevando e depois abaixando a laringe (grupos supra-hióideo e infra-hióideo). Os constritores da faringe impulsionam o alimento para o esôfago (Tabela 11.5).
- A flexão e a rotação da cabeça e do pescoço são realizadas pelo esternocleidomastóideo e pelos escalenos no pescoço anterior e lateralmente. A extensão da coluna e da cabeça é realizada pelos músculos profundos do dorso e do pescoço posteriormente (Tabela 11.6).
- Os movimentos da respiração são promovidos pelo diafragma e pelos músculos intercostais do tórax (Tabela 11.7). A contração do diafragma aumenta a pressão abdominal durante o esforço na defecação, uma ação que é amplamente ajudada pelos músculos da parede do abdome.
- Os músculos laminares da parede do abdome anterior e lateral (Tabela 11.8) estão em camadas, como uma madeira compensada. Essa organização em camadas forma uma parede forte que protege, sustenta e comprime o conteúdo abdominal. Esses músculos também conseguem flexionar o tronco.
- Os músculos do assoalho da pelve e do períneo (Tabela 11.9) suportam os órgãos pélvicos, inibem a micção e a defecação e ajudam na ereção.
- Os músculos superficiais do tórax se conectam ao cingulo do membro superior peitoral e fixam ou movimentam a escápula durante os movimentos do braço (Tabela 11.10).
- Os músculos que movem o braço na articulação do ombro originam-se do cingulo do membro superior (Tabela 11.11) ou do esqueleto axial. Quatro músculos formam o manguito rotador, que estabiliza a articulação do ombro. Via de regra, os músculos localizados no tórax anteriormente flexionam o braço (peitoral maior), enquanto os músculos posteriores o estendem (latíssimo do dorso). A abdução é realizada basicamente pelo deltoide. A adução e a rotação são realizadas por muitos músculos nas superfícies anterior e posterior.
- A maioria dos músculos no braço move o antebraço (Tabela 11.12). Os músculos anteriores do braço são flexores do antebraço (bíceps, braquial) e os músculos posteriores do braço são extensores do antebraço (tríceps).
- Os músculos do antebraço movem principalmente a mão (Tabela 11.13). Os músculos anteriores do antebraço flexionam a mão e os dedos (mas incluem dois pronadores), enquanto os músculos posteriores são basicamente extensores (mas incluem o forte supinador).

23. Os músculos intrínsecos da mão permitem os movimentos precisos dos dedos (Tabela 11.14) e oponência, que ajudam a segurar os objetos nas palmas. Esses pequenos músculos são divididos nos grupos da eminência tenar, da eminência hipotenar e intermédios.
24. Os músculos que ligam as articulações do quadril e do joelho movem a coxa e a perna (Tabela 11.15). Os músculos anteriores basicamente flexionam a coxa e estendem a perna (quadríceps femoral), os músculos mediais aduzem a coxa (adutores) e os músculos posteriores (glúteos, jarrete) basicamente abduzem e estendem a coxa e flexionam a perna.
25. Os músculos na perna agem no tornozelo e nos dedos dos pés (Tabela 11.16). Os músculos da perna no compartimento anterior são principalmente dorsiflexores do pé (grupo extensor). Os músculos no compartimento lateral são eversores e flexores plantares do pé (grupo fibular), e os músculos da perna no compartimento posterior são flexores plantares fortes (gastrocnêmios e sóleo, grupo flexor).
26. Os músculos intrínsecos do pé (Tabela 11.17) sustentam os arcos do pé e ajudam a mover os dedos. A maioria deles ocorre na planta, organizados em quatro camadas. Eles lembram os pequenos músculos da palma da mão.

ANATOMIA DE SUPERFÍCIE POR REGIÃO (p. 345-357)

27. A anatomia de superfície é o estudo dos marcos superficiais e sua relação com os órgãos internos. É uma ferramenta excelente para rever e reforçar a anatomia esquelética e muscular que você está aprendendo. A identificação dos marcos superficiais via palpação é uma habilidade importante para avaliar a estrutura e a função.

Cabeça (p. 346-347)

28. No crânio, as estruturas ósseas e musculares que podem ser sentidas através da pele incluem os arcos superciliares, a protuberância occipital externa, a linha nugal superior, o processo mastoide, os músculos temporais e o músculo epicrânico.
29. O couro cabeludo cobre a superfície superior do crânio e consiste na pele, em uma camada subcutânea altamente vascularizada e na aponeurose epicrânica.
30. A face é dividida nas regiões orbital, nasal, oral, e mais a região auricular (do crânio). As partes ósseas do nariz são a raiz e o dorso. As duas partes principais da aurícula são a hélice e o lóbulo.
31. As características palpáveis da face incluem o arco zigomático, o corpo da mandíbula e o ramo da mandíbula, músculo masseter e articulação temporomandibular na região oral.

Pescoço (p. 347-348)

32. Correndo o dedo inferiormente ao longo da linha mediana anterior do pescoço, você consegue palpar o osso hioide, a proeminência laringea e a cartilagem cricóideia.
33. O músculo esternocleidomastóideo é um marco superficial importante no pescoço. O grande músculo trapézio está situado na superfície posterior do pescoço.
34. O triângulo posterior do pescoço é definido pelo esternocleidomastóideo no lado anterior, pelo trapézio no lado posterior e pela clavícula no lado inferior. O triângulo anterior é definido pela margem inferior da mandíbula no lado superior, pela linha mediana do pescoço no lado anterior e pelo esternocleidomastóideo no lado posterior.

Tórax (p. 348)

35. A incisura jugular está na superfície superior do manúbrio; o ângulo do esterno se situa na junção do manúbrio e do corpo do esterno. Encontrando a segunda costela no ângulo do esterno, você pode contar na direção inferior para identificar as outras costelas. As linhas axilar média e medioclavicular são linhas verticais imaginárias que se estendem inferiormente a partir do centro da axila e da clavícula, respectivamente. O ápice da margem costal em forma de V invertido (ângulo infraesternal) está na articulação xifosternal.

Abdome (p. 348-350)

36. Os marcos superficiais na parede anterior do abdome incluem a crista ilíaca, a espinha ilíaca anterossuperior, o sulco do ligamento inguinal, o tubérculo púbico, a crista púbica, a sínfise púbica, o umbigo, o sulco da linha alba, o músculo reto do abdome, a linha semilunar e o músculo oblíquo externo.

Dorso (p. 350 e 351)

37. No sulco mediano do dorso você consegue contar e identificar os processos espinhosos das vértebras. Os localizados com mais facilidade são CVII e TI (os processos mais proeminentes). Também são palpáveis a TIII (no nível da extremidade medial da espinha da escápula), TVII (no nível do ângulo inferior da escápula) e LIV (no nível do plano supracrístal).
38. Os músculos superficiais do dorso incluem o trapézio e o latíssimo do dorso que, junto à margem medial da escápula, definem o triângulo da ausculta. Os músculos eretores da espinha mais profundos ladeiam a coluna vertebral.

Membro superior e ombro (p. 351 e 353)

39. As estruturas superficiais importantes associadas com a axila incluem a base da axila e as pregas axilares anterior e posterior.
40. Os marcos esqueléticos que podem ser palpados na região do ombro incluem o acrômio da escápula, a clavícula, a articulação acromioclavicular e o tubérculo maior do úmero.
41. O principal músculo do ombro é o deltoide.
42. No braço, você consegue palpar o úmero e os músculos bíceps e tríceps braquiais. O sulco bicipital medial está situado na superfície medial do braço.
43. Os marcos ósseos na região do cotovelo incluem os dois epicôndilos do úmero e o olécrano da ulna, todos situados no mesmo plano horizontal.
44. A fossa cubital é a depressão triangular na superfície anterior da região do cotovelo, limitada lateralmente pelos músculos braquiorradial e pronador redondo.
45. No antebraço, as estruturas ósseas palpáveis incluem toda a margem posterior da ulna e a metade distal e a cabeça do rádio. No carpo, o processo estiloide do rádio se situa distalmente ao processo estiloide da ulna.
46. É possível palpar os grupos musculares flexores e extensores no antebraço anterior e posteriormente, respectivamente.
47. No antebraço próximo ao carpo, os tendões do flexor radial do carpo, do palmar longo (ausente em algumas pessoas) e do flexor ulnar do carpo podem ser identificados.
48. Os tendões dos músculos extensores do polegar definem a tabaqueira anatômica na base posterior do polegar. O pro-

cesso estiloide do rádio e o osso escafoide se encontram nesse local.

Membro inferior e região glútea (p. 353-357)

49. O ponto posterior da crista ilíaca é a espinha ilíaca poste-rossuperior, que é representada por uma concavidade na pele e indica a localização da articulação sacroilíaca. Outros marcos ósseos na região glútea o túber isquiático e o trocânter maior do fêmur.
50. As proeminências das nádegas direita e esquerda, separadas pela fenda interglútea, consistem nos músculos glúteos máximos e em tecido adiposo subcutâneo. A prega glútea é a margem inferior do glúteo máximo. Os túberes isquiáticos suportam o peso corporal na posição sentado.
51. Os principais grupos de músculos da coxa são o quadríceps femoral, os músculos adutores e os músculos do jarrete. Os marcos ósseos que podem ser palpados na coxa incluem a patela e os côndilos do fêmur.
52. O triângulo femoral anterossuperior na coxa é formado pelo ligamento inguinal no lado superior e pelos músculos sartório e adutor longo lateralmente.
53. A fossa poplíteia é uma concavidade na parte posterior do joelho, definida por quatro limites musculares: bíceps femoral, semitendíneo, semimembranáceo e gastrocnêmios.
54. Os pontos de referência ósseos que podem ser palpados na perna incluem a tuberosidade tibial e os côndilos tibiais, a margem anterior e a superfície medial da tíbia, a cabeça da fíbula e o maléolo lateral e medial.
55. Os principais músculos da perna, que podem ser palpados enquanto contraem, são o gastrocnêmio e o sóleo da panturrilha, os músculos no compartimento anterior e os músculos fibulares.
56. No dorso do pé, podemos observar o arco venoso dorsal e os tendões dos músculos extensor longo dos dedos e extensor longo do hálux.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

1. Um músculo cujos fascículos estão dispostos em ângulo com o tendão longitudinal central tem uma organização: (a) circular, (b) longitudinal, (c) paralela, (d) peniforme, (e) convergente.
2. Um músculo que ajuda um agonista promovendo um movimento similar ou estabilizando uma articulação sobre a qual o agonista age é (a) um antagonista, (b) um motor primário, (c) um sinergista, (d) um fulcro.
3. Faça a correspondência entre os músculos na coluna B e suas origens embrionárias na coluna A.

Coluna A	Coluna B
___(1) dos miótomos da cabeça (occipitais)	(a) bíceps braquial
___(2) dos miótomos do tronco (não membro)	(b) eretor da espinha
___(3) grupo extensor dos membros	(c) músculos da língua
___(4) grupo flexor dos membros	(d) músculos da mastigação
___(5) músculos do arco faríngeo	(e) tríceps braquial
4. O músculo que fecha os olhos é (a) o occipital, (b) o zigomático, (c) o corrugador do supercílio, (d) o orbicular da boca, (e) nenhum desses.	
5. O músculo do braço que flexiona o antebraço no cotovelo e o supina é o (a) braquial, (b) braquiorradial, (c) bíceps braquial, (d) tríceps braquial.	
6. Os músculos da mastigação que protraem a mandíbula e rangem os dentes lateralmente são (a) os bucinadores, (b) os masseteres, (c) os temporais, (d) os pterigóideos, (e) nenhum deles.	
7. Os músculos que abaixam o osso hioide e a laringe incluem todos os seguintes, <i>exceto</i> o (a) esterno-hióideo, (b) omo-hióideo, (c) genio-hióideo, (d) esterno-hióideo.	
8. O músculo quadríceps femoral inclui todos os seguintes, <i>exceto</i> o (a) vasto lateral, (b) bíceps femoral, (c) vasto intermédio, (d) reto femoral.	

9. Um agonista da flexão da coxa é o (a) reto femoral, (b) iliopsoas, (c) vasto intermédio, (d) glúteo máximo.
10. Alguém que estique o polegar para pedir carona está ___ o polegar. (a) estendendo, (b) abduzindo, (c) aduzindo, (d) opondo.
11. No exercício de barra, os principais músculos utilizados na parte superior são o (a) tríceps braquial e peitoral maior, (b) infraespal e bíceps braquial, (c) serrátil anterior e oblíquo externo, (d) latíssimo do dorso e braquial.
12. A tabaqueira anatômica (a) está no nariz, (b) contém o processo estiloide do rádio, (c) é definida pelos tendões do flexor radial do carpo e do palmar longo, (d) está no lado ventral da mão.
13. Um músculo que contribui para a prega axilar posterior é o (a) peitoral maior, (b) latíssimo do dorso, (c) trapézio, (d) infraespal, (e) peitoral menor.

Dissertativas

14. Defina e diferencie as alavancas de primeira, segunda e terceira classe. Que tipos de alavancas operam em vantagem mecânica?
15. (a) Cite o nome dos quatro pares de músculos que agem juntos na compressão do conteúdo abdominal. (b) Como as direções das suas fibras contribuem para a resistência da parede do abdome? (c) Desses quatro músculos, qual é o flexor mais forte da coluna vertebral? (d) Cite o nome do agonista da inspiração na respiração.
16. Indique todos os seis movimentos possíveis do úmero que podem ocorrer na articulação do ombro e mencione o(s) agonistas de cada movimento.
17. (a) Cite os nomes de dois músculos do antebraço que são extensores e abdutores potentes da mão e do carpo. (b) Cite o nome do único músculo do antebraço que consegue flexionar as articulações interfalângicas distais. (c) Cite o nome dos músculos da mão responsáveis pela oposição.
18. (a) Cite o nome dos rotadores laterais do quadril. (b) Explique a principal função de cada um dos três músculos glúteos.

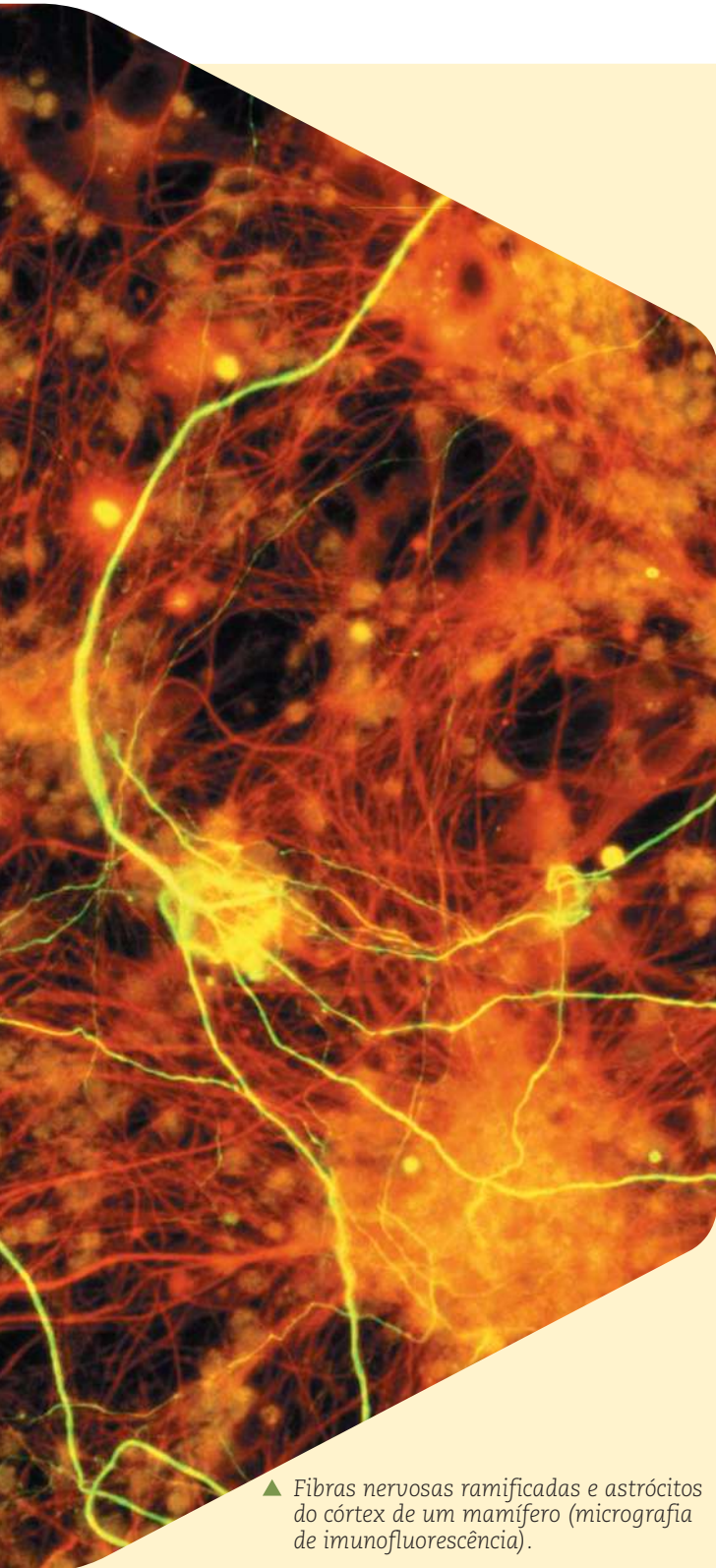
19. Qual é a razão funcional para o grupo muscular da panturrilha ser muito maior do que o grupo muscular da região ventral da perna?
 20. Defina (a) em um membro um compartimento fascial e (b) um retináculo.
 21. Cite o nome de dois músculos em cada um dos seguintes compartimentos ou regiões: (a) eminência tenar (saliência do polegar), (b) compartimento posterior do antebraço, (c) compartimento anterior do antebraço — grupo muscular profundo, (d) grupo muscular anterior do braço, (e) músculos da mastigação, (f) terceira camada da planta do pé, (g) compartimento posterior da perna, (h) compartimento medial da coxa, (i) compartimento posterior da coxa.
 22. (a) Quais músculos se desenvolvem a partir das estruturas embrionárias chamadas somitômeros? (b) Quais são os principais grupos dos músculos do arco faríngeo (branchioméricos)? (c) Quais são os três músculos constritores que impulsionam o alimento deglutido através da faringe para o esôfago?
 23. Descreva a localização e a função do músculo levantador do ânus.
 24. Deduza algumas características dos seguintes músculos, com base em seus nomes: tibial anterior; temporal; eretor da espinha.
 25. Para os músculos a seguir, indique uma ação de cada um deles, um músculo que aja como antagonista e um músculo que opere como sinergista: peitoral maior; bíceps femoral; flexor ulnar do carpo; adutor magno; reto do abdome.
 26. (a) Defina palpação. (b) Por que o conhecimento da anatomia de superfície é valioso nas situações clínicas e para avaliar lesões esportivas?
 27. Para injeções intramusculares, explique como localizar adequadamente (a) na região ventre glútea e (b) no músculo deltoide.
 28. Ester, uma aluna de fisioterapia, estava tentando localizar os processos espinhosos das vértebras nas costas flexionadas do seu amigo Carlos, mas ela continuava se perdendo na contagem. Carlos lhe disse para verificar a sua contagem em relação a vários marcos confiáveis ao longo do caminho: os processos espinhosos de CVII, TIII, TVII e LIV. Descreva como encontrar cada uma dessas quatro vértebras sem ter que contar nenhuma vértebra.
 29. Cite os nomes das margens do triângulo da ausculta.
 30. Diga onde localizar as seguintes estruturas da coxa: (a) trocânter maior do fêmur, (b) músculos adutores, (c) vasto lateral, (d) origem óssea dos músculos do jarrete.
- des músculos superficiais que estavam recebendo a maior parte da sua atenção?
 2. Quando Aline voltou para uma consulta de acompanhamento com seu médico após o parto, ela se queixou de problemas para controlar o fluxo urinário (ficava incontinente) quando espirrava. O médico a instruiu para realizar exercícios de reforço muscular do assoalho da pelve. Quais são os músculos específicos?
 3. Suponha que você esteja tentando levantar muito peso do chão com a sua mão direita. Explique por que seria mais fácil flexionar o seu antebraço no cotovelo quando o antebraço estiver em supinação do que quando estiver em pronação.
 4. Rafael abduziu a sua coxa com muita intensidade quando montava a cavalo e tracionou alguns músculos da virilha medial e superiormente na sua coxa. Quais músculos ele provavelmente distendeu e qual é o nome clínico dessa condição? (Dica: veja a seção “Termos clínicos” deste capítulo.)
 5. Quando os fisiculturistas desenvolvem os músculos em um lado de um membro mais do que no outro, diz-se que são “musculosos”. Descreva os sintomas dessa condição e explique como eles são produzidos.
 6. Com base na orientação dos fascículos, determine se cada um dos seguintes músculos é feito para um grande intervalo de movimentos ou para potência: sartório; reto femoral; latíssimo do dorso; subescapular; glúteo máximo.
 7. Um lançador de beisebol lesionou um músculo do manguito rotador. Quando ele abduz e gira lateralmente o seu ombro, este se desloca anteriormente. Qual músculo está lesionado e tornando a articulação instável?
 8. Qual classe de alavanca é descrita pelas seguintes atividades: (a) o sóleo realizando a flexão plantar do pé; (2) o deltoide abduzindo o braço; (3) o tríceps braquial estendendo o antebraço durante os exercícios de flexão?
 9. Caminhando para o seu carro depois da festa do seu 65^o aniversário, Nair tropeçou no gelo e caiu para a frente com as palmas estendidas. Quando chegou à sala de emergência, seu carpo e sua mão direita estavam curvados como um garfo. O Dr. Santana achou que o processo estilóide do rádio de Nair estava fora da tabaqueira anatômica e ligeiramente proximal ao processo estilóide da ulna. Quando ele verificou o cotovelo, descobriu que o olécrano se encontrava a 2 cm proximais dos dois epicôndilos do úmero direito. Explique todas essas observações e descreva o que aconteceu com o membro superior de Nair.
 10. Um treinador esportivo estava examinando uma jogadora de basquete universitário para encontrar o local de um músculo distendido. O treinador pediu à atleta para estender sua coxa vigorosamente no quadril, mas ela achou esse movimento muito doloroso para ser executado. Então o treinador palpou a sua coxa posteriormente e sentiu algum inchaço dos músculos no local. Em termos mais simples, qual grupo muscular básico foi lesionado?

Análise crítica e aplicação clínica

1. Rosa, uma aluna de enfermagem, estava aplicando uma massagem nas costas de Sandro. Quais eram os dois gran-

Fundamentos do sistema nervoso e tecido nervoso

12



▲ Fibras nervosas ramificadas e astrócitos do córtex de um mamífero (micrografia de imunofluorescência).

Organização funcional do sistema nervoso 363

Funções do sistema nervoso 363

Divisões básicas do sistema nervoso 363

Tecido nervoso 366

Neurônio 366

Neuróglio 371

Anatomia macroscópica do sistema nervoso: visão geral 375

Substâncias cinzenta e branca do SNC 375

Nervos 375

Integração neuronal 376

Arcos reflexos 377

Circuitos neuronais 377

Integração entre o SNP e o SNC 379

Transtornos do tecido nervoso 381

Esclerose múltipla 381

Regeneração neuronal 381

O tecido nervoso ao longo da vida 383

Desenvolvimento embrionário do tecido nervoso 383

Imagine as seguintes situações. (1) Você está dirigindo pela estrada e escuta, do seu lado direito, uma buzina e, imediatamente, desvia o carro para o lado esquerdo. (2) Em cima da mesa da cozinha, há um bilhete onde Carlos lê o seguinte: “Te vejo mais tarde — aprontarei tudo até as seis”; ao ler o bilhete, Carlos sabe que o “tudo” significa “tacos com *chilli*” e já fica com água na boca. (3) Enquanto uma mãe cochila, seu bebê chora baixinho e instantaneamente ela desperta. O que esses eventos têm em comum? Todos eles são exemplos diários do funcionamento do nosso sistema nervoso, cujas células permanecem quase o tempo inteiro em atividade no nosso corpo.

O sistema nervoso é o principal sistema de controle e comunicação do corpo. Cada pensamento, ação, instinto e emoção refletem a sua atividade. Suas células comunicam-se por meio de sinais elétricos, que são rápidos e específicos e, normalmente, produzem respostas quase imediatas.

Este capítulo começa com uma visão geral das funções e divisões do sistema nervoso. Depois, ele concentra-se na anatomia funcional do tecido nervoso, especificamente das células nervosas, ou *neurônios*, que são a chave do eficiente sistema de comunicação neural. Finalmente, o capítulo trata sobre como a organização dos neurônios determina a organização estrutural do sistema nervoso.

ORGANIZAÇÃO FUNCIONAL DO SISTEMA NERVOSO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ conhecer as principais funções do sistema nervoso;
- ▶ explicar as divisões estruturais e funcionais do sistema nervoso.

Funções do sistema nervoso

O sistema nervoso tem três funções que se sobrepõem (Figura 12.1):

1. Utiliza seus milhões de *receptores sensitivos* para monitorar as mudanças que ocorrem dentro e fora do corpo. Cada uma dessas mudanças chama-se *estímulo* e a informação reunida chama-se **entrada (aferência) sensitiva**.
2. Processa e interpreta a entrada sensitiva e toma decisões a respeito do que fazer em cada momento: um processo chamado **integração**.
3. Indica uma resposta ativando os *órgãos efetores*, nossos músculos ou glândulas; a resposta chama-se **saída (eferência) motora**.

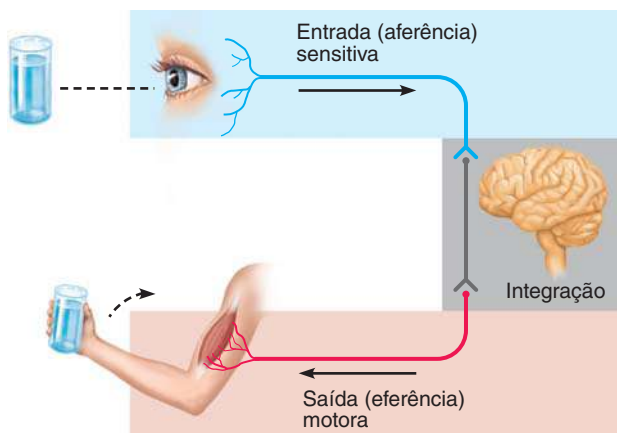


Figura 12.1 Funções do sistema nervoso.

Alguns exemplos ilustram como essas funções trabalham juntas. Quando você está dirigindo e ouve uma buzina à sua direita, seu sistema nervoso integra essa informação (ele já sabe que uma buzina significa perigo) e os músculos do seu braço contraem-se para virar o volante para a esquerda (saída motora). Ainda como exemplo, quando você prova um alimento, o seu sistema nervoso integra essa informação sensorial e sinaliza às suas glândulas salivares para secretarem mais saliva na sua boca.

Divisões básicas do sistema nervoso

O ser humano possui um sistema nervoso altamente integrado. No entanto, por uma questão de conveniência, podemos considerar que ele tenha duas partes anatômicas: o sistema nervoso central e o sistema nervoso periférico (Figura 12.2). O **sistema nervoso central**, ou **parte central do sistema nervoso**, (SNC) é formado pelo *encéfalo* e pela *medula espinal*, que ocupam o crânio e o canal vertebral, respectivamente. O SNC é o centro de integração e comando do sistema nervoso, pois recebe sinais sensitivos, interpreta-os e determina as respostas motoras com base em experiências passadas, reflexos e condições atuais.

O **sistema nervoso periférico** ou **parte periférica do sistema nervoso**, (SNP), a parte do sistema nervoso fora do SNC, consiste principalmente nos *nervos* que

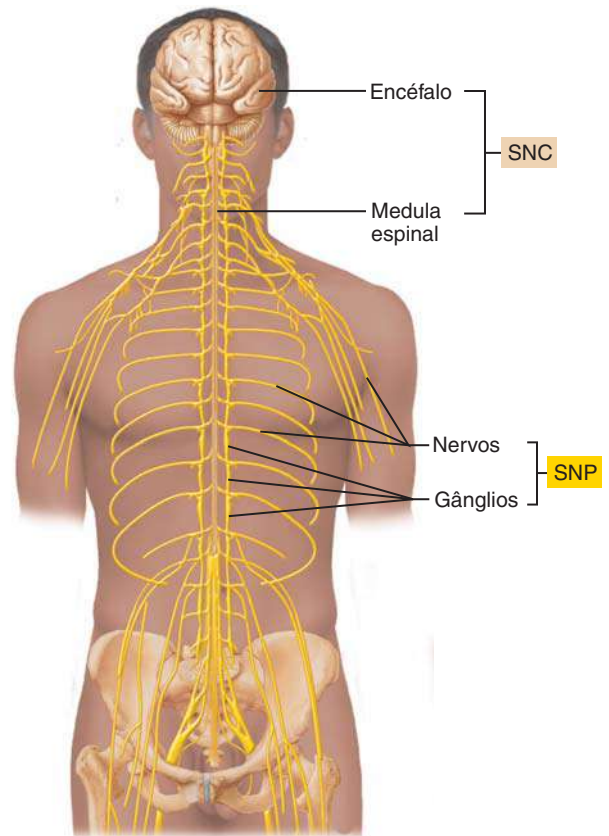


Figura 12.2 Divisões do sistema nervoso: sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP).

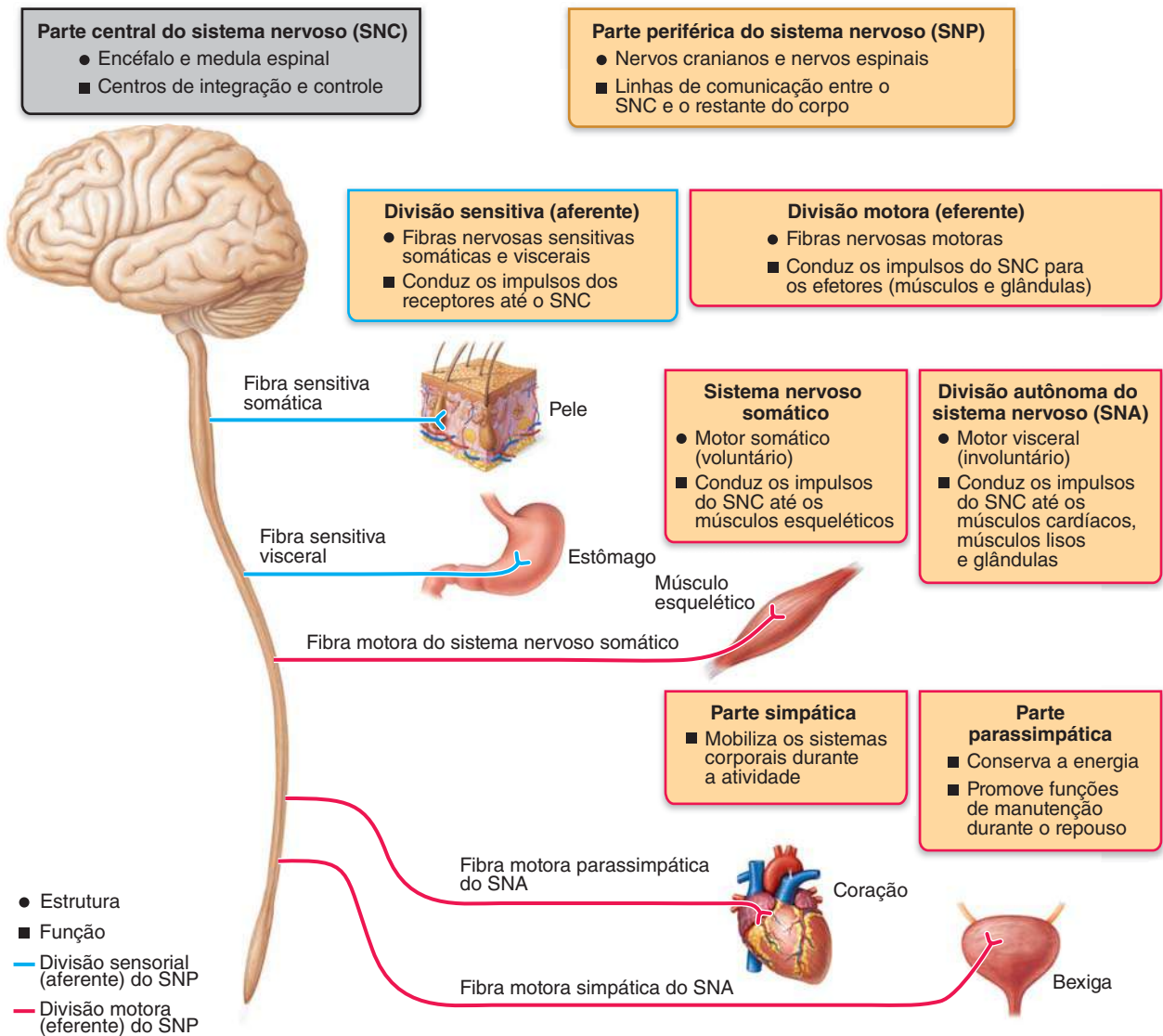


Figura 12.3 Esquema dos níveis de organização do sistema nervoso. Os órgãos viscerais (localizados principalmente na cavidade ventral do corpo) são inervados pelas fibras sensitivas viscerais e pelas fibras motoras da divisão autônoma do sistema nervoso. As regiões somáticas do corpo (membros e parede corporal) são inervadas pelas fibras motoras do sistema nervoso somático e pelas fibras sensitivas somáticas. As setas indicam a direção dos impulsos nervosos (as conexões com a medula espinal não são anatomicamente precisas).







se estendem do cérebro e da medula espinal. Os *nervos cranianos* levam e trazem sinais para o encéfalo, enquanto os *nervos espinais* transmitem sinais de/para a medula espinal. Os nervos periféricos servem como linhas de comunicação que ligam todas as regiões do corpo ao sistema nervoso central. No SNP também estão incluídos os **gânglios**, que são áreas onde os corpos celulares dos neurônios ficam agrupados.

Conforme foi mencionado, o sistema nervoso recebe entradas (informações) sensitivas e determina saídas (respostas) motoras (**Figura 12.3**). Os sinais **sensitivos**, ou **aférentes**, são capturados pelos receptores sensitivos localizados no corpo inteiro e transmitidos pelas fibras nervosas do SNP para o SNC (*aférente* significa

“levar em direção a”). Os sinais **motores**, ou **eferentes**, são levados do SNC pelas fibras nervosas do SNP, inervando os músculos e as glândulas e fazendo que esses órgãos se contraíam ou secretassem (*eferente* significa “levar embora”). Tanto as entradas (aférentes) sensitivas quanto as saídas (eferentes) motoras são subdivididas de acordo com as regiões do corpo que atendem: a *região somática do corpo* consiste nas estruturas externas à cavidade ventral do corpo — em outras palavras, as estruturas do tubo externo (pele, musculatura esquelética e ossos). A *região visceral do corpo* consiste basicamente nas vísceras dentro da cavidade ventral do corpo — ou seja, as estruturas do tubo interno do corpo (tubo digestório, pulmões, coração, bexiga etc.). Esse esque-

Tabela 12.1

Tipos de fibras sensoriais e motoras do sistema nervoso periférico

Componentes sensitivos		Componentes motores	
Sensitivos somáticos (SS)	Sensitivos viscerais (SV)	Motores somáticos (MS)	Motores viscerais (MV) — autônomos
<p>GERAIS: tato, dor, pressão, vibração, temperatura e propriocepção da pele, parede corporal e membros</p>  <p>ESPECIAIS: audição, equilíbrio e visão</p> 	<p>GERAIS: alongamento, dor, temperatura, alterações químicas e irritação nas vísceras; náusea e fome</p>  <p>ESPECIAIS: paladar e olfato</p> 	<p>Inervação motora dos músculos esqueléticos</p> 	<p>Inervação motora do músculo liso, músculo cardíaco e glândulas</p> 

ma resulta em quatro subdivisões principais do SNP: (1) **sensitiva somática** (a inervação sensorial do tubo externo: pele, parede corporal e membros); (2) **sensitiva visceral** (a inervação sensorial das vísceras); (3) **motora somática**, ou motora voluntária (a inervação motora do tubo externo, especificamente dos músculos esqueléticos); e (4) **motora visceral**, também chamada **sistema nervoso autônomo (SNA)**¹ (a inervação motora involuntária do tubo interno, especificamente do músculo liso, músculo cardíaco e glândulas, bem como de algumas estruturas do tubo externo: o músculo erector do pelo e o músculo liso nos vasos e glândulas sudoríferas). Como essas subdivisões são essenciais para compreender o sistema nervoso, vamos examinar cada uma delas detalhadamente (**Tabela 12.1**).

Sensitiva somática (SS)

Os **sentidos somáticos gerais** são aqueles cujos receptores estão amplamente espalhados por todo o tubo externo do corpo (nesse contexto, o termo *geral* significa “disseminado”). Entre eles, temos os muitos sentidos (sensações) experimentados na pele e na parede corporal, como o tato, a dor, a pressão, a vibração e a temperatura. A textura áspera da lixa, o calor de uma caneca de chocolate quente e a dor de uma contusão ou de um músculo distendido são exemplos de sensação somática geral.

Outro tipo de sensação somática geral é a **propriocepção** (“sentir o próprio corpo”), um sentido que detecta a quantidade de alongamento nos músculos, tendões e cápsulas articulares. A propriocepção informa a você a posição e o movimento do seu próprio corpo no espaço, fornecendo-lhe um “sentido corporal”. Para demonstrar a propriocepção, flexione e estenda seus dedos da mão sem olhar para eles — você será capaz de sentir exatamente quais articulações estão se movendo.

Os **sentidos somáticos especiais** são aqueles cujos receptores estão confinados em áreas relativamente pequenas em vez de estarem espalhados pelo corpo inteiro (nesse contexto, o termo *especial* significa “localizado”). A maioria dos sentidos especiais está confinada na cabeça, incluindo a audição e o **equilíbrio** (com os receptores nas orelhas internas) e a visão (com os receptores nos olhos).

Sensitiva visceral (SV)

Os **sentidos viscerais gerais** incluem o alongamento, a dor e a temperatura, que podem ser amplamente sentidos nos tratos digestório e urinário, nos órgãos reprodutores e em outras vísceras. As sensações como a fome e a náusea também são sensações viscerais gerais.

O paladar e o olfato são considerados **sentidos viscerais especiais**. Esses sentidos (também conhecidos como

¹ Nota do revisor técnico: na nomenclatura anatômica, essa denominação foi substituída por divisão autônoma do sistema nervoso.

sentidos químicos) têm seus receptores sensitivos localizados na língua e na cavidade nasal, respectivamente.

Motor somático (MS)

A parte **motora somática** do SNP estimula a contração dos músculos esqueléticos. Como temos o controle voluntário sobre a contração desses músculos, o sistema motor somático costuma ser chamado de *sistema nervoso voluntário*.

Motor visceral (MV)

A parte **motora visceral** do SNP regula a contração do músculo liso e do músculo cardíaco, além da secreção pelas muitas glândulas do corpo. Os neurônios motores viscerais gerais compõem o *sistema nervoso autônomo (SNA)*, que controla a função dos órgãos viscerais (ver Figura 12.3). Uma vez que, geralmente, não temos controle voluntário sobre atividades como o bombeamento do coração e a movimentação do alimento pelo trato digestório, o SNA também é chamado *sistema nervoso involuntário*. O SNA divide-se na parte simpática, que prepara o corpo para a atividade (“lutar ou fugir”), e na parte parassimpática, que conserva a energia e promove a digestão (“repousar e digerir”).

O estudo da organização do sistema nervoso será ainda mais importante ao percorrer os detalhes da estrutura e função desse sistema corporal.

✓ Verifique seu conhecimento

1. Em qual direção os sinais aferentes são transmitidos? Que tipos de informação esses sinais contêm?
2. Qual subdivisão do sistema nervoso regula a contração do tecido muscular no coração?
3. Que tipo de sensação é: (a) a dor de um músculo distendido; (b) a náusea; (c) o paladar?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TECIDO NERVOSO

O sistema nervoso é formado basicamente pelo **tecido nervoso**, cujas células são densamente empacotadas e bem entrelaçadas. Embora muito complexo, o tecido nervoso é formado por dois tipos principais de células: (1) *neurônios*, as células excitáveis que transmitem sinais elétricos, e (2) *neuróglia*, células não excitáveis de apoio que circundam e envolvem os neurônios. Esses dois tipos de células desenvolvem-se a partir dos mesmos tecidos embrionários: tubo neural e crista neural (ver p. 54).

Neurônio

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ definir um neurônio, descrever seus componentes estruturais e relacionar cada estrutura com o seu papel funcional;

- ▶ descrever a estrutura de uma sinapse;
- ▶ classificar os neurônios em termos estruturais e funcionais.

O corpo humano contém muitos bilhões de **neurônios**, ou **células nervosas** (Figura 12.4), que são as unidades estruturais básicas do sistema nervoso. Os neurônios têm uma série de características funcionais especiais:

- São células altamente especializadas que *conduzem sinais elétricos* de uma parte do corpo para outra. Esses sinais são transmitidos ao longo da membrana plasmática na forma de **impulsos nervosos**, ou **potenciais de ação**. Basicamente, um impulso é uma inversão de carga elétrica que percorre rapidamente a membrana neuronal.
- São *extremamente longevos* e podem viver e funcionar por toda uma vida, mais de 100 anos.
- *Não se dividem*, pois à medida que os neurônios fetais assumem seus papéis como ligações de comunicação no sistema nervoso, eles perdem a sua capacidade para se submeter à mitose. Pode haver um alto preço por essa característica dos neurônios, já que não podem ser substituídos se forem destruídos. Existem algumas exceções a essa regra: células-tronco neurais foram identificadas em certas áreas do SNC.
- Têm uma *taxa metabólica excepcionalmente elevada*, exigindo suprimentos contínuos e abundantes de oxigênio e glicose. Eles não conseguem sobreviver por mais de alguns minutos sem oxigênio.

Caracteristicamente, os neurônios são células grandes e complexas. Embora tenham uma estrutura variável, todos eles têm um *corpo celular* do qual um ou mais *processos* se projetam (Figura 12.4).

Corpo celular

O **corpo celular** também se chama *soma* (= corpo), ou *pericário*. Embora os corpos celulares dos diferentes neurônios variem amplamente quanto ao seu tamanho (de 5 a 140 μm de diâmetro), todos consistem em um único núcleo circundado por citoplasma. Em todos os neurônios, exceto nos menores, o núcleo é esférico e transparente, contendo um nucléolo escuro próximo do seu centro (Figuras 12.4a e 12.4b).

O citoplasma contém todas as organelas celulares comuns, além de uma **substância cromatofílica** que o diferencia (*corpúsculos de Nissl*). A substância cromatofílica (“que gosta de cor”) consiste em grandes agrupamentos de retículo endoplasmático rugoso e ribossomos livres que assumem uma cor escura com os corantes básicos. Essas organelas celulares renovam continuamente as membranas da célula e os componentes proteicos do citosol. As **neurofibrilas** são feixes de filamentos intermediários (*neurofilamentos*) que formam uma rede com a substância cromatofílica. Assim como todos os outros filamentos intermediários (ver p.

34), os neurofilamentos impedem que a célula seja desmantelada quando for sujeita a forças de tração.

O corpo celular é o ponto focal do florescimento dos processos neuronais durante o período embrionário. Na maioria dos neurônios, a membrana plasmática do corpo celular age como uma superfície receptora que recebe sinais de outros neurônios.

A maioria dos corpos celulares neuronais está situada no SNC. No entanto, agrupamentos de corpos celulares chamados **gânglios** (“nós em uma corda”) situam-se ao longo dos nervos no SNP (ver Figura 12.2).

Processos neuronais

Processos similares a braços estendem-se dos corpos celulares de todos os neurônios. Esses processos são de dois tipos: *dendritos* e *axônios* (Figura 12.4), que diferem quanto às suas propriedades estruturais e funcionais. Os processos celulares dos neurônios são descritos aqui utilizando um neurônio motor como exemplo de neurônio típico. Na realidade, os neurônios motores parecem-se com a maioria dos neurônios quanto à organização dos seus processos, mas os neurônios sensitivos e alguns neurônios muito pequenos diferem do padrão “típico” apresentado aqui.

Dendritos A maioria dos neurônios possui muitos **dendritos**, processos que se ramificam do corpo celular

como os galhos de uma árvore (*dendro* = árvore). Praticamente todas as organelas que ocorrem no corpo celular também ocorrem nos dendritos e a substância cromatofílica estende-se para a parte basal de cada dendrito. Os dendritos funcionam como *sítios receptores*, proporcionando uma grande área de superfície para receber sinais de outros neurônios. Por definição, os dendritos conduzem sinais elétricos *na direção* do corpo celular.

Axônios Um neurônio possui apenas um **axônio** (“eixo”), que surge em uma região cuneiforme do corpo celular chamada **cone de implantação** ou proeminência axônica (“pequena colina”). Os axônios são processos delgados de diâmetro uniforme por todo o seu comprimento. Por definição, os axônios são geradores e condutores de impulso que transmitem os impulsos nervosos *para longe* do seu corpo celular.

A substância cromatofílica e o complexo de Golgi estão ausentes no axônio e no cone de implantação. Na verdade, os axônios não possuem os ribossomos e todas as organelas envolvidas na síntese proteica e, por isso, eles precisam receber do corpo celular seu componente proteico. Os neurofilamentos, os microfilamentos de actina e os microtúbulos são particularmente evidentes nos axônios, onde eles fornecem resistência estrutural. Esses elementos citoesqueléticos também ajudam no transporte de substâncias de/para o corpo celular à

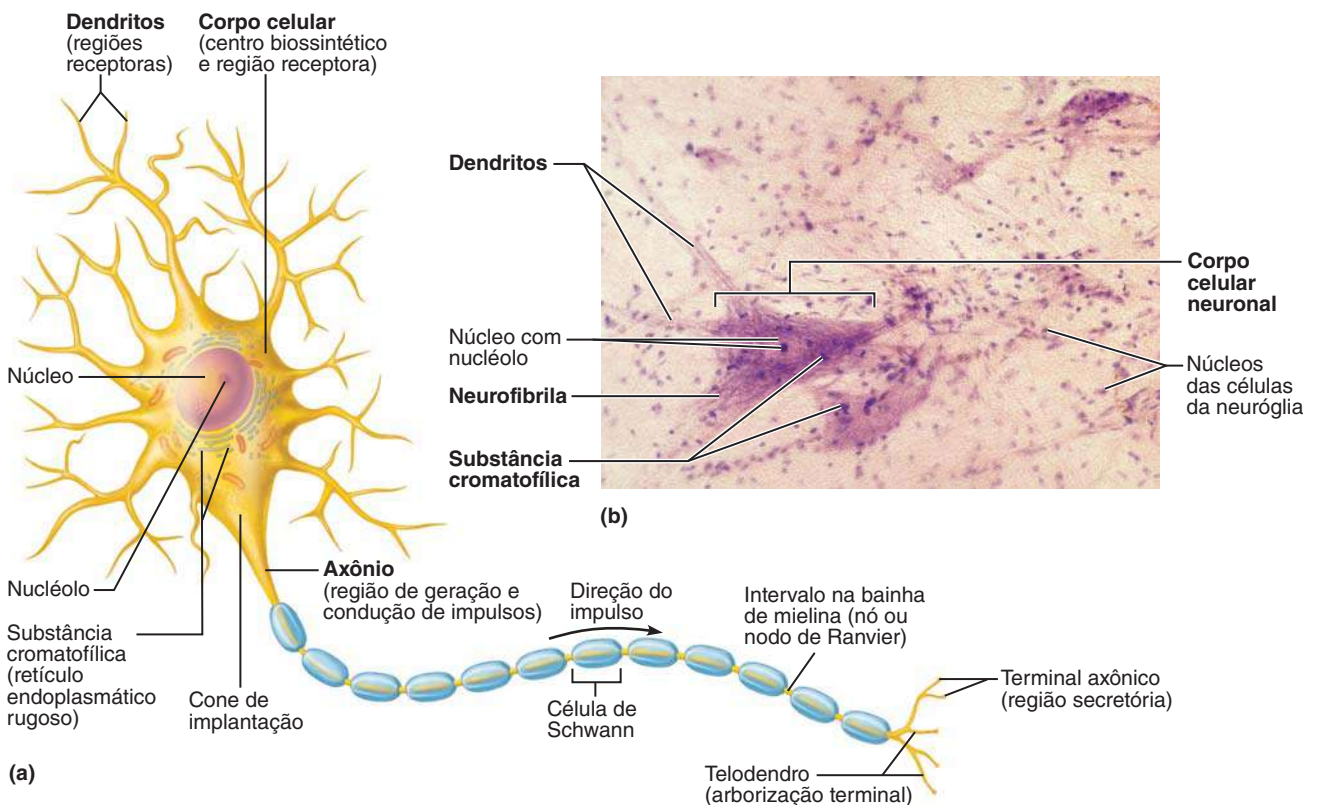


Figura 12.4 Estrutura de um neurônio típico (um neurônio motor). (a) Diagrama de um neurônio motor. As setas indicam as direções nas quais os sinais percorrem. O axônio desse neurônio é coberto por uma bainha de mielina. (b) Micrografia do tecido neural da medula espinal exibindo corpos celulares neuronais e as células da glia (neurógliia) circundantes.

medida que o citoplasma axonal é continuamente reciclado e renovado. Esse movimento de substâncias ao longo dos axônios chama-se transporte axonal.

O axônio de alguns neurônios é curto, mas em outros ele pode ser extremamente longo. Por exemplo, os axônios dos neurônios motores que controlam os músculos no pé se estendem da região lombar da medula espinal até a planta do pé — uma distância de um metro ou mais. Todo axônio longo chama-se **fibra nervosa**.

O diâmetro do axônio varia consideravelmente entre os diferentes neurônios do corpo. Os axônios com diâmetros maiores conduzem impulsos mais rápido do que os axônios com diâmetros menores. Isso acontece por causa de uma lei básica da física: a resistência à passagem de uma corrente elétrica diminui com o aumento do diâmetro de qualquer “cabo”.

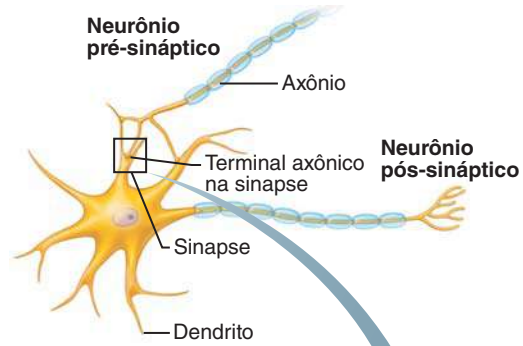
Embora os axônios ramifiquem com uma frequência muito menor do que os dendritos, ramos ocasionais ocorrem ao longo do seu comprimento. Esses ramos, chamados **axônios colaterais**, estendem-se do axônio em ângulos aproximadamente retos. Independentemente de um axônio não se dividir ou possuir colaterais, normalmente ele ramifica profusamente em sua extremidade, o que se chama **telodendro** (arborização terminal). Não é incomum haver 10 mil desses ramos por neurônio. Os ramos terminam em botões conhecidos como **terminais axônicos** (Figura 12.4a) ou **botões terminais**.

Um impulso nervoso é normalmente gerado onde o axônio se estende, do cone de implantação, e é conduzido ao longo do axônio até os terminais axônicos, onde provoca a liberação de substâncias químicas, chamadas **neurotransmissores**, no espaço extracelular. Os neurotransmissores excitam ou inibem os neurônios ou o órgão-alvo que estão em contato direto com os terminais axônicos.

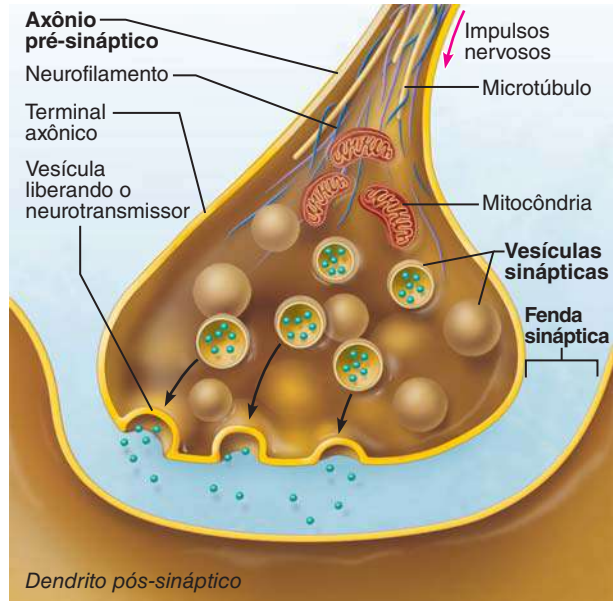
Sinapses

O local em que os neurônios se comunicam se chama **sinapse** (“união”) (Figura 12.5a). A maioria das sinapses no sistema nervoso transmite informações através de mensageiros químicos. No entanto, alguns neurônios em certas áreas do SNC transmitem sinais eletricamente através de sinapses. Uma vez que os sinais passam pela maioria das sinapses em apenas uma direção, essas sinapses determinam a direção do fluxo de informação através do sistema nervoso.

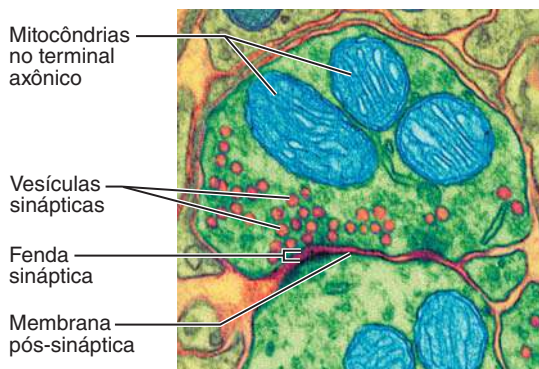
O neurônio que conduz os sinais para uma sinapse se chama **neurônio pré-sináptico**; o neurônio que transmite os sinais que saem da sinapse se chama **neurônio pós-sináptico** (Figura 12.5a). A maioria dos neurônios no SNC funciona como pré-sináptico (envio de informação) e pós-sináptico (recebimento de informação), obtendo informações de alguns neurônios e enviando-as para outros.



(a) Dois neurônios conectados por sinapses



(b) Ampliação da sinapse



(c) MET da sinapse (17000x, colorizada)

Figura 12.5 Estrutura de sinapse axodendrítica.

Existem dois tipos principais de sinapses e a maioria delas ocorre entre os terminais axônicos de um neurônio e os dendritos de outro neurônio; elas chamam-se **sinapses axodendríticas**. Muitas sinapses, no entanto, também ocorrem entre os axônios e os corpos celulares neuronais; elas se chamam **sinapses axossomáticas**.

Estruturalmente, as sinapses são junções celulares elaboradas. Esta seção se concentra na sinapse axodendrítica

(Figura 12.5b) porque sua estrutura é representativa dos dois tipos de sinapses. No lado pré-sináptico, o terminal axônico contém **vesículas sinápticas**, que são sacos ligados à membrana cheios de neurotransmissores — moléculas que transmitem os sinais pela sinapse. As mitocôndrias são abundantes no terminal axônico, já que a secreção dos neurotransmissores requer uma grande quantidade de energia. Na sinapse, as membranas plasmáticas dos dois neurônios são separadas por uma **fenda sináptica**.

Como funciona uma sinapse? Quando um impulso viaja ao longo do axônio do neurônio pré-sináptico, estimula as vesículas sinápticas a se fundirem com a membrana pré-sináptica. Depois, a área fundida se rompe, fazendo que as vesículas liberem suas moléculas neurotransmissoras que se difundem através da fenda sináptica e se ligam à membrana pós-sináptica. Essa ligação muda a carga da membrana no neurônio pós-sináptico, influenciando a capacidade da membrana de gerar um impulso nervoso.

Classificação dos neurônios

Os neurônios podem ser classificados tanto por sua estrutura quanto por sua função.

Classificação estrutural dos neurônios Os neurônios são agrupados estruturalmente de acordo com o número de processos que se estendem do corpo celular. Por essa classificação, os neurônios são *multipolares*, *bipolares* ou *pseudounipolares* (*polar* = extremidades, polos) (Tabela 12.2).

Os **neurônios multipolares** possuem mais de dois processos (Tabela 12.2, primeira coluna). Normalmente, os neurônios multipolares possuem muitos dendritos e um único axônio. No entanto, alguns neurônios multipolares pequenos não possuem axônio e contam apenas com os dendritos para conduzir os sinais. Um pouco mais de 99% dos neurônios do corpo pertencem à classe multipolar.

Os **neurônios bipolares** possuem dois processos que se estendem de lados opostos do corpo celular (Tabela 12.2, coluna do meio). Esses neurônios muito raros ocorrem em alguns dos órgãos sensitivos especiais (orelha interna, epitélio olfatório do nariz, retina dos olhos), onde atuam principalmente como neurônios sensitivos.

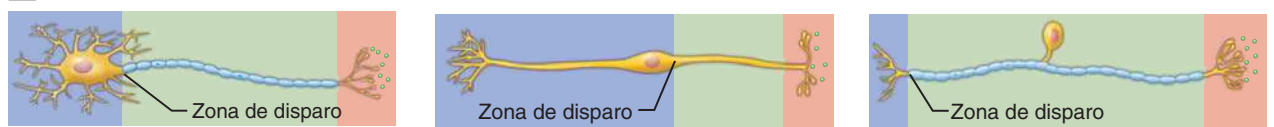
Os **neurônios pseudo unipolares** possuem um único processo curto que emerge do corpo celular e se divi-

Tabela 12.2 Comparação das classes estruturais dos neurônios

Tipo de neurônio		
Multipolar	Bipolar	Pseudounipolar
CLASSE ESTRUTURAL: TIPO DE NEURÔNIO DE ACORDO COM O NÚMERO DE PROCESSOS QUE SAEM DO CORPO CELULAR		
Muitos processos estendem-se do corpo celular; todos são dendritos, exceto um único axônio.	Dois processos estendem-se do corpo celular: um é um dendrito fundido; o outro é um axônio.	Um processo estende-se do corpo celular e forma processos centrais e periféricos que, juntos, constituem o axônio.
<p>Corpo celular Dendritos Axônio</p>	<p>Corpo celular Dendrito Axônio</p>	<p>Ramo periférico Corpo celular Ramo central Terminações receptoras Axônio</p>

RELAÇÃO ANATÔMICA DAS TRÊS REGIÕES FUNCIONAIS

- Região receptora (recebe estímulo)
- Região condutora (gera/transmite potencial de ação)
- Região secretória (terminais axônicos liberam neurotransmissores)



ABUNDÂNCIA RELATIVA E LOCALIZAÇÃO NO CORPO HUMANO

Mais abundante no corpo. Principal tipo de neurônio no SNC.

Raro. Encontrado em alguns órgãos sensitivos especiais (mucosa olfatória, olho e orelha).

Encontrado principalmente no SNP. Comum apenas nos gânglios da raiz dorsal da medula espinal e nos gânglios sensoriais dos nervos cranianos

Tabela 12.2

Comparação das classes estruturais dos neurônios (continuação)

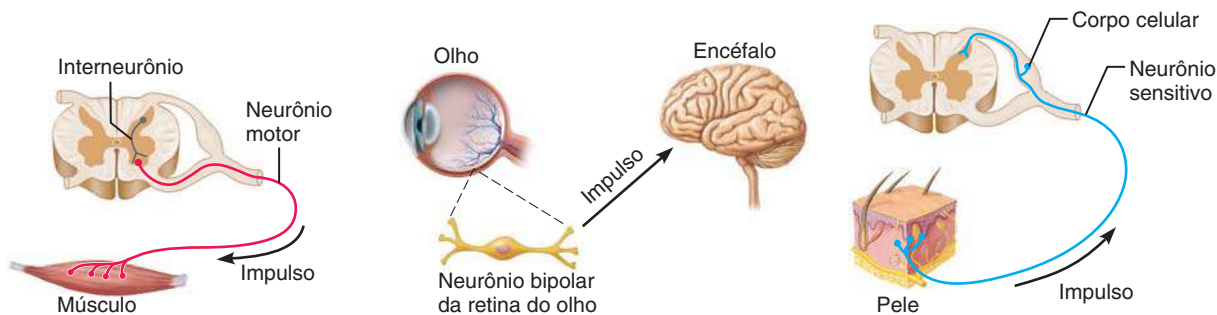
Tipo de neurônio		
Multipolar	Bipolar	Pseudounipolar
VARIAÇÕES ESTRUTURAIS		
<p>Multipolar</p> <p>Dendritos Corpo celular Axônio</p> <p>Célula de Purkinje do cerebelo Célula piramidal</p>	<p>Bipolar</p> <p>Corpo celular Dendrito Axônio</p> <p>Célula olfatória Célula da retina</p>	<p>Pseudounipolar</p> <p>Terminações receptoras Processo periférico (axônio) Corpo celular Processo central (axônio)</p> <p>Célula do gânglio da raiz dorsal</p>

CLASSE FUNCIONAL: TIPO DE NEURÔNIO DE ACORDO COM A DIREÇÃO DE CONDUÇÃO DO IMPULSO

1. A maioria dos neurônios pseudounipolares consiste em **interneurônios** que conduzem impulsos dentro do SNC; integra entrada sensitiva ou saída motora; pode ser um de uma cadeia de neurônios do SNC ou de um único neurônio conectando outros neurônios sensitivos e motores.
2. Alguns neurônios multipolares são **neurônios motores** que conduzem impulsos ao longo das vias eferentes, do SNC para um efector (músculo/glândula).

Essencialmente, todos os neurônios bipolares são **neurônios sensitivos** situados em alguns órgãos de sentidos especiais. Por exemplo, as células bipolares da retina estão envolvidas na transmissão das informações visuais do olho para o encéfalo (via uma cadeia intermediária de neurônios).

A maioria dos neurônios pseudounipolares consiste em **neurônios sensitivos** que conduzem impulsos ao longo das vias aferentes para serem interpretados pelo SNC (esses neurônios sensitivos chamam-se neurônios sensitivos primários ou de primeira ordem).



de como um T invertido em dois ramos longos (Tabela 12.2, última coluna). A maioria desses neurônios começa como neurônio bipolar, cujos dois processos se fundem perto do corpo celular durante o desenvolvimento, daí a denominação *neurônios pseudounipolares* (*pseudo* = falso). Os neurônios pseudounipolares são encontra-

dos nos gânglios sensitivos do SNP. O processo único e curto, perto do corpo celular neuronal, divide-se em dois ramos mais longos. Um desses processos passa centralmente pelo SNC e chama-se **ramo central**, enquanto o outro ramo se estende periféricamente até os receptores e se chama **ramo periférico**.

Os processos dos neurônios pseudounipolares são dendritos ou axônios? O processo central é claramente um axônio, pois ele: (1) transmite um impulso nervoso e (2) conduz esse impulso para longe do corpo celular — os dois critérios que definem um axônio (p. 367). O processo periférico, por outro lado, é ambíguo: ele gera e conduz impulsos nervosos, como faz o axônio, mas esses sinais viajam *para* o corpo celular, uma característica fundamental dos dendritos. Apesar dessa similaridade funcional com os dendritos, o processo periférico chama-se *axônio* porque sua estrutura delicada é idêntica à dos verdadeiros axônios. Os neurônios pseudounipolares, portanto, não possuem dendritos; terminações receptoras na extremidade do axônio periférico recebem estímulos sensitivos e transmitem sinais através do axônio periférico na direção do corpo celular.

Classificação funcional dos neurônios Os neurônios são agrupados funcionalmente de acordo com a direção percorrida pelo impulso nervoso em relação ao SNC. Com base nesse critério, existem *neurônios sensitivos*, *neurônios motores* e *interneurônios* (Tabela 12.2, última linha).

Os **neurônios sensitivos**, ou *neurônios aferentes*, correspondem à divisão sensorial do SNP (ver Figura 12.3) e transmitem impulsos *para* o SNC a partir dos receptores sensitivos no SNP. A maioria dos neurônios sensitivos é pseudounipolar e seus corpos celulares estão em gânglios fora do SNC. O processo periférico estende-se de um receptor sensitivo; o processo central termina no SNC. Esses dois processos funcionam como se fossem um, conduzindo impulsos diretamente dos receptores periféricos para o SNC. Alguns neurônios sensitivos têm estrutura bipolar. Esses neurônios restringem-se a alguns órgãos de sentidos especiais.

Os **neurônios motores**, ou *neurônios eferentes*, correspondem à divisão motora do SNP (ver Figura 12.3). Esses neurônios conduzem impulsos *para longe* do SNC até os órgãos efetores (músculos e glândulas). Os neurônios motores são multipolares e seus corpos celulares estão situados no SNC (exceto alguns neurônios do sistema nervoso autônomo). Os neurônios motores formam junções com as células efetoras, estimulando os músculos a contraírem ou as glândulas a secretarem.

Os **interneurônios** estão situados entre os neurônios sensitivos e motores. Esses neurônios multipolares estão inteiramente confinados no SNC (Tabela 12.2). Os interneurônios ligam-se em cadeias que formam vias neuronais complexas. O fato de os interneurônios consistirem em até 99,98% dos neurônios do corpo reflete a vasta quantidade de informação processada no SNC humano. Esses neurônios multipolares exibem grande diversidade de tamanho e padrões

de ramificação de seus processos (ver Tabela 12.2, na seção “Variações estruturais”).

✓ Verifique seu conhecimento

- 4. Que tipo de processo neuronal recebe estímulos?
- 5. Descreva como o impulso elétrico de um neurônio é passado para outro neurônio.
- 6. Qual é o tipo estrutural da maioria dos neurônios sensitivos?
- 7. Que tipo estrutural de neurônio é o mais abundante? Quais neurônios no SNP são desse tipo?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Neurógli

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ mencionar os seis tipos de neurógli no tecido nervoso e fazer a distinção entre eles quanto à função e localização;
- ▶ descrever a estrutura das bainhas de mielina.

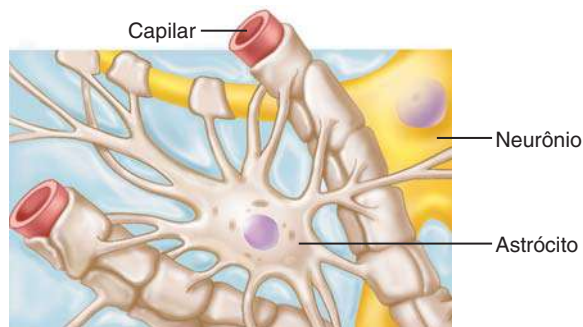
Todos os neurônios estão intimamente associados a células de sustentação não nervosas chamadas **neurógli** (do grego, *neuron* = nervo + *glia* = cola) ou **células da glia**. Existem seis tipos de neurógli — quatro no SNC e duas no SNP (Figura 12.6). Cada tipo tem uma função única, contudo em geral essas células:

- proporcionam uma plataforma de sustentação para os neurônios;
- cobrem todas as partes não sinápticas dos neurônios, isolando assim os neurônios e impedindo que as atividades elétricas dos neurônios adjacentes interfiram umas com as outras.

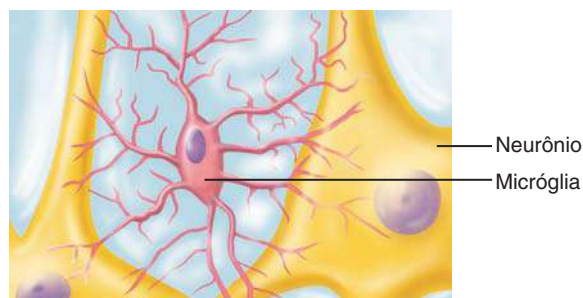
Neurógli no SNC

Assim como os neurônios, as células da neurógli do SNC possuem processos ramificados e um corpo celular central (Figuras 12.6a-d). Porém, a neurógli pode ser distinguida dos neurônios por seu tamanho muito menor e por seus núcleos de coloração mais escura (ver Figura 12.4). Elas superam a quantidade de neurônios no SNC em aproximadamente 10 para 1 e correspondem aproximadamente à metade da massa do encéfalo. Ao contrário dos neurônios, as células da glia podem se dividir a vida inteira.

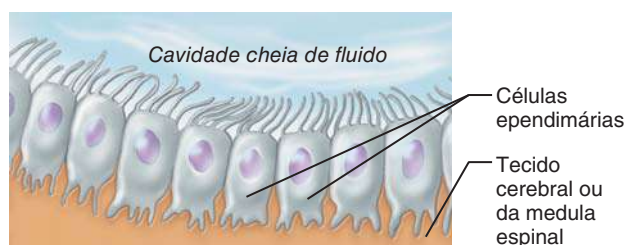
Astrócitos Os **astrócitos** estrelados (“células em forma de estrela”) são as células da glia mais abundantes do SNC (Figura 12.6). Eles possuem muitos processos irradiados com extremidades bulbosas. Alguns desses bulbos agarram-se aos neurônios (incluindo os terminais axônicos), enquanto outros se agarram



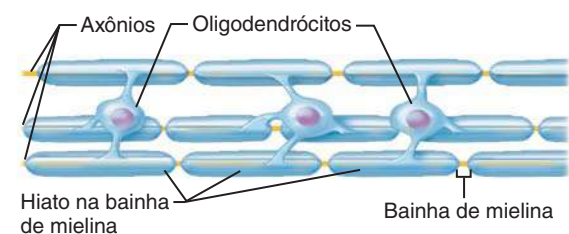
(a) Os astrócitos são a neurógliã mais abundante do SNC



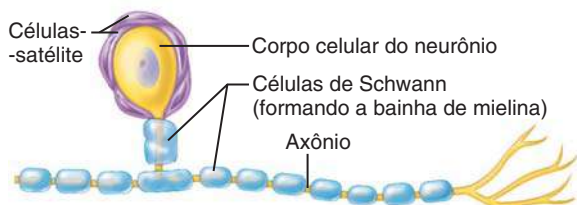
(b) As micróglia são células de defesa no SNC



(c) As células endoteliais revestem as cavidades cheias de líquido cerebrospinal



(d) Os oligodendrócitos têm processos que formam a bainha de mielina em volta dos axônios no SNC



(e) As células-satélite e as células de Schwann (que formam a mielina) circundam os neurônios no SNP

Figura 12.6 Neurógliã. (a-d) Quatro tipos de células da neurógliã no SNC. (e) Neurógliã no SNP.

aos capilares. As funções dos astrócitos são muitas e parcialmente compreendidas. As funções conhecidas incluem: (1) regular os níveis de neurotransmissores aumentando a taxa de captação de neurotransmissores nas regiões de alta atividade neuronal; (2) sinalizar o maior fluxo sanguíneo através dos capilares nas regiões ativas do cérebro; e (3) controlar o ambiente iônico em volta dos neurônios. Os astrócitos também ajudam as sinapses a se formarem no tecido neural em desenvolvimento, produzem as moléculas necessárias para o crescimento neural (fator trófico derivado do cérebro; do inglês *brain-derived trophic factor* — BDNF) e propagam os sinais de cálcio que podem estar envolvidos com a memória. Essas células não são mais consideradas células passivas de sustentação para os neurônios; ao contrário, elas parecem ter um papel ativo na atividade neuronal. A compreensão das atividades dessas células da glia abundantes é uma área de pesquisa constante.

Micróglia São as menores e mais abundantes células da neurógliã no SNC, possuem corpos celulares alongados e processos celulares com muitas projeções pontiagudas, como um arbusto espinhoso (Figura 12.6b). Elas são fagócitos, os macrófagos do SNC. Migram até os microrganismos invasores e neurônios lesionados ou mortos e os ingerem. Ao contrário de outras células da neurógliã, elas não se originam no tecido nervoso; assim como os outros macrófagos do corpo, são derivadas de células sanguíneas chamadas monócitos. Os monócitos que se transformam em células da micróglia migram para o SNC durante os períodos embrionário e fetal.

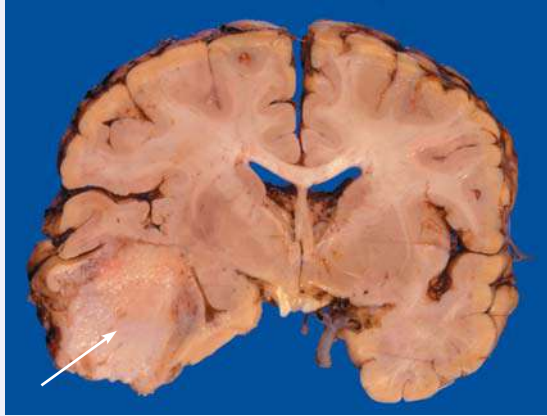
Células endoteliais O SNC origina-se no embrião como um tubo neural oco e retém uma cavidade central por toda a vida (Capítulo 3, p. 54). As **células endoteliais** (“vestuário envolvente”) formam um epitélio simples que reveste a cavidade central da medula espinal e do encéfalo (Figura 12.6c). Aqui, essas células proporcionam uma camada bastante permeável entre o *líquido cerebrospinal* — que enche essa cavidade — e o fluido tecidual — que banha as células do SNC. As células endoteliais possuem cílios que ajudam a circular o fluido cerebrospinal.

Oligodendrócitos Os **oligodendrócitos** (“células de poucos ramos”) (Figura 12.6d), como o nome sugere, possuem menos ramos do que os astrócitos. Eles alinham-se em pequenos grupos e envolvem seus processos celulares em torno dos axônios mais espessos no SNC, produzindo revestimentos isolantes chamados *bainhas de mielina*.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Gliomas Ao se dividirem, as células da neuróglia acumulam os “erros” na replicação do DNA que podem transformá-las em células que proliferam de modo anormal. Esse acúmulo não ocorre nos neurônios, a maioria dos quais não se divide. Portanto, a maioria dos tumores que se origina no cérebro (60%) são **gliomas**, tumores formados pela proliferação descontrolada das células da neuróglia. Dois por cento de todos os cânceres são gliomas e sua incidência está aumentando. São cânceres difíceis de tratar e a taxa de sobrevivência de um ano é abaixo de 50%.



Glioma no lobo temporal do cérebro

Neuróglia no SNP

Os dois tipos de neuróglia no SNP são as *células-satélite* e as *células de Schwann* (Figura 12.6e), tipos celulares muito similares que diferem principalmente quanto à localização. As **células-satélite** circundam os corpos celulares dos neurônios dentro dos gânglios. Seu nome é proveniente de uma semelhança imaginada com as luas, ou satélites, em torno de um planeta. As **células de Schwann** circundam todos os axônios no SNP e formam bainhas de mielina em volta de muitos desses axônios.

Bainhas de mielina

As **bainhas de mielina** são produzidas pelos oligodendrócitos no SNC e pelas células de Schwann no SNP. Essas bainhas são estruturas segmentadas, compostas de lipoproteína **mielina**, e circundam os axônios mais espessos do corpo. Cada segmento de mielina é formado por membrana plasmática de uma célula da glia enrolada em camadas concêntricas em volta do axônio (Figura 12.7a). As bainhas de mielina formam uma camada isolante que evita o vazamento de corrente elétrica do axônio, aumenta a velocidade de condução do impulso ao longo do axônio e torna a propagação do impulso mais eficiente em termos energéticos.

Bainhas de mielina no SNP As bainhas de mielina no SNP são formadas por células de Schwann (ver

Figura 12.6e). As bainhas de mielina desenvolvem-se durante o período fetal e o primeiro ano, mais ou menos, de vida pós-natal. Para formar a bainha de mielina, as células de Schwann primeiro deformam para receber o axônio e depois se enrolam em volta do axônio repetidamente, como se fosse um rocambole (Figura 12.7a ① e ②). Inicialmente, o envoltório é frouxo, mas o citoplasma da célula de Schwann é espremido gradualmente para fora por entre as camadas de membrana. Quando o processo de enrolamento termina, muitas camadas concêntricas de membrana plasmática de célula de Schwann embainham o axônio em uma espiral bem apertada de membranas que consistem na verdadeira bainha de mielina (Figura 12.7a ③). O núcleo e a maior parte do citoplasma da célula de Schwann acabam exatamente no exterior das camadas de mielina.

Uma vez que as células de Schwann adjacentes ao longo de um axônio mielinizado não se tocam, existem hiatos na bainha de mielina (ver Figura 12.4a). Esses hiatos, chamados **intervalos da bainha de mielina** (*nodos ou nódulos de Ranvier*), ocorrem regularmente a cada 1 mm. Nos axônios mielinizados (fibras mielínicas), os impulsos nervosos não passam pelas regiões cobertas com mielina da membrana axônica, mas saltam da membrana de um intervalo da bainha de mielina para a próxima, de uma maneira que aumenta muito a velocidade de condução do impulso.

Apenas os axônios espessos e de rápida condução são embainhados com mielina. Por outro lado, os axônios delgados e de condução lenta não possuem bainha de mielina, sendo chamados de **fibras nervosas amielínicas** (axônios não mielinizados) (Figura 12.7b). As células de Schwann circundam esses neurônios, mas não se enrolam em torno deles em camadas concêntricas de membrana (Figura 12.7b ①). Uma única célula de Schwann consegue confinar parcialmente 15 axônios não mielinizados ou mais, com cada um deles ocupando um recesso tubular diferente na superfície da célula de Schwann (Figura 12.7b ②). As fibras amielínicas são encontradas em partes do sistema nervoso autônomo (Capítulo 15) e em algumas fibras sensitivas.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Neuralgia do trigêmeo O principal nervo sensitivo da face, o trigêmeo, pode ser afetado por um transtorno extremamente doloroso chamado **neuralgia do trigêmeo**. A compressão do nervo trigêmeo por um vaso sanguíneo adjacente provoca degeneração e perda da bainha de mielina que circunda as fibras nervosas sensitivas. Por causa da perda de isolamento na região não mielinizada, os impulsos nas fibras nervosas que conduzem sensações táteis estimulam as fibras da dor no mesmo nervo (fenômeno conhecido como *linha cruzada*), levando à percepção de dor pelo cérebro. Até mesmo o toque mais suave na face pode produzir uma dor insuportável, além de imprevisível e extrema.

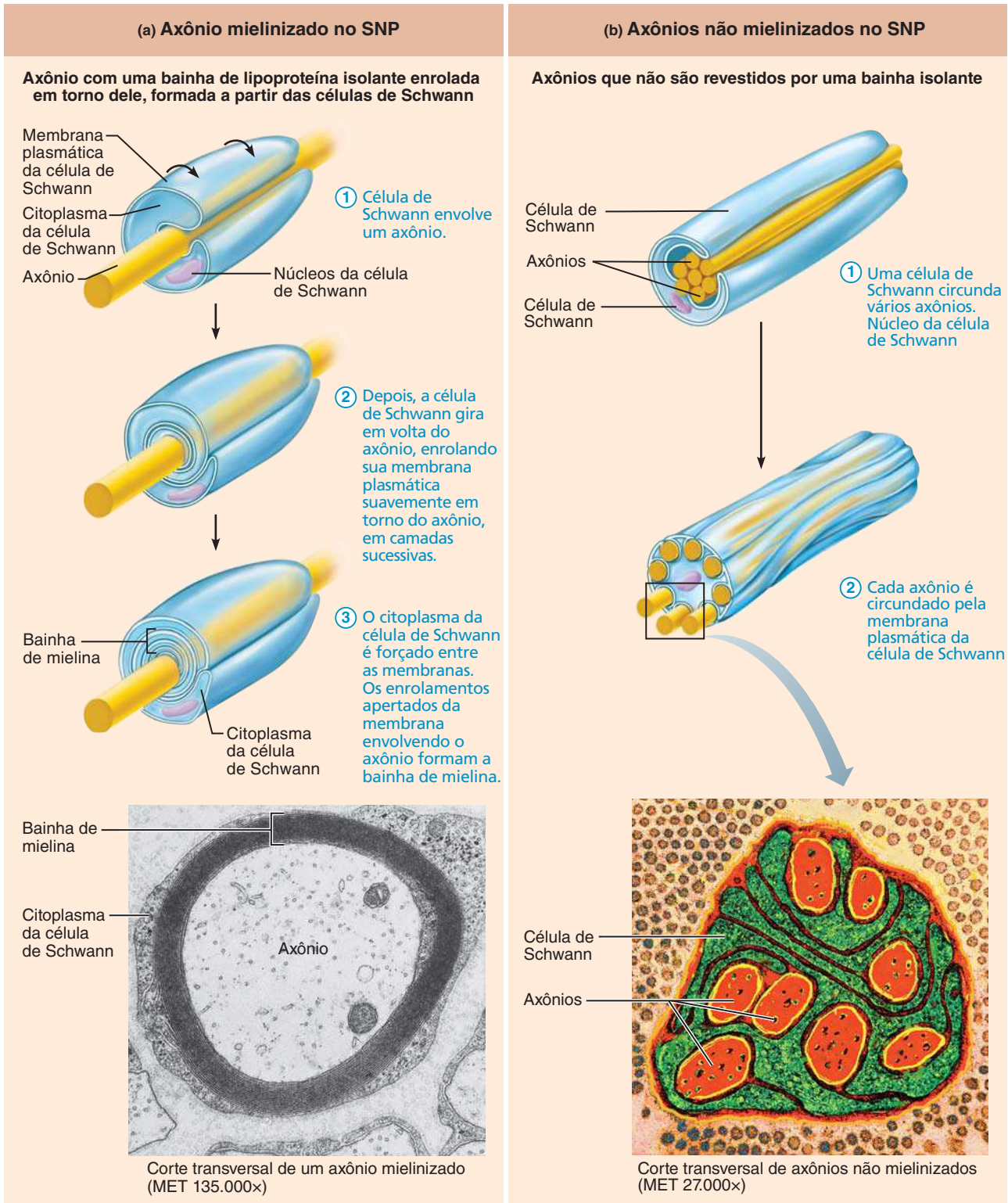


Figura 12.7 Células de Schwann em axônios mielinizados (fibras mielínicas) e não mielinizados (fibras amielínicas) no SNP.

Bainhas de mielina no SNC Os oligodendrócitos formam as bainhas de mielina no encéfalo e na medula espinal (Figura 12.6d). Ao contrário das células de Schwann, cada oligodendrócito tem vários processos que se enrolam em torno de vários axônios diferentes.

Existem intervalos na bainha de mielina, embora sejam bem mais espaçados do que os existentes no SNP.

Assim como no SNP, os axônios mais delgados no SNC não são mielinizados. Essas fibras amielínicas são revestidas pelos muitos processos longos das células da

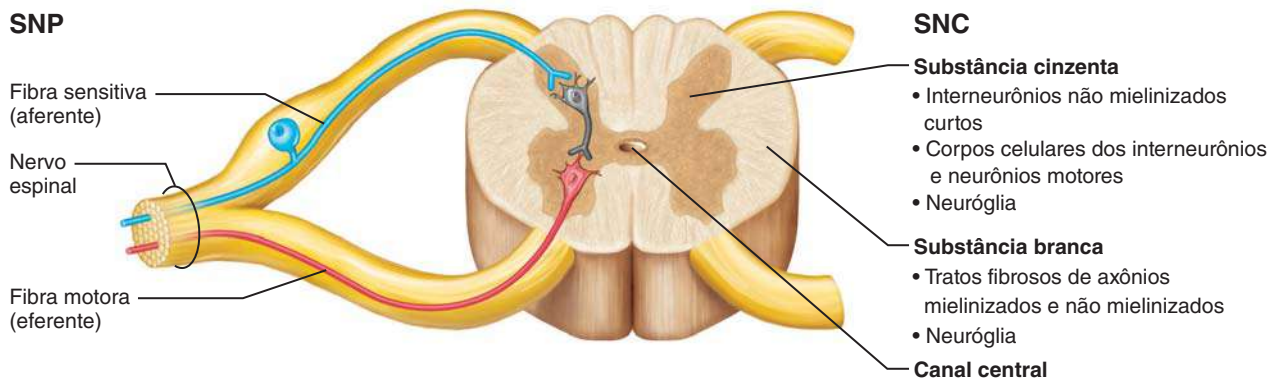


Figura 12.8 Corte transversal através da medula espinal. A ligação entre o SNP e o SNC é ilustrada à esquerda.

neuróglia, como os astrócitos, que são muito abundantes no SNC.

✓ Verifique seu conhecimento

- 8. Qual neuróglia produz mielina no SNC? E no SNP?
- 9. Qual neuróglia é comum nas regiões onde ocorrem as sinapses?
- 10. As células de Schwann revestem os axônios não mielinizados no SNP?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

ANATOMIA MACROSCÓPICA DO SISTEMA NERVOSO: VISÃO GERAL

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ fazer distinção entre a substância cinzenta e a substância branca no SNC;
- ▶ definir nervo e descrever os componentes estruturais dos nervos.

Até agora, discutimos a estrutura e função das células que constituem o tecido nervoso: neurônios e neuróglia. O tecido nervoso, junto com outros tipos de tecidos, forma os órgãos do sistema nervoso: o encéfalo e a medula espinal do SNC e os nervos e gânglios do SNP. A organização estrutural básica dos nervos e do SNC é descrita a seguir (a estrutura detalhada e a função dos órgãos do SNC são estudadas no Capítulo 13 e as do SNP, nos Capítulos 14 e 15).

Substâncias cinzenta e branca do SNC

O encéfalo e a medula espinal possuem regiões distintas de substância cinzenta e substância branca que refletem a organização dos seus neurônios. Na medula espinal, a **substância (massa) cinzenta** assume a forma de borboleta, na qual a metade dorsal contém corpos celulares de interneurônios e a metade ventral contém corpos ce-

lulares de neurônios motores (**Figura 12.8**). Desse modo, a **substância cinzenta** é o local onde os corpos celulares dos neurônios estão agrupados. Mais especificamente, a substância cinzenta do SNC é uma mistura de corpos de neurônios: dendritos, neurônios curtos não mielinizados e neuróglia. As sinapses ocorrem na substância cinzenta.

Por fora da substância cinzenta da medula, há uma **substância (massa) branca**, que não contém corpos celulares neuronais, mas milhões de axônios e neuróglia. Sua cor branca é proveniente das bainhas de mielina em volta dos muitos axônios. A maioria desses axônios sobe da medula espinal para o cérebro ou desce deste para a medula espinal, permitindo que essas duas regiões do SNC se comuniquem uma com a outra. Assim, a **substância branca** consiste em axônios que transitam entre partes diferentes do SNC. Dentro da substância branca, os axônios que seguem para destinos similares formam feixes de axônio chamados **tratos**.

Em duas regiões do encéfalo (o cérebro e o cerebelo) a substância cinzenta está localizada superficialmente, formando o **córtex** (a anatomia do SNC e a distribuição das substâncias cinzenta e branca são descritas com mais detalhes no Capítulo 13).

Nervos

Um **nervo** é um órgão similar a um cabo no sistema nervoso periférico (ver **Figura 12.2**). Cada nervo consiste em muitos axônios (fibras nervosas) organizados em feixes paralelos e confinados em envoltórios sucessivos de tecido conjuntivo (**Figura 12.9**). Quase todos os nervos contêm fibras nervosas sensitivas e motoras, mielínicas e amielínicas.

Dentro de um nervo, cada axônio é circundado pelas células de Schwann. Revestindo as células de Schwann, há uma camada delicada de tecido conjuntivo frouxo, chamada **endoneuro**. Grupos de axônios estão presos em feixes, chamados **fascículos** nervosos, por um envoltório de tecido conjuntivo, chamada **perineuro**. Finalmente, o nervo inteiro é circundado por uma bainha fibrosa rígida, o **epineuro**. As três camadas de tecido

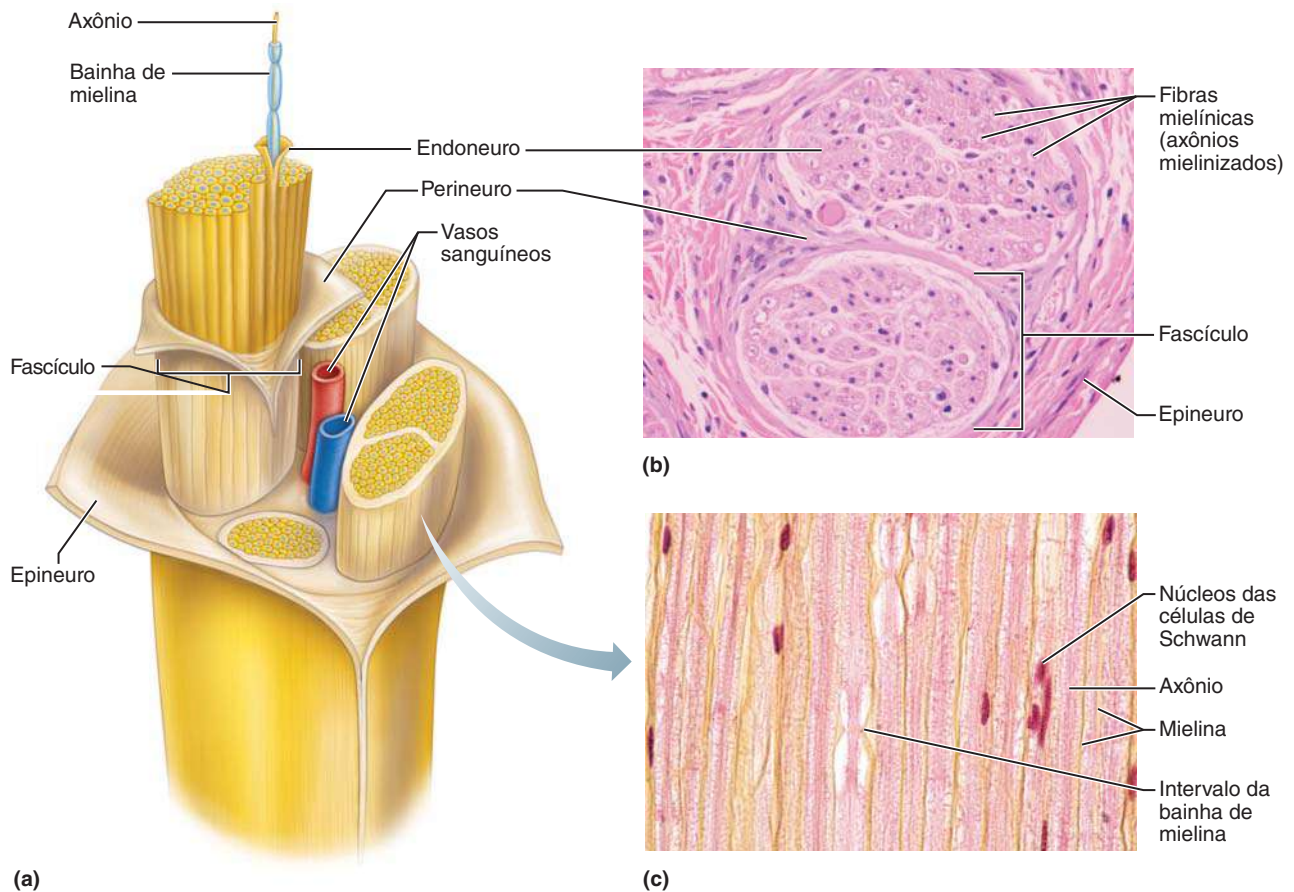


Figura 12.9 Estrutura de um nervo. (a) Visualização tridimensional de parte do nervo exibindo os envoltórios de tecido conjuntivo. (b) Micrografia de luz do corte transversal de parte de um nervo (corado com H&E, 200 \times). (c) Corte longitudinal de um nervo, conforme visualizado pela microscopia de luz (265 \times).

conjuntivo nos nervos correspondem exatamente às do músculo esquelético: endomísio, perimísio e epimísio (ver p. 255). Assim como no músculo esquelético, o tecido conjuntivo em um nervo contém os vasos sanguíneos que nutrem os axônios e as células de Schwann (Figura 12.9).

Os termos *neurônio*, *fibra nervosa* e *nervo* são fáceis de confundir. Lembre:

- um **neurônio** é uma célula nervosa;
- uma **fibra nervosa** é um axônio longo;
- um **nervo** é uma coleção de axônios no SNP.

✓ Verifique seu conhecimento

11. Cite o nome do envoltório de tecido conjuntivo que envolve um feixe de axônios, constituindo um fascículo.
12. Onde as sinapses ocorrem no SNC: na substância branca ou na substância cinzenta?
13. Por que a substância branca tem essa cor?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

INTEGRAÇÃO NEURONAL

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a ligação estrutural entre o sistema nervoso periférico e o sistema nervoso central;
- ▶ definir reflexo e mencionar os componentes básicos de um arco reflexo. Distinguir os reflexos monossinápticos dos reflexos polissinápticos.

Dividimos o sistema nervoso em SNP e SNC para simplificar a discussão de cada componente. Contudo, é importante lembrar que essas duas divisões do sistema nervoso estão ligadas em termos funcionais e estruturais.

O SNP é composto de axônios dos neurônios (fibras nervosas) sensitivos (aférentes) e motores (eferentes) reunidos como nervos (Figura 12.8). Esses nervos funcionam como vias de informação de/para a periferia do corpo: as fibras aferentes respondem aos estímulos sensitivos e transmitem essa informação para o SNC; as fibras eferentes transmitem estímulos motores do SNC para os músculos e glândulas, fazendo que funcionem (contraíam ou secretem).

O SNC é composto de interneurônios que: (1) recebem informações sensitivas; (2) direcionam e transportam essas informações para regiões específicas do SNC e (3) iniciam uma resposta motora conveniente.

A ligação estrutural entre o SNP e o SNC ocorre na substância cinzenta do SNC. O exemplo mais simples dessa integração neuronal é o arco reflexo.

Arcos reflexos

Os **arcos reflexos** são cadeias simples de neurônios que provocam comportamentos reflexos mais simples, e que refletem o plano estrutural básico do sistema nervoso. Os arcos reflexos são responsáveis pelos **reflexos**, que são definidos como respostas *motoras* rápidas e automáticas aos estímulos. Os reflexos não são aprendidos, não são premeditados e são involuntários. Entre os exemplos, temos: sacudir a mão quando tocamos acidentalmente em um fogão quente e vomitar em resposta a algum alimento que irrite o nosso estômago. Como você pode ver nesses exemplos, os reflexos são *somáticos*, resultando na contração dos músculos esqueléticos, ou *viscerais*, ativando o músculo liso, músculo cardíaco ou as glândulas.

Todo arco reflexo possui cinco componentes essenciais, onde cada um deles ativa o próximo (**Figura 12.10**):

- ① O *receptor* é o local onde o estímulo age. Os receptores estão localizados na terminação do processo periférico de um neurônio sensitivo.
- ② O *neurônio sensitivo* transmite os impulsos aferentes para o SNC.
- ③ O *centro de integração* consiste em uma ou mais sinapses na substância cinzenta do SNC (representada pela medula espinal na Figura 12.10). Nos arcos reflexos mais simples, o centro de integração é uma única sinapse entre um neurônio sensitivo e um neurônio motor. Nos arcos reflexos mais complexos, ele pode envolver várias sinapses que enviam sinais pelas cadeias longas de interneurônios para outras partes do SNC — por exemplo, para partes do cérebro.
- ④ O *neurônio motor* conduz os impulsos eferentes do centro de integração para um efector.
- ⑤ O *efetor* é o músculo ou glândula que responde aos impulsos eferentes contraindo ou secretando.

Reflexo monossináptico

O mais simples de todos os arcos reflexos é o **reflexo monossináptico** (“uma sinapse”; **Figura 12.11**). Em um reflexo monossináptico não existem interneurônios entre o neurônio sensitivo e o neurônio motor; desse modo, como o seu nome sugere, existe apenas uma sinapse nesse arco reflexo. Um exemplo é o conhecido reflexo patelar: o impacto de um martelo no ligamento da patela estira o músculo quadríceps da coxa. Esse estiramento inicia um impulso em um neurônio sensitivo que ativa diretamente um neurônio motor na medula espinal, que então avisa

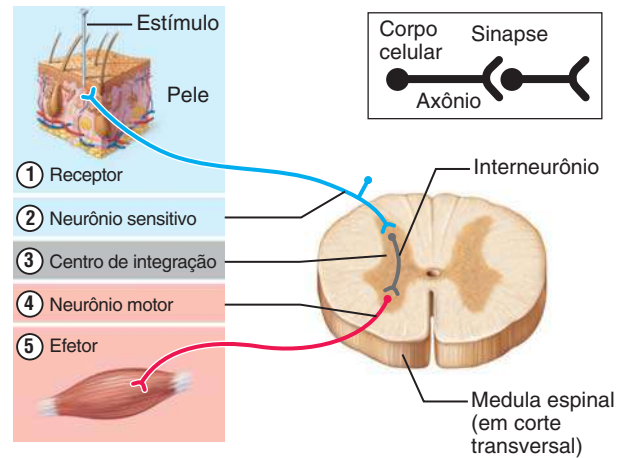


Figura 12.10 Componentes de um arco reflexo.

Os receptores detectam mudanças no ambiente interno ou externo. Os efetores são músculos ou glândulas.

o músculo quadríceps para contrair. Essa contração age contra o estiramento provocado pelo martelo.

Muitos músculos esqueléticos do corpo participam desses *reflexos de estiramento* monossinápticos, que ajudam a manter o equilíbrio e a postura ereta. Nesses reflexos, os neurônios sensitivos percebem o estiramento dos músculos, que ocorre quando o corpo começa a balançar, e depois os neurônios motores ativam os músculos que ajustam a posição do corpo para evitar uma queda. Como contêm apenas uma sinapse, os reflexos de estiramento são os mais rápidos de todos os reflexos — e a velocidade é essencial para evitar que uma pessoa caia no chão.

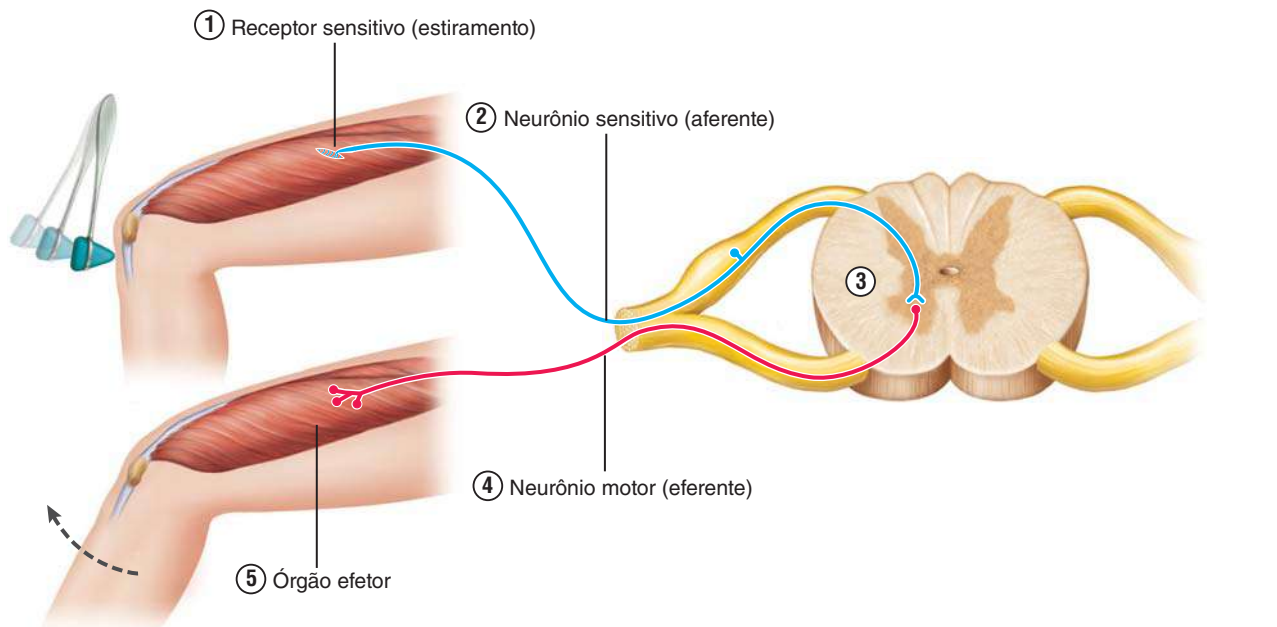
Reflexo polissináptico

Os **reflexos polissinápticos** são bem mais comuns que os reflexos monossinápticos. Nos reflexos polissinápticos um ou mais neurônios fazem parte da via reflexa entre os neurônios sensitivos e motores. A presença de até mesmo um neurônio significa que deve haver pelo menos duas sinapses nesse tipo de arco reflexo, daí o nome polissináptico. A maioria dos arcos reflexos simples no corpo contém um único interneurônio e, portanto, tem um total de três neurônios. Os *reflexos de recuo*, por meio dos quais nos afastamos do perigo, são reflexos polissinápticos de três neurônios (**Figura 12.11b**). Espetar o dedo em um prego inicia um impulso no neurônio sensitivo, que ativa o interneurônio no SNC. Depois, o interneurônio avisa o neurônio motor para contrair o músculo que recua a mão.

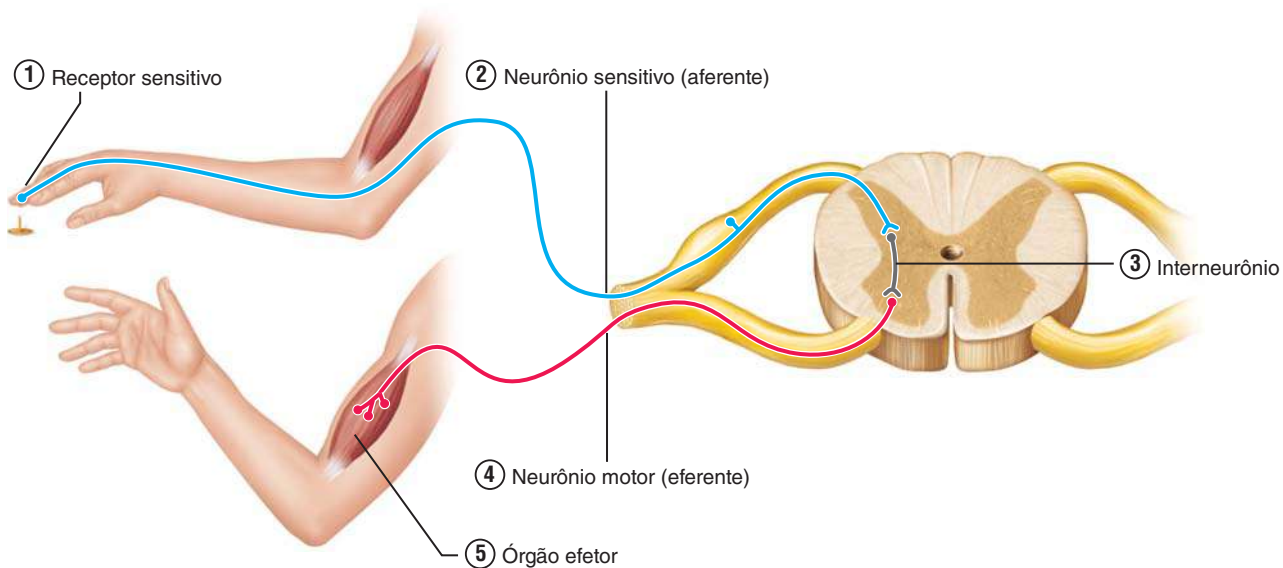
Circuitos neuronais

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever os papéis dos interneurônios no SNC;
- ▶ fazer a distinção entre processamento serial e processamento paralelo;
- ▶ definir circuitos convergentes e divergentes e fornecer um exemplo de cada.



(a) Reflexo monossináptico de estiramento



(b) Reflexo polissináptico de recuo

Figura 12.11 Tipos de arcos reflexos. (a) O arco reflexo monossináptico possui dois neurônios e uma única sinapse. (b) Um arco reflexo polissináptico possui mais de dois neurônios (nesse caso, três) e, portanto, tem ao menos duas sinapses. Os cinco componentes de um arco reflexo estão indicados por número.

Embora os arcos reflexos reflitam a organização básica do sistema nervoso humano, obviamente ele é mais do que uma série de arcos reflexos simples. Para avaliar a sua complexidade, você precisa compreender o papel exercido pelos interneurônios. Mais de 99% de todos os neurônios são interneurônios, que incluem não só os neurônios intermediários dos arcos reflexos, mas também todos os neurônios que estão confinados inteiramente no SNC. A complexidade do SNC surge na organização desse vasto número de interneurônios. Ge-

ralmente, um único neurônio tem uma sinapse com muitos outros neurônios. Os interneurônios do SNC podem ser interconectados de muitas maneiras. Essas maneiras são chamadas **circuitos neuronais** (Figura 12.12).

Circuito divergente

Em um **circuito divergente** (Figura 12.12a), um neurônio pós-sináptico tem uma sinapse com vários outros neurônios. Um exemplo de **divergência** neuronal é observado no reflexo de estiramento descrito

anteriormente. O estiramento de um músculo estimula muitos neurônios sensitivos. Cada neurônio sensitivo tem uma sinapse direta com cerca de 100 a 150 neurônios na substância cinzenta da medula espinal. Alguns desses neurônios são motores que inervam diretamente o músculo estirado e estimulam a contração. Outros são interneurônios que agem inibindo a atividade do grupo muscular antagonista, e ainda outros são interneurônios que projetam informações sensitivas para outras regiões do SNC. Em consequência da divergência, a informação é distribuída através de muitas vias neuronais.

Circuito convergente

Quando muitos neurônios mantêm sinapse com um único neurônio pós-sináptico, o circuito é **convergente** (Figura 12.12b). Por exemplo, a **convergência** ocorre quando um único neurônio motor recebe impulsos excitatórios e inibitórios de muitos outros neurônios. Esses impulsos são integrados pelo neurônio-motor-alvo e influenciam na possibilidade de ele iniciar um

impulso nervoso. A divergência e a convergência são evidentes por todo o sistema nervoso à medida que os neurônios integram as informações.

Circuito reverberante

Em um **circuito reverberante**, um neurônio no circuito recebe *retroalimentação* de outro neurônio no mesmo circuito. Um ramo do axônio de um neurônio dá meia-volta e mantém uma sinapse com um neurônio anterior no circuito (Figura 12.12c). Nessa via, o sinal continua a ser enviado até a fadiga ou a inibição, por outro sinal, interromper o circuito. Os circuitos reverberantes estão envolvidos no controle de muitas atividades rítmicas, como a respiração e a oscilação dos braços durante a caminhada.

Processamento serial

A informação é processada de duas maneiras no sistema nervoso. Os neurônios que mantêm sinapse de um para um, em sequência, são conhecidos como neurônios ligados **em série** e o processamento chama-se **serial**. Os neurônios ligados dessa forma passam o seu sinal ao longo de uma única via, de um neurônio para o outro, como os elos em uma corrente. O arco reflexo é um exemplo (ver Figura 12.11).

Processamento paralelo

A segunda maneira de processar informação é ao longo dos neurônios ligados **em paralelo**. A informação de um único neurônio é enviada ao longo de duas ou mais vias paralelas. Isso chama-se **processamento paralelo**, que ocorre quando um único estímulo resulta em várias percepções. Por exemplo, quando você vê um amigo andando na sua direção, muitas vias processam em paralelo os estímulos visuais provenientes da sua retina, avaliando a cor, a forma, a localização espacial e o movimento do seu amigo. Os estímulos também são processados por outras partes do seu cérebro associadas com o reconhecimento e a memória das experiências pregressas, habilitando-o a reconhecer o seu amigo, lembrar-se do seu nome e também da última vez em que o viu. Em toda a sua complexidade, o processamento paralelo ocorre quase instantaneamente. Ele permite que o cérebro avalie os estímulos com velocidade incrível e viabiliza a integração das informações ao longo de muitas vias.

Integração entre o SNP e o SNC

Os circuitos neuronais formam redes de interneurônios interpostos entre cada neurônio sensitivo e motor. Apesar de simplificada, a seção Destaque — Vias neuronais (Figura 12.13) traz uma ilustração das vias neuronais processando um estímulo de dor, que é útil para conceituar a organização dos neurônios no SNC. Por exemplo, se você queima um dedo, a resposta imediata é um reflexo espinal, o reflexo de recuo mais simples de afastar a sua mão (Figura 12.13a). Simultaneamente, a informação sensitiva é transmitida ao longo de uma via cortical para o cérebro.

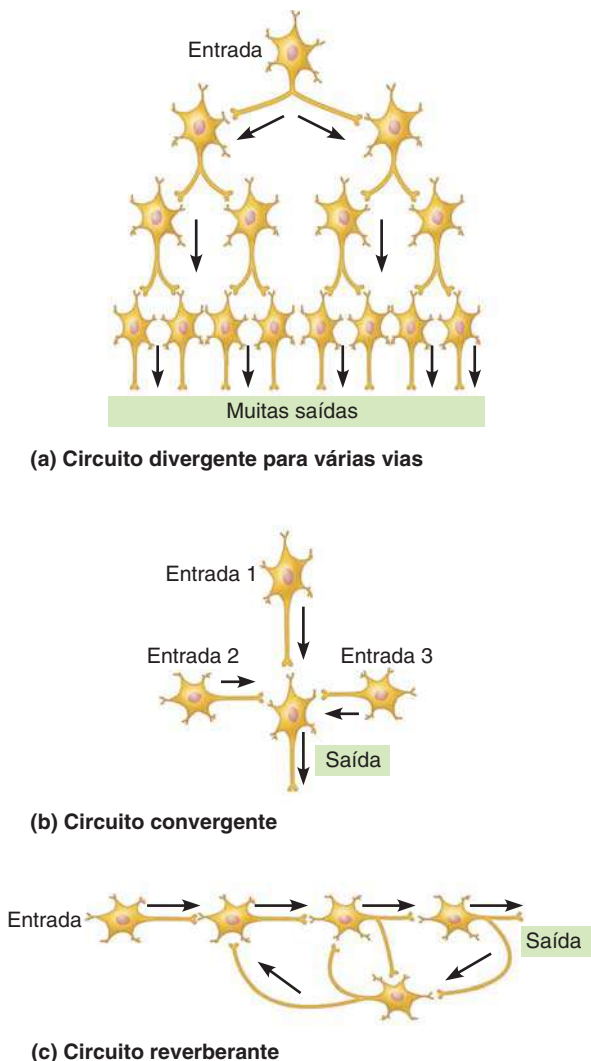


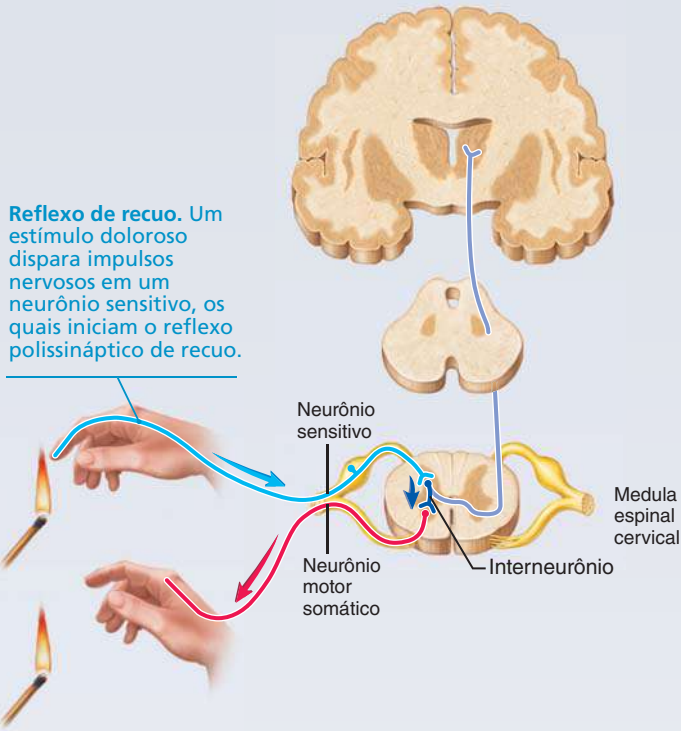
Figura 12.12 Tipos de circuitos neuronais.

Destaque Vias neuronais

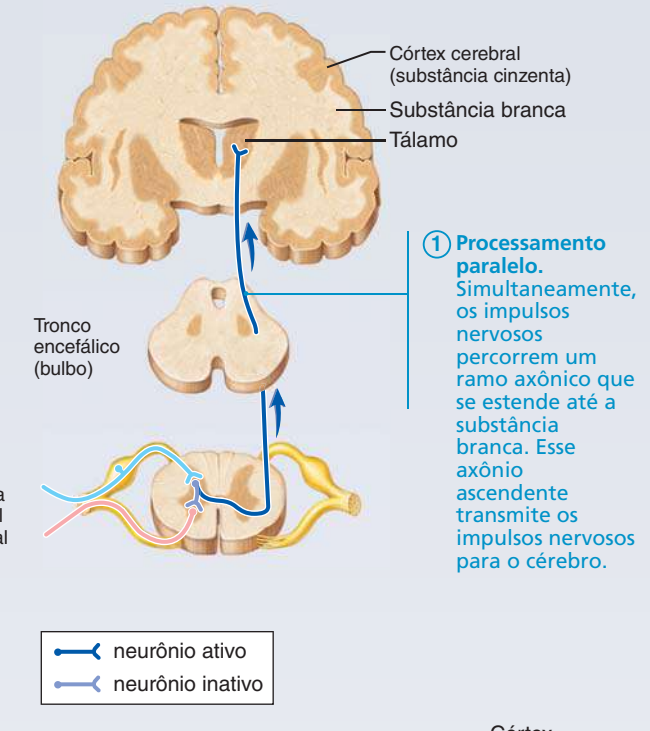
Figura 12.13

Um estímulo sensitivo produz sinais através de muitas vias neuronais. O arco reflexo inicial é seguido por respostas mais lentas mediadas pelos interneurônios do SNC.

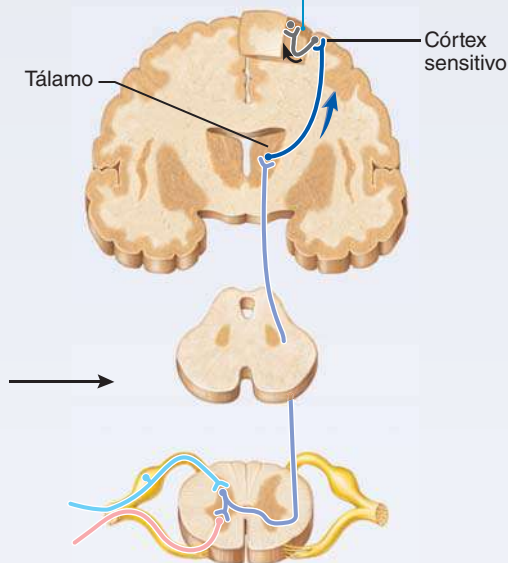
(a) Via espinal (rápida)



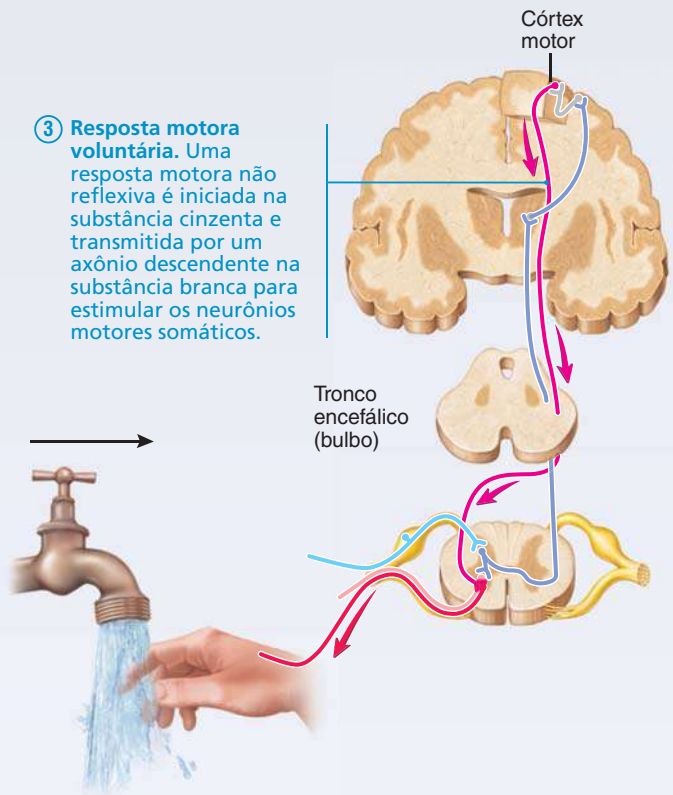
(b) Via cortical (mais lenta)



2 **Integração na substância cinzenta.** Vários interneurônios processam os impulsos nervosos para localizar o estímulo, identificar a sua origem e planejar uma resposta. Esse processamento complexo, ilustrado aqui de maneira simplificada, permite que você sinta dor.



3 **Resposta motora voluntária.** Uma resposta motora não reflexiva é iniciada na substância cinzenta e transmitida por um axônio descendente na substância branca para estimular os neurônios motores somáticos.



Uma longa cadeia de interneurônios transmite o impulso para a área do cérebro que interpreta os sinais sensitivos e você tem a sensação de dor (Figura 12.13b ① e ②). Geralmente, você não sente dor até ter afastado a sua mão por reflexo, porque o SNC precisa de tempo para processar a informação. Em resposta à dor, a área motora do seu cérebro pode iniciar uma resposta motora não reflexa (Figura 12.13b ③) — por exemplo, colocar o seu dedo sob a água fria (no Capítulo 13, você aprenderá os detalhes sobre onde o sinal sensitivo é interpretado e onde uma resposta motora é iniciada pelo SNC).

✓ Verifique seu conhecimento

- 14. Se não houver interneurônio em um arco reflexo, como acontece no reflexo de estiramento, o que funciona como centro de integração?
- 15. Se você tocar na chapa quente do fogão, provavelmente afastará a mão reflexamente. A sensação de dor chega depois que a sua mão foi afastada. Por que a sensação de dor demora mais para aparecer do que o reflexo para mover a mão?
- 16. Que tipo de circuito neuronal contém vários neurônios em sinapse com um único neurônio, alterando seu potencial para produzir um impulso nervoso?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TRANSTORNOS DO TECIDO NERVOSO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever como a esclerose múltipla está relacionada com a mielina e a função do axônio;
- ▶ descrever o processo de regeneração neuronal no sistema nervoso periférico.

Esclerose múltipla

A **esclerose múltipla (EM)** é uma doença progressiva que destrói pedaços de mielina no encéfalo e na medula espinal, perturbando os sinais neuronais no SNC e levando a transtornos sensitivos e enfraquecimento muscular. Essa doença, que varia bastante em intensidade entre os indivíduos portadores, é caracterizada por períodos de recaída (incapacidade) e remissão (recuperação). Os sinais e sintomas comuns, que variam de acordo com a parte do SNC afetada, incluem entorpecimento ou dor na pele de alguma parte do corpo, distúrbios de visão, fraqueza ou paralisia muscular, dificuldade para manter o equilíbrio, fala arrastada, incontinência urinária, fadiga e depressão.

A causa da EM não é plenamente compreendida. Sabe-se que é uma doença autoimune na qual o sistema imune ataca a mielina em volta dos axônios no SNC, interferindo assim na condução dos sinais ao longo dos axônios. As células do sistema imune, chamadas linfócitos, quebram a

mielina e depois os macrófagos consomem os restos através da fagocitose. O dano também é acompanhado por inflamação, que pode destruir os próprios axônios.

A EM afeta cada pessoa de um modo diferente. Algumas têm apenas uma única crise e recuperam-se sem sequelas, muitas têm uma década ou mais de remissões e recidivas alternadas e algumas deterioram-se rapidamente e de forma contínua logo no primeiro ano. A remissão parece resultar de uma interrupção inexplicável da resposta imune, que dá aos axônios tempo para se restabelecerem e recuperarem suas funções. No entanto, após 10 a 15 anos de recidivas periódicas, o dano acumulado nos axônios costuma ser grande demais e 50% dos portadores de EM decaem rapidamente em sua segunda década de doença.

A EM nem sempre é fácil de reconhecer. Um teste definitivo, porém invasivo, para a EM identifica anticorpos específicos da doença no líquido cerebrospinal extraído do espaço em volta da medula espinal. Uma abordagem menos invasiva testa um atraso no tempo que os sinais visuais levam para sair do olho e chegar ao cérebro, conforme a medição feita na monitoração das ondas cerebrais detectadas no lado de fora do crânio. Finalmente, a imagem por ressonância magnética pode revelar as lesões características da doença (Figura 12.14).

O tratamento é voltado para o alívio dos sintomas. Os medicamentos anti-inflamatórios esteroides diminuem a gravidade e a duração das recidivas, mas não reduzem a frequência das crises. Outros medicamentos, como os interferons e o acetato de glatirâmer, agem no controle do sistema imune para diminuir a frequência das recidivas e também o surgimento de novas lesões. A mitoxantrona, um medicamento para o câncer que suprime a atividade linfocitária, tem sido bem-sucedida no tratamento dos estágios mais avançados dessa doença.

Regeneração neuronal

Uma vez que não há reposição eficaz dos neurônios mortos ou danificados após o período fetal, as lesões neurais tendem a provocar disfunção permanente nas crianças e adultos. No entanto, se apenas os axônios forem destruídos, os corpos celulares costumam sobreviver e os axônios podem se regenerar (Figura 12.15). Se um nervo for cortado no SNP, os macrófagos invadem e destroem o axônio distal à lesão (Figura 12.15 ②). Os filamentos dos axônios podem crescer periféricamente a partir do local lesionado, a uma taxa aproximada de 1,5 mm por dia, dentro dos tubos de regeneração formados pelas células de Schwann sobreviventes que circundavam os axônios originais (Figura 12.15 ③). Desse modo, a eventual reinervação do órgão-alvo, com recuperação parcial da função, às vezes é possível no SNP (Figura 12.15 ④). No SNC, a neuróglia nunca forma faixas para guiar a retomada do crescimento dos axônios e chega a atrapalhar esses axônios ao secretar substâncias químicas inibidoras do crescimento. Portanto, não há regeneração eficaz após a lesão na medula espinal ou no encéfalo.



Figura 12.14 Esclerose múltipla. RM do cérebro de um paciente com EM, corte transversal. As lesões aparecem como manchas brancas brilhantes dentro da substância branca.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Lesões e regeneração na medula espinal Nos últimos anos, o trauma na coluna deixou 200 mil norte-americanos com paralisia em virtude de lesão na medula espinal.² Para ajudar essas pessoas, está sendo realizada uma ampla pesquisa médica sobre regeneração da medula espinal. Os objetivos principais dessa pesquisa são: (1) identificar e bloquear as substâncias químicas que inibem o crescimento axonal no SNC lesionado; (2) adicionar neutrófilos para induzir o brotamento de axônios e a remielinização; (3) tornar a região danificada da medula espinal mais parecida com o SNP, implantando células de Schwann ou segmentos dos nervos periféricos junto dos quais os axônios do SNC possam crescer; e (4) isolar as células-tronco neuronais e adicioná-las à medula espinal danificada. Atualmente, o único tratamento útil para lesão espinal baseia-se no fato de que grande parte do dano axonal é secundária — provocada por inflamação, produção de radicais livres e apoptose que se desenvolve na medula após a lesão. A administração do medicamento anti-inflamatório metilprednisolona dentro de 8 horas após a lesão minimiza o dano secundário e melhora o prognóstico de muitos pacientes (para saber mais sobre lesões na medula espinal, ver o Capítulo 13, p. 433).

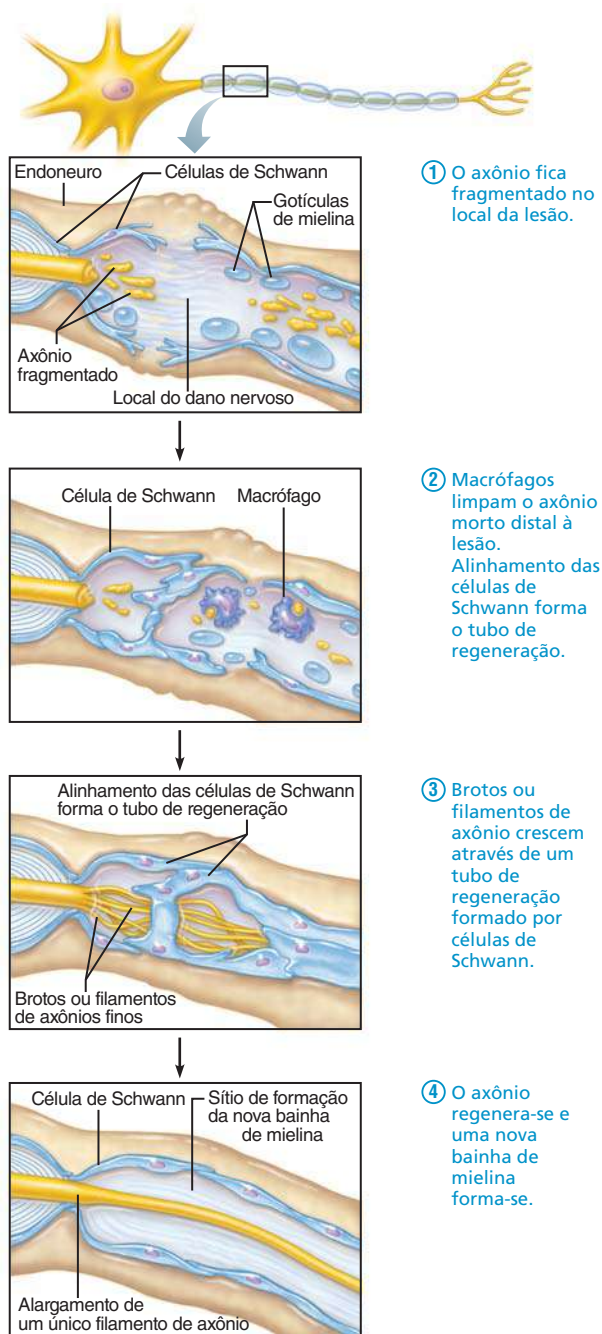


Figura 12.15 Regeneração de um axônio em um nervo periférico.

Verifique seu conhecimento

- 17. Os nervos periféricos e a substância branca da medula espinal são compostos de processos axonais. Por que é possível readquirir a função após uma lesão em um nervo periférico, mas não após uma lesão na medula espinal?

² Nota do editor: um artigo publicado na revista *Exame* em dezembro de 2013 mostra que, segundo dados da OMS, 500 mil pessoas sofrem lesão na medula espinal por ano e o risco de morrer é de duas a cinco vezes maior em países pobres. O relatório da OMS aponta ainda que 90% da lesão na medula espinal se deve a causas traumáticas, como acidente de trânsito, quedas de grandes alturas e violência, por exemplo. Ou seja, causas que poderiam ter sido evitadas. No Brasil, conforme os estudos apresentados pelo Ministério da Saúde, *Diretrizes de atenção à pessoa com lesão medular*, 2013, estima-se que haja mais de 10 mil novos casos de lesão medular por ano, sendo o trauma a causa predominante.

- 18. Usando o que você conhece sobre as funções da mielina e as funções da substância branca no SNC, explique como a perda de mielinização no SNC, como ocorre na esclerose múltipla, pode causar os sinais e sintomas típicos dessa doença.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

O TECIDO NERVOSO AO LONGO DA VIDA

Objetivo de aprendizagem:

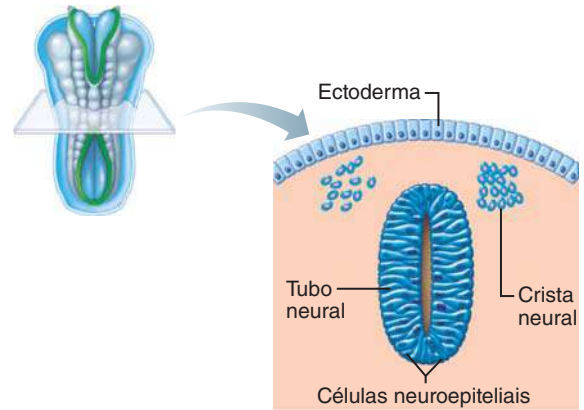
- descrever o desenvolvimento do sistema nervoso no embrião.

Desenvolvimento embrionário do tecido nervoso

O sistema nervoso desenvolve-se a partir do ectoderma dorsal que invagina e forma o tubo neural e a crista neural (Figura 12.16; ver também a Figura 3.7, p. 55). O tubo neural, cujas paredes começam como uma camada pseudo-estratificada de **células neuroepiteliais**, transforma-se no SNC. Essas células se dividem, migram externamente e se transformam em neuroblastos (futuros neurônios) — que nunca se dividem novamente — e células da neuróglia (Figura 12.16b). As primeiras dessas células da glia estendem-se para fora do neuroepitêlio e proporcionam as vias ao longo das quais os neurônios jovens migram para alcançar seus destinos finais. Externamente ao neuroepitêlio, os neuroblastos agrupam-se em uma **lâmina alar** e em uma **lâmina basal**, a futura substância cinzenta (Figura 12.16c). No lado dorsal, os neuroblastos da lâmina alar transformam-se em interneurônios, que permanecem no SNC. No lado ventral, os neuroblastos da lâmina basal transformam-se em neurônios motores e brotos de axônio que crescem até os órgãos efetores (alguns interneurônios também se formam a partir da lâmina basal e permanecem entre os neurônios motores). Os axônios que brotam dos interneurônios jovens formam a substância branca, crescendo para fora e ao longo do comprimento do SNC. Esses eventos ocorrem tanto na medula espinal quanto no encéfalo.

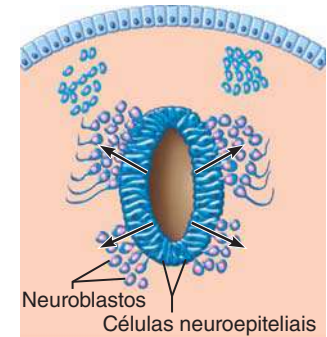
A maioria dos eventos descritos até aqui ocorre no segundo mês de desenvolvimento, mas os neurônios continuam a se formar rapidamente até aproximadamente o sexto mês. Nesse momento, a formação dos neurônios desacelera acentuadamente, embora possa continuar em uma taxa reduzida na infância. Logo antes da desaceleração da formação neuronal, as células primordiais da neuróglia diferenciam-se em astrócitos e oligodendrócitos. À medida que a divisão das suas células desacelera, o neuroepitêlio diferencia-se na camada de células endoteliais.

Os *neurônios sensitivos* não surgem do tubo neural, mas sim da crista neural (Figura 12.16c). Isso explica por que os corpos celulares dos neurônios sensitivos estão situados *fora* do SNC. Assim como os neurônios



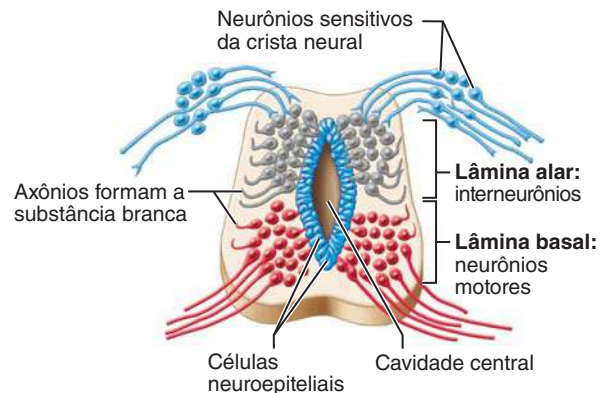
(a) 28º dia

Tubo neural e crista neural formam-se a partir da invaginação ectodérmica.



(b) 5ª semana

Células neuroepiteliais do tubo neural dividem-se e migram externamente, transformando-se em neuroblastos e neuróglia.



(c) 6ª semana

- Células da crista neural formam os neurônios sensitivos.
- Neuroblastos dorsais formam a lâmina alar (futuros interneurônios). Os axônios longos que se estendem dos interneurônios formam a substância branca.
- Neuroblastos ventrais formam a placa basal (futuros neurônios motores).

Figura 12.16 Desenvolvimento do sistema nervoso na 5ª e 6ª semanas do período embrionário.

motores e interneurônios, os neurônios sensitivos param de se dividir durante o período fetal.

Os neurocientistas estão pesquisando ativamente como os neurônios em formação se encontram e formam



Figura 12.17 Cone de crescimento neuronal. Corantes fluorescentes mostram microtúbulos (azul) e microfilamentos de actina (vermelho) em um axônio em crescimento (1.400×).

sinapses entre si. À medida que os axônios em crescimento aumentam nos *cones de crescimento* (Figura 12.17), eles são atraídos pelos sinais químicos, como as *neurotrofinas*, liberados de outros neurônios e astrócitos. Ao mesmo tempo, os dendritos receptores enviam extensões delgadas e serpenteantes para alcançar os axônios que se aproximam e formam as sinapses. As conexões sinápticas que são criadas e as conexões que persistem são determinadas por dois fatores: (1) a quantidade de neurotrofina recebida inicialmente por um axônio e (2) o grau em que uma sinapse é utilizada após ser estabelecida. Os neurônios que criam conexões “ruins” são sinalizados para morrer via apoptose (morte celular programada). Dos muitos neurônios formados durante o período embrionário, cerca de metade morre antes do nascimento. Essa superprodução inicial de neurônios assegura que todas as conexões neurais necessárias serão feitas e que as conexões equivocadas serão eliminadas.

Como foi mencionado anteriormente, os neurônios totalmente diferenciados não se dividem. Além disso, no período pós-natal, não há reposição evidente dos

neurônios mortos por quaisquer células-tronco neurais. Por essa razão, tradicionalmente não se acreditava que essas células-tronco existissem. Isso chama-se *doutrina da inexistência de novos neurônios*. Essa doutrina, no entanto, foi anulada pela descoberta das células-tronco neurais nos seres humanos adultos. Demonstrou-se que algumas divisões celulares na zona subependimária formavam novos neurônios em duas regiões do cérebro adulto — o hipocampo e o bulbo olfatório (ver Capítulo 13). Talvez algum dia essas células-tronco possam ser induzidas a formar novos neurônios e novas redes neurais nas pessoas com lesões cerebrais ou doenças cerebrais degenerativas.

✓ Verifique seu conhecimento

- 19. Que tipos de neurônios se formam a partir dos neuroblastos na lâmina basal?
- 20. Como o desenvolvimento dos neurônios sensitivos explica por que seus corpos celulares estão fora do SNC?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Neuroblastoma (*oma* = tumor) Tumor maligno nas crianças que surge das células que mantiveram uma estrutura similar à do neuroblasto. Esses blastomas às vezes originam-se no cérebro, mas a maioria deles tem sua origem na crista neural do SNP.

Neurologista Médico especialista no estudo do sistema nervoso e seus transtornos.

Neuropatia Qualquer doença do tecido nervoso, mais especificamente uma doença degenerativa dos nervos.

Neurotoxina Substância venenosa ou destrutiva para o tecido nervoso como, por exemplo, as toxinas do botulismo e do tétano.

Raiva (do inglês *rabies* = loucura) Infecção viral do sistema nervoso transferida para os seres humanos por mordidas ou outro contato com a saliva dos animais infectados, tais como cachorros, morcegos, guaxinins, raposas e gambás. Depois que o vírus entra no corpo humano, ele é transportado através dos axônios periféricos para o SNC, onde provoca inflamação do cérebro, resultando em delírio e morte. Em razão da ampla vacinação de cães e do tratamento médico cuidadoso das mordidas de animais, a raiva humana hoje é muito rara nos Estados Unidos, mas mata cerca de 40 mil pessoas por ano no mundo inteiro³. Uma vacina e um tratamento baseado em anticorpos são eficazes, caso sejam administrados antes do surgimento dos sintomas.

³ Nota do editor: desde a implementação do Programa Nacional de Prevenção da Raiva, o Brasil se tornou exemplo de combate eficaz da raiva, com a redução de 90% de casos, por meio de uma política eficiente e gratuita de vacinação.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

ORGANIZAÇÃO FUNCIONAL DO SISTEMA NERVOSO (p. 363-366)

Funções do sistema nervoso (p. 363)

1. O sistema nervoso controla a maioria dos outros sistemas orgânicos no corpo. Suas funções principais são monitorar, integrar e responder às informações no ambiente.

Divisões básicas do sistema nervoso (p. 363-366)

2. O sistema nervoso central consiste na medula espinal e no encéfalo. O sistema nervoso periférico é externo ao SNC e consiste em nervos e gânglios.
3. O sistema nervoso recebe entradas sensitivas e determina respostas motoras. Os sinais sensitivos (aférentes) são transmitidos dos receptores sensitivos, através do SNP, para o SNC. Os sinais motores (eferentes) são transmitidos do SNC, através do SNP, para os efetores, que são músculos ou glândulas. Os tipos de entradas (aférentias) sensitivas e saídas (eferências) motoras são subdivididos em somáticos (corpo externo) e viscerais (principalmente corpo interno), além de gerais (disseminados) e especiais (localizados) (Figura 12.3 e Tabela 12.1).
4. Propriocepção refere-se a uma série de sentidos que monitoram o grau de estiramento dos músculos, tendões e cápsulas articulares. Portanto, a propriocepção percebe as posições e movimentos das partes do nosso corpo.

TECIDO NERVOSO (p. 366-375)

Neurônio (p. 366-371)

5. Os neurônios são células longevas que não se dividem, especializadas na condução dos sinais elétricos. Cada célula tem um corpo e processos celulares. Os processos são um axônio e dendritos.
6. O corpo celular do neurônio tem um núcleo contendo nucléolos escuros próximos do seu centro. Seu citoplasma contém neurofibrilas de sustentação e substância cromatofílica, que consiste em concentrações de retículo endoplasmático rugoso e ribossomos livres. A substância cromatofílica no corpo celular produz proteínas e membranas para o neurônio inteiro, mantendo e renovando continuamente o conteúdo da célula, incluindo os processos. Exceto os neurônios encontrados nos gânglios, todos os corpos celulares neuronais estão no SNC.
7. A maioria dos neurônios tem uma série de dendritos ramificados, sítios receptores que conduzem sinais dos outros neurônios para o corpo celular neuronal.
8. A maioria dos neurônios possui um axônio, que gera e conduz impulsos nervosos para longe do corpo celular neuronal. Os impulsos começam no segmento inicial do axônio, surgindo do cone de implantação cuneiforme. Os impulsos terminam nos terminais axônicos em forma de botão, que participam das sinapses e liberam moléculas neurotransmissoras.

9. Sinapse é uma junção funcional entre os neurônios. As sinapses podem ser elétricas ou, com mais frequência, químicas. As duas categorias principais de sinapse são a axodendrítica e a axossomática.

10. Nas sinapses, a informação é transferida de um neurônio pré-sináptico para um neurônio pós-sináptico. As vesículas sinápticas na célula pré-sináptica fundem-se com a membrana pré-sináptica e esvaziam suas moléculas neurotransmissoras na fenda sináptica. Capturado pela membrana pós-sináptica, o neurotransmissor influencia na capacidade de gerar um impulso nervoso no neurônio pós-sináptico.

11. Anatomicamente, todos os neurônios são classificados pela quantidade de processos que saem do corpo celular: multipolares, bipolares ou pseudounipolares.

12. Funcionalmente, os neurônios são classificados de acordo com a direção em que conduzem os impulsos. Os neurônios sensitivos conduzem impulsos para o SNC, os neurônios motores conduzem para longe do SNC e os interneurônios situam-se no SNC entre os neurônios sensitivos e motores.

Neurógliia (p. 371-375)

13. As células de sustentação não nervosas, chamadas neurógliia ou células da glia, agem na sustentação, proteção, nutrição e isolamento dos neurônios.

14. As células da glia ou neuróglia no SNC incluem os astrócitos estrelados, as células da micróglia fagocitárias, as células ependimárias que revestem a cavidade central e os oligodendrócitos formadores de mielina. As células de Schwann e as células-satélite são as células da neurógliia no SNP.

15. Os axônios espessos são mielinizados. A mielina acelera a condução do impulso ao longo desses axônios.

16. A bainha de mielina é um revestimento de membranas das células de neurógliia enrolado em camadas em volta do axônio. Essa bainha é formada por células de Schwann no SNP e por oligodendrócitos no SNC. A bainha tem hiatos chamados intervalos da bainha de mielina. Os axônios não mielinizados são circundados por células da glia, mas não são embrulhados em camadas de membrana.

ANATOMIA MACROSCÓPICA DO SISTEMA NERVOSO: VISÃO GERAL (p. 375-376)

Substâncias cinzenta e branca do SNC (p. 375)

17. No SNC, a substância cinzenta consiste de corpos celulares neuronais e a substância branca consiste em tratos fibrosos. As sinapses ocorrem na substância cinzenta. A substância branca do SNC transmite informações de uma parte do SNC para outra. O centro da medula espinal e do encéfalo é uma cavidade central oca.

Nervos (p. 375-376)

18. Nervo é um feixe de axônios no SNP. Cada axônio é envolto por um endoneuro; cada fascículo de axônios está envolto por um perineuro, sendo o nervo inteiro circundado pelo epineuro. Como contém mais de um tipo de tecido, os nervos são órgãos.

INTEGRAÇÃO NEURONAL (p. 376-381)

19. Os nervos do SNP transmitem informações sensitivas e motoras entre a periferia do corpo e o SNC. A substância cinzenta do SNC liga os neurônios do SNP com os interneurônios do SNC.

Arcos reflexos (p. 377)

20. Os reflexos são respostas rápidas e automáticas aos estímulos. Eles podem ser somáticos ou viscerais.
21. Os reflexos são mediados por cadeias de neurônios chamadas arcos reflexos. A quantidade mínima de elementos em um arco reflexo é *cinco*: receptor, neurônio sensitivo, centro de integração, neurônio motor e efetor.
22. Alguns reflexos rápidos para manter o equilíbrio possuem apenas dois neurônios (sensitivo e motor). São reflexos monossinápticos de estiramento.
23. A maioria dos reflexos no ser humano são polissinápticos. Os mais simples deles, como os reflexos de recuo, possuem três neurônios: neurônio sensitivo, interneurônio e neurônio motor.

Circuitos neuronais (p. 377-379)

24. Os interneurônios do SNC formam circuitos neuronais complexos. Esses circuitos podem ser convergentes, divergentes ou reverberantes. A entrada é processada serialmente ou por processamento paralelo.

Integração entre o SNP e o SNC (p. 379-381)

25. Os arcos reflexos simples refletem o plano estrutural do sistema nervoso inteiro. Os sinais sensitivos são processados pelos circuitos neuronais no SNC para produzir uma resposta reflexa. O processamento cortical pelos interneurônios no SNC permite a sensação consciente e as ações motoras não reflexas.

TRANSTORNOS DO TECIDO NERVOSO (p. 381-383)**Esclerose múltipla** (p. 381)

26. A esclerose múltipla é uma doença autoimune na qual a mielina no SNC é destruída, levando à disfunção neuronal. Ela caracteriza-se por períodos de recidivas e remissões. Os sintomas comuns incluem perturbações visuais, fraqueza muscular, fadiga e depressão.

Regeneração neuronal (p. 381-382)

27. Após a lesão, a regeneração axonal eficaz pode ocorrer no SNP, mas não no SNC.

O TECIDO NERVOSO AO LONGO DA VIDA (p. 383-384)**Desenvolvimento embrionário do tecido nervoso** (p. 383-384)

28. O encéfalo e a medula espinal desenvolvem-se a partir do tubo neural embrionário, que começa como uma camada de células neuroepiteliais que se dividem. Essas células migram externamente e transformam-se em neuroblastos da *lâmina alar* dorsal (futuros interneurônios), *lâmina basal* ventral (futuros neurônios motores e alguns interneurônios) e neuróglia. Os neuroblastos da crista neural, externos ao tubo neural, transformam-se em neurônios sensitivos. Os neuroblastos criam axônios, que crescem na direção de seus alvos.

QUESTÕES PARA REVISÃO**Múltipla escolha / Associação**

(Veja as respostas no Apêndice B.)

1. Qual das seguintes estruturas *não* faz parte do sistema nervoso central? (a) o cérebro; (b) um nervo; (c) a medula espinal; (d) um trato.
2. Faça a correspondência dos nomes das células na coluna B com a função que realizam, exibida na coluna A.

Coluna A

- ___(1) formam mielina no SNC
- ___(2) revestem a cavidade central do encéfalo
- ___(3) formam mielina no SNP
- ___(4) fagócitos do SNC
- ___(5) regulam a composição iônica do fluido em volta dos neurônios no SNC
- ___(6) removem os neurotransmissores no SNC

Coluna B

- (a) astrócitos
- (b) células ependimárias
- (c) células da micróglia
- (d) oligodendrócitos
- (e) células-satélite
- (f) células de Schwann

3. Qual das seguintes estruturas está na parte somática do corpo humano? (a) bexiga; (b) músculo bíceps; (c) pulmão; (d) estômago.
4. Classifique as seguintes entradas (aferências) e saídas (eferências) como sensitivas somáticas (SS), sensitivas

viscerais (SV), motoras somáticas (MS) ou motoras viscerais (MV).

- ___(1) dor na pele
 - ___(2) paladar
 - ___(3) inervação eferente de uma glândula
 - ___(4) inervação eferente do glúteo máximo
 - ___(5) uma dor de estômago
 - ___(6) um som que a pessoa ouve
 - ___(7) inervação eferente do músculo masseter
5. Um exemplo de efetor é: (a) o olho; (b) uma glândula; (c) um neurônio sensitivo; (d) um neurônio motor.
 6. Qual das seguintes partes de um neurônio ocupa a substância cinzenta na medula espinal? (a) tratos dos axônios longos; (b) corpos celulares dos neurônios motores; (c) corpos celulares dos neurônios sensitivos; (d) nervos.
 7. Gânglio é uma coleção de: (a) corpos celulares neuronais; (b) axônios de neurônios motores; (c) corpos celulares de interneurônios; (d) axônios de neurônios sensitivos.
 8. A sinapse entre um terminal axônico e um corpo celular neuronal é classificada como: (a) axodendrítica; (b) axo-axônica; (c) axossomática; (d) axoneurônica.
 9. A mielina parece-se mais com qual das seguintes estruturas celulares? (a) o núcleo da célula; (b) o retículo endoplasmático liso; (c) os ribossomos; (d) a membrana plasmática.

10. Faça a correspondência das seguintes partes do sistema nervoso adulto com as células embrionárias das quais se originam: (a) células da lâmina alar; (b) células da lâmina basal; (c) células da crista neural.
- ___(1) neurônios sensitivos
 ___(2) neurônios motores
 ___(3) interneurônios dorsais
11. Os neurônios aferentes do SNP mantêm sinapses no SNC com: (a) axônios na substância branca; (b) corpos celulares neuronais na substância cinzenta; (c) corpos celulares neuronais na substância branca; (d) axônios na substância cinzenta.
12. O reflexo monossináptico é um exemplo de: (a) circuito convergente; (b) processamento paralelo; (c) processamento serial; (d) circuito reverberante.
13. A maioria dos nervos é composta de: (a) apenas neurônios aferentes; (b) apenas neurônios eferentes; (c) dendritos; (d) axônios de neurônios aferentes e eferentes; (e) corpos celulares neuronais e neuróglia.
14. Coloque em ordem, do superficial (1) até o profundo (3), os revestimentos de tecido conjuntivo que envolvem um nervo.
 ___ perineuro ___ epineuro ___ endoneuro

Dissertativas

15. Defina propriocepção.
16. Sin Young classificou incorretamente a propriocepção como *motora* somática geral, pois ela se refere à inervação dos músculos. Na realidade, a propriocepção é *sensitiva* somática geral. Explique.
17. Defina interneurônio.
18. Faça a distinção entre as substâncias cinzenta e branca do SNC em termos de localização e composição.
19. O que é inconfundível na aparência do núcleo celular de um neurônio?
20. Descreva as diferenças entre neurônios e neuróglia em termos de estrutura, função e localização.
21. Faça a distinção entre nervo, fibra nervosa e neurônio.
22. Explique por que o dano nas fibras nervosas periféricas costuma ser irreversível, enquanto o dano às fibras do SNC raramente é irreversível.
23. Obtenha um arco reflexo em vigor no sistema nervoso (verifique a Figura 12.11). O reflexo ainda funcionaria se os neurônios nos gânglios sensoriais fossem destruídos?
24. Defina axônio e dendrito.
25. Por que os corpos celulares dos neurônios sensitivos se encontram fora do SNC?
26. Descreva a relação entre axônios e células de Schwann nas fibras nervosas mielinizadas *versus* não mielinizadas.

Análise crítica e aplicação clínica

- Dois anatomistas estavam discutindo a respeito de um neurônio sensitivo. Um deles disse que seu processo periférico é um axônio e forneceu duas razões, mas o outro chamou o processo periférico de dendrito e também deu uma boa razão. Cite as três razões fornecidas e exponha a sua própria opinião.
- Uma IRM e outros exames de diagnóstico indicaram que Larissa havia desenvolvido um oligodendroglioma. Você consegue deduzir o que isso significa apenas a partir do nome?
- O evento a seguir atraiu a atenção do mundo em 1962: um menino que brincava no pátio de uma ferrovia caiu embaixo de um trem e seu braço direito foi decepado pelas rodas. Os cirurgiões recolocaram o braço, costurando nervos e vasos de volta. A cirurgia transcorreu muito bem. O braço readquiriu imediatamente o seu suprimento sanguíneo, contudo, o menino não conseguia mover o membro ou sentir qualquer coisa nesse membro durante meses. Explique por que levou mais tempo para restabelecer a inervação do que a circulação.
- Raquel desenvolveu esclerose múltipla quando tinha 27 anos. Depois de oito anos, ela havia perdido uma boa parte de sua capacidade para controlar os músculos esqueléticos. Explique como isso aconteceu.
- Os reflexos podem ser somáticos (como na resposta patelar) ou viscerais (como no vômito). Sabendo que ambos resultam em uma resposta motora involuntária, por que ambos não são considerados motores viscerais?
- Um nervo periférico danificado pode se regenerar após um período de tempo (6 a 12 meses), de modo que a sua função é renovada. O dano na medula espinal é uma lesão permanente. Por que os prognósticos são diferentes para essas duas lesões?

Parte central do sistema nervoso

13



▲ Corte do cerebelo (fotomicrografia obtida com microscopia de luz 5×).

Encéfalo 389

- Desenvolvimento embrionário do encéfalo 389
- Partes básicas e organização do encéfalo 391
- Ventrículos do encéfalo 391
- Tronco encefálico 392
- Cerebelo 397
- Diencefalo 399
- Cérebro (telencefalo) 402
- Sistemas funcionais do encéfalo 413
- Proteção do encéfalo 416

Medula espinal 421

- Substância branca da medula espinal 423
- Substância cinzenta da medula espinal e raízes espinais 425
- Proteção da medula espinal 426

Vias sensitivas e motoras no SNC 426

- Vias ascendentes 427
- Vias descendentes 430

Transtornos da parte central do sistema nervoso 433

- Lesões da medula espinal 433
- Disfunção cerebral 433

A parte central do sistema nervoso ao longo da vida 436

- Desenvolvimento embrionário e condições congênitas 436
- Alterações pós-natais no encéfalo 437

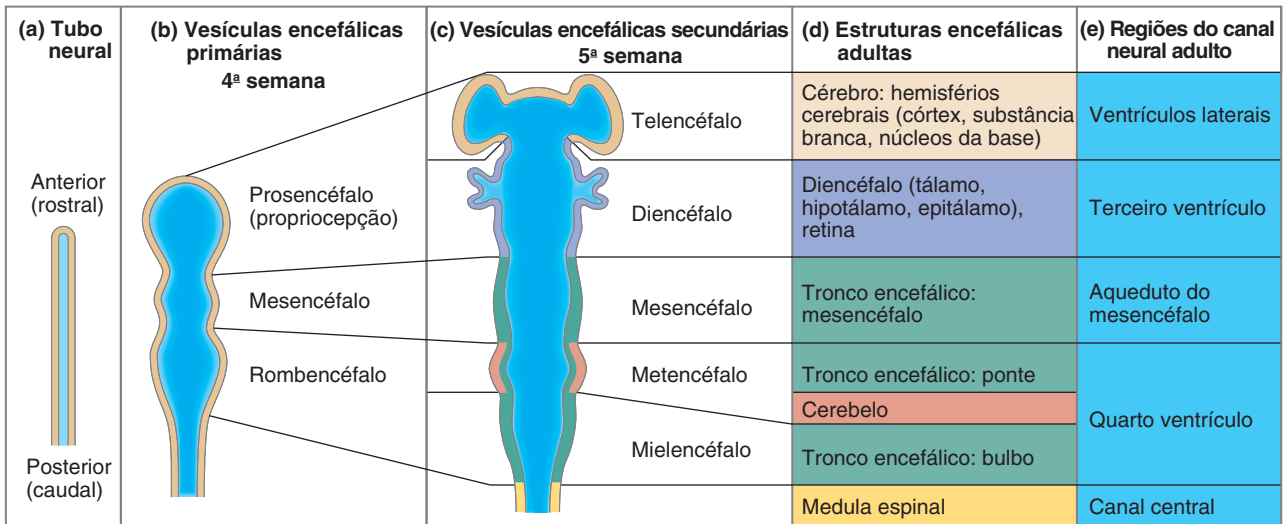


Figura 13.1 Desenvolvimento embrionário do encéfalo. Formado aproximadamente na quarta semana, (a) o tubo neural subdivide-se rapidamente (b) nas vesículas encefálicas primárias, que, em seguida, por volta da quinta semana, formam (c) as vesículas encefálicas secundárias. Essas cinco vesículas diferenciam-se em (d) estruturas encefálicas adultas. (e) Estruturas adultas derivadas do canal neural (a cavidade central do SNC).

Este capítulo trata do encéfalo e da medula espinal, que, juntos, correspondem à **parte central do sistema nervoso (SNC)**. Historicamente, o SNC tem sido comparado ao quadro de distribuição central de um sistema de telefonia que interconecta e roteia um número gigantesco de chamadas. Hoje em dia, muitos pesquisadores o assemelham a um supercomputador. Essas analogias podem ser suficientes para alguns trabalhos sobre a medula espinal, mas nenhuma delas faz justiça à fantástica complexidade do encéfalo humano. Como base do comportamento, personalidade e intelecto exclusivos de cada pessoa, o funcionamento do encéfalo humano é um milagre, e compreender sua complexidade é um desafio.

Este capítulo utiliza alguns termos direcionais exclusivos do SNC: as regiões mais altas do encéfalo situam-se na direção **rostral** (literalmente, “na direção do focinho”) e as partes inferiores do SNC localizam-se na direção **caudal** (“na direção da cauda”).

Nossa apresentação do SNC começa pela estrutura e funções do encéfalo, partindo das regiões caudais mais primitivas e seguindo para as regiões rostrais. Em seguida, vamos analisar a estrutura e a função da medula espinal. Após descrevermos a estrutura anatômica do SNC, examinaremos suas vias sensitivas e motoras. O capítulo termina com seções sobre transtornos e desenvolvimento do SNC.

ENCÉFALO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ explicar como se desenvolvem as cinco divisões embrionárias do encéfalo;
- ▶ citar o nome das partes principais do encéfalo adulto;

- ▶ mencionar e definir a localização dos ventrículos do encéfalo;
- ▶ descrever a distribuição das substâncias cinzenta e branca em cada parte do encéfalo.

As funções do encéfalo variam de atividades comuns (porém essenciais) de manutenção da vida até funções neurais mais complexas.

- O encéfalo controla a frequência cardíaca, a frequência respiratória e a pressão arterial — e mantém o ambiente interno por meio do controle da divisão autônoma do sistema nervoso e do sistema endócrino.
- Graças aos nervos cranianos que se conectam a ele, o encéfalo está ligado à inervação periférica — inervação da cabeça, pescoço e vísceras torácicas e abdominais.
- Sobretudo, o encéfalo executa tarefas de alto nível — aquelas associadas a inteligência, consciência, memória, integração sensorio-motora, emoção, comportamento e socialização.

O encéfalo humano equivale aproximadamente a dois grandes punhados de tecido cinzento rosado, com uma consistência um pouco parecida com a do mingau de aveia frio. O encéfalo humano adulto médio pesa aproximadamente 1.500 g.

Desenvolvimento embrionário do encéfalo

Examinar o desenvolvimento do encéfalo ajuda a compreender sua estrutura adulta. O encéfalo surge como a parte rostral do tubo neural na 4ª semana de desenvolvimento (**Figura 13.1a**). Imediatamente ele

começa a se expandir e aparecem as constrictões que definem três **vesículas encefálicas primárias** (Figura 13.1b). Essas três vesículas são o **prosencefalo**, o **mesencefalo** e o **rombencefalo**. A parte caudal do tubo neural transforma-se na medula espinal.

Na 5ª semana, as três vesículas primárias originam cinco **vesículas encefálicas secundárias** (Figura 13.1c). O prosencefalo divide-se em **telencefalo** e **diencéfalo**. O mesencefalo permanece indivisível, mas o rombencefalo se divide em **metencefalo** e **mielencéfalo** (“cérebro mais parecido com a medula espinal”). Durante esse período, o encéfalo também desenvolve duas grandes curvaturas, ou *flexuras*: uma *flexura mesencefálica* e uma *flexura cervical* (Figura 13.2a).

Cada vesícula encefálica secundária desenvolve-se rapidamente para produzir as principais estruturas do encéfalo adulto (Figura 13.1d).

- O telencefalo desenvolve duas intumescências laterais parecidas com grandes orelhas de camundongo. Elas transformam-se nos grandes **hemisférios cerebrais**, que, juntos, são chamados de **cérebro**.
- O **diencéfalo** desenvolve três divisões principais: tálamo, hipotálamo e epítálamo.
- O mesencefalo não se divide.
- A parte anterior do metencefalo transforma-se na **ponte** e o teto (dorso) do metencefalo transforma-se no **cerebelo**.
- O mielencéfalo forma o **bulbo** (ou medula oblonga).

O mesencefalo, a ponte e o bulbo constituem o **tronco encefálico**. Finalmente, a cavidade central do tubo neural alarga-se em certas regiões, formando os **ventrículos** (“pequenos ventres”) ocos do cérebro (Figura 13.1e).

Durante o final do período embrionário e no período fetal, o encéfalo continua a crescer rapidamente, ocor-

rendo mudanças nas posições relativas de suas partes (Figura 13.2). As restrições espaciais obrigam os hemisférios cerebrais a crescer na direção posterior sobre o resto do encéfalo, e logo esses hemisférios englobam completamente o diencéfalo e o mesencefalo. À medida que cada hemisfério cresce, ele curva-se em um formato de ferradura (ilustrado pelas setas na Figura 13.2b e 13.2c). Na 26ª semana, o crescimento permanente dos

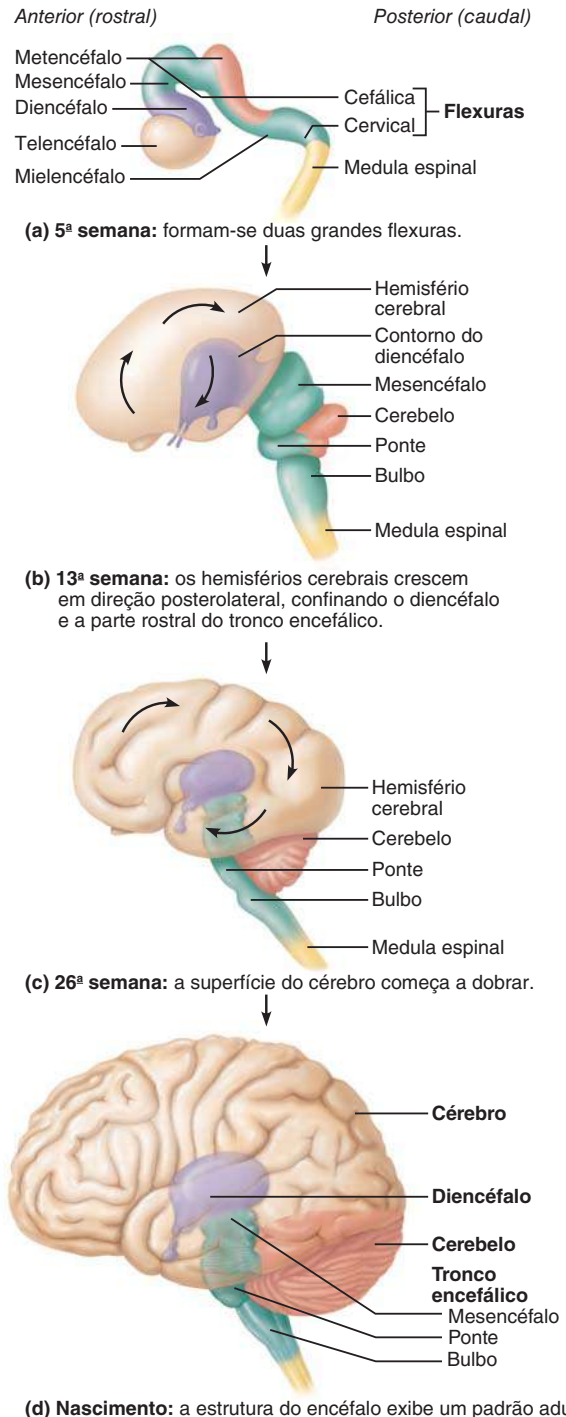


Figura 13.2 Desenvolvimento do encéfalo da 5ª semana até o nascimento. (a) A formação de duas grandes flexuras na 5ª semana de desenvolvimento faz que o telencefalo e o diencéfalo mantenham um ângulo em relação ao tronco encefálico. (b-d) Desenvolvimento dos hemisférios cerebrais em 13 semanas, 26 semanas e no nascimento, respectivamente. O dobramento da superfície do cérebro começa na 26ª semana e os espiralamentos tornam-se mais nítidos com a continuação do desenvolvimento. O crescimento posterolateral dos hemisférios cerebrais acaba confinando o diencéfalo e a superfície superior do tronco encefálico, como mostra esta imagem através do hemisfério cerebral.

hemisférios cerebrais faz que sua superfície crie vincos e dobras (Figura 13.2c) até que no nascimento os hemisférios estejam enrugados como uma noz (Figura 13.2d). Esse dobramento para dentro permite que mais neurônios caibam no espaço limitado.

Partes básicas e organização do encéfalo¹

Os anatomistas costumam classificar o encéfalo em quatro partes (Figura 13.2d): *tronco encefálico* (bulbo, ponte e mesencéfalo), *cerebelo*, *diencéfalo* e *telencéfalo*, composto de dois hemisférios cerebrais.

As substâncias cinzenta e branca possuem uma distribuição única no encéfalo. A substância cinzenta do SNC contém neurônios curtos não mielinizados e corpos celulares neuronais. A substância branca é composta de axônios mielinizados e não mielinizados. Assim como a medula espinal, o encéfalo possui uma região interna de substância cinzenta adjacente às cavidades ventriculares. Essa região cinzenta interna é circundada por substância branca. No entanto, o encéfalo também possui outras regiões de substância cinzenta que não estão presentes na medula espinal (Figura 13.3). Essa diferença ocorre porque durante o desenvolvimento do encéfalo certos grupos de neurônios migram externamente e formam coleções de substância cinzenta nas regiões que, de outro modo, consistiriam em substância branca. Os exemplos mais radicais dessa migração externa ocorrem no cerebelo e nos hemisférios cerebrais, ou telecéfalo, onde existem camadas de substância cinzenta na superfície do encéfalo. Cada uma dessas camadas externas de substância cinzenta chama-se **córtex** (“casca de árvore”); a camada que cobre o cerebelo é o **córtex cerebelar** e a que cobre os hemisférios cerebrais é o **córtex cerebral**. Todo o resto de substância cinzenta no encéfalo encontra-se na forma de agrupamentos de corpos celulares neuronais chamados **núcleos cerebrais** ou **encefálicos** (não confundir com núcleos celulares). Funcionalmente, a grande quantidade de substância cinzenta no encéfalo permite que essa parte do SNC execute funções neurais muito complexas — pois a substância cinzenta contém muitos interneurônios pequenos que processam informações.

Você pode visualizar com mais facilidade as relações espaciais entre as partes básicas do encéfalo considerando primeiro as cavidades ocas situadas profundamente nele. Esse conhecimento vai ajudá-lo quando explorarmos a seguir as quatro partes do encéfalo, partindo da região mais caudal (tronco encefálico) e seguindo até a região mais rostral (cérebro).

Portanto, vamos começar nossa inspeção com uma breve análise das cavidades ocas profundas do encéfalo, os ventrículos.

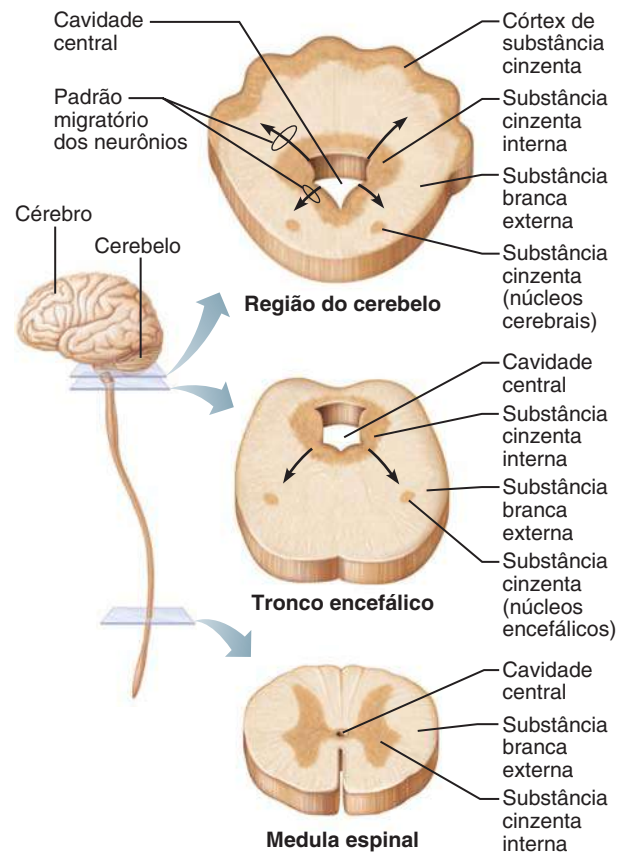


Figura 13.3 Padrão das substâncias cinzenta e branca no SNC (altamente simplificado). Em cada corte, a região dorsal está em cima. Em geral, a substância cinzenta circunda a cavidade central do tubo neural e a substância branca situa-se na parte externa da substância cinzenta. No cérebro em desenvolvimento, porções de substância cinzenta migram externamente para a substância branca (ver setas pretas). O cerebelo (corte superior) e o cérebro desenvolvem um córtex externo de substância cinzenta.

Ventrículos do encéfalo

Os ventrículos são expansões da cavidade central encefálica, preenchidas com líquido cefalorraquidiano e revestidas por células ependimárias (Figura 13.4). Elas são contínuas com o canal central da medula espinal.

- O par de **ventrículos laterais**, antes chamado *primeiro e segundo ventrículos*, está situado nos hemisférios cerebrais. Seu formato de ferradura reflete o encurvamento dos hemisférios durante o desenvolvimento. No lado anterior, os dois ventrículos laterais fecham-se, permanecendo separados apenas por

¹ Nota do revisor técnico: nas escolas médicas brasileiras, o encéfalo é constituído por tronco encefálico (bulbo, ponte e mesencéfalo), cerebelo e cérebro (diencéfalo e telencéfalo).

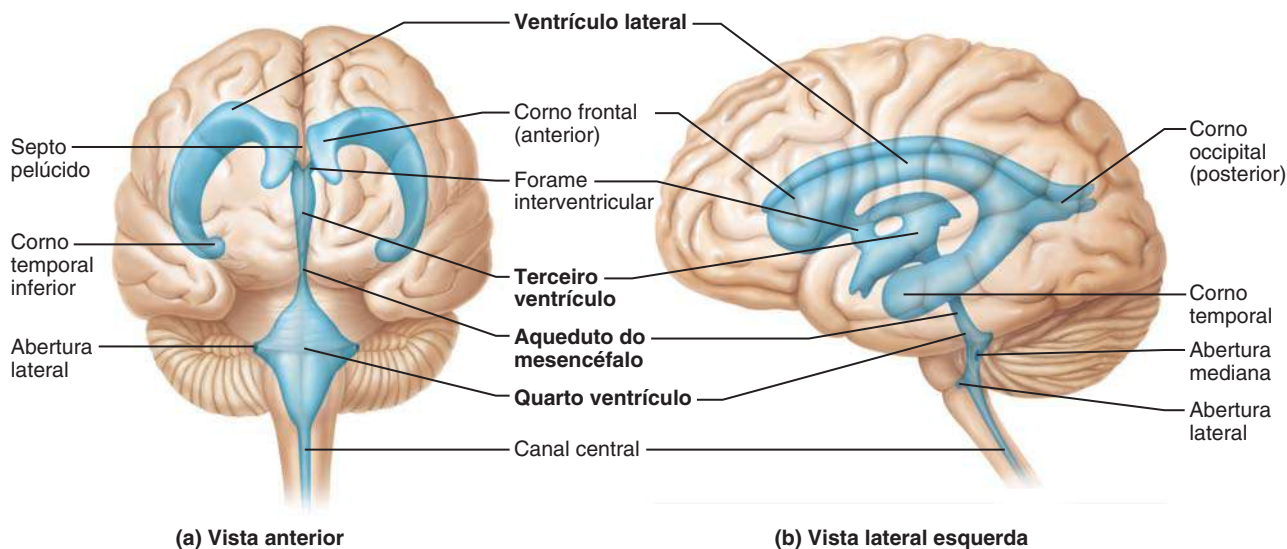


Figura 13.4 Ventriculos encefálicos. As regiões dos ventrículos laterais, os cornos frontal, occipital e temporal, estão legendadas nas partes (a) e (b).

uma membrana mediana delgada chamada *septo pelúcido* (“parede transparente”; Figura 13.4a).

- O **terceiro ventrículo** está situado no diencéfalo. No lado anterior, ele conecta-se a cada ventrículo lateral através de um **forame interventricular**.
- No mesencéfalo, a cavidade central fina e tubiforme chama-se **aqueduto do mesencéfalo**, que conecta o terceiro e o quarto ventrículos.
- O **quarto ventrículo** está situado no tronco encefálico, dorsal à ponte e na metade superior do bulbo. Ocorrem três aberturas nas paredes do quarto ventrículo: o par de **aberturas laterais** e a **abertura mediana** em seu teto. Essas aberturas conectam os ventrículos com o *espaço subaracnóideo*, que circunda todo o SNC (ver p. 420). Essa conexão permite que o líquido cefalorraquidiano preencha os ventrículos e o espaço subaracnóideo.
- O quarto ventrículo conecta-se na direção caudal ao canal central inferior do bulbo e da medula espinal.

✓ Verifique seu conhecimento

1. Que parte do encéfalo adulto se desenvolve a partir do telencéfalo? E do mesencéfalo?
2. O que são os núcleos cerebrais ou encefálicos?
3. Mencione a estrutura que conecta o terceiro ao quarto ventrículo. Em que parte do tronco encefálico essa estrutura está situada?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Tronco encefálico

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ identificar as três subdivisões do tronco encefálico e mencionar as principais estruturas de cada uma delas;

- ▶ relacionar as estruturas do tronco encefálico com as funções gerais dessa parte do encéfalo.

A mais caudal das quatro partes principais do encéfalo é o tronco encefálico. Da posição caudal para a rostral, as três regiões do tronco encefálico são o bulbo, a ponte e o mesencéfalo (Figuras 13.5, 13.6 e 13.7). Cada região tem aproximadamente 2,5 cm de comprimento e, juntas, correspondem a apenas 25% da massa encefálica total. Situado na fossa do crânio posterior, na parte basilar do osso occipital, o tronco encefálico tem quatro funções gerais:

1. Age como uma via de passagem para todos os tratos fibrosos que vão do cerebelo até a medula espinal.
2. Participa ativamente da inervação da face e da cabeça; 10 a 12 pares de nervos craniais conectam-se a ele.
3. Produz comportamentos rigidamente programados e automáticos, necessários para a sobrevivência.
4. Integra os reflexos auditivos e visuais.

O tronco encefálico tem o mesmo plano estrutural da medula espinal, com substância branca externa circundando uma região interna de substância cinzenta (Capítulo 12, p. 375). No entanto, os núcleos de substância cinzenta também estão situados na substância branca do tronco encefálico. As três regiões do tronco encefálico são discutidas tendo como referência as funções gerais dessa parte do encéfalo.

Bulbo (*medula oblonga*)

O bulbo raquidiano cônico, ou simplesmente bulbo, é a parte mais caudal do tronco encefálico (Figura 13.6). Ele é contínuo com a medula espinal ao nível do forame magno do crânio. Como mencionado anteriormente, uma parte do quarto ventrículo situa-se na posição dorsal à metade superior do bulbo.

Os tratos fibrosos de substância branca que conectam as regiões mais rostrais do encéfalo com a medula espinal precisam passar pelo bulbo.

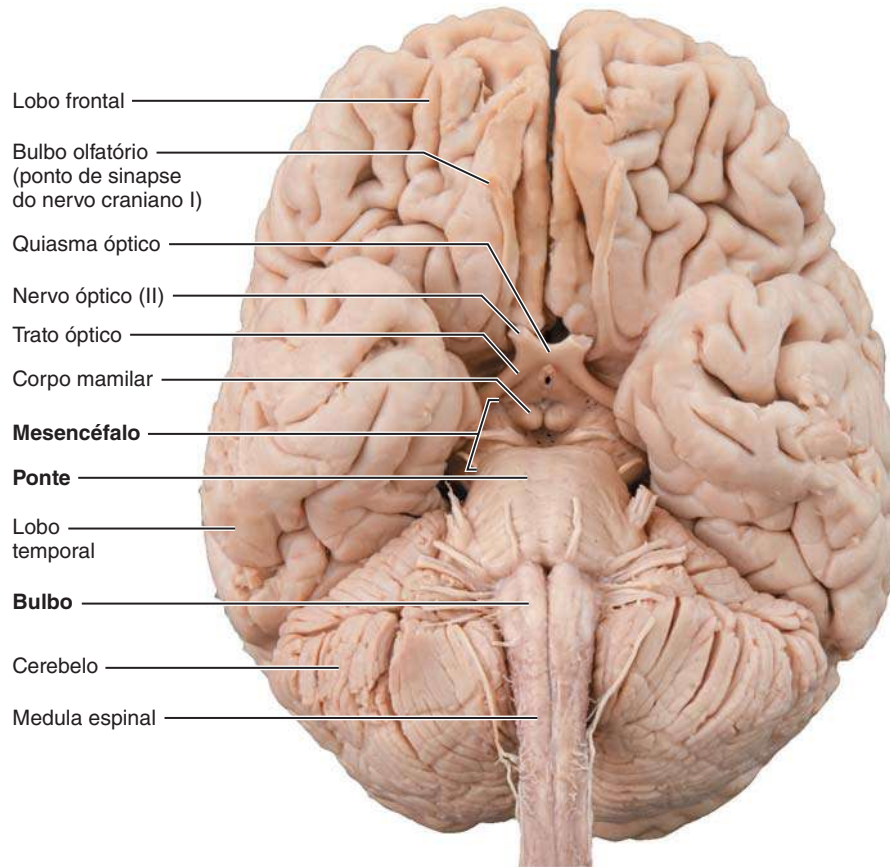


Figura 13.5 Vista anterior do encéfalo mostrando as três partes do tronco encefálico: bulbo, ponte e mesencéfalo. Apenas uma pequena parte do mesencéfalo é visível nesta imagem. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 49.)

- Externamente, duas cristas longitudinais chamadas **pirâmides** (Figura 13.6a) ladeiam a linha média anterior do bulbo. Essas cristas são formadas pelos *tratos piramidais*, grandes tratos fibrosos que se originam em neurônios piramidais no cérebro e descem através do tronco encefálico e da medula espinal, transmitindo impulsos motores voluntários que saem da medula espinal. Na parte caudal do bulbo, 70%-90% dessas fibras piramidais atravessam para o lado oposto do encéfalo em um ponto chamado **decussação das pirâmides** (“um cruzamento em forma de X”). O resultado desse cruzamento é que cada hemisfério cerebral controla os movimentos voluntários do lado oposto do corpo (ver Figura 13.17, p. 411).
- Imediatamente ao lado de cada pirâmide encontra-se a **oliva** (Figura 13.6b). Essa dilatação contém o **núcleo olivar inferior**, uma grande prega ondulada de substância cinzenta visível no corte transversal (Figura 13.7c). Esse núcleo encefálico é uma estação retransmissora das informações sensitivas que seguem para o cerebelo, especialmente as informações proprioceptivas que sobem da medula espinal. Outros núcleos (conhecidos no conjunto como *retransmissores*)

também processam e editam as informações antes de passá-las adiante. Os **pedúnculos cerebelares inferiores** (Figura 13.6c e 13.d) são tratos fibrosos que conectam o bulbo ao cerebelo, dorsalmente.

- Internamente, dois outros núcleos retransmissores importantes estão situados na parte caudal: o **núcleo grácil** e o **núcleo cuneiforme**. As fibras ascendentes transmitem a sensibilidade geral discriminativa (tato, pressão, propriocepção consciente²) da pele e os proprioceptores se comunicam por sinapse nesses núcleos bulbares ao longo do caminho até o cérebro.

Quatro pares de nervos cranianos (discutidos em detalhes no Capítulo 14) se conectam com o bulbo (Figura 13.6). Os núcleos do encéfalo associados a esses nervos podem ser *núcleos sensitivos*, que recebem informações do nervo craniano, ou *núcleos motores*, que iniciam uma resposta motora transmitida no nervo craniano. Os núcleos sensitivos e motores associados a esses nervos se situam perto do quarto ventrículo e podem ser visualizados em um corte transversal do bulbo (Figura 13.7c).

² Nota do revisor técnico: sentido espacial da posição do membro.

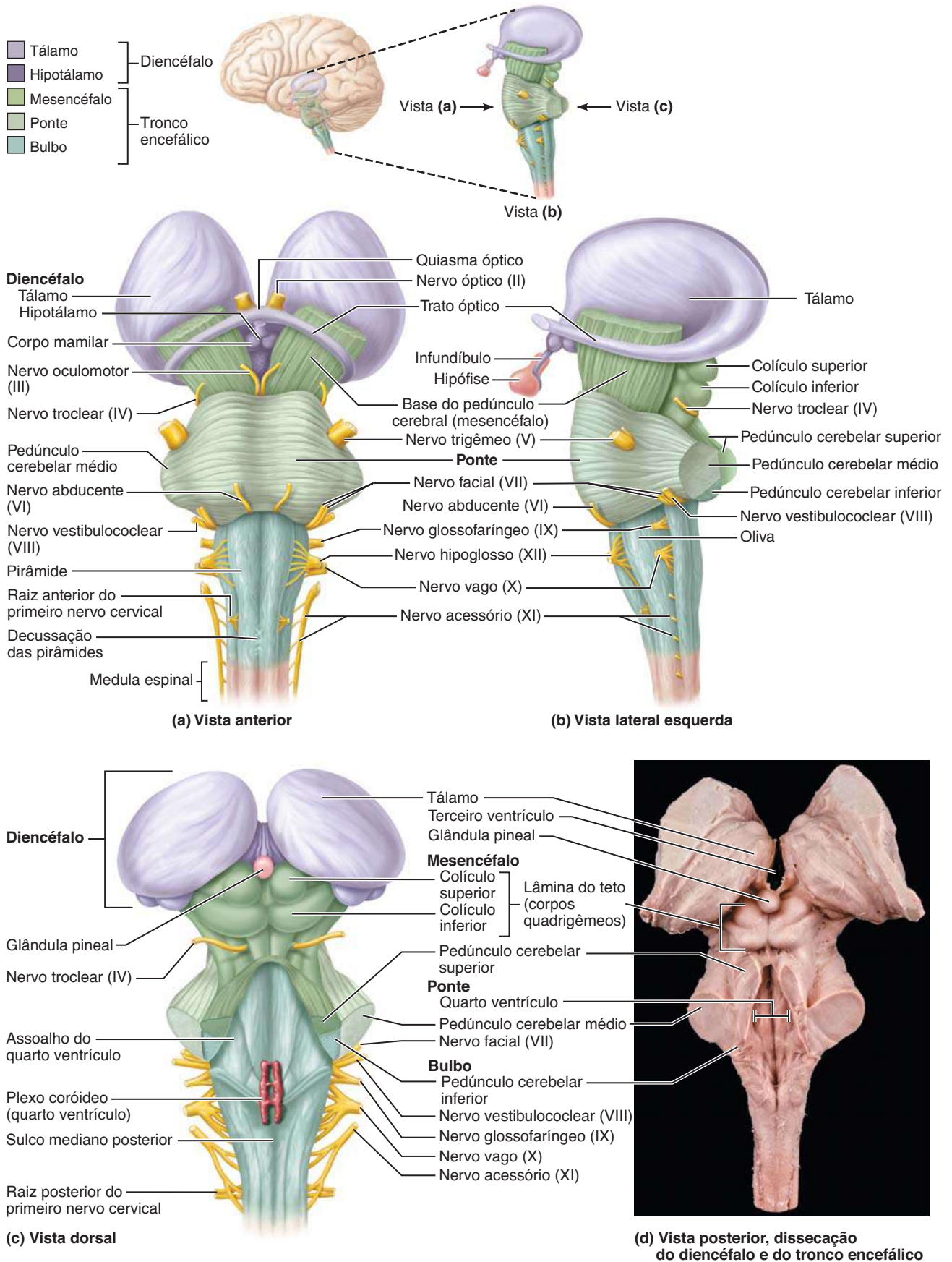


Figura 13.6 Três vistas do tronco encefálico (tons de verde) e do diencefalo (roxo).

- O nervo vestibulococlear (nervo craniano VIII) emerge na junção do bulbo e da ponte, sendo o nervo sensitivo da audição e do equilíbrio. Os *núcleos vestibular* e *coclear* retransmitem informações sensitivas de cada um desses nervos para outras regiões do encéfalo. Eles estão localizados na parte dorsolateral do bulbo.
- O nervo glossofaríngeo (nervo craniano IX) inerva parte da língua e da faringe. Os núcleos do encéfalo associados ao nervo glossofaríngeo, que estão ilustrados, são o *núcleo ambíguo*, que é um núcleo motor, e o *núcleo do trato solitário*, que é um núcleo sensitivo.
- O nervo vago (nervo craniano X) inerva muitos órgãos viscerais no tórax e no abdome. Existem três núcleos do encéfalo associados ao nervo vago: o *núcleo motor dorsal do vago*, o *núcleo do trato solitário* e o *núcleo ambíguo*.
- O nervo hipoglosso (nervo craniano XII) inerva os músculos da língua. O *núcleo do hipoglosso*, um núcleo motor, está situado dorsomedialmente, logo abaixo do quarto ventrículo.

Seguindo pelo centro do tronco encefálico, há um agrupamento de pequenos núcleos que constituem a **formação reticular** (Figura 13.7). Os núcleos da formação reticular compõem três colunas em cada lado, que se estendem por todo o comprimento do tronco encefálico: os **núcleos da rafe** adjacente à linha média, que são ladeados pelo **grupo nuclear mediano** e depois pelo **grupo nuclear lateral** (coluna medial e coluna lateral). Os núcleos da formação reticular, agrupados em volta dos núcleos motores dos nervos cranianos, funcionam na coordenação dos reflexos e dos comportamentos autônomos relacionados a esses nervos. Os núcleos mais importantes na formação reticular do bulbo implicados nas atividades viscerais são:

- O *centro vasomotor*, que regula a pressão arterial estimulando ou inibindo a contração do músculo liso nas paredes dos vasos sanguíneos, o que restringe ou dilata os vasos. A constrição das artérias por todo o corpo faz que a pressão arterial suba, enquanto a dilatação reduz a pressão arterial e ajusta a força e a frequência dos batimentos cardíacos.
- O *centro respiratório*, que controla o ritmo básico e a frequência da respiração.
- O *centro do vômito*, que controla o reflexo do vômito.

Ponte

A segunda região do tronco encefálico, a ponte, é uma saliência encravada entre o mesencéfalo e o bulbo (Figura 13.6). Na face dorsal, ela é separada do cerebelo pelo quarto ventrículo. Como seu nome sugere, a ponte liga o tronco encefálico ao cerebelo.

Os espessos *tratos motores piramidais* que descem do córtex cerebral passam pela ponte, em direção anterior. Entremeados nas fibras desses tratos há muitos

núcleos da ponte, que são núcleos encefálicos retransmissores em uma via que conecta uma parte do córtex cerebral com o cerebelo (Figura 13.7b), ligada à coordenação dos movimentos voluntários. Os núcleos da ponte enviam axônios para o cerebelo através dos espessos **pedúnculos cerebelares médios** (Figuras 13.6c e 13.d).

Vários nervos cranianos conectam-se à ponte (Figura 13.6a):

- O trigêmeo (nervo craniano V), que inerva a pele da face e os músculos da mastigação.
- O abducente (nervo craniano VI), que inerva um músculo que move o olho.
- O facial (nervo craniano VII), que inerva os músculos da face, entre outras funções.

Os núcleos da formação reticular na ponte, visíveis no corte transversal (Figura 13.7b), são anteriores em relação aos núcleos dos nervos cranianos e funcionam no controle dos reflexos autônomos.

Mesencéfalo

A mais rostral das três regiões do tronco encefálico, o mesencéfalo, está situada entre o diencéfalo e a ponte. A cavidade central do mesencéfalo é o aqueduto do mesencéfalo, que divide o mesencéfalo em **teto**, posteriormente, e **pedúnculos cerebrais**, anteriormente (Figura 13.7a).

Os tratos da substância branca e os núcleos retransmissores no mesencéfalo conectam regiões do SNC.

- Os **pedúnculos cerebrais**, na face anterior (Figura 13.6a), formam pilares verticais que parecem segurar o cérebro; daí seu nome, que significa “pequenos pés do cérebro”. Esses pedúnculos contêm *tratos motores piramidais* que descem do cérebro para a medula espinal. A parte anterior de cada pedúnculo que contém esse trato é a **base do pedúnculo cerebral** (“perna do cérebro”).
- Os **pedúnculos cerebelares superiores**, situados posteriormente (Figuras 13.6c e 13.d), contêm tratos que conectam o mesencéfalo ao cerebelo.
- Em corte transversal, são visíveis dois núcleos pigmentados mergulhados na substância branca do mesencéfalo (Figura 13.7a). A **substância negra**, cujos corpos celulares neuronais contêm pigmento escuro de melanina, está situada profundamente aos tratos piramidais no pedúnculo cerebral. Esse núcleo está unido funcionalmente à substância cinzenta profunda do cérebro, os *núcleos da base*, e ao controle do movimento voluntário (p. 412-413). A degeneração dos neurônios na substância negra é a causa do mal de Parkinson.
- O **núcleo rubro**, oval, está abaixo da substância negra. Seu matiz avermelhado deve-se à rica vascularização e à presença de pigmento de ferro nos

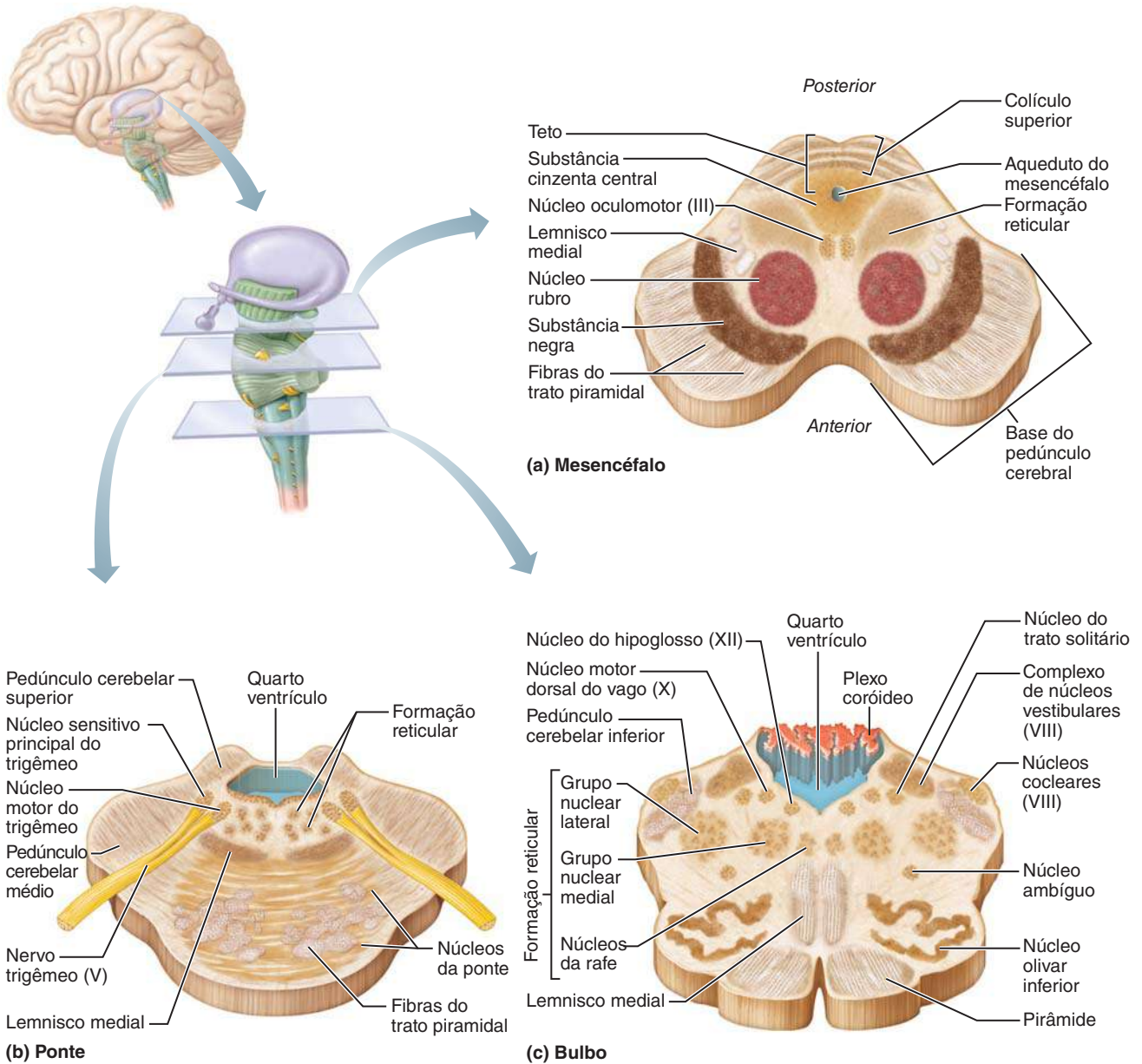


Figura 13.7 Cortes transversais do tronco encefálico.

corpos celulares de seus neurônios. Ele tem uma pequena função motora: ajuda a realizar movimentos de flexão dos membros. O núcleo rubro está intimamente associado ao cerebelo.

Os corpos celulares dos neurônios motores que contribuem para dois nervos cranianos, os núcleos oculomotor (nervo craniano III) e troclear (nervo craniano IV), estão situados na parte anterior da substância cinzenta que circunda o aqueduto do mesencéfalo, uma área chamada **substância cinzenta central** (periaquedutal) (Figura 13.7a). Esses nervos cranianos controlam a maioria dos músculos que movem os olhos.

Os núcleos que atuam nos reflexos autônomos são visíveis em um corte transversal do mesencéfalo (Figura 13.7a). A *substância cinzenta central* tem

duas funções um pouco relacionadas. Primeiro, ela está implicada na reação de “lutar ou fugir” (simpática), constituindo um meio de ligação entre a parte do cérebro que percebe o medo e a via autônoma que produz as reações psicológicas associadas a esse sentimento: aumento da frequência cardíaca, elevação da pressão arterial, fuga frenética ou paralisação defensiva e supressão da dor quando a pessoa se machuca. Segundo, a substância cinzenta central parece mediar a resposta à dor visceral (por exemplo, náusea), durante a qual ela aumenta a frequência cardíaca e a pressão arterial, produz suor frio e desestimula o movimento.

Os reflexos auditivos e visuais são integrados pelos núcleos cerebrais nos **colículos** (corpos quadrigêmeos) que compõem o teto (Figura 13.6c e 13.6d).

Essas quatro protuberâncias na superfície dorsal do mesencéfalo são denominadas *colículos superior e inferior*. Os dois **colículos superiores** atuam nos reflexos visuais — por exemplo, quando os olhos acompanham objetos em movimento mesmo se a pessoa não estiver olhando para eles conscientemente. Os dois **colículos inferiores**, por outro lado, pertencem ao sistema auditivo. Entre outras funções, eles agem nas respostas reflexas aos sons. Por exemplo, quando você se assusta com um som alto, sua cabeça e seus olhos viram automaticamente para o som em razão da função dos colículos inferiores.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Localização de uma lesão no tronco encefálico

A localização de uma lesão no tronco encefálico é determinada pela avaliação da função nervosa cranial e da função sensitivo-motora periférica. Os nervos cranianos saem do tronco encefálico na seguinte ordem: III e IV do mesencéfalo; V da ponte; VII e VIII da junção da ponte com o bulbo; IX, X, XI e XII do bulbo. Déficits nervosos específicos podem indicar a região da lesão. Também através do tronco encefálico e em locais bem específicos estão os tratos ascendentes e descendentes que transmitem estímulos sensitivo-motores entre o cérebro e a periferia. Déficits na função motora e sensitiva na periferia podem determinar uma lesão com mais precisão.

✓ Verifique seu conhecimento

- 4. Das funções gerais do tronco encefálico descritas, qual é executada pelas seguintes estruturas: (a) pirâmides, (b) núcleos vestibular e coclear, (c) pedúnculos cerebrais, (d) substância cinzenta central, (e) núcleos do trigêmeo.
- 5. Em que parte do tronco encefálico está situada cada uma das estruturas anteriores?
- 6. O que são os colículos?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Cerebelo

Objetivo de aprendizagem:

- descrever a estrutura e a função do cerebelo.

O cerebelo, com sua forma de couve-flor, a segunda maior parte do encéfalo, conforme prosseguimos da direção caudal para a rostral, corresponde a até 11% da massa do encéfalo. Apenas o hemisfério cerebral é maior do que ele. O cerebelo está situado em posição dorsal à ponte e ao bulbo, dos quais está separado pelo quarto ventrículo (**Figura 13.8**). Funcionalmente, o cerebelo suaviza e coordena os movimentos do corpo que são dirigidos por outras regiões do encéfalo, e ajuda a manter a postura e o equilíbrio.

O cerebelo consiste em dois **hemisférios cerebelares** expandidos e conectados medialmente pelo **verme do cerebelo** (**Figura 13.8c**). Sua superfície é dobrada em muitas cristas, chamadas **folhas**, separadas por sulcos profundos, denominados **fissuras**. Cada hemisfério cerebelar é subdividido em três lobos: os grandes **lobos anterior e posterior**, e o pequeno **lobo floculonodular**. Os lobos anterior e posterior coordenam os movimentos do tronco e dos membros. O lobo floculonodular, anterior ao lobo posterior que o encobre (**Figura 13.8b**), ajusta a postura para manter o equilíbrio e coordena o movimento da cabeça e dos olhos.

O cerebelo possui três regiões: córtex externo de substância cinzenta, substância branca interna conhecida como **árvore da vida** e substância cinzenta profunda que constitui os **núcleos cerebelares** (**Figura 13.8d**). O córtex cerebelar é uma calculadora rica em neurônios cuja função é suavizar os movimentos corporais. A substância branca consiste em axônios que transmitem informações de/para o córtex. Os núcleos cerebelares originam os axônios que retransmitem informações do córtex cerebelar para outras partes do encéfalo.

As informações são processadas pelo cerebelo da seguinte maneira:

1. **O cerebelo recebe informações do cérebro a respeito dos movimentos que estão sendo planejados.** A área do cérebro que inicia os movimentos voluntários, o *córtex motor*, transmite a informação do córtex cerebral através dos núcleos da ponte para a parte lateral dos lobos anterior e posterior do cerebelo.
2. **O cerebelo compara esses movimentos planejados com a posição e os movimentos reais do corpo.** A informação sobre equilíbrio e posição da cabeça é retransmitida dos receptores na orelha interna através dos núcleos vestibulares no bulbo para o lobo floculonodular. A informação sobre os movimentos reais dos membros, pescoço e tronco sai dos proprioceptores nos músculos, tendões e articulações e sobe para a medula espinal, chegando ao verme do cerebelo e às partes medianas dos lobos anterior e posterior.
3. **O cerebelo envia instruções de volta ao córtex cerebral a respeito de como resolver quaisquer diferenças entre os movimentos planejados e a posição real.** Utilizando a *retroalimentação* do cerebelo, o córtex motor do cérebro reajusta continuamente os comandos motores que envia à medula espinal, fazendo o ajuste fino dos movimentos para que sejam bem coordenados.

O cerebelo também está relacionado a algumas funções cognitivas mais elevadas. Quando aprendemos uma nova habilidade motora, ele refina os movimentos para corrigir os erros. Com a prática, a habilidade é dominada e pode ser realizada auto-

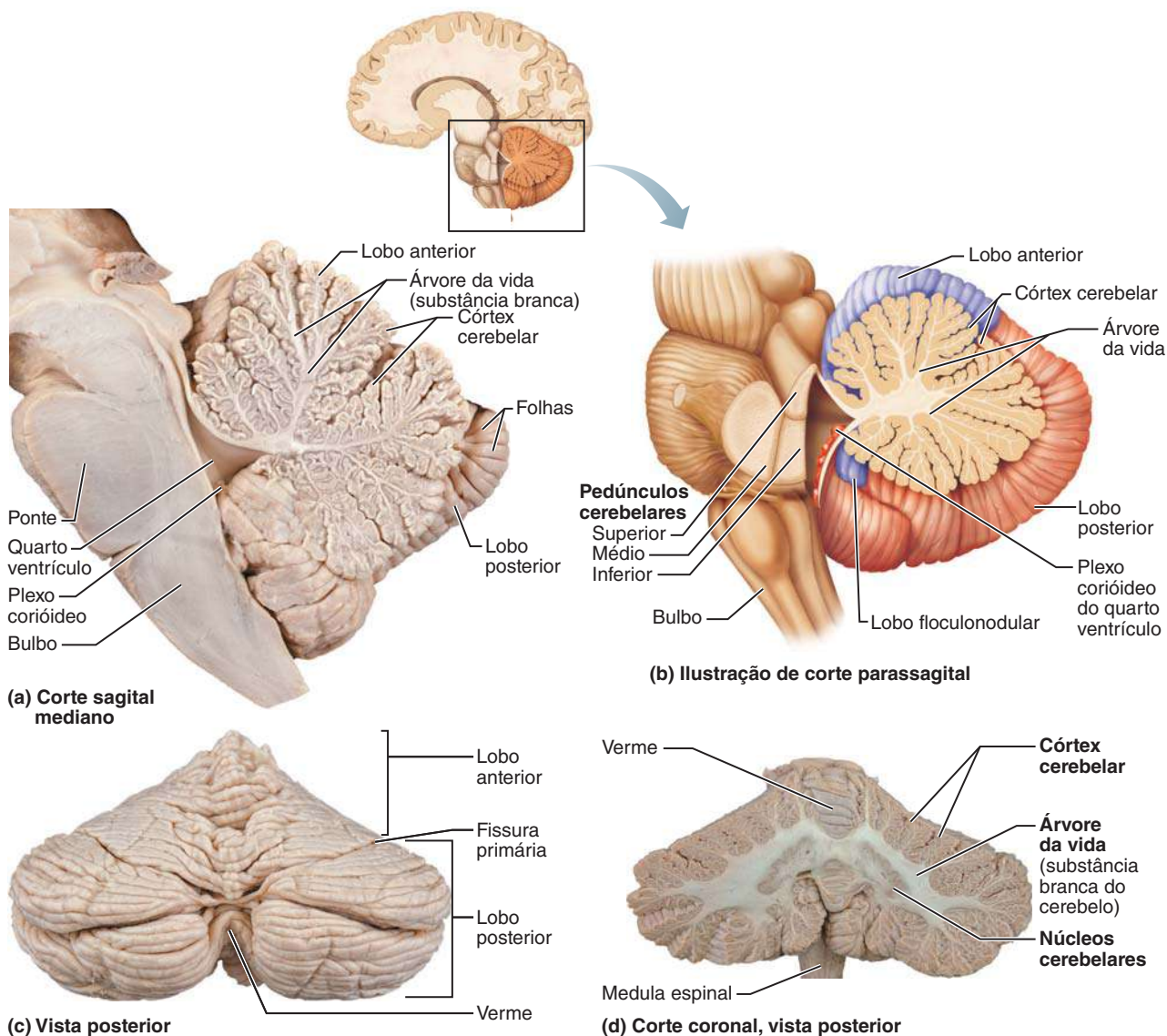


Figura 13.8 Cerebelo.

maticamente — por exemplo, andar de bicicleta, tocar um instrumento musical ou digitar em teclado de computador. Essa retenção das habilidades motoras aprendidas chama-se *memória motora*. O cerebelo também desempenha papel na linguagem, na resolução de problemas e no planejamento das tarefas. Em geral, sua função cognitiva pode ser a de reconhecer, utilizar e prever sequências de eventos que vivenciamos ou percebemos.

Pedúnculos cerebelares

Os pedúnculos cerebelares superior, médio e inferior são tratos espessos que conectam o cerebelo ao tronco encefálico (Figura 13.6c, 13.6d e Figura 13.8). Esses tratos de fibras transmitem a informação que entra e sai do cerebelo.

- Os **pedúnculos cerebelares superiores** conectam o cerebelo ao mesencéfalo, transmitindo instruções basicamente eferentes do cerebelo para o córtex cerebral.
- Os **pedúnculos cerebelares médios** conectam a ponte ao cerebelo e transmitem informação eferente do córtex cerebral e dos núcleos da ponte para o cerebelo.
- Os **pedúnculos cerebelares inferiores** surgem no bulbo e transportam fibras basicamente aferentes dos núcleos vestibulares (equilíbrio) e da medula espinal (propriocepção) para o cerebelo.

Todas as fibras que entram e saem do cerebelo são **ipsolaterais** (*ipso* = iguais), significando que elas vão e vêm do *mesmo* lado do corpo.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Lesões no cerebelo O dano aos lobos anterior e posterior dos hemisférios cerebelares leva a transtornos de coordenação caracterizados por movimentos lentos ou irregulares que tendem a sobrepular seus alvos. Pessoas com esse problema são incapazes de tocar a ponta do nariz com o dedo se os olhos estiverem fechados. A fala pode ser pastosa, lenta e monótona. O dano no lóbulo floclonodular, por outro lado, provoca transtornos do equilíbrio. Os indivíduos afetados têm uma postura ampla e um permanente andar de bêbado que os predispõe a cair. Em todos os casos, o dano a um hemisfério do cerebelo, esquerdo ou direito, afeta o mesmo lado do corpo.

✓ Verifique seu conhecimento

- 7. Mencione a estrutura que conecta os dois hemisférios cerebelares.
- 8. Que tipo de informação sensitiva o lobo floclonodular recebe?
- 9. Mencione os três tratos que conectam o cerebelo ao tronco encefálico. Que trato se conecta a qual parte do tronco encefálico?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Diencefalo

Objetivo de aprendizagem:

- conhecer o nome das três divisões do diencefalo e suas funções.

O diencefalo, a terceira das quatro partes principais do encéfalo quando seguimos da direção caudal para a rostral, forma a parte central do prosencefalo e é circundado pelos hemisférios cerebrais (**Figura 13.9**). O diencefalo consiste praticamente em três estruturas pareadas: o tálamo, o hipotálamo e o epitálamo, que margeiam o terceiro ventrículo e são constituídas principalmente de substância cinzenta.

Tálamo

O **tálamo** é uma estrutura oval (ver Figura 13.6c, p. 394) que corresponde a até 80% do diencefalo e forma as paredes superolaterais do terceiro ventrículo (Figura 13.9b). *Tálamo*, palavra grega que significa “recinto interno”, descreve bem essa região cerebral profunda. Normalmente os tálamos direito e esquerdo são unidos por uma conexão pequena na linha média, a **aderência intertalâmica** (Figura 13.9a).

O tálamo contém cerca de uma dúzia de núcleos importantes, cada um deles enviando axônios para determinada parte do córtex cerebral. Uma lâmina em forma de Y composta de substância branca, a *lâmina medular*, divi-

de os núcleos do tálamo em três grupos³: grupo anterior, grupo mediano e grande grupo lateral (**Figura 13.10a**). Os impulsos aferentes de todos os sentidos conscientes, exceto o olfato, convergem no tálamo e comunicam-se por sinapses em pelo menos um de seus núcleos. Por exemplo:

- O núcleo ventral posterolateral age como estação retransmissora das informações sensitivas que sobem para as áreas sensitivas primárias do córtex cerebral.
- O corpo geniculado medial recebe estímulos auditivos e os transmite ao córtex auditivo.
- O corpo geniculado lateral recebe estímulos visuais e os transmite ao córtex visual.

Os estímulos sensitivos não são o único tipo de informação retransmitida através do tálamo. *Qualquer parte do encéfalo que se comunique com o córtex cerebral precisa retransmitir seus sinais através de um núcleo do tálamo*. O tálamo, portanto, pode ser considerado o “portal” do córtex cerebral.

O tálamo não só retransmite as informações para o córtex cerebral, mas também processa essas informações à medida que as retransmite. Os núcleos do tálamo organizam e depois amplificam ou “suavizam” os sinais encaminhados para o córtex cerebral. É por isso que, por exemplo, você consegue se concentrar em uma conversa com uma única pessoa em uma lanhonete grande e barulhenta.

Hipotálamo

O **hipotálamo** (“abaixo do tálamo”) é a parte inferior do diencefalo (Figura 13.9) e forma as paredes inferolaterais do terceiro ventrículo. Na face inferior do encéfalo (ver Figura 13.5, p. 393), o hipotálamo está situado entre o **quiasma óptico** (ponto de cruzamento dos nervos cranianos II, os nervos ópticos) e a margem posterior dos **corpos mamilares** (*mamilar* = “pequena mama”), protuberâncias arredondadas que se projetam no assoalho do hipotálamo. No lado inferior do hipotálamo, projeta-se a *hipófise* (discutida no Capítulo 17).

O hipotálamo, como o tálamo, contém cerca de uma dúzia de núcleos cerebrais de substância cinzenta (Figura 13.10b). Funcionalmente, o hipotálamo é o principal centro de controle visceral do corpo, regulando muitas atividades dos órgãos viscerais. Suas funções incluem:

- **Controle da divisão autônoma do sistema nervoso.** Lembre-se de que o SNA é composto de neurônios motores periféricos que regulam a contração do músculo liso e do músculo cardíaco, além da secreção das glândulas (p. 371). O hipotálamo é uma das principais regiões do encéfalo relacionadas à regulação dos neurônios autônomos. Ao fazê-lo, o hipotálamo regula a frequência cardíaca e a pressão

³ Nota do revisor técnico: alguns autores consideram cinco grupos.

arterial, a atividade do trato digestório, a secreção das glândulas sudoríferas e das glândulas salivares e muitas outras atividades viscerais. O hipotálamo exerce controle sobre as funções viscerais retransmitindo suas informações através da substância cinzenta central do mesencéfalo (p. 394) e da for-

mação reticular do tronco encefálico (p. 391), que então transmitem essas instruções.

- **Regulação da temperatura corporal.** O termostato do corpo está no hipotálamo. Alguns neurônios do hipotálamo monitoram a temperatura do sangue e recebem informações dos termorreceptores periféricos. O hipotálamo inicia os mecanismos corpo-

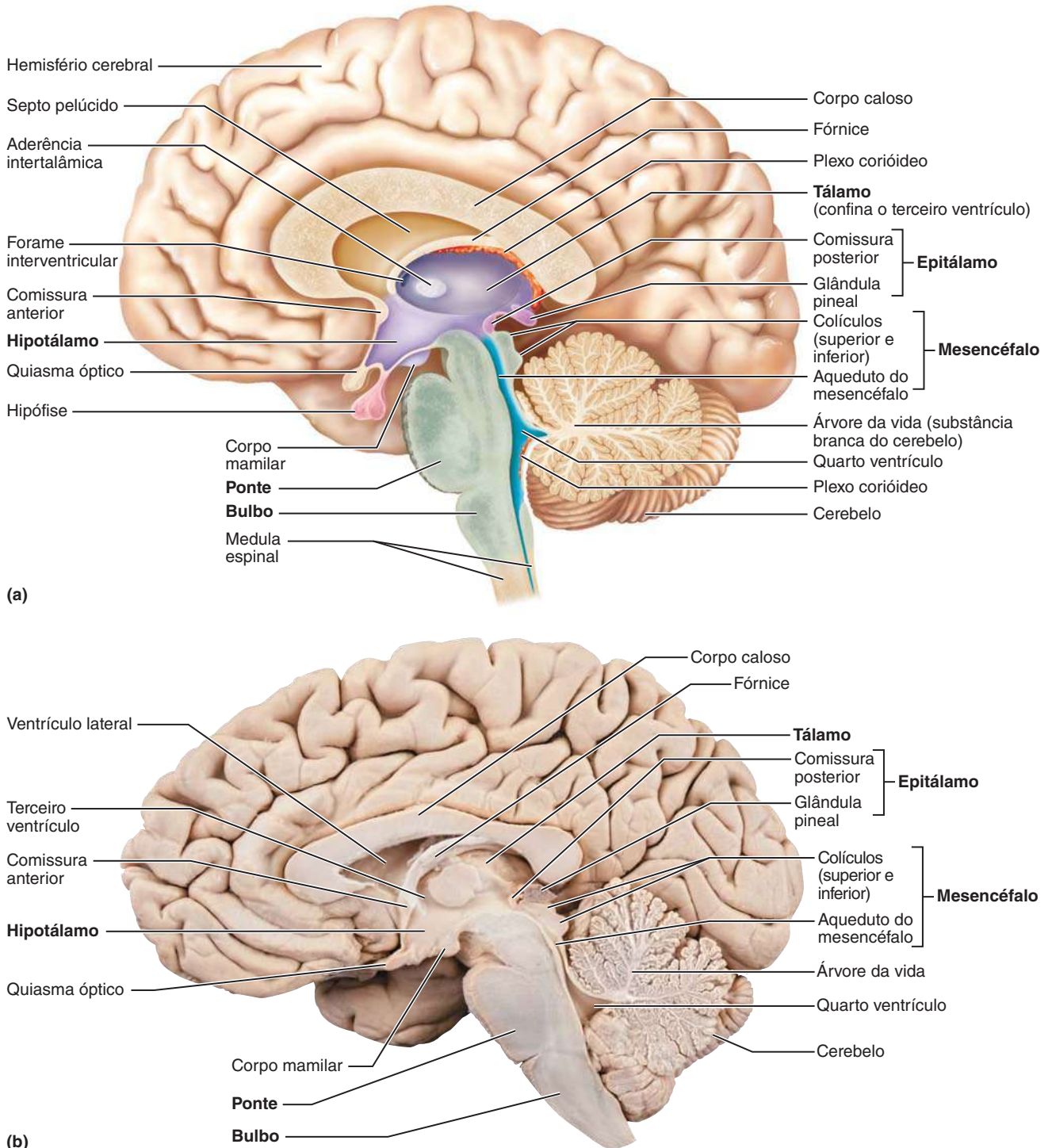
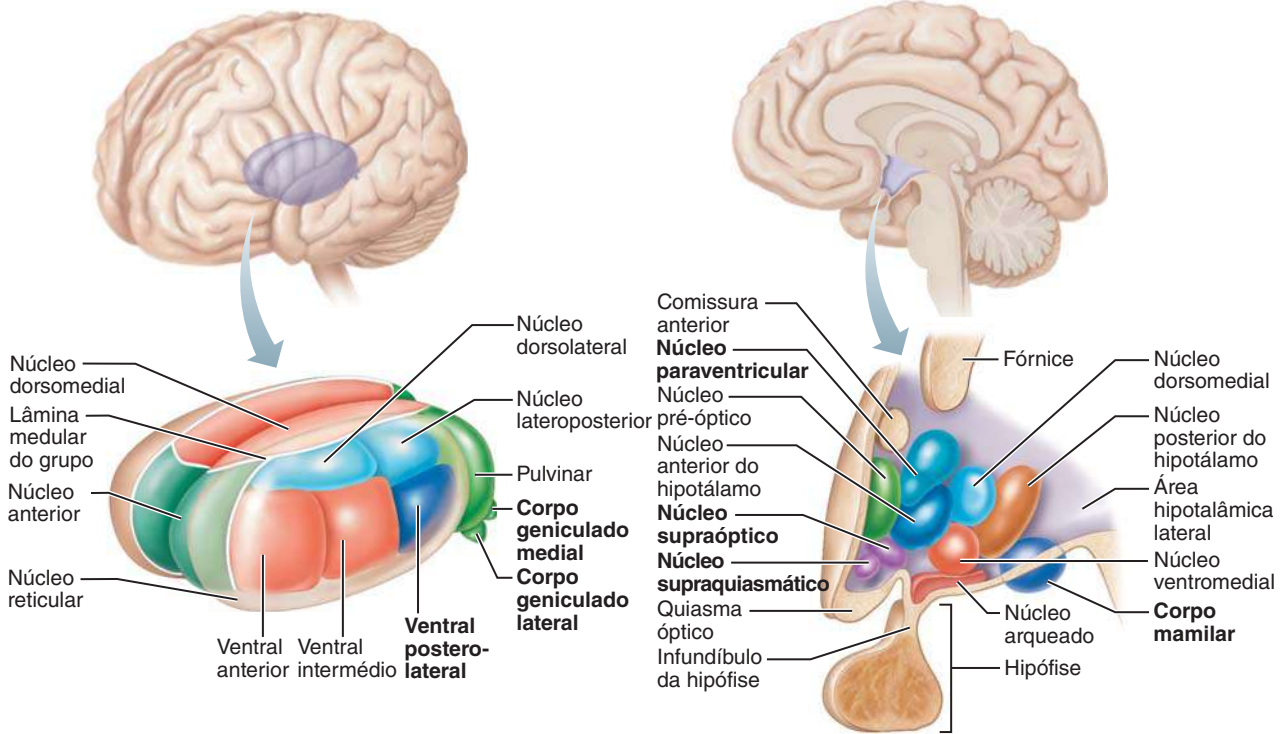


Figura 13.9 Corte sagital do encéfalo. (a) Ilustração destacando o diencéfalo (roxo) e o tronco encefálico (verde). (b) Peça anatômica, na mesma vista.



(a) Principais núcleos do tálamo. Os núcleos reticulares que “recobrem” o tálamo lateralmente são retratados como estruturas transparentes curvas.

(b) Principais núcleos do hipotálamo

Figura 13.10 Núcleos do tálamo e do hipotálamo.

raias de resfriamento ou aquecimento, conforme a necessidade (suor ou tremor, respectivamente). Os centros hipotalâmicos também induzem a febre.

- **Regulação das sensações de fome e sede.** Ao detectar as concentrações de nutrientes e sais no sangue, certos neurônios do hipotálamo medeiam as sensações de fome e sede e, assim, ajudam a manter as concentrações adequadas dessas substâncias.
- **Regulação dos ciclos de sono-vigília.** Agindo com outras regiões do cérebro, o hipotálamo ajuda a regular o fenômeno complexo do sono. O **núcleo supraquiasmático** (Figura 13.10b) é o relógio biológico do corpo, que gera os ritmos circadianos diários e sincroniza-os em resposta à informação escuro/claro, detectada pelo nervo óptico. Em resposta a esses sinais, o **núcleo pré-óptico** induz o sono. Outros núcleos hipotalâmicos perto do corpo mamilar medeiam o despertar do sono.
- **Controle do sistema endócrino.** O hipotálamo controla a secreção dos hormônios pela hipófise, que, por sua vez, influencia a atividade de muitos outros órgãos endócrinos (discutidos no Capítulo 17).
- **Controle das respostas emocionais.** O hipotálamo está situado no centro da parte emocional do cérebro, o *sistema límbico* (discutido mais adiante neste capítulo). As regiões ligadas ao prazer, à raiva e ao medo localizam-se no hipotálamo.

- **Controle do comportamento motivacional.** O hipotálamo controla o comportamento recompensador. Influencia, por exemplo, a motivação para nos alimentarmos, determinando assim quanto comemos, e também o desejo e o comportamento sexuais.
- **Formação da memória.** O núcleo mamilar (no corpo mamilar) recebe muitos estímulos da estrutura principal de processamento de memória do cérebro, o *hipocampo*.

As lesões do hipotálamo provocam transtornos nas funções viscerais e nas emoções e podem, desse modo, resultar em perda de peso grave ou obesidade, perturbações do sono, desidratação e uma ampla gama de transtornos emocionais.

Epitálamo

O **epitálamo**, a terceira e mais dorsal parte do diencefalo (Figura 13.9), forma parte do teto do terceiro ventrículo e consiste em um minúsculo grupo de núcleos e um pequeno botão sem par chamado **glândula pineal** (“em forma de cone de um pinheiro”). Essa glândula, que deriva das células glias ependimárias, é um órgão secretor de hormônio. Sob a influência do hipotálamo, a glândula pineal secreta o hormônio **melatonina**, que sinaliza ao corpo a hora de se preparar para a fase noturna do ciclo sono-vigília.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Por que os adolescentes não dormem cedo?

Níveis elevados de melatonina preparam o corpo para o sono. O horário de elevação desses níveis altera-se durante a vida. Na juventude e na infância, eles aumentam nas primeiras horas do entardecer, portanto as crianças se cansam mais cedo à noite. Já na adolescência, eles elevam-se muito mais tarde da noite. Essa mudança fisiológica faz que os adolescentes tenham dificuldade de sentir sono cedo. O déficit de sono é agravado pelo fato de a maioria das escolas secundárias começar as aulas de manhã muito cedo. Reconhecendo essa restrição biológica, nos Estados Unidos, muitas delas mudaram o horário das aulas do ensino médio para mais tarde pela manhã, permitindo que os alunos tenham as horas de sono necessárias.

✓ Verifique seu conhecimento

- 10. Para qual região do cérebro os neurônios do tálamo enviam seus axônios?
- 11. Que parte do diencefalo funciona como centro de controle visceral principal? O que quer dizer a expressão *controle visceral*?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Cérebro (telencéfalo)

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ conhecer os principais lobos, fissuras e áreas funcionais do córtex cerebral;
- ▶ aprender as três classes de tratos fibrosos na substância branca do cérebro;
- ▶ descrever a forma e a função dos núcleos (gânglios) da base.

Conforme observamos anteriormente, o cérebro, a parte mais rostral do encéfalo, consiste em dois hemisférios que, juntos, correspondem a 83% da massa total do encéfalo e são tão predominantes que as pessoas utilizam a palavra *cérebro*, em vez de *encéfalo*, quando se referem ao conjunto como um todo. Os hemisférios cerebrais cobrem o diencefalo e a parte rostral do tronco encefálico, de modo muito parecido com o “chapéu” de um cogumelo sobre seu caule.

As várias fissuras evidentes nos hemisférios cerebrais e em volta deles separam as partes principais do encéfalo uma da outra. A **fissura transversa** do cérebro separa os hemisférios cerebrais do cerebelo (Figura 13.11a), ao passo que a **fissura longitudinal** mediana separa os hemisférios cerebrais direito e esquerdo (Figura 13.11b). O cérebro é composto de um *córtex cerebral* superficial de substância cinzenta, uma *substância branca* interna a ele e uma *substância cinzenta profunda mergulhada na substância branca*. Vamos examinar cada uma dessas regiões.

Lobos dos hemisférios cerebrais

Existem muitos **sulcos** rasos na superfície dos hemisférios cerebrais que delimitam saliências de tecido cerebral retorcido, chamadas **giros** (Figura 13.11c). Os giros e sulcos mais proeminentes são similares em todas as pessoas e também são marcos anatômicos importantes. Alguns dos sulcos mais profundos dividem cada hemisfério cerebral em cinco grandes lobos: *frontal*, *parietal*, *occipital* e *temporal*, além da *ínsula* (Figura 13.11, Tabela 13.1). A maioria desses lobos recebeu seu nome em razão dos ossos do crânio que os cobrem.

- O **lobo frontal** está localizado abaixo do osso frontal e preenche a fossa do crânio anterior. Ele estende-se posteriormente até o **sulco central**, que separa o lobo frontal do lobo parietal. O **giro pré-central**, contendo o *córtex motor primário*, situa-se imediatamente antes do sulco central. O lobo frontal contém áreas funcionais que planejam, iniciam e executam o movimento motor, incluindo o movimento dos olhos e a produção da fala. A região mais anterior do córtex frontal desempenha funções cognitivas de ordem superior, como o raciocínio, o planejamento, a tomada de decisão e a memória de trabalho, e outras funções executivas.
- O **lobo parietal**, abaixo dos ossos parietais, estende-se posteriormente do sulco central até o **sulco parietoccipital**. O **sulco lateral** forma seu limite inferior. O **giro pós-central**, imediatamente posterior ao sulco central, contém o *córtex somestésico primário*. O lobo parietal processa estímulos sensitivos, permitindo: a percepção consciente da sensibilidade somática geral; a percepção espacial dos objetos, sons e partes do corpo; e a compreensão da fala.
- O **lobo occipital** situa-se abaixo do osso occipital, forma a parte posterior do cérebro e contém o córtex visual. Ele é separado do lobo parietal pelo **sulco parietoccipital** na superfície medial do hemisfério.
- O **lobo temporal**, na parte lateral do hemisfério, localiza-se na fossa média do crânio abaixo do osso temporal e é separado dos lobos parietal e frontal sobrejacentes pelo **sulco lateral** profundo. Contém o córtex auditivo e o córtex olfatório. Além disso, funciona no reconhecimento de objetos, palavras, feições e na compreensão da linguagem.
- A **ínsula** (“ilha”) está inserida profundamente no sulco lateral e forma parte de seu assoalho (Figura 13.11d). Ela é coberta por partes dos lobos temporal, parietal e frontal. O córtex sensitivo visceral do paladar e da sensibilidade visceral geral encontra-se nesse lobo.

Áreas funcionais do córtex cerebral

O córtex cerebral é o “conjunto executivo” do sistema nervoso — o lar da mente consciente — e permite

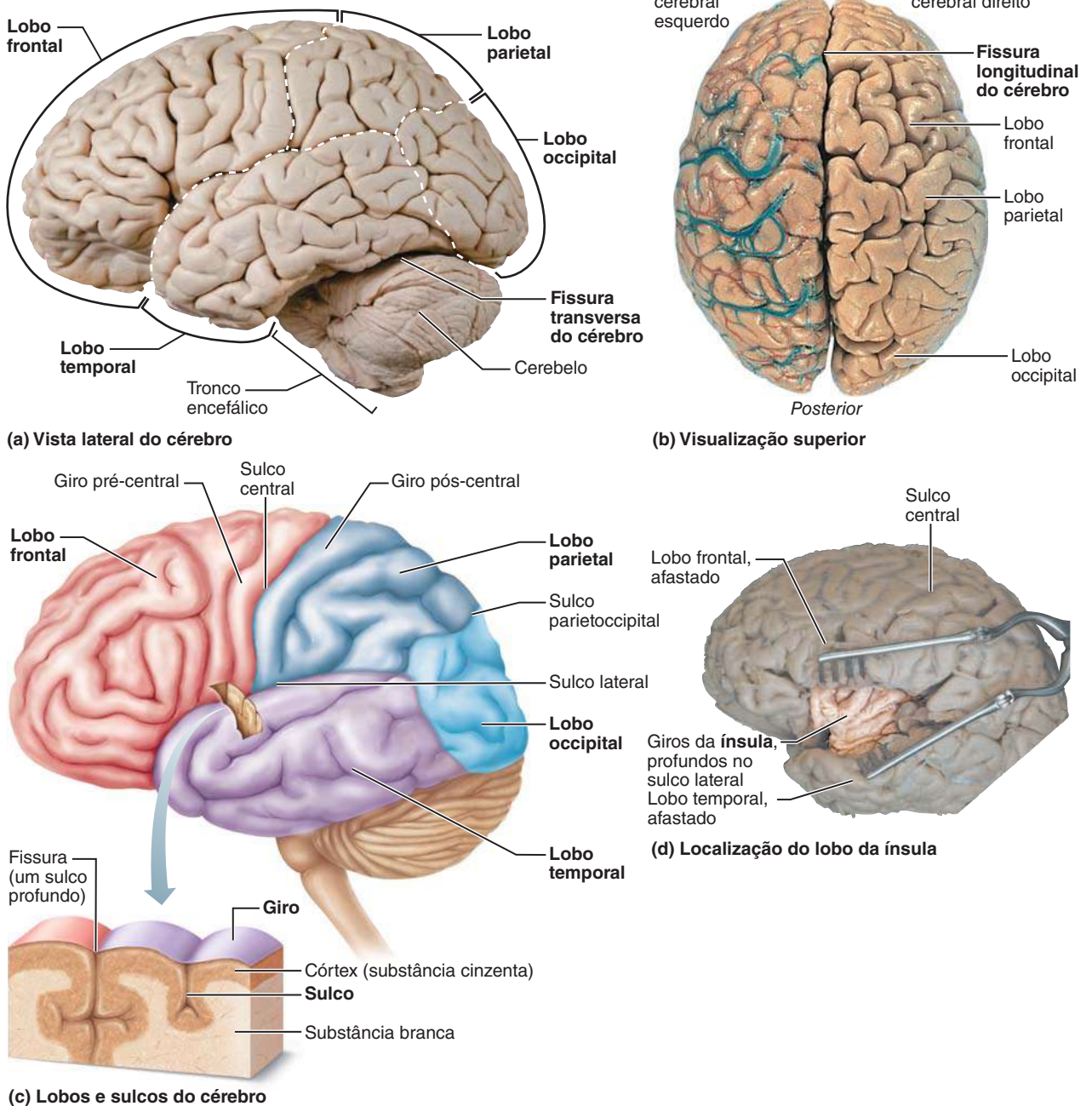


Figura 13.11 Lobos, sulcos e fissuras dos hemisférios cerebrais.

que as pessoas tomem consciência de si mesmas e de suas sensações, iniciem e controlem os movimentos voluntários e comuniquem, lembrem e compreendam. Por ser composto de substância cinzenta, o córtex cerebral contém corpos celulares neuronais, dendritos e axônios não mielinizados muito curtos, mas nenhum trato de fibras. Embora tenha apenas 2-4 mm de espessura, seus muitos giros e sulcos triplicam sua área de superfície para cerca de 2.500 cm², ou seja, mais ou menos a metade do tamanho de um grande calendário de mesa, correspondendo a aproximadamente 40% da massa total do encéfalo.

O córtex cerebral contém bilhões de neurônios organizados em seis camadas. Em 1909, o neurologista alemão Korbinian Brodmann mapeou o córtex cerebral em 47 áreas estruturais baseadas em variações sutis na espessura das seis camadas. Com o surgimento do mapa estrutural de Brodmann, os primeiros neurologistas ficaram ávidos para localizar as regiões *funcionais* do córtex cerebral. Historicamente, os métodos para determinar as funções das regiões do encéfalo eram bem rudes: estudar os defeitos mentais das pessoas e animais portadores de lesões encefálicas localizadas e permanentes, registrar a atividade neuronal no encéfalo de animais não

Tabela 13.1 Estruturas e funções do cérebro

Estrutura	Função (área funcional)
CÓRTEX CEREBRAL	
Lobo frontal	Movimento voluntário (córtex motor primário) Planejamento do movimento (córtex pré-motor) Movimento dos olhos (campo ocular frontal) Produção da fala (área de Broca) Funções cognitivas executivas (área de associação anterior) Resposta emocional (área de associação límbica)
Lobo parietal	Sensibilidade somática geral (córtex e área de associação sensitiva somática) Percepção espacial de objetos, sons, partes do corpo (área de associação posterior) Compreensão da fala (área de Wernicke)
Lobo occipital	Visão (córtex visual e áreas de associação)
Lobo temporal	Audição (córtex auditivo e área de associação) Olfato (córtex olfatório) Identificação de objetos (área de associação posterior) Resposta emocional, memória (área de associação límbica)
Ínsula	Paladar (córtex gustatório)
SUBSTÂNCIA BRANCA CEREBRAL	
Fibras comissurais	Conectam os córtices correspondentes aos dois hemisférios
Fibras de associação	Conectam o córtex das diferentes partes do mesmo hemisfério
Fibras de projeção	Conectam o córtex com as partes mais caudais do SNC
SUBSTÂNCIA CINZENTA CEREBRAL PROFUNDA	
Núcleos (gânglios) da base	Controlam o movimento em conjunto com o córtex motor
Núcleos da parte basal do prosencéfalo	Desempenham um papel importante na estimulação, na aprendizagem, na memória e no controle motor; ricos em fibras colinérgicas
Claustro	Função obscura; pode integrar as informações entre o córtex cerebral e o sistema límbico

lesionados ou estimular e registrar a atividade elétrica na superfície do cérebro exposto durante cirurgias no encéfalo. Por volta de 1990, duas **técnicas de neuroimagem funcional** — **PET** e **RMf** (p. 18) — revolucionaram a ciência do cérebro. Elas revelam áreas de fluxo sanguíneo máximo para o cérebro que, presumidamente, participam da atividade mental que está sendo realizada. Uma varredura PET obtida durante as tarefas de fala e audição (**Figura 13.12**) indica áreas de maior oxigenação sanguínea, como mostram as cores vermelha e amarela, nos lobos frontal e temporal esquerdos — as regiões do córtex cerebral associadas a essas tarefas.

Reconhecem-se três tipos gerais de áreas funcionais no córtex cerebral (ver Figura 13.13): *áreas sensitivas*, que permitem a percepção consciente da sensibilidade; *áreas de associação*, que integram informações diversas para viabilizar a ação intencional, e *áreas motoras*, que controlam as funções motoras voluntárias. Existe uma área sensitiva para cada um dos sentidos principais. Cada

região é chamada de **córtex sensitivo primário**. Cada um dos córtices sensitivos primários está ligado a uma área de associação que processa a informação sensitiva — são as **áreas de associação sensitiva**. Outras áreas de associação recebem e integram aferências de várias regiões do córtex cerebral. Essas regiões chamam-se **áreas de associação multimodais**. Finalmente, as regiões do córtex que planejam e iniciam as funções motoras voluntárias se chamam **áreas motoras**. A informação é processada através dessas regiões do córtex cerebral de acordo com a seguinte hierarquia:

1. A informação sensitiva é recebida pelo córtex sensitivo primário e a chegada dessa informação resulta na percepção do tipo de sensibilidade.
2. A informação é retransmitida para a área de associação sensitiva que atribui significado ao tipo de aferência.
3. As áreas de associação multimodais recebem aferências em paralelo de várias áreas de associação

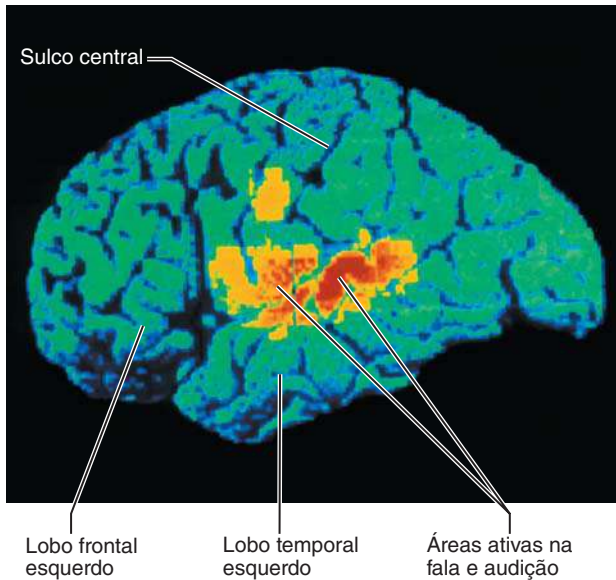


Figura 13.12 Neuroimagem funcional (PET) do córtex cerebral. A fala e a audição aumentam a atividade (fluxo sanguíneo: áreas em vermelho e amarelo) nos lobos frontal posterior e temporal superior esquerdos.

sensitiva, integrando toda aferência para criar uma compreensão completa da informação recebida. Essas regiões também integram a aferência com a experiência pregressa e desenvolvem uma resposta motora.

4. O plano motor é executado pelo córtex motor.

Por exemplo, uma buzina alta e estridente interrompe a aula:

1. O córtex sensitivo primário habilita-o a ouvir a buzina.
2. O córtex de associação auditiva indica que a buzina é um alarme de incêndio.
3. As áreas de associação multimodais integram o som à experiência pregressa (é um belo dia de primavera, época em que incêndios são comuns) e a outras informações sensitivas (não há cheiro de fumaça nem som de sirene do carro de bombeiros se aproximando da escola). Então, essas áreas elaboram uma resposta motora (pegar a bolsa e caminhar até a saída mais próxima).
4. O córtex motor inicia os movimentos necessários para executar o plano motor e você sai da sala de aula.

Como você sabe, todo esse processamento ocorre muito rapidamente, resultando em uma resposta motora dentro de uma fração de segundo.

As áreas funcionais do córtex cerebral são discutidas a seguir em mais detalhes. Não confunda as áreas motora e sensitiva com *neurônios* motores e sensitivos. Todos os neurônios no córtex cerebral são interneurô-

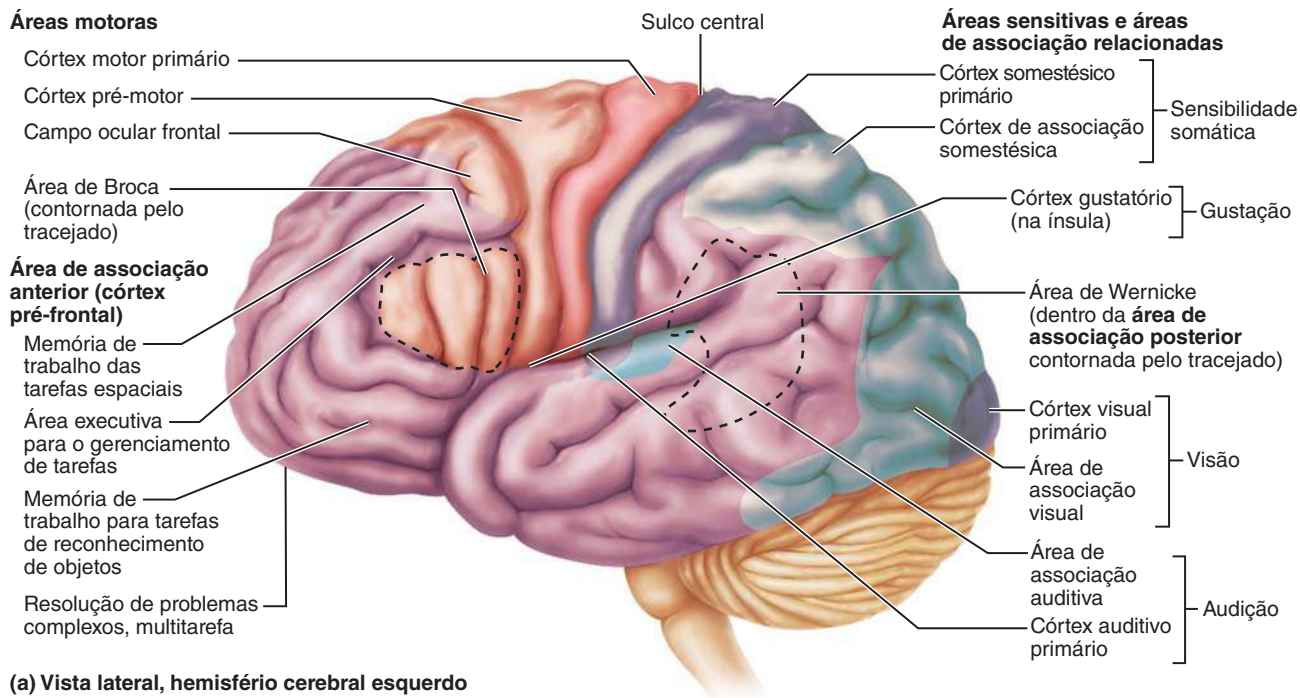
nios, que, por definição, estão confinados inteiramente no SNC.

Áreas sensitivas As áreas do córtex cerebral relacionadas à percepção consciente da sensibilidade ocorrem em partes dos lobos parietal, temporal e occipital. Essas áreas estão exibidas em roxo escuro (Figura 13.13). Existe uma área cortical distinta, um córtex sensitivo primário, para cada um dos sentidos principais: os sentidos somáticos gerais e os sentidos especiais da visão, audição, equilíbrio, olfação e gustação. O córtex sensitivo primário torna-o consciente dos estímulos sensitivos: você ouve um som, vê uma imagem ou sente dor na perna. As áreas de associação sensitiva adjacentes à área sensitiva primária interpretam o estímulo e atribuem um significado à sensibilidade: o som é uma campainha, a imagem é minha filha, a dor é de uma contusão. Essas áreas de associação sensitiva estão incluídas nesta discussão e são mostradas em verde-azulado (Figura 13.3a).

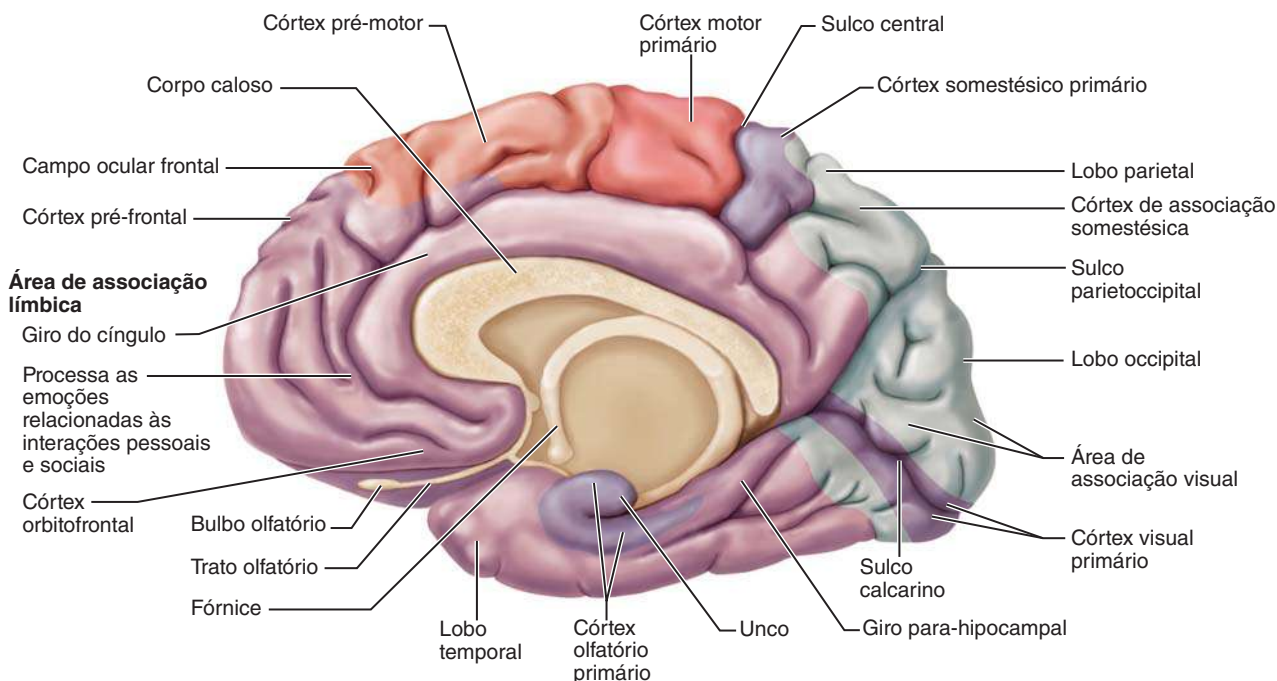
1. Áreas sensitivas somáticas. O córtex somestésico primário recebe informações de sensibilidade somática geral (tato, pressão, vibração, dor e temperatura da pele e propriocepção dos músculos e articulações), viabilizando a sua percepção consciente. Ele está situado ao longo do giro pós-central do lobo parietal (Figura 13.13). A sensibilidade somática geral é captada por receptores sensitivos na periferia do corpo, e retransmitidas através da medula espinal, tronco encefálico e tálamo para o córtex somestésico primário, onde os neurônios corticais processam a informação e identificam a área precisa do corpo que está sendo estimulada.

Cada região do córtex somestésico recebe estímulos sensitivos de uma área específica do corpo; desse modo, a aferência do corpo pode ser “mapeada” no giro pós-central. Esse mapa do córtex sensitivo primário (Figura 13.14, metade direita) chama-se **homúnculo sensitivo** (“homenzinho”). Repare que o corpo está representado de cabeça para baixo, com a face na parte inferolateral do giro pós-central, e os dedos dos pés como extremidade superomedial. A quantidade de córtex dedicada a uma região do corpo está relacionada com a sensibilidade dessa região — isto é, com a quantidade de receptores sensitivos dessa região. Os lábios e as pontas dos dedos são as partes mais sensíveis do corpo e, portanto, as maiores partes do homúnculo sensitivo.

O córtex somestésico primário exibe **projeção contralateral** dos receptores sensitivos. Isso significa que o hemisfério cerebral direito recebe seus estímulos sensitivos do lado esquerdo do corpo e o hemisfério cerebral esquerdo recebe seus estímulos do lado direito do corpo. Como você vai ver, muitas áreas do cérebro exibem projeção contralateral.



(a) Vista lateral, hemisfério cerebral esquerdo



(b) Visualização parassagital, hemisfério direito

- Córtex motor primário
- Córtex de associação motora
- Córtex sensitivo primário
- Córtex de associação sensitiva
- Córtex de associação multimodal

Figura 13.13 Áreas funcionais do córtex cerebral.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Dor do membro fantasma Pessoas que sofreram amputação de um membro costumam sentir dor na parte “fantasma” que não está mais presente. Muitas vezes, a dor é induzida pelo toque na pele do coto do membro ou na face. A amputação remove toda a aferência para a representação do membro no córtex somestésico primário. Essa área cortical cuja inervação foi removida é reinervada pelo crescimento dos axônios nas regiões corticais vizinhas que contêm representações da face ou do coto; assim, toques na face ou no coto são interpretados como estímulos provenientes do membro ausente.

Lesões no córtex somestésico primário destroem a capacidade consciente de sentir e localizar o tato, a pressão e as vibrações na pele. A maior parte da capacidade para sentir a dor e a temperatura é perdida, embora essas duas sensibilidades ainda possam ser percebidas de maneira vaga e mal localizada.

O **córtex de associação somestésica** situa-se no lado posterior ao córtex somestésico primário (Figura 13.13). Comunicando-se com o córtex somestésico primário, essa área de associação integra os estímulos sensitivos (tato, pressão e outros) em uma compreensão abrangente do que está sendo sentido. Por exemplo, quando você enfia a mão no bolso, a área de associação somestésica extrai as memórias armazenadas das experiências sensitivas pregressas e percebe os objetos que você sente como moedas ou chaves, por exemplo.

2. **Áreas visuais.** O **córtex visual primário** está na parte posterior e medial do lobo occipital (Figuras 13.13a e 13.13b), com grande parte dele na profundidade do **sulco calcarino** (“em forma de esporão”). A maior de todas as áreas sensitivas corticais, o córtex visual primário, recebe informações

visuais que se originam na retina do olho. O córtex visual exibe projeção contralateral: a metade direita do campo visual é representada no córtex visual esquerdo e a metade esquerda, no córtex direito. Aqui o processamento está em um nível baixo, comparativamente — observando a orientação dos objetos que estão sendo visualizados e consolidando os estímulos sensitivos dos dois olhos. Se essa área cortical for danificada, a pessoa não tem percepção consciente do que está sendo visualizado e é funcionalmente cega.

A **área de associação visual** circunda o córtex visual primário e cobre grande parte do lobo occipital. Comunicando-se com o córtex visual primário, a área de associação visual continua o processamento da informação visual, analisando a cor, a forma e o movimento.

3. **Áreas auditivas.** O **córtex auditivo primário** funciona na percepção consciente do som e está situado na margem superior do lobo temporal, principalmente dentro do sulco lateral (Figura 13.13a). Quando as ondas sonoras excitam os receptores de som da orelha interna, os impulsos são transmitidos

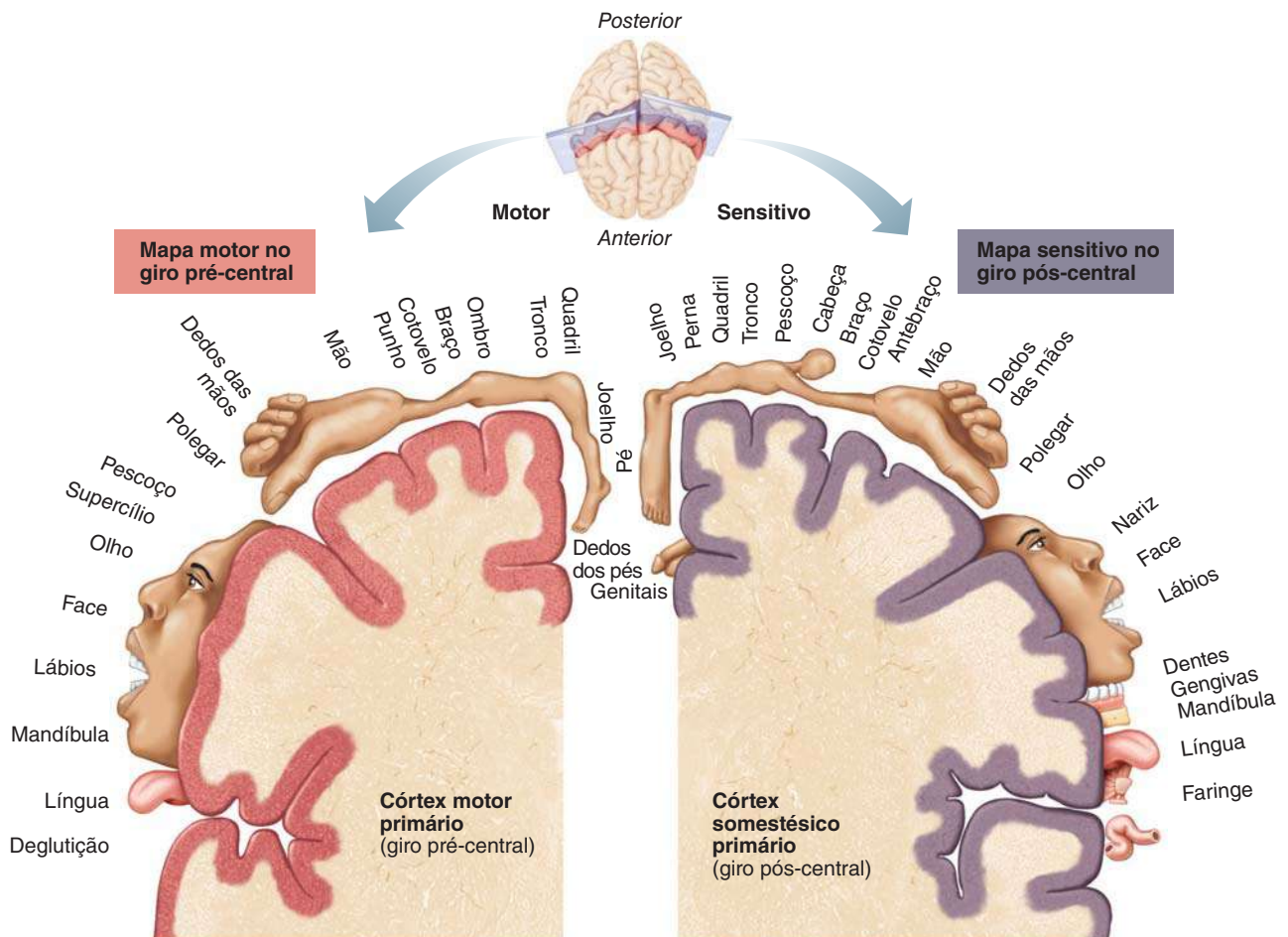


Figura 13.14 Mapas corporais no córtex motor primário e no córtex somestésico do cérebro. A quantidade relativa e a localização do tecido cortical dedicada a cada função são proporcionais à distorção dos diagramas corporais (homúnculos).

para o córtex auditivo primário, onde essa informação é associada a intensidade, ritmo e altura (notas altas e baixas).

A **área de associação auditiva** é imediatamente posterior e lateral à área auditiva primária. Essa área permite a avaliação de um som como um chiado, um trovão ou uma música, por exemplo.

4. **Córtex vestibular (equilíbrio).** A parte do córtex responsável pela percepção consciente do sentido de equilíbrio, ou seja, da posição da cabeça no espaço, localiza-se na parte posterior da ínsula, abaixo do sulco lateral.
5. **Córtex gustatório.** O córtex gustatório situa-se na ínsula e está ligado à percepção consciente dos estímulos do paladar.
6. **Córtex olfatório.** O córtex olfatório primário ou *córtex piriforme* encontra-se na face medial do lobo temporal, em uma pequena região chamada **unco** (Figura 13.13b). Os nervos olfatórios da cavidade nasal transmitem impulsos que são retransmitidos para o córtex olfatório, resultando na percepção consciente dos odores.

O córtex olfatório faz parte de uma área do cérebro chamada *rinencéfalo* (“cérebro do nariz”), que inclui todas as partes do cérebro que recebem diretamente os sinais olfatórios: o **córtex**, o **trato** e o **bulbo olfatórios** e algumas estruturas vizinhas.
7. **Área sensitiva visceral.** O córtex sensitivo visceral está localizado profundamente no sulco lateral na ínsula. Essa área recebe estímulos sensoriais gerais (dor, pressão, fome etc.) dos órgãos torácicos e abdominais.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Agnosia Lesões a uma área de associação sensitiva causam **agnosia**, a incapacidade para compreender os estímulos sensitivos captados pelos receptores sensoriais do SNP. Assim, um indivíduo com lesão na área de associação visual pode ter uma visão excelente, mas não compreender nada do que está vendo. Se o córtex de associação auditiva for prejudicado, a pessoa pode ouvir sons, mas não distinguirá uma sirene de um trompete. O dano à área de associação somestésica incapacitaria alguém de identificar chaves no bolso utilizando apenas o tato; seria preciso tirá-las do bolso e olhar para elas para determinar o que são.

Áreas motoras As áreas corticais que controlam as funções motoras — *córtex motor primário*, *córtex pré-motor*, *campo ocular frontal* e *área de Broca* — situam-se na parte posterior do lobo frontal.

1. **Córtex motor primário.** O **córtex motor primário** localiza-se ao longo do giro pré-central do lobo frontal, imediatamente antes do córtex sensi-

tivo primário (Figura 13.13). Nessa área, existem grandes neurônios chamados **células piramidais**. Os longos axônios das células piramidais formam os **tratos piramidais** maciços que descem pelo tronco encefálico e pela medula espinal. Os axônios nos tratos piramidais comunicam-se por sinapses com os neurônios motores para realizar movimentos voluntários precisos do corpo, especialmente dos músculos dos antebraços, dos dedos das mãos e da face. A projeção dos axônios piramidais é contralateral.

O corpo humano é representado espacialmente no córtex motor primário de cada hemisfério. Essa representação do corpo mapeada no córtex motor é ilustrada pelo **homúnculo motor** (Figura 13.14, lado esquerdo). As células piramidais que controlam o movimento da mão estão em um lugar e as que controlam o movimento do pé estão em outro. Assim como acontece no córtex sensitivo primário, o corpo é representado de cabeça para baixo, com a cabeça na parte inferolateral do giro pré-central e os dedos dos pés na extremidade superomedial. Repare que as representações da face e da mão são desproporcionalmente grandes: os músculos da face e da mão conseguem executar movimentos muito delicados e hábeis, já que tantas células piramidais os controlam.

O conceito de um mapa motor não significa que cada músculo do corpo seja mapeado no giro pré-central. Cada célula piramidal no córtex motor estimula a contração de vários músculos relacionados, que trabalham juntos para produzir um movimento executado com frequência.

2. **Córtex pré-motor.** Imediatamente antes do giro pré-central encontra-se o **córtex pré-motor** (Figura 13.13). Essa região planeja e coordena movimentos complexos e retransmite o plano para o córtex motor primário visando à execução. O córtex pré-motor recebe informações altamente processadas das regiões sensitivas e multimodais do córtex. Utilizando essa informação, ele controla as ações voluntárias que dependem de *retroalimentação* sensitiva sobre as relações espaciais, como mover um braço através de um labirinto de obstáculos e pegar um objeto escondido ou pegar uma bola alta em um campo aberto.
3. **Campo ocular frontal.** O **campo ocular frontal** está situado anteriormente no córtex pré-motor (Figura 13.13) e controla os movimentos voluntários dos olhos, especialmente quando se olha rapidamente para algo, como acontece quando os olhos acompanham um objeto móvel.
4. **Área de Broca.** A área motora conhecida como **área de Broca** encontra-se na parte inferior do córtex pré-motor no hemisfério cerebral esquerdo, ou *dominante para a linguagem* (Figura 13.13a). Ela controla os movimentos motores necessários para a fala e está extensivamente conectada às áreas de

compreensão da linguagem, na área de associação posterior. A região correspondente no hemisfério direito, ou *intuitivo-emocional*, controla as conotações emocionais fornecidas pelas palavras faladas. Pessoas com danos na área de Broca exibem um discurso deliberadamente não fluente, com articulação prejudicada, mas conseguem entender a maioria dos aspectos do discurso de seus interlocutores.

Áreas de associação multimodais As **áreas de associação multimodais** são grandes regiões do córtex cerebral que recebem estímulos sensitivos de várias modalidades de sensibilidade e das áreas de associação sensitiva. Uma área de associação multimodal interliga, ou faz *associações* entre, vários tipos de informação sensitiva. A área multimodal também associa novas informações sensitivas com as memórias das experiências pregressas e planeja as respostas motoras convenientes.

Existem três áreas de associação multimodal: (1) **área de associação posterior**, (2) **área de associação anterior** (Figura 13.13a, regiões lilás-azuladas) e (3) **área de associação límbica** (Figura 13.13b, regiões lilás-azuladas).

1. Área de associação posterior. Esta área multimodal está situada na interface das áreas de associação visual, auditiva e somestésica, nos lobos parietal e temporal (Figura 13.13a). Ela integra todos esses tipos de informações sensitivas para formar uma percepção unificada do tipo de sensibilidade. Uma de suas funções é a percepção da localização espacial do corpo tomando a si mesmo e o mundo exterior como referência. Esse “sentido corporal” requer informações sensitivas permanentes dos sentidos proprioceptivos, do sistema visual e do aparelho vestibular para determinar onde o corpo está o tempo todo. Essa informação é integrada para determinar como mover os membros de uma pessoa no espaço e depois é retransmitida para a área de associação anterior (uma região motora), que dita esses movimentos.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Síndrome da negligência Lesões à área de associação posterior podem provocar a negligência do lado oposto do corpo. Isso é particularmente provável quando há uma lesão nessa área multimodal no lado direito, pois na maioria das pessoas o hemisfério cerebral direito é mais dominante na integração da consciência corporal. Sem a capacidade para integrar as informações sensitivas do lado esquerdo do corpo, o indivíduo lesionado não percebe que as partes desse lado do corpo existem e, portanto, as negligencia — não limpa, veste ou reconhece o lado negligenciado. Um indivíduo com essa síndrome desejará saber o que seu braço ou perna esquerdos estão fazendo com ele na cama.

O processamento visual complexo estende-se do lobo occipital até a área de associação posterior

nos lobos temporal e parietal. A informação visual segue anteriormente através dessas áreas de associação em dois fluxos (Figura 13.15). O **fluxo dorsal** estende-se pelo córtex parietal posterior até o giro pré-central e percebe a relação espacial entre vários objetos. Isso é conhecido como *via do “onde”*, que identifica a localização dos objetos. O **fluxo ventral** estende-se pela parte inferior do lobo temporal e é responsável por reconhecer objetos, palavras durante a leitura e faces (o reconhecimento facial usa apenas o hemisfério direito). Ele é conhecido como *via do “que”*, pois identifica o que as coisas são.

Assim como os estímulos visuais são processados por dois fluxos em paralelo, os estímulos auditivos são processados serialmente e em paralelo também ao longo de duas vias, da área de associação auditiva através das áreas de associação multimodal (Figura 13.16). A via posterolateral através do lobo parietal até a parte lateral do lobo frontal avalia a localização de um estímulo sonoro — a via do “onde”. A via anterolateral do lobo temporal anterior até a região inferior do lobo frontal processa informações relacionadas à identificação do som — a via do “que”.

Outra função importante da área de associação posterior está relacionada à compreensão da linguagem e à fala. Na área de associação posterior no lado esquerdo (na maioria das pessoas), existem regiões que funcionam na compreensão da fala (*área de Wernicke*, Figura 13.13a) e na coordenação dos aspectos auditivo e visual da linguagem, como denominar os objetos visualizados e ler palavras (as vias do “que” através do lobo temporal, Figuras 13.15 e 13.16). Há uma ampla ligação entre essas regiões e as regiões motoras que produzem a linguagem (*área de Broca*). Lesões nessas regiões resultam em dificuldades com a compreensão da linguagem, mas não prejudicam a produção da fala.

As áreas correspondentes no hemisfério direito agem na interpretação criativa das palavras e no controle das conotações emocionais da fala.

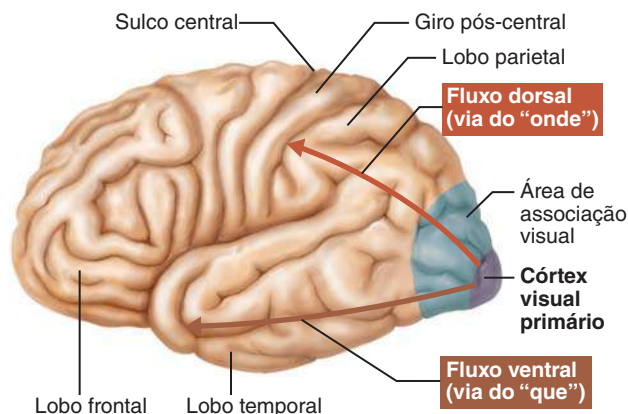


Figura 13.15 Vias visuais através das áreas de associação multimodal.

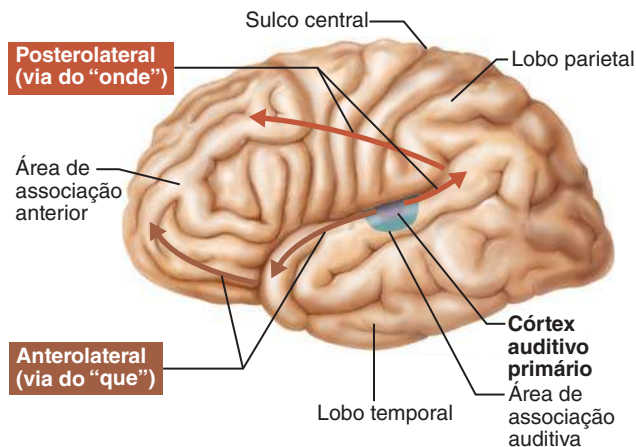


Figura 13.16 Vias auditivas através das áreas de associação multimodal.

2. Área de associação anterior (córtex pré-frontal).

Essa área de associação multimodal é a grande região anterior do lobo frontal (Figura 13.13a). Ela recebe informações sensitivas altamente processadas da área de associação posterior, integra essas informações às experiências pregressas por meio da conexão com a área de associação límbica (descrita a seguir) e planeja/inicia as respostas motoras graças à ligação com as regiões motoras. O movimento coordenado através do ambiente resulta de uma avaliação permanente de e uma resposta aos estímulos sensitivos provenientes dos proprioceptores nos músculos e articulações, estímulos viscerais, estímulos vestibulares e conhecimento da localização espacial do corpo tomando o entorno como referência.

Nessa área de associação anterior, além dessa função motora comparativamente direta, porém complexa, ocorrem funções cognitivas como raciocinar, perceber e lembrar-se intencionalmente das informações. O funcionamento adequado dessa região é necessário para processar ideias abstratas, raciocinar e decidir, controlar os impulsos, planejar a longo prazo, solucionar problemas complexos e também para a flexibilidade mental, as habilidades sociais, o bom humor, a empatia e a consciência. Ela tem ligações estreitas com a parte emocional (límbica) do cérebro, por isso também está relacionada com o humor. A tremenda elaboração da área de associação anterior distingue os humanos dos outros animais.

Tumores ou lesões nessa região podem provocar transtornos mentais e de personalidade. Podem ocorrer amplas oscilações no humor e perda de atenção, de inibições e de bom senso. Em termos de desenvolvimento, a área de associação anterior é uma das últimas partes do cérebro a amadurecer. Ela não se forma plenamente até a idade adulta — um fato que explica por que falta bom senso aos adolescentes.

3. Área de associação límbica.

Essa área de associação multimodal está situada medialmente nos he-

misférios cerebrais em partes dos lobos temporal, parietal e frontal (Figura 13.13b) e inclui o giro do cíngulo, o hipocampo e o giro para-hipocampal. Ela está ligada à memória e à emoção, integra o comportamento sensitivo-motor com a experiência pregressa, ajuda a formar a memória e utiliza essa experiência anterior para influenciar a resposta motora futura. A área de associação límbica também processa as emoções relacionadas às interações pessoais e sociais complexas e guia a resposta emocional. Essa região cortical faz parte do sistema límbico, um sistema cerebral funcional (discutido em mais detalhes na p. 412).

Lateralização do funcionamento cortical Você já viu que existe alguma divisão do trabalho entre os hemisférios cerebrais direito e esquerdo, como no fato de os dois hemisférios controlarem lados opostos do corpo. Além disso, os hemisférios são especializados em diferentes funções cognitivas: na maioria das pessoas (90% a 95%), o hemisfério cerebral esquerdo tem um controle maior sobre as capacidades de linguagem, matemática e lógica, ao passo que o direito está mais ligado às habilidades visuais espaciais, leitura das expressões faciais, intuição, emoção e habilidades artísticas e musicais. Enquanto o hemisfério direito lida com o grande cenário, o esquerdo lida com os detalhes, que tenta interpretar logicamente. Nos 5% a 10% restantes da população, esses dois papéis dos hemisférios são invertidos ou os dois hemisférios compartilham igualmente suas funções cognitivas.

Apesar de suas diferenças, os dois hemisférios cerebrais são quase idênticos quanto à estrutura e compartilham a maioria das funções e memórias. Esse compartilhamento é possível porque os hemisférios se comunicam através de tratos de fibras (*fibras comissurais*).

✓ Verifique seu conhecimento

- 12. Qual é a diferença funcional entre o córtex sensitivo primário e uma área de associação sensitiva?
- 13. Qual área funcional do córtex cerebral planeja os movimentos complexos? Qual área sinaliza a execução desses movimentos?
- 14. Defina projeção contralateral.
- 15. Quais déficits podem decorrer de lesão no lobo occipital?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Substância branca do cérebro

A substância branca é subjacente à substância cinzenta do córtex cerebral. É por meio das muitas fibras que formam a substância branca que as diversas áreas do córtex cerebral se comunicam umas com as outras e com o tronco encefálico e a medula espinal. A maioria dessas fibras é mielinizada e reunida em feixes, for-

mando grandes tratos. As fibras são classificadas como *fibras comissurais*, *fibras de associação* ou *fibras de projeção*, segundo o lugar por onde passam (Figura 13.17 e Tabela 13.1, p. 404).

- As **fibras comissurais** cruzam o SNC de um lado a outro. As fibras comissurais do cérebro interconectam as áreas cinzentas correspondentes dos

hemisférios cerebrais direito e esquerdo, permitindo que ambos trabalhem juntos como um todo coordenado. A maior comissura é o **corpo caloso** (“corpo espessado”), uma ampla faixa situada acima dos ventrículos laterais e situada profundamente na fissura longitudinal (Figura 13.17a).

- As **fibras de associação** conectam diferentes partes do mesmo hemisfério. As fibras de associação

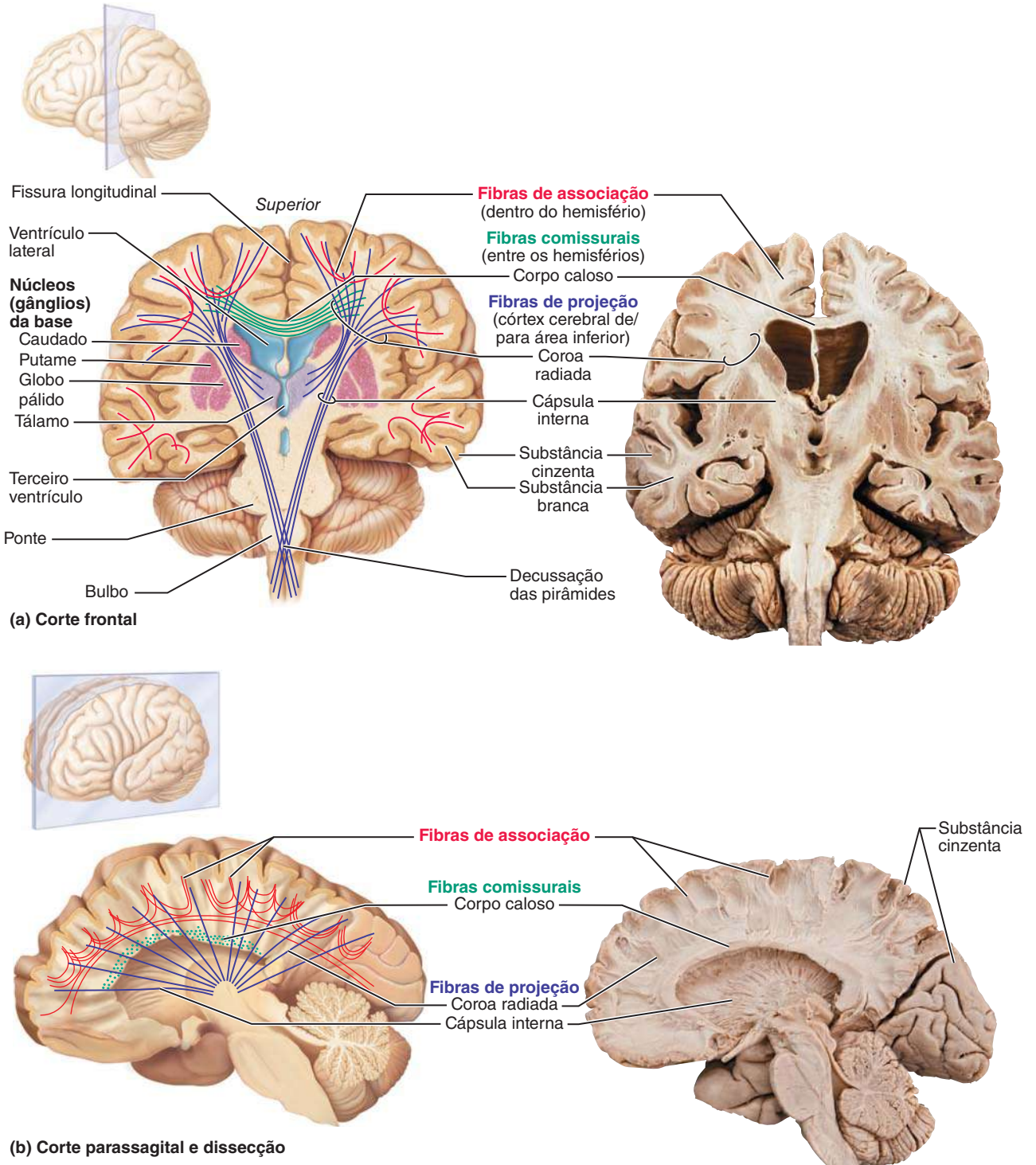


Figura 13.17 Tratos dos hemisférios cerebrais. Fibras comissurais, de associação e de projeção passam dentro do cérebro e entre ele e as partes inferiores do SNC.

curtas conectam as áreas corticais vizinhas e as fibras de associação longas conectam lobos corticais bem separados.

- As **fibras de projeção** descem do córtex cerebral para as partes mais caudais do SNC ou sobem para o córtex, provenientes das regiões mais baixas. É através das fibras de projeção que a informação sensitiva alcança o córtex cerebral e que as instruções motoras saem desse córtex. Essas fibras seguem na direção vertical, enquanto a maioria das fibras comissurais e de associação segue na direção horizontal.

Profundamente na substância branca cerebral, as fibras de projeção formam um feixe compacto chamado **cápsula interna**, que passa por entre o tálamo e algumas das profundas massas de substância cinzenta, os *núcleos (gânglios) da base* (Figura 13.17). Acima da cápsula interna, as fibras de projeção que entram e saem do córtex cerebral se abrem em leque e formam a **coroa radiada**.

Substância cinzenta profunda do cérebro

A substância cinzenta profunda do cérebro consiste nos *núcleos (gânglios) basais*, ligados ao controle motor; nos *núcleos do prosencéfalo basal*, associados à memória; e no *claustró*, um núcleo cerebral de função desconhecida (Tabela 13.1, p. 404). O *corpo amigdalóide* também é formado por substância cinzenta profunda do cérebro, faz parte do sistema límbico e está incluído na discussão desse sistema cerebral funcional.

Núcleos (gânglios) da base Dentro da substância branca cerebral existe um grupo de núcleos cerebrais corticais chamados coletivamente **núcleos da base (gânglios⁴)**: o **núcleo caudado** (“como uma cauda”), o **putame** (“cápsula”) e o **globo pálido** (Figura 13.18). O núcleo caudado e o putame, juntos, intitulam-se estriado, pois algumas fibras da cápsula interna que passam por eles criam uma aparência estriada (Figura 13.17a). O núcleo caudado forma um arco na direção superior sobre o tálamo e situa-se na posição mediana à cápsula interna. O globo pálido e o putame estão localizados lateralmente à cápsula interna (Figura 13.17a).

Funcionalmente, os núcleos da base podem ser encarados como calculadoras neurais complexas que cooperam com o córtex cerebral no controle dos movimentos. Eles recebem aferências de muitas áreas corticais e enviam quase toda a sua eferência de volta ao córtex motor através de uma retransmissão no tálamo. A substância negra no mesencéfalo (exibida na Figura 13.18a) também influencia a atividade dos núcleos da base.

Os núcleos da base iniciam, interrompem e regulam a intensidade dos movimentos voluntários ordenados e executados pelo córtex cerebral. Eles podem selecionar os músculos ou os movimentos adequados para uma tarefa e inibir os músculos antagonistas relevantes. Também controlam as tarefas rítmicas e repetitivas e participam da aprendizagem dos hábitos. Finalmente, em um papel não motor, os núcleos da base estimam de algum modo a passagem do tempo.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Discinesia Condições degenerativas dos vários núcleos da base produzem *discinesia*, que significa literalmente “movimentos ruins”. Duas condições discinéticas são a doença de Parkinson e a doença de Huntington.

A **doença de Parkinson** é caracterizada por movimentos lentos e irregulares; tremor da face, membros ou mãos; rigidez muscular; e grande dificuldade para iniciar movimentos voluntários. Essa condição resulta da degeneração de uma parte da substância negra no mesencéfalo que normalmente envia estímulos inibitórios para os núcleos da base. A perda de estímulos inibitórios da substância negra leva a um globo pálido hiperativo, que inibe o córtex motor e tem o efeito de um freio preso em um automóvel ou bicicleta. A causa definitiva da doença de Parkinson é desconhecida. Ela pode ser provocada por acúmulos de toxinas ambientais, acúmulo de ferro no cérebro ou acúmulo de lesões celulares e teciduais decorrentes dos radicais livres.

A **doença de Huntington** resulta em uma hiperestimulação das atividades motoras, fazendo os membros sacudirem de modo descontrolado. Os sinais da doença são causados pela degeneração da via dos núcleos da base que inibe a atividade motora, e o córtex cerebral acaba se degenerando também. A condição é herdada e a natureza exata do defeito genético no DNA já foi descoberta.

Núcleos do prosencéfalo basal Os **núcleos do prosencéfalo basal** são quatro estruturas importantes no cérebro: os *núcleos septais*, a *faixa diagonal (de Broca)*, a *faixa horizontal (de Broca)* e o *núcleo da base (de Meynert)*. Essas estruturas fazem parte do sistema colinérgico do prosencéfalo basal (neurônios que sintetizam e liberam acetilcolina) e estão situadas em uma posição anterodorsal ao hipotálamo. As funções principais desse sistema estão relacionadas com a estimulação, a aprendizagem, a memória e o controle motor. A degeneração dos núcleos do prosencéfalo basal e a redução resultante na atividade colinérgica estão associadas à doença de Alzheimer (uma forma de demência), cujos primeiros

⁴ Historicamente, a substância cinzenta profunda do cérebro chamava-se “gânglios basais”. Hoje, essas estruturas denominam-se “núcleos da base” porque o termo *gânglios* se refere a conjuntos de corpos celulares no SNP. Como muitas fontes ainda empregam esse termo, nós o incluímos por questão de clareza. Os *núcleos (gânglios) da base* descritos aqui são diferentes dos *núcleos do prosencéfalo basal* (parte do sistema colinérgico cerebral), que serão discutidos em breve.

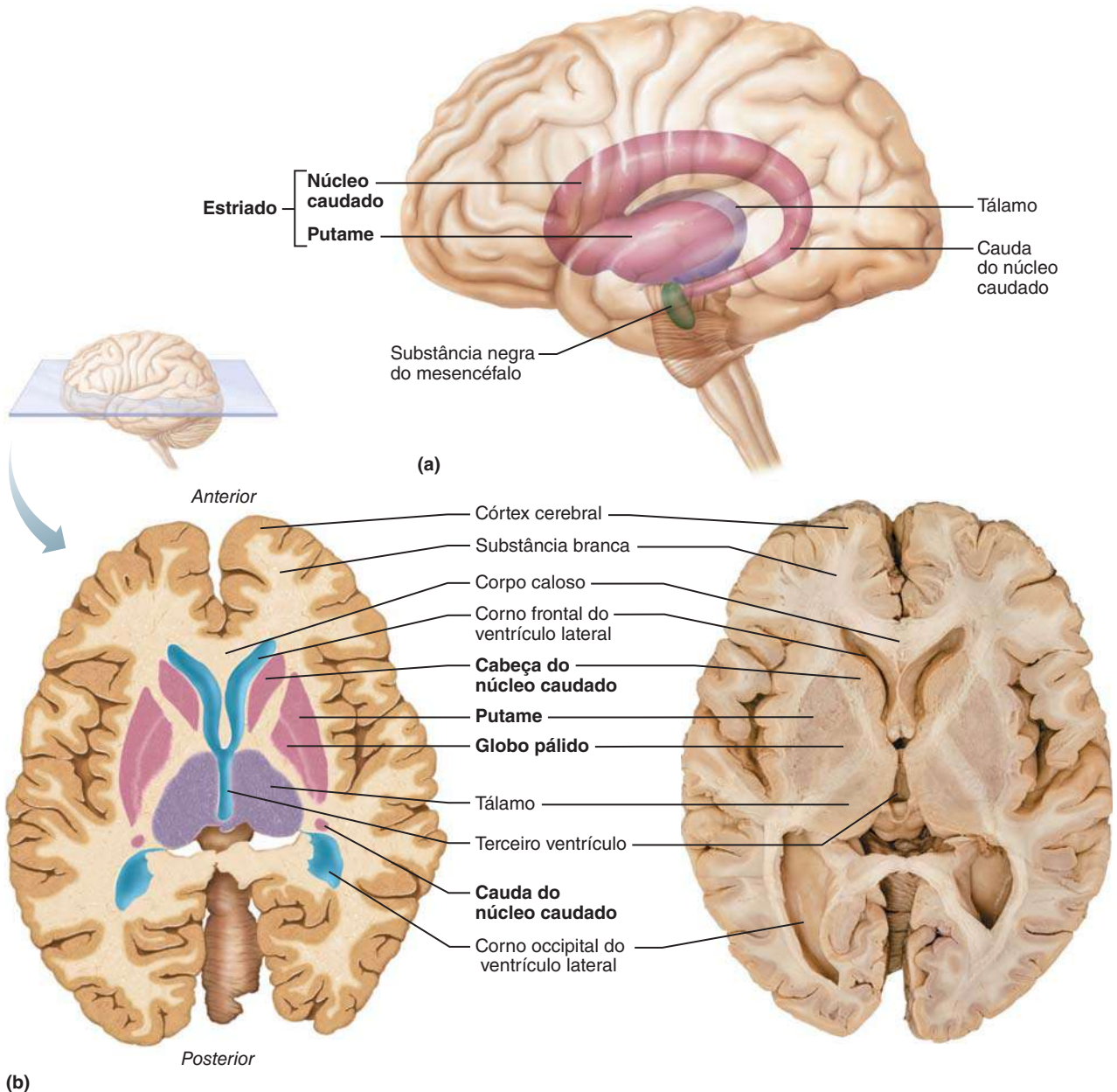


Figura 13.18 Núcleos da base. (a) Vista tridimensional dos núcleos da base dentro do cérebro. (b) Corte transversal do cérebro e do diencefalo exibindo a relação entre os núcleos da base com o tálamo, e com os dos ventrículos laterais e o terceiro ventrículo.

sintomas são o esquecimento e a diminuição da atenção. Com a evolução da doença, a perda de memória torna-se mais grave; as habilidades de linguagem deterioram-se; e o raciocínio abstrato, o bom senso, a personalidade e a emoção podem ser afetados (para uma discussão mais detalhada da doença de Alzheimer, ver p. 435).

✓ Verifique seu conhecimento

- 16. Mencione os tratos que conectam o córtex cerebral às regiões mais caudais do SNC.
- 17. Onde está situado o núcleo caudado, tomando como referência os ventrículos laterais?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Sistemas funcionais do encéfalo

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a localização e as funções do sistema límbico e da formação reticular.

Os sistemas funcionais do encéfalo são redes de neurônios que trabalham juntos, apesar de abrangerem distâncias grandes no encéfalo. Esta seção concentra-se em dois sistemas funcionais importantes: o *sistema límbico* e a *formação reticular*.

Sistema límbico

O sistema límbico é o chamado “cérebro emocional”. Ele é responsável pelo impacto emocional que

ações, os comportamentos e as situações exercem sobre nós (nossos “sentimentos”); ele direciona nossa resposta para essas emoções e atua na criação, no armazenamento e na recuperação das memórias, particularmente as que despertam emoções fortes. Esse sistema funcional consiste em um grupo de estruturas localizadas na face medial de cada hemisfério cerebral e no diencefalo (**Figura 13.19**). No telencefalo, as estruturas límbicas formam um amplo anel (*limbus* = faixa de cabeça) que inclui o *giro do cíngulo*, os *núcleos septais*, parte do *corpo amigdalóide* e a *formação hipocampal*. No diencefalo, as principais estruturas límbicas são os *núcleos do tálamo anteriores* e o *hipotálamo*. O **fórnice** (“arco”) e outros tratos fibrosos interligam o sistema límbico, que também cobre o rinocéfalo, as porções do córtex que processam sinais olfatórios. Isso explica por que os odores costumam desencadear emoções.

Os principais componentes do sistema límbico são descritos a seguir.

- O **giro do cíngulo** (“em forma de cinto”) é a parte do córtex cerebral localizada na posição superior ao corpo caloso (Figura 13.19). Ele está ligado a outras regiões do córtex cerebral e, através de duas conexões com as regiões sensitivas, medeia a resposta emocional a esses estímulos, como achar os estímulos dolorosos desagradáveis. Suas conexões com o hipotálamo e o córtex pré-frontal geram e controlam as respostas viscerais e emocionais às emoções.

- A **formação hipocampal**, localizada no lobo temporal, é formada pelo **hipocampo** (“cavalo-marinho”) e pelo **giro para-hipocampal**. Essas regiões codificam, consolidam e depois recuperam as lembranças dos fatos e eventos. A formação hipocampal recebe informações para serem lembradas pelo resto do córtex cerebral; ela processa esses dados e os devolve ao córtex, onde são armazenados como memórias de longo prazo.
- O **corpo amigdalóide** consiste em substância cinzenta subcortical que contém os principais núcleos cerebrais para processar o medo e estimular a resposta simpática conveniente para essa sensibilidade. O corpo amigdalóide também forma as memórias das experiências com base inteiramente em seu impacto emocional, sobretudo as relacionadas ao medo. Se as pessoas forem lembradas dessas experiências mais tarde, o corpo amigdalóide recupera as lembranças e faz que elas revivam a emoção original. Isso é benéfico porque permite que os indivíduos tomem decisões informadas sobre situações difíceis e arriscadas, com base nas lembranças das experiências emocionais progressas.

A hiperatividade no corpo amigdalóide e a disfunção no córtex pré-frontal medial (área de associação límbica) e no hipocampo relacionam-se à resposta exagerada à lembrança desencadeada vivida pelos indivíduos que sofrem de **transtorno de estresse pós-traumático (PTSD)**.

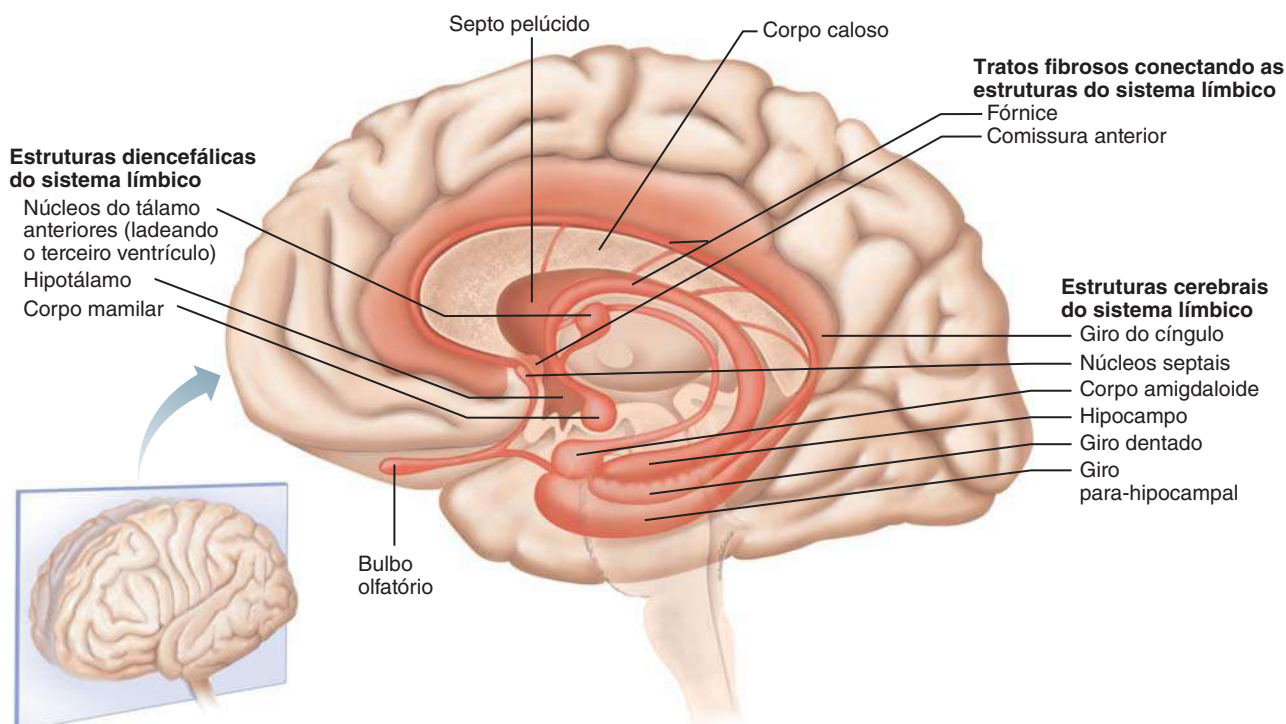


Figura 13.19 Sistema límbico. Vista da face mediana do telencefalo e do diencefalo ilustrando as estruturas do sistema límbico, o cérebro emocional-visceral.

O sistema límbico comunica-se com muitas outras regiões do encéfalo. A maior parte da eferência do sistema límbico é retransmitida através do hipotálamo e da formação reticular (discutida a seguir), que controlam as respostas viscerais. É por isso que as pessoas submetidas a estresse emocional podem sofrer enfermidades viscerais, como pressão arterial elevada e azia. O sistema límbico também interage amplamente com o córtex pré-frontal do cérebro. Desse modo, os sentimentos (mediados pelo cérebro emocional) interagem estreitamente com os pensamentos (mediados pelo cérebro pensante).

Formação reticular

A **formação reticular** passa pelo cerne do tronco encefálico (**Figura 13.20**). Os neurônios da formação reticular possuem axônios longos e ramificados que se projetam para regiões bem separadas do tálamo, cerebelo e medula espinal. Essas conexões espalhadas tornam os neurônios reticulares ideais para governar a estimulação do encéfalo como um todo. Certos neurônios reticulares enviam um fluxo contínuo de impulsos para o cérebro (através de retransmissões no tálamo), mantendo assim o córtex cerebral em um estado alerta, consciente (lado esquerdo da Figura 13.20). Esse braço da formação reticular, que mantém a consciência e a vigília, é denominado **sistema ativador reticular**

ascendente (SARA), que se situa principalmente no grupo nuclear mediano da ponte e do bulbo no tronco encefálico (ver Figura 13.7).

Os axônios de todos os principais tratos sensitivos ascendentes fazem sinapse com os neurônios do SARA, mantendo esses neurônios reticulares ativos e aumentando seu efeito de excitação no cérebro. O fato de os estímulos visuais, auditivos e táteis conservarem as pessoas acordadas e mentalmente alertas explica por que muitos alunos gostam de estudar em uma sala cheia de gente: eles são estimulados pela agitação do ambiente. O SARA também atua no sono e no despertar do sono. A anestesia geral, o álcool, os tranquilizantes e os medicamentos que induzem o sono deprimem o SARA e levam a uma perda de vigília e consciência. A lesão severa no SARA é uma causa do coma.

As vias descendentes da formação reticular (lado direito da Figura 13.20) enviam axônios para a medula espinal via tratos reticulospinais. Certas vias descendentes da formação reticular influenciam os neurônios motores somáticos para os músculos posturais. Outras diminuem o tônus muscular inibindo os neurônios motores, como acontece quando uma pessoa está dormindo. Os axônios da formação reticular influenciam os neurônios autônomos que regulam as funções viscerais como a frequência cardíaca, a pressão arterial e a respi-

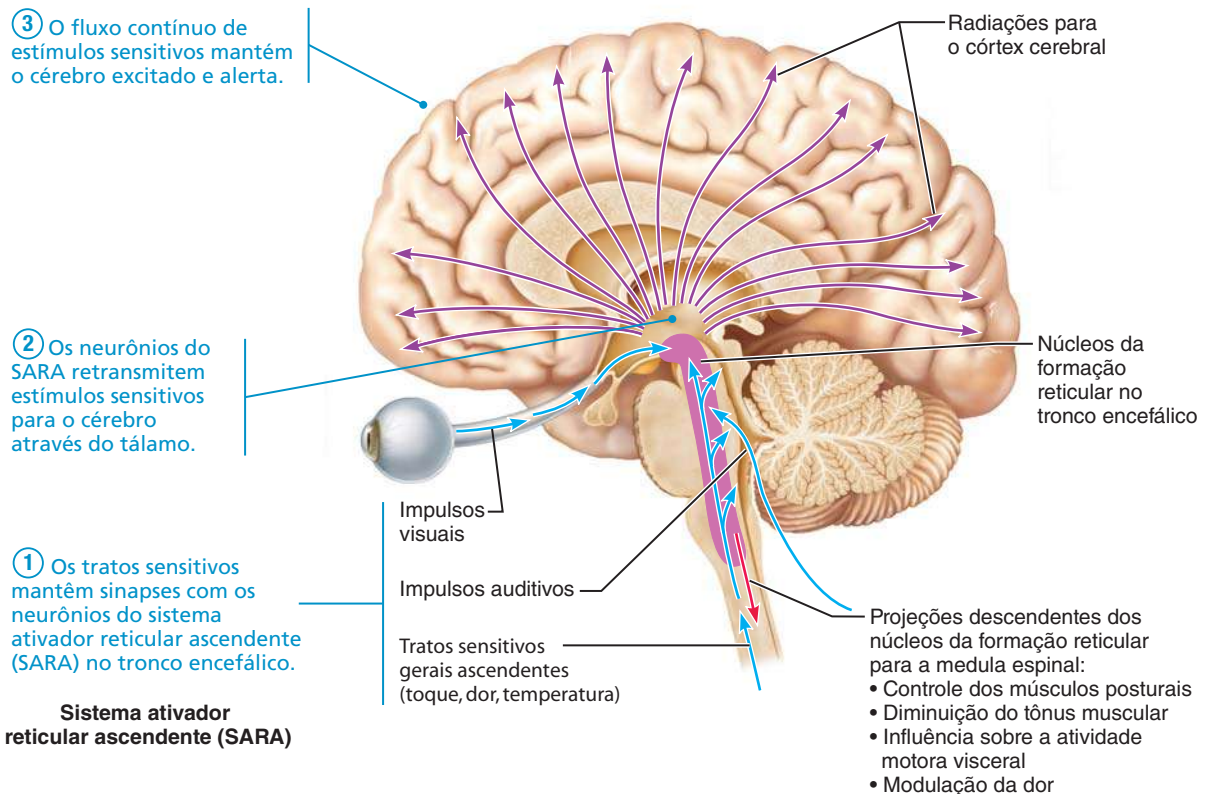


Figura 13.20 Formação reticular. Esse sistema funcional do encéfalo estende-se pelo comprimento do tronco encefálico. Parte dessa formação, o sistema ativador reticular ascendente (SARA), mantém a vigília alerta do córtex cerebral.

ração (discutidas nas p. 395-396, grupo nuclear lateral na Figura 13.7c). Outro grupo de fibras descendentes da formação reticular influencia nossa percepção da dor inibindo a transmissão dos impulsos de dor.

As partes principais do encéfalo e suas funções são apresentadas em resumo para análise (Tabela 13.2).

✓ Verifique seu conhecimento

- 18. De onde os núcleos reticulares recebem estímulos? Para onde se projetam?
- 19. Qual resposta emocional o corpo amigdalóide estimula?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Proteção do encéfalo

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever os revestimentos meníngeos que circundam o cérebro e explicar como as meninges e o líquido cefalorraquidiano protegem as estruturas do SNC;
- ▶ mostrar como o líquido cefalorraquidiano é formado e descrever seu padrão de circulação.

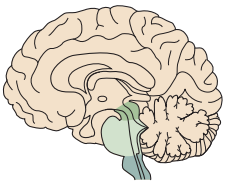
O tecido nervoso é delicado e os neurônios insubstituíveis podem ser lesionados até mesmo pelo menor impacto. O cérebro é protegido de lesão decorrente de forças externas pelo crânio, por membranas de tecido conjuntivo circundante, chamadas *meninges*,

Tabela 13.2 Funções das partes principais do encéfalo

Parte

Função

TRONCO ENCEFÁLICO (P. 392-397)



Bulbo:

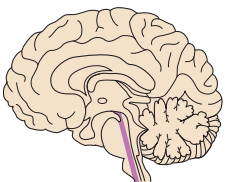
- Contém fibras de projeção
- Local de decussação das pirâmides
- Retransmite as vias sensitivas ascendentes que transmitem impulsos da pele e dos proprioceptores através dos núcleos cuneiforme e grácil
- Retransmite informações sensitivas para o cerebelo através dos núcleos olivares inferiores
- Contém núcleos dos nervos cranianos VIII-X e XII
- Contém núcleos viscerais que controlam a frequência cardíaca, o diâmetro dos vasos sanguíneos, a frequência respiratória, o vômito, a tosse etc.

Ponte:

- Contém fibras de projeção
- Os núcleos da ponte retransmitem as informações do cérebro para o cerebelo
- Contém núcleos dos nervos cranianos V-VII
- Contém núcleos da formação reticular

Mesencéfalo:

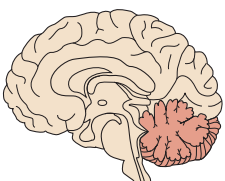
- Contém fibras de projeção (por exemplo, os pedúnculos cerebrais contêm as fibras dos tratos piramidais)
- Contém centros motores subcorticais (substância negra e núcleos rubros)
- Contém núcleos dos nervos craniais III e IV
- Contém os centros reflexos visual (colículos superiores) e auditivo (colículos inferiores)



Formação reticular (p. 415-416) — sistema funcional:

- Mantém a vigília cortical cerebral (sistema ativador reticular ascendente)
- Filtra os estímulos repetitivos
- Ajuda a regular a atividade muscular esquelética e visceral e a modular a dor

CEREBELO (P. 397-399)



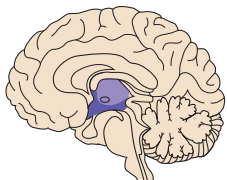
Cerebelo:

- Processa a entrada do córtex motor cerebral, dos proprioceptores, e das vias visual e do equilíbrio
- Fornece a saída para o córtex motor cerebral e para os centros motores subcorticais que resultam em movimentos musculares esqueléticos suaves e coordenados
- Responsável pelo equilíbrio e pela postura

Tabela 13.2 continuação

Parte

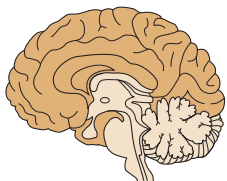
Função

DIENCÉFALO (P. 399-402)**Tálamo:**

- Retransmite os impulsos sensitivos para o córtex cerebral visando à sua interpretação
- Retransmite os impulsos entre o córtex cerebral e os centros motores subcorticais, incluindo os núcleos da base e o cerebelo
- Relacionado ao processamento da memória

Hipotálamo:

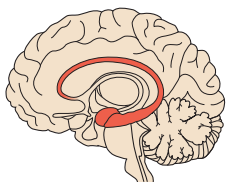
- Principal centro de integração do SNA (involuntário)
- Regula a temperatura corporal, a ingestão alimentar, o balanço hídrico, a sede e os ritmos e impulsos biológicos
- Regula a saída hormonal da adeno-hipófise
- Age como um órgão endócrino produzindo os hormônios hipofisários ADH e oxitocina

HEMISFÉRIOS CEREBRAIS (P. 402-413)**Substância cinzenta cortical:**

- Localiza e interpreta as entradas sensitivas
- Controla a atividade muscular esquelética voluntária e hábil
- Age no processamento intelectual e emocional

Núcleos da base:

- Centros motores subcorticais ajudam a controlar os movimentos do músculo esquelético

**Sistema límbico (p. 413-415) — sistema funcional:**

- Inclui estruturas do cérebro e do diencéfalo (giro do cíngulo, formação hipocampal, corpo amigdalóide, hipotálamo e núcleos do tálamo anteriores)
- Medeia a resposta emocional
- Forma e recupera as memórias

e pelo amortecimento aquoso do *líquido cerebrospinal* produzido nos ventrículos do encéfalo. A *barreira sangue-cérebro* protege internamente este último das substâncias nocivas transportadas pelo sangue, como as substâncias químicas tóxicas ou os microrganismos.

Meninges

As **meninges** (“membranas”) são três membranas de tecido conjuntivo situadas no lado externo do encéfalo e da medula espinal. Suas funções são:

- Cobrir e proteger o SNC.
- Confinar e proteger os vasos sanguíneos que abastecem o SNC.
- Conter o líquido cerebrospinal.

Da mais externa para a mais interna, as meninges são a *dura-máter*, a *aracnoide-máter* e a *pia-máter* (**Figura 13.21**). Esta seção descreve as meninges do encé-

falo, que se estendem à medula espinal (descrita na p. 421) e são contínuas por todo o SNC.

Dura-máter A coriácea *dura-máter* (“mãe rígida”) é a mais forte das meninges. Onde circunda o encéfalo, a *dura-máter* é uma camada dupla de tecido conjuntivo denso fibroso (Figura 13.21). A **camada periosteal** mais superficial conecta-se à superfície interna dos ossos craniais (o periósteo): a **camada meníngea** mais profunda forma a verdadeira cobertura externa do encéfalo. Essas duas camadas da *dura-máter* fundem-se, exceto onde se separam para confinar os *seios venosos* cheios de sangue (ver a discussão sobre *seios da dura-máter* no Capítulo 20). Esses seios coletam sangue do encéfalo e conduzem-no para as grandes veias jugulares internas do pescoço. O *seio sagital superior*, na linha média superior, é o maior deles.

Em vários locais, a *dura-máter* estende-se para dentro e forma partições planas que subdividem a cavidade

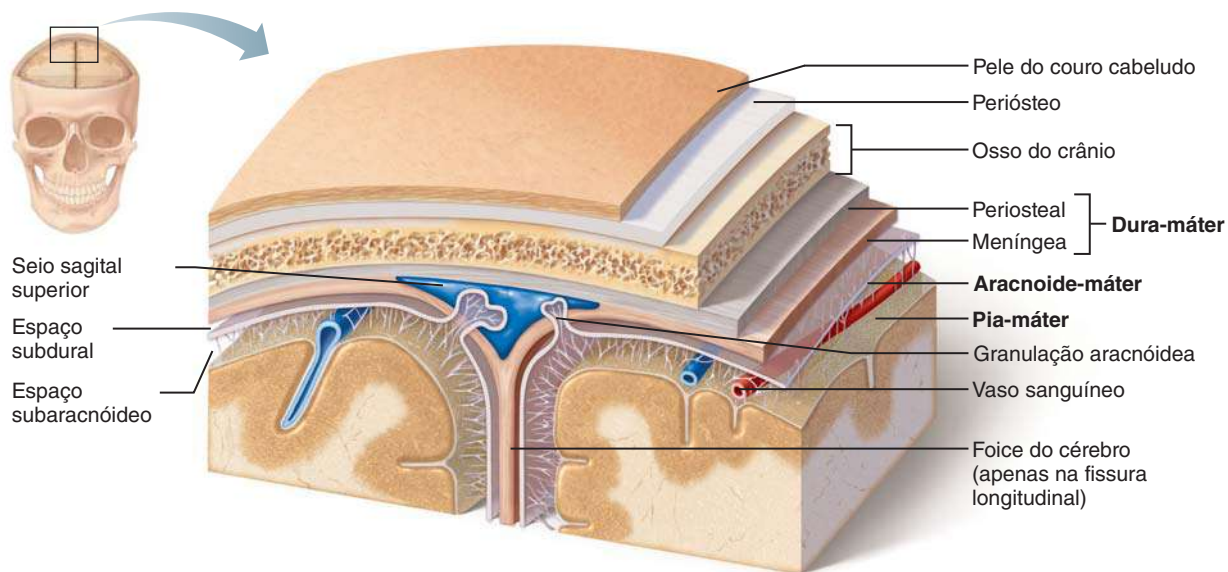


Figura 13.21 **Meninges do encéfalo.** Três meninges — dura-máter, aracnoide-máter e pia-máter — exibidas em vista frontal. As camadas meníngea e periosteal da dura-máter separam-se e formam o seio sagital superior. As duas camadas meníngeas fundem-se e estendem-se na fissura longitudinal, formando a foixe do cérebro. Também são exibidas as granulações aracnoides, que devolvem o líquido cefalorraquidiano para o seio dural.

craniana (**Figura 13.22**) e limitam o movimento do cérebro dentro do crânio. Essas partições incluem:

- **Foixe do cérebro.** Essa lâmina vertical grande e em forma de foixe está situada no plano mediano da fissura longitudinal entre os hemisférios cerebrais e conecta-se anteriormente à crista etmoidal do osso etmoide.
- **Foixe do cerebelo.** Continuando inferiormente a parte posterior da foixe do cérebro, a foixe do cerebelo é uma partição vertical que segue ao longo do verme do cerebelo, na fossa posterior do crânio.
- **Tentório do cerebelo.** Parecido com uma tenda sobre o cerebelo (*tentorium* significa “tenda”), essa lâmina quase horizontal localiza-se na fissura transversa, entre o cérebro e o cerebelo. O *seio transversa* é envolvido pelo tentório do cerebelo.

Aracnoide-máter A **aracnoide-máter** encontra-se logo abaixo da dura-máter (**Figura 13.21**). Entre essas duas camadas há um tênue espaço potencial chamado **espaço subdural**, que contém apenas uma película de líquido. O espaço subdural é referido como *espaço potencial* porque, apesar de normalmente ser um espaço fino, ele tem potencial para se encher com quantidades substanciais de líquido ou sangue em consequência de doença ou trauma. A dura e a aracnoide circundam o encéfalo frouxamente, nunca penetrando nos sulcos da superfície do cérebro.

Abaixo da aracnoide-máter está o amplo **espaço subaracnoideio**, atravessado por fios como uma teia,

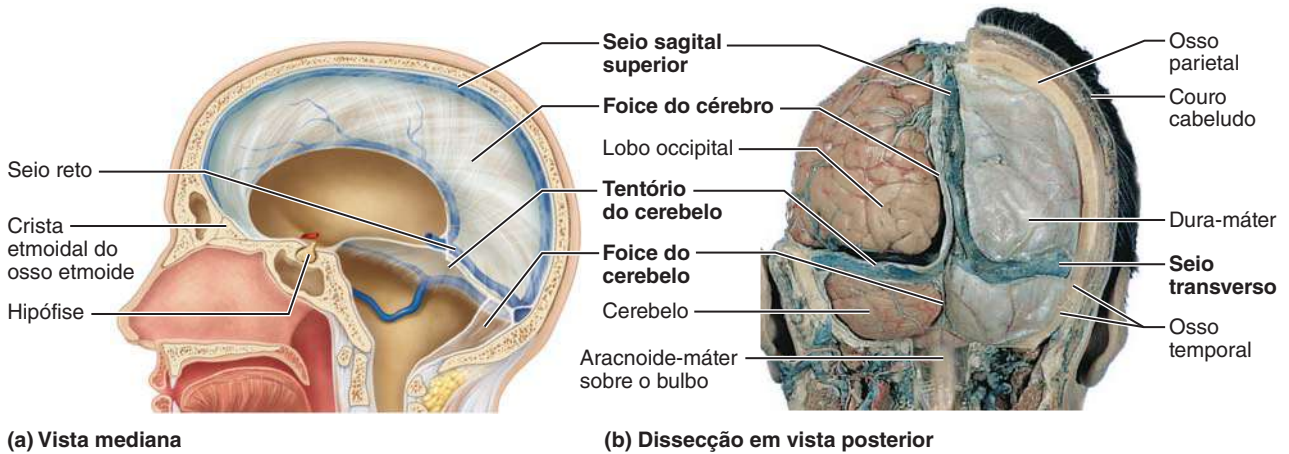
que segura a dura-máter na pia-máter subjacente. Essa teia é a base do nome *aracnoide*. O espaço subaracnoideio é preenchido com líquido cefalorraquidiano e também contém os maiores vasos sanguíneos que abastecem o encéfalo. Uma vez que a aracnoide-máter é fina e elástica, esses vasos estão muito pouco protegidos.

Sobre a parte superior do encéfalo, a aracnoide-máter forma projeções parecidas com botões, chamadas **granulações aracnóideas**, ou *vilosidades aracnóideas*. As granulações se projetam superiormente através da dura-máter, entram no seio sagital superior (ver **Figura 13.21**) e em alguns outros seios derais e agem como válvulas, que permitem a passagem do líquido cefalorraquidiano do espaço subaracnoideio para os seios venosos da dura-máter.

Pia-máter A **pia-máter** (“mãe suave”) é uma camada de tecido conjuntivo delicado e altamente vascularizado com vasos sanguíneos delgados. Ao contrário das outras meninges, ela adere firmemente à superfície do encéfalo, acompanhando cada giro. Como suas artérias entram no tecido cerebral, elas carregam bainhas irregulares de pia-máter internamente por distâncias curtas.

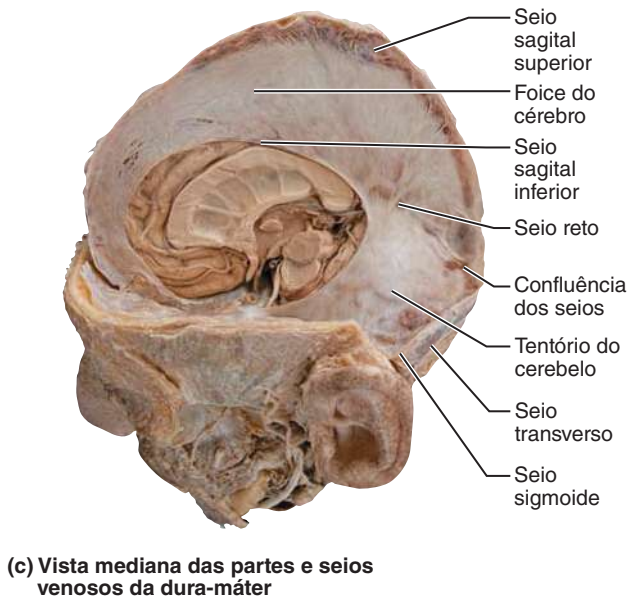
Líquido cefalorraquidiano

O **líquido cefalorraquidiano (LCE)** é um caldo aquoso que preenche o espaço subaracnoideio e os ventrículos do encéfalo e da medula espinal, e ajuda na proteção e nutrição do tecido neural.



(a) Vista mediana

(b) Dissecção em vista posterior



(c) Vista mediana das partes e seios venosos da dura-máter

Figura 13.22 Partes da dura-máter na cavidade craniana e os seios venosos.

- O LCE proporciona um meio líquido que circunda e confere fluabilidade ao SNC. O encéfalo e a medula espinal realmente flutuam no LCE, o que impede que esses órgãos delicados sejam esmagados sob seu próprio peso.
- A camada de LCE que circunda o SNC resiste às forças de compressão e constitui um coxim que amortece os golpes e solavancos contra o encéfalo e a medula espinal.
- O LCE ajuda a nutrir o encéfalo, remover os resíduos produzidos pelos neurônios e transportar os sinais químicos, como os hormônios, entre as diferentes partes do SNC. Embora tenha composição similar ao plasma sanguíneo que ele origina, o LCE contém mais íons sódio e cloro e menos proteína.

Espantosamente, é preciso muito pouco LCE para desempenhar essas funções: apenas 100-160 ml, apro-

ximadamente a metade de um copo, está presente o tempo todo.

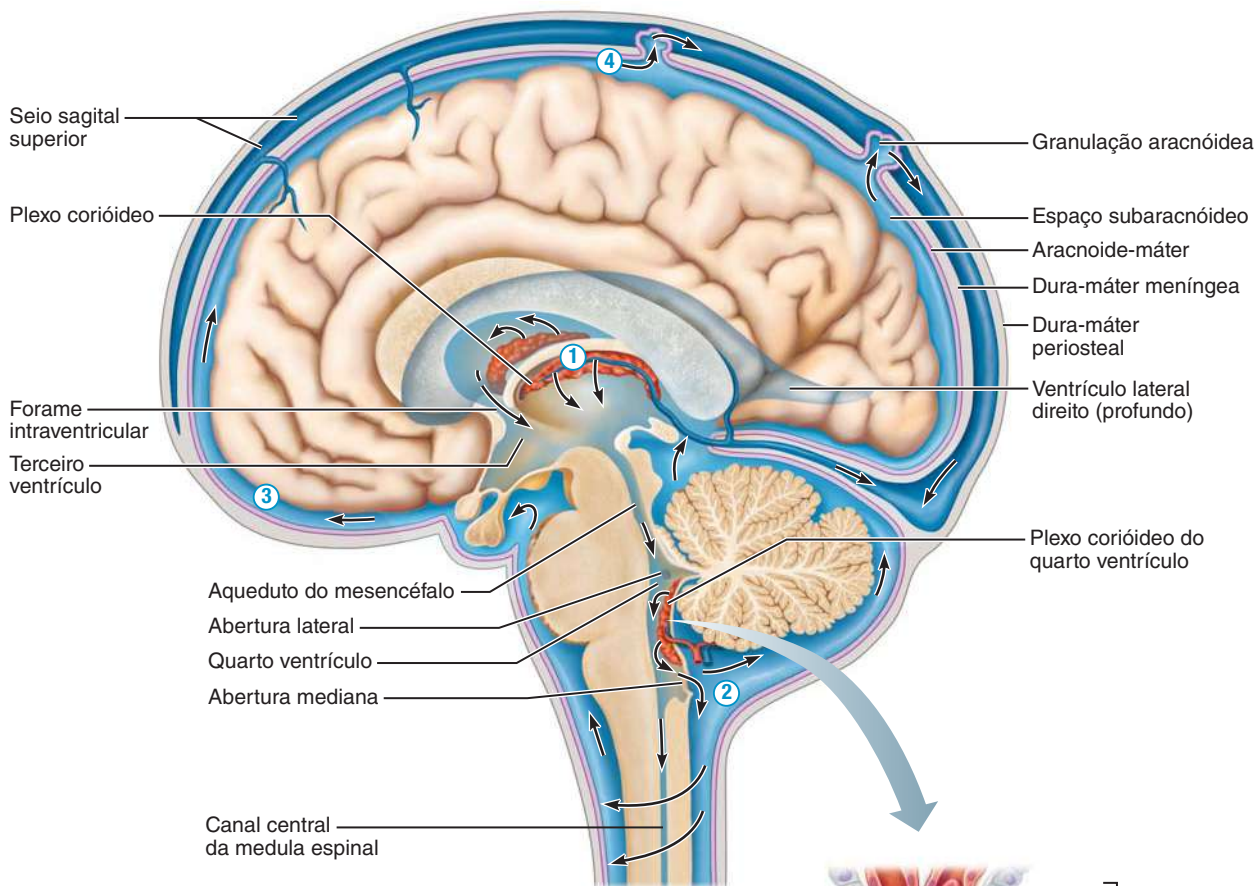
O LCE é produzido nos ventrículos do encéfalo, circula pelas cavidades ventriculares do SNC e pelo espaço subaracnóideo e é reabsorvido para o sangue nos seios da dura-máter (**Figura 13.23**).

- 1 O LCE é produzido nos **plexos coriáceos**, membranas ricas em capilares situadas nos tetos dos quatro ventrículos encefálicos (Figura 13.23a). Cada plexo consiste em uma camada de células endoteliais coberta externamente pela pia-máter, rica em capilares (Figura 13.23b). O LCE forma-se continuamente a partir do plasma sanguíneo pela filtração dos capilares e depois passa através das células endoteliais para dentro dos ventrículos. Depois de entrar nos ventrículos, o LCE move-se livremente através dessas câmaras.
- 2 Parte do LCE segue para o canal central da medula espinal, mas a maior parcela entra no espaço subaracnóideo através das aberturas lateral e mediana nas paredes do quarto ventrículo.
- 3 No espaço subaracnóideo, o LCE banha as superfícies externas do encéfalo e da medula espinal.
- 4 Depois o LCE passa pelas granulações aracnóideas e entra no sangue dos seios da dura-máter.

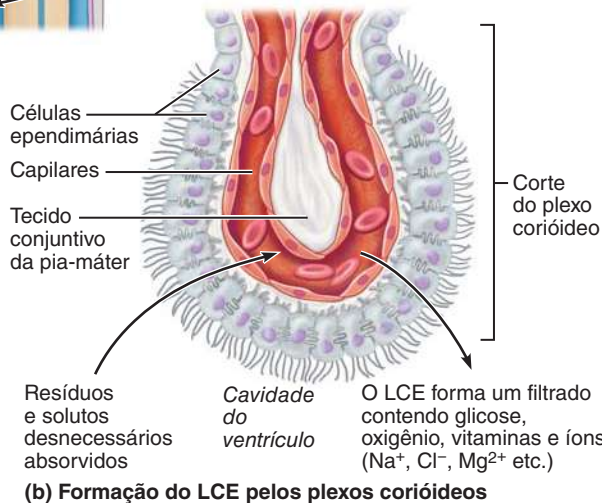
O líquido cefalorraquiano surge do sangue e volta para ele em uma taxa de 500 ml por dia, aproximadamente.

Barreira hematoencefálica

O encéfalo possui um rico suprimento de capilares que abastecem seu tecido nervoso com nutrientes, oxigênio e todas as outras moléculas vitais. No entanto, algumas moléculas transportadas pelo sangue que conseguem atravessar outros capilares do corpo não conseguem atravessar os capilares cerebrais. As toxinas transportadas pelo sangue, como a ureia, as toxinas brandas dos alimentos e as toxinas bacterianas, são impedidas de entrar



- ① O LCE é produzido pelo plexo coriáceo de cada ventrículo.
- ② O LCE flui pelos ventrículos e entra no espaço subaracnóideo via aberturas mediana e lateral. Parte do LCE flui através do canal central da medula espinal.
- ③ O LCE flui através do espaço subaracnóideo.
- ④ O LCE é absorvido nos seios da dura-máter via granulações aracnóideas.



(a) Circulação do LCE

(b) Formação do LCE pelos plexos coriáceos

Figura 13.23 Formação, localização e circulação do LCE. (a) Localização e padrão circulatório do líquido cefalorraquidiano (LCE). As setas indicam a direção do fluxo. (b) Cada plexo coriáceo consiste em um laço de capilares porosos circundados por uma única camada de células ependimárias unidas por junções impermeáveis e portando longos cílios. O fluido que vaza dos capilares porosos é processado pelas células ependimárias para formar o LCE nos ventrículos.

no tecido cerebral pela **barreira hematoencefálica**, que protege os neurônios do SNC.

A barreira hematoencefálica resulta basicamente de características especiais do epitélio que compõe as paredes dos capilares cerebrais. As células epiteliais desses capilares são reunidas em torno de seus perímetros inteiros por junções impermeáveis, fazendo que esses capilares sejam os menos permeáveis no corpo. Mesmo assim, a bar-

reira hematoencefálica não é absoluta. Todos os nutrientes (incluindo o oxigênio) e os íons necessários para os neurônios passam por ela, alguns por meio de mecanismos de transporte especiais nas membranas plasmáticas das células epiteliais dos capilares. Além disso, como é ineficaz contra as moléculas lipossolúveis, que se difundem facilmente através das membranas celulares, a barreira permite que o álcool, a nicotina e os agentes anestésicos cheguem

aos neurônios cerebrais. (Mais informações sobre a barreira hematoencefálica são fornecidas no Capítulo 20.)



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hidrocefalia O acúmulo excessivo de LCE nos ventrículos ou no espaço subaracnóideo pode exercer uma pressão de esmagamento no cérebro. Essa condição chama-se **hidrocefalia** (“água no cérebro”) e suas causas incluem um tumor ou inchaço inflamatório que fecha o aqueduto do mesencéfalo ou o quarto ventrículo; a meningite, que provoca cicatrização que fecha o espaço subaracnóideo e as granulações aracnóideas; e, nos bebês, um plexo coriáceo superdesenvolvido que secreta uma quantidade excessiva de LCE. A hidrocefalia nos recém-nascidos resulta em um crânio maior porque os ossos jovens do crânio ainda não se fundiram (ver a fotografia). Nos adultos, a pressão do líquido aumenta rapidamente e danifica o cérebro, já que o crânio é inflexível. A hidrocefalia é tratada cirurgicamente inserindo-se uma derivação (sonda plástica) nos ventrículos para drenar o excesso de líquido para a cavidade abdominal.



Hidrocefalia em recém-nascido.

✓ Verifique seu conhecimento

- 20. Cite o nome da extensão da dura-máter situada na fissura longitudinal.
- 21. Onde é produzido o líquido cerebrospinal? Como ele é devolvido para o sangue?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

MEDULA ESPINAL

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura macroscópica da medula espinal;

- ▶ identificar as regiões de substância branca e substância cinzenta em um corte transversal da medula espinal;
- ▶ explicar a organização dos neurônios na substância cinzenta da medula espinal.

A **medula espinal** funciona de três maneiras:

1. Através dos nervos espinais que se conectam a ela, a medula espinal está envolvida na *inervação sensitivo-motora* do corpo inteiro abaixo da cabeça.
2. Através dos tratos ascendentes e descendentes que percorrem sua substância branca, a medula espinal proporciona uma *via de condução de mão dupla* para os sinais entre o corpo e o encéfalo.
3. Através da integração sensitivo-motora em sua substância cinzenta, a medula espinal é um *centro importante para os reflexos* (ver Figura 12.13, p. 380).

A medula espinal passa pelo canal vertebral da coluna vertebral. O canal vertebral é formado de forames vertebrais sucessivos das vértebras articuladas. A medula espinal estende-se do forame magno na base do osso occipital até o nível da primeira ou segunda vértebra lombar (L I ou L II) (**Figura 13.24**). Nessa extremidade inferior, a medula espinal afunila no **cone medular** (“cone da medula espinal”) (Figuras 13.24a e 13.24d). Um filamento longo de tecido conjuntivo, o **filamento terminal**, estende-se do cone medular e conecta-se ao cóccix inferiormente ancorando a medula espinal de modo a não ser empurrada pelos movimentos corporais.

Trinta e um pares de *nervos espinais* (estruturas do SNP) conectam-se à medula espinal através das raízes nervosas dorsal e ventral (Figuras 13.24a e 13.24c). Os nervos espinais estão situados nos forames intervertebrais, a partir dos quais eles enviam ramos laterais por todo o corpo. Os nervos espinais são nomeados com base em sua localização vertebral. Os 31 nervos espinais são divididos nos grupos cervical (8), torácico (12), lombar (5), sacral (5) e cóccigeo (1). Existem oito nervos cervicais, apesar de haver apenas sete vértebras cervicais, pois o primeiro nervo espinal cervical sai acima da primeira vértebra cervical. Cada nervo espinal cervical subsequente sai na posição inferior a uma vértebra cervical. Os nervos espinais torácicos, lombares e sacrais saem abaixo da vértebra da qual receberam o nome. (Os nervos espinais serão discutidos detalhadamente no Capítulo 14.)

Nas regiões cervical e lombar da medula espinal, onde surgem os nervos para os membros superiores e inferiores, a medula espinal exibe alargamentos evidentes, chamados **intumescência cervical** e **lombar** (Figura 13.24a). Como a medula não alcança a extremidade inferior da coluna vertebral, as raízes nervosas lombar e sacral precisam descer pelo canal vertebral por alguma distância antes de chegar aos forames intervertebrais

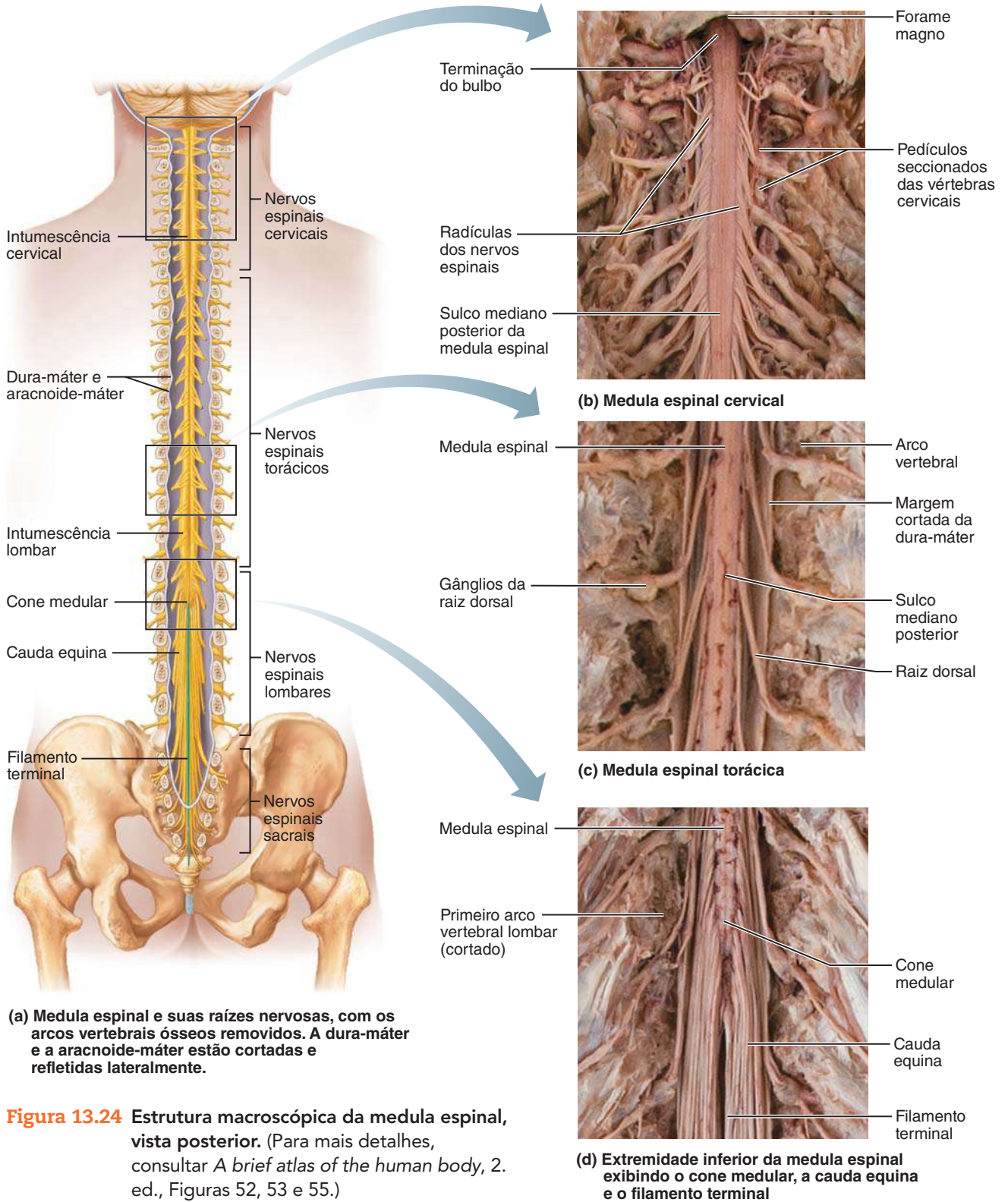


Figura 13.24 Estrutura macroscópica da medula espinal, vista posterior. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 52, 53 e 55.)

correspondentes. Essa coleção de raízes nervosas na extremidade inferior do canal vertebral é a **cauda equina**.

A medula espinal não ocupa o comprimento total do canal vertebral em razão de eventos pré-natais. Até o terceiro mês de desenvolvimento, a medula espinal não se estende por toda a distância até o cóccix, mas a partir daí

ela cresce mais lentamente do que a parte caudal da coluna vertebral. À medida que a coluna vertebral se alonga, a medula espinal assume uma posição progressivamente mais rostral. No momento do nascimento, a medula espinal termina no nível da vértebra lombar L III. Durante a infância, ela alcança a posição adulta, terminando no

nível do disco intervertebral entre as vértebras lombares L I e L II. Trata-se meramente do nível médio; a localização da extremidade da medula espinal varia de uma pessoa para outra, da margem inferior da vértebra torácica T XII até a margem superior da vértebra lombar L III.

A medula espinal forma-se do ectoderma da placa neural (neuroectoderma) e sua aparência segmentada reflete o padrão dos somitos adjacentes. O termo **segmento medular** é utilizado clinicamente para indicar a região da medula espinal da qual surgem os processos axonais que formam determinado nervo espinal (**Figura 13.25**). Cada segmento medular é designado pelo nervo espinal que surge dele — por exemplo, no primeiro segmento medular torácico (segmento medular T I) surge o primeiro nervo espinal torácico (nervo espinal T I) da medula espinal, no quinto segmento medular torácico (segmento medular T5) surge o quinto nervo espinal torácico (nervo espinal T5), e assim por diante.

Como a medula espinal não vai até o fim da coluna espinal, os segmentos medulares localizam-se na posição superior em relação ao local em que seus nervos espinais correspondentes emergem pelos forames vertebrais. Por exemplo, o segmento medular T5 situa-se no nível da vértebra T IV. A discrepância é mais pronunciada nas regiões lombar e sacral da medula: o segmento medular lombar L I encontra-se na vértebra T XI e o segmento medular sacral S I está na vértebra L I.

A medula espinal é mais larga na direção lateral do que na direção anteroposterior (**Figura 13.26**). Dois sulcos — o **sulco mediano posterior** e a **fissura mediana anterior** mais larga — percorrem todo o comprimento da medula e dividem-na parcialmente nas metades direita e esquerda (Figuras 13.26b e 13.26c).

Substância branca da medula espinal

A medula espinal consiste em uma região externa de substância branca e uma região interna de substância cinzenta. A substância branca da medula espinal é composta de axônios mielinizados e não mielinizados que permitem a comunicação entre diferentes partes da medula espinal e entre a medula e o encéfalo. Essas fibras são classificadas como pertencentes a um de três tipos, de acordo com a direção na qual transmitem seus impulsos nervosos:

- **Ascendentes.** A maioria das fibras ascendentes na medula espinal transmite informações sensitivas dos neurônios sensitivos do corpo até o encéfalo.
- **Descendentes.** A maioria das fibras descendentes transmite instruções motoras do encéfalo para a medula espinal, a fim de estimular a contração dos músculos
- **Comissurais.** As fibras comissurais são fibras de substância branca que transmitem informações de um lado para o outro da medula espinal.

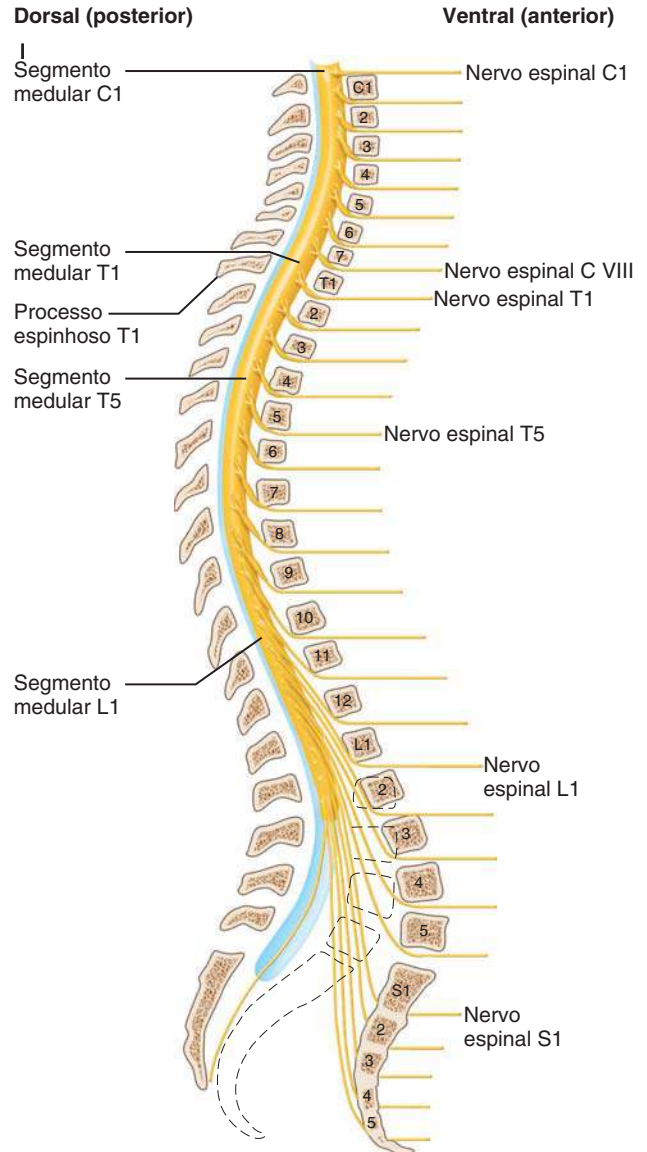
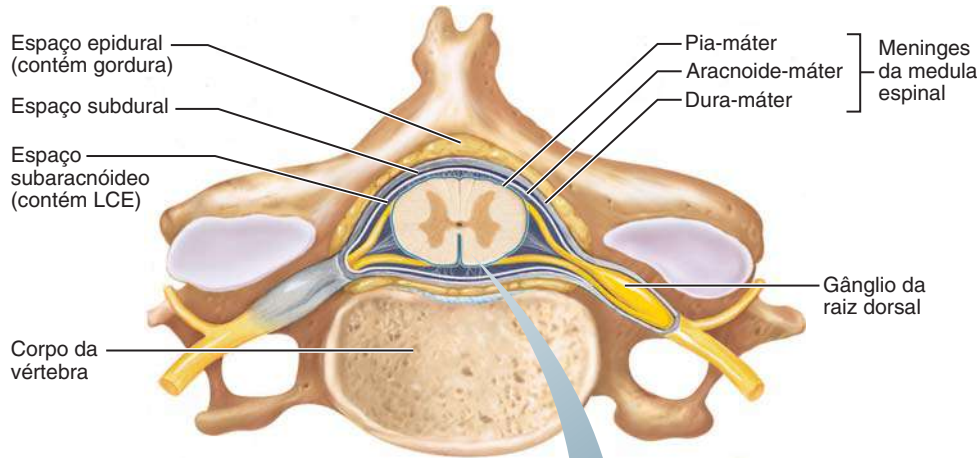
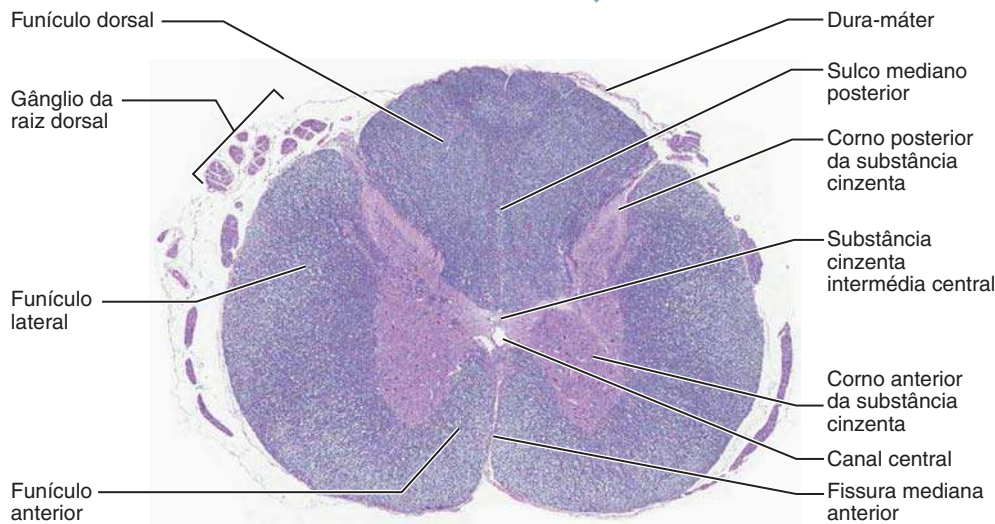


Figura 13.25 Segmentos medulares. Diagrama da medula espinal em vista sagital exibindo a posição dos segmentos medulares e dos nervos espinais. Os corpos vertebrais, exibidos à direita, estão numerados. Os corpos nas regiões sacral e lombar estão deslocados anteriormente para ilustrar o surgimento dos nervos espinais.

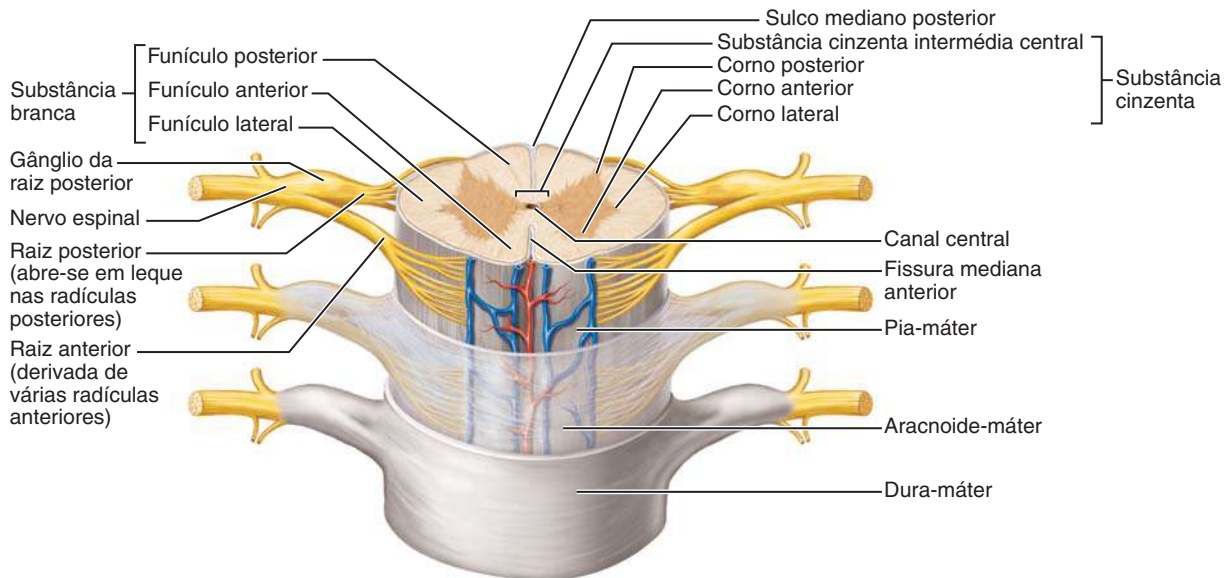
A substância branca em cada lado da medula espinal é dividida em três **funículos** (“cordas longas”): **funículo posterior**, **funículo anterior** e **funículo lateral** (Figuras 13.26b e 13.26c). Os funículos anterior e lateral são contínuos entre si e divididos por uma linha imaginária que se estende a partir do corno anterior da substância cinzenta. Os três funículos contêm muitos tratos fibrosos, cada um é composto de axônios com destinos e funções similares. Essas vias sensitivas e motoras, descritas mais adiante neste capítulo, integram o SNP ao SNC (p. 404-405).



(a) Corte transversal da medula espinal e da coluna vertebral, região cervical



(b) Micrografia ao microscópio de luz de corte transversal da medula espinal, região cervical (8x)



(c) Medula espinal e suas meninges, região torácica

Figura 13.26 Anatomia da medula espinal.

Substância cinzenta da medula espinal e raízes espinais

Assim como em todas as outras partes do SNC, a substância cinzenta da medula consiste em uma mistura de corpos celulares neuronais, neurônios curtos e não mielinizados e neuroglia. No corte transversal, a substância cinzenta da medula espinal tem a forma da letra H (Figura 13.26). A barra transversal do H chama-se **substância cinzenta intermédia central**, sendo composta de axônios não mielinizados que atravessam o SNC de um lado a outro. Dentro da comissura cinzenta encontra-se a cavidade central estreita da medula espinal, o **canal central**. Os dois braços dorsais do H são os **cornos posteriores** e os dois braços ventrais são os **cornos anteriores**. Em três dimensões, esses braços formam colunas de substância cinzenta que seguem por todo o comprimento da medula espinal. Nos segmentos torácico e lombar superior da medula espinal, existem pequenas colunas laterais de substância cinzenta, chamadas **cornos laterais** (Figura 13.26c).

Os neurônios na substância cinzenta da medula são organizados funcionalmente (Figura 13.27). Os cornos posteriores consistem inteiramente em interneurônios, que recebem informações dos neurônios sensitivos cujos corpos celulares estão situados do lado de fora da medula espinal nos *gânglios da raiz dorsal* e cujos axônios alcançam a medula espinal via *raízes posteriores*. Os cornos anteriores (e laterais) contêm corpos celulares de neurônios motores que enviam seus axônios para fora da medula espinal via *raízes anteriores* para abastecer músculos e glândulas. Os interneurônios também estão presentes nos cornos anteriores (mas não são enfatizados na Figura 13.27). O tamanho dos cornos motores anteriores varia

ao longo do comprimento da medula espinal, refletindo a quantidade de musculatura esquelética inervada em cada nível: os cornos anteriores são maiores nos segmentos cervical e lombar da medula, que inervam os membros superiores e inferiores, respectivamente. Esses segmentos formam as intumescências cervical e lombar da medula espinal descritos anteriormente.

A substância cinzenta da medula pode ser classificada ainda de acordo com a inervação das regiões somáticas e viscerais do corpo. Esse esquema reconhece quatro zonas de substância cinzenta da medula espinal: **sensitiva somática (SS)**, **sensitiva visceral (SV)**, **motora visceral (MV)** e **motora somática (MS)**. Essas zonas são equivalentes às divisões funcionais do SNP (ver Tabela 12.1, p. 365).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Paralisia flácida e espástica Qualquer lesão à medula espinal ou às raízes espinais leva a alguma perda funcional, seja *paralisia* (perda de função motora) ou *parestesia* (sensibilidade anormal ou perda de sensibilidade). Danos graves ao corno anterior ou às raízes motoras anteriores destroem os neurônios motores somáticos na região da lesão e resultam em uma **paralisia completa**, ou **flácida**, dos músculos esqueléticos atendidos. Como estes últimos não são mais estimulados pelos neurônios, eles encolhem e definham, inexistindo os reflexos medulares. Por outro lado, lesões apenas nos tratos fibrosos descendentes na substância branca da medula espinal deixam os neurônios motores medulares e os reflexos intactos. Nesse caso, os músculos permanecem saudáveis, mas seus movimentos não estão mais sob o controle voluntário porque sua conexão com o encéfalo foi perdida. Essa condição é chamada **paralisia espástica**.

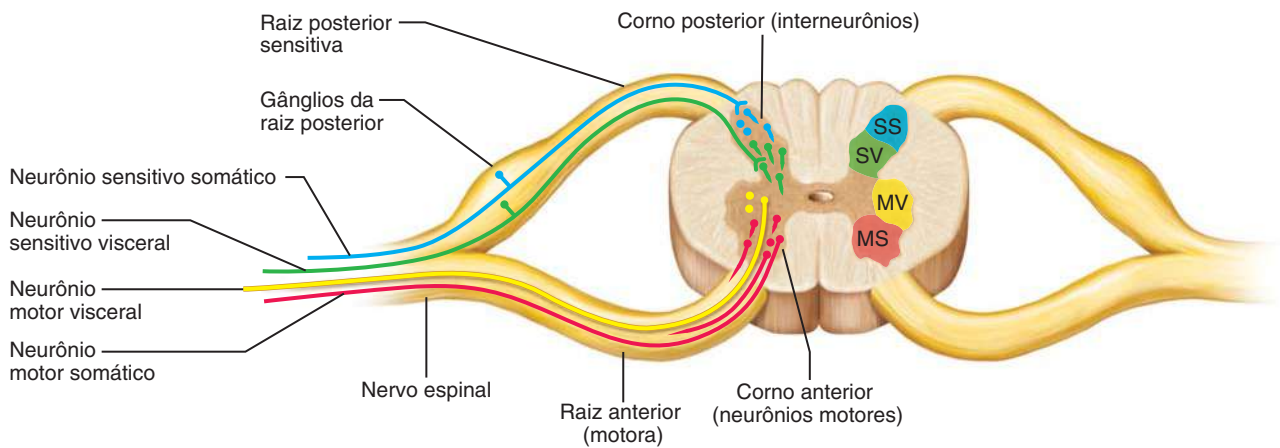


Figura 13.27 Organização da substância cinzenta da medula espinal. A substância cinzenta da medula espinal pode ser dividida em uma metade posterior sensitiva e uma metade anterior motora. As raízes posteriores e anteriores fazem parte do SNP, não da medula espinal.

- SS Interneurônios recebendo estímulos dos neurônios sensitivos somáticos
- SV Interneurônios recebendo estímulos dos neurônios sensitivos viscerais
- MV Neurônios motores viscerais (autônomos)
- MS Neurônios motores somáticos

Proteção da medula espinal

Assim como o encéfalo, o tecido neural da medula espinal é protegido por osso (as vértebras), meninges e líquido cerebrospinal (Figura 13.26a). A rígida **parte espinal da dura-máter** é um pouco diferente da dura-máter em volta do encéfalo: ela não se conecta ao osso circundante e corresponde apenas à camada meníngea da dura-máter do encéfalo. No lado de fora dessa dura-máter espinal há um grande **espaço epidural** (ou epidural) preenchido com gordura de amortecimento e uma rede de veias. Os anestésicos são frequentemente injetados nesse espaço para bloquear os impulsos nervosos na medula espinal e assim aliviar a dor nas regiões do corpo inferiores ao local de injeção. O espaço subdural, a aracnoide-máter, o espaço subaracnóideo e a pia-máter em volta da medula espinal são contínuos com os elementos correspondentes em volta do encéfalo.

Inferiormente, a dura-máter e a aracnoide estendem-se até o nível de S2, bem depois do fim da medula espinal. A pia-máter estende-se no cóccix, cobrindo o filamento terminal (Figuras 13.24a e 13.24d). Extensões laterais da pia-máter, chamadas **ligamentos denticulados** (“dentados”), ancoram a medula espinal lateralmente na dura-máter por todo o comprimento da medula.

✓ Verifique seu conhecimento

- 22. Quais estruturas neurais passam pelo forame vertebral na região da vértebra lombar L III?
- 23. Qual parte da medula espinal, substância cinzenta ou substância branca, proporciona a via

de condução de mão dupla para os sinais entre o corpo e o encéfalo?

- 24. Quais déficits resultam de danos ao corno anterior da medula espinal nos segmentos cervicais inferiores?
- 25. Quais são as duas meninges que margeiam o espaço preenchido com líquido cerebrospinal?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

VIAS SENSITIVAS E MOTORAS NO SNC

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ identificar os principais tratos ascendentes e descendentes na medula espinal e indicar os tipos de estímulos transmitidos em cada um deles;
- ▶ identificar as principais vias neuronais do/para o encéfalo.

Agora que examinamos a anatomia e o funcionamento do cérebro e da medula espinal, estudaremos como essas duas partes do SNC estão conectadas ao resto do corpo e como a comunicação entre o SNC e a periferia do corpo é obtida.

O encéfalo está conectado com a periferia do corpo por vias multineuronais que atravessam a substância branca do SNC. Essas vias são compostas de tratos interconectados que retransmitem informações de uma parte do SNC para outra. As vias que transmitem informações para as regiões mais rostrais do SNC



APLICAÇÃO CLÍNICA

Meningite A inflamação das meninges provocada por infecção bacteriana ou viral chama-se **meningite**. A infecção pode se espalhar para o tecido nervoso subjacente e provocar inflamação do encéfalo, ou **encefalite**. A meningite normalmente é diagnosticada retirando-se uma amostra de líquido cerebrospinal do espaço subaracnóideo e examinando-a quanto à presença de micróbios. Como a medula espinal adulta termina no nível da vértebra L I ou L II, uma agulha pode penetrar com segurança no espaço subaracnóideo abaixo desse local, procedimento denominado **punção lombar**. O paciente curva-se para a frente e a agulha é inserida entre as espinhas e as lâminas das vértebras sucessivas, entre L III e L IV ou entre L IV e L V. As punções lombares também são utilizadas para retirar amostras do FCS visando a análises químicas, medição da pressão do LCE e injeção de antibióticos, anestésicos ou meios de contraste de raios X no espaço subaracnóideo.

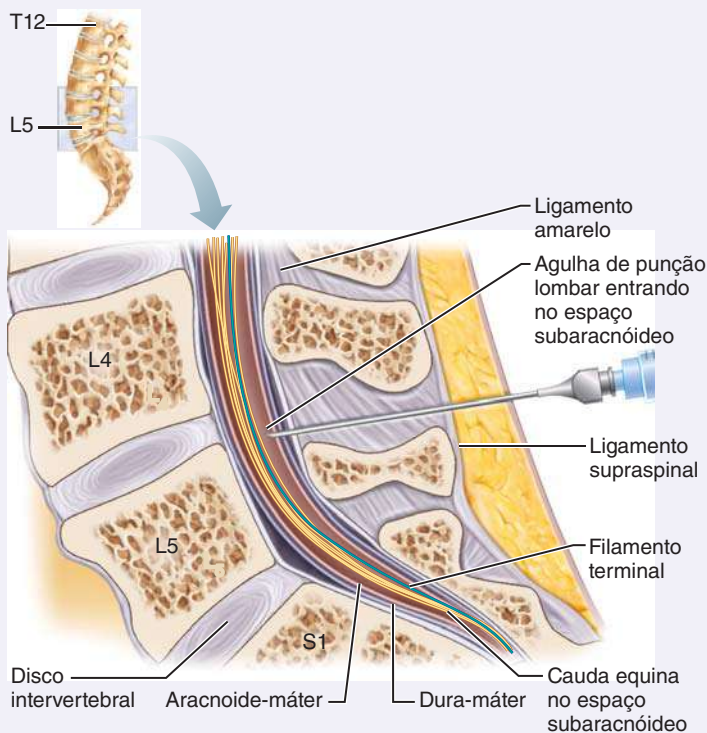


Diagrama de uma punção lombar.

se chamam **vias ascendentes**; as vias que transmitem informações para as regiões mais caudais do SNC se chamam **vias descendentes**.

As seguintes afirmações resumem características importantes das vias ascendentes e descendentes:

- A maioria das vias atravessa, ou *cruza*, o SNC de um lado a outro em algum ponto ao longo de seu curso.
- A maioria das vias consiste em uma cadeia de dois ou três neurônios ligados em série que contribuem para tratos sucessivos ao longo de determinada via.
- A maioria das vias é organizada espacialmente de maneira específica, de acordo com a região do corpo que abastecem. Por exemplo, em um trato ascendente os axônios que transmitem impulsos das partes superiores do corpo se situam lateralmente aos axônios que transmitem impulsos das partes inferiores do corpo.
- Todas as vias são simétricas bilateralmente, ocorrendo nos lados direito e esquerdo do encéfalo ou da medula espinal.

Os segmentos dessas vias que passam pela medula espinal denominam-se **tratos espinais** ascendentes e descendentes: os **tratos ascendentes** transmitem informações sensitivas para o encéfalo; os **tratos descendentes** transmitem instruções motoras para os efetores do corpo. Os principais tratos ascendentes e descendentes da medula espinal estão mapeados em um corte transversal da medula espinal cervical (**Figura 13.28**). Em sua maioria, esses tratos espinais são nomeados de acordo com sua origem e destino.

Vias ascendentes

As vias ascendentes conduzem impulsos sensitivos somáticos gerais superiormente através de cadeias de dois ou três neurônios para várias regiões do encéfalo (**Figura 13.29**). O primeiro neurônio na via, chamado *neurônio de primeira ordem*, é o neurônio sensorial que se estende

do receptor sensorial para a medula espinal (parte inferior das Figuras 13.29a e 13.29b). O neurônio de primeira ordem mantém uma sinapse no SNC com outro neurônio na via, o *neurônio de segunda ordem* (parte intermediária das Figuras 13.29a e 13.29b). Em alguma via ascendente, o neurônio de segunda ordem faz sinapse com um *neurônio de terceira ordem* (parte superior das Figuras 13.29a e 13.29b).

Três vias ascendentes principais são as *vias espinocerebelar, funículo posterior e espinotalâmica* (ilustrada na Figura 13.29 e resumida na **Tabela 13.3**).

Via espinocerebelar

A **via espinocerebelar** surge nos neurônios de segunda ordem, no corno dorsal da medula espinal, e termina no cerebelo (lado esquerdo da Figura 13.29a). Essa via transmite informações sobre propriocepção inconsciente dos membros inferiores e do tronco para o cerebelo, que utiliza essas informações para coordenar os movimentos do corpo. Essas fibras não se cruzam ou se cruzam duas vezes, desfazendo a decussação; desse modo, elas projetam-se na direção ipsilateral.

Via do funículo posterior-lemnisco medial

A **via do funículo posterior** (lado direito da Figura 13.29a) transmite informações sobre tato preciso (epicrítico), pressão e propriocepção consciente. Esses são os **sentidos discriminativos** — que podem estar situados precisamente na superfície do corpo. Na via do funículo posterior:

- Os axônios dos neurônios de primeira ordem, os neurônios sensitivos, entram na medula espinal e enviam um prolongamento até um dos tratos do funículo posterior, o **fascículo grácil** medial (“feixe delgado”) ou o **fascículo cuneiforme** lateral (“feixe em forma de cunha”). Esses axônios sobem pelo trato espinal até o bulbo.

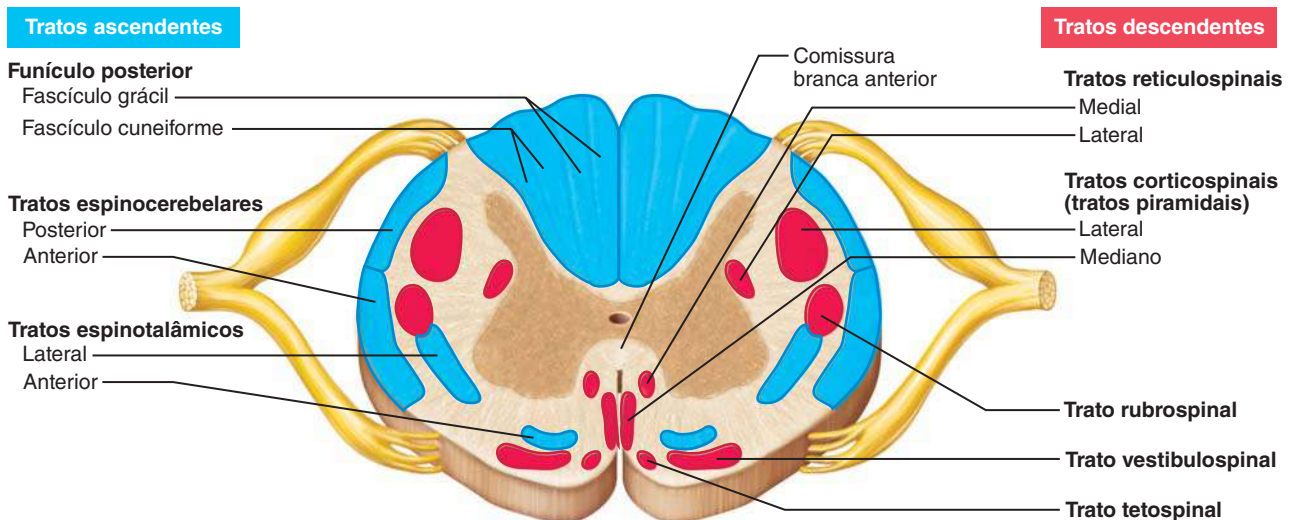


Figura 13.28 Principais tratos fibrosos na substância branca da medula espinal cervical.

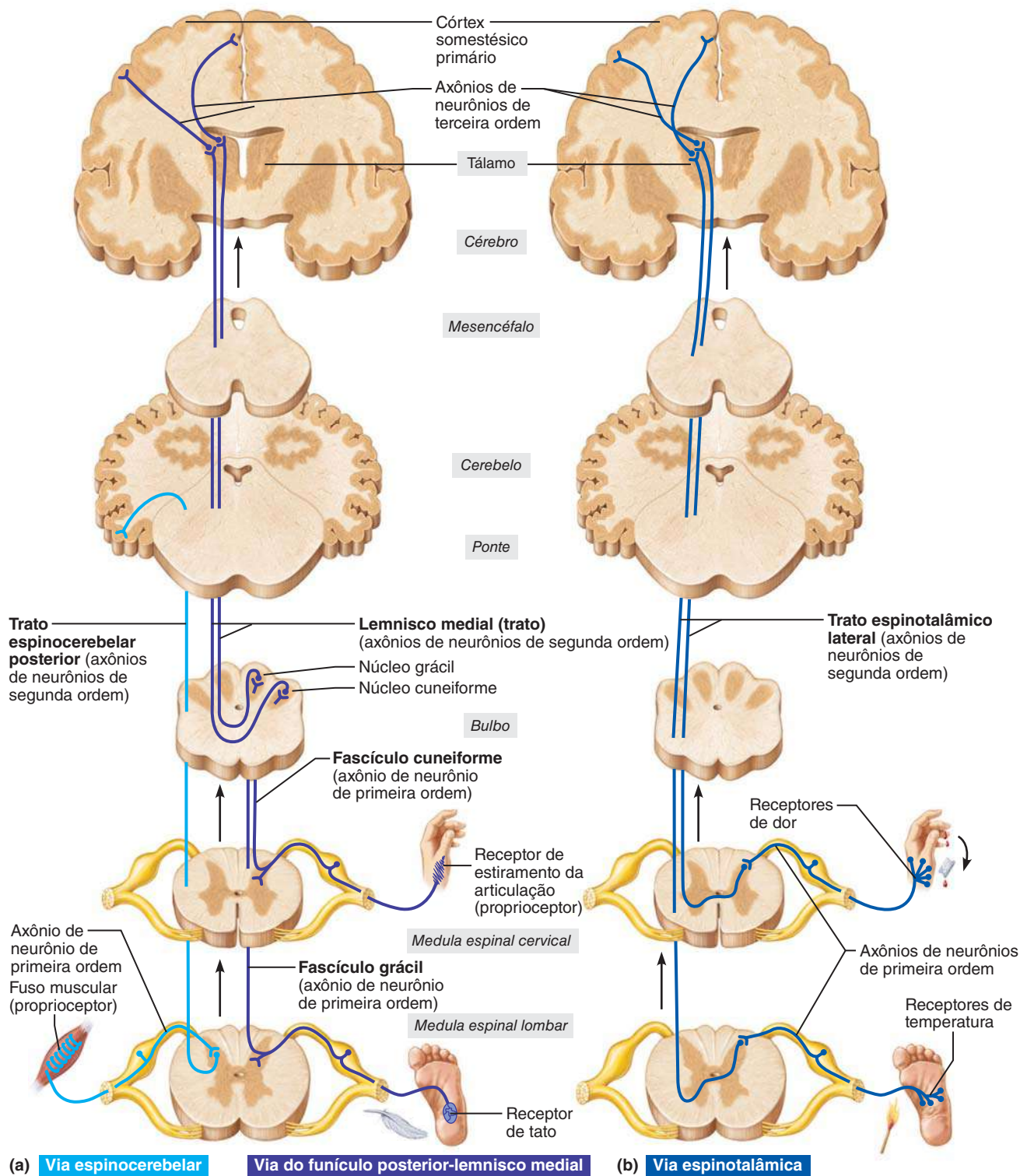


Figura 13.29 Vias de tratos medulares ascendentes. Corte transversal até ao encéfalo, exibido em corte frontal. **(a)** A via espinocerebelar (esquerda) transmite informações de propriocepção inconsciente para o cerebelo. A via do funículo posterior-lemnisco medial transmite o tato discriminativo e sinais de propriocepção consciente para o córtex cerebral. **(b)** A via espinotalâmica transmite sensibilidade não discriminativa (dor, temperatura, pressão) para o córtex somestésico primário.

Tabela 13.3 Principais vias e tratos medulares ascendentes (sensoriais)

Trato medular	Localização (funículo)	Origem	Terminação	Função
VIAS ESPINOCEREBELARES				
Espinocerebelar posterior*	Lateral (parte dorsal)	Interneurônios (neurônios de segunda ordem) no corno dorsal no mesmo lado da medula. As fibras sobem sem se cruzar	Por sinapse no cerebelo via pedúnculo cerebelar inferior	Transmite impulsos dos proprioceptores do tronco e do membro inferior em um lado do corpo para o lado ipsilateral do cerebelo para a propriocepção subconsciente
Espinocerebelar anterior*	Lateral (parte ventral)	Interneurônios (neurônios de segunda ordem) do corno posterior. A via contém fibras cruzadas que cruzam de volta para o lado ipsilateral original na ponte	Por sinapse no cerebelo via pedúnculo cerebelar superior	Transmite impulsos do tronco e do membro inferior de um lado do corpo para o lado ipsilateral do cerebelo para a propriocepção subconsciente
VIA FUNÍCULO POSTERIOR-LEMNISCO MEDIAL				
Fascículos grácil e cuneiforme	Posterior	Processos centrais dos neurônios sensitivos (primeira ordem) entram na raiz posterior da medula espinal e ramificam-se. Os ramos entram no funículo posterior no lado ipsilateral sem fazer sinapse	Por sinapse com neurônios de segunda ordem no núcleo cuneiforme e no núcleo grácil da medula. As fibras dos neurônios medulares se cruzam e sobem no lemnisco medial até o tálamo, onde mantêm sinapse com neurônios de terceira ordem. Os neurônios do tálamo transmitem impulsos para o córtex somestésico	Ambos os tratos transmitem impulsos sensitivos gerais dos receptores da pele e dos proprioceptores, os quais são interpretados como toque discriminativo, pressão e "sentido corporal" (posição do membro e da articulação) no córtex somestésico contralateral. O cuneiforme transmite impulsos aferentes dos membros inferiores, parte superior do tronco e pescoço; ele não está presente na medula espinal abaixo do nível de T6. O grácil transmite impulsos dos membros inferiores e da parte inferior do tronco
VIAS ESPINOTALÂMICAS				
Espinotalâmico lateral	Lateral	Interneurônios (neurônios de segunda ordem) no corno posterior. As fibras atravessam para o lado contralateral antes de subir	Por sinapse com neurônios de terceira ordem no tálamo. Então os neurônios do tálamo transmitem impulsos para o córtex somestésico	Transmite impulsos relativos à dor e à temperatura para o córtex somestésico contralateral
Espinotalâmico anterior	Anterior	Interneurônios (neurônios de segunda ordem) nos cornos posteriores. As fibras atravessam para o lado contralateral antes de subir	Por sinapse com neurônios de terceira ordem no tálamo. Os neurônios do tálamo transmitem impulsos para o córtex somestésico	Transmite impulsos relativos ao tato protopático (grosseiro) e à pressão para o córtex somestésico contralateral

*Esses tratos espinocerebelares transmitem informações apenas do membro inferior e do tronco. Os tratos correspondentes para o membro inferior e o pescoço (chamados *tratos espinocerebelar rostral* e *cuneocerebelar*) estão fora do escopo deste livro.

- No bulbo, esses axônios fazem sinapse com neurônios de segunda ordem no **núcleo grácil** ou **núcleo cuneiforme**. Os axônios desses núcleos encefálicos formam um trato denominado **lemnisco medial** (lemnisco = “fita”) (Figura 13.29a), que decussa no bulbo e depois sobe pela ponte e pelo mesencéfalo até o tálamo.
- Os neurônios de terceira ordem originam-se no tálamo e enviam axônios para o córtex somestésico primário no giro pós-central, onde as informações sensitivas são processadas, resultando na percepção de sensibilidade precisamente localizada.

Via espinotalâmica

A **via espinotalâmica** (Figura 13.29b) transmite informações sobre dor, temperatura, pressão profunda e tato protopático (não discriminativo) — estímulos que percebemos, mas não conseguimos localizar com precisão na superfície do corpo. Na via espinotalâmica:

- Os axônios dos neurônios sensitivos de primeira ordem entram na medula espinal, onde fazem sinapse com interneurônios no corno posterior.
- Os axônios dos neurônios de segunda ordem cruzam-se na medula espinal, entram nos funículos lateral e anterior como **trato espinotalâmico** e sobem para o tálamo.
- Os axônios dos neurônios de terceira ordem no tálamo projetam-se para o córtex somestésico primário no giro pós-central, onde a informação é processada como sensibilidade consciente. O encéfalo interpreta a informação sensitiva transmitida pela via espinotalâmica como desagradável — dor, queimadura, frio etc.

Vias descendentes

Os tratos espinais descendentes (**Figura 13.30**) transmitem instruções (eferências) motoras do encéfalo para a medula espinal. Cada via contém *neurônios motores superiores* e *neurônios motores inferiores*. Os neurônios motores superiores originam-se na substância cinzenta do encéfalo e enviam longos axônios por um trato descendente da medula espinal. Esses axônios fazem sinapses com neurônios motores inferiores no corno anterior da medula espinal. Os axônios dos neurônios motores inferiores saem da raiz anterior da medula espinal e inervam os músculos ou glândulas do corpo.

Os tratos espinais descendentes podem ser classificados em dois grupos: *vias diretas*, que são os tratos piramidais, e *vias indiretas*, essencialmente todas as demais vias (**Tabela 13.4**).

Vias diretas (tratos piramidais)

As vias diretas estendem-se sem sinapses a partir das células piramidais no córtex cerebral até a medula espinal. As células piramidais são os grandes neurônios encontrados no córtex motor primário do cérebro (p. 408). Os longos axônios das células piramidais formam os **tratos piramidais** (Figura 13.30a), também chamados **tratos corticospinais**, que controlam os movimentos voluntários precisos e especializados. Nos tratos piramidais:

- Os axônios das células piramidais, os neurônios motores superiores, descem do córtex motor cerebral através do tronco encefálico até a substância cinzenta da medula — principalmente para os cornos anteriores.
- No corno anterior, os axônios fazem sinapse com interneurônios curtos que ativam neurônios motores somáticos ou estabelecem sinapse diretamente com os neurônios motores somáticos, os neurônios motores inferiores.

Dessa maneira, os sinais que percorrem as vias piramidais exercem influência sobre os músculos dos membros, especialmente os que movem a mão e os dedos. Os axônios dos tratos piramidais decussam ao longo de seu curso: no *trato corticospinal lateral*, isso ocorre no bulbo dentro da decussação das pirâmides; no *trato corticospinal anterior*, os axônios decussam na medula espinal.

Vias indiretas (tratos extrapiramidais)

As vias descendentes indiretas originam-se nos núcleos motores subcorticais do tronco encefálico. Historicamente, acreditava-se que essas vias eram independentes das células piramidais, por isso se chamavam *tratos extrapiramidais*, um termo ainda utilizado clinicamente. Hoje se sabe que as células piramidais se projetam e influenciam essas vias, que são nomeadas *indiretas* ou *multineuronais*. As vias motoras indiretas incluem o **trato tetospinal** do colículo superior (o teto do mesencéfalo), o **trato vestibulospinal** dos núcleos vestibulares, o **trato rubrospinal** do núcleo rubro (Figura 13.30b) e o **trato reticulospinal** da formação reticular. Esses tratos estimulam os movimentos corporais subconscientes, grosseiros ou posturais (ver Tabela 13.4 para mais detalhes).

A discussão das vias sensitivas e motoras concentrou-se na inervação das regiões do corpo abaixo da cabeça. Em geral, as vias da/para a cabeça são similares às vias do tronco e membros, exceto que, nos tratos que atendem a cabeça, os axônios estão situados nos nervos cranianos e no tronco encefálico, não na medula espinal.

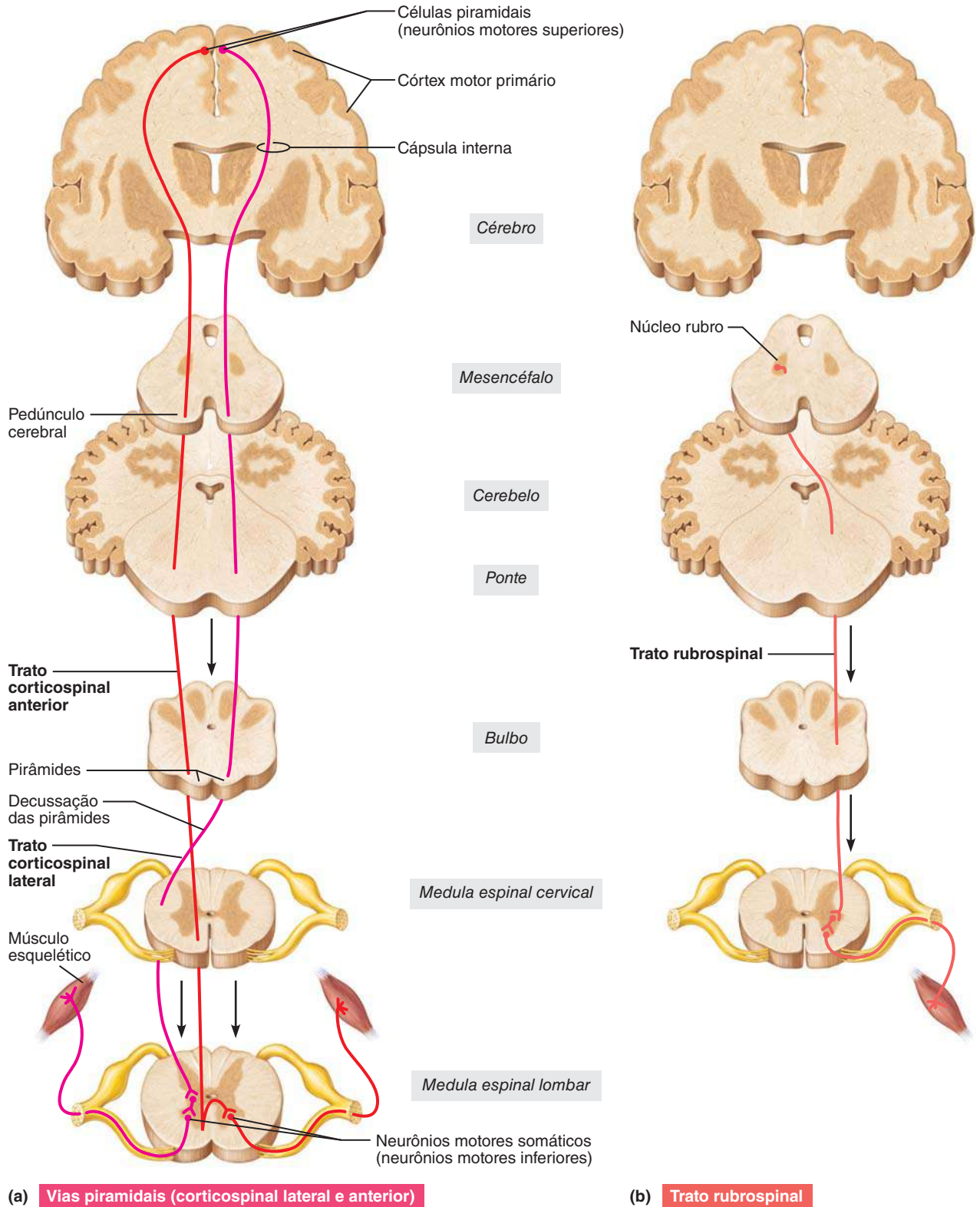


Figura 13.30 Três vias de descendentes por meio das quais o cérebro influencia o movimento. Cortes transversais até o cérebro, exibido em corte frontal. **(a)** O trato piramidal (vias corticospinais lateral e anterior) origina-se no córtex cerebral e controla os movimentos voluntários hábeis. **(b)** O trato rubrospinal, uma das vias indiretas (extrapiramidais), ajuda a regular o tônus muscular.

Tabela 13.4 Principais vias e tratos medulares descendentes (motores)

Trato medular	Localização (funículo)	Origem	Terminação	Função
VIAS DIRETAS (PIRAMIDAIS)				
Corticospinal lateral	Lateral	Neurônios piramidais do córtex motor do cérebro; cruzam nas pirâmides do bulbo	Por sinapse com os interneurônios do corno anterior que influenciam os neurônios motores e ocasionalmente com neurônios motores do corno anterior diretamente	Transmite impulsos motores do cérebro para os neurônios motores da medula espinal contralateral (que ativam os músculos esqueléticos); trato motor voluntário para os músculos dos membros
Corticospinal anterior	Anterior	Neurônios piramidais do córtex motor; as fibras trocam de lado no nível da medula espinal	Corno anterior (como acima)	A mesma do trato corticospinal lateral, mas para os músculos axiais
VIAS INDIRETAS (EXTRAPIRAMIDAIS)				
Rubrospinal	Lateral	Núcleo rubro do mesencéfalo do tronco encefálico (as fibras cruzam para o outro lado, logo abaixo do núcleo rubro)	Corno anterior (como acima)	Transmite impulsos motores relativos ao tônus muscular dos músculos distais do membro (principalmente flexores) no lado contralateral do corpo
Tetospinal	Anterior	Colículo superior do mesencéfalo do tronco encefálico (as fibras cruzam para o outro lado da medula)	Corno anterior (como acima)	Vira o pescoço para que os olhos possam acompanhar um objeto móvel
Vestibulospinal	Anterior	Núcleos vestibulares no bulbo do tronco encefálico	Corno anterior (como acima)	Transmite impulsos motores que mantêm o tônus muscular e ativam os músculos extensores ipsilaterais do membro e do tronco e os músculos que movem a cabeça; ajuda a manter o equilíbrio na posição em pé ou durante o movimento
Reticulospinal	Anterior e lateral	Formação reticular do tronco encefálico (grupo nuclear medial da ponte e bulbo); fibras cruzadas e não cruzadas	Corno anterior (como acima)	Transmite impulsos relativos ao tônus muscular e a muitas funções motoras viscerais; pode controlar a maioria dos movimentos não especializados



APLICAÇÃO CLÍNICA

Esclerose lateral amiotrófica (ELA) Também conhecida como *doença de Lou Gehrig*, a **esclerose lateral amiotrófica** (amiotrófica = “degeneração muscular” ou “atrofia muscular”; esclerose = “endurecimento”), ou ELA, provoca com mais frequência a degeneração dos tratos piramidais, resultando na atrofia muscular esquelética. À medida que os tratos piramidais se deterioram, o tecido cicatricial endurece as partes laterais da medula espinal onde se encontram esses tratos. Os neurônios motores inferiores também degeneram, causando fraqueza muscular e atrofia. Os primeiros sintomas incluem fraqueza ao usar as mãos ou dificuldades na deglutição ou na fala. A ELA aparece após os 40 anos de idade e sua evolução é implacável e sempre fatal; atualmente, metade das pessoas afetadas morre em três a cinco anos. No entanto, novos programas de cuidados intensivos podem estender o tempo de sobrevivência para 15 anos. A causa da ELA não é clara, mas pode resultar de um excesso do neurotransmissor glutamato no córtex cerebral motor primário, onde o glutamato primeiro superestimula e depois mata os neurônios.

✓ Verifique seu conhecimento

- 26. Qual via sensitiva transmite sensações de tato discriminativas?
- 27. Das vias sensitivas descritas, quais passam pelo tálamo? Qual não passa?
- 28. Qual trato fibroso descendente se origina no córtex motor primário?
- 29. Quais das vias ilustradas aqui (ascendentes e descendentes) não decussam?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TRANSTORNOS DA PARTE CENTRAL DO SISTEMA NERVOSO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ explicar os efeitos das lesões graves na medula espinal;
- ▶ descrever os sinais e sintomas de concussões (lesões cerebrais traumáticas), AVCs e doença de Alzheimer.

Muitos transtornos podem afetar o SNC. Esta discussão começa com a lesão na medula espinal e passa para os transtornos do encéfalo.

Lesões da medula espinal

As lesões na medula espinal — resultantes de acidentes de trânsito, acidentes com esquis ou mergulho, quedas e ferimentos à bala — podem esmagar, lacerar ou cortar (fazer uma transecção) a medula espinal. A transecção leva à perda total dos movimentos voluntários e da sensibilidade consciente nas regiões do corpo inferiores ao corte porque as conexões entre o cérebro e o corpo, os tratos espinais, foram cortadas. Se o dano ocorrer entre os segmentos T1 e L2 da medula espinal, os membros inferiores são afetados, mas não os membros superiores. Essa condição chama-se **paraplegia**. Se o dano for à região cervical da medula espinal, todos os quatro membros são afetados, condição conhecida como **quadriplegia** (*quadri* = quatro; *plegia* = golpe). A transecção da medula espinal acima da metade do pescoço elimina a capacidade da pessoa de respirar porque os neurônios motores para o diafragma estão situados nos segmentos medulares C3-C5. Essas lesões são fatais, a menos que a vítima seja mantida viva por meio de ressuscitação artificial no local do acidente e, posteriormente, por um respirador.

Durante a avaliação das lesões na medula espinal é importante lembrar que os segmentos medulares são ligeiramente mais rostrais do que os níveis vertebrais correspondentes (ver p. 423).

Disfunção cerebral

As disfunções cerebrais são variadas e amplas. As lesões cerebrais traumáticas são discutidas na **ANÁLISE APROFUNDADA** na p. 434, e duas doenças cerebrais degenerativas importantes — os acidentes vasculares cerebrais e a doença de Alzheimer — são analisadas aqui no texto principal.

Acidentes vasculares cerebrais⁵

Os **acidentes vasculares cerebrais (AVCs)** são os transtornos mais comuns do sistema nervoso e a terceira principal causa de morte nos Estados Unidos.⁶ O AVC ocorre quando um bloqueio ou uma interrupção do fluxo sanguíneo para uma área do cérebro causa a morte do tecido cerebral devido à falta de oxigênio. Essa privação de sangue para um tecido chama-se **isquemia** (“segurar o sangue”).

Os AVCs são provocados por rompimentos ou rasgos nos vasos cranianos (AVC hemorrágico) ou por um coágulo sanguíneo que obstrui esses vasos (AVC isquêmico). Os déficits neurológicos decorrentes dependem de qual artéria é afetada e de qual área do cérebro é suprida por essa artéria. As pessoas que sobrevivem a um AVC podem ficar com um lado do corpo paralisado ou ter déficits sensitivos ou de linguagem. Alguns pacientes recuperam parcialmente suas capacidades perdidas, especialmente com tratamento de reabilitação, pois dos neurônios intactos brotam novos ramos que se espalham pela área cerebral danificada e assumem as funções perdidas. Esse é um exemplo de **plasticidade neural**, processo regenerativo pelo qual o SNC lesionado se reestrutura. No entanto, como a disseminação neuronal é limitada a apenas 5 mm, se a área danificada for grande a recuperação nunca é completa.

As estratégias para tratar os AVCs incluem: (1) administração precoce de um diluidor de coágulos, como um *ativador de plasminogênio tecidual (tPA)*, para os AVCs provocados por coágulos; (2) detecção precoce dos AVCs em andamento utilizando técnicas de neuroimagem mais rápidas e (3) administração de medicamentos neuroprotetores (atualmente em desenvolvimento) para impedir que os neurônios danificados morram.

⁵ Nota do revisor técnico: também conhecidos como acidentes vasculares encefálicos (AVE).

⁶ Nota do editor: segundo o Ministério da Saúde, a cada seis segundos, uma pessoa sofre um acidente vascular no Brasil, chegando a 100 mil mortes por ano.

Lesão encefálica traumática (ou traumatismo crânio-encefálico)

Todo ano ocorrem 1,4 milhão de **lesões encefálicas traumáticas (LETs)** nos Estados Unidos decorrentes de quedas (28%), acidentes de trânsito (20%), lesões esportivas (21%) e violência (30%).⁷ A lesão no tecido neural é provocada por três mecanismos: (1) um golpe direto que contunde o tecido neural, (2) forças de cisalhamento que rasgam as fibras neuronais e (3) sangramento e intumescimento que aumentam a pressão intracranial e comprimem o tecido neural.

Circundado pelo líquido cerebrospinal, o encéfalo praticamente flutua dentro do crânio. Qualquer força externa que atinja essa estrutura faz que o encéfalo se mova e bata no crânio, lesionando o tecido neural. Se a força do golpe for suficientemente grande, o encéfalo pode atingir o lado oposto do crânio. A isso chamamos **lesão por contragolpe**.

Como o encéfalo está sendo movimentado vigorosamente na cavidade craniana, os axônios longos e projetados alongam-se. As forças de cisalhamento podem rasgá-los, resultando em **lesão axonal difusa**. Essas forças afetam axônios bem espalhados e perturbam sua capacidade de enviar informações — rompendo assim os circuitos neuronais. Com o tempo, as conexões axonais podem crescer novamente e restabelecer os circuitos neurais funcionais. No entanto, as conexões podem errar o caminho, resultando em déficits funcionais de longo prazo.



Tanto a lesão por contragolpe quanto a lesão axonal difusa são típicas na síndrome do bebê sacudido e no chicote provocado pela desaceleração rápida, típica de acidentes de automóvel.

O sangramento interno no local do impacto comprime o tecido neural. O intumescimento resultante do edema e da captação de água pelo cérebro leva ao aumento da pressão intracraniana, que comprime ainda mais o tecido neural, provocando mais lesões. Muito preocupantes são as lesões que resultam em sangramento dentro dos espaços subdural ou subaracnóideo que é diagnosticado no momento da lesão. Imediatamente após um golpe na cabeça, a vítima pode estar lúcida e agir normalmente. No entanto, à medida que o sangue e outros líquidos se acumulam em volta do tecido cerebral, podem se desenvolver sinais neurológicos como problemas de equilíbrio, problemas de coordenação e déficits sensitivos. A maior pressão intracraniana resultante pode afetar as

funções do tronco encefálico que controlam a respiração, a frequência cardíaca e a pressão arterial, potencialmente causando a morte. Desse modo, indivíduos com qualquer tipo de lesão na cabeça precisam ser monitorados quanto ao desenvolvimento de sinais neurológicos: reflexos pupilares anormais, desequilíbrio, discurso incoerente e comportamento anormal.

As **lesões encefálicas brandas** (concussões) são o tipo mais comum de lesão encefálica, já que provocam mudança temporária no estado mental: confusão, desorientação e perda de memória. Uma breve perda de consciência pode ou não ocorrer. Os sintomas de uma lesão encefálica branda incluem cefaleia, vertigem, náusea, fadiga e irritabilidade. Uma **lesão encefálica moderada** é definida pela perda de consciência durante um intervalo de tempo que varia de alguns minutos a algumas horas. Esse tipo de lesão provoca confusão, que pode durar dias ou semanas. Os déficits neurais resultam em prejuízos físicos, cognitivos e comportamentais que podem durar um longo período ou ser permanentes. Uma **lesão encefálica grave** resulta em inconsciência prolongada ou coma durante dias, semanas ou meses.

Cerca de 75% de todas as LETs são classificadas como brandas, incluindo a maioria das lesões encefálicas que ocorrem durante as atividades esportivas. No entanto, uma lesão branda não é insignifi-

⁷ Nota do editor: segundo dados do Ministério da Saúde, o número de mortes por traumatismo crânio-encefálico (TCE) aumenta a cada ano, principalmente entre a população do sexo masculino e jovem, em acidentes de trânsito. As principais causas de TCE são acidentes automobilísticos (50%), quedas (30%) e causas violentas (20%).

ANÁLISE APROFUNDADA

cante, mas muitas vezes é ignorada ou minimizada, sobretudo pelos atletas de competição.

O tecido neural requer pelo menos duas semanas para se recuperar após uma lesão branda. Se o encéfalo não tiver tempo para cicatrizar, outra lesão pode resultar de outro impacto. Um segundo impacto que ocorra antes da cicatrização completa de um impacto inicial pode resultar em um intumescimento tão agudo do encéfalo que chega a ser

fatal. Essa condição chama-se **síndrome do segundo impacto**. Embora nenhum dos impactos seja grave, o intumescimento radical provocado pela segunda lesão pode alterar a função do tronco encefálico e o efeito cumulativo das lesões pode ter consequências fatais.

As lesões encefálicas repetidas se combinam, causando déficits neurológicos importantes. Pesquisas mostram que os atletas com lesões repetidas na cabeça têm desempenho

pior nos testes de atenção, memória, organização e resolução de problemas complexos do que os indivíduos que nunca sofreram uma concussão.

É fundamental evitar o traumatismo craniano. Nos esportes que envolvem contato, são essenciais o equipamento de proteção da cabeça e as decisões inteligentes tomadas pelos treinadores, preparadores físicos e atletas em relação a quando voltar a jogar após uma lesão na cabeça.

Doença de Alzheimer

A **doença de Alzheimer** é uma doença degenerativa progressiva do cérebro que resulta em demência (deterioração mental). Doze por cento dos norte-americanos com mais de 65 anos desenvolvem essa condição e até metade de todas as pessoas acima dos 85 anos sofre de Alzheimer⁸. Embora seja observada geralmente nos idosos, a doença pode começar na meia-idade. Os indivíduos com Alzheimer exibem uma ampla variedade de defeitos mentais, incluindo falta de memória (sobretudo para eventos recentes), diminuição da capacidade de concentração, depressão e desorientação. A doença piora ao longo de um período de anos até que o dano cortical seja tão grave a ponto de os pacientes ficarem completamente incapacitados, incapazes de responder ao seu ambiente ou controlar os movimentos.

A doença de Alzheimer começa com alterações estruturais nos núcleos do prosencéfalo basal, no hipocampo e nas áreas de associação do córtex cerebral, todos envolvidos na memória e no raciocínio. À medida que a doença avança, o dano espalha-se para outras áreas do cérebro. Os giros cerebrais encolhem, os ventrículos aumentam e muitos neurônios acabam sendo perdidos. A neuroimagem funcional documentou uma grande perda de atividade neuronal no córtex cerebral do lobo parietal (**Figura 13.31**).

A causa da doença de Alzheimer é obscura. Microscopicamente, o tecido cerebral dos pacientes acometidos contém *placas amiloides* entre os neurônios e *emaranhados neurofibrilares* dentro dos neurônios. As placas características são formadas por proteína beta-amiloide (beta-A), componente de

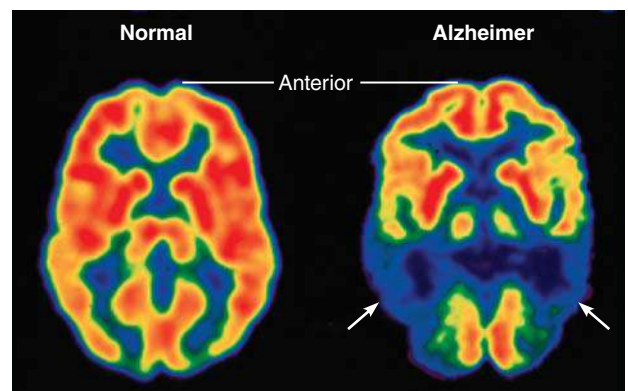


Figura 13.31 Diferenças na atividade cerebral com a doença de Alzheimer. Varredura PET de um indivíduo normal à esquerda e de um paciente com doença de Alzheimer à direita. Vermelho e amarelo indicam níveis mais elevados de metabolismo da glicose, portanto, alta atividade neural. Os déficits metabólicos no córtex parietal são indicados pelas setas na varredura do paciente de Alzheimer.

uma proteína maior, precursora de amiloide encontrada em todas as células de cérebros saudáveis. Há muito se imagina que a beta-A seja um fator causal importante da doença, pois provoca redução na atividade sináptica e perturba o funcionamento da célula nervosa. No entanto, as varreduras TEP têm exibido um acúmulo de beta-A em alguns cérebros saudáveis e também no cérebro de pacientes com Alzheimer, sugerindo que há algo mais nessa doença do que

⁸ Nota do editor: conforme dados da Associação Brasileira de Alzheimer (ABRAZ), estima-se que no Brasil haja pelo menos cerca de 1,2 milhão de casos da doença, sendo a maior parte deles sem diagnóstico.

placas beta-A. Os papéis que outros fatores podem desempenhar no desenvolvimento dessa patologia estão sendo pesquisados, especificamente os efeitos da inflamação e do estresse nas células nervosas, resultantes de traumatismo craniano ou AVCs brandos. À medida que nossa população envelhece e o número de pacientes com Alzheimer aumenta, o impacto social e econômico dessa doença sobre as vítimas, cuidadores e sociedade em geral torna-se cada vez mais devastador.

A PARTE CENTRAL DO SISTEMA NERVOSO AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever as causas e consequências dos seguintes transtornos congênitos: anencefalia, paralisia cerebral e espinha bífida;
- ▶ explicar os efeitos do envelhecimento na estrutura do encéfalo.

Desenvolvimento embrionário e condições congênitas

Estabelecidos durante o primeiro mês de desenvolvimento, o encéfalo e a medula espinal continuam a crescer e amadurecer por todo o período pré-natal. Uma série de má-formações congênitas surge durante essa fase, sendo as mais graves a hidrocefalia congênita (ver p. 421), os defeitos do tubo neural e a paralisia cerebral.

Os **defeitos do tubo neural** resultam de um atraso em seu fechamento (ver Figura 3.7). Conhecido como **anencefalia** (“sem um cérebro”), o defeito é provocado pelo não fechamento da parte rostral do tubo e não formação de um encéfalo completo. Em consequência, o cérebro e o cerebelo nunca se desenvolvem; formam-se apenas o tronco encefálico e traços dos núcleos da base. O recém-nascido anencefálico é totalmente vegetativo, e a vida mental é definida geralmente como ausente. A morte ocorre logo após o nascimento. Aproximadamente um a cada 5 mil recém-nascidos é anencefálico.

A **espinha bífida** (“espinha bifurcada”) abrange uma série de defeitos do tubo neural, que resultam do não fechamento da parte caudal do tubo neural ou da formação incompleta dos arcos vertebrais ósseos (ausência das lâminas vertebrais). O atraso na formação da medula espinal e das meninges impede a formação das lâminas vertebrais ósseas. Nos casos de atraso extremo, o sulco neural permanece aberto e sem função, mas na maioria dos casos se forma uma medula espinal completa, que depois se torna danificada. Aproximadamente um a cada

2.500 recém-nascidos possui espinha bífida e os defeitos são mais comuns na região lombossacral.

Na **espinha bífida cística**, a variedade mais comum, as meninges em volta da medula espinal expandem-se em um cisto parecido com um saco, chamado **meningocele**, que se projeta dorsalmente da coluna do bebê. Se a medula espinal se mover para a parte dorsal do cisto, chamamos isso de **mielomeningocele**, uma “medula espinal em um saco de meninges” (Figura 13.32). Como a parede do cisto é fina, os irritantes, como a ureia no fluido amniótico circundante, podem passar pela parede e danificar a medula espinal durante o período fetal. Além disso, podem lesioná-la os empurrões físicos e as infecções após o nascimento. Frequentemente, as crianças com esse defeito também possuem uma fossa do crânio posterior pequena, fazendo que o bulbo e partes do cerebelo se estendam pelo forame magno do crânio, constringindo os ventrículos cerebrais e resultando em hidrocefalia. A intervenção cirúrgica imediata pode aliviar e, às vezes, evitar a paralisia.

Os bebês com espinha bífida deveriam nascer por cesariana para evitar a compressão da meningocele e danos à medula espinal durante a passagem pelo estreito canal do parto. Naturalmente, o planejamento para o parto por cesariana requer que a espinha bífida seja reconhecida no pré-natal — por ultrassom fetal ou por um exame chamado *alfa-fetoproteína no soro materno (AFP)* antes da metade do período de gestação. Quantidades inadequadas de ácido fólico e vitamina B na dieta materna aumentam o risco de defeito do tubo neural no feto em desenvolvimento. Atualmente, o ácido fólico, a forma suplementar dessa vitamina, é adicionada ao pão, à farinha e aos produtos à base de massa vendidos nos Estados Unidos. Como a fortificação desses alimentos com ácido



Figura 13.32 Recém-nascido com mielomeningocele lombar.

fólico se tornou obrigatória em 1998, a prevalência dos defeitos do tubo neural diminuiu 27%.⁹

A condição congênita conhecida como **paralisia cerebral** é um transtorno permanente do SNC no qual os músculos voluntários são mal controlados ou estão paralisados. Essa condição resulta de danos ao córtex cerebral ou, com menos frequência, ao cerebelo ou aos núcleos de base. As infecções da placenta e outros fatores, como o trauma durante o parto, que interferem no suprimento sanguíneo para o encéfalo fetal podem levar à paralisia cerebral. Além de paralisia espástica, dificuldades de fala e outros prejuízos motores, os sintomas podem incluir convulsões, retardamento mental, surdez e deficiências visuais. Nas crianças, a paralisia cerebral é a maior causa individual de incapacitação e ocorre em dois a cada mil nascimentos a termo e é 70 vezes mais frequente entre bebês prematuros.

Alterações pós-natais no encéfalo

Após o nascimento, as várias partes do encéfalo normal concluem seu desenvolvimento em momentos diferentes e as conexões neurais feitas no encéfalo do bebê em crescimento são moldadas fortemente pelas experiências. As varreduras TEP mostram que o tálamo e o córtex somestésico estão ativos em um bebê com cinco dias de vida, mas o córtex visual não está. Essa constatação apoia a observação de que os bebês dessa idade respondem ao tato, mas enxergam pouco. Em 11 semanas, uma parte maior do córtex está ativa e o bebê pode alcançar os objetos. Em oito meses, o córtex está altamente ativo; a criança pode pensar, lembrar-se do que vê e começar a compreender os sons da linguagem. Em 10 a 18 meses, o lobo pré-frontal começa a se comunicar com as regiões límbicas, de modo que a criança pode começar a controlar os impulsos emocionais. O amadurecimento do sistema nervoso continua por toda a infância e reflete a mielinização progressiva e o espessamento de seus axônios.

Apesar da grande plasticidade dos cérebros jovens, existem períodos críticos após os quais a aprendizagem não é mais possível. Por exemplo, ninguém jamais aprendeu a língua materna após os 5 anos de idade, e o abuso infantil pode retardar de tal modo o amadurecimento dos lobos frontais, que a função cognitiva

normal não é alcançada. Estudos recentes sugerem que esses períodos críticos não são tão rígidos quanto se acreditava, proporcionando mais esperança para as crianças com privações.

Antes se pensava que os circuitos cerebrais estavam plenamente formados no final da infância, mas novas descobertas mostram que esse amadurecimento só se completa aos 20 anos. Nos adolescentes, o lobo frontal “racional” ainda está se organizando ao mesmo tempo que as estruturas límbicas “emocionais” estão em desenvolvimento intenso devido aos efeitos dos hormônios sexuais. Isso pode explicar por que alguns adolescentes parecem mal-humorados ou abandonam o bom senso em troca de comportamentos arriscados e eletrizantes.

O encéfalo atinge o peso máximo no adulto jovem; com a idade, no entanto, ele encolhe e suas capacidades cognitivas diminuem de modo progressivo. Tradicionalmente, esse declínio tem sido atribuído à morte neuronal, mas técnicas aprimoradas sugerem que o número de neurônios cerebrais não diminui com a idade — pelo menos no córtex cerebral e no hipocampo. A razão para o declínio da função cerebral com a idade pode estar nas mudanças no circuito neural ou em quantidades menores de neurotransmissores sendo liberados nas sinapses. Estudos mostram que os idosos compensam esse declínio usando mais regiões do córtex cerebral e que, ao se manterem mentalmente ativos, conseguem desacelerar a taxa de encolhimento cerebral. Finalmente, o plexo coriárioide calcifica-se nos idosos, reduzindo drasticamente a produção de líquido cefalorraquidiano no final da vida.

Verifique seu conhecimento

- 30. Os indivíduos que sofreram um AVC geralmente têm déficits funcionais no lado do corpo oposto ao do tecido cerebral lesionado. Explique isso tomando como referência seu conhecimento das vias ascendentes e descendentes no SNC.
- 31. Quais regiões do córtex cerebral estão ativas em um recém-nascido? Qual não está plenamente desenvolvida até o início da idade adulta?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

⁹ Nota do editor: no Brasil, os altos índices de anemia e outras doenças causadas pela pouca ingestão de ácido fólico levaram o Ministério da Saúde e a Anvisa a tornar obrigatória a fortificação das farinhas de trigo e milho com ferro e ácido fólico, pela Resolução RDC 344, de 13 de dezembro de 2002, a partir de julho de 2004.



TERMOS CLÍNICOS

Encefalopatia Qualquer doença ou transtorno cerebral.

Microcefalia Condição congênita envolvendo a formação de um encéfalo ou crânio pequeno. Pode resultar de dano encefálico antes do nascimento ou da fusão prematura das suturas do crânio. A maioria das crianças microcefálicas possui déficits mentais graves.

Mielite Inflamação da medula espinal.

Mielograma Estudo de raios X da medula espinal após injeção de um meio de contraste.

Síndrome de Tourette Transtorno cerebral que afeta aproximadamente um a cada 3 mil norte-ame-

ricanos, principalmente homens. Caracterizada por tiques (movimentos ou sons súbitos e rápidos), como piscadas, caretas, gritos e uivos. Pode envolver vocalizações obscenas, repetição das palavras e ações dos outros e comportamento obsessivo-compulsivo. Nessa condição, os núcleos de base não regulam adequadamente um neurotransmissor chamado dopamina e, portanto, não conseguem interagir com o córtex cerebral motor para inibir os comportamentos estereotípicos. Essa síndrome é tratada com medicamentos psicotrópicos. Após os anos da pré-adolescência, a gravidade dos sintomas geralmente diminui com a idade.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

ENCÉFALO (p. 389-421)

1. O encéfalo inicia os movimentos voluntários e involuntários, interpreta e integra os estímulos sensitivos e é responsável pela consciência e função cognitiva. Ele controla as atividades básicas de manutenção da vida e também está ligado à inervação da cabeça através dos nervos cranianos.

Desenvolvimento embrionário do encéfalo (p. 389-391)

2. O encéfalo desenvolve-se a partir da porção mais rostral do tubo neural embrionário. Na quinta semana, o prosencéfalo primordial transforma-se em telencéfalo e diencéfalo; o mesencéfalo primordial, em mesencéfalo; e o rombencéfalo primordial, em metencéfalo e mielencéfalo. Com a continuação do desenvolvimento após o nascimento, o telencéfalo transforma-se no cérebro; o mesencéfalo, na parte mesencefálica do tronco encefálico; o metencéfalo, na ponte do tronco encefálico e no cerebelo; e o mielencéfalo, no bulbo do tronco encefálico.
3. Os hemisférios cerebrais crescem rapidamente, envolvendo o diencéfalo e a parte rostral do tronco encefálico. As superfícies expandidas dos hemisférios dobram-se em um padrão complexo de sulcos e giros.

Partes básicas e organização do encéfalo (p. 391)

4. Um esquema de classificação bastante utilizado divide o encéfalo em hemisférios cerebrais ou telencéfalo, diencéfalo, tronco encefálico (mesencéfalo, ponte, bulbo) e cerebelo.
5. O tronco encefálico e o diencéfalo consistem em substância branca externa à substância cinzenta central, ao passo que o telencéfalo e o cerebelo têm essas duas camadas e mais um córtex externo de substância cinzenta.

Ventrículos do encéfalo (p. 391-392)

6. Os dois ventrículos laterais estão nos hemisférios cerebrais; o terceiro ventrículo está no diencéfalo; o aqueduto do me-

sencéfalo está no mesencéfalo; e o quarto ventrículo está nas regiões posteriores da ponte e do bulbo do tronco encefálico.

Tronco encefálico (p. 392-397)

7. O bulbo contém as pirâmides e sua decussação, todas formadas pelos tratos piramidais. As olivas contêm núcleos retransmissores no cerebelo; o núcleo cuneiforme e o núcleo grácil retransmitem estímulos sensitivos discriminativos para o tálamo. Os núcleos dos nervos cranianos VIII-XII situam-se perto do quarto ventrículo. Os centros na formação reticular do bulbo regulam a respiração, a frequência cardíaca, a pressão arterial e outras funções viscerais.
8. A região anterior da ponte contém os tratos piramidais e os núcleos da ponte que se projetam para o cerebelo. Os núcleos dos nervos cranianos V-VII situam-se perto do quarto ventrículo.
9. O mesencéfalo é dividido em um teto e um par de pedúnculos cerebrais, estes últimos contendo os tratos motores piramidais na base do pedúnculo. No teto, os colículos superiores e inferiores medeiam os reflexos visuais e auditivos. O núcleo rubro e a substância negra participam das funções motoras. A substância cinzenta central desperta a resposta do medo. O mesencéfalo também contém núcleos motores dos nervos cranianos III e IV, os quais controlam os músculos do olho.

Cerebelo (p. 397-399)

10. O cerebelo suaviza e coordena os movimentos do corpo e ajuda a manter a postura e o equilíbrio. Suas partes principais — o par de hemisférios cerebelares e o verme — são divididas transversalmente em três lobos: anterior, posterior e floculonodular. A superfície cerebelar é coberta com folhas (cristas) e fissuras.
11. Da mais superficial à mais profunda, as principais regiões do cerebelo são o córtex, a árvore da vida (substância branca) e os núcleos cerebelares profundos.
12. O córtex cerebelar recebe informações sensitivas sobre os movimentos reais do corpo e depois compara essas informações com o modo como o corpo deveria estar se movendo. Dessa maneira, ele trava um diálogo com o córtex cerebral sobre como coordenar os movimentos voluntários precisos.
13. O cerebelo conecta-se com o tronco encefálico através dos pedúnculos cerebelares superior, médio e inferior, tratos

espessos que transmitem informações do/para o cerebelo. Todas essas fibras são ipsilaterais.

Diencefalo (p. 399-402)

14. O diencefalo, que consiste em tálamo, hipotálamo e epitélamo, confina o terceiro ventrículo.
15. O tálamo, um par de grupos ovais de núcleos cerebrais, é a porta para o córtex cerebral. É uma importante estação de retransmissão para os impulsos sensitivos que sobem para o córtex sensitivo e para os impulsos de todas as regiões do cérebro que se comunicam com o córtex cerebral.
16. O hipotálamo, um agrupamento de núcleos cerebrais, é o centro de controle visceral mais importante do encéfalo. Ele regula os ciclos de sono, a fome, a sede, a temperatura corporal, a secreção pela hipófise, o SNA e algumas emoções e comportamentos.
17. O pequeno epitélamo contém a glândula pineal, que secreta um hormônio chamado melatonina, relacionado à fase noturna do ciclo de sono-vigília.

Cérebro (telencéfalo) (p. 402-413)

18. Os dois grandes hemisférios cerebrais que compõem o telencéfalo possuem giros, sulcos e fissuras superficiais. Os cinco lobos de cada hemisfério são o frontal, o parietal, o occipital e o temporal, além da ínsula.
19. O córtex cerebral é o local da percepção sensitiva consciente, do início voluntário dos movimentos e das funções de raciocínio mais elevado. As regiões estruturais do córtex cerebral composto de seis camadas foram identificadas por Brodmann e outros.
20. Funcionalmente, o córtex cerebral é dividido em três áreas. As áreas sensitivas nos lobos parietal, occipital e temporal são o córtex somestésico primário, o córtex visual primário, o córtex auditivo primário, o córtex gustatório, o córtex vestibular e o córtex olfatório. As áreas de associação sensitiva são adjacentes aos seus córtices sensitivos primários. As áreas motoras no lobo frontal são o córtex motor primário, o córtex pré-motor, o campo ocular frontal e a área de Broca para produção da fala.
21. O córtex de cada hemisfério cerebral recebe informações sensitivas e envia instruções motoras de/para, respectivamente, o lado oposto do corpo (contralateral). O corpo é mapeado em um "homúnculo" de cabeça para baixo nas áreas somestésicas e motora primária.
22. Os tratos piramidais descem do córtex motor primário e estendem-se pelo tronco encefálico e pela medula espinal, onde sinalizam os neurônios motores para realizarem movimentos voluntários hábeis.
23. As áreas de associação multimodal sobrepõem-se aos lobos parietal, temporal e frontal. Essas áreas integram as informações sensitivas de muitas modalidades com a experiência pregressa e planejam uma resposta motora. O processamento visual e auditivo de ordem mais elevada ocorre nos lobos temporais (fluxo ventral para reconhecer objetos ou identificar sons) e nos lobos parietais posteriores (fluxo dorsal para identificar relações espaciais ou localizar sons). As áreas da linguagem ocupam uma grande parte do córtex cerebral esquerdo em volta do sulco lateral.
24. Na maioria das pessoas, o hemisfério cerebral esquerdo é especializado nas habilidades de linguagem e matemática, e o hemisfério direito é mais dedicado às capacidades visuais e espaciais e criativas.

25. Na substância branca cerebral são encontradas fibras comissurais entre os hemisférios, fibras de associação entre as áreas corticais dentro de um hemisfério e fibras de projeção do/para o tronco encefálico e a medula espinal.

26. Os núcleos da base são um componente da substância cinzenta profunda do cérebro. Incluem o núcleo caudado, o putame e o globo pálido. Funcionalmente, os núcleos da base trabalham com o córtex motor cerebral para controlar movimentos complexos, entre outras funções.
27. Os núcleos do prosencéfalo basal, localizados na posição anterior e dorsalmente ao hipotálamo, fazem parte do sistema colinérgico do prosencéfalo basal, cujas funções estão relacionadas com estimulação, aprendizagem, memória e controle motor.

Sistemas funcionais do encéfalo (p. 413-416)

28. O sistema límbico consiste em muitas estruturas cerebrais e diencefálicas na face medial de cada hemisfério cerebral. Ele é a parte "emocional-visceral" do cérebro e também forma e recupera as memórias. O giro do cíngulo controla a resposta comportamental às emoções, o hipocampo consolida as memórias e o corpo amigdalóide medeia a resposta aos estímulos que derivam do medo.
29. A formação reticular inclui núcleos cerebrais difusos que abrangem toda a extensão do tronco encefálico. O sistema ativador reticular ascendente da formação reticular mantém o estado consciente do córtex cerebral, e os tratos reticulospinais, que são tratos descendentes, influenciam os músculos posturais, diminuem o tônus muscular e influenciam a função motora visceral.

Proteção do encéfalo (p. 416-421)

30. As três meninges formam revestimentos contínuos em torno da medula espinal e do encéfalo. As projeções internas da dura-máter que circundam o encéfalo formam partições (foice do cérebro, foice do cerebelo, tentório do cerebelo) que fixam o encéfalo no crânio.
31. O líquido cefalorraquidiano é derivado do plasma sanguíneo nos plexos corióides situados no teto dos ventrículos. Ele circula através dos ventrículos e para dentro do espaço subaracnóideo e depois volta para o sangue através das granulações aracnóideas no seio sagital superior.
32. A barreira hematoencefálica deriva da impermeabilidade relativa dos capilares encefálicos (junções impermeáveis completas entre as células epiteliais). A barreira deixa a água, o oxigênio, os nutrientes e as moléculas lipossolúveis entrarem no tecido neural, mas impede a entrada da maioria das substâncias nocivas.

MEDULA ESPINAL (p. 421-426)

33. Os nervos espinais que inervam o pescoço, os membros e o tronco conectam-se com a medula espinal. A medula espinal também age como um centro reflexo e contém tratos que entram e saem do encéfalo. Ela estende-se do forame magno até o nível da primeira ou segunda vértebra lombar. A extremidade da medula espinal é o cone medular.
34. Trinta e um pares de raízes nervosas espinais saem da medula espinal. O feixe de raízes mais inferior assemelha-se a uma cauda de cavalo (cauda equina). A medula espinal é alargada em suas regiões cervical e lombar, refletindo a inervação dos membros.

Substância branca da medula espinal (p. 423-424)

35. A substância branca da medula é dividida em funículos posterior, lateral e anterior contendo fibras ascendentes e descendentes.

Substância cinzenta da medula espinal e raízes espinais (p. 425)

36. A substância cinzenta em forma de H da medula espinal possui dois cornos anteriores contendo neurônios motores e dois cornos posteriores contendo interneurônios. Os cornos posteriores são subdivididos nas regiões sensitivas somáticas e viscerais; os anteriores são subdivididos nas regiões motoras somáticas e viscerais.
37. As raízes dos nervos espinais — raízes sensitivas posteriores e raízes motoras anteriores — são estruturas do SNP que se conectam com a medula espinal.

Proteção da medula espinal (p. 426)

38. As três meninges da medula espinal — a rígida dura-máter externa, a aracnoide-máter e a pia-máter interna vascularizada — confinam e protegem o encéfalo e a medula espinal.
39. O líquido cefalorraquidiano faz que as estruturas do SNC flutuem e sejam amortecidas. Ele preenche o espaço subaracnóideo e as cavidades centrais do encéfalo e da medula espinal.

VIAS SENSITIVAS E MOTORAS NO SNC

(p. 426-433)

Vias ascendentes (p. 427-430)

40. Os tratos espinais ascendentes nos funículos da medula espinal pertencem às vias sensitivas que partem da periferia do corpo e chegam ao encéfalo. Elas incluem a via espinocerebelar (para propriocepção) até o cerebelo e duas vias até o córtex somestésico: a via do funículo posterior-lemnisco medial (para o tato discriminativo e a propriocepção) e a via espinotalâmica (para dor, temperatura e tato não discriminativo).

Vias descendentes (p. 430-433)

41. Os tratos descendentes nos funículos da medula espinal pertencem às vias motoras que conectam o encéfalo aos músculos do corpo. Elas incluem as vias diretas — os tratos piramidais (corticospinais), que controlam os movimentos hábeis — e as vias indiretas — os tratos extrapiramidais, que controlam os movimentos subconscientes e grosseiros.

TRANSTORNOS DA PARTE CENTRAL DO SISTEMA NERVOSO (p. 433-436)**Lesões da medula espinal** (p. 433)

42. A transecção, a laceração ou o esmagamento da medula espinal eliminam permanentemente os movimentos voluntários e a sensação abaixo ao local da lesão.

Disfunção cerebral (p. 433-436)

43. Golpes na cabeça podem provocar concussões. Essas lesões podem ser agravadas pelo sangramento intracraniano e pelo inchaço do encéfalo.
44. Os acidentes vasculares cerebrais (AVCs) acontecem quando os vasos sanguíneos para o tecido cerebral são bloqueados ou quando o fluxo sanguíneo para o encéfalo é interrompido, provocando a morte do tecido.
45. A doença de Alzheimer é uma doença cerebral degenerativa que afeta o córtex e o hipocampo cerebrais. As funções mentais diminuem progressivamente.

A PARTE CENTRAL DO SISTEMA NERVOSO AO LONGO DA VIDA (p. 436-438)

46. Os defeitos congênitos que envolvem o encéfalo incluem a hidrocefalia, defeitos do tubo neural (anencefalia, espinha bífida) e paralisia cerebral. A espinha bífida cística está associada com os cistos meningocele e/ou mielomeningocele.
47. O encéfalo forma muitas conexões neuronais durante a infância, todas baseadas nas primeiras experiências de vida. O crescimento do encéfalo para na idade adulta e as funções cognitivas decaem lentamente com a idade.

QUESTÕES PARA REVISÃO**Múltipla escolha / Associação**

(Veja as respostas no Apêndice B.)

1. Escolha a estrutura cerebral correta na chave para cada uma das descrições a seguir. Algumas letras podem ser utilizadas mais de uma vez.

Chave:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------|
| (a) Cerebelo | (e) Hipotálamo |
| (b) Colículos superior e inferior | (f) Bulbo |
| (c) Estriado | (g) Mesencéfalo |
| (d) Corpo caloso | (h) Ponte |
| | (i) Tálamo |

- ___(1) núcleos de base envolvidos nas atividades motoras; relacionado à doença de Huntington
- ___(2) região onde há uma troca de lado das fibras dos tratos piramidais
- ___(3) controle da temperatura, SNA, fome e balanço

hídrico

- ___(4) contém a substância negra e o núcleo rubro
- ___(5) relacionado aos reflexos visual e auditivo, encontrado no mesencéfalo
- ___(6) parte do diencéfalo, com os centros vitais controlando a frequência cardíaca, alguns aspectos da emoção e a pressão arterial
- ___(7) todas as entradas para o córtex cerebral primeiro precisam ter uma sinapse com seus núcleos
- ___(8) área do encéfalo que possui folhas e coordena os movimentos
- ___(9) região do encéfalo que contém o aqueduto do mesencéfalo
- ___(10) associa-se com o quarto ventrículo e contém núcleos dos nervos cranianos V-VII
- ___(11) trato fibroso espesso conectando os dois hemisférios cerebrais

2. Uma paciente sofreu uma hemorragia cerebral que danificou o giro pós-central em seu hemisfério cerebral direito. Em consequência, ela (a) não consegue mover voluntariamente o braço ou a perna esquerdos, (b) não sente nada no lado esquerdo do corpo, (c) não sente nada no lado direito do corpo, (d) não pode mais tocar violino.
3. A destruição das células do corno anterior da medula espinal resulta na perda de (a) inteligência, (b) todas as sensibilidades, (c) dor, (d) controle motor.
4. Para cada uma das seguintes estruturas encefálicas, escreva C (para substância cinzenta) ou B (para substância branca), conforme o mais adequado.
 - ___(1) córtex do cerebelo
 - ___(2) pirâmides
 - ___(3) cápsula interna e coroa radiada
 - ___(4) núcleo rubro
 - ___(5) lemnisco medial
 - ___(6) núcleos dos nervos cranianos
 - ___(7) pedúnculo cerebelar
5. Qual das seguintes áreas é mais propensa a armazenar as memórias visuais? (a) área de associação visual, (b) área de Wernicke, (c) córtex pré-motor, (d) córtex somestésico primário.

Dissertativas

6. Faça um diagrama mostrando as cinco vesículas encefálicas secundárias de um embrião e depois mencione as regiões básicas do encéfalo adulto derivadas de cada uma delas.
7. (a) Faça um esboço aproximado de uma visualização lateral do hemisfério cerebral esquerdo. (b) Você pode estar pensando: “Eu não sei desenhar!”. Então, cite o nome do hemisfério ligado à capacidade da maioria das pessoas para desenhar. (c) Em seu desenho, localize as seguintes áreas e identifique suas principais funções: córtex motor primário, córtex pré-motor, área de associação somestésico, área visual primária, córtex pré-frontal, área de Broca.
8. (a) Cite os nomes dos núcleos cerebrais que compõem os núcleos da base. (b) Qual é a função básica dos núcleos da base? (c) Qual núcleo forma um arco sobre o tálamo?
9. Descreva o papel do cerebelo na manutenção da atividade muscular esquelética suave e coordenada.
10. (a) Onde se situa o sistema límbico? (b) Quais estruturas o compõem? (c) De que forma ele é importante no comportamento?
11. (a) Descreva a localização da formação reticular no encéfalo. (b) O que significa SARA e qual é sua função?
12. (a) Mencione quatro maneiras de proteção do SNC. (b) Como o líquido cefalorraquidiano é formado e drenado? Descreva sua via dentro e em volta do encéfalo.
13. (a) Quais são os limites superior e inferior da medula espinal no canal vertebral? (b) Uma punção na coluna lombar executada corretamente poderia picar a cauda equina ou o filamento terminal, mas não o cone medular. Explique.
14. (a) Quais tratos ascendentes na medula espinal transmitem impulsos sensitivos relativos ao tato discriminativo e à pressão? (b) Quais deles estão relacionados apenas à propriocepção?
15. (a) Na via espinotalâmica, onde estão localizados todos os corpos celulares dos neurônios de primeira ordem? E os dos neurônios de terceira ordem? (b) Ache a via descendente relativa aos movimentos voluntários hábeis.
16. Mencione as mudanças na estrutura do encéfalo que ocorrem com o envelhecimento.
17. Faça a distinção entre homúnculos sensitivo e motor. Onde cada um se situa, o que cada um deles ilustra e como o corpo é representado em cada um deles?
18. Um neurocirurgião removeu um pedaço do crânio de uma mulher e fez um corte através de todas as meninges para chegar ao cérebro. Cite os nomes de todas as camadas que foram cortadas, da pele até o cérebro.
19. Quais são algumas das diferenças funcionais entre os hemisférios cerebrais direito e esquerdo?
20. Esboce a medula espinal em corte transversal e marque as seguintes estruturas: (a) funículo lateral da substância branca, (b) raiz anterior, (c) corno anterior da substância cinzenta, (d) canal central, (e) gânglio da raiz dorsal, (f) tratos do funículo posterior: fascículos grácil e cuneiforme, (g) trato corticospinal anterior, (h) trato corticospinal lateral.
21. Descreva a localização e a função da substância cinzenta central.
22. Descreva a localização e a função do fluxo anterior das áreas de processamento visual no córtex cerebral. Depois, explique por que os fluxos visuais posteriores e anteriores se chamam fluxos do “onde” e do “que”, respectivamente.

Análise crítica e aplicação clínica

1. Kelly aprendeu que o projeto básico do SNC consiste em substância cinzenta no interior e substância branca no exterior. Quando sua amiga Luciana disse que havia substância cinzenta no lado de fora do cérebro, Kelly ficou confusa. Esclareça a confusão.
2. Quando Rafael se submeteu a uma cirurgia cerebral para remover um pequeno hematoma intracraniano (massa de sangue), a operação foi feita com anestesia local porque ele era alérgico a agentes anestésicos gerais. O cirurgião removeu uma pequena parte do crânio e Rafael se manteve consciente. A operação transcorreu bem e quando Rafael pediu ao cirurgião para estimular seu giro pós-central (não danificado) levemente com um eletrodo, o cirurgião o fez. Indique o que aconteceu e explique o porquê das seguintes situações. (a) Rafael foi tomado por fúria incontrolável. (b) Viu coisas que não estavam lá. (c) Pediu para ver o que estava tocando sua mão, mas não havia nada. (d) Começou a chutar. (e) Ouviu a voz de sua mãe, de 30 anos atrás.
3. Quando seu segundo filho nasceu, Danusa e Fernando foram comunicados que o bebê tinha espinha bífida e que seria mantido sob cuidados intensivos por uma semana. Depois desse período, seria implantada uma “derivação”. Além disso, imediatamente após o nascimento, foi feita uma operação na parte inferior das costas do bebê. Os pais foram comunicados de que essa operação correu bem, mas que seu filho sempre seria “um pouco fraco nos tornozelos”. Explique as declarações entre aspas em uma linguagem mais informativa e precisa.
4. César, um analista de sistemas brilhante, foi atingido na frente por uma pedra e caiu enquanto escalava uma montanha. Logo ficou evidente para seus colegas de trabalho que seu comportamento havia mudado radicalmente. Ele era elegante, mas agora estava desarrumado e começou a se revelar um fofoqueiro para todos do escritório. Quando

foi descoberto descalço, lavando as meias no banheiro dos funcionários, seu supervisor ordenou que César procurasse o médico da empresa. Que região do cérebro de César foi afetada pelo traumatismo craniano?

5. Um veterano de guerra era quadriplégico e outro era paraplégico. Explique a localização relativa de suas lesões.
6. Toda vez que Paulo ia a uma luta de boxe, ele clama por um nocaute. Então seu amigo Valter explicou o que acontece quando alguém é nocauteado. Qual é a explicação?
7. Uma lesão na medula espinal em C2 resulta não só em paralisia, mas também em uma vida inteira no respirador. Por que uma lesão nessa altura afeta a capacidade de respirar?
8. Que partes do encéfalo ainda estão se desenvolvendo durante a adolescência e como essa lacuna contribui para os tipos de comportamento típicos dessa idade: oscilações de humor, comportamento arriscado e falta de bom senso?
9. AVCs, tumores ou ferimentos podem destruir áreas limitadas do cérebro. Quais são os efeitos das lesões localizadas no córtex motor primário?

Parte periférica do sistema nervoso

14

Organização da parte periférica do sistema nervoso 444

Receptores sensitivos periféricos 445

Classificação funcional 445

Classificação estrutural 445

Nervos cranianos 449

Nervos espinais 461

Inervação do dorso 463

Inervação das paredes anteriores do tórax e do abdome 463

Introdução aos plexos nervosos 463

Inervação das articulações do corpo 476

Inervação da pele: dermatomos 476

Distúrbios da parte periférica do sistema nervoso 478

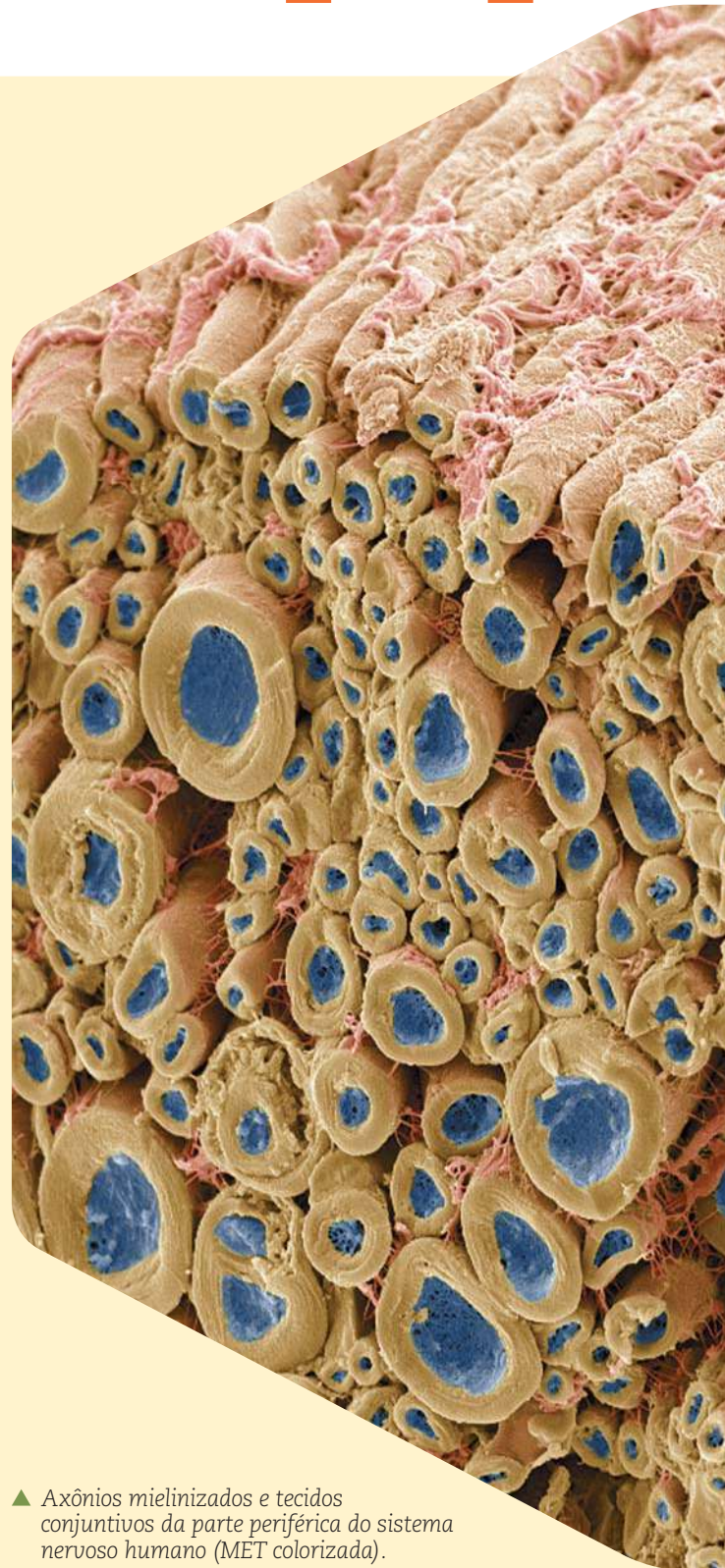
Herpes-zóster 478

Enxaquecas 478

Neuropatia periférica 478

A parte periférica do sistema nervoso ao longo da vida 478

O encéfalo humano, com toda a sua sofisticação, seria inútil sem suas conexões sensitivas e motoras com o mundo exterior. A sanidade do ser humano depende de um fluxo contínuo de informações sensitivas provenientes do ambiente. Quando voluntários vendados foram suspensos em um tanque de água quente (um tanque de privação dos sentidos), eles começaram a ter alucinações: um deles viu elefantes roxos, outro ouviu um coral cantando e outros tiveram alucinações gustativas. A sensação de bem-estar também depende da capacidade para executar as instruções motoras enviadas pelo SNC. Muitas vítimas de lesão na medula espinal se desesperam ao não serem capazes de



▲ Axônios mielinizados e tecidos conjuntivos da parte periférica do sistema nervoso humano (MET colorizada).

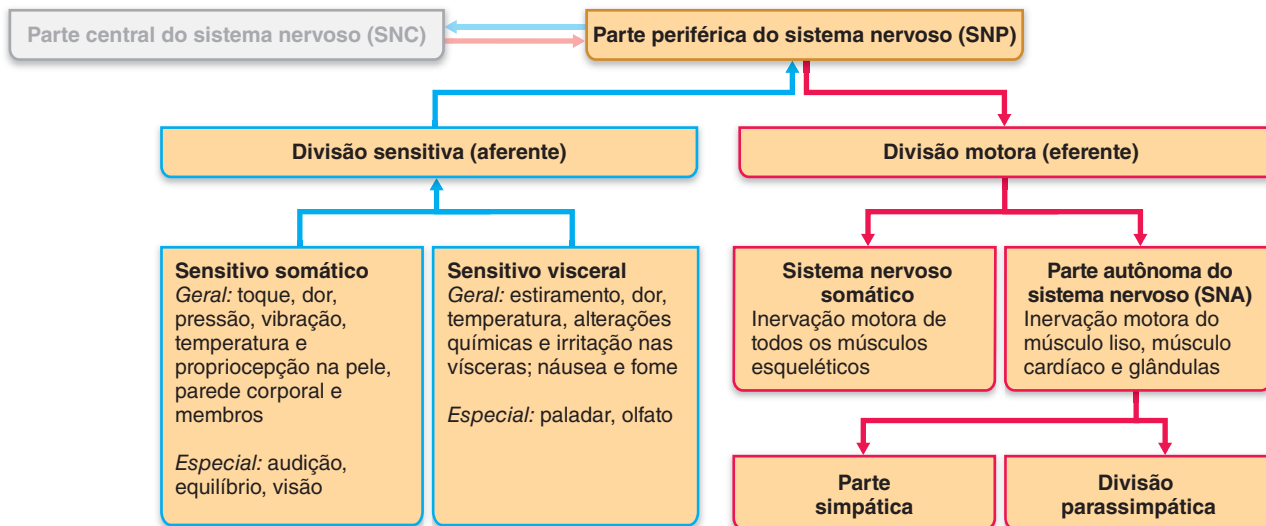


Figura 14.1 Organização funcional da parte periférica do sistema nervoso (SNP) e sua relação com a parte central do sistema nervoso (SNC).

se locomover ou de cuidar das próprias necessidades. A **parte periférica do sistema nervoso** — **SNP** — as estruturas do sistema nervoso fora do encéfalo e da medula espinal — fornece essas conexões vitais para o corpo e o mundo exterior.

ORGANIZAÇÃO DA PARTE PERIFÉRICA DO SISTEMA NERVOSO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a organização do SNP;
- ▶ descrever os componentes estruturais do SNP.

Os nervos passam por quase todas as partes do corpo, permitindo que o SNC receba informações e inicie ações. O SNP é dividido funcionalmente em sensitivo e motor (**Figura 14.1**; ver também o Capítulo 12, p. 363-365). As entradas sensitivas e as saídas (motoras) do SNP são subdivididas em *somáticas* (inervação do tubo externo) ou *viscerais* (inervação dos órgãos viscerais ou tubo interno). Dentro da divisão sensitiva, as aferências são diferenciadas em *gerais* (disseminadas) ou *especiais* (localizadas, isto é, sentidos especiais). O componente motor visceral do SNP é a divisão autônoma do *sistema nervoso (SNA)*, que possui as partes *parassimpática* e *simpática* (discutidas em detalhes no Capítulo 15).

É importante reconhecer que as estruturas do SNP refletem a sua organização funcional — impulsos nervosos de cada modalidade (sensitivo somático, sensitivo visceral, motor somático, motor visceral) são transportados em neurônios diferentes. As estruturas do SNP são:

Receptores sensitivos. Tipos de terminações nervosas que captam os estímulos (alterações ambientais) do interior e exterior do corpo e depois iniciam impulsos nervosos nos axônios sensitivos, que levam os

impulsos para o SNC. Os receptores sensitivos gerais são descritos neste capítulo. Os receptores dos sentidos especiais são células receptoras especializadas, que são descritas junto aos sentidos especiais (Capítulo 16).

Nervos e gânglios. Os nervos são feixes de axônios periféricos e os gânglios são agrupamentos de corpos celulares periféricos, tais como os corpos celulares dos neurônios sensitivos (Capítulo 12). A maioria dos nervos contém axônios sensitivos e motores, sendo chamados de *nervos mistos*. Certos nervos cranianos (os nervos conectados ao encéfalo) contêm apenas axônios sensitivos e, portanto, têm função puramente sensitiva; outros contêm principalmente axônios motores e, portanto, têm função puramente motora. Os *nervos cranianos* e os *nervos espinais* (os nervos conectados à medula espinal) são descritos neste capítulo, com o foco em suas funções somáticas. A inervação visceral é discutida junto à divisão autônoma do sistema nervoso (Capítulo 15).

Terminações motoras. As terminações motoras são as terminações dos axônios dos neurônios motores que inervam os efetores: órgãos, músculos e glândulas. As terminações motoras para os músculos e glândulas do corpo são descritas junto ao sistema orgânico apropriado: inervação do músculo esquelético (Capítulo 10); inervação do músculo cardíaco (Capítulo 19) e inervação do músculo liso e glândulas (Capítulo 23).

✓ Verifique seu conhecimento

1. Dê dois exemplos de sensibilidades somáticas gerais. Dê um exemplo de sensibilidade visceral especial. (Consulte a Tabela 12.1, p. 365, caso necessário.)
2. Todos os nervos contêm fibras sensitivas e motoras?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

RECEPTORES SENSITIVOS PERIFÉRICOS

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ classificar os receptores sensitivos de acordo com a localização no corpo, o estímulo detectado e a estrutura.

As **terminações nervosas sensitivas**, ou **receptores sensitivos periféricos**, são as estruturas que captam os estímulos e depois iniciam os sinais nos axônios sensitivos. A maioria dos receptores se encaixa em duas categorias principais: *terminações nervosas livres* e *células receptoras especializadas*, que são células epiteliais especializadas ou pequenos neurônios que transferem informações para os neurônios sensitivos. As terminações nervosas livres monitoram a maior parte dos tipos de informação sensitiva geral (como tato, dor, pressão, temperatura e propriocepção), enquanto as células receptoras especializadas monitoram a maior parte dos tipos de informação sensitiva especial (gustação, visão, audição e equilíbrio).

Os receptores sensitivos podem ser classificados com base na sua função ou estrutura.

Classificação funcional

A classificação funcional agrupa os receptores segundo a sua localização ou o tipo de estímulo que detectam.

Localização dos receptores

Os receptores sensitivos monitoram o ambiente interno e externo e podem ser descritos pela sua localização no corpo ou pela localização dos estímulos aos quais respondem.

- **Exteroceptores** são sensíveis aos estímulos originários fora do corpo. Consequentemente, a maioria dos exteroceptores está situada na superfície do corpo ou nas suas proximidades e incluem os receptores de tato, pressão, dor e temperatura na pele e a maior parte dos receptores dos órgãos de sentidos especiais.
- **Interoceptores**, também chamados *visceroceptores*, recebem estímulos das vísceras internas, como o tubo digestório, a bexiga e os pulmões. Interoceptores diferentes monitoram vários estímulos, incluindo alterações na concentração química, estímulos gustatórios, o estiramento dos tecidos e a temperatura. Sua ativação faz que se sinta dor visceral, náusea, fome ou saciedade.
- **Proprioceptores** estão situados nos órgãos musculoesqueléticos, como os músculos esqueléticos, tendões, articulações e ligamentos. Os proprioceptores monitoram o grau de estiramento desses órgãos locomotores e enviam informações sobre os movimentos corporais para o SNC (ver p. 364).

Tipo de estímulo

Os receptores sensitivos monitoram muitos tipos de estímulo. O tipo de estímulo que ativa mais prontamente um receptor sensitivo pode ser utilizado para categorizá-lo funcionalmente.

- **Mecanorreceptores** respondem a forças mecânicas como o toque, a pressão, o estiramento, as vibrações e o prurido. Um tipo de mecanorreceptor, chamado **barorreceptor**, monitora a pressão arterial.
- **Termorreceptores** respondem às mudanças na temperatura.
- **Quimiorreceptores** respondem a produtos químicos em solução (como moléculas degustadas ou inaladas) e a mudanças na química do sangue.
- **Fotorreceptores** no olho respondem à luz.
- **Nociceptores** respondem a estímulos nocivos que resultam em dor (*noci* = nocivo).

Classificação estrutural

Esta seção considera apenas os **receptores sensitivos gerais** (os sentidos especiais são discutidos no Capítulo 16). Todos esses receptores disseminados são terminações nervosas dos neurônios sensitivos que monitoram o tato, a pressão, a vibração, o estiramento, a dor, a temperatura e a propriocepção. Em termos estruturais, os receptores sensitivos são divididos em dois grupos amplos (**Tabela 14.1**): terminações nervosas *livres* e terminações nervosas *encapsuladas*, circundadas por uma cápsula de tecido conjuntivo.

Enquanto você aprende os tipos estruturais de receptores sensitivos gerais, é importante lembrar que não há uma correspondência de um para um entre o tipo estrutural e o estímulo detectado. Cada tipo de receptor pode responder a vários tipos de estímulos diferentes. Além disso, estímulos similares podem ativar tipos de receptores diferentes.

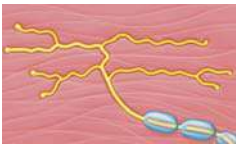
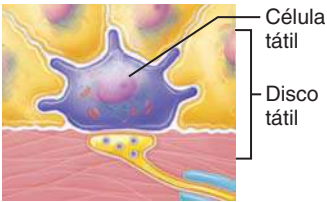
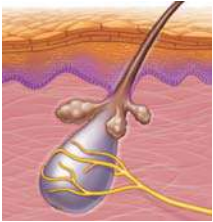

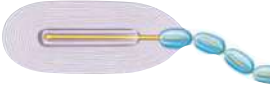
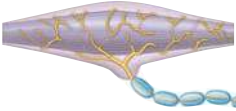
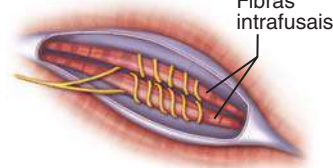
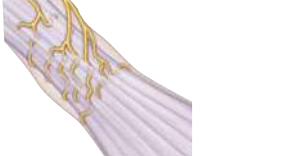
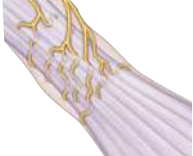
Terminações nervosas livres

As **terminações nervosas livres** dos neurônios sensitivos invadem quase todos os tecidos do corpo, mas são particularmente abundantes nos epitélios e no tecido conjuntivo subjacente aos epitélios (**Figura 14.2**). Esses receptores são basicamente nociceptores e termorreceptores, respondendo à dor e à temperatura (embora alguns respondam aos movimentos do tecido provocados pela pressão). Uma maneira de caracterizar em termos funcionais as terminações nervosas livres é dizer que elas monitoram os sentidos *afetivos*, aqueles para os quais as pessoas têm uma resposta emocional — e as pessoas certamente respondem emocionalmente à dor.

Os *receptores de prurido* consistem em terminações nervosas livres na derme. Esses mecanorreceptores não foram detectados até 1997 em razão do seu pouco diâ-

Tabela 14.1

Receptores sensitivos gerais classificados por estrutura e função

Classe estrutural	Ilustração	Classe funcional segundo a localização (L) e o tipo de estímulo (E)	Localização no corpo
TERMINAÇÕES NERVOSAS LIVRES Terminações nervosas livres dos neurônios sensitivos		L: Exteroceptores, interoceptores e propioceptores E: Nociceptores (dor), termorreceptores (calor e frio), possivelmente mecanorreceptores (pressão), quimiorreceptores	A maioria dos tecidos do corpo; mais densas nos tecidos conjuntivos (ligamentos, tendões, derme, cápsulas articulares, periósteo) e epitélios (epiderme, córnea, mucosas e glândulas)
Terminações nervosas livres modificadas: complexos táteis epiteliais (discos de Merkel)		L: Exteroceptores E: Mecanorreceptores (pressão leve)	Camada basal da epiderme
Receptores do folículo piloso		L: Exteroceptores E: Mecanorreceptores (deflexão do pelo)	Nos folículos pilosos e em torno deles
ENCAPSULADOS Corpúsculos táteis (de Meissner)		L: Exteroceptores E: Mecanorreceptores (pressão leve, tato discriminativo, vibração de baixa frequência)	Papilas dérmicas da pele sem pelos, particularmente mamilos, genitais externos, pontas dos dedos, pálpebras
Corpúsculos lamelares (de Vater-Paccini)		L: Exteroceptores, interoceptores e alguns propioceptores E: Mecanorreceptores (pressão profunda, estiramento, vibração de alta frequência); adaptação rápida	Derme e hipoderme; periósteo, mesentério, tendões, ligamentos, cápsulas articulares, mais abundante nos dedos, planta dos pés, genitais externos, mamilos
Corpúsculo bulboso (terminações de Ruffini)		L: Exteroceptores e propioceptores E: Mecanorreceptores (pressão profunda e estiramento); adaptação lenta	Profundo na derme, hipoderme e cápsulas articulares
PROPRIOCEPTORES Fusos musculares		L: Proprioceptores E: Mecanorreceptores (estiramento muscular)	Músculos esqueléticos, particularmente os das extremidades
Corpúsculos tendíneos		L: Proprioceptores E: Mecanorreceptores (estiramento tendíneo)	Tendões
Receptores cinestésicos das articulações		L: Proprioceptores E: Mecanorreceptores e nociceptores	Cápsulas articulares das articulações sinoviais

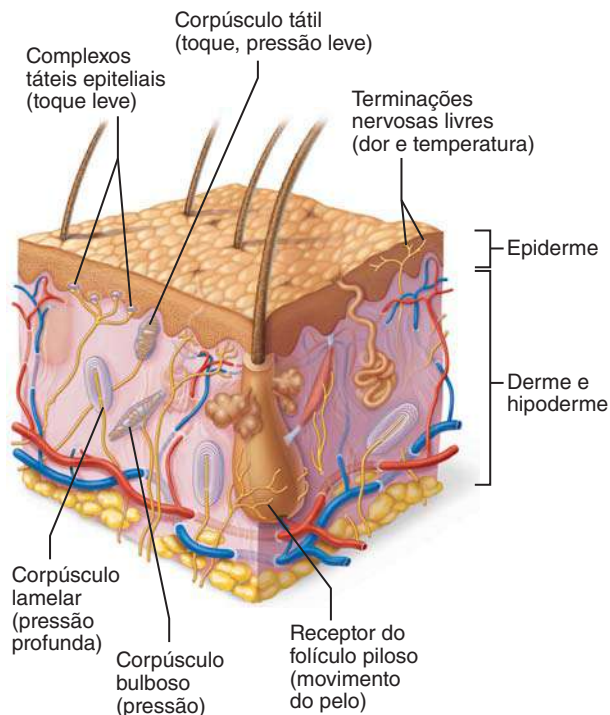


Figura 14.2 Estrutura dos receptores sensitivos gerais livres e encapsulados. Os corpúsculos táteis não são comuns na pele com pelos, mas foram incluídos aqui para fins de ilustração.

metro. Sua descoberta assustou os cientistas, que não haviam percebido que o prurido é um sentido distinto, mas acreditavam sim que era uma forma branda de dor.

Certas terminações nervosas livres contribuem para os **complexos táteis epiteliais** (*discos de Merkel*), situados na epiderme da pele. Cada uma delas consiste em uma célula epitelial tátil em forma de disco (ver p. 109), inervada por uma terminação nervosa sensitiva. Esses complexos são **mecanorreceptores de adaptação lenta** para o toque leve, ou seja, eles continuam a responder e enviar potenciais de ação mesmo depois de um longo período de estimulação contínua. Os **receptores de folículos pilosos**, terminações nervosas livres que se enrolam em torno dos folículos pilosos, são mecanorreceptores para o toque leve que monitoram o encurvamento dos pelos. Ao contrário dos complexos táteis, eles são de **adaptação rápida**, significando que a sensação desaparece rapidamente, mesmo se o estímulo for mantido. As cócegas de um mosquito pousando no seu antebraço são mediadas pelos receptores de folículos pilosos.

Terminações nervosas encapsuladas

Todas as **terminações nervosas encapsuladas** consistem em uma ou mais fibras de neurônios sensitivos confinadas em uma cápsula de tecido conjuntivo. Todas parecem ser mecanorreceptores e suas cápsulas servem para amplificar o estímulo ou para filtrar os tipos

de estímulos errados. Os receptores encapsulados têm formas, tamanhos e distribuições bastante variados. Os tipos principais são os *corpúsculos táteis* (*de Meissner*), *corpúsculos lamelares* (*de Vater-Paccini*), *corpúsculos bulbosos* (*terminações de Ruffini*) (ver Figura 14.2) e *proprioceptores*.

Corpúsculos táteis Em um **corpúsculo tátil** (*corpúsculo de Meissner*), algumas terminações nervosas espiraladas são envoltas por células de Schwann que, por sua vez, são envoltas por uma cápsula oval de tecido conjuntivo. Esses corpúsculos, que ocorrem nas papilas dérmicas abaixo da epiderme, são receptores de adaptação rápida para o toque fino e discriminativo e ocorrem principalmente nas áreas sensíveis e sem pelos da pele, como as solas, palmas, pontas dos dedos, mamilos e lábios. Os corpúsculos táteis desempenham na pele sem pelos a mesma função de “toque leve” que os folículos pilosos desempenham na pele com pelos. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., lâmina 37.)

Corpúsculos lamelares Dispersos pelos tecidos conjuntivos profundos do corpo encontram-se os **corpúsculos lamelares** (*corpúsculos de Vater-Paccini*), que ocorrem, por exemplo, na hipoderme abaixo da pele. Embora sejam sensíveis à pressão profunda, eles respondem apenas à aplicação inicial dessa pressão antes de se cansarem e pararem de disparar. Portanto, os corpúsculos lamelares são receptores de adaptação rápida, sendo mais adequados para monitorar estímulos de *vibração* e presença/ausência de pressão. Esses corpúsculos são grandes o bastante para serem visíveis a olho nu — cerca de 0,5 mm a 1 mm de largura e 1 mm a 2 mm de comprimento. Em corte, um corpúsculo lamelar assemelha-se a uma cebola cortada: sua única terminação nervosa é envolta por até 60 camadas de células de Schwann achatadas, que por sua vez são cobertas por uma cápsula de tecido conjuntivo.

Corpúsculos bulbosos Na derme e em outros lugares encontram-se os **corpúsculos bulbosos** (*terminações de Ruffini*), que contêm um conjunto de terminações nervosas confinadas em uma cápsula fina e achatada. Assim como os corpúsculos lamelares, eles respondem à pressão e ao toque. No entanto, eles se adaptam lentamente e, portanto, conseguem monitorar a *pressão contínua* aplicada na pele.

Proprioceptores Praticamente todos os proprioceptores são terminações nervosas encapsuladas que monitoram o estiramento nos órgãos locomotores. Os proprioceptores incluem os *fusos musculares*, *órgãos tendíneos* e *receptores cinestésicos articulares*.

Os **fusos musculares** (*fusos neuromusculares*) medem a variação de comprimento de um músculo à medida que ele contrai e alonga de volta para o seu comprimento original (**Figura 14.3**). Um músculo mé-

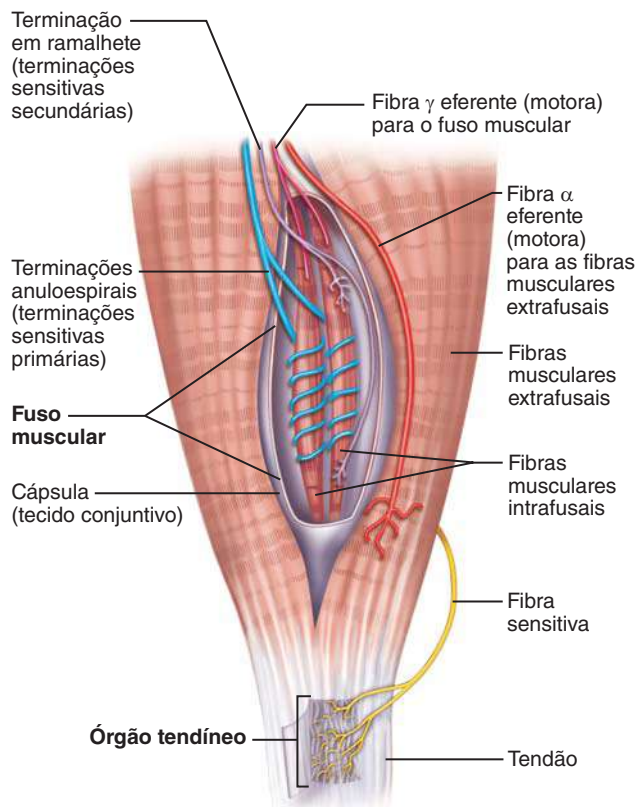


Figura 14.3 Estrutura dos proprioceptores: fusos musculares e órgão tendíneo. A mielina foi omitida de todas as fibras nervosas por uma questão de clareza.

dio contém de 50 a 100 fusos musculares, que estão incorporados no perímio entre os fascículos. Estruturalmente, cada fusão contém várias fibras musculares esqueléticas modificadas, chamadas **fibras musculares intrafusais** (*intra* = dentro; *fusais* = o fusão), circundadas por uma cápsula de tecido conjuntivo. As fibras musculares intrafusais possuem menos estrias do que as **fibras musculares extrafusais** (*extra* = fora), ou seja, as células musculares comuns fora dos fusos. As fibras intrafusais são inervadas por dois tipos de terminações nervosas: **terminações anuloespirais**, ou **terminações sensitivas primárias**, girando em torno do meio não contrátil das fibras intrafusais que inervam o centro do fusão. Esses receptores são estimulados pela taxa e grau de estiramento do fusão muscular. As **terminações sensitivas secundárias**, chamadas de **terminações em ramallete de flores**, monitoram as terminações do fusão (as únicas partes contráteis do fusão) e respondem apenas ao grau de estiramento.

Os músculos são estirados pela contração dos músculos antagonistas e também pelos movimentos que ocorrem quando uma pessoa começa a perder o equilíbrio. Os fusos musculares sentem esse alongamento da seguinte maneira:

- Quando um músculo inteiro é estirado, suas fibras intrafusais também são estiradas. Esse estiramento

ativa as terminações nervosas primárias e secundárias que inervam o fusão, fazendo que disparem impulsos para a medula espinal e o encéfalo.

- Depois, o SNC ativa os neurônios motores espinais, chamados **neurônios α (alfa) eferentes** (Figura 14.3), que fazem que o músculo inteiro (fibras extrafusais) gere força contrátil e resista a mais estiramento. Essa resposta pode ser iniciada por um reflexo espinal monossináptico, que evita rapidamente uma queda; alternativamente, a resposta pode ser controlada pelo cerebelo, que regula o *tônus muscular*, a força estável gerada pelos músculos que não contraem para resistir ao estiramento.

Inervando também as fibras intrafusais do fusão muscular encontram-se os neurônios *motores* espinais, chamados **neurônios γ (gama) eferentes** (Figura 14.3). Esses neurônios preestabelecem a sensibilidade do fusão ao estiramento. Quando o cérebro estimula os neurônios motores gama a dispararem, as fibras musculares intrafusais contraem e se tensionam, de modo que um estiramento muito pequeno é necessário para estimular as terminações sensitivas, tornando os fusos altamente sensíveis ao estiramento aplicado. Os neurônios motores gama são mais ativos quando os reflexos de equilíbrio precisam ser aguçados, como ocorre com uma ginasta em uma trave de equilíbrio ou com um alpinista em um paredão vertical.

Os **órgãos tendíneos** (órgãos tendíneos de Golgi) são proprioceptores localizados perto da junção músculo-tendão, onde monitoram a tensão dentro dos tendões (Figura 14.3). Cada um deles consiste em um feixe encapsulado de fibras tendinosas (fibras de colágeno) dentro das quais as terminações nervosas sensitivas são entrelaçadas. Quando um músculo contraído puxa seu tendão, os órgãos tendíneos são estimulados e seus neurônios sensitivos enviam essa informação para o cerebelo. Esses receptores também induzem um reflexo espinal, que relaxa o músculo contraído e ativa o seu antagonista. Esse reflexo de relaxamento é importante nas atividades motoras que envolvem a alternância rápida entre flexão e extensão, como na corrida.

Os **receptores cinestésicos articulares** (“sentir o movimento”) são proprioceptores que monitoram o estiramento nas articulações sinoviais. Especificamente, são terminações nervosas sensitivas dentro das cápsulas articulares. Existem quatro tipos de receptores cinestésicos articulares dentro de cada cápsula articular:

1. *Corpúsculos lamelares (de Vater-Paccini)*: esses receptores de alongamento de adaptação rápida são ideais para medir a aceleração e o movimento rápido das articulações.
2. *Corpúsculos bulbosos (terminações de Ruffini)*: esses receptores de estiramento de adaptação lenta são ideais para medir as posições das articulações

que não se movem, e o estiramento das articulações que sofrem movimentos lentos e sustentados.

3. *Terminações nervosas livres*: podem ser receptores de dor.
4. Receptores que se assemelham a *órgãos tendíneos*: sua função nas articulações é desconhecida.

Os receptores articulares, como as outras duas classes de proprioceptores, enviam informações sobre o movimento corporal para o cerebelo e o cérebro, bem como para os arcos reflexos espinhais.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Parestesia Uma sensação anormal de entorpecimento, queimação ou formigamento se chama **parestesia** (“sensação defeituosa”). A parestesia temporária ocorre frequentemente no pé, braço ou mão em consequência de compressão do nervo periférico que inerva a região. Diz-se frequentemente que uma parte do corpo “vai dormir” ou que é uma sensação de “comichão”. Depois de aliviada a compressão nervosa, a sensação normal volta. Já a parestesia crônica, que é o entorpecimento ou formigamento permanente, pode ocorrer em qualquer região do corpo. Geralmente ela é sintomática de outra doença neurológica como o AVC, a esclerose múltipla, uma síndrome de compressão nervosa como a síndrome do túnel do carpo ou uma lesão nervosa traumática.

✓ Verifique seu conhecimento

3. Nomeie o tipo funcional dos receptores sensitivos que respondem a estímulos dolorosos. Qual é a estrutura desses receptores?
4. Os proprioceptores fazem parte do sistema sensitivo somático ou visceral?
5. A que tipo de estímulo os receptores encapsulados respondem?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

NERVOS CRANIANOS

Objetivo de aprendizagem:

- citar os nomes dos 12 pares de nervos cranianos e descrever as estruturas inervadas por eles.

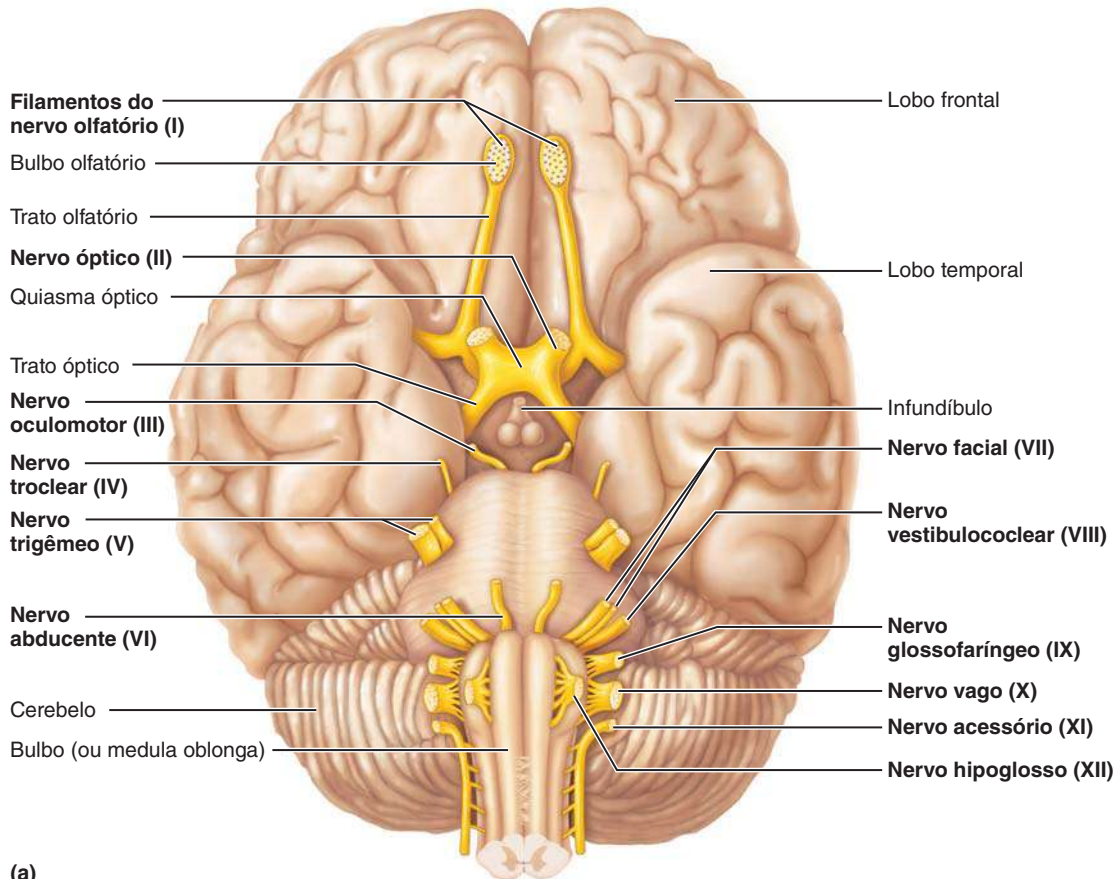
O restante deste capítulo é dedicado aos nervos específicos do corpo, começando com 12 pares de **nervos cranianos** que se conectam ao encéfalo e passam por vários forames no crânio (**Figura 14.4**). (Para obter uma revisão dos forames cranianos, ver a Figura 7.9, p. 166.) Esses nervos são numerados de I a XII em uma direção craniocaudal. Os dois primeiros pares se conectam ao prosencéfalo e os demais ao tronco encefálico. Exceto

quanto ao nervo vago (X), que se estende para o abdome, os nervos cranianos inervam apenas as estruturas da cabeça e pescoço.

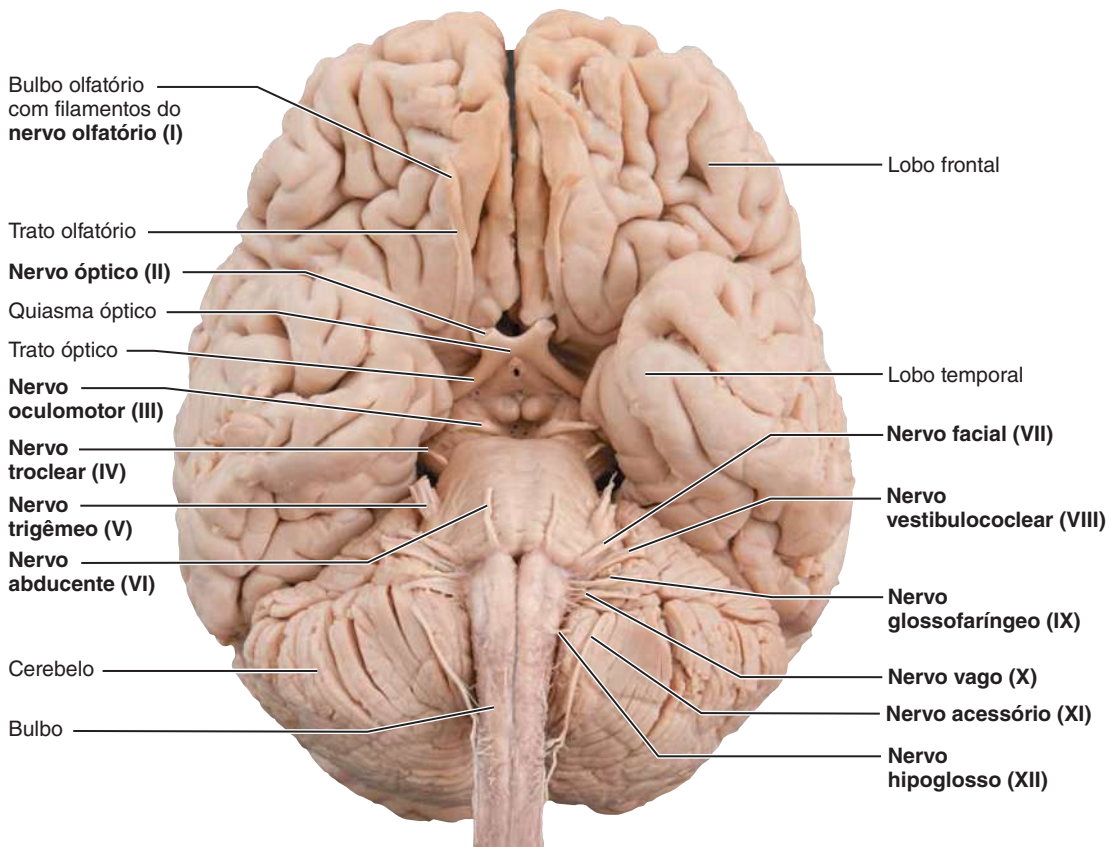
Os 12 nervos cranianos e as origens de seus nomes são descritos resumidamente a seguir:

- I. Olfatório.** Esse é o nervo sensitivo do olfato.
- II. Óptico.** É o nervo sensitivo da visão e se desenvolve como um crescimento do cérebro.
- III. Oculomotor.** O nome *oculomotor* significa “motor do olho”. Esse nervo inerva quatro dos *músculos extrínsecos do olho* — músculos que movem o bulbo do olho na órbita.
- IV. Troclear.** O nome *troclear* significa “polia”. Esse nervo inerva um músculo extrínseco do olho que passa por um ligamento em forma de polia, na órbita.
- V. Trigêmeo.** O nome *trigêmeo* significa “triplo”, referindo-se aos três grandes ramos desse nervo. O nervo trigêmeo fornece inervação sensitiva geral para a face e inervação motora para os músculos da mastigação.
- VI. Abducente.** Esse nervo recebeu esse nome porque inerva o músculo que *abduz* o bulbo do olho (vira-o para os lados).
- VII. Facial.** Inerva os músculos da face (expressão facial) e também outras estruturas.
- VIII. Vestibulococlear.** Nervo sensitivo da audição e do equilíbrio; já foi chamado de *nervo auditivo*.
- IX. Glossofaríngeo.** O nome *glossofaríngeo* significa “língua e faringe”, estruturas que esse nervo ajuda a inervar.
- X. Vago.** O nome *vago* significa “vagabundo” ou “errante”. Esse nervo “vagueia” para além da cabeça, entrando no tórax e no abdome.
- XI. Acessório.** Antigamente denominado *nervo acessório espinal*, origina-se na região cervical da medula espinal, entra no crânio através do forame magno e sai do crânio com o nervo vago. O nervo acessório leva a inervação motora aos músculos trapézio e esternocleidomastóideo.
- XII. Hipoglosso.** O nome *hipoglosso* significa “abaixo da língua”. Ele segue abaixo da língua e inerva seus músculos.

Os nervos cranianos contêm as fibras nervosas sensitivas e motoras que inervam a cabeça. Os corpos celulares dos neurônios *sensitivos* estão situados nos órgãos receptores (por exemplo, o nariz no olfato ou o olho na visão) ou dentro dos **gânglios sensitivos cranianos**, que estão situados ao longo de alguns nervos cranianos (V, VII-X) imediatamente fora do encéfalo. Os gânglios sensitivos cranianos são comparáveis diretamente aos gânglios da raiz dorsal nos nervos espinhais



(a)



(b)

Figura 14.4 Nervos cranianos. (a) Vista ventral do encéfalo humano. (b) Dissecção de cadáver, encéfalo ventral.

Nervos cranianos	Função sensitiva		Função motora	
	Sensitivo somático (SS)	Sensitivo visceral (SV)	Motor somático (MS)	Motor visceral: parassimpático (MV)
I Olfatório		Olfato		
II Óptico	Visão			
III Oculomotor			MS	MV
IV Troclear			MS	
V Trigêmeo	Geral		MS	
VI Abducente			MS	

Nervos cranianos	Função sensitiva		Função motora	
	Sensitivo somático (SS)	Sensitivo visceral (SV)	Motor somático (MS)	Motor visceral: parassimpático (MV)
VII Facial	Geral	Geral; paladar	MS	MV
VIII Vestibulococlear	Audição; equilíbrio		Alguma	
IX Glossofaríngeo	Geral	Geral; paladar	MS	MV
X Vago	Geral	Geral; paladar	MS	MV
XI Acessório			MS	
XII Hipoglosso			MS	

(c)

Figura 14.4 Nervos cranianos, continuação. (c) Resumo dos nervos cranianos por função. Os nervos cranianos que têm função motora somática também contêm fibras proprioceptivas (sensitivas).

(ver p. 424). Os corpos celulares da maioria dos neurônios *motores* cranianos ocorrem nos núcleos dos nervos cranianos na substância cinzenta ventral do tronco encefálico (Figura 13.7, p. 396), assim como os corpos celulares dos neurônios motores espinais ocorrem na substância cinzenta ventral da medula espinal.

Com base nos tipos de fibras que contêm, os 12 nervos cranianos podem ser classificados em três grupos funcionais (Figura 14.4c):

- 1. Nervos principalmente ou exclusivamente sensitivos** (I, II, VIII), que contêm fibras *sensitivas especiais* para olfato (I), visão (II) e audição e equilíbrio (VIII).
- 2. Nervos principalmente motores** (III, IV, VI, XI, XII), que contêm fibras *motoras somáticas* para os músculos esqueléticos do olho, pescoço e língua.
- 3. Nervos mistos (motores e sensitivos)** (V, VII, IX, X). Esses nervos mistos fornecem inervação sensitiva para a face (através das fibras *sensitivas somáticas gerais*) e para a boca e vísceras (*sensitivas viscerais gerais*), incluindo os cálculos gustatórios para o sentido de paladar (*sensitivo visceral especial*). Esses nervos também inervam os músculos do arco faríngeo (*motores somáticos*), como os músculos da mastigação (V) e os músculos da expressão facial (VII).

Adicionalmente, quatro dos nervos cranianos (III, VII, IX, X) contêm fibras *motoras viscerais* que regulam os músculos viscerais e glândulas por uma grande parte do corpo. Essas fibras motoras pertencem à parte parassimpática da divisão autônoma do sistema nervoso (SNA) (ver Figura 14.1). O SNA inerva as estruturas corporais através de cadeias de dois neurônios motores. Os corpos celulares dos segundos neurônios ocupam os *gânglios motores autônomos* no SNP. A localização desses gânglios autônomos é descrita na via desses quatro nervos (ver Tabela 14.2).

A descrição detalhada de cada nervo craniano é apresentada no formato de tabela (**Tabela 14.2**), onde os **forames cranianos**, através dos quais cada nervo craniano passa, são enfatizados pelo texto em azul.

✓ Verifique seu conhecimento

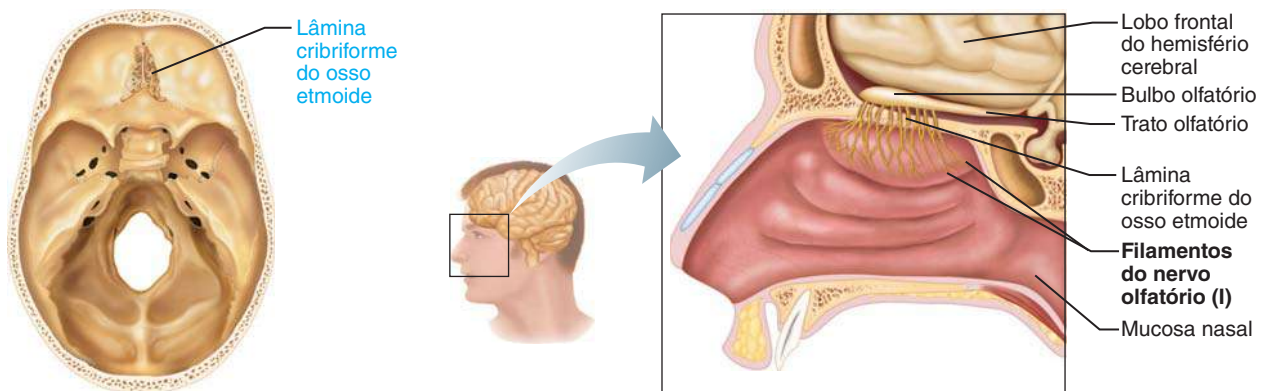
- 6. Quais nervos cranianos passam pelo forame jugular?
- 7. Quais nervos contêm fibras sensitivas somáticas especiais? Qual é a sensação especial transmitida por eles?
- 8. Qual nervo é o “grande nervo sensitivo da face”? Qual nervo inerva os músculos da expressão facial?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

(O texto continua na p. 461.)

Tabela 14.2 Nervos cranianos

NC I — NERVO OLFATÓRIO



Função sensitiva Sensitivo visceral especial, sentido do olfato.

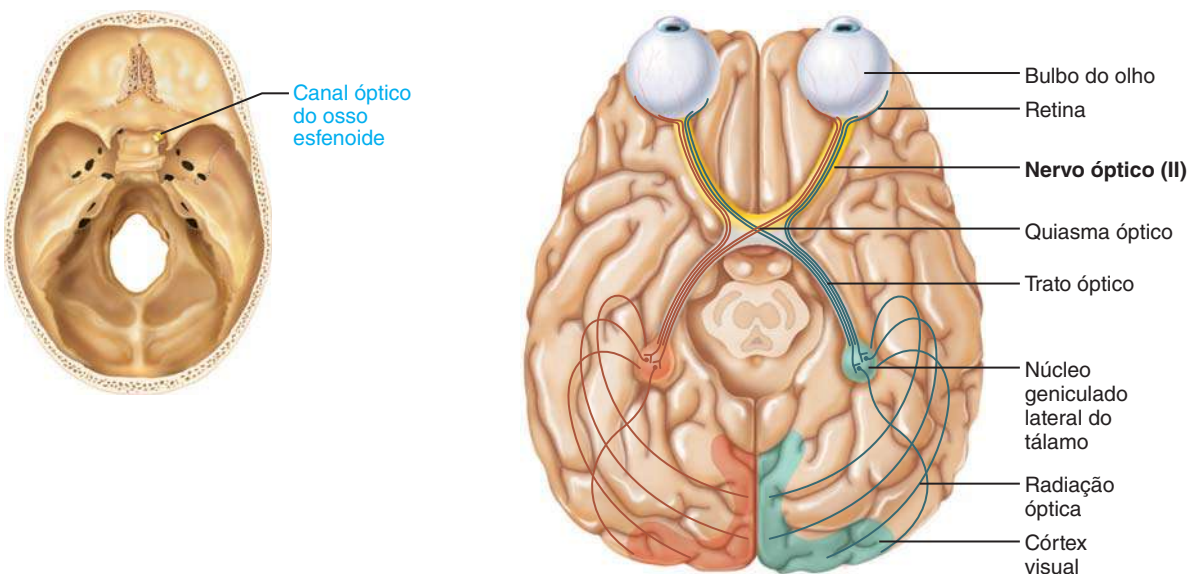
Origem Células receptoras olfatórias (neurônios bipolares) no epitélio olfatório da cavidade nasal.

Via Passa pelos **forames da lâmina cribriforme do osso etmoide** e se comunicam por sinapse com o bulbo olfatório. As fibras dos neurônios do bulbo olfatório se estendem na direção posterior, por baixo do lobo frontal como trato olfatório. Terminam no córtex olfatório primário do cérebro. (Ver também a Figura 16.3, p. 509.)



APLICAÇÃO CLÍNICA Anosmia A fratura do osso etmoide ou as lesões das fibras olfatórias podem resultar em perda parcial ou total do olfato, uma condição conhecida como anosmia.

NC II — NERVO ÓPTICO



Função sensorial Sensitivo somático especial, visão.

Origem Retina do olho.

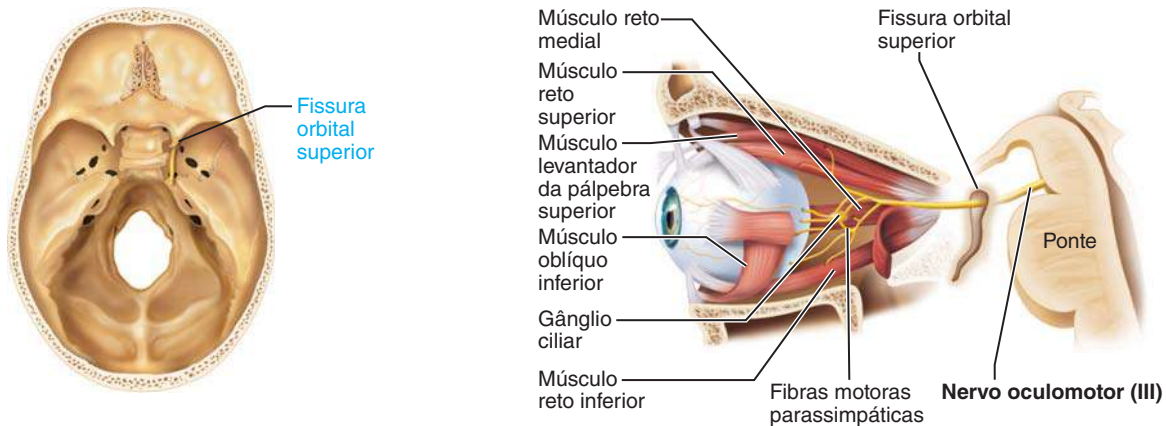
Via Passa pelo **canal óptico do osso esfenóide**. Os dois nervos ópticos convergem e formam o quiasma óptico, onde as fibras trocam parcialmente de lado e depois continuam como tratos ópticos e se comunicam por sinapses no tálamo. As fibras talâmicas se projetam e terminam no córtex visual primário no lobo occipital. (Ver também a Figura 16.14, p. 522.)



APLICAÇÃO CLÍNICA Lesão no nervo óptico Resulta em cegueira; uma lesão à via visual distal ao quiasma óptico resulta em perdas visuais parciais; os defeitos visuais são chamados de *ambliopia*.

Tabela 14.2 continuação

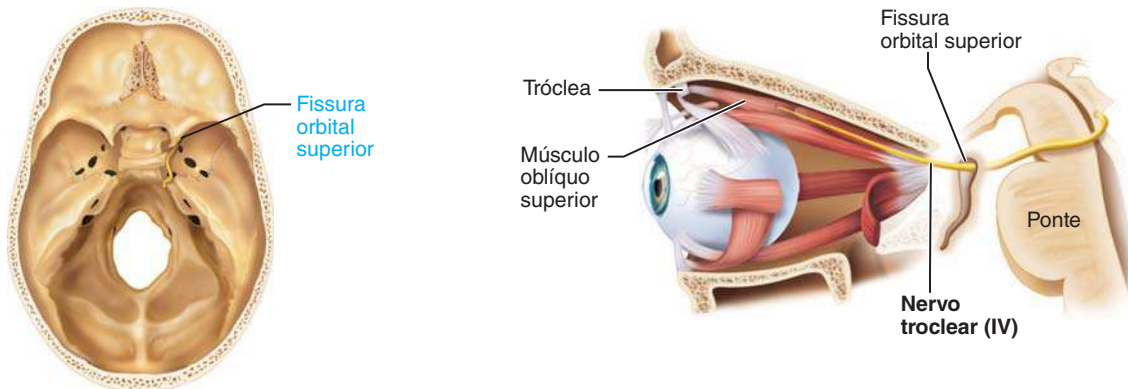
NC III — NERVO OCULOMOTOR



Função motora somática	Inervar quatro músculos extrínsecos do olho que direcionam o bulbo do olho: reto superior, reto medial, reto inferior e oblíquo inferior . Inervar o músculo levanteador da pálpebra superior, que levanta a pálpebra superior (p. 510). Fibras proprioceptoras aferentes retornam dos músculos extrínsecos do olho.
Função motora visceral (parassimpática)	Músculos constritores da íris constroem a pupila. Músculo ciliar controla o formato da lente.
Origem	Núcleos oculomotores na parte ventral do mesencéfalo.
Via	Passa pela fissura orbital superior e entra na órbita. As fibras parassimpáticas do tronco encefálico se comunicam por sinapses com os neurônios pós-ganglionares no gânglio ciliar , que inerva a íris e o músculo ciliar.

APLICAÇÃO CLÍNICA **Paralisia do nervo oculomotor** Como as ações dos dois músculos extrínsecos do olho não inervados pelo nervo craniano III não sofrem oposição, o olho não pode ser movido superior ou medialmente, e em repouso o olho vira lateralmente (estrabismo externo). A pálpebra superior cai (ptose) e o indivíduo apresenta visão dupla.

NC IV — NERVO TROCLEAR



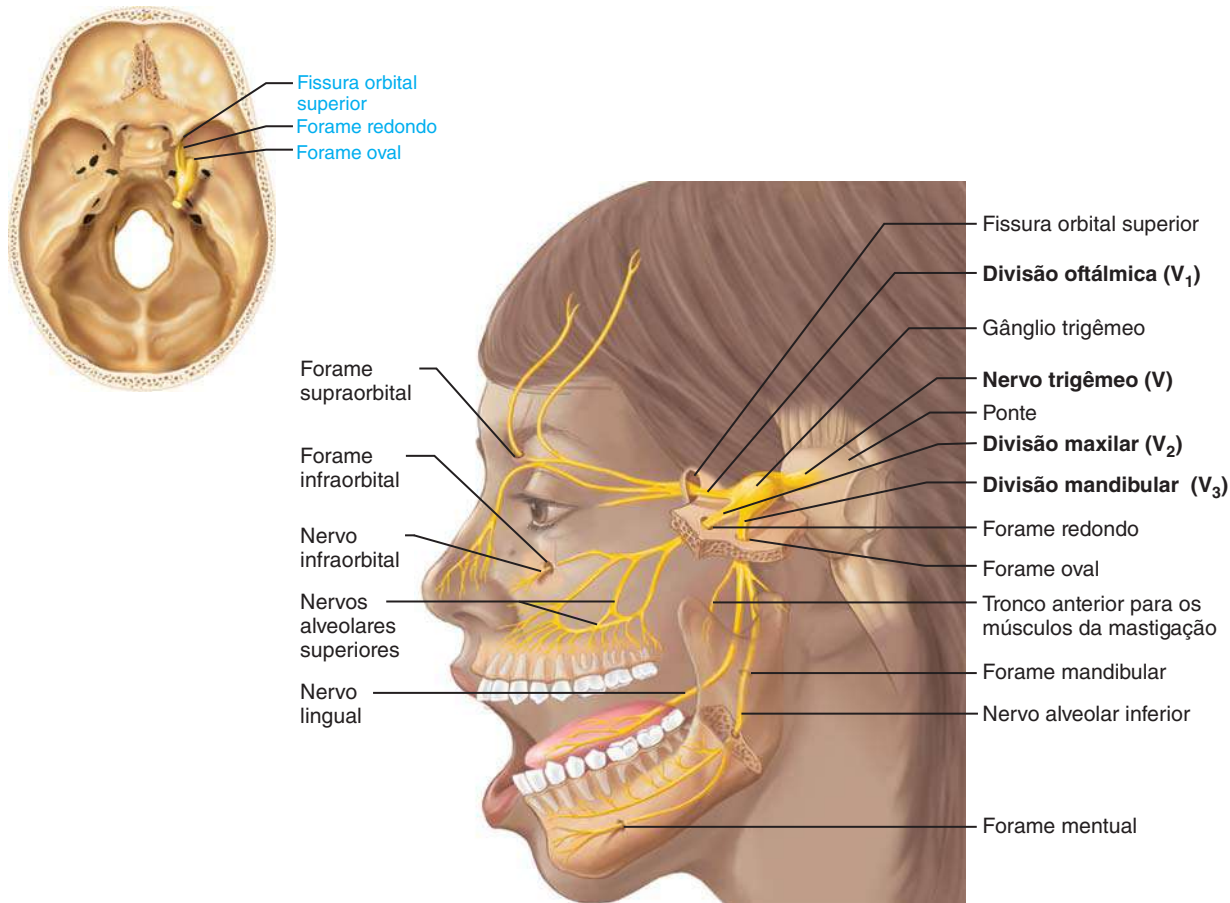
Função motora somática	Inervar o músculo oblíquo superior . Esse músculo passa por uma polia ligamentosa no teto da órbita, a tróclea, da qual originou o seu nome. Fibras proprioceptoras aferentes retornam do oblíquo superior.
Origem	Núcleos trocleares na parte dorsal do mesencéfalo.
Via	Contorna ventralmente o mesencéfalo; atravessa a fissura orbital superior e entra na órbita.

APLICAÇÃO CLÍNICA **Lesão no nervo troclear** Resulta em visão dupla e menor capacidade para girar o olho na direção inferolateral.

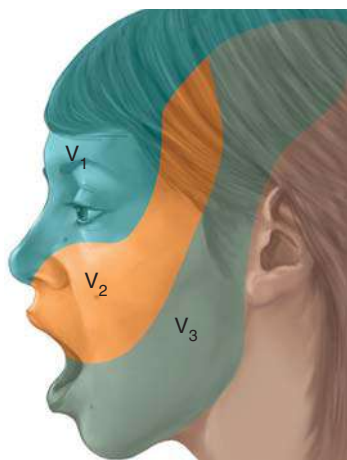
Tabela 14.2 Nervos cranianos *continuação*

NC V — NERVO TRIGÊMEO

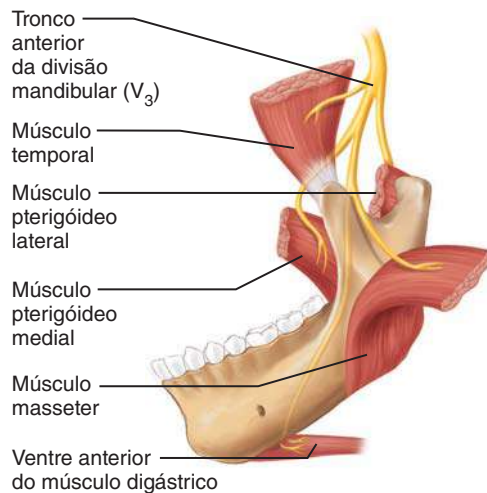
O grande nervo trigêmeo forma três divisões (*trigêmeo* = triplo): oftálmica (V_1), maxilar (V_2) e mandibular (V_3). Esse nervo misto é o nervo sensitivo somático geral da face para o tato, temperatura e dor. A divisão mandibular fornece inervação motora somática para os músculos da mastigação. Detalhes na página seguinte.



(a) Distribuição do nervo trigêmeo



(b) Distribuição das fibras sensitivas de cada divisão



(c) Ramos motores da divisão mandibular (V_3)

Tabela 14.2 continuação

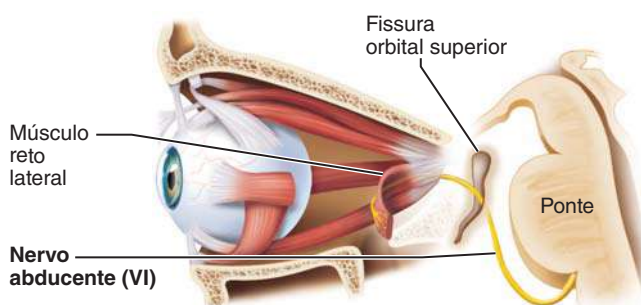
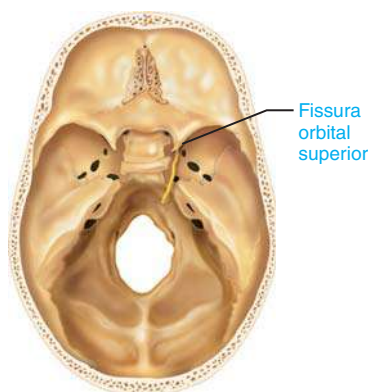
NC V — NERVO TRIGÊMEO (continuação)

Função sensitiva	<p>V₁ Sensibilidade somática geral da parte anterior do couro cabeludo e da pele da fronte, pálpebra superior e nariz, mucosa da cavidade nasal, córnea e glândula lacrimal.</p> <p>V₂ Sensibilidade somática geral da pele da bochecha, lábio superior e pálpebra inferior, mucosa da cavidade nasal, palato, dentes superiores.</p> <p>V₃ Sensibilidade somática geral da pele do mento e da região temporal do couro cabeludo, parte anterior da língua e dentes inferiores.</p>	
Função motora somática	<p>V₃ Inerva os músculos da mastigação: temporal, masseter, pterigóideos, ventre anterior do digástrico.</p> <p>Fibras proprioceptivas aferentes retornam desses músculos.</p>	
Origem	<p>Receptores sensitivos na pele e na mucosa da face.</p> <p>Fibras motoras do núcleo motor trigêmeo na ponte.</p>	
Via	<p>Através do crânio</p> <p>V₁ Fissura orbital superior</p> <p>V₂ Forame redondo</p> <p>V₃ Forame oval</p> <p>Forame mandibular</p> <p>Os corpos celulares dos neurônios sensitivos de todas as três divisões estão situados no grande <i>gânglio trigêmeo</i>.</p> <p>As fibras se estendem até os núcleos do trigêmeo na ponte.</p>	<p>Ramo cutâneo</p> <p>Forame supraorbital</p> <p>Forame infraorbital</p> <p>Forame mental</p>



APLICAÇÃO CLÍNICA Anestesia nas maxilas na mandíbula Os dentistas retiram a sensibilidade dessas regiões injetando anestésico local (como a novocaína) nos ramos alveolares das divisões maxilar e mandibular do nervo trigêmeo, respectivamente. Isso bloqueia as fibras transmissoras da dor dos dentes, e os tecidos circundantes ficam entorpecidos.

NC VI — NERVO ABDUCENTE



Função motora somática	<p>Inervar o músculo reto lateral. Esse músculo abduz o olho.</p> <p>Fibras proprioceptivas aferentes retornam do reto lateral.</p>
Origem	<p>Núcleo abducente na parte inferior da ponte.</p>
Via	<p>Passa pela fissura orbital superior e entra na órbita.</p>

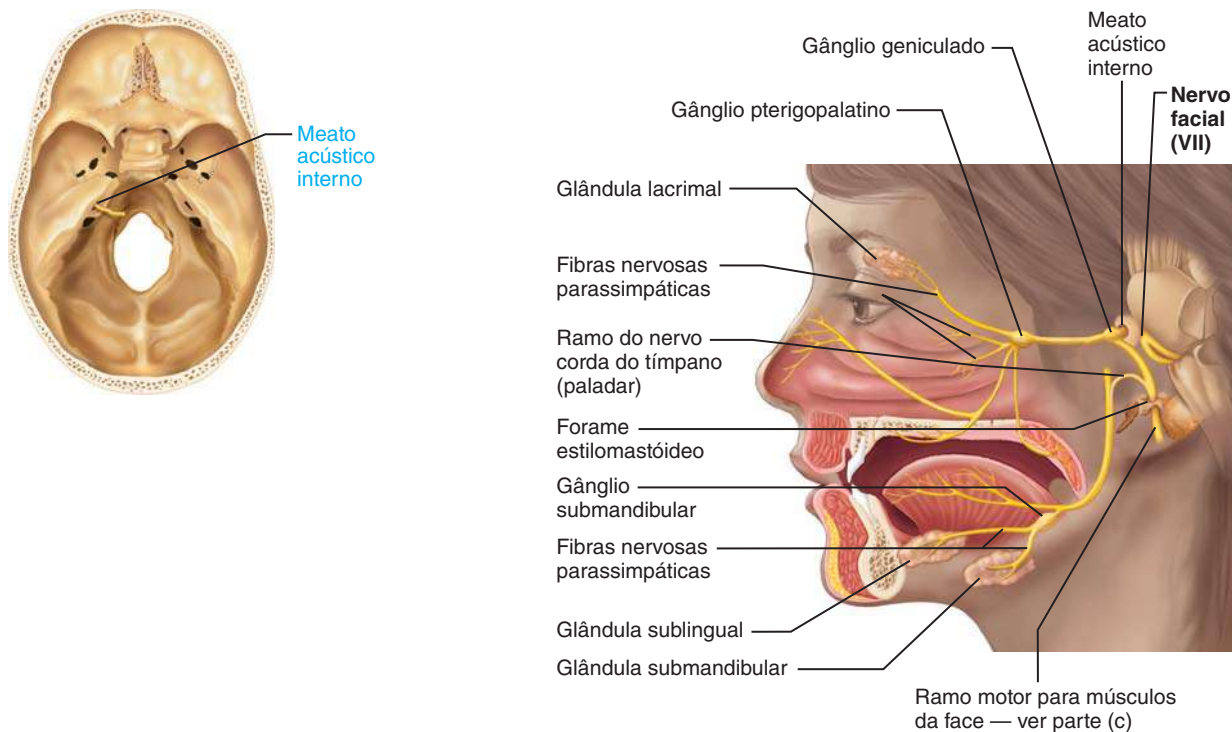


APLICAÇÃO CLÍNICA Paralisia do nervo abducente Na paralisia do nervo abducente o olho não consegue se mover lateralmente; em repouso, o bulbo do olho afetado vira medialmente (*estrabismo interno*).

Tabela 14.2 Nervos cranianos *continuação*

NC VII — NERVO FACIAL

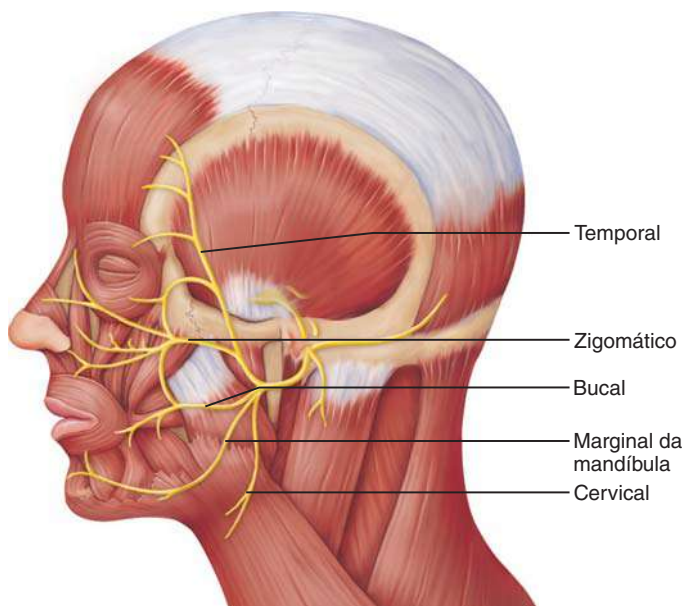
Nervo misto: principal nervo motor somático para os músculos da face; inervação parassimpática para as glândulas; sensibilidade gustatória. Detalhes na página seguinte.



(a) Eferentes parassimpáticos e aferentes sensitivas



(b) Método simples para lembrar os trajetos dos cinco principais ramos motores do nervo facial



(c) Ramos motores para os músculos da face (expressão facial) e músculos do couro cabeludo

Tabela 14.2 continuação

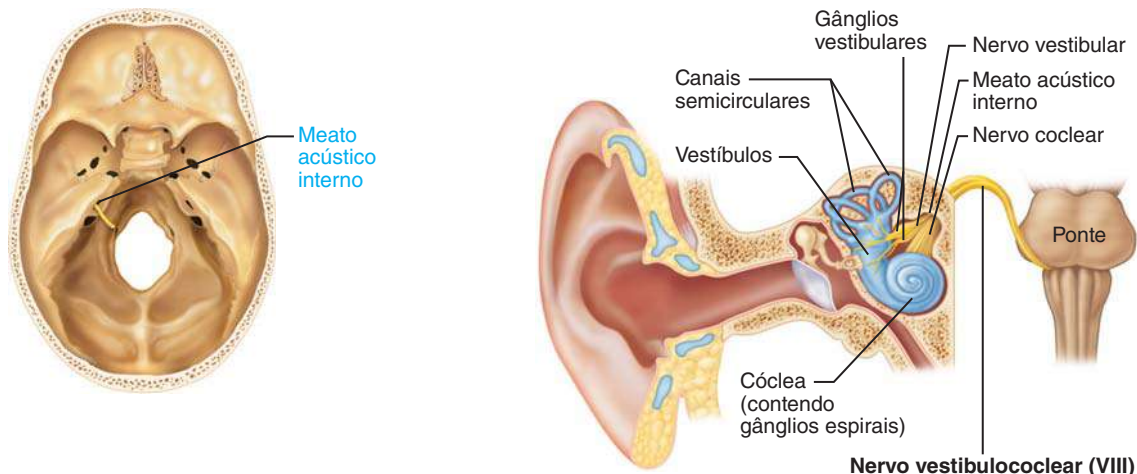
NC VII — NERVO FACIAL (continuação)

Função sensitiva	Sensitivo visceral especial dos cálculos gustatórios nos dois terços anteriores da língua. Sensitivo somático geral de uma pequena parte da pele da orelha.
Função motora somática	Cinco grandes ramos na face: temporal, zigomático, bucal, marginal da mandíbula e cervical, para inervar os músculos faciais [ver partes (c) e (d) da figura]. Também inerva o ventre posterior do digástrico . Fibras proprioceptivas aferentes retornam desses músculos.
Função motora visceral (parassimpática)	Inervar as glândulas lacrimais, glândulas nasais e palatinas e glândulas salivares submandibulares e sublinguais.
Origem	As fibras emergem da ponte, imediatamente laterais ao nervo abducente.
Via	As fibras entram no lobo temporal via meato acústico interno . O nervo corda do tímpano ramifica e inerva as duas glândulas salivares e a língua. O ramo para os músculos da face emerge do osso temporal através do forame estilomastóideo e segue para a região lateral da face. Os corpos celulares dos neurônios sensitivos estão no gânglio geniculado . Os corpos celulares dos neurônios parassimpáticos pós-ganglionares estão nos gânglios pterigopalatinos e submandibulares , no nervo trigêmeo [ver parte (a) da figura].



APLICAÇÃO CLÍNICA Paralisia de Bell A *paralisia de Bell*, caracterizada pela paralisia dos músculos da face no lado afetado e pela perda parcial da gustação, pode se desenvolver rapidamente (muitas vezes da noite para o dia). É provocada pela infecção do herpes simples (viral), que produz inflamação e inchaço do nervo facial. A pálpebra inferior cai, o canto da boca afunda (tornando difícil comer ou falar normalmente) e o olho lacrimeja constantemente, não podendo fechar completamente. A condição pode desaparecer espontaneamente, sem tratamento.

NC VIII — NERVO VESTIBULOCOCLEAR



Função sensitiva	Ramo vestibular: sensitivo somático especial, equilíbrio. Ramo coclear: sensitivo somático especial, audição. Pequeno componente motor ajusta a sensibilidade dos receptores sensitivos.
Origem	Receptores sensitivos na orelha interna para audição (dentro da cóclea) e para o equilíbrio (dentro dos canais semicirculares e do vestíbulo).
Via	A partir da cavidade da orelha interna dentro do osso temporal, as fibras passam através do meato acústico interno , fundem-se e formam o nervo vestibulococlear e entram no tronco encefálico. Os corpos das células nervosas sensitivas para o ramo vestibular estão situados nos gânglios vestibulares (ver Figura 16.18, p. 529); para o ramo coclear, nos gânglios espirais dentro da cóclea. (Ver Figura 16.19, p. 530.)

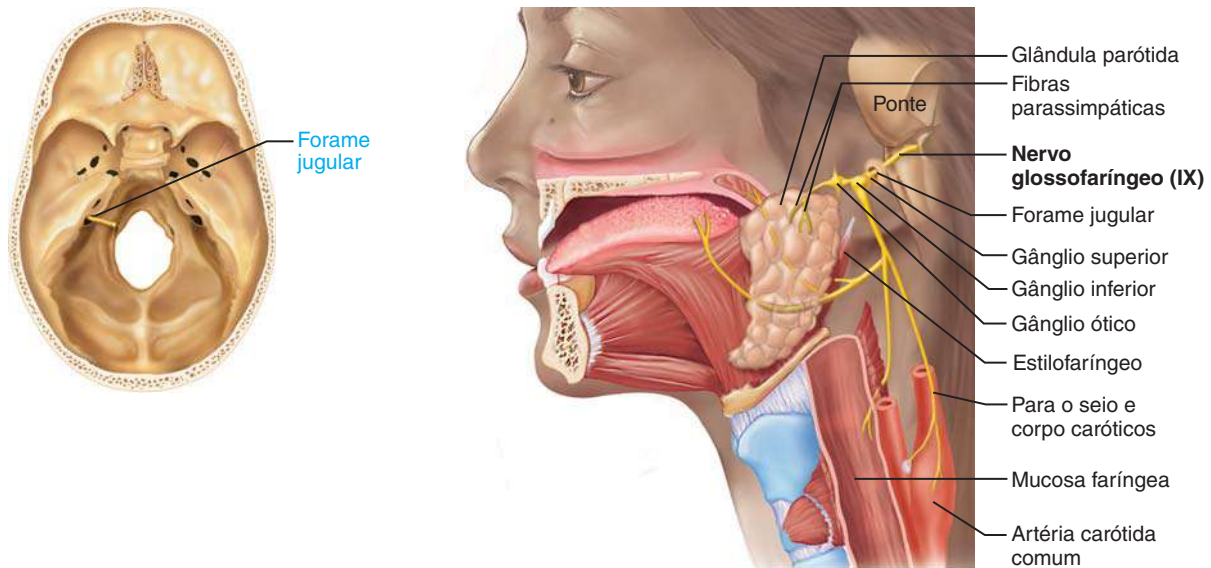


APLICAÇÃO CLÍNICA Lesão do nervo vestibulococlear As lesões no nervo coclear ou nos receptores cocleares resultam em *surdez central* ou *nervosa*, enquanto o dano à divisão vestibular produz vertigem, movimentos oculares rápidos e involuntários, perda de equilíbrio, náusea e vômito.

Tabela 14.2 Nervos cranianos *continuação*

NC IX — NERVO GLOSSOFARÍNGEO

Nervo misto que inerva a língua (sensitivo geral e especial), a faringe e a glândula salivar parótida.



Função sensitiva	<p>Sensitivo visceral especial a partir dos cálculos gustatórios no terço posterior da língua.</p> <p>Sensitivo visceral geral a partir do terço posterior da língua, mucosa faríngea, quimiorreceptores no corpo carótico (que monitoram o O₂ e o CO₂ no sangue e regulam a frequência e a profundidade respiratórias) e barorreceptores do seio carótico (regulam a pressão arterial).</p> <p>Sensitivo somático geral de uma pequena área de pele na orelha externa.</p>
Função motora somática	<p>Inervar um músculo faríngeo, estilofaríngeo, que eleva a faringe durante a deglutição. Fibras proprioceptivas aferentes retornam desse músculo.</p>
Função motora visceral (parassimpática)	<p>Inervar a glândula salivar parótida.</p>
Origem	<p>As fibras emergem do bulbo.</p>
Via	<p>As fibras passam pelo forame jugular e seguem para a faringe.</p> <p>Os corpos celulares dos neurônios sensitivos estão situados nos <i>gânglios superiores e inferiores</i>. Os corpos celulares dos neurônios parassimpáticos pós-ganglionares estão no <i>gânglio ótico</i> no nervo trigêmeo.</p>

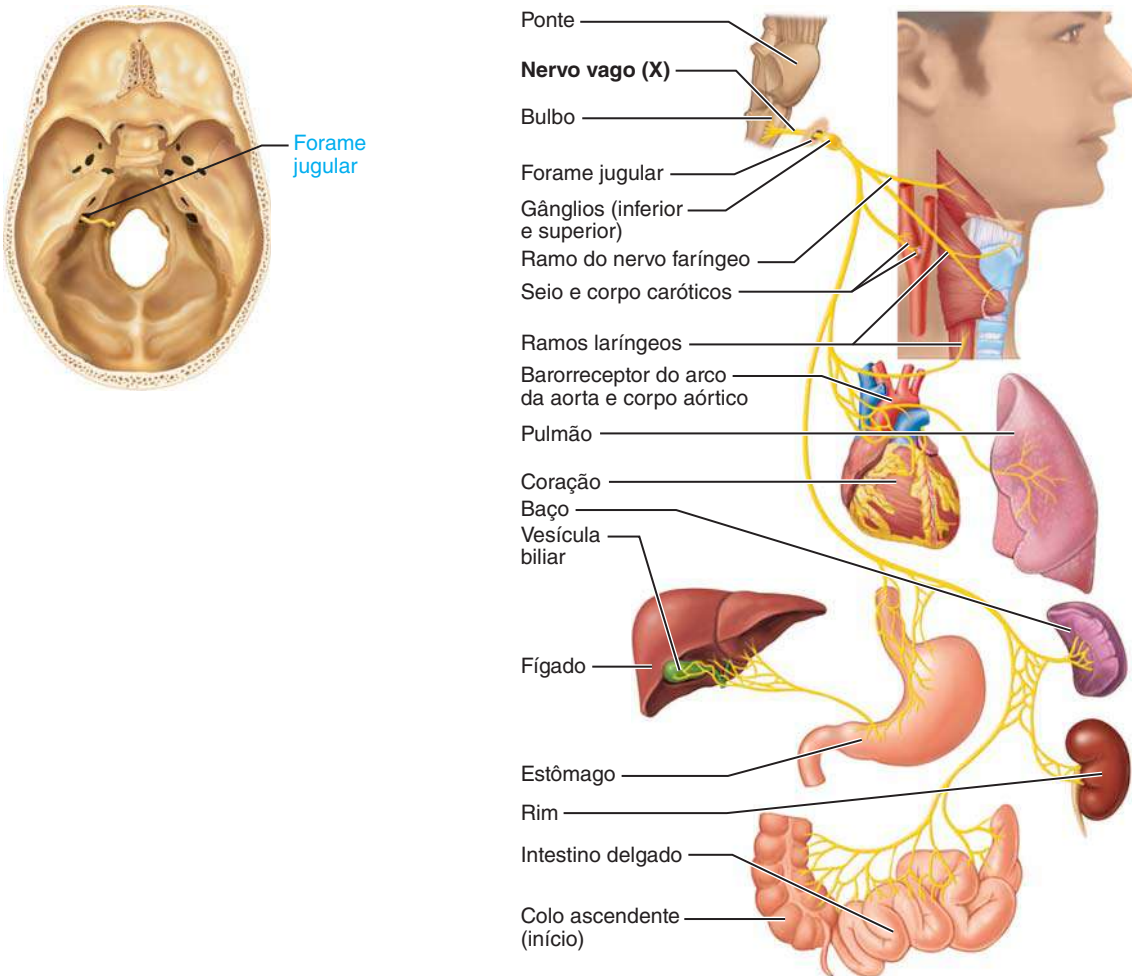


APLICAÇÃO CLÍNICA **Lesão do nervo glossofaríngeo** A lesão ou inflamação do nervo glossofaríngeo prejudica a deglutição e a gustação no terço posterior da língua.

Tabela 14.2 continuação

NC X — NERVO VAGO

Nervo misto; a função principal é a inervação parassimpática para as vísceras torácicas e abdominais.



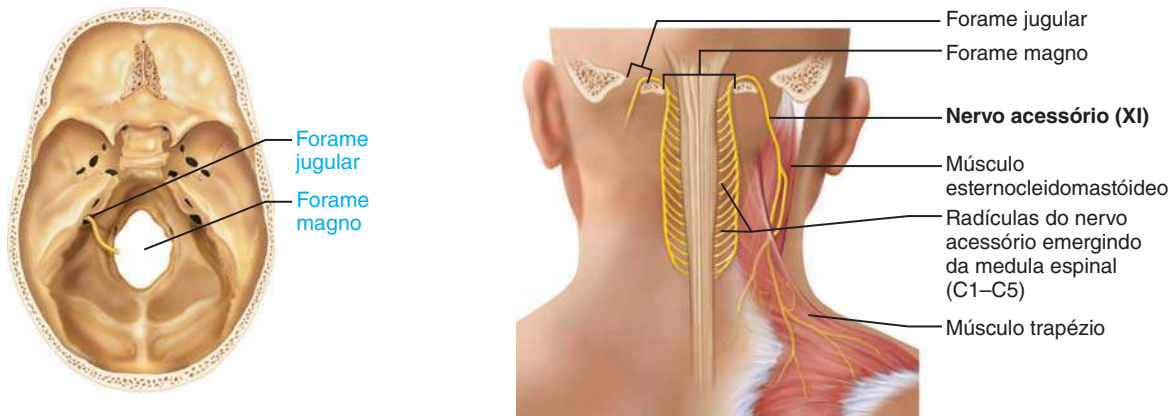
Função sensitiva	Sensitivo visceral geral das vísceras torácicas e abdominais, mucosa da laringe e faringe, seios caróticos (barorreceptor para pressão arterial) e corpos carótico e aórtico (quimiorreceptores para respiração). Sensitivo visceral especial dos cálculos gustatórios na epiglote. Sensitivo somático geral de uma pequena área de pele na orelha externa.
Função motora somática	Inervar os músculos esqueléticos da faringe e da laringe envolvidos na deglutição e na vocalização. As fibras proprioceptoras aferentes retornam dos músculos da laringe e faringe.
Função motora visceral (parassimpática)	Inervar o coração, os pulmões e as vísceras abdominais até o colo transversal. Regular a frequência cardíaca, a respiração e a atividade do sistema digestório.
Origem	As fibras emergem do bulbo.
Via	As fibras saem do crânio através do forame jugular e descem pelo pescoço, entrando no tórax e no abdome. (Ver também a Figura 15.5, p. 491).



APLICAÇÃO CLÍNICA Lesão do nervo vago A paralisia do nervo vago pode levar à rouquidão ou perda da voz, dificuldade de deglutição e motilidade debilitada do sistema digestório. A destruição total de ambos os nervos vagos é incompatível com a vida, pois esses nervos parassimpáticos são cruciais na manutenção do estado normal da atividade dos órgãos viscerais; sem sua influência, a atividade dos nervos simpáticos, que mobilizam e aceleram os processos corporais vitais (e encerram a digestão), não sofreria oposição.

Tabela 14.2 Nervos cranianos *continuação*

NC XI — NERVO ACESSÓRIO



Função motora somática Inervar os **músculos trapézio** e **esternocleidomastóideo** que movem a cabeça e o pescoço. Fibras proprioceptivas aferentes retornam desses músculos.

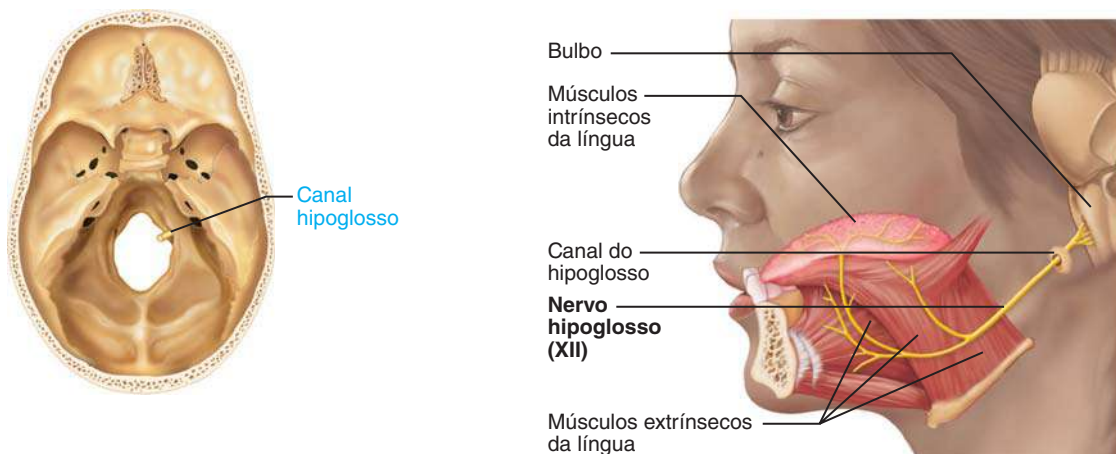
Origem Formam-se a partir de filamentos radiculares ventrais que surgem em C1-C5 na medula espinal. Há muito tempo considerado portador de uma raiz craniana e uma raiz espinal, as radículas se revelaram parte integrante dos nervos vagos.

Via Ao emergirem da medula espinal, as radículas espinais se fundem e formam o nervo acessório, que passa para o crânio através do **forame magno** e depois sai do crânio pelo **forame jugular**.



APLICAÇÃO CLÍNICA **Lesão do nervo acessório** A lesão na raiz espinal de um nervo acessório faz que a cabeça vire para o lado da lesão em consequência da paralisia do músculo esternocleidomastóideo; torna-se difícil sacudir o ombro (papel do músculo trapézio).

NC XII — NERVO HIPOGLOSSO



Função motora somática Inervar os **músculos intrínsecos e extrínsecos da língua**. Ajudar nos movimentos da língua durante a alimentação, deglutição e fala. Fibras proprioceptivas aferentes retornam desses músculos.

Origem Surgem de uma série de raízes na parte ventral do bulbo.

Via Saem do crânio pelo **canal do hipoglosso** e seguem para a língua.



APLICAÇÃO CLÍNICA **Lesão do nervo hipoglosso** Provoca dificuldades na fala e deglutição. Se ambos os nervos forem prejudicados, a pessoa não realiza a protrusão da língua; se apenas um lado for afetado, a língua desvia (inclina) para o lado afetado. Finalmente, o lado paralisado começa a atrofiar.

NERVOS ESPINAIS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a localização de um nervo espinal e fazer a distinção entre as raízes e os ramos espinais;
- ▶ descrever a inervação somática do pescoço, do tronco e dos membros;
- ▶ definir plexo nervoso. Mencionar os nomes dos quatro plexos principais formados pelos ramos ventrais e a região do corpo inervada por eles. Descrever os nervos principais originários de cada plexo;
- ▶ definir dermatômos e explicar a lei de Hilton para a inervação das articulações.

Trinta e um pares de **nervos espinais**, cada um contendo milhares de fibras nervosas, se conectam à medula espinal (**Figura 14.5**). Esses nervos recebem seus nomes de acordo com sua saída na coluna vertebral. Existem:

- 8 pares de nervos cervicais (C1-C8);
- 12 pares de nervos torácicos (T1-T12);
- 5 pares de nervos lombares (L1-L5);
- 5 pares de nervos sacrais (S1-S5);
- 1 par de nervos coccígeos (designado Co).

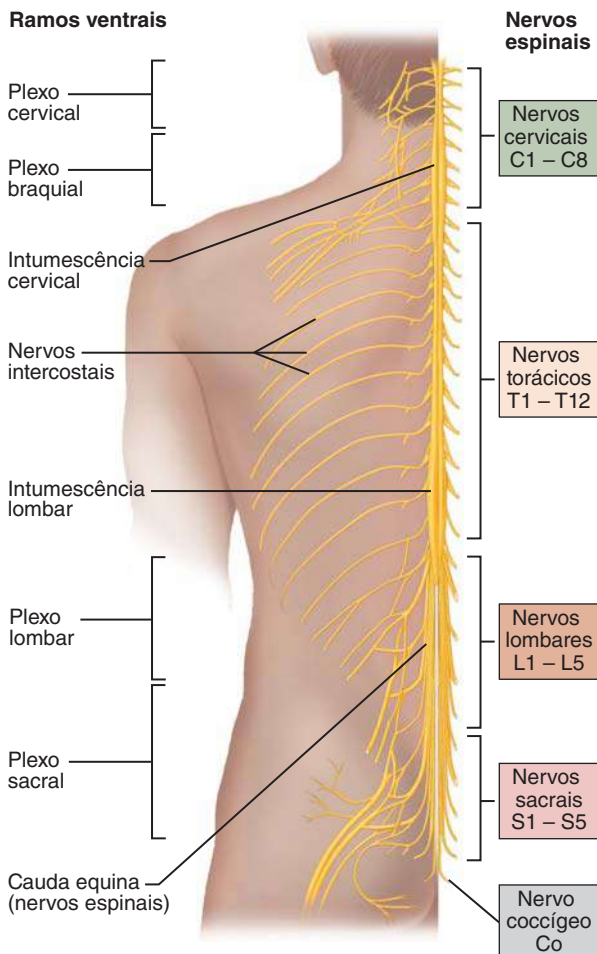


Figura 14.5 Nervos espinais, vista posterior.

Repare que existem oito pares de nervos cervicais, mas apenas sete vértebras cervicais. Essa discrepância é facilmente explicada: o primeiro nervo cervical espinal (C1) é *superior* à primeira vértebra, enquanto o último nervo cervical (C8) sai em uma posição *inferior* à sétima vértebra cervical, deixando seis nervos entre eles. Abaixo da região cervical, cada nervo espinal sai em uma posição *inferior* à vértebra de mesmo número. Cada nervo espinal possui ramos longos que se destinam a maior parte do corpo inferior à cabeça.

Cada nervo espinal se conecta à medula espinal por uma **raiz dorsal** e uma **raiz ventral** (**Figura 14.6**). Cada raiz se forma a partir de uma série de **radículas** que se conectam ao longo de todo o comprimento do segmento de medula espinal correspondente. A raiz dorsal contém os axônios dos neurônios sensitivos que surgem nos corpos celulares no **gânglio da raiz dorsal**. A raiz ventral contém os axônios dos neurônios motores cujos corpos celulares estão situados no corno ventral da medula espinal. O nervo espinal está situado na junção das raízes dorsal e ventral, imediatamente lateral ao gânglio da raiz dorsal. Os nervos espinais e os gânglios da raiz dorsal se situam nos forames intervertebrais, entre os pedículos ósseos dos arcos vertebrais.

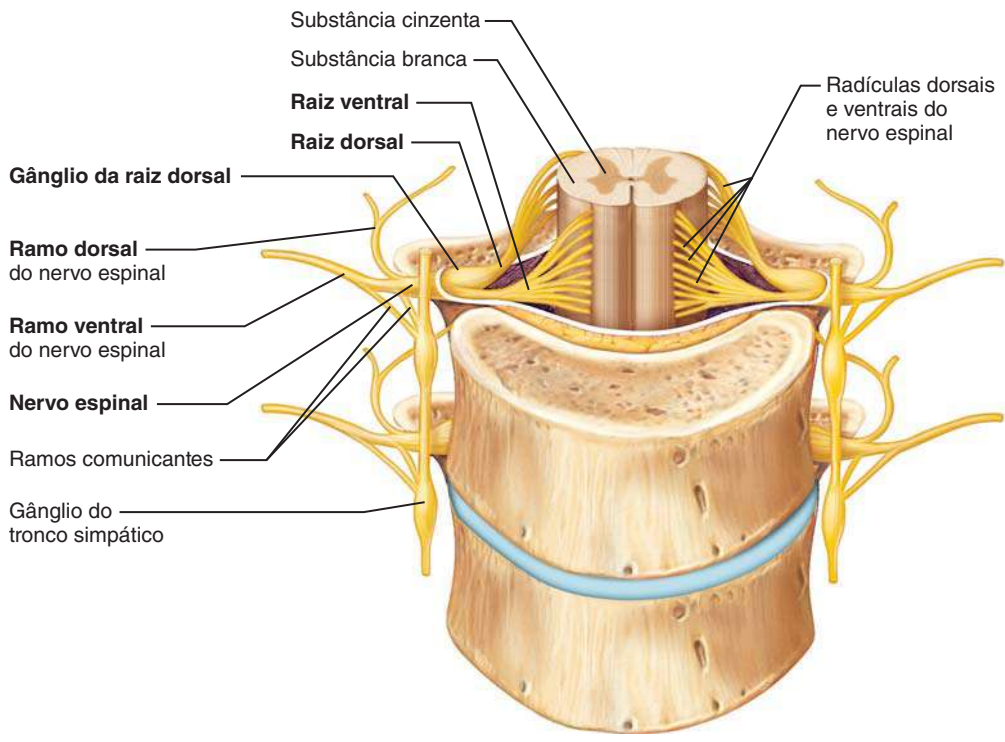
Na posição diretamente lateral ao seu forame intervertebral, cada nervo espinal se abre em um **ramo dorsal** e um **ramo ventral**. Conectando-se à base do ramo ventral estão os *ramos comunicantes*, que levam aos *gânglios do tronco simpático* (estruturas motoras viscerais discutidas no Capítulo 15). O ramo dorsal contém fibras sensitivas, e o ramo ventral, fibras motoras. O nervo espinal é misto, ou seja, possui tanto fibras sensitivas como motoras.

O restante do capítulo se concentra nos ramos dorsal e ventral e suas ramificações (**Figura 14.6b**). Esses ramos inervam toda a região *somática* do corpo, o tubo externo (musculatura esquelética e pele), a partir do pescoço e na direção inferior. Os ramos dorsais inervam a região dorsal do pescoço e do tronco. Os ramos ventrais muito mais espessos inervam uma área maior: as regiões anterior e lateral do pescoço e do tronco e todas as regiões dos membros.

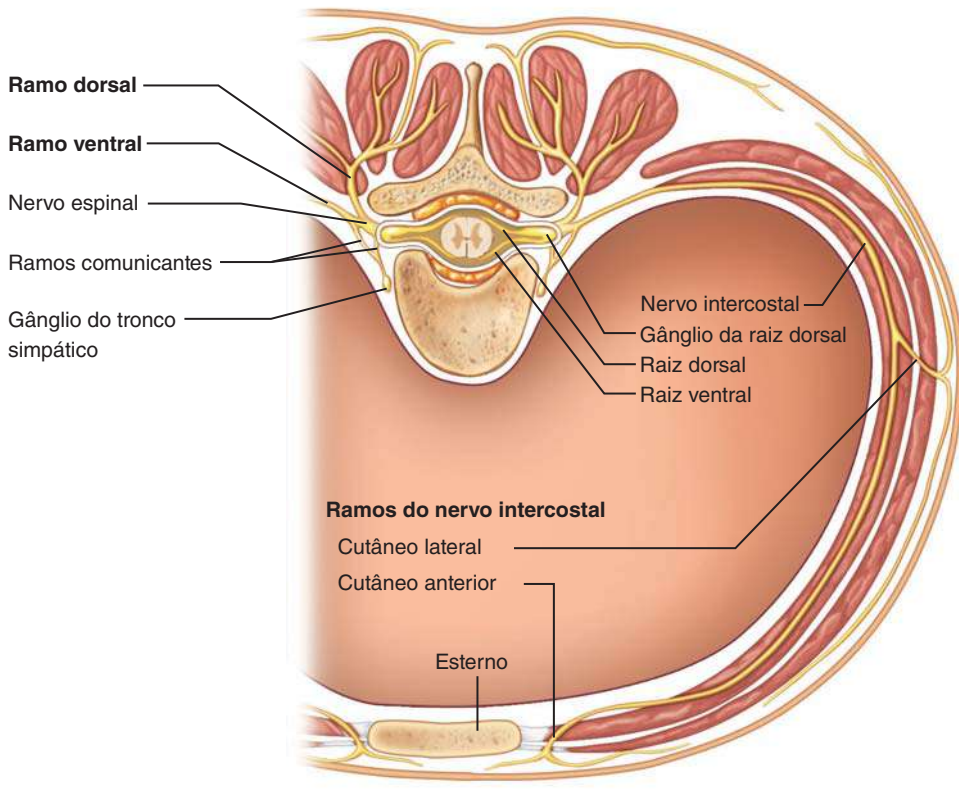
É importante rever a diferença entre *raízes* e *ramos* (**Figura 14.7**). Não confunda essas estruturas de nomes parecidos.

- As raízes se situam no lado medial dos nervos espinais e são estritamente sensitivas (raiz dorsal) ou estritamente motoras (raiz ventral).
- Os ramos são ramificações laterais dos nervos espinais e cada um deles contém fibras sensitivas e fibras motoras.

As seções a seguir exploram a maneira pela qual os ramos e suas ramificações inervam várias regiões do corpo. Primeiro será considerada a inervação do dorso e das paredes anteriores do tórax e do abdome. Depois,



(a) Vista anterior mostrando a medula espinhal, os nervos associados e as vértebras.



(b) Corte transversal do tórax exibindo as principais raízes e ramos de um nervo espinhal.

Figura 14.6 Formação dos nervos espinais e distribuição dos ramos. Repare que em (a) as raízes dorsal e ventral surgem no lado medial como radículas e se unem lateralmente, formando o nervo espinhal; em (b) a distribuição dos ramos dorsais e ventrais. No tórax, cada ramo ventral continua como um nervo intercostal. Os ramos dorsais inervam os músculos intrínsecos e a pele das costas.

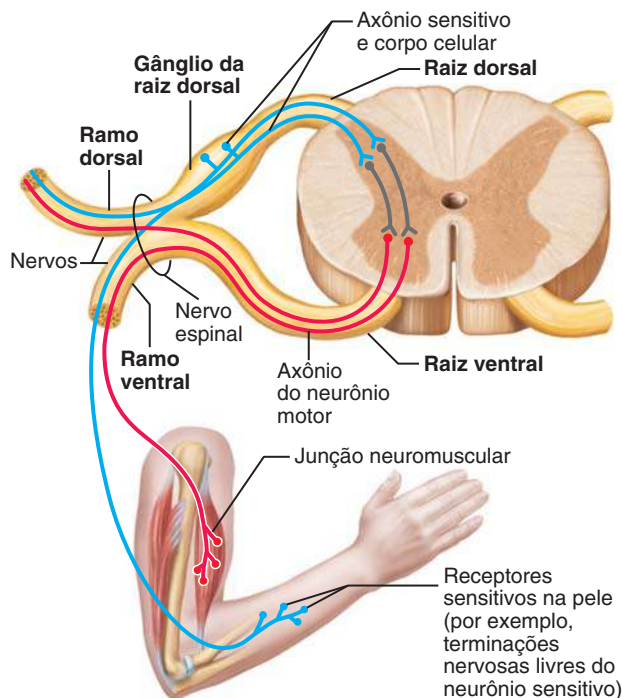


Figura 14.7 Componentes funcionais de um nervo espinal, vista anterior. Os ramos e as conexões à medula espinal estão ilustrados.

serão discutidos a anatomia e os papéis das estruturas chamadas *plexos nervosos*. Finalmente, será examinada a inervação do pescoço, dos membros superiores, dos membros inferiores, das articulações e da pele. Todo o texto se refere à inervação de grandes grupos musculares (a informação específica sobre inervação muscular é encontrada nas Tabelas 11.3 a 11.17, p. 292-342).

Inervação do dorso

A inervação do dorso (parte posterior do tronco e pescoço) pelos ramos dorsais segue um padrão perfeito e segmentado. Cada ramo dorsal se destaca para inervar os músculos intrínsecos do dorso e a faixa horizontal de pele em linha com seu ponto de emergência, a partir da coluna vertebral (Figura 14.6b). Esse padrão de inervação é bem mais simples do que a inervação das demais regiões do corpo pelos ramos ventrais.

Inervação das paredes anteriores do tórax e do abdome

Apenas no tórax os ramos ventrais estão organizados em um padrão simples segmentado. Os ramos ventrais torácicos seguem no lado anterior, abaixo de cada costela, como **nervos intercostais** (Figuras 14.5 e 14.6b). Esses nervos destinam-se aos músculos intercostais, a pele anterior e lateral do tórax e a maior parte da parede inferior do abdome à caixa torácica. Ao longo de seu curso, cada nervo intercostal emite

ramos cutâneos laterais e anteriores para a pele adjacente (Figura 14.6b).

Dois nervos nessa série torácica são incomuns. O último (T12) se situa na posição inferior à décima segunda costela e, portanto, chama-se *nervo subcostal* (“abaixo das costelas”) e não um nervo intercostal. O primeiro nervo intercostal (mais superior) é excepcionalmente pequeno porque a maioria das fibras de T1 entra no plexo braquial (discutido em breve).

✓ Verifique seu conhecimento

- 9. Quais déficits resultariam de uma lesão na raiz dorsal do nervo espinal T4? Quais déficits ocorreriam se uma lesão ocorresse ao ramo dorsal de T4?
- 10. Abaixo de qual vértebra sai cada um dos seguintes nervos: (a) nervo cervical C5; (b) nervo lombar L3?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Introdução aos plexos nervosos

Um **plexo nervoso** é uma rede de nervos. Os ramos ventrais de todos os nervos espinais, exceto T2 a T12, ramificam-se e unem-se uns aos outros na região lateral da coluna vertebral, formando plexos nervosos (ver Figura 14.5). Essas redes entrelaçadas ocorrem nas regiões cervical, braquial, lombar e sacral, suprindo principalmente os membros. Repare que esses plexos são formados apenas por *ramos ventrais*. Dentro dos plexos, as fibras de diferentes ramos ventrais convergem e divergem, redistribuindo-se de modo que (1) cada ramo do plexo contém fibras de vários nervos espinais diferentes e (2) as fibras de cada ramo ventral seguem para a periferia do corpo através de várias rotas ou ramos diferentes. Portanto, cada músculo em um membro recebe seu suprimento nervoso de mais de um nervo espinal. Em consequência dessa organização, a destruição de um único nervo espinal não consegue paralisar completamente qualquer músculo do membro.

Plexo cervical e inervação do pescoço

O **plexo cervical** está situado profundamente no pescoço, sob o músculo esternocleidomastóideo, e se estende para o trígono cervical posterior (exibido na Figura 11.30, p. 347). Ele é formado pelos ramos ventrais dos quatro primeiros nervos cervicais (**Figura 14.8**). O plexo forma uma série irregular de laços interconectados de onde saem os ramos. A maioria dos ramos do plexo cervical consiste em **nervos cutâneos** que transmitem impulsos sensitivos da pele do pescoço, da parte posterior da cabeça e da parte mais superior do ombro. Outros ramos transmitem inervação motora para os músculos da região anterior do pescoço (**Tabela 14.3**).

Tabela 14.3 Ramos do plexo cervical (Figura 14.8)

Nervos	Ramos ventrais	Estruturas inervadas
RAMOS CUTÂNEOS (SUPERFICIAIS)		
Occipital menor	C2, C3	Pele no aspecto posterolateral do pescoço
Auricular magno	C2, C3	Pele da orelha, pele sobre a glândula parótida
Cervical transverso	C2, C3	Pele no aspecto anterior e lateral do pescoço
Supraclaviculares (laterais, intermédios e mediais)	C3, C4	Pele do ombro e região clavicular
RAMOS MOTORES (PROFUNDOS)		
Alça cervical (raízes superior e inferior)	C1-C3	Músculos infra-hióideos do pescoço (omo-hióideo, esterno-hióideo e esternotireóideo)
Ramos musculares	C1-C5	Músculos profundos do pescoço (gênio-hióideo e tíreo-hióideo) e músculo esternocleidomastóideo
Frênico	C3-C5	Diafragma (único suprimento nervoso motor)

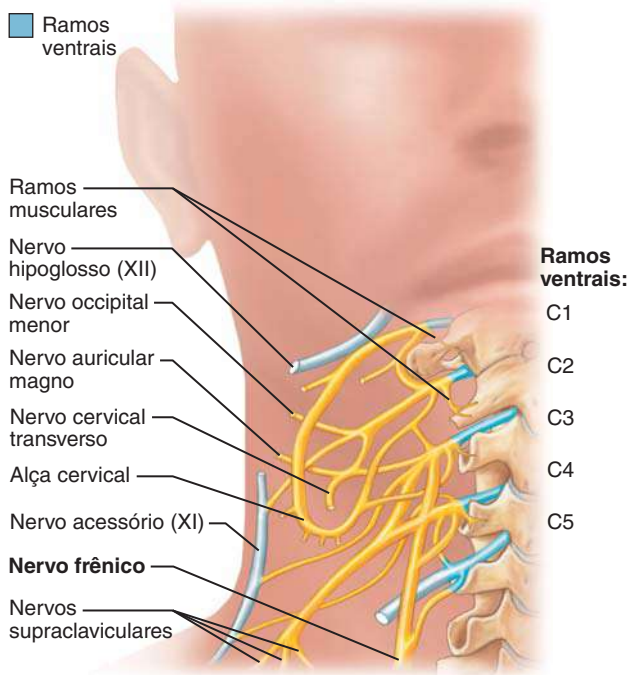


Figura 14.8 Plexo cervical, vista anterior. Os nervos que estão retratados em cinza se conectam ao plexo cervical, mas não pertencem a ele. (Ver as áreas de inervação na Tabela 14.3.)

O nervo mais importante desse plexo é o **nervo frênico**, que recebe fibras de C3, C4 e C5. O nervo frênico segue inferiormente através do tórax e inerva o diafragma, proporcionando inervação motora somática e sensitiva para este que é o mais vital dos músculos respiratórios. Se ambos os nervos frênicos forem cortados (ou se a medula espinal for danificada acima de C3-C5), vai ocorrer parada respiratória.



APLICAÇÃO CLÍNICA

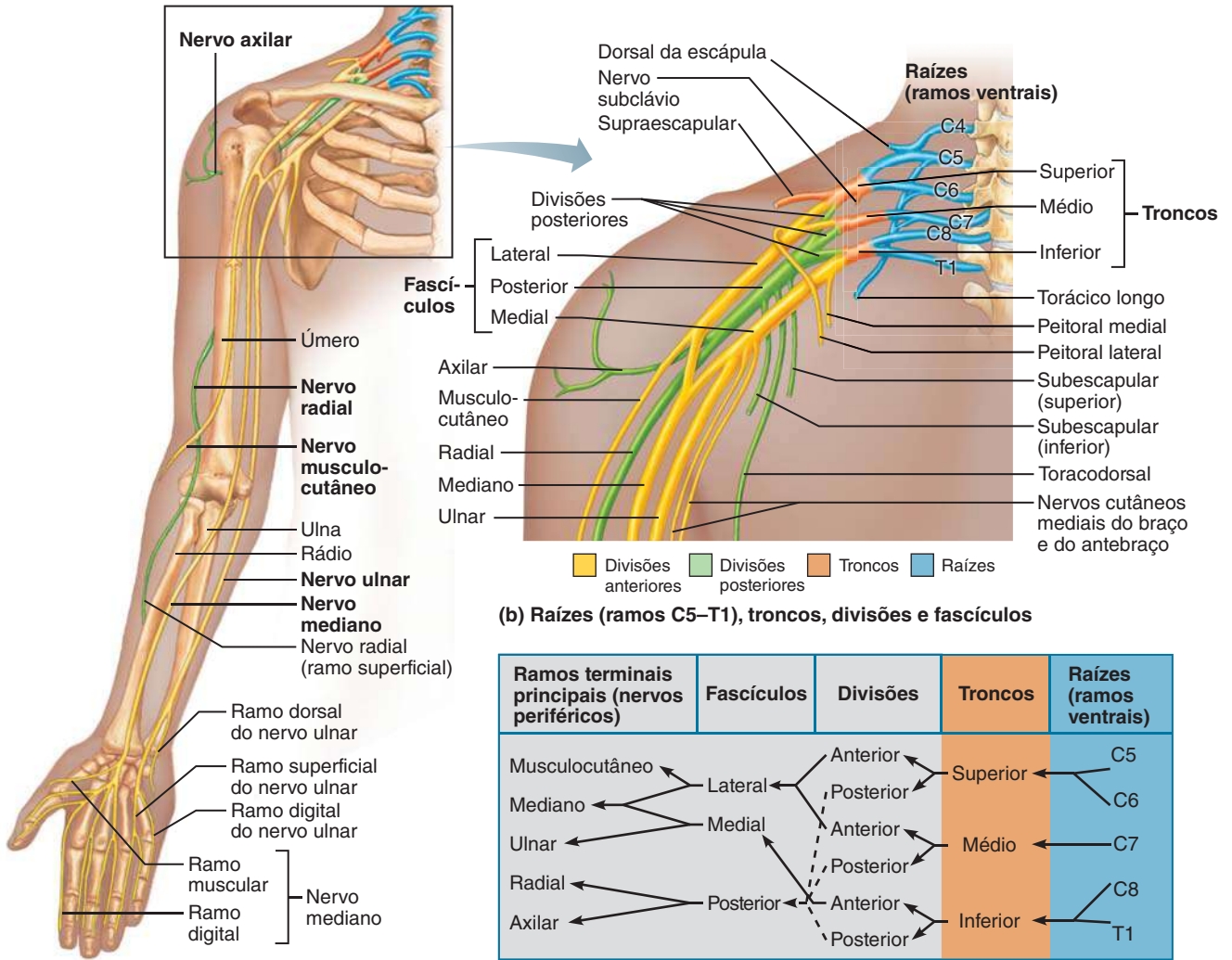
Soluços Os soluços ocorrem quando o nervo frênico induz contrações abruptas e rítmicas do diafragma. Essa resposta reflexa resulta frequentemente de uma irritação sensitiva do diafragma ou estômago. A deglutição de alimentos condimentados ou refrigerantes ácidos pode levar aos soluços através desse reflexo. Estímulos dolorosos do diafragma, transmitidos nas fibras sensitivas somáticas do nervo frênico, são percebidos como provenientes da pele situada na área do ombro, que é inervada pelos mesmos segmentos espinais (ver Figura 14.15).

Plexo braquial e inervação do membro superior

O **plexo braquial** (Figura 14.9a) se situa parcialmente no pescoço e parcialmente na axila, e origina quase todos os nervos que se destinam ao membro superior. O plexo braquial algumas vezes pode ser sentido no triângulo cervical posterior, imediatamente superior à clavícula, na margem lateral do músculo esternocleidomastóideo (consulte a Figura 11.30, p. 347).

O plexo braquial é formado pela mistura dos ramos ventrais dos nervos cervicais C5-C8 e a maior parte do ramo ventral de T1. Além disso, ele pode receber pequenas contribuições de C4 ou T2.

Como o plexo braquial é muito complexo, alguns o consideram o pesadelo anatômico dos alunos, ainda que sua organização reflita a organização funcional das estruturas que inerva. Os componentes do plexo braquial, da posição medial para a lateral, são:



(a) Nervos principais do membro superior.

(c) Fluxograma resumindo as relações dentro do plexo braquial.

Figura 14.9 Plexo braquial, vista anterior.

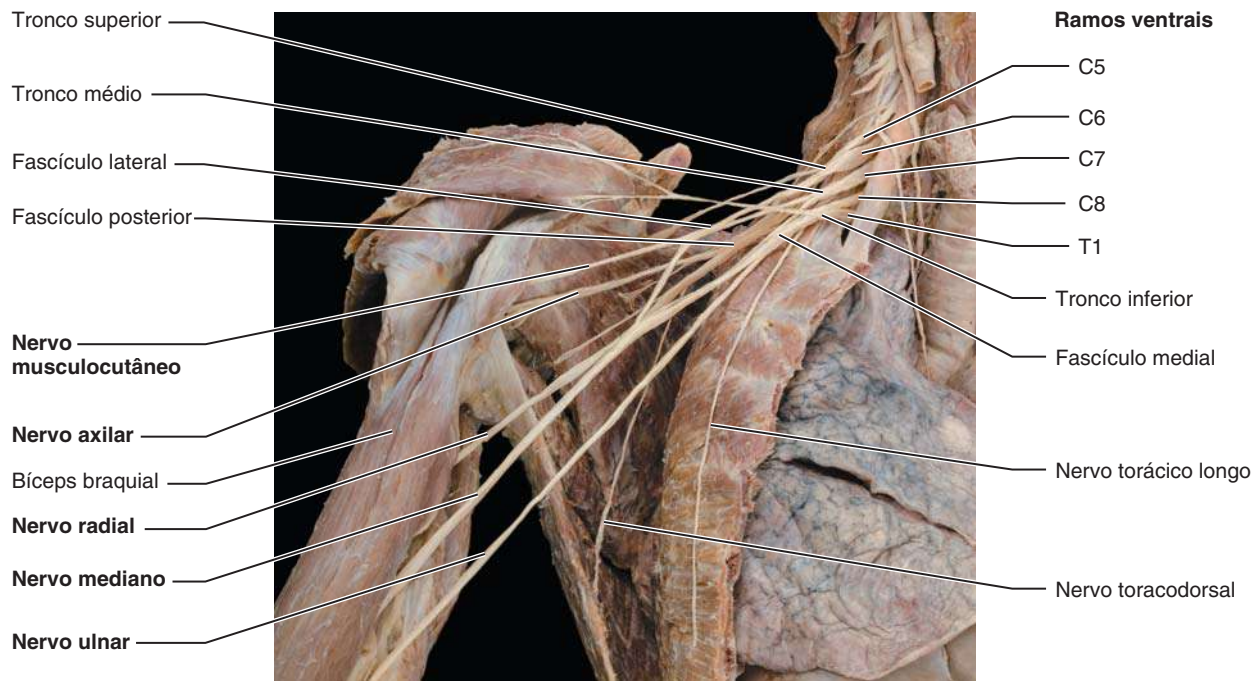
- **Ramos ventrais.** Os ramos ventrais dos segmentos espinais C5-T1 formam as *raízes*¹ do plexo braquial.
- **Troncos.** Os ramos ventrais se fundem e formam três *troncos*.
- **Divisões.** Cada tronco se divide em duas *divisões*: anterior e posterior.
- **Fascículos.** Essas seis divisões convergem e formam três *fascículos*.

As cinco **raízes** do plexo braquial, ramos ventrais C5-T1, situam-se bem abaixo do músculo esternocleidomastóideo. Na margem lateral desse músculo, esses ramos se unem e formam os **troncos superior, médio e inferior**, cada um deles se ramificando em uma **divisão anterior e posterior**.

- As divisões anteriores (em amarelo na Figura 14.9) originam os nervos para os músculos do compartimento anterior no membro superior (músculos flexores) e a pele na superfície anterior.
- Os nervos das divisões posteriores (em verde na Figura 14.9) destinam-se aos músculos do compartimento posterior do membro e a pele na superfície posterior.

As divisões passam bem abaixo da clavícula e entram na axila. As divisões anteriores dos troncos superior e médio originam o **fascículo lateral**, e a divisão anterior do tronco inferior forma o **fascículo medial**. O **fascículo posterior** é composto pelas divisões posteriores dos três troncos. Os fascículos recebem seus nomes de acordo com a sua posição em relação à artéria axilar.

¹ Não confunda essas raízes do plexo braquial com as raízes dorsal e ventral dos nervos espinais.



(d) Dissecção do plexo braquial direito

Figura 14.9 Plexo braquial, vista anterior, continuação.

Alguns nervos ramificam a partir do plexo braquial para inervar os músculos superiores do tórax e do ombro (e parte da pele do ombro também) (Figura 14.9b).

O plexo braquial termina na axila, onde seus três fascículos originam os nervos principais do membro superior (ver Figura 14.9). Em Destaque — Inervação do membro superior (**Figura 14.10**) mostra a distribuição e os alvos de cinco desses nervos periféricos mais importantes — os *nervos musculocutâneo, mediano e ulnar* das divisões anteriores do plexo, e os *nervos axilar e radial* das divisões posteriores.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Lesões do plexo braquial As lesões no plexo braquial são comuns e podem ser graves. Essas lesões resultam geralmente do estiramento do plexo, como pode acontecer durante uma partida de futebol americano, quando um defensor puxa o braço de quem está carregando a bola ou quando um golpe comprime um ombro e flexiona lateralmente a cabeça para longe desse ombro. Quedas de cavalo ou de motocicleta ou transportar uma mochila pesada podem resultar no estiramento excessivo ou no esmagamento do plexo braquial, podendo levar à fraqueza ou até mesmo à paralisia do membro superior. As lesões temporárias a esse plexo acabam cicatrizando.

Nervo musculocutâneo O **nervo musculocutâneo** (Figuras 14.9d e 14.10), o principal ramo terminal do fascículo lateral, segue dentro da região anterior do

braço. Ele perfura o músculo coracobraquial e desce entre os músculos bíceps braquial e braquial, inervando esses três flexores do braço. Distal ao cotovelo, ele se torna o nervo cutâneo lateral do antebraço e é o responsável pela sensibilidade da pele na região lateral do antebraço.

Nervo mediano O **nervo mediano** (Figuras 14.9a e 14.10) inerva a maioria dos músculos do compartimento anterior do antebraço e a parte lateral da palma da mão. Após originar-se dos fascículos lateral e medial, ele desce pelo braço sem se ramificar, situando-se na posição medial e posterior ao músculo bíceps braquial. Imediatamente distal à região do cotovelo, o nervo mediano se ramifica para a maioria dos músculos no compartimento flexor do antebraço (mas não para o flexor ulnar do carpo e a parte medial do flexor profundo dos dedos). Passando pelo túnel do carpo abaixo do tendão do palmar longo e chegando à mão, ele inerva cinco músculos intrínsecos na parte lateral da palma, incluindo os músculos tenares utilizados para fazer oposição ao polegar.

Nervo ulnar O **nervo ulnar** (Figuras 14.9a e 14.10) ramifica do fascículo medial do plexo braquial, depois desce ao longo da região medial do braço. No cotovelo, ele passa posteriormente ao epicôndilo medial do úmero; depois, acompanha a ulna ao longo do antebraço, onde inerva o flexor ulnar do carpo e a parte medial (ulnar) do flexor profundo dos dedos. Depois, o nervo ulnar continua dentro da mão, onde inerva a maioria dos músculos intrínsecos da mão e a pele na face medial da mão. Um ramo dorsal inerva a pele da face medial da região dorsal da mão.

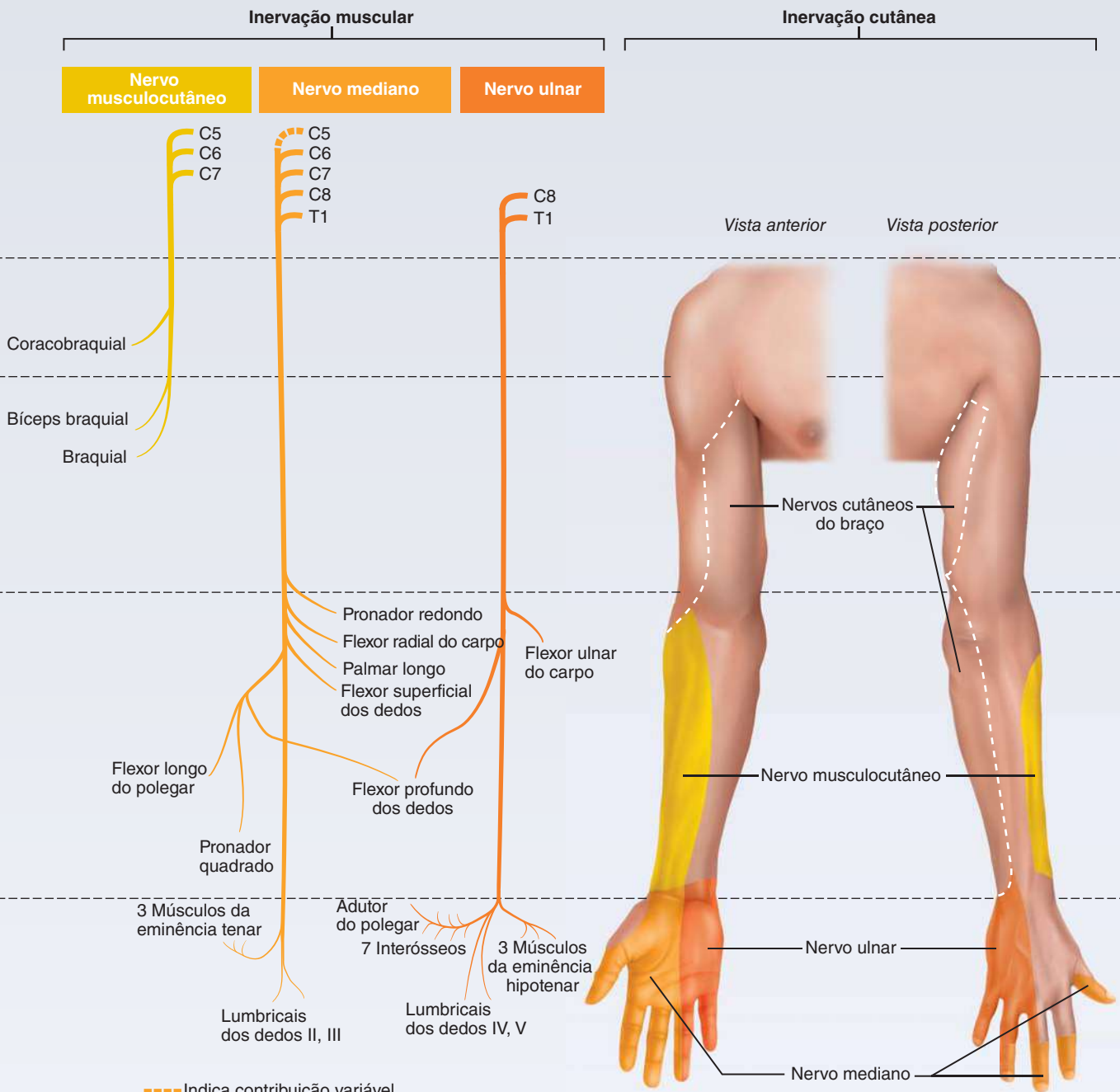
(O texto continua na p. 469.)

Destaque

Inervação do membro superior

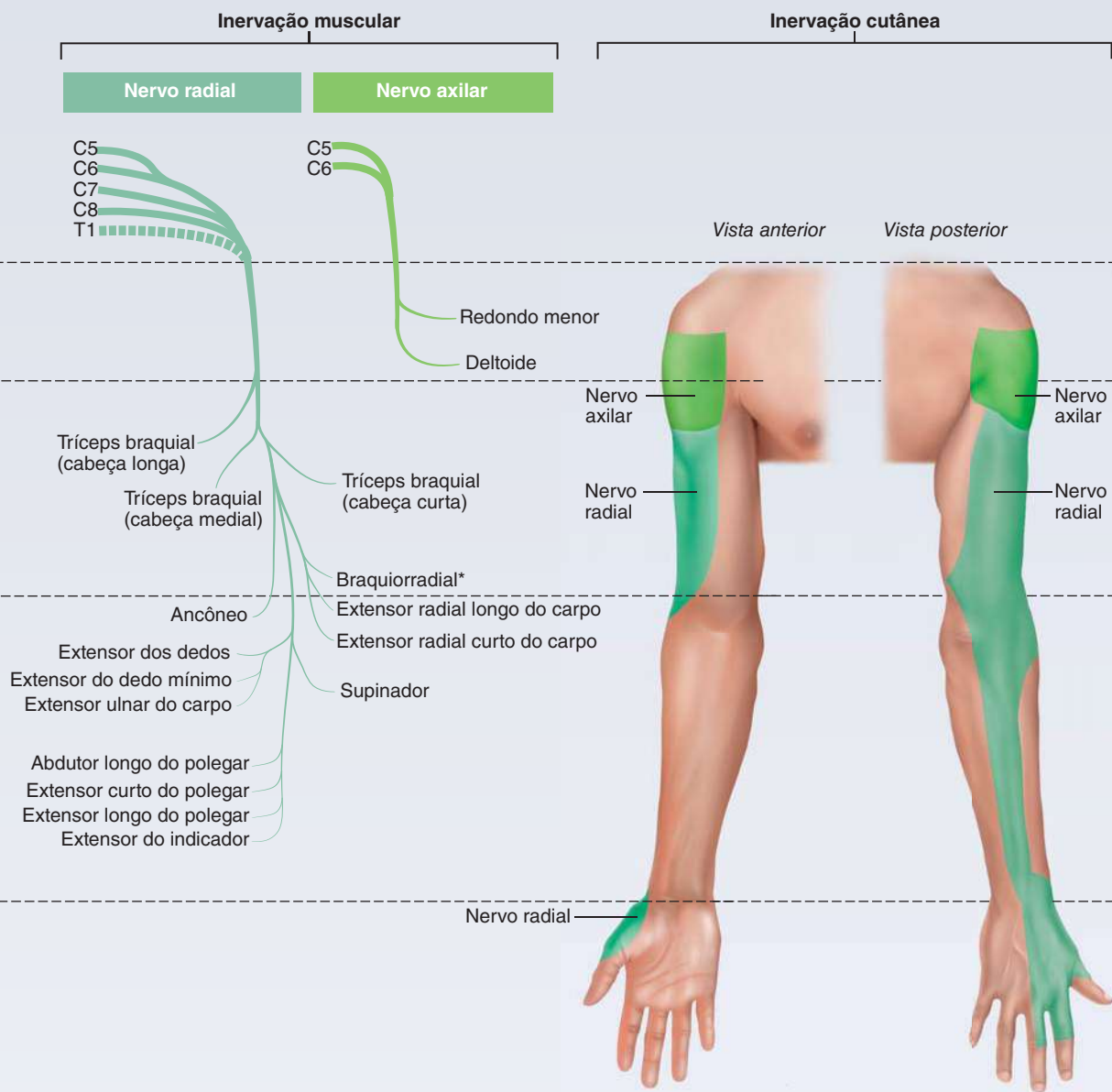
Figura 14.10

Os nervos da divisão anterior do plexo braquial inervam os músculos nos compartimentos anteriores: os músculos flexores do braço, antebraço e mão. Esses nervos continuam na direção distal para fornecer inervação cutânea ao antebraço e à mão.



continuação

Os nervos da **divisão posterior do plexo braquial** inervam os músculos nos compartimentos posteriores: os músculos extensores do membro superior. Esses nervos continuam na direção distal para fornecer inervação cutânea a grande parte da região posterior do braço, antebraço e mão.



*Em termos funcionais, o braquiorradial age como um flexor do antebraço. Ele se desenvolve a partir do compartimento posterior e, portanto, é inervado por um nervo da divisão posterior.

■ Indica contribuição variável



APLICAÇÃO CLÍNICA

Lesão no nervo mediano Como o nervo mediano desce exatamente no meio do antebraço e do punho, muitas vezes ele é cortado nas tentativas de suicídio com corte no punho. A destruição do nervo mediano dificulta a oposição do polegar na direção do dedo mínimo; desse modo, a capacidade para pegar pequenos objetos é menor. Esse déficit é classificado como “mão de macaco”.

Uma lesão no nervo mediano na região cubital resulta na perda de flexão nas articulações interfalângicas dos dedos II e III (em virtude do déficit de inervação nos flexores dos dedos) e na incapacidade desses dedos para flexionarem na articulação metacarpofalângica (em decorrência da perda de inervação para os lumbricais laterais). Clinicamente, esse tipo de lesão se apresenta como “mão em bênção” (Figura a).

Lesões no nervo ulnar Em razão de sua posição exposta no cotovelo, o nervo ulnar é vulnerável à lesão. Golpear o “osso do cotovelo” — o ponto em que esse nervo encosta no epicôndilo medial — provoca formigamento no dedo mínimo. Os lançamentos repetidos (de uma bola, por exemplo) também podem danificar o nervo nesse ponto, já que estressa a parte medial da região cubital. Ainda com mais frequência, o nervo ulnar é lesionado na região carpal da palma, outro local onde está situado superficialmente. As pessoas com danos nesse nervo não conseguem aduzir e abduzir seus dedos (porque os músculos interósseos e lumbricais estão paralisados) nem formar uma pegada apertada (porque os músculos da eminência hipotenar são inúteis). Sem os músculos interósseos para estender os dedos nas articulações interfalângicas, os dedos flexionam nessas articulações e a mão se contorce em garra (Figura b).

Lesões no nervo radial O trauma no nervo radial resulta em **punho caído (mão em gota)**, uma incapacidade de estender a mão no punho (Figura c). Se a lesão ocorrer bem longe, na direção superior, o músculo tríceps fica paralisado de modo que o antebraço não pode ser efetivamente estendido. Muitas fraturas do úmero acompanham o sulco radial e lesam o nervo radial nesse ponto. Esse nervo também pode ser esmagado na axila pelo uso inadequado de uma muleta ou se uma pessoa adormecer com um braço sobre o encosto de uma cadeira.



“Mão em bênção”
(a) Lesão no nervo mediano na região cubital



Mão em garra
(b) Lesão no nervo ulnar



“Mão em gota”
(c) Lesão no nervo radial

Nervo axilar O **nervo axilar**, um ramo do fascículo posterior (Figura 14.10 e Figura 14.11), segue lateral e posteriormente ao colo cirúrgico do úmero e inerva os músculos deltoide e redondo menor. Suas fibras sensitivas suprem a cápsula articular do ombro e a pele que cobre a metade inferior do músculo deltoide.

Nervo radial O **nervo radial** (Figuras 14.10 e 14.11), uma continuação do fascículo posterior, é o maior ramo do plexo braquial, inervando quase toda a face posterior do membro superior, incluindo todos os músculos extensores do membro. À medida que desce pelo braço, ele passa para a face posterior do úmero

no sulco radial, enviando ramos para o tríceps braquial. Depois, faz uma curva na direção anterior em volta do epicôndilo lateral no cotovelo, onde se divide em um ramo superficial e um ramo profundo. O ramo superficial desce ao longo da margem lateral do rádio, coberto pelo músculo braquiorradial; distalmente, ele supre a pele na face dorsolateral da mão. O ramo profundo do nervo radial segue na direção posterior para inervar os músculos extensores no antebraço.

Pequenos ramos oriundos do plexo braquial inervam os músculos do tronco e da escápula, que movimentam o ombro (Tabela 14.4).

Tabela 14.4

Ramos do plexo braquial para os músculos do tronco e ombro

Nervos	Fascículos e raízes espinais (ramos ventrais)	Estruturas inervadas
Dorsal da escápula	Ramificações dos ramos C5	Músculos romboides e levantador da escápula
Torácico longo	Ramificações dos ramos C5-C7	Músculo serrátil anterior
Subescapular	Fascículo posterior; ramificações dos ramos C5 e C6	Músculos redondo maior e subescapular
Toracodorsal	Fascículo posterior; ramificações dos ramos C6-C8	Latíssimo do dorso
Supraescapular	Tronco superior (C5, C6)	Articulação do ombro; músculos supraespinal e infraespinal
Peitoral (lateral e medial)	Ramos dos fascículos lateral e medial (C5-T1)	Músculos peitoral maior e menor

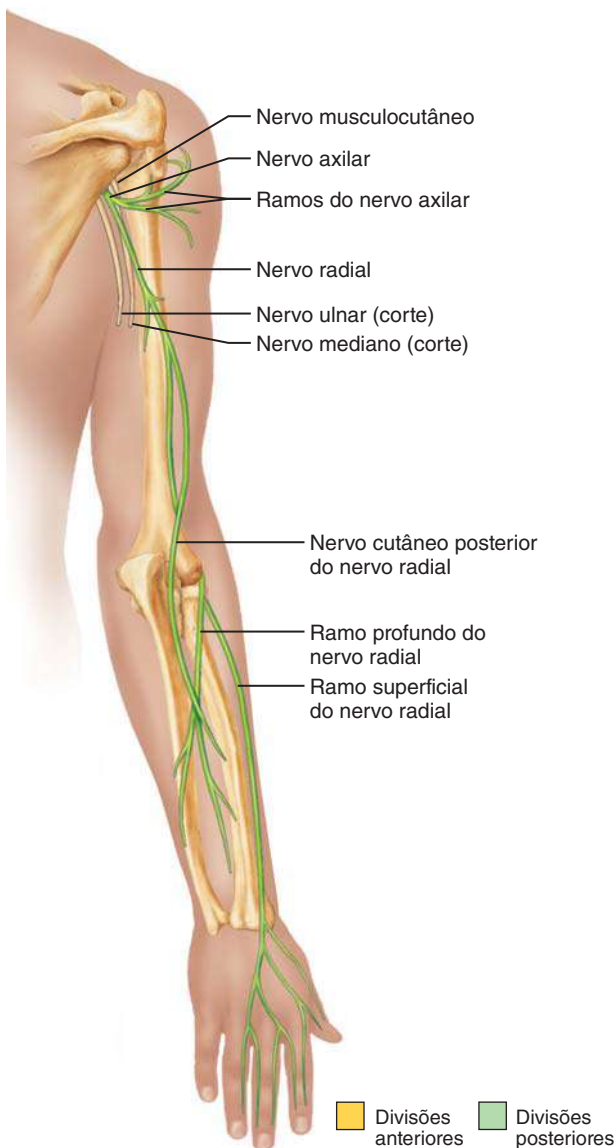


Figura 14.11 Trajeto dos nervos axilar e radial. Vista posterior.

✓ Verifique seu conhecimento

- 11. Um paciente com lesão da medula espinal em C5 seria capaz de respirar de maneira independente?
- 12. Qual é o nervo que inerva todos os músculos extensores do braço e antebraço?
- 13. Uma lesão por esmagamento no cotovelo lesionou o nervo ulnar onde ele cruza o epicôndilo medial. Quais déficits sensitivos e motores seriam evidentes no exame?
- 14. O paciente com lesão em C5 (descrita anteriormente) tem alguma função nos músculos do membro superior?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Plexo lombar e inervação do membro inferior

O **plexo lombar** (Figura 14.12) surge a partir dos primeiros quatro nervos espinais lombares (L1-L4) e está situado dentro do músculo psoas maior na parede posterior do abdome. Seus ramos menores inervam partes da parede do abdome e o próprio músculo psoas, mas os ramos principais descem para inervar a região anterior da coxa.

Nervo femoral O **nervo femoral**, o maior ramo terminal, segue abaixo do ligamento inguinal e entra na coxa, dirigindo-se inferiormente através do centro do triângulo femoral (exibido na Figura 11.38a, p. 355). Desse ponto ele se divide em vários ramos maiores. Os ramos motores do nervo femoral inervam os músculos do compartimento anterior da coxa, incluindo o importante quadríceps femoral. Os ramos cutâneos do nervo femoral suprem a pele da região anterior da coxa e a face medial da perna, do joelho até o pé.

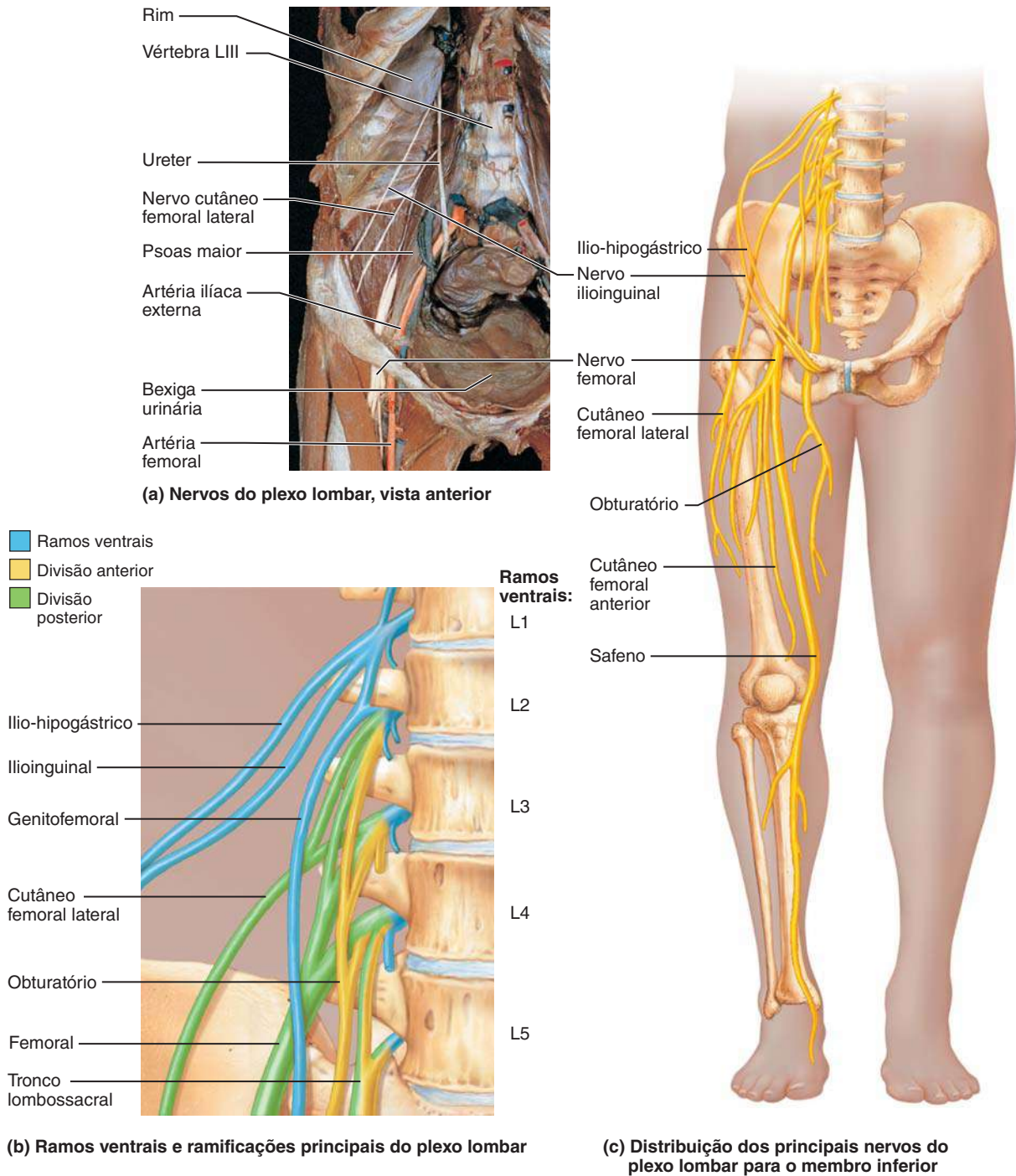


Figura 14.12 Plexo lombar.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Compressão dos nervos espinais lombares A compressão das raízes espinais do plexo lombar por um disco herniado provoca uma grande perturbação no modo de andar (marcha). Isso ocorre porque o nervo femoral inerva os músculos que flexionam a coxa no quadril (reto femoral e ilíaco) e os músculos que estendem a perna na articulação do joelho (o grupo quadríceps femoral inteiro). Outros sintomas são dor ou anestesia da região anterior e medial da coxa se o nervo obturatório estiver prejudicado.

Tabela 14.5 Ramos do plexo lombar (Figura 14.12)

Nervos	Ramos ventrais	Estruturas inervadas
Cutâneo femoral lateral	L2-L3	Pele da face lateral da coxa; alguns ramos sensitivos do peritônio
Ilio-hipogástrico	L1	Pele na região lateral da nádega e pele no púbis; proprioceptor e motor para a maioria das partes inferiores dos músculos oblíquo interno e transversos do abdome
Ilioinguinal	L1	Pele dos genitais externos e regiões medial e proximal da coxa
Genitofemoral	L1, L2	Motor para os músculos oblíquo interno e transversos do abdome. Pele do escroto nos homens e lábios maiores nas mulheres e da região anterior da coxa inferior à parte média da região inguinal; músculo cremaster nos homens

Nervo obturatório O **nervo obturatório** passa pelo grande forame obturado da pelve, entra no compartimento medial da coxa e inerva o grupo muscular adutor e parte da pele na região superomedial da coxa.

Esses ramos importantes do plexo lombar estão resumidos no Destaque — Inervação do membro inferior (**Figura 14.13**). Os ramos menores do plexo lombar fornecem inervação cutânea a partes da coxa e da nádega (região glútea), além de estruturas do períneo (**Tabela 14.15**).

Plexo sacral e inervação do membro inferior

O **plexo sacral** (**Figura 14.14**, p. 475) surge nos nervos espinhais L4 a S4 e está situado na posição imediatamente caudal ao plexo lombar. Como algumas fibras do plexo lombar contribuem para o plexo sacral via **tronco lombossacral**, os dois plexos costumam ser considerados como *plexo lombossacral*. Dos 12 ramos do plexo sacral, cerca de metade supre a nádega e o membro inferior; os demais inervam partes da pelve e do períneo. Os ramos mais importantes são descritos a seguir e resumidos no Destaque — Inervação do membro inferior (ver Figura 14.13).

Nervo isquiático O **nervo isquiático** é o maior e mais espesso nervo do corpo (Figuras 14.13 e 14.14c). Ele inerva todo o membro inferior, exceto as regiões anterior e medial da coxa. Na realidade, o nervo isquiático consiste em dois nervos — os *nervos tibial e fibular comum* — envolvidos por uma bainha comum. Ele sai da pelve e passa pela grande incisura isquiática, depois segue por baixo do músculo glúteo máximo e entra na coxa, imediatamente medial à articulação do quadril (*isquiático* significa literalmente “do quadril”).

Desse ponto ele desce através da região posterior da coxa para os músculos do jarrete², que ele inerva. Acima da região do joelho, ele ramifica no nervo tibial e no nervo fibular comum.

Nervo tibial O **nervo tibial** (Figuras 14.13 e 14.14c) passa pela fossa poplíteia (a região imediatamente posterior à articulação do joelho, exibida na Figura 11.39, p. 356) e depois desce pela região crural (panturrilha) em profundidade até o músculo sóleo. No tornozelo, ele passa posteriormente ao maléolo medial e se divide nos dois nervos principais da planta do pé, os **nervos plantares** medial e lateral. O nervo tibial e seus ramos suprem quase todos os músculos na região posterior do membro inferior e fornecem inervação cutânea para 1) a pele da planta do pé, através dos nervos plantares, e 2) uma faixa vertical de pele ao longo da região posterior da perna através de um **nervo sural**, para o qual o nervo fibular comum contribui.

Nervo fibular comum O **nervo fibular comum** (Figuras 14.13 e 14.14c), ou *nervo peroneal comum* (*perônio = fíbula*), inerva a maioria das estruturas na região anterolateral da perna. Ele desce lateralmente do seu ponto de origem na fossa poplíteia e entra na parte superior da perna, onde pode ser palpado enquanto contorna o colo da fíbula. Depois ele se divide nos ramos profundo e superficial. O **nervo fibular (peroneal) superficial** supre os músculos fibulares no compartimento lateral da perna e a maior parte da pele na face superior do pé. O **nervo fibular profundo** supre os músculos do compartimento anterior da perna — os extensores que fazem a dorsiflexão do pé.

(O texto continua na p. 475.)

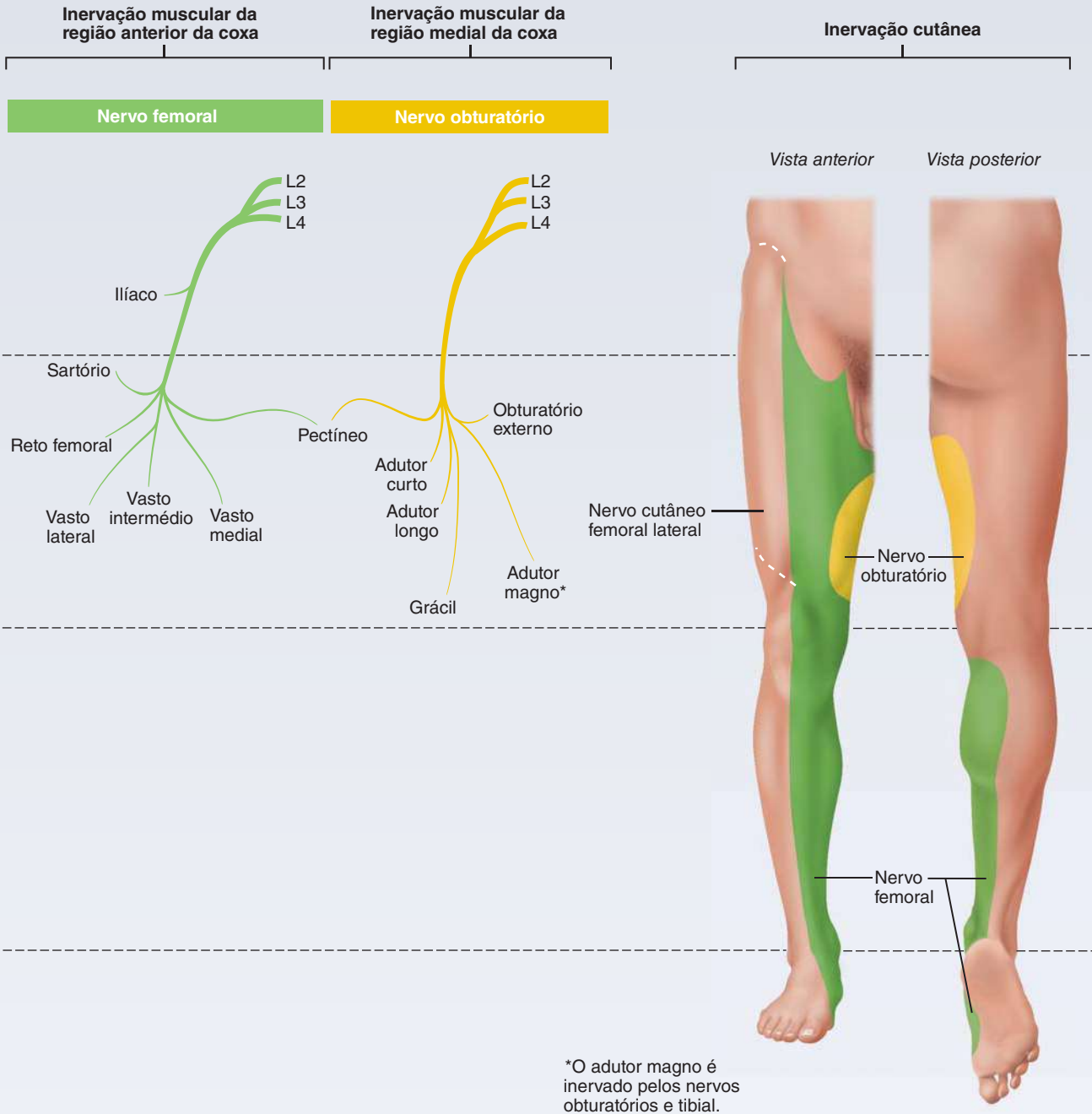
² Nota do revisor técnico: os músculos posteriores da coxa, músculo semitendíneo, músculo semimembranáceo e músculo bíceps femoral, com exceção da cabeça curta do músculo bíceps femoral, que só age na flexão da perna, produzem a extensão da coxa e a flexão da perna. Eles são conhecidos coletivamente como músculos do jarrete, porque se os seus tendões forem cortados, por trás do joelho, este deixa de poder se flexir, impedindo o andar, ficando impotente para dar um passo tal como um indivíduo bem idoso (jarreta).

Destaque

Inervação do membro inferior

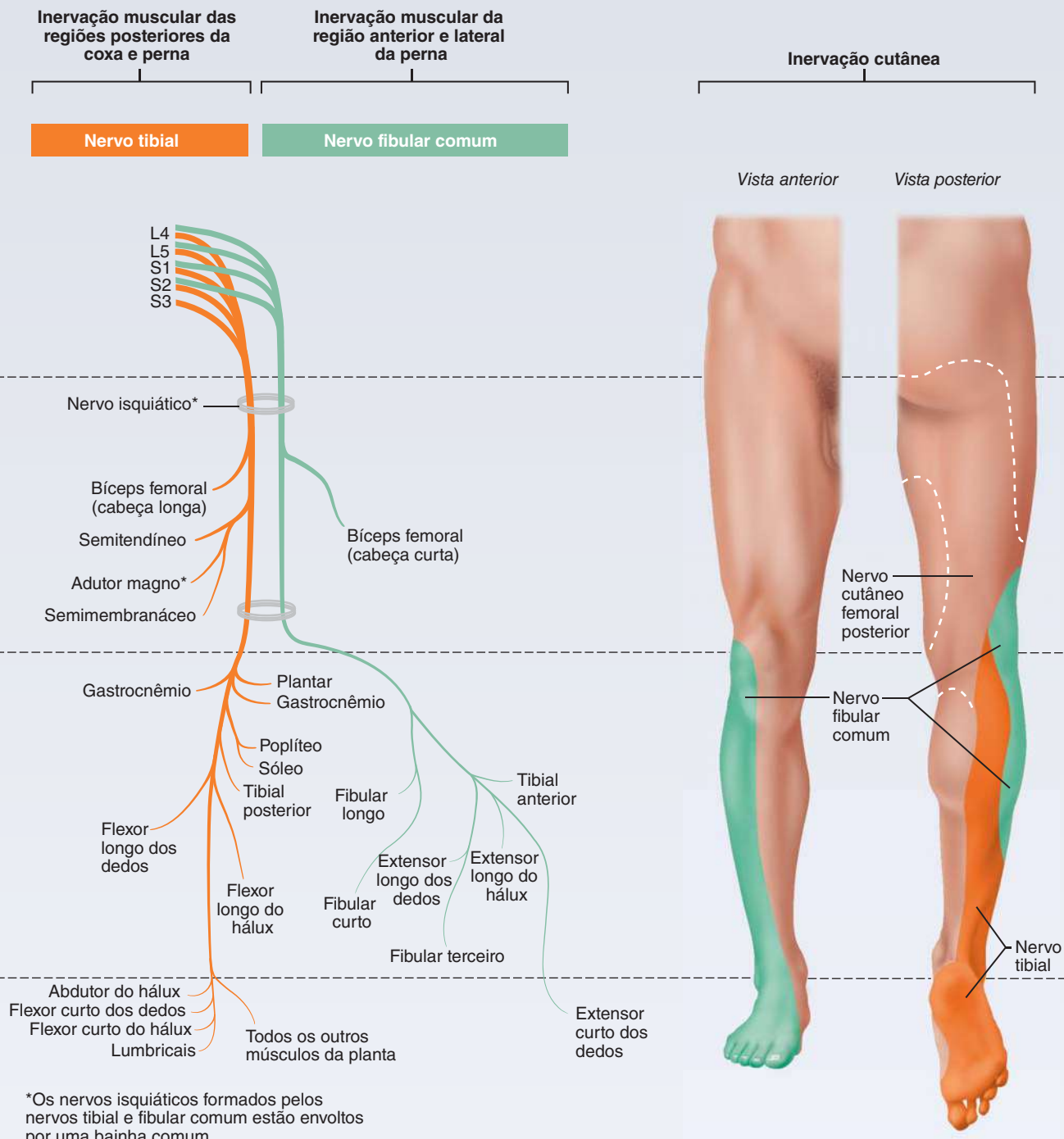
Figura 14.13

Os nervos do plexo lombar inervam os músculos nos compartimentos anterior e medial da coxa e fornecem inervação cutânea para as regiões anterior e medial da coxa e perna.



continuação

Os nervos do **plexo sacral** inervam os músculos no compartimento posterior da coxa e todos os músculos na perna, além de fornecerem inervação cutânea às regiões lateral e posterior da perna e para o pé.



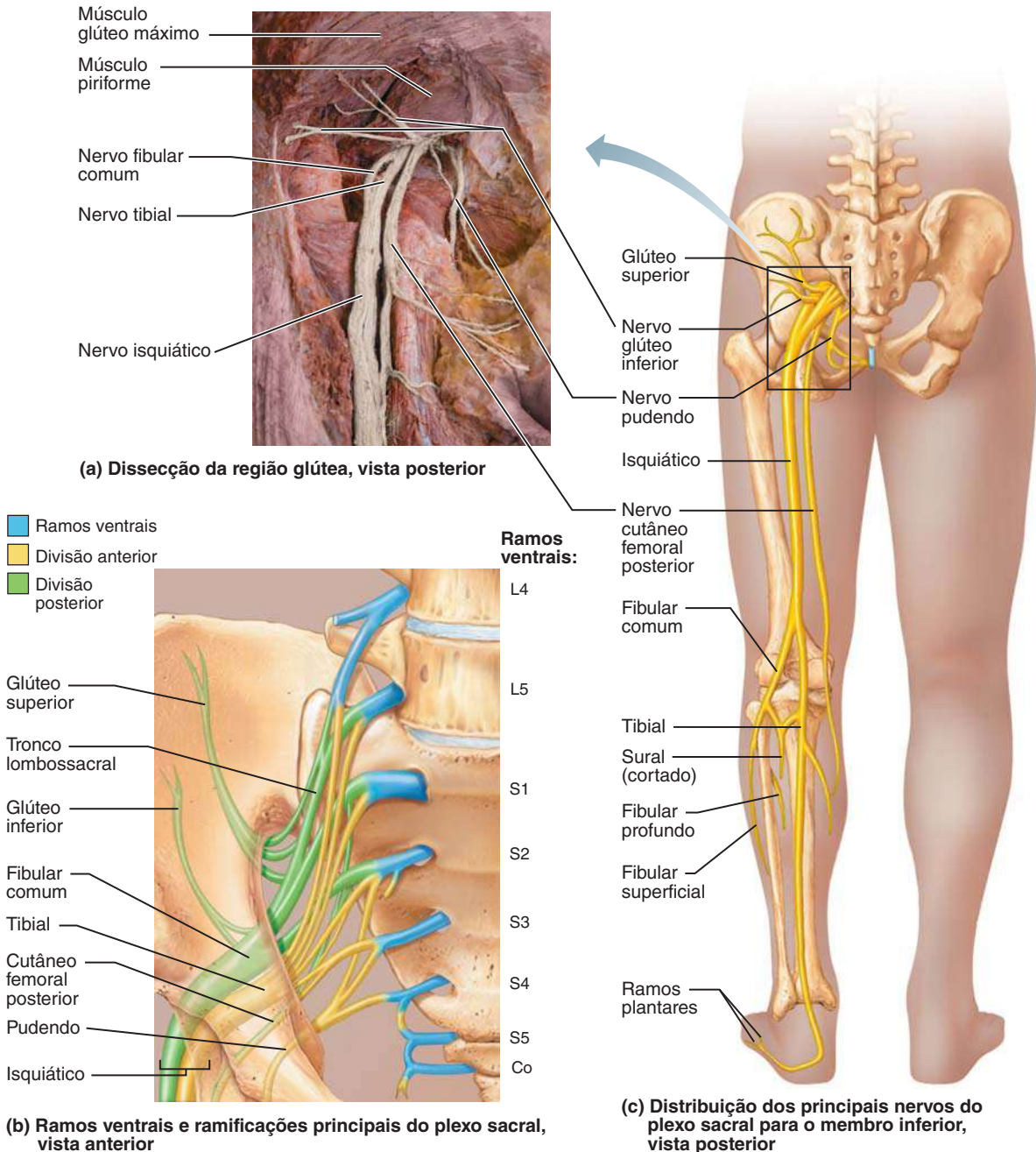


Figura 14.14 Plexo sacral.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Lesões no nervo isquiático O nervo isquiático pode ser lesionado de várias maneiras. A **ciática**, caracterizada por uma dor penetrante ao longo do curso desse nervo, ocorre frequentemente quando um disco lombar herniado pressiona as raízes dorsais sacrais dentro do canal vertebral. Além disso, ferimentos nas nádegas ou na região posterior da coxa podem cortar o nervo isquiático, situação na qual a perna não pode ser flexionada no joelho (porque os músculos do jarrete³ estão paralisados) e o pé não pode ser movido no tornozelo. Quando apenas o nervo tibial é lesionado, os músculos paralisados na panturrilha não conseguem fazer a flexão plantar do pé, resultando em uma marcha com os pés arrastados. Quando o nervo fibular comum é danificado, perde-se a dorsiflexão e o pé cai na flexão plantar, condição esta chamada de **pé caído**. O nervo fibular comum é suscetível à lesão na região superolateral da perna, onde está situado superficialmente e é facilmente esmagado contra o colo da fíbula.

³ Ver nota anterior.

Tabela 14.6 Outros ramos do plexo sacral (Figura 14.13)

Nervos	Ramos ventrais	Estruturas inervadas
Glúteo superior	L4, L5, S1	Ramos motores para os músculos glúteos médio e mínimo e para o tensor da fáscia lata
Glúteo inferior	L5-S2	Ramos motores para o músculo glúteo máximo
Cutâneo femoral posterior	S1-S3	Pele da parte mais inferior da nádega, face posterior da coxa e região poplíteia; tamanho variável; também pode inervar parte da pele da panturrilha e do calcanhar
Pudendo	S2-S4	Supre a maior parte da pele e os músculos do períneo (região que abrange os genitais externos e o ânus, incluindo o clitóris, os lábios e a mucosa da vagina nas mulheres e o escroto e o pênis nos homens); esfíncter externo do ânus

Outros ramos do plexo sacral Com exceção do nervo isquiático, os maiores ramos do plexo sacral são os **nervos glúteos superior e inferior**, que inervam os músculos glúteos (Figura 14.14). Outros ramos do plexo sacral suprem os músculos rotadores laterais da coxa e os músculos do assoalho da pelve e períneo (**Tabela 14.6**). O **nervo pudendo** inerva os músculos e a pele do períneo, ajuda a estimular a ereção e é responsável pela inibição voluntária da defecação e micção (Tabela 11.9, p. 309). Enquanto passa anteriormente para entrar no períneo, o nervo pudendo se situa imediatamente medial ao túber isquiático. O nervo pudendo pode ser bloqueado com anestésico, para ajudar a bloquear a dor no períneo durante o parto ou como preparação para a cirurgia nas regiões anal ou genital. No **bloqueio do nervo pudendo**, a agulha de injeção é inserida na posição imediatamente medial à tuberosidade isquiática.

Inervação das articulações do corpo

Como as lesões nas articulações são comuns, os profissionais de saúde devem saber quais nervos suprem quais articulações sinoviais. Porém, é quase impossível memorizar tanta informação, já que cada articulação recebe ramos sensitivos de vários nervos diferentes.

As diretrizes mais úteis para deduzir quais nervos suprem uma determinada articulação são fornecidas pela **lei de Hilton**: *qualquer nervo que inerva um músculo que produz movimento em uma articulação também inerva a própria articulação (e a pele sobre ela)*. Aplicado à articulação do joelho, por exemplo, o processo de dedução seria o seguinte: como o joelho é atravessado pelos músculos quadríceps, do jarrete e grácil (ver Tabela 11.15, p. 328), e uma vez que os nervos para esses músculos são o femoral, obturatório e ramos do nervo isquiático (ver Figura 14.13), então todos esses nervos também inervam a articulação do joelho.

Inervação da pele: dermatômos

A área de pele inervada pelos ramos cutâneos de um único nervo espinal se chama **dermatômo**, lite-

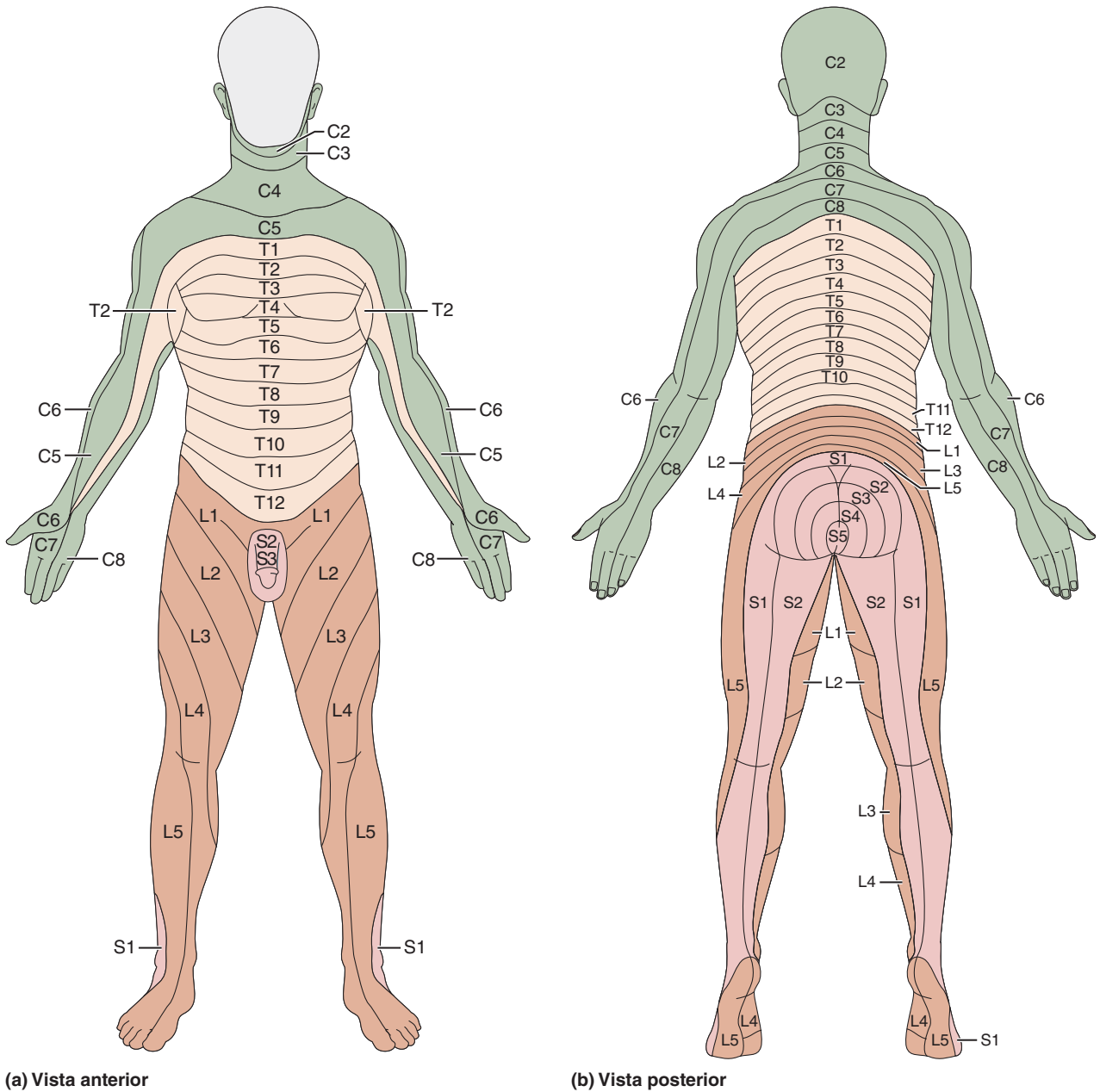
ralmente um “segmento de pele”. Todos os nervos espinais, exceto o C1, participam dos dermatômos. O mapa dos dermatômos (**Figura 14.15**) foi construído pelo registro das áreas de entorpecimento nos pacientes que sofreram lesões em raízes espinais específicas. Na região do *tronco*, os dermatômos são quase horizontais, de largura relativamente uniforme e em linha direta com seus nervos espinais. Porém, nos *membros*, o padrão dos dermatômos é menos direto. No membro superior, a pele é suprida pelos nervos que participam do plexo braquial: os ramos ventrais de C5 a T1 ou T2. No membro inferior, os nervos lombares suprem a maior parte da superfície anterior, enquanto os nervos sacrais suprem a maior parte da superfície posterior. Essa distribuição reflete basicamente as áreas supridas pelos plexos lombar e sacral, respectivamente.

Os dermatômos adjacentes não são demarcados tão claramente quanto um mapa de dermatômos indica. No tronco, os dermatômos vizinhos se sobrepõem completamente em 50%; em consequência, a destruição de um único nervo espinal não produz entorpecimento completo em nenhum lugar. Nos membros, por outro lado, a sobreposição é incompleta: alguns retalhos de pele são inervados apenas por um nervo espinal.

✓ Verifique seu conhecimento

- 15. Nomeie os três nervos que inervam os músculos da coxa e identifique o compartimento muscular inervado por cada um deles.
- 16. Utilizando a lei de Hilton, identifique os nervos que inervam a articulação do cotovelo.
- 17. Explique por que uma hérnia de disco no nível da vértebra lombar L V pode provocar perda de sensibilidade na superfície anterolateral da perna.
- 18. As vesículas do herpes-zóster que cercam o abdome no nível do umbigo indicam infecção viral em qual nervo espinal?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



(a) Vista anterior

(b) Vista posterior

Figura 14.15 Mapa dos dermatômos. Dermatomo é uma área de pele inervada pelas fibras sensitivas de um único nervo espinal (ramos ventral e dorsal). Nos membros, há uma sobreposição considerável entre os dermatômos adjacentes.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Importância clínica dos dermatômos Os clínicos utilizam dermatômos de pelo menos duas maneiras. Primeiro, os dermatômos podem ajudar a localizar o nível das lesões espinais. O entorpecimento em todos os dermatômos abaixo de T1, por exemplo, indica uma lesão na medula espinal. Além disso, como o vírus varicela-zóster que produz o herpes-zóster (ver a próxima seção) reside em um único gânglio da raiz dorsal, uma piora dessa infecção pode produzir vesículas na pele ao longo do curso do dermatomo associado (ver foto). Finalmente, os dermatômos também podem ter aplicações cirúrgicas, já que os agentes anestésicos podem ser injetados em nervos ou raízes espinais específicos para dessensibilizar determinadas regiões da pele durante a cirurgia.



Surto de herpes-zóster ao longo do dermatomo T4.

DISTÚRBIOS DA PARTE PERIFÉRICA DO SISTEMA NERVOSO

Objetivo de aprendizagem:

- explicar as causas e os sintomas do herpes-zóster, enxaquecas e neuropatia periférica.

Esta seção considera dois transtornos que envolvem neurônios sensitivos (herpes-zóster e enxaquecas) e um transtorno que pode afetar tanto a inervação sensitiva quanto a motora (neuropatia periférica). Para obter informações sobre outros transtornos motores selecionados — pólio e síndrome pós-pólio — ver **ANÁLISE APROFUNDADA**.

Herpes-zóster

O **herpes-zóster** é uma infecção viral de varicela-zóster dos neurônios sensitivos que inervam a pele. É caracterizado por uma erupção de vesículas escamosas e doloridas, geralmente confinadas a uma faixa estreita da pele em um lado do tronco, normalmente em um ou vários dermatômos adjacentes (ver “Aplicação clínica: Importância dos dermatômos”). A doença decorre de uma infecção de varicela na infância, durante a qual os vírus são transportados das lesões na pele, através de processos periféricos dos neurônios sensitivos, para os corpos celulares em um gânglio sensitivo. Ali, nos núcleos das células nervosas, os vírus permanecem adormecidos por muitos anos, contidos pelo sistema imune. Quando o sistema imune enfraquece em consequência da idade, estresse ou outra condição médica (infecção de HIV, tratamento de câncer, transplante de órgão), os vírus conseguem se multiplicar e voltar pelos axônios sensitivos até a pele, produzindo a erupção inflamatória do herpes-zóster. As crises duram várias semanas. Em uma minoria dos casos, as crises voltam, separadas por períodos de cicatrização e remissão. O herpes-zóster afeta 1-2 a cada 1.000 pessoas, principalmente acima dos 50 anos de idade. O tratamento consiste em administrar medicamentos analgésicos e, em certas condições, medicamentos antivirais.

Após uma erupção de herpes-zóster, alguns pacientes sofrem **neuralgia pós-herpética**, uma condição que ocorre se o vírus zóster danificar as fibras nervosas e perturbar as vias sensitivas. Os sinais sensitivos da pele são exagerados e até mesmo o toque leve (como o da roupa) ou uma ligeira variação de temperatura (tal como pisar ao ar livre) provoca dor excruciante. Essa condição pode durar meses e pode ser debilitante, já que a dor é grave e imprevisível.

Uma vacina de vírus zóster, similar à vacina de varicela utilizada nas crianças, revelou-se eficaz na redução de 50% na incidência de herpes-zóster nas pessoas acima dos 60 anos de idade em comparação com um grupo-controle.

Enxaquecas

As **enxaquecas** são cefaleias extremamente doloridas e episódicas que afetam 29,5 milhões de norte-americanos.⁴ A causa das enxaquecas foi muito discutida, mas hoje se sabe que está relacionada à inervação sensitiva das artérias cerebrais pelo nervo trigêmeo: um sinal do tronco encefálico faz que as terminações nervosas sensitivas da divisão oftálmica liberem substâncias químicas nas artérias cerebrais que elas inervam, sinalizando essas artérias a dilatarem (alargarem). Essa dilatação comprime e irrita as terminações nervosas sensitivas, provocando a cefaleia. Os triptanos e os medicamentos derivados da ergotamina aliviam as enxaquecas ao restringirem os vasos sanguíneos para o cérebro. Eles podem ser prescritos, além dos analgésicos de venda livre, como o acetaminofeno ou o naproxeno.

Neuropatia periférica

A **neuropatia periférica** se refere a qualquer condição patológica dos nervos periféricos que perturba a função nervosa. Se um nervo for afetado, a condição se chama *mononeuropatia*; se vários nervos forem afetados, chama-se *polineuropatia*. Os sintomas de uma neuropatia podem variar de acordo com as fibras nervosas afetadas. Os sintomas de envolvimento nervoso sensitivo incluem parestesia, dor grave, queimação ou perda de sensação. Se as fibras motoras forem afetadas, ocorre fraqueza muscular e paralisia. As neuropatias periféricas podem ser provocadas por trauma nos nervos ou por lesões de uso repetitivo que comprimem os nervos. Muitos transtornos sistêmicos (diabetes, transtornos autoimunes, HIV, deficiência de vitamina B e alcoolismo) também podem causar neuropatia periférica. Na verdade, 70% de todos os diabéticos têm alguma disfunção nervosa. O tratamento da neuropatia periférica é voltado para tratar a causa da disfunção nervosa e aliviar os sintomas, sobretudo a dor.

A PARTE PERIFÉRICA DO SISTEMA NERVOSO AO LONGO DA VIDA

Objetivo de aprendizagem:

- relacionar o desenvolvimento do SNP com o padrão segmentário básico do tubo externo no corpo humano.

Os nervos espinais começam a se formar no final da quarta semana de desenvolvimento. Os axônios motores crescem a partir da medula espinal primordial, enquanto os axônios periféricos crescem a partir da crista neural dos gânglios da raiz dorsal (ver Figura 12.16, p. 383). Os feixes desses axônios motores e sensitivos saem por entre as sucessivas vértebras em desenvolvimento, onde

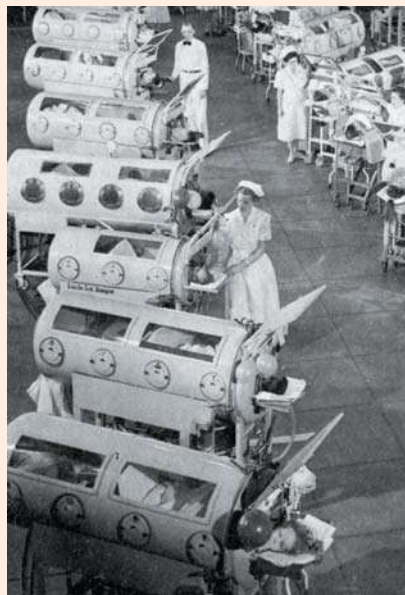
⁴ Nota do editor: segundo a Sociedade Brasileira de Cefaleia, 15% da população brasileira sofre de enxaqueca.

Síndrome pós-pólio: o drama de algumas vítimas que se “recuperaram” da pólio

A poliomielite, ou paralisia infantil, era a doença infecciosa mais temida nos Estados Unidos na primeira metade do século XX.⁵

A pólio é provocada por um vírus propagado mais frequentemente via contaminação fecal ou através de gotículas respiratórias ou saliva. Ele entra pela boca, multiplica-se no intestino e depois segue para os neurônios motores. Os sintomas iniciais lembram os da gripe, incluindo febre, cefaleia e rigidez do pescoço e das costas, mas cerca de 10% dos casos evoluem, destruindo alguns neurônios motores da medula espinal ou do cérebro. O resultado é a perda das funções motoras de certos nervos e a paralisia dos músculos (incluindo os músculos respiratórios; ver a foto de suas vítimas nos pulmões de aço).

Felizmente, apenas cerca de 3% das pessoas que contraíram pólio ficaram paralisadas permanentemente; o restante recuperou total ou parcialmente o uso de seus músculos. A epidemia foi contida em meados dos anos 1950 com o desenvolvimento das vacinas Salk e Sabin para a pólio. Através da vacinação agressiva, a pólio foi eliminada do hemisfério ocidental em 1991 e, desde então, os esforços de erradicação global têm sido muito bem-sucedidos. A partir de 2012, a pólio é endêmica em apenas três



Os pulmões de aço proporcionam uma respiração assistida aos pacientes de pólio com paralisia dos músculos da respiração. Após várias semanas em um pulmão de aço, muitos pacientes recuperam a capacidade de respirar sem o auxílio de aparelhos.

países: Afeganistão, Paquistão e Nigéria.

Embora a epidemia devastadora pareça uma coisa do passado, muitos sobreviventes desenvolveram novos sintomas aproximadamente 30 anos depois da recuperação: letargia, sensibilidade ao frio; dores agudas de queimação nos músculos

e articulações e fraqueza e perda de massa nos músculos que antes haviam se recuperado. Esse grupo de sintomas se chama *síndrome pós-pólio* (SPP).

A causa da SPP é desconhecida. A maioria das evidências indica que os sobreviventes da pólio, como todas as pessoas, perderão neurônios por toda a vida. Partes do sistema nervoso não prejudicadas podem recrutar neurônios vizinhos para compensar essas perdas; no entanto, os sobreviventes da pólio já perderam muitos neurônios motores. À medida que as vítimas se recuperaram, dos neurônios motores saudáveis restantes brotaram ramos que cresceram e reinervaram fibras musculares que haviam perdido sua inervação motora. Isso resultou em unidades motoras maiores. A degeneração dessas unidades motoras maiores resultou na volta da fraqueza muscular e da fadiga.

Felizmente, a SPP evolui lentamente e não é fatal. Suas vítimas são aconselhadas a conservar energia descansando mais e utilizando bengalas, andadores e aparelhos para suportar sua perda muscular. Além disso, muitos portadores da SPP são afetados emocionalmente — cruelmente surpreendidos pela volta de um inimigo antigo e furioso, já que não existe remédio.

convergem e formam os primeiros nervos espinais. Cada um dos 31 nervos espinais envia fibras motoras para um único miótomo e fibras sensitivas para a faixa de pele sobrejacente. Os nervos cranianos crescem e inervam a cabeça de maneira aproximadamente comparável. Alguns de seus neurônios sensitivos — os de alguns sentidos especiais — se desenvolvem a partir dos espessamentos

placoides do ectoderma da cabeça chamados **placoides ectodérmicos** (“parecidos com placas”); outros se desenvolvem a partir da crista neural.

Durante a 5ª semana de desenvolvimento, os nervos chegam aos órgãos que inervam. Pouco tempo depois, alguns dos músculos embrionários migram para novos locais e alguns dermatômos da pele são deslocados à

⁵ Nota do editor: até a década de 1980, havia alta incidência do vírus no Brasil. Com a realização de fortes campanhas de vacinação contra a poliomielite, em 1994 a doença foi erradicada.

medida que são puxados junto dos membros enquanto crescem. Embora possam migrar por distâncias consideráveis, esses músculos e áreas da pele sempre retêm seu suprimento nervoso original.

No SNP, os receptores sensitivos atrofiam até certo ponto com a idade, e o tônus nos músculos da face e pescoço diminui. Os reflexos desaceleram um pouco com a idade, mas essa mudança parece refletir mais uma desaceleração do processamento central do que mudanças nas fibras nervosas periféricas.



TERMOS CLÍNICOS

Asa escapular Condição na qual a margem medial da escápula se projeta posteriormente, em decorrência da paralisia do músculo serrátil anterior. A causa definitiva é o dano ao nervo torácico longo que supre o serrátil anterior. Um sinal diagnóstico dessa lesão é a dificuldade para flexionar ou abduzir o braço acima da horizontal.

Lesões nervosas Os termos a seguir descrevem várias lesões apresentadas neste capítulo em ordem crescente de gravidade: (1) *Neuropraxia* é a perda temporária e incompleta da função nervosa, resultante da pressão e da isquemia subsequente; apenas a mielina é gravemente prejudicada e ela se regenera de

✓ Verifique seu conhecimento

- 19. Utilize o seu conhecimento sobre as raízes das palavras para definir estes termos: (a) neuralgia, (b) parestesia, (c) neuropatia.
- 20. A síndrome pós-pólio resulta de um vírus da pólio adormecido que se torna ativo novamente?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

modo que a função retorna em algumas semanas. (2) *Axonotmese* é uma lesão que causa quebras nos axônios, mas o epineuro circundante permanece intacto; a retomada do crescimento axonal avança em uma taxa de 1 cm, aproximadamente, por semana. (3) Na *neurotmese*, o nervo inteiro é cortado. A reconexão cirúrgica é necessária para que ocorra a regeneração.

Neuralgia (*algia* = dor) Dor aguda e espasmódica ao longo do curso de um ou mais nervos, provocada geralmente por inflamação ou lesão aos nervos.

Neurite Inflamação de um nervo. Existem muitas formas diferentes de neurite, com efeitos diferentes, incluindo maior ou menor sensibilidade nervosa, paralisia da estrutura atendida pelo nervo e dor.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

ORGANIZAÇÃO DO SNP (p. 444)

1. O SNP consiste em receptores sensitivos, terminações motoras que inervam os órgãos efetores e gânglios. A maioria dos nervos contém fibras sensitivas e motoras (nervos mistos), mas alguns são puramente sensitivos ou puramente motores.

RECEPTORES SENSITIVOS PERIFÉRICOS (p. 445-449)

2. Os receptores sensitivos monitoram estímulos (mudanças ambientais) do interior e do exterior do corpo. Os receptores espalhados para os sentidos gerais tendem a ser terminações nervosas livres de neurônios sensitivos, enquanto os receptores localizados para os sentidos especiais tendem a ser células receptoras distintas.

Classificação funcional (p. 445)

3. Os receptores são classificados, de acordo com a localização, como exteroceptores para estímulos externos, interoceptores para estímulos internos nas vísceras e proprioceptores para medir o estiramento dos músculos e dos componentes do esqueleto.

4. Os receptores são classificados, de acordo com os estímulos detectados, como mecanorreceptores, termorreceptores, quimiorreceptores, fotorreceptores e nociceptores.

Classificação estrutural (p. 445-449)

5. As terminações nervosas dos neurônios sensitivos monitoram as informações sensitivas gerais. Estruturalmente, elas são: (1) terminações nervosas livres ou (2) terminações nervosas encapsuladas. As terminações livres são basicamente receptoras de dor e temperatura, embora duas sejam para o tato leve: os complexos táteis epiteliais (discos de Merkel) e os receptores de folículo piloso. As terminações encapsuladas são mecanorreceptores: elas incluem corpúsculos táteis (de Meissner) (tato discriminativo), corpúsculos lamelares (de Vater-Paccini) e corpúsculos bulbosos (terminações de Ruffini, pressão profunda) e a maioria dos proprioceptores.
6. Os proprioceptores incluem fusos musculares, corpúsculos tendíneos (órgãos tendíneos de Golgi) e receptores cinestésicos articulares. Os fusos musculares são pequenos sacos de fibras musculares (fibras intrafusais) inervados por terminações nervosas sensitivas dentro dos músculos esqueléticos do corpo. Eles monitoram o tamanho do músculo medindo o seu estiramento.
7. Os corpúsculos tendíneos são terminações nervosas encapsuladas e incorporadas nos tendões musculares. Eles monitoram a tensão gerada nos tendões durante a contração muscular. Os receptores cinestésicos articulares ocor-

rem nas cápsulas articulares. Alguns receptores articulares medem a tensão aplicada na articulação (corpúsculos lamelares e corpúsculos bulbosos). As terminações nervosas livres nas articulações são receptoras de dor.

NERVOS CRANIANOS (p. 449-460)

8. Doze pares de nervos cranianos originam-se no encéfalo e se projetam através do crânio para inervar a cabeça e o pescoço. Apenas o nervo vago se estende até as cavidades torácica e abdominal.
9. Os nervos cranianos são:
 - I. Nervo olfatório: puramente sensitivo; relativos ao olfato; conectam-se ao bulbo olfatório do cérebro.
 - II. Nervo óptico: puramente sensitivo; transmite impulsos visuais da retina para o tálamo.
 - III. Nervo oculomotor: principalmente motor; emerge do mesencéfalo e supre quatro músculos extrínsecos que movimentam o olho e alguns músculos lisos dentro do olho; também transmite impulsos proprioceptivos dos músculos esqueléticos supridos.
 - IV. Nervo troclear: principalmente motor; emerge da região dorsal do mesencéfalo e transmite impulsos motores e proprioceptivos de/para o músculo oblíquo superior do olho.
 - V. Nervo trigêmeo contém fibras sensitivas e motoras; emerge da ponte; o principal nervo sensitivo geral da face, cavidade nasal e boca; três divisões: oftálmica, maxilar e mandibular; o ramo mandibular contém fibras motoras que inervam os músculos da mastigação.
 - VI. Nervo abducente: principalmente motor; emerge da ponte e fornece inervação motora e proprioceptiva para o músculo reto lateral dos olhos.
 - VII. Nervo facial: contém fibras sensitivas e motoras; emerge da ponte; nervo motor para os músculos da expressão facial, glândulas salivares sublingual e submandibular e glândula lacrimal; também transmite impulsos sensitivos dos cálculos gustatórios dos dois terços anteriores da língua.
 - VIII. Nervo vestibulococlear, principalmente sensitivo, penetra no encéfalo na transição ponte-bulbo; transmite impulsos dos receptores de audição e equilíbrio da orelha interna.
 - IX. Nervo glossofaríngeo contém fibras sensitivas e motoras; sai do bulbo; transmite impulsos sensitivos da parte posterior da língua (incluindo o paladar) e da faringe; inerva o músculo estilofaríngeo e a glândula parótida.
 - X. Nervo vago contém fibras sensitivas e motoras; surge do bulbo; a maior parte de suas fibras motoras é autônoma; leva fibras motoras e traz fibras sensitivas para a faringe, laringe e órgãos viscerais do tórax e do abdome.
 - XI. Nervo acessório, principalmente motor, surge da medula espinal cervical; supre o trapézio e o esternocleidomastóideo.
 - XII. Nervo hipoglosso, principalmente motor, surge do bulbo; fornece inervação motora para os músculos da língua.

10. Os nervos cranianos podem ser agrupados de acordo com a função. Alguns são *sensitivos*, contendo fibras sensitivas somáticas especiais (I, II, VIII); alguns são principalmente *motores*, contendo fibras motoras somáticas (III, IV, VI, XI e XII); e alguns são *mistos*, contendo fibras sensitivas e motoras (V, VII, IX, X).

NERVOS ESPINAIS (p. 461-477)

11. Os 31 pares de nervos espinais são numerados de acordo com a região da coluna vertebral da qual saem: cervicais, torácicos, lombares, sacrais e coccígeo. Existem 8 nervos espinais cervicais, 12 torácicos, 5 lombares, 5 sacrais e 1 coccígeo.
12. Cada nervo espinal se forma a partir da união de uma raiz sensitiva dorsal com uma raiz motora ventral em um forame intervertebral. Em cada raiz dorsal há um gânglio da raiz dorsal contendo os corpos celulares dos neurônios sensitivos. Os ramos de cada nervo espinal são os ramos dorsal e ventral (ramos somáticos) e os ramos comunicantes (ramos viscerais).
13. Os ramos dorsais suprem os músculos e a pele da região posterior do tronco, enquanto os ramos ventrais suprem os músculos e a pele do tronco lateral e anterior. Os ramos ventrais também suprem os membros.
14. Os músculos intrínsecos do dorso e a pele sobrejacente, do pescoço ao sacro, são inervados pelos ramos dorsais em um padrão impecavelmente segmentado.
15. As paredes anterior e lateral do tórax (e o abdome) são inervadas pelos ramos ventrais torácicos — os nervos intercostais e subcostais segmentados. Os ramos ventrais torácicos não formam plexos nervosos.
16. Os principais plexos nervosos são redes de ramos ventrais sucessivos que misturam fibras. Eles inervam principalmente os membros.
17. O plexo cervical (C1-C4) inerva os músculos e a pele do pescoço e do ombro. Seu nervo frênico (C3-C5) supre o diafragma.
18. O plexo braquial supre o membro superior, incluindo os músculos do cingulo do membro superior. Ele surge principalmente de C5-T1. De proximal a distal, o plexo braquial consiste em “raízes” (ramos ventrais), troncos, divisões e fascículos.
19. Os nervos principais que surgem do plexo braquial são o musculocutâneo (para os flexores do braço), o mediano (para os músculos da região anterior do antebraço e a parte medial da mão), o axilar (para os músculos deltoide e redondo menor) e o radial (para a parte posterior do membro superior).
20. O plexo lombar (L1-L4) inerva os músculos anteriores e mediais da coxa, através dos nervos femoral e obturatório, respectivamente. O nervo femoral também inerva a pele na parte anterior da coxa e a parte medial da perna.
21. O plexo sacral (L4-S4) inerva os músculos e a pele da parte posterior da coxa e quase toda a perna. Seu ramo principal é o grande nervo isquiático, que consiste no nervo tibial (a maior parte dos músculos do jarrete e todos os músculos das regiões sural e plantar, e o nervo fibular comum (para os músculos das partes anterior e lateral da perna e para a pele sobrejacente). Outros ramos do plexo sacral suprem os músculos posteriores e laterais do cingulo do membro inferior (como os músculos glúteos) e do períneo (nervo pudendo).

22. Os nervos sensitivos para uma articulação são ramos dos nervos que inervam os músculos que cruzam essa articulação (lei de Hilton).
23. Dermátomo é um segmento de pele inervado por fibras sensitivas de um único nervo espinal. Dermátomos adjacentes se sobrepõem em algum grau, mais no tronco do que nos membros. A perda de sensibilidade em dermátomos específicos revela locais de dano aos nervos espinais ou à medula espinal.

DISTÚRBIOS DA PARTE PERIFÉRICA DO SISTEMA NERVOSO (p. 478)

Herpes-zóster (p. 478)

24. O herpes-zóster é um transtorno doloroso nas fibras nervosas sensitivas, provocado pelo vírus varicela-zóster (o vírus que causa a catapora). A reativação do vírus infantil provoca vesículas dolorosas ao longo do dermátomo do nervo espinal infectado.

Enxaquecas (p. 478)

25. As enxaquecas são cefaleias extremamente dolorosas, prolongadas e episódicas. Elas são provocadas pela inervação sensitiva para as artérias cerebrais que causa vasodilatação, a qual comprime as terminações nervosas sensitivas.

Neuropatia periférica (p. 478)

26. Neuropatia periférica é qualquer condição patológica dos nervos periféricos que perturba a função nervosa. O trauma ou os transtornos sistêmicos podem provocar neuropatia sensitiva ou motora.

A PARTE PERIFÉRICA DO SISTEMA NERVOSO AO LONGO DA VIDA (p. 478-480)

27. Durante o desenvolvimento embrionário, cada nervo espinal cresce entre as vértebras recém-formadas e fornece inervação motora para um miótomo adjacente (futuro tronco muscular) e inervação sensitiva para a região de pele adjacente (dermátomo).

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Os proprioceptores incluem todos os seguintes, exceto (a) fusos musculares, (b) órgãos tendíneos, (c) complexos táteis epiteliais, (d) corpúsculos lamelares nas cápsulas articulares.
- Os grandes receptores de pressão, com um formato parecido a uma cebola, no tecido conjuntivo são (a) complexos táteis epiteliais, (b) corpúsculos lamelares, (c) terminações nervosas livres, (d) corpúsculos bulbosos.
- Escolha o tipo certo de receptor na coluna B para cada descrição fornecida na coluna A.

Coluna A

- ___(1) receptores de dor, prurido e temperatura
- ___(2) contêm fibras intrafusais e terminações em forma de ramalhete
- ___(3) receptores de tato discriminativo na pele sem pelos (pontas dos dedos)
- ___(4) contêm terminações nervosas enroladas em volta de espessos feixes de colágeno em um tendão
- ___(5) mecanorreceptores de pressão profunda com adaptação rápida
- ___(6) mecanorreceptores de pressão profunda com adaptação lenta

Coluna B

- (a) corpúsculos bulbosos
- (b) órgãos tendíneos
- (c) fusos musculares
- (d) terminações nervosas livres
- (e) corpúsculos lamelares
- (f) corpúsculos táteis

4. Escolha os nervos cranianos corretos para cada descrição a seguir:

Chave:

- (a) abducente (g) olfatório
- (b) acessório (h) óptico
- (c) facial (i) trigêmeo
- (d) glossofaríngeo (j) vestibulococlear
- (e) hipoglosso (k) vago
- (f) oculomotor (l) troclear

- ___(1) inerva quatro músculos extrínsecos do olho
- ___(2) é o principal nervo sensitivo da face
- ___(3) inerva o músculo esternocleidomastóideo e o trapézio
- ___(4) são principalmente ou exclusivamente sensitivas (três nervos)
- ___(5) inerva os músculos da língua
- ___(6) permite a mastigação do alimento
- ___(7) é anestesiado durante a prática odontológica
- ___(8) ajuda a regular a atividade cardíaca
- ___(9) inervação sensitiva para audição e equilíbrio
- ___(10) contêm fibras motoras parassimpáticas (quatro nervos)
- ___(11) inerva os músculos da face (expressão facial)

5. Para cada um dos seguintes músculos ou das seguintes regiões do corpo, identifique o plexo e o nervo periférico (ou ramo de um deles) envolvido. Utilize uma opção da Chave A seguida por uma opção da Chave B.

Chave A: Plexos

- (a) Braquial
- (b) Cervical
- (c) Lombar
- (d) Sacral

Chave B: Nervos

- (1) Fibular comum
- (2) Femoral
- (3) Mediano
- (4) Musculocutâneo
- (5) Obturatório
- (6) Frênico
- (7) Radial
- (8) Tibial
- (9) Ulnar

Estrutura inervada

- ___, ___ (1) o diafragma
 - ___, ___ (2) músculos dos compartimentos posteriores da coxa e da perna
 - ___, ___ (3) músculos do compartimento anterior da coxa
 - ___, ___ (4) músculos do compartimento medial da coxa
 - ___, ___ (5) músculos da parte anterior do braço que flexionam o antebraço
 - ___, ___ (6) músculos que flexionam o punho e os dedos (dois nervos)
 - ___, ___ (7) músculos que estendem o punho e os dedos
 - ___, ___ (8) pele e músculos extensores da parte posterior do braço
 - ___, ___ (9) músculos fibulares, tibial anterior e extensores dos dedos dos pés
6. Qual dos seguintes contém apenas fibras motoras? (a) raiz dorsal, (b) ramo dorsal, (c) raiz ventral, (d) ramo ventral.
 7. O nervo trigêmeo contém quais classes de fibras nervosas? (a) apenas sensitivas somáticas, (b) motoras somáticas e proprioceptoras, (c) sensitivas gerais e motoras somáticas.
 8. Enquanto *bronquial* se refere às vias aéreas nos pulmões, *braquial* se refere (a) às costas, (b) à faringe, (c) ao braço, (d) à coxa.
 9. Quais nervos cranianos contêm axônios motores somáticos para os músculos do arco faríngeo (ver p. 451)? (a) I, II, VII; (b) V, VII, IX, X; (c) III, IV, VI, XI, XII.
 10. Quais dos seguintes componentes ocorrem em todos os nervos cranianos mistos V, VII, IX e X? Escolha tantos quantos se aplicarem: (a) sensitivo somático geral; (b) sensitivo somático especial; (c) sensitivo visceral geral; (d) sensitivo visceral especial (paladar); (e) motor somático para os músculos do arco faríngeo.

Dissertativas

11. Nos receptores sensitivos chamados “terminações nervosas encapsuladas”, de que a “cápsula” é feita?
12. (a) Descreva as raízes e a composição de um nervo espinal. (b) Existem raízes dorsal e ventral no SNC ou no SNP? (c) Nomeie os ramos de um nervo espinal (que não sejam os ramos comunicantes) e identifique qual região básica do corpo cada um deles abastece.
13. (a) Defina plexo nervoso. (b) Nomeie os nervos espinais de origem dos quatro grandes plexos nervosos e nomeie as regiões gerais do corpo atendidas por cada plexo.

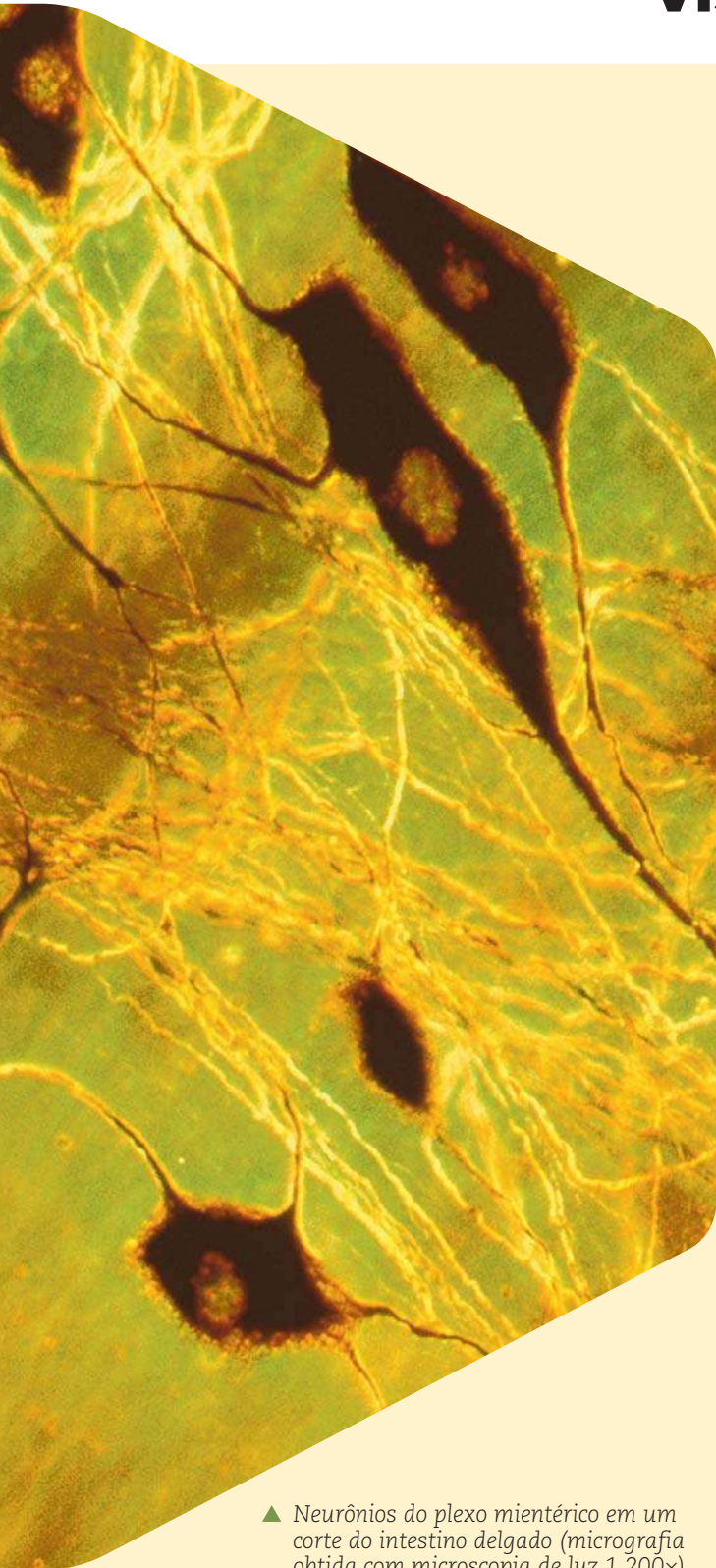
14. No plexo braquial, quais ramos específicos compõem cada um dos três troncos?
15. Adriano e Alan, dois alunos de anatomia, estavam discutindo sobre o nervo facial. Adriano disse que ele inerva toda a pele da face e que se chama nervo facial por esse motivo. Alan afirmou que o nervo facial não inerva toda a pele da face. Quem estava com a razão?
16. Escolha a resposta correta e explique por que está correta. Através de qual par de forames intervertebrais os nervos espinais L5 saem do canal vertebral? (a) furos no sacro, (b) logo acima da vértebra L V, (c) logo acima de S I, (d) logo abaixo de S IV.
17. Existem 40 raízes na cauda equina. A quais nervos espinais elas pertencem? (Ver p. 422 e 423.)

Análise crítica e aplicação clínica

1. Rogério, quando estava caindo de uma escada, alcançou e agarrou um galho de árvore com a sua mão. Porém, estirou excessivamente o membro superior, que ficou fraco e entorpecido. Qual estrutura nervosa importante ele lesionou?
2. Flávia, uma senhora de cerca de 70 anos, tinha problemas de mastigação. Quando lhe pediram para esticar sua língua ela desviou para a direita e a sua metade direita estava bem atrofiada. Qual nervo foi lesionado?
3. Tiago é um veterano de guerra que foi atingido nas costas por pequenos estilhaços de granada de shrapnel (cujo nome se deve ao seu inventor, o britânico Henry Shrapnel). Sua pele é entorpecida no centro das suas nádegas e ao longo de todo o lado posterior de um membro inferior, mas não há problema motor. Indique qual das seguintes opções é o local mais provável de sua lesão nervosa e explique a sua escolha: (a) algumas raízes dorsais da cauda equina, (b) transecção da medula espinal em C6, (c) transecção da medula espinal em L5, (d) nervo femoral transecionado na região lombar.
4. Um zagueiro sofreu laceração dos meniscos do joelho direito quando foi golpeado de lado. A mesma colisão esmagou seu nervo fibular comum contra o colo de sua fíbula direita. Quais problemas de locomoção ele pode sofrer em consequência dessa lesão nervosa?
5. Em um paciente que desenvolveu síndrome do túnel do carpo, a lesão nervosa começou como uma neuropraxia e depois se transformou em axonotmese. 1) Relembre qual nervo é afetado na síndrome do túnel do carpo (ver Capítulo 8, p. 202). 2) Explique os termos *neuropraxia* e *axonotmese*. 3) Descreva as perdas sensitivas e motoras sofridas. 4) Estime quanto tempo levará a recuperação total dessa lesão nervosa. (Ver “Termos clínicos”.)
6. Utilizando a lei de Hilton, 1) deduza quais são os quatro nervos que enviam ramos para inervar a cápsula da articulação do cotovelo e 2) identifique os nervos que suprem a articulação do quadril.
7. Após sofrer uma fratura de úmero, um paciente se tornou incapaz de estender seu punho e queixou-se de parestesia no dorso da mão. Qual nervo deve ter sido lesionado na fratura umeral?
8. Mencione todos os nervos que suprem a língua.

Divisão autônoma do sistema nervoso e neurônios sensitivos viscerais

15



Visão geral da divisão autônoma do sistema nervoso 485

Comparação dos sistemas motores somático e autônomo 485

Partes da divisão autônoma do sistema nervoso 487

Parte parassimpática 489

Eferência craniana 489

Eferência sacral 490

Parte simpática 493

Organização básica 493

Vias simpáticas 494

O papel da medula suprarrenal na parte simpática 497

Neurônios sensitivos viscerais 498

Reflexos viscerais 499

Controle central da divisão autônoma do sistema nervoso 500

Controle pelo tronco encefálico e pela medula espinal 500

Controle pelo hipotálamo e pelo corpo amigdalóide 501

Controle pelo córtex cerebral 501

Transtornos da divisão autônoma do sistema nervoso 501

A divisão autônoma do sistema nervoso ao longo da vida 502

▲ Neurônios do plexo mientérico em um corte do intestino delgado (micrografia obtida com microscopia de luz 1.200×).

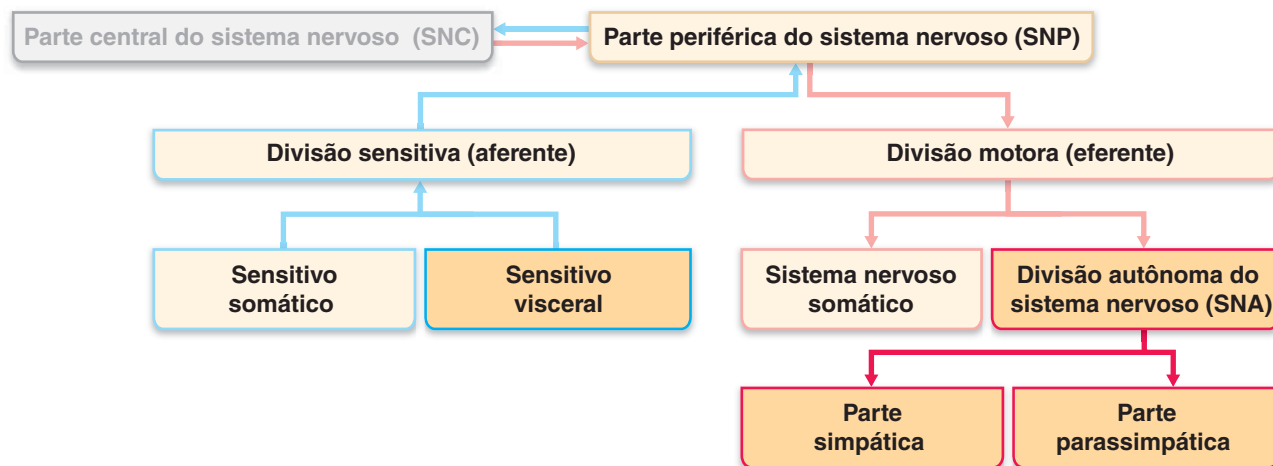


Figura 15.1 Lugar da divisão autônoma do sistema nervoso (SNA) e dos componentes sensitivos viscerais na organização estrutural do sistema nervoso.

Considere as seguintes situações. (1) Você acorda no meio da noite após ter jantado em um restaurante onde a comida estava com um gosto estranho e percebe que seu estômago não aceita o alimento. (2) Alguns dias depois, após beber muito café, você pega o carro para ir à faculdade e, enquanto está dirigindo, sente que sua bexiga apresenta contrações desconfortáveis. (3) Momentos mais tarde, nesse mesmo dia, seu professor lhe faz uma pergunta difícil na frente da turma e você tenta esconder de todos que está suando — mas o suor desce pelo seu rosto mesmo assim. Todos esses são exemplos de funções motoras viscerais que não são facilmente controladas pela vontade consciente e que às vezes parecem ter “vontade própria”. Essas funções são realizadas pela **divisão autônoma do sistema nervoso**¹ (SNA), um sistema motor que trabalha com relativa independência.

VISÃO GERAL DA DIVISÃO AUTÔNOMA DO SISTEMA NERVOSO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ definir a divisão autônoma do sistema nervoso (SNA) e explicar sua relação com a parte periférica do sistema nervoso como um todo;
- ▶ comparar neurônios autônomos com neurônios motores somáticos;
- ▶ descrever as diferenças básicas entre as partes parassimpática e simpática do SNA.

O SNA é o sistema de neurônios motores que inervam a musculatura lisa, o músculo cardíaco e as glândulas do corpo. Ao controlar esses efetores, o SNA regula as funções viscerais, tais como a frequência cardíaca, a pressão arterial, a digestão e a micção, que são essenciais para manter a estabilidade do ambiente interno

do corpo. O SNA é a *divisão motora visceral geral* da parte periférica do sistema nervoso, sendo diferente da *divisão motora somática geral*, que inerva os músculos esqueléticos (Figura 15.1).

Embora este capítulo se concentre nas funções autônomas (motoras viscerais gerais), ele também considera os **sentidos viscerais gerais**. O sistema sensitivo visceral geral monitora continuamente as atividades dos órgãos viscerais para que os neurônios motores autônomos possam fazer ajustes, conforme a necessidade, que garantam desempenho ideal das funções viscerais.

Um terceiro componente da inervação nervosa, o *sistema nervoso entérico*, também inerva a musculatura lisa e as glândulas, especificamente no trato digestório. O sistema nervoso entérico regula a atividade do trato digestório e funciona de modo completamente independente do SNC. Os neurônios autônomos para o trato digestório podem influenciar os neurônios entéricos, estimulando ou inibindo sua atividade. Essa influência do SNA age como um “controle de volume” em vez de uma chave “liga/desliga”. Os detalhes do sistema nervoso entérico e sua interação com o SNA são descritos com a inervação do sistema digestório (Capítulo 23).

Antes de descrever o SNA, vamos fazer uma revisão de dois termos: sinapse e gânglio. Uma *sinapse* é uma junção entre dois neurônios que transmitem a mensagem de um neurônio, chamado *neurônio pré-sináptico*, para outro neurônio, o *pós-sináptico*. Um *gânglio* é um agrupamento de corpos celulares neuronais no SNP (você também pode ver no Capítulo 12 uma revisão desses termos).

Comparação dos sistemas motores somático e autônomo

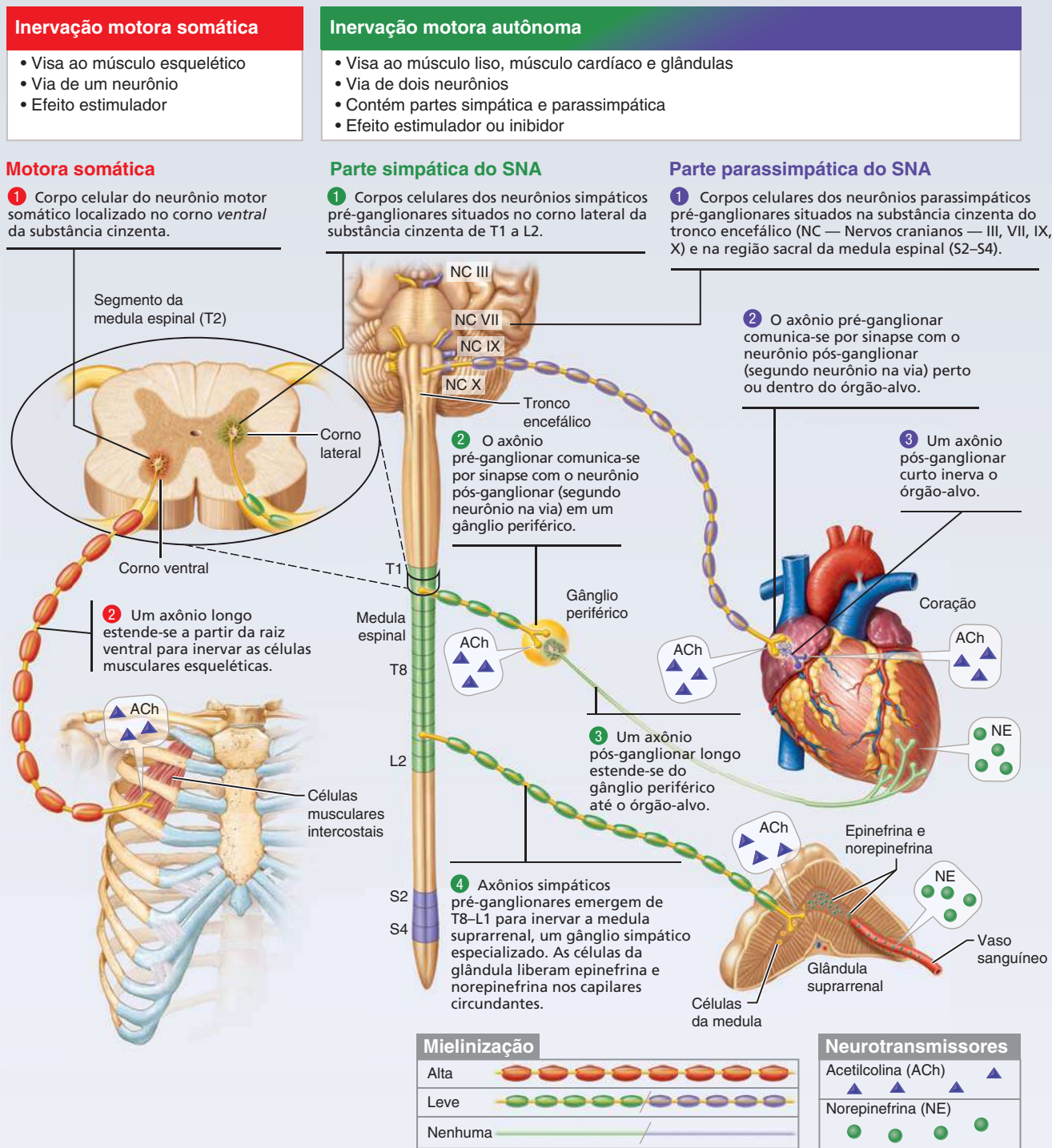
Outras discussões sobre inervação motora concentram-se basicamente no sistema motor *somático*, que

¹ Nota do revisor técnico: de acordo com a nomenclatura anatômica, o termo “sistema nervoso autônomo” não é utilizado para evitar ambiguidade. Para mais detalhes, consultar: *Terminologia anatômica*. São Paulo: Manole, 2001. p. 170.

Comparação da inervação motora somática e autônoma

Figura 15.2

A inervação motora somática e a autônoma diferem anatomicamente de duas maneiras importantes: o número de neurônios na via e a localização dos corpos celulares neuronais e das sinapses.



inerva os músculos esqueléticos. Cada neurônio motor somático parte do SNC e chega ao músculo que está sendo inervado. Cada unidade motora consiste em um único neurônio, mais as células musculares esqueléticas que ele inerva (Figura 15.2). Os axônios motores somáticos típicos são fibras espessas e altamente mielinizadas que conduzem os impulsos nervosos com rapidez.

Por outro lado, a unidade motora comparável no SNA inclui uma cadeia de dois neurônios motores (Figura 15.2). A primeira dessas cadeias chama-se **neurônio pré-ganglionar**. O corpo celular desse neurônio está situado no SNC. Seu axônio, o **axônio pré-ganglionar** (também chamado de *fibra pré-ganglionar*), comunica-se por sinapse com o segundo neurônio motor, o **neurônio pós-ganglionar**, em um **gânglio autônomo** periférico. O **axônio pós-ganglionar** (ou *fibra pós-ganglionar*) estende-se até os órgãos viscerais. Em

termos funcionais, o neurônio pré-ganglionar sinaliza o neurônio pós-ganglionar, que então estimula a contração muscular ou secreção glandular no órgão efetor. Os axônios pré-ganglionares são fibras delgadas e pouco mielinizadas, enquanto os pós-ganglionares são ainda mais delgados e não mielinizados (amielínicos). Consequentemente, os impulsos são conduzidos pelo SNA com uma velocidade menor do que a do sistema motor somático.

É importante enfatizar que os gânglios autônomos são gânglios *motores* que contêm corpos celulares de neurônios motores. Diferentes dos gânglios da raiz dorsal, eles *não são* gânglios *sensitivos*.

Partes da divisão autônoma do sistema nervoso

O SNA possui duas partes: *simpática* e *parassimpática* (Figura 15.2), que possuem cadeias de dois neurônios motores que inervam basicamente os mesmos órgãos viscerais, mas que provocam efeitos opostos; uma divisão estimula algum músculo liso a contrair ou uma glândula a secretar; a outra divisão inibe a ação. A parte simpática mobiliza o corpo durante as situações extremas, como de medo, de exercício ou de raiva. A parte parassimpática habilita o corpo a relaxar, trabalhando para conservar a energia corporal. Em outras palavras, a parte parassimpática controla as funções de manutenção de rotina e a parte simpática torna-se mais ativa quando é necessário um esforço metabólico extra. O equilíbrio entre as duas partes mantém os sistemas corporais funcionando sem problemas.

A **parte simpática** é responsável pela resposta de lutar ou fugir. Sua atividade é evidente durante o exercício pesado, a emoção ou em emergências. O coração acelerado, as pupilas dilatadas e a pele fria e suada são sinais de que a parte simpática foi mobilizada (Figura 15.3, lado direito). Tudo isso nos ajuda a responder às situações de perigo: o aumento da frequência cardíaca fornece mais sangue e oxigênio para os músculos esqueléticos utilizados para lutar ou fugir; a dilatação das pupilas deixa entrar mais luz para obter uma visão mais clara; e a pele fria indica que o sangue está sendo desviado da pele para os órgãos mais vitais, como o cérebro. Além disso, os pequenos tubos de ar nos pulmões (bronquíolos) dilatam, aumentando a captação de oxigênio, o consumo de oxigênio pelas células do corpo aumenta e o fígado libera mais açúcar no sangue para suprir as crescentes necessidades de energia das células. Desse modo, os “motores do corpo são acelerados” para a atividade vigorosa. As funções temporariamente não essenciais, como a digestão e a motilidade do trato urinário, são inibidas: quando você está correndo para pegar o último ônibus para casa, a digestão do almoço pode esperar.

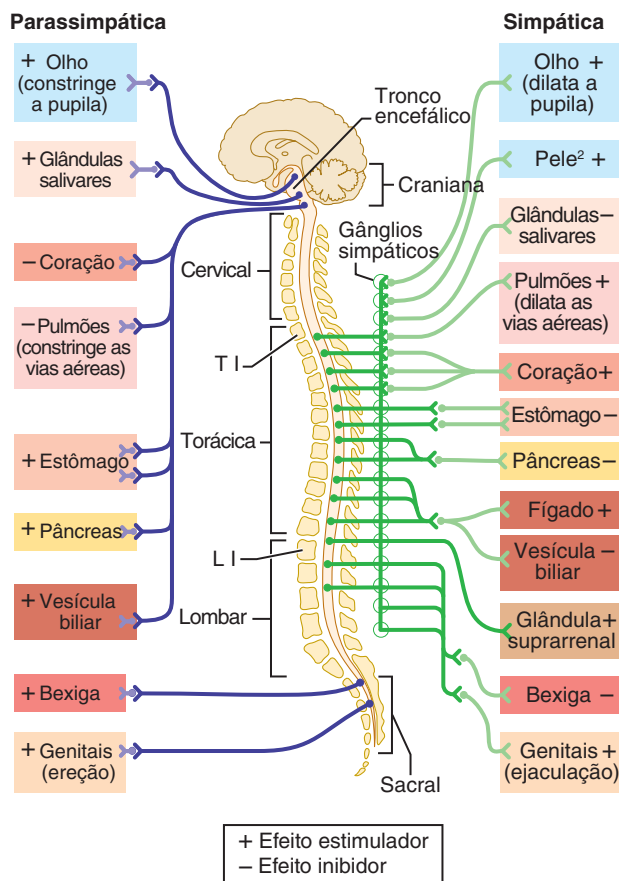


Figura 15.3 Visão geral das subdivisões do SNA.

As partes parassimpática e simpática são anatomicamente diferentes (1) nos sítios de origem de seus nervos, (2) nos comprimentos relativos de suas fibras pré-ganglionares e pós-ganglionares e (3) na localização de seus gânglios (indicada aqui pelos sítios de sinapse).

2 Embora a inervação simpática para a pele e as estruturas periféricas sejam mapeadas para a área cervical nesse diagrama, todos os nervos para a periferia transportam fibras simpáticas pós-ganglionares.

A parte simpática também inerva o músculo liso nas paredes dos vasos sanguíneos. O estímulo simpático para os vasos sanguíneos que atendem os músculos esqueléticos aumenta, fazendo que o músculo liso dos vasos relaxe. Esses vasos dilatam, levando mais sangue para os músculos ativos. Ao mesmo tempo, o maior estímulo simpático para o músculo liso em outros vasos sanguíneos estimula a contração, produzindo **vasoconstrição**. Esse estreitamento do diâmetro do vaso força o coração a trabalhar com mais intensidade para bombear o sangue pelo circuito vascular. Em consequência, a atividade simpática provoca aumento da pressão arterial durante a emoção e o estresse.

Ao contrário da parte simpática, a **parte parassimpática** é mais ativa quando estamos em repouso. Essa parte é voltada para a conservação da energia corporal e para o direcionamento das atividades vitais de “manutenção”, como a digestão e a eliminação de fezes e urina (Figura 15.3, lado esquerdo). As palavras-chave a serem lembradas são “descansar e digerir”. A função parassimpática é mais bem ilustrada por uma pessoa que esteja relaxando lendo um jornal, após uma refeição. As frequências cardíaca e respiratória estão em níveis baixos normais e o trato gastrointestinal está digerindo o alimento. As pupilas estão constritas, já que o olho foca na visão de perto.

À medida que você explorar em detalhes as partes simpática e parassimpática, descobrirá que seus efeitos em cada órgão visceral são fáceis de aprender se você lembrar apenas das relações lutar ou fugir (simpática) ou descansar e digerir (parassimpática). Além disso, existe uma ação contrária dinâmica entre as duas partes, de modo que elas equilibram uma à outra nos momentos em que uma pessoa não está nem altamente excitada nem completamente em repouso.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Neuropatia autônoma É o dano aos nervos autônomos que pode ocorrer como uma complicação do diabetes. Lesões nesses nervos resultam em uma incapacidade para controlar a frequência cardíaca, a pressão arterial e os níveis de açúcar no sangue. A digestão, a função respiratória, a micção, a resposta sexual e a visão também são afetadas. Essa condição insidiosa pode permanecer sem tratamento, pois seus sintomas são comuns e associados frequentemente a outras condições. A neuropatia autônoma pode ser detectada através de um teste não invasivo que mede a variabilidade da frequência cardíaca (HRV).

Tabela 15.1

Diferenças anatômicas e fisiológicas entre as partes parassimpática e simpática

Característica	Simpática	Parassimpática
Origem	Eferência toracolombar; corno lateral de substância cinzenta dos segmentos medulares T1-L2	Eferência craniosacral; núcleos do tronco encefálico dos nervos cranianos III, VII, IX e X; segmentos medulares S2-S4
Localização dos gânglios	Gânglios próximos ao SNC: ao longo da coluna vertebral (gânglios do tronco simpático) e anteriores à coluna vertebral (gânglios pré-vertebrais)	Gânglios no órgão-alvo visceral ou em suas proximidades
Tamanho relativo dos axônios pré e pós-ganglionares	Pré-ganglionares curtos (os nervos esplâncnicos são exceções); pós-ganglionares longos	Pré-ganglionares longos; pós-ganglionares curtos
Ramos comunicantes (ver p. 493)	Ramos comunicantes cinzento e branco; o branco contém axônios pré-ganglionares mielinizados; o cinzento contém axônios pós-ganglionares não mielinizados	Nenhum
Grau de ramificação dos axônios pré-ganglionares	Ampla	Mínimo
Papel funcional	Prepara o corpo para lidar com as emergências e a atividade muscular intensa; resposta de lutar ou fugir	Funções de manutenção; conserva e armazena energia; resposta descansar e digerir
Neurotransmissores	Todos os axônios pré-ganglionares liberam ACh; a maioria dos axônios pós-ganglionares libera norepinefrina (axônios adrenérgicos); os axônios pós-ganglionares para as glândulas sudoríferas e vasos sanguíneos dos músculos esqueléticos liberam ACh; atividade neurotransmissora aumentada pela liberação de hormônios medulares adrenais (epinefrina e norepinefrina)	Todos os axônios, pré-ganglionares e pós-ganglionares, liberam ACh (axônios colinérgicos)

Além dessas diferenças funcionais, existem diferenças anatômicas e bioquímicas entre as partes simpática e parassimpática (**Tabela 15.1**).

1. As duas divisões originam-se em regiões diferentes do SNC (Figuras 15.2 e 15.3). A parte simpática também pode ser chamada **divisão toracolombar**, já que suas fibras emergem das partes torácica e lombar superior da medula espinal. A parte parassimpática também pode ser chamada **parte craniossacral**, pois suas fibras emergem do encéfalo (*parte craniana*) e da medula espinal sacral (*parte sacral*).
2. As vias simpáticas possuem axônios pós-ganglionares longos, enquanto os axônios pós-ganglionares das vias parassimpáticas são comparativamente curtos (Figuras 15.2 e 15.3). Todos os gânglios simpáticos situam-se perto da medula espinal e da coluna vertebral; os axônios pós-ganglionares estendem-se desses gânglios e seguem para seus órgãos-alvo. Os gânglios parassimpáticos ficam longe do SNC, dentro ou perto dos órgãos inervados; portanto, os axônios pós-ganglionares são bem curtos.
3. As fibras simpáticas ramificam-se profusamente, ao contrário das fibras parassimpáticas. Essa ramificação ampla permite que cada neurônio simpático influencie uma série de órgãos viscerais diferentes, habilitando muitos órgãos a se mobilizarem simultaneamente durante a resposta de lutar ou fugir. Na realidade, a tradução literal de *simpática*, “vivenciada em conjunto”, reflete a mobilização que ela produz no corpo inteiro. Os efeitos parassimpáticos, por outro lado, são mais localizados e discretos.
4. A principal diferença bioquímica entre as duas partes do SNA envolve o neurotransmissor liberado pelos axônios *pós-ganglionares* (Figura 15.2). Na parte simpática, a maioria dos axônios pós-ganglionares libera *norepinefrina* (também chamada *noradrenalina*); essas fibras chamam-se *adrenérgicas*.³ O neurotransmissor pós-ganglionar na parte parassimpática é a *acetilcolina* (ACh); essas fibras chamam-se *colinérgicas*. Os terminais axonais *pré-ganglionares* de ambas as divisões sempre são colinérgicos (liberam ACh).

As próximas seções fornecem uma discussão mais detalhada sobre a organização anatômica de cada parte.

✓ Verifique seu conhecimento

1. Quais fibras na divisão motora do SNP não são mielinizadas?
2. Enquanto você dirige da faculdade para casa, um carro desvia subitamente na sua direção, obrigando-o a pisar rapidamente nos freios. Você sente o seu coração bombear e começa a suar um pouco. Qual divisão do SNA foi ativada?

3. Onde estão situados os gânglios simpáticos? Onde está situada a maioria dos gânglios parassimpáticos?
4. As fibras sensitivas viscerais são consideradas parte do SNA?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

PARTE PARASSIMPÁTICA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a via de inervação parassimpática através dos nervos cranianos e dos nervos espinais sacrais para os órgãos viscerais;
- ▶ descrever o efeito da inervação parassimpática em cada órgão visceral inervado por essa divisão do SNA.

A *eferência craniana* da parte parassimpática origina-se no encéfalo e inerva os órgãos na cabeça, pescoço, tórax e maior parte do abdome, enquanto a *eferência sacral* origina-se na medula espinal sacral (S2, S3, S4) e abastece as porções distais do trato digestório e os órgãos pélvicos (**Figura 15.4**)

Eferência craniana

Os axônios pré-ganglionares estão nos nervos oculomotor (III), facial (VII), glossofaríngeo (IX) e vago (X) (parte superior da Figura 15.4). Os corpos celulares desses neurônios pré-ganglionares estão situados nos núcleos dos nervos cranianos motores na substância cinzenta do tronco encefálico.

Nervo oculomotor (III)

As fibras parassimpáticas do nervo oculomotor inervam os músculos lisos do olho. Tais músculos provocam a constrição da pupila e o abaulamento da lente ocular — ações que permitem o foco em objetos próximos no campo de visão. Nessa via de dois neurônios, os axônios pré-ganglionares no nervo oculomotor originam-se dos corpos celulares no *núcleo oculomotor* acessório no mesencéfalo (Figura 13.7a, p. 396); os corpos celulares pós-ganglionares situam-se no **gânglio ciliar**, na parte posterior da órbita imediatamente lateral ao nervo óptico (ver Tabela 14.2, p. 452-460).

Nervo facial (VII)

As fibras parassimpáticas do nervo facial estimulam a secreção de muitas glândulas na cabeça, incluindo a glândula lacrimal acima do olho, as glândulas secretoras de muco na cavidade nasal e duas glândulas salivares inferiores na boca (as glândulas submandibular e sublingual). Na via que leva às glândulas lacrimais e nasais, os neurônios pré-ganglionares originam-se no *núcleo lacrimal* na ponte e formam sinapse com os neurônios pós-ganglionares no **gânglio pterigopalati-**

3 Nem todas as fibras pós-ganglionares na parte simpática são adrenérgicas; as que inervam as glândulas sudoríferas e os vasos sanguíneos no músculo esquelético são colinérgicas.

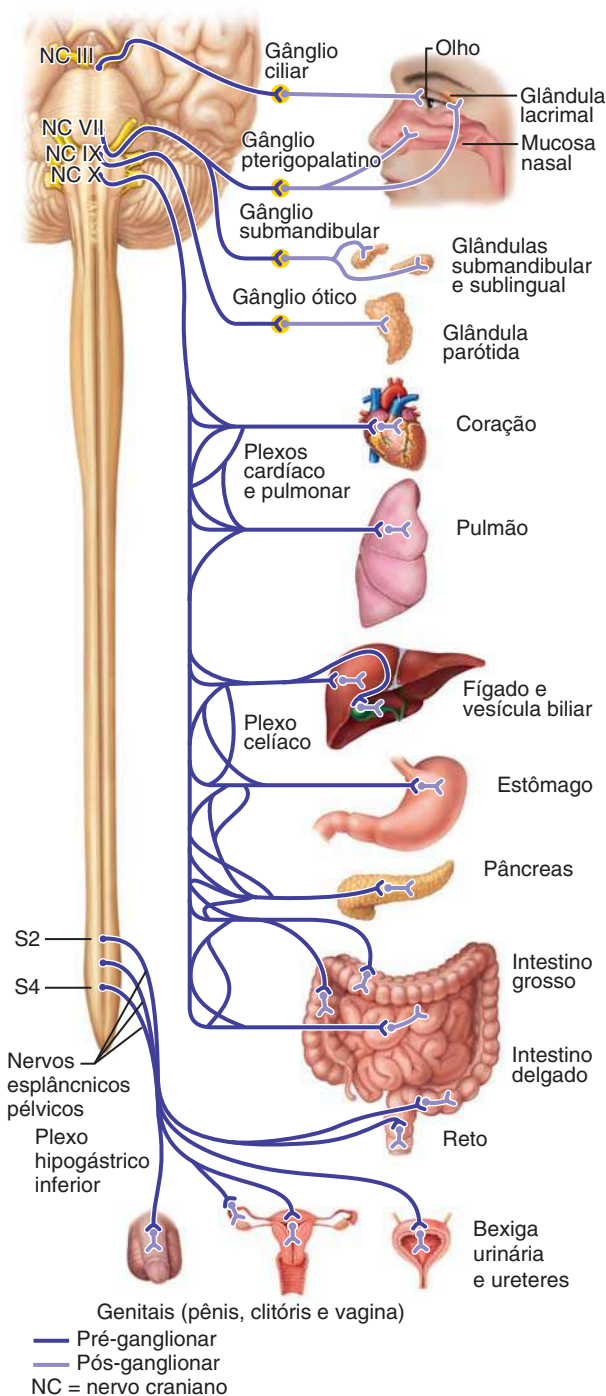


Figura 15.4 Parte parassimpática do SNA.

no, imediatamente anterior à maxila (Tabela 14.2, p. 452-460). Na via que leva às glândulas submandibular e sublingual, os neurônios pré-ganglionares originam-se no *núcleo salivatório superior* na ponte e formam sinapse com os neurônios pós-ganglionares no **gânglio submandibular**, abaixo do ângulo da mandíbula.

Nervo glossofaríngeo (IX)

As fibras parassimpáticas do nervo glossofaríngeo estimulam a secreção de uma grande glândula salivar, a glândula parótida, que se situa anteriormente à orelha.

Os neurônios pré-ganglionares originam-se no *núcleo salivatório inferior* na medula e formam sinapse com os neurônios pós-ganglionares no **gânglio ótico** inferior ao forame oval do crânio (Tabela 14.2, p. 452-460).

Os três nervos cranianos considerados até aqui (III, VII e IX) fornecem toda a inervação parassimpática da cabeça. No entanto, repare que apenas os axônios *pré-ganglionares* seguem dentro desses três nervos. Esses axônios formam sinapse nos gânglios descritos anteriormente, que estão situados ao longo do trajeto do nervo trigêmeo (V), e depois os axônios pós-ganglionares seguem via trigêmeo até seus destinos finais. Esse roteamento por meio do nervo trigêmeo ocorre porque esse nervo tem a distribuição mais ampla dentro da face.

Nervo vago (X)

As fibras parassimpáticas do nervo vago (X) inervam os órgãos viscerais do tórax e a maior parte do abdome (Figura 15.4). Repare que isso não inclui a inervação dos órgãos pélvicos e que a inervação vagal do tubo digestório termina na metade do caminho ao longo do intestino grosso. O vago é uma parte extremamente importante do SNA, contendo aproximadamente 90% das fibras parassimpáticas pré-ganglionares no corpo. Em termos funcionais, as fibras parassimpáticas no nervo vago realizam as atividades típicas de descansar e digerir nos músculos e glândulas viscerais — estimulação da digestão (secreção das glândulas digestórias e aumento da motilidade do músculo liso do trato digestório), redução na frequência cardíaca e constrição dos brônquios nos pulmões, por exemplo.

Os corpos celulares pré-ganglionares situam-se principalmente no *núcleo motor dorsal do vago* na medula (ver Figura 13.7c, p. 396) e os axônios pré-ganglionares seguem por todo o comprimento do nervo vago. A maioria dos neurônios pós-ganglionares está confinada nas paredes dos órgãos inervados e seus corpos celulares formam *gânglios intramurais* (“intramuros”).

O nervo vago é essencial para o funcionamento de muitos órgãos. À medida que o vago desce pelo pescoço e tronco, ele emite ramificações através de muitos *plexos nervosos autônomos* para os órgãos inervados (Figura 15.5) (recorde que no Capítulo 14 mencionamos que um plexo nervoso é uma rede de nervos). Especificamente, o vago envia ramificações através do **plexo cardíaco** para o coração, através do **plexo pulmonar** para os pulmões, através do **plexo esofágico** para o esôfago e para o estômago e através do **plexo celíaco** e do **plexo mesentérico superior** para outros órgãos abdominais (intestinos, fígado, pâncreas etc.). As fibras de ambas as partes do SNA, parassimpáticas e simpáticas, seguem para os órgãos torácicos e abdominais através desses plexos.

Eferência sacral

A eferência sacral da parte parassimpática surge nos segmentos S2-S4 da medula espinal (parte inferior da

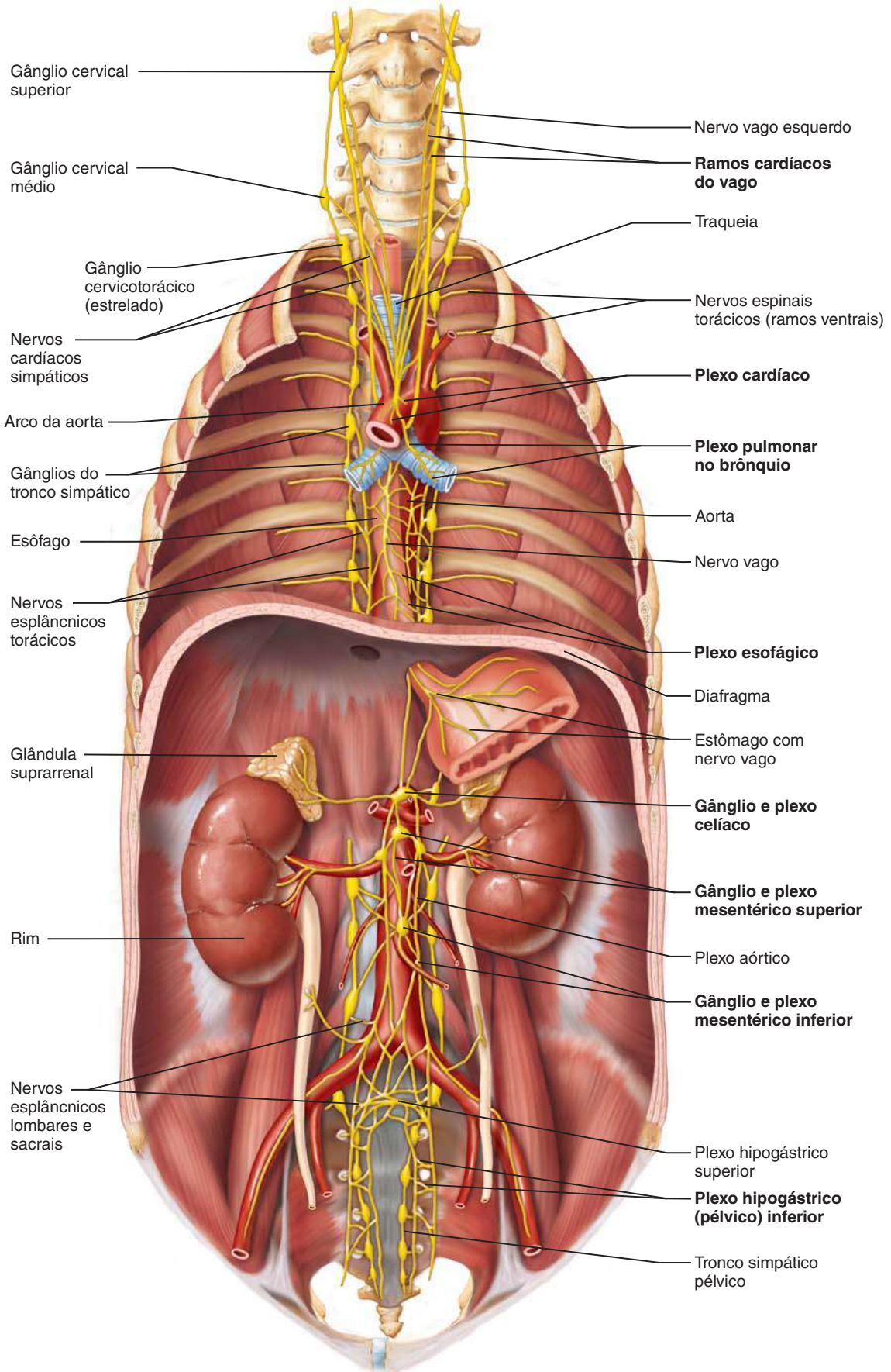


Figura 15.5 Nervos, plexos e gânglios autônomos. Todos os plexos autônomos contêm axônios parassimpáticos e simpáticos. Os gânglios são quase exclusivamente simpáticos.

Figura 15.4). Continuando onde termina o nervo vago, ela inerva os órgãos na pelve, incluindo a metade distal do intestino grosso, a bexiga e os órgãos reprodutores como o útero e os tecidos eréteis dos genitais externos. Os efeitos parassimpáticos nesses órgãos incluem a estimulação da defecação, a eliminação da urina e a ereção.

Os corpos celulares pré-ganglionares das vias parassimpáticas sacrais situam-se na região motora visceral da substância cinzenta espinal (Figura 13.27, p. 425). Os axônios desses neurônios pré-ganglionares seguem nas raízes ventrais para os ramos ventrais, a partir dos quais se ramificam e formam os **nervos esplâncnicos pélvicos** (ver Figura 15.4). Depois esses nervos seguem através do plexo autônomo no assoalho pélvico, o **plexo hipogástrico inferior** (ou *plexo pélvico*; Figura 15.5), para chegar aos órgãos pélvicos. Alguns axônios pré-ganglionares formam sinapse nos gânglios desse

plexo, mas a maioria forma sinapse nos gânglios intramurais dos órgãos. Esse plexo também contém fibras de ambas as divisões do SNA.

Os efeitos específicos da inervação parassimpática nos vários órgãos são apresentados em comparação com os efeitos da inervação simpática (**Tabela 15.2**, p. 492).

✓ Verifique seu conhecimento

- 5. Quais nervos espinais levam fibras parassimpáticas pré-ganglionares?
- 6. Qual é o resultado da estimulação vagal (a) do coração, (b) do intestino delgado, (c) das glândulas salivares?
- 7. Os nervos cranianos III, VII e IX levam fibras parassimpáticas pré-ganglionares. Qual nervo craniano leva fibras pós-ganglionares para os órgãos-alvo inervados por esses três nervos?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Tabela 15.2

Efeitos das partes parassimpática e simpática nos vários órgãos

Órgão-alvo/sistema/atividade	Efeitos parassimpáticos	Efeitos simpáticos
Olho (íris)	Estimula os músculos constritores; constrição das pupilas	Estimula os músculos dilatadores; dilata as pupilas oculares
Olho (músculo ciliar)	Estimula os músculos ciliares, resultando no abaulamento da lente para acomodação e visão de perto	Sem inervação
Glândulas (nasal, lacrimal, salivar, gástrica, pancreática)	Estimula a atividade secretória	Inibe a atividade secretória; provoca vasoconstrição dos vasos sanguíneos que abastecem as glândulas
Glândulas sudoríferas	Sem inervação	Estimula o suor abundante (fibras colinérgicas)
Músculos eretores dos pelos conectados aos folículos pilosos	Sem inervação	Estimula a contração (levanta os pelos e produz arrepios)
Músculo cardíaco	Diminui a frequência; desacelera e estabiliza o coração	Aumenta a frequência e força do batimento cardíaco
Coração: vasos sanguíneos coronários	Provoca vasoconstrição	Provoca vasodilatação
Pulmões	Constrição dos bronquíolos	Dilata os bronquíolos e constrição levemente os vasos sanguíneos
Órgãos do trato digestório	Aumenta a motilidade (peristalse) e a quantidade de secreção pelos órgãos digestórios; relaxa os esfíncteres para permitir o movimento de produtos alimentares ao longo do trato	Diminui a atividade das glândulas e músculos do sistema digestório e constrição dos esfíncteres (por exemplo, esfíncter anal); provoca vasoconstrição
Fígado	Nenhum efeito	A epinefrina estimula o fígado a liberar glicose para o sangue
Vesícula biliar	Estimula a atividade (a vesícula biliar contrai para expelir a bile)	Inibe a atividade (a vesícula biliar relaxa)
Medula suprarrenal	Sem inervação	Estimula as células da medula a secretarem epinefrina e norepinefrina no fluxo sanguíneo

(continua)

Tabela 15.2 continuação

Órgão-alvo/sistema/atividade	Efeitos parassimpáticos	Efeitos simpáticos
Rim	Nenhum efeito	Provoca vasoconstrição; diminui o débito urinário
Bexiga, uretra	Provoca a contração do músculo liso da parede da bexiga; relaxa o esfíncter uretral; promove a micção	Provoca o relaxamento do músculo liso da parede da bexiga; constrição do esfíncter uretral; inibe a micção
Pênis	Provoca ereção (vasodilatação)	Provoca ejaculação
Útero	Inibe a contração do músculo liso da parede uterina; provoca vasodilatação dos vasos	Estimula a contração do músculo liso da parede uterina; provoca vasoconstrição dos vasos
Vagina, clitóris	Provoca ereção (vasodilatação) do clitóris	Provoca a contração da vagina
Vasos sanguíneos	Pouco ou nenhum efeito	Constrição a maioria dos vasos e aumenta a pressão arterial; constrição os vasos das vísceras abdominais e da pele para desviar sangue para os músculos, cérebro e coração quando for necessário; dilata os vasos dos músculos esqueléticos (fibras colinérgicas) durante o exercício
Coagulação sanguínea	Sem inervação	Aumenta a coagulação
Metabolismo celular	Sem inervação	Aumenta a taxa metabólica
Tecido adiposo	Sem inervação	Estimula a lipólise (quebra da gordura)
Atividade mental	Sem inervação	Aumenta a vigilância

PARTE SIMPÁTICA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever as vias de inervação simpática da medula espinal até os órgãos efetores na periferia do corpo, na cabeça e nos órgãos viscerais;
- ▶ descrever o efeito da inervação simpática em cada órgão efector;
- ▶ explicar a função simpática da medula suprarrenal.

Organização básica

A parte simpática sai das regiões torácica e lombar superior da medula espinal, dos segmentos T1 a L2 (Figura 15.3). Seus corpos celulares pré-ganglionares situam-se na região motora visceral da substância cinzenta espinal, onde formam o corno lateral (Figura 13.27, p. 425).

A parte simpática é mais complexa do que a parassimpática, em parte, porque, além de inervar mais órgãos, não abastece apenas os órgãos viscerais nas cavidades corporais internas, mas também todas as estruturas viscerais nas regiões superficiais do corpo: as glândulas sudoríferas, os músculos eretores dos pelos na pele e a musculatura lisa nas paredes de todas as artérias e veias. É fácil lembrar que a parte simpática

sozinha inerva essas estruturas: você sabe que transpira quando é submetido a estresse, seus pelos ficam eriçados quando você está apavorado e a sua pressão arterial dispara (por causa da ampla vasoconstrição) quando você se emociona. A parte *parassimpática* não inerva as glândulas sudoríferas, os eretores dos pelos ou (com pequenas exceções) os vasos sanguíneos.

Outra razão para a maior complexidade da parte simpática é que ela tem mais gânglios. Os gânglios simpáticos se enquadram em duas classes: (1) *gânglios do tronco simpático* e (2) *gânglios pré-vertebrais*.

Gânglios do tronco simpático

Os vários **gânglios do tronco simpático**, localizados em ambos os lados da coluna vertebral, do pescoço até a pelve, estão ligados por nervos curtos em longos **troncos simpáticos** (*cadeias simpáticas*) que lembram colares de contas (Figura 15.6). Os gânglios do tronco simpático também são chamados *gânglios da cadeia simpática* e *gânglios paravertebrais* (“perto das vértebras”). Esses gânglios unem-se aos ramos ventrais dos nervos espinais vizinhos por **ramos comunicantes brancos** ou **cinzentos** (“braços comunicantes”). Os ramos comunicantes brancos situam-se lateralmente aos ramos comunicantes cinzentos.

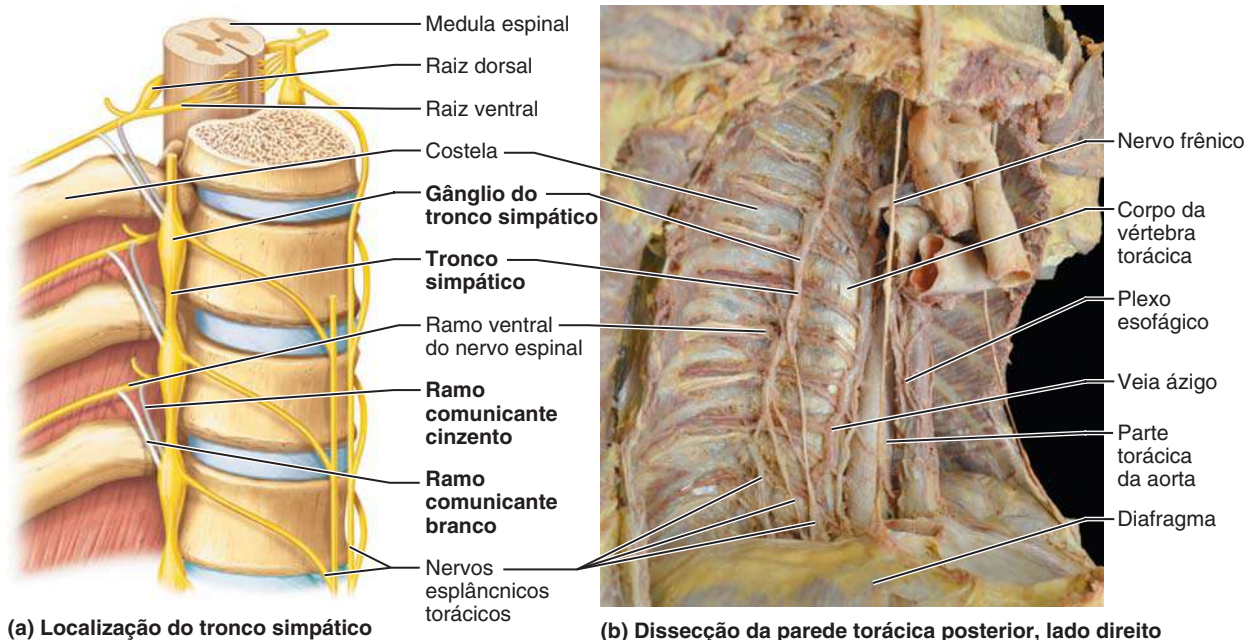


Figura 15.6 Tronco simpático, região torácica.

Existe aproximadamente um gânglio do tronco simpático para cada nervo espinal. No entanto, o número de gânglios do tronco simpático e de nervos espinais não é idêntico, pois alguns gânglios adjacentes se fundem durante o desenvolvimento. Essa fusão é mais evidente na região do pescoço, onde existem oito nervos espinais, mas apenas três gânglios do tronco simpático: os **gânglios cervicais superior, médio e inferior** (Figura 15.5). Além disso, o gânglio cervical inferior funde-se com o primeiro gânglio torácico para formar o **gânglio cervicotorácico (estrelado)** na região superior do tórax (Figura 15.5).

Geralmente, existem de 22 a 24 gânglios do tronco simpático por lado, e uma pessoa normal pode ter 3 gânglios cervicais, 11 torácicos, 4 lombares, 4 sacrais e 1 gânglio coccígeo (Figura 15.5). Os gânglios cervicais se situam-se na posição imediatamente anterior aos processos transversos das vértebras cervicais; os gânglios torácicos anteriormente às cabeças das costelas; os gânglios lombares anteriormente aos corpos vertebrais; os gânglios sacrais medial aos forames sacrais; e o gânglio coccígeo é anterior ao cóccix.

Tome cuidado para não confundir os gânglios do tronco simpático com os *gânglios da raiz dorsal*. Os gânglios da raiz dorsal são sensitivos e situam-se ao longo das raízes dorsais nos forames intervertebrais; os gânglios no tronco simpático são motores e situam-se anteriormente aos ramos ventrais.

Gânglios pré-vertebrais

Os **gânglios pré-vertebrais**, ou, *gânglios colaterais* diferem dos gânglios do tronco simpático em pelo menos três aspectos: (1) eles não são pareados e não

são organizados em segmentos; (2) eles ocorrem apenas no abdome e na pelve; e (3) todos estão situados anteriormente à coluna vertebral (daí o nome *pré-vertebral*), principalmente na parte abdominal da aorta. Os principais gânglios pré-vertebrais, *celíaco*, *mesentérico superior*, *mesentérico inferior* e *hipogástrico inferior* (Figura 15.5), situam-se nos plexos nervosos autônomos de mesmo nome.

Vias simpáticas

Nas vias simpáticas para todas as regiões do corpo (**Figura 15.7**), os neurônios pré-ganglionares na medula espinal toracolombar enviam seus axônios motores, através das raízes ventrais adjacentes, para o nervo espinal, ramo comunicante branco e gânglios do tronco simpático associados. A partir daí, esses axônios pré-ganglionares seguem uma de três vias:

- ① O axônio pré-ganglionar forma sinapse com um neurônio pós-ganglionar no gânglio do tronco simpático no mesmo nível e sai no nervo espinal nesse nível.
- ② O axônio pré-ganglionar sobe ou desce no tronco simpático e forma sinapse em outro gânglio do tronco. A fibra pós-ganglionar sai do tronco simpático ao nível da sinapse.
- ③ O axônio pré-ganglionar passa pelo tronco simpático, sai em um nervo esplâncnico e forma sinapse em um gânglio pré-vertebral. A fibra pós-sináptica estende-se do gânglio pré-vertebral até o órgão visceral através de um plexo nervoso autônomo.

Lembre-se dessa visão geral quando considerar em mais detalhes as vias para regiões específicas do corpo.

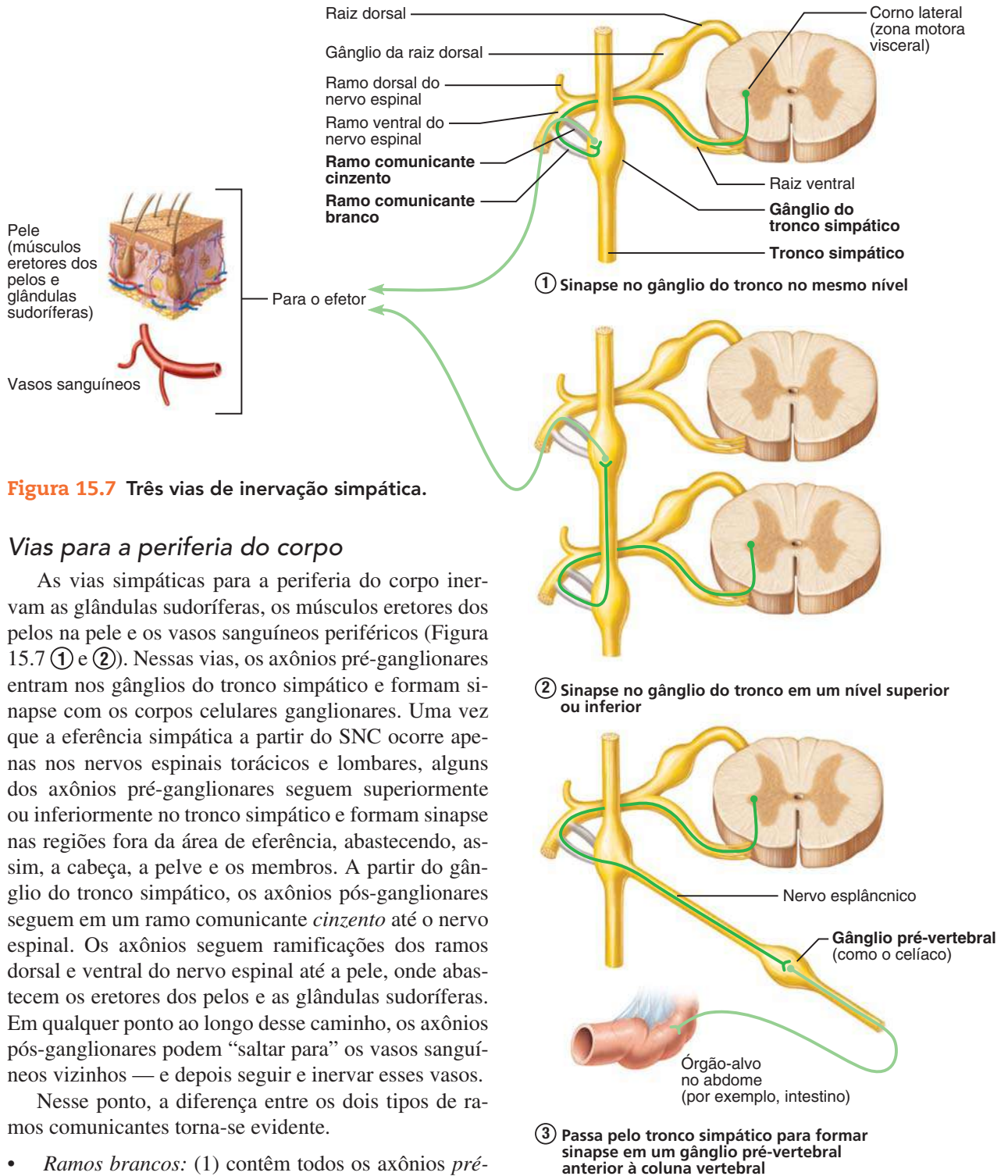


Figura 15.7 Três vias de inervação simpática.

Vias para a periferia do corpo

As vias simpáticas para a periferia do corpo inervam as glândulas sudoríferas, os músculos eretores dos pelos na pele e os vasos sanguíneos periféricos (Figura 15.7 ① e ②). Nessas vias, os axônios pré-ganglionares entram nos gânglios do tronco simpático e formam sinapse com os corpos celulares ganglionares. Uma vez que a eferência simpática a partir do SNC ocorre apenas nos nervos espinais torácicos e lombares, alguns dos axônios pré-ganglionares seguem superiormente ou inferiormente no tronco simpático e formam sinapse nas regiões fora da área de eferência, abastecendo, assim, a cabeça, a pelve e os membros. A partir do gânglio do tronco simpático, os axônios pós-ganglionares seguem em um ramo comunicante *cinzento* até o nervo espinhal. Os axônios seguem ramificações dos ramos dorsal e ventral do nervo espinhal até a pele, onde abastecem os eretores dos pelos e as glândulas sudoríferas. Em qualquer ponto ao longo desse caminho, os axônios pós-ganglionares podem “saltar para” os vasos sanguíneos vizinhos — e depois seguir e inervar esses vasos.

Nesse ponto, a diferença entre os dois tipos de ramos comunicantes torna-se evidente.

- **Ramos brancos:** (1) contêm todos os axônios pré-ganglionares que seguem para o gânglio do tronco simpático; (2) sua cor justifica-se pelo fato de os axônios pré-ganglionares serem mielinizados; (3) ocorrem apenas na região de eferência simpático a partir da medula espinhal — nos gânglios do tronco simpático entre T1 e L2.
- **Ramos cinzentos:** (1) contêm apenas os axônios pós-ganglionares direcionados para as estruturas periféricas; (2) sua cor justifica-se pelo fato de os axônios pós-ganglionares não serem mielinizados; (3) ocorrem em todos os gânglios do tronco simpá-

① Sinapse no gânglio do tronco no mesmo nível

② Sinapse no gânglio do tronco em um nível superior ou inferior

③ Passa pelo tronco simpático para formar sinapse em um gânglio pré-vertebral anterior à coluna vertebral

tico porque as glândulas sudoríferas, os músculos eretores dos pelos e os vasos sanguíneos precisam ser inervados em *todos* os segmentos do corpo.

Vias para a cabeça

Na inervação simpática da cabeça (Figura 15.8), os axônios pré-ganglionares originam-se nos quatro pri-

meiros segmentos torácicos da medula espinal (T1-T4). A partir daí, esses axônios sobem no tronco simpático e formam sinapse no gânglio cervical superior. A partir desse gânglio, os axônios pós-ganglionares associam-se com grandes artérias que os levam às glândulas, ao músculo liso e aos vasos por toda a cabeça. Em termos funcionais, essas fibras simpáticas: (1) inibem as glândulas lacrimais, nasais e salivares (motivo pelo qual o medo provoca boca seca); (2) estimulam o músculo na íris que dilata a pupila no olho; e (3) estimulam o *músculo tarsal superior*, um músculo liso na pálpebra superior que evita a queda da pálpebra sempre que os olhos estão abertos. Esse músculo também ergue a pálpebra para abrir bem os olhos quando uma pessoa está amedrontada.

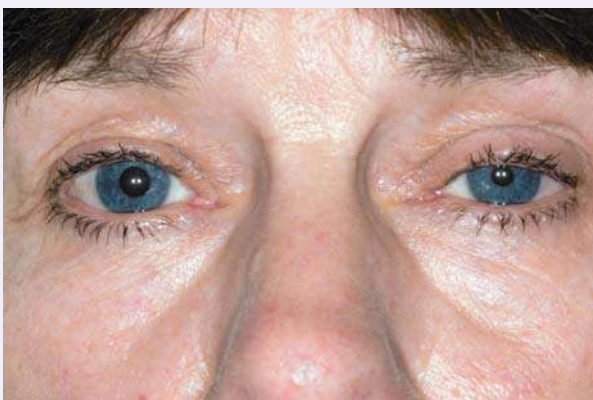
Vias para os órgãos torácicos

Na inervação simpática dos órgãos torácicos (Figura 15.8), os axônios pré-ganglionares originam-se nos nervos espinais T1-T6. Alguns desses axônios formam sinapse no gânglio do tronco simpático mais próximo e os axônios pós-ganglionares seguem diretamente para o órgão que está sendo atendido. As fibras para os pulmões e o esôfago adotam esse caminho direto, assim como alguns axônios para o coração. Ao longo do caminho, os axônios pós-ganglionares passam pelos plexos pulmonar, esofágico e cardíaco (Figura 15.5).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Síndrome de Horner Condição que se segue ao dano no tronco simpático, na região inferior do pescoço em um lado do corpo. Os sintomas, que ocorrem apenas no lado afetado, resultam de uma perda de inervação simpática para a cabeça e da predominância dos efeitos parassimpáticos. Eles incluem a queda da pálpebra superior (ptose), constrição da pupila, rubor da face e impossibilidade de transpirar. A síndrome de Horner pode indicar a presença de doença ou infecção no pescoço.



Olho esquerdo exibindo sinais característicos da síndrome de Horner

Muitas das fibras simpáticas para o *coração*, porém, adotam um caminho menos direto. Os axônios pré-ganglionares sobem pelo tronco simpático e formam sinapse nos gânglios cervicais desse tronco. A partir daí, os axônios pós-ganglionares descem pelo plexo cardíaco e entram na parede do coração. Muitos nervos para o coração (um órgão torácico) surgem no pescoço porque o coração se desenvolve na região do pescoço do embrião (para mais detalhes, ver a seção “Desenvolvimento do coração”, no Capítulo 19).

Em termos funcionais, os nervos simpáticos torácicos aumentam a frequência cardíaca e dilatam os vasos sanguíneos que abastecem a parede do coração (de modo que o próprio músculo cardíaco receba mais sangue). Eles também dilatam as vias aéreas respiratórias e inibem os músculos e glândulas no esôfago, efeitos que são parte integrante da resposta de lutar ou fugir.

Vias para os órgãos abdominais

Na inervação simpática dos órgãos abdominais, os axônios pré-ganglionares originam-se na metade inferior da medula espinal toracolombar (T5-L2; Figura 15.8). A partir daí, esses axônios passam pelos gânglios do tronco simpático adjacente e seguem pelos **nervos esplâncnicos** maior, menor e ímo, e formam sinapse nos gânglios pré-vertebrais nos grandes plexos da parte abdominal da aorta. Esses gânglios incluem os **gânglios celíaco** e **mesentérico superior**, junto com alguns gânglios menores. Os axônios pós-ganglionares desses gânglios seguem os ramos principais da aorta até o estômago, fígado, rim, baço e intestinos (através da metade proximal do intestino grosso). Em sua maioria, as fibras simpáticas *inibem* a atividade dos músculos e glândulas nesses órgãos viscerais.

Vias para os órgãos pélvicos

Na inervação simpática dos órgãos pélvicos (Figura 15.8), os axônios pré-ganglionares originam-se na parte mais inferior da medula espinal toracolombar (T10-L2), depois descem pelo tronco simpático até os gânglios lombar e sacral desse tronco. Alguns axônios formam sinapse nesse ponto e os axônios pós-ganglionares seguem nos *nervos esplâncnicos lombares* e *sacrais* até os plexos na parte inferior da aorta e na pelve — ou seja, **plexo mesentérico inferior**, **plexo aórtico** e **plexos hipogástricos**. Outros axônios pré-ganglionares, por outro lado, passam diretamente para esses plexos autônomos e formam sinapse nos gânglios pré-vertebrais — os **gânglios mesentéricos inferiores**. Os axônios pós-ganglionares avançam a partir desses plexos até os órgãos pélvicos, incluindo a bexiga, os órgãos reprodutores e a metade distal do intestino grosso. Essas fibras simpáticas inibem a micções e a defecação, além de promoverem a ejaculação.

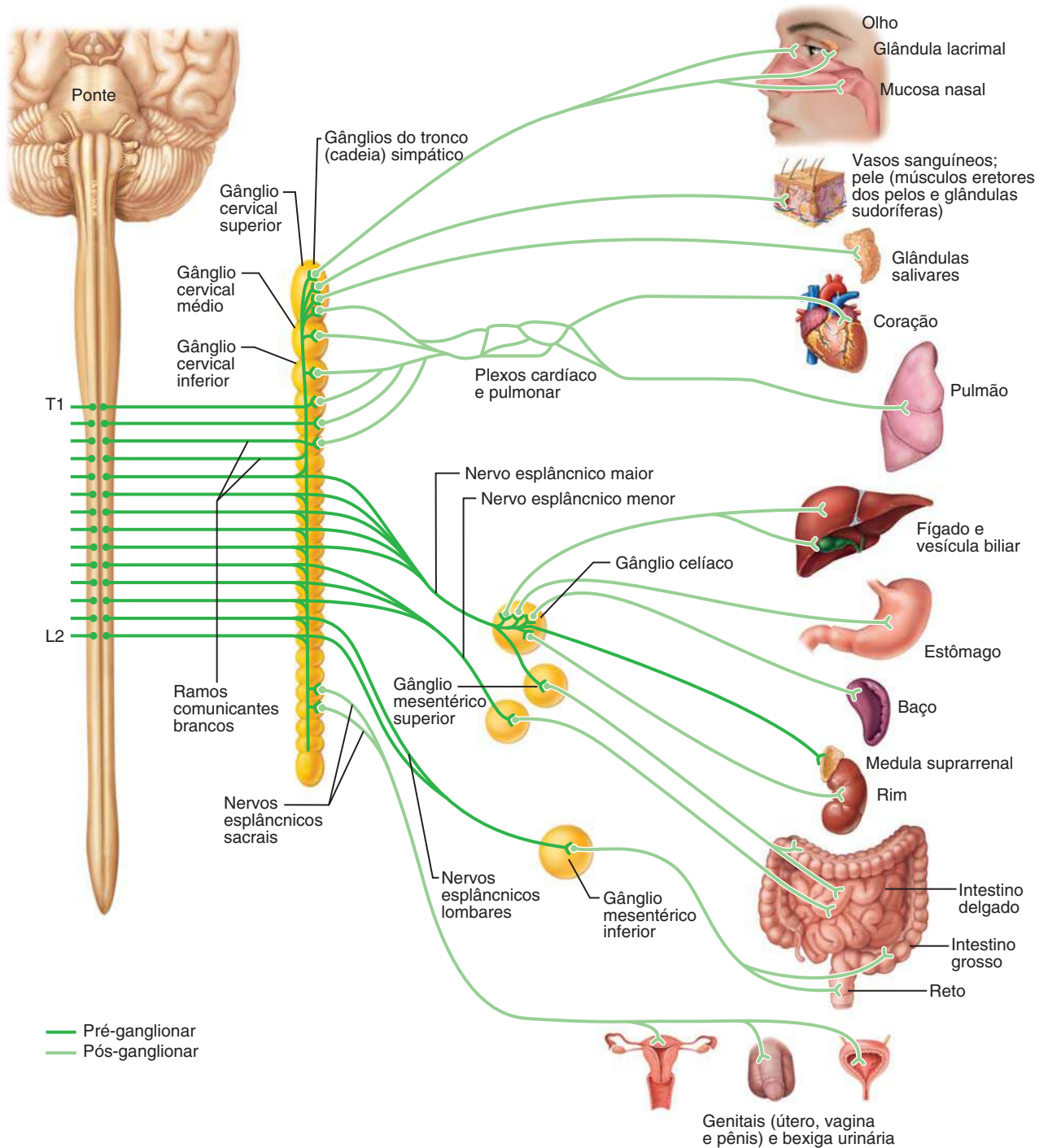


Figura 15.8 Parte simpática do SNA. A inervação simpática para as estruturas periféricas (vasos sanguíneos, glândulas e músculos eretores dos pelos) ocorre em todas as áreas, mas é exibida apenas na área cervical.

O papel da medula suprarrenal na parte simpática

No aspecto superior de cada rim, está situada uma **glândula (suprarrenal) adrenal** (Figura 15.9). A porção interna dessa glândula — a **medula suprarrenal** — é um órgão importante do sistema nervoso simpático. A medula suprarrenal é um gânglio simpático especializa-

do contendo um conjunto de neurônios pós-ganglionares modificados que carecem completamente de processos nervosos. Essas células derivadas de neurônios secretam grandes quantidades de dois hormônios excitatórios no sangue dos capilares vizinhos durante a resposta de lutar ou fugir. Os hormônios secretados são a norepinefrina (substância química secretada por outros neurônios simpáticos pós-ganglionares como um neurotransmissor) e

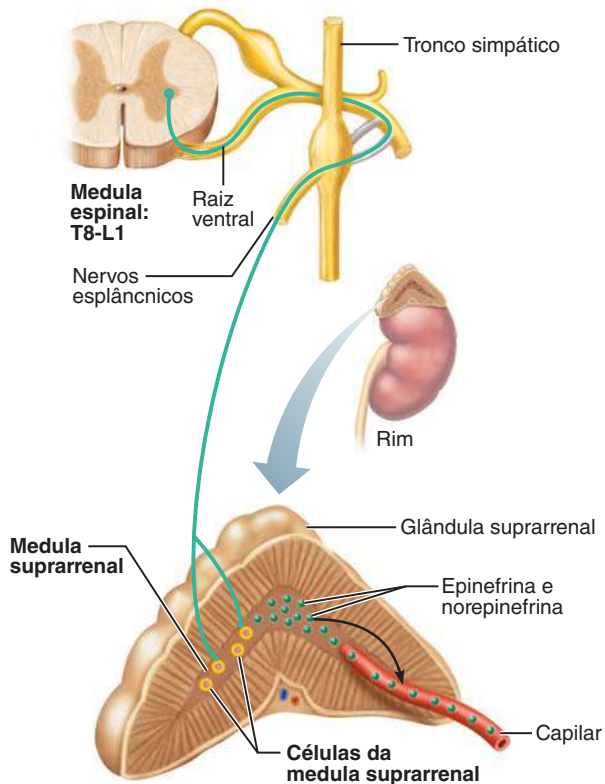


Figura 15.9 Inervação simpática da medula suprarrenal.

quantidades maiores de uma molécula excitatória relacionada, chamada **epinefrina (adrenalina)**. Uma vez liberados, esses hormônios percorrem o corpo inteiro na corrente sanguínea, produzindo os efeitos excitatórios amplamente disseminados que todos nós já sentimos como um “surto de adrenalina”.

As células da medula suprarrenal são estimuladas a secretar pelas fibras simpáticas pré-ganglionares que surgem dos corpos celulares na região de T8-L1 da medula espinal. A partir desse ponto, elas seguem pelos nervos esplâncnicos torácicos e passam pelo plexo celíaco antes de chegarem à medula suprarrenal (Figura 15.8). Não é de surpreender que a medula suprarrenal tenha uma inervação simpática mais concentrada do que qualquer outro órgão no corpo.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hipertensão induzida por estresse O estresse permanente pode promover a estimulação simpática hiperativa, provocando vasoconstrição que resulta em **hipertensão**, ou elevação da pressão arterial, uma condição circulatória que pode ter uma série de fatores contribuintes. A hipertensão sempre é grave porque: (1) aumenta a carga de trabalho do coração, possivelmente precipitando a doença cardíaca e (2) aumenta o desgaste das paredes arteriais. A hipertensão induzida por estresse é tratada com medicamentos que impedem as células musculares lisas nas paredes dos vasos sanguíneos de se ligarem à norepinefrina e à epinefrina.

Os efeitos da inervação simpática para vários órgãos são apresentados em comparação com os efeitos da inervação parassimpática (Tabela 15.2, p. 492).

✓ Verifique seu conhecimento

- 8. Por que os ramos comunicantes brancos estão situados apenas nos gânglios do tronco simpático entre T1 e L2 e os ramos comunicantes cinzentos ramificam de cada gânglio do tronco simpático?
- 9. Qual é o efeito geral da inervação simpática para os órgãos abdominais?
- 10. Quais tipos de fibras autônomas (pré-ganglionares, pós-ganglionares, simpáticas, parassimpáticas) estão situados nos plexos torácico e abdominal?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

NEURÔNIOS SENSITIVOS VISCERAIS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever o papel e a localização dos neurônios sensitivos viscerais em relação aos neurônios autônomos;
- ▶ explicar o conceito de dor referida.

A divisão visceral do SNP contém neurônios sensitivos e motores (autônomos) (Figura 15.1). Os neurônios sensitivos viscerais gerais monitoram o estiramento, a temperatura, as mudanças químicas e a irritação dentro dos órgãos viscerais. O encéfalo interpreta essa informação visceral como sensações de fome, saciedade, dor ou náusea. Quase todos os receptores desses sentidos viscerais são terminações nervosas livres (não encapsuladas) amplamente dispersas pelos órgãos viscerais. As sensações viscerais tendem a ser difíceis de localizar com precisão: por exemplo, geralmente as pessoas não conseguem distinguir se as dores de gases se originam no estômago ou no intestino, ou se uma dor na parte inferior do abdome se origina no útero ou no apêndice.

Assim como os neurônios somáticos, os corpos celulares dos neurônios sensitivos viscerais estão situados nos gânglios da raiz dorsal e nos gânglios sensitivos dos nervos cranianos. Os longos processos periféricos desses neurônios sensitivos acompanham as fibras motoras autônomas até os órgãos viscerais. Muitas fibras sensitivas viscerais acompanham as fibras parassimpáticas no nervo vago e monitoram as sensações nos muitos órgãos atendidos por esse nervo. Outras fibras sensitivas viscerais acompanham as fibras simpáticas, seguindo dos órgãos viscerais para os plexos autônomos e depois através dos nervos esplâncnicos, tronco simpático, ramos comunicantes, nervos espinais e raízes dorsais. A partir das raízes dorsais, os processos centrais desses neurônios sensitivos entram na medula espinal. *A maioria das fibras de dores viscerais segue essa rota simpática até o SNC.*

As vias pelas quais a informação visceral é retransmitida através da medula espinal até o córtex cerebral ainda não são plenamente compreendidas. A maioria dos estímulos viscerais percorre as vias espinotalâmicas (e espinoreticulares) até o tálamo. Os neurônios no tálamo retransmitem as informações sensitivas viscerais para o córtex sensitivo visceral no lobo da ínsula (p. 402) para a percepção consciente. As informações sensitivas viscerais também alcançam e influenciam os centros de controle visceral no hipotálamo e no bulbo.

A dor visceral exibe uma característica incomum digna de nota: na maioria das vezes, uma pessoa não sente dor quando um órgão visceral é cortado ou arranhado. Quando pedaços de membrana mucosa são cortados do útero ou dos intestinos para serem examinados quanto à presença de câncer, por exemplo, a maioria dos pacientes relata um pequeno desconforto. No entanto, uma irritação química ou a inflamação dos órgãos viscerais, espasmos do músculo liso nesses órgãos (câimbra) e estiramento excessivo do órgão vão resultar em dor visceral. Nesses casos, a dor pode ser severa.

As pessoas que sofrem dor visceral costumam perceber essa dor com uma origem somática — ou seja, como se fosse originária da pele ou da parte de fora do corpo. Esse fenômeno chama-se **dor referida**. Por exemplo, os ataques cardíacos podem produzir dor referida nas áreas cutâneas da parede torácica superior e na face medial do braço esquerdo (Figura 15.10). A causa da dor referida não é totalmente compreendida. Sabe-se que o órgão afetado e a região da parede corporal à qual a dor

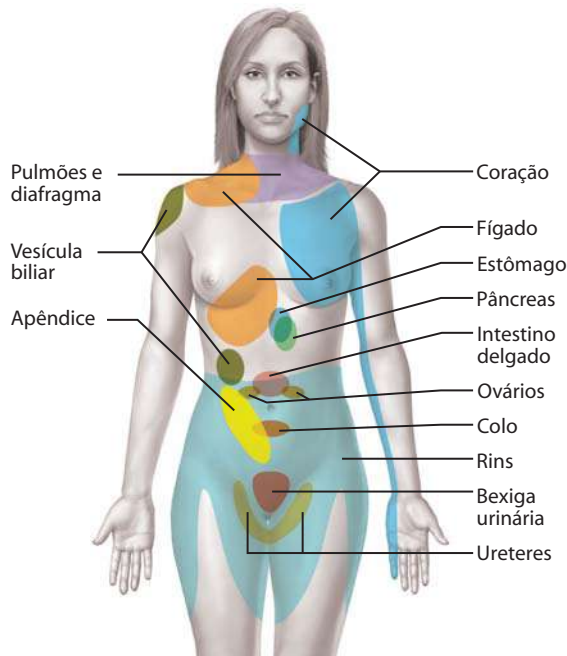


Figura 15.10 Mapa da dor referida. Esse mapa mostra as áreas de pele da parte anterior do corpo às quais a dor é referida, apesar de sua origem em certos órgãos viscerais.

se refere são inervados pelos mesmos segmentos espinais — por exemplo, tanto o coração quanto a área de pele para a qual a dor cardíaca se projeta são inervados por neurônios sensoriais de T1-T5. Uma explicação possível é que o dano ao órgão visceral provoca vasoconstrição dolorosa e reflexa nos vasos que abastecem os segmentos somáticos correspondentes.

REFLEXOS VISCERAIS

Objetivo de aprendizagem:

- explicar como os reflexos viscerais regulam algumas funções dos órgãos viscerais.

Os neurônios sensoriais viscerais e autônomos participam dos **arcos reflexos viscerais** (Figura 15.11), incluindo o *reflexo de defecação* (ilustrado na Figura 23.22, p. 732) — no qual o reto é estirado pelas fezes e o músculo liso do intestino grosso reage contraindo, e o *reflexo de micção* (exibido na Figura 24.15, p. 765) — no qual o músculo liso na bexiga cheia de urina contrai. Muitos reflexos viscerais são reflexos espinais simples nos quais os neurônios sensitivos ativam interneurônios espinais que, por sua vez, ativam neurônios autônomos pré-ganglionares.

Outros reflexos viscerais envolvem nervos cranianos e são integrados no tronco encefálico. Um exemplo é o reflexo barorreceptor, um reflexo visceral que regula a pressão arterial (Figura 15.12). Quando a pressão arterial está elevada, os barorreceptores no seio carotídeo (localizado na junção das artérias carótidas interna e externa) estimulam os neurônios sensitivos viscerais

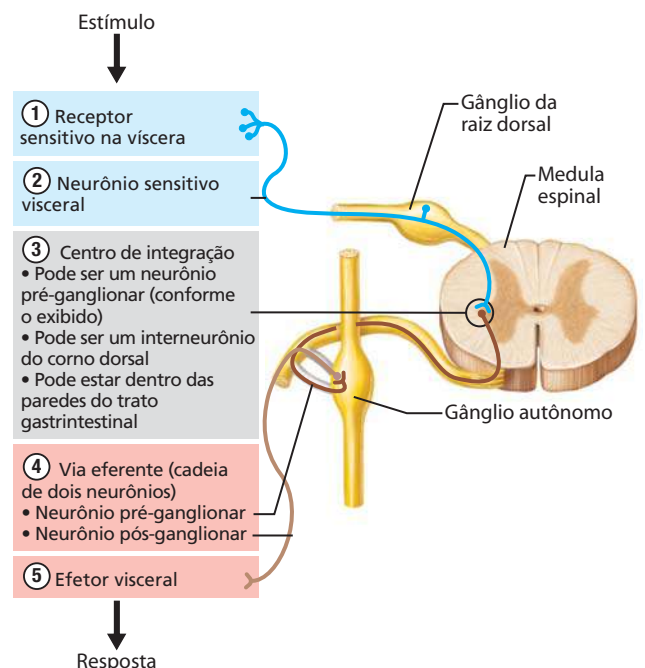


Figura 15.11 Reflexos viscerais. Os arcos reflexos viscerais têm os mesmos cinco elementos dos arcos reflexos somáticos.

no nervo glossofaríngeo (nervo craniano IX). A integração no centro cardíaco na medula estimula o nervo vago (nervo craniano X). A estimulação vagal do coração diminui a frequência cardíaca e, subsequentemente, a pressão arterial cai.

Alguns arcos reflexos viscerais não envolvem o SNC, de modo algum — eles são estritamente *reflexos periféricos*. Em alguns desses reflexos periféricos, ramos das fibras sensitivas viscerais formam sinapse com neurônios motores pós-ganglionares *dentro dos gânglios simpáticos*. Além disso, os arcos reflexos de três neurônios completos (com pequenos neurônios sensitivos, motores e intrínsecos) existem *inteiramente dentro da parede do tubo digestório*; esses neurônios fazem parte do *sistema nervoso entérico* (ver Capítulo 23, p. 714). Os reflexos periféricos executam respostas autônomas altamente localizadas envolvendo pequenos segmentos de um órgão ou alguns órgãos viscerais diferentes. Esses reflexos habilitam a parte periférica do sistema nervoso visceral a controlar parte de sua própria atividade, tornando-a parcialmente independente do encéfalo e da medula espinal. Esse fato ilustra ainda mais o conceito geral de que o SNA opera parcialmente por conta própria.

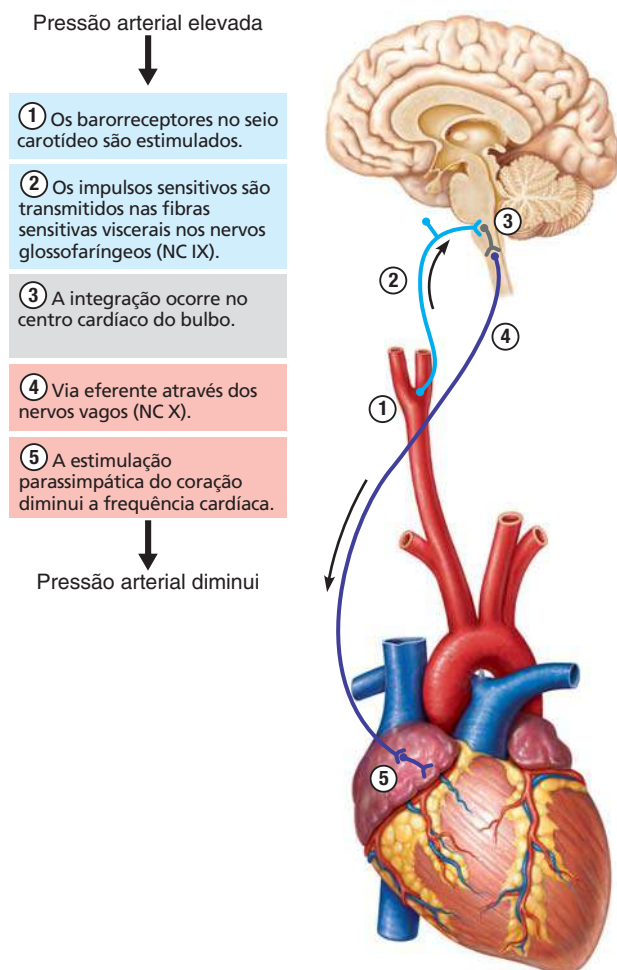


Figura 15.12 Reflexo barorreceptor.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Reação reflexa em massa Afeta os quadriplégicos e os paraplégicos com lesões na medula espinal acima do nível de T6. A lesão na medula é seguida por uma perda temporária de todos os reflexos inferiores ao nível da lesão. Quando a atividade reflexa retorna, ela é exagerada por causa da falta de estímulo inibidor dos centros mais elevados (cérebro). Os episódios de reação reflexa em massa decorrentes envolvem surtos de eferências (motoras) viscerais e somáticas de grandes regiões da medula espinal. O gatilho normal para um episódio como esse é um forte estímulo para a pele ou o enchimento excessivo de um órgão visceral, como a bexiga. Durante o episódio de reflexo em massa, o corpo sofre espasmos flexores, os membros movem-se desenfreadamente, o colo e a bexiga esvaziam-se e ocorre sudorese profusa. Ainda mais grave, a atividade simpática eleva a pressão arterial a níveis potencialmente fatais.

CONTROLE CENTRAL DA DIVISÃO AUTÔNOMA DO SISTEMA NERVOSO

Objetivo de aprendizagem:

- explicar como as várias regiões do SNC ajudam a regular o SNA.

Embora não se considere que o SNA esteja sob o controle voluntário direto, muitas de suas atividades são reguladas pelo SNC. Existem várias fontes de controle central — o tronco encefálico e a medula espinal, o hipotálamo e a amígdala, e o córtex cerebral (**Figura 15.13**).

Controle pelo tronco encefálico e pela medula espinal

A formação reticular do tronco encefálico parece exercer a influência mais direta sobre as funções autônomas. Os centros no bulbo (p. 393 e 394) regulam a frequência cardíaca (*centros cardíacos*; Figura 15.12), o diâmetro dos vasos sanguíneos (*centro vasomotor*) e muitas atividades digestórias. Além disso, a substância cinzenta central (periaquedutal) do mesencéfalo controla muitas funções autônomas, especialmente a resposta simpática de medo durante um acontecimento ameaçador (p. 395 e 396).

O controle das funções autônomas no nível da medula espinal envolve os reflexos viscerais espinais (Figura 15.11). No entanto, repare que embora os reflexos de defecação e micções sejam integrados pela medula espinal, eles estão sujeitos à inibição consciente pelo cérebro. Isso permite o controle consciente sobre quando e onde eliminar os resíduos.

Controle pelo hipotálamo e pelo corpo amigdalóide

O principal *centro de integração* do SNA é o hipotálamo (Figura 15.13). Em geral, as partes medial e anterior do hipotálamo dirigem as funções parassimpáticas, enquanto as partes lateral e posterior dirigem as funções simpáticas. Esses centros hipotalâmicos influenciam os neurônios autônomos pré-ganglionares na medula espinal e no encéfalo, ambos através de conexões diretas e retransmissões na formação reticular e na substância cinzenta periaquedutal. É através do SNA que o hipotálamo controla a atividade cardíaca, a pressão arterial, a temperatura corporal e as funções digestórias.

Lembre-se de que o corpo amigdalóide é a principal região límbica das emoções, incluindo o medo (ver p. 414). Por meio da comunicação com o hipotálamo e a substância cinzenta periaquedutal, o corpo amigdalóide estimula a atividade simpática, especialmente o comportamento relacionado ao medo aprendido previamente.

Controle pelo córtex cerebral

Embora antes se acreditasse que o SNA não estava sujeito ao controle voluntário pelo córtex cerebral, as pessoas conseguem exercer algum controle consciente sobre algumas funções autônomas ao desenvolverem o controle sobre seus pensamentos e emoções. Por exem-

plo, as sensações de extrema tranquilidade atingidas durante a meditação estão associadas à influência do córtex cerebral sobre os centros parassimpáticos no hipotálamo via várias estruturas límbicas. A ativação simpática voluntária pode ocorrer quando as pessoas decidem se lembrar de uma experiência assustadora; nesse caso o córtex cerebral age através do corpo amigdalóide.

✓ Verifique seu conhecimento

- 11. Através de qual via a maior parte das fibras de dor viscerais segue até chegar ao SNC?
- 12. O que é um reflexo periférico e em que ele difere de um reflexo espinal?
- 13. Qual região do SNC é o principal centro de controle do SNA?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TRANSTORNOS DA DIVISÃO AUTÔNOMA DO SISTEMA NERVOSO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever abreviadamente algumas doenças do SNA.

Como o SNA está envolvido em quase todos os processos importantes que ocorrem dentro do corpo, não é surpresa que as anormalidades do funcionamento autônomo possam ter efeitos de longo alcance. Essas anormalidades podem prejudicar os processos de eliminação e o fornecimento de sangue, podendo até mesmo ser fatais.

A **doença de Raynaud** caracteriza-se por crises intermitentes, nas quais a pele dos dedos das mãos e pés fica pálida, depois azul e dolorida (Figura 15.14). Quando essa crise termina e os vasos dilatam, os dedos enchem-se novamente de sangue e ficam vermelhos. Provocada geralmente pela exposição ao frio ou por estresse emocional, acredita-se que essa doença seja uma resposta de vasoconstrição simpática exagerada nas regiões afetadas do corpo. A gravidade da doença de Raynaud varia de um simples desconforto a uma constrição tão grave dos vasos que resulta em gangrena (morte tecidual). O tratamento envolve normalmente a administração de medicamentos que inibem a vasoconstrição, mas nos casos graves pode ser necessário remover os gânglios ou cortar as fibras simpáticas pré-ganglionares que atendem a região afetada. A doença de Raynaud é bem comum entre os idosos, afetando 9% de todas as mulheres idosas e 3% a 5% dos homens idosos.

A **acalasia esofágica** é uma condição na qual algum defeito na inervação autônoma do esôfago resulta em uma perda da capacidade desse órgão para impelir para baixo o alimento deglutido. Além disso, o músculo liso que circunda a extremidade inferior do esôfago, na região do cárdio do estômago permanece contraído, impedindo

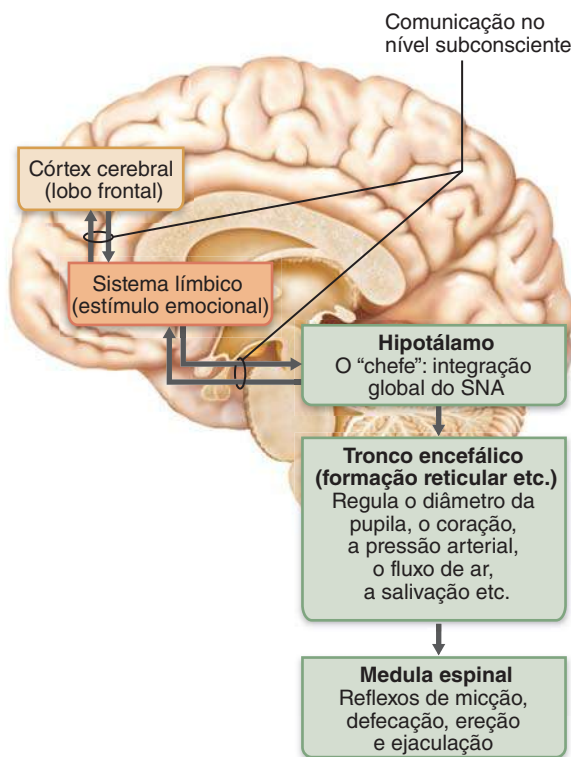


Figura 15.13 Níveis de controle do SNA. O hipotálamo é o principal centro de integração do SNA. Os estímulos do córtex cerebral a través do lobo límbico conseguem influenciar o funcionamento hipotalâmico.



Figura 15.14 Doença de Raynaud em um homem idoso.

a passagem do alimento para o estômago (*acalasia* significa “incapacidade para relaxar”). O acúmulo de alimento estira o esôfago até uma largura enorme e as refeições não podem ser direcionadas para níveis mais baixos. A causa dessa condição não é precisamente compreendida. O tratamento preferencial é uma incisão cirúrgica longitudinal através do músculo na extremidade inferior do esôfago.

O **megacolo congênito**, ou **doença de Hirschsprung**, é um defeito congênito no qual a inervação parassimpática e entérica da região distal do intestino grosso não se desenvolve normalmente, pois as células que migram da crista neural não chegam a essa região (discutida na próxima seção). Fezes e gases acumulam-se na posição proximal ao segmento intestinal imóvel, distendendo bastante essa área (*megacolon* = intestino grosso alargado). A condição é corrigida cirurgicamente pela remoção da parte inativa do intestino do bebê.

A DIVISÃO AUTÔNOMA DO SISTEMA NERVOSO AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever o desenvolvimento embrionário do SNA;
- ▶ mencionar alguns efeitos do envelhecimento sobre as funções autônomas.

As origens evolucionárias das estruturas do SNP podem ser resumidas em duas frases:

- Todos os neurônios com corpos celulares no SNC derivam do tubo neural.
- Todos os neurônios com corpos celulares no SNP derivam da crista neural.

Desse modo, os neurônios motores somáticos e os *neurônios autônomos pré-ganglionares* se formam a partir dos neuroblastos da lâmina basal do tubo neural (Figura 12.16, p. 383); os neurônios sensitivos e os

neurônios autônomos pós-ganglionares formam-se a partir da crista neural.

No desenvolvimento da parte simpática (Figura 15.15), algumas células migram na direção ventral, a partir da crista neural, formando os gânglios do tronco simpático. A partir daí, outras células migram na aorta e na medula suprarrenal. Os gânglios do tronco simpático e os gânglios pré-vertebrais recebem axônios dos neurônios pré-ganglionares espinais e eles, por sua vez, enviam axônios pós-ganglionares para os órgãos viscerais.

No desenvolvimento da parte parassimpática, os neurônios pós-ganglionares também derivam da crista neural e alcançam os órgãos viscerais migrando ao longo dos axônios pré-ganglionares em crescimento.

Na juventude, os defeitos da função nervosa visceral geralmente se devem a lesões na medula espinal ou nos nervos autônomos. Com o avanço da idade, a eficiência do SNA começa a diminuir. Em geral, as pessoas idosas estão constipadas porque a motilidade do seu trato gastrointestinal, controlada de forma autônoma, é reduzida. Infecções oculares frequentes podem resultar da diminuição da formação de lágrimas, que contêm enzimas bactericidas, e as pupilas não conseguem dilatar tão amplamente ou tão rapidamente. Sempre que uma pessoa jovem e saudável se coloca de pé, a parte simpática induz uma vasoconstrição no corpo inteiro, elevando a pressão arterial para que o sangue possa ser bombeado para a cabeça e o encéfalo. Com a idade mais avançada, a resposta torna-se lenta. Isso pode fazer que as pessoas idosas desmaiem, caso se levantem mui-

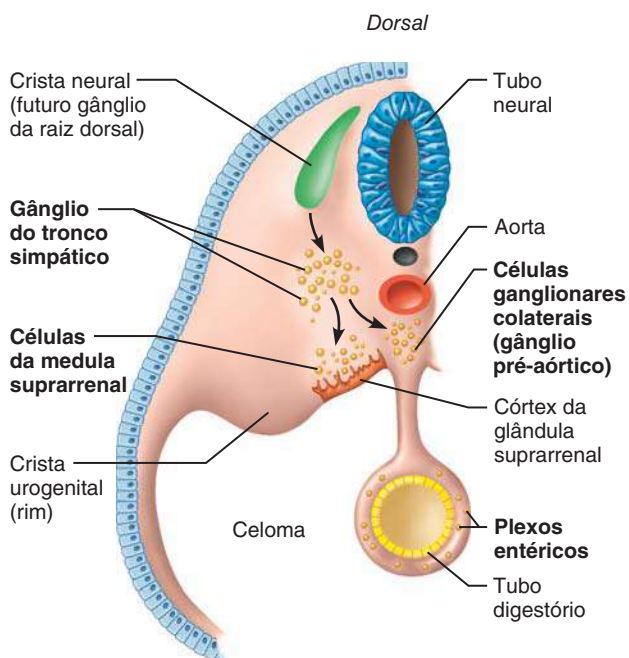


Figura 15.15 Desenvolvimento embrionário de algumas estruturas simpáticas, incluindo a medula suprarrenal. Corte transversal através de um embrião de 5 semanas.

to rápido. Embora esses problemas relacionados com a idade sejam aflitivos, normalmente não são fatais e podem ser aliviados facilmente. Por exemplo, levantar-se lentamente dá tempo ao sistema nervoso simpático para ajustar a pressão arterial. No caso do ressecamento dos olhos, existem colírios específicos para tratar o problema. Já o problema de constipação pode ser aliviado com a ingestão de bastante líquido.



TERMOS CLÍNICOS

Bexiga atônica (“sem tônus”) Condição em que a bexiga fica flácida e excessivamente cheia, permitindo que a urina goteje (perda urinária). A bexiga atônica resulta de uma perda temporária do reflexo de micção após lesão na medula espinal.

✓ Verifique seu conhecimento

- 14. Qual tecido embrionário forma os neurônios pós-ganglionares do SNA?
- 15. Qual divisão do SNA é deficiente na acalasia esofágica? Qual divisão funciona mal na doença de Raynaud?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Vagotomia Corte ou laceração de um nervo vago, muitas vezes para diminuir a secreção ácida do estômago e outros sucos digestórios cáusticos que pioram as úlceras.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. O SNA é o sistema de neurônios motores que inervam o músculo liso, o músculo cardíaco e as glândulas. É a divisão motora visceral geral do SNP. O SNA opera em grande parte abaixo do nível de consciência.

VISÃO GERAL DA DIVISÃO AUTÔNOMA DO SISTEMA NERVOSO (p. 485-489)

Comparação dos sistemas motores somático e autônomo (p. 485-487)

2. Na divisão motora somática do sistema nervoso, um único neurônio motor forma a via que vai do SNC até as células musculares esqueléticas. As vias motoras autônomas, por outro lado, consistem em cadeias de dois neurônios: o neurônio pré-ganglionar, cujo corpo celular está no SNC, e o neurônio pós-ganglionar, cujo corpo celular está em um gânglio autônomo. O axônio pós-ganglionar inerva os órgãos viscerais.

Partes da divisão autônoma do sistema nervoso (p. 487-489)

3. O SNA possui as partes parassimpática e simpática. Ambas inervam igualmente muitos órgãos, mas produzem efeitos opostos (Tabela 15.2, p. 492). A parte simpática prepara o corpo para “lutar ou fugir”, enquanto a parte parassimpática é ativa durante o “repouso e a digestão”.
4. A parte parassimpática sai do SNC nos nervos cranianos e sacrais e possui axônios pré-ganglionares comparativamente longos. A parte simpática sai nos nervos torácicos e lombares e possui axônios pós-ganglionares comparativamente longos.
5. As duas divisões diferem quanto aos neurotransmissores que liberam no órgão efetor. A acetilcolina é liberada pelas fibras pós-ganglionares parassimpáticas, enquanto a nore-

pinefrina é liberada pela maioria das fibras pós-ganglionares simpáticas.

PARTE PARASSIMPÁTICA (p. 489-492)

Eferência craniana (p. 489-490)

6. As fibras parassimpáticas cranianas surgem nos núcleos dos nervos cranianos III, VII, IX e X, no tronco encefálico, formando sinapses nos gânglios da cabeça, do tórax e do abdome. Os axônios no nervo craniano (NC) III inervam a musculatura lisa no olho via uma sinapse no gânglio ciliar. Os axônios no NC VII inervam as glândulas submandibulares, sublinguais, lacrimais e nasais. Os axônios no NC IX inervam a glândula parótida via uma sinapse no gânglio ótico.
7. As fibras parassimpáticas no nervo vago (NC X) inervam os órgãos no tórax e na maior parte do abdome, incluindo coração, pulmões, esôfago, estômago, fígado e a maior parte dos intestinos. Os axônios no vago são pré-ganglionares. Quase todos os neurônios pós-ganglionares estão situados nos gânglios intramurais, dentro das paredes dos órgãos.

Eferência sacral (p. 490-492)

8. As vias parassimpáticas sacrais inervam as vísceras pélvicas. Os axônios pré-ganglionares saem da região motora visceral de substância cinzenta da medula espinal (S2-S4) e formam os nervos esplâncnicos pélvicos. A maioria desses axônios forma sinapse nos gânglios intramurais dos órgãos pélvicos.

PARTE SIMPÁTICA (p. 493-498)

Organização básica (p. 493 e 494)

9. Os corpos celulares simpáticos pré-ganglionares encontram-se no corno lateral da substância cinzenta a medula espinal, do nível de T1 até L2.
10. A parte simpática fornece algumas estruturas periféricas que a parte parassimpática não fornece: eretores dos pelos, glândulas sudoríferas e o músculo liso dos vasos sanguíneos.
11. Os gânglios simpáticos incluem de 22 a 24 pares de gânglios do tronco simpático (também chamados gânglios da cadeia simpática e gânglios paravertebrais), que estão liga-

dos para formar troncos simpáticos em ambos os lados da coluna vertebral, e gânglios pré-vertebrais não pareados, gânglios pré-vertebrais, a maioria deles situada sobre a parte abdominal de aorta.

Vias simpáticas (p. 494-496)

12. Todo axônio simpático pré-ganglionar sai do corno lateral da medula espinal toracolombar através de uma raiz ventral e um nervo espinal. A partir daí, ele segue em um ramo comunicante branco até um gânglio do tronco simpático ou um gânglio pré-vertebral, onde forma sinapse com o neurônio pós-ganglionar que se estende até o efetor visceral. Muitos axônios pré-ganglionares sobem ou descem no tronco simpático e formam sinapses em um gânglio em outro nível do corpo.
13. Na via simpática para a periferia do corpo (para inervar os músculos retores dos pelos, glândulas sudoríferas e vasos sanguíneos periféricos), os axônios pré-ganglionares formam sinapses nos gânglios do tronco simpático e os axônios pós-ganglionares seguem nos ramos comunicantes cinzentos para os ramos dorsais e ventrais dos nervos espinais visando à distribuição periférica.
14. Na via simpática para a *cabeça*, os axônios pré-ganglionares sobem pelo tronco simpático e formam sinapses no gânglio cervical superior. A partir daí, a maioria dos axônios pós-ganglionares associa-se com uma grande artéria que os distribui para as glândulas e para a musculatura lisa da cabeça.
15. Na via simpática para os *órgãos torácicos*, a maioria dos axônios pré-ganglionares forma sinapse no gânglio do tronco simpático mais próximo e os axônios pós-ganglionares seguem diretamente para os órgãos (pulmões, esôfago). No entanto, muitos axônios pós-ganglionares para o coração descem dos gânglios cervicais no pescoço.
16. Na via simpática para os *órgãos abdominais*, os axônios pré-ganglionares seguem nos nervos esplâncnicos e formam sinapses nos gânglios pré-vertebrais na aorta. A partir desses gânglios, os axônios pós-ganglionares seguem as grandes artérias até as vísceras abdominais (estômago, fígado, rim e a maior parte do intestino grosso).
17. Na via simpática para os *órgãos pélvicos*, os axônios pré-ganglionares formam sinapses nos gânglios do tronco simpático ou nos gânglios pré-vertebrais na aorta, sacro e assoalho da pelve. Os axônios pós-ganglionares percorrem os plexos autônomos mais inferiores até os órgãos pélvicos.

O papel da medula suprarrenal na parte simpática (p. 497 e 498)

18. As glândulas suprarrenais, uma acima de cada rim, contêm uma medula de neurônios simpáticos pós-ganglionares modificados que secretam os hormônios epinefrina (adrenalina) e norepinefrina no sangue. O resultado é o “surto de adrenalina” sentido durante a emoção.

19. As células da medula suprarrenal são inervadas pelos neurônios simpáticos pré-ganglionares, que as avisam para secretar os hormônios.

NEURÔNIOS SENSITIVOS VISCERAIS (p. 498 e 499)

20. Os neurônios sensitivos viscerais gerais monitoram a temperatura, dor, irritação, alterações químicas e estiramento nos órgãos viscerais.
21. As fibras sensitivas viscerais seguem dentro dos nervos autônomos, especialmente dentro dos nervos vagos e simpáticos. A maioria das fibras de dor dos órgãos viscerais do corpo segue a via simpática para o SNC e é levada pelo trato espinotalâmico até o tálamo, e depois até o córtex sensitivo visceral.
22. A dor visceral é induzida por estiramento, infecção e espasmos nos órgãos internos, mas raramente por cortes ou arranhões nesses órgãos. A dor visceral é referida para as regiões somáticas do corpo que recebem inervação dos mesmos segmentos medulares espinais.

REFLEXOS VISCERAIS (p. 499-500)

23. Muitos reflexos viscerais são reflexos espinais, como o reflexo de defecação. Outros, como o reflexo barorreceptor, envolvem centros de integração no tronco encefálico. Alguns reflexos viscerais, porém, envolvem apenas neurônios periféricos.

CONTROLE CENTRAL DA DIVISÃO AUTÔNOMA DO SISTEMA NERVOSO

(p. 500 e 501)

24. As funções motoras viscerais são influenciadas pelo bulbo (pela substância cinzenta central periaquedutal), pelos reflexos viscerais espinais, pelo hipotálamo, pelo corpo amigdalóide e pelo córtex cerebral. Algumas pessoas conseguem regular voluntariamente algumas atividades autônomas adquirindo um controle extraordinário sobre suas emoções.

TRANSTORNOS DA DIVISÃO AUTÔNOMA DO SISTEMA NERVOSO (p. 501 e 502)

25. A maioria dos transtornos autônomos reflete problemas com o controle da musculatura lisa. A doença de Raynaud e a hipertensão resultam de anormalidades no controle vascular.

A DIVISÃO AUTÔNOMA DO SISTEMA NERVOSO AO LONGO DA VIDA (p. 502 e 503)

26. Os neurônios pré-ganglionares desenvolvem-se a partir do tubo neural. Os neurônios pós-ganglionares e os neurônios sensitivos viscerais desenvolvem-se a partir da crista neural.
27. A eficiência do SNA diminui na velhice: a motilidade gastrointestinal e a produção de lágrimas diminuem e a resposta vasomotora é mais lenta quando a pessoa se levanta rapidamente.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha /Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

1. Qual dos seguintes elementos *não* caracteriza o SNA? (a) cadeias motoras de dois neurônios; (b) corpos celulares pré-ganglionares no SNC; (c) presença de corpos celulares pós-ganglionares nos gânglios; (d) inervação do músculo esquelético.

2. Para cada um dos seguintes termos ou frases, escreva S (para *simpática*) ou P (para *parassimpática*) em relação à parte do SNA.

- ___(1) axônios pré-ganglionares curtos, axônios pós-ganglionares longos
- ___(2) gânglios intramurais
- ___(3) eferência craniosacral

- ___(4) fibras adrenérgicas
 - ___(5) gânglios cervicais do tronco simpático
 - ___(6) gânglios óticos e ciliares
 - ___(7) resposta mais generalizada
 - ___(8) aumenta a frequência cardíaca, frequência respiratória e pressão arterial
 - ___(9) aumenta a motilidade do estômago e a secreção das glândulas lacrimais e salivares
 - ___(10) inerva os vasos sanguíneos
 - ___(11) mais ativo quando você está se balançando em uma rede
 - ___(12) mais ativo quando você está correndo em uma maratona
 - ___(13) ramos comunicantes cinzentos
 - ___(14) sinapse no gânglio celíaco
 - ___(15) relacionado(a) à resposta ao medo induzida pelo corpo amigdalóide
3. Os nervos esplâncnicos contêm que tipo de axônios? (a) parassimpáticos pré-ganglionares; (b) parassimpáticos pós-ganglionares; (c) simpáticos pré-ganglionares; (d) simpáticos pós-ganglionares.
 4. Os gânglios pré-vertebrais contêm que tipos de corpos celulares? (a) parassimpáticos pré-ganglionares; (b) parassimpáticos pós-ganglionares; (c) simpáticos pré-ganglionares; (d) simpáticos pós-ganglionares.
 5. Os neurônios simpáticos pré-ganglionares desenvolvem-se a partir: (a) da crista neural; (b) do tubo neural; (c) da lâmina alar; (d) do endoderma.
 6. Qual das seguintes é a melhor maneira de descrever como o SNA é controlado? (a) completamente sob o controle voluntário do córtex cerebral; (b) controla a si próprio inteiramente; (c) completamente sob o controle do tronco encefálico; (d) pouco controle pelo cérebro, grande controle pelo hipotálamo e pelo corpo amigdalóide e grande controle pelos reflexos espinais e periféricos.
 7. Os ramos comunicantes brancos contêm que tipo de axônios? (a) parassimpáticos pré-ganglionares; (b) parassimpáticos pós-ganglionares; (c) simpáticos pré-ganglionares; (d) simpáticos pós-ganglionares.
 8. Os gânglios simpáticos colaterais estão envolvidos com a inervação: (a) dos órgãos abdominais; (b) dos órgãos torácicos; (c) da cabeça; (d) dos músculos eretores dos pelos; (e) todos eles.

Dissertativas

9. O sistema nervoso sensitivo visceral faz parte do SNA? Explique a sua resposta.
10. (a) Descreva a relação anatômica dos ramos comunicantes branco e cinzento com um nervo espinal e com os ramos dorsal e ventral. (b) Por que os ramos comunicantes cinzentos têm essa cor?
11. Qual é o efeito que a ativação simpática surte em cada uma das seguintes estruturas? Glândulas sudoríferas, pupilas, medula suprarrenal, coração, pulmões, vasos sanguíneos dos músculos esqueléticos, vasos sanguíneos das vísceras digestórias, glândulas salivares.
12. Quais dos efeitos apresentados na questão 11 seriam revertidos pela atividade parassimpática?
13. Um amigo lhe pergunta como a parte parassimpática, que vem apenas das regiões craniana e sacral, é capaz de iner-

var os órgãos no tórax e no abdome. Como você responderia a essa pergunta?

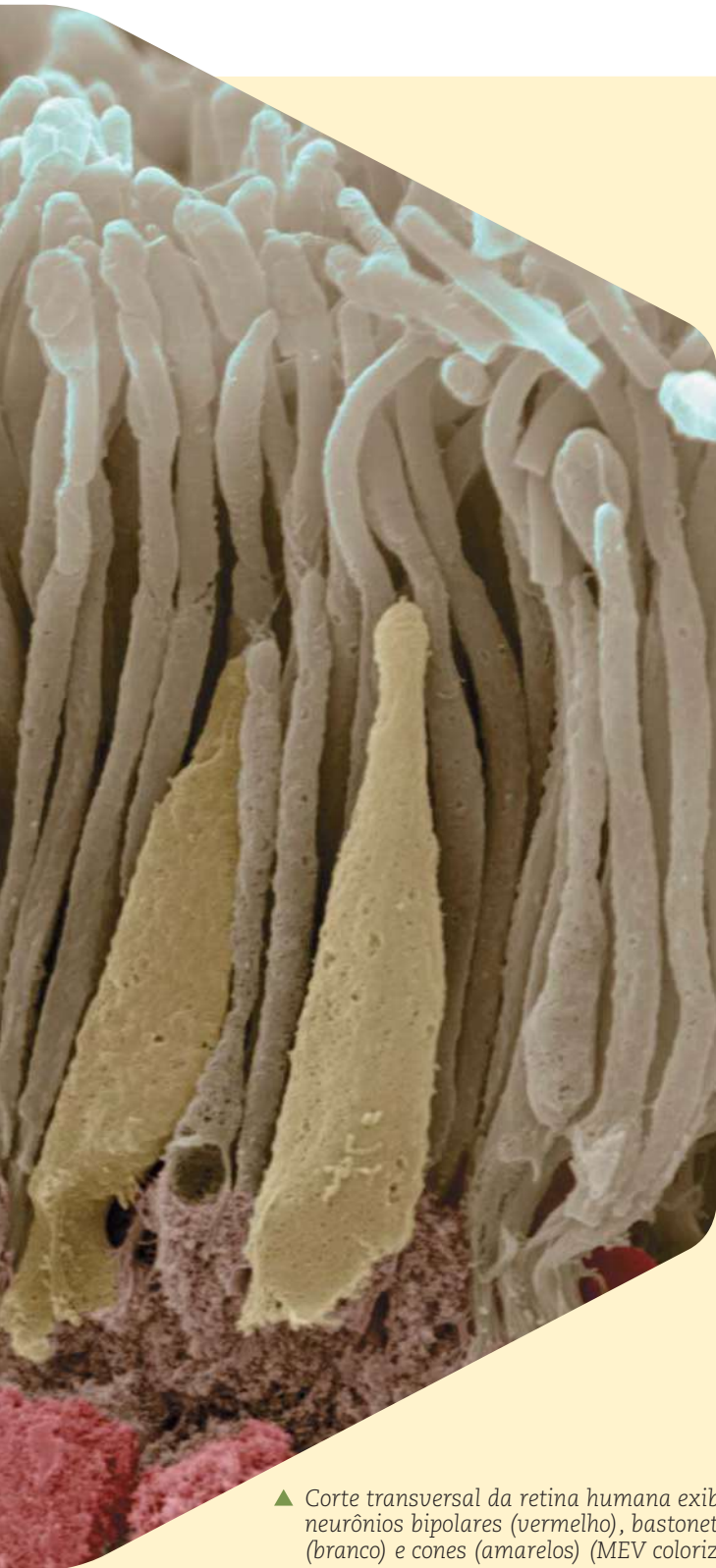
14. Quais manifestações de diminuição na eficiência do SNA são observadas nas pessoas idosas?
15. Os alunos na aula de anatomia estavam com dificuldade para entender que tipos de corpos celulares estão situados nos gânglios autônomos. Frustrado por ouvir a mesma pergunta repetidamente, o professor assistente subiu na mesa e gritou: “Os gânglios autônomos sempre contêm corpos celulares *pós-ganglionares!*” Descreva como essa informação capacitou os alunos a descobrirem que tipo de neurônio possui corpos celulares: (a) nos gânglios do tronco simpático; (b) nos gânglios intramurais e (c) nos gânglios da cabeça (ciliar, pterigopalatino, submandibular e ótico).
16. Descreva as vias simpáticas para: (a) a glândula salivar submandibular; (b) a bexiga; (c) as glândulas sudoríferas na pele; (d) a medula suprarrenal; (e) o coração; (f) o estômago.
17. Descreva as vias parassimpáticas para: (a) os músculos lisos no olho; (b) a bexiga; (c) o intestino delgado.
18. Descreva o caminho do vago através do pescoço, tórax e abdome.
19. Quais estruturas são inervadas pela parte *sacral* da parte parassimpática?
20. Como as vias motoras somáticas e motoras viscerais (SNA) diferem anatômica e funcionalmente?

Análise crítica e aplicação clínica

1. Um bebê de 1 ano de idade tem um abdome inchado e está sempre constipado. No exame, é percebida uma massa sobre o colo distal, e os exames de raios X mostram que o colo está bastante distendido nessa região. A partir das informações deste capítulo, identifique uma possível causa dos sintomas.
2. Rosana, uma poderosa executiva de marketing, desenvolveu uma úlcera estomacal. Ela queixa-se de dor abdominal profunda que não consegue localizar bem, além de uma dor superficial na sua parede do abdome. Exatamente em que local da parede do abdome a dor superficial provavelmente está situada? (Consulte a Figura 15.10.)
3. As pessoas constipadas costumam ter fezes endurecidas que podem lacerar o revestimento interno do reto e do ânus durante a defecação. As pessoas com laceração na pele do ânus queixam-se de dor aguda, enquanto as pessoas com lacerações na mucosa intestinal não se queixam dessa dor. Como você explica essa diferença?
4. Uma mulher com histórico de infecções renais estava sentindo dor na pele da parte inferior do seu abdome e até mesmo nas coxas. Isso faz sentido? Explique.
5. Qual condição clínica tem os sintomas clássicos de pontas dos dedos azuis que depois voltam a ficar vermelhas?
6. Por que uma pessoa com lesão na medula espinal não tem déficits na função digestória?
7. Suponha que um cientista louco tentando inventar um raio da morte produza um feixe que destrua os gânglios ciliar, pterigopalatino e submandibular de uma pessoa (e nada mais). Mencione todos os sinais que seriam evidentes na vítima. Depois disso, você acha que a vítima morreria ou o cientista voltaria para o laboratório para tentar novamente?
8. O estresse relacionado ao trabalho é uma preocupação para as pessoas em muitas ocupações. Uma resposta para o estresse é um aumento na atividade nervosa simpática. Quais são alguns problemas de saúde que podem resultar da estimulação simpática crônica?

Órgãos dos sentidos

16



▲ Corte transversal da retina humana exibindo neurônios bipolares (vermelho), bastonetes (branco) e cones (amarelos) (MEV colorizada).

Sentidos químicos: paladar e olfato 507

Paladar (gustação) 507

Olfato (olfação) 508

Desenvolvimento embrionário dos sentidos químicos 509

Transtornos dos sentidos químicos 509

Olho e visão 510

Estruturas acessórias do olho 510

Anatomia do bulbo do olho 513

Olho como dispositivo óptico 520

Vias visuais 521

Desenvolvimento embrionário do olho 523

Transtornos oculares e visuais 523

Orelha: audição e equilíbrio 525

Orelha externa 525

Orelha média 525

Orelha interna 528

Vias da audição e do equilíbrio 533

Desenvolvimento embrionário da orelha 534

Transtornos de audição e de equilíbrio 535

Os órgãos dos sentidos ao longo da vida 536

As pessoas são criaturas responsivas. O aroma de pão assando nos deixa com água na boca; os relâmpagos nos fazem piscar; o trovão nos faz recuar. Muitos estímulos como esses chegam até nós diariamente e são processados pelo sistema nervoso.

Geralmente, dizem que temos cinco sentidos: tato, paladar, olfato, visão e audição. Na realidade, o tato é um grande grupo de sentidos gerais (tratados no Capítulo 14); os outros quatro sentidos — *olfato*, *paladar*, *visão* e *audição* — chamam-se *sentidos especiais*. Os receptores para um quinto sentido especial — o *equilíbrio*, ou sentido de equilíbrio — estão situados na orelha.

Os receptores para os sentidos gerais são bem distribuídos; por outro lado, os **receptores sensitivos especiais** estão situados e confinados na região da cabeça. Os receptores para os sentidos especiais não são terminações livres dos neurônios sensitivos, mas **células receptoras** distintas. São células epiteliais similares a neurônios ou são pequenos neurônios periféricos que transferem informações sensitivas para outros neurônios nas vias aferentes para o cérebro. Os receptores sensitivos especiais estão abrigados em órgãos sensitivos complexos (olho ou orelha) ou em estruturas epiteliais especiais (calículos gustatórios ou epitélio olfatório). Sua informação sensitiva segue para o cérebro através dos nervos cranianos.

Este capítulo explora a anatomia funcional dos cinco sentidos especiais: os sentidos químicos do paladar e olfato, que são sentidos viscerais especiais (p. 365), e os sentidos somáticos especiais da visão, no olho, e da audição e equilíbrio, na orelha.

SENTIDOS QUÍMICOS: PALADAR E OLFATO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever os receptores do paladar e olfato;
- ▶ descrever os caminhos percorridos pela informação sensitiva, dos receptores até o cérebro.

Os receptores do paladar (gustação) e do olfato (olfação) são classificados como **quimiorreceptores** por-

que respondem a substâncias químicas — substâncias químicas alimentares dissolvidas na saliva e substâncias químicas transportadas pelo ar que dissolvem nos fluidos das membranas nasais, respectivamente.

Paladar (gustação)

Calículos gustatórios

Os receptores do paladar ocorrem nos **calículos** (botões) **gustatórios** da mucosa bucal e faríngea. A maioria dos cerca de 10 mil calículos gustatórios encontra-se na superfície da língua; alguns outros ocorrem na região posterior do palato (teto da boca), na superfície interna das bochechas, na parede posterior da faringe e na epiglote (estrutura em forma de folha atrás da língua).

A maioria dos calículos gustatórios ocorre em projeções da mucosa da língua, similares a pinos, chamadas **papilas** (Figura 16.1a). Os calículos gustatórios ocorrem dentro do epitélio que cobre as papilas. Nas pequenas **papilas fungiformes** espalhadas pela superfície da língua, os calículos gustatórios encontram-se na superfície do ápice da língua. Nas grandes **papilas circunvaladas** dispostas em V invertido perto da parte posterior da língua e nas **papilas folhadas** na superfície posterolateral da língua, os calículos gustatórios estão nas paredes laterais (Figura 16.1b).

Cada calículo gustatório é um conjunto globular de 50 a 100 células epiteliais que lembram um botão em uma planta ou uma tulipa fechada (Figura 16.1c). Cada

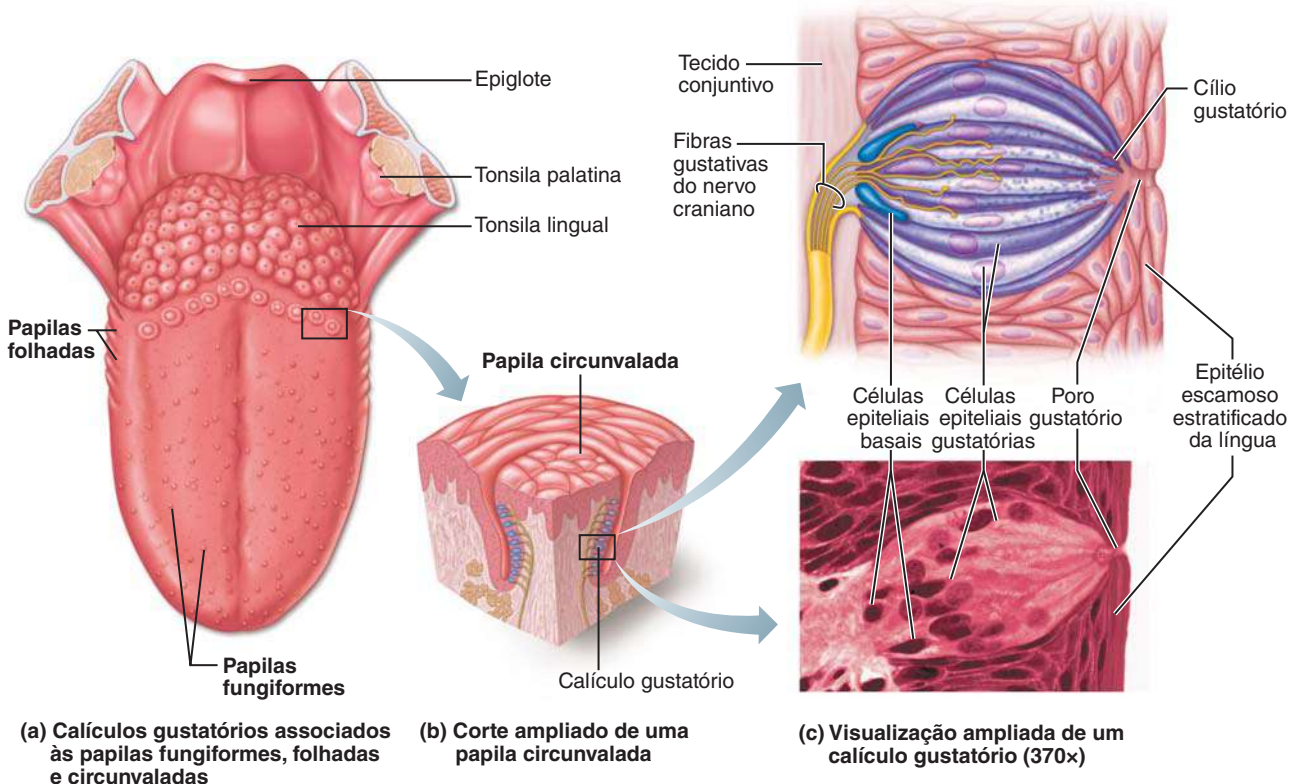


Figura 16.1 Calículos gustatórios na língua.

um deles contém dois tipos de células principais: **células epiteliais gustatórias** e **células epiteliais basais**. Microvilosidades longas chamadas **cílios gustatórios** projetam-se das células epiteliais gustatórias e estendem-se através de um **poro gustatório** até a superfície do epitélio. Nesse ponto, as microvilosidades são banhadas pela saliva contendo as moléculas dissolvidas que estimulam o paladar. Essas moléculas ligam-se à membrana plasmática das microvilosidades, induzindo as células epiteliais gustatórias a gerarem impulsos nas fibras nervosas sensitivas que as inervam.

As células nos calículos gustatórios são reabastecidas a cada 7 a 10 dias pela divisão das células epiteliais basais, substituindo as células epiteliais gustatórias que são lixadas e queimadas durante a ingestão. Se um calículo gustatório inteiro for destruído, um novo se forma após a sua terminação nervosa crescer no epitélio em regeneração.

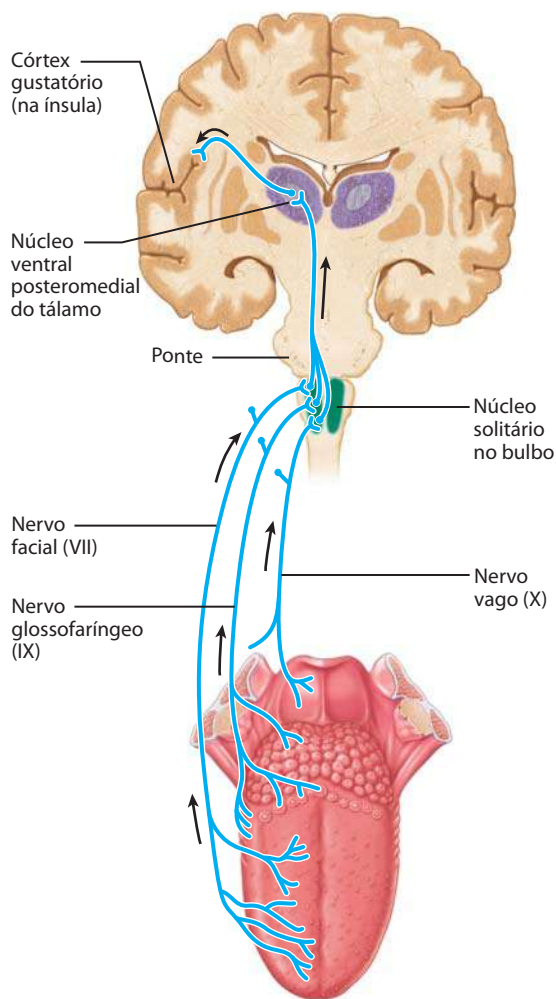


Figura 16.2 Via gustatória. A sensibilidade de gustação é transmitida dos calículos gustatórios para a área gustatória do córtex cerebral.

Sensibilidade e via gustatória

A gustação pode ser descrita em termos de cinco qualidades básicas: doce, azedo, salgado, amargo e *umami*. Esta última, de origem japonesa, que significa “delícia”, foi reconhecida nos anos 1980 como um quinto gosto distinto. Esse gosto é despertado por uma substância chamada glutamato, encontrada naturalmente na carne, queijos envelhecidos e tomates. Embora sejam comuns os mapas que atribuem tipos específicos de paladar a áreas também específicas da língua, há muito tempo os pesquisadores sabem que essas áreas são dúbias e que todas as modalidades de gosto podem ser despertadas por todas as áreas que contenham calículos gustatórios.

A informação do paladar, ou gosto, chega ao tronco encefálico e ao córtex cerebral através da **via gustatória** (Figura 16.2). As fibras sensitivas que transmitem essas informações ocorrem em três nervos cranianos:

- *Nervo facial* (VII): transmite impulsos dos receptores gustatórios nos dois terços anteriores da língua.
- *Nervo glossofaríngeo* (IX): transmite impulsos do terço posterior da língua e também dos poucos calículos gustatórios na faringe.
- *Nervo vago* (X): transmite impulsos de paladar dos poucos calículos gustatórios na epiglote e na parte inferior da faringe.

Todos os neurônios sensitivos que transmitem informações de paladar formam sinapses em um núcleo do bulbo, chamado *núcleo solitário*. A partir daí, os impulsos são transmitidos para o tálamo e, finalmente, para a área gustatória do córtex cerebral no lobo da ínsula.

Olfato (olfação)

Os receptores do olfato situam-se em uma lâmina de epitélio no teto da cavidade nasal (Figura 16.3a). Especificamente, os receptores fazem parte do **epitélio olfatório** que cobre a concha nasal superior e a parte superior do septo nasal, sendo ventilados pelo ar agitado que foi inalado para dentro da cavidade nasal. O ato de cheirar traz mais ar para o epitélio olfatório e, assim, intensifica o sentido do olfato.

O epitélio olfatório é um epitélio colunar pseudo-estratificado (Figura 16.3b) que contém milhões de neurônios bipolares chamados **neurônios sensitivos olfatórios**, que são envolvidos por **células epiteliais de sustentação** colunares. Na base do epitélio, existem **células-tronco olfatórias** curtas, células neuroepiteliais não diferenciadas que formam permanentemente novos neurônios sensitivos olfatórios. Desse modo, esses neurônios estão entre os poucos neurônios no corpo que sofrem reposição por toda a vida adulta.

Os corpos celulares dos neurônios sensitivos olfatórios estão situados no epitélio olfatório. Cada célula

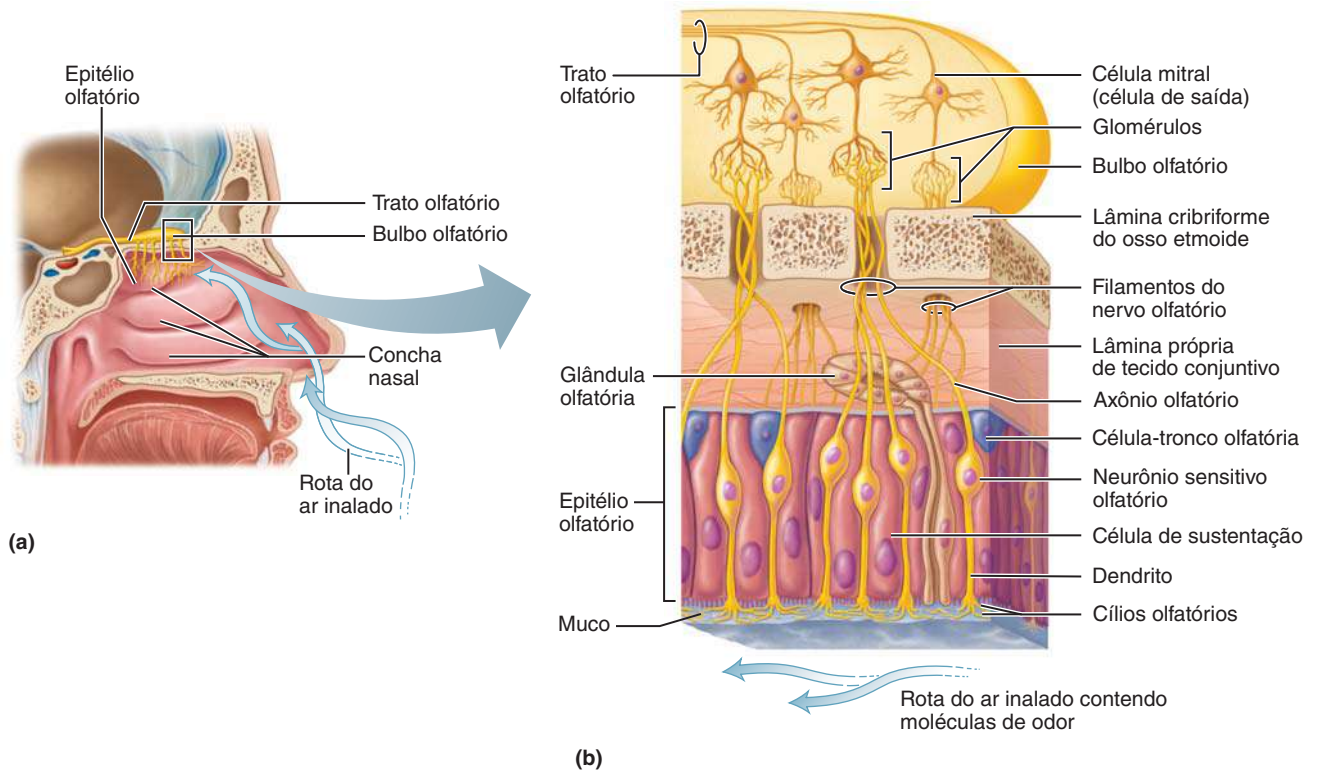


Figura 16.3 Receptores olfatórios. (a) Local do epitélio olfatório na parte superior da cavidade nasal. (b) Vista ampliada do epitélio olfatório exibindo o trajeto dos filamentos do nervo olfatório.

receptora tem um dendrito apical que se projeta para a superfície epitelial e termina em um botão do qual irradiam longos **cílios olfatórios**, ou “pelos”. Na superfície, esses cílios agem como estruturas receptoras para o olfato ligando as moléculas de odor às proteínas receptoras localizadas na membrana plasmática dos cílios. A superfície do epitélio também é revestida com uma camada de muco secretado pelas células de sustentação vizinhas e pelas glândulas olfatórias no tecido conjuntivo subjacente (lâmina própria). Esse muco, que captura e dissolve as moléculas de odor do ar, é renovado continuamente, levando embora as moléculas de odor antigas para que novos odores tenham acesso aos cílios olfatórios. Ao contrário de outros cílios no corpo, os cílios olfatórios são praticamente imóveis.

Cada neurônio sensitivo olfatório possui um axônio que entra no tecido conjuntivo da lâmina própria (Figura 16.3b). Nesse ponto, os axônios reúnem-se em feixes nervosos chamados **filamentos do nervo olfatório** (nervo craniano I), que penetram na lâmina cribriforme do osso etmoide e entram no **bulbo olfatório**, na face inferior do telencéfalo. Nesse bulbo, os axônios do nervo olfatório ramificam-se profusamente e formam sinapses com neurônios chamados **células mitrais** (“em forma de mitra”), em agrupamentos sinápticos complexos, chamados **glomérulos** (“novelos de lã”). Depois, as células mitrais retransmitem a informação olfatória para outras partes do cérebro.

Ao receberem estímulos nas sinapses com os neurônios sensitivos olfatórios, as células mitrais transmitem os impulsos ao longo do trato olfatório para:

1. o sistema límbico, onde os odores despertam emoções; e
2. o córtex olfatório primário (Figura 13.13b, p. 406).

O córtex olfatório processa a informação olfatória e a transforma em uma percepção consciente do odor; ele também envia essa informação através de uma retransmissão talâmica para o córtex orbital (visto também na Figura 13.13b), onde os odores são analisados e comparados a outros odores.

Desenvolvimento embrionário dos sentidos químicos

O desenvolvimento do epitélio olfatório e dos calículos gustatórios é direto. O epitélio olfatório deriva dos pares de placoides olfatórios, que são espessamentos do ectoderma superficial na região nasal embrionária (ver Figura 22.19, p. 698). Os calículos gustatórios desenvolvem-se, após a estimulação pelos nervos gustatórios, a partir do epitélio que reveste a boca e a faringe embrionárias, e do epitélio derivado do ectoderma e do endoderma.

Transtornos dos sentidos químicos

Existem transtornos do paladar e da olfação, mas os transtornos olfatórios são mais comuns. A ausência de

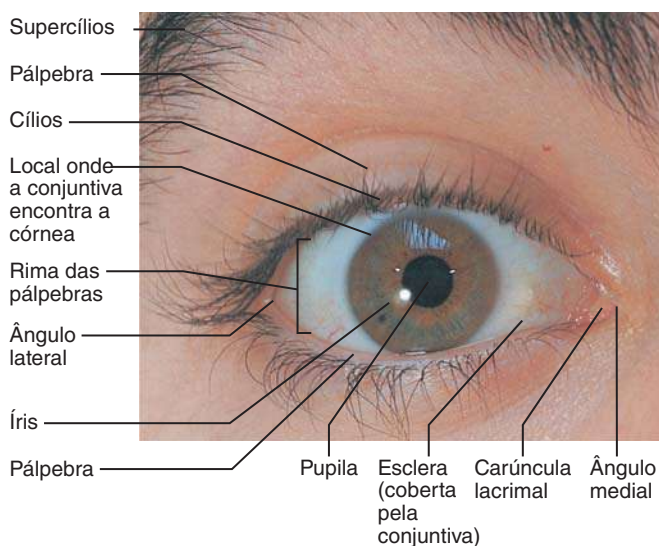
olfato, chamada **anosmia** (“sem olfato”), resulta normalmente de golpes na cabeça que rompem os nervos olfatórios, de resfriados ou alergias que produzem uma quantidade excessiva de muco na cavidade nasal ou de entupimento físico da cavidade nasal (por pólipos, por exemplo). Surpreendentemente, a causa de um terço de todos os casos de perda dos sentidos químicos é a deficiência de zinco. Um suplemento alimentar à base dessa substância propicia uma cura rápida.

Os transtornos cerebrais podem distorcer o sentido do olfato. Algumas pessoas têm **epilepsias uncinadas** (epilepsias do lobo temporal), que são alucinações olfatórias em que elas percebem algum odor imaginário como o de gasolina ou carne podre. A epilepsia uncinada tem esse nome porque o córtex olfatório primário está no unco (semelhante a um gancho) do cérebro (ver p. 407 e 408). Essas epilepsias podem resultar de irritação da via olfatória por uma cirurgia cerebral ou traumatismo craniano. As auras olfatórias — odores imaginados por alguns epiléticos bem antes das convulsões — são epilepsias uncinadas breves.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Que tipo de tecido forma as células receptoras do paladar?
- 2. Que tipo de célula forma os receptores olfatórios? Quando essas células são danificadas, elas são substituídas?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



(a) Anatomia superficial do olho direito

OLHO E VISÃO

A visão é o sentido dominante no homem: aproximadamente 70% dos receptores sensitivos no corpo estão nos olhos e 40% do córtex cerebral está envolvido no processamento da informação visual (ver p. 407). As células receptoras visuais (fotorreceptoras) percebem e codificam os padrões de luz que entram no olho; subsequentemente, o cérebro confere um significado a esses sinais, formando imagens visuais do mundo.

O órgão visual é o **bulbo do olho** (ou simplesmente olho), uma estrutura esférica com um diâmetro em torno de 2,5 cm. Apenas um sexto anterior da sua superfície é visível; o restante encontra-se na órbita óssea cuneiforme, onde é circundado por um amortecedor protetor de gordura. Atrás do olho, a metade posterior da órbita contém o nervo óptico, as artérias e veias para o olho e os músculos extrínsecos do bulbo do olho.

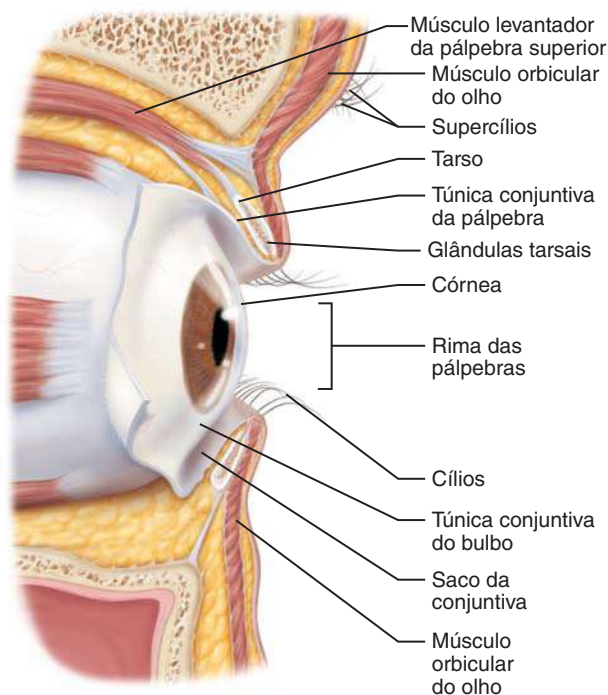
Estruturas acessórias do olho

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a anatomia e a função das estruturas acessórias do olho;
- ▶ descrever os movimentos produzidos pelos seis músculos extrínsecos do olho e o nervo craniano que inerva cada um deles.

Supercílios

Os **supercílios** (sobrancelhas) consistem em pelos grossos na pele dos arcos superiores (cristais



(b) Visualização lateral; algumas estruturas exibidas em corte sagital

Figura 16.4 Estruturas acessórias do olho.

frontais do crânio) e protegem os olhos da luz solar e evitam que a perspiração desça pela frente e chegue aos olhos.

Pálpebras

Anteriormente, os olhos são protegidos pelas **pálpebras** móveis. As pálpebras superiores e inferiores são separadas pela **rima das pálpebras** (fenda) e encontram-se nos ângulos medial e lateral, ou cantos do olho (**Figura 16.4a**). O ângulo medial contém uma elevação avermelhada chamada **carúncula lacrimal** (“um pouco de carne”). As glândulas aqui produzem a “areia nos olhos” deixada pelo lendário Sandman¹ à noite. Na maioria da população de origem asiática, uma prega vertical da pele chamada *prega epicântica* ocorre em ambos os lados do nariz e às vezes cobre o ângulo medial.

As pálpebras são pregas finas cobertas de pele, sustentadas internamente por placas de tecido conjuntivo chamadas **tarso** (**Figura 16.4b**). Essas placas rígidas conferem às pálpebras a sua forma curva e servem como locais de conexão para o músculo que fecha os olhos, o *orbicular do olho* (ver p. 292).

O **levantador da pálpebra superior** é o músculo esquelético que abre voluntariamente o olho e, partindo da parte posterior do teto da órbita, segue anteriormente, penetra na pálpebra superior e se insere no tarso. A parte inferior da aponeurose desse músculo contém fibras de músculo liso, chamadas *músculo tarsal superior*, um músculo involuntário que evita que a pálpebra superior caia (discutido anteriormente na p. 496).

Os **cílios** projetam-se da margem livre de cada pálpebra. Como os folículos desses pelos são ricamente inervados por terminações nervosas, até mesmo uma leve pressão nos cílios dispara o ato reflexo de piscar.

Ocorrem vários tipos de glândulas nas pálpebras. As **glândulas tarsais** são glândulas sebáceas modificadas e incorporadas nos tarsos (**Figura 16.4b**). Arranjadas lado a lado, existem aproximadamente 25 dessas glândulas verticais na pálpebra superior; um número um pouco menor é encontrado na pálpebra inferior. Os ductos das glândulas tarsais abrem-se ao longo da margem das pálpebras, onde liberam um óleo que lubrifica a superfície do olho. Outras glândulas estão associadas aos folículos pilosos dos cílios: as *glândulas ciliares* incluem glândulas sebáceas típicas, cujos ductos se abrem nos folículos pilosos, e glândulas sudoríferas modificadas, situadas entre os folículos. A infecção de uma glândula tarsal resulta em um cisto disforme chamado **calázio** (“inchaço”), enquanto a infecção das glândulas ciliares se chama **terçol**. O tratamento doméstico para ambos inclui compressas quentes e unguento medicinal ou colírio.

Túnica conjuntiva

A **túnica conjuntiva** é uma membrana mucosa transparente que cobre as superfícies internas das pálpebras como **túnica conjuntiva palpebral** e se dobra de volta sobre a superfície anterior do olho como **túnica conjuntiva do bulbo** (**Figura 16.4b**). A túnica bulbar, que cobre o branco do olho — não confundir com a córnea (o tecido transparente sobre a íris e a pupila; **Figura 16.4a**) — é uma membrana muito fina e os vasos sanguíneos são claramente visíveis por baixo dela (esses vasos são responsáveis pelos olhos “injetados”). Quando um olho é fechado, o espaço, semelhante a uma fenda, que se forma entre a superfície do olho e as pálpebras é o **saco da conjuntiva** (o local onde uma lente de contato deve ser colocada).

Microscopicamente, a túnica conjuntiva consiste em um epitélio colunar estratificado sustentado por uma delgada lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo. Seu epitélio contém células calciformes esparsas que secretam um muco lubrificante que impede o ressecamento dos olhos. A deficiência de vitamina A, necessária para manter o epitélio no corpo inteiro, impede que a túnica conjuntiva secrete muco. Em consequência, ela resseca e fica escamosa, prejudicando a visão.

A inflamação da túnica conjuntiva, chamada **conjuntivite**, é uma afecção relativamente comum. A conjuntivite irrita os olhos e os deixa vermelhos. Uma forma altamente contagiosa de conjuntivite provocada por bactérias ou vírus chama-se **conjuntivite contagiosa aguda**.

Aparelho lacrimal

O **aparelho lacrimal**, que mantém a superfície do olho úmida com fluido lacrimal (lágrimas), consiste em uma glândula e em ductos que drenam o fluido lacrimal para a cavidade nasal (**Figura 16.5**). A **glândula lacrimal**, situada na região superolateral da órbita, produz a lágrima, que entra na parte superior do saco da conjuntiva através de pequenos ductos excretores. O ato de piscar o olho espalha esse fluido inferiormente pelo bulbo do olho até o ângulo medial e, neste, cada pálpebra contém uma abertura minúscula chamada **ponto lacrimal** que se esvazia em um tubo pequeno, o **canaliculo lacrimal** (“pequeno canal”). A partir desses canais, o fluido entra no **ducto lacrimonasal**, que se esvazia na cavidade nasal no meato nasal inferior. Uma vez que o fluido lacrimal acaba se esvaziando na cavidade nasal, as pessoas fungam quando choram. Nas pessoas resfriadas, a infecção viral nas passagens nasais pode se espalhar no ducto lacrimonasal e no saco lacrimal, produzindo uma inflamação que provoca o fechamento das passagens por intumescimento. O entupimento resultante impede a drenagem do fluido la-

¹ Nota do tradutor: “Sandman” (homem de areia, em inglês) é uma referência mitológica encontrada em várias culturas. Esse personagem dos contos infantis é uma figura mitológica que sopra areia nos olhos das crianças para que elas durmam. No Brasil, existem algumas referências a um personagem análogo, o João Pestana.

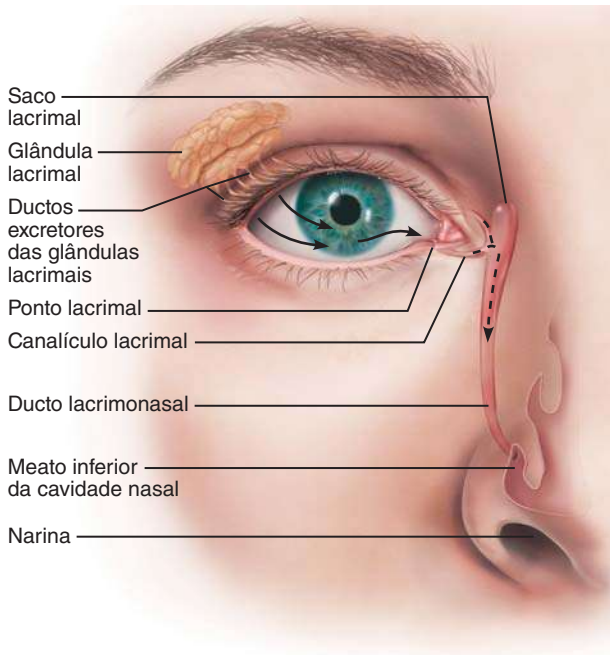


Figura 16.5 Aparelho lacrimal. As setas indicam a direção do fluxo de fluido lacrimal (lágrimas) da glândula lacrimal para a cavidade nasal.

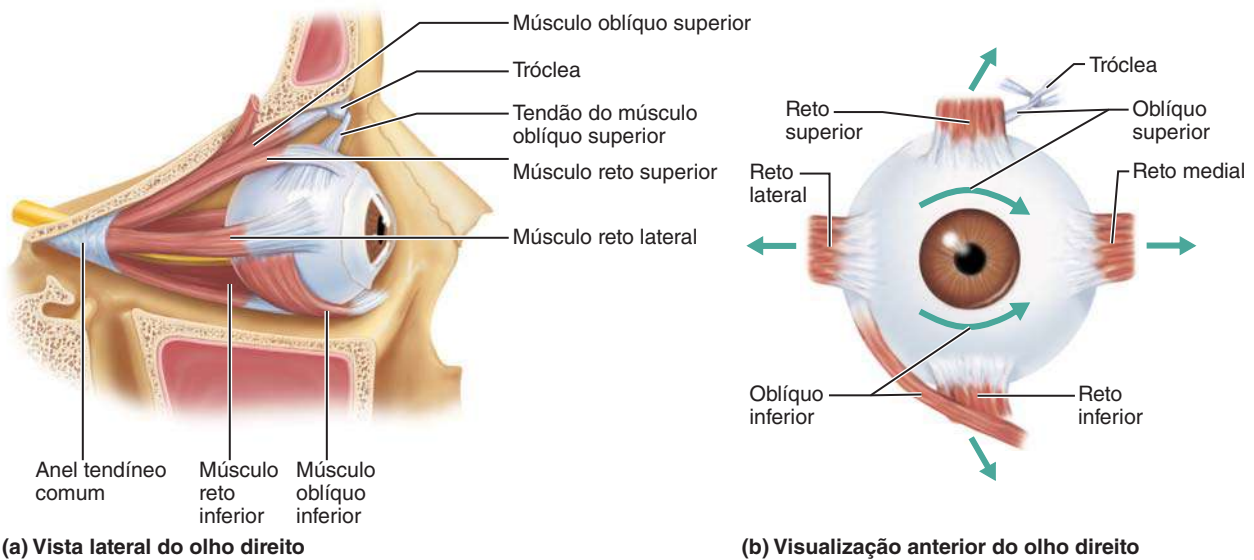
crimal da superfície ocular; o fluido acumula-se e os olhos ficam molhados.

O fluido lacrimal contém muco, anticorpos e **lisozima**, uma enzima que destrói as bactérias. Quando a superfície ocular é irritada por poeira ou vapores (de uma cebola, por exemplo), a secreção de lágrima aumenta para lavar o produto irritante.

Músculos extrínsecos do bulbo do olho

Seis **músculos extrínsecos** (externos) **do olho** (Figura 16.6), que se originam nas paredes da órbita e se inserem na superfície externa do bulbo do olho, controlam o movimento de cada olho e os mantêm em suas órbitas.

Quatro dos músculos extrínsecos são músculos *retos* e se originam no **anel tendíneo comum** (Figura 16.6a), na região posterior da órbita. A partir daí, eles seguem retos até suas inserções na metade anterior do bulbo do olho. É fácil deduzir as ações dos músculos retos a partir de seus nomes e localizações (Figura 16.6b e c). O **músculo reto lateral** traciona o olho lateralmente (para fora), enquanto o **músculo reto medial** o traciona na direção medial (para dentro). O **músculo reto superior** traciona o olho superior e medialmente, e o **músculo reto inferior**, inferior e medialmente.



Músculo	Ação	Nervo craniano que controla a ação
Reto lateral	Move o olho lateralmente	VI (abducente)
Reto medial	Move e gira o olho medialmente	III (oculomotor)
Reto superior	Eleva e gira o olho medialmente	III (oculomotor)
Reto inferior	Abaixa e gira o olho medialmente	III (oculomotor)
Oblíquo inferior	Eleva e gira o olho lateralmente	III (oculomotor)
Oblíquo superior	Abaixa e gira o olho lateralmente	IV (troclear)

(c) Resumo das ações musculares e da inervação pelos nervos cranianos

Figura 16.6 Músculos extrínsecos do olho. Em (b), as setas indicam o movimento do bulbo do olho resultante da contração de cada músculo.

As ações dos dois *músculos oblíquos* não são deduzidas facilmente porque eles adotam caminhos indiretos através da órbita. O **músculo oblíquo superior** (Figura 16.6a) origina-se posteriormente, perto do anel tendíneo comum, e segue anteriormente ao longo da parede medial da órbita. Depois de passar em uma polia fibrocartilaginosa, a **tróclea**, que é suspensa do osso frontal na parte anteromedial do teto da órbita, seu tendão segue posteriormente e se insere na superfície posterolateral do olho. Como seu tendão vem de uma direção anterior e medial, o oblíquo superior abaixa e gira lateralmente o olho (para baixo e para fora) (Figuras 16.6b e 16.6c). O **músculo oblíquo inferior** origina-se na parte anterolateral do assoalho da órbita e assume uma angulação posterior, inserindo-se na parte posterolateral do olho. O oblíquo inferior eleva e gira o olho lateralmente (para cima e para fora).

A tração lateral dos músculos oblíquos contrabalança a tração medial dos retos superior e inferior, produzindo elevação e abaixamento estritos do olho. Além disso, os retos superior e inferior não conseguem elevar ou abaixar um olho e girá-lo tão medialmente para olhar para dentro, o que é feito pelos dois músculos oblíquos.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Estrabismo Os músculos extrínsecos de ambos os olhos são controlados acuradamente por centros no mesencéfalo, de modo que os olhos se movem em uníssono quando olhamos para os objetos. Se essa coordenação for perturbada, temos a visão dupla, já que os dois olhos não miram o mesmo ponto no campo visual. Esse desalinhamento dos olhos chama-se **estrabismo**, que significa “visão cruzada” ou “olhar estrábico”. No estrabismo, o olho afetado vira medial ou lateralmente em relação ao olho normal. O estrabismo resulta de uma fraqueza ou paralisia dos músculos extrínsecos do olho, provocada por danos nos nervos que os inervam ou por outros problemas. A correção cirúrgica imediata é recomendada porque com o passar do tempo o cérebro desconsidera as imagens provenientes do olho afetado; em consequência, a via visual inteira desse olho se degenera, tornando o olho funcionalmente cego.



Estrabismo medial do olho esquerdo.

✓ Verifique seu conhecimento

- 3. O que é a túnica conjuntiva e onde está situada?
- 4. Qual músculo não funciona em uma pessoa cujo olho vira na direção medial? Qual nervo supre esse músculo?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Anatomia do bulbo do olho

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura e a função das camadas do olho, da lente e dos humores;
- ▶ explicar a estrutura da retina e os fotorreceptores.

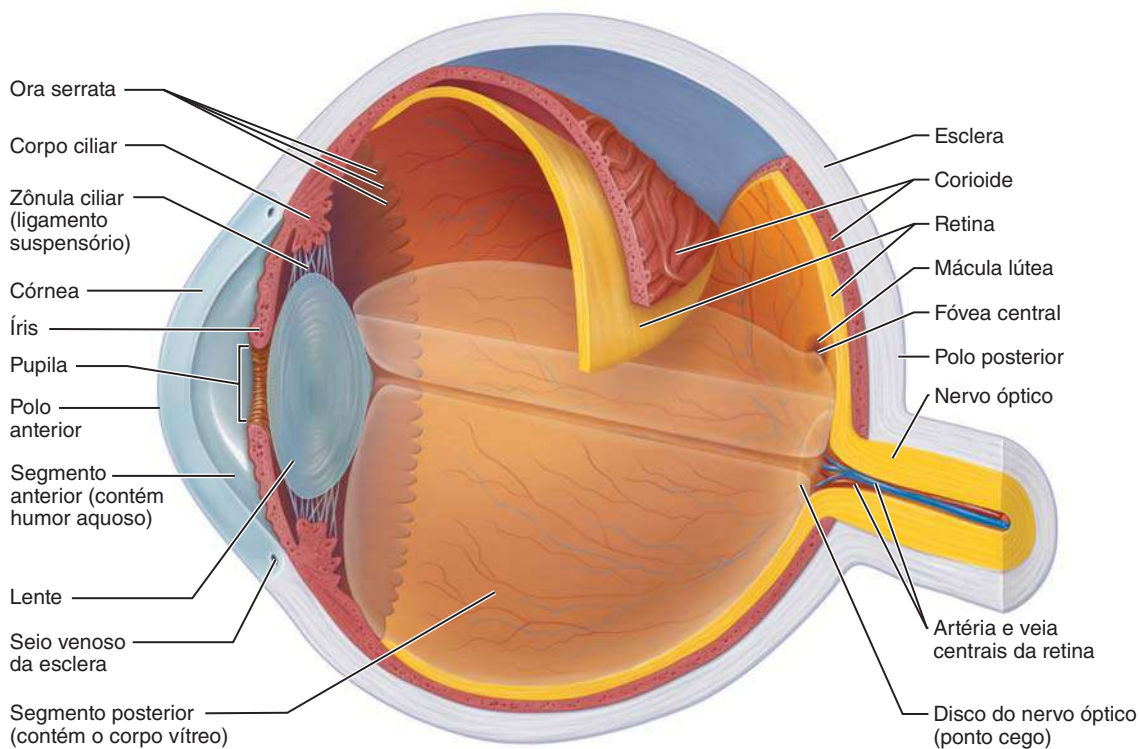
O olho é um órgão complexo cujos diversos componentes não só protegem e suportam células fotorreceptoras delicadas, mas também captam, focam e processam a luz em imagens precisas (Figura 16.7). Como o bulbo do olho praticamente tem o formato de um globo, diz-se que possui dois polos. Seu ponto mais anterior é o **polo anterior** e seu ponto mais posterior é o **polo posterior**. Sua parede externa consiste em três camadas e sua cavidade interna contém fluidos chamados *humores*. A *lente*, uma estrutura que ajuda a focar a luz, é sustentada verticalmente dentro da cavidade interna, dividindo-a nos segmentos anterior e posterior. O segmento anterior é preenchido com o líquido chamado *humor aquoso*, enquanto o segmento posterior é preenchido com o *humor (corpo) vítreo* gelatinoso.

Da superfície para a profundidade, três túnicas formam as paredes do olho: a fibrosa, a vascular e a interna (retina).

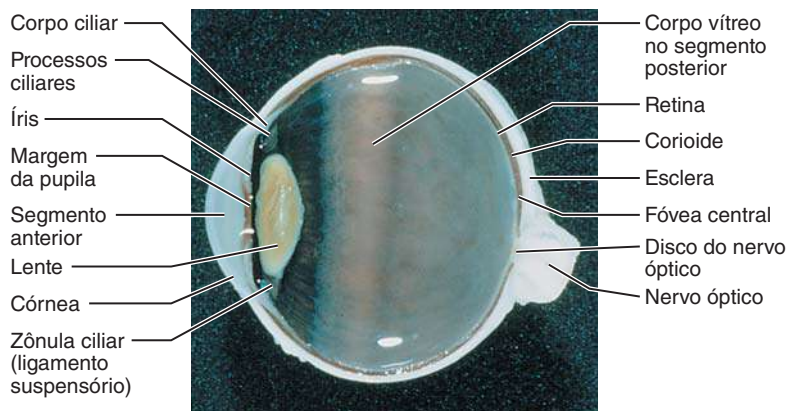
Túnica fibrosa

A **túnica fibrosa** é a mais externa e consiste em tecido conjuntivo denso organizado em duas regiões diferentes: esclera e córnea (Figura 16.7). A **esclera** dura, branca e opaca forma os cinco sextos posteriores da túnica fibrosa. Vista anteriormente como “branco do olho”, a esclera protege o bulbo do olho e proporciona a forma e um local de fixação resistente para os músculos extrínsecos do olho. A esclera corresponde à dura-máter que cobre o encéfalo.

O sexto anterior da túnica fibrosa é a **córnea** transparente, através da qual a luz entra no olho. Essa janela da cóclea projeta-se anteriormente a partir de sua junção com a esclera. A córnea consiste em uma camada espessa de tecido conjuntivo denso pressionado entre um epitélio anterior, superficial, e um endotélio profundo (epitélio posterior). Na junção corneoescleral (limbo da córnea), entre o epitélio da córnea e a túnica conjuntiva, estão as células-tronco epiteliais que renovam continuamente o epitélio da córnea. A camada de tecido conjuntivo da córnea contém centenas de lâminas de fibra de colágeno empilhadas como páginas em um livro; a transparência da córnea deve-se a



(a) Vista diagramática. O corpo vítreo é ilustrado apenas na parte de baixo do bulbo do olho.



(b) Fotografia do olho humano

Figura 16.7 Estrutura interna do olho (corte sagital).

esse alinhamento regular das fibras de colágeno. A córnea não só deixa a luz entrar no olho, mas também forma parte do aparelho de deflexão da luz no olho (ver p. 519-520).

A córnea é avascular — recebe oxigênio do ar à sua frente e oxigênio e nutrientes do humor aquoso, situado posteriormente a ela.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Transplantes de córnea Os “bancos de olhos” são instituições que recebem e armazenam córneas para uso na substituição cirúrgica das córneas gravemente danificadas, um procedimento chamado **transplante de córnea**. A córnea é uma das poucas estruturas no corpo que podem ser transplantadas de uma pessoa para outra com risco mínimo de rejeição. Como não tem vasos sanguíneos, está fora do alcance do sistema imune do corpo. Nos 10% de córneas transplantadas que são rejeitadas, o dano à córnea original do receptor havia sido tão grande que destruiu o limbo. Sem essa região, o epitélio da córnea não consegue se regenerar; então, o epitélio da conjuntiva cresce e cobre a nova córnea, atraindo no processo novos vasos sanguíneos que transportam células imunes que provocam rejeição. Esse problema pode ser aliviado pelo enxerto de epitélio da córnea do olho saudável do paciente sobre a córnea recém-transplantada.

A córnea é ricamente abastecida por terminações nervosas, a maioria das quais consiste em receptores de dor (é por isso que algumas pessoas nunca conseguem se adaptar ao uso de lentes de contato). Tocar a córnea provoca o ato reflexo de piscar e um aumento na secreção de lágrimas. Mesmo com essas respostas protetoras, a córnea é vulnerável aos danos decorrentes da poeira, lascas e outros objetos. Felizmente, sua capacidade de regeneração e cicatrização é extraordinária.

Túnica vascular

A **túnica vascular**, revestimento médio do bulbo do olho, tem três partes: *corioide*, *corpo ciliar* e *íris* (Figura 16.7).

A **corioide** é uma membrana altamente vascularizada, de pigmentação escura, que forma os cinco sextos posteriores da túnica vascular. Seus muitos vasos sanguíneos nutrem as outras camadas do olho. A cor marrom da corioide é produzida pelos melanócitos, cujo pigmento, a melanina, ajuda a absorver a luz, evitando assim que a luz se disperse dentro do olho e crie confusão visual. A corioide do olho corresponde à aracnoide-máter e à pia-máter em volta do encéfalo.

Anteriormente, a corioide é contínua com o **corpo ciliar**, um anel de tecido espesso que circunda a lente. O corpo ciliar consiste basicamente em um músculo liso chamado **músculo ciliar**, que age para focar a lente. Próximo à lente, a superfície posterior do corpo ciliar apresenta projeções radiais chamadas de **processos ciliares**. A auréola de fibrilas que se estende desses processos e se conecta ao redor de toda a circunferência da lente se chama **zônula ciliar**.

A **íris** (“arco-íris”) é a parte colorida visível do olho e está situada entre a córnea e a lente, com sua base conectada ao corpo ciliar. Sua abertura central redonda, a **pupila**, permite que a luz entre no olho. A íris contém fibras musculares lisas dispostas circularmente e em forma radial, os músculos *esfíncter* e *dilatador da pupila*, que agem variando o tamanho da pupila (Figura 16.8). À luz do dia e na visão de perto, o esfíncter da pupila contrai e restringe a pupila. À meia-luz e na visão distante, o dilatador da pupila contrai para abrir a pupila, permitindo que mais luz entre no olho. A constrição e a dilatação da pupila são controladas pelas fibras parassimpáticas e simpáticas, respectivamente. A constrição das pupilas que ocorre quando uma luz forte pisca no olho é uma resposta protetora, conhecida como **reflexo luminoso pupilar**.

Embora a cor da íris varie entre os indivíduos, elas contêm apenas pigmento castanho. A variação na cor do olho reflete a quantidade de pigmentação na íris. Todas as pessoas, exceto as albinas, apresentam uma camada de células pigmentadas na superfície posterior da íris. As pessoas de olhos castanhos possuem muitas células pigmentadas na superfície anterior da íris. As pessoas de olhos azuis, por outro lado, não têm pigmento na superfície anterior. Os olhos azuis resultam do reflexo da luz

para fora da superfície posterior pigmentada. As pessoas de olhos castanho-claros possuem pouco pigmento na parte anterior da íris.

Túnica interna

A **túnica interna** contém a *retina* e o *nervo óptico*. A **retina** consiste em dois estratos (camadas) (Figura 16.9). O **estrato pigmentoso** externo, que se situa contra a corioide, é uma camada única de melanócitos com uma forma que varia de achatada a colunar. Assim como a corioide, sua função é absorver a luz e evitar que se disperse dentro do olho. O **estrato nervoso** muito mais espesso é uma lâmina de tecido nervoso que contém células fotorreceptoras sensíveis à luz. Os estratos da retina são reunidos por uma película fina de matriz extracelular, mas não são bem fundidos. Apenas o estrato nervoso desempenha um papel direto na visão. O estrato pigmentoso suporta as células fotorreceptoras removendo as partes danificadas dessas células, mantendo a concentração iônica adequada no fluido que as circunda, reciclando o derivado de vitamina A utilizado para detecção da luz e transportando nutrientes dos vasos corioides para as células fotorreceptoras.

O estrato nervoso contém três tipos principais de neurônios. Do exterior para o interior, suas camadas consistem em **células fotorreceptoras** (fotossensitivas), **células bipolares** e **células ganglionares** (Figuras 16.9b e 16.9c). Quando estimulados pela luz, os neurônios fotorreceptores sinalizam as células bipolares, que, por sua vez, sinalizam as células ganglionares para que gerem potenciais de impulsos nervosos. Os axônios das células ganglionares seguem ao longo da superfície interna da retina e convergem posteriormente, formando o **nervo óptico**, que vai do olho até o encéfalo (Figura 16.9a).

A retina também contém interneurônios — incluindo células amácrinas e células horizontais (Figura 16.9b) — que processam e modificam a informação visual antes de ser enviada para centros superiores no encéfalo para processamentos posteriores.

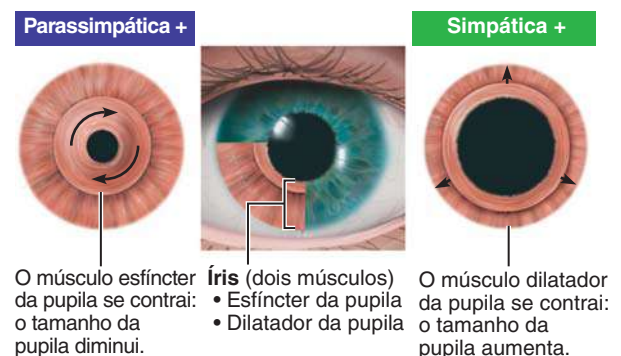


Figura 16.8 Dilatação e constrição da pupila, vista anterior. (+ significa ativação.)

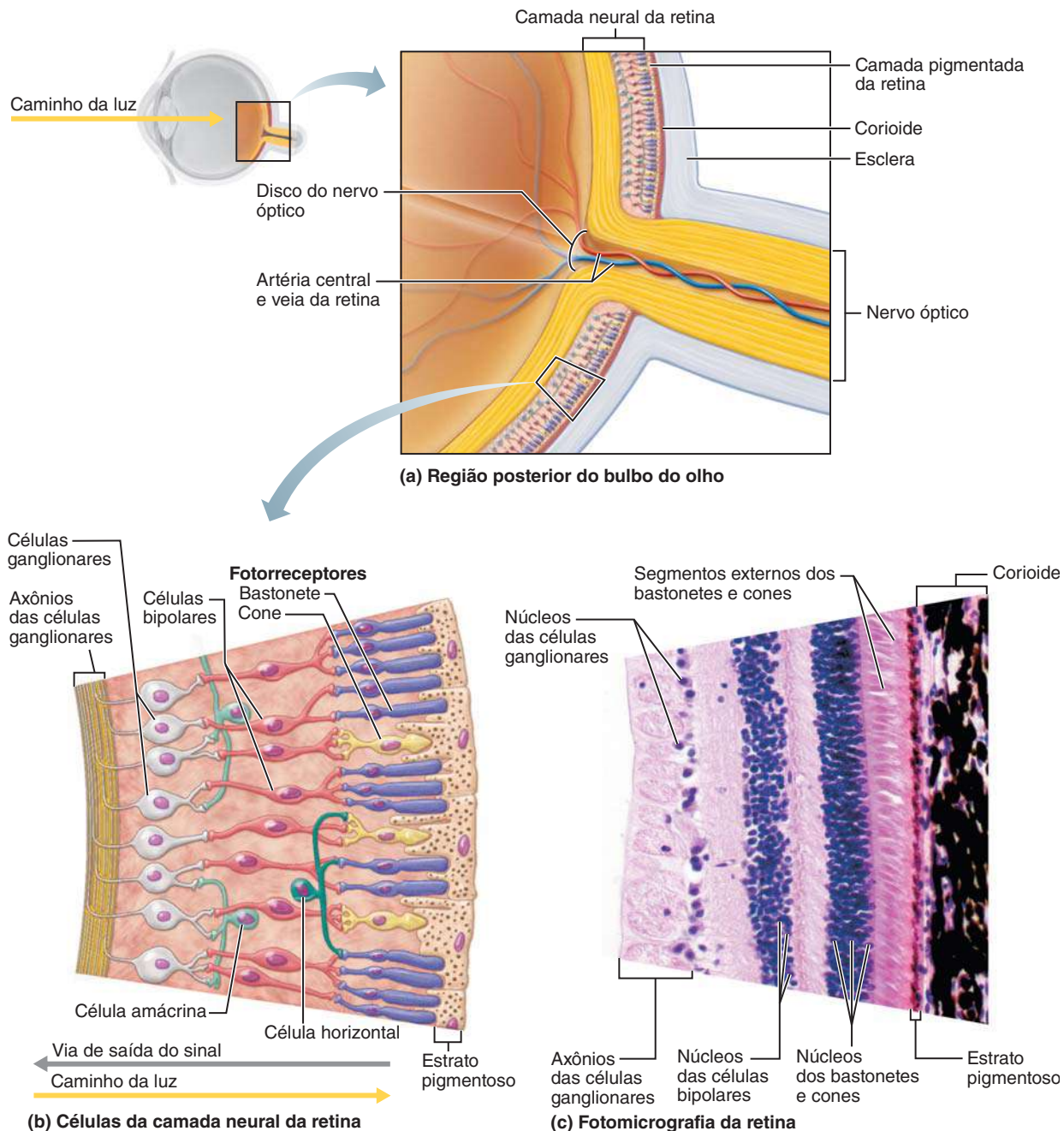


Figura 16.9 Anatomia microscópica da retina. (a) Os axônios das células ganglionares formam o nervo óptico, que sai da parte posterior do olho, no disco do nervo óptico. (b) A luz (indicada pela seta amarela) passa pela retina e segue para as células fotorreceptoras (bastonetes e cones). A informação (sinais de saída) flui na direção oposta via células bipolares e ganglionares. (c) Fotomicrografia (140×).

Fotorreceptores As células fotorreceptoras são de dois tipos: *bastonetes* e *cones*. Os **bastonetes**, mais numerosos, são mais sensíveis à luz e permitem a visão à meia-luz. Como os bastonetes não proporcionam imagens nítidas nem visão em cores, as coisas parecem cinzas e indistintas quando visualizadas à meia-luz. Os **cones**, por outro lado, funcionam melhor à luz do dia e permitem visão colorida de grande acuidade. Três subtipos de cones são sensíveis à luz azul, vermelha e verde, respectivamente.

Os fotorreceptores são considerados neurônios, mas eles também se assemelham a células epiteliais altas viradas de ponta-cabeça, com suas “pontas” imersas na camada pigmentada (Figura 16.10). Tanto os bastonetes quanto os cones possuem um *segmento externo* unido a um *segmento interno* por um cílio de conexão. Em cada bastonete, os segmentos interno e externo formam, juntos, uma estrutura em bastão que se conecta por uma *fibra externa* ao *corpo celular* nucleado. Em cada cone, os segmentos interno e externo formam uma estrutura cuneiforme pig-

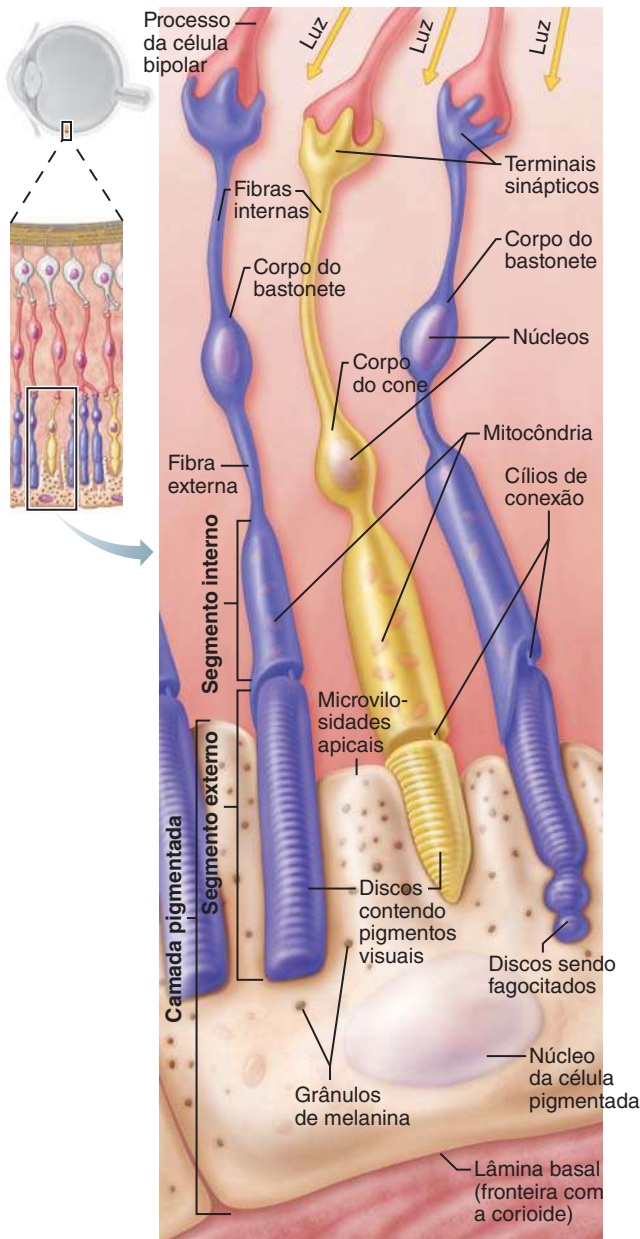


Figura 16.10 Fotorreceptores da retina. Os segmentos externos dos bastonetes e cones estão embutidos na camada pigmentada da retina.

mentada que se une diretamente ao corpo celular. Em ambos os tipos celulares, o corpo celular é contínuo com uma *fibra interna* que forma sinapses com a célula bipolar.

Os segmentos externos são as regiões receptoras dos bastonetes e cones. Cada segmento externo é um cílio modificado cuja membrana plasmática se dobra para dentro, formando centenas de discos revestidos por membrana. Os *pigmentos visuais* que absorvem a luz estão presentes dentro da vasta membrana desses discos. O dobramento amplo da membrana plasmática nos discos aumenta bastante a área de superfície dis-

ponível para capturar a luz. Quando as partículas luminosas atingem o pigmento visual, esse pigmento é modificado e um impulso nervoso é gerado. As células fotorreceptoras estimuladas sinalizam os neurônios bipolares, com os quais formam sinapses. Essa reação inicia o fluxo de informação visual para o encéfalo.

Os fotorreceptores são altamente vulneráveis ao dano causado pela luz ou calor intensos. Essas células não conseguem se regenerar se forem destruídas, mas elas se renovam continuamente e substituem seus segmentos externos por meio da adição de novos discos. Nesse processo normal de reciclagem, à medida que novos discos são adicionados a uma extremidade da pilha, os discos antigos são removidos na outra extremidade pelas células pigmentadas da retina, que fagocitam as pontas dos bastonetes e cones (Figura 16.10).

Especializações regionais da retina Em certas regiões do olho, a retina difere de sua estrutura “típica” recém-descrita.

Na parte anterior do olho, o estrato neural termina na margem posterior do corpo ciliar. Essa junção chama-se **ora serrata** (“boca em dente de serra”) (ver Figura 16.7a). O estrato pigmentoso estende-se na direção anterior para além da ora serrata, cobrindo o corpo ciliar e formando o epitélio pigmentado da parte posterior da íris.

A parte posterior do olho contém várias áreas especiais da retina (Figura 16.7). Situada precisamente no polo posterior do olho, encontra-se a **mácula lútea** (“mancha amarela”). No centro da mácula lútea há uma minúscula depressão, chamada **fóvea central** (“depres-



APLICAÇÃO CLÍNICA

Degeneração macular relacionada à idade (DMRI),

ou age-related macular degeneration (AMD), é uma deterioração progressiva da retina que afeta a mácula lútea e leva à perda da visão central. É a causa principal de perda de visão nas pessoas acima de 65 anos de idade, e 200 mil norte-americanos a desenvolvem a cada ano.² Os estágios iniciais ou formas brandas da DMRI envolvem o acúmulo de pigmentos visuais na mácula, provocado pela perda de células no estrato pigmentoso da retina que normalmente removem os pigmentos visuais danificados. A acumulação contínua do pigmento está associada com a forma “seca” da DMRI, na qual muitos dos fotorreceptores maculares morrem. Menos comum é a forma “úmida”, na qual os vasos sanguíneos crescem na retina a partir da camada corioide e depois sangram, provocando cicatrização e descolamento de retina. A causa definitiva é desconhecida. A DMRI é praticamente intratável. A DMRI úmida pode ser tratada com injeções ou tratamentos a *laser* que destroem os vasos em crescimento.

2 Nota do editor: no Brasil, a DMRI atinge 10% da população a partir dos 65 anos de idade, segundo o Ministério da Saúde.

ção central”). A fóvea contém apenas cones e proporciona a acuidade visual máxima. Como a fóvea está situada diretamente no eixo anteroposterior do olho, vemos as coisas mais claramente quando olhamos diretamente para elas. A mácula contém principalmente cones, e a densidade desses cones diminui com o aumento da distância em relação à mácula. Por essa razão, a visão periférica não é tão nítida quanto a visão central. A alguns milímetros mediais à fóvea encontra-se o **disco do nervo óptico** (Figura 16.7), uma elevação circular onde os axônios das células ganglionares se convergem e saem do olho como nervo óptico. O disco do nervo óptico chama-se *ponto cego* porque não possui fotorreceptor e a luz focalizada nele não pode ser interpretada.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Descolamento de retina O padrão de vascularização da retina contribui para uma condição de potencial cegueira chamada **descolamento de retina**, na qual as camadas neural e pigmentada da retina pouco aderidas se separam (“descolam”) uma da outra. O descolamento começa com uma laceração na retina, a qual pode resultar de uma pequena hemorragia, um golpe no olho ou degeneração associada à idade. A laceração permite que o corpo vítreo gelatinoso do interior do olho (ver a próxima seção) infiltre entre as duas camadas retiniais. Com a camada neural descolada, os fotorreceptores, agora separados do seu suprimento sanguíneo na corioide, são mantidos vivos temporariamente pelos nutrientes obtidos nos capilares retiniais internos. No entanto, como esses capilares estão distantes demais para abastecê-los permanentemente, os fotorreceptores morrem em pouco tempo. Os sintomas iniciais do descolamento de retina incluem a visão de luzes piscando ou pontos que flutuam pelo campo de visão, além de visualizar os objetos como se estivessem atrás de um véu. Se o descolamento for diagnosticado precocemente, a cegueira pode ser evitada colando novamente a retina com cirurgia a *laser* antes da ocorrência de danos permanentes aos fotorreceptores.

Suprimento sanguíneo da retina A retina recebe sangue de duas fontes diferentes. O terço externo da retina, que contém os fotorreceptores, é suprido pelos capilares na corioide, enquanto os dois terços internos são supridos pela **artéria** e pela **veia centrais da retina** (Figura 16.11), que entram e saem do olho pelo centro do nervo óptico (ver Figuras 16.7 e 16.9a). Esses vasos irradiam a partir do disco do nervo óptico, originando uma rica rede de vasos minúsculos que serpenteiam entre os axônios na face interna da retina. Essa rede vascular é claramente visível através do oftalmoscópio, um instrumento manual que lança uma luz através da pupila e ilumina a retina. Os médicos observam esses vasos minúsculos em busca de sinais de hipertensão,

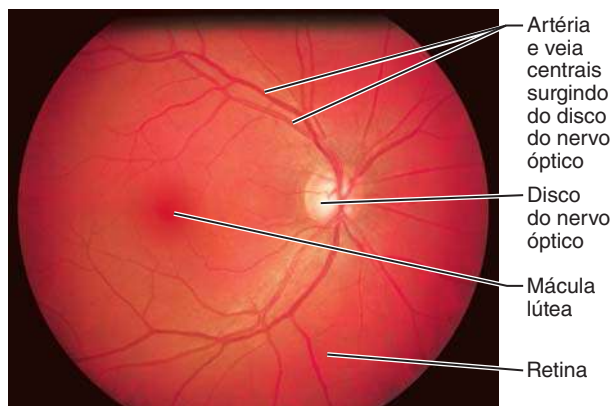


Figura 16.11 Parede posterior do olho direito observada com um oftalmoscópio.

diabetes e outras doenças que danificam os vasos sanguíneos menores.

Câmaras e fluidos internos

A lente e a sua zônula ciliar dividem o olho nos segmentos posterior e anterior (Figura 16.7). O **segmento posterior** é preenchido com o **corpo (humor) vítreo** transparente, uma substância gelatinosa que contém fibrilas de colágeno e uma substância fundamental que se liga a imensas quantidades de água. Na realidade, a água constitui mais de 98% do seu volume. As funções do corpo vítreo são:

1. Transmitir a luz.
2. Sustentar a superfície posterior da lente e manter o estrato nervoso da retina firmemente contra o estrato pigmentoso.
3. Ajudar a manter a *pressão intraocular* (a pressão normal dentro do olho), contrapondo assim as forças de tração dos músculos extrínsecos do olho.

O **segmento anterior** do olho (Figura 16.12) é dividido em uma **câmara anterior** entre a córnea e a íris e uma **câmara posterior** entre a íris e a lente. O segmento anterior inteiro é preenchido com **humor aquoso**, um fluido transparente similar ao plasma sanguíneo. Ao contrário do corpo vítreo, que se forma no embrião e dura a vida toda, o humor aquoso é renovado continuamente e está em movimento constante (Figura 16.12). Após ser formado como um filtrado do sangue pelos capilares nos processos ciliares (Figura 16.12①), o humor aquoso entra na câmara posterior, escoia pela pupila, entra na câmara anterior (Figura 16.12②) e drena em um grande vaso na junção corneoescleral, o **seio venoso da esclera**, que o devolve para o sangue (Figura 16.12③). O equilíbrio entre as taxas de formação e drenagem do humor aquoso resulta em uma pressão intraocular constante, que sustenta internamente o bulbo do olho. Além disso, o humor aquoso fornece nutrientes para a lente e a córnea, avasculares.

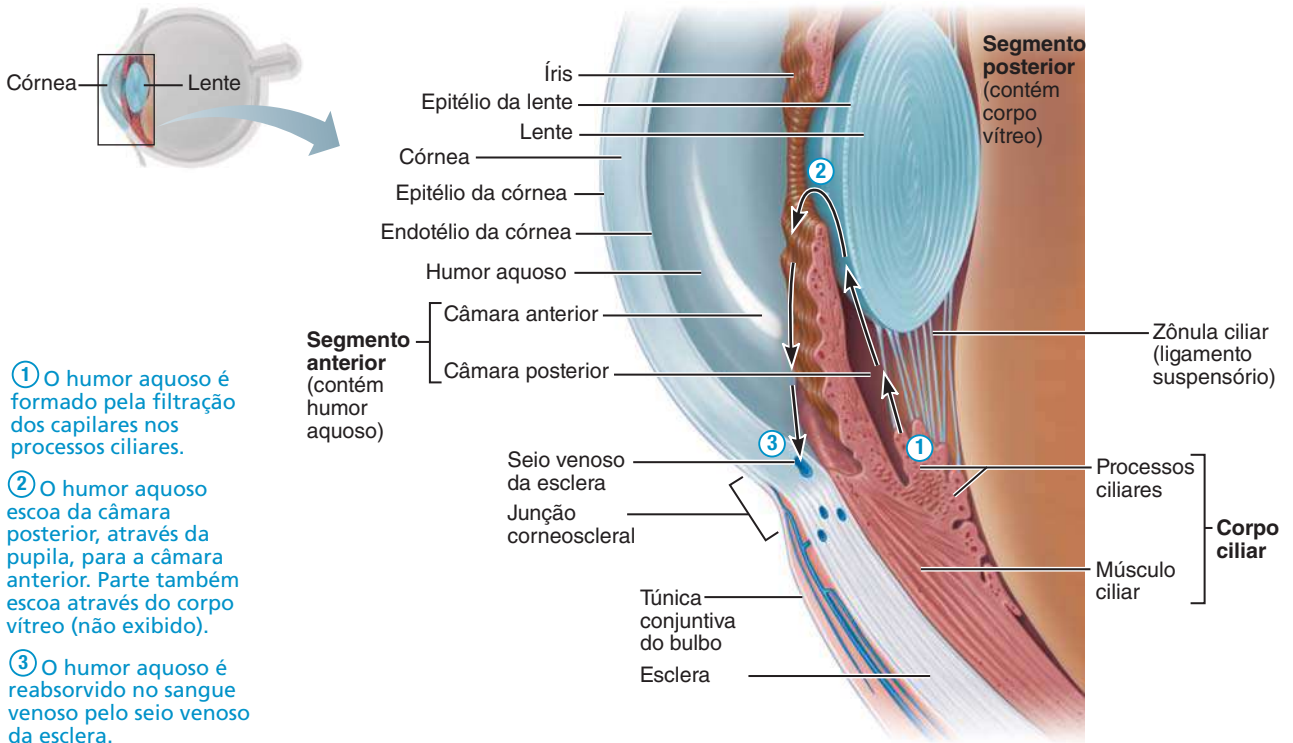


Figura 16.12 Segmento anterior do olho e circulação do humor aquoso. As setas indicam o trajeto da circulação.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Glaucoma Quando o humor aquoso drena com uma frequência menor do que a sua formação, o resultado é o **glaucoma**, uma doença em que a pressão intraocular aumenta a níveis perigosos, provocando a compressão da retina e do disco do nervo óptico. O glaucoma resulta de uma obstrução no fluxo de saída, geralmente de um entupimento da rede permeável através da qual o humor aquoso drena no seio venoso da esclera. A destruição resultante do nervo óptico acaba provocando cegueira. Embora a visão possa ser preservada se a condição for detectada precocemente, muitas vezes o glaucoma rouba a visão tão lentamente e de forma indolor que a maioria das pessoas não percebe que tem um problema até o dano já ter ocorrido. Os sinais tardios incluem visão embaçada, visualização de auréolas em torno das luzes e cefaleias. O exame para o glaucoma envolve o teste da pressão intraocular elevada. Um jato de ar é direcionado para a córnea e a quantidade de deformação da esclera é medida. Um exame de glaucoma deve ser feito anualmente após os 40 anos, já que a doença afeta totalmente 2% das pessoas acima dessa idade. O glaucoma em estágio inicial é tratado com colírios que aumentam a drenagem ou diminuem a produção de humor aquoso.

Lente

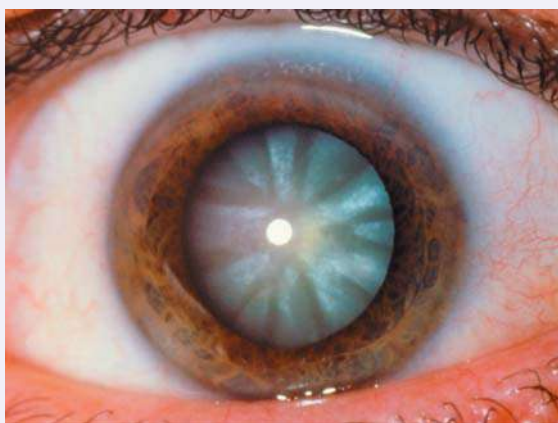
A **lente** é um disco biconvexo espesso e transparente que muda de forma para permitir a focalização precisa da luz sobre a retina (Figura 16.12); está confinada em uma cápsula elástica fina e é mantida na posição posterior à íris por sua **zônula ciliar** (ligamento suspensório). Assim como a córnea, ela não possui vasos sanguíneos, que interfeririam na transparência.

A lente possui dois componentes: o **epitélio da lente** e as **fibras da lente**. O **epitélio da lente**, confinado na superfície anterior, consiste em células cuboides. O subconjunto de células epiteliais em volta da margem do disco da lente transforma-se continuamente em **fibras da lente** alongadas que formam a maior parte da lente. Essas fibras, que são empacotadas como as camadas de uma cebola, não contêm núcleos, possuindo apenas algumas organelas. No entanto, elas contêm proteínas dobradas de maneira precisa que as tornam transparentes. Novas fibras da lente são adicionadas permanentemente, de modo que a lente aumenta no decorrer da vida e se torna mais densa, mais convexa e menos elástica com a idade. Em consequência, sua capacidade para focalizar a luz piora gradualmente.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Catarata É uma nebulosidade da lente que faz que o mundo pareça distorcido, como se fosse visto através de um vidro fosco. Algumas cataratas são congênitas, mas a maior parte delas resulta de alterações na lente associadas à idade. As evidências indicam que a exposição excessiva à luz solar, o alto consumo de cigarros e certas medicações, incluindo os esteroides orais, o uso prolongado de aspirina e de tamoxifeno (utilizado para tratar o câncer de mama), estão ligados à formação da catarata. Independentemente da causa, as cataratas parecem resultar de uma entrega inadequada de nutrientes para as fibras mais profundas da lente. Felizmente, a remoção cirúrgica da lente danificada e sua substituição por uma lente artificial podem preservar a visão de um paciente com catarata.



Fotografia de uma catarata. A lente é leitosa e opaca, não a córnea.

✓ Verifique seu conhecimento

- 5. Diferencie a córnea da corioide com relação à localização, estrutura e função de cada uma delas.
- 6. Qual parte do campo visual é perdida em uma pessoa com degeneração da mácula lútea (degeneração macular)?
- 7. O que é o humor aquoso, onde está situado e quais são suas funções?

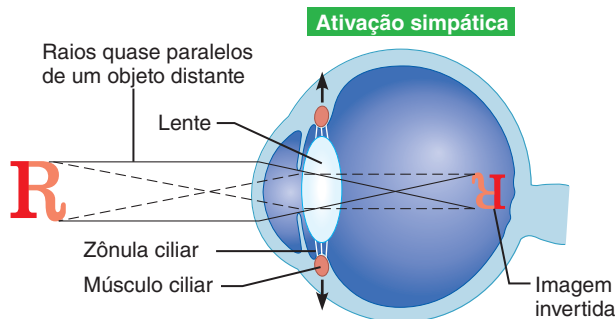
(Veja as respostas no Apêndice B.)

Olho como dispositivo óptico

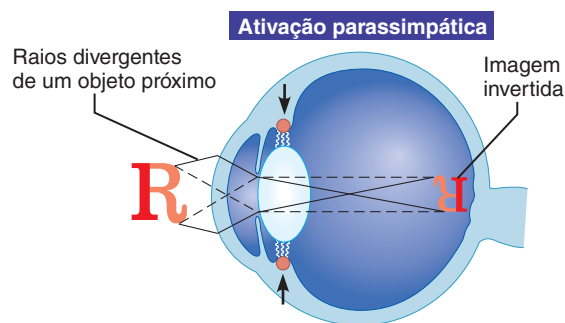
Objetivo de aprendizagem:

- explicar como a luz é focalizada para a visão de perto.

A partir de cada ponto de um objeto, os raios de luz irradiam em todas as direções, e alguns desses raios entram no olho do observador (Figura 16.13). Os raios de um ponto distante são paralelos entre si quando chegam ao olho, enquanto os raios de um ponto próximo con-



(a) A lente é achatada para a visão distante. O estímulo simpático relaxa o músculo ciliar, tracionando a zônula ciliar e achatando a lente.



(b) A lente é espessada para a visão próxima. O estímulo parassimpático contrai o músculo ciliar, afrouxando a zônula ciliar e espessando a lente.

Figura 16.13 Focalização nas visões distante e próxima.

vergem na retina em um único *ponto focal*. As partes do olho que provocam a deflexão da luz (conhecidas como **meios refringentes**) são a córnea, a lente e os humores. A maior parte da deflexão da luz é feita pela córnea, a lente colabora pouco para essa mudança de direção e os humores contribuem minimamente.

Embora a lente não seja tão poderosa quanto a córnea na deflexão da luz, sua curvatura é ajustável. Essa capacidade de ajuste permite que o olho focalize os objetos próximos — um processo chamado **acomodação**. Um olho em repouso, com sua lente estirada ao longo do eixo longitudinal pela tensão na zônula ciliar, está “configurado” para focalizar os raios quase paralelos provenientes dos pontos distantes. Portanto, a visão à distância é o estado natural (Figura 16.13a). Os raios divergentes provenientes dos pontos *próximos* precisam sofrer uma deflexão mais acentuada para haver foco na retina. Para isso, a lente torna-se arredondada: o músculo ciliar contrai de uma maneira complexa que libera a maior parte da tensão na zônula ciliar. Sem estar mais estirada, a lente torna-se arredondada em consequência do seu próprio recuo elástico (Figura 16.13b). A acomodação é controlada pelas fibras parassimpáticas que sinalizam o músculo ciliar para contrair.



APLICAÇÃO CLÍNICA

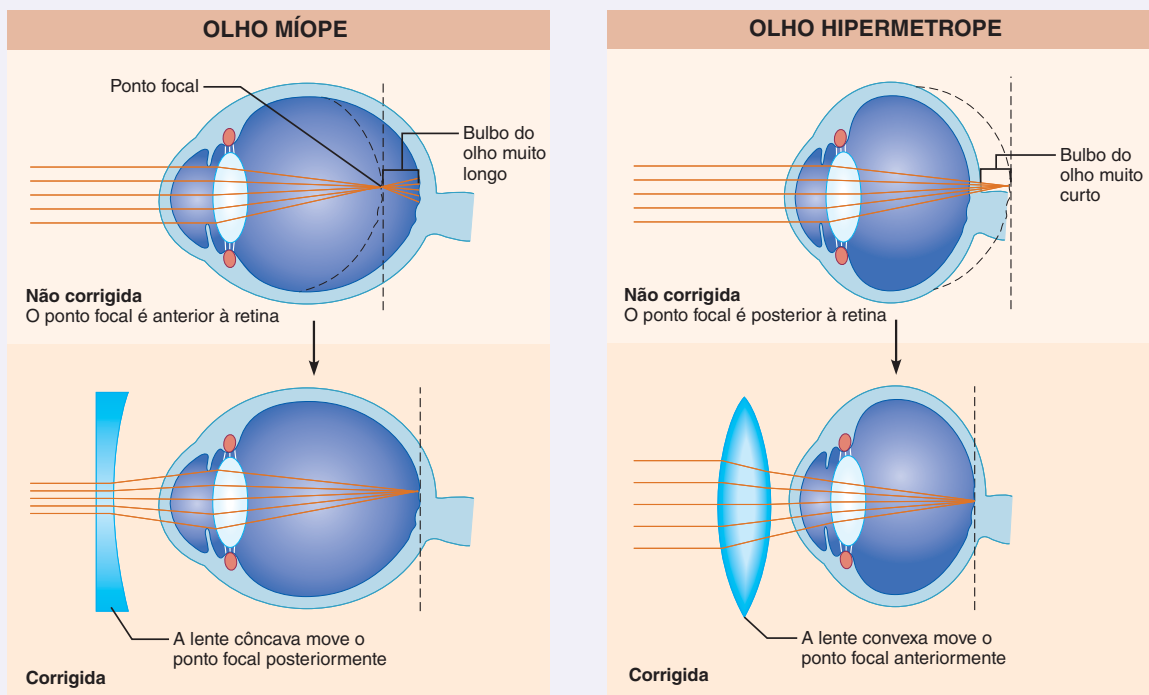
Transtornos de foco Os transtornos oculares de foco são comuns.

Miopia Frequentemente chamada de vista curta, ocorre quando a forma do olho ou a curvatura da lente resulta em um ponto focal para objetos distantes que fica na frente da retina, criando uma imagem borrada sobre a retina. As lentes côncavas, que divergem os raios de luz que chegam ao olho e, assim, movem o ponto focal para uma posição posterior, corrigem esse transtorno (ver ilustração a seguir).

Hiperopia, ou visão à distância (hipermetropia), resulta quando o olho é curto, fazendo que o ponto focal ocorra atrás da retina. Para visualizar objetos distantes, a lente consegue corrigir adequadamente essa condição, permitindo uma visão clara; para visualizar objetos próximos, são necessárias lentes corretivas convexas, que convergem os raios de luz à medida que se aproximam do olho e movem o ponto focal para uma posição anterior (ver ilustração a seguir).

Presbiopia (vista cansada) afeta as pessoas que chegam à meia-idade. A lente fica mais espessa e menos elástica e, portanto, menos capaz de se acomodar para a visão de perto. Assim como acontece com a hiperopia, as lentes corretivas convexas, chamadas frequentemente de óculos de leitura, corrigem esse transtorno.

Astigmatismo resulta quando a córnea ou a lente possui curvaturas desiguais em regiões diferentes. A luz que entra no olho sofre uma deflexão tal que os pontos de luz não convergem em um ponto da retina, provocando visão borrada. As lentes corretivas conseguem resolver facilmente esse transtorno ocular comum. Técnicas cirúrgicas utilizando *laser* (Lasik, Lasek ou ceratectomia fotorrefrativa) já estão disponíveis para corrigir esse transtorno refrativo. Nesses procedimentos, uma parte externa da córnea é levantada e as camadas mais profundas são esculpidas para mudar o formato da córnea e corrigir as alterações visuais.



O foco nos objetos próximos é acompanhado pela constrição da pupila (Figura 16.8), que evita que os raios de luz mais divergentes entrem no olho e passem pelas margens extremas da lente. Esses raios não seriam focalizados adequadamente e provocariam visão borrada.

Por uma questão de simplicidade, a discussão sobre o foco do olho limita-se a imagens de um único ponto; o modo como o olho focaliza as imagens de “vários pontos” dos objetos grandes está além do escopo deste livro.

Entretanto, deve-se observar que a lente convexa do olho, assim como a lente convexa de uma câmera, produz imagens invertidas vertical e horizontalmente.

Portanto, uma imagem duplamente invertida (vertical e horizontal) do campo visual é projetada em cada retina (Figura 16.13). O córtex cerebral “desvira” a imagem de modo que vemos as coisas com a sua orientação real.

Vias visuais

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ acompanhar o trajeto dos impulsos nervosos, da retina até o córtex cerebral.

A informação visual sai do olho e segue para o encéfalo a fim de sofrer processamento complexo. A maior parte dessa informação visual vai para o córtex

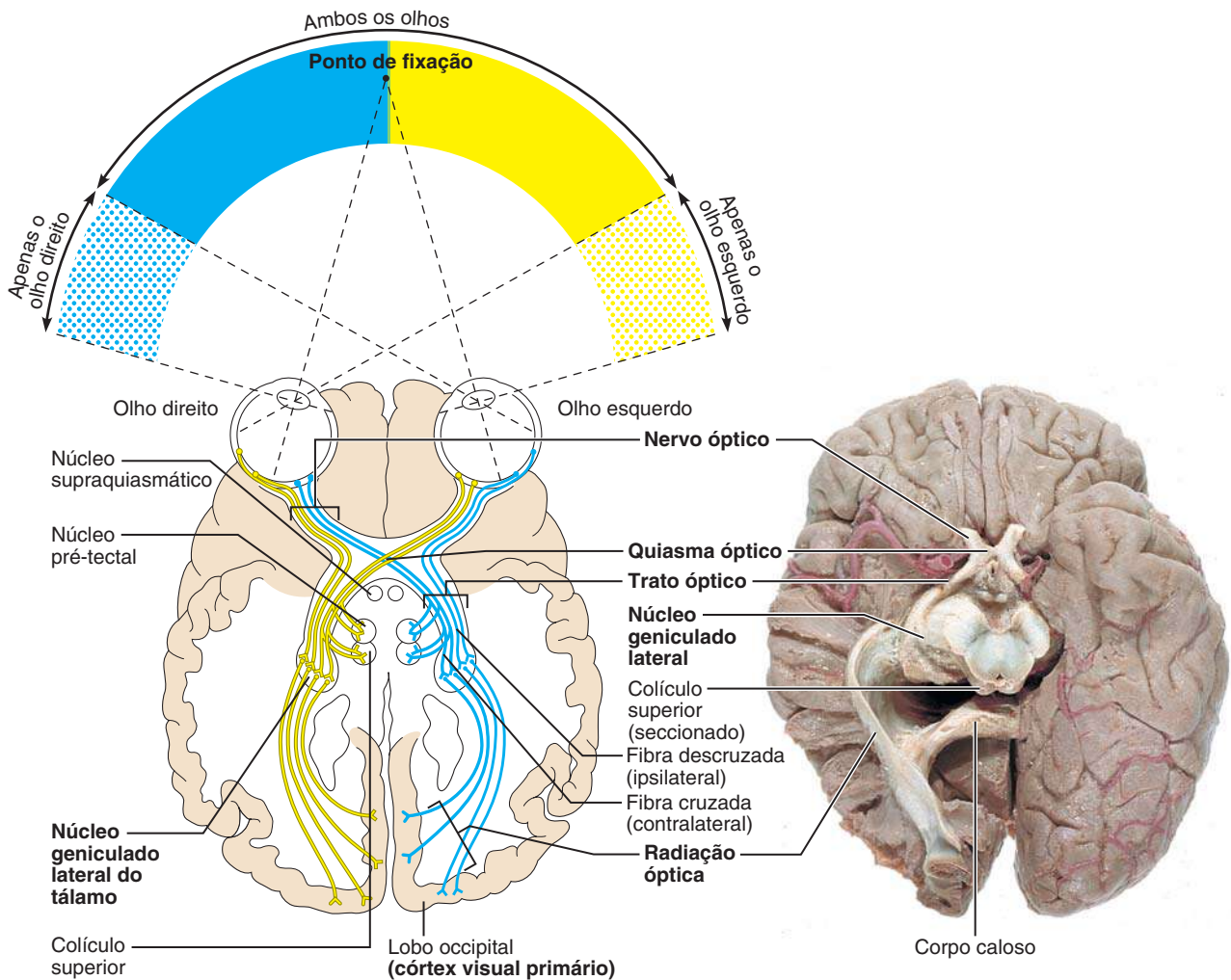
cerebral, que é responsável pela “visualização” consciente (Capítulo 13, p. 407), mas uma parte vai para os núcleos no mesencéfalo e diencéfalo, que controlam os reflexos e os comportamentos subconscientes que requerem informações visuais.

Via visual para o córtex cerebral

A informação visual segue para o córtex cerebral através da **via visual** principal (Figura 16.14). Os axônios das células ganglionares saem do olho no **nervo óptico**. No **quiasma óptico** em forma de X, situado na região anterior ao hipotálamo, os axônios da metade medial de cada olho decussam e depois continuam em um **trato óptico**. No entanto, os axônios da área da retina lateral à fóvea não cruzam no quiasma óptico; eles continuam até o trato óptico ipsolateral. O par de tratos ópticos faz uma volta em torno do hipotálamo e envia a maior parte dos seus axônios para o **núcleo geniculado**

lateral do tálamo, onde formam sinapses com neurônios talâmicos. Os axônios desses neurônios projetam-se pela cápsula interna e formam a **radiação óptica** na substância branca do cérebro. Essas fibras chegam ao **córtex visual primário** no lobo occipital, onde ocorre a percepção consciente das imagens visuais.

A decussação parcial dos axônios no quiasma óptico está relacionada à percepção de profundidade, que também é chamada de visão estereoscópica ou tridimensional. Para entendê-la, você pode visualizar a retina de cada olho como se fosse dividida em uma metade medial e uma metade lateral (ver as linhas tracejadas que se estendem do ponto de fixação que divide o olho em duas partes na Figura 16.14a). Lembre-se de que o sistema da lente de cada olho inverte todas as imagens. Em razão dessa inversão, a metade medial de cada retina recebe raios de luz da parte lateral (periférica) do campo visual, ou seja, dos objetos situados à esquer-



(a) Os campos visuais dos dois olhos sobrepõem-se consideravelmente. Repare que as fibras da parte lateral de cada campo da retina não se cruzam no quiasma óptico.

(b) Fotografia do encéfalo humano, com o lado direito dissecado para revelar as estruturas internas.

Figura 16.14 Via visual para o cérebro e campos visuais, vista inferior.

da ou à direita, e não dos objetos diretamente à frente. Consequentemente, a metade lateral de cada retina recebe uma imagem da parte central do campo visual. Apenas os axônios das metades *mediais* das duas retinas trocam de lado no quiasma óptico. O resultado é que todas as informações da metade esquerda do campo visual (exibida em amarelo na Figura 16.14a) são direcionadas pelo trato óptico direito para serem percebidas pelo córtex cerebral direito. Do mesmo modo, a metade direita do campo visual (exibida em azul) é percebida pelo córtex visual esquerdo. Cada córtex cerebral recebe uma imagem da metade do campo visual, conforme visualizadas pelos dois olhos diferentes a partir de ângulos ligeiramente diferentes. Depois o córtex compara essas duas imagens parecidas, porém diferentes, e ao fazê-lo cria a percepção de profundidade.

Essas relações explicam os padrões de cegueira que se seguem às lesões nas diferentes estruturas visuais. A destruição de um olho (por exemplo, o “olho esquerdo” na Figura 16.14a) ou de um nervo óptico elimina a verdadeira percepção de profundidade e provoca perda de visão periférica no lado do olho danificado (a área visual pontilhada em amarelo na Figura 16.14a, neste exemplo). No entanto, se ocorrer lesão além do quiasma óptico — em um trato óptico, no tálamo ou no córtex visual —, então a metade oposta inteira do campo visual é perdida. Por exemplo, um AVC que afeta o córtex visual esquerdo leva à cegueira (escuridão) em toda a metade direita do campo visual.

Vias visuais para outras partes do cérebro

Alguns axônios dos tratos ópticos enviam ramificações para o mesencéfalo (Figura 16.14a). Essas ramificações vão para os **colículos superiores**, núcleos reflexos que controlam os músculos extrínsecos do olho (discutidos na p. 394), e para os **núcleos pré-tectais**, que medeiam os reflexos de luz pupilares. Outros ramos dos tratos ópticos seguem para o **núcleo supra-quiasmático** do hipotálamo, que é o “temporizador” que rege nossos biorritmos diários e requer estímulos visuais para mantê-lo em sincronia com o ciclo de luz-escuridão.

Desenvolvimento embrionário do olho

Objetivo de aprendizagem:

- descrever o desenvolvimento embrionário do olho.

Os olhos desenvolvem-se como projeções do cérebro. Na 4ª semana, pares de protuberâncias laterais chamadas **vesículas ópticas** projetam-se do diencéfalo (Figura 16.15a). Logo, essas vesículas ocas endentam e formam os cálices ópticos de paredes duplas (Figura 16.15b). As partes proximais das projeções, chamadas **pedículos ópticos**, formam a base dos nervos ópticos.

Depois que uma vesícula óptica em crescimento alcança o ectoderma superficial sobrejacente, ela sinaliza o ectoderma para engrossar e formar os **placoides da lente**. Na 5ª semana, esses placoides invaginaram e formaram uma **vesícula da lente** (Figura 16.15c). Logo depois, a vesícula da lente contrai-se para dentro do cálice óptico, onde se transforma na lente.

A túnica interna do cálice óptico diferencia-se na retina neural, enquanto a camada externa se transforma na camada pigmentada da retina (Figura 16.15d). A **fissura óptica**, um sulco no lado de baixo de cada pedículo e do cálice óptico, serve como uma via direta para os vasos sanguíneos alcançarem e irrigarem o interior do olho em desenvolvimento. Quando essa fissura fecha, o pedículo óptico transforma-se em um tubo através do qual as fibras do nervo óptico, originárias da retina, crescem em direção central para alcançar o diencéfalo. Os vasos sanguíneos que estavam originalmente dentro da fissura óptica agora estão no centro do nervo óptico.

A camada fibrosa, a vascular e o corpo vítreo formam-se a partir do mesênquima da cabeça que envolve o cálice óptico primordial e invade o interior dessa cúpula. A parte interior central do bulbo do olho possui um rico suprimento sanguíneo durante o desenvolvimento, mas esses vasos sanguíneos degeneram, restando apenas os que estão na túnica vascular e na retina (Figura 16.15e).

Transtornos oculares e visuais

Os transtornos visuais mais comuns — a degeneração muscular associada à idade, o glaucoma, a catarata e os transtornos de acomodação — já foram discutidos. Esta seção aborda dois outros transtornos oculares comuns e importantes: a *retinopatia da prematuridade* e o *tracoma*.

A **retinopatia da prematuridade** é uma deficiência visual que afeta muitos bebês nascidos tão prematuramente que eles precisam receber oxigênio em uma câmara. Quando o bebê é retirado das altas concentrações de oxigênio, novos vasos sanguíneos começam a crescer amplamente dentro dos olhos. Esses vasos anormais têm paredes fracas que provocam hemorragia, levando ao descolamento da retina e depois à cegueira. Dois tratamentos para eliminar na origem muitos dos vasos em crescimento, o *laser* e a criocirurgia (aplicação de agulhas geladas em um círculo de pontos em torno do bulbo do olho imediatamente fora da ora serrata), têm sido apenas parcialmente bem-sucedidos na prevenção da perda de visão decorrente desse transtorno.

O **tracoma** (“crescimento bruto”) é uma infecção altamente contagiosa da conjuntiva e da córnea provocada pela bactéria *Chlamydia trachomatis*, transmitida pelo contato da mão com o olho, por moscas que

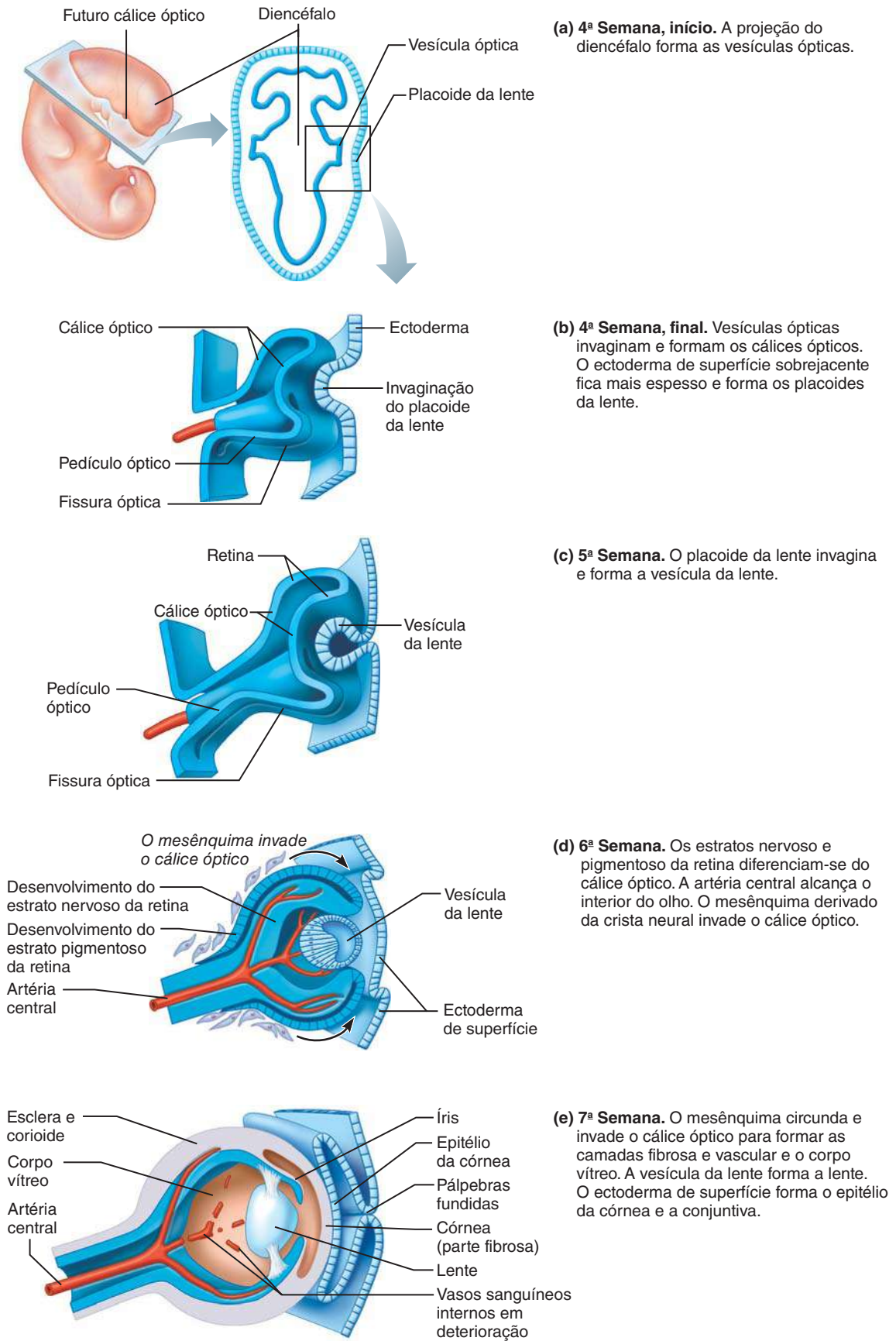


Figura 16.15 Desenvolvimento embrionário do olho.

pousam alternadamente nos olhos ou pela colocação de objetos contaminados no olho ou em suas proximidades (toalhas, delineadores etc.). Os sintomas começam com uma inflamação da conjuntiva da pálpebra superior; depois a conjuntiva e a córnea se tornam altamente vascularizadas e, finalmente, cicatrizadas. A cicatrização corneana reduz a visão e provoca cegueira. Comum no mundo inteiro, o tracoma cega milhões de pessoas nos países em desenvolvimento e é tratado com eficácia por meio de pomadas contendo medicamentos antibióticos.

✓ Verifique seu conhecimento

- 8. Em um olho normal, quando a lente se acomoda para visualizar objetos próximos, ela fica redonda ou mais oval?
- 9. Por que os adultos de meia-idade desenvolvem uma dificuldade para focalizar objetos próximos?
- 10. Descreva a via visual da metade medial da retina do olho direito até o córtex cerebral.
- 11. Qual estrutura do olho se forma a partir de projeções do tubo neural?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

ORELHA: AUDIÇÃO E EQUILÍBRIO

Objetivo de aprendizagem:

- mencionar as estruturas básicas da orelha externa e da orelha média e suas funções correspondentes.

A **orelha**, o órgão receptor para a audição e o equilíbrio, possui três regiões principais: a *orelha externa*, a *orelha média* e a *orelha interna* (**Figura 16.16a**). A orelha externa e a orelha média participam apenas da audição, enquanto a orelha interna atua tanto na audição quanto no equilíbrio.

Orelha externa

A **orelha externa** consiste na aurícula e no meato acústico externo. A aurícula é efetivamente a **orelha**; a projeção em forma de concha que circunda a abertura do meato acústico externo. A sua maior parte, incluindo a **hélice** (margem), consiste em cartilagem elástica coberta com pele. Porém, o **lóbulo da orelha**, carnoso e suspenso, não possui cartilagem de sustentação. A função da orelha é reunir e afunilar (amplificando, assim) as ondas sonoras que entram no meato acústico externo. Além disso, a maneira como o som rebate nas suas cristas e cavidades fornece pistas para o encéfalo quanto à direção do som.

O **meato acústico externo** é um tubo curto (aproximadamente 2,5 cm de comprimento) que segue medialmente, da orelha até o tímpano. Perto da orelha, sua parede consiste em cartilagem elástica, mas seus dois

terços mediais formam um túnel através do osso temporal. O canal inteiro é revestido com pele contendo pelos, bem como glândulas sebáceas e glândulas sudoríferas apócrinas modificadas, chamadas de *glândulas ceruminosas*. As glândulas ceruminosas e sebáceas secretam *cerume* castanho-amarelado ou cera de ouvido. A cera de ouvido aprisiona o pó e repele os insetos, mantendo-os fora do canal auditivo.

As ondas sonoras que entram no meato acústico externo atingem a fina e transparente **membrana timpânica** (ou tímpano), que forma o limite entre as orelhas externa e média. Sua forma é a de um cone achatado, com o ápice apontando medialmente para a cavidade da orelha média. As ondas sonoras que viajam pelo ar fazem que o tímpano vibre, e este, por sua vez, transfere as vibrações para ossos minúsculos na orelha média (discutida na próxima seção).

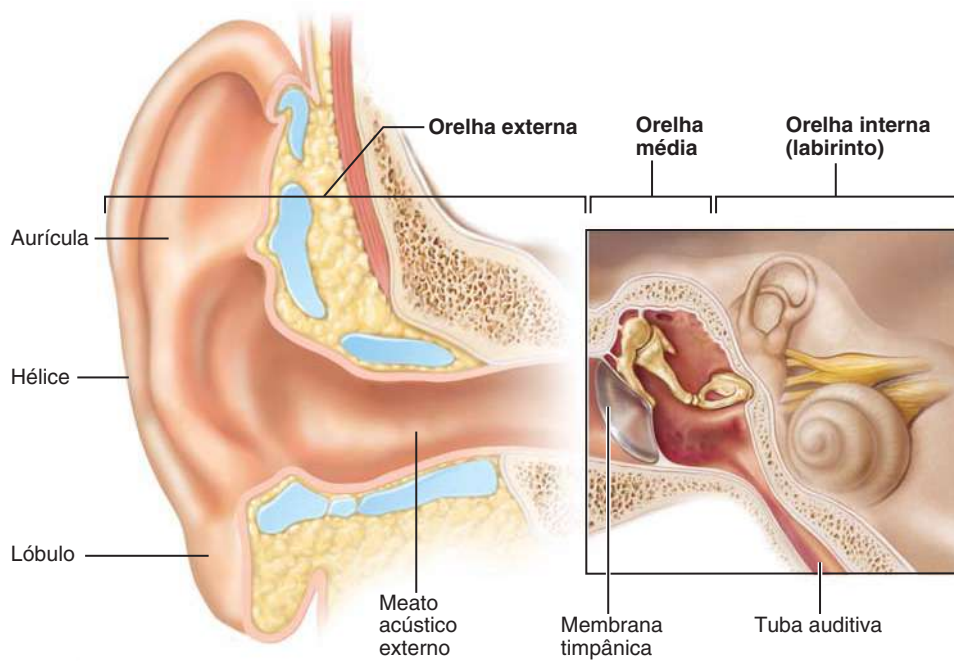


APLICAÇÃO CLÍNICA

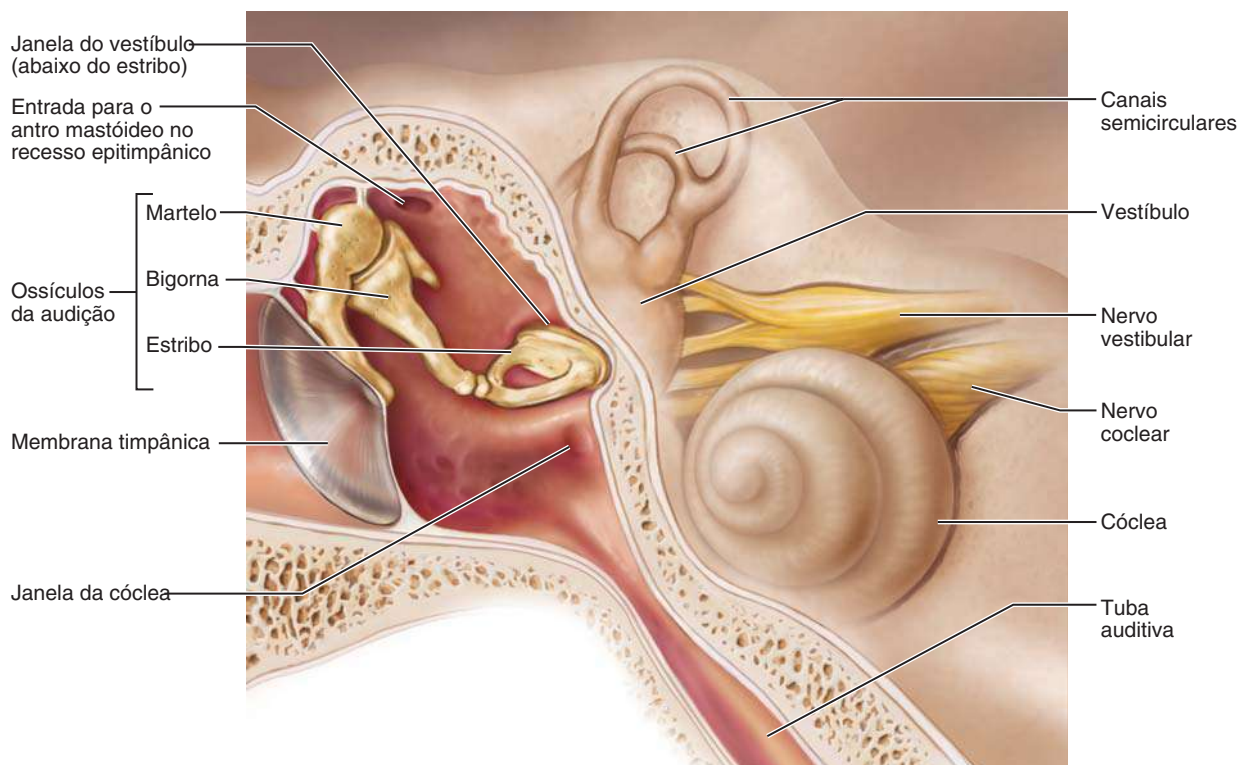
Tímpano perfurado A pressão exagerada de um cotonete ou objeto afiado no meato acústico externo pode rasgar a membrana timpânica, uma condição chamada **tímpano perfurado**. No entanto, uma causa mais comum é uma infecção na orelha média, na qual o acúmulo de pus medial ao tímpano exerce uma pressão que rompe a fina membrana. O tímpano perfurado cicatriza bem, mas pequenas quantidades de cicatrizes podem diminuir permanentemente a acuidade auditiva.

Orelha média

A **orelha média**, ou *cavidade timpânica*, é um espaço pequeno e cheio de ar dentro da parte petrosa do osso temporal, revestido por uma membrana mucosa fina (Figura 16.16b). Seu *limite lateral* é a membrana timpânica; seu *limite medial* é uma parede de osso que o separa da orelha interna. Dois orifícios pequenos penetram essa parede medial: uma **janela do vestíbulo (oval)** superior e uma **janela da cóclea (redonda)** inferior. A orelha média projeta-se superiormente para formar o **recesso epitimpânico** (*epi* = sobre); seu *limite superior* é o teto da parte petrosa do osso temporal, que é tão fino que as infecções da orelha média podem se espalhar para as meninges e o encéfalo sobrejacentes. A *parede posterior* da orelha média abre para o **antro mastóideo**, um canal que leva às células mastóideas (que contêm ar), utilizando o antro como passagem. A *parede anterior* da orelha média fica logo atrás da artéria carótida interna, a artéria principal para o encéfalo, e também contém a abertura da tuba auditiva (discutida em breve). O *limite inferior* da orelha média é um assoalho ósseo fino, sob o qual se situa a importante veia jugular interna. As infec-



(a) As três regiões da orelha



(b) Orelha média e orelha interna

Figura 16.16 Estrutura da orelha. Em (b) é ilustrado o labirinto ósseo da orelha interna.

ções da orelha média podem eclodir através desse assoalho e coagular o sangue nessa veia.

A **tuba auditiva** (antes conhecida como *trompa de Eustáquio*) liga a orelha média à faringe (Figura 16.16). Com cerca de 4 cm de comprimento, ela segue medial, anterior e inferiormente. Seu terço lateral consiste em

osso e ocupa um sulco na superfície inferior do crânio; seus dois terços mediais consistem em cartilagem e se abrem para a parede lateral da parte superior da faringe atrás da cavidade nasal. Esse tubo normalmente achatado e fechado pode ser aberto brevemente pela deglutição ou bocejo, de modo que a pressão do ar na

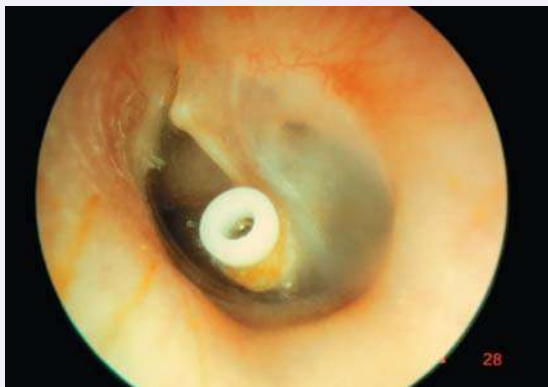
orelha média equalize com a pressão do ar externa. Isso é importante porque o tímpano não vibra livremente, a menos que a pressão em ambas as suas superfícies seja a mesma. As diferenças na pressão do ar acumulam-se no tímpano durante as mudanças rápidas de altitude (como acontece durante a decolagem e o pouso de um avião). Da próxima vez que as suas orelhas se encontrarem em uma situação como essa, lembre-se de que bocejar é a melhor maneira de abrir suas tubas auditivas e equalizar as pressões do ar.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Infecções da orelha média A infecção e a inflamação da orelha média, chamadas de **otite média**, geralmente começam como uma infecção de garganta que se espalha para a orelha média através da tuba auditiva. Fluido e pus podem se acumular na cavidade da orelha média e exercer uma pressão dolorosa dentro desse espaço confinado. Mais crianças do que adultos desenvolvem otite média porque a tuba auditiva das crianças é mais curta e entra na faringe em um ângulo menos agudo. Extremamente comum, a otite média corresponde a um terço das consultas aos pediatras nos Estados Unidos, sendo tratada frequentemente com antibióticos³. No entanto, o abuso de antibióticos levou à resistência bacteriana, tornando os casos persistentes e recorrentes cada vez mais difíceis de tratar.

As crianças com otite média persistente às vezes têm os tímpanos lancetados e tubos auriculares inseridos através do tímpano. Essa **miringotomia** ("incisão no tímpano") permite que a orelha média drene, aliviando a pressão. O minúsculo tubo inserido através do tímpano durante a miringotomia permite que o pus seja drenado na orelha externa. Esse tubo é deixado no tímpano e cai sozinho em um ano.



Tubo inserido no tímpano para ajudar na drenagem e equalizar a pressão entre a orelha externa e a cavidade da orelha média.

A cavidade timpânica é ocupada pelos três menores ossos do corpo, os **ossículos da audição** (Figura 16.16b), que transmitem as vibrações do tímpano através da cavidade para um fluido na orelha interna. De lateral para medial, os ossículos da audição são o **martelo**, similar a um taco com uma dilatação na ponta; a **bigorna**, similar a um dente com duas raízes; e o **estribo**, que parece muito com um estribo de sela. O cabo do martelo conecta-se ao tímpano e a base do estribo vibra contra a janela do vestíbulo. A maioria das pessoas tem problemas para lembrar em qual das janelas o estribo se encaixa: para lembrar, pense na base do estribo de uma sela, que geralmente é oval e não redonda.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Otosclerose O crescimento excessivo do tecido ósseo nas paredes da cavidade da orelha média pode provocar a fusão da base do estribo com a sua janela. Em consequência, o estribo não consegue se mover, resultando em surdez. Essa condição, chamada de **otosclerose** ("endurecimento da orelha"), é um problema comum associado à idade e que afeta uma em cada 200 pessoas e pode ser tratada por uma cirurgia delicada que remove o estribo e o substitui por uma prótese (artificial).

Ligamentos minúsculos suspendem os ossículos na orelha média e minúsculas articulações sinoviais ligam os ossículos em uma cadeia. Concentrando as vibrações do tímpano na janela do vestíbulo, que é muito menor, os ossículos amplificam a pressão das vibrações sonoras em aproximadamente 20 vezes. Sem os ossículos, as pessoas só conseguiriam ouvir sons altos.

Dois músculos esqueléticos minúsculos ocorrem na cavidade da orelha média (Figura 16.17). O **músculo tensor do tímpano** origina-se na parte cartilaginosa da tuba auditiva e insere-se no martelo. O **músculo estapédio** vai da parede posterior da orelha média até o estribo. Quando as orelhas são invadidas por sons muito altos, esses músculos contraem reflexivamente para limitar a vibração dos ossículos e, assim, evitar danos aos receptores auditivos (discutidos em breve).

✓ Verifique seu conhecimento

- 12. Qual estrutura separa o meato acústico externo da cavidade da orelha média?
- 13. Nomeie as quatro aberturas ou orifícios na cavidade da orelha média.

³ Nota do editor: no Brasil, com o aumento da temperatura, a frequência às praias e piscinas também aumenta, provocando inflamações e infecções na orelha — otite média — tanto em adultos como em crianças, segundo a Sociedade Brasileira de Otorrinolaringologia. Além disso, a partir de 2010, o governo federal incluiu no rol das vacinas uma contra a pneumonia, evitando, assim, a ocorrência de mais de 3 milhões de casos de otite média aguda por ano.

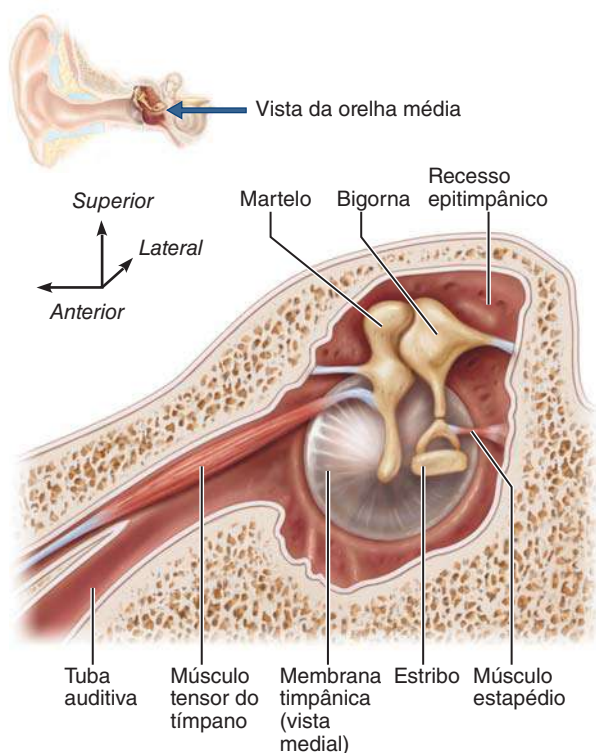


Figura 16.17 Músculos esqueléticos associados com os ossículos da audição (orelha direita, vista medial).

- 14. Qual ossículo da audição se encontra ao lado da membrana timpânica?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Orelha interna

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ nomear as partes dos labirintos ósseo e membranoso na orelha interna;
- ▶ descrever os receptores da audição e do equilíbrio.

A **orelha interna**, também chamada de **labirinto** em razão de sua forma complexa (Figura 16.16), situa-se dentro das paredes protetoras espessas da parte petrosa do osso temporal. A orelha interna consiste em duas divisões principais: o labirinto ósseo e o labirinto membranoso (Figura 16.18 e Tabela 16.1).

O **labirinto ósseo** é uma *cavidade* na parte petrosa do osso temporal que consiste em um sistema de canais tortuosos que possuem três partes. De posterolateral para anteromedial, essas partes são os *canais semicirculares*, o *vestíbulo* e a *cóclea* (Figura 16.16). Os livros acadêmicos costumam retratar o labirinto ósseo como se ele fosse um objeto sólido, mas na realidade é uma cavidade.

O **labirinto membranoso** é uma série contínua de sacos e ductos com paredes membranosas que se encaixam com folga no labirinto ósseo e acompanham mais ou menos o seu contorno (Figura 16.18). A parede de la-

birinto membranoso — sua “membrana” — é uma fina camada de tecido conjuntivo revestido por um epitélio escamoso simples. Partes desse epitélio são espessadas e contêm os receptores para o equilíbrio e audição.

As partes principais do labirinto são:

- Os *ductos semicirculares*; um dentro de cada canal semicircular. Os ductos semicirculares contêm os receptores sensíveis para os movimentos de virar a cabeça.
- O *utrículo* e o *sáculo*; ambos no *vestíbulo*. Os receptores sensíveis que monitoram a posição e a aceleração linear da cabeça estão situados nessas porções do labirinto membranoso.
- O *ducto coclear*, situado dentro da *cóclea*. O ducto coclear contêm os receptores sensíveis para a audição.

O labirinto membranoso é preenchido com um fluido transparente chamado **endolinfa** (“água interna”). Fora do labirinto membranoso, o labirinto ósseo é preenchido com outro fluido transparente chamado **perilinha** (“água circundante”). A perilinha é contínua com o fluido cefalorraquiano que preenche o espaço subaracnóideo. Em nenhuma parte a perilinha e a endolinfa são contínuas entre si.

Vamos explorar a seguir as partes básicas do labirinto ósseo e do labirinto membranoso.

Cóclea

A **cóclea** (“concha de caracol”) é uma câmara em espiral localizada na parte inferior do labirinto ósseo (Figuras 16.16 e 16.18). Seu tamanho é aproximadamente igual à metade de uma ervilha. A partir de sua conexão ao *vestíbulo* em sua base, ela enrola-se em duas voltas e meia em torno de um pilar ósseo chamado **modíolo** (Figura 16.19a), que tem a forma de um parafuso cuja ponta se situa no *ápice da cóclea*, em direção anterolateral. Assim como os parafusos têm roscas, o modíolo tem uma projeção óssea espiralada chamada **lâmina espiral óssea**. Passando pelo núcleo ósseo do modíolo encontramos o **nervo coclear**, que é a divisão coclear do nervo vestibulococlear (VIII).

A parte espiralada do labirinto membranoso dentro da cóclea é o *ducto coclear* (Figuras 16.19a e 16.19b). Esse ducto serpenteia pela cóclea e termina em fundo cego no *ápice coclear*. Dentro da cóclea, o ducto coclear cheio de endolinfa situa-se entre duas câmaras preenchidas com perilinha do labirinto ósseo, a **rampa do *vestíbulo*** e a **rampa do *tímpano*** (Figura 16.19b). A rampa do *vestíbulo* é contínua com o *vestíbulo* perto da base da cóclea, onde se situa ao lado da janela do *vestíbulo* (ver Figura 16.20). A rampa do *tímpano* termina na janela da cóclea, na base da cóclea. A rampa do *vestíbulo* e a rampa do *tímpano* são contínuas entre si no *ápice da cóclea*, em uma região chamada **helicotrema** (“orifício na espiral”).

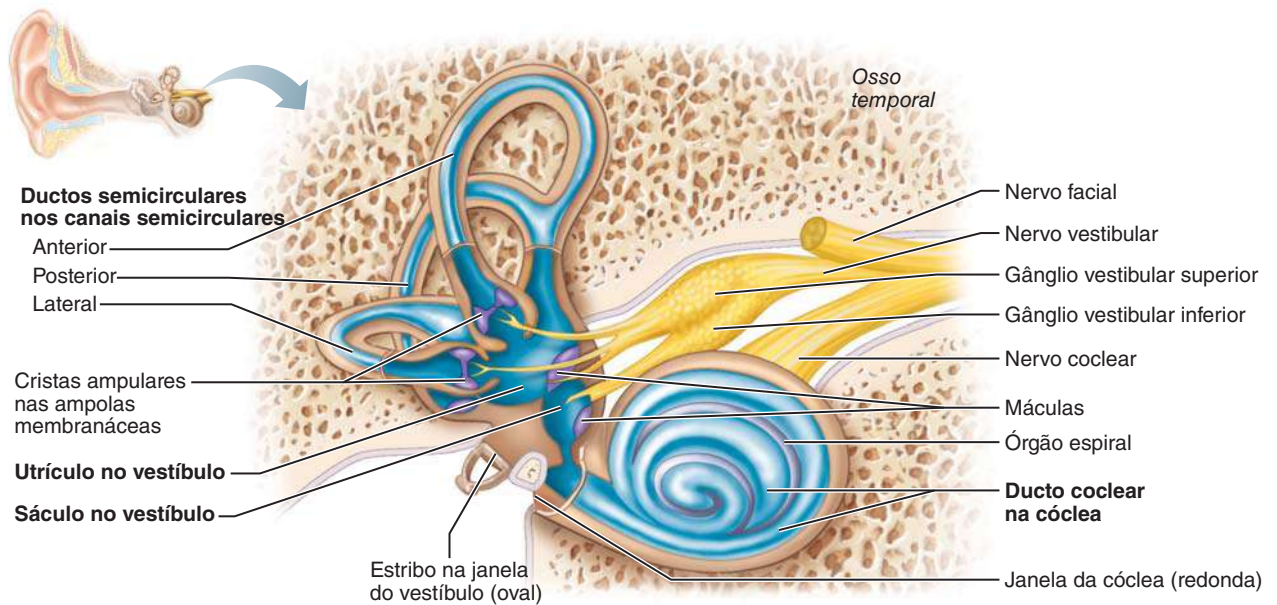


Figura 16.18 Orelha interna. O labirinto membranáceo (azul) está situado nas câmaras do labirinto ósseo (bronze). As localizações dos órgãos sensitivos da audição (órgão espiral) e do equilíbrio (máculas e cristas ampulares) são exibidas em roxo.

Ducto coclear O **ducto coclear** é a parte do labirinto membranáceo que contém os receptores sensitivos para a audição (Figura 16.19b). O “teto” do ducto coclear, separando-o da rampa do vestíbulo, é a **membrana vestibular**. A parede externa desse ducto é a **estria vascular**, um epitélio incomum contendo capilares e que secreta a endolinfa da orelha interna. O assoalho do ducto coclear consiste na lâmina espiral óssea e em uma camada de fibras chamada **membrana basilar**. A membrana basilar sustenta o **órgão espiral**, o epitélio receptor para a audição. Esse epitélio (Figura 16.19c) consiste em **células de sustentação** colunares e uma fileira de **células ciliadas internas** e duas fileiras de **células ciliadas externas**, que são **células receptoras**. No ápice da célula, as pontas dos cílios, os **estereocílios**, estão incorporadas em uma **membrana tectória** gelatinosa; em sua base, as células ciliadas formam sinapse com as fibras sensitivas do nervo coclear. Essas fibras nervosas pertencem aos neurônios bipolares,

cujos corpos celulares ocupam um **gânglio espiral** na lâmina espiral óssea e no modíolo (ver Figura 16.19b) e cujas fibras centrais se projetam para o encéfalo.

As células ciliadas internas e externas possuem três estereocílios de tamanho crescente que se estendem da superfície do ápice da língua de cada célula. Os estereocílios das células ciliadas internas estão dispostos linearmente; os das células ciliadas externas formam um padrão em W (Figura 16.19d).

Mecanismos da audição Como as ondas sonoras estimulam as células ciliadas no órgão espiral? Primeiro, as vibrações sonoras saem do tímpano e passam pelos ossículos, fazendo que o estribo oscile para a frente e para trás contra a janela do vestíbulo (Figura 16.20 ① e ②). Essa oscilação cria ondas de pressão na perilinfa da rampa do vestíbulo (Figura 16.20 ③), que são transferidas para a endolinfa do ducto coclear (Figura 16.20 ④b). Essas ondas fazem que a membrana basilar

Tabela 16.1

Orelha interna: estruturas básicas dos labirintos ósseo e membranáceo

Labirinto ósseo	Labirinto membranáceo (dentro do labirinto ósseo)	Funções do labirinto membranáceo
Canais semicirculares	Ductos semicirculares	Equilíbrio: aceleração rotacional (angular) da cabeça
Vestíbulo	Utrículo e sáculo	Equilíbrio: equilíbrio estático e aceleração linear da cabeça
Cóclea	Ducto coclear	Audição

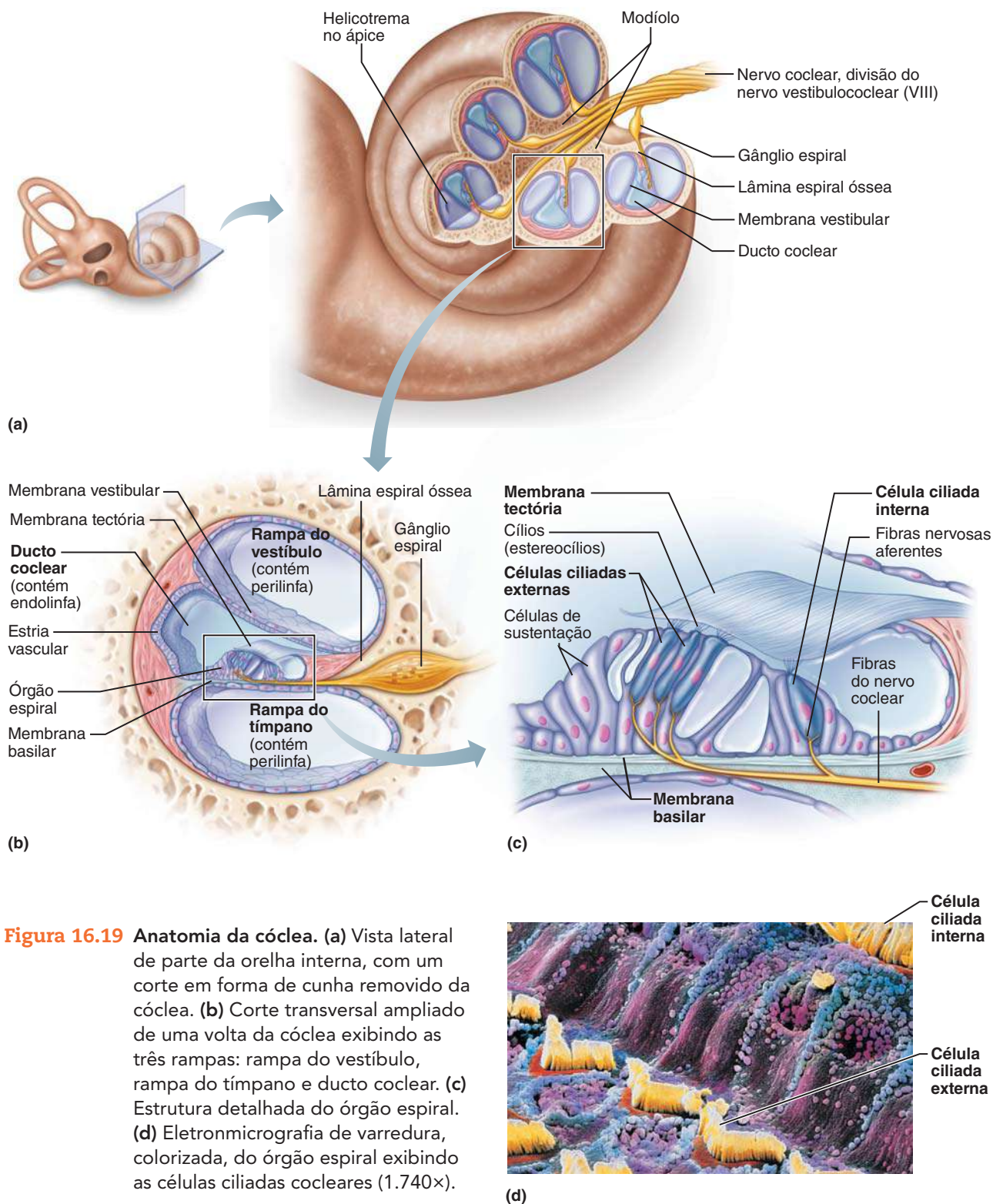


Figura 16.19 Anatomia da cóclea. (a) Vista lateral de parte da orelha interna, com um corte em forma de cunha removido da cóclea. (b) Corte transversal ampliado de uma volta da cóclea exibindo as três rampas: rampa do vestibulo, rampa do tímpano e ducto coclear. (c) Estrutura detalhada do órgão espiral. (d) Eletronmicrografia de varredura, colorizada, do órgão espiral exibindo as células ciliadas cocleares (1.740×).

vibre para cima e para baixo. As células ciliadas no órgão espiral movem-se junto à membrana basilar (Figura 16.19c), mas a membrana tectória subjacente (na qual os cílios estão ancorados) não se move. Portanto, os movimentos das células ciliadas fazem que seus cílios se curvem. Cada vez que esse encurvamento ocorre

em uma direção específica, as células ciliadas liberam neurotransmissores que excitam as fibras nervosas cocleares que transmitem informações vibratórias (sonoras) para o encéfalo. As vibrações da membrana basilar fazem que a perilinfa vibre na rampa do tímpano subjacente. Essas vibrações seguem para a janela da cóclea,

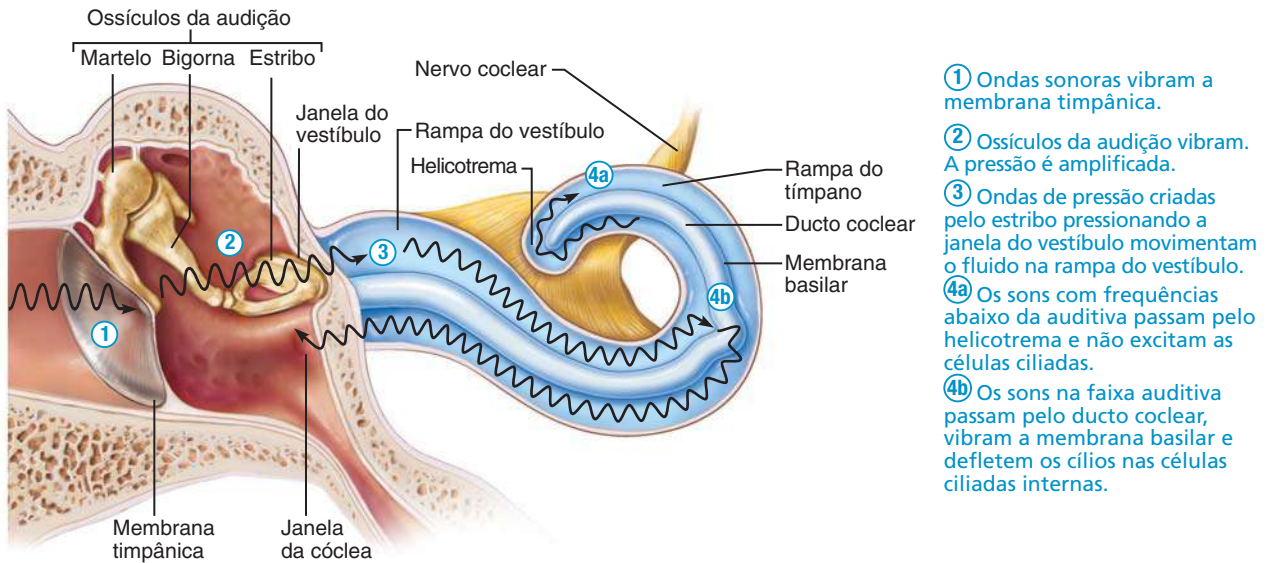


Figura 16.20 Papel da cóclea na audição. A cóclea está desenhada como se não fosse espiralada. A estrutura da membrana basilar é tal que segrega o som de acordo com a frequência — sua parte basal vibra em resposta aos sons de alta frequência, enquanto sua parte apical vibra em resposta aos sons de baixa frequência.

onde empurram a membrana que cobre a janela, dissipando assim a sua energia restante no ar da cavidade da orelha média. Sem esse mecanismo de liberação, os ecos reverberariam dentro da cóclea óssea rígida, perturbando a recepção do som.

As células ciliadas internas e externas no órgão espiral têm funções diferentes. As células ciliadas *internas* são os verdadeiros receptores que transmitem as vibrações da membrana basilar para o nervo coclear. As células ciliadas *externas* estão envolvidas no ajuste permanente da cóclea e na amplificação do sinal. As células ciliadas externas recebem fibras eferentes do encéfalo que provocam estiramento e contração dessas células, aumentando a capacidade de resposta dos receptores das células ciliadas internas. Em geral, esse mecanismo ativo amplifica os sons em 100 vezes, de modo que conseguimos ouvir os sons mais débeis. A mobilidade das células ciliadas externas também é responsável pela produção dos sons auriculares (*emissões otoacústicas*). A detecção das emissões otoacústicas espontâneas é utilizada para testar a audição nos recém-nascidos.

Vestíbulo, utrículo e sáculo

O **vestíbulo** é a cavidade central do labirinto ósseo (Figura 16.16) e situa-se imediatamente medial à orelha média, e a janela do vestibulo está em sua parede óssea lateral. Suspensas em sua perilinfa encontram-se duas partes ovais do labirinto membranáceo, o **utrículo** (“bolsa de couro”) e o **sáculo** (“pequena bolsa”). O utrículo é contínuo com os ductos semicirculares; o sáculo, com o ducto coclear.

Máculas O utrículo e o sáculo abrigam um ponto de epitélio sensitivo chamado **mácula** (Figuras 16.18 e

Figura 16.21a). Tanto a mácula do utrículo quanto a mácula do sáculo contêm células receptoras que monitoram a posição da cabeça quando ela é mantida imóvel. Esse aspecto do sentido do equilíbrio chama-se *equilíbrio estático*. Essas células receptoras também monitoram as mudanças em linha reta na velocidade e na direção dos movimentos da cabeça — ou seja, *aceleração linear* —, mas não os movimentos de rotação da cabeça.

Cada mácula é um retalho de epitélio contendo **células de sustentação** colunares e receptores espalhados, chamadas **células ciliadas** (ver Figura 16.21a). As células ciliadas formam sinapse com as fibras sensitivas do **nervo vestibular**, que é a divisão vestibular do nervo vestibulococlear (VIII). Assim chamada pela sua aparência felpuda na superfície livre, cada célula ciliada possui muitos estereocílios (microvilosidades longas) e um único cinocílio (um cílio verdadeiro) que se projeta do seu ápice. As pontas desses pelos rígidos estão embutidas em uma **membrana dos estatocônios** sobrejacente, que na realidade é um disco gelatinoso que contém cristais pesados de carbonato de cálcio chamados **estatocônios** ou **otólitos** (“pedras de ouvido”).

É fácil compreender como a mácula e os estatocônios contribuem para o sentido do equilíbrio estático. A mácula e o *utrículo* possuem uma orientação *horizontal* dentro da orelha (Figura 16.21a). Quando uma pessoa mantém a cabeça inclinada (Figura 16.21b), a pesada membrana dos estatocônios puxa para baixo, curvando os cílios receptores e sinalizando ao nervo vestibular para que avise ao encéfalo que a cabeça está inclinada. A mácula do *sáculo*, por outro lado, possui uma orientação *vertical* dentro da orelha (Figura 16.21a), então seus estatocônios pesados puxam os cílios para baixo sempre

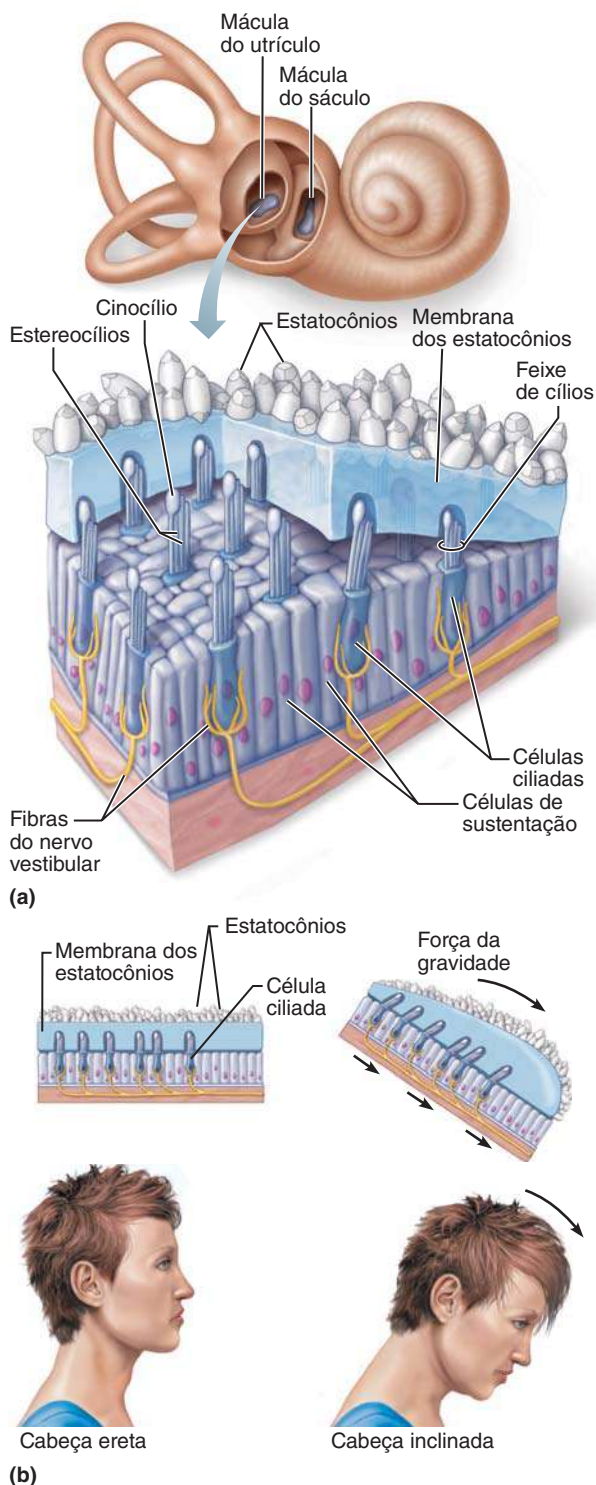


Figura 16.21 Máculas na orelha interna. (a) Estrutura de uma mácula. (b) Função da mácula do utrículo na sinalização da posição da cabeça.

que a cabeça estiver ereta, sinalizando ao encéfalo que a cabeça está em uma posição não inclinada. Também é fácil compreender como a mácula monitora os movimentos da aceleração linear: sempre que o corpo balança para a frente, para cima ou para os lados em uma linha

reta, a pesada membrana dos estatocônios fica para trás, mais uma vez curvando os cílios e avisando ao encéfalo.

As máculas são inervadas por dois ramos do nervo vestibular (Figura 16.18). Os neurônios sensitivos nesse nervo são neurônios bipolares, com os corpos celulares localizados nos *gânglios superior e inferior*. Esses gânglios situam-se no meato acústico interno, na parte petrosa do osso temporal. A via das fibras do nervo vestibular dentro do encéfalo será discutida em breve (p. 534).

Canais semicirculares e ductos semicirculares

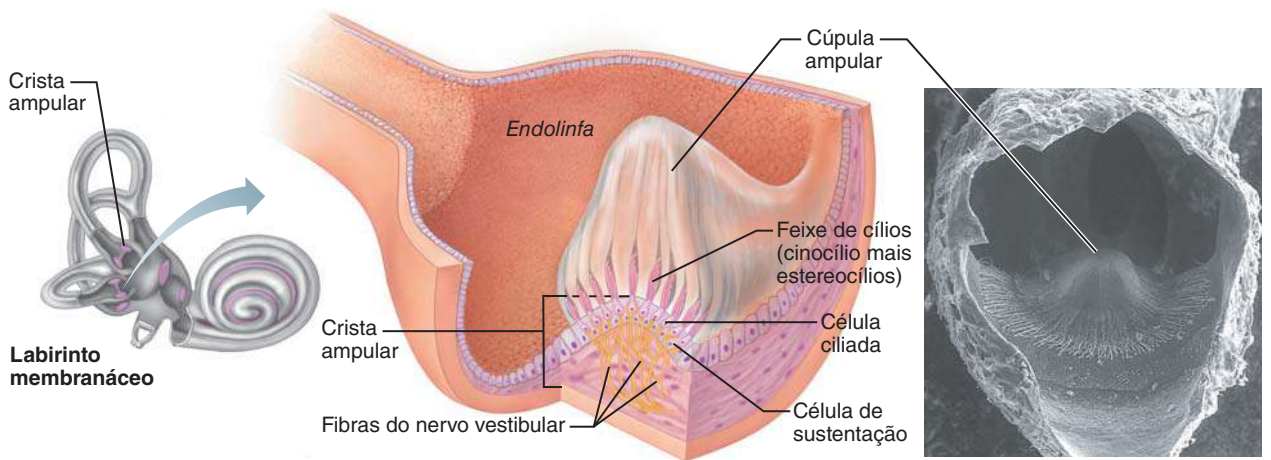
Enquanto o vestíbulo abriga os receptores para o equilíbrio estático e a aceleração linear, os canais semicirculares abrigam os receptores para a aceleração *rotacional* da cabeça. Os três **canais semicirculares** do labirinto ósseo situam-se no lado posterior e lateral ao vestíbulo (Figura 16.16). Cada um desses canais descreve cerca de dois terços de um círculo e possui uma expansão em uma extremidade chamada **ampola** (“frasco”). Cada canal situa-se em um dos três planos do espaço: os **canais semicirculares anterior e posterior** situam-se nos planos verticais em ângulos retos entre si, enquanto o **canal semicircular lateral** (*canal horizontal*) se situa quase horizontalmente. Parte do labirinto membranáceo, o **ducto semicircular**, esgueira-se através de cada canal semicircular. Cada ducto semicircular possui uma intumescência chamada **ampola membranácea** dentro da ampola óssea correspondente.

Cristas ampulares Cada ampola membranácea abriga uma pequena crista chamada **crista ampular** ou “crista da ampola” (Figura 16.18 e **Figura 16.22**). As três cristas ampulares contêm células receptoras que medem a *aceleração rotacional* (*angular*) da cabeça, como ocorre quando uma patinadora artística rodopia ou quando uma ginasta faz um *flip*. Cada crista possui um epitélio em seu topo que, como a mácula, contém *células de sustentação* e *células ciliadas* receptoras. Os “pelos” dessas células ciliadas projetam-se em uma massa gelatinosa que lembra um boné pontudo, a **cúpula ampular**; as partes basais das células ciliadas formam sinapses com as fibras do nervo vestibular.

Como os três ductos semicirculares se situam em três planos diferentes, cada crista responde à rotação da cabeça em um plano espacial diferente. Quando a cabeça começa a girar, a endolinfa no ducto semicircular fica para trás, empurrando a cúpula e curvando os cílios (Figura 16.22c). À medida que seus cílios inclinam, as células ciliadas despolarizam e mudam o padrão dos impulsos transmitidos pelas fibras do nervo vestibular para o encéfalo.

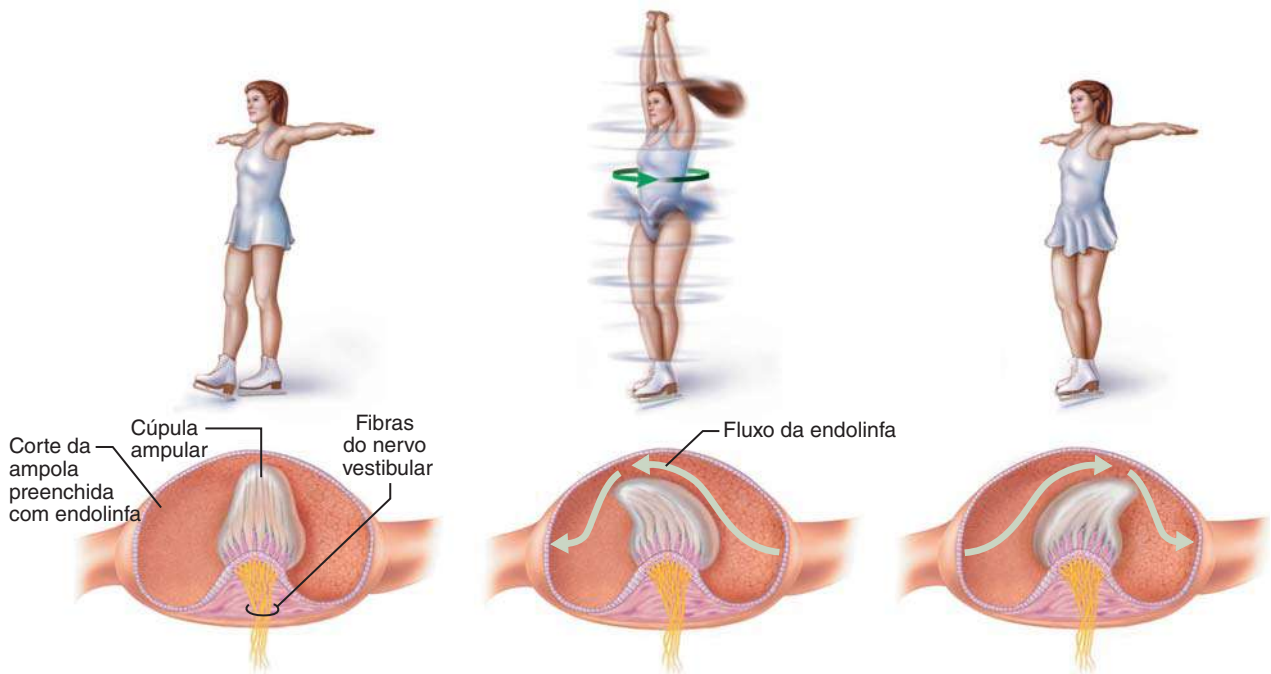
✓ Verifique seu conhecimento

- 15. Qual é a diferença entre o labirinto membranáceo e o labirinto ósseo da orelha interna?



(a) Anatomia de uma crista ampular em um canal semicircular

(b) Eletromicrografia de varredura de uma crista ampular (14x)



Em repouso, a cúpula ampular fica ereta.

Durante a aceleração rotacional, a endolinfa move-se para dentro dos canais semicirculares na direção oposta à rotação (fica para trás em decorrência da inércia). O escoamento da endolinfa inclina a cúpula ampular e excita as células ciliadas.

À medida que o movimento rotacional desacelera, a endolinfa continua movendo-se na direção de rotação, curvando a cúpula ampular na direção oposta à aceleração e inibindo as células ciliadas.

(c) Movimento da cúpula ampular durante a aceleração e a desaceleração rotacionais

Figura 16.22 Localização, estrutura e função da crista ampular na orelha interna.

- 16. Dentro da cóclea, onde está situada a perilinfa?
- 17. No ducto coclear, onde está situada cada uma destas membranas: membrana vestibular, membrana basilar e membrana tectória? Em qual das membranas as vibrações estimulam as células ciliadas do órgão espiral?
- 18. Quais receptores sensitivos monitoram a posição estacionária da cabeça e os movimentos lineares da cabeça? Onde estão situados esses receptores?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Vias da audição e do equilíbrio

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever as vias percorridas pelas informações auditivas e do equilíbrio através do encéfalo.

Assim como é o caso de todas as informações sensitivas, a informação sobre equilíbrio e audição segue para o encéfalo visando ao seu processamento e integração.

A **via auditiva** ascendente transmite informações principalmente auditivas dos receptores cocleares das

células ciliadas internas para o córtex cerebral (**Figura 16.23**). Primeiro, os impulsos passam pelo nervo coclear para os **núcleos cocleares** no bulbo. A partir dali, alguns neurônios projetam-se para os **núcleos olivares superiores**, que se situam na junção do bulbo e da ponte. Além desse ponto, os axônios sobem no **lemnisco lateral** (um trato de fibras) para o **colículo inferior** (o centro reflexo auditivo no mesencéfalo), que se projeta para o **núcleo geniculado medial do tálamo**. Os axônios dos neurônios talâmicos projetam-se para o córtex auditivo primário, que proporciona a percepção consciente do som. A via auditiva é incomum pelo fato de que nem todas as suas fibras cruzam para o outro lado do encéfalo. Portanto, cada córtex auditivo primário recebe impulsos de ambas as orelhas. Clinicamente, esse fenômeno dificulta a identificação da lesão no córtex auditivo primário, pois esse dano produz apenas uma perda de audição mínima.

Os núcleos olivares superiores e o colículo inferior (p. 396) não são apenas estações de retransmissão ao longo da via auditiva, mas desempenham suas próprias funções importantes. Por exemplo, essas duas estruturas participam na localização dos sons.

A **via do equilíbrio** transmite informações sobre a posição e os movimentos da cabeça através do nervo

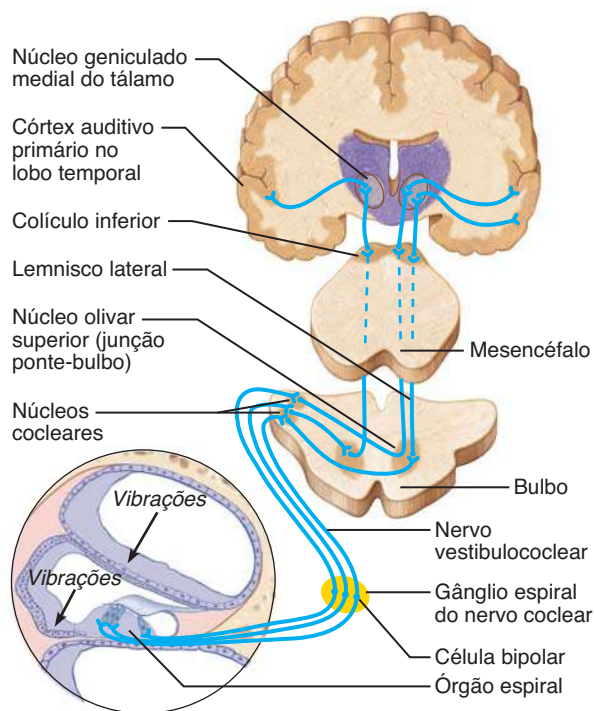


Figura 16.23 Via auditiva. Este diagrama simplificado mostra apenas a via da orelha direita.

vestibular para o tronco encefálico. O equilíbrio é o único sentido especial para o qual a maioria das informações vai para os centros encefálicos *inferiores* — que são centros reflexos primários — em vez de seguirem para o córtex cerebral “pensante”. Essa via reflete o fato de que as respostas a uma perda de equilíbrio, como tropeçar, precisam ser rápidas e reflexivas: no tempo que levaria para você “pensar a respeito” de corrigir uma queda, você cairia no chão. Os núcleos vestibulares no bulbo (exibidos na Figura 13.7c e discutidos na p. 393) e no cerebelo (p. 397) são os principais centros encefálicos para processar as informações sobre equilíbrio. Uma via menos importante para o córtex cerebral proporciona percepção consciente da posição e dos movimentos da cabeça. Nessa via menos importante, as fibras do nervo vestibular projetam-se para os núcleos vestibulares, depois para o tálamo e então para a parte posterior da ínsula do cérebro.

Desenvolvimento embrionário da orelha

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ comparar e diferenciar as derivações embrionárias da orelha externa, média e interna.

O desenvolvimento da orelha começa na 4ª semana após a concepção (**Figura 16.24**). Primeiro a orelha interna começa a se formar a partir de um espessamento do ectoderma de superfície chamado **placode ótica**, situado na lateral do metencéfalo em cada lado da cabeça (Figura 16.24a). Esse placode invagina-se e forma a **depressão ótica** (Figura 16.24b). Depois suas margens se fundem e formam a **vesícula ótica**, que se descola do epitélio superficial, como mostra o lado direito da Figura 16.24c. A vesícula ótica assume uma forma complexa e transforma-se em um labirinto membranáceo. O tecido mesenquimatoso em volta da vesícula ótica transforma-se na parte petrosa do osso temporal — ou seja, as paredes do labirinto ósseo.

À medida que a orelha interna se desenvolve, a orelha média começa a se formar. As projeções laterais, chamadas **bolsas faríngeas**, formam-se a partir da faringe revestida de endoderma (Figura 16.24b-d). A cavidade da orelha média e a tuba auditiva desenvolvem-se a partir da primeira bolsa faríngea. Os ossículos, que vão preencher a cavidade da orelha média, desenvolvem-se a partir de barras de cartilagem associadas com a primeira e a segunda bolsa faríngea.

Voltando-se para a orelha externa, o meato acústico externo diferencia-se do primeiro **sulco branquial**, uma endentação do ectoderma superficial (Figura 16.24b-d). A aurícula da orelha externa cresce a partir de uma série de protuberâncias em torno desse sulco branquial.

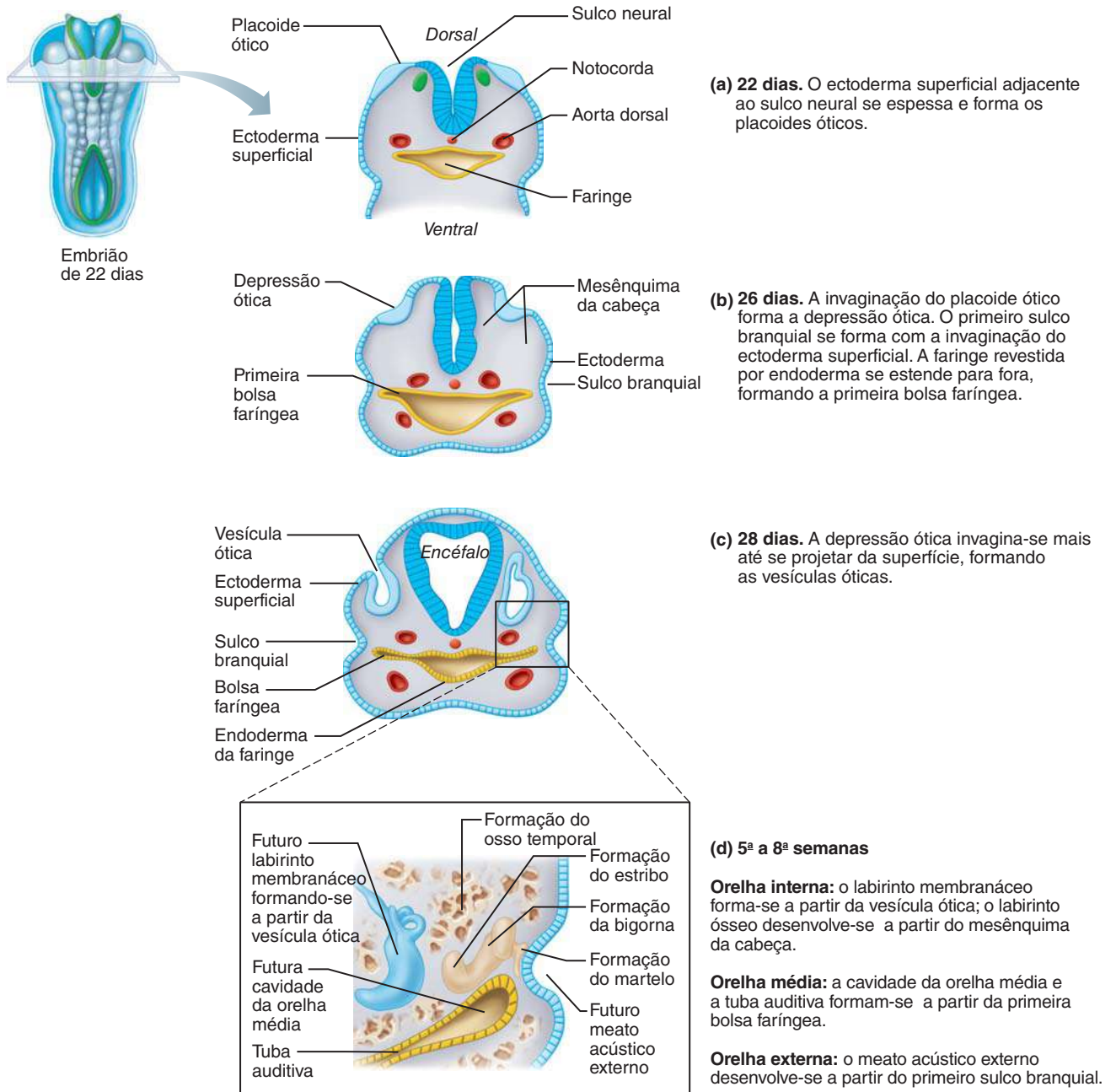


Figura 16.24 Desenvolvimento embrionário da orelha. À esquerda, uma visualização superficial do embrião mostra o plano dos cortes.

Transtornos de audição e de equilíbrio

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ apresentar as causas e sintomas da cinetose, síndrome de Ménière e surdez.

Cinetose

A **cinetose** é um transtorno de equilíbrio comum, no qual determinados movimentos (como andar de automóvel ou de barco) levam à náusea e vômito. A causa dessa condição tem sido difícil de determinar. A teoria mais popular é que ela surge de uma incom-

patibilidade de estímulos sensitivos. Por exemplo, se você estiver em um navio que está balançando, o estímulo visual indica que o seu corpo está parado em relação a um ambiente estacionário (a sua cabine), mas o seu aparelho vestibular detecta movimento. A confusão resultante no seu encéfalo leva de algum modo à cinetose. Outra teoria é que a cinetose ocorre porque os núcleos vestibulares se situam próximos dos centros no bulbo que controla o vômito, podendo se projetar até eles. Os medicamentos antienjoo podem aliviar os sintomas da cinetose ao bloquearem os sinais da orelha interna para o centro de vômito.

Síndrome de Ménière

Em um transtorno chamado **síndrome de Ménière**, o labirinto membranáceo aparentemente é distorcido por quantidades excessivas de endolinfa. Os indivíduos afetados sofrem uma série de sintomas: o equilíbrio é tão perturbado que ficar em pé é quase impossível; crises temporárias, porém repetidas, de vertigem, náusea e vômito; e tinidos nas orelhas, de modo que a audição fica prejudicada e talvez acabe sendo perdida. Embora os casos menos graves possam ser gerenciados por medicamentos antienjoo, as crises mais debilitantes podem exigir diuréticos (medicamentos que aumentam o débito urinário) e restrição da ingestão alimentar de sal — ambos os quais diminuem o volume de fluido extracelular e, conseqüentemente, de endolinfa. Os casos graves podem exigir cirurgia para drenar o excesso de endolinfa da orelha interna ou cortar o nervo vestibular para aliviar a vertigem. Um último recurso, normalmente postergado até a perda total da audição, é a remoção de todo o labirinto membranáceo.

Surdez

Qualquer perda de audição, não importa o quão pequena, é considerada surdez. Os dois tipos de surdez, *surdez condutiva* e *surdez neurossensitiva*, têm causas diferentes.

A **surdez condutiva** ocorre quando as vibrações sonoras não podem ser conduzidas para a orelha interna. Ela pode ser provocada por cerume bloqueando o meato acústico externo, um tímpano rompido, otite média ou otosclerose.

A **surdez neurossensitiva** resulta de dano às células ciliadas ou a qualquer parte da via auditiva para o encéfalo. Na maioria das vezes, ela resulta da perda normal, gradual, das células receptoras da audição que ocorre ao longo da vida. Em outros casos, as células ciliadas podem ser destruídas em um estágio inicial por um único e explosivo som alto ou pela exposição repetida a música alta, ao ruído de uma fábrica ou ao ruído de um aeroporto. Os AVCs e tumores que danificam o córtex auditivo também podem causar esse tipo de surdez. Quando a surdez reflete danos às células ciliadas, os aparelhos auditivos podem ajudar. Os aparelhos auditivos tradicionais simplesmente amplificam os sons, uma estratégia eficaz, se a perda das células ciliadas não for grande demais. Para a surdez neurossensitiva completa, existem **implantes cocleares**. Colocados no osso temporal, esses dispositivos convertem a energia sonora em sinais elétricos e entregam esses sinais diretamente para as fibras do nervo coclear. Os modelos modernos têm até 24 eletrodos, cada um deles respondendo a uma frequência diferente, e são tão eficazes que até mesmo as crianças que nasceram surdas conseguem ouvir bem para aprender a falar.

✓ Verifique seu conhecimento

- 19. Que tipo de surdez resulta do dano às células do gânglio espiral?

- 20. Qual camada germinativa embrionária (ectoderma, mesoderma ou endoderma) forma o labirinto membranáceo?
- 21. Quais regiões do encéfalo recebem estímulos dos nervos vestibulares e processam informações sobre equilíbrio?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

OS ÓRGÃOS DOS SENTIDOS AO LONGO DA VIDA

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever as mudanças nos sentidos especiais que ocorrem com o envelhecimento.

Olfação e paladar

Todos os sentidos especiais são funcionais, em maior ou menor grau, no nascimento. O olfato e o paladar são aguçados nos recém-nascidos, e a provável razão para as crianças saborearem alimentos que os adultos consideram sem graça é que elas têm mais calículos gustatórios do que os adultos. A maioria das pessoas não passa por dificuldades com seus sentidos químicos durante a infância e o início da idade adulta, mas a partir da quarta década de vida, a capacidade para degustar e cheirar diminui. Essa diminuição reflete uma perda gradual dos quimiorreceptores, que são repostos mais lentamente do que nos anos da juventude.

Visão

Embora o feto não consiga enxergar na escuridão do útero, os fotorreceptores estão plenamente formados na parte posterior da retina em aproximadamente 25 semanas após a concepção, e as conexões neuronais da via visual desenvolveram-se ainda mais cedo. As experiências visuais durante os oito primeiros meses após o nascimento aperfeiçoam essas conexões sinápticas.

Os problemas oculares congênitos são relativamente raros, embora a rubéola materna durante o primeiro trimestre de gravidez possa causar cegueira ou catarata congênita. Nos recém-nascidos, os bulbos do olho são reduzidos, então todos os bebês são hiperópicos (hipermetropes); apenas os tons de cinza são percebidos, os movimentos oculares são descoordenados e frequentemente apenas um olho é utilizado de cada vez. No entanto, aos 3 meses de idade, os bebês conseguem focar uma imagem na fóvea central da retina para obter uma visão nítida e conseguem acompanhar objetos em movimento com seus olhos. Por volta dos 6 meses de idade, já existe a percepção de profundidade, a visão em cores já está bem desenvolvida e a hiperopia inicial já está quase extinta.

À medida que uma pessoa envelhece, a lente perde a sua transparência e torna-se descolorida, começando a dispersar a luz (o brilho resultante é o motivo pelo

qual as pessoas mais velhas desviam um pouco o olhar quando faróis se aproximam à noite, enquanto estão dirigindo). Os músculos dilatadores da pupila tornam-se menos eficientes, então as pupilas permanecem parcialmente constrictas. Todas essas mudanças diminuem a quantidade de luz que chega à retina, tal que a acuidade visual é radicalmente menor nas pessoas acima dos 70 anos de idade. Além disso, os idosos são susceptíveis a condições que causam cegueira, como o glaucoma, o deslocamento de retina, o diabetes melito e a degeneração muscular associada à idade.

Audição

Os bebês recém-nascidos conseguem ouvir, mas suas primeiras respostas aos sons são basicamente reflexas — por exemplo, chorar e apertar as pálpebras em resposta a um ruído assustador. Os bebês conseguem ouvir sons de frequência baixa e média ao nascer, mas a capacidade para ouvir sons de alta frequência é um desenvolvimento pós-natal. No terceiro ou quarto mês, os bebês conseguem localizar os sons e vão se voltar para as vozes dos membros da família. Aos 12 meses, os bebês conhecem todos os sons da sua linguagem nativa e a escuta crítica começa nos bebês quando aprendem a falar.

As anomalias estruturais congênitas da orelha externa, incluindo a perda parcial ou total da aurícula e os canais auditivos fechados ou ausentes, são bem comuns;

menos comum é a surdez neurossensitiva decorrente de infecções de rubéola materna durante a gravidez. Exceto quanto às infecções comuns da orelha na infância, normalmente poucos problemas afetam as orelhas até a idade adulta. Aproximadamente aos 60 anos, porém, a deterioração do órgão espiral se torna perceptível. Os seres humanos nascem com aproximadamente 20 mil células ciliadas em cada orelha, mas elas se perdem gradualmente. A capacidade para ouvir sons de alta frequência desaparece em primeiro lugar. Essa perda gradual da audição com a idade chama-se **presbiacusia**, literalmente “audição de velho”. É o tipo mais comum de surdez neurossensitiva. Embora seja considerada uma deficiência da velhice, ela está se tornando mais comum nas pessoas mais jovens à medida que o mundo moderno se torna cada vez mais barulhento e o uso dos fones de ouvido é cada vez mais generalizado.

Nos mamíferos, as células ciliadas da orelha interna tanto da audição quanto do equilíbrio não se regeneram naturalmente. No entanto, técnicas de terapia genética induziram a formação de novas células ciliadas. O gene *Math1*, introduzido no fluido da orelha interna de cobaias adultas, resultou no crescimento de novas células ciliadas. O *Math1* codifica uma proteína que induz uma célula imatura da orelha a se transformar em célula ciliada. Essa pesquisa pode levar ao tratamento de muitos tipos de perda auditiva.



TERMOS CLÍNICOS

Escotoma Ponto cego no campo visual diferente do ponto cego provocado pelo nervo óptico; costuma refletir a presença de um tumor encefálico pressionando as fibras nervosas ao longo da via visual.

Oftalmologia Estudo do olho e das doenças oculares. O *oftalmologista* é um médico cuja especialidade é tratar distúrbios oculares. Por outro lado, um *optometrista* é um profissional licenciado, mas que não é médico, que mede a visão e prescreve lentes corretivas.

Otite externa (orelha de nadador) Inflamação e infecção do meato acústico externo, provocada por bactérias ou fungos vindos de fora e que entram no canal, especialmente quando este está úmido.

Otorrinolaringologia Estudo da orelha, nariz e laringe e das doenças dessas regiões do corpo.

Surdez congênita Uma em cada 500 a 1.000 crianças nasce surda em razão de fatores como estribo imóvel, superprodução de perilinfa e várias má-formações da orelha média e interna. As causas definitivas da surdez congênita são menos conhecidas, embora ela possa

resultar de doenças maternas como a caxumba, sífilis ou rubéola durante a gravidez. Muitos casos congênitos têm uma base genética e foram identificados pelo menos quatro genes diferentes que, quando sofrem mutação, podem causar surdez.

Tinido Ruído persistente — um zunido, assovio ou ruído estridente — que parece vir das orelhas em 10% a 20% dos idosos, provocando grande agonia e desconforto. Muitas vezes ele aparece pela primeira vez após um barulho alto ou uma lesão na cabeça ou na cóclea. Evidências recentes sugerem que o tinido é análogo à dor do membro fantasma (ver p. 405) — é uma “dor coclear fantasma”, causada pela destruição de alguns neurônios ao longo da via auditiva. Com os outros neurônios dessa via agora privados de seu estímulo normal, os axônios vizinhos crescem e reinervam esses neurônios, e o SNC interpreta os sinais de fundo dos novos axônios como ruído. Os tratamentos incluem o mascaramento dos ruídos com sons reconfortantes, e aconselhamento; os medicamentos praticamente não surtem efeito.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

SENTIDOS QUÍMICOS: PALADAR E OLFATO (p. 507-510)

Paladar (gustação) (p. 507-508)

1. A maioria dos cálculos gustatórios está na língua, no epitélio das papilas fungiformes, folhadas e circunvaladas.
2. Os cálculos gustatórios contêm células epiteliais gustatórias e células epiteliais basais que substituem as células gustatórias danificadas. As células epiteliais gustatórias são excitadas quando substâncias químicas que estimulam o paladar se ligam a suas microvilosidades.
3. As cinco qualidades básicas do paladar são doce, azedo, salgado, amargo e *umami*.
4. O sentido do paladar é captado pelos nervos cranianos VII, IX e X, que enviam impulsos para o bulbo. Do bulbo, os impulsos seguem para o tálamo e para a área do paladar do córtex cerebral.

Olfato (olfação) (p. 508-509)

5. O epitélio olfatório está situado no teto da cavidade nasal. O epitélio contém neurônios sensitivos olfatórios, células epiteliais de sustentação e células-tronco olfatórias.
6. Os neurônios sensitivos olfatórios são neurônios bipolares ciliados. As moléculas de odor ligam-se aos cílios, excitando os neurônios. Os axônios desses neurônios formam os filamentos do nervo olfatório (nervo craniano I).
7. Os axônios do nervo olfatório transmitem impulsos para o bulbo olfatório. Aqui, esses axônios formam sinapse com as células mitrais nas estruturas chamadas glomérulos.
8. Após receberem estímulos dos neurônios sensitivos olfatórios, as células mitrais enviam essa informação olfatória através do trato olfatório para o córtex olfatório e para o sistema límbico.

Desenvolvimento embrionário dos sentidos químicos (p. 509)

9. O epitélio olfatório e os cálculos gustatórios desenvolvem-se a partir do epitélio na face e na boca/faringe, respectivamente.

Transtornos dos sentidos químicos (p. 509-510)

10. Os transtornos olfatórios incluem anosmia (incapacidade para sentir odores) e epilepsias uncinadas (alucinações olfatórias).

OLHO E VISÃO (p. 510-525)

11. O olho está situado na órbita óssea e é protegido por gordura. A órbita cuneiforme também contém nervos, vasos e músculos extrínsecos do olho.

Estruturas acessórias do olho (p. 510-513)

12. Os supercílios sombreiam e protegem os olhos.

13. As pálpebras protegem e lubrificam os olhos através do piscar reflexo. Cada pálpebra contém um tarso de sustentação, as raízes dos cílios e glândulas tarsais e ciliares. Os músculos nas pálpebras incluem o levantador da pálpebra superior, que abre o olho, e o orbicular do olho, que fecha o olho.

14. A túnica conjuntiva é uma membrana mucosa que cobre a superfície interna das pálpebras (conjuntiva palpebral) e o branco do olho (túnica conjuntiva do bulbo). Seu muco lubrifica a superfície do olho.

15. A glândula lacrimal secreta o fluido lacrimal (lágrimas), que se espalha medialmente pela superfície do olho e é drenado na cavidade nasal através dos canaliculos lacrimais, saco lacrimal e ducto lacrimonasal.

16. Os seis músculos extrínsecos do olho são o reto lateral e o medial (que viram o olho lateral e medialmente, respectivamente); o reto superior e o inferior (que elevam e abaixam o olho, respectivamente, mas que também o viram medialmente); e os oblíquos superior e inferior (que abaixam e elevam o olho, respectivamente, mas que também o viram lateralmente).

Anatomia do bulbo do olho (p. 513-520)

17. A parede do olho tem três partes. A camada fibrosa mais externa consiste na região posterior da esclera e na região anterior da córnea. A esclera rígida protege o olho e confere o seu formato. A córnea é a janela transparente através da qual a luz entra no olho.

18. A túnica vascular média pigmentada consiste na corioide, no corpo ciliar e na íris. A corioide fornece nutrientes para os fotorreceptores da retina e evita a dispersão da luz dentro do olho. O corpo ciliar contém músculos ciliares lisos que controlam o formato da lente e os processos ciliares que secretam humor aquoso. A íris contém músculo liso que muda o tamanho da pupila.

19. A camada sensitiva contém a retina e o nervo óptico. A retina consiste em um extrato pigmentoso (externa) e um extrato nervoso (interno). Este último contém fotorreceptores (bastonetes e cones) e outros tipos de neurônios. A luz influencia os fotorreceptores, que sinalizam as células ganglionares. Os axônios dos neurônios ganglionares seguem ao longo da superfície da retina interna na direção do disco do nervo óptico, formando o nervo óptico.

20. Os segmentos externos dos bastonetes e cones contêm um pigmento que absorve a luz nos discos cobertos por membrana. A luz modifica esse pigmento para iniciar o fluxo de sinais através da via visual.

21. Dois pontos importantes na parede posterior da retina são (1) a mácula lútea com sua fóvea central (área de maior acuidade visual) e (2) o disco do nervo óptico (ponto cego), onde os axônios das células ganglionares formam o nervo óptico.

22. O terço externo da retina (fotorreceptores) é nutrido pelos capilares na corioide, enquanto os dois terços internos são supridos pelos vasos centrais da retina.

23. O segmento posterior do olho (posterior à lente) contém o corpo vítreo gelatinoso. O segmento anterior (anterior à lente) é dividido nas câmaras anterior e posterior pela íris. O segmento anterior é preenchido com humor aquoso que se forma continuamente nos processos ciliares na câmara posterior, flui para a câmara anterior e drena no seio venoso da esclera.

24. A lente biconvexa ajuda a focar a luz e fica suspensa no olho pela zônula ciliar conectada ao corpo ciliar. A tensão na zônula resiste à tendência natural da lente para assumir a forma redonda.

Olho como dispositivo óptico (p. 520-521)

25. À medida que entra no olho, a luz sofre refração pela córnea e pela lente, sendo focada na retina. A córnea contribui para a maior parte da refração, mas a lente permite a focalização em objetos situados em diferentes distâncias.
26. O olho em repouso é configurado para a visão a distância. O foco nos objetos próximos requer acomodação (permitir que a lente assuma uma forma redonda à medida que os músculos ciliares liberam a tensão na zônula ciliar). As pupilas também constroem. Essas duas ações são controladas pelas fibras parassimpáticas no nervo oculomotor.
27. Os transtornos de foco incluem a miopia, hiperopia, presbiopia (perda de elasticidade da lente com a idade) e astigmatismo (curvatura irregular da córnea ou da lente).

Vias visuais (p. 521-523)

28. A via visual para o encéfalo começa com algum processamento da informação visual na retina. A partir dali, os axônios das células ganglionares transmitem impulsos via nervo óptico, quiasma óptico e trato óptico para o núcleo geniculado lateral do tálamo. Os neurônios talâmicos projetam-se para o córtex visual primário.
29. No quiasma óptico, os axônios das metades mediais das retinas decussam. Esse fenômeno fornece a cada córtex visual as informações na metade oposta do campo visual, conforme visualizadas pelos dois olhos. O córtex visual compara as visualizações dos dois olhos e gera percepção de profundidade.

Desenvolvimento embrionário do olho (p. 523)

30. Cada olho começa como uma vesícula óptica, uma projeção lateral do diencéfalo embrionário. Depois a vesícula invagina-se e forma o cálice óptico, que se transforma na retina. O ectoderma sobrejacente dobra-se e forma a lente. As camadas fibrosa e vascular derivam quase inteiramente do mesênquima em torno dos cálices ópticos.

Transtornos oculares e visuais (p. 523-525)

31. Dois transtornos que causam cegueira foram considerados: um que danifica a retina (retinopatia da prematuridade) e um que danifica a córnea (tracoma).

ORELHA: AUDIÇÃO E EQUILÍBRIO (p. 525-536)

Orelha externa (p. 508)

32. A orelha (aurícula) e o meato acústico externo constituem a orelha externa, que colhe as ondas sonoras. A membrana timpânica (tímpano) transmite as vibrações sonoras para a orelha média.

Orelha média (p. 525-528)

33. A orelha média é uma pequena cavidade dentro do osso temporal. Seus limites são o tímpano na lateral, a parede óssea da orelha interna no lado medial, um teto ósseo, um fino assoalho ósseo, uma parede posterior que se abre para o antro mastóideo e uma parede anterior que se abre para a tuba auditiva.
34. A tuba auditiva, que consiste em osso e cartilagem, segue até a faringe e equaliza a pressão do ar no tímpano.

35. Os ossículos da audição (martelo, bigorna e estribo), que ajudam a amplificar o som, ocupam a cavidade da orelha média e transmitem as vibrações sonoras do tímpano para a janela do vestíbulo. Os pequenos músculos tensor do tímpano e estapédio amortecem as vibrações dos sons muito altos.

Orelha interna (p. 528-533)

36. A orelha interna consiste no labirinto ósseo (canais semicirculares, vestíbulo e cóclea), que é uma câmara que contém o labirinto membranoso (ductos semicirculares, utrículo e sáculo e ducto coclear). O labirinto ósseo contém perilínfa, enquanto o labirinto membranoso contém endolínfa.
37. A cóclea espiralada é dividida em três partes (rampas). Passando pelo seu centro situa-se o ducto coclear (rampa média), que contém o órgão espiral. Esse ducto é um epitélio situado na membrana basilar e que contém as células ciliadas (receptores para a audição). As outras duas partes da cóclea são a rampa do vestíbulo e a rampa do tímpano, que fazem parte do labirinto ósseo.
38. No mecanismo de audição, as vibrações sonoras transmitidas para o estribo vibram os fluidos na cóclea. Esses fluidos vibram a membrana basilar e o órgão espiral que, por sua vez, curvam os cílios das células receptoras, cujas pontas estão presas em uma membrana tectória imóvel. A deflexão dos pelos produz impulsos no nervo coclear.
39. O sáculo e o utrículo contêm uma mácula cada, um ponto de epitélio receptor que monitora o equilíbrio estático e a aceleração linear. Uma mácula contém células ciliadas cujos “cílios” estão presos na membrana dos estacônios sobrejacente. As forças sobre a membrana otolítica, provocadas pela gravidade e pela aceleração linear da cabeça, curvam os cílios e iniciam impulsos no nervo vestibular.
40. Os ductos semicirculares situam-se em três planos do espaço (vertical anterior, vertical posterior e horizontal lateral). Suas cristas ampulares contêm células ciliadas que monitoram a aceleração rotacional. Os “cílios” dessas células estão ancorados em uma cúpula ampular sobrejacente. As forças sobre a cúpula, provocadas pela aceleração rotacional da cabeça, curvam os cílios e iniciam impulsos no nervo vestibular.

Vias da audição e do equilíbrio (p. 533-534)

41. Os impulsos gerados pelos receptores auditivos percorrem o nervo coclear até os núcleos cocleares no bulbo. A partir dali, a informação auditiva passa por vários núcleos no tronco encefálico (olivar superior, colículo inferior) até o núcleo geniculado medial do tálamo e o córtex auditivo cerebral.
42. Os impulsos gerados pelos receptores de equilíbrio seguem ao longo do nervo vestibular até os núcleos vestibulares e o cerebelo. Esses centros cerebrais iniciam respostas que mantêm o equilíbrio. Também há uma via de equilíbrio menor até a região posterior da ínsula do córtex cerebral.

Desenvolvimento embrionário da orelha (p. 534-535)

43. O labirinto membranoso desenvolve-se a partir do placode ótico, um espessamento da superfície ectodérmica até o metencéfalo.
44. Uma bolsa da faringe transforma-se na cavidade da orelha média e na tuba auditiva. A orelha externa é formada por um sulco branquial externo (meato acústico externo) e por intumescências em torno desse sulco (aurícula).

Transtornos de audição e de equilíbrio (p. 535-536)

45. Acinetose, acarretada por determinados movimentos, provoca náusea e vômito. A síndrome de Ménière é uma estimu-

lação excessiva dos receptores da audição e do equilíbrio, provocada por um excesso de endolinfa no labirinto membranáceo.

46. A surdez condutiva resulta da interferência com a condução das vibrações sonoras para a orelha interna. A surdez neurossensitiva reflete danos às células receptoras auditivas ou às vias neurais.

OS ÓRGÃOS DOS SENTIDOS AO LONGO DA VIDA (p. 536 e 537)

47. Os sentidos químicos são mais aguçados no nascimento e diminuem com a idade à medida que a reposição das células receptoras se torna mais lenta.

48. O olho é reduzido no nascimento. A percepção de profundidade, a coordenação dos olhos e a visão em cores desenvolvem-se durante os seis primeiros meses. Com a idade, a lente perde elasticidade e transparência, diminuindo a acuidade visual. Os problemas oculares que podem se desenvolver com a idade são a presbiopia, a catarata, o glaucoma, o descolamento de retina e a degeneração macular associada à idade.

49. Inicialmente, os bebês respondem ao som apenas de maneira reflexa. Aos 5 meses, os bebês conseguem localizar o som. A escuta crítica desenvolve-se nos bebês maiores. A perda de audição óbvia relacionada à idade (presbiacusia) ocorre na 6ª e 7ª décadas de vida.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Os impulsos sensitivos transmitidos no nervo facial, glossofaríngeo e vago estão envolvidos no sentido especial do (a) paladar, (b) visão, (c) equilíbrio, (d) olfato.
- A parte da camada fibrosa do olho que é branca, rígida e opaca é (a) a corioide, (b) a córnea, (c) a retina, (d) a esclera.
- A transmissão das vibrações sonoras pela orelha interna ocorre principalmente através (a) das fibras nervosas, (b) do ar, (c) do fluido, (d) do osso.
- Dos neurônios na retina, quais formam o nervo óptico? (a) neurônios bipolares, (b) neurônios ganglionares, (c) cones, (d) neurônios horizontais.
- O entupimento do seio venoso da esclera poderia resultar em (a) terçol, (b) glaucoma, (c) conjuntivite, (d) síndrome de Ménière, (e) um calázio.
- A condução do som da orelha média até a orelha interna ocorre através da vibração (a) do martelo contra a membrana timpânica, (b) do estribo na janela do vestíbulo, (c) da bigorna na janela da cóclea, (d) da membrana timpânica contra o estribo.
- A estrutura que permite que a pressão do ar na orelha média seja equalizada com a do ar exterior é (a) o ducto coclear, (b) as células mastóideas, (c) a endolinfa, (d) a membrana timpânica, (e) a tuba auditiva.
- Os receptores para o equilíbrio estático que comunicam a posição da cabeça no espaço em relação à força da gravidade estão (a) no órgão espiral, (b) nas máculas, (c) na crista ampular, (d) nas cúpulas ampulares, (e) nos receptores cinestésicos articulares.
- A paralisia de um músculo reto medial afetaria (a) a acomodação, (b) a refração, (c) a percepção da profundidade, (d) a constrição pupilar.
- Um raio de luz passa pelas estruturas refratárias do olho nesta ordem: (a) corpo vítreo, lente, humor aquoso, córnea; (b) córnea, humor aquoso, lente, corpo vítreo; (c) córnea, corpo vítreo, lente, humor aquoso; (d) lente, humor aquoso, córnea, corpo vítreo.
- O disco do nervo óptico é o local onde (a) ocorrem mais bastonetes do que cones, (b) se situa a mácula lútea, (c) ocorrem apenas cones, (d) o nervo óptico sai do olho.
- Qual das seguintes não é uma sensibilidade de paladar básica? (a) amargo, (b) tsunami, (c) azedo, (d) doce.

Dissertativas

- Um aluno de anatomia estava discutindo com seu avô. O avô, que acreditava na sabedoria popular, insistia que existem apenas cinco sentidos. Porém, o aluno disse que havia pelo menos dez sentidos. Decida quem estava com a razão e depois apresente todos os sentidos que você conhece. (Ver a Tabela 12.1, p. 365.)
- (a) Qual é a localização precisa do epitélio olfatório? (b) Trace o caminho dos estímulos olfatórios do epitélio olfatório até o córtex cerebral.
- O que é e onde fica a fóvea central e por que ela é importante?
- Nomeie dois sentidos especiais cujas células receptoras são substituídas ao longo da vida e dois sentidos especiais cujas células receptoras são substituídas tão lentamente que pode não haver regeneração funcional.
- (a) Descreva a derivação embrionária da retina. (b) Explique como a cavidade da orelha média se forma.
- Descreva alguns efeitos do envelhecimento no olho e na orelha.
- Descreva a via auditiva até o córtex cerebral.
- Compare e diferencie as funções do músculo oblíquo inferior e do reto superior.
- (a) Qual é a diferença, se houver, entre um canal semicircular e um ducto semicircular? E entre a cóclea e o ducto coclear? (b) Nomeie as três partes do labirinto membranáceo da orelha interna. Quais dessas partes são para a audição e quais são para o equilíbrio?
- Descreva a função e a inervação dos músculos esfíncter da pupila e dilatador da pupila (na íris do olho).

Análise crítica e aplicação clínica

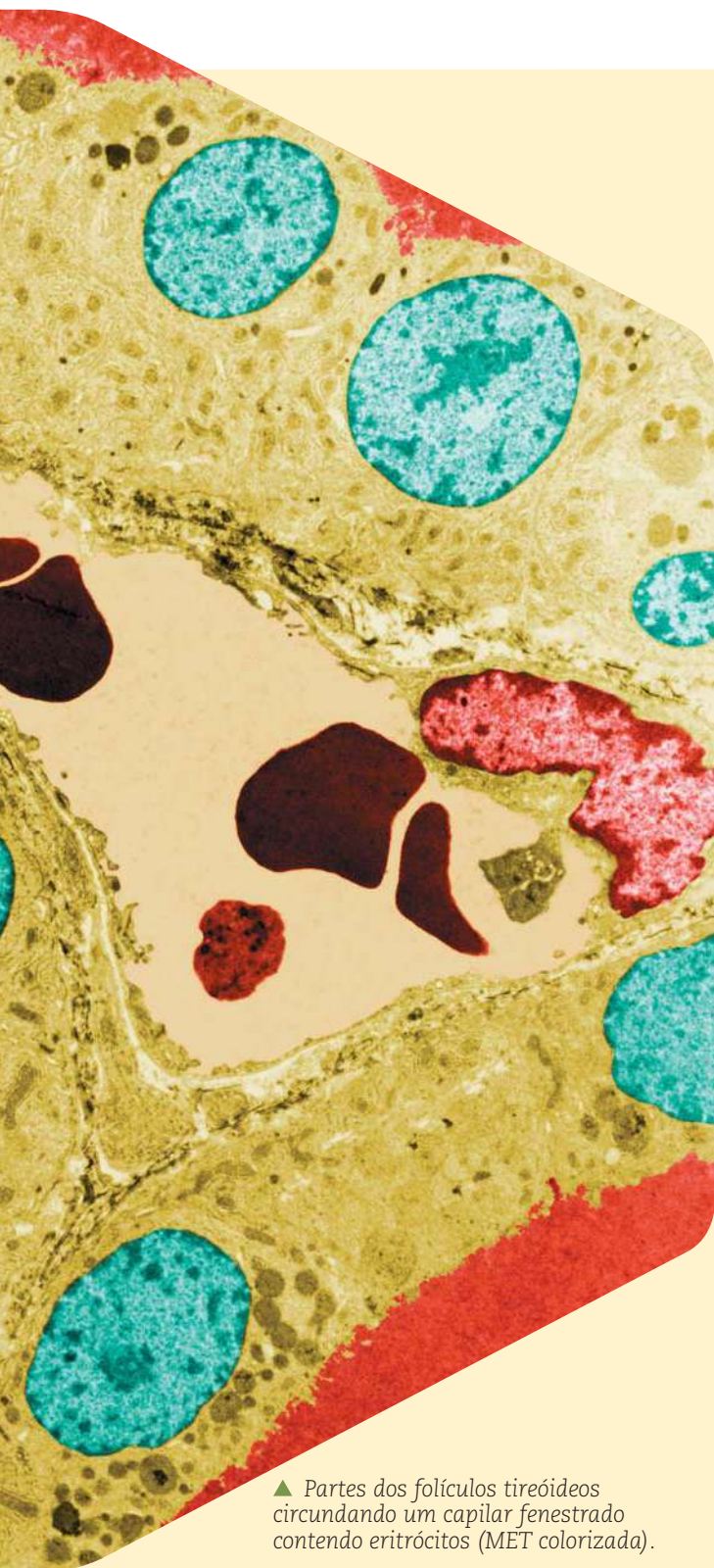
- O tio de Enrique disse ao médico que seu sobrinho de 3 anos de idade tem muitas “dores de ouvido”. Ao ser questionado, o tio revela que Enrique não teve dor de garganta durante muito tempo e que está aprendendo a nadar. Enrique tem otite média ou otite externa? Ele necessita de tubos auriculares? Explique o seu raciocínio.
- Nove crianças que comparecem ao mesmo centro de cuidados diários desenvolveram inflamações nos olhos e pálpebras. Qual é a causa mais provável e qual é o nome dessa condição?
- O dr. Roberto utilizou um instrumento para emitir uma lu-fada de ar no olho de Jefferson durante o seu exame físico

anual em seu 60^o aniversário. O olho deformou muito pouco, indicando que a pressão intraocular estava alta demais. Qual era a provável condição do Jefferson?

4. Leandro sofreu um rompimento arterial na sua fossa média do crânio e uma poça de sangue comprimiu seu trato óptico esquerdo, destruindo seus axônios. Que parte do campo visual ficou cega?
5. Aline, uma aluna de optometria, ficava muito triste quando via alguns bebês prematuros no hospital que nasciam antes da 25^a semana após a concepção. Ela sabia que muitas dessas crianças logo ficariam cegas pelo resto da vida. Explique por quê.
6. Nadir, uma senhora de idade, desenvolveu um zumbido constante em sua orelha o qual não parava. Era muito incômodo e estressante, e ela teve de procurar aconselhamento sobre como viver com esse barulho terrível. Como se chama a sua condição e quais seriam alguns dos tratamentos que ela poderia receber? (Ver neste capítulo “Termos clínicos”.)
7. Descreva o efeito sobre a visão provocado por um tumor no hipotálamo ou na hipófise o qual comprime o quiasma óptico, destruindo os axônios que atravessam essa estrutura.

Sistema endócrino

17



▲ Partes dos folículos tireóideos circundando um capilar fenestrado contendo eritrócitos (MET colorizada).

Visão geral 543

Órgãos endócrinos 543

Hormônios 543

Principais órgãos endócrinos 545

Glândula hipófise 545

Glândula tireoide 551

Glândulas paratireoides 553

Glândulas suprarrenais 554

Glândula pineal 555

Pâncreas 556

Timo 557

Gônadas 557

Outras estruturas endócrinas 557

Transtornos do sistema endócrino 558

Transtornos da hipófise 558

Transtorno do pâncreas: diabetes melito 558

Transtornos da glândula tireoide 558

Transtornos do córtex da glândula suprarrenal 560

O sistema endócrino ao longo da vida 561

O sistema endócrino é um sistema regulatório interno. De modo similar à ação regulatória do sistema nervoso, o sistema endócrino ajuda a manter o ambiente interno do corpo dentro da normalidade. Os órgãos do sistema endócrino são um grupo disperso de glândulas sem ducto que secretam moléculas mensageiras, chamadas **hormônios**, na circulação. Os hormônios circulantes alcançam células distantes no corpo e sinalizam respostas fisiológicas características nessas células. Por meio desses sinais hormonais, o sistema endócrino controla e integra as funções de outros sistemas orgânicos. Ao contrário dos impulsos nervosos, que agem rapidamente e em locais discretos, os hormônios percorrem lentamente a corrente sanguínea e interagem com muitos tecidos do corpo.

Desse modo, o sistema endócrino regula processos lentos e com efeitos generalizados. Alguns processos importantes controlados pelo sistema endócrino são o crescimento do corpo, o desenvolvimento e a função dos órgãos reprodutores, a mobilização das defesas do corpo contra o estresse, a manutenção da química sanguínea adequada e o controle da taxa metabólica. O estudo científico dos hormônios e das glândulas endócrinas chama-se **endocrinologia**.

VISÃO GERAL

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ apresentar os principais órgãos endócrinos e descrever sua localização;
- ▶ mostrar como os hormônios são classificados quimicamente;
- ▶ descrever a interação básica entre os hormônios e suas células-alvo. Analisar três mecanismos que controlam a secreção hormonal.

Órgãos endócrinos

Em comparação com a maioria dos órgãos do corpo, os órgãos endócrinos (**Figura 17.1**) são pequenos e inexpressivos. Na realidade, para reunir 1 kg de tecido produtor de hormônio, você precisaria colher todas as glândulas endócrinas de *nove* adultos! Além disso, ao contrário dos órgãos de quase todos os outros sistemas, que são anatomicamente contínuos, os órgãos endócrinos são dispersos pelo corpo.

Os órgãos que contêm células endócrinas podem ser divididos em três grupos:

1. **Órgãos que contêm apenas células endócrinas.** Esses órgãos puramente endócrinos são a *hipófise*, na base do cérebro; a *glândula pineal*, no teto do diencéfalo; as *glândulas tireoide e paratireoide*, no pescoço; e as *glândulas suprarrenais*, nos rins, que contêm duas regiões endócrinas distintas: o *córtex da glândula suprarrenal* e a *medula da glândula suprarrenal*.
2. **Órgãos que contêm uma grande parcela de células endócrinas, mas também funcionam em outro sistema orgânico.** O *pâncreas* enquadra-se nessa categoria, pois possui funções endócrinas e digestórias. Outros órgãos com papéis importantes no sistema endócrino e em outro sistema orgânico são o *timo*, que atua no sistema imune; as *gônadas*, no sistema genital; e o *hipotálamo*, no sistema nervoso, que é descrito como um órgão *neuroendócrino*.
3. **Órgãos que contêm algumas células endócrinas.** Muitos órgãos e tecidos contêm bolsões de células, pequenos ou dispersos, que secretam hormônios. Entre eles, temos o coração, o trato digestório, os rins e a pele.

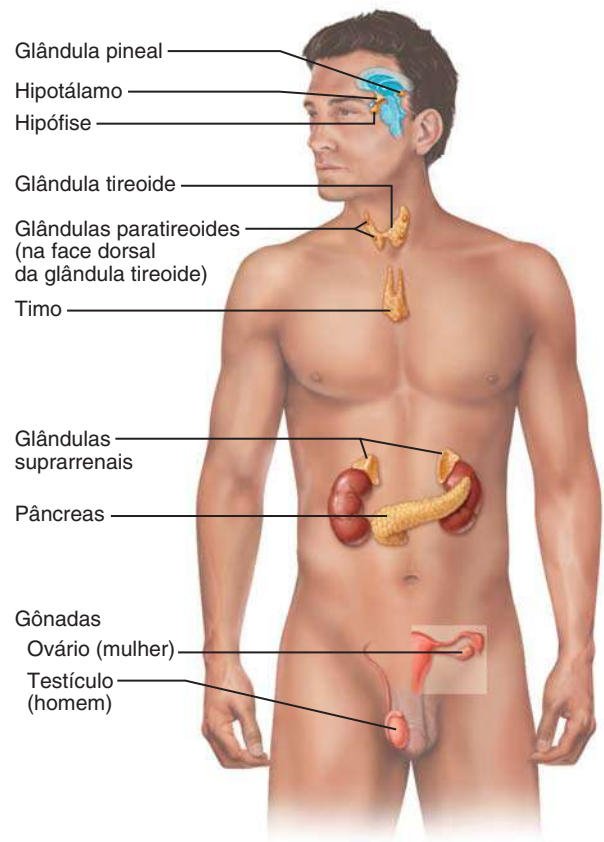


Figura 17.1 Localização dos principais órgãos endócrinos. As células endócrinas também ocorrem no coração, no trato digestório, no rim, na pele, na placenta e em outros órgãos.

A maioria das células endócrinas — como grande parte das células glandulares no corpo — tem origem *epitelial*. No entanto, o sistema endócrino é tão diverso que também inclui neurônios secretores de hormônio, células musculares e células similares a fibroblastos.

As glândulas endócrinas são ricamente abastecidas por vasos sanguíneos e linfáticos. Tipicamente, as células endócrinas estão organizadas em pequenos agrupamentos, cordões ou redes ramificadas, uma organização que maximiza seu contato com um grande número de capilares. Após as células endócrinas liberarem seus hormônios no espaço extracelular circundante, estes entram imediatamente nos capilares adjacentes.

Hormônios

Classes de hormônios

O corpo produz muitos tipos diferentes de hormônio, todos com estruturas químicas distintas. No entanto, a maioria deles pertence a uma de duas categorias gerais: moléculas baseadas em aminoácidos e moléculas esteroides.

- Os **hormônios baseados em aminoácidos** incluem aminoácidos modificados (ou *aminas*), peptídeos

(cadeias curtas de aminoácidos) e proteínas (cadeias longas de aminoácidos). As células que produzem esses hormônios possuem um retículo endoplasmático rugoso (RER) elaborado para produzir essas moléculas baseadas em proteína e grânulos secretórios abundantes que secretam tais hormônios via exocitose.

- Os **hormônios esteroides** são moléculas lipídicas derivadas do colesterol. As células secretoras de esteroide possuem um REL amplo que produz as moléculas esteroides e gotículas lipídicas abundantes que contêm a matéria-prima da qual são feitos os esteroides. Essas células não possuem grânulos secretórios; os hormônios esteroides são secretados por difusão através da membrana plasmática.

Ação hormonal básica

Todos os hormônios principais circulam pelo corpo inteiro, saem da corrente sanguínea nos capilares e encontram praticamente todos os tecidos. Contudo, determinado hormônio influencia apenas células teciduais específicas, conhecidas como **células-alvo**. A capacidade de uma célula-alvo para responder a um hormônio depende da presença de moléculas receptoras específicas na célula-alvo à qual esse hormônio consegue se ligar. Após a ligação, a célula-alvo reage de modo programado.

Cada tipo de hormônio produz seus próprios efeitos característicos no corpo, os quais resultam de respostas programadas das células-alvo, e não de qualquer informação contida na própria molécula de hormônio. Na verdade, os hormônios com estruturas moleculares similares costumam ter funções muito diferentes, e o mesmo hormônio pode ter efeitos diversos em células-alvo diferentes. Os hormônios são apenas gatilhos moleculares — eles não transportam nenhuma informação codificada.

Controle da secreção hormonal

As várias células endócrinas do corpo são estimuladas a criar e secretar seus hormônios por meio de três tipos de estímulo (**Figura 17.2**): *humoral*, *neural* e *hormonal*.

Estímulos humorais Diz-se que as glândulas endócrinas que secretam seus hormônios em resposta direta à variação nos níveis de íons ou nutrientes no sangue são controladas por **estímulos humorais** (*humoral* = relativo ao sangue e a outros fluidos corporais). Esse é o mecanismo de controle endócrino mais simples. Por exemplo, as células da glândula paratireoide (**Figura 17.2a**) monitoram diretamente a concentração de íons cálcio (Ca^{2+}) no sangue e depois respondem a qualquer declínio nessa concentração secretando um hormônio que age no aumento dos níveis sanguíneos de cálcio.

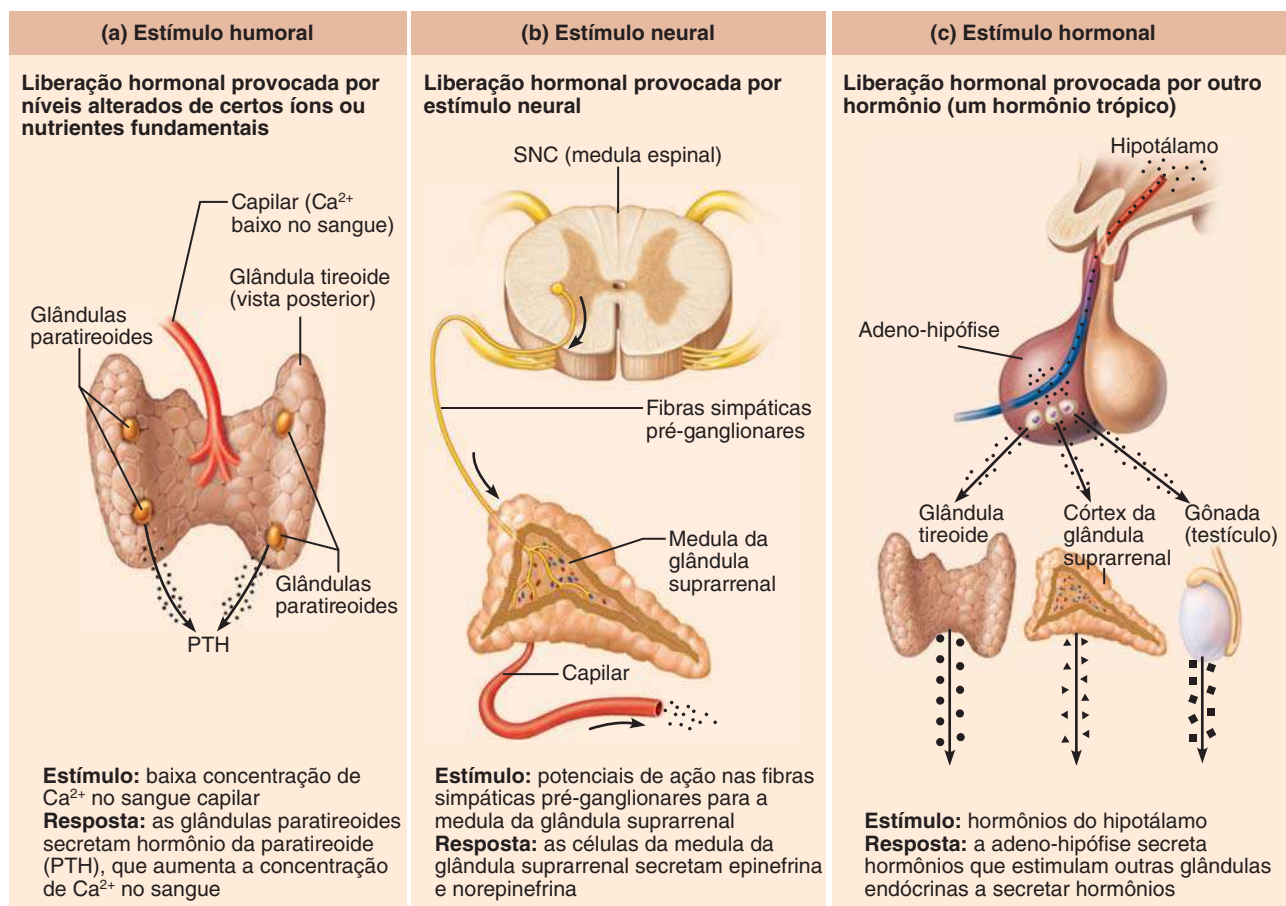


Figura 17.2 Três tipos de estímulo da glândula endócrina.

Estímulos neurais A secreção de algumas glândulas endócrinas é controlada por **estímulos neurais** (Figura 17.2b). Por exemplo, as fibras nervosas simpáticas estimulam as células na medula da glândula suprarrenal a liberar epinefrina e norepinefrina durante as situações de lutar ou fugir.

Estímulos hormonais Finalmente, muitas glândulas endócrinas secretam seus hormônios em resposta aos **estímulos hormonais** recebidos de outras glândulas endócrinas; isto é, certos hormônios têm o único propósito de promover a secreção de outros hormônios (Figura 17.2c). Por exemplo, o hipotálamo do cérebro secreta alguns hormônios que estimulam a parte anterior da hipófise (adeno-hipófise) a secretar seus hormônios, a qual por sua vez estimula a secreção hormonal de outras glândulas endócrinas: a tireoide, o córtex da glândula suprarrenal e as gônadas. Como você vai ver, o hipotálamo controla muitas funções do sistema endócrino por meio de mecanismos hormonais e outros mecanismos.

Ciclos de realimentação Independentemente de como seja estimulada, a secreção hormonal sempre é controlada por **ciclos de realimentação**. Em um ciclo de realimentação negativa, mais hormônio é secretado se sua concentração sanguínea ficar abaixo de um ponto mínimo predeterminado; depois a produção do hormônio é interrompida se o ponto máximo predeterminado for ultrapassado. Isso assegura que as concentrações do hormônio estejam dentro de um estreito intervalo “desejável” no sangue. A secreção de certos hormônios é regulada por um ciclo de realimentação positiva: à medida que as concentrações sanguíneas do hormônio aumentam, a resposta do órgão efector estimula mais secreção. O hormônio que controla a progressão do trabalho de parto, a oxitocina, opera por meio de um ciclo de realimentação positiva — a oxitocina estimula o útero a contrair, e a contração do útero estimula mais secreção de oxitocina.

✓ Verifique seu conhecimento

1. Como os hormônios chegam às suas células-alvo?
2. Quais são os três tipos de estímulo que regulam a secreção efetuada pelas células endócrinas?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

PRINCIPAIS ÓRGÃOS ENDÓCRINOS

Os principais órgãos endócrinos são a hipófise, a glândula tireoide, as glândulas paratireoides, as glândulas suprarrenais, a glândula pineal, o pâncreas, o timo e as gônadas (ovário e testículo).

Glândula hipófise

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ mencionar as divisões básicas da hipófise;

- ▶ apresentar os tipos celulares na adeno-hipófise, os hormônios secretados por cada célula e as funções básicas de cada hormônio;
- ▶ explicar como o hipotálamo controla a secreção dos hormônios da adeno-hipófise. Definir os hormônios liberados e traçar seu caminho através da hipófise;
- ▶ descrever a estrutura da adeno-hipófise e as funções dos hormônios que ela libera.

Anatomia macroscópica

A **hipófise** é um órgão endócrino importante que secreta pelo menos nove hormônios importantes e se situa imediatamente abaixo do cérebro, na fossa hipofisária, uma depressão na sela turca do osso esfenoide (Figura 17.3). A hipófise lembra bastante um taco de golfe: a própria glândula forma a cabeça do taco, e o pedículo hipofisário, chamado **infundíbulo** (“funil”), forma a haste do taco. O infundíbulo conecta-se superiormente a uma parte do hipotálamo chamada túber cinéreo, situada entre o quiasma óptico, anteriormente, e os corpos mamilares, posteriormente.

A hipófise apresenta duas divisões básicas: um lobo anterior, a **adeno-hipófise** (“hipófise glandular”), composto de tecido glandular, e um lobo posterior, a **neuro-hipófise** (“hipófise neural”), formado por tecido neural e uma parte do cérebro. A adeno-hipófise possui três subdivisões (Figura 17.3c). A maior é a **parte distal**, a mais anterior. Imediatamente posterior à parte distal está a **parte intermédia**, e imediatamente superior a ela está a **parte tuberal**, que envolve o infundíbulo como um tubo. A neuro-hipófise tem duas subdivisões: a **parte nervosa**, inferiormente, e o **infundíbulo**.

O sangue arterial chega à hipófise através de dois ramos da artéria carótida interna, uma das grandes artérias que fornecem sangue para o encéfalo. A **artéria hipofisária superior** irriga a adeno-hipófise e o infundíbulo (ver Figura 17.4a), enquanto a **artéria hipofisária inferior** irriga a parte nervosa da neuro-hipófise (ver Figura 17.4b). As veias dos amplos leitos capilares na hipófise drenam sangue para o seio cavernoso e para outros seios da dura-máter vizinhos (p. 635).

Adeno-hipófise

Essa descrição da adeno-hipófise concentra-se em sua maior divisão, a **parte distal**, que contém cinco tipos diversos de células endócrinas que produzem e secretam pelo menos sete hormônios diferentes (Tabela 17.1, p. 533). Quatro dos hormônios secretados pela adeno-hipófise — tireoestimulante, adrenocorticotrópico, folículo-estimulante e luteinizante — regulam a secreção dos hormônios por outras glândulas endócrinas. Esses hormônios chamam-se **hormônios trópicos** (ou tróficos). Os três hormônios adeno-hipofisários res-

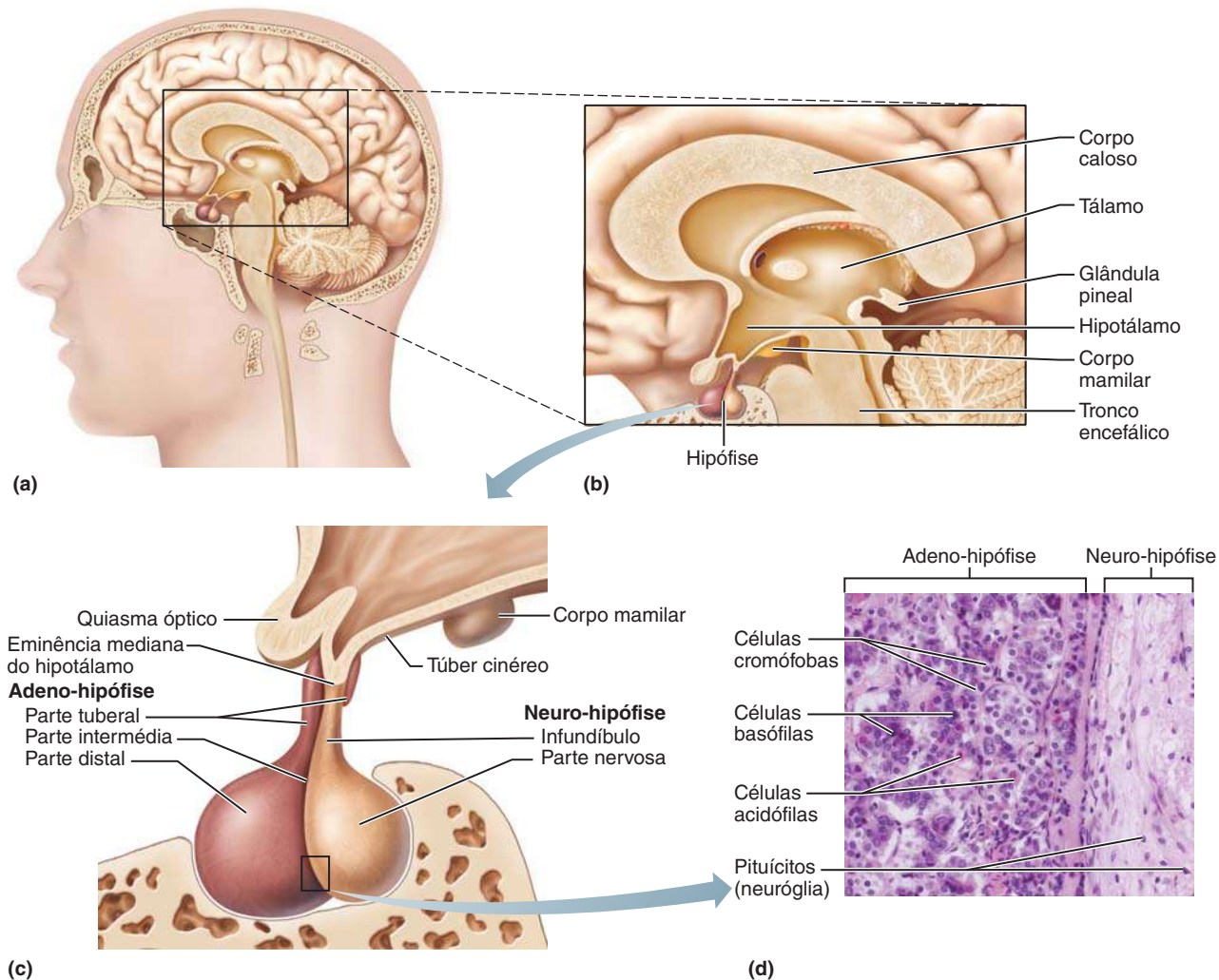


Figura 17.3 Hipófise. (a) Diagrama de orientação mostrando a face medial da metade direita do encéfalo. (b) Ampliação do diencéfalo exibindo a localização da hipófise. (c) Regiões básicas da hipófise. A adeno-hipófise está à esquerda. (d) Histologia da adeno-hipófise e da neuro-hipófise (160×).

tantes — o hormônio do crescimento, a prolactina e o hormônio melanócito-estimulante — agem diretamente nos tecidos-alvo não endócrinos.

Hormônio tireoestimulante (TSH) O **TSH** é produzido pelas células tireotrópicas. O TSH sinaliza a glândula tireoide para secretar seu próprio hormônio, o hormônio da tireoide, e, assim, acaba controlando a taxa metabólica.

Hormônio adrenocorticotrópico (ACTH) O **ACTH** e o hormônio melanócito-estimulante, descrito em breve, são divididos a partir de uma molécula-mãe comum, produzida pelas células corticotrópicas. O ACTH estimula o córtex da glândula suprarrenal (como seu nome sugere) a secretar hormônios que ajudam o corpo a enfrentar o estresse.

Gonadotropinas O **hormônio folículo-estimulante (FSH)** e o **hormônio luteinizante (LH)** são

produzidos pelas células gonadotrópicas e, juntos, são chamados **gonadotropinas**, que agem nas gônadas, estimulando a maturação das células sexuais e induzindo a secreção dos hormônios sexuais. Nas mulheres, o FSH e o LH estimulam a maturação dos folículos ovarianos contendo óvulos e a secreção de androgênios, estrogênios e progesterona pelas células no ovário. Além disso, uma grande quantidade de LH é secretada no meio do ciclo menstrual para induzir a ovulação. Nos homens, o LH sinaliza a secreção de androgênios (principalmente testosterona) pelas células intersticiais nos testículos, e o FSH estimula a maturação dos espermatozoides e a produção de proteína de ligação ao androgênio pelas células nos túbulos formadores de espermatozoide (ver no Capítulo 25 uma discussão completa sobre essas ações).

Prolactina (PRL) A **PRL** é produzida por células produtoras de prolactina. A PRL visa às glândulas mamárias e estimula a produção de leite.

Hormônio melanócito-estimulante (MSH) O **MSH** é formado a partir da molécula precursora produzida pelas células corticotrópicas. Nos vertebrados mais primitivos, anfíbios e répteis, o MSH estimula os melanócitos a produzir mais melanina, o pigmento responsável pela coloração da pele. Nos seres humanos, o MSH atua no sistema nervoso central (SNC) na supressão do apetite; suas ações fora do SNC são desconhecidas.

Hormônio do crescimento (GH) O **GH**, também chamado **hormônio somatotrópico** (“que altera o corpo”), é produzido nas células somatotrópicas, o tipo celular mais abundante na adeno-hipófise, e estimula o crescimento do corpo inteiro ao induzir as células a aumentar sua produção de proteínas e ao provocar o crescimento das placas epiteliais do esqueleto. Essas ações ocorrem direta e indiretamente por meio da sinalização do fígado para secretar o *fator de crescimento insulina símile 1*, que age junto com o GH.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Usos terapêuticos do hormônio do crescimento O hormônio do crescimento é aprovado para tratar uma série de transtornos que afetam o crescimento, permitindo que os indivíduos acometidos atinjam a altura adulta normal prevista. Esses transtornos incluem as **deficiências de hormônio do crescimento** nos adultos e crianças, a **baixa estatura idiopática** (BEI, baixa estatura decorrente de causa desconhecida), a **doença renal crônica** e a **síndrome de Turner** (mulheres com um único cromossomo X). Além de estimular o crescimento esquelético, o GH diminui a gordura corporal, aumenta a massa muscular magra e a densidade óssea e diminui os níveis sanguíneos do colesterol de proteína de baixa densidade. Devido a essas ações, o GH é utilizado para tratar a **doença de perda de massa muscular** associada ao HIV/Aids e pode ser útil na reabilitação após lesão. Essas propriedades levaram ao abuso do GH pelos atletas na esperança de melhorar seu desempenho; trata-se de uma substância proibida nos esportes de competição. Os riscos associados ao GH durante o período de uso são relativamente baixos: retenção de líquido e complicações associadas, como a síndrome do túnel do carpo. Atualmente, há poucos dados quanto aos riscos e benefícios a longo prazo decorrentes do uso do GH, particularmente nas pessoas tratadas na infância; necessita-se de realização de mais estudos.

As células endócrinas da parte distal estão agrupadas em esferas e cordões de ramificação separados pelos capilares. Quando o tecido da parte distal

é evidenciado com corantes histológicos comuns e visualizado por microscopia de luz, seus cinco tipos de célula podem ser classificados em três categorias (Figura 17.3d):

1. **Acidófilos**, que coram com corantes ácidos e incluem as células somatotrópicas e as produtoras de prolactina.
2. **Basófilos**, que coram com corantes básicos e incluem as células tireotrópicas, as corticotrópicas e as gonadotrópicas.
3. **Cromófbos** (“evitam a cor”), que coram pouco. Os cromófbos são células imaturas ou células cujo suprimento hormonal se esgotou.

A parte distal é, sem dúvida, a divisão mais importante da adeno-hipófise; as outras divisões — a *parte intermédia* e a *parte tuberal* — não são bem compreendidas. A parte intermédia contém células corticotrópicas que secretam mais MSH do que ACTH. A parte tuberal contém células gonadotrópicas, células tireotrópicas e as exclusivas *células endócrinas específicas da parte tuberal*, que possuem receptores para melatonina, um hormônio secretado pela glândula pineal que regula os ritmos diários (circadianos) de acordo com os ciclos de luz e escuridão (período de exposição à luz). Portanto, a parte tuberal pode ser o local onde as funções sexuais e a taxa metabólica são colocadas sob a influência dos ritmos circadianos e do período de exposição à luz. A função da glândula pineal e o papel da melatonina são discutidos na p. 555 e 556.

Controle hipotalâmico da secreção hormonal pela adeno-hipófise

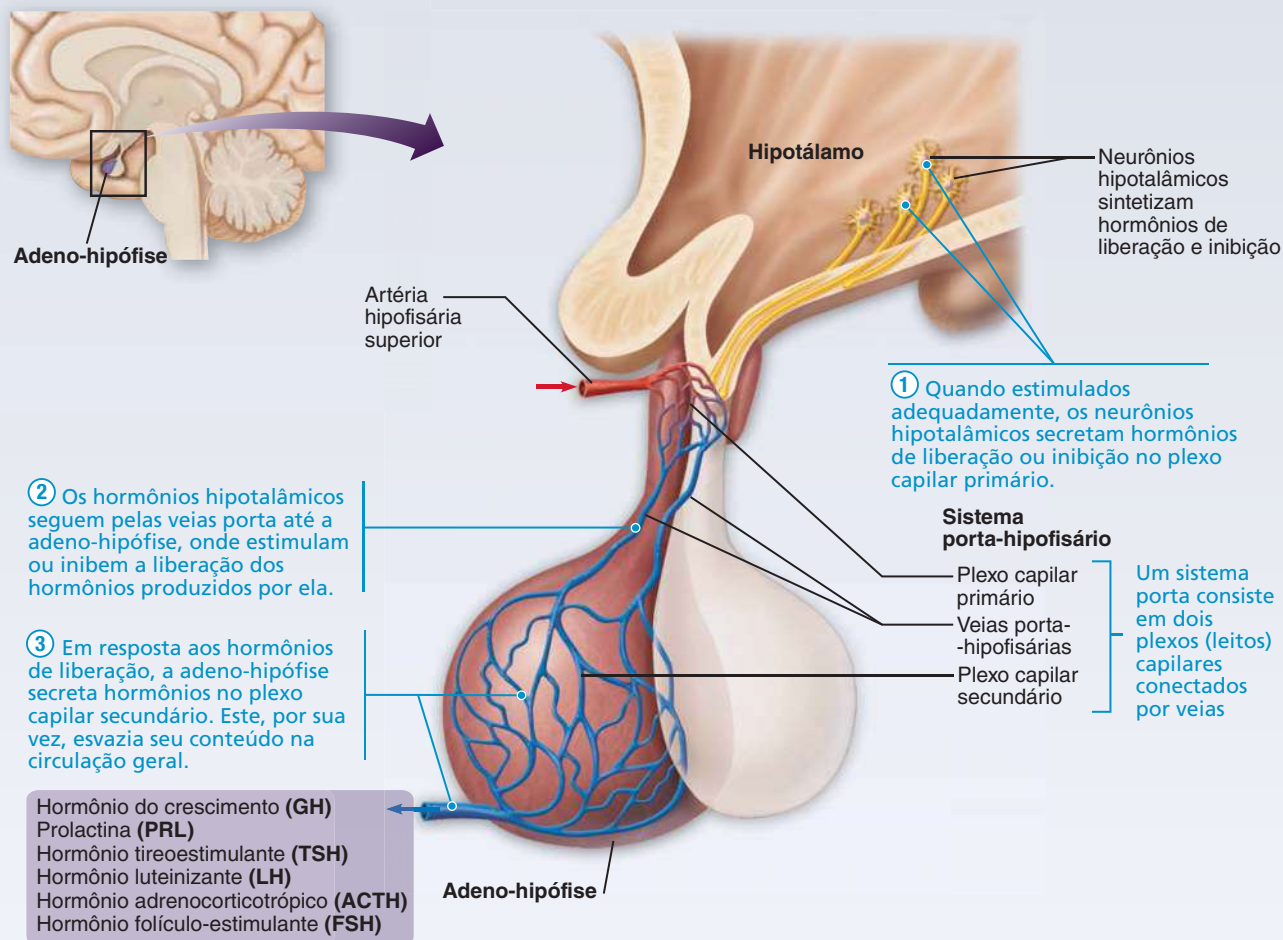
A secreção de hormônios pela adeno-hipófise é controlada pelo hipotálamo, que exerce seu controle secretando hormônios peptídicos chamados **hormônios de liberação (fatores de liberação)**, que então estimulam as células da adeno-hipófise a liberar seus hormônios. O hipotálamo também secreta **hormônios de inibição**, que *desligam* a secreção dos hormônios pela adeno-hipófise quando se faz necessário. Existem diferentes hormônios de liberação e inibição para quase todos os hormônios da adeno-hipófise.

O papel do hipotálamo na regulação da secreção da hipófise é ilustrado na **Figura 17.4**. Os hormônios de liberação do hipotálamo sinalizam a secreção dos hormônios da adeno-hipófise. Os hormônios de liberação produzidos nos neurônios hipotalâmicos são secretados como neurotransmissores pelos terminais axônicos desses neurônios (Figura 17.4a, ①). Nesse caso, os neurônios servem como células endócrinas. Os hormônios de liberação secretados entram no **plexo capilar primário** na eminência mediana do hipotálamo e depois seguem inferiormente pelo sistema de **veias porta-hipofisárias** até um **plexo capilar secundário** na adeno-hipófise. Os hormônios de libera-

Figura 17.4

O hipotálamo controla a liberação de hormônios pela hipófise de duas maneiras diferentes.

(a) **Adeno-hipófise:** os *hormônios hipotalâmicos* liberados nos vasos sanguíneos especiais (o sistema porta-hipofisário) controlam a liberação dos hormônios da adeno-hipófise.



ção saem da corrente sanguínea e conectam-se às células da adeno-hipófise, estimulando-as a secretar hormônios (GH, LH, TSH, PRL etc.; Figura 17.4a ②). Os hormônios secretados pelas células da adeno-hipófise entram no plexo secundário, de onde esses hormônios entram na circulação geral e seguem para seus órgãos-alvo por todo o corpo (Figura 17.4a ③).

Os hormônios de inibição secretados pelo hipotálamo seguem a mesma rota, mas agem para inibir a secreção hormonal das células da adeno-hipófise.

Os plexos capilares primário e secundário na hipófise e as veias porta-hipofisárias constituem o **sistema porta-hipofisário** (Figura 17.4a). Um *sistema porta* refere-se a um sistema de vasos sanguíneos no qual o sangue é coletado de um leito capilar e segue pelas veias até um segundo leito capilar. No primeiro leito capilar, o sangue coleta moléculas (nesse caso, hormônios de li-

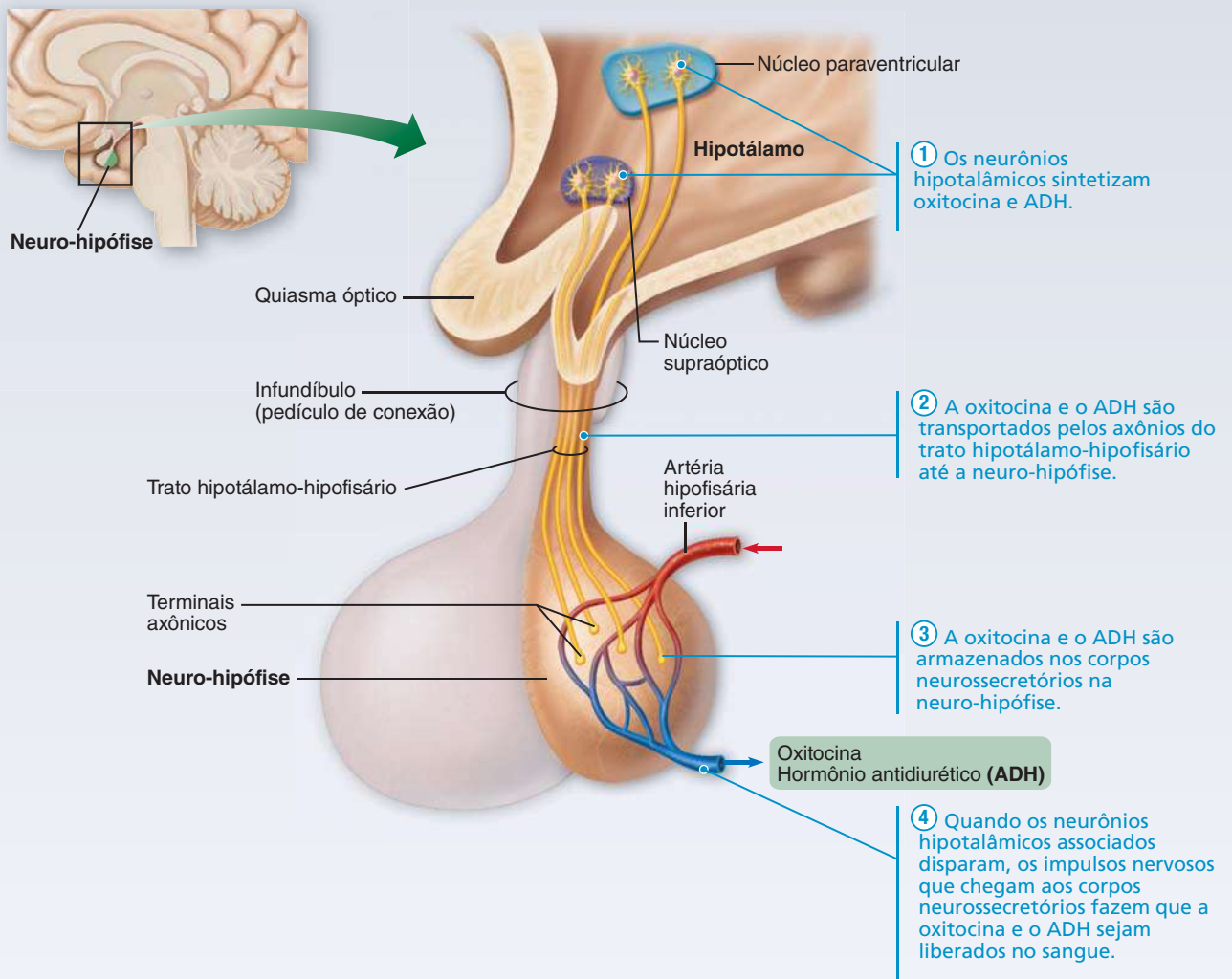
beração ou inibição) que depois são transportadas para os tecidos abastecidos pelo segundo leito capilar (nesse caso, a adeno-hipófise).

Em resumo, o hipotálamo controla a secreção dos hormônios pela adeno-hipófise, que por sua vez controla a secreção de hormônios pela glândula tireoide, o córtex da glândula suprarrenal e as gônadas. Dessa maneira, o encéfalo controla essas glândulas endócrinas importantes (Figura 17.2c).

Neuro-hipófise

A neuro-hipófise, que secreta dois hormônios, faz parte do encéfalo (Figura 17.4b), estruturalmente falando, e consiste em tecido nervoso contendo axônios não mielinizados e células da neurógliia chamadas **pituíctos** (Figura 17.3d). Seus axônios formam o **trato hipotálamo-hipofisário**, que surge dos corpos celulares

(b) Neuro-hipófise: os *impulsos nervosos* descem pelos axônios dos neurônios hipotalâmicos, provocando a liberação hormonal pelos terminais axônicos na neuro-hipófise.



neuronal nos núcleos supraóptico e paraventricular no hipotálamo e termina nos terminais axônicos na parte nervosa. Os hormônios da neuro-hipófise são produzidos nos corpos celulares dos neurônios, transportados ao longo de axônios e armazenados em terminais axônicos dilatados, chamados *corpos neurosecretórios* (Figura 17.4b 1 a 3). Quando os neurônios disparam, eles liberam os hormônios armazenados em um leito capilar na parte nervosa para serem distribuídos por todo o corpo (Figura 17.4b 4). Portanto, a neuro-hipófise não produz hormônios, apenas armazena e libera os hormônios produzidos no hipotálamo. Ela libera dois hormônios peptídicos (Tabela 17.1, p. 533): *hormônio antidiurético* (“inibidor da micção”) e *oxitocina* (“hormônio do parto”).

Hormônio antidiurético Produzido nos neurônios do núcleo supraóptico, o **hormônio antidiurético**

(ADH), também chamado *vasopressina*, visa aos rins, que respondem reabsorvendo mais água e devolvendo-a para a corrente sanguínea. Os detalhes desse processo são descritos no sistema urinário (Capítulo 24). Desse modo, o ADH ajuda o corpo a reter o máximo possível de líquido quando ocorrem a sede (desidratação) ou a perda hídrica (sangramento grave). Além disso, quando a perda hídrica diminui a pressão arterial, o ADH sinaliza as arteríolas periféricas para constringirem-se, elevando assim a pressão arterial até o nível normal (*vasopressina* = constritora dos vasos).

Oxitocina A **oxitocina**, produzida no núcleo paraventricular, induz a contração do músculo liso dos órgãos reprodutores nos homens e nas mulheres. Ainda mais importante, ela sinaliza o músculo liso na parede do útero a contrair, expelindo o bebê durante o parto; ela também induz a contração das células do tipo

Tabela 17.1 Hormônios da hipófise: resumo dos órgãos-alvo e dos efeitos









Hormônio (tipo de célula)	Órgão-alvo e efeitos	Efeitos da hiposecreção ↓ e da hipersecreção ↑
HORMÔNIOS DA ADENO-HIPÓFISE		
		
Hormônio tireoestimulante (TSH) (células tireotrópicas)	 Glândula tireoide: estimula a glândula tireoide a liberar hormônios da tireoide	↓ Cretinismo nas crianças; mixedema nos adultos ↑ Hipertireoidismo; efeitos similares aos da doença de Graves, na qual os anticorpos imitam o TSH
Hormônio adrenocorticotrópico (ACTH) (células corticotrópicas)	 Córtex da glândula suprarrenal: promove a liberação de glicocorticoides e androgênios (mineralocorticoides em menor grau)	↓ Raros ↑ Doença de Cushing
Hormônio folículo-estimulante (FSH) (células gonadotrópicas)	 Ovário e testículos: nas mulheres, estimula a maturação do folículo ovariano e a produção de estrogênio; nos homens, estimula a produção de espermatozoides	↓ Falha da maturação sexual ↑ Nenhum efeito importante
Hormônio luteinizante (LH) (células gonadotrópicas)	 Ovário e testículos: nas mulheres, inicia a ovulação e estimula a produção ovariana do estrogênio e da progesterona; nos homens, promove a produção de testosterona	Os mesmos do FSH
Hormônio do crescimento (GH) (células somatotrópicas)	 Fígado, músculo, osso, cartilagem e outros tecidos: estimula a síntese proteica e o crescimento somático; mobiliza as gorduras; aumenta a glicose sanguínea	↓ Nanismo hipofisário nas crianças ↑ Gigantismo nas crianças; acromegalia nos adultos
Prolactina (PRL) (células produtoras de prolactina)	 Tecido de secreção mamário: promove a lactação	↓ Má produção de leite nas lactantes ↑ Produção inadequada de leite (galactorreia); cessação da menstruação nas mulheres; impotência nos homens

Tabela 17.1 continuação

Hormônio (tipo de célula)	Órgão-alvo e efeitos	Efeitos da hiposecreção ↓ e da hipersecreção ↑
HORMÔNIOS DA NEURO-HIPÓFISE (PRODUZIDOS PELOS NEURÔNIOS HIPOTALÂMICOS E ARMAZENADOS NO LOBO POSTERIOR)		
		
Hormônio antidiurético (ADH), ou vasopressina (dos neurônios no núcleo supraóptico do hipotálamo)	 Rins: estimula as células do túbulo renal a reabsorver água	↓ Diabetes insípido ↑ Síndrome da secreção inadequada do ADH (SIADH)
Oxitocina (dos neurônios no núcleo paraventricular do hipotálamo)	 Útero: estimula as contrações uterinas; inicia o trabalho de parto; mama: inicia a ejeção do leite	Desconhecidos

muscular (células mioepiteliais) em torno dos alvéolos secretórios na mama para ejetarem o leite durante a amamentação. Finalmente, nos animais monógamos, a oxitocina e o ADH provocam um desejo de afagar, de cuidar e de se vincular a um par. Seus papéis na socialização humana estão sendo estudados.

- 5. Mencione o(s) órgão(s)-alvo de cada hormônio da hipófise apresentado: (a) oxitocina, (b) ACTH, (c) FSH, (d) ADH.

(Veja as respostas no Apêndice B.)



APLICAÇÃO CLÍNICA

Usos terapêuticos da oxitocina Quando uma gravidez ultrapassa em muito a data prevista, o médico pode julgar necessário induzir o trabalho de parto. A maneira mais eficaz é injetar oxitocina natural ou sintética na mãe, o que faz as contrações uterinas se iniciarem. A oxitocina também serve para estancar o sangramento após o parto (provocando a constrição dos vasos sanguíneos rompidos no local do descolamento da placenta) e para estimular a ejeção de leite pelas glândulas mamárias. Essa dupla função da oxitocina no tecido uterino e mamário é a causa das contrações uterinas intensas e doloridas que podem ocorrer durante a amamentação nas primeiras semanas do período pós-parto.

✓ Verifique seu conhecimento

- 3. Em que os hormônios trópicos (tróficos) secretados pela hipófise diferem quanto à sua ação em relação aos outros hormônios da hipófise?
- 4. Onde são produzidos os hormônios secretados pela adeno-hipófise? Onde são produzidos os hormônios secretados pela neuro-hipófise?

Glândula tireoide

Objetivos de aprendizagem:

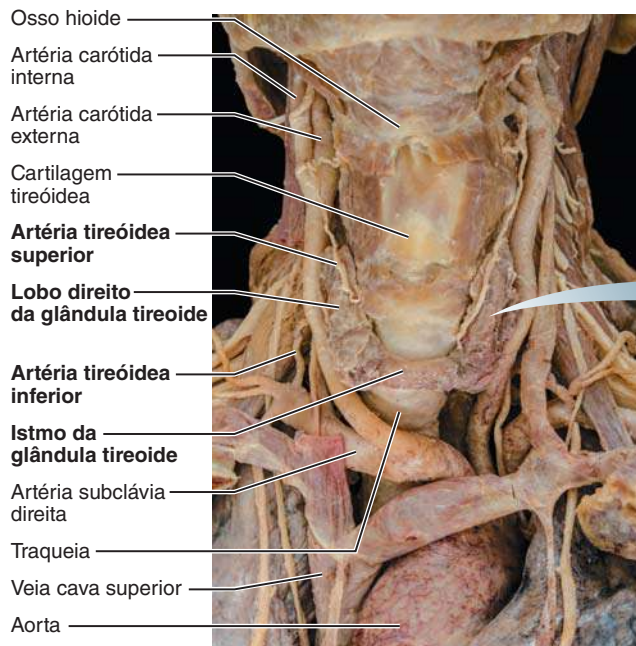
- ▶ descrever a anatomia da glândula tireoide;
- ▶ definir e descrever os efeitos do hormônio da tireoide (TH) e da calcitonina, e explicar como o TH é secretado.

Anatomia macroscópica

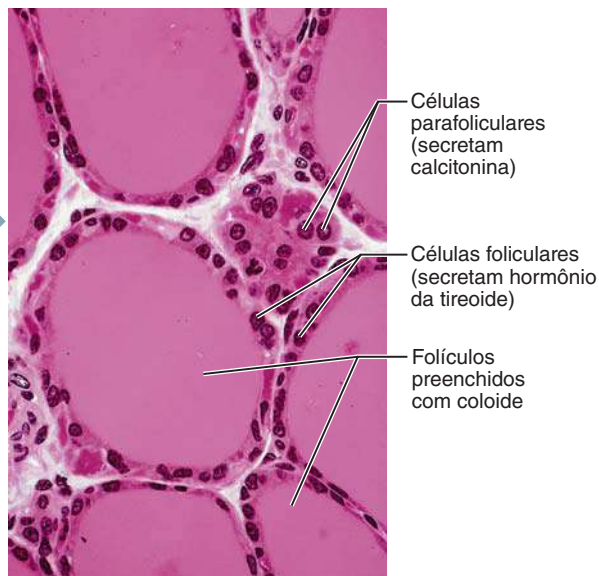
A **glândula tireoide** está situada na parte anterior do pescoço, sobre a parte superior da traqueia, possui dois **lobos** laterais conectados por uma ponte mediana chamada **istmo** (Figura 17.5a). É possível sentir o istmo da glândula tireoide como um amortecedor esponjoso sobre o intervalo que vai do segundo ao quarto anéis da traqueia. Depois, tente palpar os dois lobos laterais macios de sua glândula tireoide nas laterais da traqueia. A glândula tireoide é a maior glândula puramente endócrina do corpo e possui um suprimento sanguíneo copioso proveniente das artérias tireóideas superior e inferior.

Anatomia microscópica

Internamente, a glândula tireoide é composta de **folículos** ocios e aproximadamente esféricos, separados



(a) Anatomia macroscópica da glândula tireoide, vista anterior



(b) Fotomicrografia dos folículos da glândula tireoide (315x)

Figura 17.5 Glândula tireoide. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 54.)

por um tecido conjuntivo frouxo rico em capilares (Figura 17.5b). As paredes de cada folículo são formadas por uma camada de células epiteliais cubóides ou escamosas, chamadas **células foliculares**, e a luz central é preenchida por uma substância gelatinosa chamada **colóide** (“similar à cola”), consistindo em **tiroglobulina**, uma proteína da qual o hormônio da tireoide é derivado. Dentro do epitélio folicular encontram-se as **células parafoliculares (C)**, que parecem se projetar no tecido conjuntivo circundante. A tireoide produz dois hormônios: o hormônio da tireoide e a calcitonina.

Hormônio da tireoide As células foliculares da glândula tireoide secretam o **hormônio da tireoide (TH)**, um nome que se aplica, na realidade, a duas moléculas similares chamadas tiroxina (ou T_4) e tri-iodotironina (ou T_3). Cada uma dessas moléculas de hormônio é formada por um par de aminoácidos e contém o elemento iodo, essencial para a função do hormônio. O hormônio da tireoide afeta muitas células-alvo em todo o corpo. Sua função principal é aumentar a taxa metabólica basal (a taxa em que o corpo utiliza o oxigênio para transformar os nutrientes em energia). Os indivíduos que secretam uma quantidade excessiva de TH têm um alto nível de atividade, são inquietos e sentem um calor permanente, enquanto os que não produzem TH em quantidade suficiente têm ritmo mais lento e sentem frio (esses e outros transtornos das glândulas endócrinas são abordados em mais detalhes nas p. 558-559).

O TH é produzido e secretado pelas células foliculares da tireoide, que sintetizam continuamente a proteína precursora tiroglobulina e a secretam no centro do folí-

culo para ser iodada e armazenada. A glândula tireoide é a única glândula endócrina a armazenar seu hormônio fora da célula e em grandes quantidades — ela estoca TH suficiente para durar vários meses. Para iniciar a secreção do TH armazenado no sangue, a **glândula hipófise** libera hormônio tireoestimulante (TSH), que sinaliza as células foliculares para recuperarem a tiroglobulina por endocitose. Em seguida, o TH é clivado das moléculas de tiroglobulina pelas enzimas lisossômicas no citoplasma da célula folicular. Depois, o TH difunde-se das células foliculares para os capilares em volta do folículo.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Tratamento da osteoporose A calcitonina é uma opção no tratamento da osteoporose para reduzir a perda óssea. Um desafio para o uso terapêutico desse hormônio tem sido o método de liberação. Como se trata de um hormônio proteico, se fosse administrado por via oral seria digerido antes de chegar ao tecido-alvo, o osso. A liberação via *spray* nasal tem sido bem-sucedida. O tratamento com calcitonina resulta em um aumento modesto na massa óssea e alivia a dor das fraturas espinais provocadas pela osteoporose.

Calcitonina As células parafoliculares da tireoide secretam o hormônio proteico **calcitonina** quando os níveis de cálcio no sangue estão altos. A calcitonina diminui os níveis sanguíneos de Ca^{2+} , desacelerando a atividade de liberação de cálcio dos osteoclastos no

osso e aumentando a secreção de cálcio pelo rim. A calcitonina não tem uma função demonstrável nos adultos; ela aparenta agir principalmente na infância, quando o esqueleto cresce rápido e a atividade dos osteoclastos precisa ser desacelerada para permitir a deposição e o crescimento ósseos.

Glândulas paratireoides

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a anatomia da glândula paratireoide e a função do hormônio da paratireoide.

Anatomia macroscópica

As pequenas **glândulas paratireoides** de cor castanho-amarelada situam-se na face posterior da glândula tireoide (**Figura 17.6a**). Embora elas possam estar embutidas na substância da tireoide, as paratireoides sempre permanecem como órgãos distintos, circundados por suas próprias cápsulas de tecido conjuntivo. A maioria das pessoas tem dois pares de glândulas paratireoides, mas o número exato varia entre os indivíduos. Até oito glândulas já foram relatadas, e algumas podem estar situadas em outras regiões do pescoço ou até mesmo no tórax.

Anatomia microscópica

Em termos histológicos, a glândula paratireoide contém cordões espessos e ramificados, compostos por dois tipos de células endócrinas (**Figura 17.6b**): as pequenas e abundantes **células da paratireoide**, e as grandes e raras **células oxifílicas** (que coram com corantes ácidos) da paratireoide, cuja função é desconhecida. As células da paratireoide produzem um pequeno hormônio proteico chamado **hormônio da paratireoide (PTH)**, do inglês Parathyroid hormone ou **paratormônio**, que aumenta a concentração sanguínea de Ca^{2+} sempre que ela fica abaixo do valor-limite. O PTH aumenta o cálcio sanguíneo da seguinte forma:

1. Estimulando os osteoclastos a liberar mais Ca^{2+} do osso;
2. Diminuindo a excreção de Ca^{2+} pelo rim;
3. Ativando a vitamina D, que estimula a captação de Ca^{2+} pelo intestino.

O PTH é essencial para a vida, pois níveis baixos de Ca^{2+} levam a transtornos neuromusculares letais. Antes da descoberta do PTH, observava-se que alguns pacientes se recuperavam sem eventos especiais após a remoção parcial (ou até mesmo total) da glândula tireoide,

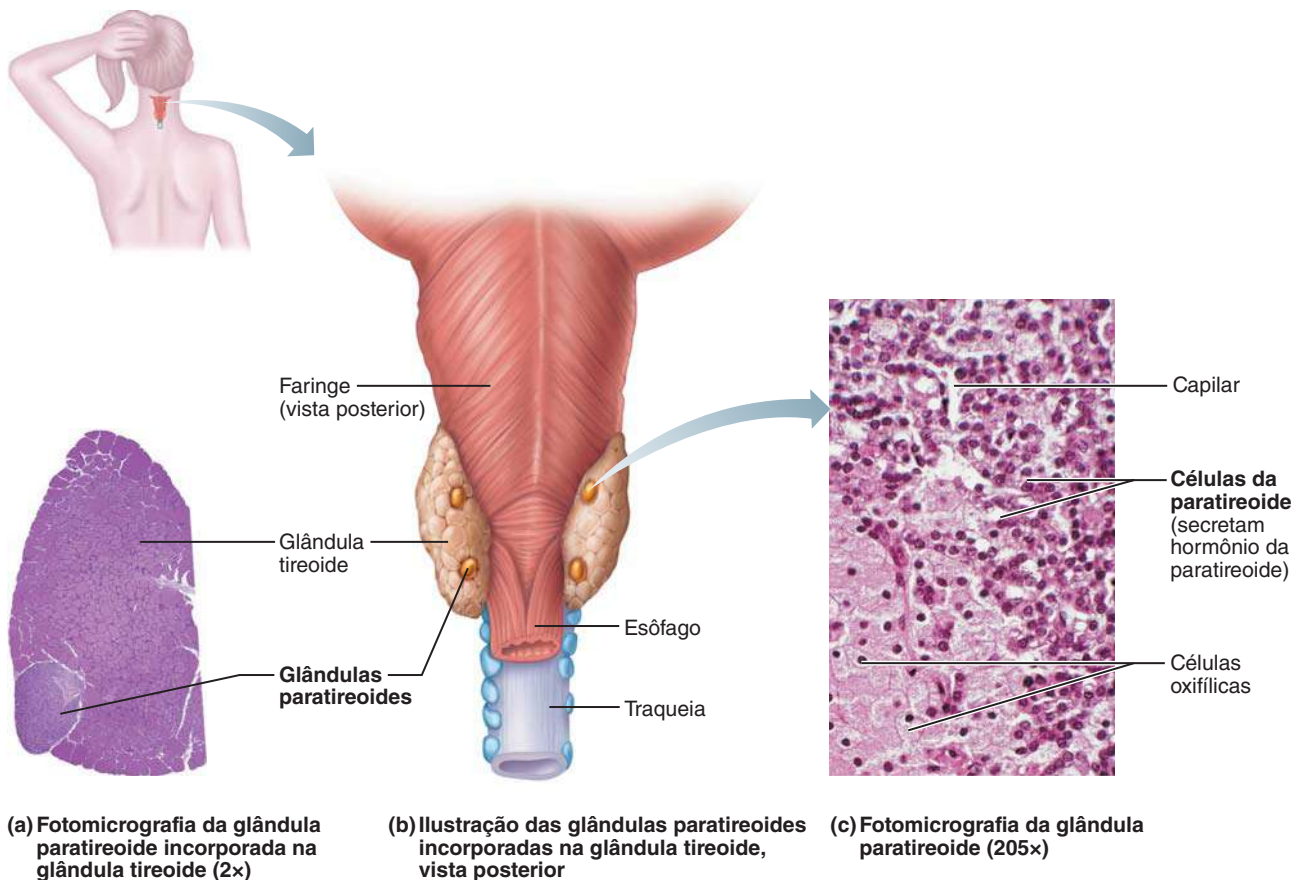


Figura 17.6 Glândulas paratireoides. As glândulas paratireoides podem ser mais discretas do que a ilustração em (b).

mas outros exibiam espasmos musculares descontrolados e dor grave, morrendo em seguida. Os transtornos neuromusculares letais ocorriam quando os cirurgiões removiam involuntariamente as glândulas paratireoides junto com a tireoide.

Repare que o hormônio da paratireoide e a calcitonina têm efeitos *opostos* ou antagonistas: o PTH aumenta o cálcio sanguíneo, ao passo que a calcitonina o reduz.

✓ Verifique seu conhecimento

- 6. Um paciente com hipotireoidismo (baixa quantidade de hormônio da tireoide) se preocuparia com a regulação do cálcio sanguíneo? Explique sua resposta.

(Veja a resposta no Apêndice B.)

Glândulas suprarrenais

Objetivo de aprendizagem:

- mencionar as duas divisões da glândula suprarrenal, comparando-as e diferenciando-as em termos de sua estrutura e dos hormônios que secretam.

Anatomia macroscópica

O par de **glândulas suprarrenais** consiste em órgãos piramidais ou em forma de lua crescente localizados no polo superior dos rins (**Figura 17.7**). Cada glândula suprarrenal é suprida por até 60 pequenas *artérias suprarrenais*, que formam três grupos: as artérias suprarrenais superiores provenientes da artéria frênica

inferior, as artérias suprarrenais médias provenientes da parte abdominal da aorta e as artérias suprarrenais inferiores provenientes da artéria renal. A *veia suprarrenal esquerda* drena o sangue para a veia renal, enquanto a *veia suprarrenal direita* drena para a veia cava inferior (apresentada na p. 639). O suprimento nervoso é formado quase exclusivamente por fibras simpáticas para a medula da glândula suprarrenal (discutida na p. 498).

Cada glândula suprarrenal consiste em duas glândulas endócrinas em uma (Figura 17.7a). A *medula da glândula suprarrenal* parece-se mais com um agrupamento de neurônios do que com uma glândula, deriva da crista neural e participa da parte simpática do SNA. O *córtex da glândula suprarrenal*, que circunda a medula e forma a maior parte da glândula, deriva do mesoderma somático. O córtex e a medula secretam hormônios de tipos químicos completamente diferentes, mas todos os hormônios suprarrenais ajudam os indivíduos a lidar com situações extremas associadas a perigo, terror ou estresse.

Medula da glândula suprarrenal

A **medula da glândula suprarrenal**, localizada centralmente, faz parte do SNA (Capítulo 15, p. 498), então falaremos pouco sobre ela aqui. Suas **células cromafins medulares** esféricas são neurônios simpáticos pós-ganglionares que secretam os hormônios derivados de amina epinefrina e norepinefrina no sangue para melhorar a resposta de lutar ou fugir. Esses hormônios são armazenados em vesículas secretórias dentro da célula,

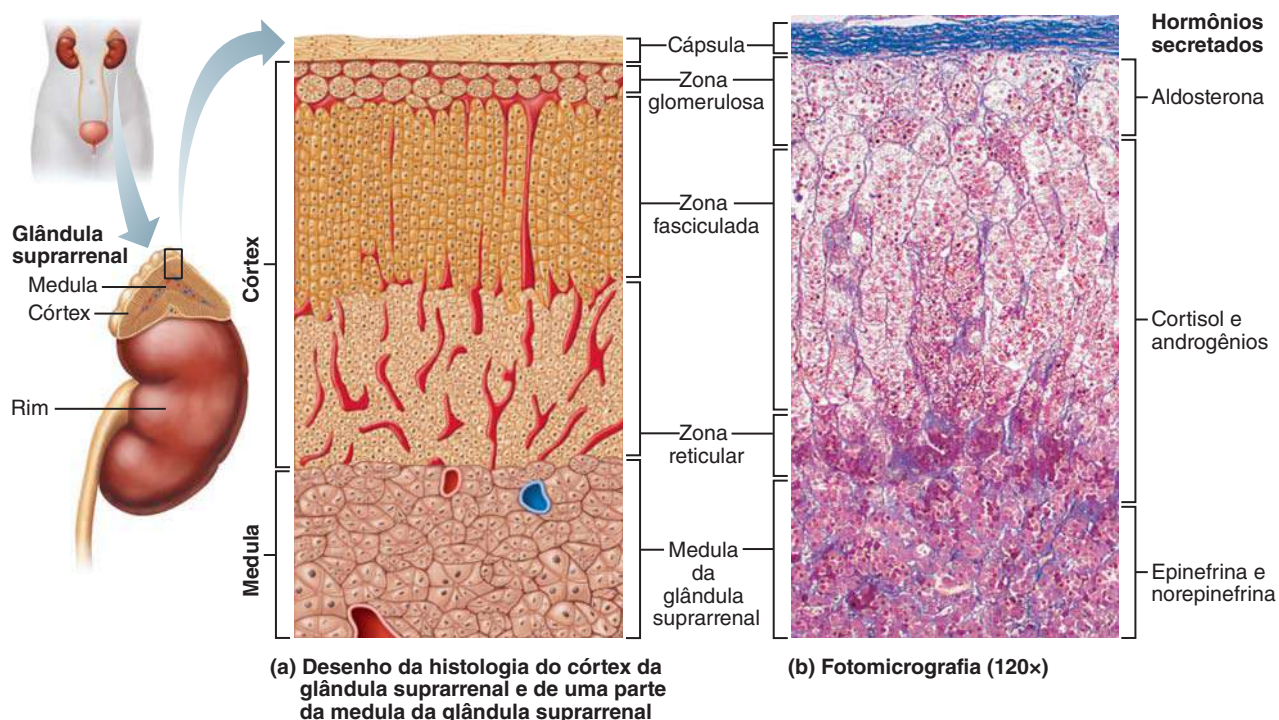


Figura 17.7 Glândula suprarrenal: estruturas macroscópica e microscópica. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 55.)

que podem ser coradas com sais contendo o metal cromo (*cromafins* significa literalmente “afinidade com o cromo”). Na medula da glândula suprarrenal as células cromafins estão organizadas em agrupamentos esféricos (Figura 17.7b), com alguns cordões ramificados.

Córtex da glândula suprarrenal

O espesso **córtex da glândula suprarrenal** secreta uma série de hormônios, todos eles *hormônios esteroides* baseados em lipídio. Microscopicamente, esse córtex exibe três camadas distintas, ou zonas (Figura 17.7). Da externa para a interna, tais zonas são:

1. **Zona glomerulosa**, que contém células organizadas em agrupamentos esféricos (*glomérulo* = novelo de lã).
2. **Zona fasciculada**, cujas células estão organizadas em cordões paralelos (*fascículo* = feixe de bastões paralelos) e contém gotículas lipídicas abundantes.
3. **Zona reticular**, cujas células estão organizadas em uma rede ramificada (*retículo* = rede) e coram intensamente com corante rosa eosina.

Os hormônios secretados pelo córtex da glândula suprarrenal são **corticosteroides**, que, com os hormônios sexuais, são os principais hormônios esteroides do corpo. Os corticosteroides adrenais enquadram-se em duas classes principais: *mineralocorticoides* e *glicocorticoides*.

Mineralocorticoides O principal **mineralocorticoide**, chamado **aldosterona**, é secretado pela zona glomerulosa em resposta a um declínio no volume sanguíneo ou na pressão arterial, como ocorre na hemorragia grave. A aldosterona é o hormônio terminal secretado por uma cascata complexa de secreções hormonais iniciada nos rins em resposta ao baixo volume sanguíneo ou à baixa pressão arterial (o mecanismo renina-angiotensina). Para compensar qualquer um dos dois declínios, a aldosterona sinaliza os ductos renais para reabsorverem mais sódio no sangue; a água escapa passivamente, aumentando o volume sanguíneo.

Glicocorticoides Os **glicocorticoides**, dos quais o **cortisol** é o tipo principal, são secretados pela zona fasciculada e pela zona reticular para ajudar o corpo a enfrentar situações estressantes como o jejum, a ansiedade, o trauma, as multidoes e a infecção. Em essência, os glicocorticoides mantêm suficientemente elevados os níveis de glicose sanguínea para suportarem as atividades cerebrais, obrigando ao mesmo tempo a maioria das outras células do corpo a escolher as gorduras e os aminoácidos como fontes de energia. Os glicocorticoides também redirecionam os linfócitos circulantes para os tecidos linfáticos e periféricos, onde se encontra a maioria dos patógenos. No entanto, quando presentes em grande quantidade, os glicocorticoides deprimem a resposta inflamatória e inibem o sistema imune. Na realidade,

os glicocorticoides, como a cortisona e a prednisona, são administrados como medicamentos anti-inflamatórios para tratar a artrite reumatoide, a tendinite, lesões articulares e outros transtornos inflamatórios.

A glândula suprarrenal responde ao estresse de curto prazo e ao estresse prolongado (Figura 17.8). A inervação simpática da medula da glândula suprarrenal ativa a resposta ao estresse de curto prazo. Em resposta ao estresse prolongado, o hipotálamo libera o hormônio liberador de corticotropina (CRH). Esse hormônio alcança o lobo anterior da hipófise e estimula a secreção do hormônio adrenocorticotrópico (ACTH), que segue para o córtex da glândula suprarrenal, onde sinaliza a secreção de glicocorticoides e mineralocorticoides.

Androgênios suprarrenais A zona reticular também secreta grandes quantidades de um hormônio androgênio chamado desidroepiandrosterona (DHEA), cuja função ainda é obscura. Após sua secreção (pela via estresse-CRH-ACTH) e sua liberação pelo córtex da glândula suprarrenal, o DHEA é convertido em testosterona e estrogênios nos tecidos periféricos. Os possíveis efeitos benéficos do DHEA incluem o combate ao estresse, o reforço da imunidade e a melhoria do humor. Sugere-se que o DHEA também seja uma molécula antienvhecimento. Os níveis de DHEA são altos no início da vida adulta e diminuem com a idade. Os usos clínicos desse hormônio ainda não foram suficientemente fundamentados pela pesquisa científica.

✓ Verifique seu conhecimento

- 7. Qual região específica da glândula suprarrenal produz aldosterona?
- 8. Por que a medula da glândula suprarrenal é conhecida como um gânglio simpático modificado?
- 9. Qual hormônio estimula diretamente a secreção dos glicocorticoides pelo córtex da glândula suprarrenal e onde esse hormônio é produzido?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Glândula pineal

Objetivo de aprendizagem:

- descrever as funções endócrinas da glândula pineal, do pâncreas, do timo e das gônadas.

A **glândula pineal** (corpo pineal) é uma pequena estrutura em forma de pinha no final de um pedículo curto que se projeta no teto do diencéfalo (ver Figuras 17.1 e 17.3b). Suas células endócrinas, chamadas *pinealócitos*, estão organizadas em agrupamentos esféricos e em cordões ramificados. Os pinealócitos são células estreladas com longos processos celulares ramificados. Na glândula pineal adulta, densas partículas de cálcio situam-se entre os agrupamentos de células, formando a “areia cerebral”, ou “areia pi-

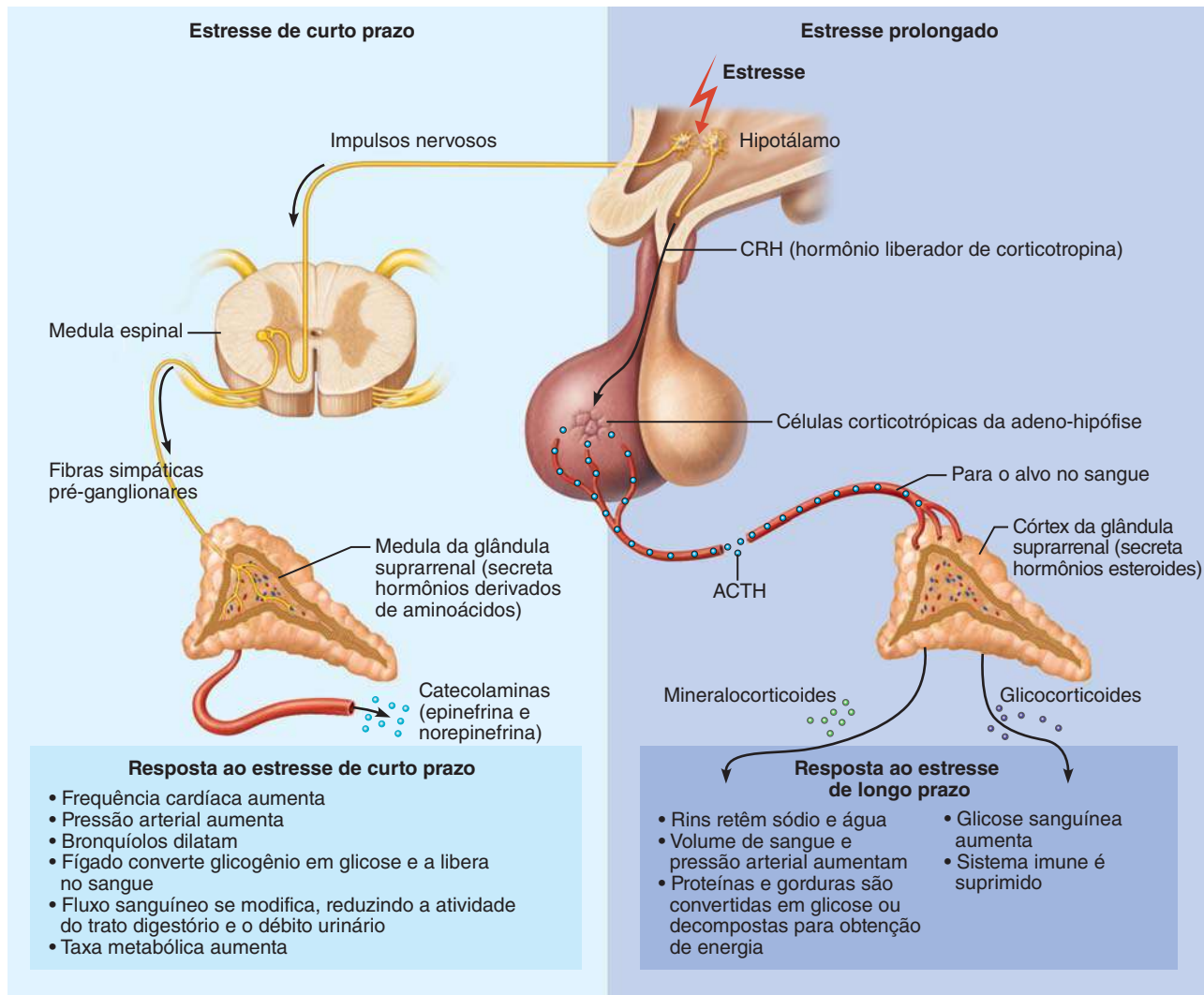


Figura 17.8 Situação de estresse e glândula suprarrenal.

neal”. É fácil localizar a glândula pineal nas imagens de raios X encefálicos porque os densos minerais de cálcio na pineal são radiopacos (os raios X não conseguem penetrá-los) — eles se destacam na radiografia e funcionam como um marco anatômico para identificar outras estruturas encefálicas.

Por uma via bem indireta, o cérebro sinaliza os pinealócitos para secretarem o hormônio **melatonina**, que ajuda a regular os ritmos circadianos (ver “Por que os adolescentes não dormem cedo?”, p. 402). Na escuridão da noite, o “relógio” que controla os ritmos diários e a secreção da melatonina — o núcleo supraquiasmático do hipotálamo (exibido na p. 402) — responde a uma falta de estímulo visual da retina enviando sinais para os neurônios simpáticos pré-ganglionares na região torácica superior da medula espinal. Os sinais seguem para os neurônios pós-ganglionares no gânglio cervical superior, cujos axônios seguem sobre a artéria carótida interna para estimular a glândula pineal a secretar a melatonina.

Pâncreas

Localizado na parede posterior da cavidade abdominal, o **pâncreas** contém células exócrinas e endócrinas. As **células acinares** exócrinas, que formam a maior parte da glândula, secretam enzimas digestórias no intestino delgado durante a digestão do alimento.

As células endócrinas do pâncreas estão contidas em corpos esféricos chamados **ilhotas pancreáticas**, (ou *ilhotas de Langerhans*) (**Figura 17.9**), com cerca de um milhão delas espalhadas nos ácinos exócrinos. Em cada ilhota, as células endócrinas estão organizadas em cordões retorcidos e ramificados, separados por capilares. Os principais tipos de célula nas ilhotas são as alfa e beta.

- As **células alfa** (α ; **células A**) secretam **glucagon**, um hormônio proteico que sinaliza as **células hepáticas** para liberarem glicose de seus depósitos de glicogênio, elevando os níveis de açúcar no sangue sempre que ficarem baixos demais.

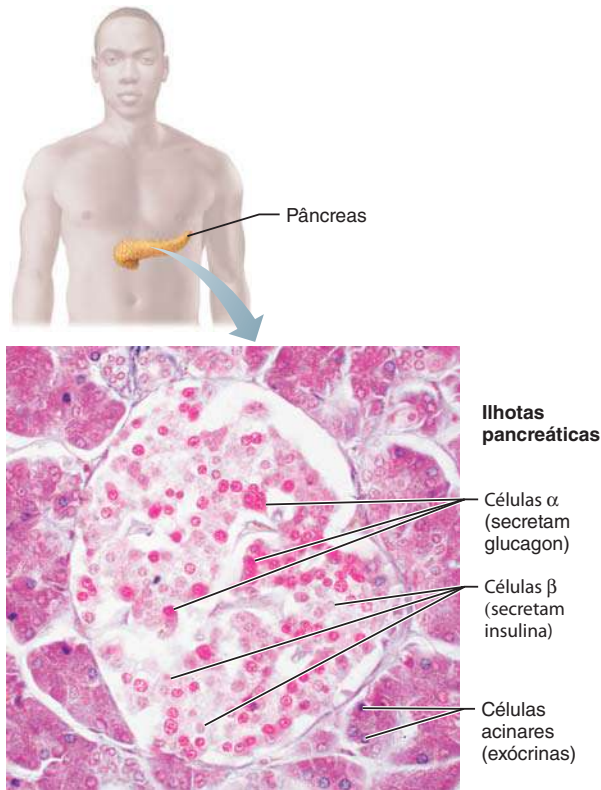


Figura 17.9 Fotomicrografia de uma ilhota pancreática. Uma ilhota pancreática é circundada pelas células acinares (parte exócrina). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 46.)

- As **células beta** (β ; **células B**) secretam **insulina** (“hormônio das ilhotas”), um hormônio proteico que sinaliza a maioria das células do corpo para captarem glicose do sangue e promoverem o armazenamento dessa glicose como glicogênio no fígado, diminuindo os níveis excessivos de açúcar no sangue (após a digestão de um alimento açucarado, por exemplo).

As ilhotas pancreáticas também contêm dois tipos raros de célula (não ilustrados): as **células delta** (δ) secretam **somatostatina**, um hormônio peptídico que inibe a secreção do glucagon e da insulina pelas células alfa e beta vizinhas; as **células PP** secretam **polipeptídeo pancreático**, um hormônio que pode inibir a atividade exócrina do pâncreas.

Timo

O **timo** situa-se na parte inferior do pescoço e na parte anterior do tórax (ver Figura 17.1). É um órgão imune importante, o local em que os leucócitos chamados linfócitos T surgem das células precursoras. Essa transformação é estimulada pelos **hormônios tímicos**, que são secretados pelas células estruturais do timo, as células reticulares epiteliais. Os hormônios tímicos são uma família de moléculas peptídicas, in-

cluindo a timopoiatina e a timosina. O timo é descrito em detalhes junto com o sistema linfático (Capítulo 21, p. 663).

Gônadas

As gônadas — **testículos** e **ovários** — são a fonte principal dos hormônios esteroides sexuais. Nos testículos, as **células endócrinas intersticiais** entre os túbulos formadores de espermatozoide secretam **androgênios** (principalmente **testosterona**), que mantêm os órgãos reprodutores e as características sexuais secundárias dos homens e ajudam a promover a formação do espermatozoide. Nos ovários, os androgênios são secretados e convertidos diretamente em **estrogênios** pelas células foliculares ovarianas. As células foliculares também produzem **progesterona**. Após a ovulação, os estrogênios e a progesterona continuam a ser secretados pelos folículos ovarianos remanescentes, o **corpo lúteo**. Os **estrogênios** mantêm os órgãos reprodutores e as características sexuais secundárias das mulheres, ao passo que a **progesterona** sinaliza o útero para se preparar para a gravidez. Os detalhes completos são apresentados junto com o sistema reprodutor (Capítulo 25, p. 778 e 779/793 e 794).

OUTRAS ESTRUTURAS ENDÓCRINAS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ conhecer um hormônio produzido pelo coração e definir sistema neuroendócrino difuso (Sned);
- ▶ explicar resumidamente as funções endócrinas da placenta, do rim e da pele.

Outras células endócrinas ocorrem em vários órgãos do corpo, incluindo os seguintes:

1. **Coração.** Os átrios do coração contêm algumas células musculares cardíacas especializadas que secretam **peptídeo natriurético atrial (ANP)** (“produtor de urina salgada”), um hormônio que diminui o volume excessivo de sangue, a pressão arterial elevada e a alta concentração de sódio no sangue, principalmente estimulando o rim a aumentar sua secreção de sal e sua produção de urina salgada.
2. **Trato gastrointestinal e seus derivados.** As **células enteroendócrinas** são secretoras de hormônio e estão espalhadas pelo revestimento epitelial do trato digestório. Células endócrinas relacionadas ocorrem nos órgãos que derivam do intestino embrionário, como os tubos respiratórios, o pâncreas, a próstata e a glândula tireoide. Coletivamente, todas essas células epiteliais dispersas compõem o **sistema neuroendócrino difuso (Sned)**. Para fornecer alguns exemplos concretos deste capítulo, as células parafoliculares na tireoide pertencem a esse sistema, assim como as células das ilhotas

pancreáticas. Mais de 35 tipos de células do Sned secretam hormônios derivados de amina e de peptídeos que executam funções tais como a regulação da digestão, o controle dos aspectos da química sanguínea e o ajuste do fluxo sanguíneo local. Muitos desses hormônios são quimicamente idênticos às moléculas neurotransmissoras e alguns deles sinalizam as células-alvo adjacentes antes de entrarem pela primeira vez na corrente sanguínea. Essas características são do tipo neuronal, o que explica por que as células epiteliais do Sned se chamam células neuroendócrinas.

3. **Placenta.** Além de sustentar o feto durante a gravidez, a placenta secreta vários hormônios esteroides e proteicos — incluindo os estrogênios, a progesterona, o hormônio de liberação da corticotropina e a gonadotropina coriônica humana (ver p. 804) — que influenciam o curso da gravidez. A *gonadotropina coriônica humana (hCG)* é o hormônio avaliado nos testes de gravidez e é produzida à medida que o ovo fertilizado se implanta no útero. Um teste positivo indica a presença desse hormônio, confirmando a gravidez.
4. **Rins.** Várias células nos rins produzem hormônios. As células musculares especializadas do complexo justaglomerular, as células granulares (ver p. 761), secretam o hormônio proteico *renina*, que sinaliza indiretamente o córtex da glândula suprarrenal para secretar a aldosterona. Outras células renais — no tecido conjuntivo intersticial entre os túbulos renais ou nas células endoteliais dos capilares peritubulares — secretam *eritropoietina*, que orienta a medula óssea a aumentar a produção de eritrócitos.
5. **Pele.** Quando expostos à radiação ultravioleta, os queratinócitos na epiderme convertem uma molécula de colesterol modificada em uma molécula precursora da *vitamina D*, que é um hormônio esteroide essencial para o metabolismo do cálcio (ver p. 116). As moléculas precursoras entram na corrente sanguínea através dos capilares dérmicos, sofrem modificações químicas no fígado e se transformam em vitamina D plenamente ativada nos túbulos proximais do rim. A vitamina D sinaliza o intestino para absorver Ca^{2+} da alimentação. Sem essa vitamina, os ossos enfraquecem devido ao teor de cálcio insuficiente (ver a discussão sobre raquitismo na p. 151).

✓ Verifique seu conhecimento

10. Onde estão situadas as células endócrinas do pâncreas?
11. Qual estrutura, excetuando os ovários, produz estrogênios e progesterona?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TRANSTORNOS DO SISTEMA ENDÓCRINO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever os efeitos da secreção hormonal excessiva ou inadequada pela hipófise, glândulas tireoide e suprarrenal; definir diabetes melito.

A maioria dos transtornos das glândulas endócrinas envolve a hipersecreção ou a hipossecreção de determinado hormônio. A hipersecreção costuma resultar de um tumor em uma glândula endócrina no qual as células tumorais em rápida proliferação secretam hormônio em um ritmo descontrolado. A hipossecreção, por outro lado, resulta normalmente de danos a uma glândula endócrina, causados por infecção, crise autoimune ou trauma físico.

Transtornos da hipófise

Alguns transtornos da adeno-hipófise afetam a secreção do hormônio do crescimento (GH) (**Figura 17.10**). Um tumor que provoca hipersecreção de GH nas crianças causa o **gigantismo**, que as faz crescer

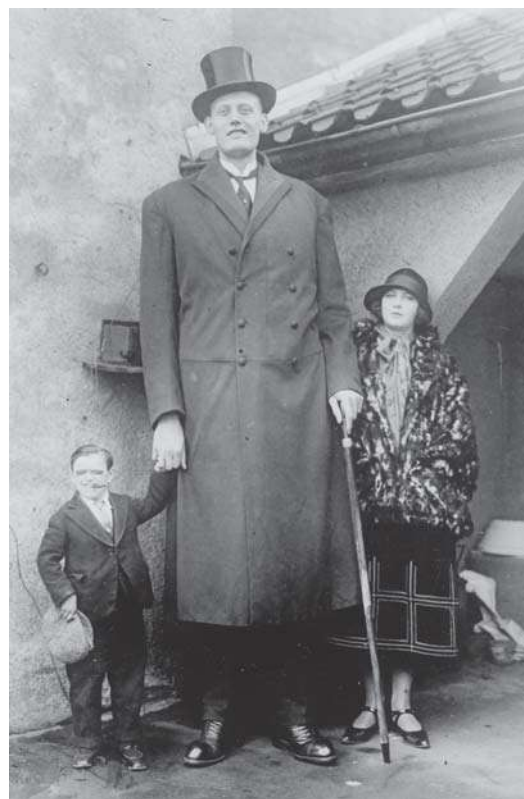


Figura 17.10 Transtornos do hormônio do crescimento da hipófise. Indivíduo exibindo gigantismo (centro) ao lado de um indivíduo apresentando nanismo hipofisário (esquerda) e de uma mulher de altura normal (direita).

excepcionalmente rápido, tornando-as extremamente altas, muitas vezes chegando aos 2,40 metros. Se quantidades excessivas de GH forem secretadas após o fechamento das cartilagens epifisais dos ossos, o resultado é a **acromegalia** (“crescimento das extremidades”), caracterizada pelo aumento das áreas ósseas que ainda têm áreas de crescimento ativas e ainda são responsivas ao GH — mãos, pés e face.

A hiposecreção do GH produz o **nanismo hipofisário** nas crianças, que têm o corpo de proporções normais, mas raramente chegam a 1,20 metro de altura. Crianças com essa condição alcançam uma estatura quase normal se receberem injeções de GH.

No **diabetes insípido**, a parte nervosa da neuro-hipófise não produz ou secreta hormônio diurético em quantidade suficiente (ou, mais raramente, o rim não responde a esse hormônio). Como os indivíduos com essa condição produzem grandes volumes de urina diluída, eles compensam ingerindo grandes quantidades de água. O diabetes insípido pode ser provocado por um golpe na cabeça que danifica a neuro-hipófise, um tumor que comprime a parte nervosa, ou lesões renais.

Transtorno do pâncreas: diabetes melito

O **diabetes melito**, que afeta aproximadamente 7% dos norte-americanos¹ e tem um forte componente hereditário, é provocado pela secreção insuficiente de insulina ou pela resistência das células do corpo aos efeitos da insulina. Em consequência, a glicose não consegue entrar na maioria das células, de modo que o açúcar sanguíneo permanece alto e a glicose aparece em urina abundante. Como a glicose não está disponível como combustível, as células do corpo metabolizam gorduras, cujos produtos da decomposição ácida, as cetonas, se acumulam no sangue. Se não for tratado, o aumento da micção esgota a água do corpo e os eletrólitos, e a cetoacidose deprime quase todas as funções fisiológicas, levando ao coma.

Diabetes tipo 1

Dos dois tipos de diabetes melito, o mais grave é o **diabetes tipo 1** (antes chamado **diabetes dependente de insulina**), que se desenvolve subitamente, em geral antes dos 15 anos de idade. Como uma resposta autoimune destrói as células beta secretoras de insulina no pâncreas, a insulina precisa ser administrada nos diabéticos do tipo 1 várias vezes ao dia, a fim de controlar

os níveis de glicose sanguínea. Depois dos 20-30 anos, podem se desenvolver complicações potencialmente fatais. O alto nível de lipídios no sangue predispõe os diabéticos do tipo 1 à aterosclerose (endurecimento das artérias, discutido na p. 644) e o excesso de açúcar em seus fluidos corporais perturba as funções capilares (ver *microangiopatia do diabetes*, na p. 643). A pesquisa sobre diabetes tipo 1 demonstrou que o exercício regular e o gerenciamento cuidadoso da alimentação e do nível de açúcar no sangue podem retardar o início das complicações.

Diabetes tipo 2

O **diabetes tipo 2 (não dependente de insulina)** desenvolve-se mais lentamente (aparecendo geralmente após os 40 anos de idade) e contribui para mais de 90% dos casos da doença. A maioria dos diabéticos do tipo 2 produz alguma insulina, mas suas células têm uma sensibilidade reduzida aos efeitos desse hormônio. Com um gerenciamento mais fácil do que o tipo 1, o diabetes tipo 2 pode ser controlado normalmente pela modificação da dieta (por exemplo, perder peso e evitar alimentos altamente calóricos e ricos em açúcar) e pelo exercício regular. Se tais medidas falharem, a condição é tratada com injeções de insulina ou medicações orais que elevem os níveis sanguíneos de insulina ou diminuam os níveis sanguíneos de glicose.

O diabetes tipo 2 está aumentando a uma taxa alarmante nos Estados Unidos.² Muito preocupante é o aumento do diabetes tipo 2 nas crianças. A maior incidência dessa doença está associada a menores níveis de atividade e maiores taxas de obesidade. Constatou-se que o exercício regular não só ajuda a controlar o diabetes tipo 2, mas também ajuda a diminuir a probabilidade de seu desenvolvimento. Um componente dessa ligação entre o exercício e a regulação do açúcar sanguíneo é um hormônio produzido pelos osteoblastos, as células produtoras de osso. A atividade dos osteoblastos aumenta em resposta ao exercício com peso. A *osteocalcina*, um hormônio secretado pelos osteoblastos, estimula a secreção pancreática da insulina e induz os adipócitos a secretar um hormônio que aumenta a sensibilidade das células à insulina. Assim, o aumento da atividade dos osteoblastos também age no controle dos níveis de açúcar no sangue.

Transtornos da glândula tireoide

A forma mais comum de hipertireoidismo é a **doença de Graves**, que é autoimune e faz o sistema imu-

1 Nota do editor: segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes, estima-se que 12 milhões de brasileiros tenham a doença, mas somente a metade sabe disso. Outro dado importante é que o diabetes melito é mais incidente em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

2 Nota do editor: segundo a Organização Mundial da Saúde, 180 milhões de pessoas são portadoras de diabetes do tipo 2, sendo 8 milhões só no Brasil. Outro dado importante, dessa vez divulgado pela Agência Brasil, é que, como a obesidade entre crianças e adolescentes tem aumentado a números alarmantes no Brasil, o diabetes tipo 2 também tem aumentado.



(a) Protrusão dos bulbos dos olhos, um sintoma de hipertireoidismo



(b) Aumento da tireoide (bócio) em razão da deficiência de iodo

Figura 17.11 Transtornos da tireoide.

ne produzir anticorpos anormais que imitam o TSH e estimulam a hipersecreção do TH pelas células foliculares da tireoide. Os sinais e sintomas típicos da doença de Graves incluem taxa metabólica elevada, frequência cardíaca rápida, sudorese, nervosismo e perda de peso, apesar da ingestão alimentar normal. Além disso, os bulbos dos olhos podem se projetar devido a edema e inflamação no tecido da órbita posterior aos bulbos dos olhos e músculos extrínsecos do olho (**Figura 17.11a**). A doença de Graves desenvolve-se com mais frequência nas mulheres de meia-idade e afeta uma em cada 20 mulheres em geral.

A secreção insuficiente do TH produz efeitos diversos em estágios diferentes da vida. Nos adultos, essa hiposecreção resulta em **hipotireoidismo adulto**, ou **mixedema** (“intumescimento mucoso”), caracteristicamente uma doença autoimune na qual os anticorpos atacam e destroem o tecido da tireoide. Os sinais e sintomas dessa condição, que ocorre em 7% das mulheres e em 3% dos homens, incluem taxa metabólica baixa, ganho de peso, letargia, calafrios constantes, olhos injetados, edema e lentidão mental (mas não retardamento).

O hipotireoidismo também pode resultar de uma quantidade de iodo insuficiente na alimentação. Nesses casos, a glândula tireoide aumenta, produzindo na parte anterior do pescoço um caroço grande e visível chamado **bócio endêmico** (**Figura 17.11b**). Como as células dos folículos tireóideos produzem colóides, mas não conseguem iodar esses colóides ou produzir hormônios funcionais, a hipófise secreta quantidades cada vez maiores de TSH em uma tentativa inútil de estimular a tireoide a produzir TH. Essa ação faz que os folículos acumulem ainda mais colóides e a glândula tireoide inche. A comercialização de sais iodados reduziu significativamente a incidência de bócio nas regiões com solos pobres em iodo ou que não têm acesso a frutos do mar ricos nesse elemento.

Nas crianças, o hipotireoidismo leva ao **cretinismo**, caracterizado por um corpo de baixa estatura e desproporcional, língua e pescoço grossos e retardamento mental.

Transtornos do córtex da glândula suprarrenal

A hipersecreção dos hormônios glicocorticoides leva à **doença síndrome de Cushing**, provocada por um tumor hipofisário secretor de ACTH ou (raramente) por um tumor do córtex da glândula suprarrenal. Essa condição é caracterizada por altos níveis de glicose no sangue, perda de proteína nos músculos e letargia. Os conhecidos sinais da doença incluem face inchada e redistribuição da gordura para a parte posterior do pescoço, provocando uma “corcova de búfalo” (**Figura 17.12**), bem como a depressão das respostas imune e inflamatória. Os casos brandos podem resultar de grandes doses de glicocorticoides, como a cortisona, medicamentos prescritos para suprimir inflamações.



(a) Paciente antes



(b) Mesma paciente com a doença de Cushing. A seta branca mostra a “corcova de búfalo” característica da gordura na parte superior das costas.

Figura 17.12 Efeitos do excesso de glicocorticoides — doença de Cushing.

A **doença de Addison**, o principal transtorno hipossecretório do córtex da glândula suprarrenal, costuma se relacionar a deficiências de glicocorticoides e mineralocorticoides. Os níveis sanguíneos de glicose e sódio caem, sendo comuns a desidratação grave e a baixa pressão arterial. Outros sintomas incluem fadiga, perda de apetite e dor abdominal.

Verifique seu conhecimento

- 12. Addison, Graves e Cushing: mencione a glândula endócrina afetada por esses transtornos, independentemente de a causa ser hipersecreção ou hiposecreção, e os sintomas característicos de cada um deles.

(Veja a resposta no Apêndice B.)

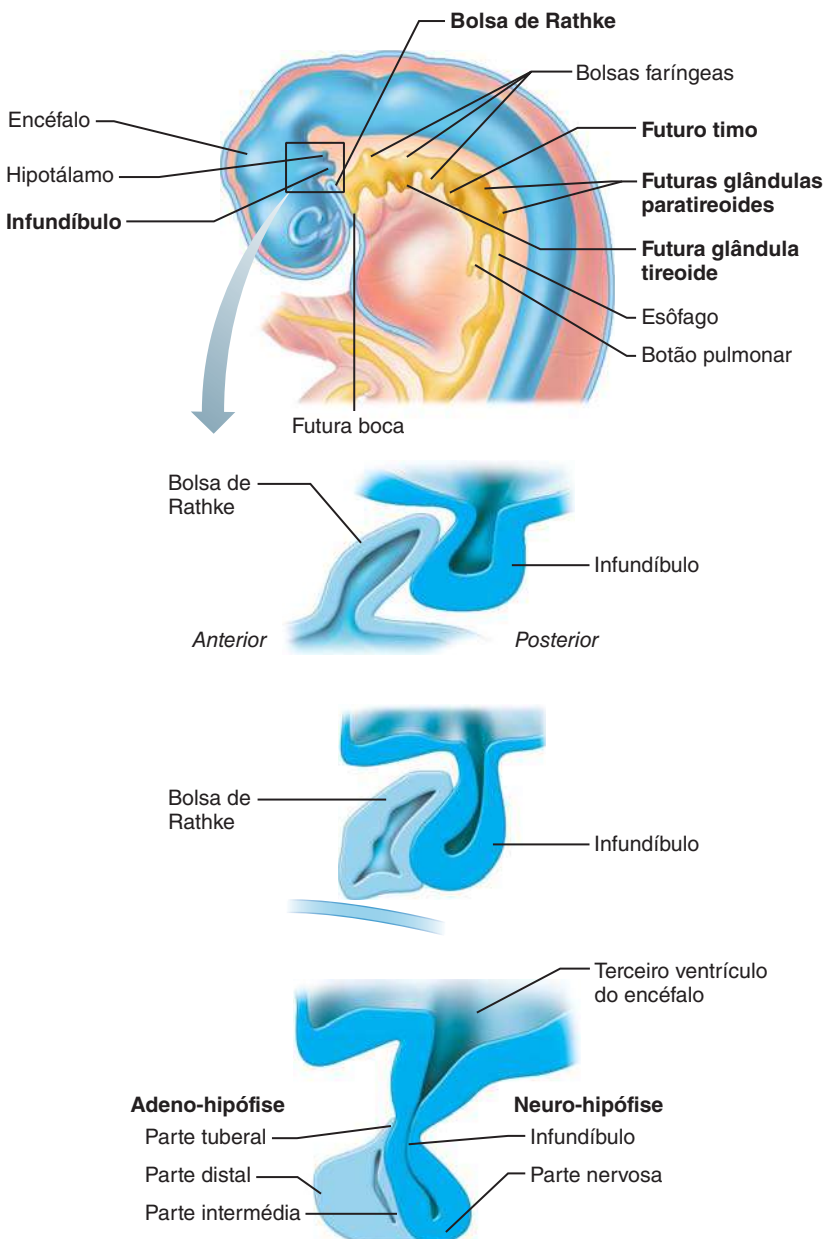
O SISTEMA ENDÓCRINO AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever o desenvolvimento das principais glândulas endócrinas;
- ▶ estudar o efeito do envelhecimento sobre algumas glândulas endócrinas.

As glândulas endócrinas diversificadas e amplamente distribuídas surgem das três camadas germinativas.

A **glândula tireoide** forma-se a partir de um espessamento do endoderma no assoalho da faringe (**Figura 17.13a**) que aparece originalmente na parte posterior da futura língua e depois migra na direção caudal para o pescoço. As **glândulas paratireoides** e o **timo** surgem



(a) 5ª semana. A tireoide, o timo e as glândulas paratireoides formam-se a partir do endoderma faríngeo. A bolsa de Rathke estende-se superiormente do ectoderma no teto da boca.

(b) 6ª semana. A extensão inferior do assoalho do diencéfalo forma o infundíbulo.

(c) 7ª semana. A bolsa de Rathke adere ao ectoderma superficial tornando-se intimamente associada ao infundíbulo.

(d) 8ª semana. A bolsa de Rathke forma a adeno-hipófise; o infundíbulo forma a neuro-hipófise. Partes distintas de cada uma dessas estruturas diferenciam-se.

Figura 17.13 Desenvolvimento embrionário de alguns órgãos endócrinos importantes.

do endoderma que reveste as bolsas faríngeas e depois migram para suas posições finais no pescoço e no tórax. As células parafoliculares surgem na parede da última bolsa faríngea e depois migram na direção caudal para a glândula tireoide. A *glândula pineal* surge das células endimárias derivadas do ectoderma que revestem o teto do diencefalo embrionário. (Lembre-se de que as células endimárias são as células da glia que revestem o tubo neural oco.)

A *hipófise* tem origem dupla (Figuras 17.13b e 17.13c). A adeno-hipófise surge no teto da boca como uma bolsa de ectoderma — a **bolsa de Rathke**. Essa bolsa entra em contato com a futura neuro-hipófise, que cresce inferiormente a partir do assoalho do encéfalo na forma de **infundíbulo**.

A glândula suprarrenal também tem origem embrionária dupla (ver Figura 15.15, p. 502). Embora sua medula seja originária das células da crista neural dos gânglios do tronco simpático vizinhos, o córtex desenvolve-se a partir do mesoderma somático que reveste o celoma na parede posterior do abdome.

Salvo os transtornos hipersecretórios e hipossecretórios das glândulas endócrinas, a maioria dos órgãos endócrinos opera sem percalços durante a vida até a velhice. Depois, uma série de alterações torna-se evidente. Na adeno-hipófise, as quantidades de tecido conjuntivo e pigmento de envelhecimento (lipofuscina) aumentam, a vascularização se reduz e o número de células secretoras de hormônio diminui. Essas alterações podem ou não afetar a produção de hormônio: por exemplo, os níveis sanguíneos de TSH diminuem ligeiramente com o envelhecimento nor-

mal. O ACTH mantém-se constante e a gonadotropina *aumenta* com a idade.

O córtex da glândula suprarrenal também exibe alterações estruturais com a idade, mas as taxas normais de secreção de glicocorticoide parecem persistir, contanto que o indivíduo seja saudável. Não foi constatada nenhuma alteração relacionada à idade na liberação dos hormônios derivados de amina.

A síntese e liberação dos hormônios da tireoide diminuem um pouco com o envelhecimento normal. Tipicamente, os folículos da tireoide estão carregados de coloides nos idosos, ocorrendo a fibrose da glândula. As doenças autoimunes da tireoide passam a ser comuns, afetando em torno de 5% das mulheres idosas.

As glândulas paratireoides mudam pouco com a idade, mas uma tendência de aumento na concentração de PTH no sangue compensa a menor ingestão de cálcio e vitamina D se a qualidade da alimentação diminuir. A redução na secreção de estrogênio após a menopausa torna as mulheres mais suscetíveis aos efeitos da desmineralização óssea do PTH.

Somente o hormônio do crescimento (GH) da adeno-hipófise, a desidroepiandrosterona (DHEA) do córtex da glândula suprarrenal e os hormônios sexuais (estrogênios e testosterona) exibem quedas nítidas na secreção com a idade. A deterioração dos órgãos musculoesqueléticos, cardiovasculares, imunes e outros, que acompanha esses declínios normais, é discutida em outras partes deste livro (ver p. 270, 649 e 666). Os efeitos da retirada desses hormônios são tão parecidos com os sintomas do envelhecimento que os três têm sido comercializados nos últimos anos como “medicamentos antienvelhecimento”.



TERMOS CLÍNICOS

Câncer da tireoide Malignidade mais comum das glândulas endócrinas, que afeta 1% de todas as pessoas em geral entre os 25 e 65 anos de idade; caracterizada por nódulos firmes e fixos na tireoide. A incidência está aumentando, especialmente entre os indivíduos que sofreram irradiação externa da cabeça e pescoço quando jovens. O tratamento desse câncer altamente curável envolve a remoção de parte ou toda a tireoide e depois a administração de uma forma radioativa de iodo, que é captada ativamente pelas células foliculares da tireoide remanescentes (normais e cancerosas). Esse iodo radioativo segregado mata as células cancerosas com um dano mínimo aos tecidos não tireoídeos.

Crise tireotóxica Aumento repentino e perigoso dos efeitos do hormônio da tireoide que resulta das quantidades excessivas de TH na circulação; a taxa metabólica é bastante aumentada, o que é indicado por febre, frequência cardíaca elevada, pressão arterial elevada, nervosismo e tremores. Os fatores de precipitação incluem situações estressantes, ingestão excessiva de suplementos de TH e trauma na glândula tireoide.

Feocromocitoma (“tumor de cor escura”) Tumor das células cromafins medulares da medula da glândula suprarrenal; resulta na secreção excessiva dos hormônios epinefrina e norepinefrina, a qual produz sintomas de resposta simpática prolongada (especialmente hipertensão).

Hipercalcemia Concentrações elevadas de íons cálcio no sangue, provocadas por hiperparatireoidismo primário ou por malignidade. No hiperparatireoidismo primário, a glândula paratireoide secreta espontaneamente (em geral, em consequência de um tumor) grandes quantidades de hormônio da paratireoide, que aumenta a captação de cálcio. Muitos tipos diferentes de malignidade também aumentam os níveis sanguíneos de cálcio, secretando substâncias químicas que estimulam os osteoclastos a dissolver o osso ou induzem a reabsorção de cálcio no rim.

Hipofisectomia Remoção cirúrgica da hipófise.

Nanismo psicossocial Nanismo é resultante de estresse na infância e transtornos emocionais que suprimem a liberação hipotalâmica do fator de liberação do hormônio de crescimento e, assim, a secreção de GH pela adeno-hipófise.

Prolactinoma Tipo mais comum de tumor hipofisário, caracterizado por hipersecreção de prolactina, secreção excessiva de leite e perturbações menstruais nas mulheres. Nos homens, provoca produção de leite, perda de libido e impotência.

Transplante pancreático Procedimento realizado nas pessoas com diabetes tipo 1 cuja vida esteja ameaçada por insuficiência renal gradual, já que a *microangiopatia do diabetes* (p. 643) destrói os capilares renais. O pâncreas transplantado secreta insulina e interrompe o diabetes, e um rim saudável pode ser transplantado ao mesmo tempo para assumir a função dos rins defeituosos do receptor. O pâncreas doado é colocado na pele e suturado na bexiga para

que as enzimas digestórias que ele produz possam drenar na bexiga e serem levadas do corpo na urina, em vez de irritar o peritônio pélvico e provocar peritonite. O receptor precisa tomar medicamentos imunossupressores pelo resto da vida. A taxa de sucesso do transplante pancreático é de aproximadamente 70%. Foram desenvolvidas técnicas para transplantar apenas as ilhotas pancreáticas. As ilhotas de um doador falecido são injetadas no fígado do receptor, tornando-se vascularizadas e, então, começam a secretar insulina. Embora ainda seja experimental, esse tratamento atingiu um grau moderado de sucesso. Ele também requer que o receptor tome medicamentos imunossupressores pelo resto da vida.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. Os órgãos endócrinos são glândulas sem ductos, que liberam hormônios no sangue ou na linfa.
2. Os hormônios são moléculas mensageiras que percorrem os vasos sanguíneos e sinalizam mudanças fisiológicas nas células-alvo.
3. Os processos regulados por hormônios incluem a reprodução, o crescimento, a mobilização das defesas do corpo contra o estresse, a manutenção da química adequada do sangue e dos fluidos corporais e a regulação do metabolismo celular.

VISÃO GERAL (p. 543-545)

Órgãos endócrinos (p. 543)

4. Os órgãos endócrinos são pequenos e bem distantes uns dos outros no corpo. Os órgãos endócrinos puros são hipófise, glândulas tireoide, paratireoide, suprarenal e pineal. Outros órgãos que contêm células endócrinas são as gônadas, o pâncreas, o rim, o trato digestório, o coração, o timo e a pele. O hipotálamo é um órgão neuroendócrino.
5. Os órgãos endócrinos são ricamente vascularizados.
6. Embora a maioria das células endócrinas consista em células epiteliais modificadas, outras são neurônios, células musculares ou células similares a fibroblastos.

Hormônios (p. 543-545)

7. A maioria dos hormônios consiste em derivados de aminoácidos (aminas, peptídeos, proteínas) ou esteroides (moléculas lipídicas derivadas do colesterol).
8. Os hormônios produzem seus efeitos saindo dos capilares e ligando-se a moléculas receptoras específicas nas células-alvo. Essa ligação dispara uma resposta programada na célula-alvo.
9. Os órgãos endócrinos são estimulados a liberar seus hormônios por meio de estímulos humorais, neurais ou hormonais. A secreção hormonal é controlada por ciclos de realimentação.

10. O hipotálamo do cérebro regula muitas funções do sistema endócrino por meio dos hormônios que secreta.

PRINCIPAIS ÓRGÃOS ENDÓCRINOS (p. 545-561)

Hipófise (p. 545-557)

11. A hipófise fica suspensa no diencéfalo por seu pedículo (infundíbulo) e situa-se na fossa hipofisária da sela turca do osso esfenóide. Ela consiste em adeno-hipófise e neuro-hipófise.
12. O adeno-hipófise tem três partes: distal, intermédia e tuberal. A neuro-hipófise tem duas partes: nervosa e infundíbulo.
13. A hipófise recebe seu rico suprimento sanguíneo das artérias hipofisárias superiores e inferiores.
14. A maior parte da adeno-hipófise é a parte distal. Seus cinco tipos de célula secretam sete hormônios proteicos. Quatro dos hormônios secretados são hormônios trópicos (TSH, ACTH, FSH e LH) que influenciam a secreção das outras glândulas endócrinas; três outros influenciam diretamente os tecidos-alvo não endócrinos.
15. Os hormônios secretados pela adeno-hipófise e suas funções são: o hormônio tireostimulante (TSH), produzido pelas células tireotrópicas, estimula a secreção da glândula tireoide; o hormônio adrenocorticotrópico (ACTH), produzido pelas células corticotrópicas, estimula a secreção dos hormônios pelo córtex da glândula suprarenal; o hormônio folículo-estimulante (FSH) e o hormônio luteinizante (LH), produzidos pelas células gonadotrópicas, sinalizam a maturação das células sexuais e a secreção dos hormônios sexuais; a prolactina, secretada pelas células produtoras de prolactina, estimula a produção de leite pela mama; o hormônio melanócito-estimulante (MSH), cuja função é duvidosa, também é secretado pelas células corticotrópicas; o hormônio do crescimento (GH), secretado pelas células somatotrópicas, estimula o crescimento do corpo e do esqueleto.
16. O hipotálamo controla a secreção dos hormônios pela adeno-hipófise. Primeiro, certos neurônios hipotalâmicos produzem hormônios de liberação e hormônios de inibição, que secretam em um plexo capilar primário na eminência mediana. Depois, esses hormônios seguem pelas veias porta-hipofisárias até um plexo capilar secundário na parte distal. Eles saem desse plexo para sinalizar as células da adeno-hipófise para secretarem seus hormônios, que

depois entram no plexo capilar secundário e seguem até suas células-alvo no corpo inteiro.

17. A neuro-hipófise, que consiste em tecido nervoso, contém o trato hipotálamo-hipofisário. Os corpos celulares dos neurônios que formam esse trato estão situados nos núcleos paraventriculares e supraópticos do hipotálamo. Esses neurônios sintetizam oxitocina e ADH (vasopressina), respectivamente, e os armazenam em seus terminais axônicos na parte nervosa. Aqui, os hormônios armazenados são liberados nos capilares quando os neurônios disparam.
18. Os hormônios da neuro-hipófise têm as seguintes funções: o ADH aumenta a reabsorção de água da urina e eleva a pressão arterial, e a oxitocina induz o trabalho de parto e a ejeção do leite das mamas. Esses dois hormônios estão envolvidos nos laços sociais.

Glândula tireoide (p. 551-553)

19. A glândula tireoide, situada sobre a parte superior da traqueia, consiste em folículos esféricos cobertos por células foliculares epiteliais e separados por um tecido conjuntivo rico em capilares. Os folículos são preenchidos por um coloide de tiroglobulina, uma proteína de armazenamento contendo hormônio da tireoide.
20. O hormônio da tireoide (TH), que contém iodo e aumenta a taxa metabólica basal, é produzido continuamente pelas células foliculares e armazenado nos folículos até o TSH da hipófise sinalizar as células foliculares para recuperar o TH e o secretarem nos capilares extrafoliculares.
21. As células parafoliculares projetam-se dos folículos tireoideos e secretam o hormônio calcitonina, que pode reduzir as concentrações sanguíneas de cálcio.

Glândulas paratireoides (p. 553-554)

22. Vários pares de glândulas paratireoides situam-se na face dorsal da glândula tireoide. Suas células paratireoides estão organizadas em cordões ramificados espessos e secretam hormônio da paratireoide, que eleva os níveis baixos de cálcio sanguíneo.

Glândulas suprarrenais (p. 554-555)

23. Os pares de glândulas suprarrenais situam-se no polo superior de cada rim. Cada glândula suprarrenal possui duas partes distintas: um córtex externo e uma medula interna.
24. A medula da glândula suprarrenal consiste em agrupamentos esféricos (e alguns cordões ramificados) de células cromafins medulares. Na estimulação simpática, essas células secretam epinefrina e norepinefrina no sangue — a descarga de adrenalina experimentada durante as situações de lutar ou fugir.
25. O córtex da glândula suprarrenal possui três camadas: zona glomerulosa externa, zona fasciculada média e zona reticular interna; o nome de cada zona descreve sua estrutura histológica.
26. Os hormônios esteroides secretados pelo córtex da glândula suprarrenal (corticosteroides) incluem os mineralocorticoides (principalmente da zona glomerulosa), glicocorticoides (principalmente da zona fasciculada e da zona reticular) e o androgênio DHEA (da zona reticular). Os mineralocorticoides (principalmente a aldosterona) conservam a água e o sódio aumentando a reabsorção dessas substâncias pelo rim. Os glicocorticoides (principalmente o cortisol) ajudam o corpo a lidar com o estresse estabilizando os níveis sanguíneos de glicose; em grandes

quantidades eles também inibem a inflamação e o sistema imune. As funções do DHEA são obscuras.

Glândula pineal (p. 555-556)

27. A glândula pineal, no teto do diencéfalo, contém pinealócitos, que se agrupam em massas esféricas e cordões separados por partículas densas de cálcio chamadas “areia cerebral”.
28. Os pinealócitos secretam o hormônio melatonina, que ajuda a regular os ritmos circadianos. Essa secreção é sinalizada pelo núcleo supraquiasmático do hipotálamo através de uma via simpática.

Pâncreas (p. 556-557)

29. As estruturas endócrinas no pâncreas são as ilhotas pancreáticas esféricas. Essas ilhotas consistem em células alfa, beta, delta e PP organizadas em cordões retorcidos.
30. As células alfa secretam glucagon, que eleva os níveis sanguíneos de açúcar, ao passo que as células beta secretam insulina, que reduz os níveis sanguíneos de açúcar.

Timo (p. 557)

31. O timo, um órgão importante do sistema imune, secreta hormônios tímicos essenciais para a produção de linfócitos T.

Gônadas (p. 557)

32. Várias células nos ovários e testículos secretam hormônios sexuais, estrogênios e androgênios.

OUTRAS ESTRUTURAS ENDÓCRINAS (p. 557 e 558)

33. Algumas células musculares nos átrios do coração secretam peptídeo natriurético atrial (ANP), que estimula a perda de fluidos corporais e de sais por meio da produção de uma urina rica em sódio.
34. As células endócrinas estão espalhadas no epitélio do tubo digestório e em outros órgãos derivados do intestino primitivo (tubos respiratórios etc.). Essas células epiteliais, que têm algumas propriedades similares às dos neurônios, compõem o sistema neuroendócrino difuso (Sned). Existem muitas classes de células Sned, algumas delas secretando hormônios que regulam a digestão.
35. A placenta secreta hormônios da gravidez, o rim secreta renina e eritropoietina e a pele produz vitamina D.

TRANSTORNOS DO SISTEMA ENDÓCRINO (p. 558-561)

36. A maioria dos transtornos das glândulas endócrinas envolve a hipersecreção ou a hipossecreção de um hormônio. A *hipersecreção* do GH leva ao gigantismo, a do TH leva à doença de Graves e a do ACTH ou de glicocorticoides leva à doença de Cushing. A *hipossecreção* do GH leva ao nanismo hipofisário, a do TH leva ao hipotireoidismo adulto ou ao cretinismo, a dos glicocorticoides e dos mineralocorticoides leva à doença de Addison e a da insulina leva ao diabetes melito tipo 1.

O SISTEMA ENDÓCRINO AO LONGO DA VIDA (p. 561-563)

37. As glândulas endócrinas têm diversas origens evolutivas a partir de todas as camadas germinativas. A adeno-hipófise surge do ectoderma no teto da boca e a neuro-hipófise surge do assoalho do encéfalo. Os órgãos endócrinos no pescoço (tireoide, paratireoides e timo) derivam do endoderma da faringe. A glândula pineal forma-se a partir do epêndima

do teto do encéfalo derivado do ectoderma, a medula da glândula suprarrenal desenvolve-se a partir dos gânglios do tronco simpático e o córtex da glândula suprarrenal surge do mesoderma da parede dorsal do abdome.

38. A eficiência de alguns órgãos endócrinos diminui gradualmente à medida que o corpo envelhece. Os hormônios cuja secreção declina mais são o GH, o DHEA, os estrogênios e a testosterona.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- O principal estímulo para a liberação dos estrogênios é (a) hormonal, (b) humoral, (c) nervoso.
- Escolha o hormônio correto da chave de cada descrição.

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| ___(1) estimula a divisão celular nas cartilagens epifisiais dos ossos em crescimento | Chave:
(a) melatonina |
| ___(2) envolvido no balanço hídrico; faz que os rins conservem água | (b) hormônio antidiurético (ADH) |
| ___(3) estimula a produção de leite | (c) hormônio do crescimento (GH) |
| ___(4) estimula a ejeção do leite | (d) hormônio luteinizante (LH) |
| ___(5) hormônio trópico que estimula as gônadas a secretar hormônios sexuais | (e) hormônio da tireoide (TH) |
| ___(6) aumenta a taxa metabólica basal | (f) hormônio tireoestimulante (TSH) |
| ___(7) hormônio trópico que estimula a glândula tireoide a secretar hormônio da tireoide | (g) prolactina (PRL) |
| ___(8) ajusta os níveis sanguíneos de açúcar e ajuda o corpo a lidar com o estresse | (h) oxitocina |
| ___(9) é secretado pela glândula pineal | (i) cortisol |
| ___(10) aumenta os níveis sanguíneos de cálcio | (j) hormônio da paratireoide (PTH) |
| ___(11) é secretado pelo lobo posterior da hipófise (duas opções possíveis) | |
| ___(12) o único hormônio esteroide da lista | |
- A parte distal da adeno-hipófise *não* secreta (a) hormônio antidiurético, (b) hormônio do crescimento, (c) gonadotropinas, (d) hormônio tireoestimulante.
 - As células endócrinas secretam hormônios proteicos ou hormônios esteroides. Para cada célula endócrina descrita, indique se ela produz (a) um hormônio proteico ou (b) um hormônio esteroide.
 - qualquer célula endócrina na parte distal
 - célula intersticial no testículo
 - células paratireoides na glândula paratireoide
 - célula da zona fasciculada
 - célula folicular no ovário que secreta hormônios sexuais
 - células parafoliculares na glândula tireoide
 - A partir da chave, escolha a melhor descrição da estrutura histológica de cada uma das seguintes glândulas. Mais de uma resposta pode estar correta.

Chave:

- agrupamentos esféricos de células
- cordões paralelos de células
- cordões ramificados de células
- folículos
- tecido nervoso

___(1) parte nervosa da neuro-hipófise

___(2) zona glomerulosa da glândula suprarrenal

___(3) parte distal da adeno-hipófise

___(4) glândula tireoide

___(5) zona fasciculada da glândula suprarrenal

- As divisões da neuro-hipófise são (a) lobo anterior e lobo posterior; (b) córtex e medula; (c) parte distal, tuberal e intermédia; (d) parte nervosa e infundíbulo; (e) parte glomerulosa, fasciculada e reticular.
- Quais das seguintes células secretam hormônios de liberação ou inibição? (a) neurônios, (b) células cromafins medulares, (c) células na adeno-hipófise, (d) células parafoliculares.
- As células cromafins medulares ocorrem na (a) glândula paratireoide, (b) timo, (c) hipófise, (d) glândula suprarrenal, (e) glândula pineal.
- O lobo anterior da hipófise é o mesmo que (a) neuro-hipófise, (b) parte nervosa, (c) adeno-hipófise, (d) hipotálamo.
- Muitas glândulas endócrinas produzem vários hormônios. Indique os dois hormônios da coluna B que são secretados por cada glândula endócrina apresentada na coluna A.

Coluna A

___, ___ (1) glândula tireoide

___, ___ (2) pâncreas

___, ___ (3) glândula suprarrenal

___, ___ (4) neuro-hipófise

___, ___ (5) ovários

Coluna B

(a) glucagon

(b) calcitonina

(c) cortisol

(d) oxitocina

(e) progesterona

(f) norepinefrina

(g) insulina

(h) hormônio antidiurético

(i) estrogênio

(j) hormônio da tireoide

- Marque quais órgãos apresentados abaixo possuem alguma função endócrina.

___(a) rim, ___(b) glândulas mamárias, ___(c) pâncreas, ___(d) estômago, ___(e) coração, ___(f) bexiga urinária, ___(g) vias respiratórias, ___(h) pele, ___(i) glândulas salivares, ___(j) timo.

Dissertativas

12. (a) Descreva em que parte do corpo cada uma das seguintes glândulas endócrinas está situada: adenohipófise e neuro-hipófise, pineal, tireoide, paratireoides e suprarenais. (b) Mencione os hormônios secretados por cada uma dessas glândulas.
13. A adeno-hipófise secreta tantos hormônios que costuma ser chamado de órgão endócrino mestre, mas ele também tem um “mestre”. Qual estrutura controla a liberação dos hormônios da adeno-hipófise?
14. Quando José explicou à sua colega de classe Joana que a glândula tireoide contém células paratireoides em seus folículos e que essas células secretam hormônio da paratireoide e calcitonina, Joana lhe disse que ele havia confundido tudo de novo. Corrija os erros de José.
15. (a) Defina *hormônio*. (b) Mencione um hormônio secretado por uma célula muscular e um hormônio secretado por um neurônio.
16. Em uma ilustração das glândulas endócrinas no corpo (como uma fotocópia da Figura 17.1), indique a glândula associada a (a) cretinismo, (b) diabetes melito, (c) acromegalia, (d) secreção de hormônio tireostimulante, (e) secreção de um hormônio que regula as atividades noturnas dos ritmos circadianos, (f) secreção de estrogênios, (g) secreção de DHEA.
17. Em uma ilustração das glândulas endócrinas no corpo, mostre o trajeto dos seguintes hormônios desde suas glândulas de origem até seus órgãos-alvo: (a) vitamina D, (b) glucagon, (c) eritropoietina, (d) oxitocina.
18. Em uma ilustração das glândulas endócrinas no corpo, indique e rotule os órgãos endócrinos que se desenvolvem a partir (a) do teto da boca embrionária, (b) do assoalho do diencéfalo, (c) do endoderma na parte posterior da futura língua, (d) do endoderma das bolsas faríngeas (duas respostas), (e) da crista neural dos primeiros gânglios do tronco simpático.
19. Compare e diferencie as funções de ambos os conjuntos de capilares no sistema porta-hipofisário.
20. Mencione os hormônios secretados por cada uma das três zonas do córtex da glândula suprarenal.

Análise crítica e aplicação clínica

1. O encéfalo percebe quando uma pessoa está em uma situação estressante e o hipotálamo responde secretan-

do o hormônio de liberação de corticotropina, que, por meio de uma sequência de eventos, ajuda o corpo a lidar com o fato estressante. Descreva essa sequência inteira, começando com o hormônio de liberação de corticotropina e terminando com a liberação do cortisol. (Enquanto fizer isso, certifique-se de traçar o percurso dos hormônios através do sistema porta-hipofisário e saindo da hipófise.)

2. Jeremias, de 5 anos, tem crescido consideravelmente, tal que sua altura é 70% acima do normal para sua faixa etária. Uma TC revela um tumor hipofisário. (a) Qual hormônio está sendo secretado em excesso? (b) Qual condição Jeremias vai exibir se não forem tomadas medidas corretivas?
3. Uma vítima de acidente que não estava usando cinto de segurança recebeu um trauma na frente quando foi lançada contra o para-brisa. Os médicos na sala de emergência acharam que o tronco encefálico da paciente foi arrastado inferiormente através do forame magno. Para ajudar nessa avaliação, eles examinaram rapidamente uma imagem-padrão de raios X da cabeça e procuraram a posição da glândula pineal. Como alguém poderia esperar encontrar essa glândula minúscula e sem ossos em uma radiografia?
4. Ana tinha uma concentração de cálcio anormalmente elevada no sangue e seus médicos estavam certos de que ela tinha um tumor na glândula paratireoide. No entanto, quando a cirurgia foi realizada no pescoço da paciente, o cirurgião não conseguiu encontrar as glândulas paratireoides. Onde o cirurgião deveria procurar em seguida para encontrar a glândula paratireoide tumerosa?
5. Explique como os transtornos endócrinos produziram as características físicas descritas: (a) obesidade em um homem com hipotireoidismo, (b) baixa estatura e gigantismo nas pessoas com transtornos da hipófise, (c) pelo facial em uma mulher com um tumor da glândula suprarenal e (d) prostrusão dos olhos em uma pessoa com doença de Graves.
6. Com que objetivos terapêuticos as empresas farmacêuticas procurariam conceber medicamentos que imitem o peptídeo natriurético atrial (ANP) ou desacelerem a taxa em que o ANP é decomposto no corpo?
7. De que hormônio não esteroide os atletas de competição abusaram no esforço para melhorar seu desempenho? Quais efeitos desse hormônio promovem esse abuso?

Sangue 18

Composição do sangue 568

Plasma sanguíneo 568

Elementos figurados (formadores) 569

Formação da célula sanguínea 575

Medula óssea como sítio de hematopoiese 575

Linhagens celulares na formação das células sanguíneas 576

Transtornos do sangue 578

Transtornos dos eritrócitos 579

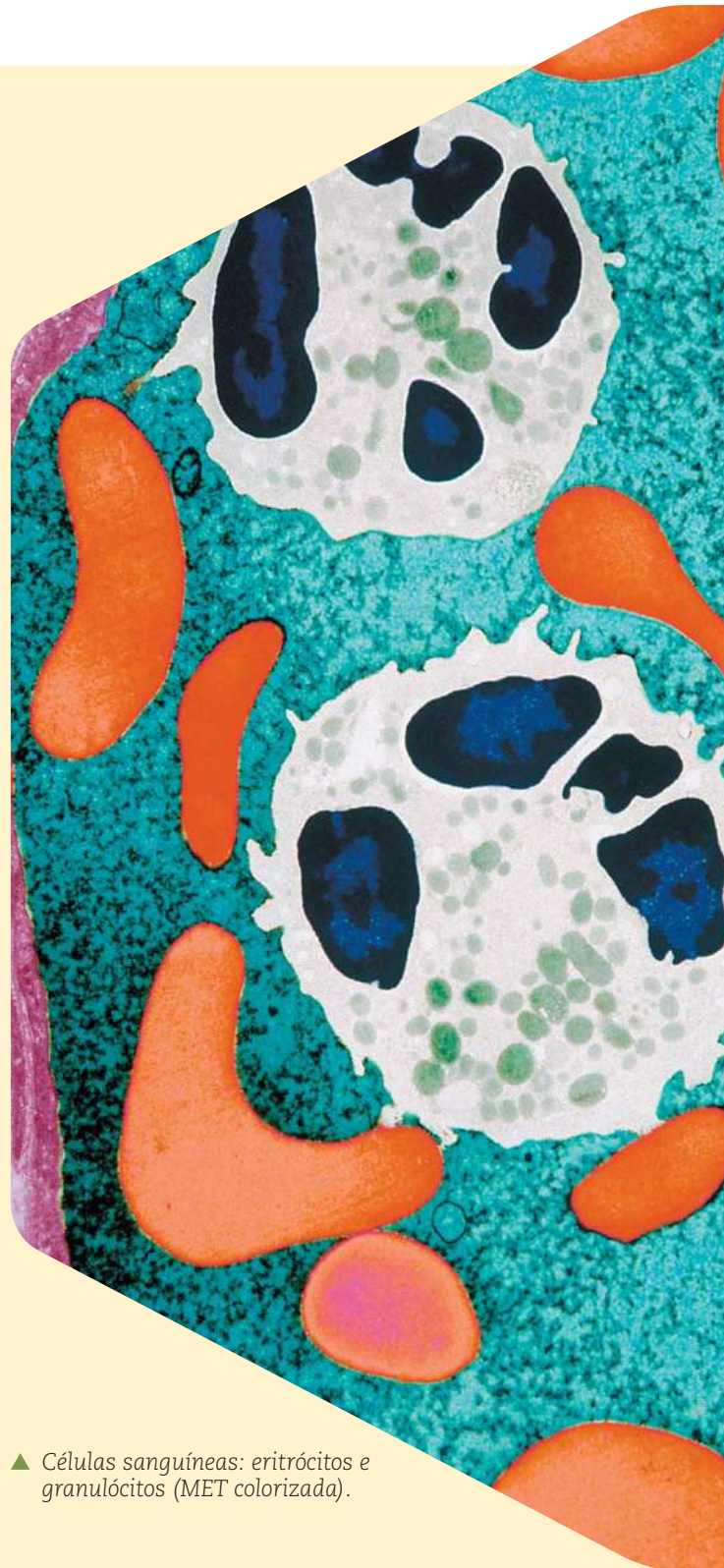
Transtornos dos leucócitos 579

Transtornos das plaquetas 581

O sangue ao longo da vida 581

O **sistema circulatório** é subdividido em **sistema cardiovascular** e **sistema linfático**. O sistema cardiovascular é composto por: sangue (Capítulo 18), coração (Capítulo 19) e vasos sanguíneos (Capítulo 20). O sistema linfático (Capítulo 21) consiste nos vasos que devolvem líquido intersticial para o sangue. Começamos o nosso estudo do sistema circulatório examinando o **sangue** — o meio de transporte para conduzir nutrientes, moléculas sinalizadoras, gases respiratórios e produtos residuais de/para os tecidos corporais.

O sangue é o rio da vida dentro de nós, transportando quase tudo o que precisa ser transportado de um lugar para o outro no corpo. Durante milhares de anos, o sangue foi considerado mágico, um elixir que detinha a força mística da vida, pois quando ele era drenado do corpo, a vida também ia embora. Hoje, o sangue retém um papel importante na medicina clínica, já que carrega evidências moleculares das atividades do corpo, e o exame de sangue é essencial na avaliação clínica. Os exames de sangue são utilizados para buscar evidências de doenças, uso de substâncias tóxicas e estado nutricional.



▲ Células sanguíneas: eritrócitos e granulócitos (MET colorizada).

A circulação sanguínea é iniciada pela ação de bombeamento do coração. O sangue sai do coração pelas *artérias*, que se ramificam repetidamente até se tornarem minúsculos *capilares*. Ao se difundir através das paredes dos capilares, o oxigênio e os nutrientes saem do sangue e entram nos tecidos corporais, e o dióxido de carbono e os resíduos celulares difundem-se dos tecidos para a corrente sanguínea. Dos capilares, o sangue desoxigenado escoia para as *veias*, que o devolvem para o coração. Então, o sangue é bombeado para os pulmões, onde ele recolhe o oxigênio, libera dióxido de carbono e depois volta para o coração para ser bombeado pelo corpo mais uma vez.

Além de transportar gases respiratórios e nutrientes, o sangue transporta hormônios das glândulas endócrinas para seus órgãos-alvo e transfere células do sistema de defesa do corpo para os sítios onde podem combater uma infecção. O sangue também ajuda a regular a temperatura corporal, sendo desviado de/para a pele para controlar a quantidade de calor corporal perdida pela superfície da pele.

Este capítulo vai discutir (1) os componentes celulares e não celulares do sangue, (2) a formação das células sanguíneas, (3) alguns transtornos comuns do sangue e (4) a formação embrionária do sangue.

COMPOSIÇÃO DO SANGUE

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ nomear os componentes básicos do sangue e definir hematócrito;
- ▶ listar algumas moléculas no plasma sanguíneo.

O sangue corresponde a aproximadamente 8% da massa corporal. Seu volume é de 5 a 6 litros nos homens adultos e 4 a 5 litros nas mulheres.

Embora a olho nu o sangue se pareça com um líquido espesso e homogêneo, o exame microscópico revela que ele tem componentes celulares e líquidos. O sangue é um tipo especializado de tecido conjuntivo no qual as célu-

las sanguíneas, chamadas elementos figurados (formadores), estão suspensas em um fluido, chamado plasma.

Quando uma amostra de sangue é agitada em uma centrífuga, os elementos figurados mais pesados são compactados pela força centrífuga e o *plasma* menos denso permanece na parte superior do tubo (**Figura 18.1**). A massa vermelha no fundo do tubo consiste em *eritrócitos* (ou hemácias), que são as células vermelhas do sangue que transportam gases importantes, como o oxigênio e o dióxido de carbono. A porcentagem do volume sanguíneo que consiste em eritrócitos, conhecida como **hematócrito** (“fração sanguínea”) é de, em média, 45%. Os valores normais do hematócrito variam. Nos homens saudáveis, o hematócrito é de $47\% \pm 5\%$, enquanto nas mulheres saudáveis é de $42\% \pm 5\%$. Os valores tendem a ser ligeiramente mais altos nos recém-nascidos — entre 42% e 68%.

Uma camada cinzenta delgada está presente na junção entre os eritrócitos e o plasma. Essa camada contém *leucócitos*, que são as “células brancas” que agem de várias maneiras para proteger o organismo, e as *plaquetas* (*trombócitos*), fragmentos celulares que ajudam a estancar um sangramento. Os leucócitos e as plaquetas constituem menos de 1% do volume sanguíneo, e o plasma corresponde a 55% do sangue total.

Plasma sanguíneo

O **plasma sanguíneo** é um fluido viscoso cor de palha. Embora consista em 90% de água, ele contém mais de 100 tipos de moléculas diferentes, incluindo íons como o sódio (Na^+) e o cloro (Cl^-); nutrientes como os açúcares simples, aminoácidos e lipídios; resíduos como a ureia, amônia e dióxido de carbono; e oxigênio, hormônios e vitaminas. O plasma também contém três tipos principais de proteínas:

- **Albumina.** A albumina ajuda a evitar que a água se difunda da corrente sanguínea para a matriz extracelular dos tecidos.

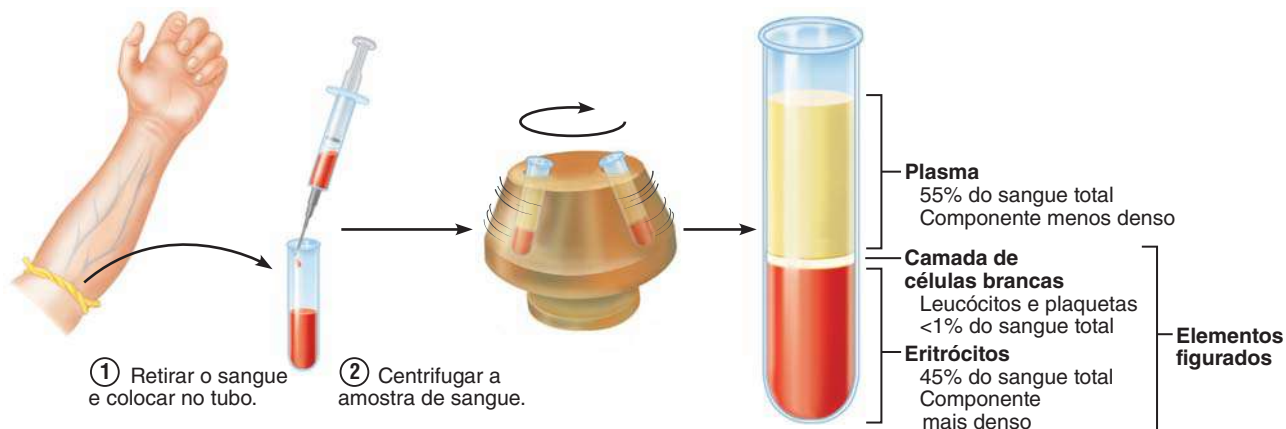


Figura 18.1 Principais componentes do sangue total.

- **Globulinas.** As globulinas incluem anticorpos e proteínas sanguíneas que transportam lipídios, ferro e cobre.
- **Fibrinogênio.** A proteína plasmática fibrinogênio é uma das várias moléculas envolvidas em uma série de reações químicas que efetuam a coagulação sanguínea.

Se o sangue for deixado em repouso, uma série de reações no plasma, chamada de *coagulação*, produz um coágulo que enreda os elementos figurados e um fluido claro chamado *soro*. Assim, o soro é o plasma do qual os fatores de coagulação foram removidos.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hemocromatose Condição na qual o tubo digestório absorve ferro demais na alimentação. Uma das formas mais comuns dessa doença é a hereditária e em pessoas caucasianas de descendência celta ou nórdica. A globulina portadora de ferro no plasma sanguíneo fica saturada e o ferro se acumula gradualmente nos tecidos, onde oxida e envenena muitos órgãos, especialmente as articulações, o fígado e o pâncreas. Se for detectada antes do estabelecimento de um dano grave, ela é facilmente tratada por sessões semanais de remoção sanguínea (meio litro de sangue) para remover o excesso de ferro. Descobriu-se recentemente que a hemocromatose é surpreendentemente comum, afetando 1 em cada 200 pessoas nos Estados Unidos.¹

✓ Verifique seu conhecimento

1. O que é hematócrito? Qual é o seu valor normal?
2. Quais são os três tipos principais de proteínas plasmáticas e quais são suas funções?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Elementos figurados (formadores)

Objetivos de aprendizagem:

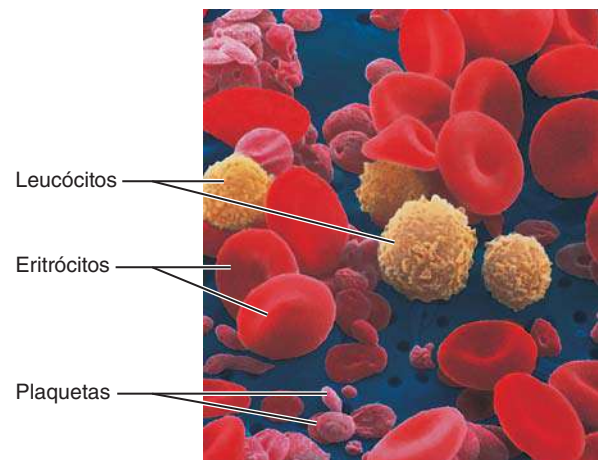
- ▶ descrever as características estruturais especiais e as funções dos eritrócitos;
- ▶ listar as cinco classes de leucócitos, junto das características estruturais e das funções de cada um deles;
- ▶ descrever a estrutura das plaquetas e seu papel na coagulação sanguínea.

Os **elementos figurados (formadores) do sangue**, ou **células sanguíneas**, possuem algumas características pouco usuais. Primeiro, nem os eritrócitos nem as plaquetas são células de verdade: os eritrócitos não

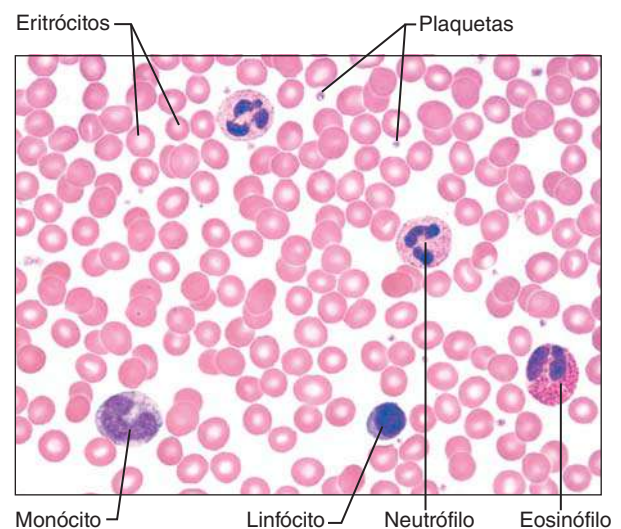
possuem núcleos e organelas, e as plaquetas são apenas fragmentos de células. Segundo, a maioria dos elementos figurados não consegue se dividir; eles sobrevivem na corrente sanguínea apenas por um curto período de tempo (de algumas horas a alguns meses) antes de serem substituídos por novas células na medula óssea. Esses elementos, de vida curta, são decompostos e seus componentes são reciclados.

O exame do sangue humano na microscopia revela muitos eritrócitos discoides, uma série de leucócitos esféricos e algumas plaquetas minúsculas que poderiam ser confundidas com partículas de detritos (**Figura 18.2**). Os eritrócitos são muito mais numerosos que os outros tipos de elementos do sangue.

Para visualizar as células sanguíneas, os clínicos preparam esfregaços de sangue para visualização mi-



(a) MEV do sangue (1.800x, colorizada artificialmente)



(b) Fotomicrografia de um esfregaço de sangue humano, coloração de Wright (610x)

Figura 18.2 Células sanguíneas.

1 Nota do editor: o gene da hemocromatose é o HFE, cujo tipo de mutação é C282Y e H63D. Há poucos estudos desses mutantes sobre a população brasileira, mas já se sabe que esses mutantes estão presentes em 2/3 dos pacientes com hemocromatose hereditária, segundo a *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*.

croscópica (Figura 18.2b). Primeiro, um técnico coloca uma gota de sangue fresco em uma lâmina de vidro e depois, utilizando a margem de outra lâmina, espalha a gota em uma película fina. Em seguida, a película é seca ao ar, preservada em metanol (álcool da madeira) e corada. Os esfregaços de sangue costumam ser corados com coloração de Wright, uma mistura de um corante ácido chamado *eosina*, que é rosa, e um corante básico chamado *azul de metileno*, que produz as cores azul e roxo. As estruturas celulares coram de maneira diferente, segundo sua composição química; desse modo, a coloração é utilizada para distinguir os diferentes tipos de células (Tabela 18.1, p. 573).

Eritrócitos

Os **eritrócitos (hemácias)**, ou células vermelhas do sangue (RBC), são pequenas células transportadoras de oxigênio com aproximadamente 7,5 μm de diâmetro (Figura 18.3). Os eritrócitos são, disparadamente, as células mais numerosas — 4,3 a 5,2 milhões de células em 1 mm^3 de sangue nas mulheres e 5,1 a 5,8 milhões nos homens. Desse modo, um total de 25 trilhões de eritrócitos está presente na corrente sanguínea de um adulto saudável. Como os eritrócitos normais têm um tamanho relativamente uniforme (7 μm a 8 μm de diâmetro), eles são “ferramentas de medição” ideais para estimar os tamanhos das estruturas vizinhas nos cortes histológicos.

Os eritrócitos têm a forma de discos bicôncavos — discos com centros rebaixados. Nos esfregaços de sangue, seus centros delgados aparecem com uma cor mais clara do que a de suas margens (Figura 18.2b). A forma bicôncava dos eritrócitos é mantida por uma rede de proteínas periféricas na superfície interna da membrana

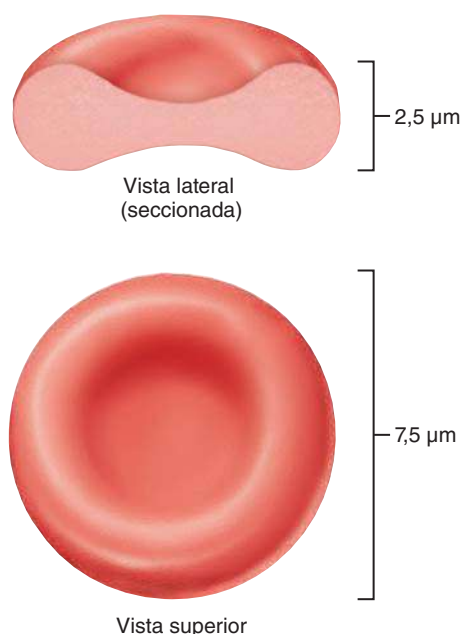


Figura 18.3 Estrutura dos eritrócitos. Repare no formato bicôncavo característico.

plasmática. Essa rede deformável resiste a forças de laceração e proporciona flexibilidade suficiente para que os eritrócitos sejam capazes de sofrer alterações moderadas em sua forma — torcer ou assumir a forma de cálice durante a sua jornada através dos capilares estreitos e depois retomar a sua forma bicôncava.

Os eritrócitos são circundados por uma membrana plasmática, mas não possuem núcleos ou organelas. Seu citoplasma contém moléculas de *hemoglobina*, uma proteína transportadora de oxigênio. Cada molécula de hemoglobina consiste em quatro cadeias de aminoácidos (quatro polipeptídios), cada uma delas levando um átomo de ferro que é o sítio de ligação para as moléculas de oxigênio. A oxidação dos átomos de ferro da hemoglobina confere ao sangue a sua cor vermelha. A hemoglobina também atrai o corante eosina na coloração do sangue, de modo que os eritrócitos coram em rosa ou rosa-alaranjado nos esfregaços de sangue.

Os eritrócitos captam o oxigênio nos capilares pulmonares e o liberam através dos capilares teciduais em todo o corpo. Cada uma de suas características estruturais especiais contribui para sua função respiratória:

- Seu formato bicôncavo proporciona 30% a mais de área de superfície do que as células esféricas de mesmo volume, permitindo a difusão rápida do oxigênio para o seu interior ou para fora.
- Descontando a água que está presente em todas as células, os eritrócitos consistem em mais de 97% de hemoglobina. Sem um núcleo ou organelas, eles são pouco mais do que bolsas de moléculas transportadoras de oxigênio.
- Os eritrócitos não têm mitocôndria e geram a energia da qual necessitam por meio de mecanismos anaeróbicos; portanto, eles não consomem nenhuma parcela do oxigênio que captam e são transportadores de oxigênio muito eficientes.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Talassemia Um grupo de anemias hereditárias chamado **talassemia** (“sangue marinho”) é caracterizado por uma produção insuficiente de uma cadeia polipeptídica de hemoglobina. Ocorre com mais frequência nas pessoas com ascendência mediterrânea, como os gregos e os italianos. No tipo mais comum, chamado *beta-talassemia*, os eritrócitos são pequenos, pálidos e facilmente rompidos, de maneira que as contagens de eritrócitos são baixas. Os sintomas incluem fadiga, aumento do baço e aumento anormal da medula óssea e dos ossos. Os tratamentos incluem transfusões de sangue mensais durante a vida e a infusão de substâncias que absorvem o excesso de ferro liberado pelos eritrócitos rompidos.

abundante (Figura 18.5). Um mnemônico simples pode ajudá-lo a se lembrar da abundância relativa dos leucócitos, do tipo mais abundante para o menos abundante: “*Never Let Monkeys Eat Bananas*” (neutrófilos, linfócitos, monócitos, eosinófilos, basófilos).

Neutrófilos Os **neutrófilos** destruidores de bactérias são a classe de leucócito mais abundante, constituindo cerca de 60% de todas as células brancas (leucócitos) do sangue nas pessoas saudáveis. Seu núcleo consiste em dois a seis lobos interconectados por filamentos muito finos de cromatina (Figura 18.4a).

Os neutrófilos contêm dois tipos de grânulos citoplasmáticos, ambos tão pequenos que mal podem ser vistos com um microscópio de luz. Os grânulos mais abundantes coram em rosa-claro; os outros coram em roxo-avermelhado. O nome *neutrófilo*, que significa “afinidade com o neutro”, indica que o citoplasma captura os corantes vermelho (ácido) e azul (básico) igualmente, conferindo ao citoplasma uma cor roxa-claro.

Os neutrófilos consomem e destroem bactérias. Ambos os tipos de grânulos nos neutrófilos são sacos com paredes membranáceas contendo enzimas digestórias semelhantes a lisossomos, mas que possuem quantidades maiores das enzimas que destroem especificamente as paredes celulares das bactérias. Atraídos pelos produtos bacterianos, os neutrófilos migram rapidamente para os locais de infecção, onde constituem a primeira linha de defesa em uma resposta inflamatória (descrita na p. 98). Os neutrófilos destroem as bactérias por fagocitose e também pela liberação de enzimas destruidoras de bactérias na matriz extracelular circundante do tecido infectado. Se a inflamação for grave ou prolongada, essas secreções podem provocar graves danos teciduais. O **pus** que se forma nas áreas de infecção

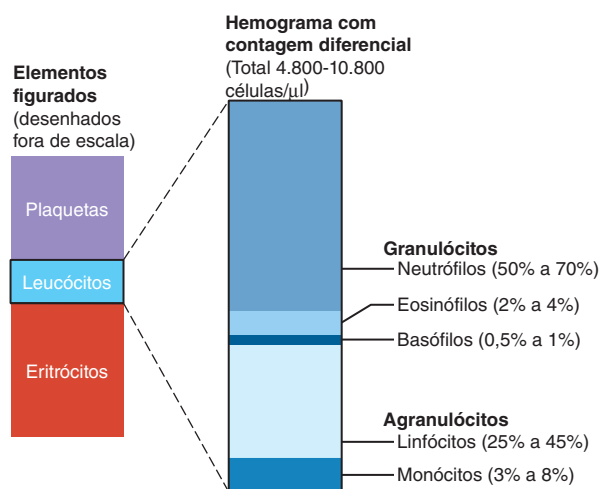


Figura 18.5 Porcentagens relativas dos diferentes tipos de leucócitos. Esses valores são intervalos relativos a indivíduos saudáveis.

bacteriana é composto por neutrófilos mortos e outros leucócitos, além de restos de tecido e bactérias mortas.

Eosinófilos Os relativamente raros **eosinófilos** contribuem com 1% a 4% de todos os leucócitos. Seu núcleo possui geralmente dois lobos interconectados por uma faixa ampla e, portanto, lembra um pouco um telefone antigo de gancho (Figura 18.4b). Os grânulos no citoplasma são grandes e coram em vermelho com o corante ácido eosina (*eosinófilo* = “afinidade com eosina”). Esses grânulos contêm uma série de enzimas digestórias que funcionam durante as reações alérgicas e as infecções parasitárias.

Os eosinófilos desempenham um papel no encerramento das reações alérgicas fagocitando os alérgenos (substâncias que induzem à alergia) depois que estes estiverem ligados aos anticorpos. Depois, os eosinófilos secretam enzimas que degradam a histamina e outros mediadores químicos da inflamação que são liberados na reação alérgica.







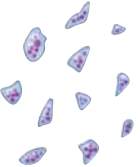
Em resposta a uma infecção parasitária, os eosinófilos atacam os parasitas, e seus grânulos liberam enzimas que digerem e destroem os invasores. O combate aos parasitas é a função mais importante dos eosinófilos, e essas células se reúnem na parede do tubo digestório, onde os parasitas têm mais probabilidade de serem encontrados.

Basófilos Os leucócitos mais raros são os **basófilos** (Figura 18.4c), que, em média, contribuem com apenas 0,5% de todos os leucócitos, ou 1 em 200. O núcleo geralmente possui dois lobos e pode ser dobrado em forma de U ou S. O citoplasma contém grânulos grandes que coram em roxo-escuro com corantes básicos (*basófilo* = “afinidade com o básico”). Esses grânulos contêm histamina e outras moléculas que são secretadas para mediar a inflamação durante as respostas alérgicas e as infecções parasitárias (Tabela 18.1). Os basófilos são pouco fagocíticos, mas ainda não se sabe o que eles fagocitam.

A função de mediação da inflamação dos basófilos é quase idêntica à dos *mastócitos*, que são células granuladas no tecido conjuntivo que também secretam histamina. No entanto, os mastócitos conduzem os primeiros estágios da inflamação nas alergias e infecções parasitárias, enquanto os basófilos conduzem os estágios finais. Apesar de suas similaridades funcionais, essas células desenvolvem-se a partir de linhagens distintas de células imaturas na medula óssea e, portanto, são tipos celulares diferentes.

Linfócitos As células mais importantes do sistema imune são os **linfócitos** (Figura 18.4d). Relativamente comuns, eles representam 20% a 45% de todos os leucócitos no sangue. O núcleo de um linfócito típico ocupa a maior parte do volume da célula, é preenchido com cromatina condensada (que cora em roxo-escuro), geralmente é esférico (mas pode ser levemente indentado).

Tabela 18.1 Resumo dos elementos figurados do sangue

Tipo de célula	Ilustração	Descrição ²	Número de células por mm ³ (μl) de sangue	Duração do desenvolvimento (D) e vida útil (VU)	Função
ERITRÓCITOS (células vermelhas do sangue; RBCs)		Disco bicôncavo sem núcleo; cor de salmão; diâmetro de 7 μm a 8 μm	4 a 6 milhões	D: 5 a 9 dias VU: 100 a 120 dias	Transportar o oxigênio e o dióxido de carbono
LEUCÓCITOS (células brancas do sangue; WBC)		Células esféricas nucleadas	4.800 a 11.000		
Granulócitos					
• Neutrófilos		Núcleo multilobado; grânulos citoplasmáticos imperceptíveis; diâmetro de 12 μm a 14 μm	3.000 a 7.000	D: 7 a 11 dias VU: de 6 horas até alguns dias	Destruir as bactérias por fagocitose
• Eosinófilos		Núcleo bilobado; grânulos citoplasmáticos vermelhos; diâmetro de 12 μm a 15 μm	100 a 400	D: 7 a 11 dias VU: cerca de 5 dias	Desligar as respostas alérgicas e destruir os parasitas
• Basófilos		Núcleo bilobado; grânulos citoplasmáticos grandes na cor azul-rosa; diâmetro de 10 μm a 14 μm	20 a 50	D: 3 a 7 dias VU: de algumas horas até alguns dias	Liberar histamina e outros mediadores da inflamação
Agranulócitos					
• Linfócitos		Núcleo esférico ou endentado; citoplasma azul-claro; diâmetro de 5 μm a 17 μm	1.500 a 3.000	D: de dias a semanas VU: de horas a anos	Montar a resposta imune pelo ataque celular direto (células T) ou via anticorpos (células B)
• Monócitos		Núcleo em forma de U ou de rim; citoplasma cinza-azul; diâmetro de 14 μm a 24 μm	100 a 700	D: 2 a 3 dias VU: meses	Fagocitose; desenvolvem-se em macrófagos nos tecidos
PLAQUETAS		Fragmentos citoplasmáticos discóides contendo grânulos; coram em roxo-escuro; diâmetro de 2 μm a 4 μm	150.000 a 500.000	D: 4 a 5 dias VU: 5 a 10 dias	Vedar pequenas lacerações nos vasos sanguíneos; fundamental na coagulação sanguínea

² Aparência quando corado com coloração de Wright.

do) e é circundado por uma margem fina de citoplasma azul-claro. Muitas vezes os linfócitos são classificados de acordo com o tamanho: pequenos (5 μm a 8 μm), médios (10 μm a 12 μm) ou grandes (14 μm a 17 μm). A maioria dos linfócitos no sangue é pequena. Assim como outros leucócitos, eles não atuam na corrente sanguínea, mas sim nos tecidos conjuntivos. Na verdade, a maioria dos linfócitos está firmemente enredada no *tecido conjuntivo reticular linfático*, onde desempenham um papel crucial na imunidade.

Os linfócitos são eficazes no combate aos organismos infecciosos porque cada linfócito reconhece e age contra uma molécula estranha *específica*. Qualquer molécula desse tipo que induza uma resposta de um linfócito se chama **antígeno** (“induzir contra”). As duas classes principais de linfócitos — as **células T** e as **células B** — atacam os antígenos de maneiras diferentes. As células T atacam as células estranhas diretamente e as células B diferenciam e produzem **anticorpos**, proteínas que se ligam ao antígeno e, assim, marcam a célula estranha para que seja destruída pelos macrófagos (para obter mais detalhes, ver o Capítulo 21).

Monócitos Os maiores leucócitos são os **monócitos** (ver Figura 18.4e), que correspondem a 4% a 8% das células brancas do sangue. Nos esfregaços de sangue, eles lembram grandes linfócitos pelo fato de ambos os tipos celulares terem um citoplasma azul e um núcleo roxo. No entanto, o núcleo de um monócito frequentemente é dobrado em um formato característico de rim ou ferradura, e a cromatina nuclear não é tão condensada (escura) quanto nos linfócitos. Além disso, os monócitos contêm uma proporção maior de citoplasma do que os linfócitos. O citoplasma dos monócitos pode conter alguns grânulos minúsculos (lisossomos típicos), mas eles também são tão pequenos e esparsos que os monócitos não são considerados granulócitos.

Os monócitos, como todos os leucócitos, usam a corrente sanguínea para chegar aos tecidos conjuntivos. Ali, eles transformam-se em **macrófagos**, células fagocíticas que se movimentam por meio de um movimento ameboide através do tecido conjuntivo e ingerem uma ampla gama de células estranhas, moléculas e partículas minúsculas de resíduos (ilustrados na Figura 4.9, p. 80).

Plaquetas

As **plaquetas**, também chamadas de *trombócitos* (“células de coagulação”), não são células no sentido estrito. São fragmentos discoides confinados na membrana plasmática do citoplasma que se formam pelo rompimento de células maiores chamadas megacariócitos. Nos esfregaços de sangue, cada plaqueta exibe uma região externa que cora em azul e uma região interna

que contém grânulos secretores que coram em roxo (Figura 18.2, Tabela 18.1). As plaquetas existem em uma quantidade de um décimo a um vigésimo em relação aos eritrócitos.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hemograma completo Procedimento clínico muito comum, o **hemograma completo** quantifica as várias células sanguíneas e mede alguns aspectos básicos da química sanguínea, proporcionando uma avaliação preliminar da saúde de um paciente. O sangue é extraído e as seguintes quantidades são medidas na amostra de sangue: o hematócrito, o conteúdo de hemoglobina e as concentrações globais de eritrócitos, leucócitos e plaquetas (quantidade por milímetro cúbico). Um **hemograma com contagem diferencial** inclui o exame das células brancas e vermelhas vivas em um microscópio em busca de anomalias estruturais. Para esse exame, prepara-se um esfregaço de sangue, e o técnico identifica e determina a concentração percentual e absoluta de cada classe de leucócitos. O processo inteiro está se tornando cada vez mais automatizado; máquinas sofisticadas de análise de imagens agora conseguem reconhecer e contar a maioria dos tipos de leucócitos.

Um hemograma completo com contagem diferencial fornece informações clínicas importantes. Os níveis baixos de hematócrito e eritrócitos podem indicar que um paciente está anêmico (o sangue tem uma menor capacidade de transportar oxigênio; ver p. 579). Os números elevados de neutrófilos podem sugerir a presença de uma importante infecção bacteriana no corpo; números elevados de eosinófilos podem indicar infecção por vermes parasitas ou uma resposta alérgica a algum alérgeno ambiental.

As plaquetas tampam pequenas lacerações nas paredes dos vasos sanguíneos para limitar o sangramento. Imediatamente após um vaso ser danificado, as plaquetas aderem em grandes quantidades ao colágeno exposto nas margens da laceração e depois secretam vários tipos de produtos. Alguns produtos de seus grânulos secretores sinalizam mais plaquetas a chegarem, outros fazem que o vaso constrinja para diminuir o sangramento, e ainda outros iniciam a inflamação no local da lesão. Além disso, as plaquetas liberam uma molécula (tromboplastina ou PF_3) que ajuda a iniciar a **coagulação**, uma sequência de reações químicas no plasma sanguíneo que acaba gerando uma rede de fios rígidos de fibrina entre as plaquetas acumuladas. Essa fibrina deriva da proteína plasmática chamada fibrinogênio. A massa que consiste em fios de fibrina, plaquetas e quaisquer células sanguíneas que sejam aprisionadas pelos fios se chama **coágulo** (Figura 18.6), que confere uma forte vedação ao longo da laceração. Após a formação do coágulo, as plaquetas dentro deste se contraem como se fossem um músculo, unindo as margens da laceração.

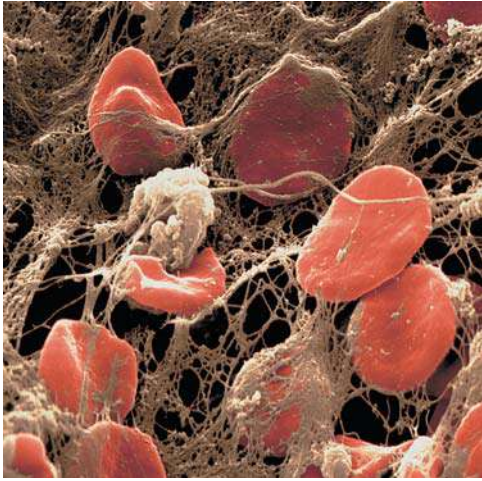


Figura 18.6 Coágulo sanguíneo. Eletromicrografia de varredura de um coágulo sanguíneo: uma plaqueta (estrutura esférica clara no centro) e vários eritrócitos aprisionados em uma malha de fibrina (colorizada artificialmente; 1.650×).

As plaquetas não aderem ao interior dos vasos saudáveis. No entanto, se o revestimento de um vaso intacto estiver áspero em razão da cicatrização, inflamação ou aterosclerose (p. 644), as plaquetas vão aderir e iniciar uma coagulação indesejável dentro desse vaso.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Trombo É um coágulo que se desenvolve e persiste em um vaso sanguíneo intacto. Se um trombo ficar suficientemente grande, ele pode bloquear o escoamento do sangue e provocar a morte dos tecidos abastecidos pelos vasos afetados. Se ocorrer esse tipo de bloqueio nas artérias coronárias que suprem o coração, a consequência pode ser a morte do músculo cardíaco e um ataque cardíaco fatal. Se um trombo ou um pedaço do trombo se romper da parede de um vaso e flutuar livremente na corrente sanguínea, ele é considerado um **êmbolo**, que se torna perigoso quando obstrui um vaso estreito demais para permitir a sua passagem. Por exemplo, um êmbolo no encéfalo pode causar um AVC ao bloquear o suprimento sanguíneo para os neurônios, sensíveis ao oxigênio. (Para obter mais informações sobre os êmbolos, ver “Termos clínicos”, na p. 581).

✓ Verifique seu conhecimento

3. Qual dos elementos figurados (células sanguíneas) não contém núcleos?
4. Diferencie os seguintes termos: leucócito e linfócito.
5. Quais são os dois componentes da coloração de Wright, e como ela cora de maneira diferente os granulócitos?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

FORMAÇÃO DA CÉLULA SANGUÍNEA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ fazer a distinção entre a medula óssea vermelha e a medula óssea amarela;
- ▶ descrever a estrutura histológica básica da medula óssea vermelha;
- ▶ definir hematopoiese e célula-tronco sanguínea;
- ▶ explicar a diferenciação dos vários tipos de células sanguíneas.

O processo pelo qual as células sanguíneas são formadas, a **hematopoiese** ou **hemopoiese**, começa nos primórdios do embrião e continua ao longo da vida. Após o nascimento, todas as células sanguíneas originam-se na medula óssea a uma taxa de 100 bilhões de células novas por dia. Os vários tipos de células sanguíneas diferenciam-se de um único tipo celular.

Medula óssea como sítio de hematopoiese

A **medula óssea** ocupa o interior de todos os ossos. Se toda a medula óssea no esqueleto fosse reunida, ela formaria o maior órgão no corpo humano, com exceção da pele.

Existem dois tipos de medula óssea: vermelha e amarela. Somente a **medula vermelha** gera células sanguíneas ativamente. Na verdade, seu matiz vermelho deriva dos eritrócitos imaturos que contém. A **medula amarela** é inativa; ela produz células sanguíneas apenas nas emergências que demandam uma maior hematopoiese. A cor da medula amarela reflete os muitos adipócitos nela contidos. No nascimento, toda a medula no esqueleto é vermelha. Nos adultos, a medula vermelha continua entre as trabéculas do osso esponjoso por todo o esqueleto axial e nos cingulos, além da epífise proximal de cada úmero e fêmur; a medula amarela ocupa todas as demais regiões dos ossos longos dos membros. A substituição da medula vermelha por medula amarela nos membros ocorre entre os 8 e 18 anos de idade.

A estrutura tecidual básica da medula óssea (**Figura 18.7**) é um tecido conjuntivo reticular (ou hematopoéticos) (p. 86) no qual as fibras reticulares formam uma rede complexa, bem parecida com uma série de cavernas ramificadas. Os fibroblastos que cobrem e secretam essa rede fibrosa se chamam *células reticulares*. Dentro da rede fibrosa (nas “cavernas”) existem adipócitos e células formadoras do sangue em todos os estágios de maturação. Finalmente, passando por todo o tecido reticular existem muitos capilares largos chamados *sinusoides*. À medida que as células sanguíneas atingem a maturidade, elas entram continuamente na corrente sanguínea migrando para os sinusoides vizinhos através das células endoteliais que formam as paredes desses vasos.

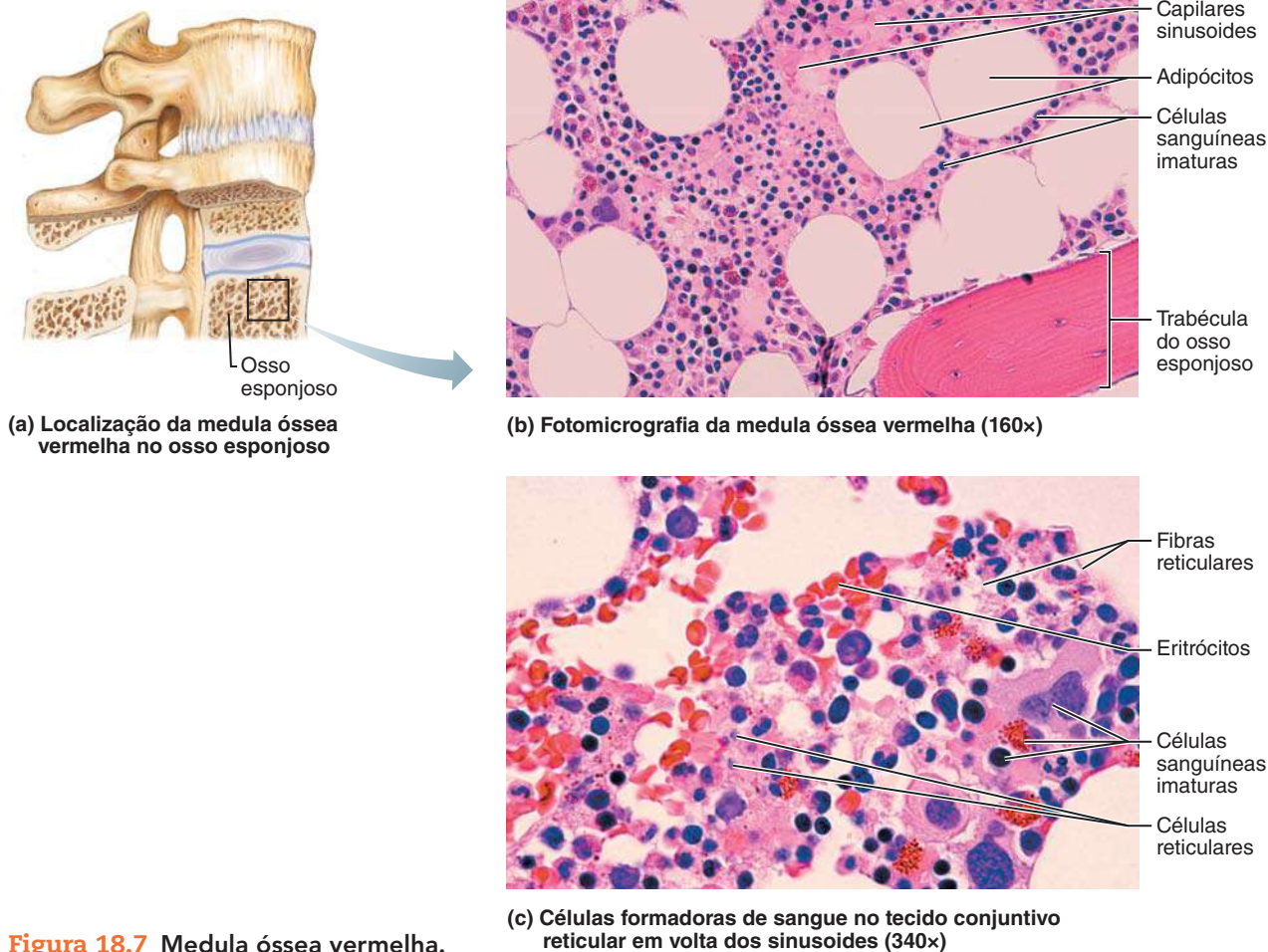


Figura 18.7 Medula óssea vermelha.

O tecido reticular da medula óssea também contém macrófagos que estendem pseudópodes para dentro dos sinusoides visando à captura de antígenos no sangue. Essa função de “limpeza sanguínea” também é realizada pelos macrófagos no baço e no fígado.

Algumas das células da rede fibrosa reticular da medula óssea vermelha dos adultos são células-tronco mesenquimatosas, que podem originar adipócitos, osteoblastos, condrócitos, fibroblastos e células musculares. Isso levanta a possibilidade animadora de que essas células podem ser extraídas e utilizadas para regenerar todos os tipos de tecido conjuntivo e músculo para a reposição de tecidos e órgãos, uma área de pesquisa científica ativa.

Linhagens celulares na formação das células sanguíneas

Conforme mencionamos anteriormente, as células sanguíneas imaturas dividem-se e diferenciam dentro dos espaços cavernosos do tecido conjuntivo reticular na medula óssea, produzindo várias linhagens de células sanguíneas. A formação das células sanguíneas ocorre em estágios (**Figura 18.8**).

Todas as células sanguíneas surgem de um tipo celular, a **célula-tronco hematopoiética**. Em resposta aos sinais de crescimento emitidos pelas células reticulares vizinhas, elas se dividem continuamente, tanto para se autorrenovar quanto para produzir linhagens de **células progenitoras** que levam a várias células sanguíneas. Os dois tipos de células progenitoras que surgem diretamente das células-tronco sanguíneas são as **células-tronco linfóides**, que originam os linfócitos, e as **células-tronco mieloídes**, que originam todas as outras células sanguíneas. À medida que as células-tronco mieloídes se dividem, elas perdem progressivamente a capacidade para se transformar em certos tipos de células até se tornarem **células progenitoras comprometidas** (ou simplesmente células comprometidas), significando que cada uma delas se transforma em apenas um tipo de célula sanguínea. Após todas as linhagens celulares alcançarem o estágio comprometido, ocorre a diferenciação estrutural (**Figura 18.8**), já que as células passam por ciclos finais de divisão. As mudanças estruturais que ocorrem em cada célula sanguínea são discutidas a seguir, começando com a linhagem que gera os eritrócitos.

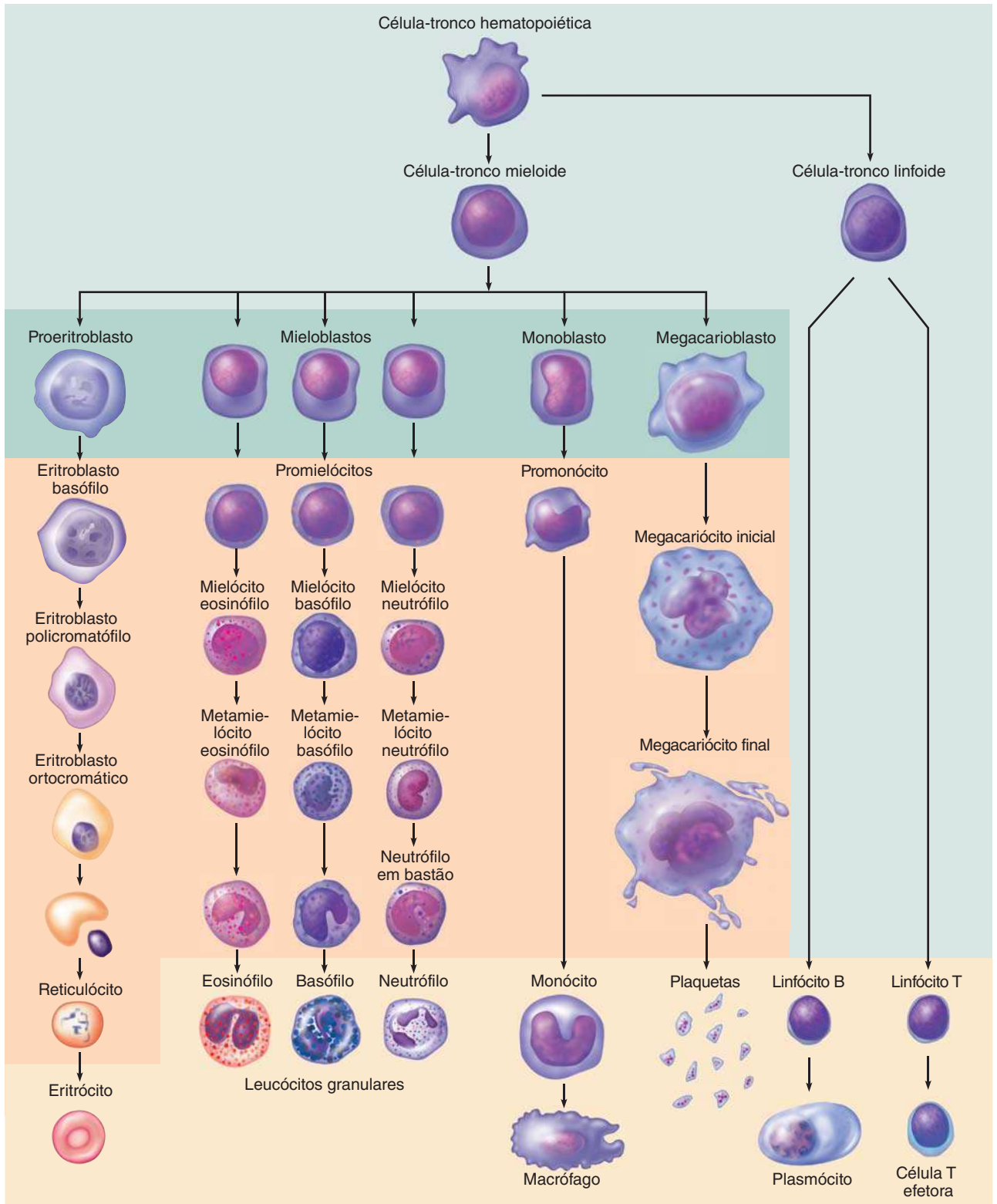


Figura 18.8 Estágios de diferenciação das células sanguíneas na medula óssea. Os blastocitos dentro da região verde-escura são células progenitoras comprometidas — cada uma delas consegue gerar apenas um tipo de célula sanguínea. As durações dessas sequências evolutivas variam com cada tipo de célula (Tabela 18.1). As células-tronco mieloide também originam mastócitos, osteoclastos e célula apresentadora de antígeno (não ilustradas).

Gênese dos eritrócitos

Na linhagem celular que forma os eritrócitos, as células comprometidas são os **proeritroblastos** (“primeiros formadores de eritrócitos”), que acumulam ferro avidamente para a produção futura de hemoglobina. Os proeritroblastos originam **eritroblastos basófilos**, que agem como fábricas produtoras de ribossomos e que se acumulam durante os dois estágios seguintes: o **eritroblasto policromatófilo** e o **eritroblasto ortocromático**. As propriedades corantes do citoplasma mudam durante esses estágios, pois os ribossomos que coram em azul se tornam mascarados pela hemoglobina, que cora em rosa. Quando é alcançado o estágio de eritroblasto ortocromático, a divisão celular para. Quando o citoplasma está quase preenchido com hemoglobina, o núcleo para de conduzir as atividades das células e encolhe. Então, o núcleo e quase todas as organelas são ejetados e a célula entra em colapso e assume sua forma bicôncava. Agora a célula é um **reticulócito**, um eritrócito jovem que contém uma rede de material que cora em azul (*retículo* = rede) representando massas de ribossomos que permanecem após as outras organelas serem expulsas. Os reticulócitos entram na corrente sanguínea e começam sua tarefa de transportar oxigênio. Os eritrócitos permanecem no estágio de reticulócito em seu primeiro dia ou dois na circulação; depois disso, seus ribossomos são degradados por enzimas intracelulares e perdidos.

Formação dos leucócitos e plaquetas

As células comprometidas em cada linhagem de **granulócito** chamam-se **mieloblastos**, que acumulam lisossomos e se transformam em **promielócitos**. Os grânulos distintivos de cada granulócito aparecem em seguida, no estágio de **mielócito**. Quando esse estágio é alcançado, a divisão celular cessa. No estágio posterior de **metamielócito**, o núcleo para de funcionar e se dobra em uma “ferradura” espessa. Os neutrófilos com esses conteúdos são os **neutrófilos em bastão**. Depois os granulócitos completam sua diferenciação e entram na corrente sanguínea.

Não ocorre muita diferenciação estrutural nas linhagens celulares que levam aos monócitos e linfócitos, já que essas células se parecem muito com as células-tronco das quais se originam (Figura 18.8). Na linhagem que leva aos monócitos, os **monoblastos** comprometidos aumentam e obtêm mais lisossomos à medida que se transformam em **promonócitos** e depois em monócitos. Na linhagem que leva aos linfócitos, a cromatina no núcleo condensa e a quantidade de citoplasma diminui.

Outras células na medula óssea transformam-se em células formadoras de plaquetas (Figura 18.8). Nessa li-

nhagem, os **megacarioblastos** imaturos sofrem mitoses repetidas; no entanto, não ocorre divisão citoplasmática e seus núcleos nunca se separam completamente após a mitose. O resultado é uma célula gigante chamada **megacariócito** (“célula de núcleo grande”), que possui um núcleo grande e multilobado contendo muitas vezes a quantidade normal de cromossomos. Dos seus locais dentro do tecido conjuntivo reticular da medula óssea vermelha, imediatamente fora dos capilares sinusoides (Figura 18.7c), os megacariócitos enviam extensões citoplasmáticas através das paredes dos sinusoides e para dentro da corrente sanguínea. Essas extensões fragmentam-se em plaquetas, como as margens de selos postais arrancados de uma folha microscerrilhada.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Quantidades anormais de células sanguíneas

imaturas Os reticulócitos (eritrócitos imaturos) correspondem a 1% a 2% de todos os eritrócitos circulantes na maioria das pessoas saudáveis. As porcentagens de reticulócitos fora dessa faixa indicam que uma pessoa está produzindo eritrócitos em um ritmo acelerado ou desacelerado. As quantidades de reticulócitos acima de 2% poderiam indicar que a pessoa está se adaptando à vida em altitudes elevadas (onde os baixos níveis de oxigênio estimulam a produção de eritrócitos), enquanto as quantidades abaixo de 1% poderiam indicar uma doença degenerativa da medula óssea. Para detectar transtornos da produção eritrocitária, os clínicos obtêm rotineiramente uma **contagem de reticulócitos** nos exames de sangue.

Os neutrófilos em bastão (neutrófilos imaturos) normalmente correspondem a 1% a 2% dos neutrófilos no sangue. Essa porcentagem aumenta radicalmente durante as infecções bacterianas agudas, quando a medula óssea libera mais neutrófilos imaturos. Assim, a detecção de **quantidades elevadas de neutrófilos em bastão** nos hemogramas com contagem diferencial é considerada um indicador de infecção.

✓ Verifique seu conhecimento

- 6. Quais ossos contêm células-tronco sanguíneas nos adultos?
- 7. Que tipo de tecido forma a rede fibrosa dentro da medula óssea vermelha?
- 8. Quais leucócitos não se formam a partir das células-tronco mieloides?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TRANSTORNOS DO SANGUE

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ compreender alguns transtornos comuns dos eritrócitos, leucócitos e plaquetas.

Transtornos dos eritrócitos

Policitemia (“muitas células sanguíneas”) é um excesso anormal de eritrócitos no sangue. Uma variedade, a *policitemia vera*, resulta de um câncer da medula óssea que gera uma quantidade exagerada de eritrócitos. A policitemia grave provoca um aumento na viscosidade do sangue, o que retarda ou bloqueia o fluxo sanguíneo nos vasos menores. É tratada por diluição — removendo parte do sangue e substituindo-o por soro fisiológico estéril.

Anemia (“falta de sangue”) é qualquer condição em que os níveis de eritrócitos ou as concentrações de hemoglobina são baixos, de modo que a capacidade do sangue para transportar oxigênio é reduzida. A anemia pode ser provocada por perda de sangue, deficiência de ferro, destruição dos eritrócitos em um ritmo que ultrapasse a sua reposição, deficiência de vitamina B₁₂ ou de ácido fólico ou um defeito genético de hemoglobina. Os indivíduos anêmicos estão sempre cansados e costumam ser pálidos, têm falta de ar e calafrios, já que seus tecidos estão recebendo quantidades baixas de oxigênio.

Doença da célula falciforme, antes chamada de anemia de células falciformes, é uma doença hereditária comum que se apresenta principalmente em pessoas afrodescendentes; essa doença ocorre em 1 a cada 400 afro-americanos.³ A doença da célula falciforme resulta de um defeito na molécula de hemoglobina que faz com que a hemoglobina anormal cristalize quando a concentração de oxigênio no sangue for baixa ou os eritrócitos ficarem desidratados, como ocorre durante o exercício ou numa reação de ansiedade. Isso faz com que os eritrócitos circulantes fiquem distorcidos em uma forma de lua crescente, daí o nome “célula falciforme” (Figura 18.9). Esses eritrócitos deformados são rígidos, frágeis e facilmente destruídos. Como eles não passam pelos capilares com facilidade, os eritrócitos falciformes bloqueiam esses vasos, provocando crises de isquemia dolorosas, infecções e AVCs. A doença costumava ser inevitavelmente fatal durante a infância, mas os tratamentos atuais permitem que muitos pacientes sobrevivam e cheguem à idade adulta. Um novo fármaco, a hidroxiureia, reduz em muito a frequência das crises e ameniza os sintomas, aumentando a proporção de eritrócitos que contêm uma forma de hemoglobina fetal normal, o que evita que essas células mudem de forma. Outros tratamentos incluem fármacos que mantêm os eritrócitos hidratados e transfusões de sangue repetidas. Os transplantes de medula óssea oferecem uma cura completa, mas seus riscos — uma taxa de mortalidade de 10% e uma taxa de rejeição de 20% — são altos demais para serem realizados de modo rotineiro.



(a) Eritrócito normal



(b) Eritrócito falciforme

Figura 18.9 Comparação de um eritrócito normal com um eritrócito falciforme. (Eletronmicrografia de varredura, colorizada artificialmente, 4.100×).

Transtornos dos leucócitos

Leucemia é uma forma de câncer resultante da proliferação descontrolada de uma linhagem de células formadoras de leucócitos na medula óssea. As leucemias são classificadas de acordo com (1) a linhagem celular envolvida, como *linfoblásticas* (derivadas de linfócitos imaturos) ou *mieloblásticas* (derivadas de células imaturas da linhagem mieloide) (ver Figura 18.8); e (2) a taxa de progressão, como *agudas* (de avanço rápido) ou *crônicas* (de avanço lento). Em todas as formas de leucemia, os leucócitos imaturos e cancerosos fluem para a corrente sanguínea. No entanto, de forma ainda mais importante, as células cancerosas tomam a medula óssea, assumem o controle das linhagens de células sanguíneas e atrasam a produção das células sanguíneas normais. Portanto, os pacientes nos estágios finais da leucemia sofrem de anemia e infecções devastadoras, além de hemorragia interna decorrente de processos deficientes de coagulação. As infecções e a hemorragia são as causas usuais de morte nas pessoas que sucumbem à leucemia. Para obter informações pertinentes aos novos tratamentos da leucemia, ver a **ANÁLISE APROFUNDADA** (p. 580).

³ Nota do editor: no Brasil, a anemia falciforme é muito comum, conforme estudo contido no *Manual da Anemia Falciforme para a População*, do Ministério da Saúde. O teste do pezinho indica que nascem 3.500 crianças por ano com essa doença; e 200 mil com traço falciforme em recém-nascidos vivos.

Transplantes de medula óssea e de sangue do cordão umbilical

Geralmente, o tratamento dos pacientes de leucemia envolve o transplante de células-tronco sanguíneas saudáveis para que esses pacientes possam produzir células sanguíneas normais. No entanto, primeiro o paciente precisa passar por quimioterapia ou radioterapia para matar as células cancerosas e as células formadoras de sangue e destruir seu sistema imune (reduzir as chances de rejeição do transplante).

No procedimento mais comum — um **transplante de medula óssea** — as células medulares são aspiradas da crista ilíaca ou do esterno de um doador e transferidas para a corrente sanguínea do receptor, onde circulam e repovoam a sua medula. Um transplante autólogo, no qual a própria medula do paciente é colhida enquanto a leucemia está em remissão, é a abordagem menos arriscada, especialmente para os pacientes idosos. Entretanto, na maioria dos procedimentos de transplante, deve ser utilizada uma medula óssea obtida de outra pessoa (um transplante alogênico).

Os transplantes alogênicos de medula óssea oferecem uma esperança de sobrevivência, mas têm suas desvantagens. Talvez a principal seja a dificuldade de encontrar um doador compatível para evitar a rejeição. Os transplantes de medula têm a menor margem de erro no que diz respeito à rejeição: qualquer uma das células T sobreviventes do paciente pode atacar as células do doador, e as células B na medula doada também podem atacar os tecidos do receptor — uma reação chamada **doença enxerto-versus-hospedeiro**. Os potenciais receptores de transplantes em busca de doadores têm uma chance de 25% de encontrar uma correspondência adequada em um dos pais ou irmãos, e uma chance ainda menor entre doadores sem nenhum grau de parentesco. Os pacientes obrigados a esperar por doadores

adequados costumam deteriorar nesse meio tempo, e até mesmo os que recebem um transplante compatível precisam tomar medicamentos imunossupressores pelo resto da vida para diminuir o risco de rejeição. Além disso, a doença enxerto-versus-hospedeiro aflige mais da metade de todos os receptores e mata até um terço deles logo após o procedimento. A taxa de cura global dos pacientes de leucemia que recebem medula de um doador desconhecido é menor que 25%.

Uma fonte mais nova de células-tronco sanguíneas para os transplantes é o sangue da placenta, um órgão discoide através do qual o feto obtém oxigênio e nutrientes da mãe. A placenta contém células-tronco até o último minuto da gravidez e vários mililitros de sangue placentário são obtidas facilmente do cordão umbilical logo após o parto (ver foto). Adequadamente armazenadas em nitrogênio líquido, as células-tronco duram indefinidamente e estão vivas quando descongeladas. Os conhecidos **transplantes de sangue do cordão umbilical** (ou **sangue placentário**), realizados pela primeira vez em 1988, logo podem tornar obsoletos os transplantes de medula óssea pelas seguintes razões:

- **Disponibilidade imediata.** Obter sangue do cordão umbilical exige apenas a permissão dos pais do recém-nascido para colher o sangue de uma fonte que, de outro modo, seria descartada como lixo hospitalar.
- **Segurança.** O sangue do cordão umbilical é menos propenso a conter micróbios que poderiam infectar o receptor do que a medula de um doador adulto.
- **Armazenagem por tempo indeterminado.** Diferente da medula óssea, que precisa ser obtida do doador imediatamente antes do transplante, o sangue do cordão



Clínico utiliza uma seringa para extrair sangue de um cordão umbilical (a estrutura cinzenta retorcida no centro abaixo).

umbilical pode ser armazenado indefinidamente em um dos muitos bancos de sangue de cordão umbilical no mundo inteiro.

- **Menor risco de rejeição.** Como as células T no sangue do cordão umbilical são imaturas, elas são menos propensas a desencadear a doença enxerto-versus-hospedeiro. Estudos documentam que os receptores de sangue do cordão umbilical estão submetidos a taxas de rejeição mais baixas, independentemente de terem parentesco ou não com seus doadores. Em consequência, a compatibilidade de tecido entre o doador e o receptor não precisa ser tão próxima, o que aumenta a reserva de potenciais doadores.

Os pesquisadores médicos estão desenvolvendo atualmente novas estratégias para aumentar as taxas de sucesso dos transplantes de medula óssea e de sangue do cordão umbilical. Uma abordagem é estimular as células-tronco no sangue do cordão umbilical a se multiplicarem antes de serem transplantadas, e outra estratégia é remover todas as células T do tecido do doador antes do procedimento. Por fim, os pesquisadores esperam cultivar grandes quantidades de células-tronco sanguíneas não antigênicas no laboratório para o transplante subsequente.

Transtornos das plaquetas

Trombocitopenia (“falta de plaquetas”) é uma concentração anormalmente baixa de plaquetas no sangue. Caracterizada pela menor formação de coágulos e pelo sangramento interno de pequenos vasos, a trombocitopenia pode resultar de danos à medula óssea, quimioterapia, deficiência de vitamina B₁₂, leucemia, destruição autoimune das plaquetas ou hipersplenismo do baço (um órgão que age na remoção e destruição das plaquetas e também de outras células sanguíneas).

O SANGUE AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a origem embrionária das células sanguíneas;
- ▶ apresentar quatro órgãos diferentes que formam as células sanguíneas no feto;
- ▶ nomear alguns transtornos sanguíneos que se tornam mais comuns à medida que o corpo envelhece.

As primeiras células sanguíneas desenvolvem-se com os primeiros vasos sanguíneos no mesoderma em torno do saco vitelino do embrião com 3 semanas de vida. Após as células mesenquimatosas se reunirem em grupos chamados *ilhotas sanguíneas*, as células externas nesses grupos se achatam e se transformam nas células endoteliais que formam as paredes dos primeiros vasos; as células internas transformam-se nas primeiras células sanguíneas. Logo, os vasos formam-se dentro do próprio embrião, proporcionando um caminho para as células sanguíneas percorrerem o corpo inteiro.

Durante os dois primeiros meses de desenvolvimento, todas as células sanguíneas formam-se nas ilhotas sanguíneas do saco vitelino, com alguma contribuição do assoalho da aorta. Essas fontes formam não só as células-tronco sanguíneas que vão durar a vida inte-

ra, mas também os eritrócitos nucleados primitivos que transportam oxigênio no embrião. No final do segundo mês, as células-tronco circulantes do saco vitelino estão estabelecidas no fígado e no baço, que assumem a função de formação do sangue e são os principais órgãos hematopoiéticos até o 7º mês. Essas células-tronco no fígado e no baço produzem os primeiros leucócitos e as primeiras células formadoras de plaquetas, além de eritrócitos nucleados e não nucleados. A medula óssea recebe células-tronco e começa a hematopoiese em baixo nível durante o 3º mês. A medula óssea torna-se o principal órgão hematopoiético no 7º mês de desenvolvimento e é o único órgão hematopoiético após o parto. No entanto, se surgir uma necessidade urgente de produção de células sanguíneas, o fígado e o baço podem retomar seus papéis de formadores de células sanguíneas, mesmo nos adultos.

As doenças mais comuns do sangue que aparecem com o envelhecimento são as leucemias crônicas, as anemias e os transtornos de coagulação. No entanto, esses e a maioria dos outros transtornos sanguíneos relacionados à idade geralmente são precipitados por transtornos do coração, vasos sanguíneos ou sistema imune. Por exemplo, acredita-se que a maior incidência de leucemias na velhice resulta da capacidade minguante do sistema imune para destruir células cancerosas, e a formação de trombos e êmbolos anormais reflete a progressão da aterosclerose, que enrugam os revestimentos das paredes arteriais.

✓ Verifique seu conhecimento

- 9. Liste os sintomas da anemia. Qual componente do sangue é afetado por essa condição?
- 10. Quais são os principais órgãos hematopoiéticos no feto antes do 7º mês?
- 11. Por que os receptores de sangue do cordão umbilical estão submetidos a taxas de rejeição mais baixas?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Biópsia da medula óssea Procedimento para obter uma amostra de medula óssea, geralmente com a utilização de uma agulha para aspirar a medula do esterno ou do osso ilíaco. A medula é examinada para diagnosticar transtornos de formação das células sanguíneas, leucemia, infecções e tipos de anemia resultantes de danos ou deficiência da medula.

Êmbolo Qualquer massa anormal transportada livremente na corrente sanguínea; pode ser um coágulo sanguíneo, bolhas de ar, massas de gordura, massas de células ou pedaços de tecido. Os coágulos sanguíneos são o tipo mais comum de êmbolo, mas os *êmbolos gordurosos* que entram no sangue pela medula óssea após uma fratura óssea também são comuns. Os *êmbolos bacterianos* (agrupamen-

tos de bactérias) podem ocorrer durante o envenenamento do sangue. As bolhas de ar podem entrar na corrente sanguínea quando uma linha intravenosa central é desconectada inadvertidamente, produzindo embolia aérea.

Hemofilia Doença hereditária, provocada pela falta de um fator de coagulação (ou por uma quantidade reduzida desse fator), resultando em sangue que não coagula normalmente. As pessoas com hemofilia sangram mais tempo e, assim, podem sofrer uma perda sanguínea excessiva quando lesionadas. A reposição do fator de coagulação pode ser administrada por via intravenosa após uma lesão ou como um tratamento preventivo.

Hemorragia (“sangue irrompendo”) Qualquer descarga anormal de sangue para fora de um vaso; sangramento.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. O sistema circulatório é subdividido em sistema cardiovascular (coração, vasos sanguíneos e sangue) e sistema linfático (vasos linfáticos e linfa).
2. O sangue transporta gases respiratórios e nutrientes para os tecidos do corpo e coleta produtos residuais desses tecidos. O sangue também transporta hormônios e células de defesa para os tecidos-alvo e regula a temperatura corporal.

COMPOSIÇÃO DO SANGUE (p. 568-575)

3. O sangue consiste em plasma e elementos figurados (formadores) (eritrócitos, leucócitos e plaquetas). Os eritrócitos correspondem a aproximadamente 45% do volume sanguíneo, o plasma a aproximadamente 55%, e os leucócitos e plaquetas a menos de 1%.
4. O volume percentual de eritrócitos é o hematócrito.

Plasma sanguíneo (p. 568-569)

5. O plasma é um fluido que consiste em 90% de água. Os 10% restantes são nutrientes, gases respiratórios, sais, hormônios e proteínas plasmáticas. O soro é o plasma do qual os fatores de coagulação foram removidos.

Elementos figurados (formadores) (p. 569-575)

6. As células sanguíneas têm vida curta e são reabastecidas continuamente por novas células da medula óssea.
7. Um esfregaço de sangue é preparado colocando-se uma gota de sangue em uma lâmina de vidro; espalhando essa gota para formar uma película; depois secando, preservando e corando a película. Os esfregaços de sangue são corados com misturas de dois corantes: um ácido, como a eosina, e um básico, como o azul de metileno.
8. Os eritrócitos (hemácias), que são as células sanguíneas mais abundantes, são discos bicôncavos anucleados com um diâmetro de 7 μm a 8 μm . Essencialmente, eles são sacos de hemoglobina, a proteína transportadora de oxigênio. A função principal dos eritrócitos é transportar oxigênio entre os pulmões e os tecidos corporais. Os eritrócitos vivem cerca de 120 dias na circulação.
9. Os leucócitos combatem infecções no tecido conjuntivo frouxo fora dos capilares, utilizando a corrente sanguínea apenas como um sistema de transporte. Eles saem dos capilares por diapedese e se esgueiram pelo tecido conjuntivo até os locais de infecção. Existem apenas 4.800 a 11.000 leucócitos, comparados com cerca de 5 milhões de eritrócitos em 1 mm^3 de sangue.
10. Os cinco tipos distintos de leucócitos são agrupados em granulócitos e agranulócitos, conforme o fato de terem ou não grânulos citoplasmáticos diferenciadores. Os granulócitos, que incluem os neutrófilos, eosinófilos e basófilos, são células de vida curta com grânulos citoplasmáticos característicos e núcleos lobados. Todos são células fagocíticas. Os agranulócitos são linfócitos e monócitos.

11. Os neutrófilos, que são os leucócitos mais abundantes, possuem núcleos multilobados. Dois tipos de pequenos grânulos conferem ao seu citoplasma uma cor roxa-clara nos esfregaços de sangue corados. A função dos neutrófilos é a fagocitose das bactérias.
12. Os eosinófilos possuem núcleos bilobados e grânulos grandes que coram em vermelho e que contêm enzimas digestórias. Eles destroem e digerem os parasitas e interrompem as reações alérgicas.
13. Os basófilos são leucócitos raros com núcleos bilobados e grânulos grandes que coram em roxo, repletos de mediadores químicos da inflamação. Eles medeiam os últimos estágios das reações alérgicas. Embora seja um tipo celular distinto, eles são funcionalmente similares aos mastócitos.
14. Os linfócitos ou seus produtos atacam antígenos na resposta imune específica. Essas células possuem citoplasma esparso, que cora em azul, e um núcleo esférico denso que cora em roxo. Os linfócitos T destroem células estranhas diretamente, enquanto os linfócitos B secretam anticorpos que marcam as células estranhas para a fagocitose.
15. Os monócitos, que são os maiores leucócitos, assemelham-se a grandes linfócitos, mas possuem um núcleo que cora em cor clara e que pode ter a forma de um rim. Eles transformam-se em macrófagos nos tecidos conjuntivos.
16. As plaquetas são fragmentos discoides confinados em membrana de citoplasma de megacariócito que contêm vários tipos de grânulos secretórios. Elas tampam lacerações nos vasos sanguíneos, sinalizam a vasoconstrição, ajudam a iniciar a coagulação e depois retraem o coágulo e fecham a laceração.

FORMAÇÃO DA CÉLULA SANGUÍNEA

(p. 575-578)

Medula óssea como sítio de hematopoiese

(p. 575-576)

17. Coletivamente, a medula óssea é o segundo maior órgão do corpo. A medula vermelha, localizada entre as trabéculas do osso esponjoso no esqueleto axial, nos cíngulos e na epífise proximal de cada úmero e fêmur dos adultos, produz de maneira ativa as células sanguíneas. A medula amarela, nas outras regiões dos ossos dos membros, é inativa.
18. Microscopicamente, a medula óssea consiste em capilares largos (sinusoides) passando por todo o tecido conjuntivo reticular. Esse tecido contém fibras reticulares, fibroblastos (células reticulares), macrófagos, adipócitos e células sanguíneas imaturas em todos os estágios de maturação. Novas células sanguíneas entram no sangue através das paredes dos sinusoides.

Linhagens celulares na formação das células sanguíneas (p. 576-578)

19. Todas as células sanguíneas surgem continuamente a partir das células-tronco sanguíneas. À medida que essas células se dividem, há uma separação inicial em células-tronco linfóides (futuros linfócitos) e células-tronco mielóides (precursores de todas as demais classes de células sanguíneas). Essas células-tronco comprometem-se com

14. Examinando um esfregaço de sangue no microscópio, Tânia ficou confusa com os núcleos incomuns dos granulócitos. Ela continuou se perguntando por que cada eosinófilo tinha dois núcleos e por que os neutrófilos tinham quatro ou cinco núcleos. O que você responderia a ela?
15. Compare e diferencie cada um dos seguintes pares de termos: (a) *sistema circulatório* e *sistema cardiovascular*, (b) *hemograma completo* e *hemograma completo com contagem diferencial*.
16. Em seu teste, Flávia escreveu que a função das plaquetas era “coagular”. No entanto, o instrutor exigiu uma resposta mais completa. Indique o que o instrutor tinha em mente.
17. Quando os leucócitos são examinados em uma contagem sanguínea, é possível separar os linfócitos B dos linfócitos T? Justifique a sua resposta.
18. Compare um eosinófilo com um basófilo, tanto em estrutura quanto em função.
19. Quais são as vantagens dos transplantes de sangue placentário em relação aos transplantes de medula óssea?
20. Quais são as funções das seguintes proteínas plasmáticas: globulinas, albumina e fibrinogênio?
21. Qual é a diferença entre soro e plasma?

Análise crítica e aplicação clínica

1. Depois que a jovem Janaína foi diagnosticada com leucemia linfóide aguda, seus pais não conseguiam entender por que a infecção era um problema importante para Janaína quando a contagem de leucócitos era tão alta. Forneça uma explicação para os pais dela.
2. Fábio podia afirmar que um corpo celular de neurônio em sua lâmina tinha um tamanho equivalente a dez eritrócitos. Qual era o tamanho do corpo celular do neurônio (em micrômetros)?
3. Os membros de determinada família criavam ovelhas em sua fazenda e costumavam deixar seu cão pastor de ovelhas Rooter lambem os rostos deles e às vezes o beijavam na boca. No mesmo dia em que o veterinário diagnosticou Rooter como portador de vermes cestóides, um exame de sangue indicou que as duas filhas da família tinham níveis de eosinófilos acima de 3.000 por milímetro cúbico. Qual é a relação?
4. Uma contagem de reticulócitos indicou que 5% dos eritrócitos de Tiago eram reticulócitos. Seu exame de sangue também indicou que ele tinha policitemia e um hematócrito de 65%. Explique as ligações entre esses três fatos.
5. Os pacientes de câncer tratados com quimioterápicos, que são concebidos para destruir rapidamente as células mitóticas, são monitorados rigorosamente em busca de alterações em suas contagens de eritrócitos e leucócitos. Por quê?
6. Sua filha tem febre moderada há dois dias. No terceiro dia, você a leva ao pediatra. Após um exame, o sangue é extraído, sendo realizado um hemograma completo com contagem diferencial. Como essa informação ajuda o pediatra a determinar se a causa da infecção é viral ou bacteriana?

Coração 19

Localização e orientação dentro do tórax 586

Estrutura do coração 588

Revestimentos 588

Camadas da parede cardíaca 588

Câmaras cardíacas 589

Valvas cardíacas 593

Estrutura das valvas 593

Função das valvas 593

Bulhas cardíacas 595

Percurso do sangue através do coração 596

Tecido muscular cardíaco 598

Estrutura do músculo cardíaco 599

Mecanismo de contração 600

Complexo estimulante do coração e inervação 600

Complexo estimulante do coração 600

Inervação 602

Suprimento sanguíneo do coração 602

Artérias coronárias 603

Veias do coração 603

Transtornos do coração 603

Doença arterial coronariana 603

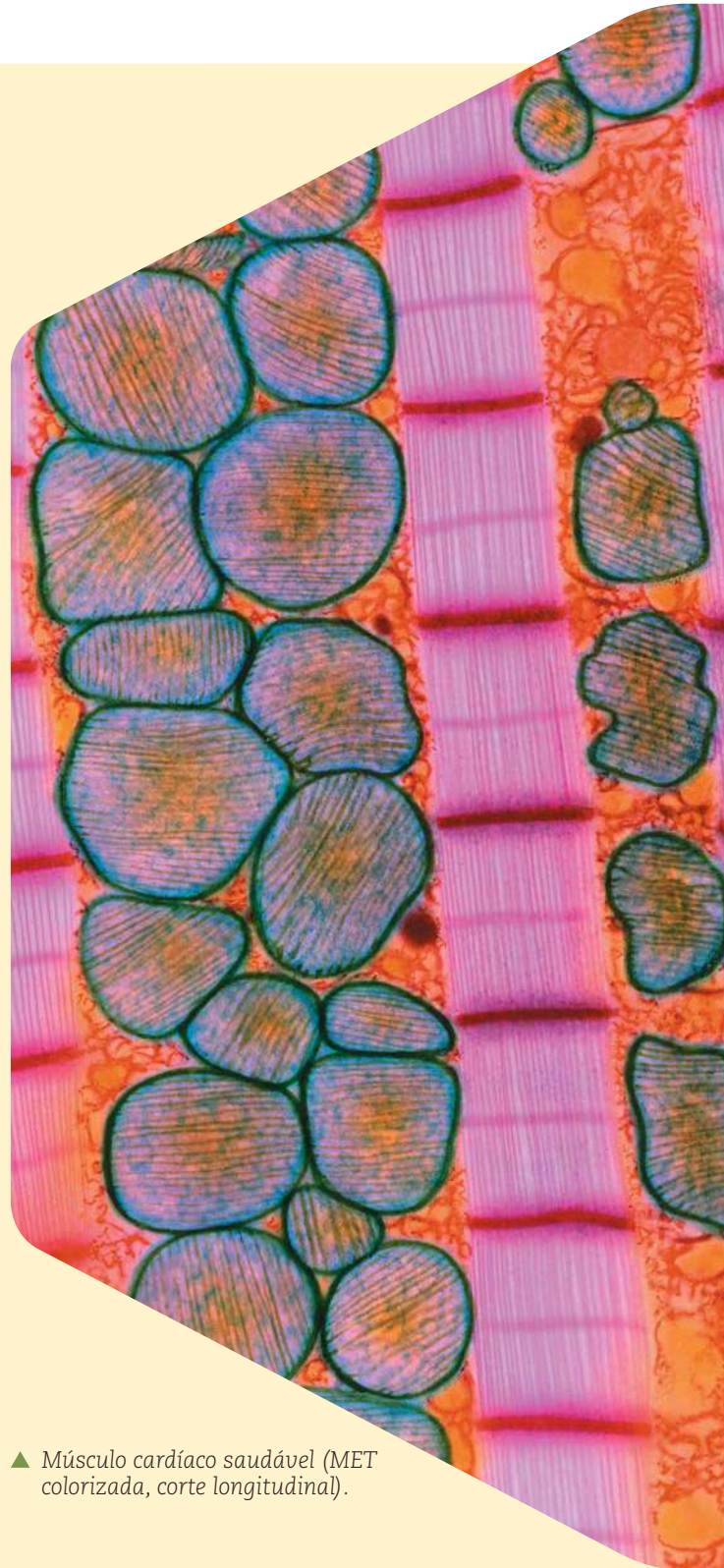
Insuficiência cardíaca 604

Transtornos do complexo estimulante do coração 604

O coração ao longo da vida 606

Desenvolvimento do coração 606

O coração na idade adulta e na velhice 607



▲ Músculo cardíaco saudável (MET colorizada, corte longitudinal).

Com suas incessantes batidas no tórax, o coração vem intrigando as pessoas há milhares de anos. Os gregos antigos acreditavam que o órgão era a sede da inteligência. Para outros, ele era a fonte das emoções. Embora essas teorias tenham se provado falsas, as emoções certamente afetam a frequência cardíaca. Somente quando nosso coração palpita ou salta um batimento é que nos lembramos desse órgão dinâmico.

O coração é uma bomba muscular dupla com duas funções (Figura 19.1):

1. Seu lado direito recebe sangue com baixo teor de oxigênio, proveniente dos tecidos do corpo, e depois bombeia esse sangue para os pulmões para captar oxigênio e dispersar dióxido de carbono. Os vasos sanguíneos que transportam o sangue de/para os pulmões formam a **circulação pulmonar**.
2. Seu lado esquerdo recebe o sangue oxigenado que retorna dos pulmões e o bombeia por todo o corpo a fim de fornecer oxigênio e nutrientes para os tecidos do corpo. Os vasos que transportam sangue de/para todos os tecidos do corpo e de volta para o coração formam a **circulação sistêmica**.

O coração possui duas câmaras de recepção, o *átrio direito* e o *átrio esquerdo* (*átrio* = entrada), que recebem o sangue que retorna das circulações sistêmica e pulmonar. O coração também tem duas câmaras de bombeamento principais, o *ventrículo direito* e o *ventrículo esquerdo* (*ventrículo* = “ventre oco”), que bombeiam sangue pelas duas circulações.

LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO DENTRO DO TÓRAX

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a orientação, localização e anatomia da superfície do coração no tórax.

A dimensão modesta do coração esconde sua incrível força e durabilidade. Para satisfazer os sentimentais que existem entre nós, esse órgão oco e cônico, do tamanho de uma mão fechada, parece-se bastante com sua representação popular. Normalmente ele pesa de 250 a 350 gramas.

O coração está situado no tórax, no lado posterior ao esterno e às cartilagens costais, e repousa na superfície posterior do diafragma (Figura 19.2a). É o maior órgão do mediastino, região localizada entre os dois pulmões (e as cavidades pleurais) (Figura 19.2b e c). O coração posiciona-se obliquamente no tórax, com seu **ápice** voltado anteriormente e à esquerda da linha média do corpo (Figura 19.2c e d). Se você pressionar os dedos entre a quinta e a sexta costelas logo abaixo do mamilo esquerdo, poderá sentir o batimento do seu coração onde o ápice encosta na parede do tórax. As estruturas

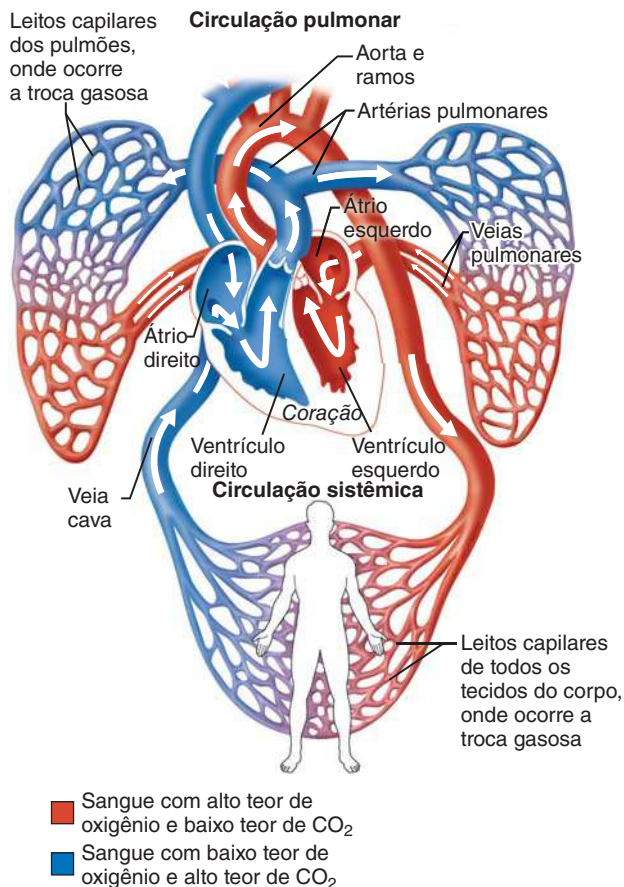


Figura 19.1 Coração como uma bomba dupla.

O lado direito do coração bombeia sangue pela circulação pulmonar. O lado esquerdo bombeia sangue para todos os tecidos do corpo via circulação sistêmica.

cônicas possuem uma base e um ápice, e a **base** do coração é sua ampla superfície posterior.

Diz-se que o coração tem quatro margens definidas por quatro pontos projetados na parede anterior do tórax (Figura 19.2a). A segunda costela é palpada lateralmente ao ângulo esternal. Utilize esse marco anatômico para ajudá-lo a localizar essas margens do coração.

- O ponto *superior direito* situa-se onde a cartilagem costal da terceira costela se une ao esterno.
- O ponto *superior esquerdo* localiza-se na margem inferior da cartilagem costal da segunda costela, aproximadamente a um dedo lateral do esterno.
- O ponto *inferior direito* está situado na cartilagem costal da sexta costela, a um dedo lateral do esterno.
- Finalmente, o ponto *inferior esquerdo* (ponto do ápice) situa-se no quinto espaço intercostal na linha medioclavicular — ou seja, em uma linha que se estende inferiormente a partir do ponto médio da clavícula esquerda.

As linhas imaginárias que conectam esses quatro pontos delineiam o tamanho normal e a localização do coração. Os clínicos precisam conhecer esses marcadores anatômicos normais, pois um coração inchado ou deslocado, conforme visualização em uma imagem de raios X ou outra imagem médica, pode indicar doença cardíaca ou outras patologias.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Qual lado do coração recebe e bombeia sangue desoxigenado?
- 2. Onde está situado o ápice do coração, tomando como referência a parede anterior do tórax?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

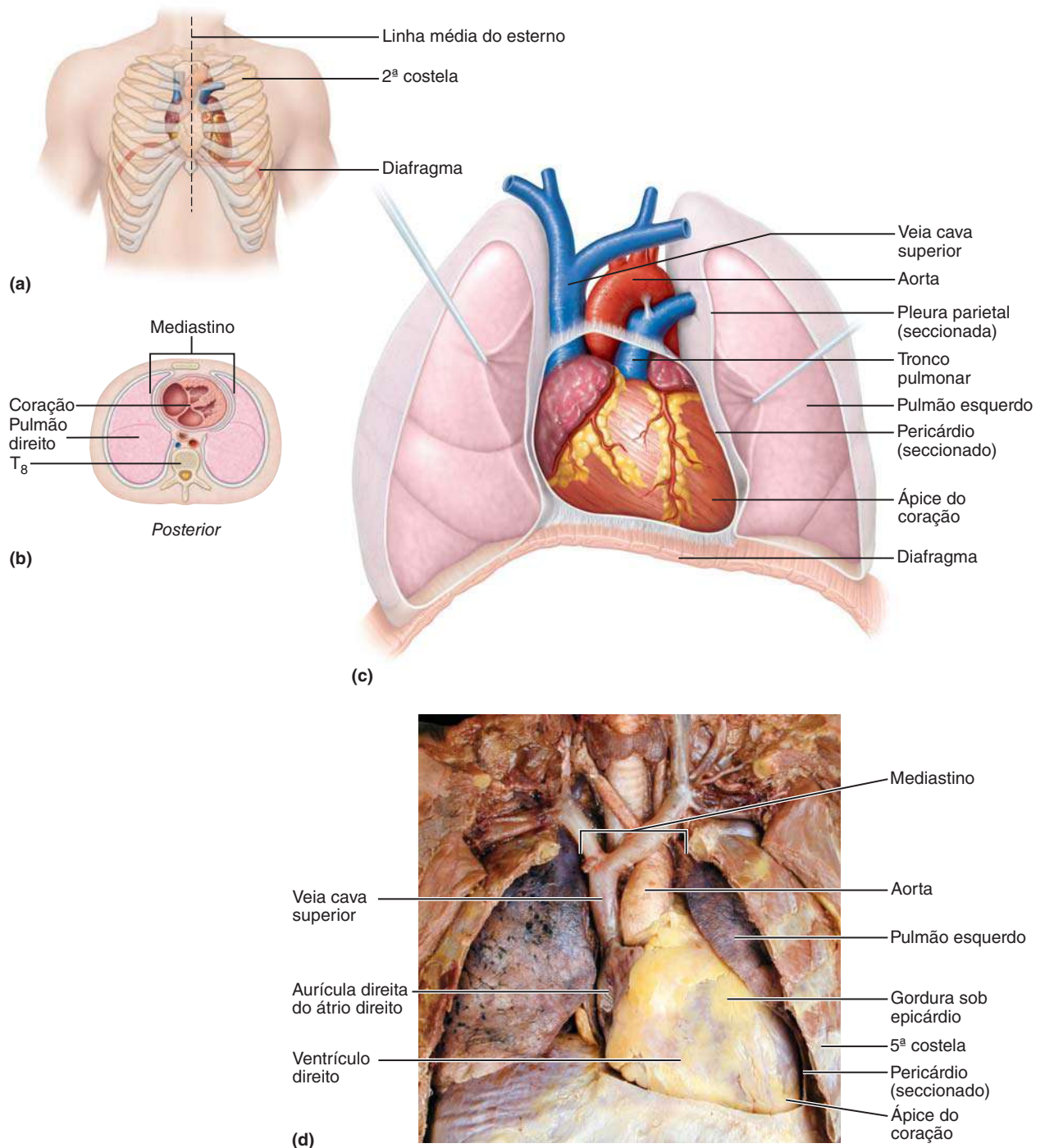


Figura 19.2 Localização do coração no tórax. (a) Relação do coração com o esterno e as costelas em uma pessoa deitada. (Em uma pessoa em pé, o coração situa-se ligeiramente abaixo dessa posição.) (b) Vista inferior de um corte transversal mostrando a posição relativa do coração no tórax. (c) Relação do coração e dos grandes vasos com os pulmões. (d) Fotografia do coração no mediastino. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 56.)

ESTRUTURA DO CORAÇÃO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever as camadas do pericárdio e as camadas de tecido da parede cardíaca;
- ▶ conhecer as características estruturais de cada câmara cardíaca: átrios direito e esquerdo e ventrículos direito e esquerdo.

Revestimentos

O **pericárdio** (“em volta do coração”) é um saco de camada tripla que confina o coração (Figura 19.3). A camada externa desse saco é uma camada forte de tecido conjuntivo denso chamada **pericárdio fibroso**, que adere inferiormente ao diafragma e superiormente se funde às raízes dos grandes vasos que saem e entram no coração. O pericárdio fibroso age como uma cobertura externa rígida que mantém o coração no lugar e impede que se encha demais de sangue.

Abaixo do pericárdio fibroso encontra-se a camada dupla do **pericárdio seroso**, um saco fechado espremido entre o pericárdio fibroso e o coração (ver Capítulo 1, “Cavidades serosas”, e a Figura 1.7 na p. 12). A **lâmina parietal externa do pericárdio seroso** adere à superfície interna do pericárdio fibroso. A lâmina parietal é contínua à **lâmina visceral do pericárdio seroso**, ou **epicárdio**, situada no coração e considerada parte integrante da parede cardíaca (discutida em breve). Entre as lâminas parietal e visceral do pericárdio seroso há um espaço similar a uma fenda, chamado **cavidade do pericárdio**, que é uma divisão do celoma embrionário (Capítulo 3, p. 54). As células epiteliais do pericárdio seroso que revestem a cavidade do pericárdio produzem uma película lubrificante de fluido seroso contido na cavidade. Esse fluido diminui o atrito entre o coração e a parede externa do saco pericárdico durante os batimentos cardíacos.

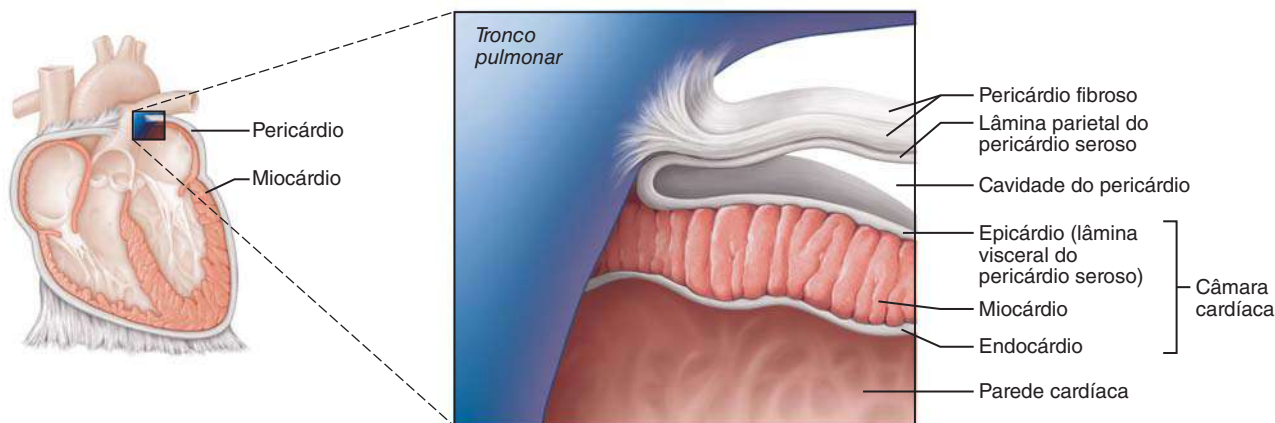


Figura 19.3 Camadas do pericárdio e da parede cardíaca.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Pericardite e tamponamento cardíaco A infecção e inflamação do pericárdio, ou **pericardite**, pode levar ao espessamento do revestimento seroso da cavidade do pericárdio. Como consequência, o batimento cardíaco produz um som de rangido denominado **atrítido pericárdico**, que pode ser ouvido com um estetoscópio. A pericardite caracteriza-se por dor posterior ao esterno. Com o passar do tempo, ela pode levar a adesões do coração na parede externa do pericárdio ou o pericárdio pode cicatrizar e ficar espesso, inibindo os movimentos do coração.

Nos casos de pericardite aguda grave, grandes quantidades de fluido resultantes da resposta inflamatória exsudam para a cavidade do pericárdio. Como o pericárdio fibroso é um tecido rígido e inflexível, o excesso de fluido comprime o coração, limitando sua expansão entre os batimentos e diminuindo sua capacidade de bombear sangue. Essa condição, chamada **tamponamento cardíaco** (“um tampão no coração”), é tratada pelos médicos por meio de inserção de uma agulha hipodérmica na cavidade do pericárdio para drenar o excesso de fluido. O tamponamento cardíaco também ocorre se o sangue se acumular dentro da cavidade do pericárdio, como quando um ferimento penetrante no coração (uma facada, por exemplo) faz que o sangue vazze desse órgão e entre na cavidade.

Camadas da parede cardíaca

A parede do coração possui três camadas: um **epicárdio** superficial, um **miocárdio** intermediário e um **endocárdio** profundo (Figura 19.3). Todas são ricamente abastecidas por vasos sanguíneos.

- A **lâmina visceral** do pericárdio seroso é também conhecida como **epicárdio** (“sobre o coração”).¹

¹ Nota do revisor técnico: não há na nomenclatura anatômica referência ao termo “epicárdio”.

Essa membrana serosa costuma ser infiltrada com gordura, sobretudo nas pessoas idosas (ver Figura 19.2d).

- O **miocárdio** (“músculo do coração”) forma a maior parte do órgão. Ele consiste em tecido muscular cardíaco e é a camada que realmente se contrai. Em volta das células musculares cardíacas encontram-se os tecidos conjuntivos que unem essas células em redes alongadas, organizadas em espiral ou círculo, chamadas *feixes* (Figura 19.4). Esses feixes espremem o sangue através do coração nas direções adequadas: inferiormente pelos átrios e superiormente pelos ventrículos. Os tecidos conjuntivos do miocárdio formam o *esqueleto fibroso do coração*, que reforça o miocárdio internamente e prende as fibras musculares cardíacas. A estrutura histológica e a função do tecido muscular cardíaco são abordadas em detalhes mais adiante neste capítulo (p. 598-600).
- O **endocárdio** (“dentro do coração”), localizado internamente ao miocárdio, é uma lâmina de epitélio escamoso simples em uma fina camada de tecido conjuntivo. Ele reveste as câmaras cardíacas e cobre as valvas cardíacas.

Câmaras cardíacas

As quatro câmaras cardíacas são os *átrios direito e esquerdo* superiormente, e os *ventrículos direito e esquerdo*, inferiormente (Figura 19.5). Em seu interior, o coração é dividido longitudinalmente por uma parede chamada **septo interatrial** entre os átrios (Figura 19.5c) e pelo **septo interventricular** entre

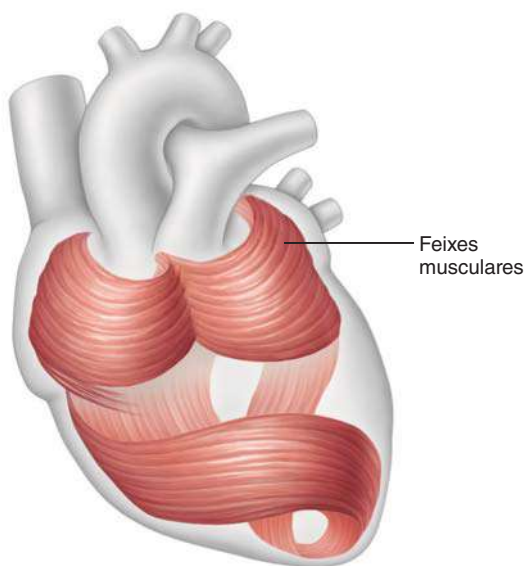


Figura 19.4 Organização circular e espiral dos feixes musculares do miocárdio.

os ventrículos (Figura 19.5e e f). Externamente, os limites das quatro câmaras são demarcados por dois sulcos. O **sulco coronário** (*corona* = coroa) (Figura 19.5b) circunda o limite entre os átrios e os ventrículos. O **sulco interventricular anterior** (Figura 19.5a e b) estende-se verticalmente, demarcando a posição anterior do septo interventricular, e o **sulco interventricular posterior** (Figura 19.5d) separa os dois ventrículos na face inferior do coração. Lembre-se de que o coração posiciona-se obliquamente dentro do tórax (Figura 19.2d); a parte “posterior” do coração está contra o diafragma e, portanto, é sua face inferior.

Átrio direito

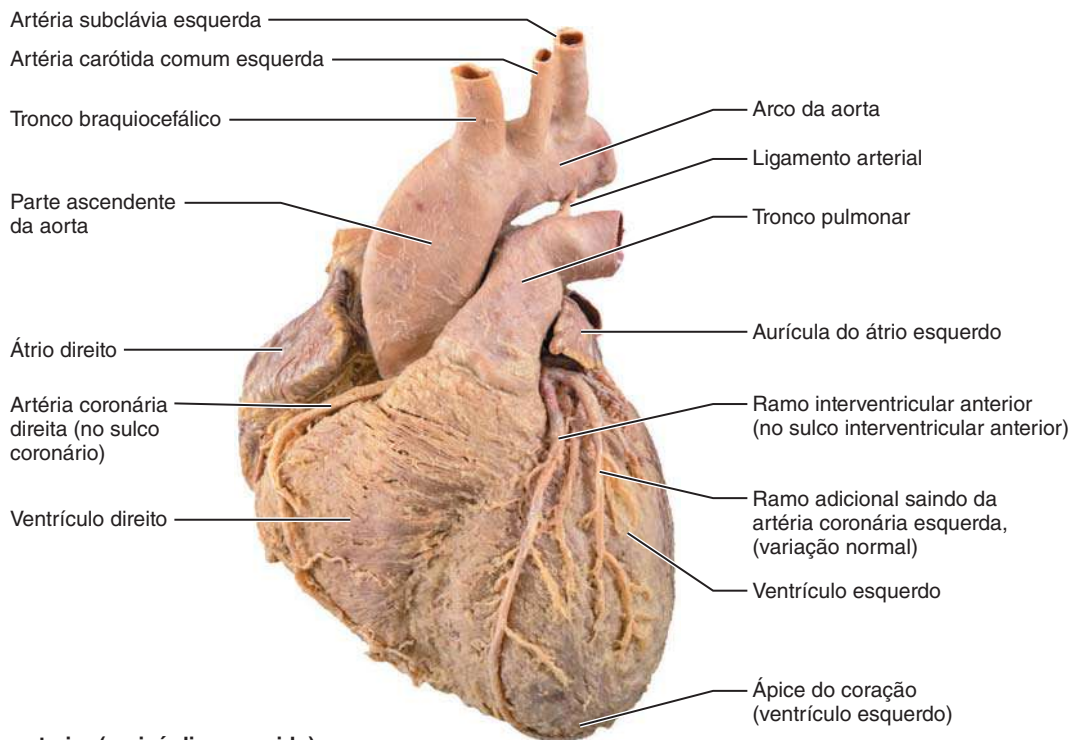
O **átrio direito** forma toda a margem direita do coração e é a câmara que recebe o sangue com baixo teor de oxigênio que volta da circulação sistêmica (Figura 19.1). Esse sangue chega através de três veias: *veia cava superior*, *veia cava inferior* (Figura 19.5b e d) e *seio coronário* (Figura 19.5c e d).

Do lado externo, a **aurícula direita**, um pequeno retalho em forma de orelha de cachorro (*aurícula* = pequena orelha), projeta-se anteriormente à margem superior do átrio (Figura 19.5a). Internamente, o átrio direito tem duas partes (Figura 19.5c): uma posterior, de parede lisa, e uma anterior, revestida por cristas horizontais chamadas **músculos pectíneos** (*pectina* = crista). Ambas são separadas por uma grande crista em forma de C denominada **crista terminal**. A crista é um marco anatômico importante na localização dos pontos onde as veias se abrem no átrio direito: a veia cava superior se abre posteriormente à curvatura superior da crista; a veia cava inferior, posteriormente à curvatura inferior da crista; e o seio coronário, anteriormente à extremidade inferior da crista. Além disso, posteriormente à extremidade inferior da crista encontra-se a **fossa oval**, uma depressão no septo interatrial que demarca o ponto onde existia uma abertura no coração fetal: o *forame oval* (ver discussão sobre circulação fetal na p. 647).

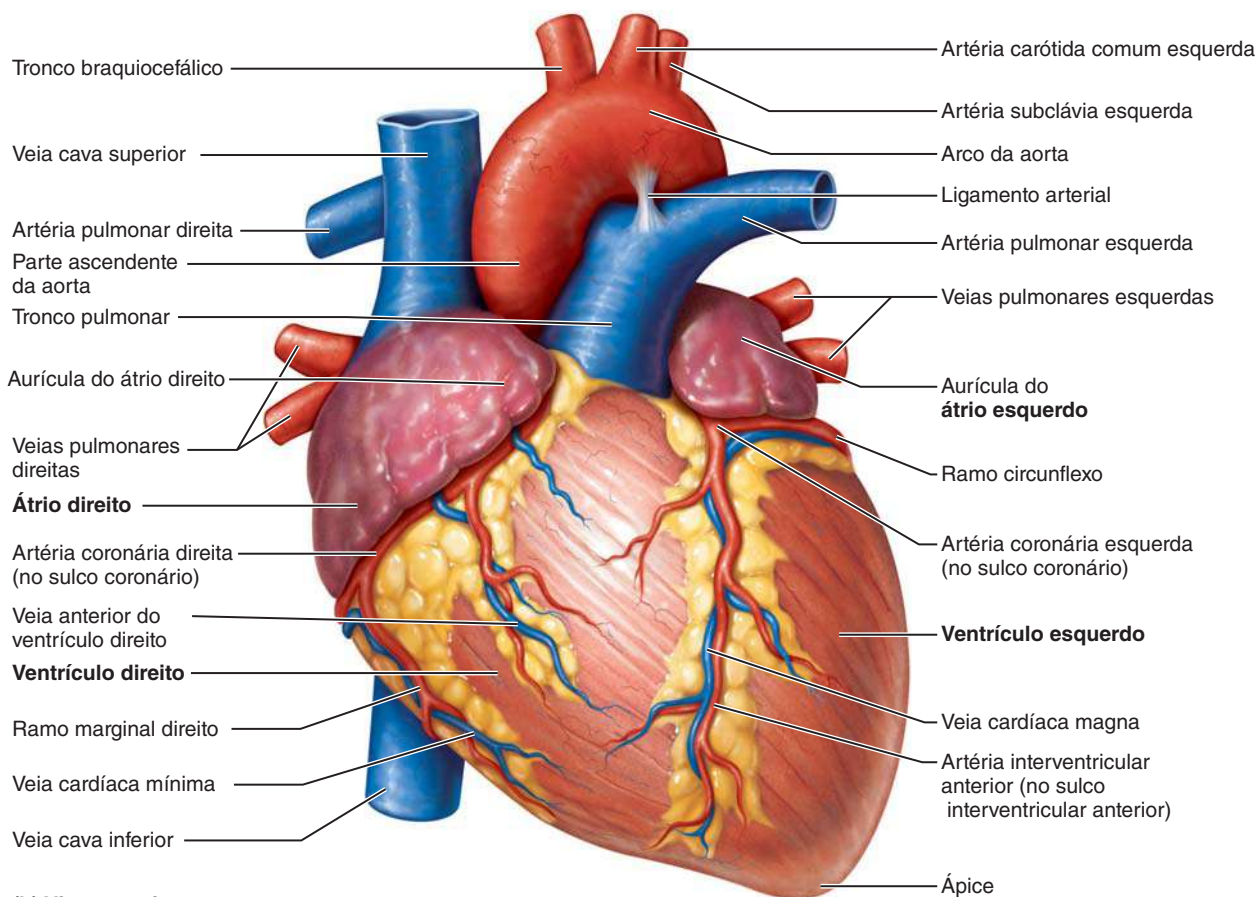
Inferior e anteriormente, o átrio direito abre-se para o ventrículo direito através da *valva atrioventricular direita* (*valva tricúspide*) (Figura 19.5e e f).

Ventrículo direito

O **ventrículo direito** forma a maior parte da face anterior do coração. Ele recebe o sangue do átrio direito e o bombeia para a circulação pulmonar via *artéria tronco pulmonar* (Figura 19.5a e e). Internamente, as paredes ventriculares são demarcadas por cristas irregulares de músculo denominadas **trabéculas cárneas** (“pequenos feixes de carne”). Além disso, **músculos papilares** (*papila* = mamilo) cônicos projetam-se das paredes para a cavidade ventricular.

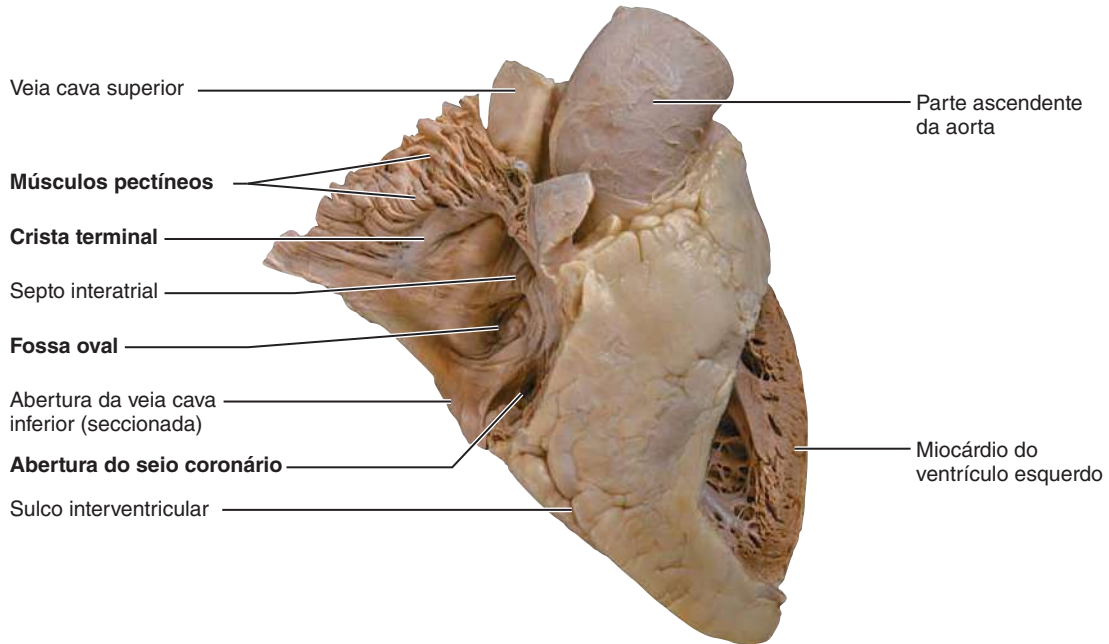


(a) Aspecto anterior (pericárdio removido)

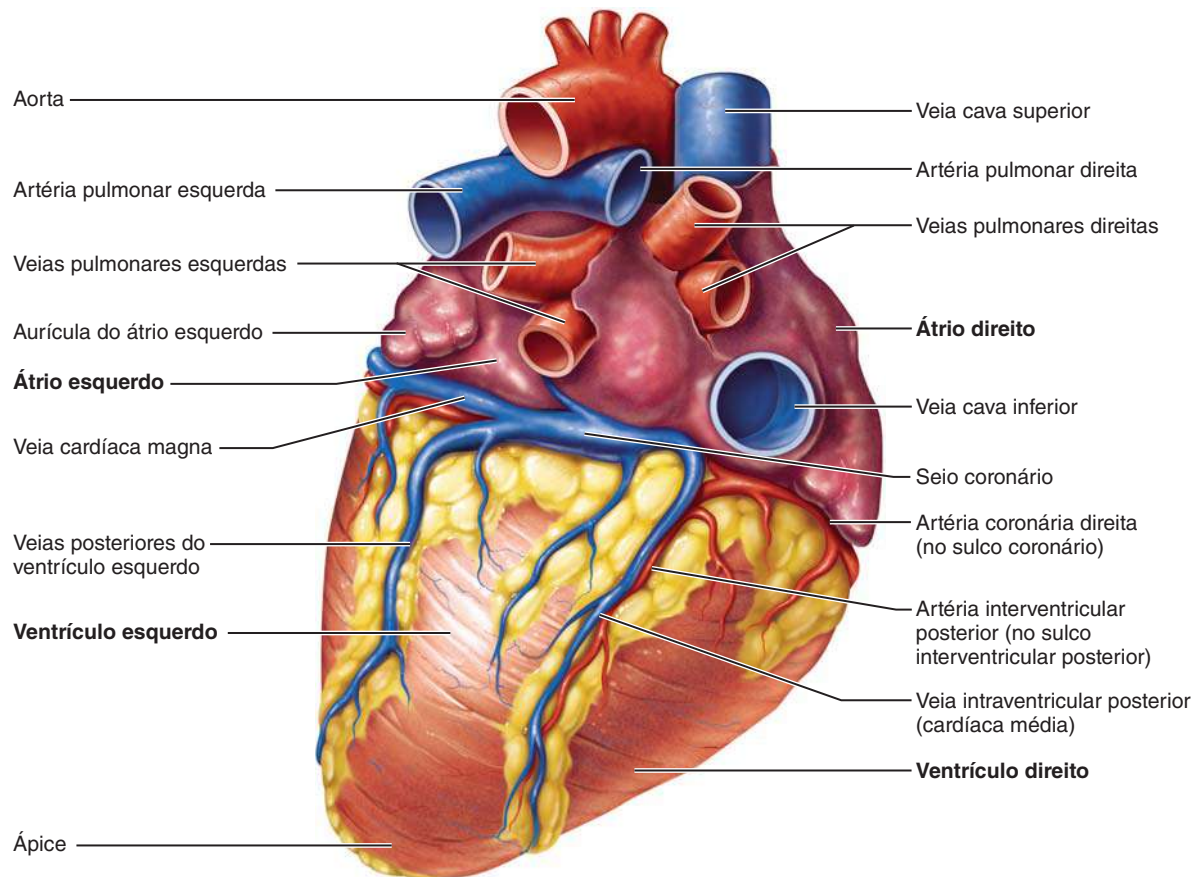


(b) Vista anterior

Figura 19.5 Anatomia macroscópica do coração. Nos diagramas, os vasos que transportam sangue com alto teor de oxigênio são vermelhos; os que transportam sangue com baixo teor de oxigênio são azuis. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 57.)

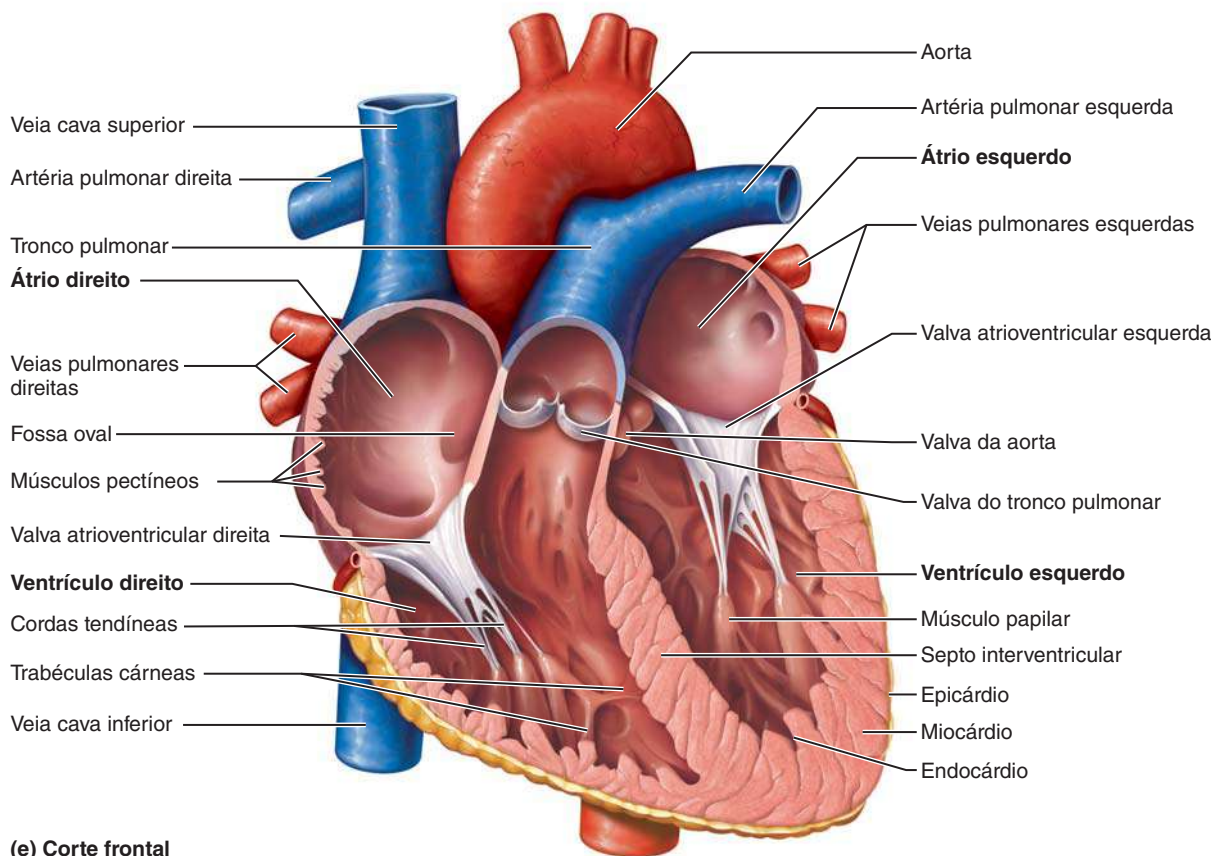


(c) Aspecto interno do átrio direito, vista anterior

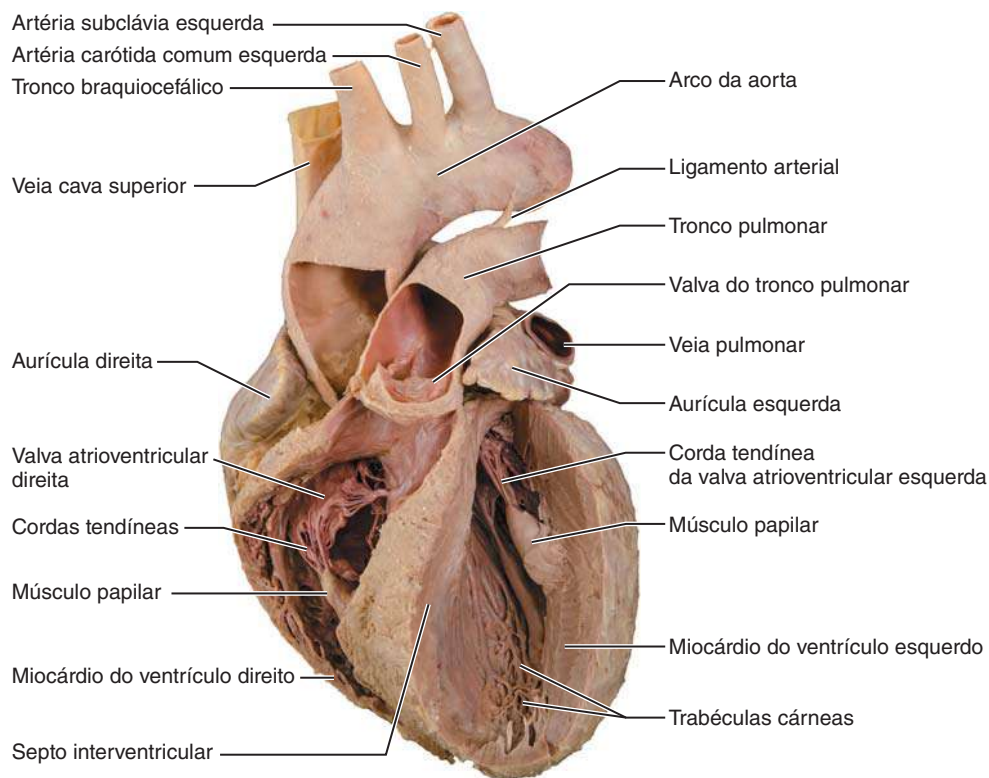


(d) Vista inferior; a face exibida acomoda-se sobre o diafragma

Figura 19.5 Anatomia macroscópica do coração, *continuação*. Em (c), a parede anterior do átrio foi aberta e refletida superiormente. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 59.)



(e) Corte frontal



(f) Aspecto interno dos ventrículos; dissecação de uma vista similar a (e)

Figura 19.5 Anatomia macroscópica do coração, continuação. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 58.)

Faixas finas e fortes chamadas **cordas tendíneas**, as “cordas do coração”, projetam-se acima dos músculos papilares até as membranas (cúspides) da valva atrioventricular direita (tricúspide). Superiormente, a abertura entre o ventrículo direito e o tronco pulmonar contém a *valva do tronco pulmonar* (formada por válvulas semilunares).

Átrio esquerdo

O **átrio esquerdo** corresponde à maior parte da face posterior do coração, ou base. Ele recebe sangue com alto teor de oxigênio que retorna dos pulmões através de duas **veias pulmonares** direitas e duas veias pulmonares esquerdas (Figura 19.5d). A única parte do átrio esquerdo visível anteriormente é sua aurícula esquerda triangular (Figura 19.5a e b). Internamente, a maior parte da parede atrial é lisa, com músculos pectíneos revestindo apenas a aurícula. O átrio esquerdo abre-se no ventrículo direito através da *valva atrioventricular esquerda (mitral)* (Figura 19.5e).

Ventrículo esquerdo

O **ventrículo esquerdo** forma o ápice do coração e predomina na face inferior desse órgão (Figura 19.5d e e). Ele bombeia sangue na circulação sistêmica. Assim como o ventrículo direito, ele contém trabéculas cárneas, músculos papilares, cordas tendíneas e uma valva atrioventricular (*mitral*). Superiormente, o ventrículo esquerdo abre-se para o tronco arterial da circulação sistêmica (a aorta) onde se encontra a válvula da aorta também formada por válvulas semilunares.

Verifique seu conhecimento

- 3. Qual é o outro nome da lâmina visceral do pericárdio seroso?
- 4. Identifique a câmara cardíaca (ou câmaras) que contém as estruturas a seguir: (a) músculos pectíneos; (b) músculos papilares; (c) fossa oval; (d) trabéculas cárneas.
- 5. Mencione três vasos que desembocam no átrio direito. Esses vasos são artérias ou veias?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

VALVAS CARDÍACAS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ mencionar as valvas cardíacas e apontar sua localização e funções. Indicar em que ponto da parede do tórax cada uma delas é ouvida;
- ▶ descrever o esqueleto fibroso do coração e explicar suas funções.

Estrutura das valvas

As valvas cardíacas — o par de valvas atrioventriculares (AV) e das artérias (semilunares) — determi-

nam o escoamento unidirecional do sangue através do coração, dos átrios para os ventrículos e destes para as grandes artérias da base do coração. Cada valva cardíaca consiste em duas ou três *válvulas*², que são abas de endocárdio reforçados por núcleos de tecido conjuntivo denso (Figura 19.6).

- Na junção dos átrios e de seus respectivos ventrículos encontram-se as valvas atrioventriculares: a **valva atrioventricular direita**, que possui três válvulas (**tricúspide**), e a **valva atrioventricular esquerda**, com apenas duas válvulas (**bicúspide**). Esta última também é chamada **valva mitral** porque suas válvulas lembram os dois lados do chapéu de um bispo, denominado mitra.
- Na junção dos ventrículos e das grandes artérias estão as **valvas da aorta** e do **tronco pulmonar (semilunares)**, cada uma com três válvulas um pouco parecidas com luas crescentes (*semilunar* = meia-lua) (Figuras 19.6a e b, e 19.5e e f).

O **esqueleto fibroso do coração** situa-se no plano entre os átrios e os ventrículos, circundando as quatro valvas cardíacas de modo similar a algemas (Figura 19.6a). Composto de tecido conjuntivo denso, ele tem quatro funções:

1. Fixar as valvas.
2. Evitar a dilatação excessiva das aberturas da valva à medida que o sangue pulsa através delas.
3. Conectar os feixes de músculo cardíaco nos átrios e ventrículos (ver Figura 19.4).
4. Bloquear a disseminação direta dos impulsos elétricos dos átrios para os ventrículos (discutida em breve). Essa função é crítica para a coordenação adequada das contrações dos átrios e dos ventrículos.

Função das valvas

As valvas cardíacas abrem (para permitir o fluxo sanguíneo) e fecham (para evitar o refluxo sanguíneo) em resposta às diferenças na pressão arterial em cada lado delas. As duas *valvas atrioventriculares* (AV) impedem o refluxo do sangue nos átrios durante a contração dos ventrículos (Figura 19.7). Quando os ventrículos estão relaxados (diástole), as cúspides das valvas AV pendem frouxamente no interior dos ventrículos enquanto o sangue flui dos átrios para os ventrículos pelas valvas AV abertas (Figura 19.7a). Quando os ventrículos começam a contrair, a pressão dentro deles aumenta e impulsiona o sangue superiormente contra as valvas, empurrando simultaneamente as margens das válvulas e fechando as valvas AV. As cordas tendíneas e os músculos papilares que se conectam a essas valvas parecem cordas de um paraquedas aberto, limitando as válvulas fechadas para que não consigam subir e permitir o refluxo do sangue do ventrículo para os átrios. Os

2 Nota do revisor técnico: a comissão de terminologia anatômica decidiu utilizar o termo “válvula” e não “cúspide”, por achá-lo mais correto.

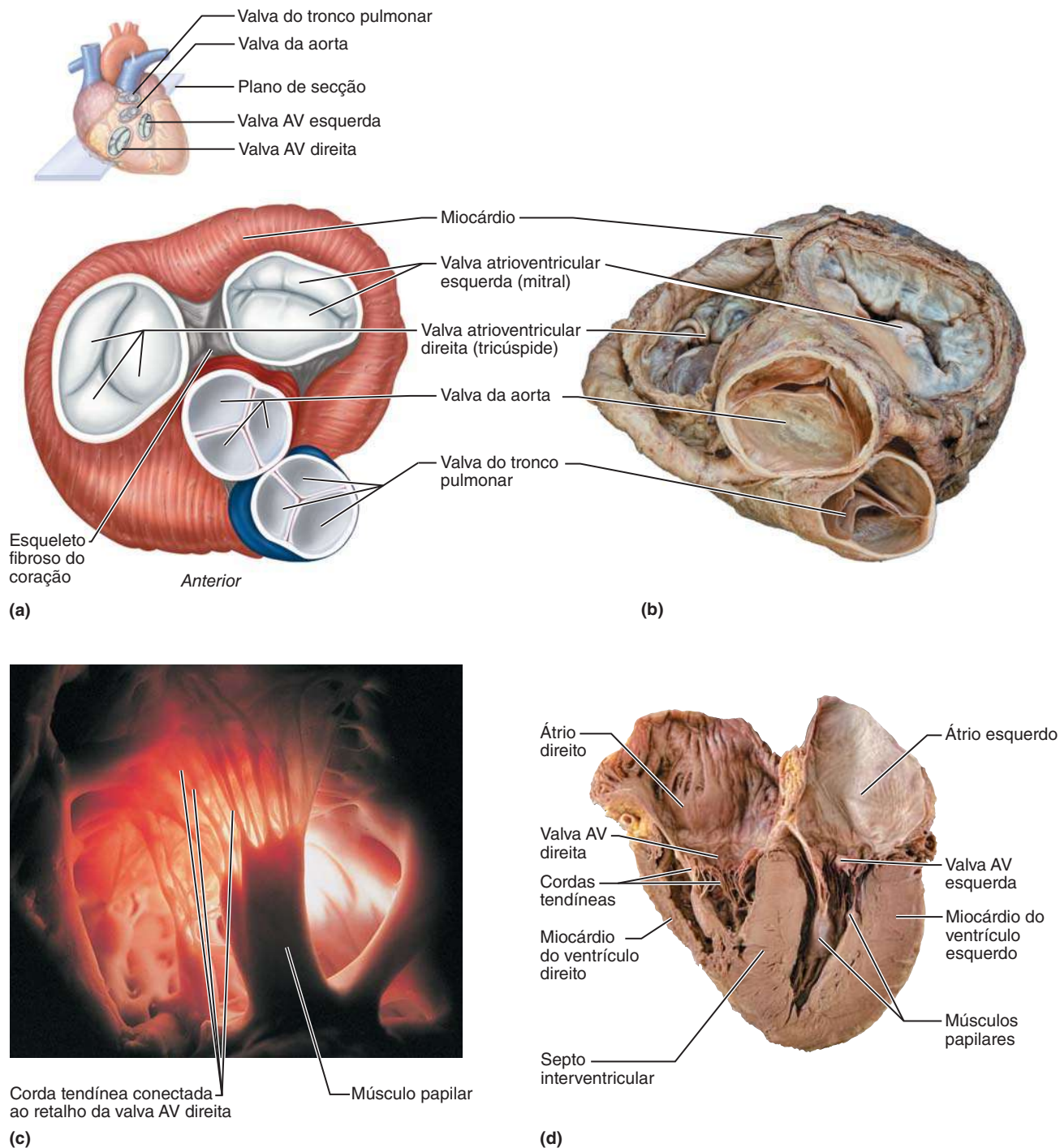
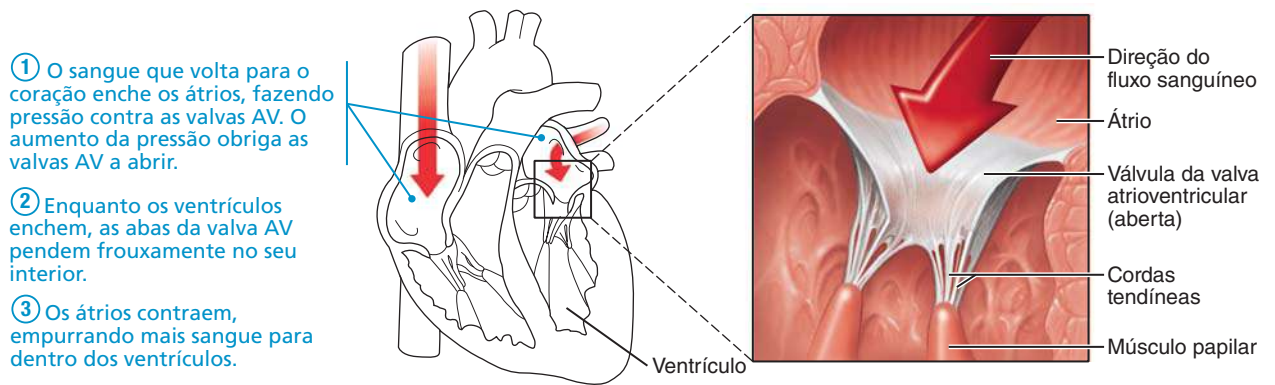


Figura 19.6 Valvas cardíacas. (a) Vista superior dos dois conjuntos de valvas cardíacas (átrios removidos). O destaque mostra o plano de secção através do coração. (b) Fotografia das valvas cardíacas, vista superior. (c) Fotografia da valva AV direita. Essa vista da face inferior para a superior mostra a valva conforme é visualizada a partir do ventrículo direito. (d) Corte frontal do coração. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 60 e 61.)

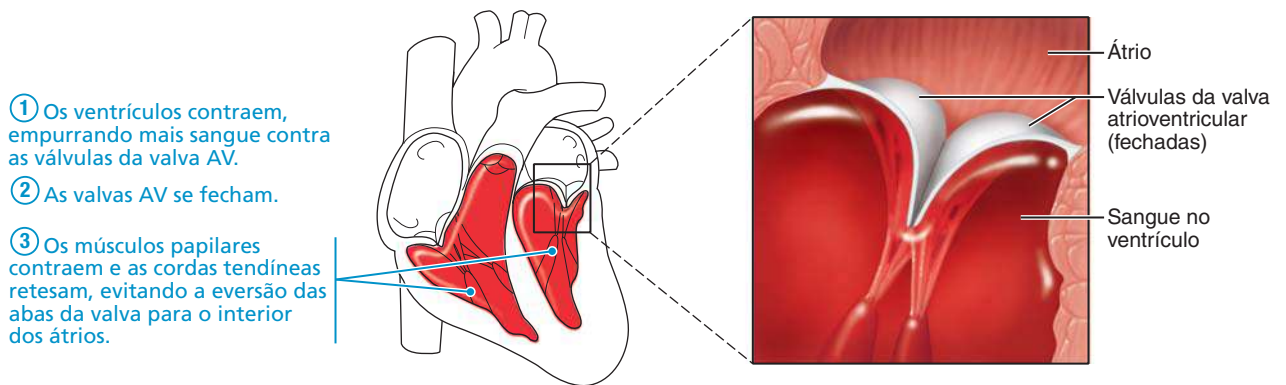
músculos papilares começam a contrair ligeiramente antes do restante do ventrículo, tracionando as cordas tendíneas e impedindo a eversão das valvas AV (Figura 19.7b). Se as válvulas não estivessem presas dessa maneira, elas seriam empurradas para o interior dos átrios.

As válvulas *semilunares* da aorta e no tronco pulmonar evitam o refluxo do sangue das grandes arté-

rias para dentro dos ventrículos (Figura 19.8, p. 595). Quando os ventrículos contraem e aumentam a pressão intraventricular, essas valvas forçosamente se abrem e suas válvulas são achatadas contra as paredes arteriais à medida que o sangue passa por elas. Quando os ventrículos relaxam, o sangue que tende a refluir para o coração enche as válvulas semilunares e obriga-as a fechar.



(a) Válvas AV abertas; a pressão atrial é maior que a pressão ventricular



(b) Válvas AV fechadas; a pressão atrial é menor que a pressão ventricular

Figura 19.7 Função das válvulas atrioventriculares.

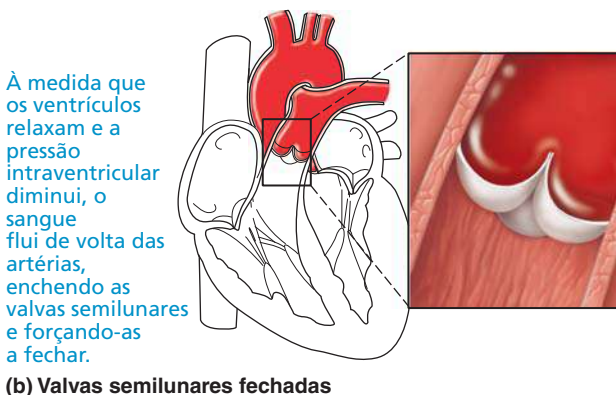
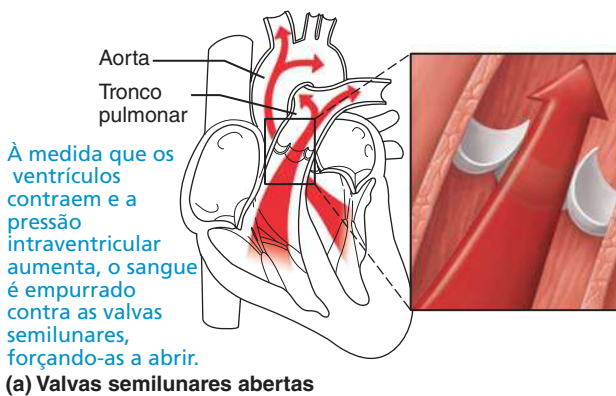


Figura 19.8 Função das válvulas semilunares.

Bulhas cardíacas

O fechamento das válvulas provoca vibrações no sangue adjacente e nas paredes cardíacas as quais contribuem para os sons familiares de “lub-dub” de cada batimento cardíaco: o som “lub” é produzido pelo fechamento das válvulas AV no início da contração ventricular; o “dub” resulta do fechamento das válvulas semilunares no final da contração ventricular. A válvula AV esquerda fecha um pouco antes da válvula AV direita e a válvula da aorta geralmente fecha logo antes da válvula do tronco pulmonar. Devido a essas ligeiras diferenças de sincronização, os sons das quatro válvulas são discerníveis quando o clínico ausculta o coração através de um estetoscópio colocado na parede anterior do tórax.

Embora as quatro válvulas cardíacas se situem aproximadamente no mesmo plano (ver Figura 19.6a) — o plano do sulco coronário —, o clínico não as ausculta posicionando diretamente o estetoscópio sobre elas, pois os sons adotam caminhos oblíquos através das câmaras cardíacas até chegarem à parede do tórax. Cada válvula é mais bem auscultada perto de uma margem cardíaca diferente: a válvula do tronco pulmonar perto do ponto esquerdo superior, a válvula da aorta perto do ponto direito superior, a válvula AV esquerda no ápice e a válvula AV direita perto do ponto direito inferior (**Figura 19.9**, p. 596). Bulhas cardíacas anormais indicam transtornos das válvulas cardíacas.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Transtornos valvares Os defeitos das valvas cardíacas são comuns e têm uma série de causas, variando de anomalias congênitas e genéticas até um suprimento sanguíneo inadequado para as valvas (devido a um ataque cardíaco) e uma infecção bacteriana do endocárdio. Os defeitos valvares levam a transtornos valvares, sendo a maioria classificada em dois tipos. As valvas que vazam por não fecharem adequadamente são consideradas **incompetentes** (também se diz que exibem **insuficiência**). Uma valva incompetente produz um sopro distinto após seu fechamento. Por outro lado, as valvas com aberturas estreitadas, como ocorre quando as válvulas se fundiram ou se tornaram enrijecidas por depósitos de cálcio, são chamadas **estenosadas**. As valvas enrijecidas não conseguem abrir adequadamente. A estenose da valva da aorta produz um som de clique durante a sístole ventricular quando o sangue que passa pela abertura constricta se torna turbulento e vibra. As valvas incompetentes e estenosadas reduzem a eficiência do coração e, assim, aumentam sua carga de trabalho; com isso, o coração pode ficar seriamente enfraquecido.

A valva AV esquerda e a valva da aorta em menor grau estão envolvidas com mais frequência nos transtornos valvares porque estão sujeitas a forças maiores que resultam da contração vigorosa do ventrículo esquerdo. No **prolapso da valva AV esquerda**, uma fraqueza hereditária do colágeno na valva e nas cordas tendíneas permite que uma ou ambas as cúspides dessa valva “caiam” no átrio esquerdo durante a sístole ventricular. Esse é o transtorno valvar cardíaco mais comum (afetando 2,5% a 5% da população), sendo caracterizado por uma bulha cardíaca diferente — um clique seguido de um assobio (refluxo de sangue). A maioria dos casos é branda e inofensiva, mas os casos graves podem levar à insuficiência cardíaca ou a uma perturbação do ritmo cardíaco.

O tratamento dos transtornos valvares costuma incluir o reparo cirúrgico das valvas danificadas. Quando essa abordagem não obtém êxito, as valvas são substituídas por substitutas mecânicas ou biológicas. O tecido para as valvas biológicas é proveniente de cadáveres, suínos ou bovinos. As técnicas de substituição não são permanentes nem isentas de problemas.



(a) Valva mecânica



(b) Valva biológica

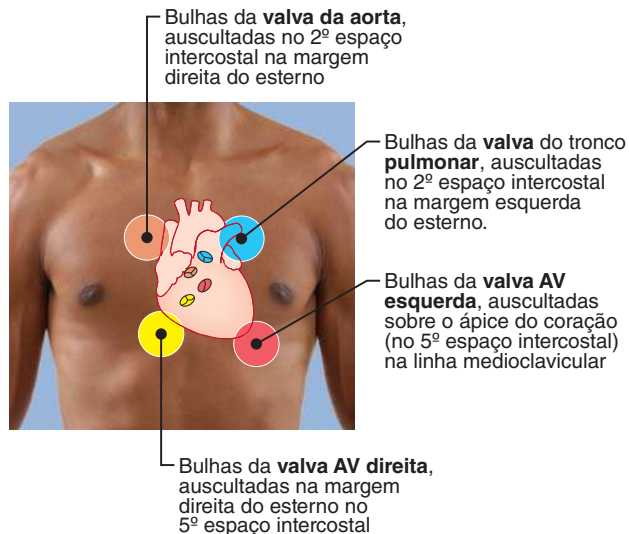


Figura 19.9 Áreas da superfície torácica onde as bulhas cardíacas são auscultadas com mais clareza.

PERCURSO DO SANGUE ATRAVÉS DO CORAÇÃO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever o trajeto do sangue através das quatro câmaras do coração e das circulações sistêmica e pulmonar.

O quadro Destaque — Fluxo sanguíneo através do coração (**Figura 19.10**) ilustra o trajeto do sangue pelos circuitos (circulações) pulmonar e sistêmico, começando pelo sangue sistêmico com baixo teor de oxigênio quando ele chega no lado direito do coração. O sangue proveniente das regiões do corpo acima do diafragma (excluindo a parede cardíaca) entra no átrio direito pela veia cava superior (VCS); o sangue que volta das regiões do corpo abaixo do diafragma entra pela veia cava inferior (VCI); e o sangue que escoia da própria parede do coração é coletado pelo átrio direito através do seio coronário. O sangue passa do átrio direito para o ventrículo direito através da valva AV direita, impelido pela gravidade e pela contração do átrio direito. Depois, o ventrículo direito contrai, impulsionando o sangue que passa pela valva do tronco pulmonar e vai do tronco pulmonar para os pulmões através da circulação pulmonar para ser oxigenado.

O sangue recém-oxigenado retorna por quatro veias pulmonares até o átrio esquerdo e passa pela valva AV esquerda, seguindo para o ventrículo esquerdo, impelido pela gravidade e pela contração do átrio esquerdo. Então, o ventrículo esquerdo contrai e impulsiona o sangue pela valva da aorta, seguindo para a aorta e seus

Destaque

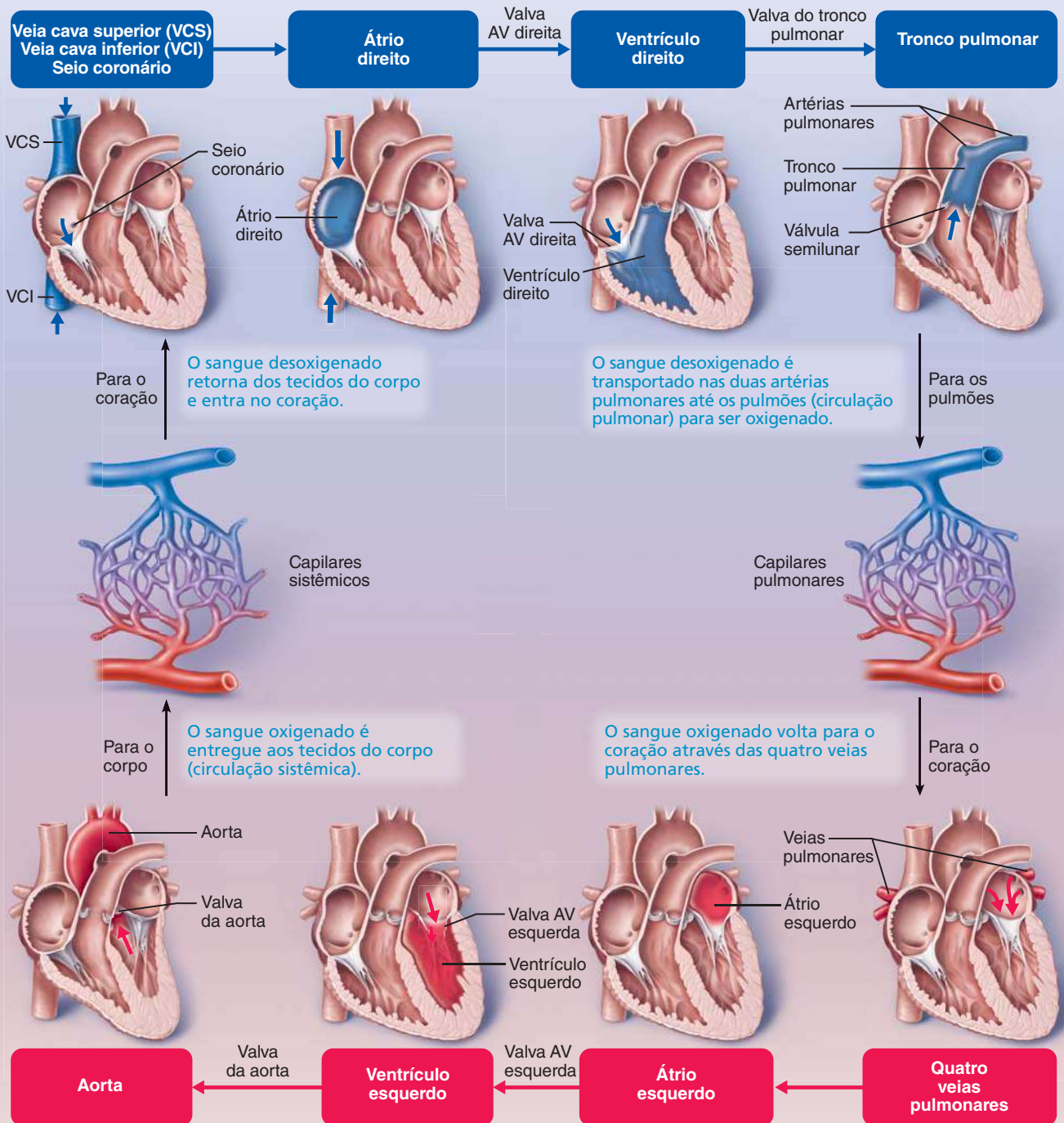
Fluxo sanguíneo através do coração

Figura 19.10

O coração é uma bomba dupla, com cada lado abastecendo seu próprio circuito.

Ambos os lados do coração bombeiam ao mesmo tempo, mas vamos acompanhar um jorro de sangue através de todo o sistema.

- Sangue desoxigenado (venoso)
- Sangue oxigenado (arterial)



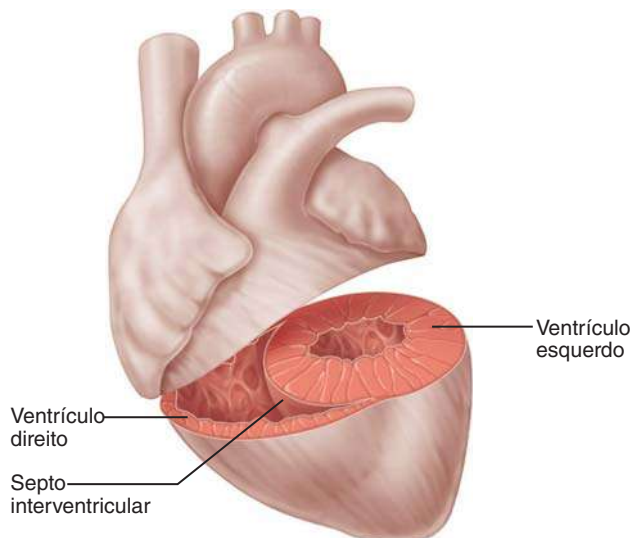


Figura 19.11 Diferenças anatômicas entre os ventrículos direito e esquerdo.

A parede circular mais espessa do ventrículo esquerdo invade a cavidade do ventrículo direito com parede mais fina, que assume a forma de uma lua crescente.

ramos. Após entregar oxigênio e nutrientes para os tecidos do corpo através dos capilares sistêmicos, o sangue desoxigenado volta pelas veias sistêmicas até o átrio direito — e o ciclo inteiro se repete continuamente.

Embora determinada gota de sangue passe sequencialmente pelas câmaras cardíacas (uma câmara depois da outra), as quatro câmaras não contraem nessa ordem. Pelo contrário, os dois átrios sempre contraem *juntos*, seguidos pela contração simultânea dos dois ventrículos.

Uma única sequência de contração atrial seguida por contração ventricular chama-se **batimento cardíaco**, e o coração de uma pessoa normal em repouso bate 70-80 vezes por minuto. O termo que descreve a contração da câmara cardíaca é **sístole** (“contração”); o tempo durante o qual uma câmara cardíaca está relaxada e se enche de sangue se chama **diástole** (“expansão”). Assim, os átrios e os ventrículos submetem-se à sístole e à diástole. No entanto, saiba que no uso médico comum a diástole e a sístole se referem com mais frequência ao enchimento e à contração ventricular, respectivamente. Por exemplo, uma leitura da pressão arterial mede a pressão sistólica ventricular em relação à pressão diastólica ventricular (sistólica/diastólica) na circulação sistêmica, ou seja, no ventrículo esquerdo. Como o ventrículo está relaxado durante a diástole, a elevação da pressão durante essa parcela do batimento cardíaco é um sintoma de hipertensão (alta pressão arterial).

Agora que você sabe como o coração bombeia o sangue, está pronto para compreender por que as paredes musculares de suas diferentes câmaras têm espessu-

ras diversas. As paredes dos átrios são muito mais finas do que as dos ventrículos (Figura 19.5e), pois grande parte do enchimento ventricular é feita por gravidade e, assim, os átrios exercem pouco esforço para impelir o sangue para baixo nos ventrículos. A parede do ventrículo esquerdo (a bomba sistêmica) é pelo menos três vezes mais espessa que a do ventrículo direito (a bomba pulmonar) (Figura 19.11). Consequentemente, o ventrículo esquerdo consegue gerar muito mais força do que o direito e bombeia sangue em uma pressão muito maior. A pressão maior na circulação sistêmica reflete o fato de que esse circuito é muito mais longo do que a circulação pulmonar e oferece uma resistência maior ao fluxo sanguíneo. A parede espessa do ventrículo esquerdo confere a essa câmara sua forma circular e achata a cavidade do ventrículo direito adjacente na forma de uma lua crescente.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Cardiomiopatia hipertrófica A *cardiomiopatia hipertrófica* é uma condição herdada na qual a parede do ventrículo esquerdo (sobretudo o septo interventricular) é anormalmente espessa e composta de células musculares desorganizadas. Como a luz do ventrículo esquerdo é pequena demais para abrigar todo o sangue que volta para ele, a pressão arterial na circulação pulmonar é elevada. Além disso, o miocárdio gravemente espessado torna-se isquêmico porque não consegue obter oxigênio suficiente dos vasos coronários que o abastecem. O exercício pode provocar desmaio, dor torácica e até mesmo morte súbita.

✓ Verifique seu conhecimento

- 6. Para onde vai o sangue depois de passar pela valva da aorta? Esse sangue é oxigenado ou desoxigenado?
- 7. Durante a sístole ventricular, as valvas AV estão abertas ou fechadas? As valvas semilunares estão abertas ou fechadas durante esse período?
- 8. Diferencie uma valva estenosada de uma valva incompetente.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TECIDO MUSCULAR CARDÍACO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura do tecido muscular cardíaco;
- ▶ apresentar a estrutura dos discos intercalados e discutir sua importância na contração do músculo cardíaco.

Até agora, descrevemos a anatomia do coração e como essas estruturas funcionam para movimentar o sangue através do órgão. Para compreendermos como o coração produz as contrações vigorosas, precisamos examinar a estrutura do tecido muscular cardíaco.

Estrutura do músculo cardíaco

O **tecido muscular cardíaco** forma o miocárdio espesso da parede do coração. Ele contém células musculares cardíacas e os tecidos conjuntivos que as circundam. As contrações das células do músculo cardíaco bombeiam sangue através do coração e dos vasos sanguíneos do sistema circulatório. O tecido muscular cardíaco, assim como o tecido muscular esquelético, é estriado e contrai por meio do mecanismo dos filamentos deslizantes.

Ao contrário da célula muscular esquelética, que é longa, multinucleada e em forma de cilindro, a célula muscular cardíaca é curta e ramificada (Figura 19.12a) com um ou dois núcleos grandes localizados no centro. Cada célula tem em média 25 μm de diâmetro e 120 μm de comprimento. As células musculares cardíacas adja-

centes são unidas em suas extremidades para formar redes celulares. Essas redes ramificadas de células musculares cardíacas são denominadas *miofibrilas cardíacas*.

As junções complexas que unem as células musculares cardíacas se chamam **discos intercalares** (“inseridos entre”). Nessas junções, os sarcolemas das células adjacentes entrelaçam-se por meio de “projeções” intercaladas, como uma caixa de ovos vazia empilhada dentro de outra (Figura 19.12b). Os discos intercalares possuem duas regiões distintas: a parte transversal contém junções similares a desmosomos, chamadas **zônulas de adesão**, que unem as células adjacentes e transmitem a força contrátil para estas últimas. As regiões longitudinais contêm junções comunicantes que permitem que os íons passem entre as células, transmitindo o sinal contrátil para as células adjacentes. O movimento livre dos íons entre as células permite a transmissão direta de

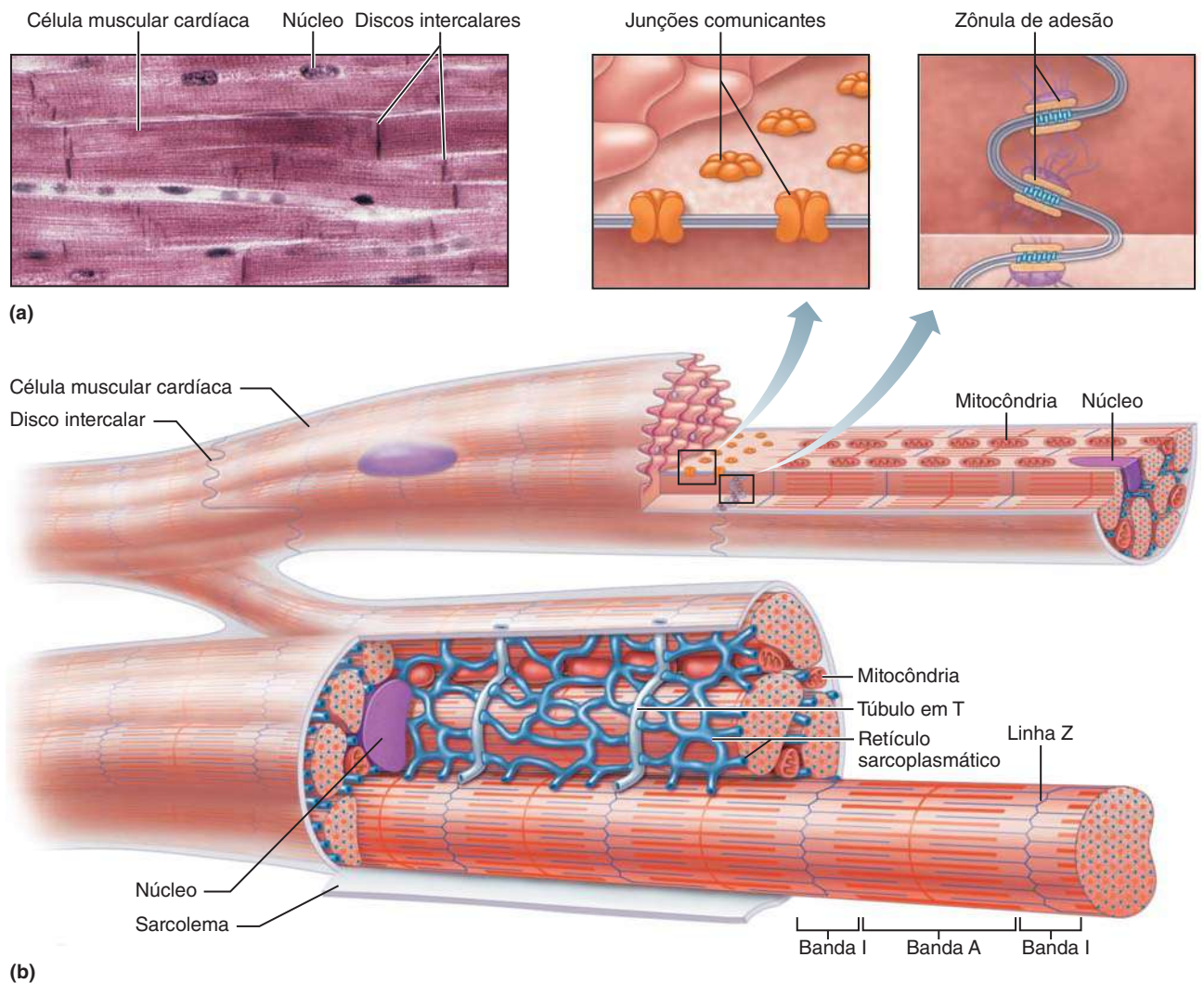


Figura 19.12 Anatomia microscópica do músculo cardíaco. (a) Fotomicrografia do tecido muscular cardíaco (290 \times). Repare que as células musculares cardíacas são curtas, ramificadas e estriadas. As áreas de coloração escura são discos intercalares, junções entre as células adjacentes. (b) Diagrama de uma célula muscular cardíaca parcialmente seccionada e ampliações do disco intercalares.

um impulso elétrico através de toda a rede de células musculares cardíacas. Esse impulso, por sua vez, estimula todas as células musculares cardíacas em uma câmara do coração (átrios ou ventrículos) a contraírem ao mesmo tempo.

Nos espaços intracelulares em volta de cada miofibrila cardíaca há um tecido conjuntivo frouxo, o *endomísio*, que ajuda a unir as fibras cardíacas adjacentes e contém os vasos e nervos que atendem às células musculares. Grupos de miofibrilas cardíacas formam os feixes musculares cardíacos no miocárdio (Figura 19.4). Os tecidos conjuntivos que circundam as miofibrilas cardíacas se misturam com o esqueleto fibroso do coração e, assim, funcionam na ancoragem das células musculares e na transmissão das forças contráteis produzidas pelas células musculares, de modo similar às origens e inserções tendíneas dos músculos esqueléticos.

As células musculares cardíacas estriadas contêm miofibrilas com sarcômeros típicos compostos de bandas A e I, bandas H, titina e linhas Z e M (Figura 19.12b e Figura 19.13). As estrias são menos evidentes no tecido muscular cardíaco do que no tecido muscular esquelético, especialmente quando visualizadas por um microscópio de luz, devido à ramificação das miofibrilas e à grande abundância de mitocôndrias em torno delas (Figura 19.13). As mitocôndrias abundantes produzem grandes quantidades de ATP pelo metabolismo aeróbico: assim, o músculo cardíaco é altamente resistente à fadiga.

Mecanismo de contração

O mecanismo molecular para a contração do músculo cardíaco é similar ao do músculo esquelético. As células

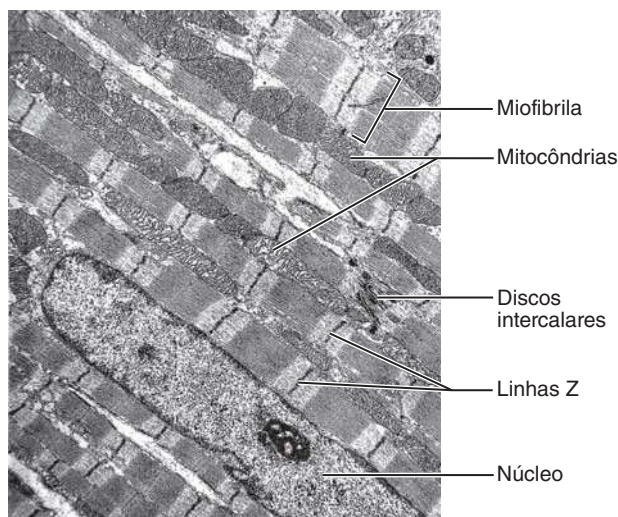


Figura 19.13 Eletronmicrografia de transmissão de parte de uma célula muscular cardíaca. Repare no grande número de mitocôndrias entre cada miofibrila e no tamanho irregular dessas miofibrilas (7.500×).

musculares cardíacas são avisadas para contrair pelo cálcio iônico (Ca^{2+}) que entra no sarcoplasma. Em resposta a um potencial de ação, uma pequena quantidade de Ca^{2+} do fluido tecidual extracelular entra na célula muscular cardíaca através do sarcolema. Esse aumento no cálcio intracelular sinaliza o retículo sarcoplasmático para liberar seu Ca^{2+} armazenado. Esses íons difundem-se nos sarcômeros e desencadeiam o deslizamento dos filamentos. A reabsorção do cálcio pelo retículo sarcoplasmático encerra a contração. Em comparação com o músculo esquelético, o retículo sarcoplasmático das células musculares cardíacas é menos complexo e os túbulos T (sobre o músculo esquelético, recorde que os túbulos T são invaginações do sarcolema que transmitem sinais elétricos profundamente na célula) são menos abundantes — ocorrendo nas linhas Z em vez de nas junções entre as bandas A-I (Figura 19.12b e Tabela 10.2, p. 266-267).

Assim como no músculo esquelético, a quantidade de força que as células musculares cardíacas conseguem gerar depende de seu tamanho. Significativamente, essas células permanecem em geral um pouco *menores* do que seu comprimento ideal. Portanto, quando são alongadas por um maior volume de sangue retornando para o coração, sua força de contração aumenta e elas conseguem bombear o sangue adicional.

Ao contrário das células do tecido muscular esquelético, nem todas as células do tecido muscular cardíaco são inervadas. Na verdade, uma célula muscular cardíaca isolada vai contrair ritmicamente sem qualquer inervação. Essa periodicidade inerente às células do músculo cardíaco é a base do batimento cardíaco rítmico, como explicaremos a seguir.

COMPLEXO ESTIMULANTE DO CORAÇÃO³ E INERVAÇÃO

Objetivo de aprendizagem:

- conhecer o nome dos componentes do complexo estimulante do coração e descrever a via de condução.

Complexo estimulante do coração

As células musculares cardíacas têm uma habilidade intrínseca para gerar e conduzir impulsos elétricos que as estimulam a contrair de forma rítmica. Essas propriedades são inerentes ao próprio músculo cardíaco e não dependem de impulsos nervosos extrínsecos. Mesmo que todas as conexões nervosas para o coração sejam cortadas, o coração continua a bater ritmicamente. Talvez você se lembre de ter removido o coração batendo de um sapo dissecado em sua aula de Biologia na escola.

O **complexo estimulante** do coração é formado por uma série de células musculares cardíacas especializa-

³ Nota do revisor técnico: de acordo com a nomenclatura anatômica, esse termo substitui “sistema de condução” por traduzir melhor o conjunto de pequenas estruturas responsáveis pela produção e condução de estímulos cardíacos.

das que transportam impulsos por toda a musculatura cardíaca, sinalizando as câmaras do coração para contraírem na sequência adequada. Ele também inicia cada sequência de contração, estabelecendo assim a frequência cardíaca básica.

O impulso que sinaliza cada batimento cardíaco começa no **nó sinoatrial (SA)** (Figura 19.14, ①), uma massa de células musculares em forma de lua crescente situada na parede do átrio direito, imediatamente abaixo da entrada da veia cava superior. O nó SA estabelece a frequência cardíaca básica gerando 70-80 impulsos elétricos por minuto. É o marca-passo do coração. O sinal iniciado pelo nó SA espalha-se por todo o miocárdio através de sinapses nos discos intercalares.

Partindo do nó SA, os impulsos espalham-se em uma onda ao longo das fibras musculares cardíacas dos átrios, sinalizando esses átrios para contraírem. Alguns desses impulsos percorrem a **via internodal** até o **nó atrioventricular (AV)** na parte inferior do septo interatrial, onde são atrasados por uma fração de segundo (Figura 19.14, ②). Após esse atraso, os impulsos correm pelo **fascículo atrioventricular (AV)** (antigo *feixe de His*), que entra no septo interventricular e se divide nos **ramos direito e esquerdo**, ou *crura* (“pernas”). Aproximadamente meio caminho abaixo do septo, os ramos

do feixe terminam nos **ramos subendocárdicos** (antes denominados fibras de Purkinje), que se aproximam do ápice do coração e depois viram na direção superior para as paredes ventriculares (Figura 19.14, ③-⑤). Essa organização garante que a contração dos ventrículos comece no ápice do coração e siga superiormente para que o sangue ventricular seja ejetado nas grandes artérias. O breve atraso dos impulsos de contração-sinalização no nó AV permite que os ventrículos se encham completamente antes de começarem a contrair. Como o esqueleto cardíaco fibroso entre os átrios e os ventrículos não tem capacidade de condução, ele evita que os impulsos na parede atrial avancem diretamente para a parede ventricular. Em consequência, apenas os sinais que passam pelo nó AV podem prosseguir.

O exame da anatomia microscópica do complexo estimulante do coração revela que as células dos nós e do fascículo AV são pequenas, mas, fora isso, são células musculares cardíacas típicas. Os ramos subendocárdicos, por outro lado, são uma fileira longa de células especiais, em forma de barril e de grande diâmetro. Essas células musculares contêm relativamente poucos miofilamentos, pois elas são mais adaptadas para a condução do que para a contração. Seu diâmetro grande maximiza a velocidade de condução dos impulsos. Essa rede de células condutoras está situada na parte mais

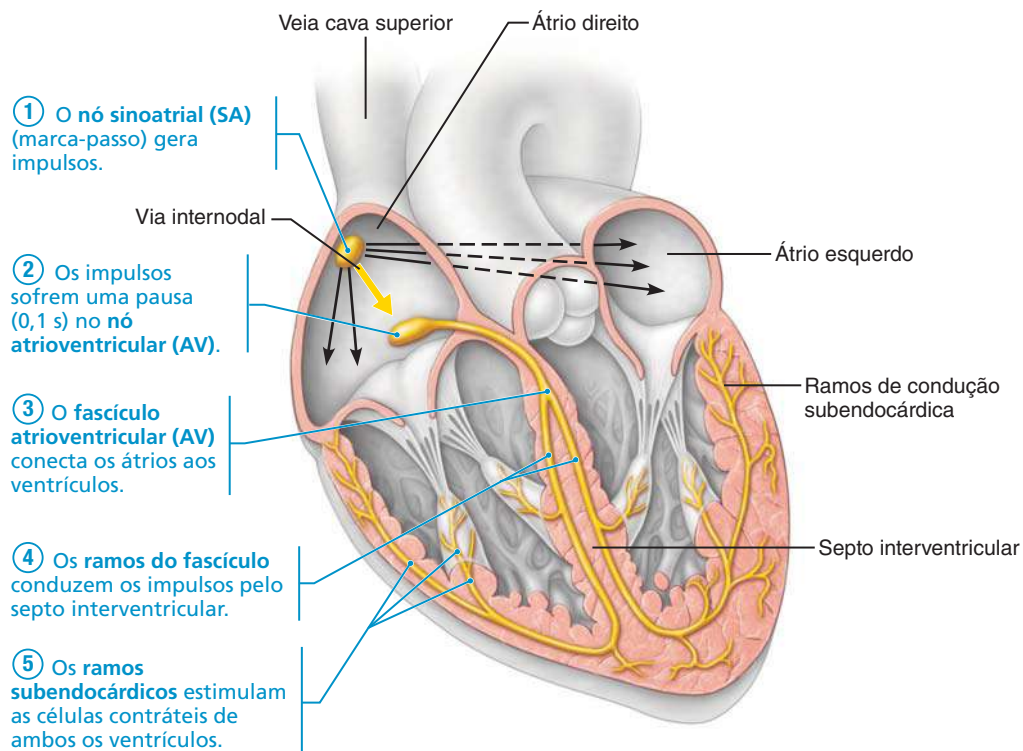


Figura 19.14 Complexo estimulante do coração. Esse sistema consiste em células musculares cardíacas especializadas, e não em nervos.

profunda do endocárdio ventricular, entre as camadas do endocárdio e do miocárdio.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Danos ao complexo estimulante Como os átrios e os ventrículos são isolados eletricamente uns dos outros pelo esqueleto fibroso do coração inerte, a única rota para a transmissão de impulsos dos átrios para os ventrículos é através do nó AV e do fascículo AV. Portanto, o dano a qualquer um deles, chamado **bloqueio cardíaco**, interfere na capacidade dos ventrículos de receber os impulsos que ditam o ritmo.

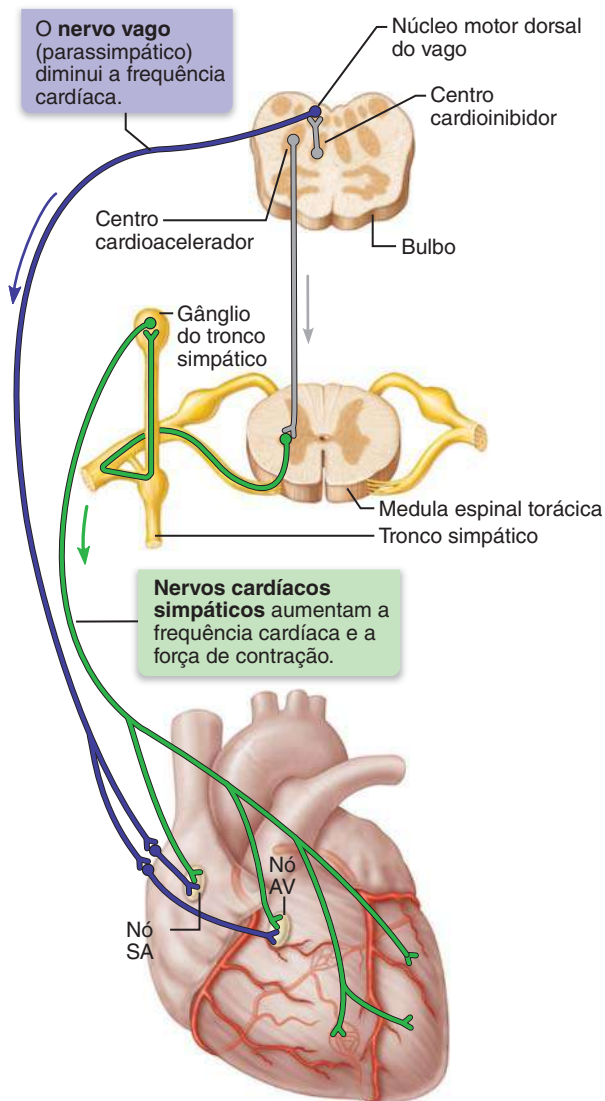
Sem esses sinais, os ventrículos batem em uma frequência intrínseca mais lenta que a dos átrios — e lenta demais para manter a circulação adequada. Nesses casos, normalmente se implanta um marca-passo artificial configurado para descarregar na frequência adequada. Para outras condições envolvendo danos ao complexo estimulante, ver a seção sobre transtornos do coração (p. 596).

Inervação

Embora a frequência de contração inerente ao coração seja estabelecida pelo nó SA, ela pode ser alterada por controles neurais extrínsecos (Figura 19.15). Os nervos que atendem o coração consistem em fibras *sensitivas viscerais*, fibras *parassimpáticas* e fibras *simpáticas*. Todos eles passam pelo plexo cardíaco na traqueia antes de entrar no coração (Figura 15.5, p. 491).

- Os nervos **parassimpáticos** direcionados para o coração surgem como ramificações do nervo vago no pescoço e no tórax. A inervação parassimpática **diminui a frequência cardíaca** e restringe-se aos nós SA e AV e às artérias coronárias.
- Os nervos **simpáticos** seguem para o coração partindo dos gânglios da cadeia cervical e torácica superior (Figura 15.8, p. 497). As fibras simpáticas inervam as mesmas estruturas que as fibras parassimpáticas — o nó SA, o nó AV e as artérias coronárias. Além disso, as fibras simpáticas projetam-se para a musculatura cardíaca em todo o coração. A inervação simpática do coração **augmenta a frequência cardíaca e a força de contração**.

O estímulo autônomo para o coração é controlado pelos *centros cardíacos* na formação reticular do bulbo (p. 395). No bulbo, o **centro cardioinibidor** influencia os neurônios parassimpáticos, enquanto o **centro cardioacelerador** influencia os neurônios simpáticos. Esses centros cardíacos, por sua vez, são influenciados por regiões mais altas do cérebro, como o hipotálamo, a substância cinzenta periaquedutal, o corpo amigdalóide e o córtex da ínsula (discutidos no Capítulo 13).



■ Fibras parassimpáticas ■ Fibras simpáticas ■ Interneurônios

Figura 19.15 Inervação autônoma do coração.

✓ Verifique seu conhecimento

9. Qual é a importância das sinapses nos discos intercalados?
10. O que é o marca-passo cardíaco e onde está situado? Que tipo de tecido forma as estruturas do complexo estimulante do coração?
11. De que modo os nervos autônomos que inervam o coração influenciam a função desse órgão?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

SUPRIMENTO SANGUÍNEO DO CORAÇÃO

Objetivo de aprendizagem:

- descrever a localização das artérias coronárias e das veias do coração em sua superfície.

Artérias coronárias

Embora o coração seja preenchido com sangue, as paredes cardíacas são espessas demais para obter nutrientes pela difusão desse sangue confinado. Assim, o suprimento sanguíneo para as paredes musculares e os tecidos do coração é fornecido pelas *artérias coronárias* direita e esquerda (Figura 19.16a). Essas artérias sistêmicas surgem na parte ascendente da aorta e seguem pelo sulco coronário.

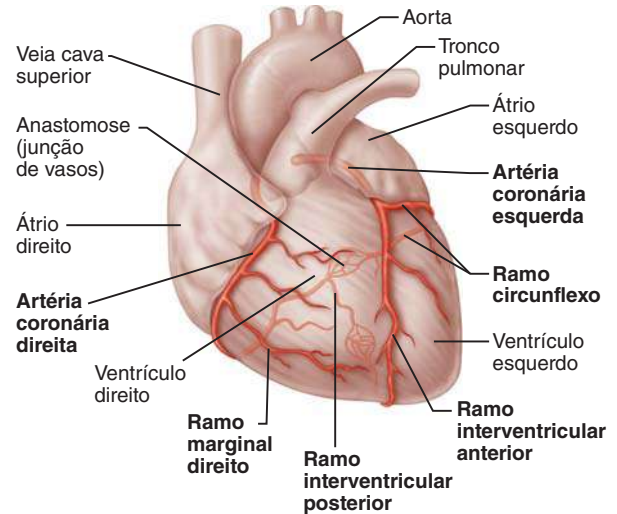
A **artéria coronária esquerda (ACE)** origina-se no lado esquerdo da aorta, passa pela face posterior do tronco pulmonar e depois se divide em dois ramos: *interventricular anterior* e *circunflexo*. O **ramo interventricular anterior**, também denominado *artéria descendente anterior (ADA)*, desce no sulco interventricular anterior, na direção do ápice do coração. Esse vaso emite ramos que irrigam o septo interventricular e as paredes dos ventrículos. O **ramo circunflexo (Cx)** acompanha posteriormente o sulco coronário e irriga o átrio esquerdo e a parte posterior do ventrículo esquerdo.

A **artéria coronária direita (ACD)** surge no lado direito da aorta e desce no sulco coronário, na face anterior do coração, entre o átrio direito e o ventrículo direito. Na margem inferior do coração, ela ramifica-se e fornece o **ramo marginal**. Continuando na parte posterior do sulco coronário, a artéria coronária direita emite, no sulco interventricular posterior, um grande **ramo interventricular posterior**. Clinicamente, esse vaso é também chamado *artéria descendente posterior (ADP)*. A artéria coronária direita e seus ramos irrigam o átrio direito e grande parte do ventrículo direito.

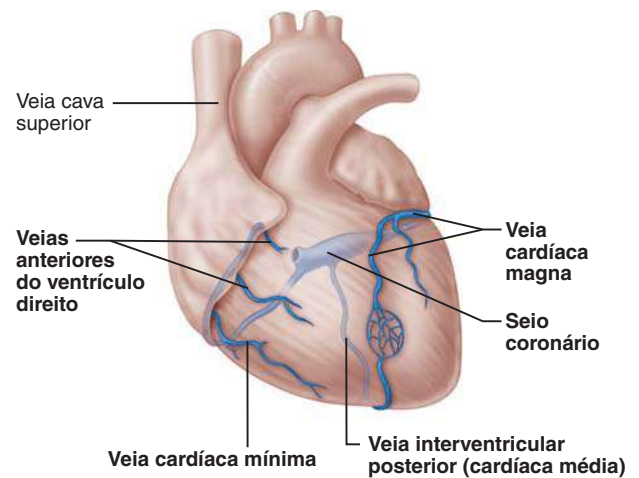
A organização das artérias coronárias varia consideravelmente entre os indivíduos. Por exemplo, em aproximadamente 15% das pessoas, a artéria coronária esquerda origina *ambas* as artérias interventriculares. Em outras pessoas (4%), uma única artéria coronária surge na aorta e abastece o coração inteiro.

Veias do coração

As **veias do coração**, que transportam sangue desoxigenado da parede cardíaca para o átrio direito, também ocupam os sulcos na superfície do coração (Figura 19.16b). A maior dessas veias, o **seio coronário**, encontra-se na parte posterior do sulco coronário e devolve quase todo o sangue venoso do coração para o átrio direito. Existem três grandes tributárias drenando no seio coronário: a **veia cardíaca magna**⁴ no sulco interventricular anterior, a **veia interventricular posterior**⁵ no sulco interventricular posterior e a **veia cardíaca mínima** que segue ao longo da margem direita inferior do coração. A superfície anterior do ventrículo direito contém várias **veias anteriores do ventrículo direito** horizontais que se esvaziam diretamente no átrio direito.



(a) Principais ramos das artérias coronárias



(b) Principais veias do coração

Figura 19.16 Circulação coronariana. Em ambas as ilustrações, os vasos de cor clara situam-se no aspecto mais posterior do coração.

TRANSTORNOS DO CORAÇÃO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ definir doença arterial coronariana, insuficiência cardíaca e fibrilação atrial e ventricular.

Doença arterial coronariana

A aterosclerose é um acúmulo de depósitos de gordura no revestimento interno das artérias que pode bloquear o fluxo sanguíneo através delas (ver p. 644 para mais detalhes). Quando a aterosclerose afeta as artérias coronárias, ela provoca a **doença arterial coronariana (DAC)**, na qual as artérias que abastecem o coração ficam mais estreitas ou bloqueadas (ver Figura 1.12, p. 17). Um sintoma comum dessa doença é a **angina de peito** (“peito sufocado”), dor torácica causada pela

4 Nota do revisor técnico: a veia tributária da veia cardíaca magna no sulco interventricular anterior é a veia interventricular anterior.

5 Nota do revisor técnico: a veia interventricular posterior é também conhecida como veia cardíaca média.

oxigenação inadequada das células musculares cardíacas, que enfraquecem, mas não morrem. Embora a dor da angina normalmente seja consequência direta da hipóxia tecidual, ela também pode resultar de espasmos induzidos por estresse das artérias coronárias ateroscleróticas. As crises de angina ocorrem com mais frequência durante o exercício, quando o coração em contração vigorosa pode necessitar de mais oxigênio do que as artérias coronárias estreitadas podem fornecer. A crise de angina deve ser considerada um sinal de alerta de outras condições mais graves. A prevenção e os tratamentos da DAC são descritos na **ANÁLISE APROFUNDADA**.

Se o entupimento de uma artéria coronária for mais completo ou prolongado, as células musculares cardíacas privadas do oxigênio morrem — uma condição chamada **infarto do miocárdio**, ou ataque cardíaco. Poucas experiências são mais assustadoras do que um ataque cardíaco: uma dor aguda atinge o peito na velocidade de um raio (e às vezes o braço esquerdo e o lado esquerdo do pescoço) e não recua. A morte decorrente de parada cardíaca ocorre quase imediatamente em cerca de um terço dos casos. Os ataques do coração matam diretamente (devido ao enfraquecimento severo do coração) ou indiretamente (em razão das perturbações do ritmo cardíaco provocadas pelos danos ao complexo estimulante).

O tecido muscular cardíaco não possui as células satélite do músculo esquelético. Ele não se regenera de modo eficaz e, portanto, o dano ao miocárdio decorrente de um ataque cardíaco é irreversível. Foram identificadas no miocárdio células-tronco do músculo cardíaco e há provas de que as células musculares cardíacas sofrem renovação no ser humano, mas em uma taxa muito baixa — menos de 1% anualmente. Injeções de células-tronco cardíacas e células-tronco da medula óssea nos corações dos pacientes cardíacos exibiram algum sucesso na substituição do tecido cardíaco danificado por tecido muscular cardíaco novo e na melhoria da função cardíaca. Esses tratamentos, em fase inicial de testes, mostram-se promissores.

Para muitas pessoas, um ataque cardíaco indolor, porém fatal, é o primeiro e único sintoma claro de doença arterial coronariana. Esses indivíduos são vítimas da **isquemia silenciosa**, uma condição na qual o fluxo sanguíneo para o coração é interrompido com frequência, exatamente como na angina, mas sem qualquer dor para fornecer um alerta. A isquemia silenciosa, que também pode ocorrer em alguns sobreviventes de ataque cardíaco, é detectada por meio da medida do ritmo cardíaco em eletrocardiografia (ECG) durante o exer-

cício, um procedimento chamado teste de esforço progressivo (ou teste de esteira).

Insuficiência cardíaca

A **insuficiência cardíaca** é um enfraquecimento progressivo do coração, que não consegue satisfazer a demanda de bombeamento do sangue e, assim, não dá conta das necessidades de sangue oxigenado do corpo. Essa condição pode decorrer do enfraquecimento dos ventrículos (danificados, por exemplo, por um ataque cardíaco), da incapacidade dos ventrículos de se encherem completamente durante a diástole (por exemplo, em consequência de estenose da valva AV esquerda) ou do transbordamento dos ventrículos (por exemplo, devido à estenose ou insuficiência da valva da aorta). No entanto, na maioria das vezes a insuficiência cardíaca congestiva é a causa desse enfraquecimento progressivo.

Na **insuficiência cardíaca congestiva**, o coração aumenta muito, enquanto sua eficiência diminui progressivamente. Essa condição afeta 5 milhões de norte-americanos e vem sendo cada vez mais frequente.⁶ Sua causa é desconhecida. Uma hipótese é que ela pode envolver um ciclo de realimentação positivo destrutivo: um coração inicialmente enfraquecido faz que a parte simpática do sistema nervoso o estimule a bater mais forte. Essa maior demanda enfraquece ainda mais o coração, o que novamente provoca a estimulação simpática, e assim por diante.

Uma condição chamada **hipertensão arterial pulmonar** é o aumento e, às vezes, a insuficiência definitiva do ventrículo direito resultante da pressão arterial elevada na circulação pulmonar. O bloqueio ou a constrição dos vasos nos pulmões aumentam a resistência ao fluxo sanguíneo, o que eleva a pressão arterial e obriga o ventrículo direito a trabalhar mais intensamente. Embora as causas agudas da hipertensão pulmonar possam se desenvolver subitamente depois de uma embolia nos vasos pulmonares, as causas crônicas em geral estão associadas a doenças pulmonares crônicas, como o enfisema.

Transtornos do complexo estimulante do coração

Esta seção trata de um tipo de *arritmia* — uma variação do ritmo normal dos batimentos cardíacos — chamada *fibrilação*.

Na **fibrilação ventricular**, os ventrículos são incapazes de bombear sangue para as artérias porque o disparo rápido e aleatório de impulsos elétricos dentro do músculo cardíaco ventricular impede a contração coordenada do ventrículo. Os ventrículos com fibrilação podem ser comparados a um saco de vermes trêmulos.

⁶ Nota do editor: estima-se que haja no Brasil cerca de 6,4 milhões de portadores de insuficiência cardíaca. Dados do SUS indicam que a ICC é a primeira causa cardiovascular de hospitalização. Dados do Ministério da Saúde, de 2003, revelaram 203.893 internações por insuficiência cardíaca congestiva.

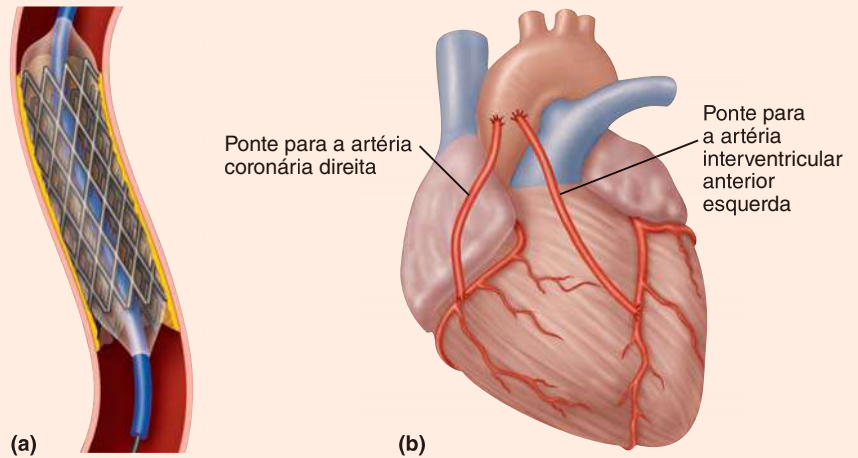
Doença arterial coronariana

Ao sair para sua caminhada matinal, Bárbara, de 63 anos, começou a sentir dores agudas no peito. A dor passou quando ela se sentou e descansou. Seu pensamento imediato foi um ataque cardíaco. Uma incursão na sala de emergência mostrou que felizmente não houve danos ao músculo cardíaco. Bárbara sofreu uma crise de angina, um sinal claro de doença arterial coronariana (DAC), provocada por um acúmulo de placas de gordura (aterosclerose) nas artérias coronárias, resultando em menor suprimento sanguíneo para o miocárdio do coração e redução na função cardíaca.

Uma vez detectada a DAC, o primeiro passo é reduzir os fatores de risco por meio da mudança do estilo de vida. Os fatores de risco incluem pressão arterial elevada, tabagismo, colesterol alto, diabetes, inatividade e história familiar da doença. As mudanças na dieta e a rotina de exercícios são fundamentais. A medicação pode ser necessária para controlar os fatores de risco, diminuir a carga de trabalho no coração e aumentar o fluxo sanguíneo através dos vasos coronarianos.

Quando a medicação e as mudanças no estilo de vida são inadequadas para manter o suprimento sanguíneo para o coração, podem ser necessárias intervenções cirúrgicas. Durante muitos anos, a revascularização do miocárdio foi a única intervenção disponível. A primeira revascularização ocorreu em 1967 e era um tratamento padrão, embora arriscado, que exigia uma grande cirurgia. Outros tratamentos menos invasivos foram desenvolvidos nos últimos 25 anos.

A angioplastia (angioplastia coronariana transluminal percutânea, ACTP), desenvolvida no final dos anos 1970, é feita pela inserção de um cateter no braço ou na perna do paciente, passando-o pelas artérias até atingir a artéria coronária blo-



(a) Angioplastia com inserção de um stent. (b) Revascularização do miocárdio realizada em dois vasos, cirurgia de *bypass* duplo.

queada. Quando o cateter chega ao bloqueio, um balão localizado em sua ponta é inflado para exercer pressão na parede do vaso que contém a placa. Essa pressão comprime a placa e aumenta o diâmetro da luz do vaso, melhorando o fluxo sanguíneo para o miocárdio.

Esse procedimento revolucionou o tratamento da DAC. No entanto, em alguns casos a angioplastia enfraqueceu a parede do vaso coronariano, provocando o colapso da artéria coronária após o balão desinflar. Em 1993, o uso de *stents* para evitar o colapso arterial e a reincidência do entupimento foi aprovado pelo Food and Drug Administration (FDA). Depois da abertura da artéria com a angioplastia de balão, um tubo de malha metálica, chamado *stent de metal exposto* (BMS, do inglês *bare metal stent*), é inserido na artéria no local do bloqueio (ver Figura a). O *stent* serve como armação para manter aberta a luz arterial. Medicamentos anticoagulantes são prescritos durante pelo menos seis meses após a inserção do *stent*, a fim de diminuir o risco de trombose.

Os *stents* aumentaram a taxa de sucesso da angioplastia; no entanto,

a reincidência da estenose, o espessamento da parede do vaso em resposta ao *stent*, continua a ser um desafio para alguns pacientes. As células endoteliais e as células musculares lisas da parede crescem e se dividem. Isso, junto com a inflamação, resulta no espessamento da parede arterial e na diminuição do fluxo sanguíneo através da artéria.

Os *stents* farmacológicos, aprovados pela primeira vez em 2003, liberam medicamentos lentamente, que interrompem várias partes do ciclo celular. Essas substâncias evitam que as células na parede do vaso proliferem em resposta ao *stent* e, assim, impedem a reincidência da estenose.

Esses procedimentos de cateterismo são muito menos invasivos do que a cirurgia de revascularização do miocárdio (*ponte*) e são tratamentos adequados para muitos indivíduos. No entanto, alguns pacientes podem ter um resultado melhor com um procedimento de revascularização do miocárdio. Na revascularização do miocárdio, vasos de outra parte do corpo são utilizados para redirecionar o sangue para o coração. A parte de um vaso é removida de seu local

ANÁLISE APROFUNDADA

original e enxertada entre a aorta e a parede cardíaca, fornecendo uma rota alternativa para o sangue até o músculo cardíaco (ver Figura b). Os vasos utilizados frequentemente na cirurgia de revascularização são a artéria torácica interna (mamária); a

veia safena (da perna) e a artéria radial (do antebraço).

Contudo, o sucesso a longo prazo de qualquer um desses tratamentos depende das mudanças no estilo de vida do paciente. O maior conhecimento acerca da importância dessas

mudanças e o aperfeiçoamento da intervenção médica, tanto farmacológica quanto cirúrgica, influenciaram a prevenção e o prognóstico para viver com a doença arterial coronariana.

A fibrilação ventricular resulta de um complexo estimulante avariado e é a causa mais comum de parada cardíaca e morte súbita nos pacientes com o coração danificado pela doença arterial coronariana.

Na **fibrilação atrial**, várias ondas de impulsos circulam dentro do miocárdio atrial, estimulando aleatoriamente o nó AV, que então sinaliza os ventrículos para contraírem de maneira rápida e irregular. A resultante falta de movimento estável do sangue através do coração pode promover a formação de coágulos, cujas partes podem se romper, chegar ao cérebro e provocar AVCs. As fibrilações geralmente são descontínuas, ocorrendo em episódios caracterizados por palpitações (sensação de batimentos cardíacos indevidamente rápidos e irregulares), ansiedade, fadiga e falta de ar. A causa dessa condição, que afeta 5% dos indivíduos acima dos 65 anos de idade e 10% dos indivíduos acima dos 75 anos de idade, é desconhecida, mas costuma estar associada a doença arterial coronariana ou doença valvar cardíaca. A perturbação intermitente do ritmo pode ser identificada pelo monitoramento com ECG durante a atividade normal, um procedimento chamado ECG ambulatorial ou monitoramento de Holter. O tratamento costuma incluir terapia medicamentosa e administração de anticoagulantes.

✓ Verifique seu conhecimento

- 12. Qual vaso fornece sangue para o ventrículo esquerdo?
- 13. Quais são os fatores de risco para a doença arterial coronariana? Cite um sintoma comum desse transtorno.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

O CORAÇÃO AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ explicar como o coração se desenvolve e descrever alguns defeitos cardíacos congênitos;
- ▶ mencionar alguns efeitos do envelhecimento sobre o coração.

Desenvolvimento do coração

Clinicamente, é importante compreender o desenvolvimento do coração, já que as anomalias cardíacas congênitas correspondem a quase metade de todas as mortes decorrentes de defeitos de nascença. Um em cada 150 recém-nascidos possui algum defeito cardíaco congênito.

Todos os vasos sanguíneos começam como condensações do mesênquima mesodérmico, chamadas ilhotas sanguíneas (Capítulo 18, p. 581). Subsequentemente, as ilhotas sanguíneas destinadas a se tornar o coração se formam no mesoderma esplâncnico em volta da futura cabeça e do futuro pescoço do disco embrionário. O coração dobra-se perfeitamente na região do tórax quando o disco embrionário plano se destaca do saco vitelino para assumir sua forma corporal tridimensional aproximadamente no 20º ou 21º dia (esse dobramento é descrito na p. 56).

Quando o coração embrionário chega ao tórax pela primeira vez, ele é um par de tubos endoteliais na linha média do corpo. Esses tubos fundem-se em um único tubo por volta do 20º dia (**Figura 19.17a**). O coração começa a bombear aproximadamente no 22º dia, momento em que quatro protuberâncias se desenvolveram ao longo do tubo cardíaco (Figura 19.17b). Essas protuberâncias são os primórdios das câmaras cardíacas e não são pareadas. Da cauda para a cabeça, seguindo a direção do fluxo sanguíneo, as quatro câmaras são *seio venoso*, *átrio*, *ventrículo* e *bulbo cardíaco*:

1. **Seio venoso.** Essa câmara, que recebe inicialmente todo o sangue das veias do embrião, vai se tornar a parte de parede lisa do átrio direito e o seio coronário; ela também origina o nó sinoatrial. Além disso, evidências recentes indicam que o seio venoso contribui para a parede traseira do átrio *esquerdo* (que deriva principalmente das bases das veias pulmonares em desenvolvimento).
2. **Átrio.** Essa câmara embrionária torna-se as partes com cristas dos átrios direito e esquerdo — especificamente, as partes revestidas por músculos pectíneos.

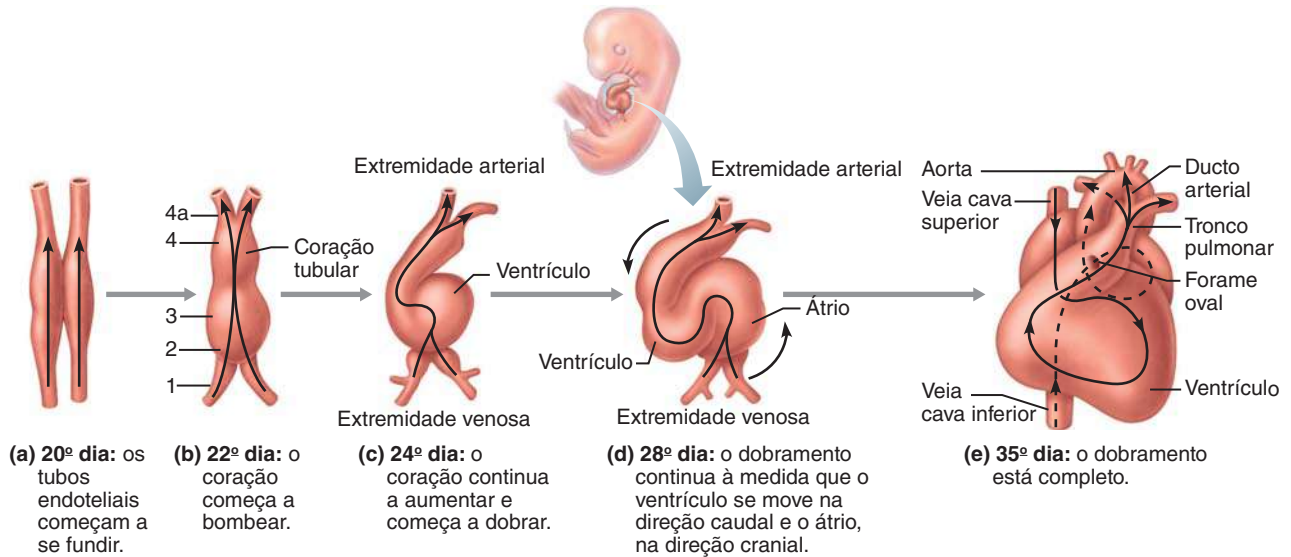


Figura 19.17 Desenvolvimento do coração. Vistas ventrais, com a parte cranial no topo das figuras. As setas mostram a direção do fluxo sanguíneo. Os dias são aproximados. Em (b), 1 é o seio venoso; 2, o átrio; 3, o ventrículo; 4, o bulbo cardíaco; e 4a, o tronco arterial.

- 3. Ventrículo.** O ventrículo embrionário, a câmara de bombeamento mais forte do coração primordial, origina o ventrículo *esquerdo*.
- 4. Bulbo cardíaco.** Dessa câmara e de sua extensão mais cranial (o *tronco arterioso*), surgem o tronco pulmonar e a primeira parte da aorta. O bulbo cardíaco também origina o ventrículo *direito*.

No momento em que essas câmaras aparecem, o coração começa a se dobrar em forma de S (Figura 19.17c e d). O ventrículo se move na direção caudal e o átrio, na direção cranial, assumindo suas posições adultas. Esse dobramento ocorre porque o ventrículo e o bulbo cardíaco crescem rapidamente e o coração é incapaz de acomodar o aumento dentro do confinamento do saco pericárdico.

Durante o segundo mês de desenvolvimento, o coração divide-se em suas quatro câmaras definitivas por meio da formação de seu septo e das valvas da linha média. Essas estruturas originam-se de coxins cardíacos que são espessamentos regionais do endocárdio, o revestimento interno da parede cardíaca. Por exemplo, a maior parte do septo interatrial forma-se pelo crescimento na direção caudal a partir da parede craniodorsal do coração, e a maior parte do septo interventricular forma-se pelo crescimento na direção cranial a partir da parede craniodorsal do coração. Além disso, as células da crista neural (p. 54 e 55) migram para a área onde o átrio encontra o ventrículo. Essas células contribuem para o desenvolvimento das valvas cardíacas e para as bases do tronco pulmonar e da parte ascendente da aorta, as duas grandes artérias formadas pela divisão do bulbo cardíaco. Esses eventos do segundo mês são tão complexos que a orquestração perfeita nem sempre acontece, resultando em defeitos do desenvolvimento.

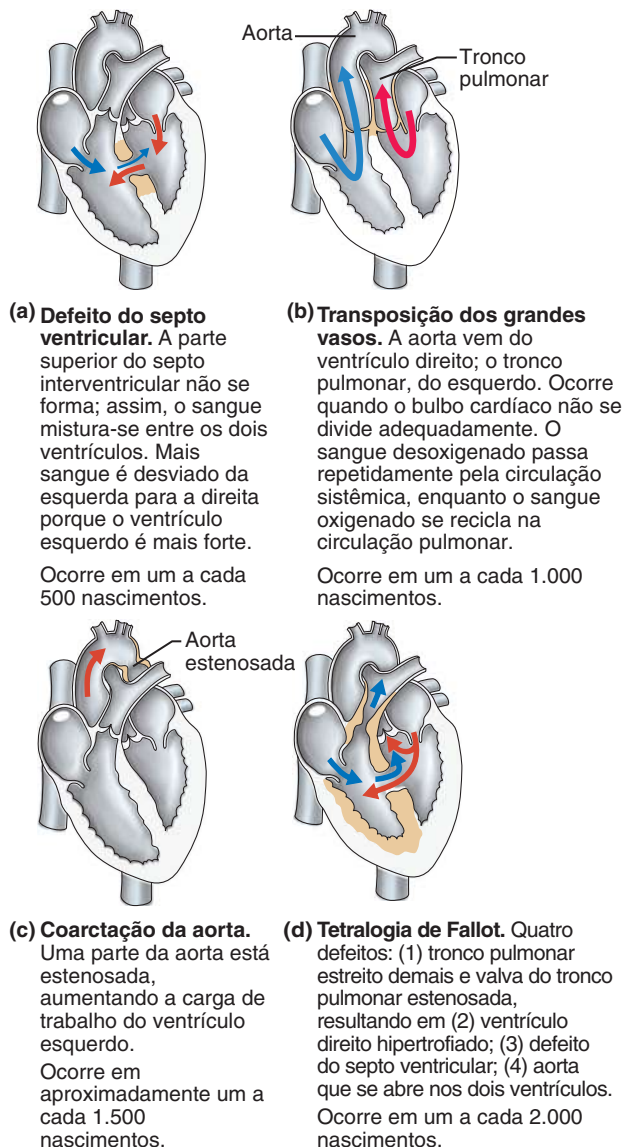
A maioria dos outros detalhes do desenvolvimento do coração está além do escopo deste livro, mas uma

coisa deve ser mencionada: os dois átrios permanecem interconectados por um orifício no septo interatrial — o forame oval do coração — até o nascimento, momento em que esse orifício se fecha e se transforma na fossa oval (Figura 19.5c). O forame oval desempenha um papel importante na circulação do sangue antes do nascimento e é discutido na seção sobre circulação fetal no próximo capítulo (p. 647).

A maior parte dos defeitos cardíacos congênitos comuns provém do segundo mês de desenvolvimento. O mais comum deles é o **defeito do septo ventricular (Figura 19.18a)**, no qual a região superior (cranial) do septo interventricular não se forma, deixando uma comunicação entre os dois ventrículos. À medida que você estudar esse e os outros defeitos apresentados (Figura 19.18b e c), repare que eles produzem dois tipos básicos de efeitos nos recém-nascidos: o sangue inadequadamente oxigenado chega aos tecidos do corpo porque o sangue sistêmico desoxigenado se mistura com o sangue pulmonar oxigenado; ou os ventrículos trabalham com uma carga maior devido ao estreitamento das valvas e vasos; ou, então, ocorrem ambos os efeitos. As técnicas cirúrgicas modernas geralmente conseguem corrigir esses defeitos congênitos.

O coração na idade adulta e na velhice

Na ausência de problemas cardíacos congênitos, um coração resistente costuma funcionar bem a vida toda. Nos indivíduos que se exercitam de modo regular e vigoroso, o coração adapta-se gradualmente à maior demanda, aumentando sua resistência e tamanho. O exercício aeróbico também ajuda a limpar os depósitos de gordura das paredes dos vasos coronarianos, retardando assim o processo de aterosclerose. Salvo

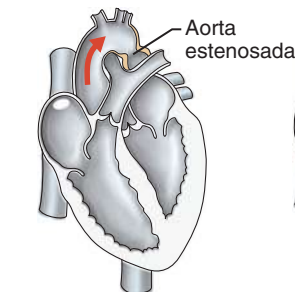


(a) Defeito do septo ventricular. A parte superior do septo interventricular não se forma; assim, o sangue mistura-se entre os dois ventrículos. Mais sangue é desviado da esquerda para a direita porque o ventrículo esquerdo é mais forte.

Ocorre em um a cada 500 nascimentos.

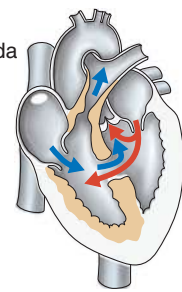
(b) Transposição dos grandes vasos. A aorta vem do ventrículo direito; o tronco pulmonar, do esquerdo. Ocorre quando o bulbo cardíaco não se divide adequadamente. O sangue desoxigenado passa repetidamente pela circulação sistêmica, enquanto o sangue oxigenado se recicla na circulação pulmonar.

Ocorre em um a cada 1.000 nascimentos.



(c) Coarctação da aorta. Uma parte da aorta está estenosada, aumentando a carga de trabalho do ventrículo esquerdo.

Ocorre em aproximadamente um a cada 1.500 nascimentos.



(d) Tetralogia de Fallot. Quatro defeitos: (1) tronco pulmonar estreito demais e valva do tronco pulmonar estenosada, resultando em (2) ventrículo direito hipertrofiado; (3) defeito do septo ventricular; (4) aorta que se abre nos dois ventrículos.

Ocorre em um a cada 2.000 nascimentos.

Figura 19.18 Defeitos cardíacos congênitos. Os defeitos são exibidos de acordo com a frequência relativa de sua ocorrência, do mais para o menos frequente. As áreas em bege indicam a localização dos defeitos.

algumas doenças crônicas, essa resposta benéfica ao exercício persiste na velhice.

As mudanças relacionadas à idade que afetam o coração incluem:

- 1. Endurecimento e espessamento das válvulas das valvas cardíacas.** Essas mudanças ocorrem particularmente nas valvas sujeitas às pressões arteriais mais elevadas (mitral e da aorta). Assim, as bulhas cardíacas anormais são mais comuns nas pessoas idosas.
- 2. Declínio na reserva cardíaca.** Embora a passagem dos anos pareça provocar poucas mudanças na frequência cardíaca em repouso, o coração envelhecido é mais lento para aumentar seu débito para bombear mais sangue. O controle simpático do coração fica menos eficiente e a frequência cardíaca torna-se gradualmente mais variável. A frequência cardíaca máxima diminui, embora esse problema seja muito menos grave nos idosos fisicamente ativos.
- 3. Fibrose do músculo cardíaco.** Quando uma pessoa envelhece, cada vez mais células cardíacas morrem e são substituídas por tecido cicatricial fibroso. Essa fibrose, que é muito mais ampla nos homens do que nas mulheres, diminui a quantidade máxima de sangue que o coração consegue bombear por unidade de tempo. Além disso, com o envelhecimento das membranas das células musculares, a fibrose atrapalha o início e a transmissão dos impulsos de contração-sinalização, levando a ritmos cardíacos anormais e a outros problemas de condução.

✓ Verifique seu conhecimento

- 14. De que modo a formação incompleta do septo interventricular altera o fluxo sanguíneo através do coração?
- 15. Qual câmara do coração é formada a partir do ventrículo embrionário?
- 16. Qual é o fator mais importante para manter um coração saudável por toda a vida?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Assistolia Incapacidade de o coração contrair-se.

Cardiomiopatia Qualquer doença do miocárdio que reduza a capacidade de bombeamento do coração.

Cateterismo cardíaco Procedimento de diagnóstico no qual um cateter fino (sonda) é passado por um vaso sanguíneo na superfície do corpo até chegar ao coração. O teor de oxigênio no sangue, a pressão arterial e o fluxo sanguíneo são medidos e as estruturas do coração podem ser visualizadas. Os achados ajudam a

detectar problemas com as valvas cardíacas, deformidades e outras avarias do coração.

Ecocardiografia Imagem de ultrassom do coração; utilizada não só para a geração de imagens, mas também para medir o fluxo sanguíneo através do coração.

Endocardite Inflamação do endocárdio, normalmente confinada ao endocárdio das valvas cardíacas. A endocardite costuma resultar de infecção por bactérias que entraram na corrente sanguínea, mas pode se originar de infecções fúngicas ou de uma resposta autoimune.

Viciados em drogas podem desenvolver endocardite ao se injetarem com agulhas contaminadas. Além disso, as bactérias podem entrar no corpo de uma pessoa durante os procedimentos dentários de rotina e a perfuração das orelhas.

Miocardite Inflamação do miocárdio do coração. Às vezes surge após uma infecção estreptocócica não tratada nas crianças; pode ser extremamente grave, já que

pode enfraquecer o coração e prejudicar sua capacidade de bombeamento do sangue.

Percussão É o ato de bater na parede do tórax ou do abdome com a ponta dos dedos e utilizar a natureza dos sons resultantes para estimar a localização, a densidade e o tamanho dos órgãos subjacentes. A percussão da parede do tórax pode ser empregada para estimar o tamanho do coração de um paciente.

RESUMO DO CAPÍTULO

MyHealthLab

Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. O coração é uma bomba dupla: o lado direito bombeia sangue para os pulmões visando à sua oxigenação e o lado esquerdo bombeia sangue por todo o corpo visando à nutrição dos tecidos do corpo; isto é, o lado direito é a bomba da circulação pulmonar e o esquerdo é a bomba da circulação sistêmica.
2. As quatro câmaras do coração são os átrios direito e esquerdo (câmaras de recebimento) e os ventrículos direito e esquerdo (câmaras de bombeamento).

LOCALIZAÇÃO E ORIENTAÇÃO DENTRO DO TÓRAX (p. 586-587)

3. O coração humano – cuneiforme e do tamanho aproximado de um punho fechado – situa-se obliquamente dentro do mediastino. Seu ápice é voltado anteriormente e para a esquerda. Sua base é sua face posterior.
4. Partindo de uma vista anterior, diz-se que o coração possui quatro margens. (A localização dos quatro pontos das margens é descrita na p. 586).

ESTRUTURA DO CORAÇÃO (p. 588-593)

Revestimentos (p. 588)

5. O pericárdio confina o coração. Ele consiste em uma camada superficial (pericárdio fibroso e lâmina parietal do pericárdio seroso) e uma camada mais profunda que recobre a superfície do coração (lâmina visceral do pericárdio seroso, ou epicárdio). A cavidade do pericárdio entre as duas camadas contém fluido seroso lubrificante.

Camadas da parede cardíaca (p. 588-589)

6. As camadas da parede cardíaca, da externa para a interna, são o epicárdio, o miocárdio (que consiste em tecido muscular cardíaco) e o endocárdio (endotélio e tecido conjuntivo).

Câmaras cardíacas (p. 589-593)

7. Na superfície externa do coração, vários sulcos separam as quatro câmaras cardíacas: o sulco coronário e os sulcos interventriculares anterior e posterior. Internamente, os lados direito e esquerdo do coração são separados pelos septos interatrial e interventricular.

8. O átrio direito tem as seguintes características: aurícula direita e músculos pectíneos na face; uma parte posterior de parede lisa; crista terminal; aberturas do seio coronário e veias cavas superior e inferior; e fossa oval.
9. O ventrículo direito tem as seguintes características: trabéculas cárneas, músculos papilares, cordas tendíneas e valva atrioventricular direita (tricúspide). A valva do tronco pulmonar situa-se na base do tronco pulmonar.
10. O átrio esquerdo tem uma região posterior grande e de parede lisa na qual se abrem as quatro veias pulmonares. Na face anterior, sua aurícula é revestida por músculos pectíneos.
11. O ventrículo esquerdo, assim como o direito, contém músculos papilares, cordas tendíneas, trabéculas cárneas e uma valva atrioventricular esquerda (mitral). A valva da aorta situa-se na base da aorta.

VALVAS CARDÍACAS (p. 593-596)

Estrutura das valvas (p. 593)

12. As quatro valvas cardíacas são as valvas atrioventriculares (tricúspide e mitral) e as valvas da aorta e do tronco pulmonar semilunares. Todas elas, exceto a valva AV esquerda, possuem três válvulas.
13. O esqueleto fibroso do coração circunda as valvas entre os átrios e os ventrículos. Ele prende as válvulas das valvas, é o ponto de inserção da musculatura cardíaca e bloqueia a disseminação direta dos impulsos elétricos dos átrios para os ventrículos.

Função das valvas (p. 593-595)

14. As valvas atrioventriculares impedem o refluxo do sangue para os átrios durante a contração dos ventrículos. As válvulas semilunares do tronco pulmonar e da aorta evitam o refluxo para os ventrículos durante o relaxamento destes.

Bulhas cardíacas (p. 595-596)

15. Utilizando um estetoscópio, os médicos conseguem ouvir os sons produzidos pelo fechamento das valvas atrioventriculares e semilunares. Cada valva é mais bem auscultada em um ponto do coração diferente na parede do tórax anterior (ver Figura 19.9).

PERCURSO DO SANGUE ATRAVÉS DO CORAÇÃO (p. 596-598)

16. O sangue circula ao longo do seguinte percurso: átrio direito — ventrículo direito — circulação pulmonar — átrio esquerdo — ventrículo esquerdo — circulação sistêmica — átrio direito.

17. Em cada batimento cardíaco, os dois átrios contraem-se juntos, seguidos pela contração simultânea de ambos os ventrículos.
18. A parede do ventrículo esquerdo é mais espessa do que a do ventrículo direito, resultando em uma pressão mais elevada na circulação sistêmica.

TECIDO MUSCULAR CARDÍACO (p. 598-600)

Estrutura do músculo cardíaco (p. 599-600)

19. O tecido muscular cardíaco forma o miocárdio espesso da parede cardíaca. Ele contém células musculares cardíacas e tecidos conjuntivos que circundam essas células.
20. As células musculares cardíacas são curtas, ramificadas e estriadas, com um ou dois núcleos centrais. Elas contêm miofibrilas feitas de sarcômeros típicos. O músculo cardíaco contrai pelo mecanismo dos filamentos deslizantes.
21. As células cardíacas adjacentes são conectadas por discos intercalares e formam miofibrilas cardíacas. Os discos intercalares contêm dois tipos de junções: zônula de adesão do tipo desmossomos e junções comunicantes. As junções comunicantes entre as células permitem a transmissão direta de um impulso elétrico por toda a rede de células musculares cardíacas.
22. As células musculares cardíacas possuem muitas mitocôndrias e dependem da respiração aeróbica para formar ATP. Elas são muito resistentes à fadiga.

Mecanismo de contração (p. 600)

23. A contração do músculo cardíaco é disparada pelo Ca^{2+} . Parte desse cálcio provém do fluido extracelular. O retículo sarcoplasmático e os túbulos T são um pouco mais simples do que os do músculo esquelético.
24. As células musculares cardíacas contraem em seu próprio ritmo inerente, a base do batimento cardíaco.

COMPLEXO ESTIMULANTE DO CORAÇÃO E INERVAÇÃO (p. 600-602)

Complexo estimulante do coração (p. 600-602)

25. O complexo estimulante do coração é formado por uma série de células musculares cardíacas especializadas e interconectadas que iniciam cada batimento cardíaco, estabelecem a taxa básica desses batimentos e coordenam a contração das câmaras cardíacas. O impulso que sinaliza a contração do coração sai do nó SA (o marca-passo), passa pelo miocárdio atrial e pela via internodal e chega ao nó AV, de onde segue para o fascículo atrioventricular, passa pelos ramos do fascículo, pelos ramos subendocárdicos e chega à musculatura ventricular.

Inervação (p. 602)

26. A inervação cardíaca consiste em fibras sensitivas viscerais; fibras parassimpáticas vagais, que desaceleram o coração; e fibras simpáticas, que aumentam a frequência cardíaca e a força da contração.

SUPRIMENTO SANGUÍNEO DO CORAÇÃO (p. 602-603)

Artérias coronárias (p. 603)

27. Os vasos que irrigam a parede cardíaca estão situados no sulco coronário e nos sulcos interventriculares. As artérias coronárias direita e esquerda ramificam-se na parte ascendente da aorta. A artéria coronária direita e seus ramos irrigam o átrio direito e grande parte do ventrículo direito. A artéria coronária esquerda e seus ramos irrigam o átrio esquerdo, o ventrículo esquerdo e a parede anterior do ventrículo direito.

Veias do coração (p. 603)

28. O sangue venoso, coletado pelas veias do coração (magna, média, mínima e anterior), desemboca no seio coronário, que se abre no átrio direito.

TRANSTORNOS DO CORAÇÃO (p. 603-606)

29. A doença arterial coronariana é provocada pelo bloqueio aterosclerótico das artérias coronárias e pode levar à angina de peito e ao infarto do miocárdio (ataque cardíaco). A insuficiência cardíaca é um enfraquecimento do coração, resultando em sua incapacidade de bombear o sangue com rapidez suficiente para satisfazer as necessidades do corpo. As fibrilações atriais e ventriculares são contrações rápidas, irregulares e descoordenadas das respectivas câmaras cardíacas, resultantes de danos ao complexo esmolante do coração.

O CORAÇÃO AO LONGO DA VIDA (p. 606-608)

Desenvolvimento do coração (p. 606-607)

30. O coração desenvolve-se a partir do mesoderma esplâncnico em volta da cabeça e do pescoço do disco embrionário. Quando o coração se dobra no tórax, ele é um tubo duplo que se funde em um e começa a bombear sangue (22º dia). Ele curva-se em forma de S por volta do 24º dia. Suas quatro câmaras primordiais são o seio venoso, o átrio, o ventrículo e o bulbo cardíaco.
31. As quatro câmaras cardíacas finais são definidas durante o segundo mês por meio da formação das valvas e paredes divisórias. Falhas nesse processo complexo contribuem para a maioria dos defeitos cardíacos congênitos (ver Figura 19.18).

O coração na idade adulta e na velhice (p. 607-608)

32. As alterações cardíacas relacionadas à idade incluem endurecimento e espessamento das válvulas, declínio da reserva cardíaca, fibrose do músculo cardíaco e aterosclerose.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

1. A parte mais externa do pericárdio é (a) a lâmina parietal do pericárdio seroso, (b) o pericárdio fibroso, (c) a lâmina visceral do pericárdio seroso, (d) a cavidade do pericárdio.
2. Qual câmara cardíaca forma a maior parte da face inferior do coração? (a) átrio direito, (b) ventrículo direito, (c) átrio esquerdo, (d) ventrículo esquerdo.
3. Quantas válvulas possui a valva atrioventricular direita? (a) duas, (b) três, (c) quatro.
4. A sequência de contração das câmaras cardíacas é (a) aleatória, (b) câmaras esquerdas seguidas pelas câmaras direitas, (c) ambos os átrios seguidos por ambos os ventrículos.

- culos, (d) átrio direito, ventrículo direito, átrio esquerdo, ventrículo esquerdo.
5. A veia intraventricular posterior (cardíaca média) segue com qual vaso arterial? (a) ramo marginal, (b) aorta, (c) seio coronário, (d) ramo interventricular anterior, (e) ramo interventricular posterior.
 6. A base do coração (a) é sua face posterior, (b) situa-se no diafragma, (c) é o mesmo que o seu ápice, (d) é sua margem superior.
 7. Qual das declarações seguintes está *incorreta* no que diz respeito à crista terminal do átrio direito? (a) Ela separa a parte de parede lisa da parte com músculos pectíneos. (b) Tem a forma da letra C. (c) O seio coronário e a veia cava inferior abrem-se perto de sua parte inferior. (d) Situa-se praticamente no septo interatrial.
 8. A valva da aorta fecha (a) ao mesmo tempo que a valva AV esquerda, (b) logo depois da contração atrial, (c) logo antes da contração ventricular, (d) logo depois da contração ventricular.
 9. O ventrículo do coração embrionário origina quais estruturas adultas? (a) o bulbo cardíaco, (c) os dois ventrículos, (c) o ventrículo esquerdo, (d) a aorta, (e) nenhuma dessas estruturas.
 10. Qual camada da parede cardíaca é mais espessa? (a) endocárdio, (b) miocárdio, (c) epicárdio, (d) endotélio.
 11. O ponto inferior esquerdo do coração está situado (a) na segunda costela, ligeiramente lateral ao esterno, (b) na terceira costela no esterno, (c) na sexta costela, ligeiramente lateral ao esterno, (d) no quinto espaço intercostal na linha medioclavicular.

Dissertativas

12. Benício ficou nervoso quando o professor adjunto que ordenou a sessão de debates de sua turma de anatomia disse que os átrios bombeiam sangue para os pulmões e que os ventrículos bombeiam sangue por todo o corpo. Corrija esse erro.
13. Descreva a localização do coração dentro do tórax.
14. Acompanhe o trajeto do sangue através das câmaras e valvas cardíacas e através dos circuitos vasculares básicos, do momento em que ela entra no átrio esquerdo até voltar para o átrio direito.
15. (a) Cite o nome dos elementos do complexo estimulante do coração em ordem, começando pelo marca-passo. (b) O complexo estimulante é feito de nervos? Explique. (c) Quais são as funções do complexo estimulante?
16. Esboce o coração e desenhe todos os vasos coronários em seus locais corretos. (Como alternativa, você pode localizar esses vasos em um diagrama realista do coração.)
17. Em um diagrama de um coração em corte frontal, indique a localização do esqueleto fibroso do coração.
18. Quando você visualiza a face *anterior* do coração, qual de suas quatro câmaras aparenta ser a maior?
19. Faça um desenho do coração de um adulto com os grandes vasos associados. Depois, pinte e rotule as regiões adultas que derivam de cada câmara cardíaca *embrionária*: (a) seio venoso, (b) átrio embrionário, (c) ventrículo embrionário, (d) bulbo cardíaco.

20. Quais são as diferenças estruturais entre os ventrículos direito e esquerdo e como elas refletem as diferenças funcionais?
21. Qual é o mais resistente à fadiga: o músculo cardíaco ou o músculo esquelético? Qual é a base anatômica para essa diferença e por que ela é importante?
22. Descreva a estrutura e a função de um disco intercalar.
23. Compare e diferencie a estrutura do tecido muscular cardíaco e a estrutura do tecido muscular esquelético.

Análise crítica e aplicação clínica

1. Classifique os três defeitos cardíacos congênitos — defeito do septo ventricular, coarctação da aorta e tetralogia de Fallot (Figura 19.18) — segundo o fato de produzirem (1) mistura de sangue oxigenado e desoxigenado, (2) maior carga de trabalho para os ventrículos ou (3) os dois problemas.
2. Heitor, que tem 73 anos de idade, foi internado na unidade de atendimento coronariano de um hospital com um diagnóstico de insuficiência ventricular esquerda resultante de um infarto do miocárdio. Seu ritmo cardíaco é anormal. Explique o que é um infarto do miocárdio, qual é sua causa provável e por que o ritmo cardíaco é afetado.
3. Você foi convocado para demonstrar onde se deve auscultar as bulhas cardíacas. Explique em que parte da parede do tórax você colocaria o estetoscópio para auscultar (a) a incompetência da valva da aorta e (b) a estenose da valva AV esquerda.
4. Depois de um homem ter sido esfaqueado no peito, sua face ficou azul e ele perdeu a consciência devido à falta de sangue oxigenado no cérebro. O diagnóstico foi tamponamento cardíaco em vez de perda sanguínea grave através de sangramento interno. O que é tamponamento cardíaco, como ele provocou os sintomas observados e como é tratado?
5. Um viciado em heroína sentia-se cansado, fraco e febril, com dores vagas. Finalmente, ele procurou um médico, apavorado com a possibilidade de ter contraído Aids. Em vez disso, o médico descobriu uma bulha cardíaca anormal e o diagnóstico final não foi de Aids, mas de endocardite. Qual é a maneira mais provável de o paciente ter contraído essa doença?
6. Outro paciente tinha uma bulha cardíaca anormal que indicava uma valva estenosada. Defina essa condição e diferencie-a de uma valva cardíaca incompetente.
7. Suponha que os quatro pontos do coração de um paciente, conforme revelados por uma radiografia, estejam relacionados com a caixa torácica da seguinte forma: segunda costela direita no esterno, ápice do processo xifoide, sétimo espaço intercostal lateral ao mamilo esquerdo e segunda costela esquerda no esterno. O tamanho e a posição do coração do paciente são normais?
8. Durante um ataque cardíaco letal, um coágulo sanguíneo aloja-se na primeira parte do ramo circunflexo da artéria coronária esquerda, bloqueando o fluxo sanguíneo através desse vaso. Quais regiões do coração ficarão isquêmicas e morrerão?
9. O sangue dos ventrículos é “espremido” para fora do coração a partir do ápice na direção das grandes artérias. Quais características do coração contribuem para essa sequência de contração?

Vasos sanguíneos 20



PARTE 1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS VASOS SANGUÍNEOS 613

**Estrutura das paredes
dos vasos sanguíneos** 613

Tipos de vasos sanguíneos 613

Anastomoses vasculares 620

PARTE 2 VASOS SANGUÍNEOS DO CORPO 621

Circulação pulmonar 621

Circulação sistêmica 621

Transtornos dos vasos sanguíneos 643

**Os vasos sanguíneos ao longo
da vida** 647

Os vasos sanguíneos do corpo formam um sistema de entrega fechado movido pelo bombeamento do coração. A percepção de que o sangue é bombeado em círculos remonta aos anos 1620 e se baseia nos experimentos cuidadosos de William Harvey, um médico inglês. Antes disso, acreditava-se — conforme a proposta do médico Galeno, da Grécia antiga — que o sangue se movia pelo corpo como uma maré oceânica, primeiro saindo do coração, depois refluindo para o coração através dos mesmos vasos.

Os vasos sanguíneos não são tubos rígidos que simplesmente direcionam o fluxo do sangue, mas são estruturas dinâmicas que pulsam, constroem e relaxam, e até mesmo proliferam, segundo as necessidades variáveis do corpo. Este capítulo examina a estrutura e a função dessas importantes vias circulatórias através do corpo.

▲ Eritrócitos, leucócitos e plaquetas fluindo através de um vaso sanguíneo (simulação de uma vista sob MEV).

Os três tipos principais de vasos sanguíneos são as *artérias*, os *capilares* e as *veias*. Quando o coração contrai, ele força o sangue nas grandes artérias que saem dos ventrículos. Então, o sangue se move para ramos arteriais sucessivamente menores, chegando finalmente aos ramos menores, as *arteríolas* (“pequenas artérias”), que alimentam os *capilares* dos órgãos. O sangue que sai dos capilares é coletado pelas *vênulas*, pequenas veias que se fundem e formam veias maiores, que desembocam no coração. Esse padrão de vasos se aplica tanto à circulação pulmonar quanto à circulação sistêmica. Somados, os vasos sanguíneos em um corpo humano adulto se estendem por 100.000 km, uma distância equivalente a quase duas vezes e meia a circunferência da Terra.

Diz-se que as artérias “ramificam”, “divergem” ou “bifurcam” quando levam o sangue *para fora* do coração. Por outro lado, diz-se que as veias “se juntam”, “fundem”, “convergem” ou “servem como tributários” quando levam o sangue *para o* coração.

Este capítulo é dividido em duas partes: A Parte 1 trata das características gerais dos vasos sanguíneos e a Parte 2 discute os vasos específicos nas circulações pulmonar e sistêmica.

PARTE 1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS VASOS SANGUÍNEOS

A primeira parte deste capítulo começa examinando a estrutura das paredes dos vasos sanguíneos e depois descreve a estrutura e a função de cada um deles.

ESTRUTURA DAS PAREDES DOS VASOS SANGUÍNEOS

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever as três túnicas que formam a parede de uma artéria ou veia;
- ▶ definir os “vasos dos vasos” (*vasa vasorum*).

As paredes de todos os vasos sanguíneos, exceto os muito pequenos, são compostas por três camadas distintas, ou *túnicas* — a túnica íntima, a túnica média e a túnica adventícia — que circundam o espaço central cheio de sangue, a **luz** (Figura 20.1). A descrição dessas túnicas abrange as características que são comuns às artérias e veias.

A túnica mais interna da parede de um vaso é a **túnica íntima**, que está em contato “íntimo” com o sangue em sua luz. Essa túnica contém o **endotélio**, o epitélio simples pavimentoso que reveste a luz de todos os vasos. As células endoteliais planas formam uma superfície lisa que minimiza o atrito do sangue que passa por elas. Nos vasos com mais de 1 mm de diâmetro, apro-

ximadamente, uma fina camada de tecido conjuntivo frouxo, a **camada subendotelial**, situa-se na superfície externa do endotélio.

A **túnica média** consiste principalmente em lâminas de fibras musculares lisas dispostas *circularmente*, entre as quais se situam lâminas de fibrilas de colágeno e elastina. A contração das células musculares lisas diminui o diâmetro do vaso, um processo chamado *vasoconstrição*; o relaxamento das células musculares lisas, um processo chamado *vasodilatação*, aumenta o seu diâmetro. Ambas as atividades são reguladas por *fibras nervosas vasomotoras* da parte simpática do SNA. A elastina e o colágeno contribuem com elasticidade e resistência para suportar a pressão do sangue que cada batimento cardíaco exerce sobre a parede do vaso. A túnica média é mais espessa nas artérias do que nas veias. Nas artérias, que agem na manutenção da pressão arterial, a túnica média é a camada mais espessa.

A camada externa da parede do vaso é a **túnica adventícia**, uma camada de tecido conjuntivo que contém muitas fibras de colágeno e fibras elásticas. Suas células e fibras seguem na direção *longitudinal*. Em termos funcionais, a túnica adventícia protege o vaso, reforça ainda mais a sua parede e prende esse vaso nas estruturas circundantes. As artérias e veias maiores possuem artérias minúsculas, capilares e veias em sua túnica adventícia. Esses pequenos vasos, os **vasos dos vasos**, surgem como ramificações minúsculas do mesmo vaso ou como ramificações pequenas de outros vasos vizinhos e nutrem a metade externa da parede do vaso maior (ver Figura 20.2a). A metade interna, por outro lado, obtém seus nutrientes pela difusão do sangue na própria luz do vaso. Os vasos sanguíneos pequenos não necessitam de **vaso dos vasos**, já que suas paredes são inteiramente alimentadas pelo sangue de sua luz.

TIPOS DE VASOS SANGUÍNEOS

Você vai aprender sobre três tipos de vasos sanguíneos — artérias, capilares e veias — na ordem em que o sangue flui pela circulação sistêmica ou pulmonar. A discussão começa pelas artérias.

Artérias

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ comparar e diferenciar a estrutura e as funções das artérias elásticas, artérias musculares e arteríolas.

As **artérias** são vasos que levam o sangue para fora do coração. É um mito comum considerar que *todas* as artérias transportam sangue oxigenado, ao passo que *todas* as veias transportam sangue desoxigenado. Essa afirmação está correta quando se trata

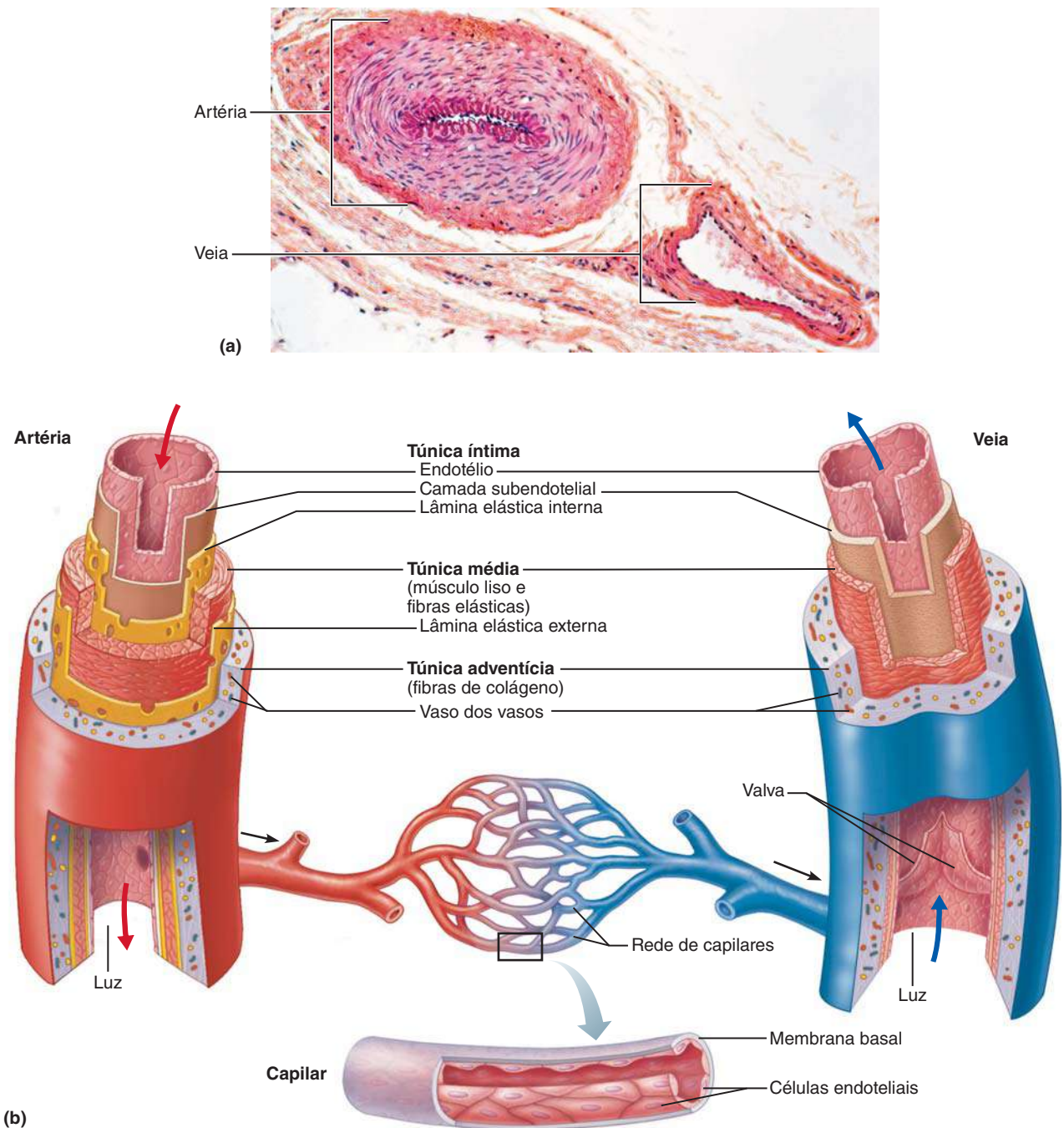


Figura 20.1 Estrutura geral das artérias, veias e capilares. (a) Fotomicrografia de uma artéria muscular e de uma veia, em corte transversal (105×). (b) Comparação da estrutura da parede das artérias, veias e capilares. A artéria tem uma parede mais espessa, uma túnica média mais espessa, uma luz mais estreita do que a da veia de tamanho similar e lâminas elásticas que não existem na veia. Por outro lado, a veia tem uma túnica adventícia mais espessa, uma luz mais ampla e valvas.

da circulação sistêmica, mas está errada quanto à circulação pulmonar, cujas artérias transportam sangue desoxigenado para os pulmões visando à sua oxigenação (ver Figura 19.1, p. 586).

A passagem do sangue pelas artérias ocorre das artérias elásticas para as musculares e depois para as arteríolas.

Artérias elásticas

As **artérias elásticas** são as maiores artérias perto do coração — a aorta e seus ramos principais — com diâmetros que variam de 2,5 cm (aproximadamente a metade do polegar) a 1 cm (ligeiramente menor que a largura do dedo mínimo). Sua luz maior permite que

elas atuam como canais de baixa resistência para conduzir o sangue entre o coração e as artérias musculares de tamanho médio. Por essa razão, as artérias elásticas às vezes são chamadas *artérias de condução*. Nas paredes dessas artérias há mais elastina do que em qualquer outro tipo de vaso, e as lâminas de elastina na túnica média são consideravelmente espessas (Figura 20.2a).

O alto teor de elastina das artérias de condução amortece as oscilações da pressão arterial resultantes das contrações rítmicas do coração. Quando o coração impulsiona o sangue para dentro das artérias, os elementos elásticos nesses vasos se expandem em resposta ao aumento na pressão arterial, armazenando efetivamente parte da energia do fluido em escoamento; depois, quando o coração relaxa, os elementos elásticos retraem, impelindo o sangue para diante. À medida que o sangue passa pelas artérias menores, há um declínio nítido tanto em sua pressão absoluta (em razão da resistência transmitida pelas paredes arteriais) quanto no tamanho da oscilação da pressão (em razão do recuo elástico das artérias recém-descrito). No momento em que o sangue chega aos capilares de paredes finas (que são frágeis demais para suportar as fortes oscilações na pressão sanguínea), a pressão é consideravelmente mais baixa e completamente estável.

Artérias musculares

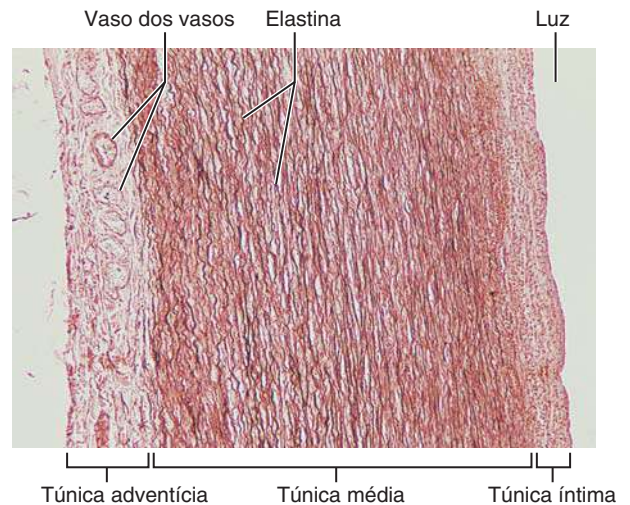
As **artérias musculares** situam-se distalmente às artérias elásticas e suprem grupos de órgãos, órgãos individuais e partes de órgãos. Essas artérias de “tamanho médio” constituem a maior parte das artérias observadas no laboratório de anatomia. Seu diâmetro varia de 1 cm a 0,3 mm (a espessura de uma ponta de lápis).

As seguintes características distinguem as artérias musculares:

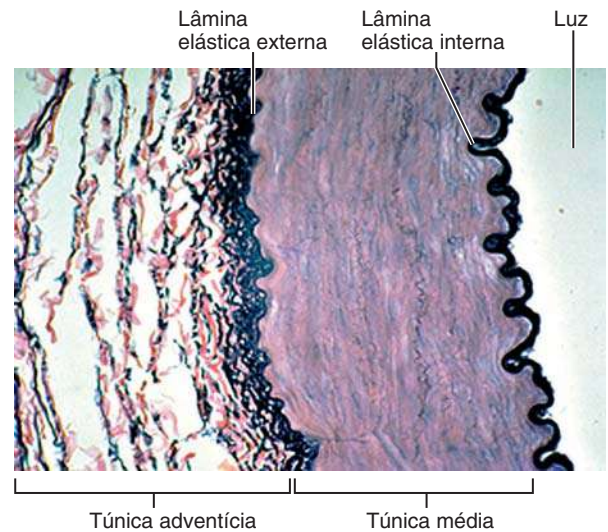
- A túnica média é mais espessa, comparada ao tamanho da luz, do que a túnica média de qualquer outro tipo de vaso (ver Figura 20.1). Ao alterar dinamicamente o diâmetro da artéria, essa camada muscular regula a quantidade de sangue que flui para um órgão, segundo as suas necessidades específicas.

Figura 20.2 Comparação da estrutura da parede arterial. (a) Corte através da parede da aorta exibindo suas camadas, com elastina (corada em marrom) abundante e os vasos dos vasos na túnica adventícia. (b) O tecido elástico nas artérias musculares forma duas camadas distintas, a lâmina elástica interna na túnica íntima e a lâmina elástica externa na túnica média. (c) Em uma arteríola, a túnica média é composta por apenas algumas camadas de células musculares lisas e a túnica íntima se reduz a células endoteliais achatadas.

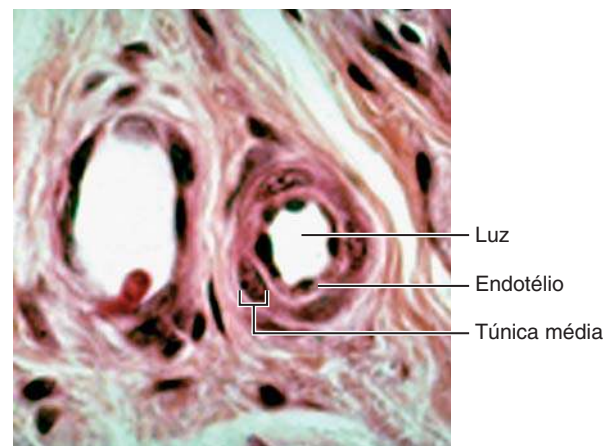
- A camada de músculo liso da túnica média das artérias musculares situa-se entre duas lâminas espessas de elastina: uma **lâmina elástica interna**, ondulada, que forma a camada externa da túnica íntima, e uma **lâmina elástica externa**, que forma a camada exter-



(a) Artéria elástica (aorta, 21x)



(b) Artéria muscular (65x)



(c) Pequena arteríola (520x)



Figura 20.3 Eritrócitos passando por um capilar (512x).

na da túnica média (Figura 20.2b). Essas membranas elásticas, além das lâminas finas de elastina encontradas dentro da túnica média, ajudam a amortecer a pressão pulsátil produzida pelo batimento cardíaco.

Arteriolas

As **arteriolas** são as menores artérias, com diâmetros que variam de 0,3 μm a 0,01 μm , aproximadamente. Sua túnica média contém apenas uma ou duas camadas de células musculares lisas. As arteriolas maiores possuem as três túnicas, além de uma rede elástica interna na túnica íntima. As arteriolas menores (Figura 20.2c), que levam aos leitos capilares, são pouco mais do que uma única camada de células musculares lisas espiraladas em torno de um endotélio subjacente.

O diâmetro de cada arteriolar é regulado de duas maneiras: (1) fatores locais nos tecidos sinalizam às células musculares lisas para contraírem ou relaxarem, regulando assim a quantidade de sangue enviada a jusante para cada leito capilar; e (2) a parte simpática do SNA ajusta o diâmetro das arteriolas do corpo inteiro para regular a pressão arterial sistêmica. Por exemplo, uma vasoconstrição simpática generalizada eleva a pressão arterial durante as respostas de lutar ou fugir (discutidas no Capítulo 15, p. 488).

Capilares

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura e a função dos capilares sinusoides e leitos capilares, além de explicar a fundamentação estrutural da permeabilidade capilar.

Os **capilares** são os menores vasos sanguíneos, com um diâmetro de 8 μm a 10 μm , que é um diâmetro suficiente para permitir a passagem dos eritrócitos enfileirados (Figura 20.3). Eles são compostos de apenas uma única camada de células endoteliais circundadas por uma membrana basal (ver Figura 20.1b). Os capilares são os vasos sanguíneos mais importantes do corpo, pois renovam e revigoram o líquido intersticial circundante (líquido intersticial, p. 83) com o qual todas as células do corpo entram em contato. Os capilares levam a esse líquido o oxigênio e os nutrientes dos quais as

células necessitam e removem o dióxido de carbono e os resíduos nitrogenados que as células depositam no líquido. Juntamente a essas funções gerais, alguns capilares também desempenham funções localizadas específicas. Nos pulmões, o oxigênio entra no sangue (e o dióxido de carbono sai do sangue) através dos capilares. Os capilares no intestino delgado recebem nutrientes da digestão; os capilares nas glândulas endócrinas captam hormônios; e os capilares nos rins removem resíduos nitrogenados do corpo. Existem três tipos de capilares: *contínuos*, *fenestrados* e *sinusoides*.

Capilares contínuos

Os capilares contínuos somáticos são o tipo de capilar mais comum, ocorrendo na maioria dos órgãos do corpo, por exemplo, nos músculos esqueléticos, na pele e no SNC (Figura 20.4a).

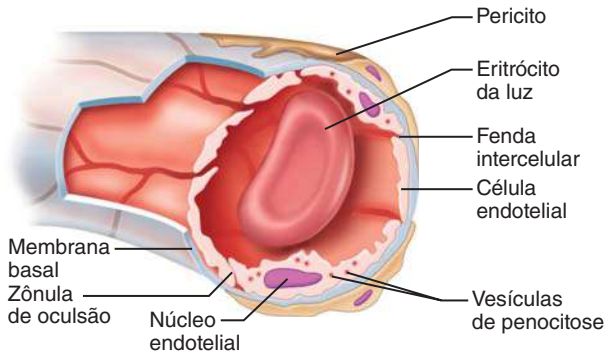
As zônulas de oclusão e desmossomos ocasionais unem as células endoteliais desses capilares. Essas junções impermeáveis impedem a passagem de moléculas pequenas (p. 77), mas não circundam todo o perímetro das células endoteliais. Existem hiatos de membrana desunida, chamados **fendas intercelulares**, que permitem a passagem de pequenas moléculas para dentro e para fora do capilar. Externamente às células endoteliais, a estrutura delicada do capilar é reforçada e estabilizada por **pericitos** (“células circundantes”) espalhados, que são células em forma de aranha cujos processos finos formam uma rede amplamente espaçada e não interferem na permeabilidade do capilar.

Capilares fenestrados

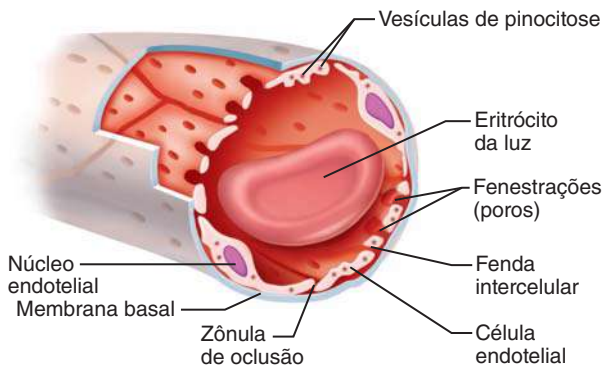
Assim como nos capilares contínuos, as células endoteliais dos capilares fenestrados (viscerais) são reunidas por zônulas de oclusão e contêm fendas intercelulares. Além disso, os capilares fenestrados possuem poros (fenestrações ou “janelas”) nas paredes das células endoteliais (Figura 20.4b). Os capilares fenestrados ocorrem apenas onde existem taxas excepcionalmente elevadas de troca de pequenas moléculas entre o sangue e o líquido intersticial circundante. Por exemplo, os capilares no intestino delgado, que recebem os nutrientes digeridos do alimento; os capilares nos glomérulos renais, que filtram o sangue; os capilares nas glândulas endócrinas, que captam os hormônios secretados; e os capilares nas membranas sinoviais das articulações, onde muitas moléculas de água saem do sangue para compor a sinóvia.

Capilares sinusoides

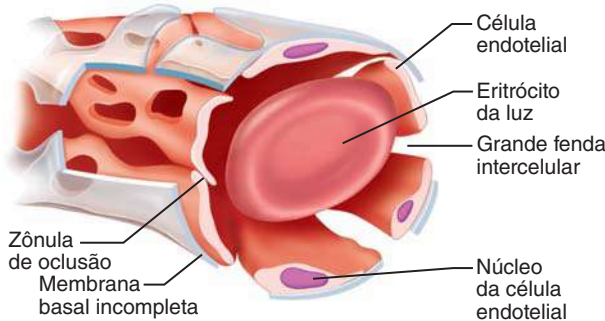
Alguns órgãos contêm capilares de maior diâmetro e permeáveis chamados **capilares sinusoides** (Figura 20.4c). De trajeto tortuoso e com regiões dilatadas e constritas, os capilares sinusoides geralmente são fenestrados e suas células endoteliais possuem menos junções celulares do que os demais capilares. Em alguns desses capilares, na verdade, as fendas intercelu-



(a) **Capilar contínuo.** Menos permeável e mais comum (por exemplo, pele, músculo).



(b) **Capilar fenestrado.** Grandes fenestrações (poros) aumentam a permeabilidade. Ocorre nas áreas de absorção ou infiltração ativa (por exemplo, rim, intestino delgado).



(c) **Capilar sinusóide.** Mais permeável. Ocorre em locais especiais (por exemplo, fígado, medula óssea, baço).

Figura 20.4 Estrutura do capilar.

lares são bem abertas. Os capilares sinusóides ocorrem sempre que há uma troca ampla de partículas *grandes*, como proteínas ou células, entre o sangue e o tecido circundante. Por exemplo, eles ocorrem na medula óssea e no baço, onde muitas células sanguíneas passam por suas paredes. O grande diâmetro e o curso tortuoso dos capilares sinusóides asseguram que o sangue desacelere quando flui por esses vasos, dando tempo para as muitas trocas que ocorrem por suas paredes.

Permeabilidade capilar

As moléculas entram e saem dos capilares através de quatro rotas.

- 1. Difusão direta através das membranas celulares endoteliais.** O dióxido de carbono e o oxigênio parecem ser as únicas moléculas importantes que se difundem diretamente através das células endoteliais, pois essas moléculas sem carga se difundem facilmente através das membranas lipídicas das células.
- 2. Fendas intercelulares.** A maioria das moléculas pequenas é trocada através das fendas intercelulares. Nos capilares sinusóides, as moléculas maiores e as células são trocadas através de fendas intercelulares grandes.
- 3. Vesículas de pinocitose.** São invaginações da membrana plasmática e migram através das células endoteliais, transportando gases dissolvidos, nutrientes e produtos residuais.
- 4. Fenestrações.** Nos capilares fenestrados, os poros nas células endoteliais permitem a passagem de muitas moléculas pequenas.

Capilares de baixa permeabilidade: a barreira hematoencefálica

A *barreira hematoencefálica* (introduzida na p. 419), que evita que todas as moléculas, exceto as mais vitais (e normalmente até mesmo os leucócitos), saiam do sangue e entrem no tecido encefálico, deriva da estrutura dos capilares no encéfalo. Esses capilares *não possuem* as características estruturais que contribuem para a permeabilidade capilar: os capilares encefálicos são contínuos e possuem zônulas de oclusão completas; não há fendas intercelulares. As moléculas vitais, como a glicose, que precisam atravessar os capilares encefálicos são “levadas” por mecanismos de transporte altamente seletivos nas membranas plasmáticas das células endoteliais. A barreira hematoencefálica *não é* uma barreira contra as moléculas sem carga e lipossolúveis como o oxigênio, o dióxido de carbono e alguns anestésicos, que se difundem de forma desimpedida através das células endoteliais e entram livremente no tecido encefálico.

Durante o estresse emocional prolongado, as zônulas de oclusão entre as células endoteliais dos capilares encefálicos se abrem, de modo que a barreira hematoencefálica falha e as substâncias tóxicas no sangue conseguem penetrar no tecido encefálico. Esse mecanismo tem sido implicado nos sintomas neurológicos associados à síndrome da Guerra do Golfo — uma síndrome marcada por vários sintomas crônicos, incluindo fadiga crônica, vertigem, perda de memória e depressão, sintomas estes observados em alguns soldados que serviram na Guerra do Golfo Pérsico em 1991. Mais estudos sobre o rompimento da barreira hematoencefálica poderiam ajudar, um dia, os pesquisadores médicos que estão buscando maneiras de administrar fármacos benéficos no encéfalo, tais como antibióticos e substâncias químicas para exterminar tumores encefálicos.

Leitos capilares

Os capilares abastecem os tecidos corporais através de estruturas chamadas leitos capilares. Um *leito capilar* é uma rede com os menores vasos do corpo (Figura 20.5). Os leitos capilares passam por quase todos os tecidos, especialmente os tecidos conjuntivos frouxos. Uma arteríola terminal leva a uma **metarteríola** — um vaso estruturalmente intermediário entre uma arteríola e um capilar — a partir da qual se ramificam os verdadeiros capilares. A metarteríola continua em um **canal de passagem** (ou perferencial), um vaso estruturalmente intermediário entre um capilar e uma vênula. Os verdadeiros capilares se fundem no canal de passagem, que depois se une a uma vênula. As células musculares lisas chamadas **esfíncteres pré-capilares** envolvem a raiz de cada capilar verdadeiro no ponto em que ele sai da metarteríola.

Os esfíncteres pré-capilares regulam o fluxo de sangue para o tecido de acordo com as necessidades desse tecido no que diz respeito a oxigênio e nutrientes. Quando o tecido é funcionalmente ativo, os esfíncteres relaxam, permitindo que o sangue flua através dos capilares bem abertos e abasteça as células teciduais circundantes. Quando o tecido tem demandas mais baixas (como acontece quando as células teciduais vizinhas já têm uma quantidade de oxigênio adequada), os es-

fíncteres pré-capilares contraem, fechando os capilares verdadeiros e forçando o fluxo sanguíneo direto da metarteríola para o canal de passagem e a vênula — contornando assim os capilares verdadeiros. Desse modo, os leitos capilares controlam com precisão a quantidade de sangue fornecida a um tecido a qualquer momento.

A maioria dos tecidos e órgãos possui um suprimento capilar rico, mas nem todos. Os tendões e os ligamentos são mal vascularizados. Os epitélios e cartilagens não contêm capilares; em vez disso, eles recebem nutrientes indiretamente por difusão dos tecidos conjuntivos vascularizados em torno deles. A córnea e a lente não possuem suprimento capilar e são nutridas pelo humor aquoso e outras fontes (descritas nas p. 513 e 519).

Vasos venosos

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ explicar como distinguir uma veia de uma artéria nos cortes histológicos;
- ▶ descrever as características estruturais das artérias e veias que ajudam a manter o fluxo de sangue através desses vasos.

As **veias** são os vasos sanguíneos que conduzem o sangue dos capilares para o coração. As veias na circulação sistêmica transportam sangue desoxigenado, mas as veias pulmonares transportam o sangue oxigenado que retorna dos pulmões.

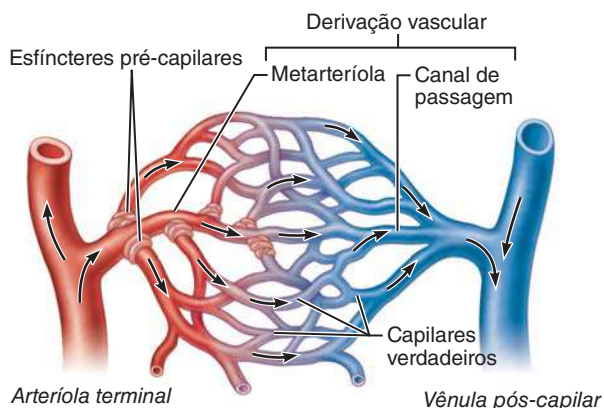
Vênulas

As menores veias se chamam **vênulas** e possuem um diâmetro de 8 μm a 100 μm . As menores, chamadas **vênulas pós-capilares** (Figura 20.5), consistem em um endotélio no qual se situam os pericitos. Essas vênulas funcionam de modo muito similar ao dos capilares. Na verdade, durante as respostas inflamatórias, quantidades maiores de fluido e leucócitos saem da circulação através das vênulas pós-capilares do que através dos capilares. As vênulas maiores possuem uma túnica média que consiste em uma ou duas camadas de células musculares lisas e uma túnica adventícia fina.

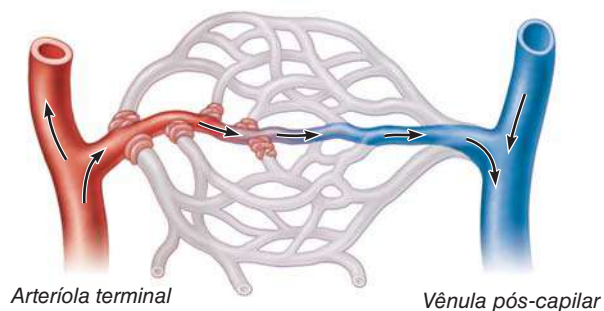
Veias

As vênulas se unem e formam veias. Estruturalmente, as veias são diferentes das artérias nos seguintes aspectos (Tabela 20.1):

- A luz das veias é maior que a das artérias de tamanho comparável (Figura 20.1a). A qualquer momento, as veias contêm plenamente 65% do sangue do corpo.
- A túnica adventícia nas veias é mais espessa do que a túnica média. Nas artérias, a túnica média é a camada mais espessa. Nas maiores veias do corpo — as veias cava, que retornam o sangue sistêmico para o coração —, faixas longitudinais de músculo liso tornam a túnica adventícia ainda mais espessa.



(a) **Esfíncteres abertos** — o sangue flui através dos capilares verdadeiros.









(b) **Esfíncteres fechados** — o sangue flui diretamente da metarteríola para o canal de passagem e contorna os capilares verdadeiros.

Figura 20.5 Anatomia de um leito capilar.

Tabela 20.1

Resumo da anatomia do vaso sanguíneo

Tipo de vaso/ ilustração*	Diâmetro médio da luz (D) e espessura da parede (E)	Composição relativa do tecido			
		Endotélio	Tecido elástico	Músculo liso	Tecido fibroso (colágeno)
 Arteria elástica	D: 1,5 cm E: 1,0 mm	[Bar chart showing relative composition for elastic artery]	[Bar chart showing relative composition for elastic artery]	[Bar chart showing relative composition for elastic artery]	[Bar chart showing relative composition for elastic artery]
 Arteria muscular	D: 6,0 mm E: 1,0 mm	[Bar chart showing relative composition for muscular artery]	[Bar chart showing relative composition for muscular artery]	[Bar chart showing relative composition for muscular artery]	[Bar chart showing relative composition for muscular artery]
 Arteriola	D: 37,0 µm E: 6,0 µm	[Bar chart showing relative composition for arteriole]	[Bar chart showing relative composition for arteriole]	[Bar chart showing relative composition for arteriole]	[Bar chart showing relative composition for arteriole]
 Capilar	D: 9,0 µm E: 0,5 µm	[Bar chart showing relative composition for capillary]	[Bar chart showing relative composition for capillary]	[Bar chart showing relative composition for capillary]	[Bar chart showing relative composition for capillary]
 Venula	D: 20,0 µm E: 1,0 µm	[Bar chart showing relative composition for venule]	[Bar chart showing relative composition for venule]	[Bar chart showing relative composition for venule]	[Bar chart showing relative composition for venule]
 Veia	D: 5,0 mm E: 0,5 mm	[Bar chart showing relative composition for vein]	[Bar chart showing relative composition for vein]	[Bar chart showing relative composition for vein]	[Bar chart showing relative composition for vein]

*Os tamanhos não são proporcionais. Os vasos similares estão representados com um tamanho relativamente maior para que os detalhes possam ser observados. Ver a segunda coluna para obter as dimensões reais.

- As veias possuem menos elastina em suas paredes do que as artérias, pois as veias não precisam amortecer quaisquer pulsações (elas são amortecidas pelas artérias antes de o sangue chegar às veias).
- As paredes das veias são mais finas do que as das artérias de tamanho comparável. A pressão arterial diminui substancialmente enquanto o sangue passa pelas arteríolas de alta resistência e pelos leitos capilares; assim, a pressão arterial nas veias é muito menor do que nas artérias.

Vários mecanismos neutralizam a baixa pressão do sangue venoso e ajudam a mover o sangue de volta para o coração. Uma característica estrutural de algumas veias são as **válvulas** que evitam o refluxo do sangue (Figura 20.1 e Figura 20.6). Cada uma dessas válvulas são formadas por pregas da túnica íntima com aspecto

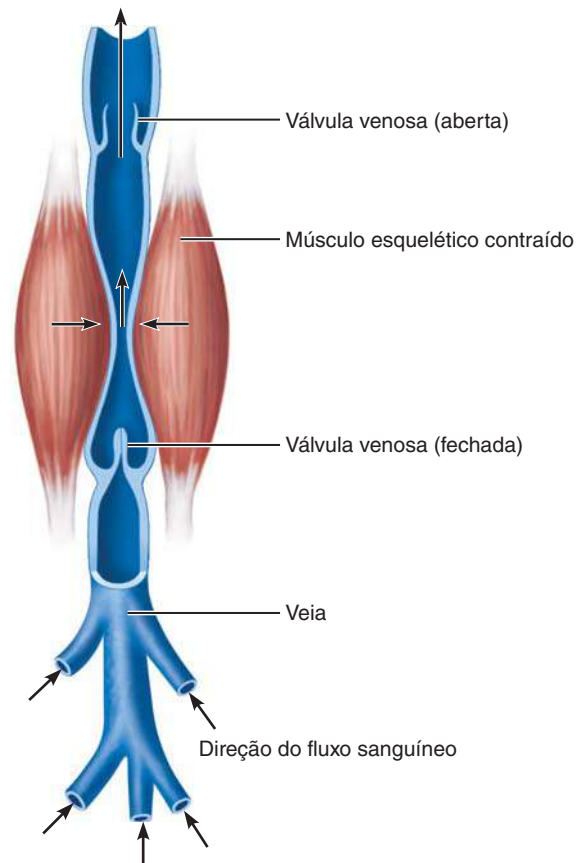


Figura 20.6 Fluxo sanguíneo pelas veias. As válvulas mantêm o sangue venoso movendo-se em uma direção; as válvulas são abertas pelo sangue que flui para o coração e são fechadas pelo refluxo. A bomba muscular esquelética ajuda no retorno venoso: a contração dos músculos esqueléticos faz pressão contra uma veia e impele o sangue para o coração, obrigando as válvulas proximais aos músculos a se abrirem e as válvulas distais a se fecharem.

semilunar. O fluxo do sangue para o coração afasta as cúspides, abrindo a válvula, e qualquer refluxo aproxima as cúspides, fechando a válvula. As válvulas são mais abundantes nas veias dos membros, onde a direção superior do fluxo venoso sofre uma oposição mais direta da gravidade. Poucas válvulas ocorrem nas veias da cabeça e do pescoço, e não há nenhuma válvula nas veias das cavidades do tórax e do abdome.

Um mecanismo funcional que ajuda no retorno do sangue venoso para o coração é o movimento normal do corpo e dos membros, por exemplo, durante a caminhada. A oscilação do membro move o sangue nesse membro e as válvulas venosas asseguram que esse sangue se mova apenas na direção adequada. Outro mecanismo que ajuda no retorno venoso é a **bomba muscular esquelética**, mecanismo no qual a contração muscular esquelética faz pressão contra as veias de paredes finas, obrigando as válvulas proximais à área de contração a se abrirem e impelirem o sangue na direção do coração (Figura 20.6). As válvulas distais aos músculos contraídos se fecham ao refluir o sangue.

A eficácia das válvulas venosas na prevenção do refluxo sanguíneo é facilmente demonstrada. Deixe uma de suas mãos pendurada na lateral do seu corpo até as veias se distenderem com sangue. Depois, coloque as pontas de dois dedos contra uma das veias distendidas e, pressionando com firmeza, mova o dedo superior na direção proximal ao longo da veia; em seguida, solte esse dedo. A veia permanece chata e colapsada, apesar do empuxo gravitacional. Finalmente, remova a ponta do dedo distal e observe a veia se encher novamente e rapidamente com sangue.

ANASTOMOSES VASCULARES

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ definir as anastomoses vasculares e explicar suas funções.

No ponto em que os vasos se unem ou interconectam, eles formam **anastomoses vasculares**. A maioria dos órgãos recebe sangue de mais de um ramo arterial e as artérias vizinhas frequentemente se conectam umas com as outras para formar *anastomoses arteriais*. As anastomoses arteriais proporcionam vias alternativas, ou *canais colaterais*, para o sangue chegar a uma determinada região do corpo. Se um ramo arterial for bloqueado ou cortado, os canais colaterais muitas vezes conseguem fornecer um suprimento sanguíneo adequado para a região. As anastomoses arteriais ocorrem em volta das articulações, onde os movimentos do corpo podem atrapalhar o fluxo sanguíneo através de um canal (ver exemplos na Figura 20.11), bem como nos órgãos abdominais, encéfalo e coração. Em razão das numerosas anastomoses entre os ramos menores da artéria coronária na parede cardíaca, uma artéria coronária pode ficar 90% obstruída pela aterosclerose antes da ocorrên-



APLICAÇÃO CLÍNICA

Veias varicosas (varizes) Quando as válvulas nas veias se tornam ineficientes, o resultado são as **veias varicosas**. As veias deformam e incham com o sangue acumulado, e a drenagem venosa desacelera consideravelmente. Quinze por cento de todos os adultos sofrem de veias varicosas, geralmente nos membros inferiores. As mulheres são afetadas com mais frequência do que os homens. O membro inferior esquerdo é mais suscetível às veias varicosas do que o direito. No ponto em que a aorta se divide nas artérias ilíacas comuns direita e esquerda, a artéria ilíaca comum direita atravessa a veia ilíaca comum esquerda, o vaso que drena o membro inferior esquerdo. A pressão mais alta na artéria pode comprimir a veia ilíaca comum esquerda mais profunda e impedir a drenagem venosa do membro inferior esquerdo.

As veias varicosas podem ser hereditárias, mas também ocorrem nas pessoas cujas ocupações exijam que elas fiquem de pé na mesma posição por muito tempo, como é o caso dos balconistas de lojas, cabeleireiros, dentistas e profissionais de enfermagem. Nas pernas imóveis, o sangue venoso drena tão lentamente que acumula, estica as paredes venosas e as válvulas e faz que essas válvulas falhem. A obesidade e a gravidez podem provocar ou agravar o problema, pois o aumento no peso constringe as veias de drenagem da perna na parte superior da coxa.

O esforço durante o parto ou um movimento intestinal aumenta a pressão intra-abdominal e eleva a pressão venosa, evitando a drenagem do sangue das veias do canal anal, na extremidade inferior do intestino grosso. As varicosidades resultantes nessas veias anais se chamam **hemorroidas**.

Nos casos graves, as veias varicosas tornam a circulação tão mais lenta em uma região do corpo que os tecidos nessa região morrem por privação de oxigênio. Para evitar isso, os médicos removem as veias afetadas ou injetam nelas uma solução irrigante que as cicatriza e funde, fechando-as. A drenagem da região do corpo procede normalmente através de vias alternativas proporcionadas pelas anastomoses vasculares.



(a) Veias normais

(b) Veias varicosas

(c) Varicosidades na veia safena magna, perna direita

cia de um infarto do miocárdio. Por outro lado, como as anastomoses arteriais são mal desenvolvidas nos rins, baço, partes das diáfises ósseas perto das epífises e na artéria central da retina, a oclusão de tais artérias provoca dano tecidual grave.

As veias anastomosam muito mais livremente do que as artérias. Você pode ver as *anastomoses venosas* através da pele na superfície dorsal da sua mão. Por causa da abundância de anastomoses, a oclusão de uma veia raramente bloqueia o fluxo sanguíneo ou leva à morte do tecido.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Quais características estruturais dos capilares os tornam adequados para sua função de nutrir os tecidos corporais e remover produtos residuais?
- 2. Quais componentes na parede de uma artéria muscular ajudam a mover o sangue por esses vasos? Quais mecanismos ajudam a manter o movimento do sangue venoso?
- 3. Defina cada um dos seguintes elementos: (a) vaso dos vasos, (b) anastomoses arteriais, (c) veias varicosas, (d) artéria.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

PARTE 2 VASOS SANGUÍNEOS DO CORPO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ definir a circulação pulmonar e sistêmica.

O sistema complexo de vasos sanguíneos no corpo, chamado *sistema vascular*, possui dois circuitos básicos: a circulação *pulmonar* transporta sangue de/para os pulmões para a captação de oxigênio e remoção do dióxido de carbono, enquanto a *circulação sistêmica* transporta sangue oxigenado pelo corpo e capta o dióxido de carbono dos tecidos corporais (ver Figura 19.1, p. 586). Os vasos sanguíneos na circulação sistêmica também (1) captam nutrientes do trato digestório e os levam para as células do corpo, (2) recebem resíduos nitrogenados das células do corpo e os transportam para os rins, visando à eliminação na urina, e (3) captam hormônios ou outras moléculas de sinalização e os transportam para o seu órgão-alvo.

À medida que você ler sobre os vasos sanguíneos, repare que as artérias e veias tendem a seguir juntas, lado a lado (ver Figura 20.1a). Em muitos lugares, esses vasos também seguem junto aos nervos. Repare também que, por convenção, os vasos que transportam sangue oxigenado são retratados em vermelho, enquanto os vasos que transportam sangue desoxigenado são retratados em azul, independentemente do tipo de vaso.

CIRCULAÇÃO PULMONAR

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ citar os nomes dos principais vasos da circulação pulmonar.

A circulação pulmonar começa pelo sangue desoxigenado que sai do ventrículo direito do coração via **tronco pulmonar (Figura 20.7)**. Essa grande artéria sai do ventrículo anteriormente à aorta, sobe para a esquerda da aorta e chega à concavidade do arco da aorta, onde ramifica em uma divergência em forma de T nas **artérias pulmonares direita e esquerda**. Cada artéria pulmonar penetra na face medial de um pulmão e depois se divide em várias **artérias lobares** que suprem os lobos pulmonares, três no pulmão direito e duas no pulmão esquerdo. Dentro do pulmão, as artérias ramificam junto às vias de passagem do ar no pulmão (brônquios). À medida que as artérias ramificadas diminuem de tamanho, elas se transformam em arteríolas e, finalmente, nos capilares pulmonares que circundam os delicados sacos de ar (alvéolos pulmonares). A troca gasosa ocorre através desses capilares e o sangue recém-oxigenado entra nas vênulas e depois nas veias progressivamente maiores. Os tributários venosos maiores formam as **veias pulmonares superiores e inferiores**, que saem da face medial de cada pulmão. No mediastino posterior, as quatro veias pulmonares seguem em sentido transversal, imediatamente abaixo das artérias pulmonares, e desembocam no átrio esquerdo.

As artérias e veias da circulação pulmonar possuem paredes mais finas do que as dos vasos sistêmicos de diâmetro comparável, refletindo o fato de que a pressão arterial máxima na circulação pulmonar é muito menor, apenas um sexto da existente na circulação sistêmica.

✓ Verifique seu conhecimento

- 4. Por que a artéria pulmonar é ilustrada na cor azul (Figura 20.7)? O sangue nesse vaso está seguindo na direção do coração ou na direção contrária?

(Veja a resposta no Apêndice B.)

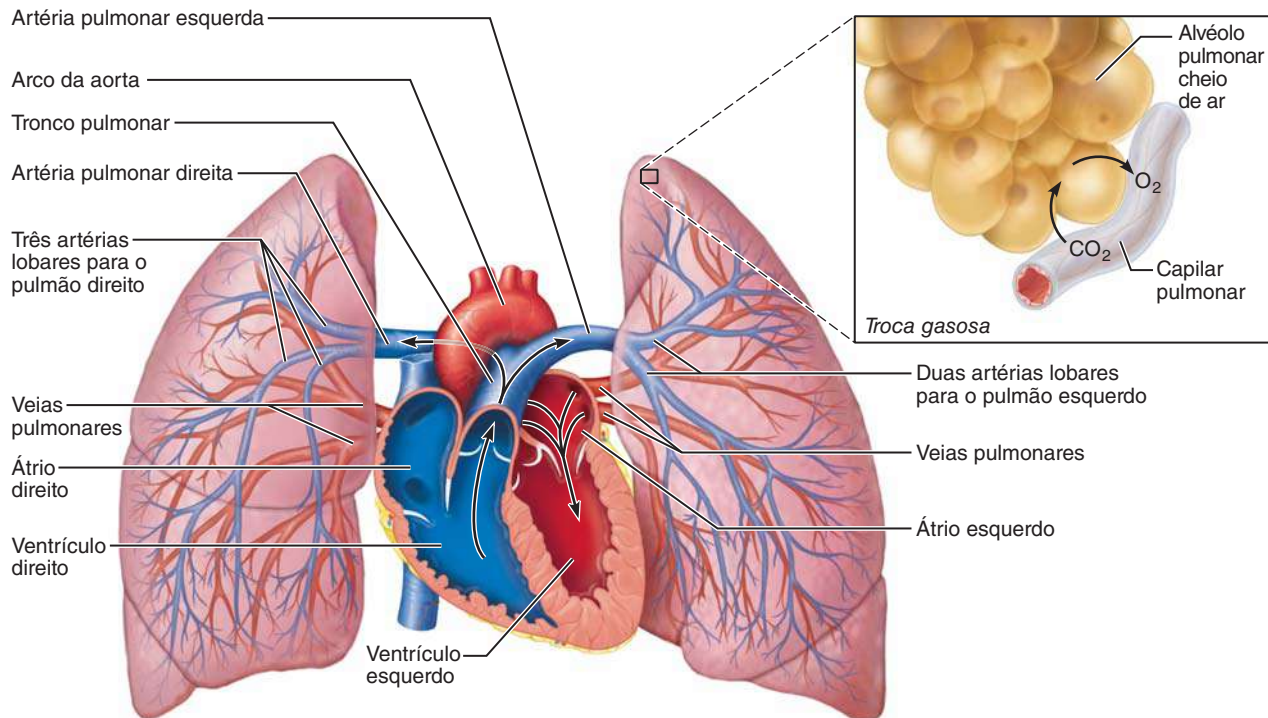
CIRCULAÇÃO SISTÊMICA

Antes de examinarmos os vasos sistêmicos, vale observar que os vasos nos lados direito e esquerdo do corpo nem sempre são cópias exatas uns dos outros. Alguns dos vasos grandes e profundos da região do tronco são assimétricos (sua simetria inicial é perdida durante o desenvolvimento embrionário). Na cabeça e nos membros, por outro lado, quase todos os vasos preservam uma simetria bilateral.

Artérias sistêmicas

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ citar os nomes de três vasos que surgem no arco da aorta. Descrever as rotas do suprimento sanguí-



O sistema arterial pulmonar é exibido em azul para indicar que o sangue transportado é desoxigenado. A drenagem venosa pulmonar é exibida em vermelho para indicar que o sangue transportado é oxigenado.

Figura 20.7 Circulação pulmonar.

neo arterial desses vasos para a cabeça e o pescoço, o encéfalo, o tórax e o membro superior;

- ▶ descrever as vias e órgãos supridos pelas artérias da linha média e pelos pares de artérias que ramificam da parte abdominal da aorta;
- ▶ descrever a via de suprimento arterial para a pelve e o membro inferior;
- ▶ identificar a localização dos pontos de pulsação nos membros, cabeça e pescoço.

As artérias sistêmicas (**Figura 20.8a**) transportam sangue oxigenado do coração para os capilares dos órgãos por todo o corpo. A elastina nas paredes dessas artérias mantém o fluxo pulsátil. Os pulsos arteriais podem ser palpados nas artérias musculares em vários locais do corpo (**Figura 20.8b**) e podem ser empregados para determinar a frequência cardíaca e avaliar o fluxo sanguíneo para uma região do corpo após trauma, cirurgia ou doença. A pressão profunda em um ponto de pulsação é uma técnica de primeiros socorros utilizada para limitar o fluxo sanguíneo através de um vaso hemorrágico e, assim, limitar a perda sanguínea.

À medida que examinar os vasos arteriais, você vai começar pela aorta e depois considerar as artérias sistêmicas em uma direção geralmente de superior para inferior.

Aorta

A **aorta**, a maior artéria do corpo, sai do coração, faz um arco superiormente e depois desce ao longo da face anterior dos corpos das vértebras até a parte in-

ferior do abdome (ver **Figura 20.8**). Ao longo de seu curso, a aorta se divide nas seguintes partes:

Parte ascendente da aorta A **parte ascendente da aorta** (**Figura 20.9**), um dos grandes vasos que saem do coração, surge no ventrículo esquerdo e sobe apenas 5 cm, aproximadamente. Ela se inicia posteriormente ao tronco pulmonar, passa para a direita desse vaso e depois faz uma curva para a esquerda, transformando-se no arco da aorta. Os únicos ramos da parte ascendente da aorta são as **artérias coronárias direita e esquerda**, que suprem a parede do coração (descritas na p. 603).

Arco da aorta Arqueado posteriormente e para a esquerda, o **arco da aorta** situa-se posteriormente ao manúbrio do esterno. O **ligamento arterial**, um remanescente fibroso de uma artéria fetal chamada *ducto arterial*, conecta o arco da aorta e o tronco pulmonar (**Figura 20.9**).

Três artérias se ramificam do arco da aorta e seguem na direção superior (**Figura 20.9**).

- O primeiro e maior ramo é o **tronco braquiocefálico**. Esse vaso sobe para a direita em direção à base do pescoço, onde se divide em **artéria carótida comum direita** e **artéria subclávia direita**.
- O segundo ramo do arco é a **artéria carótida comum esquerda**.
- O terceiro ramo é a **artéria subclávia esquerda**.

Esses três ramos da aorta suprem a cabeça e o pescoço, os membros superiores e a parte superior da parede

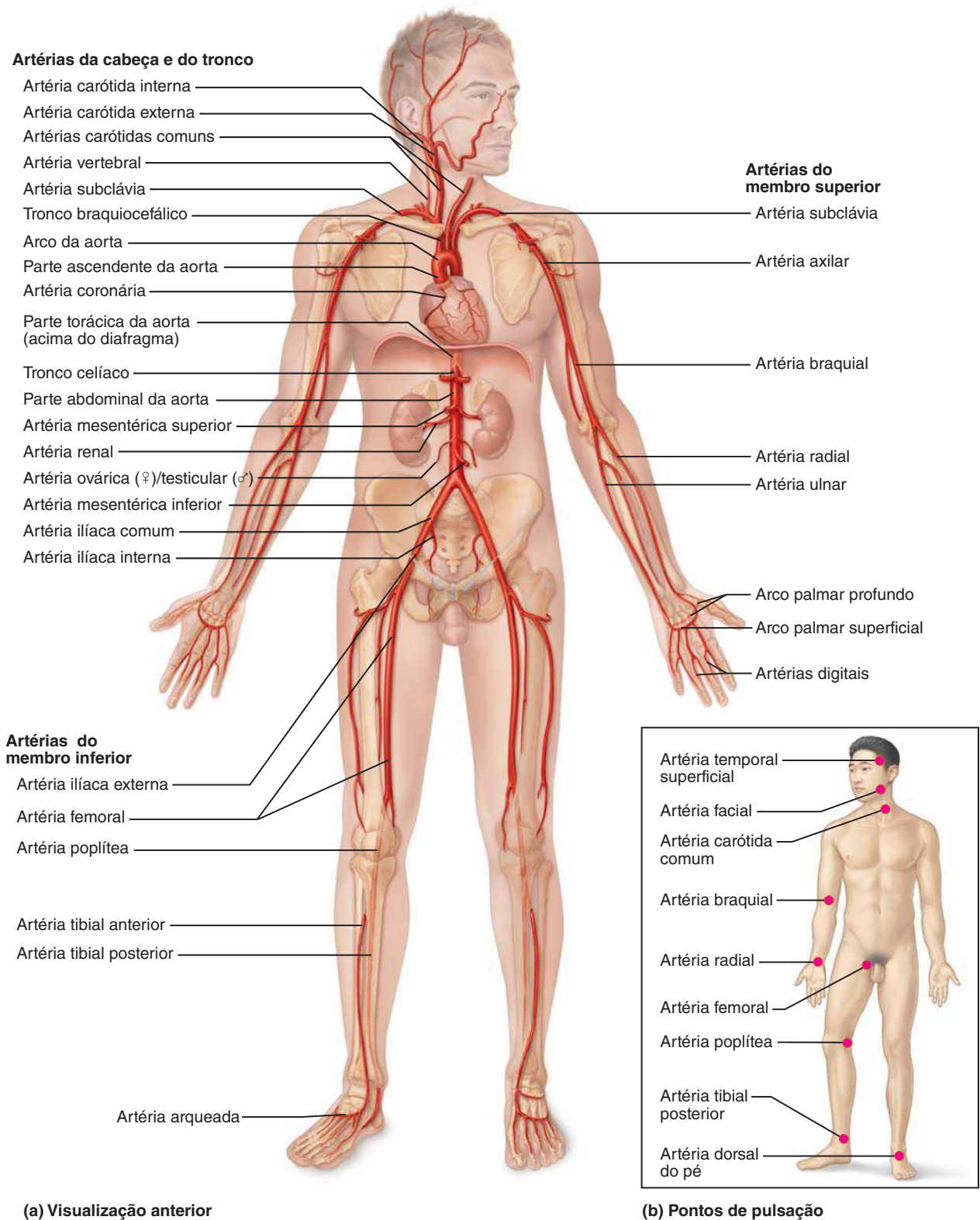


Figura 20.8 Principais artérias da circulação sistêmica.

do tórax. Repare que o tronco braquiocefálico à direita não possui artéria correspondente à esquerda porque as artérias carótida comum esquerda e subclávia esquerda surgem diretamente da aorta.

Esse é o padrão de ramificação característico desses vasos que saem do arco da aorta; no entanto, como

acontece com todos os vasos, há alguma variabilidade em relação a esse padrão. A variação mais frequente é a ramificação da artéria carótida comum esquerda do tronco braquiocefálico. Com menos frequência, quatro grandes artérias (as carótidas comuns direita e esquerda e as artérias subclávias direita e esquerda) emergem se-

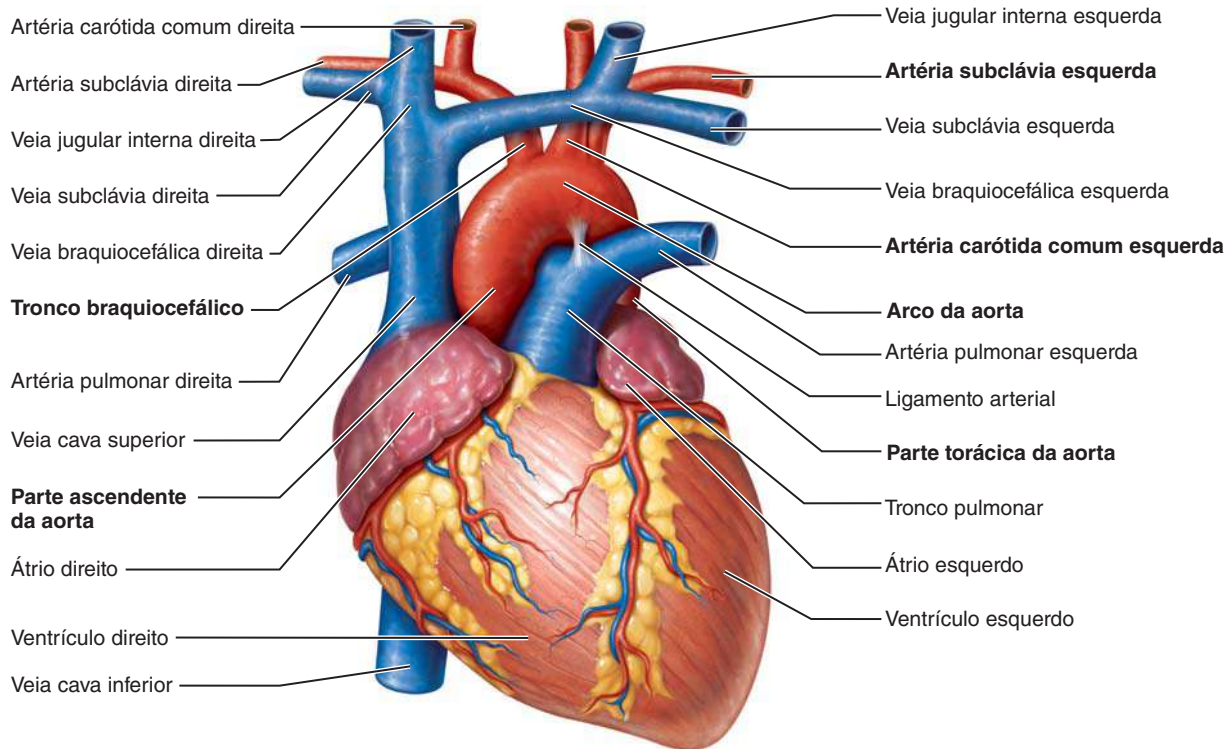


Figura 20.9 Os grandes vasos que entram e saem do coração.

paradamente do arco da aorta, ou a artéria carótida comum esquerda e a artéria subclávia esquerda emergem de um tronco braquiocéfálico esquerdo.

Parte descendente da aorta Continuando do arco da aorta, a **parte descendente da aorta** segue na face posterior do coração e inferiormente, anterior aos corpos das vértebras torácicas e lombares. Ela possui duas partes: a *torácica* e a *abdominal*.

A parte **torácica da aorta** (Figura 20.9) é anterior aos corpos das vértebras torácicas (T V-T XII), imediatamente à esquerda da linha média. Ao longo do caminho, ela emite muitos ramos pequenos para os órgãos torácicos e a parede corporal. (Esses ramos são descritos na p. 626).

A parte torácica da aorta passa pelo diafragma no nível da vértebra T XII e entra na cavidade abdominal como **parte abdominal da aorta** (Figura 20.8a), anterior aos corpos vertebrais lombares na linha média. Ela termina no nível da vértebra L IV, onde se subdivide nas *artérias ilíacas comuns* direita e esquerda, que suprem a pelve e os membros inferiores.

Artérias da cabeça e pescoço

Quatro pares de artérias suprem a cabeça e o pescoço: a *artéria carótida comum* e três ramos de cada artéria subclávia — a *artéria vertebral*, o *tronco tireocervical* e o *tronco costocervical* (Figura 20.10a).

Artéria carótida comum A maioria das partes da cabeça e do pescoço recebe seu sangue das **artérias carótidas comuns** direita e esquerda, que sobem pela

parte anterior do pescoço, bem ao lado da traqueia. O pescoço é dividido em dois trógonos pelo músculo esternocleidomastóideo (exibido na Figura 11.30, p. 347). As artérias carótidas comuns estão situadas no trígono cervical, logo abaixo do esternocleidomastóideo e dos músculos infra-hióideos. Esses vasos são mais vulneráveis do que a maioria das outras artérias no corpo porque sua localização relativamente superficial os torna expostos a ferimentos cortantes. Se uma artéria carótida comum for cortada, a vítima pode sangrar até a morte em minutos. Na margem superior da laringe — o nível da proeminência laríngea — cada artéria carótida comum termina se dividindo em uma *artéria carótida externa e interna*.

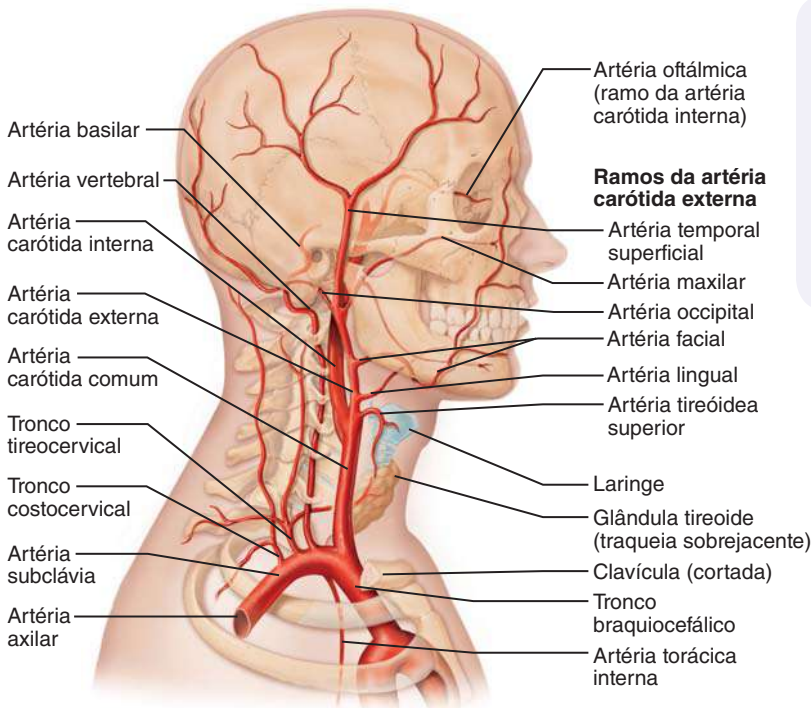
As **artérias carótidas externas** direita e esquerda abastecem a maioria dos tecidos da cabeça, externos ao encéfalo e à órbita (Figura 20.10a). À medida que cada carótida externa sobe, ela emite um ramo para a glândula tireoide e à laringe (**artéria tireoideia superior**), a língua (**artéria lingual**), a pele e músculos anteriores da face (**artéria facial**), a parte posterior do couro cabeludo (**artéria occipital**) e a região em torno da orelha (**artéria auricular posterior**). Perto da articulação temporomandibular (ATM), cada carótida externa termina se dividindo nas artérias temporal superficial e maxilar. A **artéria temporal superficial** sobe imediatamente anterior à orelha e supre a maior parte do couro cabeludo. Os ramos desse vaso sangram profusamente nos ferimentos no couro cabeludo. A **artéria maxilar** e profunda ao colo da mandíbula e no posterior à maxila,



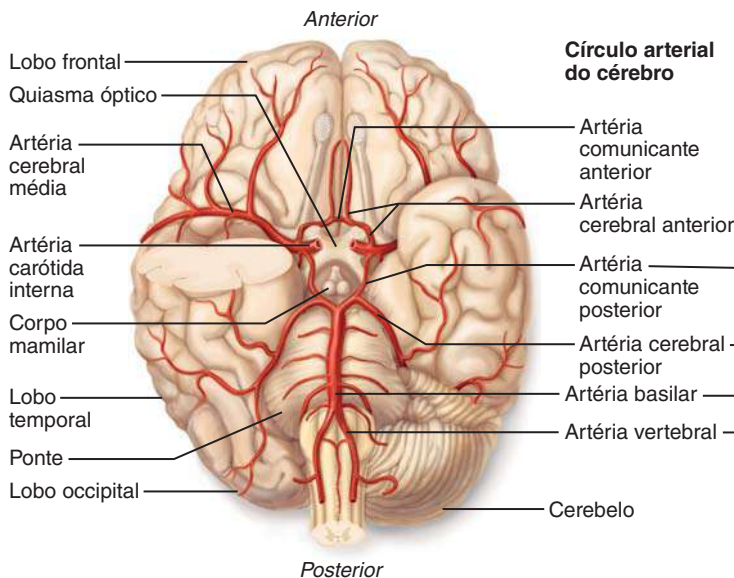
APLICAÇÃO CLÍNICA

Pontos de pulsação na cabeça e no pescoço

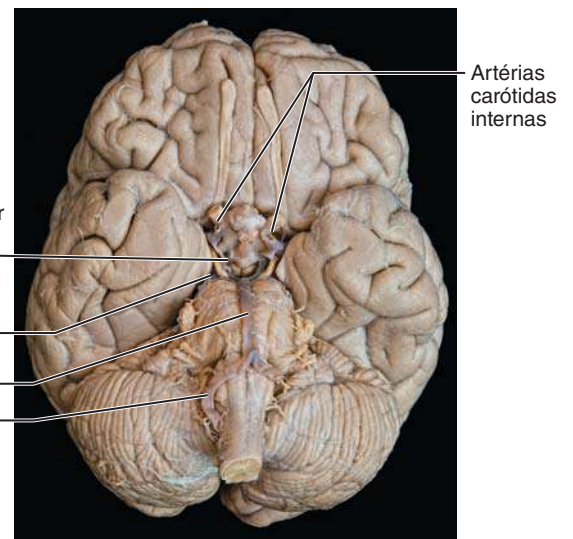
- **Artéria carótida externa**
No triângulo cervical anterior
- **Artéria facial**
Na margem inferior da mandíbula
- **Artéria temporal superficial**
Anterior à orelha externa



(a) Artérias da cabeça e do pescoço, lado direito



(b) Principais artérias do encéfalo, vista inferior — o lado direito do cerebelo e parte do lobo temporal direito foram removidos



(c) Círculo arterial do cérebro, vista inferior do encéfalo

Figura 20.10 Artérias da cabeça, pescoço e encéfalo.

passando pelos músculos da mastigação. Ao longo do caminho, ela emite ramos para os dentes superiores e inferiores, as bochechas, a cavidade nasal e os músculos da mastigação.

A pulsação pode ser palpada em alguns desses vasos (Figura 20.8b). A pulsação da artéria carótida externa pode ser sentida no ponto em que ela ramifica da artéria carótida comum, imediatamente anterior ao m. esternocleidomastóideo e acima do nível da laringe;

a da artéria facial, na margem inferior da mandíbula, imediatamente anterior ao músculo masseter, e as da artéria temporal superficial, na têmpora, imediatamente anterior à orelha externa.

Um ramo clinicamente importante da artéria maxilar é a *artéria meníngea média* (não ilustrada). Esse vaso entra no crânio através do *forame espinhoso* no osso esfenóide e supre as amplas superfícies internas do osso parietal e a parte escamosa do osso temporal,

bem como a dura-máter subjacente. Golpes na lateral da cabeça podem romper essa artéria, produzindo um hematoma intracraniano que pode comprimir o cérebro e perturbar as suas funções.

As **artérias carótidas internas** irrigam as órbitas e a maior parte do encéfalo. Cada carótida interna sobe pelo pescoço, lateralmente na faringe, e entra no crânio pelo *canal carótico*, no osso temporal. Desse ponto, ela segue medialmente pela parte petrosa do osso temporal, avança ao longo do corpo do osso esfenóide e faz uma curva para cima, entrando na sela turca imediatamente posterior ao canal óptico. Nesse local, ela emite a **artéria oftálmica** para o olho e a órbita (Figura 20.10a) e se subdivide nas **artérias cerebrais anterior e média** (Figura 20.10b).

Cada **artéria cerebral anterior** se anastomosa com sua parceira no lado oposto através de uma **artéria comunicante anterior** curta (Figura 20.10b) e supre as faces medial e superior dos lobos frontal e parietal. Cada **artéria cerebral média** passa pelo sulco lateral de um hemisfério cerebral e supre as partes laterais dos lobos temporal e parietal. Juntas, as artérias cerebrais anterior e média suprem mais de 80% do encéfalo; o restante recebe irrigação pela artéria cerebral posterior (descrita de maneira breve).

Artérias subclávias A **artéria subclávia direita** origina-se no tronco braquiocefálico, após a ramificação da artéria carótida comum direita. A **artéria subclávia esquerda** surge como a terceira ramificação do arco da aorta. Os ramos das artérias subclávias destinam-se ao encéfalo (**artérias vertebrais**), o pescoço e a parede do tórax (**troncos tireocervicais, costocervicais e artérias torácicas internas**).

Artérias vertebrais O suprimento sanguíneo para a parte posterior do encéfalo provém das **artérias vertebrais** direita e esquerda, que surgem nas artérias subclávias, na região inferior do pescoço (Figura 20.10a e c). As artérias vertebrais sobem pelos forames nos processos transversos das vértebras cervicais C VI e C I e entram no crânio pelo *forame magno*. Ao longo do caminho, elas emitem ramos para as vértebras e medula espinal cervical. Dentro do crânio, as artérias vertebrais direita e esquerda se unem, formando a **artéria basilar** ímpar (Figura 20.10b e c), que sobe ao longo da linha média ventral da ponte, emitindo ramos para o cerebelo, ponte e orelha interna. No limite da ponte com o mesencéfalo, ela se divide em um par de **artérias cerebrais posteriores**, que irrigam os lobos occipitais e as partes inferior e medial dos lobos temporais dos hemisférios cerebrais.

Artérias comunicantes posteriores curtas conectam anteriormente às artérias cerebrais posteriores às artérias cerebrais médias. As duas artérias comunicantes posteriores e a única artéria comunicante anterior com-

pletam a formação de uma anastomose arterial chamada **círculo arterial do cérebro** (antes chamado de **círculo de Willis**). Esse círculo contorna a hipófise e o quiasma óptico, unindo os suprimentos sanguíneos encefálicos anteriores e posteriores fornecidos pelas artérias carótida interna e vertebral. Ao interconectar as artérias que irrigam as partes anterior, posterior, esquerda e direita do encéfalo, essa anastomose proporciona rotas alternativas para o sangue chegar às áreas do encéfalo que são afetadas, caso ocorra uma obstrução na artéria carótida ou na artéria vertebral.

Troncos tireocervical e costocervical O restante da estrutura do pescoço recebe sangue de dois ramos menores das artérias subclávias, os **troncos tireocervical e costocervical** (Figura 20.10a).

O **tronco tireocervical**, que surge primeiro, emite dois ramos posteriores sobre a escápula para ajudar a suprir os músculos dessa região, e um ramo anterior para a parte inferior da glândula tireoide (**artéria tireoídea inferior**). O ramo cervical ascendente (Figura 20.10a) sai da base da artéria tireoídea anterior e ajuda a suprir as vértebras cervicais e a medula espinal.

O **tronco costocervical** emite um ramo superior, para dentro dos músculos profundos do pescoço, e um ramo na direção inferior, para abastecer os dois espaços intercostais mais superiores.

Artérias do tórax

Artérias da parede do tórax A parede anterior do tórax recebe seu sangue da **artéria torácica interna** (antiga **artéria mamária interna**) (Figura 20.11). Esse vaso, uma ramificação superior da artéria subclávia, desce imediatamente lateral ao esterno e logo abaixo das cartilagens costais. Os **ramos intercostais anteriores** ramificam em intervalos regulares e seguem horizontalmente para suprir as costelas e as estruturas nos espaços intercostais. A artéria torácica interna também emite ramos superficiais para a pele e a glândula mamária. Ela termina abaixo da margem costal, onde se divide em um ramo para a parede anterior do abdome e um ramo para a parte anterior do diafragma.

A parede posterior do tórax recebe seu sangue das **artérias intercostais posteriores**. Os dois pares superiores surgem do tronco costocervical, enquanto os nove pares inferiores são ramos da parte torácica da aorta. Todas as artérias intercostais posteriores seguem na direção anterior nos sulcos costais de suas respectivas costelas. Na parede lateral do tórax, elas formam anastomoses com as artérias intercostais anteriores. Abaixo da décima segunda costela, um par de **artérias subcostais** (não ilustrado) se ramifica da parte torácica da aorta. Finalmente, um par de **artérias frênicas superiores** (não ilustrado) sai da parte mais inferior da parte torácica da aorta para abastecer a parte posterossuperior do diafragma.

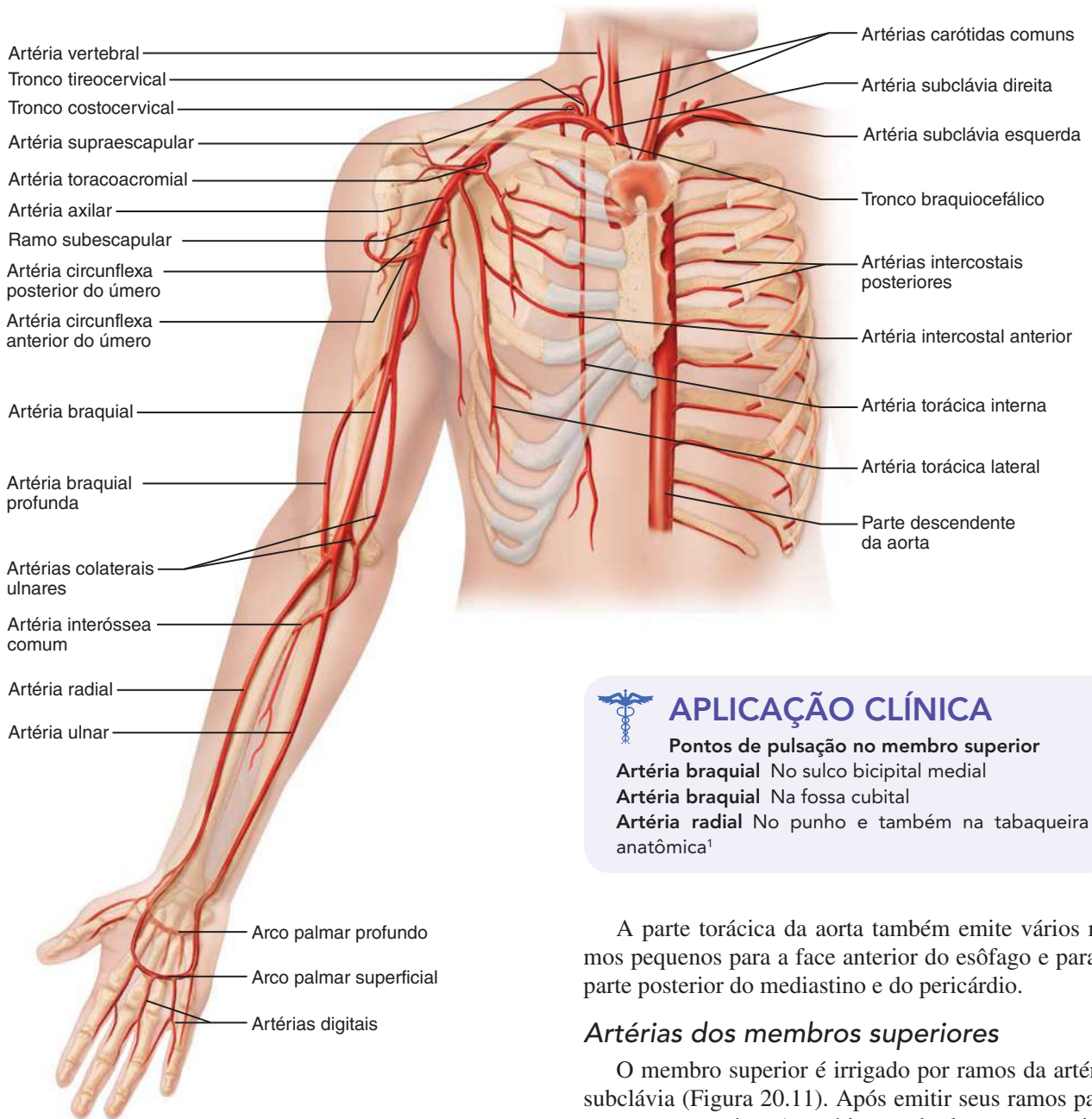


Figura 20.11 Artérias do tórax e do membro superior direito.

Artérias das vísceras torácicas Muitas vísceras torácicas recebem seu suprimento sanguíneo funcional de pequenos ramos da parte torácica da aorta. Como esses vasos são pequenos demais, não são ilustrados. Os ramos brônquicos fornecem sangue sistêmico (oxigenado) para as estruturas pulmonares. Geralmente, dois ramos suprem o pulmão esquerdo e um o pulmão direito; em algumas pessoas eles surgem das artérias intercostais posteriores, em vez da aorta. Os ramos brônquicos entram na face medial do pulmão junto aos grandes vasos pulmonares.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Pontos de pulsação no membro superior

Artéria braquial No sulco bicipital medial

Artéria braquial Na fossa cubital

Artéria radial No punho e também na tabaqueira anatômica¹

A parte torácica da aorta também emite vários ramos pequenos para a face anterior do esôfago e para a parte posterior do mediastino e do pericárdio.

Artérias dos membros superiores

O membro superior é irrigado por ramos da artéria subclávia (Figura 20.11). Após emitir seus ramos para o pescoço e o tórax (a artéria vertebral, os troncos tireocervical e costocervical e a artéria torácica interna), cada artéria subclávia segue lateralmente sobre a primeira costela, sob a clavícula. Desse ponto, a artéria subclávia entra na axila como **artéria axilar**.

Artéria axilar A **artéria axilar** desce pela axila, emitindo os seguintes ramos: a **artéria toracoacromial**, que surge logo abaixo da clavícula e se ramifica para suprir grande parte dos músculos peitoral e deltoide; a **artéria torácica lateral**, que desce ao longo da margem lateral do m. peitoral menor, irrigando os músculos peitorais e serrátil anterior, e emite ramos importantes para a mama; a **artéria subescapular**, que se destina às regiões escapulares dorsal e ventral e o músculo latíssimo do

¹ Nota do revisor técnico: concavidade triangular entre os tendões dos músculos: extensor longo do polegar (medial) e extensor curto e abdutor do polegar (laterais).

dorso; e as **artérias circunflexas anterior e posterior do úmero**, que envolvem o colo cirúrgico do úmero e auxiliam na irrigação do músculo deltoide e da articulação do ombro. A artéria axilar continua no braço como *artéria braquial*. O limite para essa transição é a margem inferior do músculo redondo maior.

Artéria braquial A **artéria braquial** desce ao longo da face medial do úmero, abaixo do músculo bíceps braquial no **sulco bicipital medial** (exibido na Figura 11.33a, p. 351), e supre os músculos da região anterior do braço. O pulso braquial pode ser sentido nesse local e a pressão firme pode ajudar a parar o sangramento de uma hemorragia nas partes mais distais do membro. A artéria braquial é utilizada para a tomada da pressão arterial com um esfigmomanômetro, um dispositivo cujo manguito é colocado em torno do braço, acima do cotovelo. Um ramo importante, a **artéria profunda do braço** (também chamada *braquial profunda*), envolve a face posterior do úmero com o nervo radial e supre o músculo tríceps. À medida que a artéria braquial se aproxima do cotovelo, ela emite vários ramos pequenos inferiormente, as **artérias colaterais ulnares**, que formam anastomoses com os ramos ascendentes das artérias no antebraço para suprir a articulação do cotovelo. Esses vasos também proporcionam circulação colateral para as regiões mais distais do membro, quando o cotovelo é dobrado. A artéria braquial atravessa a face anterior da articulação do cotovelo, abaixo da aponeurose do músculo bíceps braquial na linha média do braço, outro local em que seu pulso é sentido facilmente e onde se pode auscultar durante a tomada da pressão arterial. Imediatamente após a articulação do cotovelo, a artéria braquial se divide nas *artérias radial e ulnar*, que descem pela face anterior do antebraço.

Artéria radial A **artéria radial** desce ao longo da margem medial do músculo braquiorradial, suprindo os músculos anterolaterais do antebraço, a parte lateral do punho, além do polegar e do dedo indicador. Na raiz do polegar, imediatamente lateral ao tendão do m. flexor radial do carpo (exibido na Figura 11.36, p. 353), ela se situa muito próximo da superfície e proporciona um local conveniente para a tomada da pulsação. Um ramo da artéria radial continua na tabaqueira anatômica, um local onde a pulsação radial também pode ser detectada.

Artéria ulnar A **artéria ulnar**, que desce ao longo da face anterior e medial da parte anterior do antebraço, situa-se entre os músculos flexores superficiais e profundos e emite ramos para os músculos que cobrem a ulna. Na parte proximal, ela emite um ramo importante chamado **artéria interóssea comum**, que se divide imediatamente nas *artérias interósseas anterior e posterior*. Esses vasos descem ao longo das respectivas superfícies da membrana interóssea entre o rádio e a ulna. A artéria interóssea anterior irriga os músculos flexores profundos, enquanto a artéria interóssea posterior e

seus ramos destinam-se a todos os músculos extensores da região posterior do antebraço. A artéria ulnar continua na mão, atravessando o punho lateralmente ao do tendão do flexor ulnar do carpo.

Arcos palmares Na palma, ramos das artérias radial e ulnar se unem e formam dois arcos horizontais, os **arcos palmares superficial e profundo**. O arco superficial se situa abaixo da pele e da fáscia da mão, enquanto o arco profundo se situa contra os ossos metacarpais. As **artérias digitais**, que suprem os dedos, ramificam-se desses arcos. (As artérias radial e ulnar também formam na face dorsal do punho, a rede carpal dorsal, cujos ramos seguem na direção distal ao longo dos ossos metacarpais.)

Artérias do abdome

As artérias dos órgãos abdominais surgem da na parte abdominal da aorta (Figura 20.8a e **Figura 20.12**). Em uma pessoa em repouso, cerca da metade de todo o fluxo arterial está presente nesses vasos. Três ramos da linha média (*tronco celíaco, artéria mesentérica superior e artéria mesentérica inferior*) levam sangue ao trato digestório, outros ramos suprem as glândulas suprarrenais, rins, gônadas e parede anteriores do abdome. Vamos considerar essas artérias da no sentido crânio-caudal, na ordem em que elas surgem da aorta.

Artérias frênicas inferiores O par de **artérias frênicas inferiores** se ramifica da parte abdominal da aorta no nível da vértebra T XII, logo abaixo do hiato aórtico do diafragma (Figura 20.12). Essas artérias suprem a superfície inferior do diafragma.

Tronco celíaco O **tronco celíaco** curto, largo e ímpar (**Figura 20.13a**) supre as vísceras da parte superior da cavidade abdominal. Especificamente, ele emite ramos para o estômago, fígado, vesícula biliar, pâncreas, baço e uma parte do intestino delgado (duodeno). Ele emerge da aorta no sentido medioventral, no nível de T XII, e se divide quase imediatamente em três ramos: as *artérias gástrica esquerda, esplênica e hepática comum*.

A **artéria gástrica esquerda** segue superiormente e para a esquerda, até a junção do estômago com o esôfago, onde emite vários ramos esofágicos e desce ao longo da curvatura menor (direita) do estômago em forma de J.

A grande **artéria esplênica** segue horizontalmente e para a esquerda, posterior ao estômago, e penetra no baço. Ela passa ao longo da margem superior do pâncreas, para onde emite ramos. Perto do baço, ela emite vários ramos curtos superiormente até o fundo do estômago (*artérias gástricas curtas*) e emite um ramo importante ao longo da curvatura esquerda (maior) do estômago — a **artéria gastromental esquerda**.

A **artéria hepática comum** é o único ramo do tronco celíaco com trajeto para o lado direito. Na junção

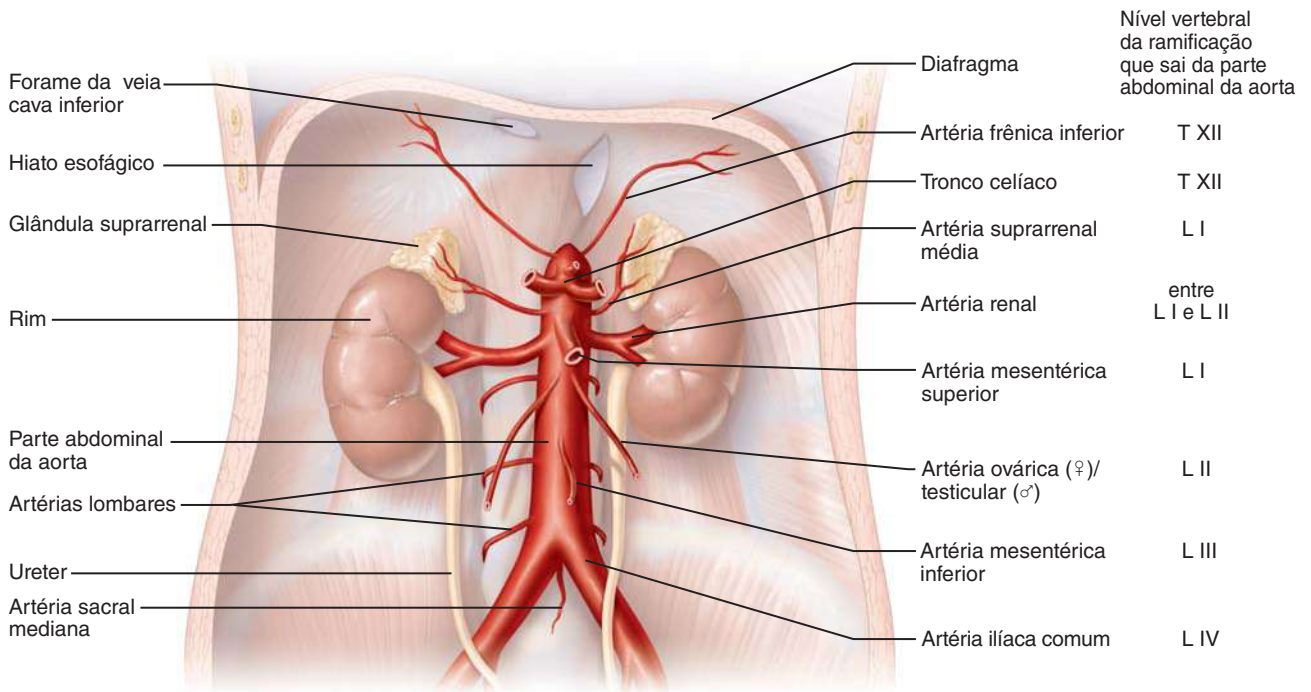


Figura 20.12 Ramos principais da parte abdominal da aorta. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 70.)

do estômago com o intestino delgado (duodeno), essa artéria se divide em um ramo ascendente, a **artéria hepática própria**, e um ramo descendente, a **artéria gastroduodenal**. A **artéria hepática própria** se divide nos ramos **direito** e **esquerdo**, imediatamente antes de entrar no fígado: a **artéria cística** para a vesícula biliar surge geralmente do ramo direito da artéria hepática. A **artéria gástrica direita**, que pode surgir da artéria hepática própria ou da artéria hepática comum, segue ao longo da curvatura menor do estômago. A **artéria gastroduodenal**, o ramo descendente da artéria hepática comum, segue entre o duodeno e a cabeça do pâncreas. Os ramos, **pancreaticoduodenais superiores** ajudam a suprir o pâncreas, além do duodeno. O outro ramo, a **artéria gastromental direita**, segue ao longo da curvatura maior do estômago.

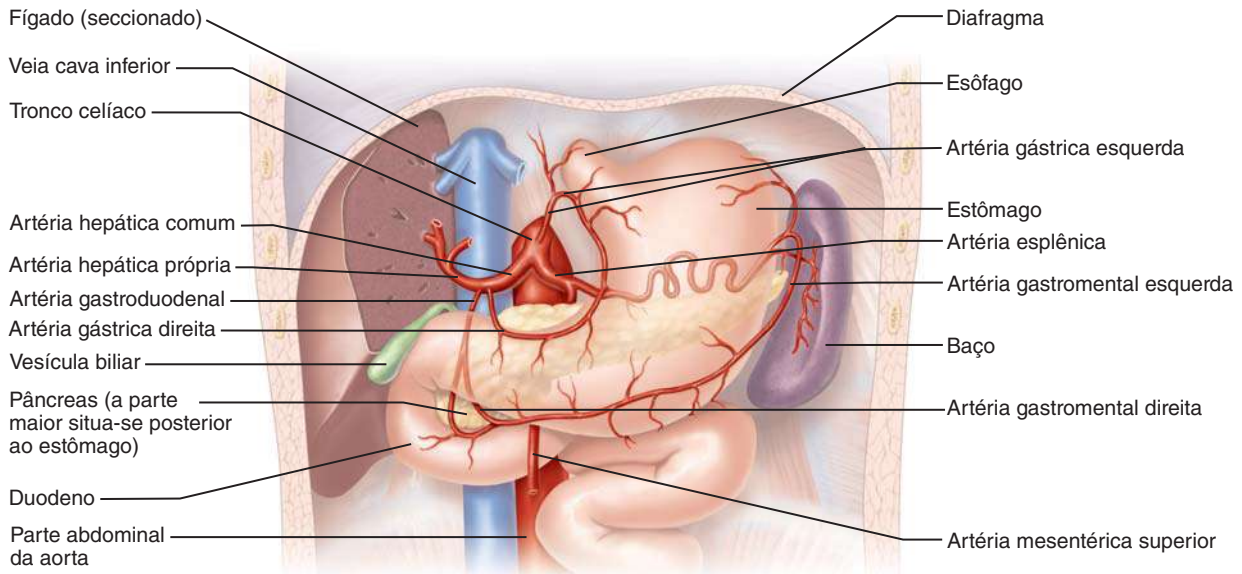
Artéria mesentérica superior A grande **artéria mesentérica superior** ímpar supre maior parte dos intestinos (Figura 20.13b). Ela surge na linha mediana da face, posterior ao pâncreas e no nível de L I. A partir desse ponto, ela segue inferior e anteriormente até entrar no mesentério, uma prega de peritônio que suporta as partes longas e espiraladas do intestino delgado (o jejuno e o íleo). A artéria mesentérica superior inclina-se gradualmente para a direita à medida que desce pelo mesentério. Do seu lado esquerdo surgem as artérias jejunais e ileais, respectivamente para o jejuno e o íleo. Do seu lado direito surgem ramos que suprem a metade proximal do intestino grosso: o colo ascendente, o ceco

e o apêndice vermiforme via **artéria ileocólica**, parte do colo ascendente via **artéria cólica direita**; e parte do colo transverso via **artéria cólica média**.

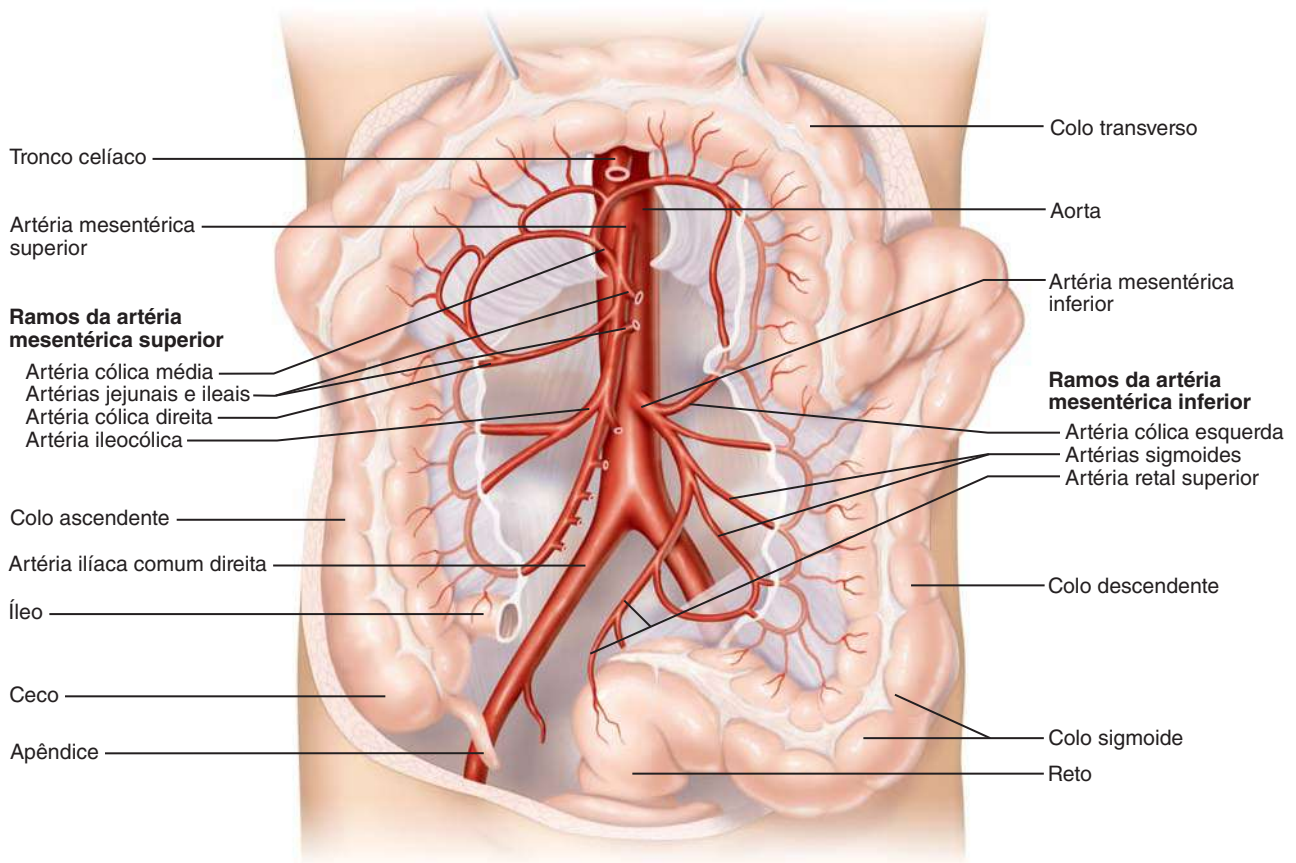
Artérias suprarrenais O par de **artérias suprarrenais médias** (Figura 20.12), que emerge lateralmente da aorta, no nível de L I, fornece sangue para as glândulas suprarrenais nos polos superiores dos rins. As glândulas suprarrenais também recebem ramos **suprarrenais superiores** das artérias frênicas inferiores próximas e ramos **suprarrenais inferiores** (não ilustrados) das artérias renais próximas.

Artérias renais As **artérias renais** também se originam da parte lateral da aorta, entre as vértebras L I e L II (Figura 20.12). Os rins removem resíduos nitrogenados do sangue trazido pelas artérias renais. Como foi mencionado anteriormente, o transporte de resíduos celulares para o rim é uma das funções importantes do sistema vascular; desta forma a circulação renal é uma importante subdivisão funcional da circulação sistêmica.

Artérias ovárica ou testicular O par de artérias para as gônadas: **artéria testicular** nos homens e **artéria ovárica** nas mulheres (Figura 20.12). Elas são ramificações da aorta em L II, o nível onde as gônadas se desenvolvem pela primeira vez no embrião. As artérias ováricas se estendem inferiormente para a pelve onde irrigam os ovários e parte das tubas uterinas. As artérias testiculares mais longas se estendem pela parede anterior do abdome, passando pelo canal inguinal até o escroto, onde suprem os testículos.



(a) **Tronco celíaco e seus ramos principais.** A metade esquerda do fígado foi removida.



(b) **Distribuição das artérias mesentéricas superior e inferior.** O colo transverso foi tracionado superiormente.

Figura 20.13 Ramos na linha média da parte abdominal da aorta que suprem os órgãos do trato digestório. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 68.)

Artéria mesentérica inferior A **artéria mesentérica inferior**, ímpar (Figuras 20.12 e 20.13b), é o último ramo principal da parede abdominal da aorta, de onde emerge na face anterior e na linha mediana no nível de L III. Ela atende a metade distal do intes-

tino grosso, da última parte do colo transverso até a parte média do reto. Seus ramos são a **artéria cólica esquerda** (que se une à artéria cólica média no colo transverso), as **artérias sigmóideas** e a **artéria retal superior**.

Artérias lombares Quatro pares de **artérias lombares** surgem da face posterolateral da aorta na região lombar (Figura 20.12). Essas artérias segmentares seguem horizontalmente para suprir a parede posterior do abdome.

Artéria sacral mediana A **artéria sacral mediana**, ímpar é o ramo mais inferior dessa parte da aorta (Figura 20.12). Ao longo do seu trajeto descendente na linha média, essa artéria pouco calibrada supre o sacro e o cóccix

Artérias ilíacas comuns No nível de L IV, a aorta se divide nas **artérias ilíacas comuns** direita e esquerda (Figura 20.12), que suprem a parte inferior da parede anterior do abdome, bem como os órgãos da pelve e os membros inferiores.

Artérias da pelve e dos membros inferiores

No nível da articulação sacroilíaca na cavidade pélvica, cada artéria ilíaca comum bifurca em dois ramos: a **artéria ilíaca interna**, que supre principalmente os

órgãos da pelve, e a **artéria ilíaca externa**, que supre o membro inferior (Figura 20.14a).

Artérias ilíacas internas Os ramos das **artérias ilíacas internas** (Figura 20.14b e c) fornecem sangue para as paredes e vísceras da pelve, nádegas, região medial das coxas e períneo. Entre os ramos mais importantes estão as **artérias glúteas** superior e inferior, que seguem posteriormente através da incisura isquiática maior para suprir os músculos glúteos; a **artéria pudenda interna**, que sai da cavidade pélvica e irriga o períneo e os genitais externos; e a **artéria obturatória**, que atravessa o forame obturatório e supre os músculos adutores da coxa. Outros ramos seguem para a bexiga (**artérias vesicais superior e inferior**), o reto (**artéria retal média**), o útero e a vagina (**artérias uterina e vaginal**) e glândulas dos genitais masculinos externos (ramos das artérias vesical inferior e retal média).

Artéria ilíaca externa As **artérias ilíacas externas** direita e esquerda transportam sangue para os membros inferiores (Figura 20.15). Originando-se nas artérias ilíacas comuns da pelve, cada artéria ilíaca externa desce ao longo da linha arqueada do ílio, emite alguns ramos pequenos para a parede anterior do abdome e entra na coxa passando abaixo do ponto médio do ligamento inguinal. A partir desse local, a artéria ilíaca externa passa a se chamar artéria femoral.

Artéria femoral A **artéria femoral** desce verticalmente pela região medial da coxa até o fêmur e ao longo da superfície anterior dos músculos adutores. Superiormente, a artéria desce pelo triângulo femoral, uma região na parte proximal da coxa delimitada pelo músculo sartório lateralmente e pelo músculo adutor longo

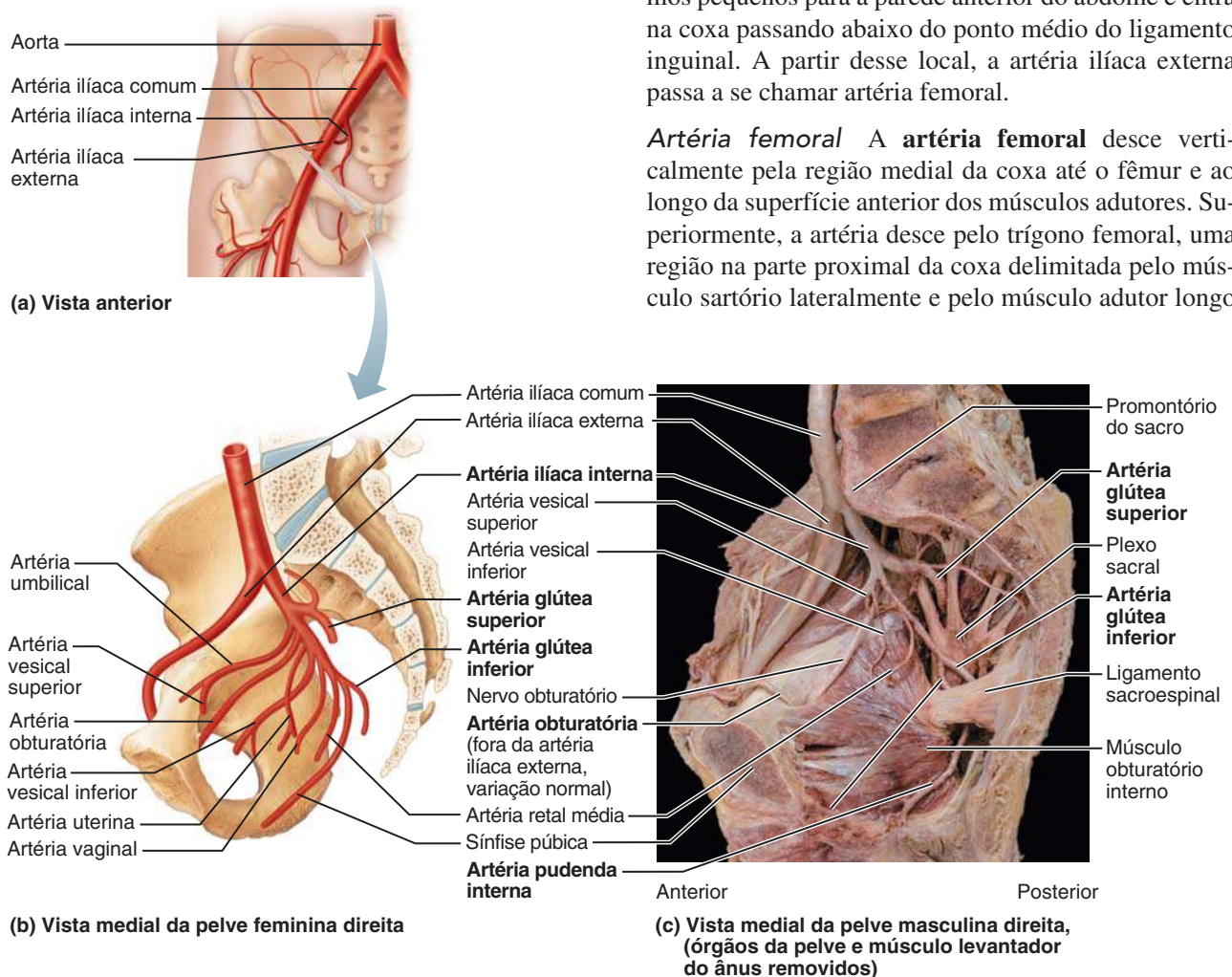


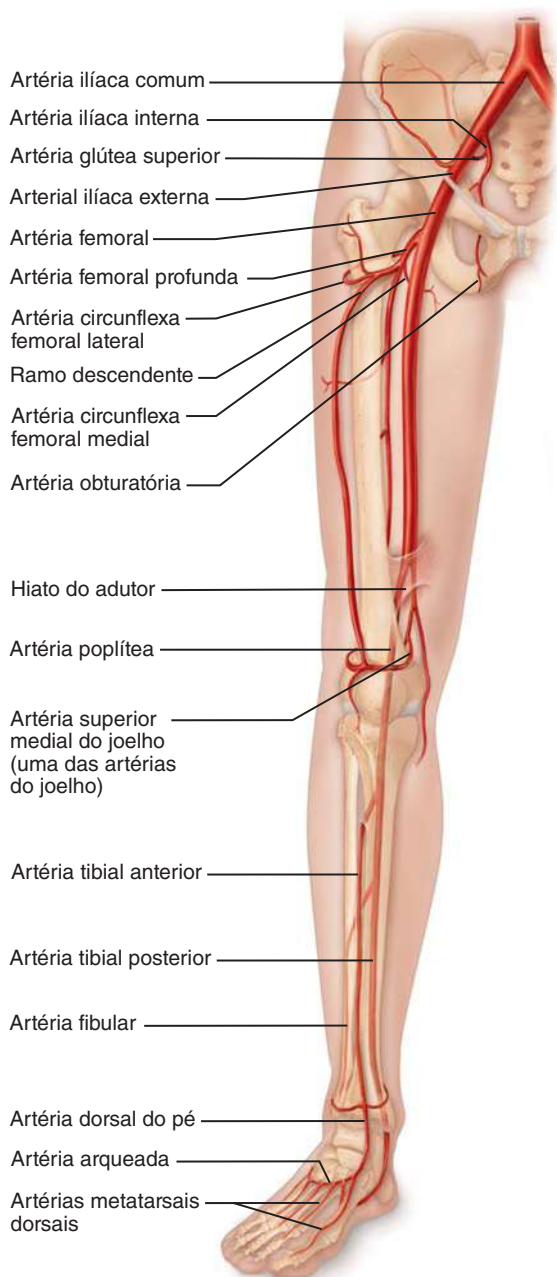
Figura 20.14 Suprimento arterial da pelve.

medialmente. Inferiormente, a artéria femoral passa por uma fenda no músculo adutor magno (o hiato do adutor) e emerge na face posterior e distal do fêmur como *artéria poplítea*.

Embora a parte superior da artéria femoral esteja confinada em uma formação tubular de fáscia densa, ela é relativamente superficial e não conta com a proteção de qualquer musculatura subjacente. Essa falta de proteção torna a parte proximal da artéria femoral em um local conveniente para tomar a pulsação ou aplicar pressão a fim de parar o sangramento de uma hemorragia distal no membro, mas também a torna suscetível à lesão.

Várias artérias surgem da artéria femoral na região da coxa (Figura 20.15a). O maior ramo, que emerge superiormente e se chama **femoral profunda** (ou *artéria profunda da coxa*), é a principal fornecedora de sangue para os músculos da coxa: adutores, posteriores da coxa e quadríceps. Os ramos proximais da artéria femoral profunda são as **artérias circunflexas femorais medial e lateral**, que circundam o colo e a diáfise superior do fêmur. A artéria circunflexa medial é o principal vaso para a cabeça do fêmur. Se uma fratura do quadril romper essa artéria, o tecido ósseo da cabeça do fêmur degenera. Um longo **ramo descendente** da artéria circunflexa femoral lateral (ver Figura 20.15a) segue ao longo da face anterior do músculo vasto lateral, suprido por ela.

Artéria poplítea A **artéria poplítea**, a continuação inferior da artéria femoral, situa-se na fossa poplítea (a região posterior ao joelho), uma região profunda que oferece proteção contra lesões. Você pode sentir um pulso poplíteo se flexionar a sua perna no joelho e empurrar



(a) Vista anterior



APLICAÇÃO CLÍNICA

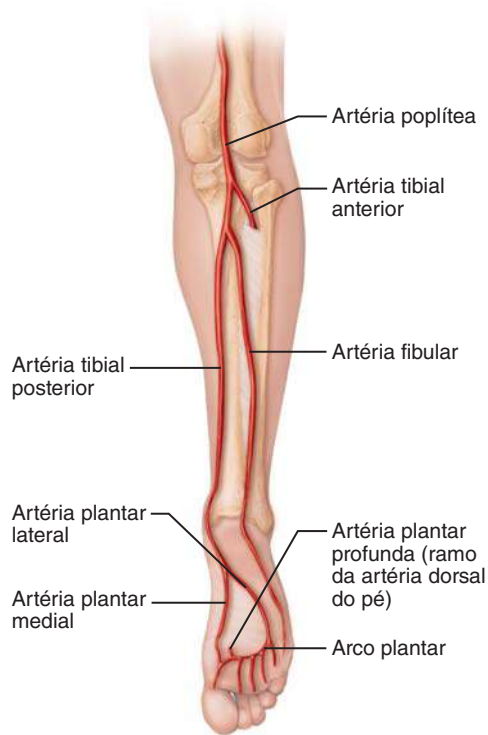
Pontos de pulsação no membro inferior

Artéria femoral No trígono femoral (parte proximal da coxa)

Artéria poplítea Na fossa poplítea (parte posterior do joelho)

Artéria dorsal do pé Entre os metatarsais I e II

Artéria tibial posterior Posterior ao maléolo medial



(b) Vista posterior da perna

Figura 20.15 Artérias da pelve direita e do membro inferior direito.

seus dedos vigorosamente na fossa poplíteia. Se um clínico não conseguir sentir o pulso poplíteo, a artéria femoral pode estar estenosada pela aterosclerose. A artéria poplíteia emite várias **artérias do joelho** (geniculares) que circundam a articulação do joelho como arcos horizontais. Logo abaixo da cabeça da fíbula, a artéria poplíteia se divide nas *artérias tibiais anterior e posterior*.

Artéria tibial anterior A **artéria tibial anterior** segue através do compartimento muscular anterior da perna, descendo ao longo da membrana interóssea lateral à tibia e emitindo ramos para os músculos extensores ao longo do seu trajeto (Figura 20.15a). No tornozelo, ela se transforma na **artéria dorsal do pé** que, na base dos ossos metatarsais, dá origem à **artéria arqueada** e emite ramos menores distais ao longo dos metatarsos. A parte terminal da dorsal do pé penetra na planta do pé, onde forma a extremidade medial do arco plantar (descrito a seguir).

A artéria dorsal do pé é superficial e a sua pulsação pode ser palpada no espaço proximal entre o primeiro e o segundo metatarsal (ponto de pulsação do pé). A ausência dessa pulsação pode indicar que o suprimento sanguíneo para a perna é inadequado. A verificação de rotina do pulso do pé é indicada para os pacientes reconhecidamente com prejuízo circulatório nas pernas e para os pacientes que estão se recuperando de cirurgia na perna ou na coxa.

Artéria tibial posterior A **artéria tibial posterior** (Figura 20.15b), desce pela parte posteromedial da perna diretamente abaixo do músculo sóleo. Na parte proximal, ela emite um grande ramo, a **artéria fibular**, que desce ao longo da face medial da fíbula. Juntas, as artérias tibial posterior e fibular suprem os músculos flexores na perna, e as artérias fibulares, os músculos fibulares.

Inferiormente, a artéria tibial posterior passa posteriormente ao maléolo medial da fíbula, onde sua pulsação pode ser palpada. No lado medial do pé, ela se divide nas **artérias plantares medial e lateral**, que suprem a planta do pé. A artéria plantar contribui para a formação do **arco plantar**, de onde se originam as artérias metatarsais e digital para os dedos dos pés.

✓ Verifique seu conhecimento

5. Cite os nomes de três vasos que se ramificam do arco da aorta e a região do corpo suprida por cada um deles.
6. Cite os quatro vasos mais importantes que fornecem sangue para o encéfalo. De que vaso cada um deles se origina?
7. Qual vaso você palpa para sentir uma pulsação em cada um dos seguintes locais: (a) coxa, (b) braço, (c) punho, (d) pé, (e) pescoço?
8. Cite os nomes dos vasos que se ramificam da parte abdominal da aorta para fornecer sangue

aos órgãos do sistema digestório e indique quais órgãos cada um deles irriga.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Veias sistêmicas

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ acompanhar o trajeto das veias afluentes na veia cava superior à medida que você descrever as rotas do retorno venoso do encéfalo, cabeça e pescoço tórax e membros superiores;
- ▶ acompanhar o trajeto das veias afluentes na veia cava inferior à medida que você descrever as rotas do retorno venoso dos órgãos do abdome e da pelve e membros inferiores;
- ▶ descrever a estrutura e a função especial do sistema porta hepático, e explicar a relevância das anastomoses portossistêmicas.

Tendo considerado as artérias do corpo, agora nos voltamos para as veias (Figura 20.16). Embora a maioria das veias acompanhe as artérias correspondentes, existem algumas diferenças importantes nas distribuições das artérias e veias:

- Enquanto apenas uma artéria sistêmica sai do coração — a aorta que sai do ventrículo esquerdo — três grandes veias entram no átrio direito do coração: as veias cava superior e inferior e o seio coronário.
- Todas as artérias de tamanho médio são de localização profunda e são acompanhadas por veias profundas, frequentemente de nome similar. Além disso, as veias também são encontradas logo abaixo da pele, desacompanhadas de qualquer artéria. Essas *veias superficiais* são clinicamente importantes porque proporcionam locais para retirar sangue ou estabelecer uma via intravenosa. Sua localização superficial também as torna suscetíveis a cortes ou lesões.
- Frequentemente, duas ou mais veias paralelas drenam uma região do corpo em vez de uma única veia maior. Em algumas regiões, várias veias anastomosam e formam um *plexo venoso*. Observe o plexo venoso drenando o dorso da sua mão.
- O encéfalo e o trato digestório têm padrões incomuns de drenagem venosa. As veias do encéfalo drenam nos *seios venosos da dura-máter*, que não são veias típicas, mas canais revestidos por endotélio sustentados pelas paredes da dura-máter. O sangue venoso que drena dos órgãos do sistema digestório entra em uma subcirculação especial, o *sistema porta hepático*, e passa pelos capilares no fígado antes de retornar para a circulação sistêmica. Os seios venosos da dura-máter e o sistema porta hepático serão descritos resumidamente.

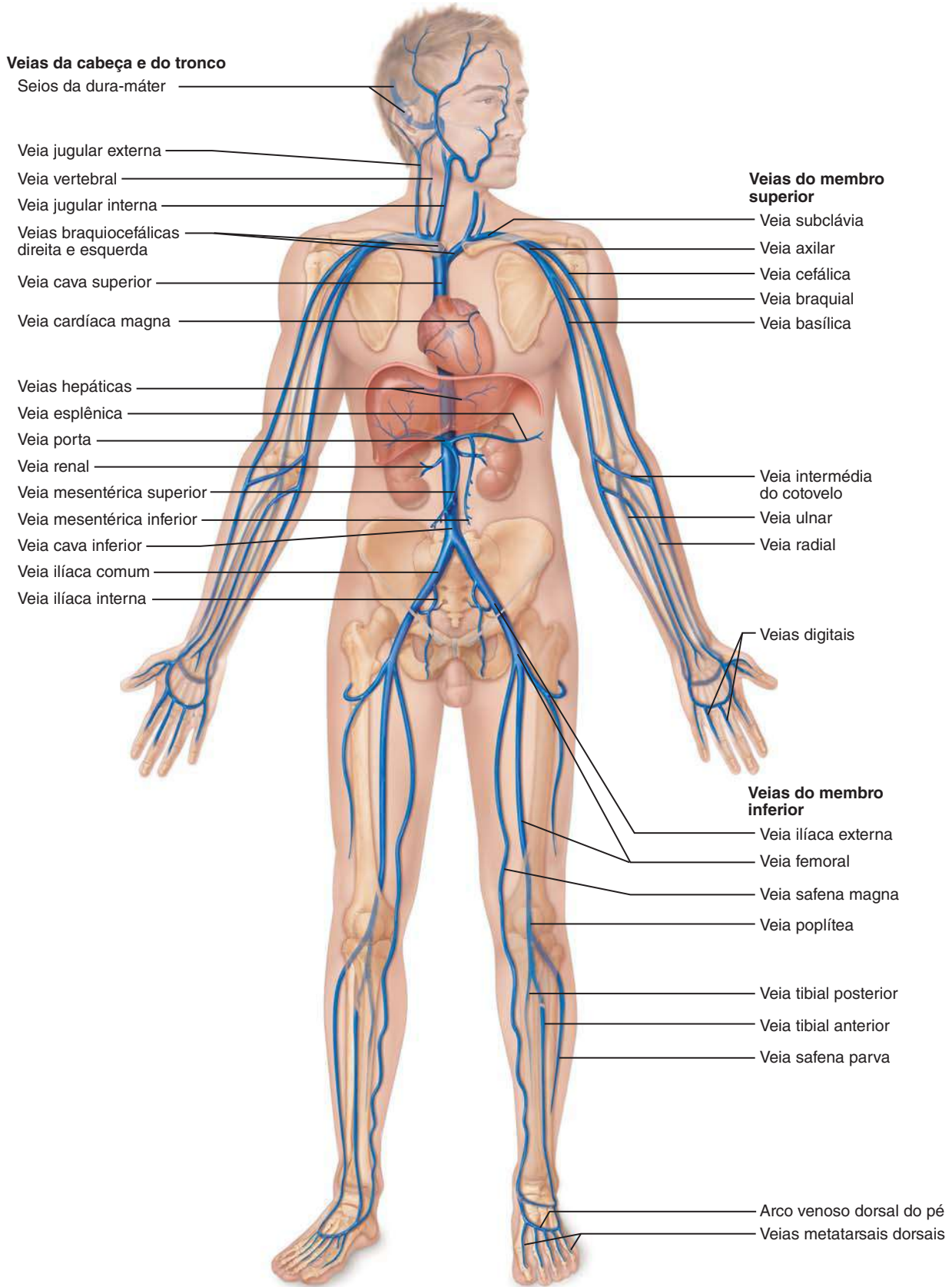


Figura 20.16 Principais veias da circulação sistêmica, vista anterior.

Veias cavas e seus principais tributários

As *veias cavas superior e inferior*, as duas maiores veias do corpo, desembocam diretamente no átrio direito do coração (ver Figura 20.9).

Veia cava superior A **veia cava superior** (Figura 20.16) recebe o sangue sistêmico de todas as regiões do corpo superiores ao diafragma, excluindo as paredes do coração. Essa veia surge da união das **veias braquiocefálica esquerda e direita**, posterior ao manúbrio do esterno, e desce para desembocar no átrio direito. Das duas veias braquiocefálicas, a esquerda é mais longa e quase horizontal, enquanto a direita é vertical (ver Figura 20.9). Cada veia braquiocefálica é formada pela união de uma *veia jugular interna* e uma *veia subclávia*.

Veia cava inferior A **veia cava inferior**, que sobe ao longo da parede posterior da cavidade abdominal e é o vaso sanguíneo mais largo do corpo, devolve ao coração o sangue proveniente de todas as regiões do corpo inferiores ao diafragma (Figura 20.16). Ela começa inferiormente, na união das duas veias ilíacas comuns no nível do corpo da vértebra L V, e sobe ao lado direito dos corpos vertebrais e da parte abdominal da aorta. Imediatamente após passar pelo tendão central do diafragma no nível T VIII, a veia cava inferior desemboca no átrio direito.

Veias da cabeça e pescoço

A maior parte do sangue da cabeça e do pescoço drena para três pares de veias: (1) as veias jugulares internas, que recebem sangue dos seios da dura-máter, (2) as veias jugulares externas e (3) as veias vertebrais. Embora a maioria das veias extracranianas possua os mesmos nomes das artérias extracranianas (facial, oftálmica, occipital e temporal superficial), seus cursos e interconexões são muito diferentes.

Seios da dura-máter A maioria das veias do encéfalo drena nos **seios da dura-máter** (Figura 20.17), que formam uma série de canais interconectados no interior do crânio e se situam entre duas camadas de dura-máter. Os **seios sagitais superior e inferior** se situam na foixe do cérebro, entre os hemisférios cerebrais. O seio sagital inferior drena posteriormente no **seio reto**. Os seios sagital superior e reto drenam posteriormente nos **seios transversos**, que seguem nos sulcos rasos da superfície interna do osso occipital. Cada seio transversal drena em um **seio sigmoide** (em forma de S), que se continua com a **veia jugular interna** quando sai do crânio pelo *forame jugular*.

O par de **seios cavernosos** margeia a parte lateral do corpo do osso esfenóide, onde, no interior de cada um deles corre uma artéria carótida interna. Os seguintes nervos cranianos também seguem dentro do seio cavernoso, aderidos a sua parede lateral de dura-máter, em seu caminho até a órbita e a face: oculomotor, troclear, abducente e os nervos maxilar e ramos do nervo trigêmeo. O seio cavernoso drena posterolateralmente no

seio transversal e na veia jugular interna, mas também se comunica com a **veia oftálmica** da órbita (ver Figura 20.18), que por sua vez se comunica com a veia facial que drena o nariz e o lábio superior.

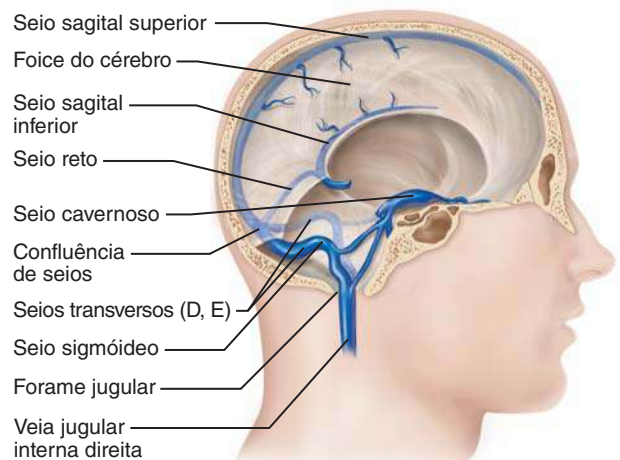
Existem vários outros seios da dura-máter, mas eles são pequenos e não serão considerados aqui.



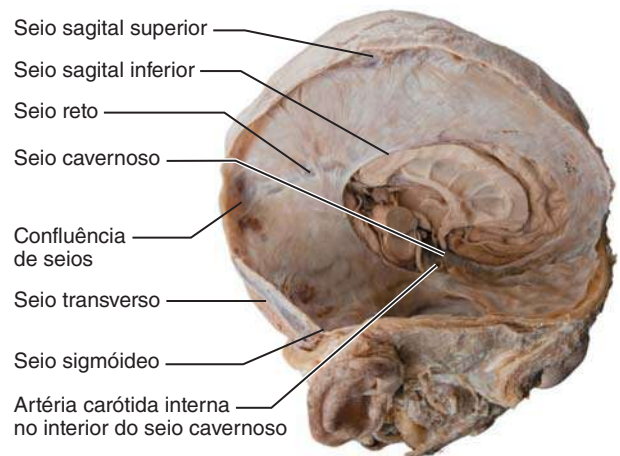
APLICAÇÃO CLÍNICA

Importância médica do seio cavernoso Espremar espinhas no nariz ou no lábio superior pode espalhar a infecção através da veia facial para o seio cavernoso e daí para os outros seios da dura-máter. Por essa razão, o nariz e o lábio superior são chamados de *triângulo (ou trígono) perigoso da face*.

Golpes na cabeça podem romper a artéria carótida interna dentro dos limites do seio cavernoso. O sangue vazado se acumula dentro desse seio e exerce uma pressão de esmagamento nos nervos cranianos aí contidos, prejudicando suas funções. Por exemplo, o dano aos nervos oculomotor, troclear e abducente leva a uma perda da capacidade de movimentar os olhos.



(a) Seios da dura-máter



(b) Seios da dura-máter, cadáver, lado direito

Figura 20.17 Drenagem venosa da cabeça, pescoço e encéfalo.

Veias jugulares internas As grandes **veias jugulares internas** drenam quase todo o sangue do encéfalo (**Figura 20.18**). A partir de sua origem na base do crânio, cada veia jugular interna desce pelo pescoço abaixo do músculo esternocleidomastóideo. Superiormente, a veia jugular interna se situa lateralmente à artéria carótida interna; inferiormente, é lateral à artéria carótida comum (exibida na Figura 11.11b, p. 299). Ao longo do caminho, a veia jugular interna recebe sangue de algumas veias profundas da face e do pescoço, ramos das **veias facial e temporal superficial**. Na base do pescoço, a veia jugular interna se une à veia subclávia, formando a veia braquiocefálica. As veias jugulares recebem seus nomes quanto ao seu ponto final, já que *jugulum* significa “a garganta logo acima da clavícula”.

Assim como os ferimentos no pescoço podem seccionar as artérias carótidas, o mesmo pode também acontecer com as veias jugulares internas, superficiais. As veias seccionadas não sangram tão rapidamente quanto as artérias de diâmetro equivalente, pois a pressão do sangue nessas veias é mais baixa do que nas artérias. Por essa razão, as chances de sobreviver são maiores se um ferimento no pescoço afetar a veia e não a artéria.

Veias jugulares externas A **veia jugular externa** é uma veia superficial que desce verticalmente através do pescoço na superfície do músculo esternocleidomastóideo. Para tornar essa veia visível no seu pescoço, fique em pé diante de um espelho e aperte suavemente com os dedos a pele acima da sua clavícula. Superiormente, suas tributárias drenam as regiões posterior e lateral do couro cabeludo e parte da face (ver Figura 20.18). A veia jugular externa, que não é acompanhada por qualquer artéria correspondente, drena inferiormente na veia subclávia.

Veias vertebrais Diferente das artérias vertebrais, as **veias vertebrais** não se estendem por uma grande parte do encéfalo. Em vez disso, elas drenam apenas as vértebras cervicais, região cervical da medula espinal cervical e os pequenos músculos da região superior do pescoço. Originando-se abaixo do côndilo occipital, cada veia vertebral desce pelos forames transversos das vértebras C I-C VI na forma de um plexo venoso. Emergindo de C VI como uma única veia, a veia vertebral continua inferiormente e se une à veia braquiocefálica, na base do pescoço.

Veias do tórax

O sangue dos primeiros espaços intercostais drena nas veias braquiocefálicas; o dos outros espaços intercostais, bem como o sangue de algumas vísceras torácicas, drena em um grupo de veias que compõem o **sistema ázigo** (**Figura 20.19**). Esse grupo de veias, que percorre lateralmente a coluna vertebral e desemboca na veia cava superior, consiste na **veia ázigo**, **veia hemiáximo** e **veia hemiáximo acessória**.

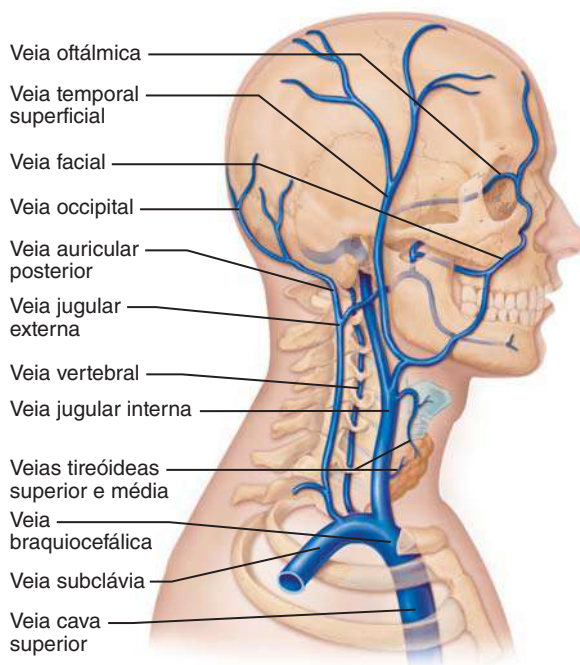


Figura 20.18 Veias da cabeça e do pescoço, lado direito.

Veia ázigo A **veia ázigo**, cujo nome significa “ímpar”, sobe ao longo da direita ou anteriormente aos corpos das vértebras torácicas. Ela recebe todas as **veias intercostais posteriores** direitas (geralmente, exceto a primeira), mais a veia subcostal. Superiormente, no nível de T IV, a veia ázigo arqueia sobre os grandes vasos, que seguem para a raiz do pulmão direito, e se une à veia cava superior.

Veia hemiáximo A **veia hemiáximo**, que sobe no lado esquerdo da coluna vertebral, corresponde à metade inferior da veia ázigo à direita (**hemiáximo** = metade da veia ázigo). Ela recebe a nona até a décima primeira veias intercostais posteriores esquerdas e a veia subcostal. Aproximadamente no meio do tórax, a hemiáximo segue praticamente na horizontal através da face anterior dos corpos vertebrais e se une à veia ázigo.

Veia hemiáximo acessória A **veia hemiáximo acessória** pode ser considerada uma continuação superior da hemiáximo, recebendo a quarta (ou quinta) até a oitava veia intercostal posterior esquerda; ela também segue para a direita e se une à veia ázigo.

As partes superiores das veias ázigo e hemiáximo acessória também recebem pequenas **veias bronquiais**, que drenam o sangue sistêmico desoxigenado dos brônquios pulmonares. As veias da parte torácica do esôfago também entram no sistema ázigo.

Veias dos membros superiores

As veias dos membros superiores (**Figura 20.19**) são profundas ou superficiais.

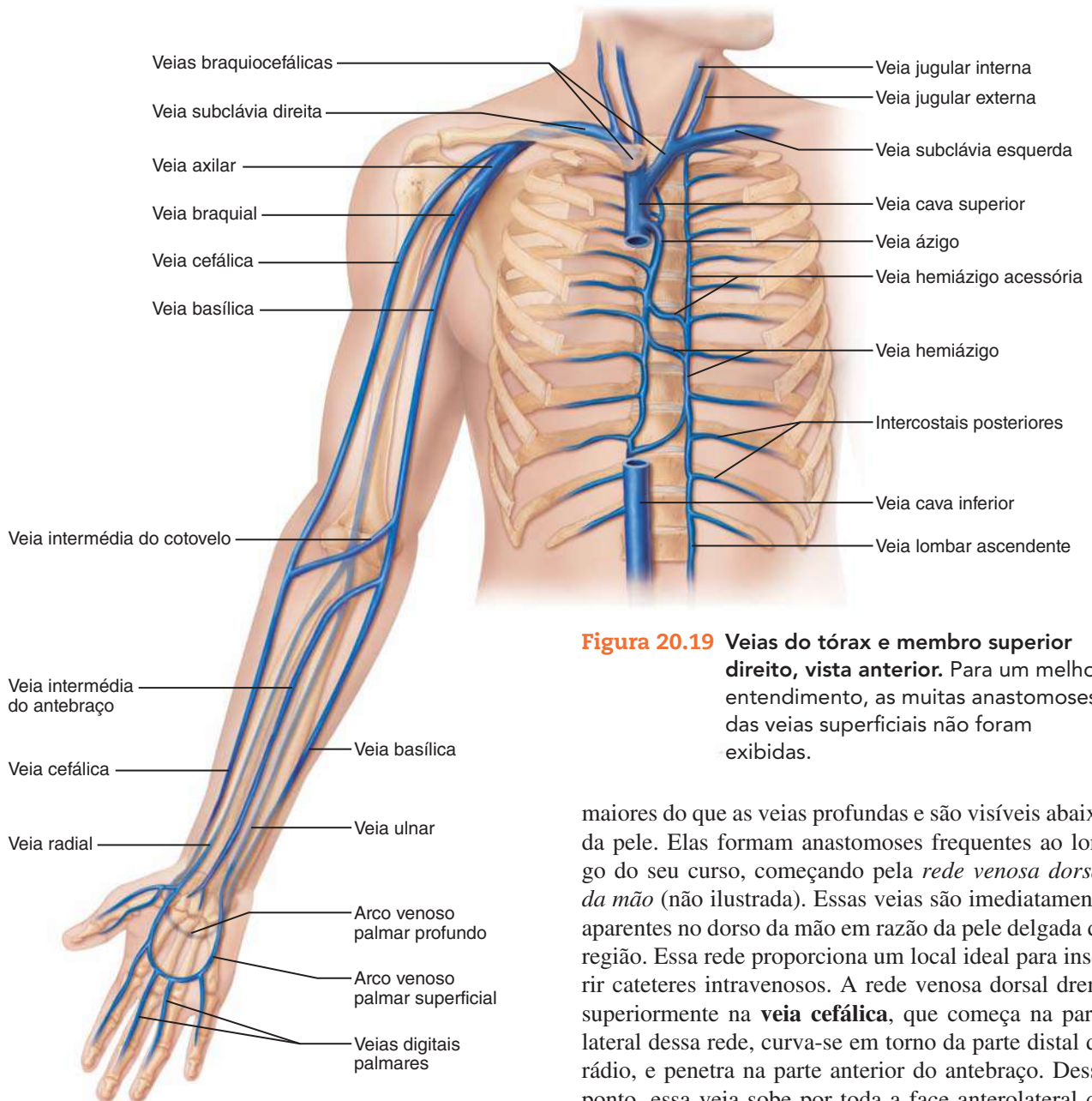


Figura 20.19 Veias do tórax e membro superior direito, vista anterior. Para um melhor entendimento, as muitas anastomoses das veias superficiais não foram exibidas.

Veias profundas As veias profundas dos membros superiores (exibidas na Figura 20.19 em azul-claro) seguem o trajeto das artérias que acompanham e recebem os mesmos nomes. No entanto, todas, exceto a maior, são duas veias realmente paralelas que percorrem em ambos os lados da artéria. Os **arcos palmares profundo** e **superficial** da mão drenam nas **veias radial** e **ulnar** do antebraço, que se unem logo abaixo da articulação do cotovelo e formam a **veia braquial** (do braço). À medida que a veia braquial entra na axila, ela drena na **veia axilar**, que se transforma na **veia subclávia**, no nível da primeira costela.

Veias superficiais As veias superficiais do membro superior (exibidas na Figura 20.19 em azul-escuro) são

maiores do que as veias profundas e são visíveis abaixo da pele. Elas formam anastomoses frequentes ao longo do seu curso, começando pela *rede venosa dorsal da mão* (não ilustrada). Essas veias são imediatamente aparentes no dorso da mão em razão da pele delgada da região. Essa rede proporciona um local ideal para inserir cateteres intravenosos. A rede venosa dorsal drena superiormente na **veia cefálica**, que começa na parte lateral dessa rede, curva-se em torno da parte distal do rádio, e penetra na parte anterior do antebraço. Desse ponto, essa veia sobe por toda a face anterolateral do membro superior e termina abaixo da clavícula, onde se une à veia axilar. A **veia basilíca** surge na parte medial da rede venosa dorsal da mão, e sobe ao longo da superfície posteromedial do antebraço e da superfície anteromedial do braço. Na axila, a veia basilíca se une à veia braquial e formam a veia axilar. Na face anterior da articulação do cotovelo, na região da fossa cubital, a **veia intermédia do cotovelo** conecta as veias basilíca e cefálica (Figura 20.20). Essa veia é fácil de encontrar na maioria das pessoas, sendo utilizada para retirar sangue ou administrar substâncias por via intravenosa. Como a grande artéria braquial, juntamente ao nervo mediano e ao tendão de inserção do bíceps braquial, se situa logo abaixo da veia intermédia do cotovelo, uma agulha deve ser inserida na veia aplicando pouca angulação, quase paralela à pele, para evitar a perfura-

ção dessas estruturas. A **veia intermédia do antebraço** situa-se na região mediana do antebraço e o ponto onde ela termina no cotovelo é altamente variável.

Veias do abdome

O sangue que volta das vísceras abdominopélvicas e da parede do abdome chega ao coração através da veia cava inferior (Figura 20.21). A maioria das tributárias dessa grande veia compartilha os nomes de suas artérias correspondentes. As veias dos pares de órgãos abdominais, da pelve e da parede do abdome drenam diretamente na veia cava inferior. O sangue do sistema digestório retorna via sistema porta hepático (discutido a seguir).

Veias lombares Vários pares de **veias lombares**, que acompanham as artérias lombares correspondentes, drenam a parede do abdome correspondentes.

Veias testiculares ou ovarianas O par dessas veias sobe pela parede posterior do abdome com as artérias correspondentes. A veia direita drena na face anterior da veia cava inferior em L II. A veia do lado esquerdo drena na veia renal esquerda (Figura 20.21).

Veias renais As **veias renais** direita e esquerda drenam os rins; cada uma se situa anteriormente à artéria renal correspondente.

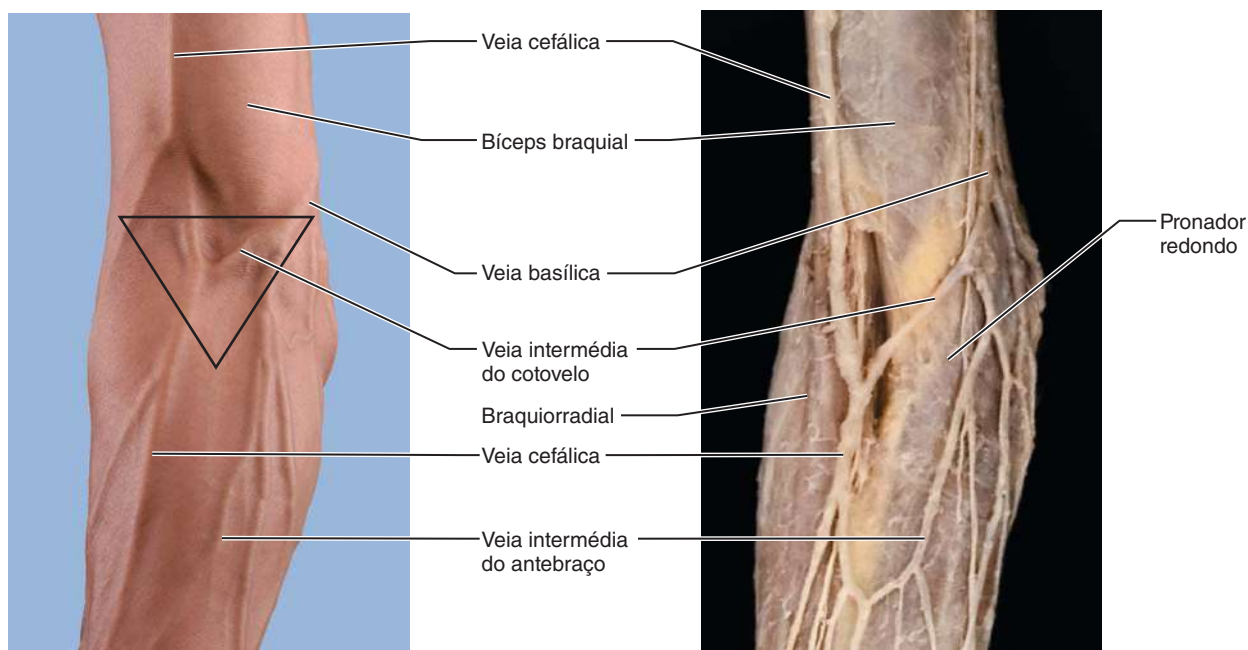
Veias suprarrenais Embora cada glândula suprarrenal tenha várias artérias principais, elas têm apenas uma **veia suprarrenal**. A veia suprarrenal direita desemboca diretamente na veia cava inferior; a veia suprarrenal esquerda, na veia renal esquerda.

Veias hepáticas As **veias hepáticas** direita e esquerda convergem para a parte superior do fígado e desembocam na parte mais superior da veia cava inferior. Essas veias robustas transportam todo o sangue originário dos órgãos do sistema digestório nas cavidades abdominais e da pelve, e o sangue que chega via sistema porta hepático (discutido em seguida).

Sistema porta hepático O **sistema porta hepático** (Figura 20.22) é uma parte especializada na parte venosa do circuito vascular que desempenha uma função única na digestão: ele capta os nutrientes digeridos pelo estômago e intestinos e os conduz para o fígado, para o processamento e o armazenamento.

Como em todos os sistemas porta, o sistema porta hepático é uma série de vasos, na qual dois leitos capilares diferentes se situam entre o suprimento arterial e a drenagem venosa final (Figura 20.22a). Nesse caso, os capilares no estômago e intestinos recebem os nutrientes digeridos e depois drenam nas tributárias da **veia porta**. Essa veia leva o sangue rico em nutrientes para um segundo leito capilar — os *sinusoides hepáticos* — através do qual os nutrientes chegam às células hepáticas para processamento. As células hepáticas também quebram as toxinas que entram no sangue através do trato digestório. Depois de passar pelos sinusóides hepáticos, o sangue drena nas veias hepáticas e na veia cava inferior, reentrando assim na circulação sistêmica geral. (Para obter uma discussão mais completa das funções hepáticas, ver o Capítulo 23.)

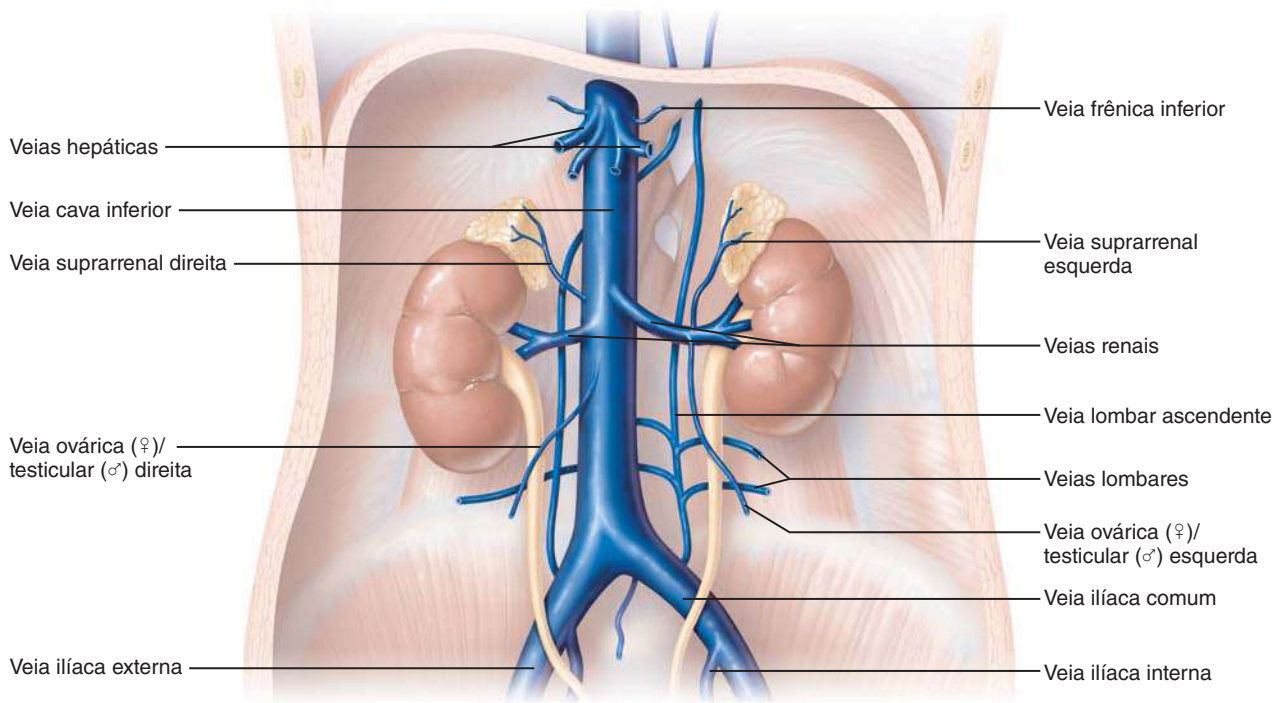
Quando você estudar o sistema porta hepático, tenha cuidado para não confundir as *veias hepáticas*, que levam sangue para *fora* do fígado, com a *veia porta*,



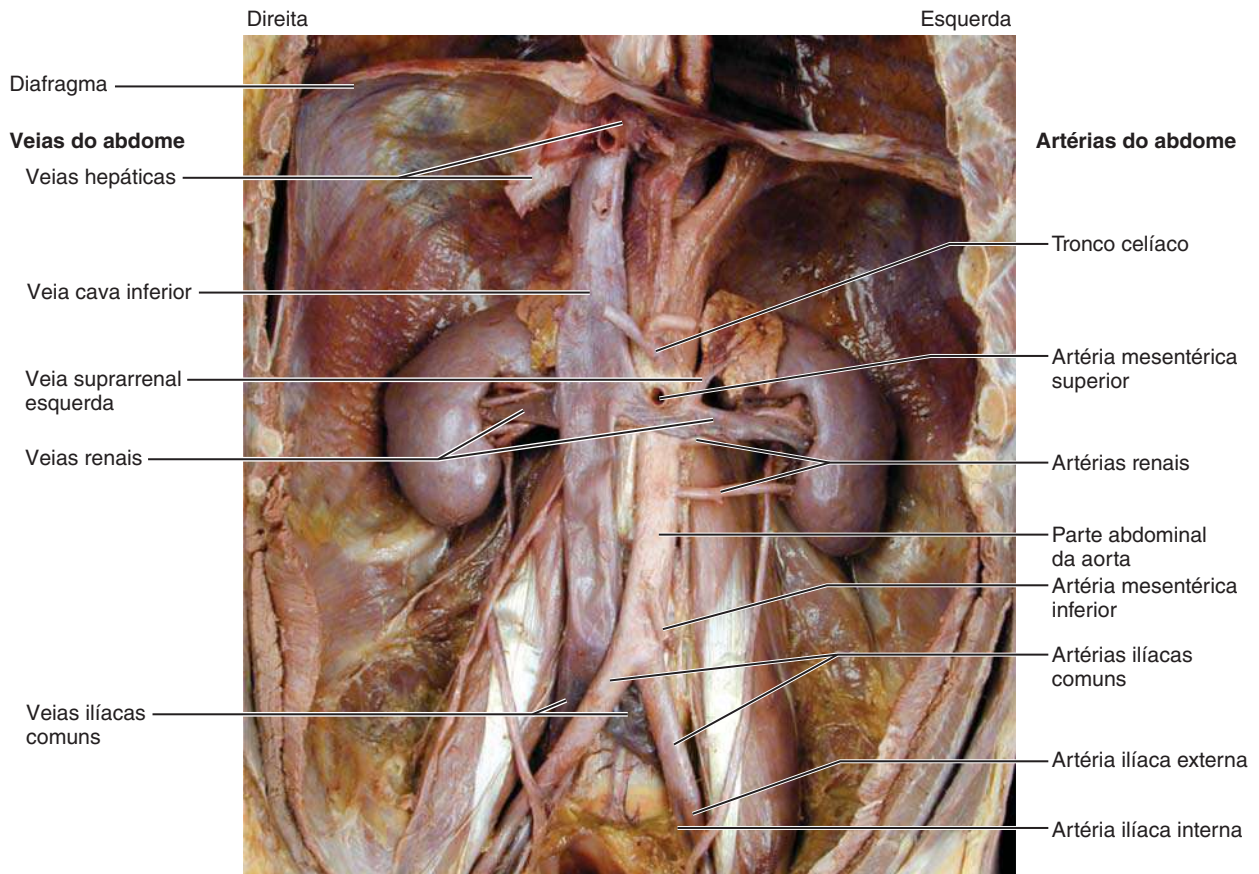
(a) Vista superficial, membro superior direito

(b) A mesma vista em peça anatômica

Figura 20.20 Veias superficiais do membro superior direito. A fossa cubital está delineada por um triângulo.

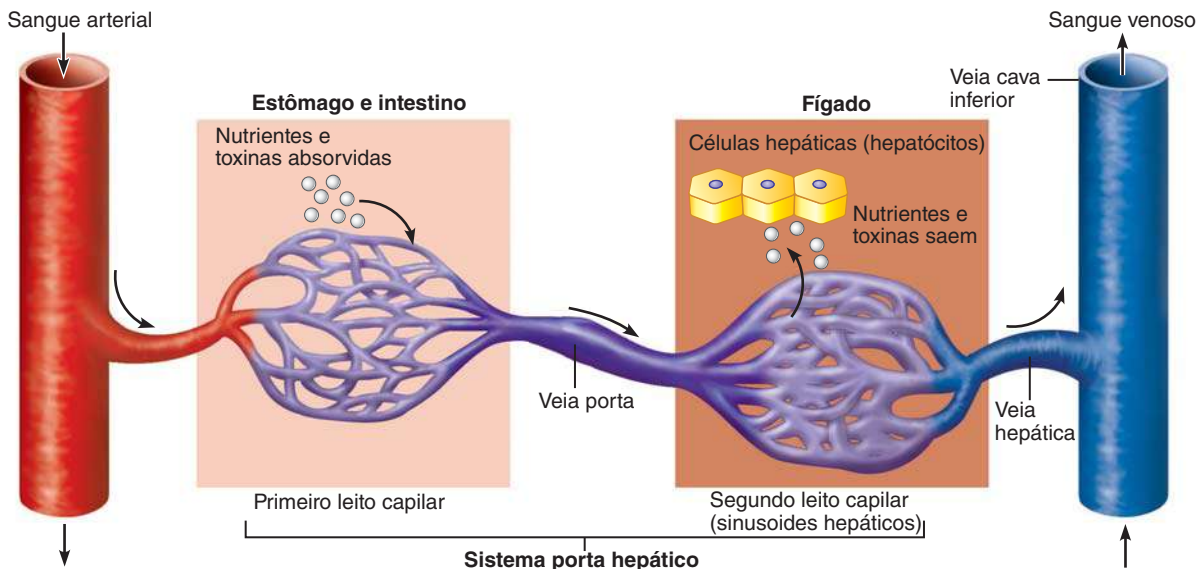


(a) Tributários da veia cava inferior; drenagem venosa dos órgãos abdominais pares

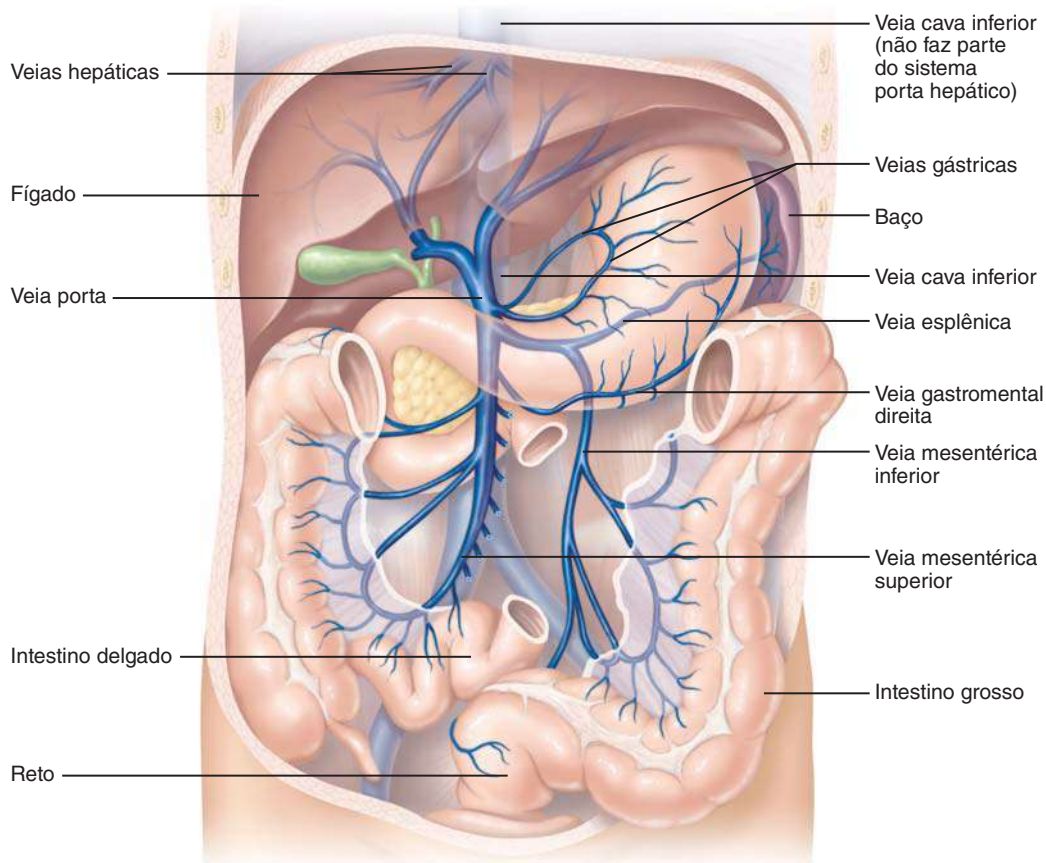


(b) Dissecção da parede posterior do abdome ilustrando os vasos da cavidade abdominal

Figura 20.21 Tributários da veia cava inferior. Em (a), repare na assimetria do retorno venoso: as veias ovárica/testicular e suprarenal esquerdas drenam na veia renal esquerda. No lado direito, esses vasos drenam diretamente na veia cava inferior.



(a) Esquema do sistema porta hepático



(b) Veias do sistema porta hepático

Figura 20.22 Sistema porta hepático. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 68.)

que leva sangue venoso *para dentro* do fígado. As seguintes veias do sistema porta hepático são tributárias da veia porta (Figura 20.22b):

1. Veia mesentérica superior. Essa grande veia sobe um pouco à direita da artéria mesentérica superior. Ela drena todo o intestino delgado, a primeira me-

tade do intestino grosso (colos ascendente e transverso) e parte do estômago. Sua parte superior se situa posterior ao estômago e ao pâncreas.

2. Veia esplênica. Embora o baço não seja um órgão do sistema digestório, o sangue venoso que sai desse órgão drena através do sistema porta hepático.

Em consequência, quaisquer microrganismos que escapem das atividades de combate à infecção do baço (discutidas no Capítulo 21) são levados ao fígado, onde são destruídos. A veia esplênica segue horizontalmente, posterior ao estômago e ao pâncreas, e se une à veia mesentérica superior, formando a veia porta. Suas tributárias correspondem aos ramos da artéria esplênica.

3. **Veia mesentérica inferior.** Essa veia sobe ao longo da parede posterior do abdome, bem à esquerda da artéria mesentérica inferior. Suas tributárias drenam os órgãos supridos por essa artéria — que são a região distal do colo e superior do reto. A veia mesentérica inferior desemboca na veia esplênica posterior ao estômago e ao pâncreas.

A **veia porta** é um vaso curto e vertical que se situa diretamente abaixo do fígado e anterior à veia cava inferior (Figura 20.22b). Inferiormente, ela se inicia posteriormente ao pâncreas como a união das veias mesentérica superior e esplênica. Superiormente, a veia porta penetra na face inferior do fígado e se divide nos ramos direito e esquerdo, cujas ramificações chegam aos sinusoides hepáticos.

Em seu caminho até o fígado, a veia porta recebe as veias gástricas direita e esquerda do estômago.

Anastomoses portossistêmicas

Nas condições que levam à cicatrização e degeneração (cirrose) do fígado, especialmente o alcoolismo crônico, o fluxo sanguíneo através dos sinusoides hepáticos é obstruído. Esse bloqueio eleva a pressão arterial em todo o sistema porta hepático e resulta em **hipertensão porta**. Felizmente, algumas veias do sistema porta formam anastomoses com veias que drenam nas veias cavas, proporcionando vias de emergência através das quais o sangue porta consegue retornar para o coração. Essas vias são as *anastomoses portossistêmicas (portocava)*. As principais são (1) as veias na face inferior do esôfago, (2) o plexo venoso retal na parede do canal anal e (3) as veias superficiais na parede anterior do abdome em volta do umbigo. Porém, essas veias de conexão são pequenas e incham e rompem quando obrigadas a transportar grandes volumes de sangue porta. Quando essas veias anastomosadas começam a falhar, como acontece nos alcoólatras com cirrose hepática, a pessoa pode vomitar sangue das veias esofágicas rompidas, desenvolver hemorroidas nas veias retais intumescidas e exibir uma rede sinuosa de veias distendidas pela pele em volta do umbigo. Essa rede se chama *cabeça de medusa*, por analogia a um monstro na mitologia grega cujo cabelo era feito de cobras se contorcendo.

De todos os sintomas da cirrose, o intumescimento e o rompimento das veias na parte inferior do esôfago são os mais graves. O sangramento das veias esofági-

cas está associado com uma taxa de mortalidade de 50% e, se o sangramento recorrer, outros 30% morrem. As veias esofágicas varicosas são tratadas com injeção de substâncias que visam enrijecer suas paredes, ou mesmo com suturas. Além disso, um tubo metálico implantado pode ser colocado a partir da veia cava inferior, posterior ao fígado, até a veia porta, criando uma nova derivação portocava que alivie inteiramente a hipertensão porta.

Veias da pelve e membros inferiores

As veias que drenam a pelve e os membros inferiores (Figura 20.23) são profundas ou superficiais.

Veias profundas Assim como as dos membros superiores, a maioria das veias profundas nos membros inferiores compartilha os nomes das artérias que acompanha e todas, exceto as maiores, são na realidade duas veias paralelas. Surgindo na planta do pé a partir da união das **veias plantares** medial e lateral, a **veia tibial posterior** sobe profundamente dentro dos músculos da região sural (panturrilha) e recebe a **veia fibular**. A **veia tibial anterior**, que é a continuação superior da **veia dorsal do pé**, dirige-se para a parte superior da perna, onde se junta à veia tibial posterior para formar a **veia poplítea**. A veia poplítea passa pela fossa poplítea e sobe, transformando-se na **veia femoral** que drena a região da coxa. A veia femoral está situada com a artéria femoral e o nervo no triângulo femoral. Esse vaso continua superiormente por baixo do ligamento inguinal e se transforma na **veia ilíaca externa**. Na pelve, a veia ilíaca externa se une com a **veia ilíaca interna** para formar a **veia ilíaca comum**.

Veias superficiais Duas grandes veias superficiais, as *veias safenas magna e parva*, surgem no **arco venoso dorsal**, localizado na superfície dorsal do pé. As veias safenas formam anastomoses frequentemente uma com a outra e com as veias profundas ao longo do seu curso. A **veia safena magna**, a maior veia do corpo, sobe medialmente pelo membro inferior e desemboca na veia femoral imediatamente distal ao ligamento inguinal. A **veia safena parva** segue ao longo da face lateral do pé e depois ao longo da superfície da região sural (Figura 20.23b e c). Posterior ao joelho, ela desemboca na veia poplítea.

✓ Verifique seu conhecimento

- 9. Considere as veias hepáticas e a veia porta. Qual órgão ou quais órgãos cada veia drena? Em que vaso cada veia desemboca?
- 10. Em qual região do corpo está localizada cada uma das seguintes veias: (a) veia cefálica, (b) veia poplítea, (c) veia transversa, (d) veia safena, (e) veia ázigo?
- 11. Descreva a importância clínica da veia intermédica do cotovelo e da veia safena.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

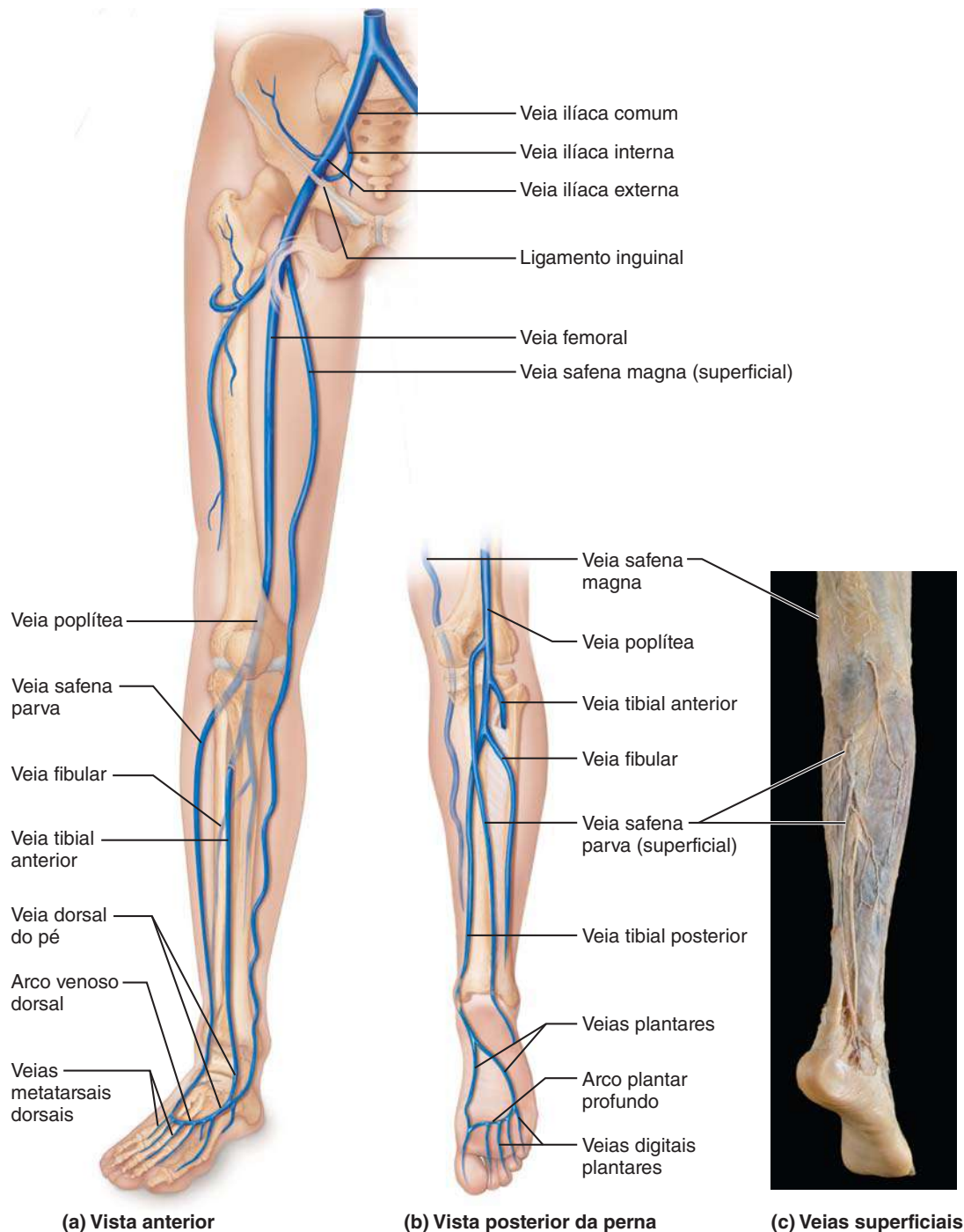


Figura 20.23 Veias do membro inferior direito e da pelve.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Importância médica das veias safenas A veia safena magna é o vaso utilizado com mais frequência em pontes da artéria coronária (revascularização do miocárdio) (ver **ANÁLISE APROFUNDADA**, Capítulo 19, p. 605). Aqui, deve-se observar que, quando suturar essa veia em uma artéria coronária, o cirurgião precisa orientá-la de modo que o fluxo sanguíneo vá abrir, ao invés de fechar, suas válvulas. As veias safenas são mais propensas a enfraquecer e se tornar varicosas do que quaisquer outras veias no membro inferior, já que são mal sustentadas pelo tecido circundante. Além disso, quando as válvulas começam a falhar nas veias de um membro inferior, as contrações normais dos músculos da perna podem espremer o sangue para fora das veias profundas e impulsioná-lo para as veias superficiais através das anastomoses entre esses dois grupos de veias. Esse influxo de sangue intumescce e enfraquece as veias safenas ainda mais. Mesmo quando as veias safenas não estão enfraquecidas, muitas vezes elas estão envolvidas na *doença venosa do membro inferior* (ver “Transtornos dos vasos sanguíneos” na p. 643).

TRANSTORNOS DOS VASOS SANGUÍNEOS

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ definir aterosclerose, trombose venosa profunda e doença venosa do membro inferior, aneurisma, microangiopatia do diabetes e malformação arteriovenosa.

O principal transtorno dos vasos sanguíneos, a aterosclerose, é examinado na **ANÁLISE APROFUNDADA**. Esta seção considera alguns outros transtornos comuns e graves dos vasos sanguíneos.

A **trombose venosa profunda do membro inferior** é a formação de coágulos nas veias da extremidade inferior (geralmente na região da coxa). Na metade dos pacientes com essa condição, o coágulo se desprende, segue para o coração e o tronco pulmonar e depois bloqueia um ramo da artéria pulmonar (embolia pulmonar). Extremamente comum, a trombose venosa profunda afeta 1% a 2% dos pacientes internados ou dois milhões de americanos por ano.² Geralmente ela é provocada pelo fluxo lento do sangue nas veias dos pacientes inativos e acamados, de modo que se formam trombos nas válvulas venosas. De modo alternativo, ela pode resultar de processo de coagulação anormal ou de danos inflamatórios ao endotélio venoso (neste último caso, ela se chama *tromboflebite*). A trombose venosa profunda pode ser diagnosticada por ultrassonografia das veias no membro inferior e é tratada com medicamentos anticoagulantes. Outro tratamento envolve a inserção de um filtro na veia cava inferior para evitar que os êmbolos cheguem aos pulmões.

A **doença venosa** é outro transtorno venoso comum nos membros inferiores, afetando 600 mil pessoas, a maioria delas idosas, nos Estados Unidos. Essa doença caracteriza-se pela drenagem inadequada do sangue venoso do membro, cujos tecidos se tornam isquêmicos e vulneráveis a danos e ulceração. É provocada pela falha das válvulas nas interconexões das veias que normalmente funcionam para evitar que o sangue nas veias profundas do membro escoe para as veias safenas superficiais. Quando essas válvulas falham, a bomba muscular esquelética impele o sangue venoso profundo para as veias safenas, que não conseguem drenar tanto sangue com a velocidade suficiente. O sangue se acumula nas veias safenas, e uma quantidade tão grande de líquido vasa dos capilares que drenam para essas veias que o tecido da perna desenvolve edema e se torna isquêmico. O menor trauma nesse tecido privado de oxigênio leva ao dano tecidual, então propiciando a formação de úlceras no membro inferior. A doença venosa pode levar a veias

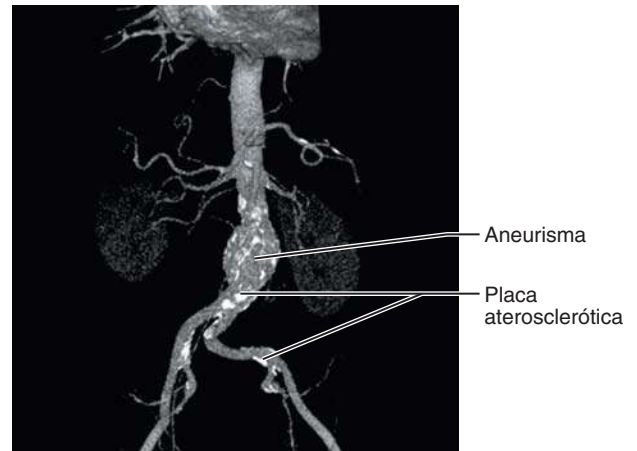


Figura 20.24 Angiografia por TC com 64 detectores de um aneurisma da parte abdominal da aorta

safenas varicosas (p. 642) quando as veias safenas sobrecarregadas enfraquecem e rompem. O tratamento dessa doença envolve a elevação e compressão do membro inferior para acelerar a drenagem do sangue.

Um **aneurisma** (“ampliação”) é um alargamento ou formação de bolsa em uma artéria (ou veia) que coloca o vaso em risco de rompimento. O aneurisma pode resultar de uma fraqueza congênita de uma parede arterial ou, na maioria das vezes, de um enfraquecimento gradual do vaso causado por hipertensão ou aterosclerose. Os sítios mais comuns para os aneurismas são a parte abdominal da aorta (**Figura 20.24**) e as artérias do encéfalo e rins. Os aneurismas de aorta estão presentes em 1% das mulheres e 8% dos homens acima de 65 anos de idade, e sua ruptura causa 10 mil mortes por ano nos Estados Unidos.³ Se forem detectados antes da ruptura — por palpação, ultrassom ou TC —, eles são tratados pela substituição da parte do vaso afetada por um enxerto sintético ou pela colocação de um tubo com paredes reforçadas dentro da parte do vaso onde há o aneurisma.

Microangiopatia (“doença dos vasos pequenos”) do **diabetes melito** é uma complicação comum do diabetes melito de longo prazo. Os níveis elevados de açúcar no sangue do diabetes levam ao depósito de glicoproteínas na membrana basal dos capilares. Isso resulta em paredes capilares mais espessas, porém permeáveis, e em uma taxa mais lenta de renovação do líquido intersticial, do qual as células dependem para obter oxigênio e nutrientes. Os órgãos mais afetados e danificados por essa microangiopatia são os rins, a retina, os nervos periféricos e os pés; nestes, as úlceras se desenvolvem com frequência.

(O texto continua na p. 647.)

- Nota do editor: conforme dados colhidos do SUS pela pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (Ibope), em parceria com a Sanofi Aventis e a Sociedade Brasileira de Angiologia e Cirurgia Vasculár (SBACV), foram registradas, no período de 2008-2010, 85.772 internações por trombose venosa aguda, com 2,38% de óbitos.
- Nota do editor: dados do Ministério da Saúde indicam que cerca de 6,5 mil pessoas morrem por ano no Brasil em decorrência de aneurisma, sendo a maior parte concentrada na região Sudeste, com 6.680 óbitos só em 2010. E esse número só cresce, já que no Brasil foram registradas 6.413 mortes em 2008 e 6.419 mortes em 2009.

Aterosclerose? Livre-se do dano cardiovascular

Quando os canos entopem, geralmente é porque despejamos alguma coisa pelo ralo que não deveria estar ali — uma massa engordurada ou um bolo de pelos. Algumas vezes os canos entopem quando algo está crescendo dentro deles (raízes de árvores, por exemplo), aprisionando os detritos normais que passam por ele (ver a foto). Na **arteriosclerose**, as paredes das nossas artérias ficam mais espessas e duras, resultando em hipertensão. Na **aterosclerose**, a forma mais comum de arteriosclerose, pequenos espessamentos placoides chamados **ateromas** se formam, podendo invadir a luz do vaso facilitando os espasmos arteriais ou o entupimento completo de um vaso por um coágulo sanguíneo itinerante.

Embora todos os vasos sanguíneos sejam suscetíveis à aterosclerose, a aorta e as artérias coronárias são afetadas com mais frequência.

Aterosclerose: início e estágios

A aterosclerose começa com o dano à túnica íntima, provocado por substâncias químicas transportadas pelo sangue, hipertensão ou infecções virais ou bacterianas. Os pesquisadores suspeitam que quase qualquer tipo de infecção crônica — incluindo os problemas respiratórios, periodontais e do trato urinário — pode preparar o terreno para a aterosclerose.

A irritação do endotélio provoca uma resposta inflamatória. As células endoteliais lesionadas liberam agentes inflamatórios e fatores do crescimento (indutores da mitose). As lipoproteínas de baixa densidade (LDLs, o conhecido “colesterol ruim”) são atraídas para a área inflamada. As LDLs levam colesterol para as células. No vaso inflamado, elas invadem a túnica íntima e se acumulam na parede do vaso. Os monócitos, um tipo de leucócito, respondem à área de inflamação, entram na túnica íntima e se diferenciam em macrófagos, que fagocitam as LDLs dentro da parede do vaso. As células endoteliais continuam a secretar substâncias químicas inflamatórias e fatores de crescimento, estimulando assim o crescimento da parede do vaso. À medida que a placa gordurosa se desenvolve, os

macrófagos ficam tão cheios de LDLs que se transformam em células *espumosas* carregadas de lipídios e perdem sua capacidade de limpeza.

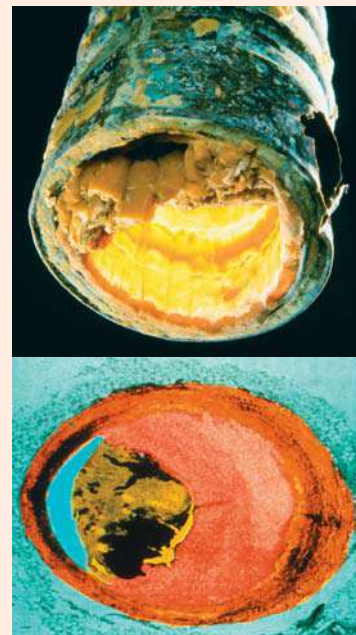
As células musculares lisas que migram da túnica média também absorvem lipídios e se transformam em células espumosas. O acúmulo de células espumosas inicia o **estágio de estria gordurosa**. As células musculares lisas também depositam fibras de colágeno e elastina, espessando a íntima e produzindo lesões fibrosas com um cerne de células espumosas mortas ou moribundas, chamadas **placas fibrosas** ou **ateroscleróticas**. Primeiramente, as paredes do vaso acomodam a placa em crescimento expandindo-se para fora, mas esses amontoados gordurosos acabam se projetando na luz do vaso e produzindo aterosclerose (ver foto inferior).

À medida que as placas em crescimento atrapalham a difusão dos nutrientes do sangue para os tecidos mais profundos da parede arterial, as células musculares lisas na túnica média morrem e as fibras elásticas deterioram. Esses elementos são substituídos por tecido cicatricial inelástico e sais de cálcio são depositados nas lesões. Esses eventos constroem o vaso e fazem com que as paredes arteriais se desgastem e ulcerem, condições que estimulam o aumento da viscosidade do sangue e o seu acúmulo, a adesão plaquetária e a formação de trombo. A maior rigidez do vaso leva à hipertensão. Juntos, esses eventos aumentam o risco de infartos do miocárdio, AVCs e aneurismas, sendo responsáveis pela dor (angina) que ocorre quando o músculo cardíaco está isquêmico.

O processo inflamatório na parede do vaso torna essas placas de colesterol suscetíveis à ruptura, soltando fragmentos que disparam a formação de coágulos maciços e que podem provocar ataques cardíacos letais. A vítima parece estar perfeitamente saudável até cair morta!

Tratamento e prevenção

Intervenções cirúrgicas, angioplastia e cirurgia de revascularização do miocárdio (**ANÁLISE APROFUNDADA**, Capítulo 19, p. 605) têm sido utiliza-



Superior Cano entupido por depósitos acumulados. **Inferior** Placas ateroscleróticas quase fecham uma artéria humana.

das há décadas para abrir vasos obstruídos ou alterar a rota do sangue, contornando um coágulo a fim de restaurar a circulação miocárdica. Os medicamentos anticoagulantes como a aspirina em baixa dose tomada regularmente podem reduzir a formação de coágulos. Os medicamentos para reduzir os níveis de colesterol (estatinas) não só reduzem o colesterol no sangue, mas também atuam como agentes anti-inflamatórios.

Quando um ateroma se rompe e induz a formação de coágulo, são utilizados *agentes trombolíticos* (dissolvem coágulos). Esses medicamentos revolucionários incluem o *ativador de plasminogênio tecidual* (tPA). A injeção de tPA diretamente no coração restaura o fluxo sanguíneo rapidamente e coloca um fim rápido nos ataques cardíacos em andamento.

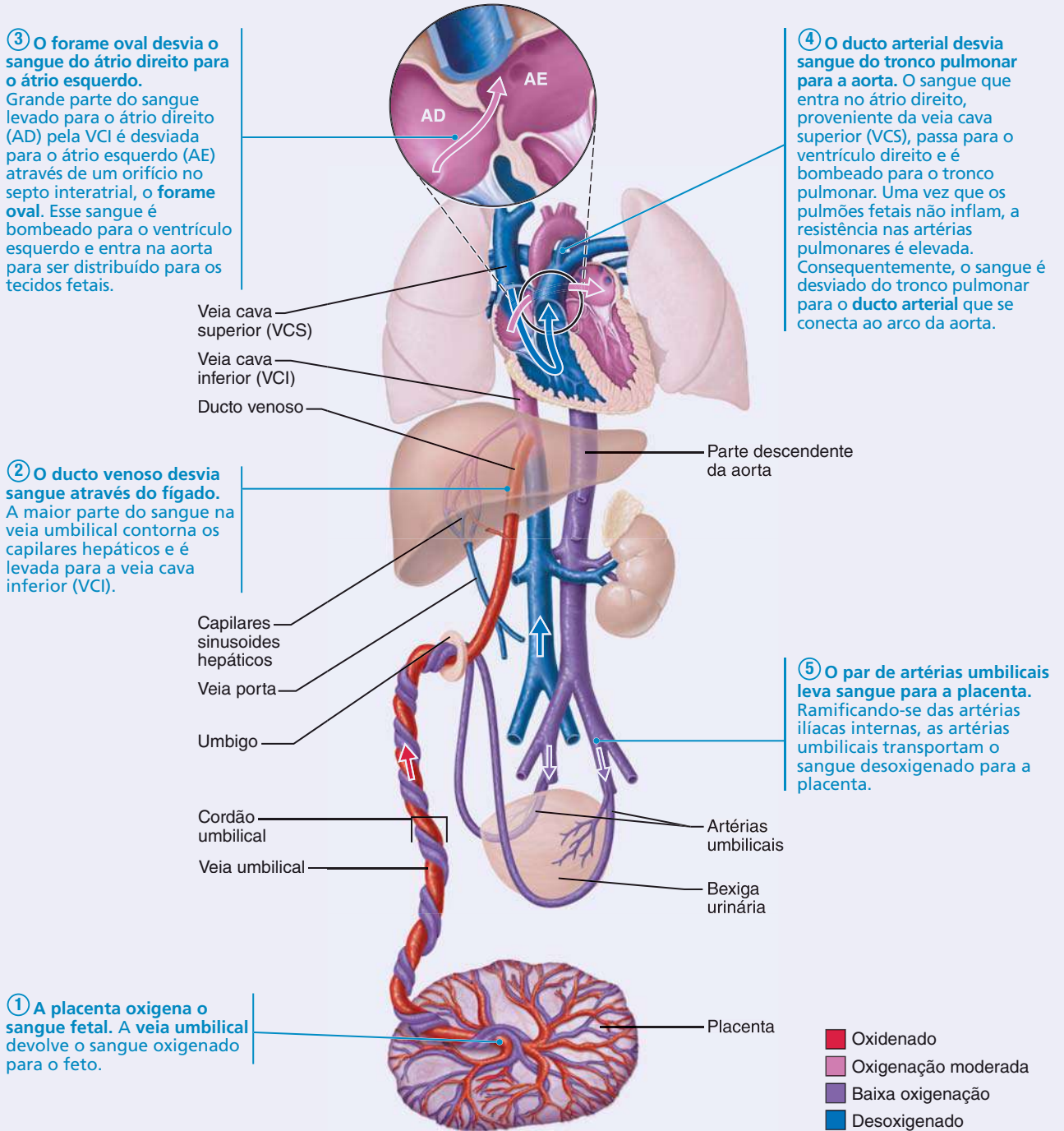
Naturalmente, é melhor evitar a evolução da aterosclerose parando de fumar, perdendo peso para reduzir os níveis sanguíneos de lipídios (triglicérides), ingerindo uma dieta saudável e rica em antioxidantes e fazendo exercícios com regularidade.

Destaque

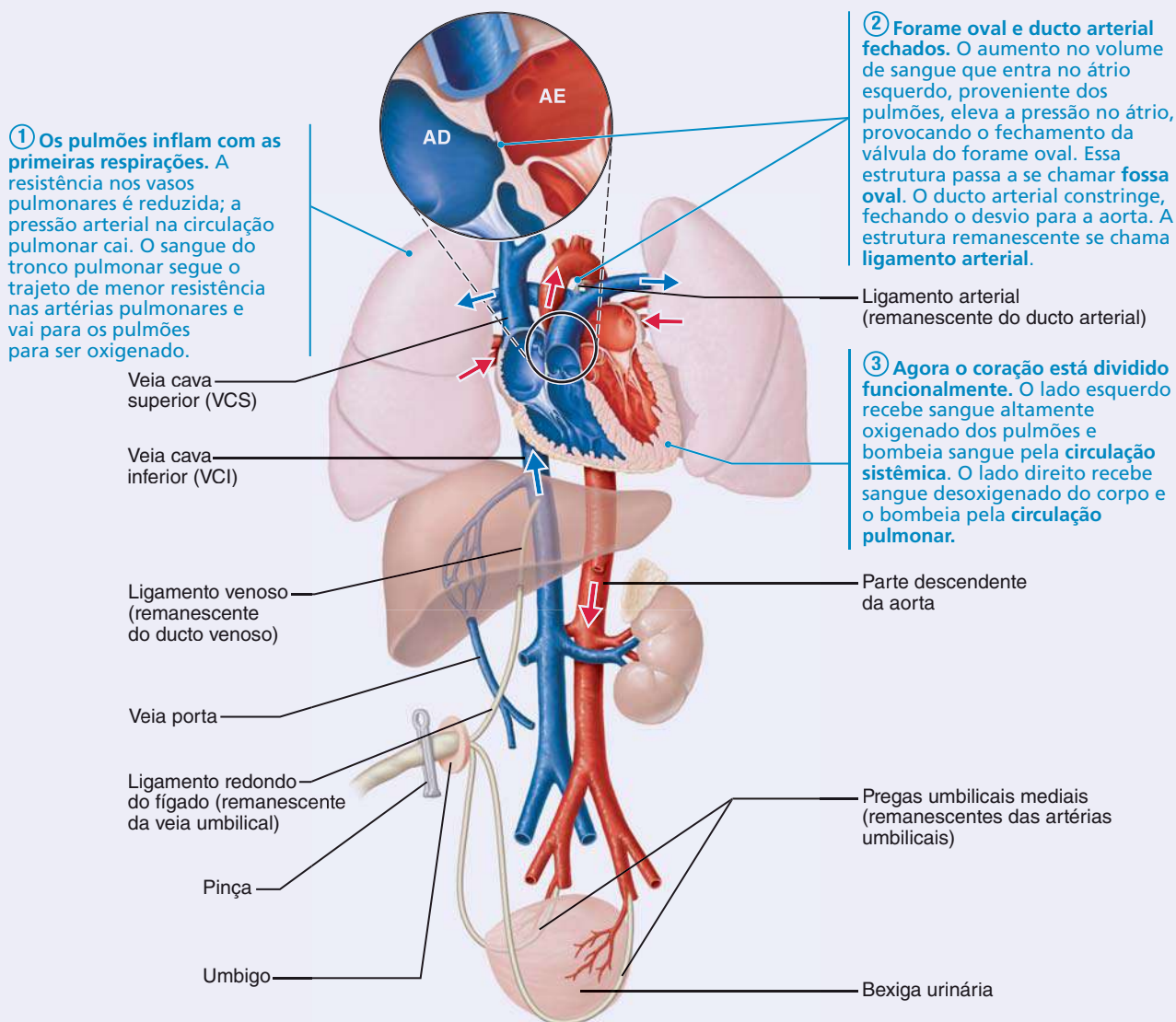
Circulação fetal e neonatal

Figura 20.25

Circulação fetal. O sangue é oxigenado na placenta; os pulmões fetais não estão funcionando. A circulação fetal tem duas rotas para contornar a circulação pulmonar: o **forame oval**, uma abertura no septo interatrial, e o **ducto arterial**, uma derivação entre o tronco pulmonar e a aorta.



Circulação neonatal. O sangue é oxigenado nos pulmões. O coração se torna dividido funcionalmente com as primeiras respirações. O lado direito do coração recebe e bombeia o sangue desoxigenado; o lado esquerdo do coração recebe e bombeia sangue oxigenado.



Estrutura fetal	Estrutura pós-natal	Função no feto
Forame oval	Fossa oval	Desviar o sangue do átrio direito para o átrio esquerdo
Ducto arterial	Ligamento arterial	Desviar o sangue do tronco pulmonar para a aorta
Ducto venoso	Ligamento venoso	Transportar sangue da veia umbilical através do fígado e para a VCI
Artérias umbilicais	Pregas umbilicais mediais	Pares de vasos transportam o sangue do feto para a placenta
Veia umbilical	Ligamento redondo do fígado	Vaso ímpar transporta o sangue oxigenado da placenta para o feto

Malformação arteriovenosa é uma condição congênita na qual os capilares não se desenvolvem em um determinado local, de modo que uma artéria continua diretamente em uma veia. Relativamente comum entre os defeitos congênitos, ela afeta 1 em 700 pessoas e ocorre geralmente no encéfalo. Sem um leito de capilares intervenientes para reduzir a alta pressão do sangue arterial antes de ele chegar à veia, esta enfraquece e forma um aneurisma que pode comprimir as estruturas vizinhas ou romper, causando um AVC. A malformação arteriovenosa é tratada pelo fechamento cirúrgico ou pela remoção cirúrgica do segmento de veia danificado.

OS VASOS SANGUÍNEOS AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ traçar o circuito cardiovascular no feto e explicar como ele muda no nascimento;
- ▶ citar alguns efeitos do envelhecimento sobre os vasos sanguíneos.

Os primeiros vasos sanguíneos se desenvolvem a partir das ilhotas sanguíneas em torno do saco vitelino no embrião com 3 semanas de vida (Capítulo 18, p. 581). No final da 3ª semana, o mesoderma esplâncnico *dentro* do embrião começa a formar redes de vasos sanguíneos que crescem por todo o corpo, tanto pelo brotamento de extensões quanto pela divisão em mais ramos. A princípio, os vasos consistem apenas em endotélio, mas as células mesenquimatosas adjacentes logo circundam esses tubos, formando as túnicas musculares e fibrosas das paredes dos vasos. Por fim, as redes são remodeladas em arranjos de vasos maiores e menores similares a árvores.

Após o estabelecimento do padrão básico dos vasos no embrião, a formação dos vasos desacelera, mas continua por toda a vida: para auxiliar o crescimento, facilitar a cicatrização de feridas e reconstruir os vasos perdidos a cada menstruação. Nos adultos, assim como nos embriões, novos capilares brotam dos vasos existentes como projeções tubulares do endotélio, mantendo uma relação direta com as demandas teciduais de oxigênio.

Circulação fetal

Todos os principais vasos já existem no terceiro mês de desenvolvimento e o sangue está fluindo nesses vasos na mesma direção que nos adultos. No entanto, existem duas grandes diferenças entre a circulação fetal e a pós-natal:

1. O feto precisa fornecer sangue para a *placenta*, um órgão em forma de disco no final do cordão umbilical, através do qual são obtidos oxigênio e nutrientes do útero materno.

2. Como o órgão respiratório fetal é a placenta e o feto não respira, seus pulmões não precisam de muito sangue. Portanto, o feto envia pouco sangue para a circulação pulmonar.

Apesar dessas características e necessidades especiais, o feto, no nascimento, precisa ser capaz de passar rapidamente para o padrão circulatório pós-natal. O quadro Destaque — Circulação fetal e neonatal (**Figura 20.25**) ilustra as mudanças que ocorrem nas circulações durante os períodos fetal e neonatal.

Vasos que entram e saem da placenta

Os vasos fetais que transportam sangue de/para a placenta se chamam *vasos umbilicais*, já que eles passam pelo cordão umbilical (Figura 20.25, Circulação fetal). O par de **artérias umbilicais** se ramifica das artérias ilíacas na pelve e transporta o sangue para a placenta a fim de captar oxigênio e nutrientes. A **veia umbilical** ímpar devolve esse sangue para o feto, levando parte dele para a veia porta a fim de que seus nutrientes possam ser processados pelas células hepáticas. No entanto, há sangue demais retornando para o processamento hepático, então a maior parte do sangue é desviada através de uma derivação chamada **ducto venoso**. Independentemente de passar pelo sistema porta hepático ou pelo ducto venoso, todo o sangue que retorna vai para as veias hepáticas, veia cava inferior e átrio direito do coração. Na veia cava inferior, esse sangue placentário oxigenado se mistura com o sangue desoxigenado que volta para o coração, proveniente das partes caudais do corpo do feto.

Derivações para fora da circulação pulmonar

Conforme foi mencionado, os pulmões fetais e a circulação pulmonar precisam de muito pouco sangue. Assim como no adulto, o lado direito do coração recebe todo o sangue que retorna da circulação sistêmico e bombeia sangue para o tronco pulmonar. No entanto, os pulmões fetais não são inflados e, portanto, a resistência na circulação pulmonar é grande. Consequentemente, o sangue é desviado através de duas derivações: o *forame oval* e o *ducto arterial*.

1. **Forame oval.** O sangue que entra no coração fetal, proveniente da veia cava inferior, é desviado do átrio direito para o átrio esquerdo através de um orifício no septo interatrial, o forame oval (introduzido na p. 589). Cada vez que os átrios contraem, o átrio direito bombeia parte do seu sangue através desse orifício, passando para o átrio esquerdo quase vazio. O forame oval é, na realidade, uma valva com duas partes que impedem o sangue de fluir no sentido contrário.
2. **Ducto arterial.** O sangue que entra no átrio direito, proveniente da veia cava superior, continua para o ventrículo direito que bombeia para o tronco pulmo-

nar esse sangue desoxigenado. Como a resistência nas artérias pulmonares é alta e o sangue prefere seguir o caminho de menor resistência, grande parte do sangue proveniente do tronco pulmonar entra em uma ampla derivação chamada ducto arterial. Essa derivação transporta o sangue da parte mais craniana do tronco pulmonar para o arco da aorta adjacente, de modo que apenas uma pequena quantidade de sangue chega aos pulmões. O sangue na aorta vai nutrir os tecidos por todo o corpo e uma parte dele segue para a placenta a fim de captar mais oxigênio e nutrientes. Curiosamente, o ducto arterial desemboca na aorta distal à ramificação das artérias coronárias e nas grandes artérias que saem do arco (Figura 20.25); desse modo, o coração e o encéfalo recebem o sangue oxigenado na circulação sistêmica fetal.

O que acontece no nascimento (Figura 20.25, Circulação neonatal)? Quando o recém-nascido respira pela primeira vez, os pulmões inflam. Não há mais uma resistência elevada nos vasos pulmonares e os pulmões recebem mais sangue. O ducto arterial constribe e fecha. Pela primeira vez, o sangue pulmonar oxigenado começa a fluir no átrio esquerdo, elevando a pressão dentro dessa câmara. Essa pressão empurra as duas partes da valva do forame oval, simultaneamente, fechando-a. Tanto o forame oval quanto o ducto arterial agora estão funcionalmente fechados e o esquema da circulação pós-natal está estabelecido.

Embora o forame oval e o ducto arterial fechem logo depois do nascimento, eles não se fundem imediatamente. Leva cerca de três meses para o ducto se transformar no **ligamento arterial** sólido e cerca de um ano para as partes do forame oval se fundirem, transformando-o na **fossa oval**.

A maioria das partes dos vasos umbilicais é descartada quando o cordão umbilical é cortado, mas as partes remanescentes no corpo do bebê constriem rapidamente e depois degeneram gradualmente em estruturas fibrosas chamadas *ligamentos* (Figura 20.25, Circulação fetal). Durante toda a vida pós-natal, o remanescente da veia umbilical se transforma no **ligamento redondo**; o ducto venoso, no **ligamento venoso** na face inferior do fígado, e as artérias umbilicais, nas **pregas umbilicais mediais** na parede anterior do abdome inferiormente ao umbigo.

Os vasos sanguíneos na idade adulta

O aspecto mais importante do envelhecimento do sistema vascular é a progressão da aterosclerose (discutida na p. 644). Por causa do alto teor de gordura na dieta dos norte-americanos, quase todas as pessoas nos Estados Unidos desenvolvem placas ateroscleróticas nas principais artérias antes dos 40 anos de idade.⁴ Embora o processo degenerativo da aterosclerose comece na juventude, suas consequências raramente aparecem antes da meia-idade até a velhice, quando ela pode levar ao infarto do miocárdio ou AVC.

O sexo influencia a maneira como a aterosclerose se desenvolve com a idade. Até a puberdade, os vasos sanguíneos dos meninos e meninas se parecem, mas da puberdade até aproximadamente os 45 anos de idade as mulheres têm muito menos aterosclerose do que os homens, provavelmente em razão dos efeitos protetores do estrogênio. Esse “hiato entre os sexos” se fecha entre os 45 e 65 anos de idade, e após os 65 anos, a incidência de doença cardíaca é ligeiramente mais alta nas mulheres. Além disso, quando uma mulher sofre um ataque cardíaco, ela é mais propensa a morrer do que um homem. Algumas das razões para isso são inevitáveis (a média de idade das mulheres vítimas de ataque cardíaco é de dez anos a mais que a média dos homens e as causas do diabetes que provocam danos vasculares parecem afetar mais as mulheres), mas outras são evitáveis. Algumas mulheres podem não reconhecer os sintomas de angina ou um ataque cardíaco a tempo de procurar ajuda.

Verifique seu conhecimento

- 12. Quais fatores do estilo de vida contribuem para o desenvolvimento da aterosclerose?
- 13. Como a glicose sanguínea elevada associada ao diabetes melito afeta a distribuição de oxigênio e nutrientes aos tecidos corporais?
- 14. Que vaso no feto transporta o sangue oxigenado?
- 15. Onde está situado o ducto arterial e como ele funciona para desviar o sangue da circulação pulmonar?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

⁴ Nota do editor: estudo realizado pelo Hospital Dante Pazzanese, publicado no Portal Brasil, Ministério da Saúde, em 2011, mostra que as doenças cardiovasculares são responsáveis por 29,4% de todas as mortes registradas no país, isso só em um ano, o que representa 308 mil falecimentos em decorrência de infarto e AVC, sendo 60% homens com a média de idade de 56 anos. O Brasil faz parte dos dez países com mais mortes por doenças cardiovasculares.



TERMOS CLÍNICOS

Angiografia Técnica de diagnóstico envolvendo a infusão de uma substância radiopaca na corrente sanguínea para o exame de raios X de determinados vasos sanguíneos. A angiografia é a principal maneira de diagnosticar a oclusão das artérias coronárias e o risco de ataque cardíaco. As imagens obtidas com este procedimento se chamam *angiogramas*.

Angiossarcoma Câncer originário do endotélio de um vaso sanguíneo; pode se desenvolver nos vasos hepáticos após a exposição a carcinógenos químicos.

Bebê azul Bebê com cianose (a pele parece azul) em decorrência dos níveis de oxigênio relativamente baixos no sangue. Essa condição é provocada por qualquer defeito congênito que leve à baixa oxigenação do san-

gue sistêmico, incluindo o forame oval patente (aberto) e o ducto arterial patente devido ao fato dos pulmões não inflarem no nascimento, além de outras condições (ver p. 607).

Endarterectomia carotídea Procedimento cirúrgico para remover as placas ateroscleróticas que bloqueiam a base da artéria carótida interna; realizado para diminuir o risco de um AVC.

Flebite Inflamação de uma veia acompanhada por uma palpitação dolorosa e rubor da pele sobre a veia inflamada; provocada na maioria das vezes por infecção bacteriana ou trauma físico local.

Flebotomia Uma incisão feita em uma veia para retirada do sangue.

RESUMO DO CAPÍTULO

MyHealthLab

Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

PARTE 1: CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS VASOS SANGÜÍNEOS (p. 613-621)

1. Os tipos principais de vasos sanguíneos são as artérias, capilares e veias. As artérias levam o sangue para fora do coração, na direção dos capilares; as veias levam o sangue dos capilares, na direção do coração. As artérias se “ramificam”, enquanto as veias “confluem”.

ESTRUTURA DAS PAREDES DOS VASOS SANGÜÍNEOS (p. 613)

2. Todos os vasos sanguíneos, exceto os menores, possuem três túnicas: túnica íntima (com um endotélio), túnica média (principalmente músculo liso) e túnica adventícia (tecido conjuntivo). A túnica média, que muda o diâmetro e reforça a parede do vaso, é mais espessa nas artérias do que nos outros tipos de vasos sanguíneos. Os *vasos dos vasos* são artérias pequenas, capilares e veias na túnica adventícia que suprem a parte externa da parede dos vasos sanguíneos maiores.

TIPOS DE VASOS SANGÜÍNEOS (p. 613-620)

3. As três classes de artérias, da maior para a menor, são as artérias elásticas, artérias musculares e arteríolas. As artérias elásticas (condutoras), as maiores artérias perto do coração, contêm mais elastina do que qualquer outro tipo de vaso. A elastina em todas as artérias ajuda a amortecer os pulsos de pressão produzidos pelo batimento cardíaco.
4. As artérias musculares (distribuidoras) transportam sangue para órgãos e regiões específicas. Essas artérias possuem uma túnica média espessa margeada por membranas elásticas e são mais ativas na vasoconstrição.

5. As arteríolas, as menores artérias, possuem uma ou duas camadas de células musculares lisas em sua túnica média. Elas regulam o fluxo do sangue nos leitos capilares.
6. Os capilares, que possuem diâmetros ligeiramente maiores do que os eritrócitos, são tubos com paredes de endotélio. Ocorrem zônulas de oclusão e fendas intercelulares entre as células endoteliais adjacentes. Pericitos em forma de aranha ajudam a suportar a parede capilar. Os capilares contínuos são o tipo mais comum e menos permeável; os capilares fenestrados possuem poros em suas células endoteliais e são altamente permeáveis; os capilares sinusoides são extremamente permeáveis, com amplas fendas intercelulares.
7. As quatro rotas envolvidas na permeabilidade capilar são (1) através das fendas intercelulares entre as células endoteliais, (2) através dos poros dos capilares fenestrados, (3) pela difusão direta dos gases respiratórios através do endotélio e (4) através das vesículas de pinocitose endoteliais.
8. Os capilares são organizados em redes chamadas leitos capilares. Algumas vezes, o sangue é desviado direto por um leito capilar (da arteríola para a metarteríola, canal de passagem e vênula) e não entra nos capilares verdadeiros. Os esfíncteres pré-capilares determinam a quantidade de sangue que entra nos capilares verdadeiros.
9. As veias menores, as vênulas pós-capilares, funcionam como capilares.
10. Como o sangue venoso está sob menos pressão do que o sangue arterial, as paredes das veias são mais finas do que as das artérias de tamanho comparável. As veias também têm uma luz mais ampla, uma túnica média mais fina e uma túnica adventícia mais espessa.
11. Muitas veias possuem válvulas que evitam o refluxo do sangue. A bomba muscular esquelética ajuda a mover o sangue pelas veias. As veias varicosas são veias com válvulas ineficientes.

ANASTOMOSES VASCULARES (p. 620-621)

12. A união das artérias que suprem um órgão em comum, chamada anastomose arterial, proporciona canais colate-

rais para o sangue chegar ao mesmo órgão. As anastomoses entre as veias são mais comuns do que as anastomoses entre as artérias.

PARTE 2: VASOS SANGUÍNEOS DO CORPO (p. 621-649)

CIRCULAÇÃO PULMONAR (p. 621)

13. O tronco pulmonar se divide abaixo do arco da aorta nas artérias pulmonares direita e esquerda. Essas artérias se dividem nas artérias lobares que depois se ramificam repetidamente no pulmão. Surgindo nos leitos capilares, as veias tributárias conduzem o sangue recém-oxigenado para as veias pulmonares superiores e inferiores de cada pulmão. As quatro veias pulmonares se estendem dos pulmões até o átrio esquerdo.

CIRCULAÇÃO SISTÊMICA (p. 621-642)

14. As artérias sistêmicas começam com a aorta saindo do coração e se ramificam para suprir todas as regiões do corpo (Figura 20.8). As veias sistêmicas (Figura 20.16) desembocam em um dos três vasos que devolvem sangue para o coração: as duas grandes veias cava e o seio coronário.
15. Um sistema porta é um conjunto de vasos em que *dois* leitos capilares, interconectados por uma veia, se situam entre a artéria inicial e a veia final. O sistema porta hepático é uma subcirculação especial que drena os órgãos digestórios do abdome e da pelve (ver Figura 20.22).
16. A cirrose hepática leva à hipertensão portal, na qual o sangue se acumula nas anastomoses portossistêmicas, sobrecarregando essas veias delicadas. Essa sobrecarga leva ao sangramento esofágico, hemorroidas e cabeça de medusa.

TRANSTORNOS DOS VASOS SANGUÍNEOS (p. 643-647)

17. A *aterosclerose* é o transtorno vascular mais importante (ver **ANÁLISE APROFUNDADA** na p. 644). A *trombose venosa profunda do membro inferior* é a formação de coágulos nas veias da extremidade inferior. Na *doença venosa*, a falha das válvulas em algumas veias do membro inferior resulta na drenagem inadequada do sangue venoso do membro, cujos tecidos consequentemente se tornam isquêmicos e vulneráveis à ulceração. Um *aneurisma* é um alargamento ou formação de bolsa de uma artéria (ou veia). Na *microangiopatia do diabetes*, os capilares vazam em decorrência dos depósitos de açúcar em sua membrana basal. Na *malformação arteriovenosa* os capilares não se desenvolvem entre alguma artéria importante e a veia que a drena, levando frequentemente a uma ruptura ou um aneurisma da veia.

OS VASOS SANGUÍNEOS AO LONGO DA VIDA (p. 647-649)

18. Os primeiros vasos sanguíneos se desenvolvem a partir das ilhotas sanguíneas no saco vitelino do embrião com 3 semanas de vida. Logo os vasos começam a se formar a partir do mesoderma dentro do embrião. A formação de novos vasos, seja no embrião ou no adulto, ocorre principalmente através da germinação de botões endoteliais nos vasos existentes.
19. O padrão dos vasos sanguíneos é o mesmo no feto e no recém-nascido e o sangue flui através desses vasos nas mesmas direções. No entanto, o feto também tem vasos de/para a placenta (artérias umbilicais, veia umbilical e ducto venoso) e duas derivações contornam a circulação pulmonar quase disfuncional (o forame oval no septo interatrial e o ducto arterial entre o tronco pulmonar e o arco da aorta). As derivações fetais e os vasos se fecham logo após o nascimento.
20. O transtorno vascular associado à idade mais importante é a progressão da aterosclerose.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Qual das seguintes declarações *não* descreve corretamente as veias? (a) Elas possuem menos tecido elástico e músculo liso do que as artérias. (b) Elas estão sujeitas a pressões sanguíneas mais baixas do que as artérias. (c) Elas têm luz maior do que as artérias de tamanho similar. (d) Elas sempre transportam sangue desoxigenado.
- Na aterosclerose, qual das seguintes camadas da parede arterial é mais espessa? (a) a túnica média, (b) a túnica íntima, (c) a túnica adventícia.
- O fluxo sanguíneo através dos capilares é estável, apesar da ação rítmica de bombeamento do coração por causa (a) da elasticidade apenas das grandes artérias, (b) da elasticidade de todas as artérias, (c) do ligamento arterial, (d) das válvulas venosas.
- Preencha as lacunas com o nome da túnica vascular adequada (íntima, média ou adventícia).

___(1) contém endotélio

___(2) a túnica com os maiores *vasos dos vasos*

___(3) a túnica mais espessa nas veias

___(4) consiste praticamente em tecido conjuntivo

___(5) consiste praticamente em músculo liso

___(6) forma as válvulas das veias

- Qual dos seguintes vasos é bilateralmente simétrico (ou seja, existe em ambos os lados do corpo)? (a) artéria carótida interna, (b) tronco braquiocefálico, (c) veia ázigo, (d) veia mesentérica superior.
- Identifique qual artéria está *faltando* na sequência a seguir, que traça o fluxo do sangue arterial para a mão direita: o sangue sai do coração e passa pela aorta, artéria subclávia direita, artérias axilar e braquial e pela artéria radial ou ulnar até um arco palmar. (a) coronária esquerda, (b) tronco braquiocefálico, (c) cefálica, (d) carótida comum direita.
- Qual das seguintes veias não drena diretamente na veia cava inferior? (a) veias lombares, (b) veias hepáticas, (c) veia mesentérica inferior, (d) veias renais.
- Um AVC que bloqueia uma artéria cerebral posterior provavelmente vai afetar (a) a audição, (b) a visão, (c) o olfato, (d) processos de raciocínio mais elevados.
- A seguinte sequência traça o fluxo do sangue arterial para os lobos parietal e temporal esquerdos do cérebro. Diga qual artéria está *faltando*: o sangue sai do coração e passa pela aorta, a artéria carótida comum esquerda e a artéria

- cerebral média. (a) vertebral, (b) braquiocefálica, (c) carótida interna, (d) basilar.
10. Quais são as duas veias que estão *faltando* na seguinte sequência: acompanhando a drenagem do sangue venoso *superficial* da perna, o sangue entra na veia safena magna, veia femoral, veia cava inferior e átrio direito. (a) seio coronário e veia cava superior, (b) tibial posterior e poplítea, (c) fibular e poplítea, (d) ilíacas externa e comum.
 11. A artéria mesentérica inferior supre (a) o reto e parte do colo, (b) o fígado, (c) o intestino delgado, (d) o baço.
 12. Quais são os dois vasos que estão *faltando* na seguinte sequência: acompanhando a drenagem do sangue venoso do intestino delgado, o sangue entra na veia mesentérica superior, veia hepática, veia cava inferior e átrio direito. (a) seio coronário e átrio esquerdo, (b) veias cefálica e hepática comum, (c) veias ilíacas interna e comum, (d) veia porta e sinusoides hepáticos.
 13. Qual vaso está *faltando* no seguinte circuito vascular: acompanhando a circulação de/para a placenta, o sangue segue no feto do ventrículo esquerdo para a aorta, para a artéria ilíaca comum, para a artéria ilíaca interna, para a artéria umbilical, para os capilares na placenta, para o ducto venoso, para a veia hepática, para a veia cava inferior, para o átrio direito, para o forame oval, para o átrio esquerdo e para o ventrículo arterial. (a) veia umbilical, (b) ligamento arterial, (c) artéria carótida interna, (d) capilares no intestino delgado.
 14. Um ponto de pulsação é um lugar onde se comprime uma artéria através da superfície corporal para parar o sangramento mais distal. Qual dos seguintes locais *não é* um ponto de pulsação de qualquer artéria importante? (a) o sulco bicipital medial no braço, (b) a artéria isquiática no meio do glúteo máximo, (c) o trígono femoral.
 15. Qual dos seguintes *não é* um ponto de pulsação? (a) tabaqueira anatômica, (b) margem inferior da mandíbula, anterior ao músculo masseter, (c) dentro do antebraço distal no tendão palmar longo, (d) sulco bicipital medial no braço, (e) dorso do pé entre os dois primeiros metatarsais.
 16. Uma enfermeira perdeu a veia intermédica do cotovelo de um paciente enquanto tentava extrair sangue e depois inseriu a agulha fundo demais na fossa cubital. Esse erro poderia ter causado qualquer um dos seguintes problemas, *exceto* (a) paralisia do nervo ulnar, (b) paralisia do nervo mediano, (c) contusão do tendão de inserção do músculo bíceps braquial, (d) hemorragia da artéria braquial.
22. Cite a localização e as principais regiões do corpo drenadas pela veia ázigo.
 23. Cite os nomes das quatro veias pulmonares.
 24. O que são o ducto venoso e o ducto arterial, onde estão situados, quais são suas funções e em que eles são diferentes?
 25. Mencione a diferença entre arteriosclerose e aterosclerose.
 26. Um pulso pode ser sentido nas seguintes artérias: temporal superficial, facial, carótida comum, braquial, femoral, poplítea, tibial posterior e dorsal do pé (Figura 20.8b). Cite o nome da artéria a partir da qual cada uma dessas artérias se ramifica. Segue um exemplo para ajudá-lo a começar: a artéria temporal superficial *é um ramo da artéria carótida externa*.

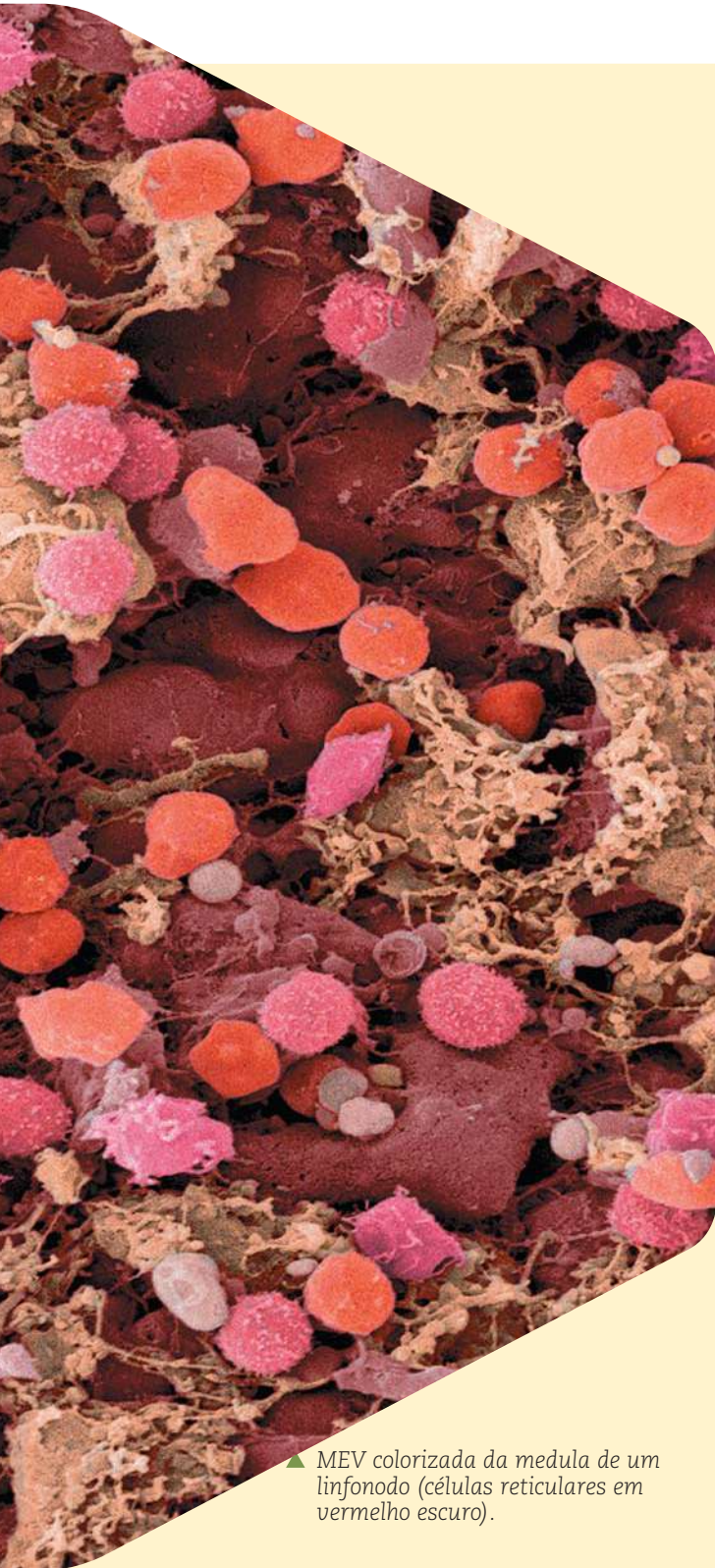
Análise crítica e aplicação clínica

1. Em uma turma de medicina do oitavo período, o professor advertiu os alunos a não espremerem espinhas ou pelos encravados em seu nariz ou lábio superior. Os alunos fizeram piada com essa advertência, mas captaram a mensagem quando o professor explicou o triângulo perigoso da face. Qual é o perigo das infecções nessa área?
2. Deduza de maneira lógica qual é a cirurgia mais difícil e perigosa em uma criança: fechar um ducto arterial patente ou fechar um forame oval patente. Explique o seu raciocínio.
3. Samanta sofreu acidentalmente um ferimento perfurante pequeno, porém profundo, com um copo quebrado exatamente na linha média da face anterior e distal do seu antebraço. Durante o percurso de carro de 10 minutos até o hospital ela ficou com medo de sangrar até a morte, já que tinha ouvido histórias sobre pessoas que morreram depois de cortar seus pulsos. Seu medo é justificável? Explique o seu raciocínio.
4. Seu amigo, que conhece pouco sobre ciência, está lendo um artigo de revista sobre um paciente que teve um “aneurisma na base do encéfalo e que cresceu muito de maneira repentina”. O primeiro objetivo dos cirurgiões foi “evitar que rompesse” e seu segundo objetivo foi “aliviar a pressão no tronco encefálico e nos nervos cranianos”. Os cirurgiões conseguiram “substituir o aneurisma por um segmento de tubo plástico” e o paciente se recuperou. Seu amigo lhe pergunta o que tudo isso significa. Explique. (Comece verificando a seção sobre transtornos dos vasos sanguíneos.)
5. Descreva algumas consequências da perda de elasticidade nas artérias de condução, como ocorre na aterosclerose (“endurecimento das artérias”).
6. Na cirurgia de revascularização do miocárdio (ponte coronariana), a artéria torácica interna pode ser utilizada suturando a sua extremidade distal na artéria coronária obstruída na parede do coração. Explique por que utilizar esse vaso é uma solução melhor do que utilizar a veia safena magna da perna.
7. Ocasionalmente, o ducto arterial ou o forame oval permanece patente (aberto) após o nascimento. Qual déficit funcional essas duas condições produzem?
8. (a) Explique com suas palavras por que as veias varicosas são mais comuns nos membros inferiores do que em qualquer outra parte do corpo. (b) Forneça uma razão funcional para as válvulas serem mais abundantes nas veias dos membros superiores e inferiores do que as veias do pescoço.

Dissertativas

17. (a) Quais características estruturais são responsáveis pela permeabilidade das paredes dos capilares? (b) Quais dessas características estão ausentes nos capilares encefálicos na barreira hematoencefálica?
18. Faça a distinção entre artérias elásticas, artérias musculares e arteríolas quanto à sua localização, histologia e funções.
19. (a) Cite um órgão que contenha capilares fenestrados. (b) O que é um sinusóide?
20. Esquematize o círculo arterial na base do encéfalo e cite os nomes das artérias importantes que formam desse círculo.
21. (a) Quais são as duas grandes tributárias que formam a veia porta? (b) Qual é a função da circulação porta hepática?

Sistemas linfático e imune 21



▲ MEV colorizada da medula de um linfonodo (células reticulares em vermelho escuro).

Sistema linfático	653
Capilares linfáticos	653
Vasos (coletores) linfáticos	654
Linfonodos	655
Troncos linfáticos	655
Ductos linfáticos	656

Sistema imune	658
Linfócitos	658
Diferenciação e ativação de linfócitos	659
Tecido linfático	660
Órgãos linfáticos	662

Transtornos dos sistemas linfático e imune 666

Os sistemas linfático e imune ao longo da vida 667

Os sistemas linfático e imune estão intimamente relacionados com o sistema cardiovascular. A função principal do **sistema linfático** é devolver o excesso de líquido para o sistema vascular sanguíneo. Os *vasos linfáticos* coletam esse líquido e o transportam para a corrente sanguínea. O **sistema imune** protege nosso corpo dos organismos estranhos combatendo infecções e conferindo imunidade às doenças. Os componentes principais do sistema imune são os *linfócitos*, o *tecido linfático* e os *órgãos linfáticos* (como baço, linfonodos e timo).

As estruturas linfática e imune são de extrema importância para os futuros profissionais da área da saúde: como você vai ver, os vasos linfáticos proporcionam uma rota pela qual os organismos da doença percorrem o corpo, e os tecidos e órgãos linfáticos agem na contenção e destruição desses organismos.

SISTEMA LINFÁTICO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura e distribuição dos vasos linfáticos;
- ▶ explicar como se forma a linfa e os mecanismos pelos quais ela é transportada;
- ▶ citar e explicar as funções importantes dos vasos linfáticos;
- ▶ descrever como os linfonodos funcionam como órgãos linfáticos.

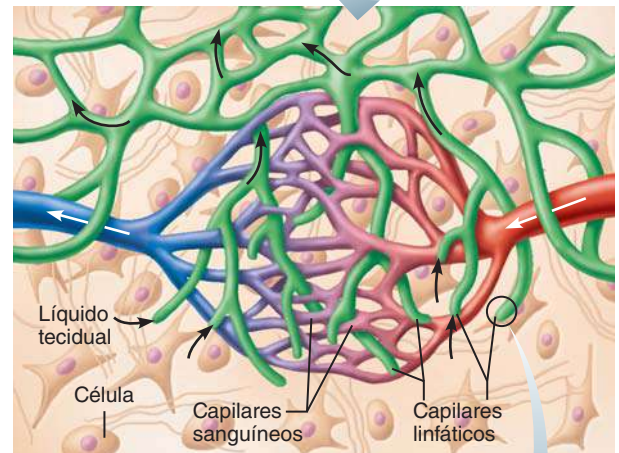
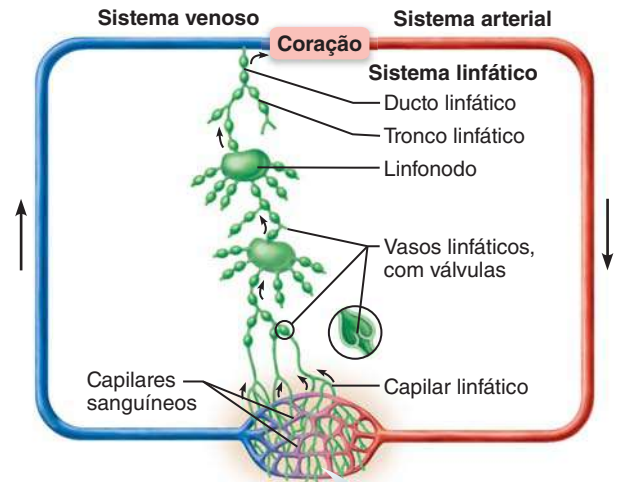
Todos os capilares sanguíneos são circundados por tecido conjuntivo frouxo que contém líquido tecidual (ou intersticial) (Figura 21.1), que surge do sangue filtrado pelas paredes dos capilares e consiste em pequenas moléculas de plasma sanguíneo, incluindo água, vários íons, moléculas de nutrientes e gases respiratórios. Embora o líquido entre e saia continuamente dos capilares sanguíneos, por razões complexas, um pouco mais de líquido sai da extremidade da arteríola de cada leito capilar do que entra novamente no sangue na extremidade da vênula. Os **vasos linfáticos** funcionam na coleta desse excesso de líquido no tecido conjuntivo frouxo, em volta dos capilares sanguíneos e na sua devolução para a corrente sanguínea. Uma vez dentro dos vasos linfáticos, esse líquido chama-se **linfa** (“água limpa”). Qualquer bloqueio dos vasos linfáticos faz que a região do corpo afetada inche com o excesso de líquido tecidual, uma condição chamada *edema* (ver p. 98).

Os vasos linfáticos também desempenham outra função relacionada. As proteínas do sangue vazam lentamente, porém de modo permanente, dos capilares sanguíneos para o líquido tecidual circundante. Os vasos linfáticos devolvem essas proteínas para a corrente sanguínea. As proteínas no sangue geram forças osmóticas que são essenciais para manter a água na corrente sanguínea (ver p. 569). Se essas proteínas não fossem devolvidas para a corrente sanguínea, logo se seguiria um efluxo maciço de água do sangue para os tecidos, e o sistema cardiovascular inteiro entraria em colapso por causa do volume insuficiente.

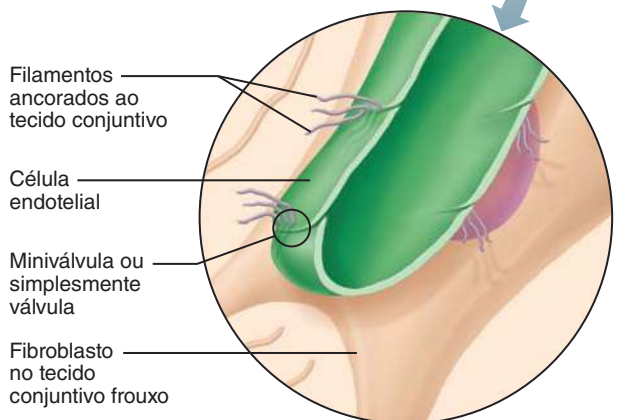
Como a linfa flui apenas *na direção* do coração, os vasos linfáticos formam um sistema de mão única em vez de um circuito completo (Figura 21.1a). Existem vasos de vários tamanhos (calibre) que coletam e transportam a linfa. Os vasos menores, os que recebem primeiro a linfa, são os *capilares linfáticos*, que drenam em *vasos* (coletores) *linfáticos* ao longo dos quais existem *linfonodos* dispersos. Os vasos linfáticos drenam para os troncos linfáticos, eles se unem para formar os ductos linfáticos, que desembocam nas veias da raiz do pescoço.

Capilares linfáticos

Os **capilares linfáticos**, vasos altamente permeáveis que coletam o excesso de líquido tecidual, situam-se perto



(a) Relação estrutural entre um leito capilar do sistema vascular sanguíneo e os capilares linfáticos



(b) Capilares linfáticos são tubos fechados nos quais as células endoteliais adjacentes se sobrepõem, formando válvulas

Figura 21.1 Distribuição e características especiais dos capilares linfáticos. As setas em (a) indicam a direção do movimento do líquido.

dos capilares sanguíneos no tecido conjuntivo frouxo (Figura 21.1b). Assim como os capilares sanguíneos, sua parede consiste em uma única camada de células endoteliais. Sua permeabilidade resulta da estrutura e organização das células endoteliais: eles têm poucas junções intercelulares e as margens das células adjacentes sobrepõem-se, formando miniválvulas de fácil abertura. Feixes de filamentos de colágeno finos prendem as células endoteliais ao tecido conjuntivo circundante. Em consequência, qualquer aumento no volume do líquido tecidual separa as abas da miniválvula, abrindo lacunas na parede e permitindo a entrada do líquido. Depois que esse líquido entra nos capilares linfáticos, ele passa a se chamar *linfa*. A linfa não pode vaziar do capilar linfático porque o refluxo força as abas da miniválvula simultaneamente.

Embora a alta permeabilidade dos capilares linfáticos permita a absorção de grandes quantidades de líquido tecidual e grandes moléculas proteicas, ela também permite que quaisquer bactérias, vírus ou células cancerosas no tecido conjuntivo frouxo entrem nesses capilares com facilidade. Esses agentes patogênicos podem percorrer todo o corpo através dos vasos linfáticos. No entanto, essa ameaça é evitada em parte pelos linfonodos que destroem a maioria dos patógenos na linfa (ver p. 663).

Os capilares linfáticos são generalizados, e estão em quase todos os lugares em que também aparecem os capilares sanguíneos. No entanto, os capilares linfáticos não existem nos ossos e dentes, na medula óssea e em todo o SNP, onde o excesso de líquido tecidual é drenado através do tecido nervoso para o líquido cerebrospinal. O líquido cerebrospinal devolve esse líquido tecidual para o sangue no seio sagital superior (ver p. 418-419).

Um conjunto de capilares linfáticos, chamados *lacteos*, tem uma função exclusiva. Localizados nas vilosidades da mucosa do intestino delgado, eles absorvem a gordura digerida pelo intestino, fazendo que a linfa drenada das vísceras se torne leitosa (*lacte* = leite). Essa linfa gordurosa chama-se *quilo* e, como toda linfa, é transportada para a corrente sanguínea.

Vasos (coletores) linfáticos

A partir dos capilares linfáticos, a linfa entra nos **vasos (coletores) linfáticos** que acompanham os vasos sanguíneos: em geral, os vasos linfáticos superficiais na pele acompanham as *veias* superficiais, enquanto os vasos linfáticos profundos do tronco e das vísceras acompanham as *artérias* profundas.

Os vasos linfáticos são estreitos e delicados, de modo que geralmente não são vistos no laboratório de dissecação. Eles possuem as mesmas túnicas dos vasos sanguíneos (túnica íntima, túnica média e túnica externa), mas suas paredes sempre são muito mais finas. Isso reflete o fato de que a linfa escoar sob uma

pressão muito baixa, pois os vasos linfáticos não estão conectados ao coração que bombeia. Para direcionar o escoamento da linfa, os vasos linfáticos contêm mais válvulas do que veias (Figura 21.1). Na base de cada válvula, o vaso incha, formando uma bolsa na qual a linfa é coletada e obriga a válvula a fechar. Por causa dessas bolsas, cada vaso linfático se assemelha a um colar de contas. Essa aparência diferente, que caracteriza o tronco linfático maior e também os ductos linfáticos, permite que os médicos reconheçam os vasos linfáticos nas imagens de raio X obtidas após esses vasos receberem injeção de corante radiopaco. Esse procedimento radiográfico chama-se **linfangiografia** (“imagem de vaso linfático”).

Transporte da linfa

Sem a ajuda da força do batimento cardíaco, a linfa é impelida através dos vasos linfáticos por uma série de mecanismos mais fracos.

- O inchaço dos músculos esqueléticos em contração e as pulsações das artérias vizinhas comprimem os vasos linfáticos, espremendo a linfa através deles.
- A túnica média muscular dos vasos linfáticos contrai para ajudar a impelir a linfa.
- Os movimentos normais dos membros e do tronco ajudam a manter o escoamento da linfa.

Apesar desses mecanismos de propulsão, o transporte da linfa é esporádico e lento, o que explica por que as pessoas que ficam muito tempo em pé no trabalho podem desenvolver edema em volta dos tornozelos no fim do expediente. O edema geralmente desaparece se as pernas forem exercitadas, por exemplo, ao caminhar para casa. O hábito nervoso, aparentemente inútil, de as pessoas sacudirem as pernas enquanto estão sentadas realiza, na verdade, a importante função de mover a linfa pelas pernas.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Vasos linfáticos e edema Uma região do corpo cujos vasos linfáticos tenham sido bloqueados ou removidos fica inchada, com edema. O edema do braço costuma vir após uma mastectomia (remoção de uma mama cancerosa) na qual os vasos e nódulos linfáticos que drenam o braço são removidos da axila. O edema grave pode continuar por vários meses, até os vasos linfáticos crescerem novamente. (Os vasos linfáticos regeneram-se muito bem e podem crescer até mesmo no tecido cicatricial.) Como essa condição, chamada *linfedema do braço*, é muito desconfortável e difícil de tratar, os cirurgiões que realizam as mastectomias atualmente são incentivados a abandonar o procedimento padrão, agressivo, de remover todos os linfonodos axilares, para em vez disso, remover apenas os nódulos para os quais o câncer provavelmente se espalhou.

Linfonodos

Os **linfonodos**, que removem os patógenos da linfa, são órgãos em forma de feijão, situados ao longo dos vasos linfáticos (ver Figura 21.1). O termo popular “glândulas linfáticas” não está correto, pois não se trata de glândulas. Existem cerca de 500 linfonodos no corpo humano, com um diâmetro que varia de 1 a 25 mm. Grandes agrupamentos de linfonodos superficiais estão situados nas regiões cervical, axilar e inguinal; os linfonodos profundos são encontrados no tórax, abdome e pelve (Figura 21.2).

- Os *linfonodos superficiais cervicais* ao longo das veias jugulares e artérias carótidas recebem a linfa da cabeça e pescoço.
- Os *linfonodos axilares* na axila e os *linfonodos inguinais* na parte superior da coxa filtram a linfa dos membros superiores e inferiores, respectivamente.
- Os linfonodos no mediastino, como os *linfonodos traqueobronquiais* profundos, recebem a linfa das vísceras torácicas.
- Os linfonodos profundos ao longo da parte abdominal da aorta, chamados *linfonodos aórticos*, filtram a linfa da parede posterior do abdome.
- Os linfonodos profundos ao longo das artérias ilíacas, chamados *linfonodos ilíacos*, filtram a linfa dos órgãos pélvicos e dos membros inferiores.

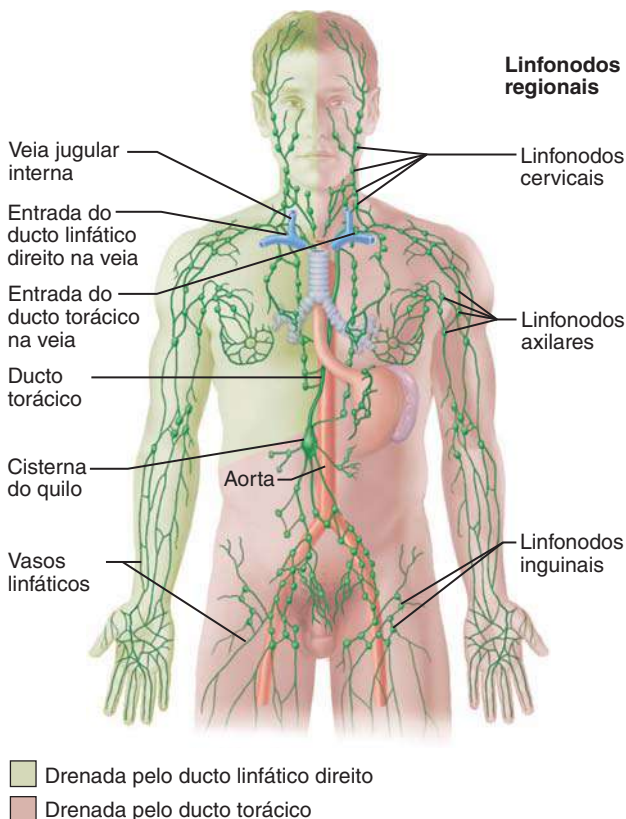


Figura 21.2 Distribuição geral dos vasos linfáticos e dos linfonodos regionais.

Anatomia microscópica

Um linfonodo é circundado por uma **cápsula** fibrosa de tecido conjuntivo denso, da qual se estendem cordões fibrosos chamados **trabéculas** (“feixes”) para dentro do linfonodo, dividindo-o em compartimentos (Figura 21.3). A linfa entra no aspecto convexo do nódulo através de vários **vasos linfáticos aferentes** e sai pela região endentada no lado oposto, o **hilo**, através dos **vasos linfáticos eferentes**. Dentro do nódulo, entre os vasos aferentes e eferentes, a linfa infiltra através dos **seios linfáticos** (*seios subcapsular, cortical e medular*). Esses grandes seios linfáticos são distribuídos internamente por uma rede entrecruzada de fibras reticulares, coberta por células endoteliais. Muitos macrófagos vivem nessa rede fibrosa, consumindo patógenos e partículas estranhas na linfa que escoam pelos seios (Figura 21.3c). Como a maior parte da linfa passa por vários linfodos, normalmente ela não tem mais patógenos quando sai do seu último linfodo e entra nos troncos linfáticos em seu caminho para as grandes veias do pescoço.



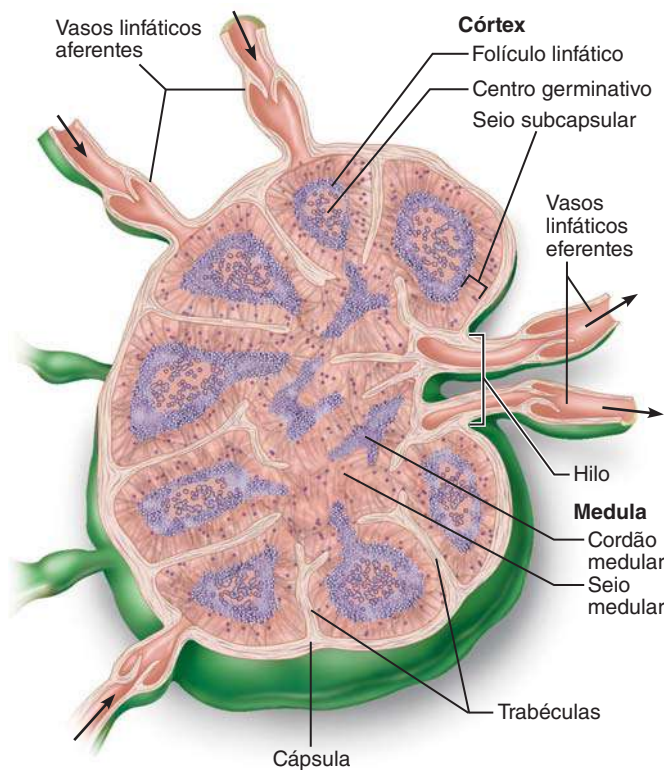
APLICAÇÃO CLÍNICA

Linfonodos intumescidos Às vezes, os linfonodos são subjugados pelos mesmos agentes que estão tentando destruir. Em um caso específico, quando grandes quantidades de bactérias ou vírus invencíveis são aprisionadas pelos nódulos, mas não são destruídas, esses nódulos aumentam de tamanho, inflamam e ficam muito sensíveis ao toque. Esses linfonodos infectados chamam-se *bubões*. Na peste bubônica, os bubões são o sintoma mais óbvio. Em outro caso, as células cancerosas metastáticas que entram nos vasos linfáticos e ficam aprisionadas nos linfonodos locais continuam a se multiplicar ali. O fato de os linfonodos infiltrados por células cancerosas serem intumescidos, porém não doloridos, ajuda a distinguir os nódulos cancerosos daqueles infectados por microrganismos (a dor resulta de inflamação e as células cancerosas não induzem a resposta inflamatória). Os linfonodos potencialmente cancerosos podem ser localizados por palpação; quando um médico examina uma paciente em busca de um câncer de mama procura linfonodos axilares intumescidos. Os médicos também podem localizar linfonodos cancerosos inchados utilizando TC ou RM.

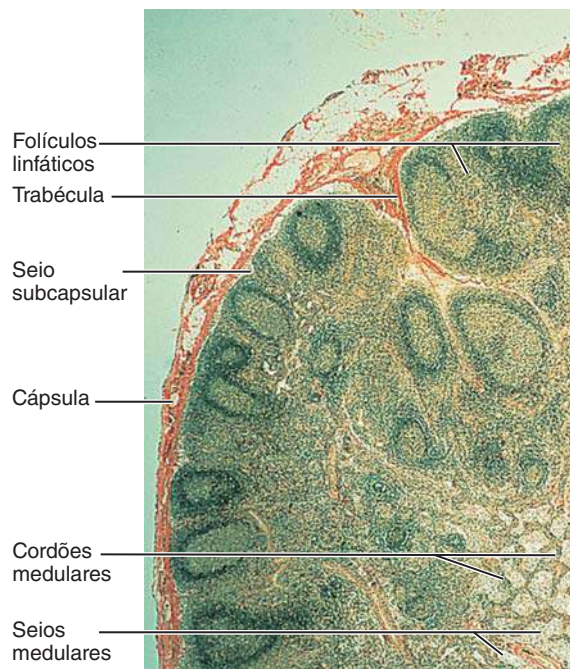
Troncos linfáticos

Após sair dos linfonodos, os vasos linfáticos convergem e formam os **troncos linfáticos** (ver Figura 21.2 e Figura 21.4). Esses troncos drenam extensas áreas do corpo e são suficientemente grandes para serem encontrados numa dissecação. Os cinco troncos linfáticos principais, do inferior para o superior, são:

1. **Troncos lombares.** Esse par de troncos, que se situa nos lados da aorta, na parte inferior do abdome,



(a) Vista de um corte longitudinal da estrutura interna de um linfonodo e vasos linfáticos associados



(b) Fotomicrografia de parte de um linfonodo (72x)

recebe toda a linfa que drena dos membros inferiores, órgãos pélvicos e de uma parte da parede anterior do abdome.

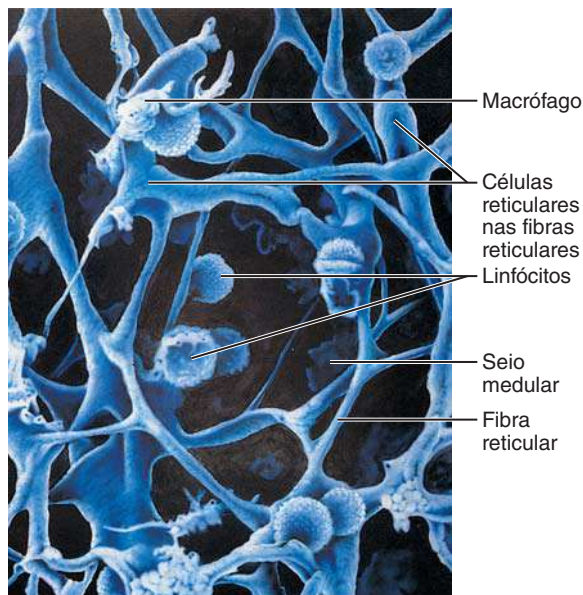
2. **Tronco intestinal.** Esse tronco ímpar, situado próximo à parede posterior do abdome na linha média, recebe linfa gordurosa (quilo) do estômago, intestinos e outros órgãos digestórios.
3. **Troncos broncomediastinais.** Subindo pelos lados da traqueia, esse par de troncos coleta linfa das vísceras torácicas e da parede do tórax.
4. **Troncos subclávios.** Localizado perto da base do pescoço, esse par de troncos recebe a linfa dos membros superiores; eles também drenam a parte inferior do pescoço e a parede superior do tórax.
5. **Troncos jugulares.** Localizado na base de cada veia jugular interna, esse par de troncos drena a linfa da cabeça e pescoço.

Ductos linfáticos

Os troncos linfáticos drenam em vasos linfáticos maiores, os **ductos linfáticos** (Figuras 21.2 e 21.4). Enquanto alguns indivíduos possuem dois ductos linfáticos, outros têm apenas um.

Ducto torácico

O **ducto torácico** está presente em todos os indivíduos. Sua parte mais inferior, localizada na união dos troncos lombar e intestinal, é a **cisterna do quilo** (“saco de quilo”),



(c) Tecido reticular dentro do seio medular (690x)

Figura 21.3 Estrutura de um linfonodo. Em (a), as setas indicam a direção do fluxo da linfa para o interior e para fora do nódulo.

situada na altura dos corpos das vértebras L I e L II (Figura 21.4). A partir daí, o ducto torácico assume trajeto ascendente, anterior aos corpos das vértebras. Na parte superior do tórax, ele volta-se para o lado esquerdo e deságua na circulação venosa, na junção da veia jugular interna esquerda

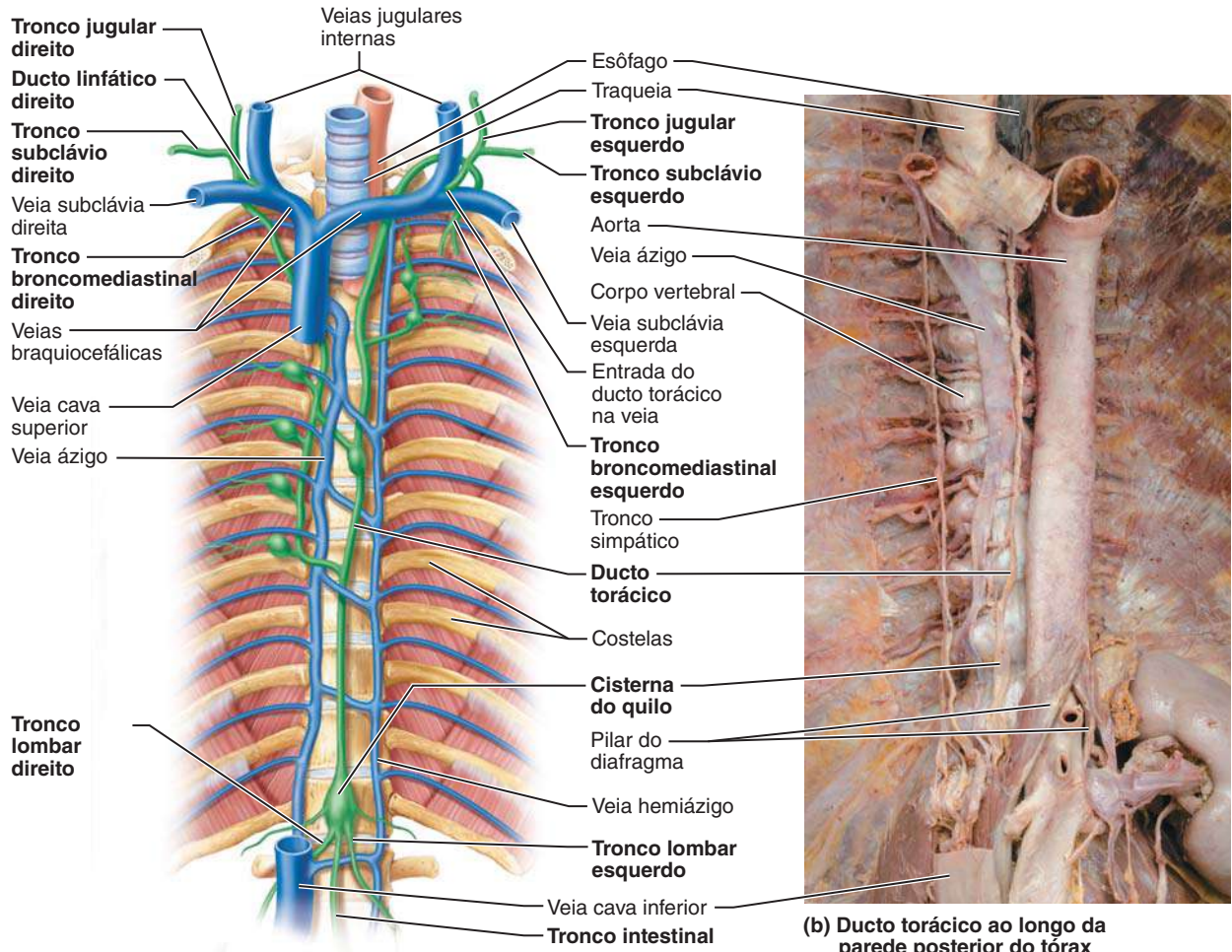


Figura 21.4 Troncos e ductos linfáticos.

com a veia subclávia esquerda. O ducto torácico muitas vezes une-se aos troncos jugular esquerdo, subclávio ou broncomediastinal logo antes de se juntar à circulação venosa. De modo alternativo, qualquer um ou todos esses três troncos linfáticos podem desaguar separadamente nas veias vizinhas. Quando está unido aos três troncos, o ducto torácico drena três quartos do corpo: o lado esquerdo da cabeça, pescoço e tórax; o membro superior esquerdo e a metade inferior do corpo inteiro (ver Figura 21.2).

Ducto linfático direito

O quadrante superior direito do corpo é drenado pelos troncos jugular, subclávio e broncomediastinal direitos. Em aproximadamente 20% das pessoas, esses ductos unem-se e formam um **ducto linfático direito** curto. Quando presente, esse ducto deságua nas veias do pescoço, aproximadamente na junção das veias jugular interna direita e subclávia direita (Figura 21.2). Com mais frequência, os três troncos abrem-se de maneira independente nas veias do pescoço.

Isso completa a descrição dos vasos linfáticos. Resumindo suas funções, eles:

1. Devolvem o excesso de líquido tecidual para a corrente sanguínea.
2. Devolvem para o sangue as proteínas para o líquido tecidual.
3. Transportam a gordura absorvida do intestino para o sangue (através dos vasos lácteos).

Além de seus papéis como filtros linfáticos, os linfonodos — junto aos vasos linfáticos — combatem a doença em sua atuação como órgãos linfáticos do sistema imune.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Qual característica estrutural dos capilares linfáticos os torna impermeáveis ao líquido tecidual? No que ela difere das características que tornam os capilares sanguíneos permeáveis?
- 2. Um linfonodo-sentinela é o primeiro linfonodo a receber a drenagem do local de um tumor. Esse linfonodo é examinado para determinar se um câncer se espalhou a partir desse local inicial. Em que grupo de linfonodos o nódulo-sentinela estaria localizado em um paciente com câncer de garganta? Em um paciente com câncer de mama? Em um paciente com câncer cervical?

3. A linfa gordurosa, capturada pelos vasos lácteos no intestino delgado, passa pelo tronco ___ e segue para o ducto ___, desaguando na circulação venosa, na junção das veias ___ e ___.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

SISTEMA IMUNE

O **sistema imune** é fundamental para a luta do corpo contra doenças. Ao contrário dos outros sistemas de defesa do corpo, o sistema imune reconhece e ataca moléculas estranhas *específicas* e destrói os patógenos com uma eficácia cada vez maior a cada nova exposição. O sistema imune está centralizado nas células de defesa principais chamadas *linfócitos*. Os linfócitos são encontrados nos órgãos linfáticos, que incluem a *medula óssea*, os *linfonodos*, o *baço*, as *tonsilas* e os *nódulos linfáticos agregados no intestino delgado* e no *apêndice*. As próximas seções descrevem cada um desses componentes imunes, desde o nível celular.

Linfócitos

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a função, recirculação e ativação dos linfócitos;
- ▶ relacionar a estrutura do tecido linfático com a sua função de combate à infecção.

Os microrganismos infecciosos que penetram as barreiras epiteliais do corpo entram no tecido conjuntivo frouxo subjacente. Esses agentes infecciosos desencadeiam uma resposta inflamatória (descrita na p. 98) e são atraídos por macrófagos e **linfócitos**, um tipo de leucócito do sistema imune (p. 574). Os linfócitos são organismos eficazes no combate à infecção porque cada linfócito reconhece e age contra uma molécula estranha *específica*. Qualquer molécula que induza uma resposta de um linfócito se chama *antígeno*. A maioria dos antígenos consiste em proteínas ou glicoproteínas nas membranas plasmáticas das células estranhas ou nas paredes celulares das bactérias, ou em proteínas secretadas por células estranhas (toxinas bacterianas, por exemplo).

As duas classes principais de linfócitos — células T e células B — atacam antígenos de maneiras diferentes. Um tipo importante de célula T, chamada **citotóxica, destruidora** ou **linfócito T CD8⁺**, ataca diretamente as células estranhas (**Figura 21.5a**). Ela faz isso ligando-se a uma célula portadora de antígeno, secretando proteínas que perfuram a membrana da célula estranha e depois sinalizando a célula para que se submeta à morte celular programada (apoptose; ver p. 42). As **células T** ligam-se aos antígenos que são apresentados por proteínas especiais que ocorrem apenas nas membranas das células eucarióticas (células suficientemente complexas para ter um núcleo e organelas). Essas proteínas chamam-se *complexo principal de histocompatibilidade*.

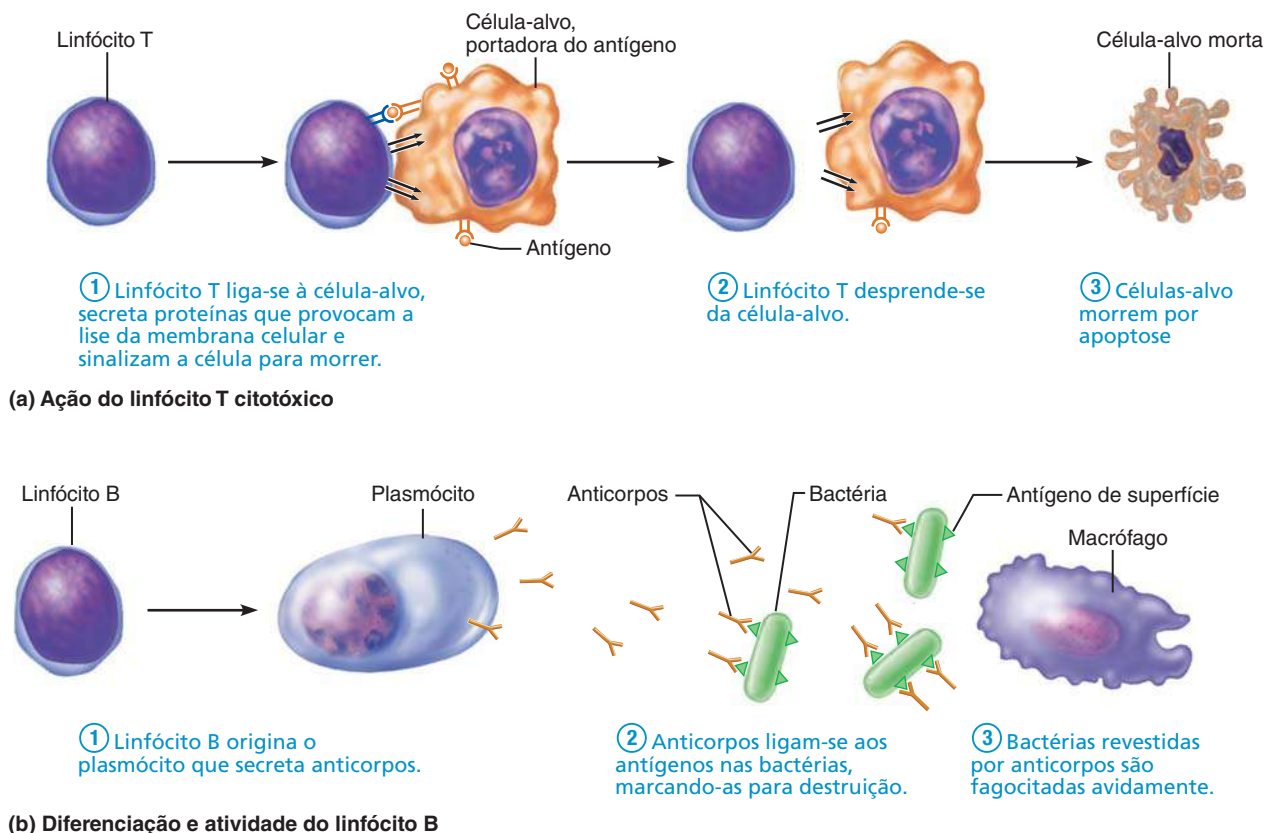


Figura 21.5 Função do linfócito.

de (MHC, do inglês *major histocompatibility complex*). As células T reconhecem e respondem apenas aos antígenos estranhos. Desse modo, as células T visam às células “alienígenas” — elas rejeitam órgãos transplantados, destroem nossas próprias células que foram infectadas com vírus ou outros patógenos e matam algumas células cancerosas. Todas essas células são tratadas como estranhas porque elas possuem proteínas alteradas (antigênicas) em suas superfícies.

As **células B**, por outro lado, diferenciam-se em **plasmócitos** que secretam **anticorpos** (Figura 21.5b). Os anticorpos são proteínas que se ligam a antígenos específicos e os marcam para destruição, tornando-os, por exemplo, mais reconhecíveis para as células fagocíticas. Dessa maneira, as células B “marcam” as células para destruição pelos macrófagos. Os linfócitos B e os anticorpos respondem principalmente às bactérias e toxinas bacterianas em nossos líquidos corporais. Os linfócitos T e B, apesar de suas ações diferentes, não podem ser diferenciados um do outro estruturalmente, mesmo em um microscópio eletrônico.

Uma terceira classe de linfócitos, as **células destruidoras naturais** (**células natural killer** — NK), não reconhece antígenos específicos, mas age quando detecta a falta das “próprias” moléculas da superfície celular ou a presença de certos açúcares em uma célula-alvo. Depois, as células NK atacam rapidamente as células tumorais e as células infectadas com vírus, antes de a resposta imune ser ativada. Elas destroem as células da mesma maneira que as células T citotóxicas o fazem, ou seja, provocam a sua lise (ver Figura 21.5a).

As células B e T percorrem continuamente as correntes sanguínea e linfática para chegar aos tecidos conjuntivos infectados no corpo inteiro, onde combatem a infecção. Elas entram e saem repetidamente desses tecidos conjuntivos, incluindo o tecido linfático frequentemente conectado, espremendo-se pelas paredes dos capilares e vênulas. Essa movimentação repetida dos linfócitos ativados entre os vasos circulatórios e os tecidos conjuntivos, chamada *recirculação*, assegura que os linfócitos cheguem rapidamente aos locais de infecção.

Diferenciação e ativação de linfócitos

Os linfócitos imaturos passam por vários estágios antes de serem capazes de atacar antígenos (Figura 21.6). A maioria dos linfócitos passa por esses estágios durante a primeira infância e a infância de um indivíduo, mas muitos também passam por esses estágios durante a vida adulta.

- ① Todos os linfócitos originam-se na medula óssea vermelha, a partir das células-tronco linfáticas.
- ② Alguns linfócitos saem da medula óssea e percorrem a corrente sanguínea até amadurecerem no timo (no tórax) e transformarem-se em linfócitos T

(*T* é relativo ao *timo*). Outros permanecem na medula óssea até amadurecerem e transformarem-se em linfócitos B. Esses novos linfócitos T e B dividem-se rapidamente e geram muitas famílias de linfócitos, cada uma delas com receptores de superfície capazes de reconhecer um único tipo de antígeno. Isso chama-se adquirir *imunocompetência*.

- ③ O jovem linfócito T ou B percorre a corrente sanguínea e estabelece-se no tecido linfático.
- ④ No tecido linfático, o linfócito (naïve) ingênuo pode se encontrar e ligar com seu antígeno específico. Nesse *encontro antigênico*, o linfócito torna-se totalmente ativado (adquire a capacidade para atacar seu antígeno).
- ⑤ O linfócito ativado prolifera rapidamente e produz linfócitos maduros que recirculam pelo corpo procurando os mesmos patógenos para atacar.

Durante o processo de ativação, um linfócito é apresentado ao seu antígeno por uma célula, como um macrófago, que fagocitou recentemente o antígeno, ou por uma **célula dendrítica**, um coletor de antígeno “profissional” que patrulha o corpo em busca de antígenos (ver Figura 5.3, p. 110). A célula dendrítica ou macrófago transporta o antígeno até os tecidos linfáticos, onde os linfócitos estão estabelecidos. A resposta específica do linfócito de ativação para o antígeno difere em cada tipo de linfócito; no entanto, as células B e T de ativação produzem clones de *células efetoras* e *células de memória*.

Os **linfócitos efetores** são linfócitos de vida curta que respondem imediatamente ao patógeno e depois morrem.

- As **células B** dividem-se rapidamente para produzir plasmócitos, que secretam anticorpos que se ligam a antígenos solúveis, marcando-os para fagocitose (Figura 21.5b).
- As **células T citotóxicas (CD8⁺)** fazem a lise direta da célula “estranha” (por exemplo, uma célula infectada com vírus ou uma célula cancerosa, Figura 21.5a).
- As **células T auxiliares (CD4⁺)** estimulam as células do sistema imune secretando substâncias químicas chamadas citocinas, que estimulam a proliferação das células B ativadas, células T citotóxicas e macrófagos, além de amplificarem e ajustarem a resposta imune. A importância das células T auxiliares é ilustrada pela *síndrome da imunodeficiência adquirida (Aids)*, uma doença viral na qual um declínio drástico nas células T auxiliares do corpo enfraquece bastante o sistema imune. A Aids é considerada em mais detalhes no quadro **ANÁLISE APROFUNDADA** na p. 661.

Os outros clones produzidos durante a ativação, os **linfócitos de memória** ou **células de memória**, esperam dentro dos tecidos linfáticos até o corpo encontrar novamente o antígeno específico — talvez décadas mais tarde.

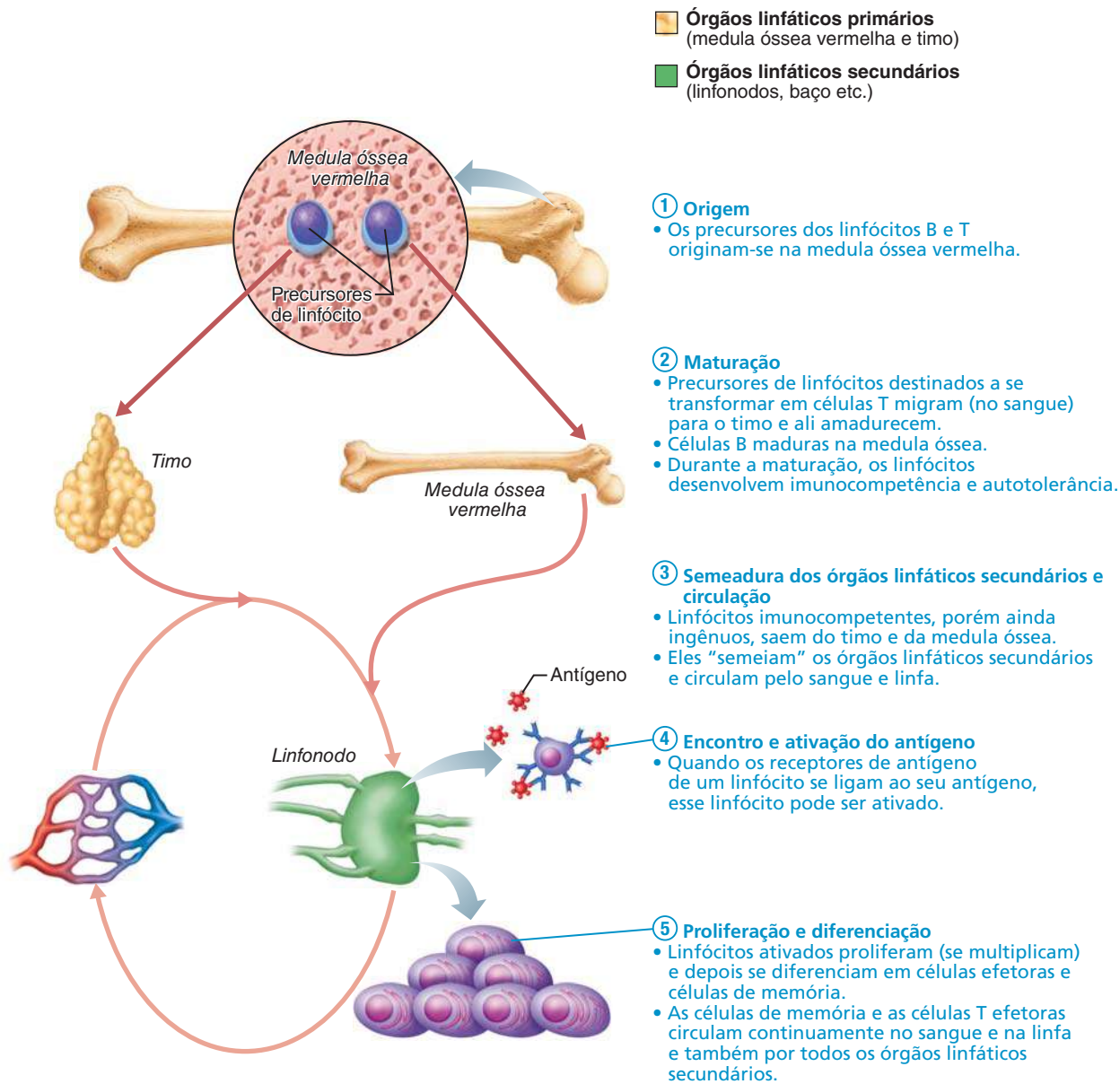


Figura 21.6 Diferenciação, ativação e recirculação dos linfócitos. Os linfócitos imaturos surgem na medula óssea vermelha. (Repare que a medula óssea vermelha não é encontrada na cavidade medular da diáfise dos ossos longos nos adultos.) Os plasmócitos (células B efetoras que secretam anticorpos) geralmente não circulam.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Vacinação A vacinação imita a imunidade adquirida apresentando ao corpo uma dose enfraquecida ou inativa de um patógeno ou toxina. O resultado da exposição ao agente infeccioso é a ativação dos linfócitos específicos para o patógeno e o desenvolvimento de linfócitos de memória. Assim, se o corpo for infectado pelo mesmo agente mais uma vez, ele consegue produzir uma resposta rápida para eliminar o patógeno antes que ele consiga provocar a doença.

Quando um linfócito de memória finalmente encontra seu antígeno, sua resposta proliferativa e seu ataque são mais vigorosos e rápidos. Os linfócitos de memória são a base da imunidade adquirida; ou seja, eles protegem o organismo contra infecções subsequentes e evitam que as pessoas adquiram certas doenças mais de uma vez.

Tecido linfático

O **tecido linfático** é um tipo especializado de tecido conjuntivo no qual grandes quantidades de linfócitos se reúnem para combater microrganismos invasores. Esse

Aids: o flagelo da atualidade?

A Aids é uma doença viral que passa por três estágios. (1) Um estágio agudo, que se desenvolve durante várias semanas de infecção e dura cerca de duas semanas, é caracterizado por sintomas similares aos da gripe, como febre, fadiga, erupção, cefaleia, dor de garganta, linfonodos intumescidos, dor muscular e articular, sudorese noturna e diarreia. (2) Depois vem um longo período sem sintomas que dura, em média, dez anos. (3) Finalmente, a Aids madura desenvolve-se, caracterizada pelo colapso do sistema imune que resulta em infecções oportunistas cada vez mais frequentes. Essas infecções podem incluir tuberculose, um tipo raro de pneumonia fúngica (*Pneumocystis jirovecii*) e lesões roxas na pele características do *sarcoma de Kaposi* (ver p. 667). Além disso, há uma perda de peso acompanhada por diarreia. Aproximadamente 10% a 15% dos pacientes com Aids desenvolvem demência. A Aids não tratada termina na morte decorrente de perda de peso ou infecção avassaladora. Esse estágio final dura de alguns meses a vários anos.

Causa

O agente causador da Aids, o vírus da imunodeficiência humana (HIV), é transmitido somente através das secreções corporais — sangue, sêmen, secreções vaginais e leite materno — e não é transmitido pelo contato casual, pois o vírus seca e morre quando exposto ao ar. Na maioria das vezes, o HIV entra no corpo (1) durante o contato sexual, no qual a mucosa é rompida e sangra, ou onde lesões abertas decorrentes de outras doenças sexualmente transmissíveis proporcionam ao vírus o acesso ao sangue; ou (2) através de agulhas contaminadas com sangue.

Depois de entrar no corpo, o HIV segue para os tecidos linfáticos, onde infecta e destrói as células T auxiliares (CD4⁺), deprimindo gravemente a imunidade.

As células T auxiliares são a pedra fundamental do sistema imune,



Novos vírus HIV (pontos vermelhos e amarelos) emergem de uma célula humana infectada.

já que elas regulam as populações de células B e células T citotóxicas e, sem elas, esses linfócitos não podem ser ativados ou mantidos. O HIV também entra nas células dendríticas, macrófagos e células microgliais, todos eles compartilhando uma proteína de superfície chamada CD4 à qual o HIV se conecta. O vírus invade o cérebro, provavelmente na microglia infectada, e induz a destruição dos neurônios, contribuindo para a demência de alguns pacientes com Aids.

No estágio agudo inicial, a multiplicação rápida do vírus estimula o sistema imune. Os níveis de anticorpos aumentam e as células T citotóxicas (CD8⁺) combatem a infecção. Durante o longo estágio assintomático, o HIV replica e muda rapidamente, produzindo cepas mortais que escapam do sistema imune se escondendo nas células CD4⁺ dos tecidos linfáticos.

No fim das contas, o sistema imune também fica tão enfraquecido que as células CD8⁺ exaustas não conseguem

mais conter o vírus. A quantidade de células T auxiliares diminui e começa o estágio terminal da Aids.

Atualmente, a Aids está entrando em sua terceira década como uma epidemia global. Em 2010, a quantidade de pessoas no mundo inteiro com infecção de HIV ou Aids alcançou 34 milhões. Dos 2,7 milhões de indivíduos recém-infectados, 1,9 milhão (50%) estão na África Subsaariana.

Tratamento

Pesquisadores e clínicos esperavam que os medicamentos antivirais tratassem eficazmente o HIV. Uma combinação de medicamentos que impedem a replicação e montagem viral diminui as cargas virais a níveis indetectáveis e reduz a transmissão para os parceiros não infectados. Esse tratamento não elimina o HIV do corpo, e pequenas interrupções no tratamento permitem que os níveis virais disparem.

Outra complicação é a capacidade de mutação do HIV. Desde 1996, quando pela primeira vez foram utilizados medicamentos antivirais contra o HIV, ele desenvolveu resistência a todos os medicamentos antivirais testados. A busca por uma vacina contra o HIV, seja como prevenção ou como tratamento, tem sido igualmente desafiadora, já que as mutações virais formam novos subtipos resistentes.

Além das perspectivas de cura incertas, os clínicos observam a tendência, em muitos países, a práticas sexuais de alto risco, como os encontros casuais com vários parceiros e as taxas cada vez menores de uso dos preservativos. O Centers for Disease Control and Prevention estima que 1,1 milhão de habitantes nos Estados Unidos estão infectados com HIV.¹ A única maneira certa de evitar a Aids é evitando o contato com líquidos corporais infectados com o HIV e praticar a abstinência. Fora isso, a melhor defesa é praticar o sexo seguro utilizando preservativos de látex e conhecer bem o parceiro sexual.

1 Nota do editor: conforme a UnAids — Programa Conjunto das Nações Unidas sobre HIV/Aids — a África Subsaariana lidera o número de infectados, com 23,5 milhões; na América Latina, o número de infectados é de 1,4 milhão.

tecido tem duas localizações gerais: (1) nas membranas mucosas frequentemente infectadas (p. 94) dos tratos digestório, respiratório, urinário e reprodutor, onde se chama **tecido linfático associado à mucosa** ou **MALT** (do inglês *mucosa associated lymphoid tissue*) (Figura 21.7), e (2) em todos os órgãos linfáticos, exceto no timo. Além de servir como principal campo de batalha na luta contra a infecção, o tecido linfático também é o lugar onde os linfócitos se tornam ativados e onde é gerada a maioria dos linfócitos efetores e de memória.

O tecido linfático é um tecido conjuntivo reticular cuja estrutura básica é uma rede de fibras reticulares secretadas por células reticulares (fibroblastos) (Figura 21.3c). Dentro dos espaços dessa rede residem muitos linfócitos T e B que chegam continuamente, provenientes das vênulas que passam por esse tecido. Os macrófagos na rede fibrosa matam os microrganismos invasores por fagocitose e, junto às células dendríticas, ativam os linfócitos vizinhos apresentando-lhes aos antígenos.

Evidentes dentro do tecido linfático encontram-se agrupamentos dispersos e esféricos de linfócitos densamente empacotados, chamados **folículos linfáticos** ou **nódulos linfáticos** (Figura 21.7). Esses folículos exibem

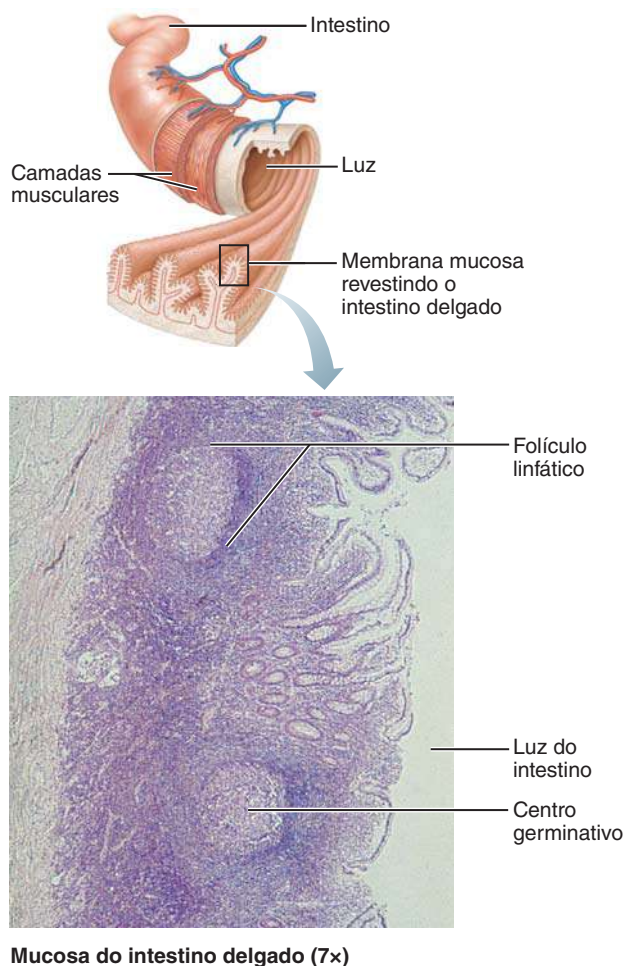


Figura 21.7 Tecido linfático associado à mucosa (MALT).

frequentemente centros que adquirem coloração clara, chamados **centros germinativos**, de linfócitos divididos. Cada folículo deriva da ativação de uma única célula B, cuja proliferação rápida gera milhares de linfócitos no folículo. As células B recém-produzidas migram para fora do folículo e transformam-se em plasmócitos.

✓ Verifique seu conhecimento

- 4. Em que local os linfócitos T citotóxicos adquirem imunocompetência?
- 5. Quais células imunes vão responder a uma infecção provocada por um agente bacteriano?
- 6. Que tipo de leucócito é encontrado nos folículos linfáticos? O que ocorre no centro germinativo de um folículo linfático?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Órgãos linfáticos

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever as localizações, a estrutura histológica e as funções imunes dos seguintes órgãos linfáticos: timo, linfonodos, baço, tonsilas, nódulos linfáticos agregados no intestino e apêndice.

Os **órgãos linfáticos** (Figura 21.8) são agrupados em duas categorias:

- **Órgãos linfáticos primários**, que são a medula óssea e o timo e produzem linfócitos B e T, respectivamente (Figura 21.6). A estrutura da medula óssea é descrita na discussão sobre formação da célula sanguínea (Capítulo 18, p. 575). A estrutura do timo é descrita a seguir.
- **Órgãos linfáticos secundários**, que são os linfonodos, o baço e os agrupamentos de tecido linfá-

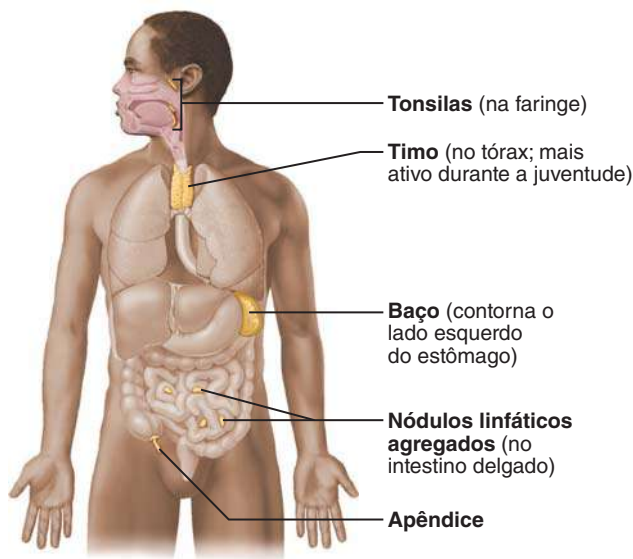


Figura 21.8 Órgãos linfáticos.

tico associado à mucosa (MALT) que formam as tonsilas, os nódulos linfáticos agregados no intestino e o apêndice. Esses órgãos armazenam linfócitos imunocompetentes e linfócitos de memória, coletando e destruindo microrganismos infecciosos dentro do tecido linfático. A estrutura de cada um desses órgãos é descrita a seguir.

Timo

O **timo** bilobado situa-se na parte superior do tórax e na parte inferior do pescoço, imediatamente posterior ao esterno (**Figura 21.9a**). Como foi observado anteriormente, o timo é o local em que os linfócitos imaturos se desenvolvem em linfócitos T. Especificamente, ele secreta hormônios tímicos como a timosina e a timopoiatina, que fazem que os linfócitos T adquiram imunocompetência. Proeminente nos recém-nascidos, o timo continua a aumentar de tamanho durante a infância, quando é mais ativo. Durante o final da adolescência, ele começa a atrofiar gradualmente à medida que seu tecido funcional é substituído lentamente por tecido fibroso e adiposo. Aos 20 anos de idade, ele ainda tem 80% do seu tecido funcional, mas aos 40 anos ele costuma manter apenas 5%. Na velhice, restam apenas 2% e o timo é uma massa adiposa difícil de distinguir do tecido conjuntivo circundante. Mesmo que atrofie ao longo do tempo, o timo continua a produzir células imunocompetentes durante a vida adulta em uma taxa reduzida.

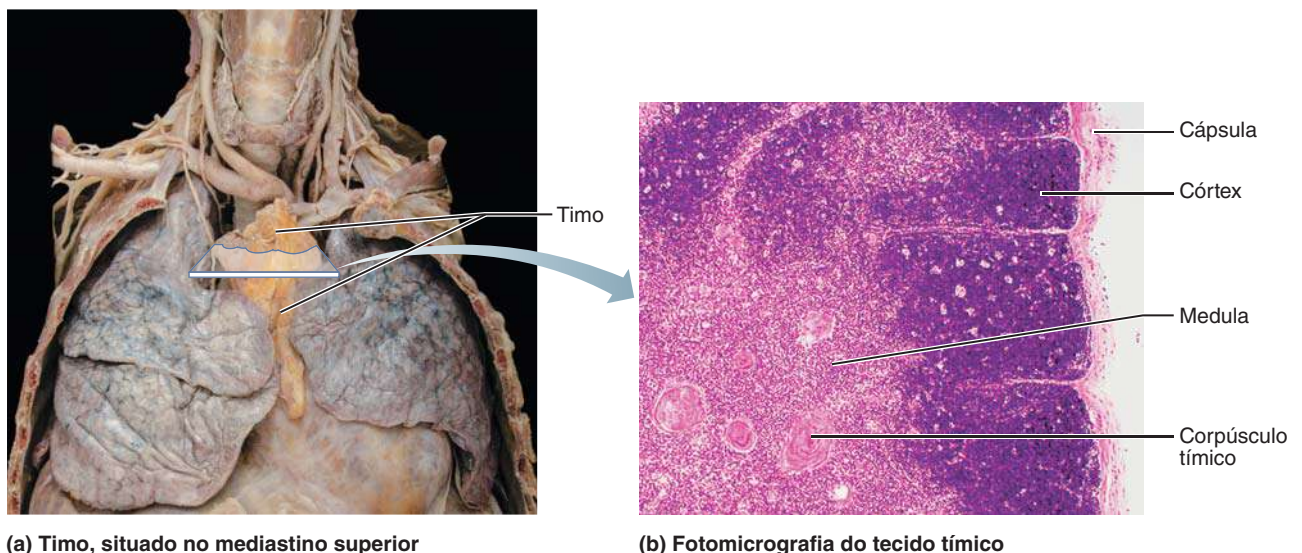
O timo contém muitos **lóbulo**s organizados como pequenas flores em uma cabeça de couve-flor. Cada lóbulo, por sua vez, contém um córtex e uma medula (**Figura 21.9b**). O **córtex** adquire uma coloração escura, já que consiste em linfócitos T que se dividem rapida-

mente e que adquirem imunocompetência; a **medula** contém menos linfócitos e cora em uma cor mais clara. Também na medula se encontram os **corpúsculos tímicos**, que são compostos de agrupamentos de células epiteliais. Os corpúsculos tímicos agem no desenvolvimento das células T regulatórias, um tipo de linfócito T que evita as respostas autoimunes.

O timo difere dos outros órgãos linfáticos de duas formas básicas: primeiro, ele atua estritamente na maturação linfocítica e, assim, é o único órgão linfático que não combate os antígenos diretamente. Na verdade, a *barreira sangue-timo*, análoga à barreira hematoencefálica, impede que os antígenos transportados pelo sangue vazem dos capilares tímicos e ativem prematuramente os linfócitos tímicos imaturos. Segundo, a estrutura tecidual do timo não é um tecido conjuntivo linfático verdadeiro. Como o timo surge como uma glândula do epitélio que reveste a faringe embrionária, sua estrutura tecidual básica consiste em células epiteliais estreladas, em vez de fibras reticulares. Essas *células reticulares epiteliais* secretam os hormônios tímicos que estimulam as células T a se tornarem imunocompetentes. Repare também que o timo não possui folículos linfáticos porque também não tem células B.

Linfonodos

Os componentes de filtração de linfa dos linfonodos já foram considerados (p. 655), mas os linfonodos são mais do que apenas filtros de linfa. Os linfonodos são os órgãos onde os sistemas linfático e imune se cruzam. Entre os seios linfáticos encontram-se massas de tecido linfático (ver **Figura 21.3**). À medida que a linfa infiltra pelos seios linfáticos, alguns dos antígenos contidos vazam pe-



(a) Timo, situado no mediastino superior

(b) Fotomicrografia do tecido tímico

Figura 21.9 Timo. (a) Dissecção exibindo a localização do timo na parte superior do tórax. (b) Fotomicrografia do tecido tímico, exibindo parte de um lóbulo com as regiões do córtex e da medula e os corpúsculos tímicos (35×).

las paredes do seio e entram no tecido linfático. A maioria dos desafios antigênicos no corpo humano ocorre aqui nos linfonodos, onde os antígenos não só encontram sua destruição, mas também ativam os linfócitos B e T, acrescentando-os ao valioso suprimento corporal de linfócitos de memória que oferecem imunidade de longo prazo.

Os linfonodos possuem duas regiões distintas em termos histológicos: um **córtex** externo (“casca externa”) e uma **medula** (“médica”) perto do hilo (Figura 21.3). Todos os folículos linfáticos e a maioria das células B ocupam o tecido linfático da parte mais superficial do córtex. Mais fundo no córtex, os linfócitos são células T primárias, especialmente células T auxiliares que aumentam a atividade das células B nos folículos vizinhos. Agrupamentos de linfócitos dentro da medula, chamados cordões medulares, contêm linfócitos T e B, além de plasmócitos.

Baço

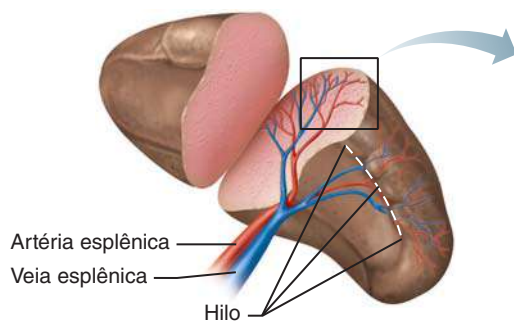
O **baço** (Figura 21.10), macio e rico em sangue, é o maior órgão linfático e seu tamanho varia bastante entre os indivíduos, mas em média ele tem o tamanho de um punho. Esse órgão ímpar, situado no quadrante su-

perior esquerdo da cavidade abdominal logo depois do estômago (ver Figura 21.8), tem a forma de uma água-viva e uma superfície anterior côncava. Os grandes *vasos esplênicos* entram e saem da superfície anterior ao longo de uma linha chamada **hilo** (Figura 21.10a).

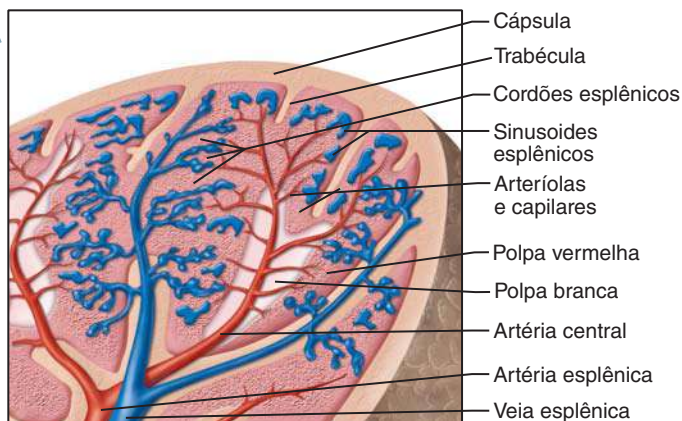
O baço tem duas grandes funções de limpeza sanguínea: (1) remoção dos antígenos transportados pelo sangue (sua função imune) e (2) remoção e destruição de células sanguíneas velhas ou defeituosas. Além disso, o baço é um local de hematopoiese no feto e armazena plaquetas sanguíneas e monócitos por toda a vida.

O baço, assim como os linfonodos, é circundado por uma cápsula fibrosa a partir da qual trabéculas se estendem para dentro (Figura 21.10b). Os ramos maiores da artéria esplênica seguem nas trabéculas e emitem ramos arteriais menores para dentro da substância do baço. Esses ramos chamam-se **artérias centrais** porque estão confinados em envoltórios espessos de tecido linfático que constituem coletivamente a **polpa branca** do baço. Os antígenos transportados pelo sangue entram nesse tecido linfático e são destruídos à medida que ativam a resposta imune. A polpa branca proporciona a função imune do baço.

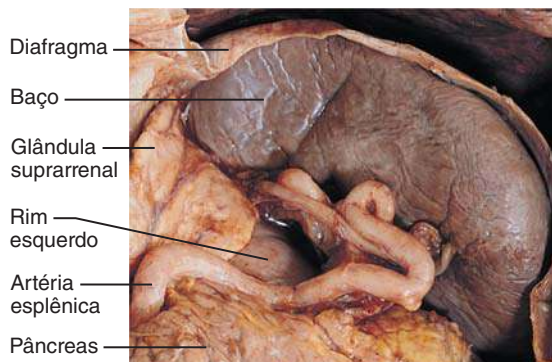
Circundando a polpa branca encontra-se a **polpa vermelha**, que tem duas partes: (1) **sinusoides esplê-**



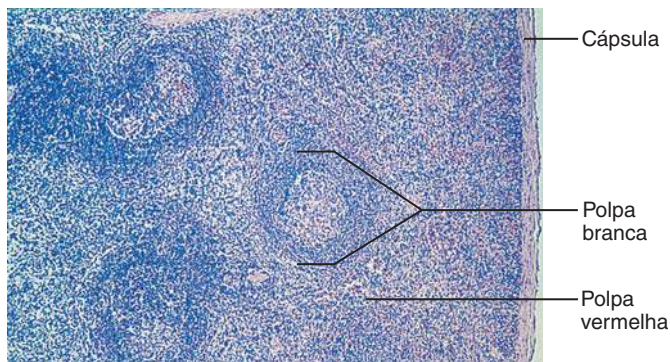
(a) Diagrama do baço, vista anterior



(b) Diagrama da histologia do baço



(c) Fotomicrografia do baço em sua posição normal na cavidade abdominal, vista anterior



(d) Fotomicrografia do tecido esplênico (30x). A polpa branca, um tecido linfático com muitos linfócitos, é circundada por polpa vermelha contendo eritrócitos abundantes.

nicos, sinusoides sanguíneos que surgem dos ramos distais das artérias centrais fora da polpa branca, e (2) **cordões esplênicos**, que consistem em um tecido conjuntivo reticular excepcionalmente rico em macrófagos. O sangue total vaza dos seios para o tecido conjuntivo, onde os macrófagos fagocitam quaisquer células sanguíneas defeituosas. Por isso, a polpa vermelha é responsável pela capacidade do baço de descartar as células sanguíneas desgastadas.

Nos cortes histológicos (Figura 21.10d), a polpa branca aparece como ilhas em um mar de polpa vermelha. Repare que a nomenclatura das regiões da polpa reflete a sua aparência no tecido esplênico intacto, em vez dos cortes histológicos corados; com muitos corantes, a polpa branca aparece, na realidade, mais escura do que a polpa vermelha.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Esplenectomia Como a cápsula do baço é relativamente fina, a agressão física ou uma infecção grave podem fazer que o baço se rompa, levando à perda sanguínea grave decorrente de hemorragia para dentro da cavidade peritoneal. Nesses casos, o baço precisa ser removido rapidamente e sua artéria precisa ser ligada, um procedimento cirúrgico chamado **esplenectomia**. Uma pessoa consegue levar uma vida relativamente saudável sem o baço, pois os macrófagos na medula óssea e no fígado podem assumir a maioria das funções do baço. Uma pessoa nessas condições será mais suscetível a infecções; por isso, os cirurgiões que realizam esplenectomia hoje deixam uma parte do baço, sempre que possível. Como alternativa, fragmentos saudáveis do baço são reconectados por cirurgia, imediatamente após a operação. Em alguns desses casos, o baço consegue se regenerar.

Tonsilas

As **tonsilas** são intumescências da mucosa que reveste a faringe. Existem quatro grupos de tonsilas (**Figura 21.11**).

- O par de **tonsilas palatinas** situa-se diretamente posterior à boca e ao palato, na parede lateral da faringe. Essas são as maiores tonsilas e as que são infectadas e removidas com mais frequência durante a infância, em um procedimento cirúrgico chamado *tonsilectomia*.
- A **tonsila lingual** situa-se na superfície posterior da língua.
- A **tonsila faríngea** (adenoides) situa-se no teto faríngeo.
- A **tonsila tubária** (ilustrada na Figura 22.3, p. 676) situa-se posteriormente ao ósteo faríngeo da tuba auditiva. Os quatro grupos de tonsilas são organizados em um anel em volta da entrada da faringe

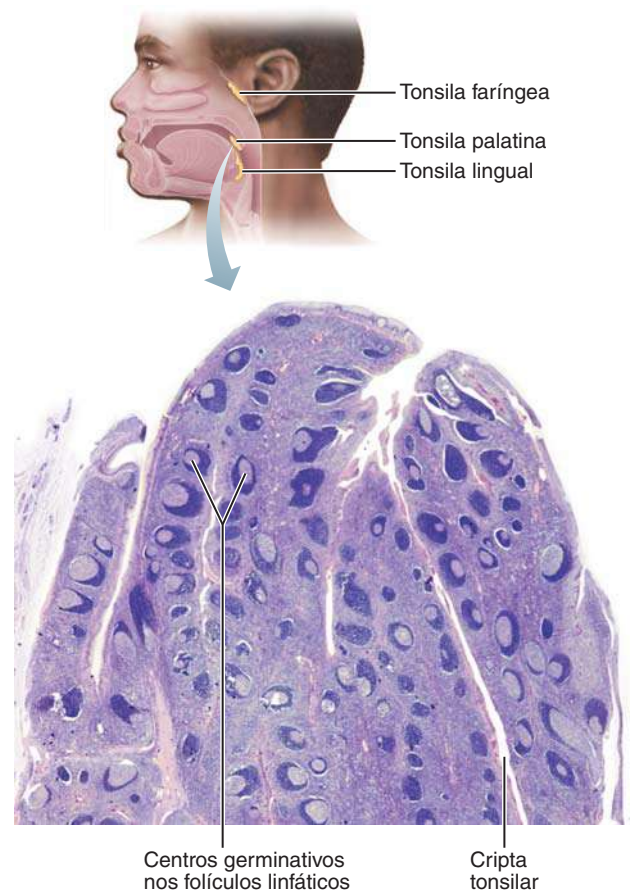


Figura 21.11 Histologia da tonsila palatina. A superfície exterior da tonsila é coberta por epitélio que invagina profundamente e forma as criptas da tonsila.

para reunir e remover muitos patógenos que entram na faringe pelo ar inspirado e pelo alimento deglutido. As tonsilas processam os antígenos e depois iniciam as respostas imunes.

Assim como todas as mucosas, as tonsilas consistem em um epitélio sustentado por uma lâmina própria de tecido conjuntivo (Figura 21.11). Nas tonsilas, a lâmina própria subjacente consiste em uma quantidade abundante de tecido linfático associado à mucosa (MALT) repleto de linfócitos e folículos linfáticos espalhados. O epitélio sobrejacente invagina profundamente no interior da tonsila, formando **criptas** de fundo cego que aprisionam as bactérias e materiais particulados. As bactérias aprisionadas abrem seu caminho através do epitélio até o tecido linfático subjacente, provocando a ativação dos linfócitos. Esse aprisionamento das bactérias leva a muitas infecções das tonsilas durante a infância, mas também gera uma grande variedade de linfócitos de memória para a imunidade de longo prazo.

Nódulos linfáticos agregados e o apêndice

Muitas bactérias habitam permanentemente o interior oco dos intestinos e infectam permanentemente as

paredes dos intestinos. Para combater esses invasores, o MALT é especialmente abundante no intestino. Na verdade, em duas partes do intestino o MALT é grande, permanente e repleto de linfócitos. Essas estruturas são os nódulos linfáticos agregados e o apêndice.

Nódulos linfáticos agregados são agrupamentos de folículos linfáticos nas paredes da parte distal (íleo) do intestino delgado (Figura 21.12). Existem cerca de 40 desses nódulos, com um tamanho médio de 1 cm de comprimento e 1 cm de largura.

O tecido linfático também é altamente concentrado na parede do **apêndice vermiforme**, uma expansão tubular da primeira parte (ceco) do intestino grosso (ver Figura 21.8). Cortes histológicos revelam que o tecido linfático denso ocupa de maneira uniforme mais da metade da espessura da parede do apêndice.

Além de destruir os microrganismos que os invadem, os nódulos linfáticos agregados e o apêndice colhem amostras de muitos antígenos diferentes de dentro do tubo digestório e geram uma ampla gama de linfócitos de memória para proteger o organismo.

✓ Verifique seu conhecimento

- 7. Qual é a função da polpa vermelha no baço?
- 8. Em que parte dos linfonodos estão situados os linfócitos T?
- 9. Que parte do intestino contém nódulos linfáticos agregados?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

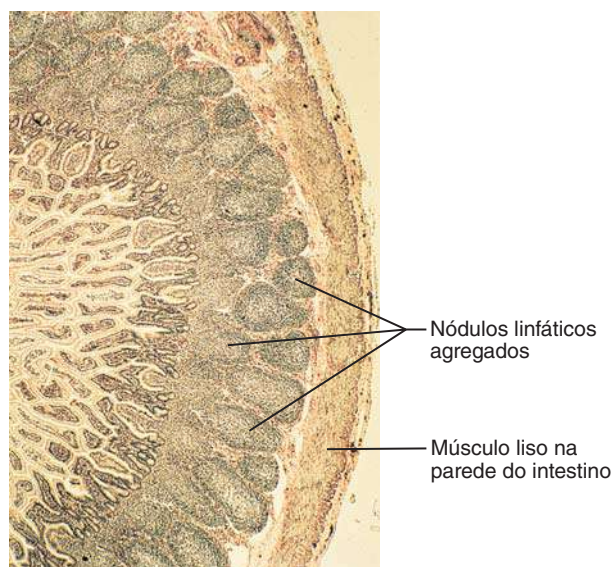


Figura 21.12 Nódulos linfáticos agregados. A fotomicrografia mostra a estrutura histológica dos nódulos linfáticos agregados na parede do íleo do intestino delgado. A luz do intestino é vista à esquerda da fotomicrografia (5×).

TRANSTORNOS DOS SISTEMAS LINFÁTICO E IMUNE

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever as características básicas de dois transtornos dos vasos linfáticos: quilotórax e linfangite; e de três transtornos dos linfócitos e dos órgãos linfáticos: mononucleose, linfoma de Hodgkin e linfoma não Hodgkin.

Quilotórax (“quilo no tórax”) é o vazamento de linfa gordurosa (quilo) do ducto torácico para a cavidade da pleura, no tórax, e é provocado por laceração ou bloqueio do ducto torácico em decorrência de trauma ou compressão no tórax provocados por um tumor vizinho. Pode haver complicações resultantes (1) de grandes quantidades de linfa na cavidade da pleura comprimindo e colapsando os pulmões, (2) problemas metabólicos causados pela perda de nutrientes gordurosos na circulação ou (3) redução do volume sanguíneo após a perda de líquido da circulação. O tratamento envolve a drenagem da linfa da cavidade e o reparo cirúrgico de qualquer dano ao ducto torácico.

Linfangite é a inflamação de um vaso linfático. Assim como os grandes vasos sanguíneos, os vasos linfáticos são irrigados por sangue pelos vasos dos vasos (*vasa vasorum*). Quando os vasos linfáticos estão infectados ou inflamados, esses vasos ficam congestionados com sangue. Os vasos linfáticos superficiais tornam-se visíveis através da pele como linhas vermelhas sensíveis ao toque.

Mononucleose é uma doença viral comum nos adolescentes e adultos jovens. Seus sintomas incluem fadiga, febre, dor de garganta, inchaço dos linfonodos e aumento do baço e é provocada pelo vírus Epstein-Barr, que ataca especificamente os linfócitos B. Esse ataque leva a uma ativação maciça dos linfócitos T, que por sua vez atacam as células B infectadas com vírus. As grandes quantidades de linfócitos T que circulam na corrente sanguínea foram mal identificadas originalmente como monócitos (*mononucleose* = condição dos monócitos). A mononucleose é transmitida na saliva (“doença do beijo”) e geralmente dura de 4 a 6 semanas. O risco mais grave dessa doença é a ruptura do baço aumentado, que pode causar hemorragia maciça.

Linfoma de Hodgkin é uma malignidade dos linfonodos caracterizada por linfonodos inchados e doloridos; fadiga; frequentemente, febre persistente e sudorese noturna; e é caracterizada por células gigantes nos linfonodos, chamadas células de Reed-Sternberg, que têm origem incerta, mas que podem ser linfócitos ou macrófagos modificados. A doença de Hodgkin é tratada com radioterapia e a taxa de cura é elevada em relação aos outros cânceres.

O **linfoma não Hodgkin** inclui todos os tipos de câncer dos tecidos linfáticos, exceto o linfoma de Hodgkin, e envolve a multiplicação descontrolada e a metástase de

linfócitos não diferenciados, geralmente células B, mas às vezes células T. Os linfonodos incham, o baço pode aumentar, o tecido linfático agregado ao intestino pode ser afetado e muitos órgãos podem acabar envolvidos. O linfoma não Hodgkin vem sendo cada vez mais frequente e hoje é o quinto tipo de câncer mais comum. Um tipo de baixo grau, que afeta os idosos e cresce lentamente, costuma ser fatal porque é resistente à quimioterapia. Um tipo intermediário ou de alto grau, que afeta os jovens e cresce rapidamente, pode responder à quimioterapia com uma taxa de remissão de 75%.

OS SISTEMAS LINFÁTICO E IMUNE AO LONGO DA VIDA

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever o desenvolvimento dos vasos e dos órgãos linfáticos.

O sistema linfático desenvolve-se a partir de uma série de fontes. Os vasos linfáticos e os agrupamentos principais de linfonodos crescem a partir dos *sacos linfáticos*, que são projeções das grandes veias no embrião. O timo origina-se como um desdobramento do endoderma que reveste a faringe embrionária (ver Figura 17.13, p. 561) e se desprende da faringe e migra na direção caudal para o tórax. Iniciando-se precocemente no período fetal, o timo recebe os primeiros progenitores dos linfócitos T dos órgãos formadores de sangue (saco vitelino, fígado e medula óssea). Os primeiros linfócitos B são produzidos nesse momento na medula óssea. Todos os órgãos e tecidos linfáticos não tímicos (baço, linfonodos e MALT) surgem do mesênquima mesodérmico. O baço e as tonsilas desenvolvem-se antes do nascimento. Os outros órgãos linfáticos secundários, porém, estão mal desenvolvidos antes do nascimento. Logo após o nascimento, eles passam a ser

intensamente povoados pelos linfócitos circulantes e começam a adquirir suas propriedades funcionais.

Durante muito tempo acreditou-se que o sistema imune dos recém-nascidos era imaturo demais para atacar os patógenos invasores. No entanto, os recém-nascidos respondem aos novos antígenos com o mesmo vigor dos adultos, com células T e anticorpos. Durante a primeira infância e a infância, muitos linfócitos de memória são formados e uma ampla gama de imunidade é obtida. Depois da infância, alguns órgãos imunes tornam-se menos ativos e começam a encolher. As tonsilas regredem aos 14 anos de idade (exceto a tonsila lingual, que não regride até os 30 anos, aproximadamente). Como foi mencionado anteriormente, o timo regride após o final da adolescência, mas continua produzindo células T a vida toda.

Os órgãos linfáticos e o sistema imune normalmente atendem bem às pessoas até a velhice, quando sua eficiência começa a diminuir e sua capacidade para combater a infecção diminui. Essa menor eficácia parece se dever principalmente a uma diminuição na produção e capacidade de resposta das células T, que por sua vez provoca declínios similares nas células B. A velhice é acompanhada por uma maior suscetibilidade às doenças. A maior incidência de câncer nos idosos é presumivelmente outro exemplo de diminuição da capacidade do sistema imune para destruir células nocivas.

✓ Verifique seu conhecimento

- 10. Alguns dias depois que um gato arranhou a sua mão, João notou linhas finas e vermelhas se estendendo da mão ao antebraço. Qual é a causa dessas marcas?
- 11. De qual camada embrionária o timo deriva? De qual camada embrionária derivam as tonsilas, o baço e os linfonodos?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Esplenomegalia (“baço grande”) Aumento do baço que resulta geralmente de doenças do sangue como a mononucleose, malária, leucemia ou policitemia vera. Uma maneira de os médicos diagnosticarem o aumento do baço é sentir através da pele da parede do abdome a margem superior fendida do baço imediatamente anterior à margem costal. Um baço saudável chega a isso em uma posição bem anterior.

Linfadenopatia (*adeno* = glândula, *patia* = doença) Qualquer doença dos linfonodos.

Linfoma Qualquer neoplasma (tumor) do tecido linfático, seja benigno ou maligno.

Linfonodo-sentinel no câncer O primeiro linfonodo que recebe a linfa drenada de uma área do corpo suspeita de ter um tumor. Quando examinado quanto à presença de células cancerosas, esse linfonodo fornece

a melhor indicação da ocorrência ou não de metástase (disseminação) através dos vasos linfáticos.

Sarcoma de Kaposi Lesões tumorais da pele e alguns órgãos internos, observadas em alguns pacientes com Aids. As lesões são vascularizadas e surgem da proliferação das células endoteliais capilares. Os capilares são tão permeáveis que vazam eritrócitos, conferindo às lesões uma cor roxa. Hoje se sabe que o sarcoma de Kaposi é provocado por um tipo anteriormente não reconhecido de herpes-vírus que infecta o endotélio. Há controvérsias entre as lesões serem meramente uma decorrência da hiperplasia celular ou serem tumores verdadeiros. O tratamento é com quimioterapia.

Tonsilite Congestão das tonsilas, tipicamente com bactérias infectantes, que torna essas tonsilas vermelhas, inchadas e inflamadas.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. O sistema linfático consiste nos vasos linfáticos que transportam linfa. O sistema imune contém os linfócitos, o tecido linfático e os órgãos linfáticos que estão envolvidos na luta do corpo contra a doença.

SISTEMA LINFÁTICO (p. 653-658)

2. Linfa é o excesso de líquido que se origina porque mais líquido sai dos capilares sanguíneos e depois volta para eles. Os vasos linfáticos absorvem o excesso de líquido e devolvem-no para as grandes veias na raiz do pescoço.
3. Os vasos linfáticos também recuperam proteínas sanguíneas que vazam dos capilares e devolvem essas proteínas para a corrente sanguínea.
4. Os vasos do sistema linfático, do menor para o maior, são os capilares linfáticos, os vasos linfáticos (com os linfonodos), os troncos linfáticos e os ductos linfáticos.

Capilares linfáticos (p. 653-654)

5. Os capilares linfáticos serpenteiam pelo tecido conjuntivo frouxo do corpo. Esses tubos com extremidade fechada são altamente permeáveis à entrada de líquido tecidual e proteínas, pois suas células endoteliais são pouco unidas. Os microrganismos causadores de doença e as células cancerosas também entram nos capilares linfáticos permeáveis e se espalham através dos vasos linfáticos.
6. Os capilares linfáticos chamados lácteos absorvem a gordura digerida do intestino delgado.

Vasos (coletores) linfáticos (p. 654)

7. Os vasos linfáticos seguem lado a lado com as artérias e veias, mas possuem paredes mais finas e muito mais válvulas do que veias. Os vasos linfáticos assemelham-se a colares de contas.
8. A linfa flui muito lentamente através dos vasos linfáticos. O fluxo é mantido pelos movimentos corporais normais, contrações dos músculos esqueléticos, pulsações arteriais e contração do músculo liso na parede do vaso linfático. As válvulas linfáticas evitam o refluxo.

Linfonodos (p. 655)

9. Agrupados ao longo dos vasos linfáticos, os linfonodos em forma de feijão removem os agentes infecciosos e o linfonodo canceroso da corrente linfática. A linfa entra no nódulo via vasos linfáticos aferentes e sai via vasos linfáticos eferentes no hilo. Entre eles, a linfa infiltra pelos seios linfáticos, onde os macrófagos removem os patógenos transportados pelo sangue. Os linfonodos estão situados superficialmente e profundamente (Figura 21.2).

Troncos linfáticos (p. 655-656)

10. Cada um dos troncos linfáticos (lombar, intestinal, bronco-mediastinal, subclávio e jugular) drena uma grande região do corpo. Todos, exceto o tronco intestinal, são pareados.

Ductos linfáticos (p. 656-658)

11. O ducto linfático direito (e/ou os troncos vizinhos) drena a linfa do quadrante superior direito do corpo. O ducto torácico (e/ou os troncos vizinhos) drena a linfa do resto do corpo. Esses dois ductos esvaziam-se na junção das veias jugular interna e subclávia. O ducto torácico começa na cisterna do quilo em L1-L2 e sobe ao longo dos corpos das vértebras torácicas.

SISTEMA IMUNE (p. 658-666)

12. Os órgãos e tecidos linfáticos abrigam milhões de linfócitos, células importantes do sistema imune que reconhecem antígenos específicos.

Linfócitos (p. 658-659)

13. Os linfócitos B e T combatem microrganismos infecciosos nos tecidos conjuntivos frouxo e reticular (linfático) do corpo — células B produzindo plasmócitos secretores de anticorpos e células T citotóxicas (CD8⁺) pela eliminação direta das células portadoras de antígeno. As células B e os anticorpos são melhores na destruição das bactérias e dos produtos bacterianos, enquanto as células T são melhores na destruição das células eucarióticas que expressam antígenos de superfície, como as células infectadas com vírus e as células enxertadas e tumorais. Os linfócitos destruidores naturais não reconhecem antígenos específicos, mas atacam e eliminam rapidamente as células tumorais e as células infectadas com vírus.
14. Os linfócitos maduros patrulham os tecidos conjuntivos por todo o corpo entrando e saindo dos vasos circulatórios (recirculação).

Diferenciação e ativação de linfócitos (p. 659-660)

15. Os linfócitos surgem das células-tronco na medula óssea. As células T desenvolvem imunocompetência no timo, enquanto as células B desenvolvem imunocompetência na medula óssea. Os linfócitos imunocompetentes circulam para os tecidos conjuntivos frouxos e linfáticos, onde a ligação ao antígeno (o encontro antigênico) leva à ativação linfocitária.
16. O encontro antigênico envolve uma interação entre os linfócitos que estão sendo ativados, uma célula apresentadora de antígeno (célula dendrítica ou macrófago) e um linfócito T auxiliar (CD4⁺). Uma célula T ou B recém-ativada divide-se rapidamente, produzindo muitos linfócitos efetores de vida curta e alguns linfócitos de memória de vida longa. Os linfócitos de memória recirculantes conferem imunidade de longo prazo.

Tecido linfático (p. 660-662)

17. O tecido linfático consiste em tecido conjuntivo reticular, no qual muitos linfócitos B e T se reúnem para combater patógenos ou se tornarem ativados. Ele está situado nas membranas mucosas (como o MALT) e nos órgãos linfáticos (exceto no timo).
18. O tecido linfático contém folículos linfáticos (nódulos) com centros germinativos. Cada folículo contém milhares de linfócitos B, todos derivados de uma célula B ativada.

Órgãos linfáticos (p. 662-666)

19. A medula óssea e o timo são basicamente órgãos linfáticos. Os linfonodos, o baço, as tonsilas, os nódulos linfáticos agregados e o apêndice são órgãos linfáticos secundários.

20. O timo, situado na parte superoanterior do tórax e no pescoço, é um órgão linfático primário que é mais ativo durante a juventude. Seus hormônios, secretados pelas células reticulares epiteliais, sinalizam os linfócitos T contidos para adquirirem imunocompetência.
21. O timo possui lóbulos, cada um com um córtex externo repleto de células T em amadurecimento e uma medula interna contendo menos células T e corpúsculos tímicos degenerativos.
22. Dentro de um linfonodo, massas de tecido linfático situam-se entre os seios. Esse tecido linfático recebe alguns dos antígenos que passam pelo linfonodo, levando a uma ativação linfocitária e à produção de linfócitos de memória. As massas ajudam a dividir cada linfonodo em um córtex externo e uma medula interna.
23. O baço situa-se na parte superior esquerda da cavidade abdominal. Os vasos esplênicos entram e saem do hilo na superfície anterior.
24. O baço tem duas funções principais: (1) remover antígenos do sangue e (2) destruir células sanguíneas gastas. A primeira função é realizada pela polpa branca; a segunda, pela polpa vermelha. A polpa branca consiste em envoltórios espessos de tecido linfático, cada um deles circundando uma artéria central. A polpa vermelha consiste em sinusoides esplênicos e tiras de tecido conjuntivo reticular cheio de sangue chamados cordões esplênicos, cujos macrófagos removem as células sanguíneas gastas.
25. As tonsilas na faringe, os nódulos linfáticos agregados no intestino delgado e a parede do apêndice são partes do MALT nas quais o tecido linfático contém uma concentração excepcionalmente alta de linfócitos e folículos.

TRANSTORNOS DOS SISTEMAS LINFÁTICO E IMUNE (p. 666-667)

26. Quilotórax é o vazamento de quilo do ducto torácico para a cavidade pleural. Linfangite é a inflamação de um vaso linfático. A mononucleose é uma infecção viral dos linfócitos B que são atacados por linfócitos T, levando a sintomas similares aos da gripe. Linfoma de Hodgkin é um tipo de câncer do linfonodo e linfoma não Hodgkin inclui todos os outros tipos de câncer do tecido linfático.

OS SISTEMAS LINFÁTICO E IMUNE AO LONGO DA VIDA (p. 667)

27. Os vasos linfáticos desenvolvem-se a partir dos sacos linfáticos conectados às veias embrionárias. O timo desenvolve-se a partir do endoderma faríngeo e os outros órgãos linfáticos derivam do mesênquima.
28. Os órgãos linfáticos passam a ser habitados por linfócitos, que surgem do tecido hematopoietico.
29. Com o envelhecimento, o sistema imune se torna menos responsivo. Assim, os idosos sofrem com mais frequência de infecções e câncer.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Os capilares linfáticos (a) têm extremidades abertas como canudinhos, (b) possuem junções impermeáveis contínuas como as dos capilares da barreira hematoencefálica, (c) possuem células endoteliais separadas por miniválvulas com abas que se abrem amplamente, (d) têm barreiras especiais que impedem a entrada das células cancerosas, (e) todas as opções anteriores.
- O arcabouço estrutural básico da maioria dos órgãos linfáticos consiste em (a) tecido conjuntivo frouxo, (b) tecido hematopoietico, (c) tecido conjuntivo reticular, (d) tecido adiposo.
- Os linfonodos agrupam-se em todas as seguintes áreas, exceto (a) encéfalo, (b) axilas, (c) virilha, (d) pescoço.
- Os centros germinativos nos linfonodos são locais de (a) seios linfáticos, (b) proliferação de linfócitos B, (c) linfócitos T, (d) a e c, (e) todas as opções anteriores.
- A polpa vermelha do baço (a) contém sinusoides esplênicos e um tecido conjuntivo rico em macrófagos, (b) é outro nome para a cápsula fibrosa, (c) é tecido linfático contendo linfócitos, (d) é a parte do baço que destrói os eritrócitos gastos, (e) a e d.
- Os linfócitos que desenvolvem imunocompetência no timo são (a) linfócitos B, (b) linfócitos T.
- Qual ou quais dos seguintes órgãos linfáticos têm um córtex e uma medula? (a) linfonodos, (b) baço, (c) timo, (d) nódulos linfáticos agregados, (e) tonsilas.
- Qual dos seguintes órgãos linfáticos *não* contém folículos linfáticos ou centros germinativos? (a) linfonodos, (b) baço, (c) timo, (d) nódulos linfáticos agregados, (e) tonsilas.
- Em termos evolutivos, os vasos linfáticos embrionários estão mais intimamente associados com (a) veias, (b) artérias, (c) nervos, (d) timo.
- Algumas vezes é difícil distinguir os diferentes órgãos linfáticos uns dos outros nos cortes histológicos. Como você diferenciaria o timo de um linfonodo? (a) Somente o timo tem córtex e medula; (b) o timo é bem menos repleto de linfócitos do que o linfonodo; (c) o timo não contém vasos sanguíneos; (d) somente o timo possui lóbulos distintos e corpúsculos tímicos.
- Em algumas pessoas, o ducto torácico não recebe nenhum dos troncos linfáticos na base do pescoço (jugular, subclávio ou broncomediastinal). Nessas pessoas, que parte do corpo o ducto torácico drena? (a) quadrante superior direito, (b) quadrante superior esquerdo, (c) metade superior, (d) metade inferior.

Dissertativas

- Compare as funções básicas de um linfonodo com as do baço.
- Se você visse um vaso sanguíneo e um vaso linfático coletor passando lado a lado, como você os diferenciaria?
- Trace o curso inteiro do ducto torácico. Nomeie os locais de todos os troncos linfáticos.
- Cite e explique resumidamente três funções importantes dos vasos linfáticos.
- Dentre seis, quais os três grupos de linfonodos (descritos na p. 655) que são sentidos facilmente (palpados) através da pele durante um exame físico?

17. Explique as diferenças funcionais básicas entre os linfócitos B e T.
18. Quando Jorge estava lendo este capítulo pela segunda vez, de repente ele teve um *insight*, exclamando: “A linfa vem do sangue e depois volta para o sangue!” Esse *insight* está certo? Explique.
19. Bruna está examinando lâminas histológicas do baço em um microscópio. Ela afirma ver folículos linfáticos na polpa branca. Ela está certa? Explique.
20. Ana, uma especialista em anatomia macroscópica que ensina anatomia humana há 35 anos, disse à sua turma que nos adultos o timo é atrofiado e não tem função. Ela está certa? Explique.

Análise crítica e aplicação clínica

1. Um amigo lhe diz que tem “glândulas” sensíveis ao toque e inchadas ao longo do lado esquerdo da parte frontal do pescoço. Você nota que ele tem um curativo na bochecha esquerda que não esconde totalmente um corte infectado no local. As glândulas não são realmente glândulas. O que são exatamente as suas “glândulas” inchadas e como elas ficaram assim?
2. Quando o jovem Daniel estava andando de trenó, o patim do trenó de um amigo atingiu-o no lado esquerdo e rompeu seu baço. Daniel quase morreu antes de ir para o hospital. Qual é o perigo imediato de um rompimento do baço?
3. O homem no leito hospitalar perto de Daniel é um alcoólatra com cirrose hepática e hipertensão portal. Seu baço está gravemente dilatado. Como a hipertensão portal poderia levar à esplenomegalia? (Rever o Capítulo 20, p. 638.)
4. Rose submeteu-se a uma mastectomia radical esquerda. Seu braço esquerdo está gravemente inchado e dolorido, e ela não consegue erguê-lo acima do ombro. (a) Explique a origem dos seus sinais e sintomas. (b) Ela tende a obter o alívio desses sintomas com o tempo? Explique.
5. Tatiane chega à clínica reclamando de dor e rubor no seu dedo anelar direito. O dedo e o dorso da sua mão têm edema, com estrias vermelhas aparentes em seu antebraço direito. São prescritos antibióticos e a enfermeira aplica uma tpoia no braço afetado. Por que é importante que Tatiane não mexa excessivamente o braço afetado?
6. Simone percebeu que estava muito doente. Durante uma viagem recente para os trópicos, ela contraiu malária e tuberculose, doenças cujos microrganismos percorrem a corrente sanguínea. De volta para casa há apenas uma semana, ela contraiu mononucleose. Quando ela foi ao médico, ele conseguiu sentir a borda superior fendida do baço se projetando em uma direção bem anterior à margem costal esquerda em sua parede do abdome. Há algo de errado com o seu baço? Explique.

Sistema respiratório 22

Anatomia funcional do sistema respiratório 672

- Nariz e seios paranasais 672
- Faringe 677
- Laringe 678
- Traqueia 681
- Árvore bronquial 682
- Pulmões e pleuras 686

Ventilação 690

- Mecanismo da ventilação 691
- Controle neural da ventilação 693

Transtornos do sistema respiratório 694

- Asma brônquica 694
- Fibrose cística 694
- Doença pulmonar obstrutiva crônica 696

O sistema respiratório ao longo da vida 697

Os seres humanos conseguem viver sem água por dias e sem alimento por semanas, mas não podem viver sem oxigênio por nem mesmo alguns minutos. Respirar é nossa necessidade mais urgente. Os trilhões de células no corpo exigem um suprimento contínuo de oxigênio para produzir a energia da qual precisam para desempenhar suas funções vitais. Além disso, como as células usam oxigênio, elas produzem dióxido de carbono (CO_2), um subproduto que o corpo deve eliminar. A função principal do **sistema respiratório** é atender a essas necessidades — ou seja, abastecer o corpo com oxigênio e descartar dióxido de carbono. Para isso, os seguintes processos, chamados coletivamente de **respiração**, precisam ocorrer:



▲ Árvore bronquial de um pulmão humano saudável (imagem colorizada de raios X).

- 1. Ventilação pulmonar.** O ar precisa entrar e sair dos pulmões para que os gases nos alvéolos pulmonares (sacos de ar) sejam substituídos continuamente. Esse movimento se chama **ventilação**, ou respiração.
- 2. Respiração externa.** A troca gasosa deve ocorrer entre o sangue e o ar nos alvéolos. O oxigênio nos sacos de ar se difunde no sangue; o CO₂ no sangue se difunde nos alvéolos.
- 3. Transporte dos gases respiratórios.** O oxigênio e o dióxido de carbono precisam ser transportados entre os pulmões e as células do corpo. Isso é feito pelo sistema cardiovascular, com o sangue servindo de fluido de transporte.
- 4. Respiração interna.** Nos capilares sistêmicos, os gases necessitam ser trocados entre o sangue e as células dos tecidos.

O oxigênio é utilizado pelas células e o dióxido de carbono é gerado como um subproduto durante os processos químicos que convertem a glicose em energia celular (ATP). Esse processo se chama **respiração celular**. Os processos respiratórios descritos acima asseguram que a respiração celular possa ocorrer em praticamente todas as células do corpo. Este capítulo se concentra na ventilação pulmonar e na respiração externa, pois só elas são de responsabilidade exclusiva do sistema respiratório. No entanto, a menos que também ocorram o transporte gasoso e a respiração interna, o sistema respiratório não consegue cumprir seu objetivo principal de fornecer oxigênio para as células e remover o dióxido de carbono. Desse modo, os sistemas respiratório e cardiovascular estão intimamente associados; se algum deles falhar, as células do corpo começam a morrer devido à privação de oxigênio.

Como o sistema respiratório movimenta o ar para dentro e para fora do corpo, ele também se relaciona ao sentido do olfato e à fonação, discutidas resumidamente junto com a respiração.

ANATOMIA FUNCIONAL DO SISTEMA RESPIRATÓRIO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ identificar as vias de passagem respiratórias em ordem, do nariz até os alvéolos nos pulmões. Distinguir as estruturas da parte de condução das estruturas da parte de respiração;
- ▶ mencionar e descrever as várias estruturas que protegem o sistema respiratório de poeira, bactérias, partículas de alimento e outros materiais estranhos.

Os órgãos do sistema respiratório incluem o *nariz*, a *cavidade nasal* e os *seios paranasais*; a *faringe*; a *larínge*; a *traqueia*; os *brônquios* e seus ramos menores; e os *pulmões*, que contêm os sacos de ar terminais, ou *alvéolos* (**Figura 22.1**, **Tabela 22.1**). Em termos funcionais, essas estruturas respiratórias são divididas nas partes de

condução e de respiração. A *parte de condução* inclui as vias de passagem respiratórias que transportam o ar para os locais de troca gasosa; suas estruturas também filtram, umidificam e aquecem o ar que passa por elas. Desse modo, o ar que chega aos pulmões contém muito menos poeira do que continha quando entrou pelo nariz, sendo aquecido e eliminado. Aparte de respiração, o local real da troca gasosa nos pulmões, é composta pelas vias de passagem respiratórias terminais que contêm os alvéolos — ou seja, *bronquíolos respiratórios*, *ductos alveolares* e *sacos alveolares*.

Nariz e seios paranasais

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ identificar e descrever as funções das estruturas respiratórias localizadas no crânio.

Nariz

O **nariz** é a única parte do sistema respiratório visível externamente. Embora muitas vezes receba conotações negativas, como em “se mentir, o nariz cresce” ou “não meter o nariz onde não é chamado”, suas muitas funções importantes o tornam digno da maior estima. O nariz:

- proporciona uma via aérea para a respiração;
- umidifica e aquece o ar inspirado;
- filtra o ar para limpá-lo das partículas estranhas;
- serve como uma câmara de ressonância para a fala;
- abriga os receptores olfatórios.

As estruturas do nariz são divididas em *nariz externo* e *cavidade nasal* (interna). O esqueleto do **nariz externo** consiste nos ossos frontal e nasal superiormente (formando a raiz e o dorso, respectivamente), nas maxilas lateralmente e nas placas flexíveis de cartilagem hialina inferiormente (as cartilagens lateral, do septo nasal e alar) (**Figura 22.2**). A cartilagem do septo forma a margem anterior do nariz, chamada dorso do nariz. O ápice (ponta) do nariz é formado pelas cartilagens alares maiores, e a margem lateral da narina, a asa, é formada por tecido conjuntivo denso fibroso. A grande variação no tamanho e na forma do nariz se deve em grande parte às diferenças nas cartilagens nasais. A pele que cobre as superfícies anterior e lateral do nariz é fina e contém muitas glândulas sebáceas que se abrem em alguns dos maiores poros na pele da face.

Cavidade nasal

A **cavidade nasal** (**Figura 22.1** e **Figura 22.3**) situa-se imediatamente posterior ao nariz externo. Durante a respiração, o ar entra nessa cavidade, passando pelas **narinas**, na base do nariz externo. A cavidade nasal é dividida nas metades direita e esquerda pelo *septo na-*

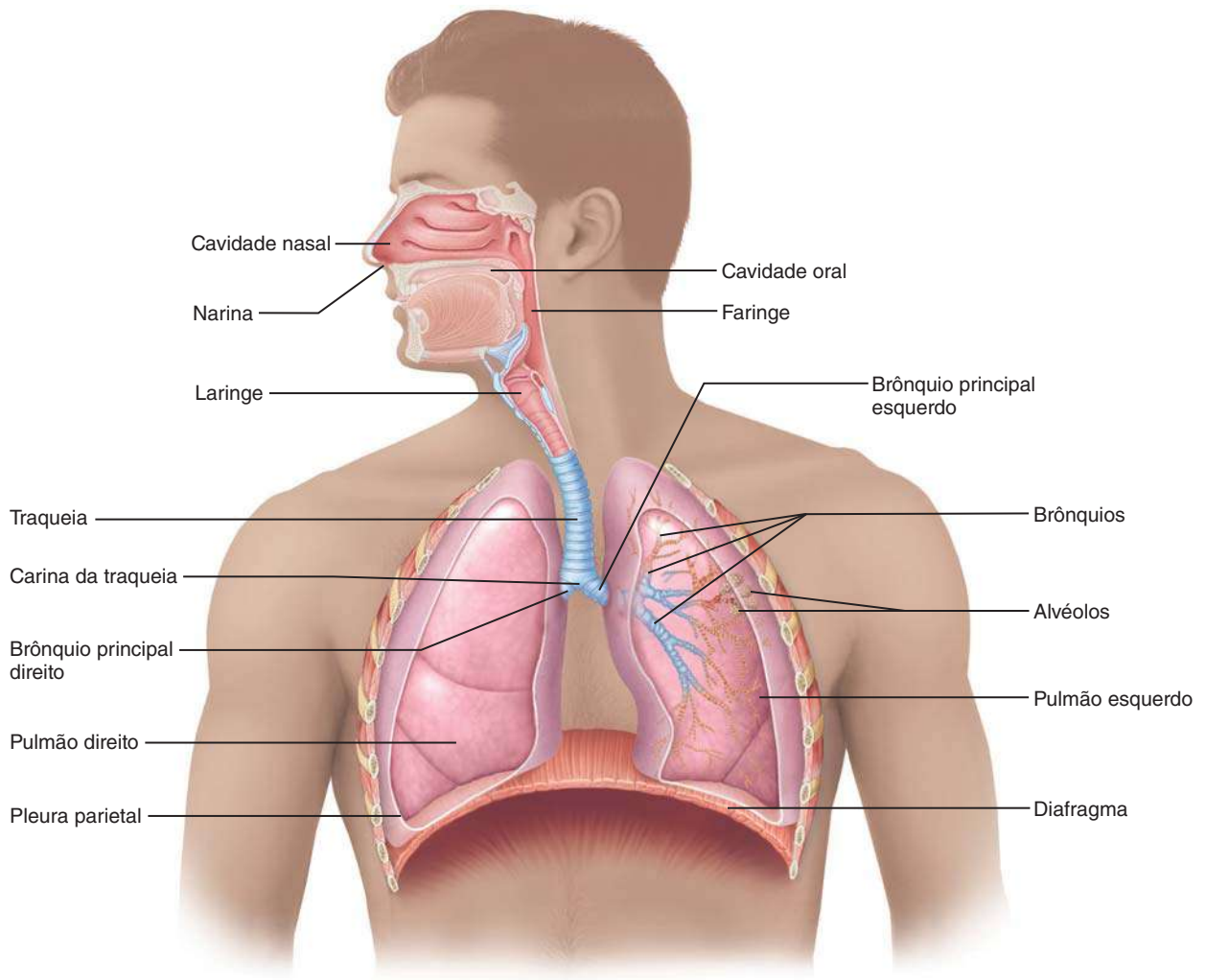


Figura 22.1 Principais órgãos do sistema respiratório.

sal na linha mediana; essa parede é formada pela lâmina perpendicular do osso etmoide, pelo vômer e pela cartilagem do septo nasal (ver Figura 7.14, p. 174), todos cobertos por uma membrana mucosa. Posteriormente, a cavidade nasal é contínua à parte nasal da faringe (nasofaringe) por meio de aberturas nasais posteriores, os **cóanos** (“funis”), ou *narinas internas*.

O teto da cavidade nasal é formado pelos ossos etmoide e esenoide; seu assoalho é composto pelo **palato**, que separa as cavidades nasal e bucal e mantém o alimento fora das vias aéreas. Anteriormente, onde o palato contém os processos horizontais dos ossos palatinos e os processos palatinos das maxilas, ele se chama **palato duro** (ver Figura 7.14, p. 174); a parte posterior, é o **palato mole** muscular (ver Figura 22.3).

A parte da cavidade nasal situada imediatamente acima das narinas, no interior das asas do nariz externo, é o **vestíbulo do nariz** (“entrada”). Ele é revestido com pele contendo glândulas sebáceas e sudoríferas, além de muitos folículos pilosos. Os pelos nasais, ou *vibrissas*, filtram grandes partículas (até mesmo insetos), do ar inspirado. Posteriormente, a cavidade nasal

é revestida com dois tipos de membrana mucosa: (1) a pequena lâmina de *mucosa olfatória* perto do teto da cavidade nasal, que abriga os receptores olfatórios (ver p. 508-509) e (2) a *mucosa respiratória*, uma membrana mucosa que reveste a ampla maioria das vias da parte de condução.

Mucosa respiratória A mucosa respiratória consiste em epitélio pseudoestratificado colunar (prismático) ciliado, contendo células caliciformes espalhadas, e uma lâmina própria de tecido conjuntivo subjacente. Essa lâmina própria é rica em glândulas tubuloalveolares compostas (ver Figura 4.5g, p. 76) que contêm células mucosas e células serosas. (As *células mucosas* secretam muco, enquanto as *células serosas* nas glândulas secretam um fluido aquoso contendo enzimas digestórias.) Todos os dias, as glândulas nasais e as células caliciformes epiteliais secretam aproximadamente um quarto de muco contendo lisozima, uma enzima que digere e destrói bactérias. O muco pegajoso forma uma lâmina que cobre a superfície da mucosa e aprisiona a poeira inalada, bactérias, pólen, vírus e outros detritos

Tabela 22.1

Órgãos principais do sistema respiratório

Estrutura	Descrição, características gerais e diferenças	Função
Nariz	Parte externa sustentada por osso e cartilagem; cavidade nasal interna dividida na metade pelo septo nasal e revestida com mucosa respiratória	Produz muco; filtra, aquece e umidifica o ar inspirado; câmara de ressonância da fala
	O teto da cavidade nasal contém mucosa olfatória	Receptores olfatórios
Seios paranasais	Cavidades ocas revestidas com mucosa dentro dos ossos esfenóide, etmoide, maxilar e frontal	A mesma da cavidade nasal; também diminuem o peso do crânio
Faringe	Via de passagem conectando a cavidade nasal à laringe e a cavidade oral ao esôfago; três partes: nasal, oral e laringea.	Via de passagem para o ar e o alimento
	Abriga as tonsilas	As tonsilas respondem aos antígenos inalados ou ingeridos
Laringe	Conecta a faringe à traqueia; estrutura de cartilagem e tecido conjuntivo denso; a abertura de entrada (ádito) pode ser fechada pela epiglote	Via de passagem do ar; evita que o alimento entre nas vias respiratórias inferiores
	Abriga as pregas vocais	Produção da voz
Traqueia	Tubo flexível que sai da laringe e se divide inferiormente em dois brônquios principais; as paredes contêm cartilagens em forma de C incompletas posteriormente, onde é fechada pela parede membranácea (com músculo traqueal)	Via de passagem do ar; filtra, aquece e umidifica o ar inspirado
Árvore bronquial	Consiste nos brônquios principais direito e esquerdo, que se subdividem dentro dos pulmões, formando os brônquios lobares e segmentares, brônquios menores e bronquíolos; estes com paredes formadas por uma camada de músculo liso; a constrição desse músculo impede a expiração	Vias de passagem do ar conectando a traqueia com os alvéolos; aquece e umidifica o ar inspirado
Alvéolos	Câmaras microscópicas no final da árvore bronquial; paredes de epitélio escamoso simples, sustentadas por membrana basal fina; superfícies externas intimamente associadas aos capilares pulmonares	Locais principais de troca gasosa
	Células alveolares tipo II produzem surfactante	Surfactante reduz a tensão de superfície; ajuda a evitar o colapso pulmonar
Pulmões	Par de órgãos localizados dentro das cavidades pleurais do tórax; compostos principalmente de alvéolos e vias de passagem respiratórias; o estroma consiste em tecido conjuntivo fibroso elástico, permitindo que os pulmões recuem passivamente durante a expiração	Abriga vias de passagem menores que os brônquios principais
Pleuras	Membranas serosas; a pleura parietal reveste a cavidade torácica internamente; a pleura visceral cobre as superfícies pulmonares externamente	Produz fluido lubrificante e compartimentaliza os pulmões

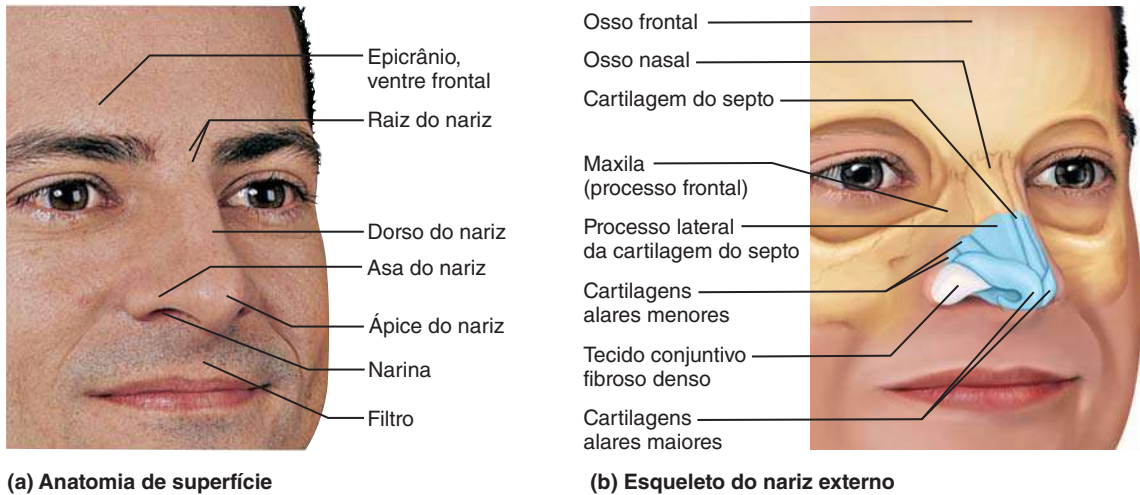


Figura 22.2 Nariz externo.

do ar. Desse modo, uma função importante da mucosa respiratória é filtrar o ar inalado. As células ciliadas no revestimento epitelial criam uma corrente suave que move a lâmina de muco contaminado em direção posterior para a faringe, onde é deglutida. Assim, as partículas filtradas do ar acabam sendo destruídas pelos sucos digestivos no estômago. Além disso, a lâmina de muco é uma película molhada que umidifica o ar inalado.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Rinite A inflamação da mucosa nasal, chamada **rinite**, é provocada por elementos como vírus do resfriado, bactérias estreptocócicas e diversos alérgenos. Essa inflamação é acompanhada por uma produção excessiva de muco, que resulta em congestão nasal, nariz escorrendo e gotejamento pós-nasal.

A mucosa nasal é ricamente suprida por terminações nervosas sensitivas do nervo trigêmeo, NCV. Um reflexo de espirro é estimulado quando partículas irritantes (poeira, pólen etc.) entram em contato com essa mucosa sensível. O espirro resultante impele o ar para fora em uma explosão violenta, expelindo as partículas irritantes do nariz.

Plexos ricos em capilares e veias de paredes finas ocupam a lâmina própria da mucosa nasal e aquecem o ar que entra e flui pela superfície mucosa. Quando a temperatura do ar inalado cai, como acontece quando você sai de casa em um dia frio, os plexos vasculares respondem enchendo-se com sangue quente, o que intensifica o processo de aquecimento do ar. Devido à abundância e localização superficial desses vasos, os sangramentos nasais são comuns e frequentemente profusos.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Epistaxe A epistaxe é um sangramento ou hemorragia nasal. Ela costuma ocorrer após um trauma no nariz, por se assoar excessivamente o nariz ou em razão do ressecamento da membrana mucosa que reveste a cavidade nasal, situação frequente nos climas secos ou durante os meses de aquecimento do inverno nos climas frios. A maioria dos sangramentos nasais provém da parte *anterior* do septo nasal, altamente vascularizada, e pode ser interrompida comprimindo-se as narinas ou inserindo-se nelas um chumaço de algodão.

Conchas nasais Projetando-se medianamente a partir de cada parede lateral da cavidade nasal existem três estruturas espiraladas cobertas por mucosa: as *conchas nasais superior e média* do osso etmoide e a *concha nasal inferior*, que é um dos ossos da face (Figura 22.4 e Figura 22.3). O sulco inferior a cada concha é um *meato nasal*. À medida que o ar inalado corre ao longo das conchas curvas, a turbulência resultante aumenta bastante a quantidade de contato entre a mucosa nasal e esse ar inspirado. Os gases no ar inalado agitam-se nas voltas e reviravoltas das conchas, mas a matéria particulada do ar é desviada para as superfícies cobertas de muco, onde fica aprisionada. Em consequência, poucas partículas maiores que 4 μm ultrapassam a cavidade nasal.

As conchas e a mucosa nasal funcionam durante a inspiração filtrando, aquecendo e umidificando o ar. Durante a expiração, elas recuperam esse calor e umidade. O ar inspirado resfria as conchas e depois, durante a expiração, essas conchas resfriadas precipitam a umidade e extraem calor do ar úmido que flui ao longo delas. Esse mecanismo de recuperação minimiza a

quantidade de umidade e calor perdidos pelo corpo por meio da respiração, ajudando as pessoas a sobreviver nos climas secos e frios.

Seios paranasais

A cavidade nasal é circundada por um anel de cavidades cheias de ar chamadas *seios paranasais*, situados

nos ossos frontal, esfenóide, etmoide e maxilas (Figura 22.4; ver também p. 175). Esses seios se abrem na cavidade nasal, são revestidos pela mucosa respiratória e desempenham as mesmas funções de processamento do ar realizadas pela cavidade nasal. Seu muco drena para as cavidades nasais, e o efeito de sucção provocado pelo ato de assoar o nariz também ajuda a drená-los.

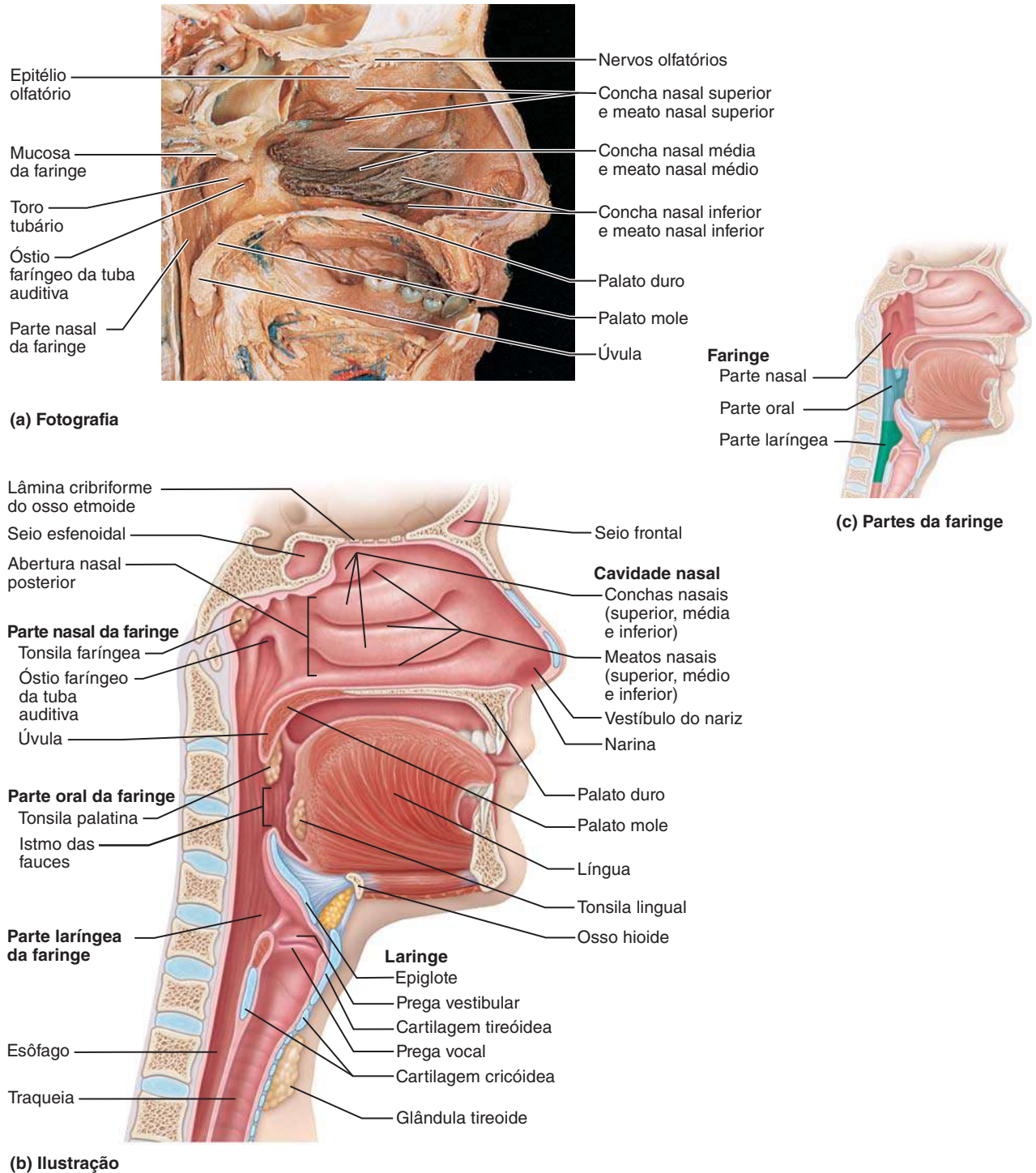


Figura 22.3 Vias respiratórias superiores. Corte sagital da cabeça e do pescoço. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 47.)

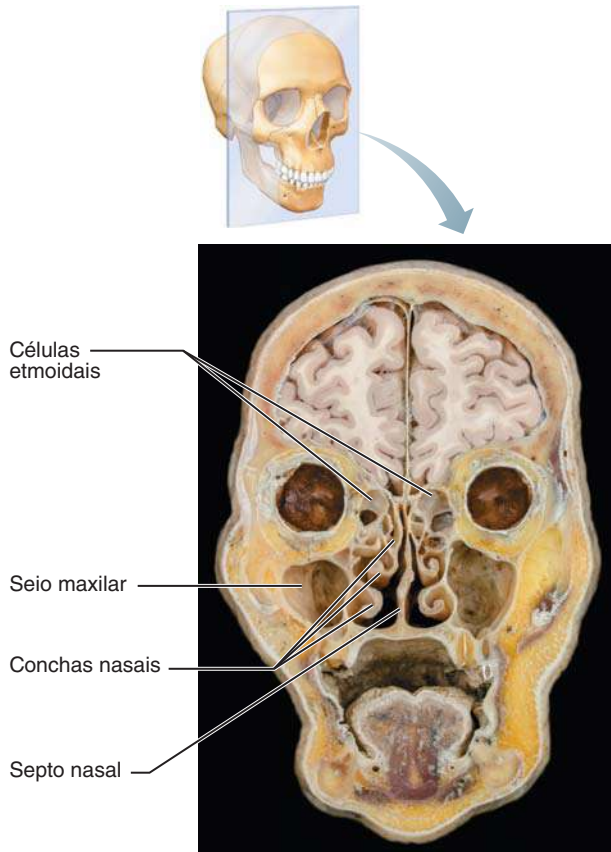


Figura 22.4 Conchas nasais e seios paranasais. Fotografia de corte frontal da face.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Sinusite A inflamação dos seios paranasais, chamada **sinusite**, é provocada por infecções virais, bacterianas ou fúngicas. Quando as passagens que conectam os seios paranasais à cavidade nasal ficam bloqueadas pelo intumescimento da mucosa nasal inflamada, o ar nas cavidades dos seios é absorvido nos vasos sanguíneos do revestimento mucoso, resultando em vácuo parcial e em cefaleia sinusal localizada sobre as áreas inflamadas. Se a infecção persistir, o fluido inflamatório escorre da mucosa, enche o seio obstruído e exerce uma pressão positiva dolorida. A maioria dos casos de sinusite origina-se logo abaixo e na parte lateral da concha média, onde as aberturas dos seios frontal e maxilar e de um dos grupos de células etmoidais situam-se muito perto umas das outras e podem ficar bloqueadas simultaneamente. Os casos graves de sinusite são tratados por meio de drenagem e antibióticos.

✓ Verifique seu conhecimento

1. Quais estruturas respiratórias são revestidas de mucosa respiratória? Mencione as funções dessa membrana mucosa.
2. Diferencie respiração externa, respiração interna e respiração celular.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Faringe

Objetivo de aprendizagem:

- identificar os limites das três partes da faringe e as estruturas localizadas em cada uma delas.

A **faringe** é uma passagem em forma de funil que une as cavidades nasal e oral respectivamente com a laringe e o esôfago, inferiormente (Figura 22.3). Ela desce da base do crânio até o nível de C VI e serve como via de passagem comum para o alimento e o ar. No contexto do trato digestório, a faringe costuma ser chamada de *garganta*.

Com base na localização e na função, de superior para inferior a faringe é dividida em *nasal*, *oral* e *laríngea* (Figura 22.3b). A parede muscular da faringe consiste em músculo esquelético em toda a sua extensão, mas a natureza do revestimento mucoso varia entre as suas três partes.

Parte nasal da faringe

A **parte nasal da faringe** é diretamente posterior à cavidade nasal, inferior ao osso esfenóide e superior ao palato mole (Figura 22.3b e c). Como está acima do nível de entrada do alimento, ela serve apenas como via de passagem de ar. Durante a deglutição, o palato mole e sua **úvula** se refletem superiormente, uma ação que fecha essa parte da faringe e impede a entrada de alimento na cavidade nasal. Quando uma pessoa ri enquanto bebe, essa ação de vedação falha, e os líquidos podem ser aspergidos pelo nariz.

A parte nasal da faringe é contínua à cavidade nasal, por meio dos cóanos (aberturas nasais posteriores), e seu epitélio pseudoestratificado ciliado assume a função de impelir o muco onde não existe mais a mucosa nasal, de modo que o muco empoeirado é impelido inferiormente através da parte nasal da faringe. Na linha média da sua parte mais superior e posterior encontra-se a **tonsila faríngea**, um órgão linfático que destrói os patógenos que entram com o ar na nasofaringe.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Infecção da tonsila faríngea Uma tonsila infectada e dilatada, uma condição especialmente comum nas crianças, pode obstruir o fluxo de ar através da parte nasal da faringe. Como a via aérea nasal está bloqueada, torna-se necessária a respiração pela boca.¹

O óstio faríngeo da tuba auditiva, que drena a orelha média, abre-se em cada parede lateral da parte nasal da faringe.

Uma crista de mucosa faríngea posterior a cada abertura constitui o **toro tubário**, cuja mucosa da sua parte posterior contém a **tonsila tubária** (Figura 22.3a), que proporciona à orelha média alguma proteção contra infecções que possam se espalhar a partir da faringe.

¹ Nota do revisor técnico: “adenoide” é o nome dado à hipertrofia da tonsila faríngea.

Parte oral da faringe

A **parte oral da faringe** situa-se posteriormente à cavidade oral; sua entrada arqueada, diretamente atrás da boca, são as **fauces** (“garganta”) (Figura 22.3b). A parte oral da faringe estende-se inferiormente a partir do nível do palato mole até o nível da epiglote (uma aba posterior à língua). Tanto o alimento deglutido quanto o ar inspirado passam por ela.

À medida que a parte nasal se continua com a parte oral da faringe, o epitélio que a reveste muda para estratificado pavimentoso (não queratinizado) protetor espesso. Essa adaptação estrutural reflete um maior atrito e trauma químico que acompanham a passagem do alimento deglutido pela parte oral da faringe.

Dois tipos de tonsilas estão relacionados com a sua mucosa: o par de **tonsilas palatinas** situado nas paredes laterais das fauces, e a **tonsila lingual** ímpar, que cobre a superfície posterior da língua.

Parte laríngea da faringe

Assim como a parte oral acima dela, a **parte laríngea da faringe** serve como via de passagem comum para o alimento e o ar, sendo revestida por um epitélio estratificado pavimentoso. Localizada posteriormente à laringe, que leva o ar para o trato respiratório, e contínua ao esôfago, que conduz o alimento e os líquidos para o estômago, a parte laríngea da faringe estende-se até a margem inferior da cartilagem cricóideia.

Laringe

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura e as funções da laringe.

A **laringe** (ou caixa de voz) estende-se do nível da quarta até a sexta vértebra cervical. Superiormente, ela se conecta ao *osso hioide* e se abre na parte laríngea da faringe (ver Figura 22.3c); inferiormente, é contínua à traqueia. A laringe tem três funções:

- produzir sons;
- proporcionar uma via aérea aberta;
- agir como mecanismo de comutação para rotear o ar e o alimento para as vias adequadas. Durante a deglutição, a entrada (abertura superior) da laringe fica fechada; durante a respiração, fica aberta.

A estrutura da laringe é uma organização intrincada de nove cartilagens conectadas por membranas e ligamentos (Figura 22.5). A grande **cartilagem tireóideia**, em forma de escudo e composta por duas lâminas cartilaginárias, lembra um livro aberto em pé, com a “lombada” na linha média anterior do pescoço. Superiormente nessa “lombada” destaca-se a **proeminência laríngea**, em forma de crista e visível sob a pele do pescoço como o “pomo de Adão”. A cartilagem tireóideia é maior nos homens do que nas mulheres porque os hormônios se-

xuais masculinos estimulam seu crescimento durante a puberdade. Inferior à cartilagem tireóideia encontra-se a **cartilagem cricóideia** (“círculo”), a única cartilagem laríngea a formar um anel completo. A cartilagem cricóideia assemelha-se a um anel de sinete, utilizado antigamente para cunhar ceras de lacre em cartas e documentos oficiais. Hoje, os anéis desse tipo costumam se chamar anéis de iniciais. A comparação descreve com exatidão essa cartilagem, pois ela é larga na face posterior e estreita anteriormente. A cartilagem cricóideia está situada no topo da traqueia.

Três pares de pequenas cartilagens situam-se imediatamente acima da cartilagem cricóideia na parte posterior da laringe (Figura 22.5c e d): as **cartilagens aritenóideas** (parecidas com conchas), as **cartilagens corniculadas** (“pequenos cornos”) e as **cartilagens cuneiformes** (“em forma de cunha”). As mais importantes entre elas são as cartilagens aritenóideas, que ancoram as pregas vocais.

A nona cartilagem da laringe, a **epiglote**, em forma de folha, é composta de cartilagem elástica (cartilagem epiglótica), sendo quase inteiramente coberta por mucosa. Seu pecíolo se conecta anteriormente na face interna do ângulo da cartilagem tireóideia (Figura 22.5d), de onde se projeta superoposteriormente e se conecta na face posterior da língua. Durante a deglutição, a laringe inteira é empurrada para cima, e a epiglote inclina-se para baixo, cobrindo e vedando a entrada (ádito) da laringe. Essa ação mantém o alimento fora das vias respiratórias inferiores. A entrada na laringe de qualquer coisa que não seja ar inicia o reflexo da tosse, que expelle a substância e impede que ela avance para os pulmões.

Como a laringe está abaixo do pescoço e precisa subir bastante durante a deglutição, às vezes ela não consegue alcançar a cobertura protetora da epiglote antes de o alimento passar pela entrada da faringe. Embora a posição baixa da laringe nos torne mais suscetíveis aos engasgos, ela é essencial para a fala humana. Sua localização inferior nos permite um maior movimento da língua na formação dos sons e uma faringe excepcionalmente longa, que age como uma câmara de ressonância dos sons das vogais que produzimos.

Dentro da laringe, pares de *ligamentos vocais* seguem anteriormente desde as cartilagens aritenóideas até a cartilagem tireóideia. Esses ligamentos, compostos em grande parte de fibras elásticas, formam o núcleo de um par de pregas mucosas chamadas **pregas vocais** (cordas vocais verdadeiras) (ver Figura 22.5d e Figura 22.6). Como a mucosa que as cobre é avascular, as pregas vocais têm um aspecto branco perolado. O ar expirado dos pulmões faz com que elas vibrem em um movimento de onda, produzindo os sons básicos da fala. A abertura mediana entre as pregas vocais através da qual o ar passa se chama **rima da glote** (*rima* = fenda), e as pregas vocais junto a essa rima compõem a **glote**. Outro par de pregas mucosas horizontais situadas

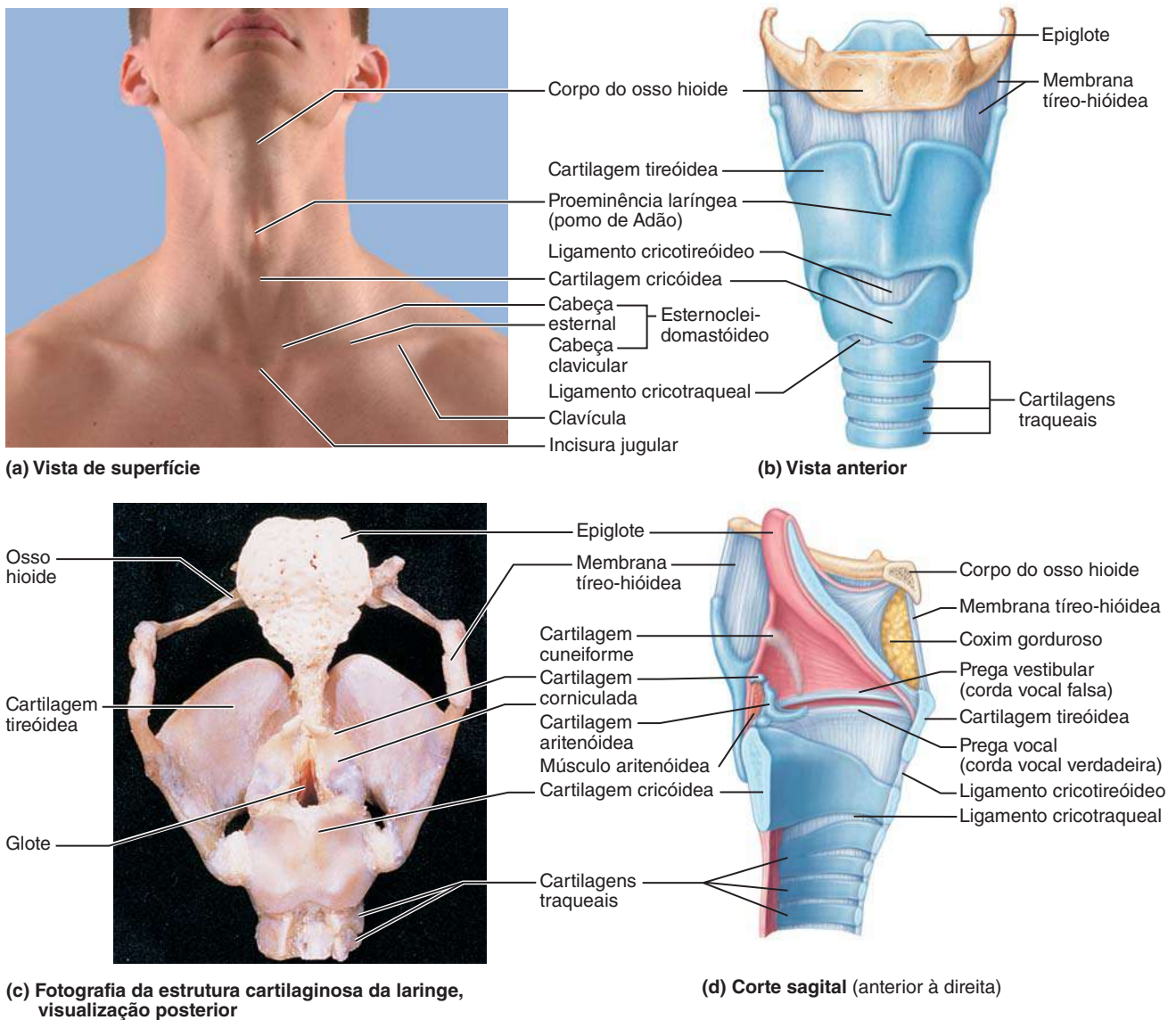


Figura 22.5 Anatomia da laringe.

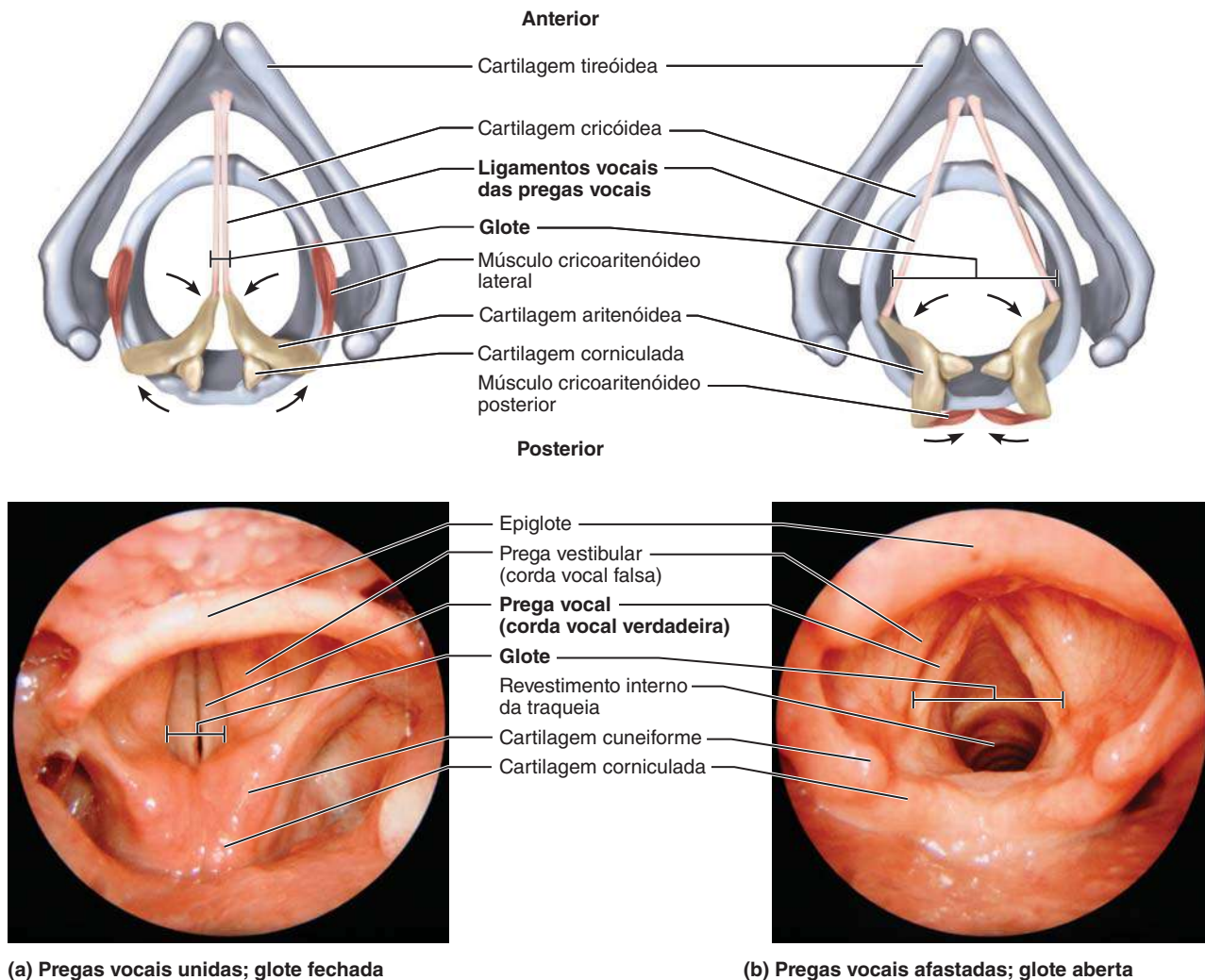
diretamente acima das pregas vocais, as **pregas vestibulares** (cordas vocais falsas) não participa da produção do som. No entanto, elas definem uma cavidade similar a uma fenda entre si mesmas e as pregas vocais (ver Figura 22.5d) que melhora os sons de alta frequência, funcionando como o alto-falante de sons agudos (*tweeter*) nas caixas de som estéreo.

O epitélio que reveste a parte superior da laringe, uma área sujeita ao contato dos alimentos, é estratificado pavimentoso não queratinizado. Abaixo das pregas vocais, o epitélio é pseudoestratificado colunar ciliado e aprisiona a poeira. Nesse epitélio, a força motriz dos cílios segue na direção da faringe, de modo que o muco que aprisiona o pó é movido continuamente para cima a partir dos pulmões. “Limpar a garganta” ajuda a mover esse muco para cima e para fora da laringe.

Produção de voz

A fala ocorre por meio da liberação intermitente do ar expirado e da abertura e fechamento da glote. Nesse processo, o comprimento das pregas vocais e o tamanho da rima da glote variam de acordo com os músculos intrínsecos da laringe, a maioria deles movimentando as cartilagens aritenóideas (Figura 22.6). À medida que o comprimento e a tensão das pregas vocais se modificam, a altura do som produzido também se altera. Geralmente, quanto mais tensas as pregas vocais, mais rápido o ar expirado as faz vibrar e maior é a altura do som.

À medida que a laringe dos meninos aumenta durante a puberdade, a proeminência laríngea cresce na direção anterior e se transforma em um grande pomo de Adão, tornando as pregas vocais mais longas. Como as pregas vocais longas vibram mais lentamente do que as



(a) Pregas vocais unidas; glote fechada

(b) Pregas vocais afastadas; glote aberta

Figura 22.6 Movimento das cordas vocais. Vista superior da laringe e das cordas vocais. As ilustrações de cima mostram os elementos esqueléticos e dois dos muitos pares de músculos da laringe que giram as cartilagens aritenóideas. A epiglote não foi representada para que as outras cartilagens da laringe pudessem ser vistas. As imagens de baixo mostram a laringe e as pregas vocais através de um laringoscópio.

pregas curtas, a voz fica mais profunda, assim como um violoncelo tem um tom mais baixo do que um violino. Por essa razão, a maioria dos homens tem a voz mais baixa do que as mulheres ou os meninos. A voz dos meninos adolescentes quase sempre “racha”, alternando-se entre sons de alta e baixa frequência, já que eles ainda não aprenderam a controlar a ação de suas pregas vocais mais longas.

A intensidade da voz depende da força com que o ar passa pelas pregas vocais. Quanto maior a força, mais fortes as vibrações e mais intenso o som. As pregas vocais não se movem quando sussurramos, mas vibram vigorosamente quando gritamos.

Embora as pregas vocais produzam os sons básicos da fala, toda a extensão da faringe age na amplificação da qualidade do som. A cavidade oral, a cavidade nasal e os seios paranasais também contribuem para a

ressonância vocal. Além disso, a fala normal e a boa enunciação dependem da “formatação” dos sons em consoantes e vogais reconhecíveis pela faringe, língua, palato mole e lábios.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Laringite A infecção de um resfriado forte estimula a inflamação da laringe, ou **laringite**, fazendo que as pregas vocais inchem. O inchaço interfere em sua capacidade de vibrar, produzindo rouquidão. A rouquidão também é provocada pelo uso excessivo da voz, por protuberâncias nas cordas vocais, pela inalação de substâncias químicas irritantes (como o tabaco), pela paralisia de alguns músculos da laringe ou pela compressão de um nervo laríngeo recorrente no ápice do pulmão.

Funções de esfíncter da laringe

Em certas condições, as pregas vocais agem como um esfíncter que impede a passagem do ar. Durante o esforço abdominal, como acontece quando fazemos força para defecar, os músculos abdominais contraem e a glote se fecha para impedir a expiração, elevando a pressão intratorácica e intra-abdominal. Esses eventos, chamados coletivamente **manobra de Valsalva**, ajudam a evacuar o reto; eles também estabilizam o tronco quando erguemos uma carga pesada.

Inervação da laringe

A laringe recebe sua inervação sensitiva e motora de um ramo laríngeo superior do nervo vago e do *nervo laríngeo recorrente*, ramo do vago na região superior do tórax que, em curva ascendente, dirige-se para o pescoço. O nervo laríngeo recorrente esquerdo faz uma curva sob o arco da aorta, ao passo que o do lado direito curva-se sob a artéria subclávia direita. O curso de retrocesso desses nervos é tão incomum que os gregos antigos os confundiam com tipoias de sustentação das grandes artérias. Como esses nervos fornecem inervação para a maioria dos músculos da laringe, o dano a esses nervos, como pode ocorrer durante uma cirurgia nessa região, promove perturbações da fala. A transecção de um nervo laríngeo recorrente imobiliza uma prega vocal, produzindo um grau de rouquidão. Em tais casos, a outra prega vocal consegue compensar e a fala continua quase normal. No entanto, se ambos os nervos laríngeos recorrentes forem cortados, perde-se completamente a fala (exceto o sussurro).

✓ Verifique seu conhecimento

- 3. Diferencie a faringe da laringe.
- 4. Qual estrutura forma o limite inferior de cada parte da faringe (nasal, oral e laríngea)?
- 5. A quais cartilagens da laringe as pregas vocais se conectam? Quais parâmetros influenciam a altura e a intensidade da voz? Que nervo supre nosso aparelho vocal?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Traqueia

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever as estruturas macroscópica e microscópica da traqueia.

A **traqueia** é um tubo flexível à laringe e entra no mediastino; ela termina na parte média do tórax, dividindo-se em dois brônquios principais (brônquios primários ou de 1ª ordem) (ver Figura 22.1). Os primeiros anatomistas confundiam a traqueia com uma artéria de parede áspera (*traqueia* = áspera).

A parede da traqueia contém de 16 a 20 anéis de cartilagem hialina (as cartilagens traqueiais), em forma de C (**Figura 22.7a**), unidos uns aos outros por membranas intervenientes de tecido conjuntivo fibroelástico. Consequentemente, a traqueia é suficientemente flexível para permitir o encurvamento e o estiramento, mas os anéis cartilagíneos a impedem de colapsar e mantêm a via aérea aberta, apesar das mudanças de pressão que ocorrem durante a respiração. As partes posteriores abertas dos anéis cartilaginosos, voltadas para o esôfago, são fechadas pela **parede membranosa da traqueia**, que contém fibras musculares lisas do músculo **traqueal** e tecido conjuntivo frouxo. Como a parede posterior da traqueia não é rígida, o esôfago consegue se expandir na direção anterior à medida que o alimento deglutido passa por ele. A contração do músculo traqueal diminui o diâmetro da traqueia: durante a tosse e o espirro, essa ação ajuda a expelir partículas irritantes da traqueia acelerando o ar expirado a uma velocidade de 165 km/h.

Uma crista no interior da última cartilagem traqueal, chamada **carina**, marca o ponto onde a traqueia se ramifica nos *dois brônquios principais* (ver Figura 22.1). A mucosa que reveste a carina é altamente sensível a substâncias irritantes irritantes, sendo o local onde costuma desencadear-se o reflexo da tosse.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Traqueotomia e traqueostomia Quando o trato respiratório superior está obstruído, é realizada uma **traqueotomia**, para abrir a via aérea. Em uma traqueotomia, o cirurgião faz uma incisão vertical na região anterior do pescoço entre o segundo e terceiro anéis traqueais; um tubo é inserido para manter a via aérea aberta (traqueostomia). No procedimento de emergência chamado traqueotomia por cricotireotomia, um tubo respiratório é inserido através de uma incisão feita no ligamento cricotireóideo da laringe (ver Figura 22.5b).

A estrutura microscópica da parede da traqueia (Figura 22.7b) consiste em várias camadas comuns a muitos órgãos tubulares do corpo: *mucosa*, *submucosa* e *adventícia*. A **mucosa** consiste em um epitélio interno e uma lâmina própria. O epitélio é o mesmo epitélio pseudoestratificado filtrador de ar que ocorre na maior parte do trato respiratório; seus cílios impelem continuamente as camadas de muco carregado de poeira na direção da faringe (Figura 22.7c). A lâmina própria contém muitas fibras elásticas e é separada da submucosa por uma lâmina de elastina (não ilustrada). Essa proteína, que também ocorre em todos os tubos de ar menores, permite que a traqueia se alongue durante a inspiração e recue durante a expiração. A **submucosa** (“abaixo da mucosa”), outra camada de tecido conjuntivo, contém glândulas com células serosas e mucosas, chamadas *glândulas seromucosas*, que ajudam a produzir as camadas de muco dentro da traqueia. As car-

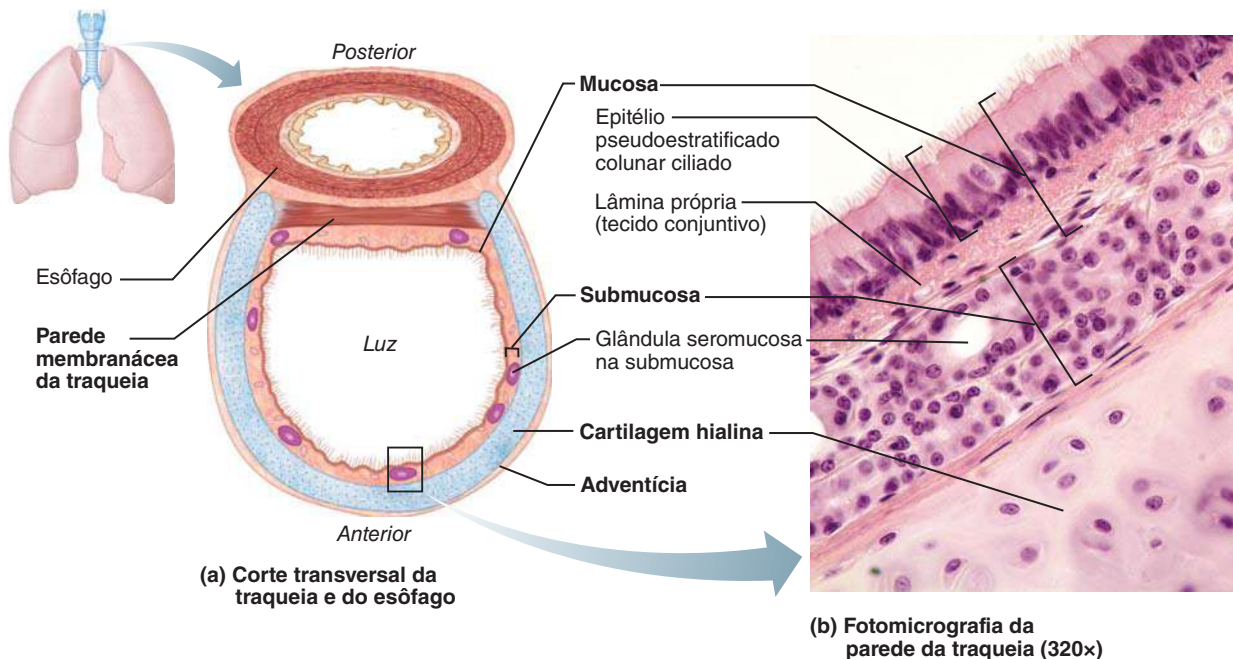


Figura 22.7 Tecidos que compõem a parede da traqueia. Ao microscópio eletrônico de varredura, em (c) os cílios aparecem em amarelo, como “tufos” de grama. As células caliciformes secretoras de muco (laranja) com microvilosidades curtas estão intercaladas com as células ciliadas.



(c) Fotomicrografia eletrônica de varredura dos cílios na traqueia (2.500x)

tilagens traqueais, o tecido conjuntivo fibroelástico que as conecta, e a parede membranácea com o músculo traqueal situam-se no lado externo da submucosa e formam a **camada fibromusculocartilaginosa** da traqueia. A camada externa de tecido conjuntivo é a **adventícia**.

Árvore bronquial

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ explicar em termos histológicos as diferenças entre as paredes das vias respiratórias superiores e as paredes das vias inferiores da árvore respiratória;
- ▶ descrever a estrutura de um alvéolo pulmonar e a da membrana respiratória.

Brônquios na parte de condução

Os **brônquios principais** direito e esquerdo, também chamados *brônquios de primeira ordem*, são os

maiores tubos da *árvore bronquial*, um sistema tubular que se ramifica amplamente no interior dos pulmões (**Figura 22.8**). Os dois brônquios principais são ramos da traqueia no mediastino. Essa bifurcação ocorre no nível do ângulo do esterno (T IV) nos cadáveres estudados no laboratório de anatomia, mas nos indivíduos vivos ele está tipicamente em uma posição mais inferior, aproximadamente no nível de T VII. Cada brônquio principal segue de modo oblíquo através do mediastino antes de mergulhar na fenda medial (hilo) do pulmão. Os brônquios principais são imediatamente posteriores aos grandes vasos pulmonares que suprem os pulmões (ver Figura 22.11c e d). Como o brônquio principal direito é mais largo, mais curto e mais vertical do que o esquerdo (ver Figura 22.12), um objeto inspirado acidentalmente — como um botão ou uma bola de gude — tende mais a se alojar no brônquio principal direito.

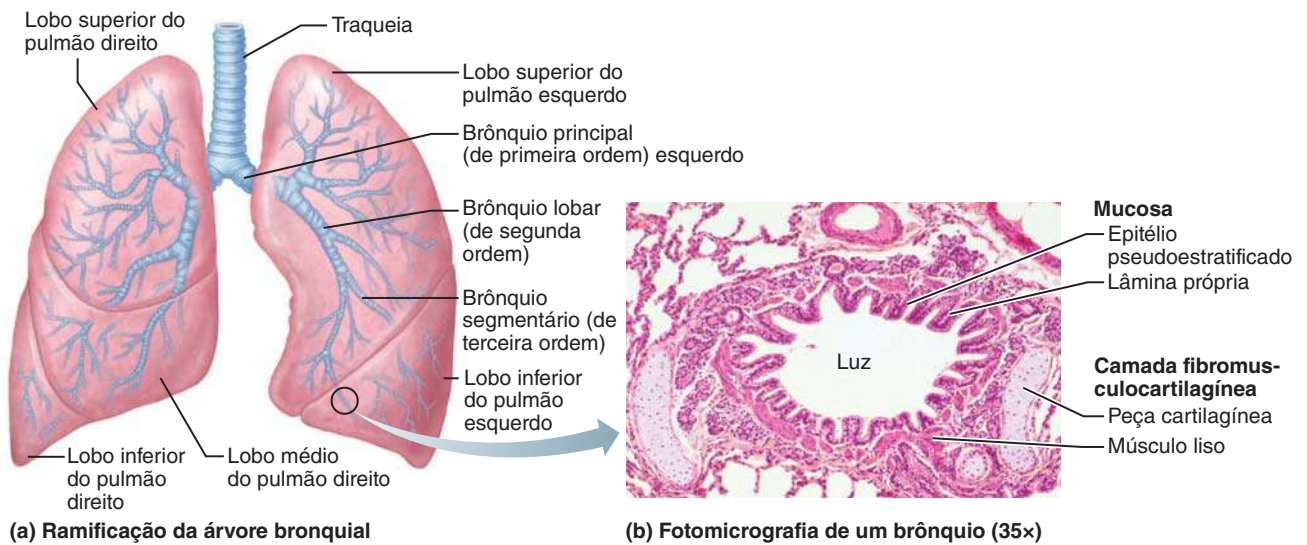


Figura 22.8 Brônquios na parte de condução.

À medida que se aproximam e entram nos pulmões, os brônquios principais se dividem nos brônquios secundários, ou **brônquios lobares** (de segunda ordem) — três à direita e dois à esquerda —, com cada um deles ventilando um lobo pulmonar. Os brônquios lobares se ramificam nos **brônquios segmentares** (de terceira ordem), que por sua vez se dividem repetidamente em brônquios menores: quarta ordem, quinta ordem etc. Em geral, existem cerca de 23 ordens de tubos de ar nos pulmões, sendo a menor delas quase pequena demais para ser vista sem um microscópio. Os tubos menores de 1 mm de diâmetro também são chamados **bronquíolos** (“pequenos brônquios”), e os menores que estes, os **bronquíolos terminais**, têm menos de 0,5 mm de diâmetro.

Os tecidos que compõem a parede de cada brônquio principal são os mesmos observados na traqueia, mas à medida que os tubos de condução ficam menores ocorrem as seguintes mudanças:

- **Os tecidos conjuntivos de sustentação mudam.** As cartilagens traqueais são substituídas por *peças* cartilagueas irregulares à medida que os brônquios principais entram nos pulmões (ver Figura 22.8b). No nível dos bronquíolos, a cartilagem de sustentação não está mais presente nas suas paredes. Por outro lado, a elastina, que ocorre nas paredes de toda a árvore bronquial, não diminui.
- **O epitélio torna-se delgado** à medida que muda de pseudoestratificado para simples prismático (colunar) e depois para simples cúbico nos bronquíolos terminais e respiratórios. Nem os cílios nem as células produtoras de muco estão presentes nesses bronquíolos, onde terminam as camadas de muco para a filtragem do ar. As partículas de poeira que ultrapassem os bronquíolos não ficam aprisionadas no muco, mas são removidas por macrófagos nos alvéolos (discutidos em breve).

- **O músculo liso passa a ser importante.** Uma camada de músculo liso aparece pela primeira vez na parede posterior da traqueia, o músculo traqueal, e continua nos grandes brônquios. Essa camada forma faixas helicoidais que envolvem os brônquios menores e os bronquíolos, e regulam a quantidade de ar que entra nos alvéolos. A musculatura relaxa para alargar os tubos de ar durante a estimulação simpática, aumentando o fluxo de ar quando as necessidades respiratórias são grandes, e constrição esses tubos sob controle parassimpático quando as necessidades respiratórias são baixas. Fortes contrações dos músculos lisos nos brônquios estreitam os tubos de ar durante as crises de asma, como é discutido na seção “Transtornos do sistema respiratório” deste capítulo. A musculatura lisa é delgada quando chega à extremidade da árvore de bronquíolos e está ausente em volta dos alvéolos.

Parte de respiração

Essa parte é o final da árvore respiratória nos pulmões e consiste em estruturas que contêm câmaras de troca de ar chamadas **alvéolos** (Figura 22.9). As primeiras estruturas da parte de respiração, que se ramificam dos bronquíolos terminais (da parte de condução) são os **bronquíolos respiratórios**. Eles podem ser reconhecidos pelos alvéolos dispersos que se projetam de suas paredes. Os bronquíolos respiratórios levam aos **ductos alveolares**, cujas paredes são formadas quase inteiramente por alvéolos. Os ductos alveolares conduzem aos agrupamentos terminais de alvéolos chamados **sacos alveolares**. Repare que os alvéolos e os sacos alveolares não são a mesma coisa: o saco alveolar é análogo a um cacho de uvas; cada uva é um alvéolo.

Cerca de 400 milhões de alvéolos cheios de ar se apinham nos pulmões, contribuindo para a maior par-

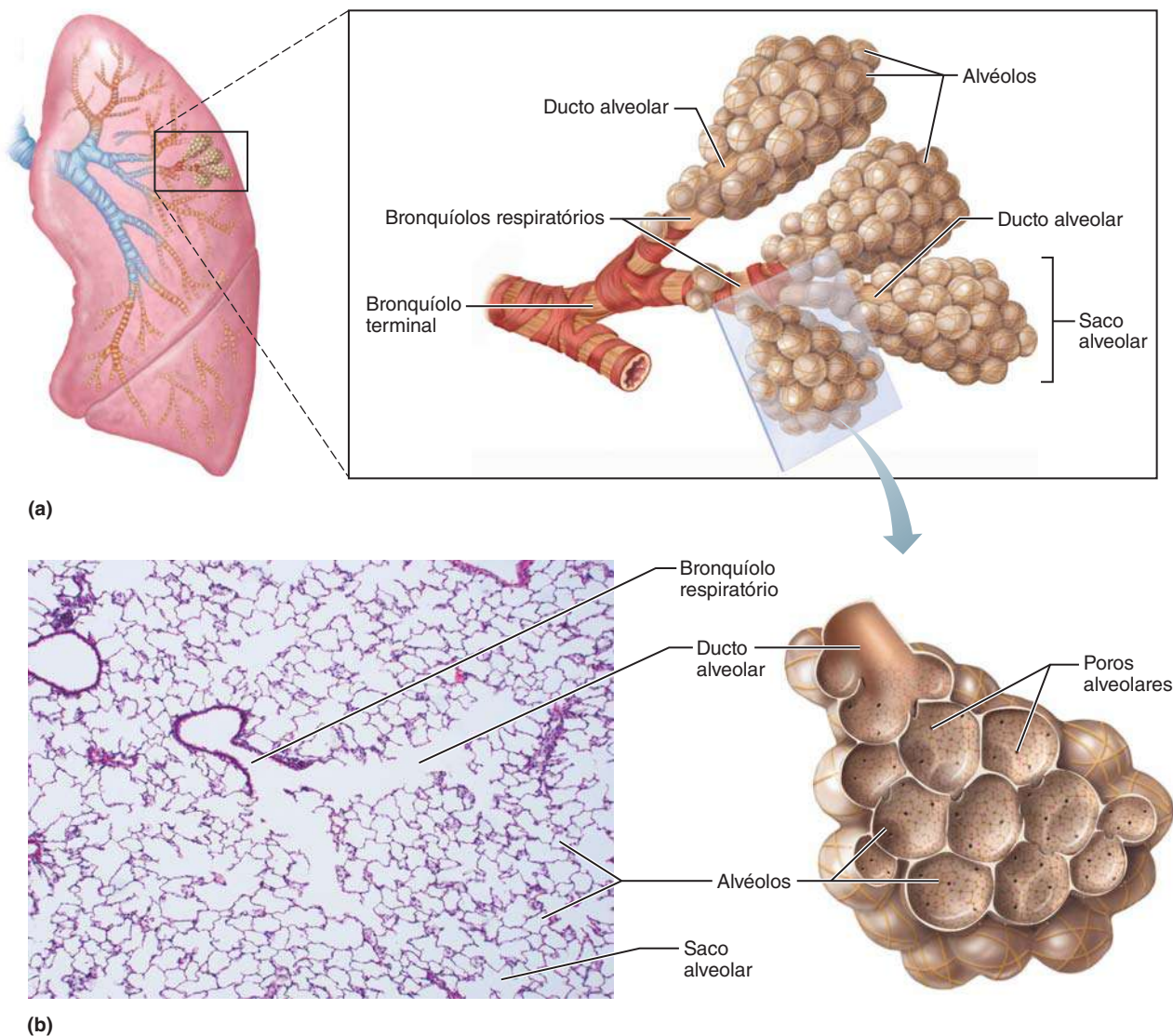


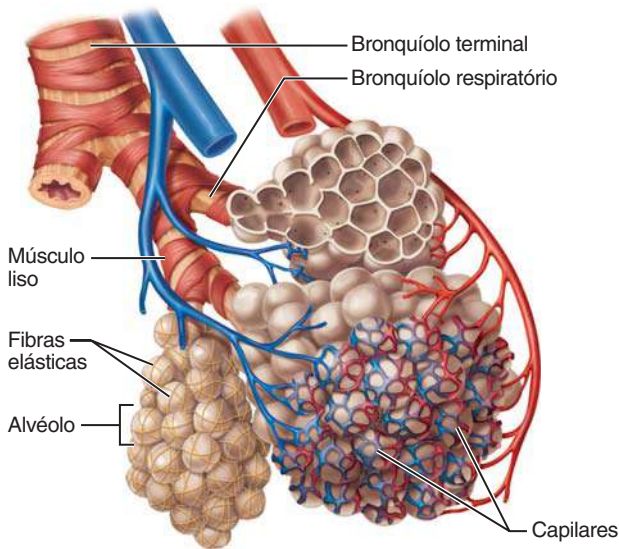
Figura 22.9 Estruturas da parte de respiração. (a) Diagrama dos bronquíolos respiratórios, ductos alveolares, sacos alveolares e alvéolos. (b) Fotomicrografia de uma parte do pulmão (55×). (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 41.)

te do volume pulmonar e proporcionando uma enorme superfície para a troca gasosa. A área total de todos os alvéolos em um par de pulmões médios é de 140 metros quadrados, o que corresponde a 40 vezes mais do que a área de superfície da pele!

A parede de cada alvéolo consiste em uma única camada de células epiteliais pavimentosas, chamadas **pneumócito tipo I** (ou célula alveolar pavimentosa), circundadas por uma lâmina basal delicada (Figura 22.10). A espessura dessa parede — 0,5 μm — é difícil de imaginar. Ela é 15 vezes mais fina do que uma folha de papel de seda. As superfícies externas dos alvéolos são densamente cobertas com uma “teia de aranha” de capilares pulmonares (Figura 22.10a e b), cada um deles circundado por uma luva delgada de tecido conjuntivo frouxo. Juntas, as paredes dos alvéolos e dos capilares e suas lâminas basais

fundidas formam a **membrana respiratória**, onde o oxigênio e o dióxido de carbono são trocados entre os alvéolos e o sangue (Figura 22.10c). O ar está presente no lado alveolar da membrana e o sangue flui no lado capilar. Os gases passam facilmente através dessa fina membrana: O oxigênio se difunde dos alvéolos para o sangue, e o dióxido de carbono, do sangue para os alvéolos cheios de ar.

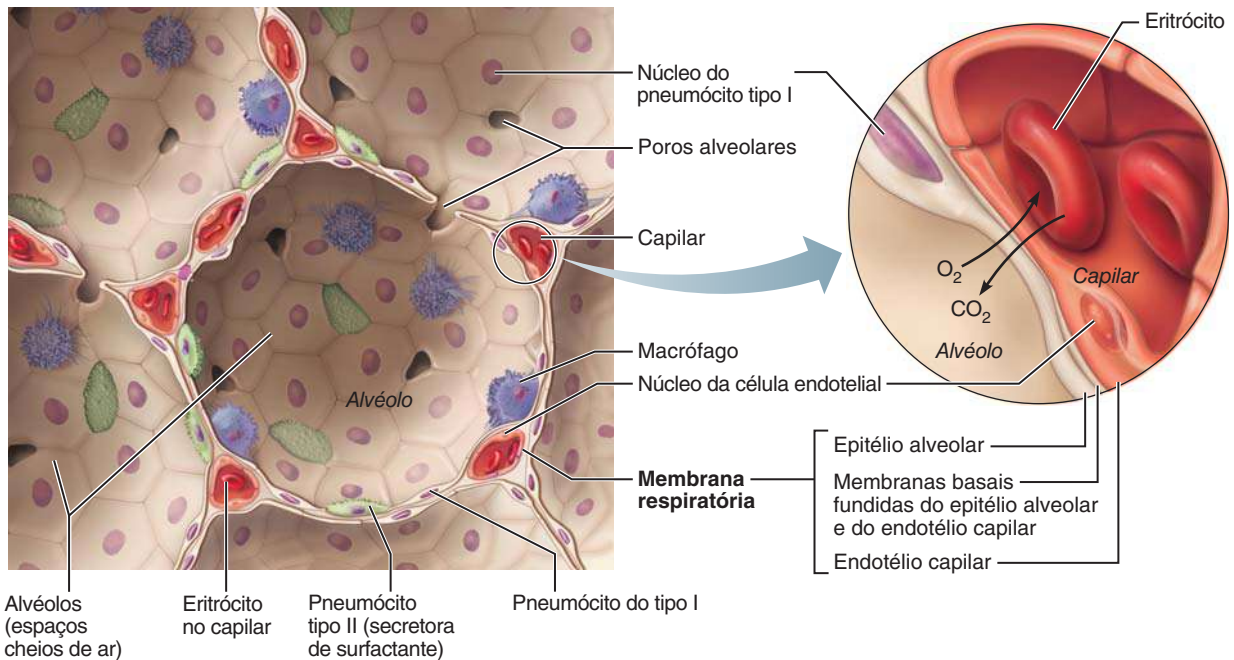
Espalhadas entre os pneumócitos tipo I nas paredes alveolares encontram-se as células epiteliais cúbicas chamadas **pneumócitos tipo II** (Figura 22.10c), que secretam um fluido que cobre internamente as superfícies alveolares. Esse fluido contém uma substância similar a um detergente, chamada **surfactante**, que reduz a tensão superficial dentro dos alvéolos. Sem esse surfactante, as paredes internas do alvéolo se juntariam durante a expiração.



(a) Diagrama das relações entre capilares e alvéolos



(b) Fotomicrografia eletrônica de varredura dos capilares pulmonares
O tecido que forma os alvéolos foi removido, deixando apenas a rede de capilares (300x).



(c) Anatomia detalhada da membrana respiratória

Figura 22.10 Alvéolos e membrana respiratória. Fibras elásticas e capilares circundam todos os alvéolos, mas por uma questão de clareza eles são exibidos apenas em alguns alvéolos em (a).

É importante destacar ainda as seguintes características:

- Os alvéolos são circundados por finas *fibras elásticas* do mesmo tipo das que circundam as estruturas ao longo de toda a árvore respiratória (Figura 22.10a).
- Os alvéolos adjacentes são interconectados por **poros alveolares** (Figura 22.10c), que permitem que a pressão do ar seja equalizada no pulmão inteiro e proporcionam rotas alternativas para o ar alcançar os alvéolos cujos brônquios entram em colapso devido a uma doença.
- As superfícies alveolares internas proporcionam um local para o movimento livre dos **macrófagos alveolares**, que vivem realmente no espaço de ar e removem as partículas inaladas mais finas que não foram aprisionadas pelo muco. Os macrófagos cheios de partículas migram superiormente, dos alvéolos “sem saída” para os brônquios, onde a ação ciliar os transporta para a faringe para serem deglutidos. Esse mecanismo remove mais de 2 milhões de macrófagos carregados de detritos por hora.

✓ Verifique seu conhecimento

- 6. Quais características da traqueia e dos brônquios são responsáveis por aprisionar e remover partículas estranhas do ar inalado? O que desempenha essa função nos alvéolos?
- 7. Em que nível da árvore bronquial as peças cartilagíneas não são mais encontradas? Qual é o volume de elastina na árvore bronquial?
- 8. Descreva a estrutura da membrana respiratória.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Pulmões e pleuras

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura macroscópica dos pulmões e das pleuras.

Anatomia macroscópica dos pulmões

Os **pulmões** e as pleuras ocupam toda a cavidade torácica lateral ao mediastino (**Figura 22.11**). O pulmão é aproximadamente cônico. Suas faces anterior, lateral e posterior entram em contato com as costelas e formam uma *face costal* continuamente curva. Logo abaixo da clavícula encontra-se o **ápice**, a ponta superior e arredondada do pulmão. A face inferior côncava (base) que repousa sobre o diafragma é a **face diafragmática**. Na *face mediastinal* (medial) de cada pulmão há uma depressão, o **hilo**, através da qual vasos sanguíneos, brônquios, vasos linfáticos e nervos entram e saem do pulmão. Coletivamente, essas estruturas prendem o pulmão ao mediastino e constituem a **raiz** do pulmão. Os maiores componentes dessa raiz são a artéria e as veias pulmonares e o brônquio principal (**Figura 22.11b**).

Como o coração é ligeiramente voltado para a esquerda do plano mediano do tórax, os pulmões esquerdo e direito têm forma e tamanho ligeiramente diferentes. O pulmão esquerdo é um pouco menor do que o direito e possui uma **incisura cardíaca**, um desvio em sua margem anterior que acomoda o coração (ver **Figura 22.11a**). Várias fissuras profundas dividem os dois pulmões em padrões de **lobos** diferentes. O pulmão esquerdo é dividido em **lobo superior** e **lobo inferior**, pela **fissura oblíqua**. O pulmão direito possui três lobos — **superior**, **médio** e **inferior** — separados pelas **fissuras oblíqua** e **horizontal**. Como mencionado anteriormente, cada lobo pulmonar é atendido por um brônquio lobar (secundário) e seus ramos.

Cada um dos lobos, por sua vez, contém uma série de **segmentos broncopulmonares** (**Figura 22.12**) separados uns dos outros por partições finas de tecido conjuntivo denso. Cada segmento recebe ar de um brônquio segmentar individual. Existem cerca de dez segmentos broncopulmonares dispostos em padrões

similares, porém não idênticos, em cada um dos dois pulmões.

Os segmentos broncopulmonares têm importância clínica pelo fato de limitarem a disseminação de algumas doenças dentro do pulmão, já que as infecções não atravessam facilmente as partições de tecido conjuntivo entre esses segmentos. Além disso, como apenas as pequenas veias ocupam essas partições, os cirurgiões conseguem remover os segmentos com perfeição sem cortar nenhum vaso sanguíneo importante.

A menor subdivisão do pulmão que pode ser vista a olho nu é o **lóbulo**. Com a aparência de hexágonos na superfície pulmonar e um tamanho que varia de uma borracha de apagar lápis até uma moeda (ver **Figura 22.11b**), cada lóbulo é ventilado por um bronquíolo e seus ramos. Nos fumantes e na maioria dos moradores da cidade, o tecido conjuntivo que separa cada lóbulo está enegrecido pelo carbono.

Como mencionado anteriormente, os pulmões consistem amplamente em tubos de ar e espaços. O equilíbrio do tecido pulmonar, seu *estroma*, é uma estrutura de tecido conjuntivo com muitas fibras elásticas. Em consequência, os pulmões são órgãos leves, macios, esponjosos e elásticos, pesando cada um por volta de 0,6 kg. A elasticidade dos pulmões saudáveis ajuda a reduzir o esforço de respirar, como será descrito em breve.

Suprimento sanguíneo e inervação dos pulmões

As **artérias pulmonares** (ver p. 621) levam sangue desoxigenado para os pulmões visando a sua oxigenação (ver **Figura 22.11d** e **e**). No pulmão, essas artérias se ramificam junto com a árvore bronquial, situando-se em geral *posteriormente* aos brônquios correspondentes. As menores artérias alimentam as **redes capilares pulmonares** em torno dos alvéolos (**Figura 22.10a**). O sangue oxigenado é levado dos alvéolos pulmonares para o coração pelas **veias pulmonares**, cujos tributários são geralmente *anteriores* aos brônquios correspondentes dentro dos pulmões. Para lembrá-lo da posição dos vasos pulmonares em volta do brônquio, memorize a sequência **V B A**: **V**eia **B**rônquio **A**rtéria. Além disso, alguns tributários venosos passam pelas partições de tecido conjuntivo entre os lóbulos pulmonares e entre os segmentos broncopulmonares.

Os ramos *arteriais* e *venosos bronquiais* fornecem e drenam sangue sistêmico de/para os tecidos pulmonares (**Capítulo 20**, p. 627 e 636). Esses pequenos vasos entram e saem dos pulmões no hilo e, no interior do pulmão, eles se localizam nas ramificações da árvore bronquial.

Os pulmões são inervados por fibras simpáticas, parassimpáticas e por fibras sensitivas viscerais que entram em cada pulmão através do *plexo pulmonar* na raiz do pulmão (ver **Figura 15.5**). A partir desse ponto, essas fibras nervosas se situam ao longo dos brônquios

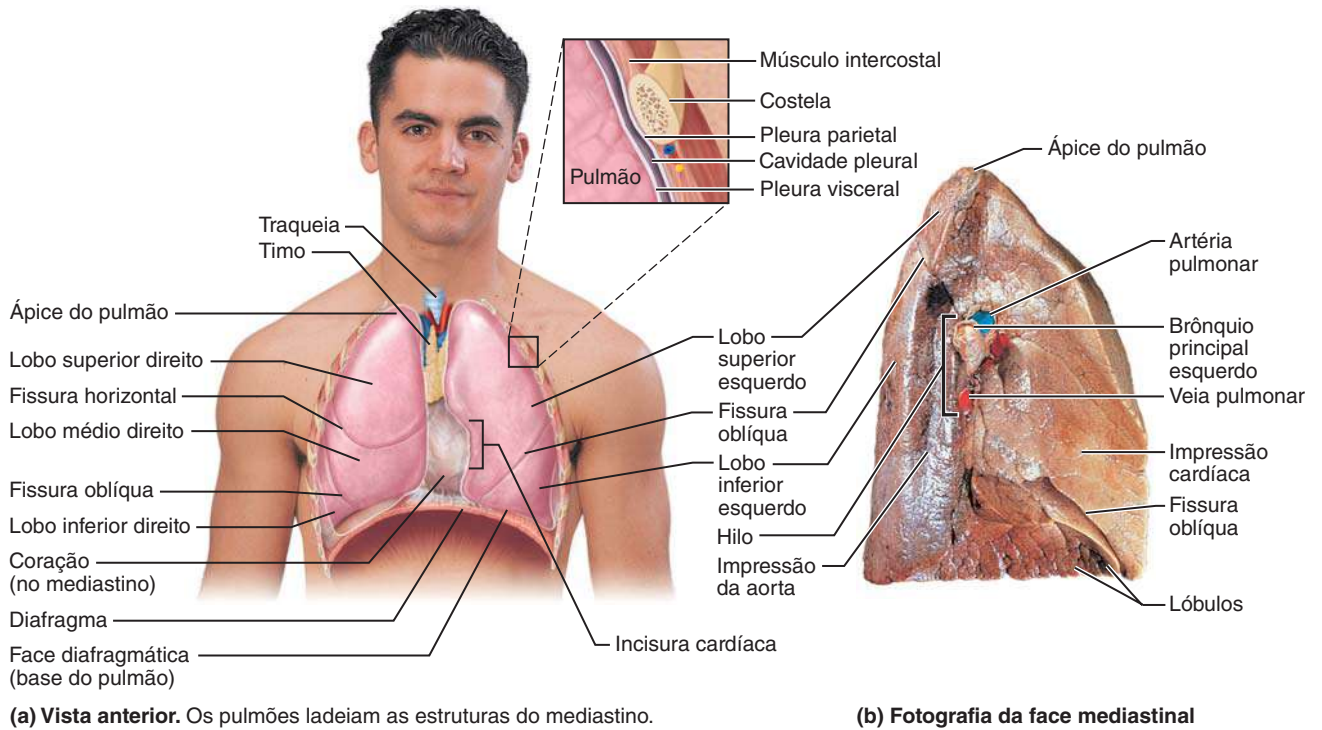


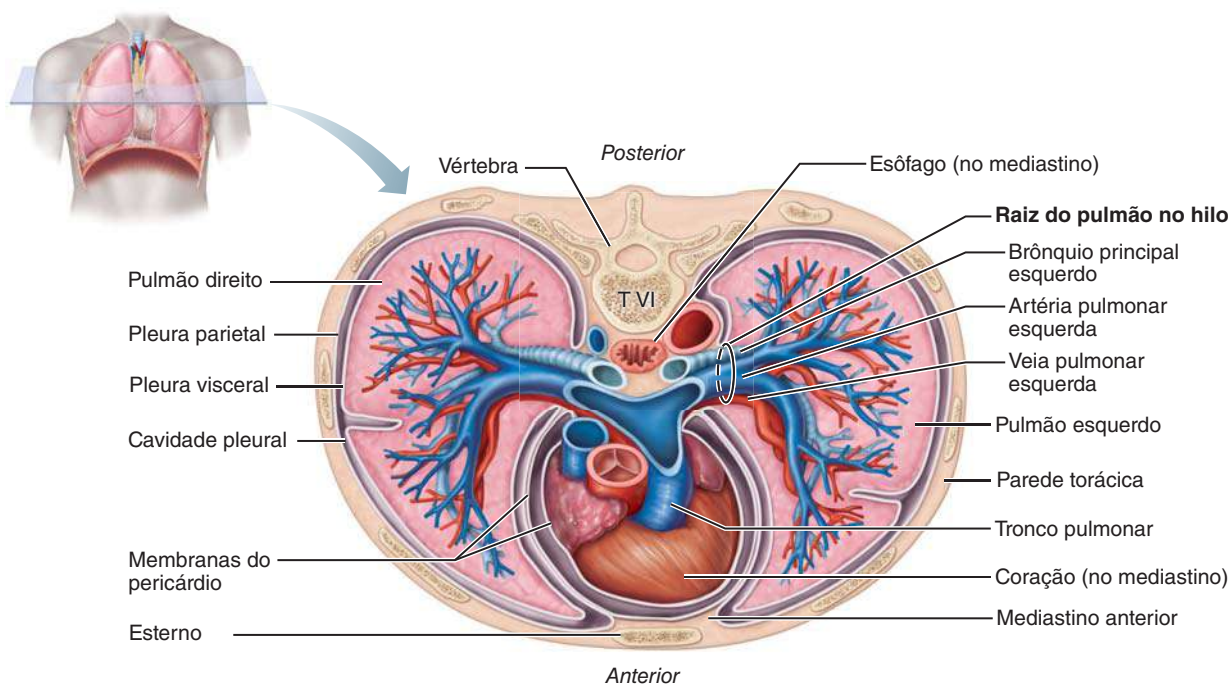
Figura 22.11 Relações anatômicas dos órgãos na cavidade torácica. O destaque em (a) mostra os detalhes das pleuras e da cavidade pleural. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 56.)

e dos vasos sanguíneos dentro dos pulmões. As fibras parassimpáticas constroem os brônquios, ao passo que as fibras simpáticas os dilatam.

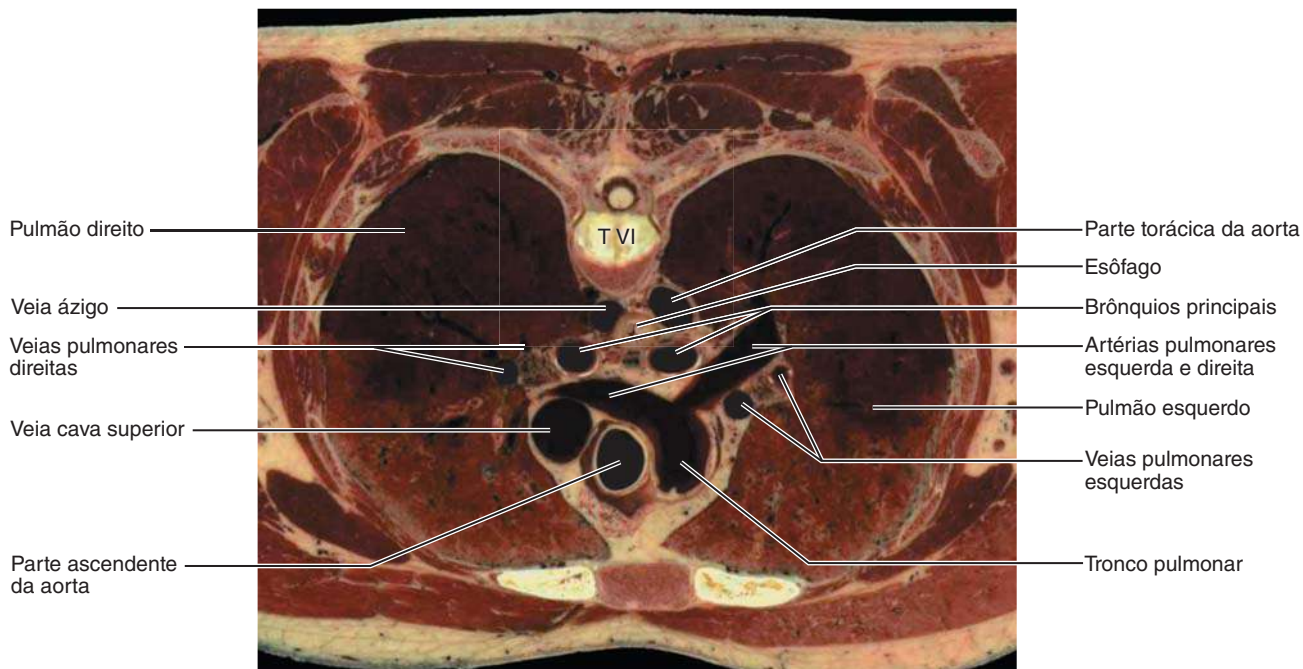
Pleuras

Em volta de cada pulmão há um saco achatado cujas paredes são formadas por uma membrana serosa

chamada **pleura** (“ao lado”). A camada externa desse saco é a *pleura parietal*, enquanto a camada interna, diretamente sobre o pulmão, é a *pleura visceral* (Figura 22.11a; ver também o Capítulo 1, p. 12, “Cavidades serosas”). A **pleura parietal** cobre a superfície interna da parede torácica, a superfície superior do diafragma e as superfícies laterais do mediastino. A partir do medias-



(d) Corte transversal do tórax no nível de T VI, vista superior. São exibidos os pulmões, as pleuras e os órgãos principais no mediastino.



(e) Corte transversal do tórax em T VI, vista como em (d)

Figura 22.11 Relações anômicas dos órgãos na cavidade torácica, continuação. Em (d), o tamanho da cavidade pleural é exagerado por uma questão de clareza.

tino, ela se reflete lateralmente envolvendo os grandes vasos que seguem para o pulmão (raiz pulmonar, Figura 22.11d). Na área onde esses vasos entram no pulmão, a pleura parietal é contínua à **pleura visceral**, que cobre a superfície externa do pulmão.

O espaço entre as pleuras parietal e visceral é a **cavidade pleural** (Figura 22.11d), preenchida com uma pelí-

cula fina de *fluido pleural*. Produzido pelas pleuras, esse fluido lubrificante permite que os pulmões deslizem sem atrito sobre a parede torácica durante os movimentos respiratórios. O fluido também mantém as pleuras parietal e visceral unidas, exatamente como uma película de óleo ou água manteria duas placas de vidro juntas. As pleuras podem deslizar com facilidade de lado a lado uma sobre

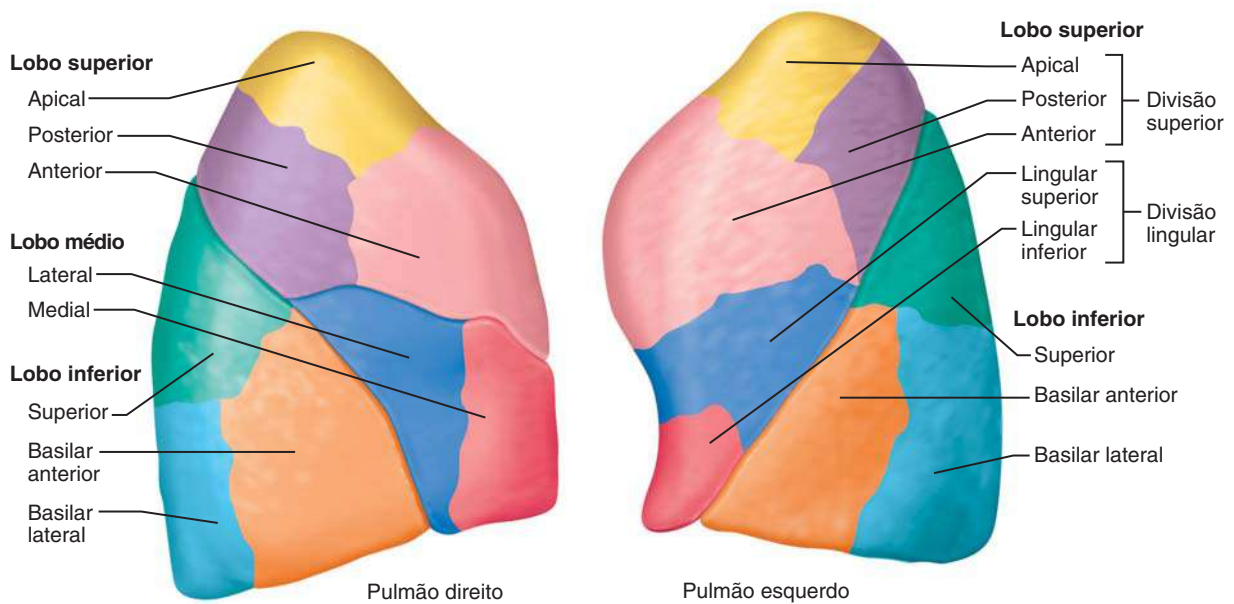
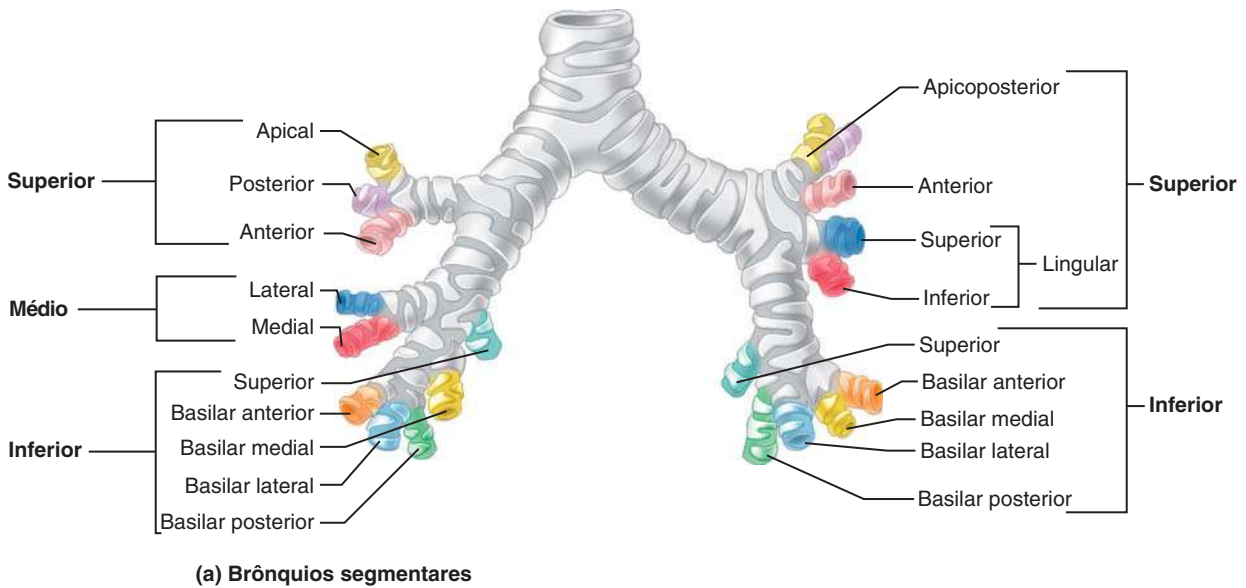


Figura 22.12 Segmentos broncopulmonares.

a outra, mas sua separação sofre uma forte resistência. Conseqüentemente, os pulmões se agarram com firmeza à parede torácica e são obrigados a se expandir e recuar à medida que o volume da cavidade torácica aumenta e diminui durante a respiração.

As pleuras também dividem a cavidade torácica em três compartimentos separados — o mediastino central e dois compartimentos pleurais laterais, cada um contendo um pulmão (Figura 22.11d). Essa compartimentalização ajuda a evitar que os pulmões em movimento ou o coração interfiram um no outro, além de limitar a disseminação de infecções localizadas e o grau de lesão traumática.

Em volta das faces do pulmão, com exceção da face diafragmática, a cavidade pleural é um espaço potencial similar a uma fenda. Inferiormente, a cavi-

de se estende abaixo da margem inferior dos pulmões (Figura 22.13). Posteriormente, a margem inferior da pleura parietal é adjacente à vértebra T XII perto da linha média (Figura 22.13a) e segue horizontalmente até alcançar a décima costela. Anteriormente, a pleura parietal sobe até o nível da oitava costela na linha medioclavicular (Figura 22.13b) e até o nível da articulação xifosternal, perto da linha média. As margens inferiores dos pulmões estão situadas duas costelas acima da margem pleural. Anteriormente, os pulmões encontram a margem pleural perto da articulação xifosternal. Cirurgiões e outros clínicos precisam estar a par da margem inferior das cavidades pleurais porque cortar uma cavidade pleural pode determinar o colapso do pulmão.

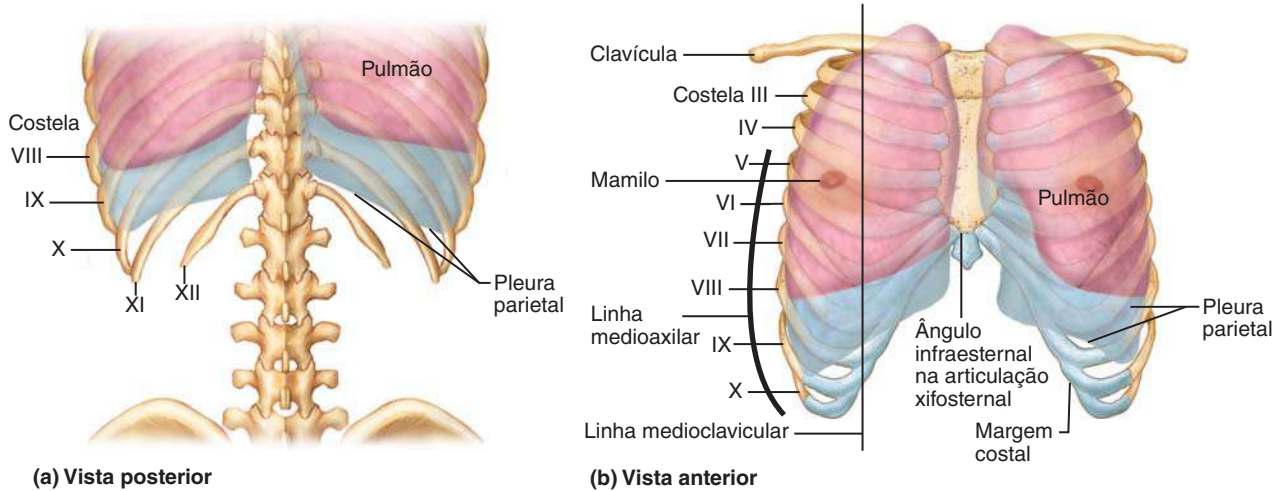


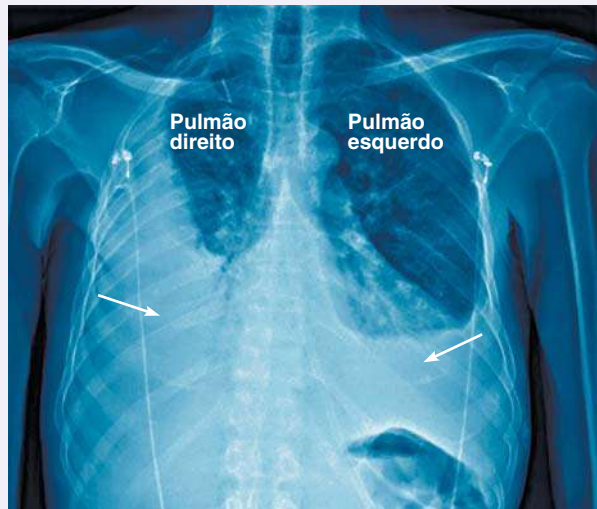
Figura 22.13 Posição dos pulmões e das cavidades pleurais em relação à caixa torácica. A cavidade pleural se estende aproximadamente até duas costelas abaixo da margem inferior dos pulmões.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Pleurisia e efusão pleural Infecções pulmonares como a pneumonia produzem inflamação da pleura, chamada **pleurisia (pleurite)**. O atrito de duas membranas pleurais inflamadas produz uma dor torácica aguda em cada respiração. Como a pleura visceral é relativamente insensível (ver a discussão sobre dor visceral na p. 498), a dor da pleurisia origina-se, na realidade, apenas da pleura parietal. Se a pleurisia persistir, as pleuras inflamadas podem secretar uma quantidade excessiva de fluido pleural, que depois enche demais a cavidade pleural e exerce pressão sobre os pulmões, impedindo os movimentos respiratórios.

Efusão (derrame) pleural é o termo geral para o acúmulo de vários tipos de fluido na cavidade pleural. Embora ela caracterize muitos casos de pleurisia, também pode resultar de (1) hemorragia de um pulmão ou vaso pulmonar lesionado ou (2) vazamento de um fluido seroso dos capilares pulmonares quando a insuficiência ventricular direita ou a insuficiência cardíaca fazem que o sangue recue no circuito pulmonar.



As setas brancas indicam áreas de acúmulo de fluido abaixo de ambos os pulmões; o pulmão direito está em colapso.

✓ Verifique seu conhecimento

- 9. Cite a fissura que separa os lobos superior e médio do pulmão direito.
- 10. Em que ordem, de superior para inferior, os vasos pulmonares e o brônquio principal entram no hilo do pulmão esquerdo?
- 11. Um ferimento perfurante na linha medioclavicular logo acima da sétima costela atingiria o pulmão? Penetraria a cavidade pleural?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

VENTILAÇÃO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ explicar os papéis dos músculos respiratórios, da cavidade pleural e da elasticidade pulmonar no ato da ventilação;
- ▶ definir surfactante e explicar sua função na ventilação;
- ▶ explicar como o encéfalo e os quimiorreceptores periféricos controlam a taxa de ventilação.

Mecanismo da ventilação

A **respiração**, ou **ventilação pulmonar**, tem duas fases: *inspiração*, em que o ar flui para os pulmões, e *expiração*, na qual os gases saem dos pulmões. Esta seção discute os fatores mecânicos que promovem esse movimento do ar. (Para obter informações detalhadas sobre os *músculos* da ventilação, examine a Tabela 11.7, p. 304-305.)

Inspiração

O processo de **inspiração** é fácil de compreender se você considerar a cavidade torácica um recipiente expansível com uma única entrada superior: a traqueia. O crescimento de todas as dimensões desse recipiente aumenta seu volume e, portanto, diminui a pressão dentro dele (já que a pressão e o volume em um recipiente fechado são inversamente relacionados). Essa diminuição na pressão gasosa interna com que o ar entre no recipiente a partir da atmosfera, pois os gases sempre escoam das áreas de alta pressão para as áreas de baixa pressão. Durante a inspiração tranquila, os músculos diafragma e intercostais agem para aumentar o volume do tórax (**Figura 22.14**).

- **Ação do diafragma.** Quando o diafragma em forma de cúpula contrai, ele se move inferiormente e achata. Consequentemente, a dimensão superoinferior da cavidade torácica aumenta. A contração do diafragma é estimulada pelo *nervo frênico*.
- **Ação dos músculos intercostais.** Os músculos intercostais externos contraem para elevar as costelas, o que aumenta as dimensões laterais da cavidade torácica e as dimensões anteroposteriores. Os músculos intercostais são inervados pelos *nervos intercostais*. Os músculos intercostais externos e internos agem juntos durante a inspiração tranquila para enrijecer a parede torácica. Sem isso, a contração do diafragma resultaria em uma mudança na forma do tórax, mas não no volume. Pense no que aconteceria se o recipiente expansível descrito acima tivesse as laterais de borracha. À medida que o recipiente dilata com o movimento de sua superfície inferior, os lados flexíveis colapsariam na direção do centro. O resultado seria uma mudança na forma, mas não no volume.

Os pulmões são circundados pela cavidade pleural. Neles, o ar está na pressão atmosférica e a pressão na cavidade pleural é menor que a pressão atmosférica, fazendo com que os pulmões se expandam e comprimam a cavidade pleural contra a parede torácica (ver Figura 22.13b). À medida que a cavidade torácica aumenta pela ação dos músculos inspiratórios, a cavidade pleural também aumenta, assim como o volume dos pulmões (Figura 22.14, inspiração). O maior volume resulta em diminuição da pressão na cavidade pleural

e nos pulmões. Como os pulmões são abertos para a atmosfera através dos brônquios e da traqueia, quando a pressão nos pulmões diminui, o ar da atmosfera entra.

Para que ocorra a ventilação, a cavidade pleural precisa estar intacta. Se sua integridade for abalada em consequência de um trauma ou de um processo patológico e o diferencial de pressão entre o pulmão e a cavidade pleural for perdido, o pulmão vai entrar em colapso e a ventilação normal não poderá ocorrer.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Pulmão colapsado O pulmão colapsa se o ar entrar na cavidade pleural, uma condição chamada **pneumotórax** ("tórax de ar"). O ar rompe a vedação do fluido pleural que mantém o pulmão na cavidade torácica, determinando o colapso do pulmão, como um balão sem ar. O pneumotórax costuma resultar de trauma torácico ou esforço exagerado que eleva a pressão intratorácica, de modo que o pulmão estala como o estouro de um saco de papel cheio de ar; também pode resultar de um ferimento que penetra a parede torácica ou de um processo patológico que erode um orifício através da superfície externa do pulmão. O pneumotórax é revertido cirurgicamente pelo fechamento do "orifício" através do qual o ar entra na cavidade pleural e depois pela retirada gradual do ar dessa cavidade utilizando drenos. Esse tratamento permite que o pulmão infle novamente e retome sua função normal.

A obstrução de um brônquio por um tampão de muco, um objeto inspirado, um tumor ou linfonodos dilatados também pode causar colapso pulmonar, que ocorre quando o ar além do ponto de bloqueio é reabsorvido gradualmente nos capilares pulmonares. Por fim, a efusão pleural (ver p. 690) pode provocar colapso à medida que o fluido acumulado comprimir o pulmão.

Como os pulmões estão em cavidades pleurais completamente separadas, um deles pode colapsar sem afetar a função do outro.

Durante a inspiração profunda ou forçada, outros músculos contraem e aumentam ainda mais o volume torácico. A caixa torácica é elevada pelo *músculo esternocleidomastóideo* e pelos *escalenos* e *peitoral menor*. Além disso, o *quadrado do lombo* prende a 12ª costela, resultando em uma tração descendente do diafragma mais poderosa, e o dorso se estende à medida que a curvatura torácica é retificada pelos músculos eretores da espinha.

Expiração

A **expiração** tranquila nas pessoas saudáveis é sobretudo um processo passivo. À medida que os músculos inspiratórios relaxam, a caixa torácica desce sob a força da gravidade e o diafragma relaxado sobe (Figura 22.14). Ao mesmo tempo, as muitas fibras elásticas

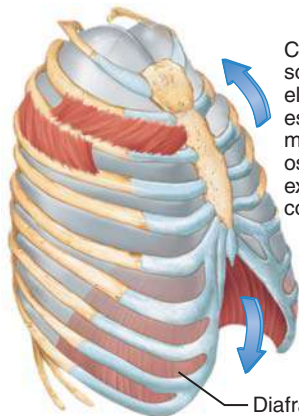
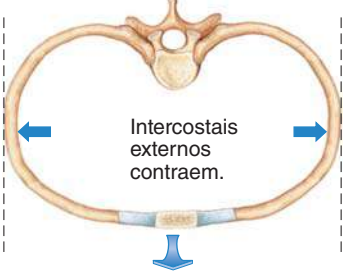
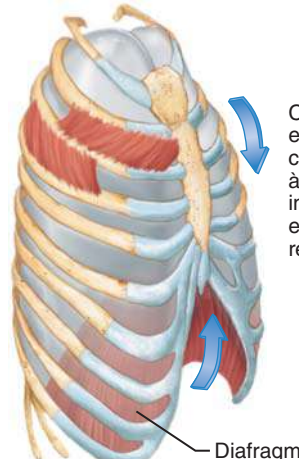
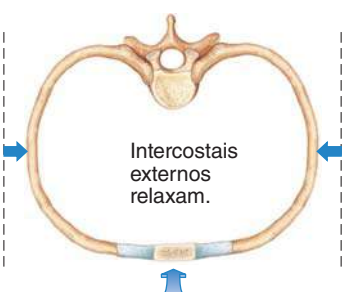
	Sequência de eventos	Alterações nas dimensões anteroposteriores e superoposteriores	Alterações nas dimensões laterais (vista superior)
Inspiração	<ol style="list-style-type: none"> ① Músculos inspiratórios contraem (diafragma desce; caixa torácica sobe) ↓ ② Cavidade torácica e cavidade pleural aumentam de volume. ↓ ③ Pulmões se alongam; volume pulmonar aumenta. ↓ ④ Pressão do ar nos pulmões diminui. ↓ ⑤ Ar flui para os pulmões. 	 <p>Costelas sobem e elevam o esterno à medida que os intercostais externos contraem.</p> <p>Diafragma se move para baixo durante contração.</p>	 <p>Intercostais externos contraem.</p>
Expiração	<ol style="list-style-type: none"> ① Músculos inspiratórios relaxam (diafragma sobe; caixa torácica desce devido ao recuo das cartilagens costais). ↓ ② Cavidade torácica e cavidade pleural diminuem de volume. ↓ ③ Pulmões retraem passivamente; volume pulmonar diminui. ↓ ④ Pressão do ar nos pulmões sobe. ↓ ⑤ Ar escoá para fora dos pulmões. 	 <p>Costelas e esterno são comprimidos à medida que intercostais externos relaxam.</p> <p>Diafragma move-se para cima enquanto relaxa.</p>	 <p>Intercostais externos relaxam.</p>

Figura 22.14 Alterações no volume torácico e sequência de eventos durante a inspiração e a expiração.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Síndrome da angústia respiratória Uma vez que o surfactante pulmonar não é produzido antes do fim da vida fetal, sua ausência pode ter consequências terríveis para os bebês nascidos prematuramente, nos quais os alvéolos colapsam durante a expiração e precisam ser completamente inflados durante cada inspiração, um esforço que requer um enorme gasto de energia e pode levar à exaustão e à insuficiência respiratória. Essa condição, chamada **síndrome da angústia respiratória (SARA)**, é responsável por um terço de todas as mortes de bebês. Ela é tratada com o uso de respiradores de pressão positiva para forçar o ar para dentro dos alvéolos e mantê-los inflados entre as respirações e com a administração de surfactantes naturais ou artificiais. Embora essa *terapia de surfactante* tenha poupado inúmeras vidas desde sua introdução em 1990, muitos sobreviventes ainda sofrem de *doença pulmonar crônica (displasia broncopulmonar)* durante a infância e além dela. Essa condição resulta de lesão inflamatória na parte de respiração, provocada possivelmente pelas altas pressões que o respirador exerce sobre os pulmões delicados para distribuir o surfactante uniformemente.

dentro dos pulmões retraem. O resultado é que os volumes do tórax e do pulmão diminuem simultaneamente, aumentando a pressão dentro dos pulmões e empurrando o ar para fora.

Por outro lado, a expiração *forçada* é um processo ativo produzido pela contração dos músculos na parede do abdome, principalmente os *oblíquos interno e externo* e o *transverso do abdome*. Essas contrações (1) aumentam a pressão intra-abdominal, forçando o diafragma para cima, e (2) comprimem acentuadamente a caixa torácica, diminuindo o volume torácico. Os *músculos intercostais internos* e o *latíssimo do dorso* também ajudam a comprimir a caixa torácica.

Em um pulmão saudável, os alvéolos permanecem abertos o tempo inteiro e não colapsam durante a expiração. À primeira vista, isso parece contradizer as leis da física, pois uma película aquosa cobre as superfícies internas dos alvéolos e as moléculas de água têm alta atração entre si (chamada *tensão de superfície*), o que deveria provocar o colapso dos alvéolos a cada respiração. Isso não ocorre porque a película alveolar também contém surfactante secretado pelos pneumócitos tipo II, que interfere na atração entre as moléculas de água, reduzindo a tensão de superfície e permitindo que os alvéolos permaneçam abertos.

Controle neural da ventilação

O centro respiratório mais importante do encéfalo está na formação reticular do bulbo. Esse centro, chamado grupo respiratório ventral (GRV), é um marcapasso cujos neurônios geram o ritmo e a frequência ventilatória básica com informações dos centros na ponte e no bulbo (Figura 22.15). Os neurônios do centro respiratório no bulbo estimulam os neurônios motores somáticos para os músculos respiratórios: o nervo frênico para o diafragma e os nervos intercostais para os músculos intercostais. Esse padrão ventilatório básico pode ser modificado pelos centros mais elevados do encéfalo, como o sistema límbico e o hipotálamo (por meio dos quais as emoções influenciam a respiração — como acontece quando as pessoas suspiram), e o córtex cerebral (graças ao qual as pessoas têm o controle consciente sobre a frequência e a profundidade da respiração).

Embora o centro respiratório do bulbo estabeleça uma frequência ventilatória básica, esta também é modificada pelas informações dos receptores que detectam a composição química do sangue. Esses quimiorreceptores respondem às diminuições na concentração de oxigênio, ao aumento nos níveis de dióxido de carbono ou à maior acidez do sangue, sinalizando o centro respiratório para elevar a frequência e a profundidade da respiração, que restabelece as concentrações normais de gases no sangue. Os quimiorre-

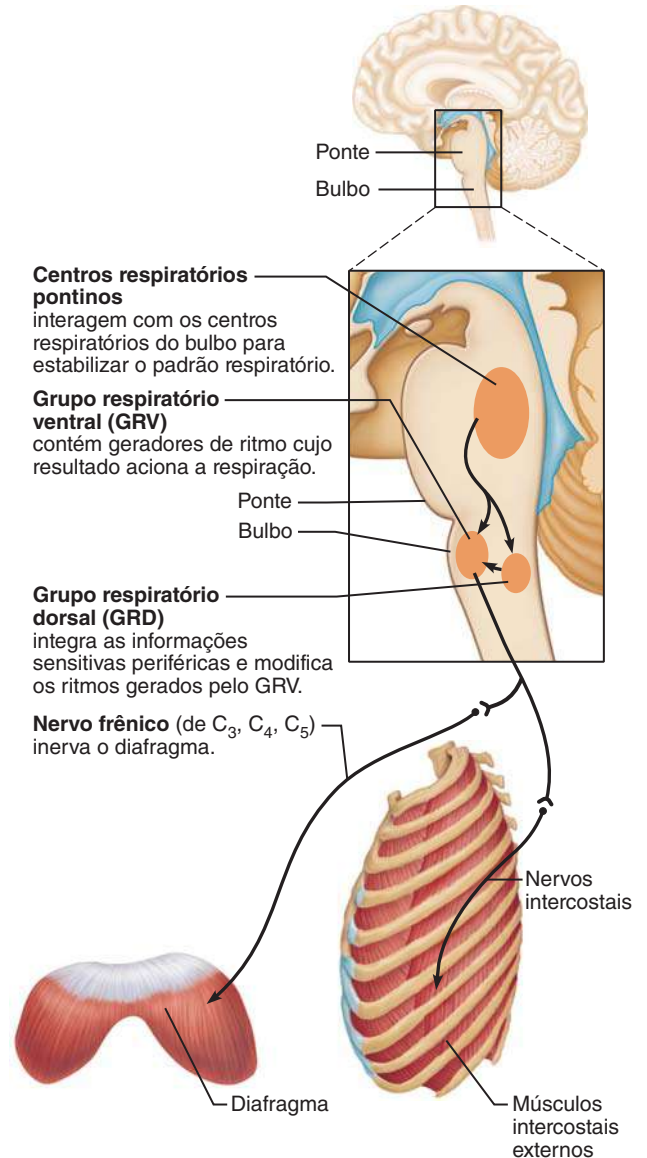


Figura 22.15 Centros respiratórios no tronco encefálico. As sinapses na medula espinhal com os neurônios motores somáticos para os músculos inspiratórios são exibidas em forma de esquema.

ceptores são de dois tipos: *quimiorreceptores centrais*, situados principalmente no bulbo, e *quimiorreceptores periféricos*, os **glomos para-aórticos**, localizados no arco da aorta, e **glomo carótico**, encontrados na bifurcação da artéria carótida comum (Figura 22.16). Os glomos para-aórticos enviam suas informações sensitivas para o bulbo através dos nervos vagos, enquanto o glomo carótico manda suas informações através dos nervos glossofaríngeos (e talvez do vago) (ver Tabela 14.2, p. 456-457). No ser humano, parece que o glomo carótico são o quimiorreceptor mais importante para regular a respiração.

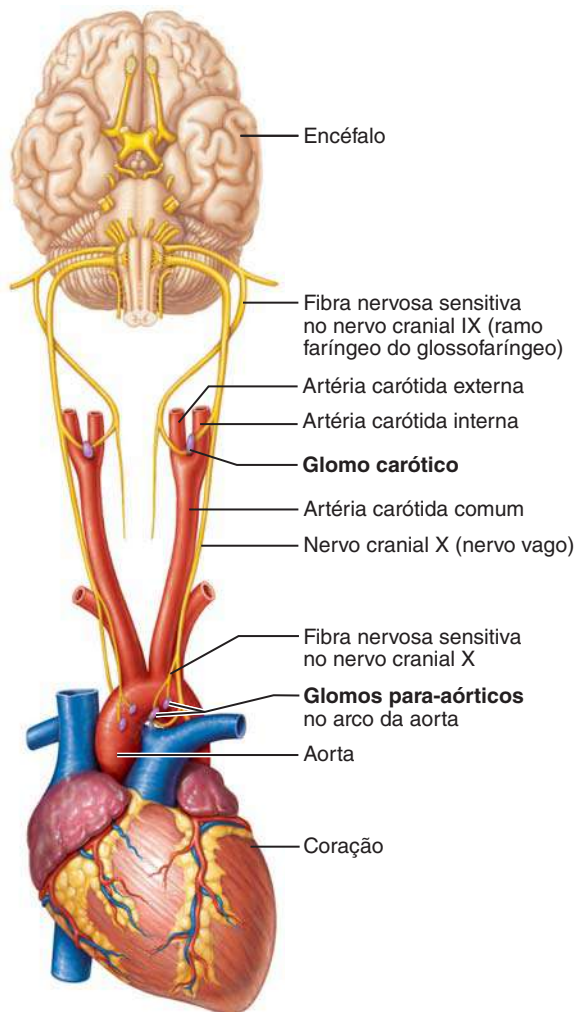


Figura 22.16 Localização e inervação dos quimiorreceptores periféricos nos glomos carótico e para-aórticos. Também são exibidas as vias sensitivas desses receptores através dos nervos craniais IX e X até o centro respiratório no bulbo.

✓ Verifique seu conhecimento

12. Como a contração do diafragma afeta o volume da cavidade torácica? Como essa mudança no volume interfere na pressão na cavidade pleural?
13. O que vai acontecer com o pulmão lesionado por ferimento perfurante descrito na pergunta 11 (p. 673)? Por que esse tipo de lesão é chamado “ferimento de sucção do tórax”?
14. Quais músculos acessórios podem ser utilizados para a inspiração em uma pessoa que sofre de angústia respiratória? Quais músculos estão ativos durante a expiração forçada?
15. Embora os músculos respiratórios sejam inervados pelos neurônios motores somáticos e, assim, estejam sujeitos ao controle voluntário, não precisamos pensar para respirar. Por quê?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TRANSTORNOS DO SISTEMA RESPIRATÓRIO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ considerar as causas e consequências para a respiração da asma, da fibrose cística, da bronquite crônica, do enfisema e do câncer de pulmão.

Como o sistema respiratório está aberto para o mundo exterior e exposto a grandes volumes de ar, ele é altamente suscetível aos microrganismos transportados pelo ar, poluentes e irritantes, levando a um número notável de transtornos respiratórios comuns. Uma das doenças respiratórias mais letais, o câncer de pulmão, é discutida na **ANÁLISE APROFUNDADA** (p. 695).

Asma brônquica

A **asma brônquica** afeta cerca de 7% dos adultos e 10% das crianças e vem sendo cada vez mais frequente. A asma é um tipo de resposta inflamatória alérgica que ocorre nas pessoas hipersensíveis aos irritantes no ar ou ao estresse. As crises podem ser desencadeadas pela inalação de substâncias às quais o paciente é alérgico (ácaros, pólen, mofo, fragmentos de barata), pela inalação de poeira ou fumaça, por infecções respiratórias, por distúrbios emocionais ou pelo choque brando de respirar ar frio. Os sintomas das crises de asma incluem tosse, sibilos e falta de ar.

Uma crise de asma começa com uma fase na qual um alérgeno inicia a liberação de substâncias químicas mediadoras de inflamação, como a histamina, dos mastócitos. Essas substâncias estimulam a contração do músculo liso dos brônquios (broncoconstrição) e a secreção de muco nessas vias aéreas. No prazo de várias horas, desenvolve-se uma fase final à medida que eosinófilos, neutrófilos, determinado tipo de linfócitos T auxiliares e basófilos se acumulam nos brônquios e bronquíolos. Esses leucócitos secretam outras substâncias químicas inflamatórias que danificam a mucosa e aumentam ainda mais a broncoconstrição e a secreção de muco.

Até por volta de 1990, a broncoconstrição era considerada o principal sintoma da asma, e o alívio rápido ainda é proporcionado por medicamentos que inibem a contração do músculo liso (broncodilatadores) ou a estimulação parassimpática dessa contração (anticolinesterases). A percepção de que a asma é principalmente uma doença inflamatória levou aos tratamentos que utilizam medicamentos anti-inflamatórios (glicocorticoides e agentes anti-inflamatórios não esteroides). Esses medicamentos permitem um gerenciamento muito melhor a longo prazo, levando a menos crises de asma e menos danos às vias aéreas.

Fibrose cística

A **fibrose cística (FC)** é uma doença herdada na qual as funções das glândulas exócrinas são alteradas

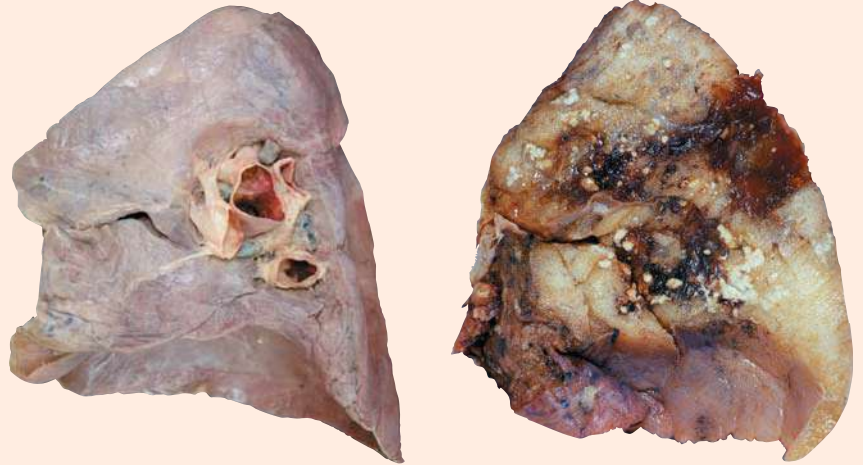
Câncer de pulmão: os fatos por trás da nuvem de fumaça

O câncer de pulmão contribui com um terço das mortes por câncer nos Estados Unidos e sua incidência aumenta dia a dia.² A malignidade mais comum em ambos os sexos é reconhecidamente fatal. A maioria dos tipos de câncer de pulmão é tremendamente agressiva e gera metástase rápida e generalizada, sendo a maioria dos casos impossível de ser diagnosticada até estágios bem avançados. As TCs do pulmão inteiro para detectar tumores em estágio inicial podem melhorar os resultados do tratamento.

Durante anos, ignorou-se a ligação entre câncer de pulmão e tabagismo, apesar do fato de mais de 90% dos pacientes desse tipo de câncer serem fumantes. Fumar até mesmo um único cigarro aumenta a frequência cardíaca, constrição dos vasos sanguíneos periféricos por todo o corpo, perturba o fluxo de ar nos pulmões e afeta o cérebro e o humor. Nos adolescentes, esse primeiro cigarro pode desencadear o vício. Em um estudo com alunos da sexta série em Massachusetts, dos que desenvolveram sintomas físicos de dependência, 10% os apresentaram após seu primeiro cigarro e 25% em duas semanas de uso intermitente do cigarro!

A longo prazo, o tabagismo contribui para aterosclerose e doença cardíaca, AVCs, catarata e osteoporose. Além disso, provoca câncer de pulmão e aumenta o risco de câncer de boca, garganta, esôfago, estômago, fígado, pâncreas, cérvix, rim e bexiga. O tabagismo também contribui para um quinto de todas as mortes nos Estados Unidos, o que faz dele a causa de morte mais evitável.³

Normalmente, o muco pegajoso e a ação dos cílios realizam um bom



Vista medial do pulmão direito: pulmão saudável à esquerda e pulmão canceroso à direita.

trabalho de proteção dos pulmões contra irritantes químicos e biológicos, mas o tabagismo devasta esses dispositivos de limpeza até que eles acabem se tornando não funcionais. Embora a irritação contínua estimule a produção de mais muco, o tabagismo desacelera os movimentos dos cílios que limpam esse muco e deprime a atividade dos macrófagos no pulmão. O muco se acumula na árvore respiratória inferior, e as doenças pulmonares, incluindo a pneumonia e a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), passam a ser mais frequentes. No entanto, são os 15 ou mais carcinógenos na fumaça do tabaco, contando com a nicotina altamente viciante, que acabam levando ao câncer de pulmão. Essas substâncias químicas, mais o alcatrão no tabaco, fazem que as células epiteliais que revestem a árvore bronquial proliferem amplamente e percam sua estrutura característica. De modo irônico, a

nicotina na fumaça do tabaco pode ser carcinogênica, pois promove a sobrevivência da célula. Em geral, as células danificadas reparam o dano ou morrem, mas a nicotina aparentemente ativa as enzimas que interrompem a sequência de apoptose.

Os três tipos mais comuns de câncer de pulmão são (1) **carcinoma da célula escamosa (pavimentosa)** (25% a 30% dos casos), que surge no epitélio dos brônquios maiores e tende a formar massas que cavitam e sangram; (2) **adenocarcinoma** (40%), que se origina nas áreas periféricas do pulmão como nódulos solitários que se desenvolvem a partir das glândulas mucosas brônquicas e das células epiteliais alveolares; e (3) **carcinoma de pequenas células** (15% dos casos, mas vem aumentando dia a dia), que contém células epiteliais similares a linfócitos que se originam nos brônquios principais e crescem agressivamente em cordões ou pequenos agrupamentos

2 Nota do editor: conforme dados do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, no Brasil, o câncer de pulmão foi responsável por 20.622 mortes. Estimativas de novos casos em 2014: 27.330, sendo 16.400 homens e 10.430 mulheres.

3 Nota do editor: dados da OMS apontam que doenças ligadas ao tabagismo são a causa de morte de 200 mil brasileiros por ano.

ANÁLISE APROFUNDADA

similares a cachos dentro do mediastino, um local a partir do qual a metástase é particularmente rápida.

O tratamento mais eficaz para esse tipo de câncer é a remoção completa do pulmão doente. No entanto, essa é uma opção válida para muito poucos pacientes, visto que a metástase em geral já está ocorrendo no momento do diagnóstico e as chances de sobrevivência da maioria dos pacientes são muito pequenas para justificar a cirurgia. Em grande parte dos casos, a radioterapia

e a quimioterapia são as únicas opções, mas a maioria dos cânceres de pulmão é resistente a esses tratamentos. Apenas o carcinoma das pequenas células responde à quimioterapia, mas é frequente que ele volte rapidamente e gere tumores cerebrais.

A boa notícia é que parar de fumar ajuda. Enquanto a incidência de câncer de pulmão é 20 vezes maior nos fumantes do que nos não fumantes, essa proporção cai para 2:1 nos ex-fumantes que não fuma-

ram nos últimos 15 anos. Em um estudo britânico, as pessoas que pararam de fumar antes dos 35 anos viveram até o máximo previsto e pararam de fumar em qualquer idade prolongou a sobrevivência. No geral, 48,8% dos adultos nos Estados Unidos que sempre fumaram cigarros pararam.⁴ Muitos conseguiram parar “na marra” e outros tiveram a ajuda de *sprays* nasais de nicotina, adesivos e inaladores.

no corpo inteiro. Ocorrendo principalmente nas pessoas de ascendência europeia, ela mata um em cada 2.500 norte-americanos.⁵ A FC afeta o sistema respiratório provocando um acúmulo de muco viscoso nas vias respiratórias. Esse muco entope essas vias e age como uma área de alimentação para as bactérias, predispondo a criança à morte precoce devido a infecções respiratórias.

Nos anos 1980, os pesquisadores isolaram o gene responsável pela fibrose cística (o gene *cftr*) e mostraram que um defeito nele impede a formação de uma proteína de canal membrana que transporta os íons cloro para fora das células epiteliais. As tentativas de curar a FC fornecendo cópias não defeituosas do gene *cftr* para as células epiteliais respiratórias afetadas não obtiveram sucesso. Os tratamentos medicamentosos que visam à proteína de membrana malformada promoveram alguns progressos. Um medicamento aprovado pela U.S. Food and Drug Administration (FDA) em janeiro de 2012 (ivacaftor — nome comercial Kalydeco —, conhecido durante seu desenvolvimento como VX-770) age para manter abertos os canais de cloro bloqueados, permitindo que o cloro e a água saiam da célula, diluindo o muco nas vias aéreas e melhorando a função pulmonar. Esse medicamento obteve um sucesso importante em uma pequena porcentagem de pacientes de FC. Os antibióticos modernos permitem que o paciente

típico de FC sobreviva até os 30 anos de idade, um aumento de 16 anos na expectativa de vida desde 1969. (Para obter informações sobre os efeitos não respiratórios da FC, ver p. 743.)

Doença pulmonar obstrutiva crônica

A **doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)** faz parte de uma categoria de transtornos nos quais o fluxo de entrada e saída de ar dos pulmões é difícil ou obstruído. Ela se refere sobretudo à *bronquite crônica* ou ao *enfisema* (ou a ambas as condições ocorrendo simultaneamente) e é a causa importante de morte e invalidez nos Estados Unidos.⁶ Essas duas doenças compartilham certas características: os pacientes quase sempre têm uma história de tabagismo; têm a respiração difícil ou trabalhosa, chamada **dispneia**; a tosse e as infecções pulmonares ocorrem frequentemente; e a maioria das vítimas da DPOC acaba desenvolvendo insuficiência respiratória (**Figura 22.17**).

Bronquite crônica

Na **bronquite crônica**, os irritantes inalados levam a uma secreção prolongada de muco excessivo pela mucosa das passagens respiratórias inferiores, à inflamação e à fibrose (formação de tecido cicatricial)

4 Nota do editor: no Brasil, ações do Sistema Único de Saúde, como o PNTC — Programa Nacional de Controle do Tabagismo —, estimulam os fumantes a vencer a dependência. Só nos anos de 2010 e 2011, dos 242,4 mil pacientes atendidos pelo programa pelo menos metade deixou de ser fumante.

5 Nota do editor: reportagem publicada em setembro de 2013 no *Jornal Zero Hora*, com base em dados do Ministério da Saúde, mostrou que 1,5 mil pessoas sofrem de fibrose cística no Brasil.

6 Nota do editor: conforme o site da Novartis, a doença pulmonar obstrutiva crônica acomete 5 milhões de brasileiros, porém estima-se que de 60% a 85% dos casos de DPOC leve a moderada não sejam diagnosticados. Pessoas com mais de 40 anos, fumantes e ex-fumantes são mais propensos a ter DPOC.

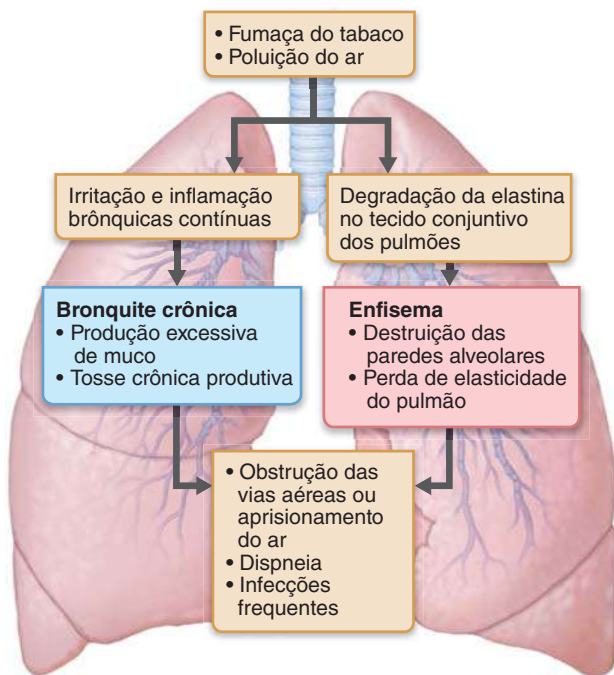
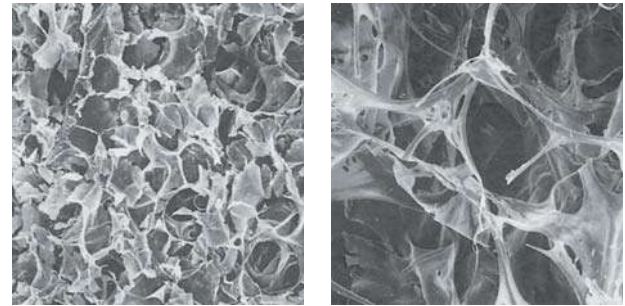


Figura 22.17 Patogênese da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC).

dessa mucosa. Essas respostas obstruem as vias aéreas, prejudicando gravemente a ventilação e a troca gasosa. As infecções se desenvolvem com frequência porque bactérias e vírus proliferam nas concentrações de muco estagnado. A tosse é especialmente persistente e produtiva. Os pacientes com bronquite crônica às vezes são chamados “cianóticos” porque a menor concentração de oxigênio costuma resultar em cianose e em outros sinais de insuficiência cardíaca direita, incluindo edema. No entanto, o grau de dispneia costuma ser moderado em comparação com o dos portadores de enfisema. O tabagismo é tão significativo como fator causador da bronquite crônica que essa doença seria um problema de saúde mínimo se não existissem cigarros. A poluição do ar é outro fator causador, porém menos importante.

Enfisema

O **enfisema** (“inflar”) é caracterizado pelo aumento permanente dos alvéolos, provocado pela deterioração das paredes alveolares (Figura 22.18). A doença é associada com mais frequência à inflamação crônica dos pulmões relacionada ao tabagismo e à maior atividade dos macrófagos pulmonares, cujas enzimas lisossômicas destroem as paredes alveolares e a elastina. A inflamação crônica também leva à fibrose e os pulmões se tornam progressivamente menos elásticos, deixando a expiração difícil e exaustiva. Por razões complexas, os bronquíolos se abrem durante a inspiração, mas colapsam durante a expiração, aprisionando enormes volumes de ar nos alvéolos. Isso aumenta o pulmão, leva ao desenvolvimento de um “tórax em barril” e achata o



(a) MEV dos alvéolos de um pulmão normal (25×) **(b)** MEV dos alvéolos do pulmão de um paciente com enfisema (25×)

Figura 22.18 Alterações alveolares no enfisema. Fotomicrografias eletrônicas de varredura (MEVs) dos alvéolos pouco ampliadas.

diafragma, diminuindo a eficiência ventilatória. O dano aos capilares pulmonares eleva a resistência no circuito vascular pulmonar, forçando o ventrículo direito do coração a aumentar por causa do trabalho demasiado.

A DPOC é tratada rotineiramente com broncodilatores e medicamentos anti-inflamatórios (incluindo glicocorticoides) na forma de *spray*. A dispneia grave e a menor absorção de oxigênio quase obrigam o uso de oxigênio suplementar. Um tratamento utilizado de início no final dos anos 1950 e depois reintroduzido, chamado *cirurgia de redução do volume pulmonar*, tem sido realizado em alguns pacientes de enfisema. Nessa cirurgia, parte do pulmão aumentado é removida para abrir espaço para a expansão do tecido pulmonar remanescente. Esse procedimento melhorou a capacidade respiratória e a qualidade de vida nos pacientes moderadamente doentes, mas é menos benéfico nos pacientes com enfisema menos grave.

✓ Verifique seu conhecimento

- 16. Qual dos transtornos descritos resulta em danos à parte de respiração?
- 17. O que provoca a “tosse do fumante”, que é persistente e aflige frequentemente os fumantes de longa data e os fumantes inveterados?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

O SISTEMA RESPIRATÓRIO AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ traçar o desenvolvimento do sistema respiratório no embrião e no feto;
- ▶ descrever as mudanças normais que ocorrem no sistema respiratório, da infância até a velhice.

Como os embriões se desenvolvem na direção cranio-caudal (da cabeça para a cauda), as estruturas respiratórias superiores aparecem antes das inferiores.

Na quarta semana, uma placa de ectoderma espessada chamada **placóide olfatório** apareceu em cada lado da futura face (**Figura 22.19a**). Esses placóides invaginam rapidamente e formam as *fossetas olfatórias* que constituem a cavidade nasal, incluindo o epitélio olfatório em seu teto. Depois, a cavidade nasal se conecta com a futura faringe do intestino anterior em desenvolvimento, que se forma ao mesmo tempo.

Os órgãos respiratórios inferiores se desenvolvem a partir de uma projeção tubular do intestino anterior chamada **tubo laringotraqueal** (Figura 22.19b). A parte proximal desse botão forma a traqueia, e sua parte distal se ramifica repetidamente, formando os brônquios e suas subdivisões, incluindo (por fim) os alvéolos pulmonares. Os tubos respiratórios, como o tubo intestinal do qual eles se originam, são revestidos por endoderma e cobertos por mesoderma esplâncnico. O endoderma se transforma no epitélio de revestimento (e glândulas) da traqueia, árvore bronquial e alvéolos. O mesoderma esplâncnico origina todas as outras camadas das paredes da traqueia e dos brônquios (cartilagem, músculo liso e todos os tecidos conjuntivos) e o estroma dos pulmões.

O sistema respiratório atinge a maturidade funcional relativamente tarde no desenvolvimento. Nenhum alvéolo aparece até o sexto mês (24 semanas), e os pneumócitos tipo I não atingem sua finura extrema até a hora do parto. Os pneumócitos tipo II começam a produzir surfactante na 26ª semana. Só a partir da 26ª-30ª semana um bebê nascido prematuramente consegue sobreviver e respirar por conta própria. Os bebês nascidos antes da 26ª semana são mais ameaçados pela síndrome da angústia respiratória resultante da produção inadequada de surfactante.

Durante a vida fetal, os pulmões são cheios de fluido e toda troca respiratória ocorre pela placenta. No nascimento, as primeiras respirações trazem ar para os pulmões, e os alvéolos inflam e começam a funcionar na troca gasosa. Durante as duas semanas que os pulmões levam para ficar totalmente inflados, o fluido que originalmente enchia os pulmões é absorvido nos capilares alveolares.

No nascimento, apenas um sexto da quantidade final de alvéolos pulmonares está presente. Os pulmões continuam a amadurecer durante a infância e mais alvéolos são formados até o início da vida adulta. Pesquisas revelaram que, nos indivíduos que começam a fumar no início da adolescência, os pulmões nunca amadurecem completamente e esses alvéolos adicionais não se formam.

Em condições normais, o sistema respiratório funciona de maneira tão eficiente que as pessoas nem têm consciência dele. A maioria dos problemas resulta de fatores externos, como infecções virais ou bacterianas, irritantes que desencadeiam a asma nos indivíduos suscetíveis e obstrução da traqueia por um pedaço de alimento. Durante muitos anos, a tuberculose e a pneumonia bacteriana (discutidas na seção “Termos clínicos”, no final deste capítulo) foram as que mais mataram nos Estados Unidos e na Europa.⁷ Embora os antibióticos tenham diminuído a mortalidade associada a essas infecções, elas ainda são doenças perigosas. O influenza, um vírus respiratório da gripe, matou pelo menos 20 milhões de pessoas no mundo em 1918, e a cada ano as agências de saúde governamentais mantêm um olhar vigilante nas epidemias causadas por novas cepas virais. Apesar da atenção dedicada a essas doen-

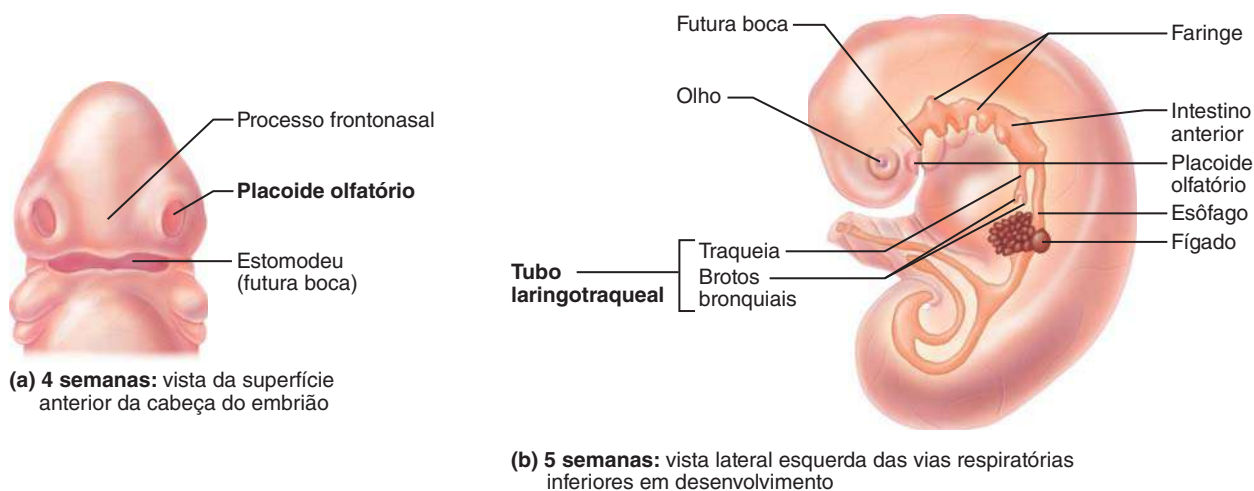


Figura 22.19 Desenvolvimento embrionário do sistema respiratório.

⁷ Nota do editor: a revista *Hospitais Brasil*, de 2013, divulgou um estudo da OMS que mostra que 99% das vítimas de pneumonia se encontram em países em desenvolvimento, onde crianças não têm acesso ao sistema de saúde. O estudo revela ainda que a doença mata 1,2 milhão de crianças menores de 5 anos no mundo. Já uma reportagem do jornal *O Estado de S. Paulo*, com base no Ministério da Saúde, mostrou que em 2012 apareceram 70 mil novos casos de tuberculose no Brasil.

ças dramáticas, os transtornos respiratórios mais problemáticos, associados ao tabagismo, são a DPOC e o câncer de pulmão.

À medida que se envelhece, tanto o número de glândulas como o fluxo sanguíneo na mucosa nasal diminuem. Desse modo, o nariz resseca e encrosta, produzindo um muco espesso que faz a pessoa querer “limpar a garganta”. Nos idosos, a parede torácica fica mais rígida e os pulmões perdem gradualmente a elasticidade, resultando em uma capacidade cada vez menor para ventilar tais órgãos. Os níveis de oxigênio no sangue podem cair ligeiramente, enquanto os níveis de dióxido de carbono sobem. Além disso, assim como

a eficiência global do sistema imune diminui com a idade, muitos dos mecanismos de proteção do sistema respiratório se tornam menos eficazes — a atividade dos cílios em seu revestimento epitelial reduz e os macrófagos nos pulmões se tornam letárgicos. O resultado é que os idosos correm um risco maior de infecções respiratórias, sobretudo pneumonia e influenza.

✓ Verifique seu conhecimento

18. Por que os bebês que nascem antes de completar 26 semanas sofrem de angústia respiratória grave?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Atelectasia Colapso do pulmão por obstrução da via aérea ou pela compressão da efusão pleural. Também pode se referir à incapacidade dos pulmões de inflar, como nos bebês prematuros.

Broncoscopia Utilização de um tubo de visualização para examinar a superfície interna dos brônquios principais no pulmão. O tubo é inserido pelo nariz ou pela boca e guiado para baixo através da laringe e da traqueia. Um fórceps pode ser preso à ponta do tubo para remover objetos aprisionados, extrair amostras de biópsia ou recuperar amostras de muco para exame.

Crupe Doença infantil na qual uma inflamação induzida por vírus provoca o estreitamento das vias de passagem do ar; é caracterizada por tosse que soa como o latido de um cão, rouquidão e sons de sibilo ou ronco durante a inspiração. A maioria dos casos se resolve após alguns dias, mas os casos graves podem exigir aerossóis anti-inflamatórios ou uma traqueotomia (ver p. 664) para contornar os tubos respiratórios superiores obstruídos.

Pneumonia Inflamação infecciosa dos pulmões na qual o fluido se acumula nos alvéolos. Das mais de 50 variedades conhecidas, a maioria é causada por vírus ou bactérias (no entanto, o tipo de pneumonia associado com a aids, a pneumonia por *Pneumocystis jirovecii*, é causada por um fungo). Extremamente comum, é a sexta causa de morte mais frequente nos Estados

Unidos, já que quase qualquer pessoa gravemente doente pode desenvolvê-la.

Síndrome da morte súbita do lactente (SMSL) É a morte inesperada durante o sono de um bebê aparentemente saudável. Chamada também de *morte no berço*, a SMSL é a causa mais frequente de morte nos bebês com menos de 1 ano de idade. Desconhece-se o que a provoca, mas ela pode refletir a imaturidade dos centros de controle respiratório do encéfalo. Desde 1992, uma campanha para fazer que os bebês durmam de barriga para cima em vez de bruços levou a uma diminuição de 40% ou mais na incidência de SMSL nos Estados Unidos.

Tuberculose (TB) Doença pulmonar causada pela bactéria *Mycobacterium tuberculosis*, que se espalha pela tosse e entra no corpo pelo ar inalado. A TB afeta tipicamente os pulmões, mas pode se alastrar para outros órgãos através dos vasos linfáticos. Uma resposta inflamatória e imune maciça contém a infecção primária dentro de nódulos fibrosos ou calcificados nos pulmões (tubérculos), mas as bactérias costumam sobreviver, fugir e provocar infecções repetidas. Os sintomas da TB são tosse, perda de peso, febre branda e dor torácica. Algumas cepas de TB hoje são resistentes aos antibióticos e os casos de TB estão aumentando nos Estados Unidos. As vacinas atuais protegem mais da metade das crianças que as recebem, mas não são eficazes nos adultos.

RESUMO DO CAPÍTULO

MyHealthLab

Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. A respiração envolve o fornecimento de O_2 para as células do corpo para uso na produção de energia e remoção do subproduto CO_2 . Os processos respiratórios são: ventilação pulmonar, respiração externa, transporte cardiovascu-

lar dos gases respiratórios, respiração interna e respiração celular. Tanto o sistema respiratório quanto o sistema cardiovascular participam da respiração.

ANATOMIA FUNCIONAL DO SISTEMA RESPIRATÓRIO (p. 672-690)

2. Os órgãos do sistema respiratório incluem uma parte de condução (do nariz aos bronquíolos terminais), que aquece, umidifica e filtra o ar inalado, e uma parte de respiração (bronquíolos respiratórios até os alvéolos), onde ocorre a troca gasosa.

Nariz e seios paranasais (p. 672-676)

3. O nariz e a cavidade nasal proporcionam uma via aérea para a respiração e abrigam os receptores olfatórios.
4. O nariz externo tem sua forma determinada por osso e lâminas cartilagueas. A cavidade nasal começa nas narinas externas e termina posteriormente nas aberturas nasais posteriores (cóanos). As conchas que turbilhoanam o ar ocupam suas paredes laterais. Os seios paranasais drenam na cavidade nasal.
5. A mucosa respiratória reveste a cavidade nasal e os seios paranasais. Seu epitélio pseudoestratificado prismático (colunar) ciliado com células caliciformes é coberto por uma lâmina de muco que filtra as partículas de poeira e umidifica o ar inalado. Sua lâmina própria contém glândulas que contribuem para a lâmina de muco e vasos sanguíneos que aquecem o ar.

Faringe (p. 677-678)

6. A faringe tem três partes: a nasal (atrás da cavidade nasal) em uma via de passagem de ar; a oral (atrás da boca) e a laríngea (atrás da laringe) são vias de passagem para alimento e ar.
7. O palato mole se move superiormente para vedar a parte nasal da faringe durante a deglutição. As tonsilas tubária e faríngea ocupam a mucosa que reveste essa parte. A parte oral contém as tonsilas lingual e palatina. A parte laríngea se abre na laringe anteriormente e no esôfago posteriormente.

Laringe (p. 678-681)

8. A laringe é a entrada para a traqueia e para as vias respiratórias inferiores. Ela tem um esqueleto de nove cartilagens: a tireóidea; a cricóidea, o par de aritenóideas, corniculadas e cuneiformes; e a epiglote.
9. A epiglote em forma de folha age como uma tampa que impede que alimento ou líquidos entrem nas vias respiratórias inferiores. A laringe se move superiormente sob essa abva protetora durante a deglutição.
10. A laringe contém as pregas vocais. O ar expirado faz que elas vibrem, produzindo os sons da fala. As pregas vocais se estendem anteriormente da cartilagem aritenóidea até a cartilagem tireóidea, e os músculos que movem as aritenóideas mudam a tensão nas pregas para variar o tom da voz. A faringe, a cavidade nasal, os lábios e a língua também ajudam na articulação da voz.
11. Os principais nervos sensitivos e motores da laringe (e da fala) são os nervos laríngeos recorrentes (esquerdo e direito), que são ramos do nervo vago.

Traqueia (p. 681-682)

12. A traqueia, que se estende da laringe no pescoço até os brônquios principais no tórax, é um tubo reforçado pelas cartilagens traqueais, anéis em forma de C que a mantêm aberta. Na parede membranacea, o músculo traqueal estreita a traqueia, aumentando a velocidade do fluxo de ar durante a tosse e o espirro.
13. A parede da traqueia contém várias camadas: uma membrana mucosa, uma submucosa, uma camada fibrocartilaguea e uma adventícia externa. A membrana mucosa consiste em um epitélio pseudoestratificado colunar ciliado que filtra o ar e uma lâmina própria rica em fibras elásticas.

Árvore bronquial (p. 682-686)

14. Os brônquios principais (de primeira ordem) direito e esquerdo ventilam os pulmões. Dentro dos pulmões, eles

se subdividem em brônquios lobares (de segunda ordem) para os lobos, brônquios segmentares (de terceira ordem) para os segmentos broncopulmonares e finalmente em bronquíolos e bronquíolos terminais.

15. À medida que os tubos respiratórios ficam menores, a cartilagem em suas paredes diminui e por fim é perdida (nos bronquíolos); o epitélio torna-se delgado e perde sua função de filtragem do ar (nos bronquíolos terminais); o músculo liso se torna cada vez mais importante; e as fibras elásticas continuam a envolver todos os tubos.
16. Os bronquíolos terminais conduzem para a parte de respiração que consiste nos bronquíolos respiratórios, ductos alveolares e sacos alveolares, todos contendo minúsculas câmaras chamadas alvéolos. A troca gasosa ocorre nos alvéolos através da fina membrana respiratória, formada por pneumócitos tipo I, membranas basais fundidas e células endoteliais capilares.
17. Os alvéolos também contêm pneumócitos tipo II, que secretam surfactante, e macrófagos alveolares que vagam livremente e removem partículas de poeira que chegam aos alvéolos.

Pulmões e pleuras (p. 686-690)

18. Os pulmões ladeiam o mediastino na cavidade torácica. Cada pulmão é suspenso na cavidade pleural por sua raiz (os vasos que o irrigam) e possui uma base (face diafragmática), um ápice e faces mediastinal e costal. As estruturas da raiz entram no hilo do pulmão.
19. O pulmão direito apresenta três lobos (superior, médio e inferior, definidos pelas fissuras oblíqua e horizontal); o pulmão esquerdo tem dois lobos (superior e inferior, definidos pela fissura oblíqua). Os lobos são divididos em segmentos broncopulmonares, que são ventilados pelos brônquios segmentários.
20. Os pulmões consistem principalmente em tubos de ar e alvéolos, mas também contêm um estroma de tecido conjuntivo elástico.
21. As artérias pulmonares transportam sangue desoxigenado e geralmente se situam posteriormente aos seus brônquios correspondentes dentro dos pulmões. As veias pulmonares, que transportam sangue oxigenado, tendem a se localizar anteriormente aos seus brônquios correspondentes. Os pulmões são inervados por fibras simpáticas e parasimpáticas através do plexo pulmonar.
22. As pleuras são membranas serosas. A pleura parietal reveste a parede torácica, o diafragma e o mediastino; a pleura visceral cobre as superfícies externas dos pulmões. A cavidade pleural entre a pleura parietal e a pleura visceral é preenchida com um fluido seroso que prende os pulmões na parede torácica e diminui o atrito durante os movimentos respiratórios. Inferiormente, a cavidade pleural se estende para baixo da margem inferior dos pulmões.

VENTILAÇÃO (p. 690-694)**Mecanismo da ventilação** (p. 691-693)

23. A ventilação consiste em inspiração e expiração. A inspiração ocorre quando o diafragma e os músculos intercostais contraem, aumentando o volume do tórax. À medida que a pressão intratorácica diminui, a pressão nos pulmões também diminui e o ar penetra nos pulmões.
24. A expiração é praticamente passiva, ocorrendo quando os músculos inspiratórios relaxam. O volume do tórax diminui e os pulmões retraem elasticamente, elevando a pressão e expelindo o ar do seu interior.

25. A tensão superficial do fluido alveolar corre o risco de colapsar os alvéolos após cada respiração. Essa tendência é combatida pelo surfactante secretado pelos pneumócitos tipo II.

Controle neural da ventilação (p. 693-694)

- 26. O principal centro de controle respiratório está na formação reticular do bulbo, embora esse centro seja influenciado pelos estímulos da ponte, sistema límbico, hipotálamo e córtex cerebral.
- 27. Os quimiorreceptores monitoram as concentrações dos gases respiratórios e do grau de acidez do sangue. Os quimiorreceptores centrais são neurônios no bulbo e os quimiorreceptores periféricos são os glomos caróticos e para-aórticos.

TRANSTORNOS DO SISTEMA RESPIRATÓRIO (p. 694-697)

- 28. A asma brônquica é uma condição inflamatória alérgica crônica.
- 29. A fibrose cística é uma doença herdada na qual as funções das glândulas exócrinas do corpo são alteradas. Um muco viscoso se acumula nos brônquios, facilitando o crescimento bacteriano e levando à morte precoce devido à infecção respiratória.
- 30. A bronquite crônica, uma DPOC, caracteriza-se por uma produção excessiva de muco nas vias respiratórias inferiores, prejudicando a ventilação e levando à infecção. Os pacientes podem se tornar cianóticos em consequência dos baixos níveis de oxigênio no sangue.

- 31. O enfisema, que também é uma DPOC, caracteriza-se pela dilatação e destruição permanentes dos alvéolos. Os pulmões perdem elasticidade e a expiração se torna um processo ativo e exaustivo.
- 32. A maioria dos cânceres de pulmão é provocada pelo tabagismo. Eles são extremamente agressivos, sofrem metástase rapidamente e na maioria das vezes são fatais.

O SISTEMA RESPIRATÓRIO AO LONGO DA VIDA (p. 697-699)

- 33. A cavidade nasal se desenvolve a partir dos placoides olfatórios; a faringe se forma a partir do intestino anterior; e as vias respiratórias inferiores evoluem a partir de projeções da faringe embrionária (tubo laringotraqueal). O epitélio que reveste a faringe e as vias respiratórias inferiores deriva do endoderma. O mesoderma forma todas as outras partes dessas vias e também o estroma pulmonar.
- 34. O sistema respiratório completa seu desenvolvimento bem no final do período pré-natal: nenhum alvéolo ou surfactante aparece até o sexto mês e apenas um sexto da quantidade final de alvéolos está presente no nascimento. A imaturidade respiratória, especialmente a falta de surfactante, é uma complicação grave do parto prematuro.
- 35. Com a idade, o nariz resseca, o tórax se torna mais rígido, os pulmões ficam menos elásticos e a capacidade de ventilação diminui. As infecções respiratórias se tornam mais comuns.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- 1. Quando os músculos inspiratórios contraem, (a) apenas a dimensão lateral da cavidade torácica aumenta, (b) apenas a dimensão anteroposterior da cavidade torácica aumenta, (c) o volume da cavidade torácica diminui, (d) as dimensões lateral e anteroposterior da cavidade torácica aumentam, (e) o diafragma protraí superiormente.
- 2. A parte da mucosa respiratória que aquece o ar inalado é (a) o epitélio pseudoestratificado, (b) os vasos na lâmina própria, (c) os pneumócitos tipo I, (d) a cartilagem e o osso.
- 3. Qual das seguintes afirmações sobre as pregas vocais é falsa? (a) Elas são a mesma coisa que as cordas vocais. (b) Elas se conectam nas cartilagens aritenóideas. (c) O ar exalado que flui pela glote faz essas cordas vibrar e produzir som. (d) Elas também são chamadas pregas vestibulares.
- 4. Em ambos os pulmões, a maior face é a (a) costal, (b) mediastinal, (c) diafragmática (base), (d) superior (ápice).
- 5. Faça a correspondência entre o tipo adequado de epitélio de revestimento exibido na chave e cada uma das seguintes estruturas respiratórias.

Chave:

- (a) estratificado pavimentoso
- (b) pseudoestratificado prismático (colunar)
- (c) Simples pavimentoso
- (d) prismático estratificado

___(1) cavidade nasal

___(2) parte nasal da faringe

___(3) parte laríngea da faringe

___(4) traqueia e brônquios

___(5) alvéolos (pneumócitos tipo I)

6. Faça a correspondência do tubo de ar na coluna B com a região pulmonar na coluna A por pele ventilada.

Coluna A

Coluna B

___(1) segmento broncopulmonar

(a) brônquio principal

___(2) lóbulo

(b) brônquio lobar

___(3) ductos e sacos alveolares

(c) brônquio segmentar

___(4) pulmão inteiro

(d) grande bronquíolo

___(5) lobo

(e) bronquíolo respiratório

7. A membrana respiratória consiste em (a) pneumócito tipo I, membranas basais, célula endotelial; (b) ar, tecido conjuntivo, pulmão; (c) pneumócito tipo II, macrófago, pneumócito tipo I; (d) epitélio pseudoestratificado, lâmina própria, capilares.

8. O músculo traqueal e o músculo liso em volta dos brônquios se desenvolvem a partir de quais camadas embrionárias? (a) ectoderma, (b) endoderma, (c) mesoderma, (d) crista neural.

9. Uma célula serosa de uma glândula secreta (a) fluido seroso escorregadio nas cavidades corporais, (b) muco, (c) um fluido lubrificante aquoso, (d) líquido intersticial.

10. A função dos pneumócitos tipo I é (a) produzir surfactante, (b) impelir as camadas de muco, (c) remover partículas de poeira por meio de fagocitose, (d) permitir a difusão rápida dos gases respiratórios.

Dissertativas

- Trace a rota do ar expirado de um alvéolo até as narinas, citando o nome de todas as estruturas através das quais ele passa. Depois, indique quais dessas estruturas estão na parte de respiração e quais estão na parte de condução.
- Os cílios que revestem as vias respiratórias superiores (acima da laringe) vibram inferiormente, enquanto os cílios que revestem as vias respiratórias inferiores (laringe e abaixo dela) vibram superiormente. Qual é o motivo funcional dessa diferença?
- Qual é a função das fibras de elastina abundantes que ocorrem no estroma do pulmão e em torno de todas as vias respiratórias desde a traqueia através de toda a árvore respiratória?
- (a) Quais tonsilas se situam nas fauces da parte oral da faringe? (b) A tonsila lingual se situa perto da parte superior da epiglote? Explique.
- (a) É fácil confundir o hilo do pulmão com a raiz do pulmão. Defina ambas as estruturas e diferencie o hilo da raiz. (b) Defina a pleura parietal e a pleura visceral.
- Os termos cóanos, conchas e carina são confundidos facilmente. Defina cada um deles e esclareça suas diferenças.
- Explique anatomicamente por que a maioria dos homens tem a voz mais profunda do que os meninos e as mulheres.
- Esquematize os pulmões direito e esquerdo na vista anterior, exibindo todas as fissuras e lobos, bem como a incisura cardíaca.
- Explique as funções do epitélio pseudoestratificado da mucosa respiratória.
- Qual é a função dos macrófagos nos alvéolos pulmonares?
- Um cirurgião teve de remover três segmentos broncopulmonares adjacentes do pulmão esquerdo de um paciente com tuberculose. Embora quase a metade do pulmão tenha sido removida, não houve sangramento grave e relativamente poucos vasos sanguíneos tiveram de ser cauterizados (fechados). Por que essa cirurgia foi tão fácil de realizar?
- Enquanto colocava sua filha de 1 ano de idade (que levava quase qualquer coisa à boca) para dormir, Marcelo não conseguiu encontrar um dos pequenos prendedores de cabelo que acabara de remover do cabelo da criança. Dois dias depois, ela desenvolveu uma tosse e ficou febril. O que provavelmente aconteceu com o prendedor de cabelo e onde (anatomicamente) você esperaria encontrá-lo?
- Um motorista de táxi foi levado para a sala de emergência após ser esfaqueado uma vez no lado esquerdo do tórax. O diagnóstico foi pneumotórax e colapso pulmonar. (a) Explique exatamente por que o pulmão colapsou. (b) Explique por que isto ocorreu apenas com um pulmão (e não ambos).
- Um homem dirigia para o trabalho quando seu carro foi atingido na lateral por outro carro que avançou o sinal vermelho. Quando foi retirado das ferragens, o homem estava profundamente cianótico e sua respiração havia parado. Seu coração ainda batia, mas seu pulso estava rápido e filiforme. Sua cabeça estava inclinada em um ângulo peculiar e o pessoal da emergência disse que ele parecia ter uma fratura no nível da vértebra C II. (a) Como essas constatações poderiam contribuir para a cessação da respiração? (b) Defina cianose (Capítulo 5) e indique por que o homem estava cianótico.
- Depois de uma criança de 4 anos de idade ter sido submetida a uma cirurgia que fechou com sucesso um ducto arterial patente (ver p. 647), sua voz ficou rouca e um exame revelou que muitos músculos na metade esquerda da laringe estavam paralisados. O que deu errado durante a cirurgia a ponto de provocar a paralisia?

Análise crítica e aplicação clínica

- (a) Duas meninas em uma lanchonete da escola estavam rindo durante o almoço e o leite foi aspergido acidental-

Sistema digestório 23

Visão geral 704

- Regiões abdominais 705
- Cavidade peritoneal e peritônio 708
- Processos digestórios 710

Anatomia do tubo digestório 711

- Histologia 711
- Músculo liso 713
- Boca e órgãos anexos 715
- Faringe 720
- Esôfago 721
- Estômago 722
- Intestino delgado 724
- Intestino grosso 729

Anatomia dos órgãos anexos 733

- Fígado 733
- Vesícula biliar 739
- Pâncreas 740

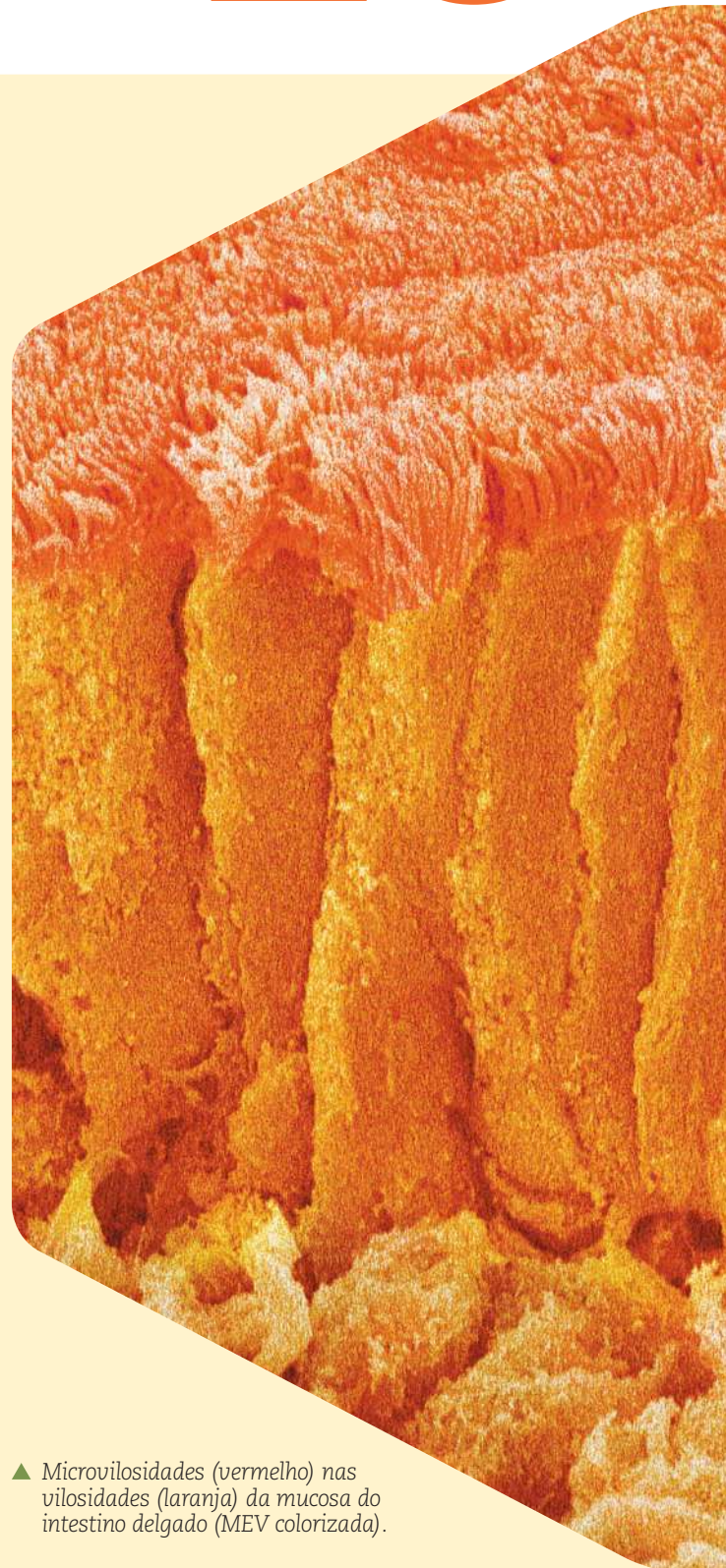
Transtornos do sistema digestório 741

- Úlceras pépticas 741
- Obstrução intestinal 741
- Doença inflamatória intestinal 742
- Hepatite viral 742
- Fibrose cística e pâncreas 743

O sistema digestório ao longo da vida 743

- Desenvolvimento embrionário 743
- Sistema digestório na velhice 744

“Você é o que você come.” Essa afirmação pode soar simplista, mas não deixa de ser verdadeira! Os nutrientes que o corpo utiliza para construir suas estruturas e alimentar suas funções provêm do alimento que ingerimos. A nutrição influencia o



▲ Microvilosidades (vermelho) nas vilosidades (laranja) da mucosa do intestino delgado (MEV colorizada).

estado de saúde, o estado mental e emocional e a nossa sensação de bem-estar geral. As proteínas, os carboidratos complexos, as gorduras insaturadas, as vitaminas, os minerais e a água são componentes essenciais de uma alimentação saudável. O sistema corporal que converte o alimento que ingerimos nas unidades que o nosso corpo consegue absorver e utilizar é o sistema digestório. Este capítulo explora as estruturas do corpo que absorvem o alimento, o decompõem nas moléculas de nutrientes, absorvem essas moléculas no sistema circulatório e, depois, eliminam os resíduos indigeríveis.

VISÃO GERAL

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a função global do sistema digestório e diferenciar o tubo digestório dos órgãos digestórios anexos;

- ▶ descrever as principais subdivisões da parede anterior do abdome anterior e identificar os órgãos localizados em cada região;
- ▶ explicar a localização e a função do peritônio e da cavidade peritoneal. Definir mesentério;
- ▶ diferenciar os órgãos digestórios intraperitoneais e os órgãos retroperitoneais. Nomear os mesentérios associados com os órgãos digestórios intraperitoneais;
- ▶ relacionar os principais processos que ocorrem durante a digestão.

Os vários órgãos do sistema digestório (**Figura 23.1**) podem ser divididos em dois grupos principais: o *tubo digestório* e os *órgãos digestórios anexos*.

O **tubo digestório** (canal alimentar), também chamado *trato gastrintestinal (GI)*, é um tubo muscular si-

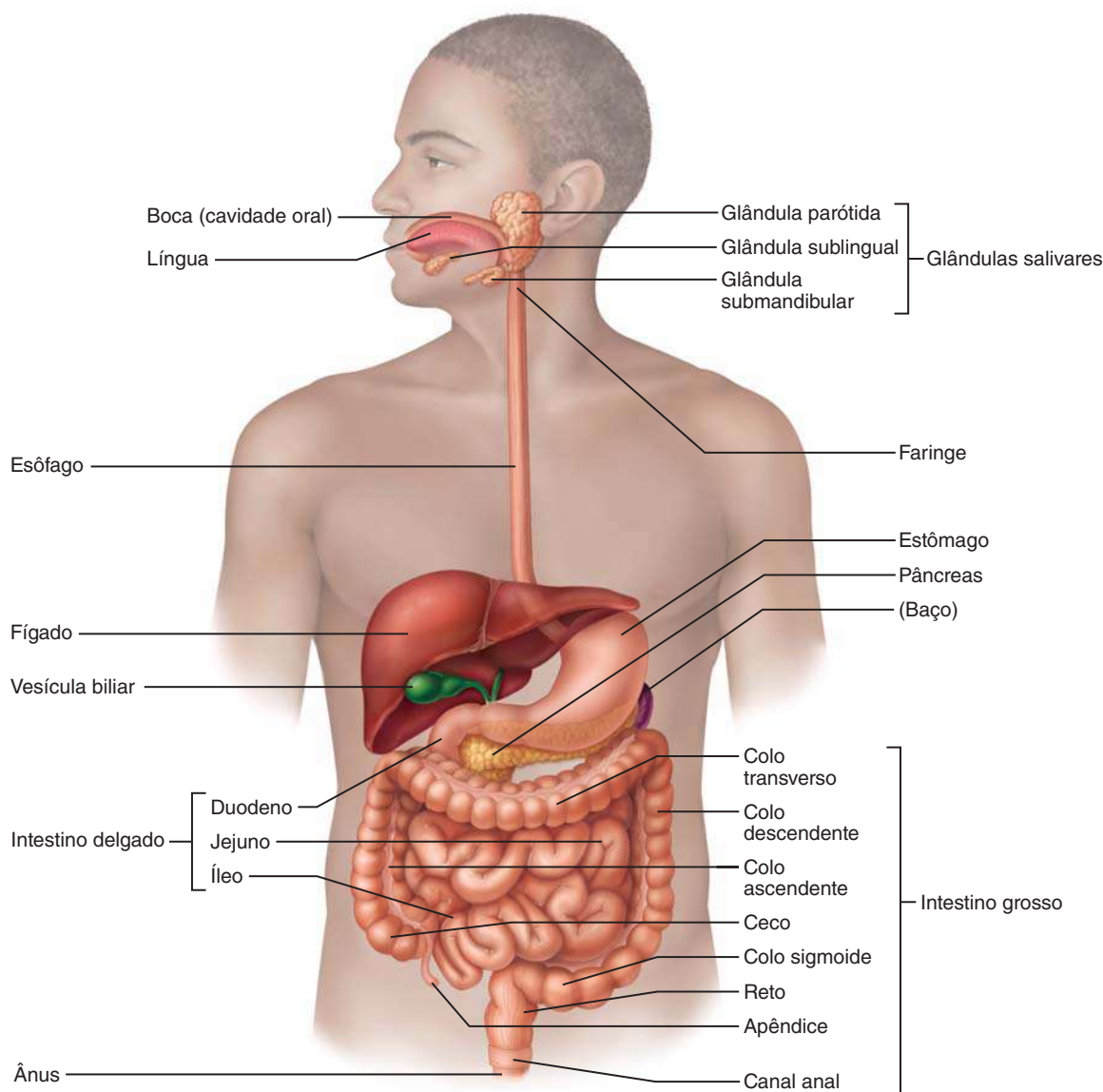


Figura 23.1 Tubo digestório e órgãos digestórios anexos. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 64a e 66.)

nuoso que se estende da boca até o ânus. Os órgãos do tubo digestório são *boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado e intestino grosso*, com esse último levando à abertura terminal, o ânus. Em um cadáver, o tubo digestório tem cerca de 9 m de comprimento, mas em uma pessoa viva ele é consideravelmente mais curto devido ao seu tônus muscular. O material alimentar no tubo digestório é considerado tecnicamente *fora* do corpo pois ele é aberto para o ambiente externo em ambas as extremidades.

Os **órgãos digestórios anexos** são os *dentes e a língua*, além da *vesícula biliar* e das grandes glândulas — as *glândulas salivares, o fígado e o pâncreas* — que se situam fora do tubo digestório e a ele se conectam através de ductos; elas secretam saliva, bile e enzimas digestórias, todas contribuindo para a quebra dos alimentos.

Regiões abdominais

A maioria dos órgãos digestórios está contida na cavidade abdominopélvica, a maior divisão da cavidade ventral do corpo. Para ajudar a localizar as posições desses órgãos abdominopélvicos, os clínicos costumam dividir a parede anterior do abdome em uma série de regiões.

Em um esquema, quatro planos formando um padrão similar a um jogo da velha dividem a parede do abdome em nove regiões (**Figura 23.2**). Os dois planos parassagitais são as *linhas medioclaviculares*, que se estendem inferiormente do ponto médio de cada clavícula. O plano transverso superior está no *plano subcostal* (“abaixo das costelas”) e se conecta aos pontos inferiores das margens costais, enquanto que o plano transverso inferior está no *plano intertubercular* e se

conecta aos tubérculos (pontos mais espessos) das cristas ilíacas. Todos esses marcos ósseos anatômicos podem ser sentidos na superfície do corpo.

- As três regiões superiores são o **hipocôndrio direito e esquerdo** (“abaixo da cartilagem”) e o **epigástrico central** (“acima do umbigo”).
- As três regiões intermediárias são as **regiões lombar direita e esquerda** (ou *regiões laterais*) e a **região umbilical central**.
- As três regiões inferiores são as **regiões inguinal direita e esquerda**, ou **regiões ilíacas**, e o **hipogástrico central** (“abaixo do umbigo”) (também chamada **região púbica**).

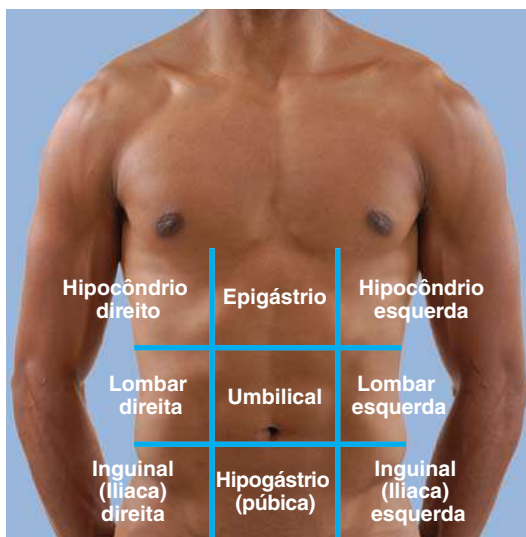
Como muitos órgãos abdominais se movem, suas posições dentro da grade abdominal são apenas aproximadas.

Em um esquema mais simples, uma linha vertical e uma linha horizontal que se cruzam no umbigo definem quatro regiões: os **quadrantes direito e esquerdo, superior e inferior** (ver Figura 1.8, p .13).

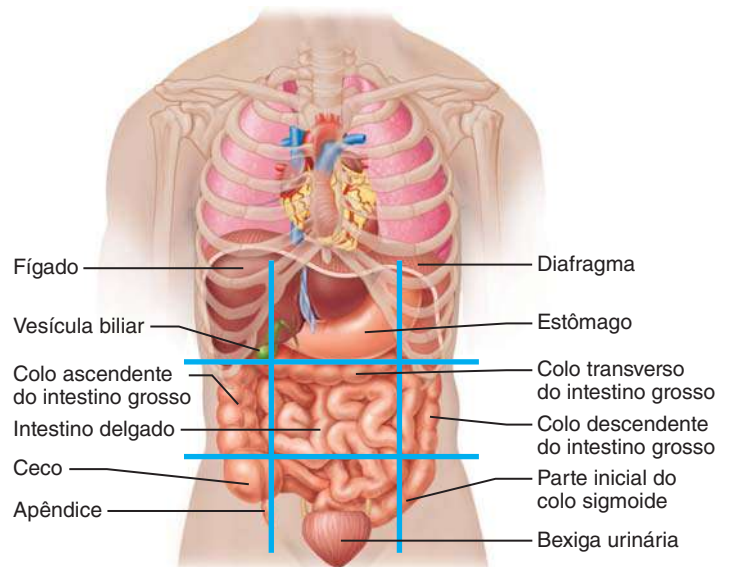


APLICAÇÃO CLÍNICA

Ruídos intestinais Para adquirir as informações valiosas transmitidas pelos **ruídos intestinais**, os clínicos colocam um estetoscópio em cada um dos quatro quadrantes da parede anterior do abdome. Os ruídos intestinais normais, que resultam do movimento dos gases e do conteúdo intestinal pela peristalse, são gorgolejos agudos que ocorrem a cada 5-15 segundos. Os ruídos intestinais menos frequentes podem indicar uma interrupção da atividade intestinal, enquanto que os sons altos podem indicar uma maior atividade associada com inflamação, diarreia ou outros transtornos intestinais.



(a) Nove regiões delineadas pelos quatro planos



(b) Vista anterior das nove regiões, e as relações com os órgãos digestórios

Figura 23.2 Divisões da parede anterior do abdome. Os planos parassagitais são as linhas medioclaviculares; os planos transversais são o plano subcostal (superiormente) e o plano transtuberular (inferiormente).

Figura 23.3

Quando plenamente desenvolvidos, os órgãos do sistema digestório são intraperitoneais e retroperitoneais. Esses termos se referem à localização do órgão em relação à cavidade peritoneal. Os mesentérios conectam os órgãos intraperitoneais à parede corporal.

Peritônio e cavidade peritoneal

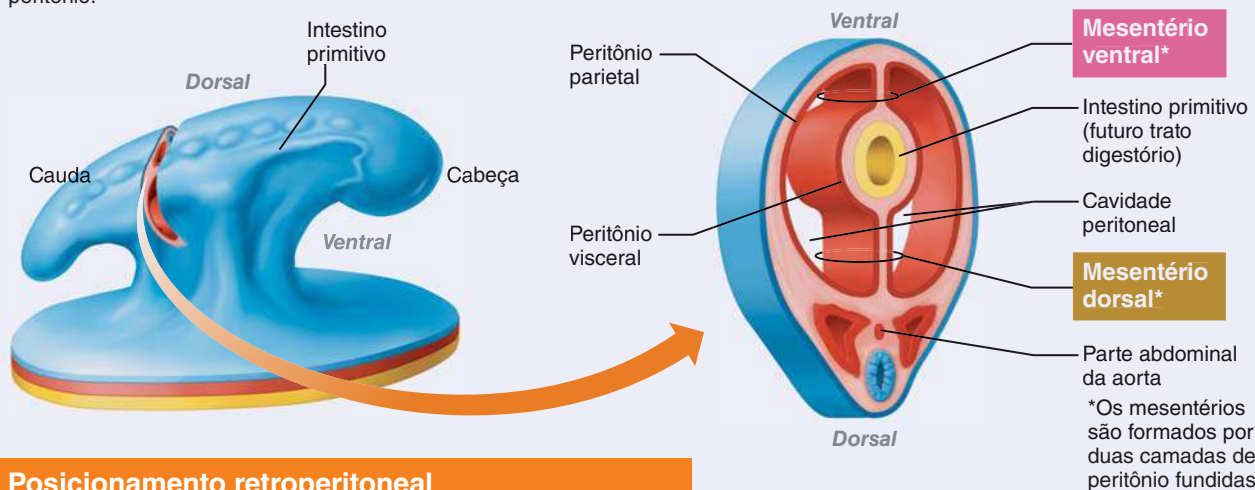
Desenvolvimento embrionário

O dobramento do embrião durante a 4ª semana de desenvolvimento forma o intestino primitivo, o tubo interno. Circundando o intestino primitivo encontra-se o celoma embrionário. No abdome, o celoma forma a cavidade peritoneal, uma cavidade revestida por uma membrana serosa chamada peritônio.

Os órgãos digestórios se desenvolvem a partir do intestino primitivo. Eles são cobertos externamente pelo **peritônio visceral** e circundados pela **cavidade peritoneal**. O revestimento externo da cavidade peritoneal é o **peritônio parietal**.

Nesse embrião inicial, todos os órgãos digestórios são **intraperitoneais**, circundados pela cavidade peritoneal. Esses órgãos são presos às paredes dorsal e ventral do corpo por duas camadas de peritônio fundidas, formando um **mesentério**.

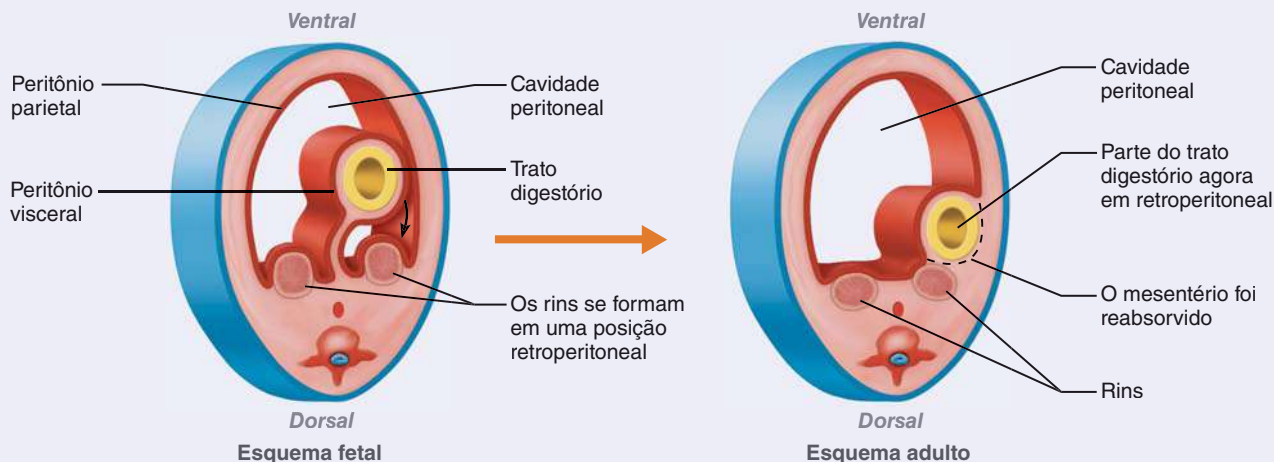
Os mesentérios proporcionam uma via de passagem para os vasos sanguíneos, vasos linfáticos e nervos que suprem os órgãos digestórios. Os mesentérios também prendem os órgãos digestórios dentro da cavidade peritoneal, armazenam gordura e abrigam tecidos linfáticos que respondem aos patógenos ingeridos.



Posicionamento retroperitoneal

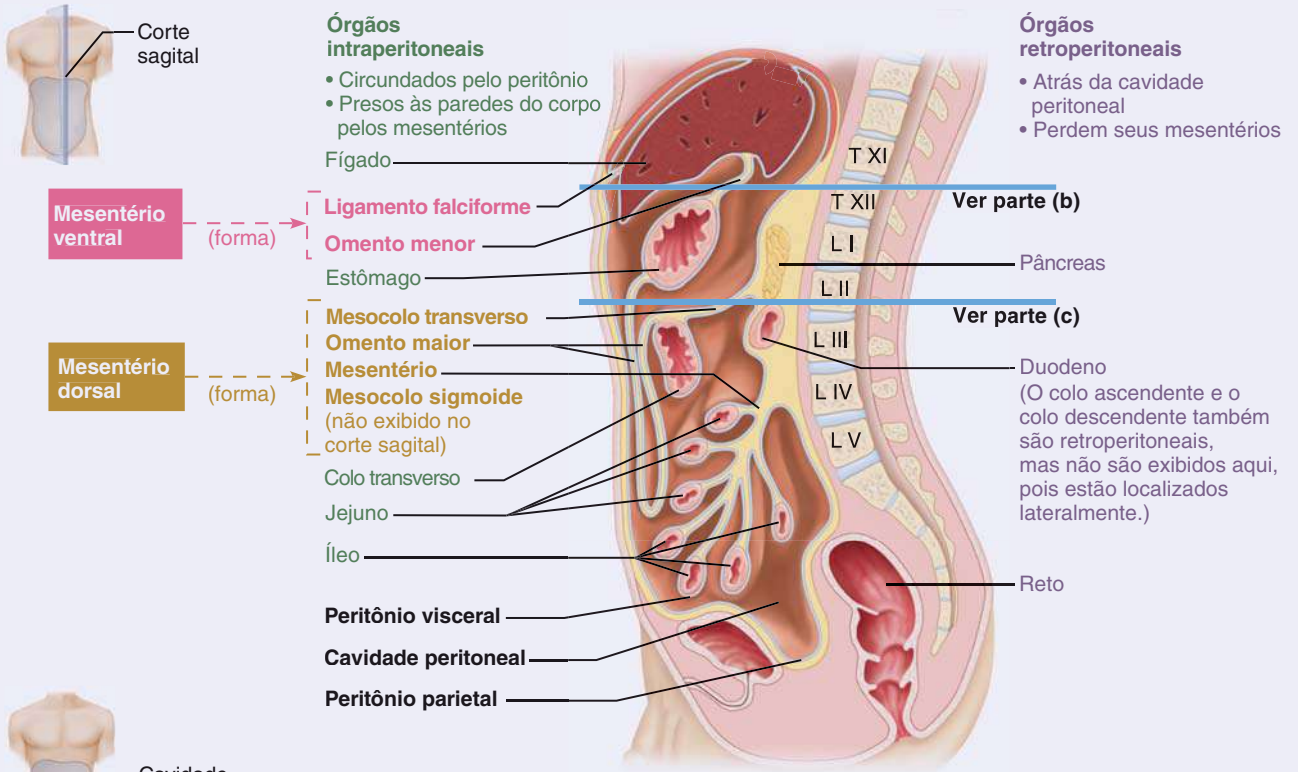
Transição da organização estrutural fetal para a adulta

À medida que o trato digestório se alonga e gira, alguns órgãos são empurrados contra a parede corporal dorsal. O **peritônio visceral** desses órgãos se funde com o **peritônio parietal** ao longo da parede dorsal do corpo. Esses órgãos perdem seus mesentérios e por se situarem *atrás* da cavidade peritoneal, são ditos **retroperitoneais**. Outros órgãos abdominais como os rins, ureteres e glândulas suprarrenais se desenvolvem fora da cavidade peritoneal e, portanto, estão em uma posição retroperitoneal em relação a suas origens.

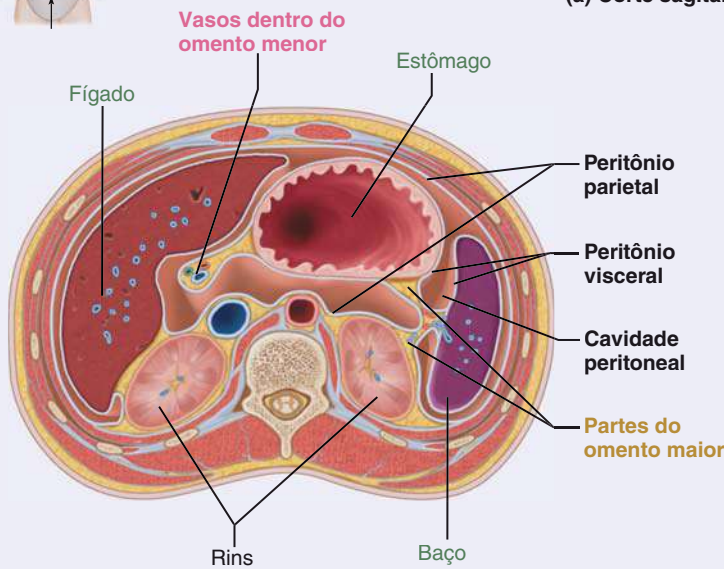


Mesentérios e posição dos órgãos

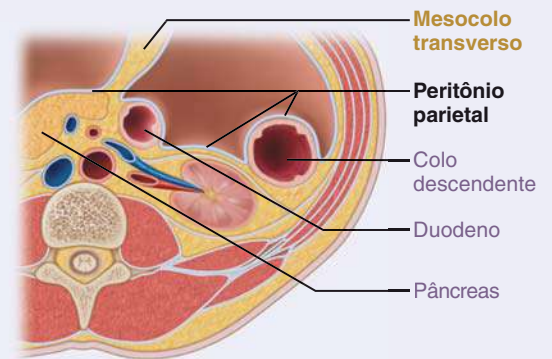
Estruturas adultas (ilustrações em corte)



(a) Corte sagital da cavidade abdominal



(b) Corte transversal do abdome no nível de T XII



(c) Corte transversal do abdome no nível de L II ilustrando a posição retroperitoneal

Cavidade peritoneal e peritônio

Todas as divisões da cavidade corporal ventral contêm *membranas serosas* escorregadias (Capítulo 1, p. 12), com a mais extensa delas sendo o **peritônio** localizado na cavidade abdominopélvica. O quadro Destaque — Peritônio e órgãos do sistema digestório (Figura 23.3) ilustra o desenvolvimento dos órgãos digestórios e suas estruturas peritoneais associadas. Os órgãos digestórios na cavidade abdominopélvica se desenvolvem circundados pelo *peritônio* e pela *cavidade peritoneal*.

- O **peritônio visceral** cobre as superfícies externas da maioria dos órgãos digestórios.
- O **peritônio parietal** reveste a parede corporal e é contínuo com o peritônio visceral.
- A **cavidade peritoneal** é um espaço potencial entre o peritônio visceral e o parietal. A cavidade peritoneal situa-se entre os órgãos digestórios e a parede corporal abdominal. Ela contém um fluido seroso lubrificante produzido pelo peritônio e que permite que os órgãos digestórios deslizem facilmente uns sobre os outros e ao longo da parede corporal à medida que se movem durante a digestão.

Essas estruturas são homólogas à pleura parietal e visceral e à cavidade pleural que circunda os pulmões.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Peritonite A inflamação e infecção do peritônio se chama **peritonite**. Ela pode surgir de um ferimento perfurante no abdome, de uma úlcera perforante que vaza os sucos estomacais na cavidade peritoneal ou da falha de uma técnica estéril durante a cirurgia abdominal. Na maioria das vezes, no entanto, ela resulta de uma ruptura do apêndice, que acaba lançando fezes na cavidade peritoneal. A peritonite disseminada na cavidade peritoneal é uma condição perigosa que pode levar à morte. O tratamento envolve antibióticos intravenosos. Pode ser necessária a cirurgia para remover o tecido infectado.

Mesentérios

Um **mesentério** é uma dupla camada de peritônio — uma lâmina de duas membranas serosas fundidas — que se estende da parede do corpo até os órgãos digestórios (Figura 23.3 e Figura 23.4). Os mesentérios mantêm os órgãos em suas posições, armazenam gordura e, mais importante, proporcionam uma rota para os vasos circulatórios e nervos chegarem aos órgãos na cavidade peritoneal. Na ilustração em corte transversal exibindo o desenvolvimento embrionário (Figura 23.3), repare que a parte abdominal da aorta está posicionada atrás do peritônio parietal. As ramificações da aorta que se destinam às vísceras digestórias precisam passar pelos mesentérios para chegar aos órgãos que suprem.

A maioria dos mesentérios consiste em *mesentérios dorsais* que se estendem da parede posterior do abdome até o tubo digestório. Na parte superior do abdome, um *mesentério ventral* se estende do estômago e fígado até a parede anterior do abdome. Observe que alguns mesentérios são chamados “ligamentos”, embora essas lâminas peritoneais não tenham qualquer semelhança ou relação com os ligamentos fibrosos que interconectam os ossos.

Mesentérios ventrais Os dois mesentérios ventrais são o ligamento falciforme e o omento menor. O **ligamento falciforme** liga a face anterior do fígado à parede anterior do abdome e ao diafragma (Figura 23.4a). O **omento menor** vai do fígado à curvatura menor do estômago e início do duodeno (Figura 23.4b).

Mesentérios dorsais Os mesentérios restantes são os mesentérios dorsais. O **omento maior** (Figura 23.3 e 23.4a) conecta a curvatura maior do estômago à parede posterior do abdome, mas de modo bem indireto: anteriormente, ele é extraordinariamente alongado e se estende inferiormente para cobrir o colo transversal e as espirais do intestino delgado. A margem esquerda do omento maior envolve o baço como *ligamento gastroesplênico* e continua-se dorsalmente como *ligamento esplenorrenal* (entre o baço e o rim esquerdo) até alcançar a parede posterior do corpo (Figura 23.3b). O omento maior contém uma grande quantidade de gordura e também tem uma capacidade notável para limitar a disseminação de infecções dentro da cavidade peritoneal; por exemplo, ele consegue envolver e confinar um apêndice inflamado. As longas espirais do jejuno e do íleo são sustentadas pelo, propriamente dito, **mesentério** (Figura 23.4c). Essa lâmina se abre em leque inferiormente a partir da parede anterior do abdome, como cortinas longas e pregueadas. O colo transversal é preso na parede posterior do abdome pelo **mesocolo transversal** (“mesentério do colo”), uma lâmina quase horizontal fundida com a parte inferior do omento maior, de modo que pode ser visualizada apenas nessa posição (Figura 23.4c). O **mesocolo sigmoide** (Figura 23.4c) é o mesentério que conecta o colo sigmoide à parede posterior da pelve.

Órgãos retroperitoneais Nem todos os órgãos digestórios têm um mesentério ou são circundados pela cavidade peritoneal em todos os lados. Alguns órgãos possuem um mesentério inicialmente, mas, devido às rotações complexas do trato digestório durante o desenvolvimento, eles acabam contra a parede posterior do abdome (Figura 23.3). Esses órgãos se fundem nessa parede, perdendo no processo o seu mesentério e se alojando atrás do peritônio (Figura 23.4d). Esses órgãos são chamados **retroperitoneais** porque inicialmente são formados dentro do peritônio, mas, depois de totalmente

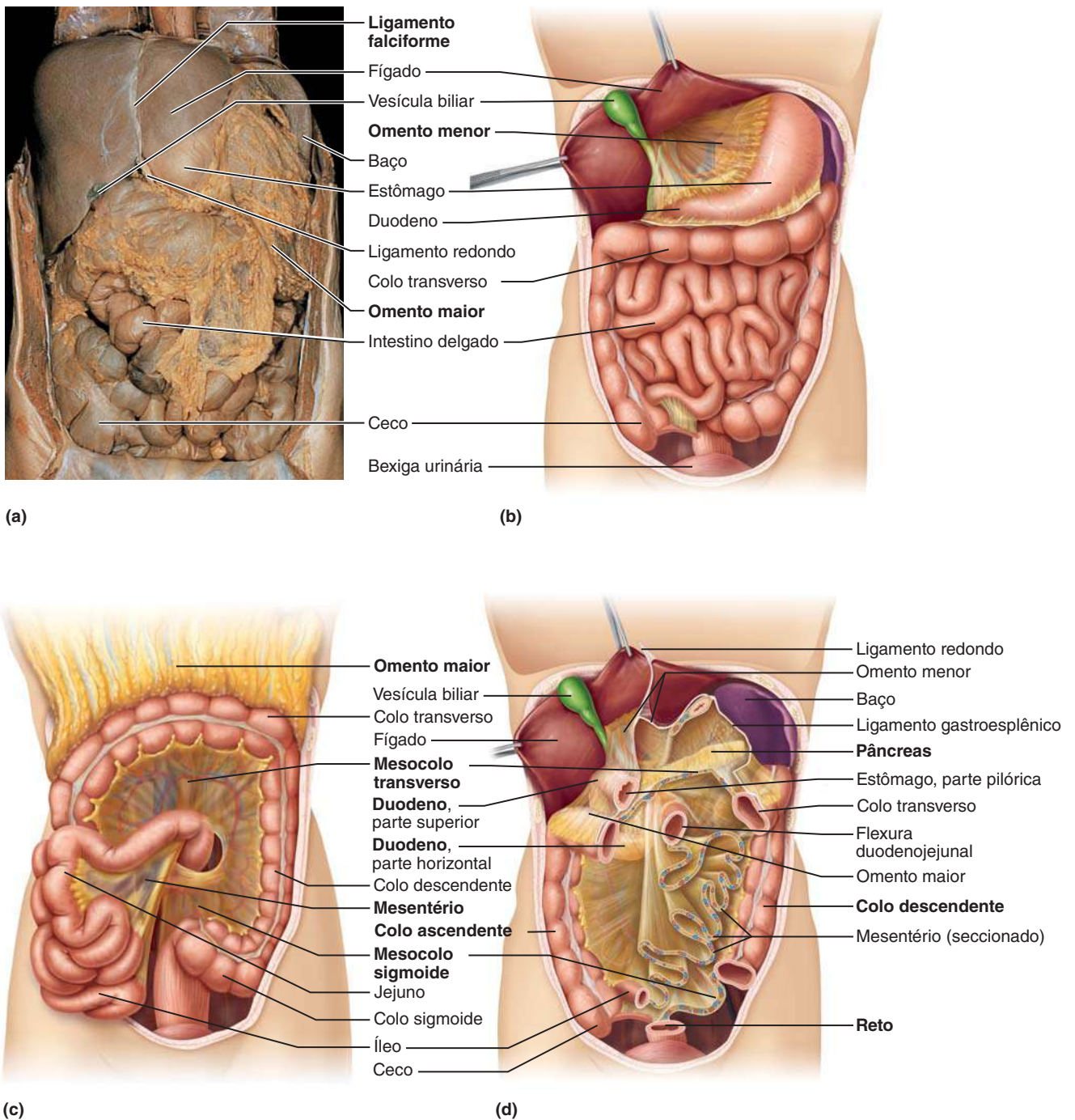


Figura 23.4 Mesentérios. (a) O omento maior, um mesentério dorsal, está em sua posição normal, cobrindo as vísceras abdominais. (b) O omento menor conecta a curvatura menor do estômago ao fígado (o fígado foi elevado superiormente). O omento maior foi removido, expondo o intestino delgado e o intestino grosso. (c) O omento maior e o colo transverso foram refletidos superiormente para revelar o mesentério do intestino delgado, o mesocolo transverso e o mesocolo sigmoide. (d) Vista profunda da cavidade peritoneal ilustrando os órgãos retroperitoneais. Estômago, jejuno, íleo, colo transverso e colo sigmoide foram removidos. (Para mais detalhes, consultar *A Brief Atlas of the Human Body*, Segunda Edição, Figuras 64, 66 e 67.)

Tabela 23.1

Resumo dos órgãos digestórios intraperitoneais e secundariamente retroperitoneais no abdome e na pelve

Órgãos peritoneais (e seus mesentérios)

Fígado (ligamento falciforme e omento menor)
 Estômago (omento maior e menor)
 Íleo e jejuno (mesentério próprio)
 Colo transverso (mesocolo transverso)
 Colo sigmoide (mesocolo sigmoide)

Órgãos retroperitoneais (sem mesentérios)

Duodeno (quase todo ele)
 Colo ascendente
 Colo descendente
 Reto
 Pâncreas

desenvolvidos, irão situar-se posteriormente ao peritônio. Por outro lado, os órgãos digestórios que mantêm seu mesentério e continuam circundados pela cavidade peritoneal são chamados **peritoneais**¹ (Tabela 23.1). O estômago é um exemplo desse tipo de órgão. Nas ilustrações em corte (Figura 23.3a-c), você pode ver claramente os órgãos peritoneais circundados pela cavidade peritoneal e os órgãos retroperitoneais (pâncreas, duodeno, colo ascendente e descendente e reto) atrás do peritônio parietal ao longo da parede posterior do abdome.

Processos digestórios

Os órgãos do sistema digestório realizam seis atividades essenciais de processamento dos alimentos: ingestão, propulsão, decomposição mecânica, digestão, absorção e defecação (Figura 23.5).

- Ingestão** é a captação do alimento pela boca.
- Propulsão** é o movimento do alimento pelo tubo digestório. Inclui a deglutição, que é iniciada voluntariamente, e a peristalse, que é um processo involuntário. O peristaltismo ou peristalse (“contração em volta”), o meio de propulsão principal em todo o tubo digestório, envolve ondas de contração alternadas com o relaxamento da musculatura das paredes do órgão (Figura 23.6a). Seu efeito é espremer e misturar o alimento de um órgão para o outro.
- Decomposição mecânica** prepara o alimento fisicamente para a digestão pelas enzimas decompondo-o em pedaços menores. Os processos mecânicos incluem mastigação, agitação do alimento no estômago e **segmentação**, as contrações locais rítmicas do intestino (Figura 23.6b). A segmentação mistura o alimento com os sucos digestórios e aumenta a eficiência da absorção dos nutrientes movimentando repetidamente diferentes partes da massa alimentar ao longo da parede intestinal.
- Digestão** é uma série de etapas em que as moléculas complexas do alimento (carboidratos, proteínas e lipídios) são decompostas em seus elementos químicos básicos (açúcares simples, aminoácidos, ácidos graxos e glicerol). As glândulas no tubo dis-

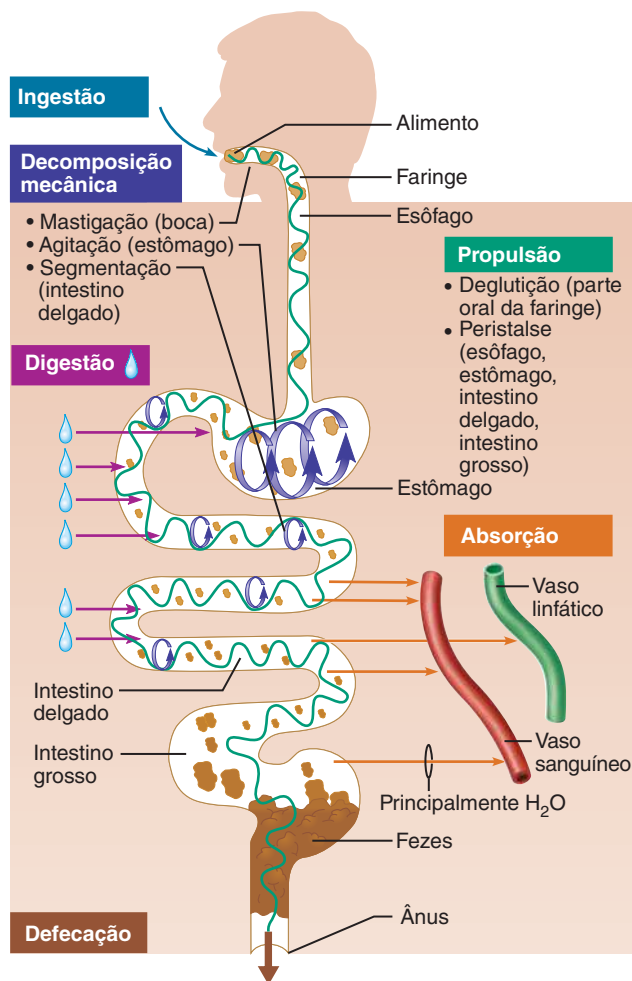
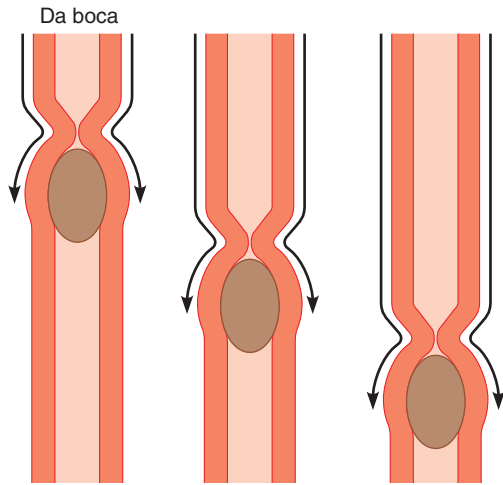


Figura 23.5 Atividades do trato gastrointestinal.

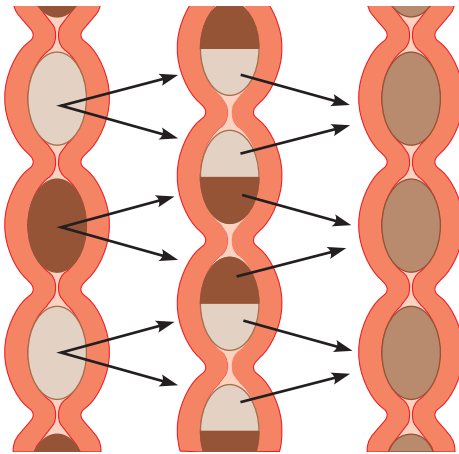
gestório e nos órgãos anexos produzem enzimas e outras substâncias, secretando-as na luz do tubo digestório onde efetuam a digestão.

- Absorção** é o transporte dos produtos finais digeridos, da luz do tubo digestório para os capilares sanguíneos e linfáticos localizados na parede do canal.
- Defecação** é a eliminação, na forma de fezes, das substâncias indigeríveis.

1 Nota do revisor técnico: muitos consideram o ovário como o único órgão intraperitoneal.



(a) **Peristaltismo:** segmentos adjacentes dos órgãos do tubo digestório contraem e relaxam alternadamente, movimentando o alimento na direção distal.



(b) **Segmentação:** segmentos não contíguos dos órgãos do tubo digestório contraem e relaxam alternadamente, movimentando o alimento para frente e depois para trás. O alimento é misturado e impelido lentamente.

Figura 23.6 Peristalse e segmentação.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Em que ponto do tubo digestório ocorre a propulsão?
- 2. Diferencie a cavidade abdominal e a cavidade peritoneal. Quais órgãos do sistema digestório estão situados na cavidade abdominal, mas não são intraperitoneais?
- 3. Identifique todos os mesentérios que conectam cada órgão mencionado: (a) fígado, (b) estômago, (c) colo sigmoide. Para cada um deles, afirme se é um mesentério dorsal ou um mesentério ventral.
- 4. A lesão no baço ou fígado pode provocar sangramento interno profundo. Onde se acumularia o sangue de uma lesão como essa?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

ANATOMIA DO TUBO DIGESTÓRIO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever as quatro camadas da parede do tubo digestório;
- ▶ descrever a estrutura e a aparência das fibras musculares lisas e descrever como essas células se unem para formar um tecido laminar;
- ▶ discutir os diferentes estímulos que podem iniciar a contração do tecido muscular liso;
- ▶ descrever a inervação da musculatura e das glândulas do tubo digestório.

Histologia

As paredes do tubo digestório, do esôfago até o canal anal, têm as mesmas quatro camadas de tecido (Figura 23.7). Na verdade, a maioria dessas camadas também ocorre nos órgãos ocos dos sistemas respiratório, urinário e reprodutor. A partir da luz da víscera, essas camadas são a *mucosa*, *submucosa*, *muscular* e *serosa*.

Mucosa

A **mucosa**, ou *membrana mucosa*, é a camada mais interna do tubo digestório. É a mais complexa das membranas mucosas no corpo e contém três subcamadas: (1) um epitélio de revestimento, (2) uma lâmina própria e (3) uma muscular da mucosa.

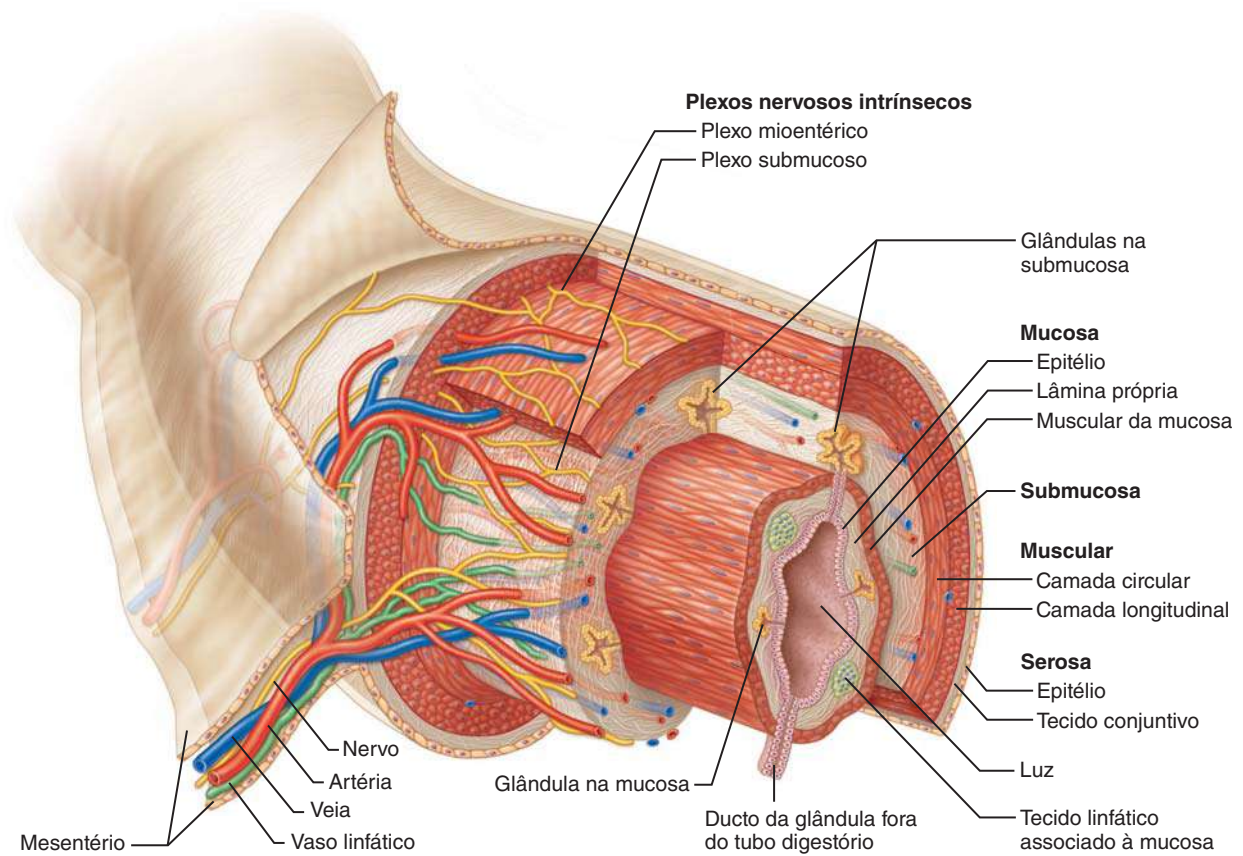
O **epitélio** reveste a luz do tubo digestório e desempenha muitas funções relacionadas à digestão, como a absorção dos nutrientes e a secreção de muco. Esse epitélio é contínuo com os ductos e células secretórias das várias glândulas digestórias, a maioria das quais situada inteiramente dentro da parede e chamadas *glândulas intrínsecas*.

A **lâmina própria** é um tecido conjuntivo reticular cujos capilares nutrem o epitélio de revestimento e absorvem os nutrientes digeridos. A lâmina própria contém a maior parte do tecido linfático associado à mucosa (MALT), que defende contra a invasão de bactérias e outros microrganismos pelo tubo digestório.

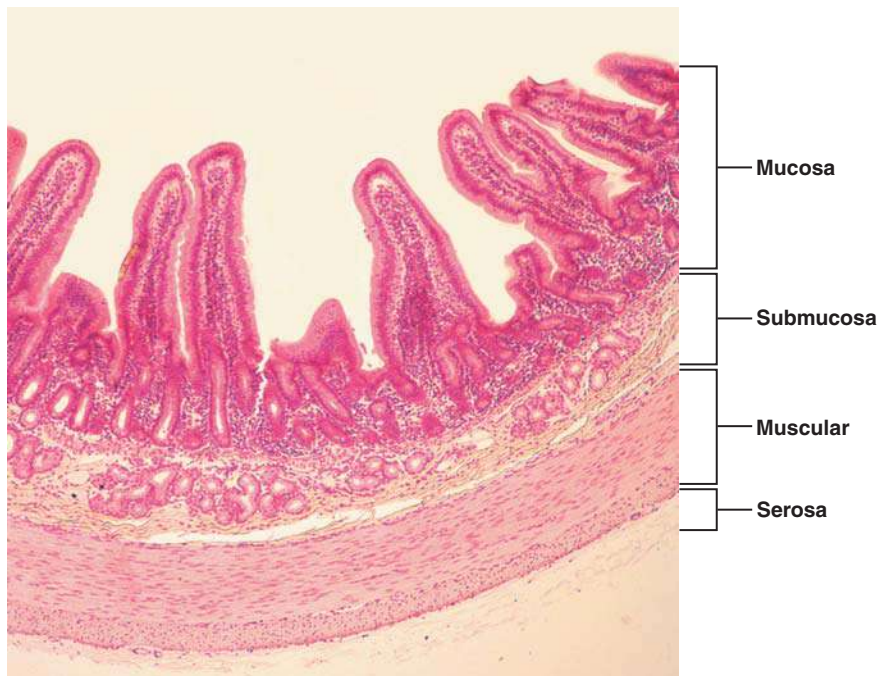
Externa à lâmina própria encontra-se a **muscular da mucosa**, uma fina camada de músculo liso que produz movimentos locais da mucosa. Por exemplo, a contorção dessa camada muscular desaloja partículas de alimento afiadas que ficam impregnadas na mucosa.

Submucosa

A **submucosa**, que reveste a mucosa, é uma camada de tecido conjuntivo que contém importantes vasos sanguíneos e linfáticos, além de fibras nervosas. Sua rede vascular rica emite ramos para todas as outras camadas da parede. Seu tecido conjuntivo é um tipo intermediário entre o frouxo e o denso irregular — um



(a) Vistas em cortes longitudinal e transversal através do intestino delgado



(b) Fotomicrografia de um corte transversal através do intestino delgado (85x)

Figura 23.7 Camadas histológicas do tubo digestório. As quatro camadas básicas na parede são a mucosa, submucosa, muscular externa e serosa.

tecido conjuntivo “moderadamente denso”. As muitas fibras elásticas na submucosa permitem que o tubo digestório retome a sua forma original após a passagem do alimento através dele.

Muscular

Externa à submucosa encontra-se a camada **muscular**, também chamada *camada muscular externa*. Na maior parte do tubo digestório, essa túnica consiste em duas camadas de músculo liso: a *camada circular* interna, cujas fibras são orientadas em torno da circunferência do tubo, e a *camada longitudinal*, cujas fibras são orientadas ao longo do comprimento do canal. Em termos funcionais, a camada circular comprime o tubo intestinal e a camada longitudinal o encurta. Juntas, essas camadas são responsáveis pelo peristaltismo e pela segmentação. Em alguns lugares, a camada circular torna-se espessa e forma esfíncteres que agem como válvulas para evitar o refluxo do alimento de um órgão para o outro.

A estrutura histológica do músculo liso, o mecanismo de sua contração e sua inervação serão discutidos detalhadamente em breve.

Serosa

A **serosa**, que é o peritônio visceral, é a camada mais externa dos órgãos peritoneais do tubo digestório. Como todas as membranas serosas (ver p. 94), ela é formada por epitélio simples pavimentoso (mesotélio) sustentado por uma fina camada de tecido conjuntivo frouxo.

As partes do tubo digestório que não estão associadas com a cavidade peritoneal não possuem serosa, mas têm como sua camada externa uma *adventícia*, que é um tecido conjuntivo fibroso comum. Por exemplo, o esôfago no tórax tem uma adventícia que o liga às estruturas circundantes. Os órgãos retroperitoneais (dis-

cutidos na p. 708) possuem serosa e adventícia — uma serosa na face anterior voltada para a cavidade peritoneal e uma adventícia na face posterior aderida na parede posterior do abdome.

Músculo liso

A maior parte do músculo liso do corpo se encontra nas paredes das vísceras como a bexiga urinária, o útero e os intestinos (**Figura 23.8**). Mais especificamente, o músculo liso tem seis localizações principais: na íris do olho e nas paredes dos vasos sanguíneos, vias respiratória, digestória, urinária e órgãos reprodutores.

Estrutura do músculo liso

As células musculares lisas se chamam fibras devido à sua forma alongada. Cada fibra afunila nas extremidades e possui um núcleo localizado centralmente (Figura 23.8b). Normalmente, essas fibras têm um diâmetro de 3-8 μm e um comprimento que varia de 15 μm a 200 μm . Elas são separadas umas das outras por um tecido conjuntivo delicado, o endomísio. Nas paredes das vísceras ocas, as fibras são agrupadas em *lâminas* de tecido muscular liso. Na maioria das vezes, há duas lâminas com as fibras orientadas em ângulos retos entre si. Na **camada longitudinal** localizada mais externamente, as fibras musculares seguem em paralelo com o eixo longitudinal do órgão; na **camada circular** mais profunda as fibras contornam a circunferência do órgão. A camada circular constribe o órgão oco e a camada longitudinal diminui o seu comprimento e aumenta a sua luz. Essas camadas musculares geram as ondas de contração e relaxamento alternadas que impelem as substâncias através do órgão pelo peristaltismo.

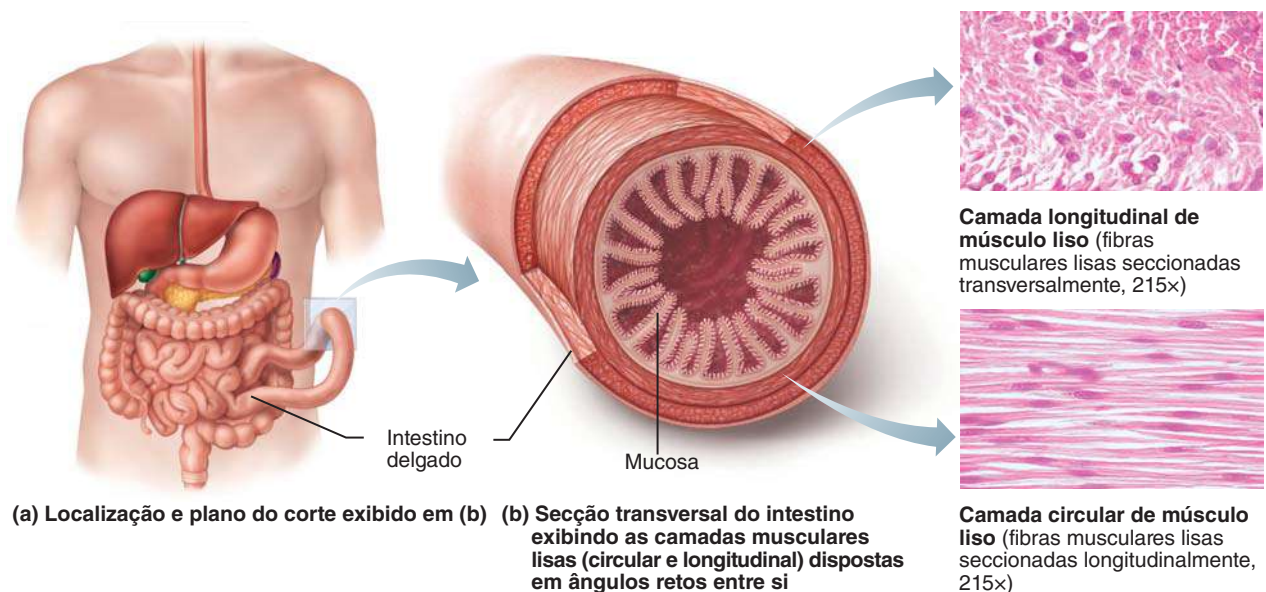


Figura 23.8 Organização do músculo liso nas paredes dos órgãos ocos.

Quando visualizadas pelo microscópio de luz, as fibras musculares lisas não possuem estrias. O microscópio eletrônico confirma que não existem sarcômeros. No entanto, há filamentos interdigitantes grossos e finos. Esses miofilamentos contráteis se situam quase em paralelo com o eixo longitudinal da fibra, mas em um ângulo ligeiramente oblíquo, e preenchem grande parte do volume celular.

Mecanismo de contração

Os miofilamentos no músculo liso operam interagindo com os elementos do citoesqueleto (**Figura 23.9a**). Os *filamentos intermediários* resistentes à tensão se estendem pela célula em uma organização similar a uma treliça. Junto com esses filamentos intermediários existem **corpos densos** em intervalos regulares ancorando os filamentos finos. Esses corpos densos correspondem às estrias Z do músculo esquelético. Através dessa conexão de ancoragem, os miofilamentos deslizantes encurtam a célula muscular tracionando o citoesqueleto (Figura 23.9b). Os corpos densos conectados ao sarcolema também ligam a célula muscular ao endomísio fora da célula e às células adjacentes, transmitindo a força contrátil para o tecido conjuntivo circundante. Isso contribui para a contração sincronizada da maior parte do músculo liso.

Assim como no músculo esquelético e cardíaco, a entrada do Ca^{2+} no sarcoplasma estimula a fibra muscular lisa a contrair. Alguns desses íons de cálcio são provenientes do fluido extracelular e passam por minúsculas invaginações esféricas do sarcolema, chamadas *cavéolas* (Figura 23.9a). Essas invaginações confinam porções de fluido extracelular, permitindo que altas concentrações de Ca^{2+} sejam isoladas perto da superfície da membrana. Os íons Ca^{2+} também são armazenados e liberados por um retículo sarcoplasmático intracelular (não ilustrado).

A contração do músculo liso é lenta, sustentada e resistente à fadiga. Embora o músculo liso leve 30 vezes mais tempo para contrair e relaxar do que o músculo

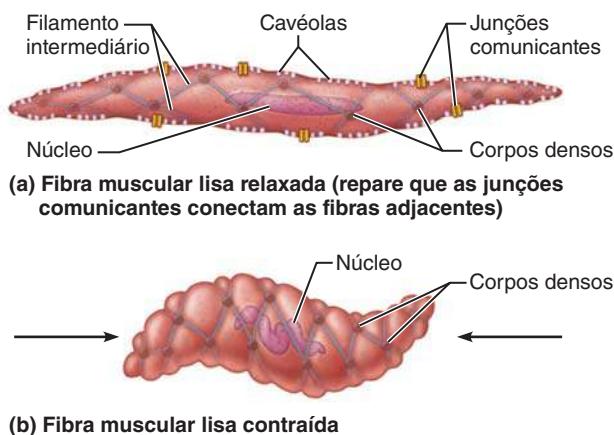


Figura 23.9 Elemento do citoesqueleto envolvido na contração do músculo liso.

esquelético, ele consegue manter sua força contrátil por um longo tempo sem fadigar. Essa é uma característica valiosa porque o músculo liso nas paredes das pequenas artérias e nas vísceras precisa sustentar um grau de contração moderado dia após dia sem entrar em fadiga. Como os requisitos de energia do músculo liso são baixos, as mitocôndrias não são abundantes em suas fibras.

Inervação do músculo liso e das glândulas

Não temos controle voluntário direto sobre a contração do músculo liso, já que ele é innervado pelo SNA. Em geral, *apenas algumas fibras musculares lisas em cada camada de músculo são innervadas e o impulso se espalha através das junções comunicantes entre as fibras adjacentes*. Através dessa comunicação intercelular, a camada inteira contrai como uma única unidade. Essa organização se chama *inervação unitária*. Existem exceções: na íris do olho e nos músculos eretores dos pelos, todas as fibras musculares lisas são innervadas individualmente, uma organização chamada *inervação multiunitária*. Além disso, a contração do músculo liso nem sempre requer um sinal nervoso — ela pode ser estimulada pelo alongamento das fibras musculares ou por hormônios. A contração da parede muscular do útero durante o trabalho de parto e o próprio parto é um exemplo excelente de estímulo por alongamento e estímulo hormonal que provocam a contração do músculo liso.

Os contatos entre os neurônios motores viscerais e os efetores viscerais (músculo liso, músculo cardíaco e glândulas) são muito mais simples do que as junções neuromusculares elaboradas existentes no músculo esquelético (consulte a Tabela 10.2, p. 254 e 255, para obter uma comparação). Perto do músculo liso ou das células glandulares que inerva, um axônio motor visceral exibe uma fileira de botões dilatados (varicosidades) semelhantes a contas em um colar (**Figura 23.10**). Essas varicosidades são os terminais pré-sinápticos que contêm vesículas sinápticas preenchidas com neurotransmissores. Alguns desses terminais do axônio formam endentações rasas na membrana da célula efetora, mas muitos permanecem a uma distância considerável de qualquer célula. Como leva tempo para os neurotransmissores difundirem através dessas fendas sinápticas amplas, as respostas motoras viscerais tendem a ser mais lentas do que os reflexos motores somáticos.

Sistema nervoso entérico O músculo liso e as glândulas do tubo digestório são controlados em grande parte pelo **sistema nervoso entérico** independente (*entérico* = intestinal). Esse “cérebro no intestino” é composto de mais de 100 milhões de neurônios — tanto quanto os existentes na medula espinal inteira — e está situado inteiramente dentro da parede do tubo digestório. Dentro da parede os *neurônios entéricos* formam arcos reflexos de neurônios sensitivos, interneurônios e

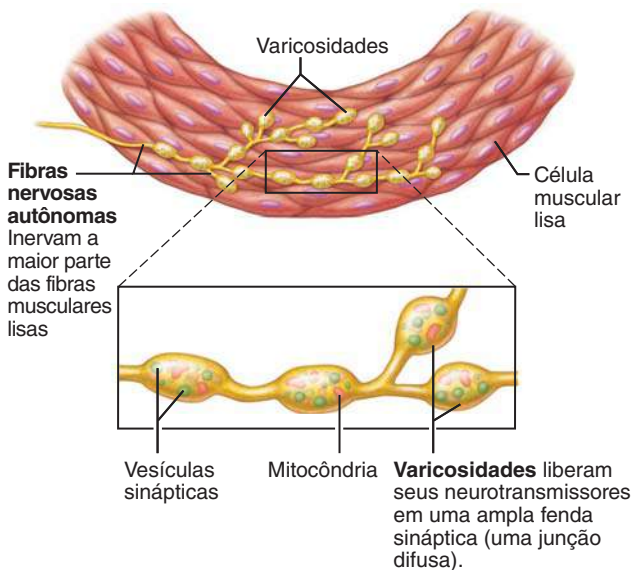


Figura 23.10 Inervação do músculo liso.

neurônios motores que controlam a atividade muscular e secretória dos órgãos digestórios em resposta ao conteúdo da sua luz. Os neurônios entéricos estão situados nos dois plexos nervosos viscerais dentro da parede do tubo digestório (Figura 23.7a).

- O **plexo mioentérico** (“músculo intestinal”) está na muscular externa entre as camadas circular e longitudinal. Sua ação controla o peristaltismo e a segmentação.
- O **plexo submucoso** situa-se na submucosa. As fibras nervosas se estendem para o interior da víscera e determinam a secreção das glândulas na mucosa e a contração muscular da mucosa.

Apesar de o sistema nervoso entérico poder funcionar de maneira independente, ele está ligado ao SNC e é influenciado por ele:

- As fibras sensitivas viscerais nos nervos vagos e esplâncnicos transmitem estímulos do tubo digestório para o SNC.
- As fibras motoras viscerais do SNA (simpáticas e parassimpáticas, Capítulo 15) influenciam a atividade dos neurônios entéricos. As fibras simpáticas pós-ganglionares, fibras parassimpáticas pré-ganglionares e neurônios parassimpáticos pós-ganglionares fazem sinapse com os neurônios entéricos. A informação parassimpática estimula as funções digestórias, aumentando a atividade do músculo liso e das glândulas do tubo digestório; a estimulação simpática inibe a função digestória.

✓ Verifique seu conhecimento

- 5. Cite os nomes das três subcamadas da mucosa. Qual subcamada forma as glândulas intrínsecas que produzem as secreções digestórias?

- 6. Cite o nome da camada de tecido do tubo digestório responsável pelo peristaltismo e pela segmentação.
- 7. Cite as diferenças entre o músculo liso e o músculo esquelético, observando as diferenças no formato da célula, número e localização dos núcleos em cada célula, presença ou ausência de estrias, inervação, estímulo de contração e resistência à fadiga.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Boca e órgãos anexos

Objetivo de aprendizagem:

- descrever a anatomia macroscópica e microscópica e as funções básicas da boca, dos dentes, das glândulas salivares e da faringe.

Boca

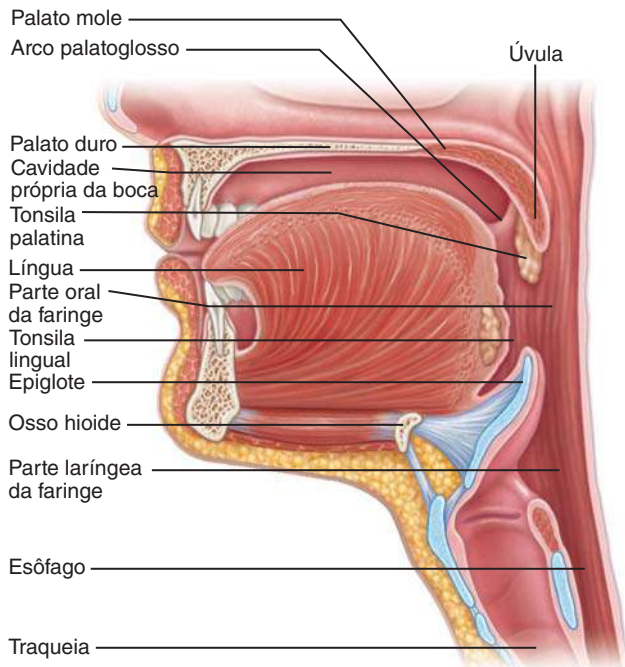
O alimento entra no tubo digestório pela boca, onde é mastigado, preparado pela língua e umedecido pela saliva. A **boca**, ou **cavidade oral** (Figura 23.11), é revestida por mucosa cujos limites são os lábios anteriormente, as bochechas lateralmente, o palato superiormente e a língua inferiormente. Sua abertura anterior é a **rima da boca**. Posteriormente, a boca margeia as fauces da parte oral da faringe (ver p. 678).

A boca é dividida em vestíbulo da boca e cavidade própria da boca. O **vestíbulo da boca** é a fenda entre os dentes e as bochechas (ou lábios). Quando você escova a superfície externa dos seus dentes, a escova está no vestíbulo da boca. A **cavidade própria da boca** é a região situada internamente em relação aos dentes.

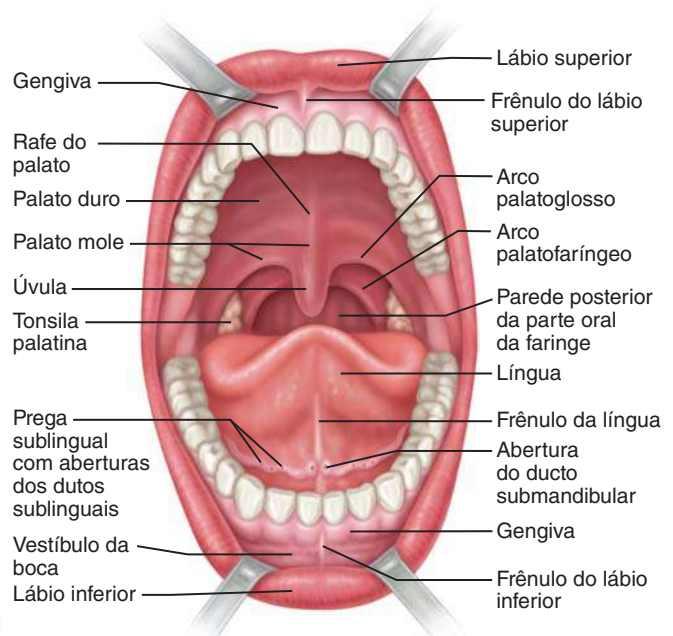
Histologia da boca As paredes da cavidade oral consistem em apenas algumas camadas de tecido: uma mucosa interna composta apenas por um epitélio e lâmina própria, uma mucosa fina em algumas áreas e uma camada externa de músculo ou osso. O revestimento da boca, um epitélio estratificado pavimentoso espesso, a protege da abrasão por pedaços de alimento afiados durante a mastigação. Na língua, palato, lábios e gengivas esse epitélio pode exibir uma ligeira queratinização, proporcionando proteção extra contra a abrasão.

Lábios e bochechas Os **lábios** e as **bochechas**, que ajudam a manter o alimento dentro da boca durante a mastigação, são compostos de um núcleo de músculo esquelético coberto de pele. Enquanto as bochechas são formadas majoritariamente pelos músculos bucinadores, o músculo orbicular da boca (p. 293) forma grande parte dos lábios.

Os lábios se estendem do limite inferior do nariz até o limite superior do mento (queixo). A **zona vermelha do lábio** (zona de transição) é a região onde a pele, altamente queratinizada, encontra a mucosa oral. Essa região é



(a) Corte sagital da cavidade oral e da faringe



(b) Vista anterior

Figura 23.11 Anatomia da boca.

pouco queratinizada e transparente, portanto ela tem a cor avermelhada devido ao sangue nos capilares subjacentes. Como essa zona de transição carece de glândulas sudoríferas e sebáceas, ela precisa ser umidificada com saliva periodicamente para evitar ressecamento e rachaduras. O **frênulo do lábio** (“pequeno freio do lábio”) é uma prega mediana que conecta a face interna de cada lábio com a gengiva (Figura 23.11b).

Palato O **palato**, que forma o teto da boca, possui duas partes distintas: o *palato duro* anteriormente e o *palato mole* posteriormente (Figura 23.11). O palato duro, ósseo, forma uma superfície rígida contra a qual a língua força o alimento durante a mastigação. O palato mole muscular é um retalho móvel que se ergue para fechar a parte oral da faringe durante a deglutição. Para demonstrar essa ação, tente respirar e deglutir ao mesmo tempo. A separação das cavidades nasal e oral pelo palato é característica dos mamíferos, sendo essencial para produzir a sucção necessária para amamentar os bebês (ver a discussão sobre fenda palatina no Capítulo 7, p. 187). Mergulhando inferiormente a partir da margem livre do palato mole encontra-se a úvula. Lateralmente, o palato mole fixa-se à língua pelos **arcos palatoglossos** e à parede da parte oral da faringe pelos **arcos palatofaríngeos** (Figura 23.11b). Essas duas pregas formam os limites das fauces, a área arqueada da parte oral da faringe que contém as tonsilas palatinas.

Língua

A **língua**, que ocupa o assoalho da boca (Figura 23.11), é predominantemente um músculo construído

por fascículos entrelaçados de fibras musculares esqueléticas. Durante a mastigação, a língua comprime o alimento e o reposiciona constantemente entre os dentes. Os movimentos da língua também misturam o alimento com a saliva e formam uma massa compacta chamada *bolo alimentar*; depois, durante a deglutição, a língua se move posteriormente para empurrar o bolo para a faringe. Na fala, a língua ajuda a formar algumas consoantes (*k, d, t e l*, por exemplo). Finalmente, ela abriga a maioria dos cálculos gustatórios.

A língua tem fibras musculares intrínsecas e extrínsecas. Os **músculos intrínsecos**, que estão confinados na língua e não se conectam aos ossos, possuem fibras que seguem em vários planos diferentes. Esses músculos mudam a forma da língua, por exemplo, enrolando a língua, mas não mudam a sua posição. Os **músculos extrínsecos** se estendem até a língua a partir dos ossos do crânio e do osso hioide (ver p. 295 e 296). Esses músculos extrínsecos alteram a posição da língua: eles a projetam, retraem e movem lateralmente. A língua é dividida por um septo mediano de tecido conjuntivo e as duas metades contêm grupos de músculos idênticos.

Uma prega de mucosa na face inferior da língua, o **frênulo da língua** (Figura 23.11b), é responsável por manter a língua no assoalho da boca e limitar seus movimentos posteriores. Os indivíduos em que o frênulo da língua é anormalmente curto ou se estende excepcionalmente na direção anterior são considerados de “língua presa,” e sua fala é distorcida devido à restrição de movimentos da língua. Essa condição congênita, cha-

mada **anquiloglossia** (“língua fundida”), é corrigida cirurgicamente cortando o frênulo.

O dorso da língua (Figura 23.12) é coberta por três tipos principais de projeções cilíndricas: as *papilas filiformes*, *fungiformes* e *valadas*. Os termos *papilas* e *calículos gustatórios* não são sinônimos. As papilas fungiformes e valadas *contêm* os calículos.

As **papilas filiformes** cônicas, pontiagudas e queratinizadas tornam a língua áspera, permitindo a prensão e o preparo do alimento durante a mastigação. Essas papilas menores e mais numerosas se alinham em fileiras paralelas. Elas conferem à superfície da língua a sua aparência esbranquiçada e aveludada.

As **papilas fungiformes**, que se assemelham a minúsculos cogumelos, possuem um cerne vascular que lhes confere a cor vermelha. Embora menos abundantes do que as papilas filiformes, elas estão bem espalhadas sobre a superfície da língua. Os calículos gustatórios ocorrem no epitélio nos *ápices* dessas papilas.

De 10 a 12 grandes **papilas valadas** alinham-se em uma fileira em forma de V, delimitando o terço posterior da língua, imediatamente anterior a um sulco chamado **sulco terminal**, que marca o limite entre a boca e a faringe. Cada papila valada é circundada por uma crista circular, da qual é separada por um sulco profundo. Os calículos gustatórios ocupam o epitélio lateral dessas papilas (ver Figura 16.1, p. 507).

O terço posterior da língua, situado na parte oral da faringe e não na boca, não é coberto por papilas, mas pelas *tonsilas linguais*.

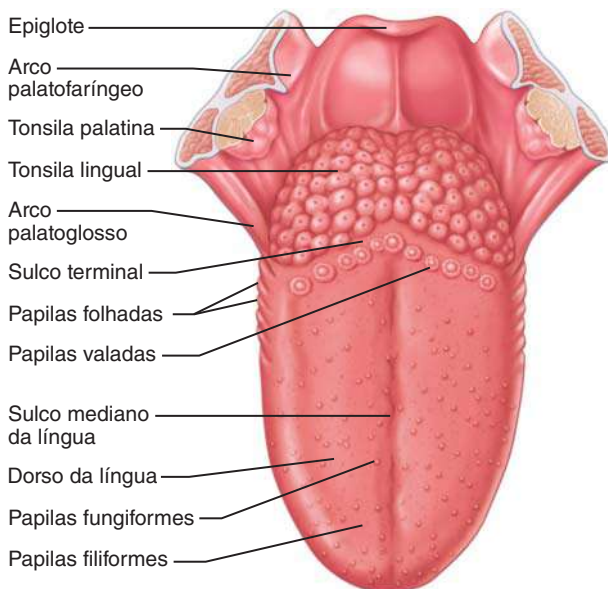


Figura 23.12 Dorso da língua. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human Body*, 2. ed. Figura 62.)

Dentes

Os **dentes** situam-se em encaixes (alvéolos) nas margens da mandíbula e maxilas cobertas por gengiva. Nós mastigamos erguendo e baixando a mandíbula e movendo-a de um lado para o outro enquanto usamos a língua para posicionar o alimento entre os dentes. No processo, os dentes laceram e trituram o alimento, decompondo-o em fragmentos menores.

Dentição e a fórmula dental Durante a vida, os seres humanos têm dois conjuntos de dentes, ou *dentições*. Aos 21 anos, a dentição primária, chamada **dentição decídua** (ou de leite), foi substituída pela **dentição permanente** (Figura 23.13).

Em aproximadamente 6 meses, os incisivos centrais inferiores são os primeiros a aparecer entre os dentes decíduos. Outros pares de dentes irrompem em intervalos variados, até todos os 20 dentes decíduos terem surgido por volta dos 2 anos de idade. À medida que os **dentes permanentes** crescem e se desenvolvem, as raízes dos dentes decíduos são reabsorvidas até eles afrouxarem e caírem, normalmente entre os 6 a 12 anos de idade (Figura 23.13). Geralmente, no final da adolescência todos os dentes permanentes irromperam, exceto os terceiros molares (também chamados *dentes do siso*), que surgem entre os 17 e 25 anos de idade. Existem 32 dentes permanentes em um conjunto completo, mas em algumas pessoas os dentes do siso são completamente ausentes ou não irrompem.

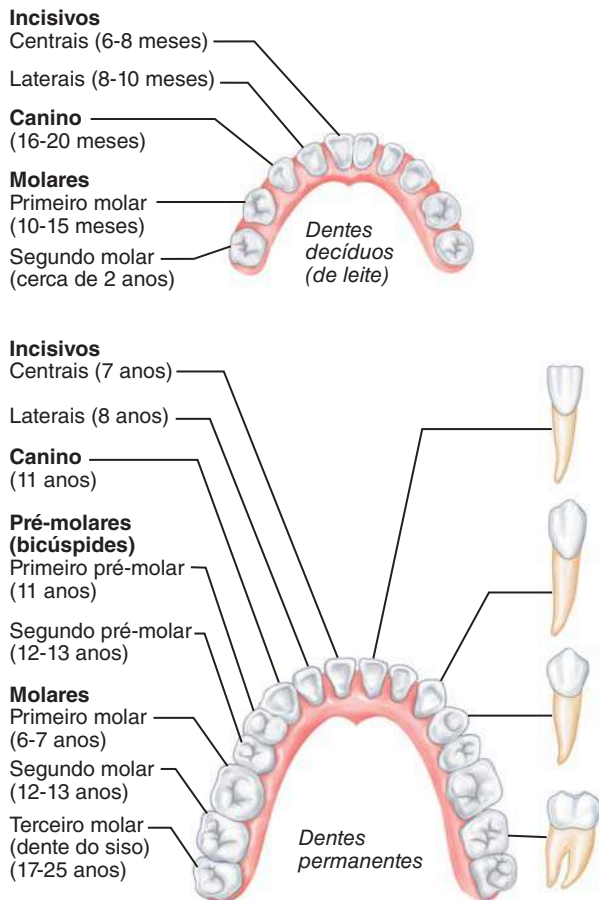


APLICAÇÃO CLÍNICA

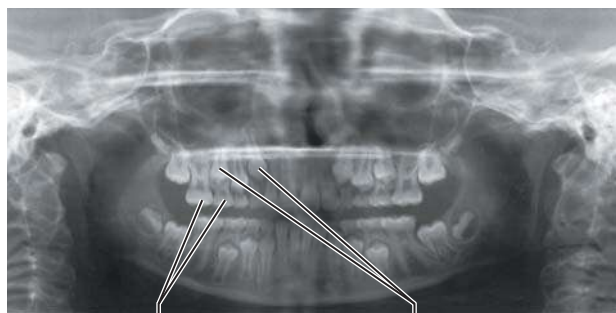
Dentes impactados Em vez de emergir normalmente, um dente pode permanecer incluso no osso e empurrar as raízes de outros dentes. O **dente impactado** causa pressão e dor, tendo que ser removido por um dentista ou cirurgião oral. Os dentes do siso são os impactados com mais frequência.

Os dentes são classificados, de acordo com a sua forma e função, como incisivos, caninos, pré-molares e molares (Figura 23.13). Os **incisivos** em forma de cinzel são adaptados para cortar pedaços de alimento e os **caninos** cônicos perfuram e dilaceram. Os **pré-molares** (bicúspides) e os **molares** têm coroas largas com *cúspides* arredondadas (saliências de superfície) para triturar o alimento. Os molares possuem quatro ou cinco cúspides e são os melhores trituradores. Durante a mastigação, os molares superiores e inferiores se encontram repetidamente, com as cúspides dos superiores se encaixando nas depressões dos inferiores, e vice-versa. Essa ação gera forças de esmagamento potentes.

A *fórmula dental* é uma forma abreviada de indicar os números e as posições relativas das diferentes clas-



(a)



Dentes decíduos Dentes permanentes

(b)

Figura 23.13 Dentição humana. (a) Dentes decíduos e permanentes da mandíbula. As idades aproximadas nas quais os dentes irrompem estão exibidas entre parênteses. As formas de cada dente são exibidas à direita. (b) Imagem de raios X da boca de uma criança de 7 anos de idade.

ses de dentes na boca. Essa fórmula é escrita a partir dos superiores para os inferiores, relativa à metade da boca (já que as metades direita e esquerda são iguais). O número total de dentes é calculado multiplicando-se a fórmula dental por 2. A fórmula da dentição per-

manente (dois incisivos, um canino, dois pré-molares e três molares) é:

$$\frac{2I, 1C, 2P, 3M}{2I, 1C, 2P, 3M} \times 2 \text{ (igual a 32 dentes)}$$

A fórmula dental para os dentes decíduos é:

$$\frac{2I, 1C, 2M}{2I, 1C, 2M} \times 2 \text{ (igual a 20 dentes)}$$

Vasos e nervos Os dentes superiores são inervados pelos nervos alveolares superiores, ramos do nervo maxilar do trigêmeo (nervo craniano V). Os dentes inferiores são inervados pelos nervos alveolares inferiores, ramos do nervo mandibular do trigêmeo. O suprimento arterial dos dentes é proveniente das artérias alveolares superiores e inferiores, que são ramos da artéria maxilar da carótida externa.

Estrutura dos dentes Cada dente tem duas regiões principais: a **coroa** exposta e as **raízes** no alvéolo. Essas regiões se encontram no **colo** perto da linha da gengiva (**Figura 23.14**). A superfície da coroa, exposta às forças da mastigação, é coberta por uma camada de **esmalte**, a substância mais dura no corpo, com 0,96 mm a 1,6 mm de espessura. O esmalte não tem células e vasos, e 99% de sua massa consistem em cristais de hidroxiapatita densamente compactados (os mesmos sais de cálcio encontrados no osso), organizados em bastões ou prismas resistentes à força, orientados perpendicularmente à superfície do dente.

A **dentina** é subjacente à capa de esmalte e forma o volume do dente. É um tecido similar ao ósseo, com componentes minerais e colágenos, porém é mais duro e não possui vasos sanguíneos internos. A dentina contém estrias radiais únicas chamadas **túbulos dentinários**.

A **cavidade pulpar**, no centro do dente, é preenchida com **polpa dentária**, um tecido conjuntivo frouxo contendo os vasos e nervos do dente. A polpa fornece nutrientes para os tecidos duros do dente e é responsável por promover a sensibilidade. A parte da cavidade pulpar na raiz é o **canal da raiz do dente**, cuja abertura no ápice de cada raiz constitui o **forame do ápice do dente**. Quando um dente é danificado por um golpe ou por uma cavidade profunda, a polpa pode morrer e infeccionar. Nesses casos, deve ser realizado o **tratamento de canal**. Nesse procedimento, toda a polpa é perfurada e a cavidade pulpar é esterilizada e preenchida com um material artificial e inerte antes de o dente receber uma nova coroa.

A superfície externa da raiz é coberta por um tecido conjuntivo calcificado chamado **cemento**. Essencialmente uma camada óssea, o cemento conecta o dente ao **periodonto** (“em volta do dente”) ou liga-

mento periodontal, que prende o dente no alvéolo. O ligamento periodontal é contínuo com a **gengiva** no colo dentário.

As **cáries dentárias** resultam de uma desmineralização gradual do esmalte e da dentina pela ação bacteriana. O processo inicia-se com o acúmulo de **placa dentária**, uma película de carboidratos, bactérias e outros resíduos que aderem aos dentes. O metabolismo dos açúcares aprisionados pelas bactérias produz ácidos que dissolvem os sais de cálcio dos dentes. Depois que os sais de cálcio são lixiviados (ou seja, são “excluídos da matriz do dente”), a matriz orgânica remanescente é decomposta por enzimas bacterianas digestoras de proteínas. A escovação diária e frequente remove a placa bacteriana e evita a deterioração dos dentes.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Doença gengival Ainda mais sério do que a cárie dentária é o efeito da placa sobre as gengivas. À medida que a placa se acumula em volta dos colos dentários, as bactérias contidas liberam toxinas que irritam as gengivas e fazem com que elas se afastem dos dentes. A placa calcifica em uma camada chamada **cálculo** (“pedra”), na qual mais placa se acumula, inflamando ainda mais as gengivas. Essa condição, chamada **gengivite**, pode ser revertida se o cálculo for removido, mas se for negligenciada as bactérias invadem os tecidos do periodonto, formando bolsas de infecção que destroem o ligamento periodontal e dissolvem o osso em volta dos dentes. Chamada **periodontite**, essa condição começa por volta dos 35 anos de idade e afeta 75% das pessoas. (A periodontite costuma resultar na perda dos dentes e é o motivo para muitas pessoas usarem próteses.) Apesar disso, a perda dos dentes não é inevitável. Mesmo os casos avançados de periodontite podem ser tratados limpando-se as bolsas infectadas em volta das raízes e depois cortando e costurando as gengivas para reduzir as bolsas. Produtos em gel disponibilizados recentemente são injetados nas bolsas; eles contêm antibióticos ou substâncias que estimulam a regeneração da gengiva, do cimento e do ligamento periodontal.

Os dentistas recomendam que as pessoas passem fio dental entre os dentes diariamente, começando na infância, já que o fio dental remove as placas e minimiza as chances de desenvolver periodontite e perder os dentes na idade adulta.

Glândulas salivares

As glândulas salivares produzem **saliva**, uma mistura complexa de água, íons, muco e enzimas, que desempenha muitas funções: umedece a boca, dissolve substâncias químicas alimentares para que possam ser degustadas, molha o alimento e compacta o alimen-

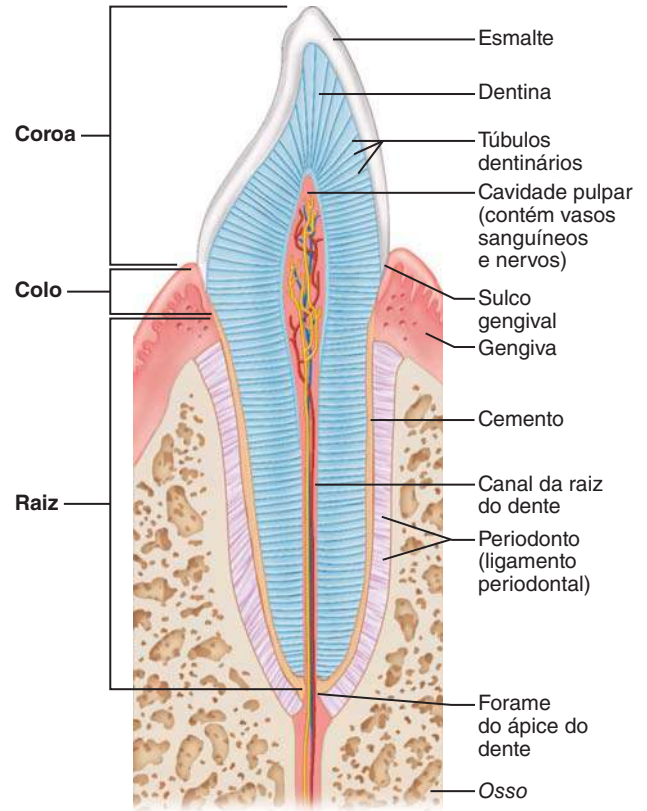


Figura 23.14 Corte longitudinal de um dente canino no interior de seu alvéolo.

to como um bolo. Suas enzimas, a amilase e a lipase salivares, começam a digestão dos carboidratos e gorduras. A saliva contém um tampão de bicarbonato que neutraliza os ácidos produzidos pelas bactérias orais e que iniciam a cárie dentária. Além disso, ela contém enzimas bactericidas, substâncias antivirais, anticorpos e um composto de cianeto — todos eles são capazes de eliminar microrganismos orais nocivos. A saliva também contém proteínas que estimulam o crescimento de bactérias benéficas que superam competitivamente as bactérias nocivas na boca.

Todas as **glândulas salivares** são glândulas tubuloalveolares compostas. As **glândulas salivares menores (intrínsecas)** estão espalhadas na mucosa da língua, palato, lábios e bochechas. A saliva dessas glândulas mantém a boca úmida o tempo inteiro. Por outro lado, as **glândulas salivares maiores (extrínsecas)**, situadas fora da boca e conectadas a ela através de seus ductos (**Figura 23.15**), secretam saliva apenas durante, ou antes, da refeição, tornando a boca molhada. Esses pares de glândulas salivares importantes são as **glândulas parótida, submandibular e sublingual**.

A maior glândula é a **parótida**. Fiel ao seu nome (*par* = perto; *ótida* = a orelha), ela se situa anterior à orelha, entre o músculo masseter e a pele (**Figura 23.15a**). Seu **ducto parotídeo** segue em paralelo com o arco zigomático, perfura o músculo bucinador (da

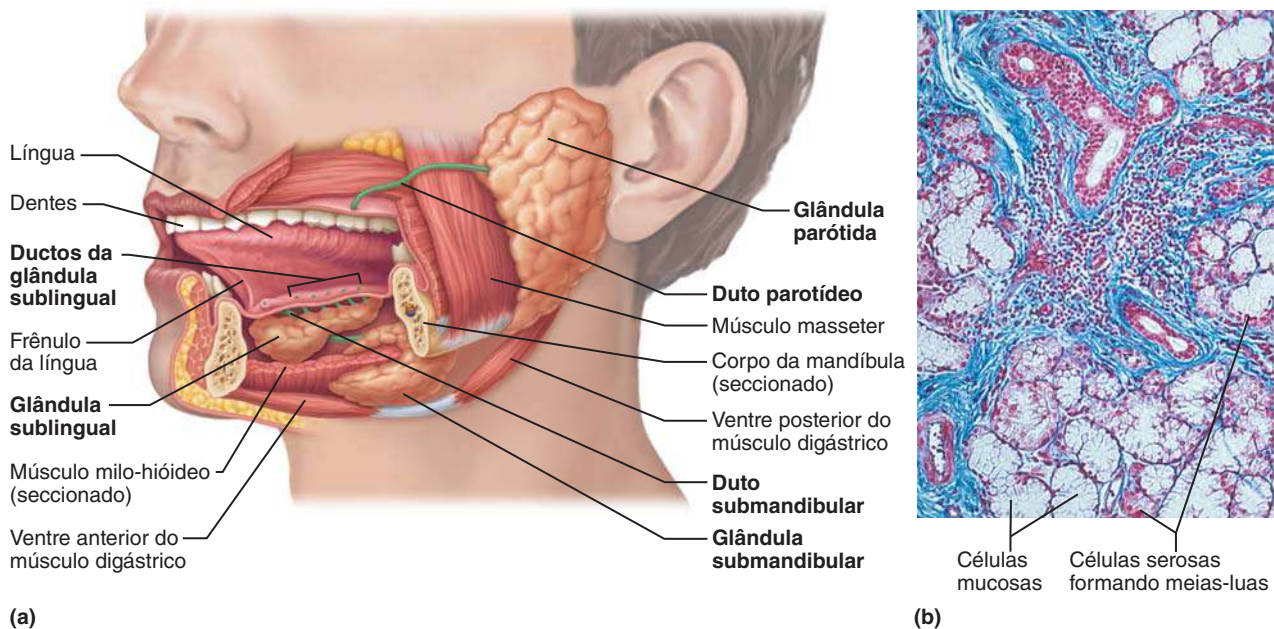


Figura 23.15 Principais glândulas salivares. (a) Glândulas parótida, submandibular e sublingual e seus ductos. (b) Fotomicrografia da glândula sublingual (150×), uma glândula mista contendo principalmente células mucosas (brancas) com algumas células serosas (roxas). As células serosas podem formar meias-luas em volta das bases das células mucosas.

bochecha) e se abre no vestíbulo da boca, lateral ao se-
gundo molar superior. A secreção do ducto parotídeo é
estimulada pelo nervo glossofaríngeo (nervo craniano
IX). Como os ramos do nervo facial passam pela glân-
dula parótida em seu caminho até os músculos da face,
a cirurgia nessa glândula pode levar à paralisia facial.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Caxumba Vírus que se espalha de uma pessoa para outra na saliva, provocando **caxumba**. Seu sintoma predominante é a inflamação e o inchaço da glândula parótida. Quando uma pessoa com caxumba abre a boca ou mastiga, os movimentos da mandíbula empurram as glândulas parótidas e os músculos masseter inchados comprimem essas glândulas, causando dor.

A **glândula submandibular**, que tem aproximadamente o tamanho de uma noz, situa-se ao longo da face medial do corpo da mandíbula, imediatamente anterior ao ângulo da mandíbula. Seu ducto se abre no assoalho da boca, imediatamente lateral ao frênulo da língua (ver Figura 23.11b).

A **glândula sublingual** situa-se no assoalho da cavidade oral, inferior à língua. Seus 10 a 12 ductos se abrem na boca, diretamente superiores à glândula (Figura 23.15a). As glândulas sublingual e submandibular são inervadas pelo nervo facial (nervo craniano VII).

Anatomia microscópica As células secretórias das glândulas salivares são *células serosas* que produzem

uma secreção aquosa contendo enzimas e íons de saliva e *células mucosas* que produzem muco (Figura 23.15b). (Porém, como hoje se sabe que as células serosas nas glândulas salivares humanas também secretam uma pequena quantidade de muco, alguns cientistas se referem a essas células como *células seromucosas*.) A glândula parótida contém apenas células serosas; as glândulas submandibular e salivares menores são glândulas mistas contendo células serosas e mucosas; e a glândula sublingual, embora também seja uma glândula mista, contém principalmente células mucosas. Os menores ductos de todas as glândulas salivares são formados por um epitélio cúbico simples.

Faringe

A partir da boca, o alimento deglutido passa posteriormente para a **parte oral da faringe** e depois para a **parte laríngea da faringe** (Figura 23.11a), com ambas sendo vias de passagem para alimento, líquidos e ar. Os músculos do pescoço e da faringe (Tabela 11.5, p. 297) contraem na sequência para completar o processo de deglutição:

1. Os *músculos supra-hióideos* erguem a laringe superiormente e anteriormente para posicioná-la embaixo da epiglote, fechando assim a via aérea para que o alimento não seja inalado para os pulmões.
2. Os três *músculos constritores da faringe* — superior, médio e inferior (exibidos na Figura 11.11c, p. 299) — circundam a faringe e sobrepõem parcialmente um ao outro. Como três punhos cerrados e

empilhados, eles contraem no sentido crânio-caudal para impelir o bolo para o interior do esôfago. Os músculos da faringe são músculos esqueléticos inervados por neurônios motores somáticos transportados pelo nervo vago (nervo craniano X).

- Os *músculos infra-hióideos* tracionam o osso hioide e a laringe inferiormente, devolvendo-os às suas posições originais.

A histologia da parede faríngea lembra a da boca: a mucosa da parte oral da faringe e da parte laríngea da faringe é revestida por um epitélio estratificado pavimentoso que protege contra a abrasão. (O alimento deglutido contém frequentemente partículas ásperas após ser mastigado.) A camada muscular externa consiste nos constritores da faringe.

✓ Verifique seu conhecimento

- Que tipo de epitélio forma a mucosa que reveste a cavidade oral e a faringe?
- Cite os nomes das três principais glândulas salivares. Sobre quais moléculas de nutrientes as enzimas na saliva agem?
- Qual nervo craniano supre os dentes? Quais ramos destinam-se, respectivamente, aos dentes da maxila e da mandíbula?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Esôfago

Objetivo de aprendizagem:

- descrever a anatomia macroscópica e microscópica do esôfago.

Anatomia macroscópica

O **esôfago** é um tubo muscular que impele o alimento deglutido para o estômago. Sua luz é colapsada quando está vazio. O esôfago começa como uma continuação da faringe na metade do pescoço, desce pelo tórax na superfície anterior da coluna vertebral (ver Figura 23.1) e passa pelo *hiato esofágico* no diafragma, entrando no abdome (ver Figura 11.13b, p. 305). Sua parte abdominal, que tem apenas 2 cm de comprimento, une-se ao estômago no **óstio cardíco** que se fecha a fim de evitar a regurgitação dos sucos estomacais ácidos para o esôfago. A única evidência anatômica da presença de um esfíncter nessa região é um espessamento mínimo do músculo liso na parede. As margens do hiato esofágico no diafragma também ajudam a evitar a regurgitação.

Anatomia microscópica

Diferentemente da boca e da faringe, a parede do esôfago (**Figura 23.16a**) contém todas as quatro camadas do tubo digestório: *mucosa*, *submucosa*, *muscular externa* e *adventícia*. As seguintes características histológicas são interessantes:

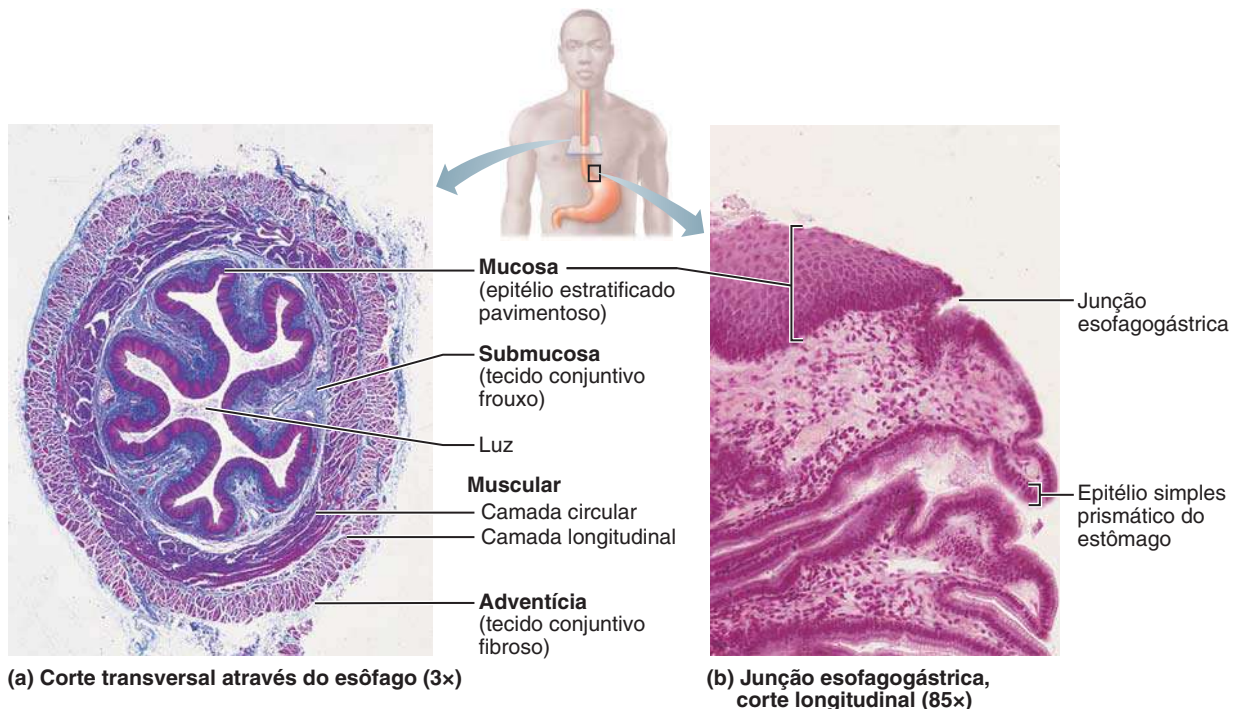


Figura 23.16 Estrutura microscópica do esôfago. Em (b), repare na mudança abrupta entre o epitélio estratificado pavimentoso que reveste o esôfago e o epitélio simples prismático que reveste o estômago. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 42.)

- O epitélio mucoso é um epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado. Na junção do esôfago e do estômago (junção esofagogástrica), essa camada espessa e resistente à abrasão muda abruptamente para o epitélio simples prismático e delgado do estômago, especializado para secreção (Figura 23.16b).
- Quando o esôfago está vazio, sua mucosa e submucosa formam pregas longitudinais, mas durante a passagem do bolo alimentar, essas pregas se achatam.
- A submucosa contém glândulas mucosas, principalmente glândulas alveolares, que se estendem até a luz. À medida que o alimento passa, ele comprime essas glândulas, fazendo-as secretarem um muco lubrificante, que auxilia na passagem do alimento pelo esôfago.
- A muscular consiste em músculo esquelético no terço superior do esôfago, uma mistura de músculo liso esquelético e liso no terço médio e músculo liso no terço inferior. Essa organização é fácil de lembrar se o esôfago for interpretado como a zona onde o músculo esquelético da boca e da faringe dá lugar ao músculo liso do estômago e dos intestinos.
- A camada mais externa é uma adventícia, não uma serosa, pois o segmento torácico do esôfago não está suspenso na cavidade peritoneal.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hérnia de hiato e doença do refluxo gastroesofágico Na **hérnia de hiato**, a parte superior do estômago abre caminho para o interior do tórax através de um hiato esofágico dilatado, devido ao enfraquecimento das fibras musculares diafragmáticas ao seu redor. Como o diafragma não reforça mais a ação de um esfíncter no cárdio, os sucos estomacais ácidos são regurgitados de modo persistente, erodindo a parede do esôfago e causando uma dor de queimação.

A regurgitação associada com a hérnia de hiato é apenas uma forma da **doença do refluxo gastroesofágico (GERD)**, uma condição que afeta pelo menos 4% dos norte-americanos.² A maioria dos casos de GERD se deve ao relaxamento anormal ou à fraqueza do esfíncter cardíaco (e provavelmente do mecanismo de esfíncter do hiato esofágico). Os sintomas incluem queimação atrás do esterno, regurgitação do conteúdo estomacal e arroto. O paciente pode aspirar os ácidos arrotados, levando à rouquidão, tosse e asma brônquica. Após a exposição persistente ao conteúdo estomacal ácido, o terço inferior do esôfago desenvolve úlceras e o epitélio nesse ponto se torna anormal e pré-canceroso, uma condição chamada **esôfago de Barrett**. O tratamento, que costuma ser bem-sucedido, envolve a administração de antiácidos e medicamentos que diminuem a secreção dos ácidos estomacais. Nos casos graves, utiliza-se a técnica cirúrgica para reforçar a musculatura ao redor da óstio cárdico.

Estômago

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a anatomia macroscópica e microscópica do estômago;
- ▶ descrever a relação entre as modificações histológicas na parede do estômago e as atividades digestórias que nele ocorrem.

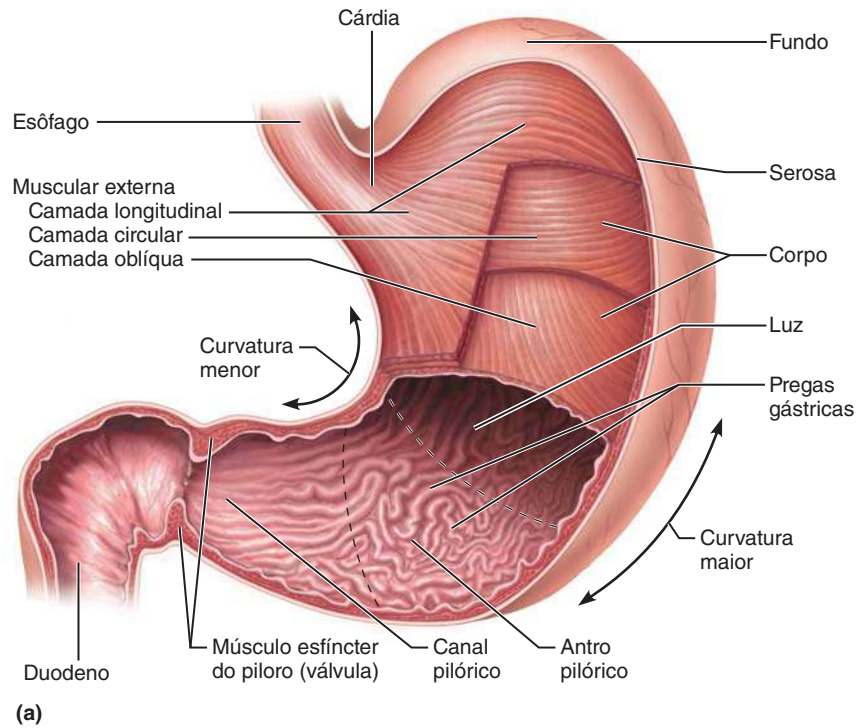
O **estômago**, que tem o formato da letra J (**Figura 23.17**), a parte mais larga do trato digestório, é um local de armazenamento temporário no qual o alimento é agitado e transformado em uma pasta chamada **quimo** (“suco”). O estômago também inicia a decomposição das proteínas alimentares secretando **pepsina** — uma enzima digestora de proteínas que só consegue atuar em condições ácidas — e ácido clorídrico, um ácido forte que destrói muitas bactérias nocivas no alimento. Embora a maioria dos nutrientes seja absorvida no intestino delgado, algumas substâncias são absorvidas pelo estômago, incluindo a água, os eletrólitos e alguns fármacos (aspirina e álcool). O alimento permanece no estômago por aproximadamente 4 horas.

Anatomia macroscópica

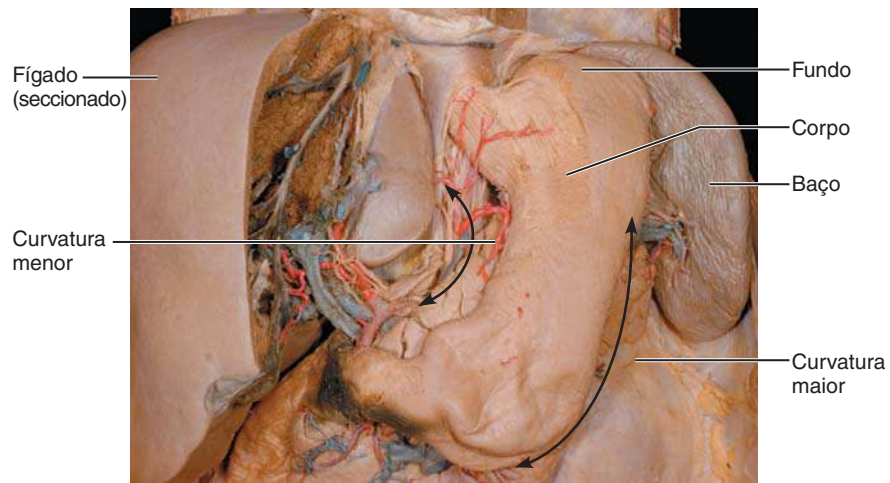
O estômago se estende do esôfago até o intestino delgado. O estômago situa-se na parte superior esquerda da cavidade peritoneal, nas regiões do hipocôndrio esquerdo, epigástrico e umbilical do abdome (ver Figura 23.2). Ele se situa imediatamente inferior ao diafragma e anterior ao baço e ao pâncreas. Sua parte superior é encoberta pelo lado esquerdo do fígado. Embora o estômago esteja preso em ambas as extremidades por conexões esofágicas e intestinais, ele se move bastante entre essas extremidades. O estômago tende a se situar mais superiormente e segue horizontalmente nas pessoas robustas e de baixa estatura e é alongado verticalmente em muitas pessoas altas e magras (estômago em forma de letra J). Quando cheio, um estômago em forma de J pode se estender suficientemente para baixo a ponto de alcançar a pelve!

As principais regiões do estômago são descritas a seguir (consulte a Figura 23.17a). A **cárdia** (“perto do coração”) é uma zona em forma de anel que circunda o óstio cárdico na junção com o esôfago. O **fundo**, a cúpula do estômago, é inferior ao diafragma. A grande parte média do estômago, o **corpo**, termina na **parte pilórica** em forma de funil, composta pelo **antro pilórico** mais largo e pelo **canal pilórico** mais estreito. A parte pilórica termina no **piloro** que contém o **músculo esfíncter do piloro** que controla a entrada do quimo no intestino. A superfície esquerda convexa do estômago é a sua **curvatura maior** e a margem direita côncava é a **curvatura menor**. Os omentos maior e menor, mesentérios que conectam o estômago (p. 708), recebem seus nomes por sua conexão com essas curvaturas.

² Nota do editor: segundo pesquisa realizada pelo Datafolha, 12% dos brasileiros sofrem com refluxo gastroesofágico.



(a)



(b)

Figura 23.17 Anatomia macroscópica do estômago. (a) Regiões básicas do estômago e anatomia macroscópica interna. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 69a.) (b) Fotografia da superfície externa do estômago *in situ*.

A estrutura do estômago contribui para a sua grande capacidade de distensão — ele abriga facilmente 1,5 litro de alimento e possui uma capacidade máxima de 4 litros, aproximadamente. A superfície interna do estômago vazio contém muitas pregas de mucosa longitudinais, as **pregas gástricas** (rugae) (Figura 23.17), que achatam à medida que o estômago enche; a expansão de volume resultante acomoda a quantidade crescente de alimento dentro do estômago.

Vasos e nervos O estômago é innervado por fibras simpáticas que derivam dos nervos esplâncnicos torácicos por meio do plexo celíaco e por fibras parassimpáticas que derivam do vago. Essas fibras autônomas influenciam a atividade dos neurônios entéricos no estômago. As artérias que suprem o estômago surgem no tronco celíaco e incluem as artérias gástricas direita e esquerda, a gástrica curta e as gastromentais direita e esquerda; as veias correspondentes drenam nas veias porta, esplênica e mesentérica superior.

Anatomia microscópica

A parede do estômago possui as camadas típicas do tubo digestório (Figura 23.18). O epitélio de revestimento da *mucosa* (“epitélio superficial” na figura) consiste em epitélio simples prismático e também consiste inteiramente em células que secretam uma capa de muco contendo bicarbonato. Esse muco protege a parede estomacal dos efeitos destrutivos do ácido e da pepsina na luz. A secreção mucosa é necessária porque a mucosa estomacal está exposta a algumas das condições mais hostis de todo o tubo digestório. O excesso de secreção de ácido estomacal pode resultar em úlceras pépticas (ver “Transtornos do sistema digestório” na p. 741).

A superfície da mucosa estomacal é pontilhada por milhões de **fossetas gástricas** em forma de taça, que se abrem nas **glândulas tubulares gástricas** (Figura 23.18b). As células mucosas superficiais revestem invariavelmente as fossetas, mas as células que revestem as glândulas gástricas variam entre as diferentes regiões do estômago. Nas partes pilórica e cárdica (não ilustradas), as células das glândulas são principalmente células mucosas. No fundo e no corpo, por outro lado, as glândulas gástricas contêm três tipos de células secretórias: células mucosas do colo, células parietais (oxínticas) e células principais (zimogênicas) (ver Figura 23.18b-d e Figura 23.24, p. 734-735).

- **Células mucosas do colo.** Ocorrem nas extremidades superiores, ou colos, das glândulas gástricas e secretam um tipo diferente de muco em relação ao que é secretado pelas células de superfície. A função específica dessas células é desconhecida.
- **Células oxínticas (parietais).** Ocorrem principalmente nas regiões intermediárias das glândulas, produzem o ácido clorídrico (HCl) estomacal bombeando íons de hidrogênio e cloro na luz da glândula. Embora as células parietais pareçam esféricas quando visualizadas ao microscópio de luz, na realidade elas têm três pontas grossas como as que existem em um forcado. Muitas microvilosidades longas cobrem cada ponta, proporcionando uma grande área de superfície que permite o movimento rápido do H^+ e do Cl^- para fora das células. O citoplasma contém muitas mitocôndrias que fornecem a grande quantidade de energia gasta no bombeamento desses íons. As células oxínticas também secretam **fator intrínseco**, uma proteína necessária para a absorção da vitamina B_{12} pelo intestino delgado. O corpo utiliza essa vitamina na produção dos eritrócitos.
- **Células zimogênicas (principais).** Ocorrem principalmente nas partes basais das glândulas. As células zimogênicas produzem e secretam a proteína enzimática **pepsinogênio**, que é ativada em pepsina quando encontra ácido na região apical da glândula (Figura 23.18c). Essas células têm caracte-

terísticas típicas das células secretoras de proteína: um retículo endoplasmático rugoso bem desenvolvido (RER) e um aparelho de Golgi, além de grânulos secretórios no citoplasma apical. As células zimogênicas também secretam lipase gástrica, que funciona na digestão de gordura.

Pelo menos dois outros tipos de célula epitelial ocorrem nas glândulas gástricas, mas também se estendem para além dessas glândulas:

- **Células enteroendócrinas** (“endócrinas do intestino”). São células secretoras de hormônio dispersas por todo o epitélio de revestimento e pelas glândulas do tubo digestório. Essas células (Figura 23.18) liberam seus hormônios nos capilares da lâmina própria subjacente. Um desses hormônios, a *gastrina*, sinaliza as células oxínticas para secretarem HCl quando o alimento entra no estômago. A maioria das células enteroendócrinas que produzem gastrina estão na região pilórica do estômago.
- **Células-tronco não diferenciadas** (não ilustradas). Elas se situam por todo o estômago, na junção das glândulas gástricas e das fossetas gástricas. Essas células se dividem permanentemente, substituindo o epitélio de revestimento inteiro de células secretoras de muco a cada 3-7 dias. Essa substituição rápida é vital, pois essas células conseguem sobreviver por apenas alguns dias no ambiente hostil do estômago.

A *muscular* do estômago contém uma camada adicional de músculo liso. Abaixo das camadas circular e longitudinal situa-se uma camada mais interna de fibras musculares lisas que seguem *obliquamente* (Figura 23.17a). As camadas circular e longitudinal agitam e quebram o alimento em fragmentos menores. As fibras oblíquas dobram o estômago em V para mover o quimo para o intestino delgado. O músculo esfíncter do piloro é um espessamento da camada circular.

✓ Verifique seu conhecimento

- 11. Como o revestimento epitelial muda do esôfago para o estômago? O que se pode considerar exclusivo da muscular do estômago?
- 12. Descreva a localização do estômago tomando como referência as nove regiões abdominais (Figura 23.2).
- 13. O que as células zimogênicas produzem? O que as células oxínticas produzem? O que produzem as células superficiais que revestem o estômago?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Intestino delgado

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a anatomia macroscópica e microscópica do intestino delgado e do intestino grosso;

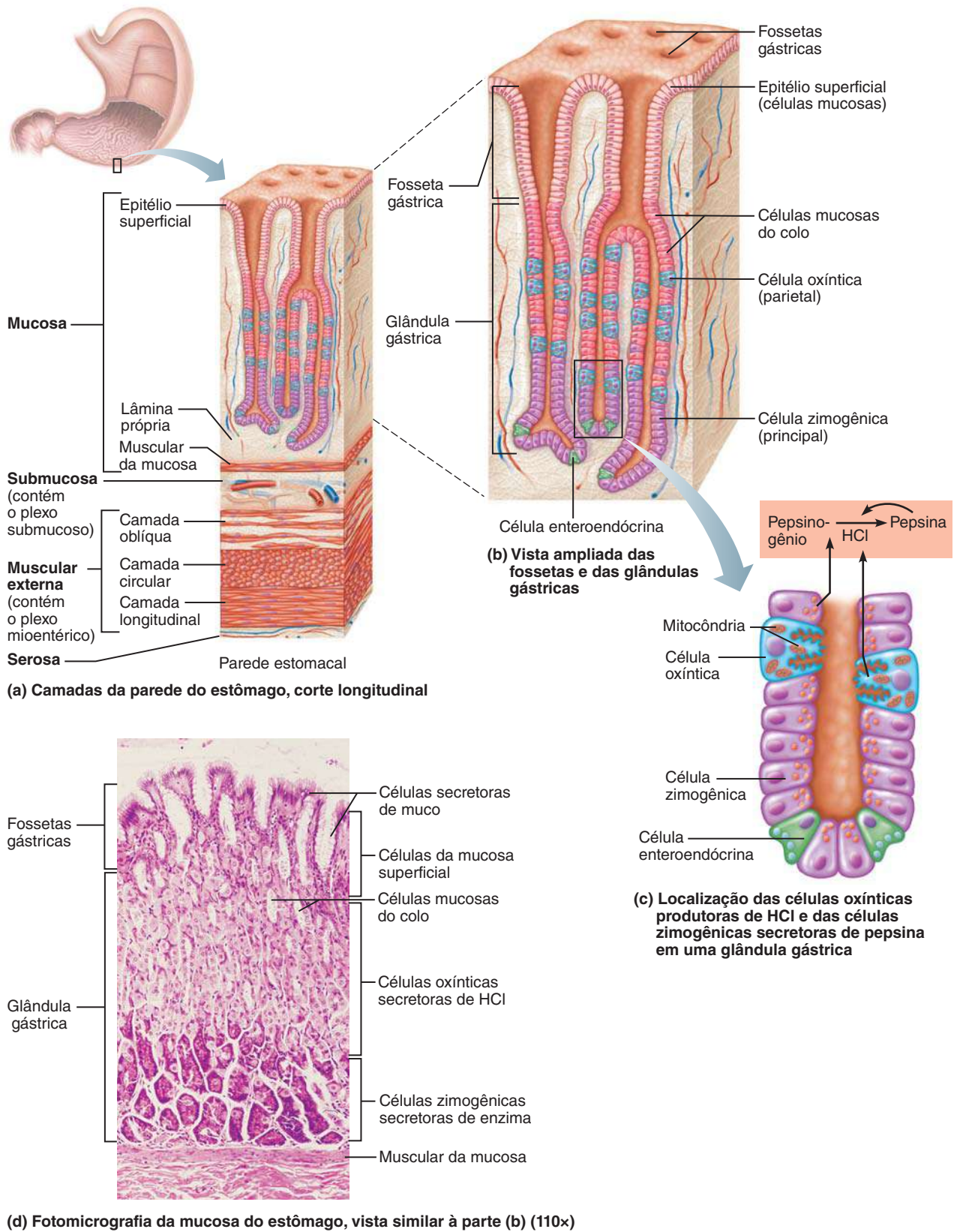


Figura 23.18 Anatomia microscópica do estômago. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 43.)

- ▶ descrever a relação das modificações histológicas na parede dos intestinos com as atividades digestórias dessas regiões.

O **intestino delgado** é a parte mais longa do tubo digestório (ver Figura 23.1) e o sítio da maior parte da atividade enzimática e de praticamente toda a absorção dos nutrientes. A maioria das enzimas que agem no intestino delgado não é secretada pelos intestinos, mas sim pelo pâncreas. Durante a digestão, o intestino delgado passa por movimentos de segmentação ativa, misturando o quimo para frente e para trás e, assim, maximizando seu contato com a mucosa que absorve nutrientes. O peristaltismo impele o quimo através do intestino delgado em aproximadamente 3-6 horas.

Anatomia macroscópica

O intestino delgado é um tubo retorcido que vai do óstio pilórico, na região do epigástrico do abdome, até a primeira parte do intestino grosso, na região ilíaca (inguinal) direita. Ele é mais curto em uma pessoa viva (2,7-5 metros) do que nos cadáveres conservados (6-7 metros), onde a perda do tônus muscular e os efeitos dos conservantes o tornam mais alongado.

O intestino delgado possui três divisões (ver Figura 23.1): o **duodeno** (“12 dedos de comprimento”), o **jejuno** (“vazio”) e o **íleo** (“intestino retorcido”), que contribuem aproximadamente com 5%, 40% e 60% do seu comprimento, respectivamente. Enquanto a maior parte do duodeno, que tem a forma da letra C, é retrope-

ritoneal, o jejuno e o íleo formam espirais suspensas na parte posterior do abdome pelo mesentério e emolduradas pelo intestino grosso. O jejuno corresponde à parte superior dessa massa intestinal espiralada, enquanto que o íleo corresponde à parte inferior direita.

Embora o *duodeno* seja a divisão mais curta do intestino delgado, ele tem a maioria das características de interesse (Figura 23.19). Ele recebe enzimas digestórias do pâncreas via *ducto pancreático* e bile do fígado e da vesícula biliar via *ducto colédoco*. Esses ductos entram na parede do duodeno, onde formam um bulbo chamado **ampola** também chamada **ampola hepatopancreática** (“ampola do fígado e do pâncreas”), que se abre no duodeno em uma pequena saliência da mucosa chamada **papila maior do duodeno**. A entrada de bile e o suco pancreático no duodeno é controlada por esfíncteres de músculo liso que circundam a ampola hepatopancreática e pelas terminações dos ductos pancreático e colédoco.

Vasos e nervos O intestino delgado é inervado por neurônios entéricos. As fibras parassimpáticas do vago e as fibras simpáticas dos nervos esplâncnicos torácicos, ambas retransmitidas através do plexo mesentérico (e celíaco) superior, influenciam sua atividade. O suprimento arterial para o intestino delgado ocorre principalmente pela artéria mesentérica superior. As veias seguem em paralelo com as artérias e drenam normalmente na veia mesentérica superior; a partir daí, o san-

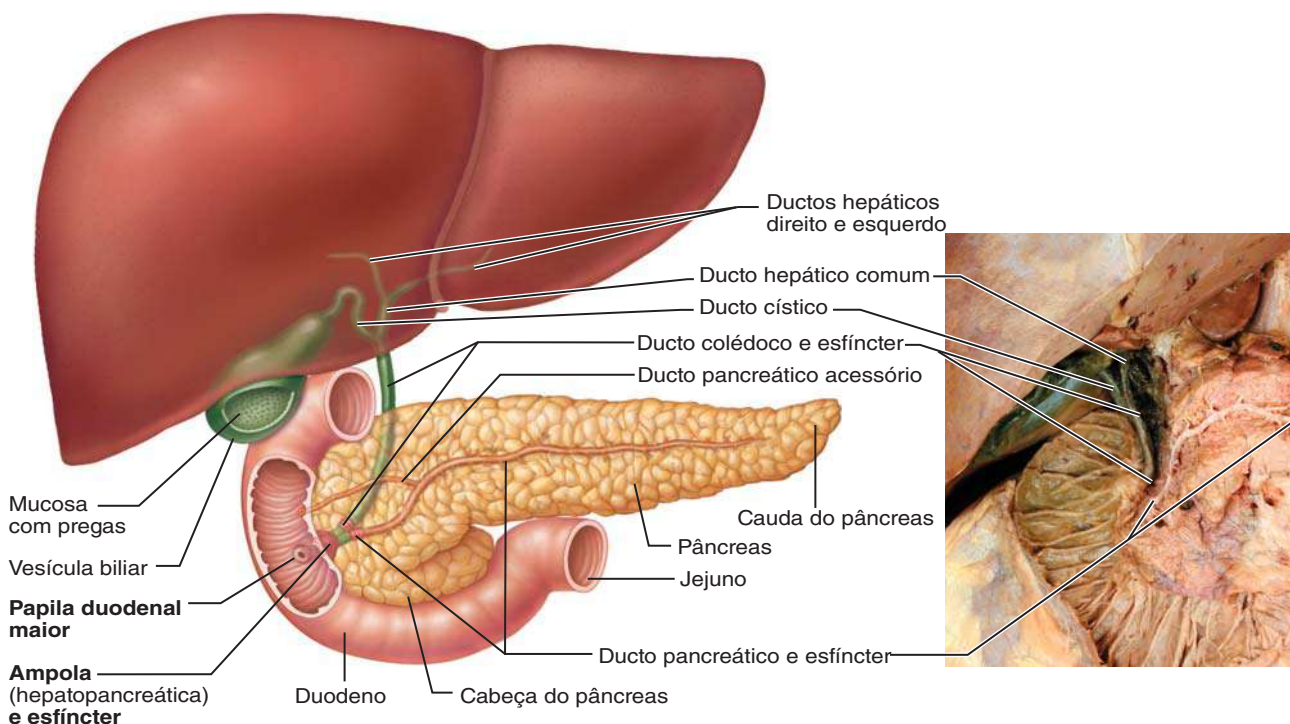


Figura 23.19 Duodeno e órgãos relacionados. A dissecação de cadáver à direita e a ilustração à esquerda mostram os ductos que se abrem no duodeno a partir do pâncreas, vesícula biliar e fígado.

que venoso rico em nutrientes drena na veia porta que o conduz para o fígado.

Anatomia microscópica

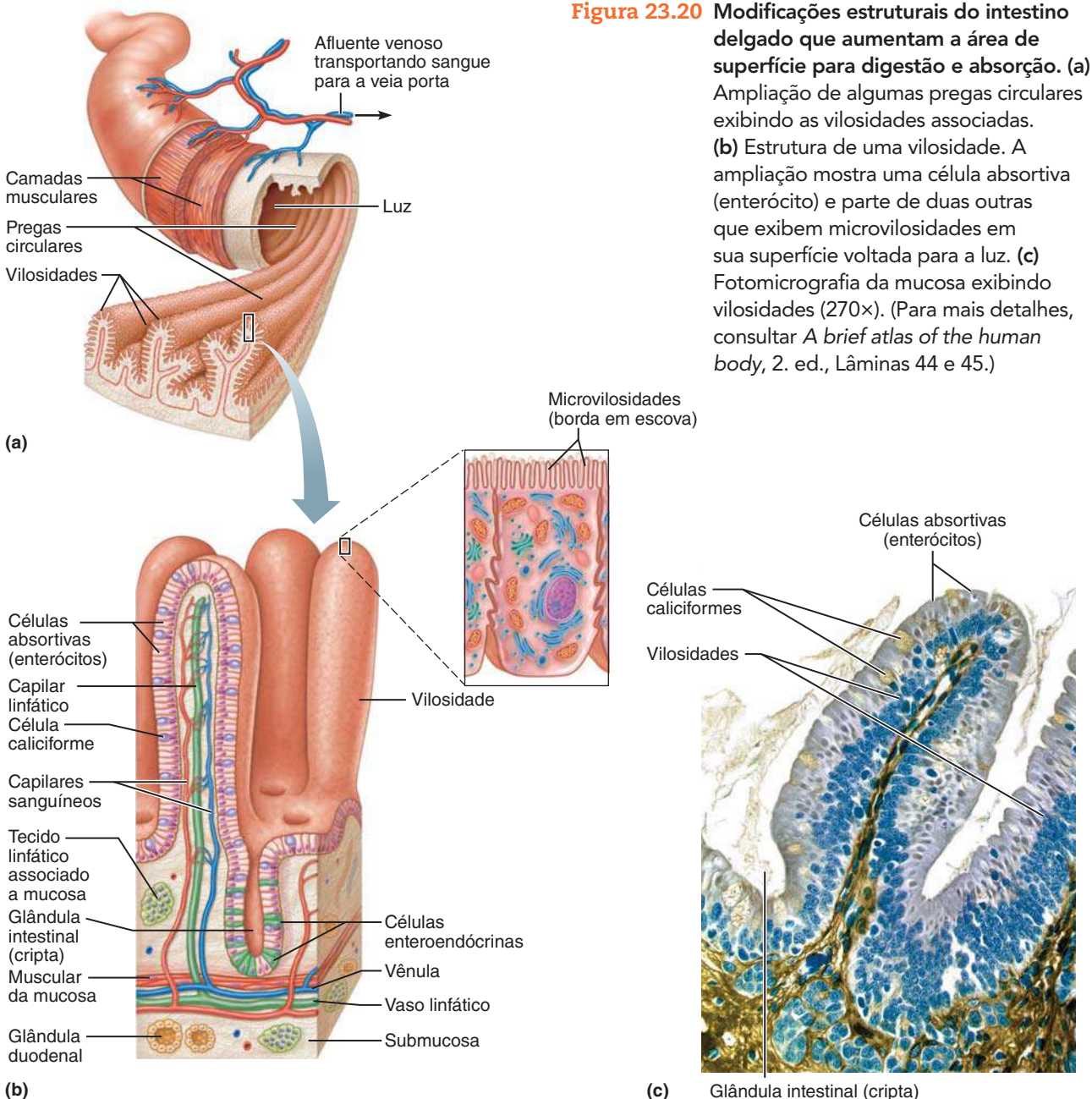
Como observamos anteriormente, toda a absorção de nutrientes ocorre no intestino delgado, que é altamente adaptado para essa função. Além da enorme área de superfície para absorção proporcionada pela extensão do intestino delgado, várias outras características estruturais proporcionam ainda mais área de superfície absorvente e também cumprem outras funções relacionadas à digestão.

Modificações para a absorção A parede do intestino delgado possui três modificações estruturais que amplificam enormemente a sua superfície de absorção:

pregas circulares, *vilosidades* e amplas *microvilosidades* (Figura 23.20). Como a maior parte da absorção ocorre na parte proximal do intestino delgado, essas especializações diminuem em quantidade na direção da parte distal.

As **pregas circulares** são cristas transversas permanentes da mucosa e da submucosa (Figura 23.20a). Elas têm aproximadamente 1 cm de altura. Além de aumentar a área de superfície absorvente, essas pregas forçam o quimo a se mover em espiral através da luz intestinal, retardando o seu movimento e dando tempo para a absorção completa dos nutrientes.

As **vilosidades** são projeções na mucosa, similares a dedos, e que conferem uma textura aveludada, muito parecida com as felpas macias de uma toalha. Com



mais de 1 mm de altura e, portanto, suficientemente grandes para serem vistas a olho nu, as vilosidades são cobertas por um epitélio simples prismático feito principalmente de **células absorptivas**, chamadas **enterócitos**, especializadas em absorver os nutrientes digeridos (Figuras 23.20b e c). Dentro do cerne de lâmina própria em cada vilosidade há uma rede de capilares sanguíneos e um amplo **capilar linfático** (vaso lácteo) (ver p. 653). Os produtos finais da digestão dos carboidratos e proteínas entram nos capilares sanguíneos; as gorduras absorvidas entram nos capilares linfáticos. As implicações dessa distinção são importantes. Os vasos sanguíneos que drenam o intestino delgado transportam os nutrientes absorvidos para o fígado via sistema porta (Capítulo 20, p. 638). No entanto, as gorduras absorvidas não seguem diretamente para o fígado, mas, em vez disso, passam pelos vasos linfáticos e drenam no sistema venoso próximo à veia braquiocefálica (ver Capítulo 21, p. 635 e 636). Desse modo, as toxinas lipossolúveis ingeridas e absorvidas, como os pesticidas ou herbicidas, conseguem circular pelo corpo inteiro antes de chegar ao fígado para desintoxicação.

Dentro do cerne de cada vilosidade há uma expansão de músculo liso da muscular da mucosa que permite que a vilosidade se movimente durante a digestão. Esses movimentos melhoram a eficiência da absorção ao aumentar a quantidade de contato entre as vilosidades e os nutrientes na luz do intestino e também comprimem a linfa através dos lácteos.

As superfícies apicais das células absorptivas possuem muitas **microvilosidades** (Figura 23.20b). Embora essas projeções ocorram na maioria das superfícies epiteliais no corpo, as projeções no intestino delgado são excepcionalmente longas e densamente povoadas. Além de amplificar a superfície absorvente, a membrana plasmática dessas microvilosidades contém enzimas que completam os estágios finais da decomposição das moléculas de nutrientes.

A quantidade de superfície absorvente no intestino delgado é notável. Juntas, as pregas circulares, vilosidades e microvilosidades aumentam a área de superfície do intestino em aproximadamente 200 metros quadrados, equivalente à área média de uma casa de dois andares!

Histologia da parede Todas as camadas comuns do tubo digestório ocorrem no intestino delgado. O epitélio de revestimento da *mucosa*, que ocorre não apenas nas vilosidades, mas também na superfície intestinal entre essas vilosidades, contém as células absorptivas previamente mencionadas, além de algumas células caliciformes e células enteroendócrinas espalhadas (ver também a Figura 23.24, p. 734-735):

- **Células absorptivas (enterócitos)** (Figuras 23.20b e c). Essas células contêm muitas mitocôndrias porque a absorção dos nutrientes digeridos é um processo que exige grande quantidade de energia.

Eles também contêm um retículo endoplasmático abundante que transforma as moléculas de lipídio recém-absorvidas em complexos lipídico-proteicos chamados *quilomicrons*. Depois de produzidos, os quilomicrons entram nos capilares linfáticos (“lácteos”), a forma que a gordura absorvida entra na circulação.

- **Células caliciformes** (Figuras 23.20b e c). Essas células secretam sobre a superfície interna do intestino uma cobertura de muco que lubrifica o quimo e forma uma barreira protetora que impede a digestão enzimática da parede do intestino.
- **Células enteroendócrinas** (Figura 23.20b). As células enteroendócrinas do duodeno secretam vários hormônios que sinalizam a vesícula biliar para liberar a bile armazenada e o pâncreas para secretar enzimas digestórias e um suco rico em bicarbonato para neutralizar o quimo ácido que entra no duodeno.

Entre as vilosidades, a mucosa contém invaginações chamadas glândulas (criptas) **intestinais** (Figura 23.20b). As células epiteliais que revestem essas criptas secretam *suco intestinal*, um líquido aquoso que se mistura com o quimo na luz do intestino. Dois outros tipos de célula são encontrados nas glândulas intestinais.

- **Células epiteliais não diferenciadas** revestem as glândulas intestinais e renovam o epitélio mucoso dividindo-se e movendo-se permanentemente sobre as vilosidades. Elas estão entre as células que se dividem mais rapidamente no corpo, renovando completamente o epitélio interno do intestino delgado a cada 3-6 dias. Essa substituição rápida é necessária porque cada célula epitelial não consegue suportar por muito tempo os efeitos destrutivos das enzimas digestórias na luz do intestino.
- **Células de Paneth** maduras (ver Figura 23.14, p. 719) são encontradas na base da glândula. Essas células epiteliais secretam enzimas que destroem certas bactérias e que podem ajudar a determinar os tipos de bactérias que vivem na luz do intestino. Os residentes bacterianos permanentes da luz, chamados *flora intestinal*, produzem algumas vitaminas essenciais que os intestinos absorvem. A vitamina K é uma substância produzida pelas bactérias do intestino.

O intestino delgado contém muitas áreas de tecido linfático. O tecido linfático associado a mucosa (MALT) é encontrado na camada mucosa de todo o intestino e os *nódulos linfáticos agregados* (*placas de Peyer*) estão situados na submucosa do íleo (ver p. 666).

A *submucosa* do intestino delgado é um tecido conjuntivo típico. Apenas no duodeno ele contém um conjunto de **glândulas duodenais** tubulares compostas, cujos ductos se abrem para as criptas intestinais (ver Figura 23.20b). Essas glândulas secretam um muco alcali-

no rico em bicarbonato que ajuda a neutralizar a acidez do quimo do estômago e contribui para a camada protetora de muco na superfície interna do intestino delgado.

As camadas externas do intestino delgado (*muscular* e *serosa*) não possuem características incomuns.

Intestino grosso

O **intestino grosso** é o último órgão do tubo digestório (Figura 23.21). O material que chega até ele é um resíduo altamente digerido que contém poucos nutrientes. Durante as 12-24 horas que esse resíduo permanece no intestino grosso ocorre pouca decomposição adicional do alimento, exceto quanto à pequena quantidade de digestão realizada pelas muitas bactérias que nele vivem. Embora o intestino grosso absorva esses poucos nutrientes restantes, sua função principal é absorver água e eletrólitos da massa digerida, resultando em fezes semisólidas. A propulsão através do intestino grosso é lenta e fraca, exceto pelos **movimentos peristálticos de massa**, que passam pelo colo algumas vezes por dia para forçar as fezes vigorosamente na direção do reto.

Anatomia macroscópica

O intestino grosso emoldura o intestino delgado em três lados e meio, formando um retângulo aberto (ver Figura 23.1). Esse órgão, que é mais largo do que o intestino delgado, porém com menos da metade do seu comprimento (1,5 metro), possui as seguintes subdivisões: *ceco*, *apêndice vermiforme*, *colo*, *reto* e *canal anal* (Figura 23.21a).

Ao longo de quase todo o seu comprimento, o intestino grosso exhibe três características especiais: **tênias do colo**, **saculações do colo** (haustros) e **apêndices omentais do colo** (epiploicos). As **tênias do colo** são três fitas longitudinais espaçadas em intervalos iguais em volta da circunferência do ceco e do colo. Elas são espessamentos da camada longitudinal muscular, que é fina, exceto nesses locais. Como as tênias mantêm o tônus muscular, ela faz com que o intestino grosso fique franzido em saculações do colo. Os **apêndices omentais do colo** são bolsas cheias de gordura do peritônio visceral que ficam suspensas no intestino. Sua importância é desconhecida.

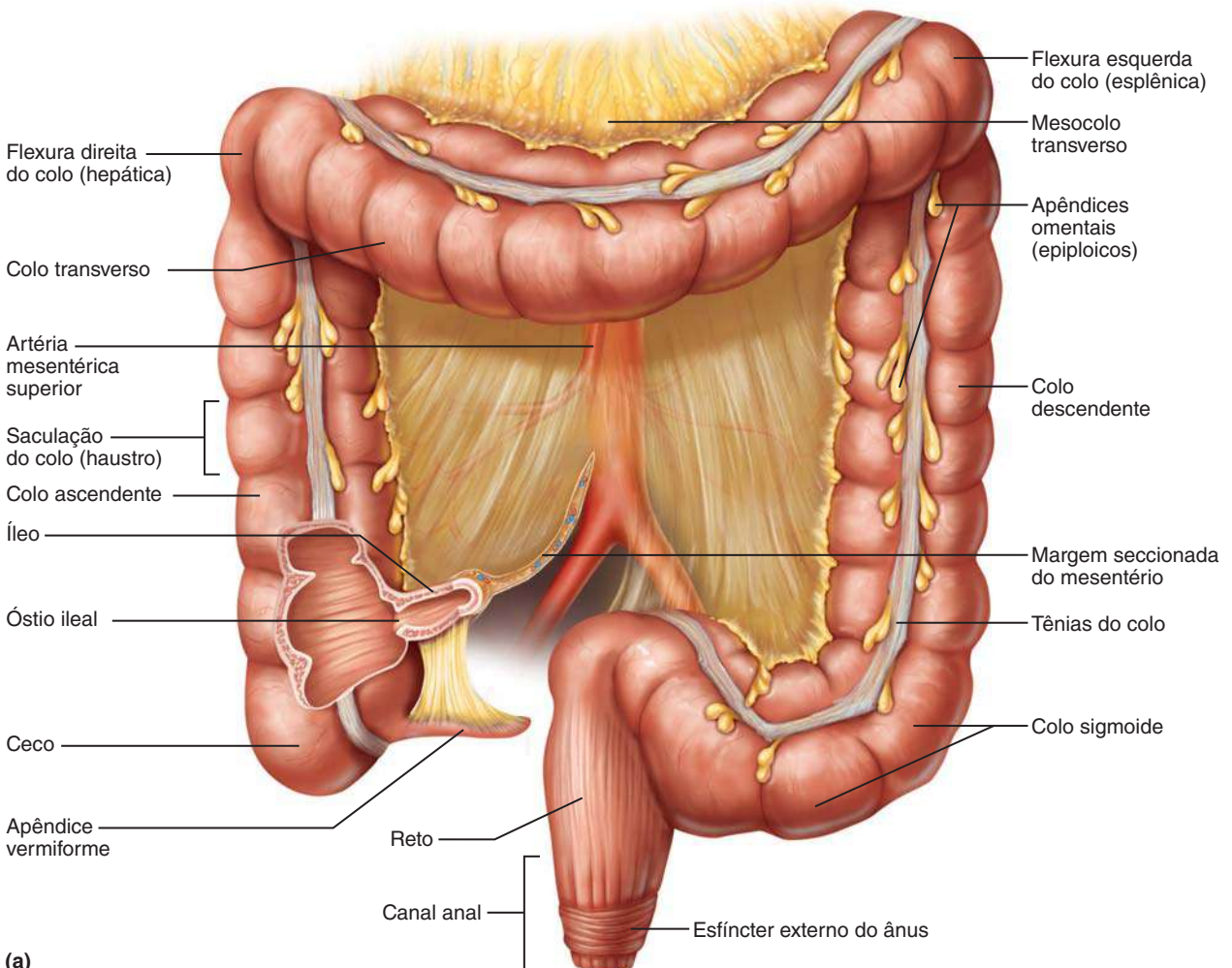


Figura 23.21 Anatomia macroscópica do intestino grosso. (a) Intestino grosso inteiro.

Ceco e apêndice vermiforme O intestino grosso começa no **ceco** (“bolsa sem saída”) na fossa ilíaca direita. A abertura do íleo do intestino delgado para a parede medial do ceco é o **óstio ileal**³ (Figura 23.21a), limitado por duas margens elevadas de mucosa. Um esfíncter no íleo terminal mantém o **óstio fechado** até haver alimento no estômago, momento em que o esfíncter relaxa reflexivamente e abre o óstio. À medida que o ceco enche, suas paredes se alongam, tracionando as margens do óstio, fechando-o. Essa ação impede o refluxo das fezes do ceco para o íleo.

O **apêndice vermiforme** é um tubo sem saída que se abre na parede posterior do ceco. Embora quase sempre seja ilustrado suspenso inferiormente, na maioria das vezes ele está “aconchegado” na fossa ilíaca direita, posterior ao ceco. O apêndice tem massas grandes de tecido linfático em sua parede. Considerado frequentemente um órgão residual, pesquisas recentes propõem que o apêndice funciona como um porto seguro para as bactérias benéficas que habitam o intestino grosso. De acordo com essa teoria, essas bactérias conseguem repovoar o intestino após uma doença infecciosa que provoca diarreia e remove a flora intestinal.



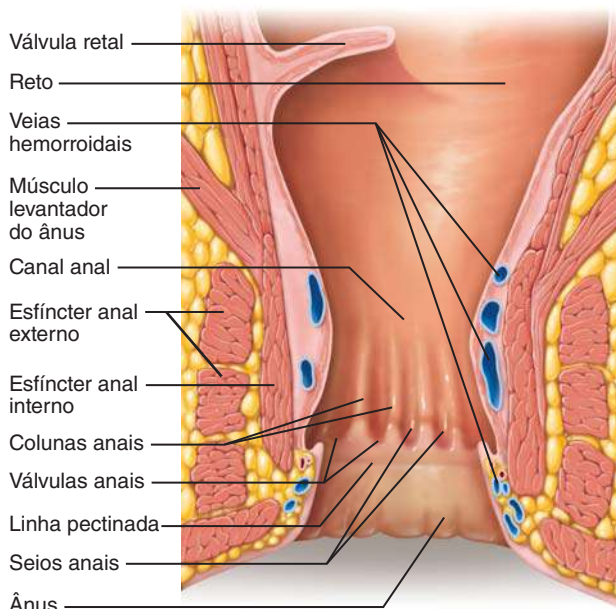
APLICAÇÃO CLÍNICA

Apendicite Inflamação aguda do apêndice, que resulta de uma obliteração que aprisiona as bactérias infecciosas dentro da sua luz. Essa condição é causada frequentemente por uma massa de fezes ou por um intumescimento do tecido linfático da parede do apêndice induzido por vírus. Incapaz de esvaziar o seu conteúdo, o apêndice incha com o muco que secreta, espremendo a sua drenagem venosa e levando à necrose isquêmica e à infecção. Se o apêndice romper, as bactérias e fezes são liberadas no peritônio, provocando peritonite.

Como os sintomas da apendicite variam bastante, essa condição é notoriamente difícil de diagnosticar. Muitas vezes, porém, o primeiro sintoma é a dor na região umbilical, seguida por perda de apetite, febre, náusea, vômito e mudança da dor para a região inguinal (ilíaca) direita da superfície abdominal. A palpação dessa região que provoca dor forte após o alívio da pressão (a conhecida hipersensibilidade de rebote) pode indicar apendicite.

A remoção cirúrgica imediata do apêndice, chamada **apendectomia**, é o tratamento usual.

Colo O colo possui vários segmentos distintos (Figura 23.21a). A partir do ceco, o **colo ascendente** sobe ao longo do lado direito da parede posterior do abdome em uma posição retroperitoneal e chega ao nível do rim direito, onde faz uma volta de 90 graus,



(b)

Figura 23.21 Anatomia macroscópica do intestino grosso, continuação. (b) Reto inferior e canal anal em corte frontal.

a **flexura direita do colo** (também chamada **flexura hepática** porque o fígado se situa posterior à mesma). A partir dessa flexura, o **colo transverso** se estende intraperitonealmente para a esquerda através da cavidade peritoneal. Anteriormente ao baço, ele se curva agudamente para baixo na **flexura esquerda do colo (esplênica)** e desce ao longo do lado esquerdo da parede posterior do abdome, novamente em uma posição retroperitoneal, como **colo descendente**. Inferiormente, o colo se torna intraperitoneal e entra na pelve verdadeira como **colo sigmoide** em forma de S (*sigma* = letra grega correspondente à letra s).

Reto Na pelve, o colo sigmoide se une ao **reto** (Figura 23.21a), que desce ao longo da metade inferior do sacro em uma posição retroperitoneal. O reto não possui tênias; sua camada muscular longitudinal é completa e bem desenvolvida, de modo que ele consegue gerar fortes contrações para a defecação. Apesar do nome “reto”, ele possui, na realidade, várias curvas fechadas. Internamente, essas curvas são representadas como três **pregas transversas do reto** (ou válvulas retais) (Figura 23.21b), que evitam que as fezes sejam eliminadas junto com o flato (gases).

Canal anal A última subdivisão do intestino grosso é o **canal anal** (ver Figura 23.21b). Com cerca de 3 m de comprimento, ele começa onde o reto atravessa o músculo levantador do ânus, o músculo que forma o

³ Nota do revisor técnico: o **óstio ileal** é encontrado no ápice da papila ileal, limitado pelos lábios ileocólico e ileocecal que, segundo a nomenclatura anatômica, não constituem apropriadamente uma válvula ileocecal, ficando o seu mecanismo de fechamento no íleo terminal.

assoalho da pelve. Uma parte do levantador do ânus é responsável por manter o ângulo da junção anorretal, um ângulo agudo entre o ânus e o reto que contribui para a continência fecal. O canal anal situa-se inteiramente externo à cavidade abdominopélvica no períneo.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Diverticulose e diverticulite Quando a alimentação carece de fibras, o conteúdo do colo diminui de volume e as contrações do músculo circular no colo exercem pressões maiores sobre sua parede. Essa pressão promove a formação de vários sacos chamados **divertículos**, que são pequenas hérnias da mucosa através da parede do colo. A condição resultante se chama **diverticulose**. Essa condição surge na maioria das vezes no colo sigmoide. Ocorrendo em 30% a 40% de todos os norte-americanos acima dos 50 anos de idade, e na metade dos norte-americanos acima dos 70 anos de idade, a diverticulose leva a nada mais do que uma dor vaga, embora possa romper uma artéria no colo e produzir sangramento pelo ânus. Aumentar a quantidade de fibra na alimentação costuma aliviar os sintomas.

Em cerca de 20% dos casos de diverticulose os pacientes desenvolvem uma condição mais grave chamada **diverticulite**, na qual os divertículos inflamados são infectados e podem perfurar, vazando fezes na cavidade peritoneal. Nos casos graves, a região do colo afetada é removida cirurgicamente e são administrados antibióticos para combater a peritonite.



Divertículos na parede do colo sigmoide

Internamente, a metade superior do canal anal contém pregas longitudinais de mucosa, as **colunas anais**. Essas colunas contêm as porções terminais da artéria e veia retais superiores (os vasos hemorroidais). As colunas anais vizinhas se juntam umas às outras inferiormente em pregas transversas com a forma de lua

crescente, chamadas **válvulas anais**. Os bolsos imediatamente superiores a essas válvulas são os **seios anais**, que liberam muco quando são comprimidos pelas fezes, proporcionando lubrificação que facilita a sua passagem durante a defecação.

A linha horizontal ao longo da qual as válvulas anais se situam se chama *linha pectinada* (“em forma de pente”). Como a mucosa superior a essa linha é inervada por fibras sensitivas viscerais, ela é relativamente insensível à dor. Inferior à linha pectinada, a mucosa é sensível à dor por ser suprida pelos nervos somáticos.

A parede do canal anal contém dois músculos esfínteres: o **esfíncter interno do ânus** de músculo liso e o **esfíncter externo do ânus** de músculo esquelético (Figura 23.21b). O primeiro é um espessamento da camada circular da muscular, enquanto que o último é um músculo diferente (exibido na Figura 11.15, p. 310). O esfíncter externo contrai voluntariamente para inibir a defecação, enquanto que o esfíncter interno contrai involuntariamente, tanto para impedir que as fezes saiam do ânus entre as defecações quanto para inibir a defecação durante o estresse emocional. Quando treinam para aprender a usar o banheiro, as crianças aprendem a controlar o esfíncter externo do ânus.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hemorroidas As veias do plexo venoso retal varicosas no canal anal (ver Figura 23.21b) se chamam **hemorroidas**; muitas vezes elas resultam do esforço no parto ou na defecação. Como elas estão esticadas e inflamadas, as veias intumescidas latejam e incham na luz do canal anal. As hemorroidas internas ocorrem acima da linha pectinada e as hemorroidas externas ocorrem abaixo dela. As hemorroidas externas coçam e doem mais, mas apenas as hemorroidas internas tendem a sangrar. Cerca de 75% dos americanos desenvolvem hemorroidas em algum momento de suas vidas.⁴

Várias hemorroidas costumam ser tratadas amarrando-as em sua base com pequenas tiras de borracha — depois desse procedimento, elas murcham e caem. Elas também podem ser injetadas com um agente endurecedor ou expostas à eletricidade ou luz infravermelha forte para coagular o sangue no seu interior. Os tratamentos que parecem desagradáveis são simples e eficazes, tendo eliminado em grande parte as difíceis remoções cirúrgicas que antes eram realizadas.

Vasos e nervos A primeira metade do intestino grosso — até um ponto a dois terços do caminho ao longo do colo transversal — é suprida pelos vasos mesentéricos superiores; sua inervação simpática provém dos gânglios e plexos mesentéricos superiores e

4 Nota do editor: no Brasil, não há dados precisos, mas, segundo especialistas, a crise hemorroidal atinge entre 10% a 15% da população.

celíacos, e sua inervação parassimpática provém do nervo vago.

A metade distal do intestino grosso, até a parte proximal do reto, é suprida pelos vasos mesentéricos inferiores. A parte inferior do reto e o canal anal recebem os ramos retais dos vasos ilíacos internos. A inervação simpática da metade distal do intestino grosso se dá através dos plexos mesentérico inferior e hipogástrico e a inervação parassimpática, pelos nervos esplâncnicos pélvicos. Assim como em outras áreas do tubo digestório, a inervação autônoma influencia os neurônios entéricos intrínsecos. A parte final do canal anal abaixo da linha pectinada é innervada pelos nervos somáticos, como o nervo pudendo.

Defecação O reto geralmente fica vazio e os esfíncteres do ânus, contraídos. Quando as fezes são impulsionadas para o reto pelos movimentos peristálticos de massa, o estiramento da parede do reto inicia o reflexo de defecação (Figura 23.22 ①). Mediado pela medula espinal sacral, esse reflexo parassimpático sinaliza as

paredes do colo sigmoide e do reto a contraírem e o esfíncter interno do ânus a relaxar (Figura 23.22, ②). Se uma pessoa decidir postergar a defecação, as contrações reflexas terminam e o reto relaxa. Outro movimento de massa ocorre alguns minutos mais tarde, iniciando mais uma vez o reflexo de defecação — e assim por diante, até que a pessoa decida defecar (Figura 23.22, ③) ou até que a necessidade de defecar se torne inevitável.

Durante a defecação, a musculatura do reto contrai para expelir as fezes. Esse processo é suplementado pela contração voluntária do diafragma e dos músculos da parede do abdome, aumentando a pressão intra-abdominal, e do músculo levantador do ânus (diagramado na p. 310), que ergue o canal anal, deixando as fezes em uma posição inferior ao ânus e, assim, fora do corpo.

Anatomia microscópica

A parede do intestino grosso (Figura 23.23) assemelha-se à do intestino delgado em alguns aspectos e difere em outros aspectos.

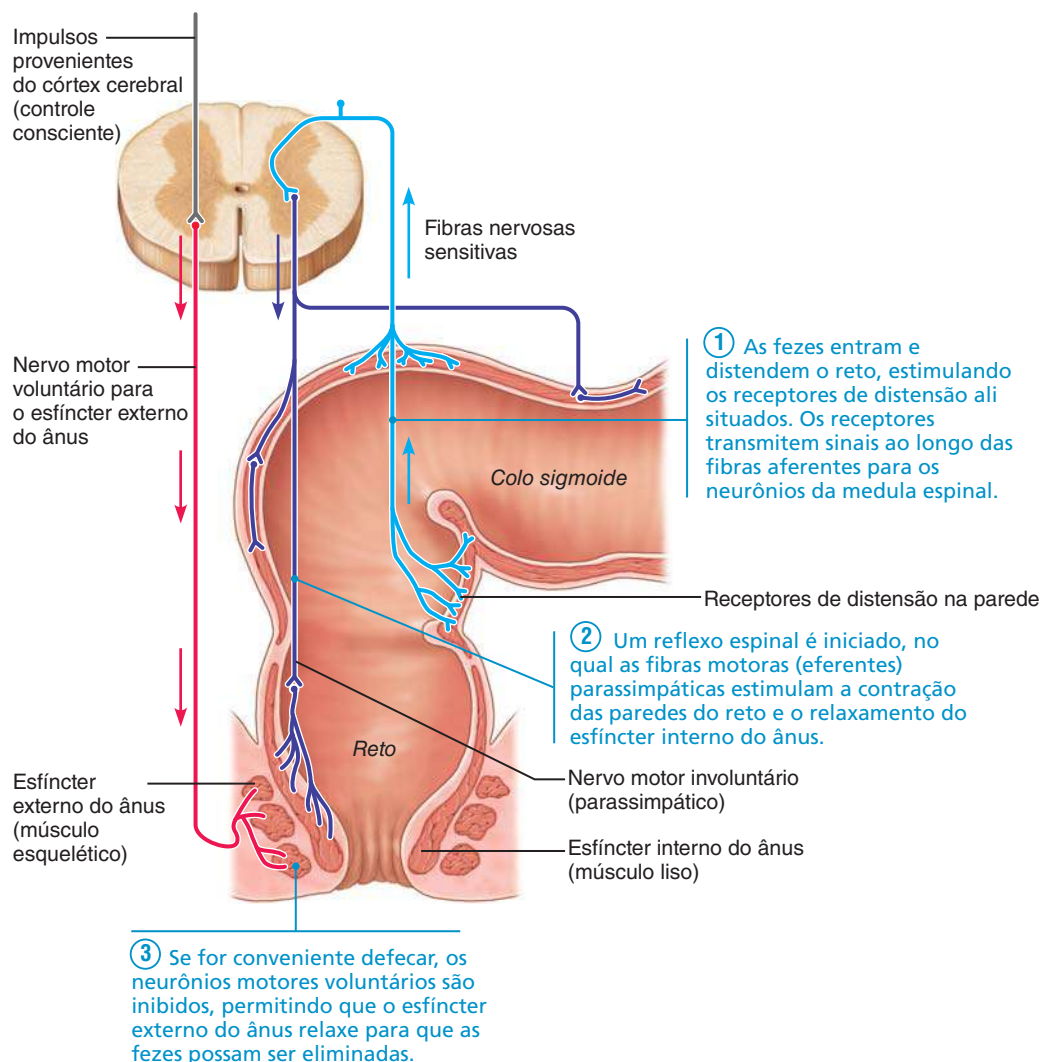


Figura 23.22 Reflexo de defecação.

- O epitélio *mucoso* do colo é um epitélio simples prismático contendo os mesmos tipos de célula do intestino delgado. As células caliciformes são mais abundantes no intestino grosso, por isso elas secretam grandes quantidades de muco lubrificante que facilita a passagem das fezes em direção ao fim do tubo digestório. As **células absorptivas** (também chamadas colonócitos) absorvem água e eletrólitos (ver Figura 23.24, p. 734-735).
- Não existem vilosidades, o que reflete o fato de que menos nutrientes são absorvidos no intestino grosso.
- As glândulas intestinais estão presentes como glândulas tubulares simples contendo muitas células caliciformes. Células-tronco não diferenciadas ocorrem nas bases dessas glândulas e as células epiteliais são totalmente substituídas semanalmente.

As outras camadas da parede são bastante típicas. A lâmina própria e a *submucosa* contêm mais tecido linfático do que em qualquer outra parte do tubo digestório, mas isso não é de surpreender, considerando a ampla flora bacteriana do intestino grosso. As especializações da *muscular* e da *serosa*, que são as tênias do colo e os apêndices omentais, foram discutidas na seção “Anatomia macroscópica” (p. 729).

O *canal anal* é uma zona de transição epitelial na qual o epitélio simples prismático do intestino muda abruptamente para epitélio estratificado pavimentoso perto da linha pectinada. Na extremidade mais inferior do canal anal, a mucosa se funde com a pele verdadeira que circunda o ânus.

O quadro Destaque — Processos digestórios (Figura 23.24) resume as atividades digestórias em cada

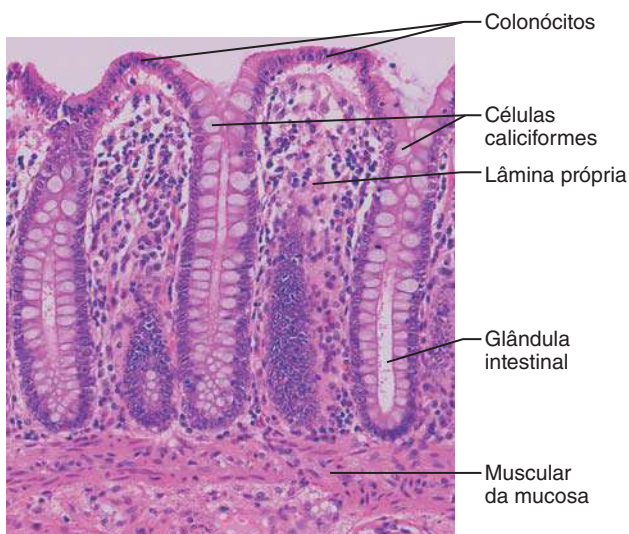


Figura 23.23 Mucosa do intestino grosso. Fotomicrografia. Repare na quantidade de células caliciformes (130×).

porção do tubo digestório. A histologia da mucosa em cada região também é ilustrada, permitindo a comparação visual das características especiais dessa camada por todo o tubo digestório. As modificações da camada mucosa permitem diferenciar as regiões do tubo digestório.

✓ Verifique seu conhecimento

- 14. Qual é a expectativa de vida típica de uma célula epitelial do intestino? De que modo as células do epitélio são substituídas?
- 15. Mencione todas as partes do intestino grosso, começando pela sua junção com o íleo.
- 16. Cite os nomes das estruturas internas da vilosidade que recebem os nutrientes absorvidos. Que tipos de nutrientes são absorvidos em cada estrutura?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

ANATOMIA DOS ÓRGÃOS ANEXOS

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a anatomia macroscópica e microscópica, além das funções do fígado, vesícula biliar e pâncreas.

Fígado

O **fígado** é a maior glândula no corpo, pesando aproximadamente 1,4 kg em um adulto de porte médio. Espantosamente versátil, ele desempenha mais de 500 funções. Sua função digestória é produzir **bile**, um líquido alcalino verde que é armazenado na vesícula biliar e secretado no duodeno, onde os sais de bile emulsionam as gorduras no intestino delgado; ou seja, a decomposição dos nutrientes gordurosos em partículas minúsculas, do mesmo modo que o detergente decompõe uma poça de pingos de gordura em uma assadeira. Essas partículas menores são mais acessíveis para as enzimas digestórias do pâncreas. O fígado também desempenha muitas funções metabólicas, tais como:

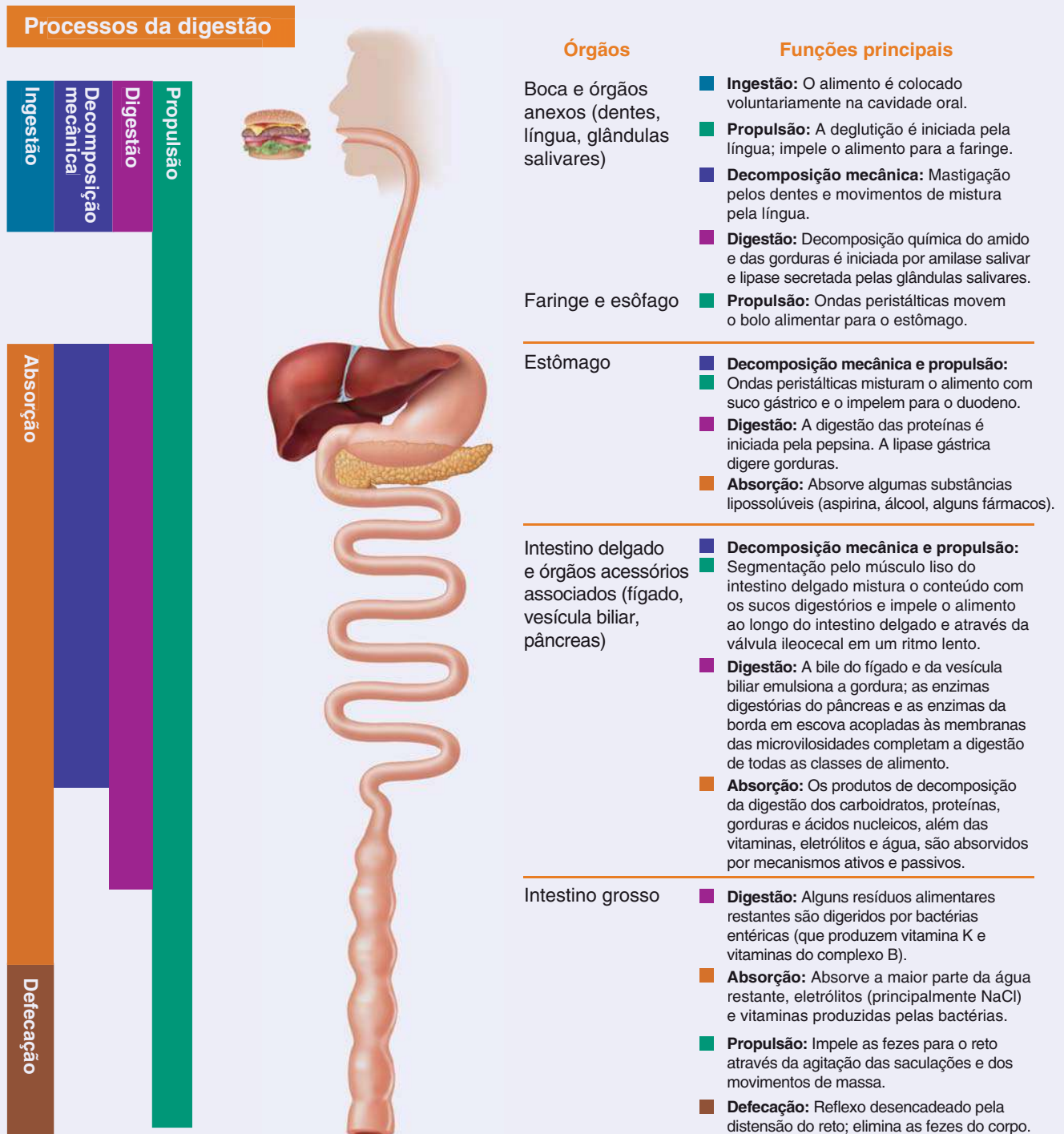
- absorver glicose do sangue rico em nutrientes que retorna do tubo digestório e armazenar esse carboidrato como glicogênio para o uso subsequente pelo corpo;
- processar gorduras e aminoácidos e armazenar certas vitaminas;
- desintoxicar muitos venenos e fármacos no sangue;
- produzir as proteínas do sangue.

Quase todas essas funções são executadas por um tipo de célula chamada **hepatócito** ou simplesmente *célula hepática*.

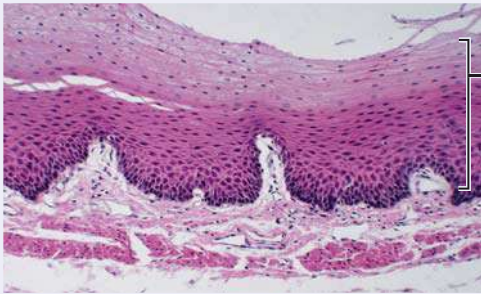
Processos digestórios e histologia do tubo digestório

Figura 23.24

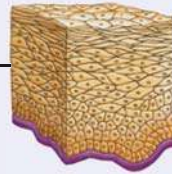
Enquanto um hambúrguer passa pelo tubo digestório, as secreções digestórias decompõem seus componentes em unidades absorvíveis. A estrutura da parede do tubo digestório reflete as atividades que ocorrem em cada região.



Histologia do tubo digestório



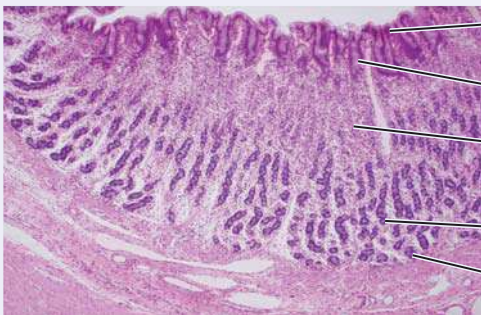
Esôfago, camada mucosa (100x)



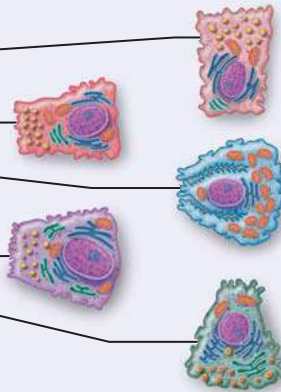
Células na mucosa

Epitélio estratificado pavimentoso não queratinizado

Protege os tecidos subjacentes



Estômago, camada mucosa (28x)



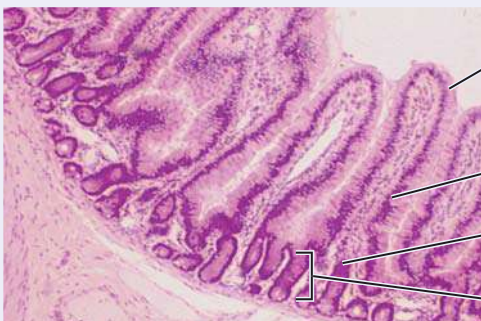
Célula mucosa superficial
Secreta muco

Célula mucosa do colo
Secreta muco

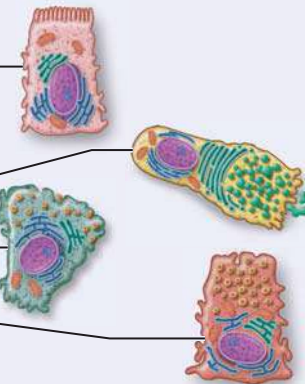
Célula oxíntica (parietal)
Secreta HCl e fator gástrico intrínseco

Célula inorgânica (principal)
Secreta pepsinogênio; inicia a digestão das proteínas

Célula enteroendócrina
Secreta gastrina, que estimula a secreção pelas células oxínticas



Intestino delgado, camada mucosa (55x)

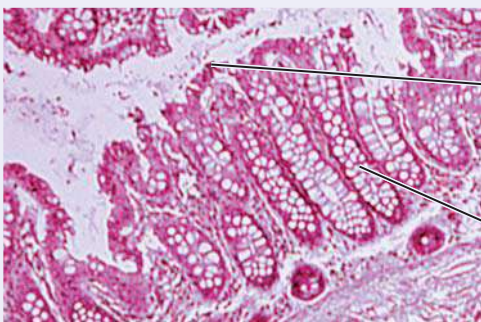


Célula absorptiva (enterócito)
Completa a digestão e absorve nutrientes pelas microvilosidades

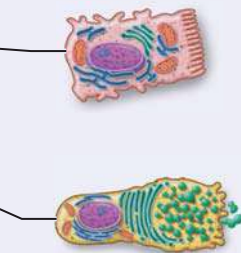
Célula caliciforme
Secreta muco

Célula enteroendócrina
Secreta secretina ou colecistoquinina (CCK), que estimula a liberação de bile e suco pancreático, além de inibir as secreções estomacais

Célula de Paneth
Secreta substâncias que destroem bactérias



Intestino grosso, camada mucosa (115x)



Célula absorptiva (colonócito)
Absorve água, eletrólitos e vitaminas

Célula caliciforme
Secreta muco

Anatomia macroscópica

O fígado está situado inferior ao diafragma na parte superior direita da cavidade abdominal (Figura 23.4), preenchendo grande parte das regiões do hipocôndrio e epigástrico direitos e estendendo-se até a região do hipocôndrio esquerdo. Ele se situa quase inteiramente dentro da caixa torácica, que protege esse órgão vascularizado dos golpes que podem rompê-lo. O fígado tem uma forma de cunha, com sua ampla base voltada para a direita e o ápice estreito imediatamente inferior ao nível do mamilo esquerdo.

O fígado tem duas faces: a *diafragmática* e a *visceral* (Figura 23.25 e Figura 23.26). A **face diafragmática** é anterior e superior, enquanto que a **face visceral** é posteroinferior. Embora a maior parte do fígado seja coberta com uma camada de peritônio visceral, a parte superior, chamada **área nua**, é fundida com o diafragma e, portanto, é desprovida de peritônio.

O fígado tem um **lobo hepático direito** e um **lobo hepático esquerdo**, que tradicionalmente eram considerados como divididos pelo **ligamento falciforme** na parte anterior da face diafragmática (Figura 23.25) e pela **fissura do ligamento redondo** na face visceral (Figura 23.26). O ligamento falciforme é um mesentério vertical que liga o fígado à parede anterior do abdome e a fissura é um sulco profundo no mesmo plano sagital do ligamento falciforme. Dois outros lobos, o **lobo quadrado** e o **lobo caudado**, são visíveis na face visceral logo à direita da fissura. Há muito considerados parte do lobo hepático direito, hoje esses

lobos são considerados parte do lobo hepático esquerdo, com o qual compartilham nervos e vasos.

Nervos e vasos Uma área importante perto do centro da face visceral é a **porta do fígado**, onde a maioria dos vasos e nervos entra e sai do fígado (Figura 23.26). Os ramos direito e esquerdo da *veia porta do fígado*, que transportam sangue rico em nutrientes do estômago e dos intestinos, entram na porta hepática, assim como os ramos direito e esquerdo da *artéria hepática* que transportam sangue oxigenado para o fígado. Os **ductos hepáticos direito e esquerdo**, que transportam bile dos respectivos lobos hepáticos, saem da porta hepática e se fundem, formando o **ducto hepático comum** que se estende inferiormente na direção do duodeno (exibido na Figura 23.19). Os nervos autônomos chegam ao fígado a partir do plexo celíaco e consistem em fibras simpáticas e parassimpáticas (vagais). Outras estruturas importantes na face visceral do fígado são a *vesícula biliar* e a *veia cava inferior*, que se situam à direita dos lobos quadrado e caudado, respectivamente. A veia cava inferior recebe as *veias hepáticas* que levam o sangue para fora do fígado.

O **ligamento redondo**, um ligamento tipo cordão, remanescente da veia umbilical no feto, sobe para o fígado a partir do umbigo, dentro da margem inferior do ligamento falciforme e ocupa a fissura do ligamento redondo. A sua continuação superiormente é a fissura do **ligamento venoso** (Figura 23.26), uma reminiscência do ducto venoso do feto (ver p. 645-648 para uma revisão da circulação fetal).

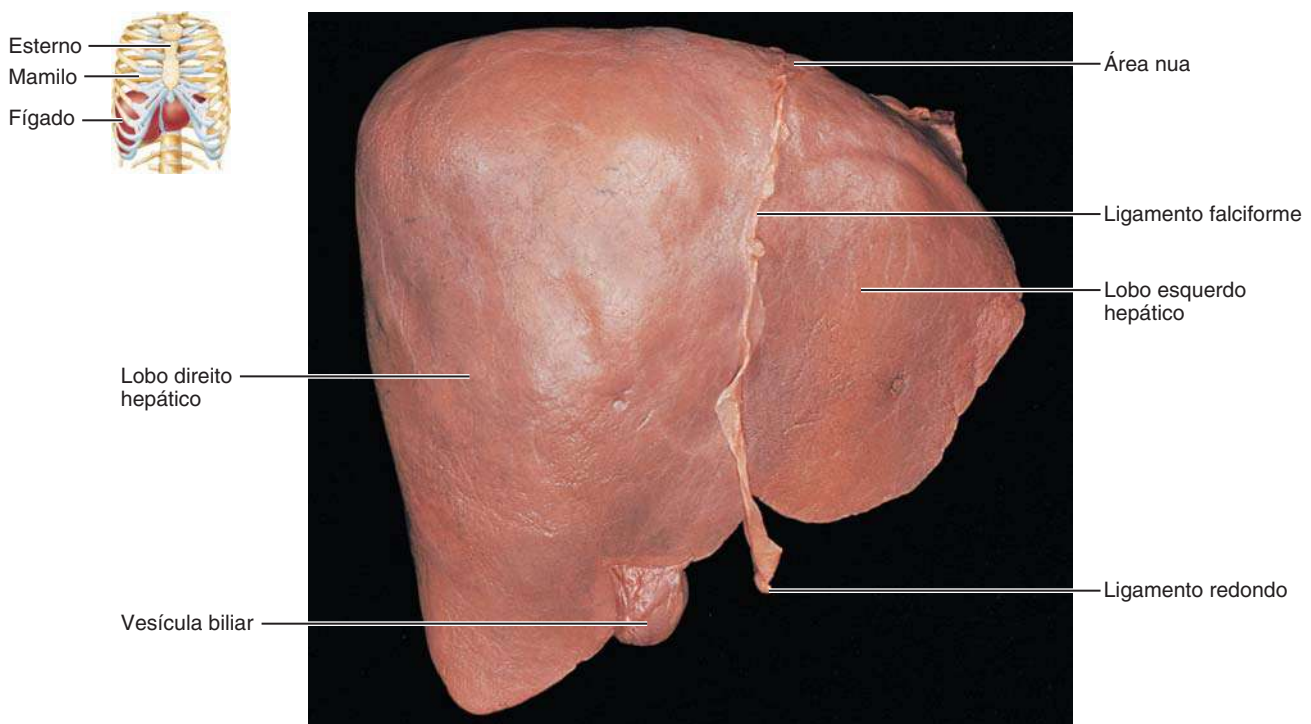


Figura 23.25 Vista anterior do fígado. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 64a.)

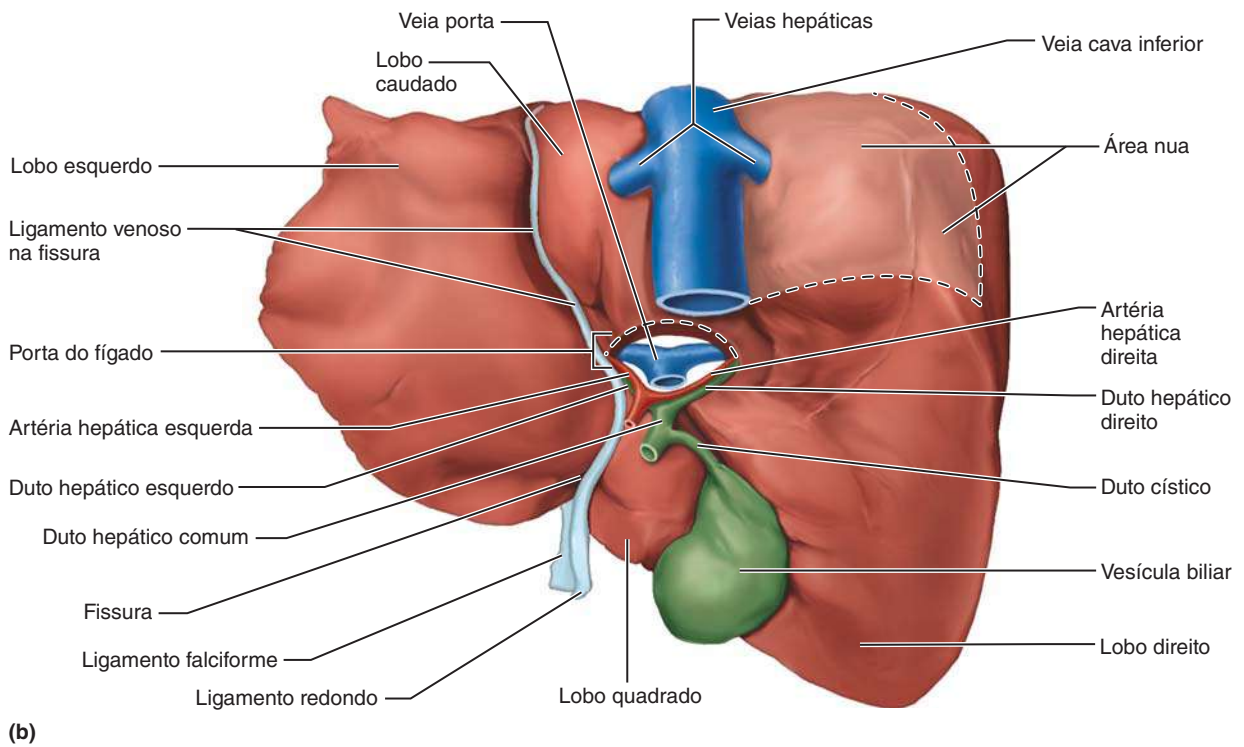
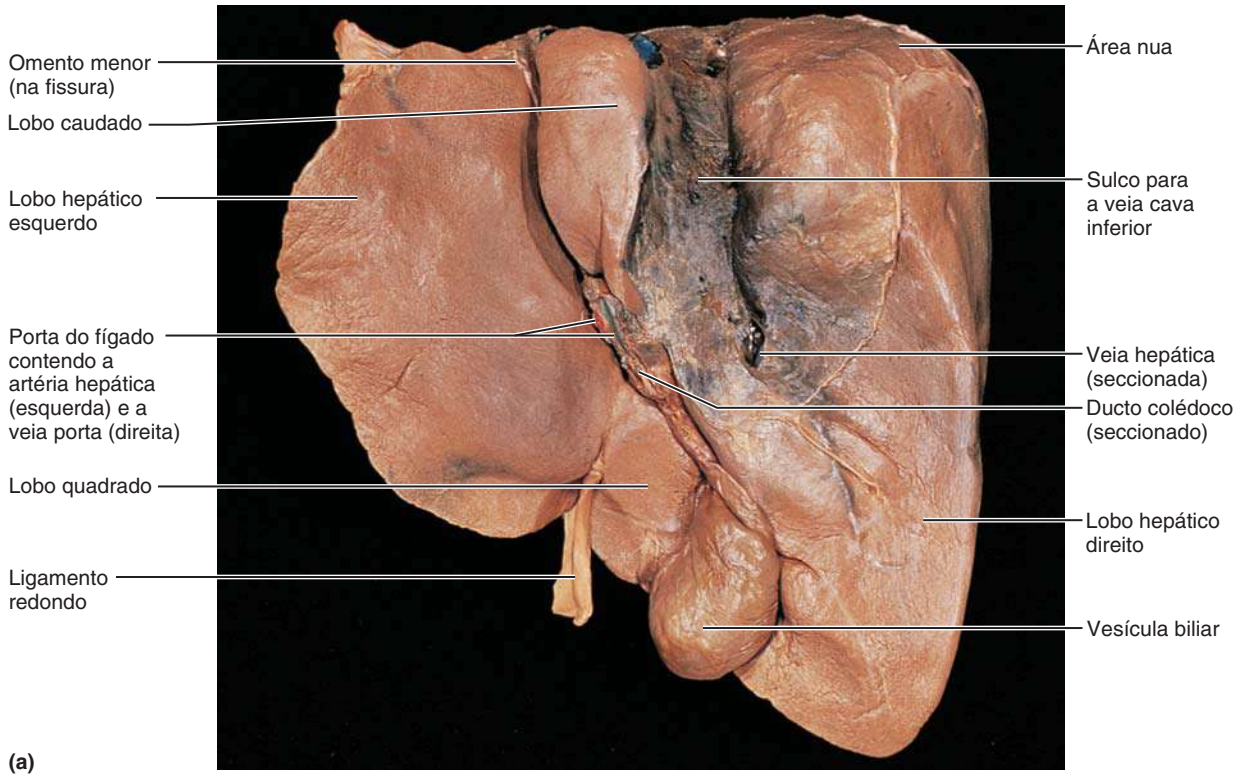


Figura 23.26 Face visceral do fígado (vista posteroinferior). (a) Fotografia. (b) Ilustração. Repare nos vasos e ductos que entram e saem do fígado. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 65a.)

Anatomia microscópica

O fígado contém mais de um milhão de **lóbulo hepáticos** (Figura 23.27a), cada um com aproximadamente o tamanho de uma semente de gergelim. Cada lóbulo tem a forma de um sólido hexagonal e consiste em placas de células hepáticas, ou **hepatócitos**, irradiando a partir de uma **veia central** (Figuras 23.27b e

c). Se você olhasse por cima de um livro tão aberto que as suas capas chegassem a se tocar, você teria um modelo aproximado do lóbulo hepático, com as páginas espalhadas representando as placas de hepatócitos e o cilindro oco formado pela coluna laminada representando a veia central. Os hepatócitos em cada placa são organizados como tijolos em uma parede.

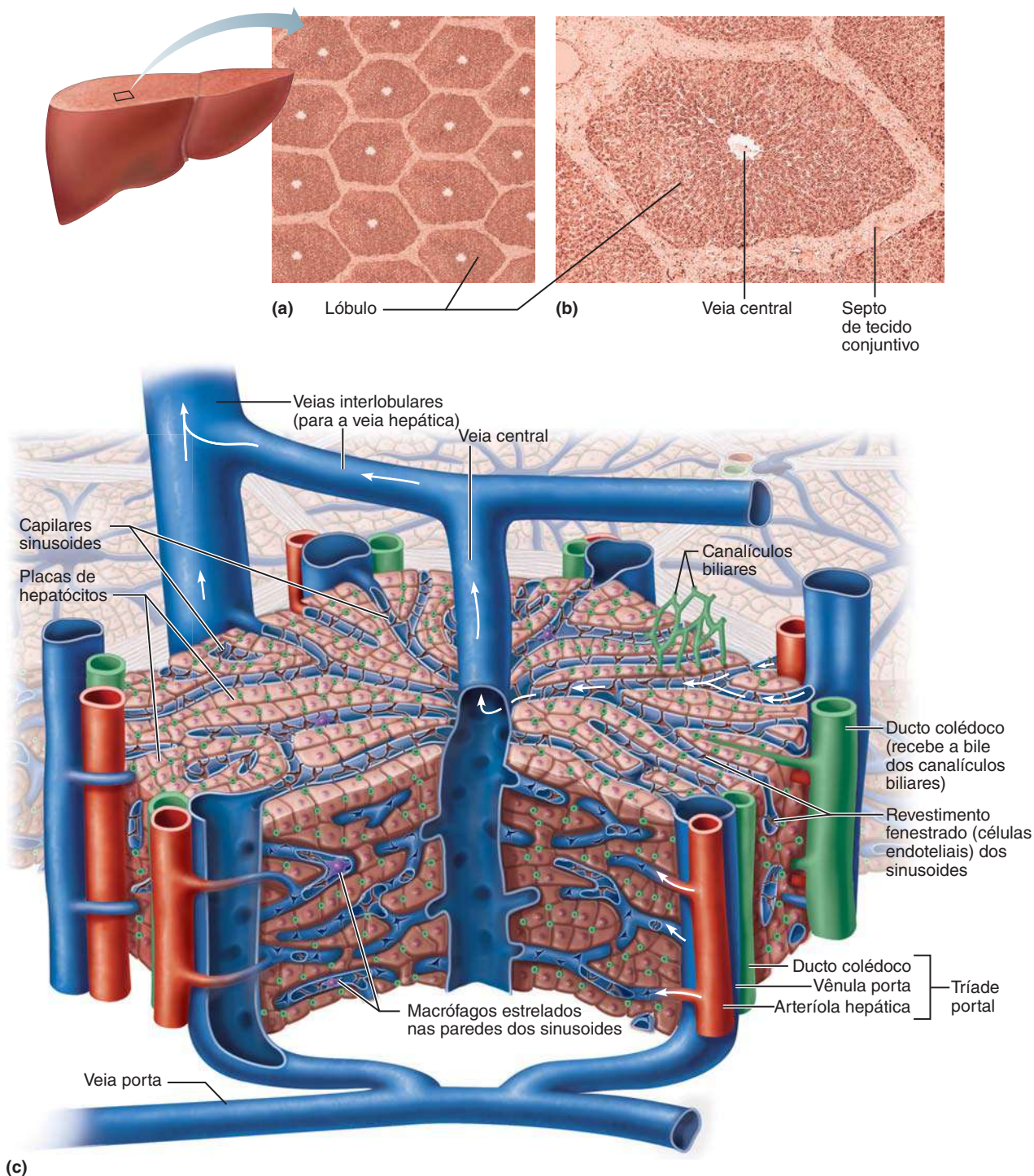


Figura 23.27 Anatomia microscópica do fígado. (a) Padrão lobular normal do fígado. (b) Vista ampliada de um lóbulo hepático. (c) Representação tridimensional de parte de um lóbulo hepático, mostrando a estrutura dos capilares sinusoides. As setas indicam a direção do fluxo sanguíneo.

Em quase todos os cantos do lóbulo há uma **tríade portal** (Figura 23.27c). A tríade portal contém três vasos principais: uma arteríola hepática que é um ramo da artéria hepática, uma vênula portal que é um afluente da veia porta e um **ducto colédoco** (que capta a bile dos lóbulos hepáticos). Repare que os vasos sanguíneos levam sangue arterial e venoso para o lóbulo. O sangue arterial supre os hepatócitos com oxigênio e o sangue da veia porta leva substâncias dos intestinos para serem processadas pelos hepatócitos.

Entre as placas de hepatócitos há amplos capilares, os **sinusoides hepáticos**. Perto das tríades portais esses sinusoides recebem sangue da arteríola e da vênula, levando esse sangue para o interior do lóbulo até chegar à veia central (Figura 23.27c). A partir daí, as veias centrais formam tributárias (veias interlobulares) que drenam nas veias hepáticas e depois na veia cava inferior fora do fígado.

Nas paredes dos sinusoides encontram-se os **macrófagos estrelados** (ou *macrófagos hepáticos*), que destroem as bactérias e outras partículas estranhas no sangue que passa por eles. Desse modo, embora os microrganismos no intestino possam entrar nos capilares do intestino, alguns deles o fazem após o fígado. Além de limpar os microrganismos do sangue, os macrófagos estrelados também destroem as células sanguíneas desgastadas — como o fazem os macrófagos do baço e da medula óssea.

Os sinusoides hepáticos são revestidos por um endotélio excepcionalmente permeável e fenestrado (Figura 23.27c). Amplas quantidades de plasma sanguíneo são lançadas nos sinusoides, banhando os hepatócitos que necessitam proximidade com um grande suprimento sanguíneo como esse, já que muitas de suas funções dependem de interações com a parte fluida do sangue.

Os hepatócitos possuem um grande número de organelas diferentes que os habilitam a desempenhar muitas funções:

- O RE rugoso abundante produz proteínas do sangue.
- O RE liso bem desenvolvido ajuda a produzir sais biliares e eliminar substâncias tóxicas transportadas pelo sangue.
- Os peroxissomos abundantes eliminam outras substâncias (incluindo o álcool; o mecanismo para esse processo é discutido na p. 33).
- O grande aparelho de Golgi embala os produtos secretórios abundantes do RE.
- Grandes quantidades de mitocôndrias fornecem energia para todos esses processos.
- Os vários glicosossomos armazenam carboidratos, refletindo o papel dos hepatócitos na regulação do açúcar sanguíneo.

Coletivamente, os hepatócitos produzem de 500-1000 ml de bile por dia. A bile secretada entra nos

minúsculos espaços intercelulares ou canais, chamados **canalículos biliares** (“pequenos canais”), situados ao lado dos hepatócitos (Figura 23.27c). Esses canalículos conduzem a bile de cada lóbulo, para os ductos biliares das tríades portais. A partir daí, a bile escoou para ductos progressivamente maiores, saindo do fígado através dos ductos hepáticos na porta hepática. Além desse ponto, outros ductos que transportam bile levam ao duodeno, como será descrito em breve.

Finalmente, os hepatócitos têm uma grande capacidade de divisão e regeneração celular: a julgar pelos experimentos em animais de laboratório, se a metade do fígado de uma pessoa fosse removida, esse fígado se regeneraria em algumas semanas. A reposição celular ocorre através da divisão dos hepatócitos maduros e das *células-tronco hepáticas*, que estão situados perto dos ductos biliares nas tríades portais.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Cirrose A inflamação progressiva do fígado se chama **cirrose** (“cor de laranja”); geralmente ela resulta do alcoolismo crônico. Embora os hepatócitos envenenados pelo álcool sejam substituídos continuamente, o tecido conjuntivo do fígado se regenera mais rápido, de modo que ele se torna fibroso e gorduroso, com a sua função entrando em declínio. O tecido cicatricial impede o fluxo do sangue pelo fígado, provocando hipertensão portal, elevação da pressão arterial nos vasos da porta do fígado. O paciente pode evoluir para confusão ou coma à medida que as toxinas se acumulam no sangue e deprimem as funções cerebrais. Além do alcoolismo, outras causas da cirrose incluem a hepatite (ver “Hepatite viral” na p. 742) e crise autoimune nos ductos biliares.

Vesícula biliar

Anatomia macroscópica

A **vesícula biliar** é um saco muscular que repousa em uma depressão rasa na face visceral do lobo hepático direito (Figura 23.26). Ela armazena e concentra a bile produzida pelo fígado. Sua cabeça arredondada, ou *fundo*, se projeta da margem inferior do fígado (Figura 23.25). A posição do fundo da vesícula biliar pode ser identificada superficialmente na parede do abdome. Ela está situada no lado direito, logo abaixo de onde a margem lateral do músculo reto do abdome cruza a margem costal da caixa torácica. (Esse ponto está representado na Figura 11.31, p. 349, na intersecção da linha semilunar com a margem costal.) Internamente, um padrão de colmeia formado por dobraduras de mucosa (Figura 23.19) permite que essa mucosa se expanda à medida que a vesícula biliar enche.

O ducto da vesícula biliar, o **ducto cístico** (Figura 23.19), une-se ao ducto hepático comum a partir do fígado para formar o **ducto colédoco** que desemboca no duodeno. O fígado secreta bile continuamente, mas os

esfíncteres no final do ducto colédoco e na ampola hepatopancreática são fechados quando a bile não é necessária para a digestão. Nesses momentos, a bile retorna pelo ducto cístico e entra na vesícula biliar para ser armazenada. Quando o quimo gorduroso de uma refeição entra no duodeno, a parede muscular da vesícula biliar contrai em resposta ao hormônio *colecistoquinina*, que é liberado pelas células enteroendócrinas do duodeno. Os esfíncteres no final do sistema de ductos relaxam e a bile é expelida da vesícula biliar através do ducto cístico até o ducto colédoco, entrando no duodeno.

Anatomia microscópica

Em termos histológicos, a parede da vesícula biliar tem menos camadas do que a parede do tubo digestório: (1) uma mucosa consistindo em um epitélio simples prismático e uma lâmina própria, (2) uma camada de músculo liso e (3) uma camada externa espessa de tecido conjuntivo, coberta por uma serosa sempre que não estiver em contato direto com o fígado. As células prismáticas do epitélio de revestimento concentram a bile absorvendo parte de sua água e íons.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Cálculos biliares A bile é o veículo normal no qual o colesterol é excretado do corpo e os sais biliares mantêm o colesterol dissolvido dentro da bile. Colesterol demais ou sais biliares de menos podem levar à cristalização do colesterol na vesícula biliar, produzindo os **cálculos biliares** que podem entupir o ducto cístico e causar uma dor agonizante quando a vesícula biliar ou seu ducto contraem. Os cálculos biliares são fáceis de diagnosticar porque eles aparecem claramente na imagem de ultrassom. Os tratamentos incluem a administração de medicamentos que possam dissolver os cálculos e a *colecistectomia laparoscópica*, uma técnica cirúrgica minimamente invasiva para remover a vesícula biliar. Nesse procedimento, uma câmera e ferramentas cirúrgicas introduzidas através de pequenos orifícios na parede anterior do abdome no local do fundo são utilizadas para excisar a vesícula biliar. Quaisquer cálculos biliares remanescentes no ducto biliar comum são vaporizados utilizando um laser.

Pâncreas

O **pâncreas** é ao mesmo tempo uma glândula exócrina e uma glândula endócrina. Em sua função endócrina o pâncreas secreta dois hormônios importantes, insulina e glucagon, que diminuem e aumentam os níveis de açúcar no sangue, respectivamente (ver mais detalhes no Capítulo 17). Sua função exócrina é produzir a maioria das enzimas que digerem os alimentos no intestino delgado.

Anatomia macroscópica

O pâncreas, que é secundariamente retroperitoneal, situa-se nas regiões do epigástrico e hipocôndrio

esquerdo do abdome (ver Figura 23.2). Ele apresenta uma cabeça, corpo e cauda (**Figura 23.28a**); sua cabeça situa-se na curvatura em forma de C do duodeno e sua cauda se estende para a esquerda até tocar o baço.

O **ducto pancreático** se estende por todo o comprimento do pâncreas (Figura 23.19). Esse ducto se une ao ducto colédoco e forma a ampola hepatopancreática, desembocando no duodeno na papila duodenal maior. Um **ducto pancreático acessório** situa-se na cabeça do pâncreas e drena no ducto principal ou diretamente no duodeno.



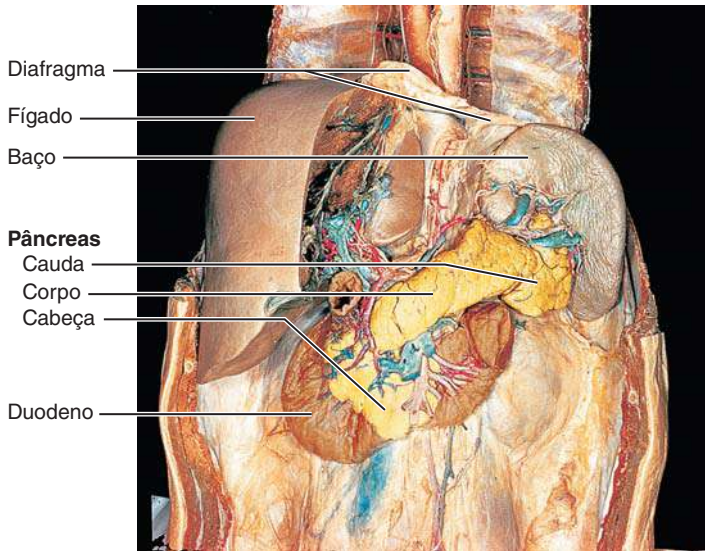
APLICAÇÃO CLÍNICA

Inflamação do pâncreas ou pancreatite Geralmente acompanhada por necrose do tecido pancreático, é uma condição dolorosa que é causada pelo bloqueio do pâncreas ou por cálculos biliares ou induzida por alcoolismo. Os bloqueios resultam em ativação das enzimas pancreáticas no pâncreas em vez de no intestino delgado. A pancreatite pode levar a deficiências nutricionais, diabetes, infecções pancreáticas, e, finalmente, à morte através de choque circulatório à medida que os mediadores da inflamação vazam para a corrente sanguínea do pâncreas lesionado.

Vasos e nervos O pâncreas recebe sangue pelos ramos dos vasos hepáticos, esplênicos e mesentéricos superiores. Seus nervos autônomos são provenientes do plexo celíaco. O estímulo simpático provém dos nervos esplêncnicos torácicos e o parassimpático, do nervo vago.

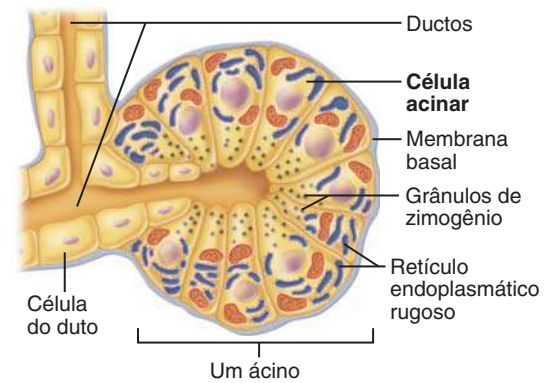
Anatomia microscópica

Microscopicamente, o pâncreas consiste em muitas glândulas exócrinas misturadas com alguns agrupamentos de células endócrinas. Essas glândulas exócrinas — glândulas acinares compostas serão consideradas primeiro. Os ácinos dessas glândulas consistem em **células acinares** serosas (Figuras 23.28b e c), que produzem, armazenam e secretam pelo menos 22 tipos de enzimas pancreáticas capazes de digerir as várias categorias de gêneros alimentícios. As enzimas são armazenadas em forma inativa nos grânulos secretórios intracelulares chamados **grânulos de zimogênio** (“de fermentação”). As células acinares também contêm um RE rugoso e um aparelho de Golgi elaborados, que são características típicas das células que secretam proteínas. A partir de cada ácino, o produto secretado passa pelo sistema de ductos pancreáticos até o duodeno, onde as enzimas são ativadas. Além disso, as células epiteliais que revestem os ductos pancreáticos menores secretam um fluido com alto teor de bicarbonato que ajuda a neutralizar o quimo ácido no duodeno. Entre as células do ducto também se encontram as células-tronco que formam novos ácinos e células endócrinas.

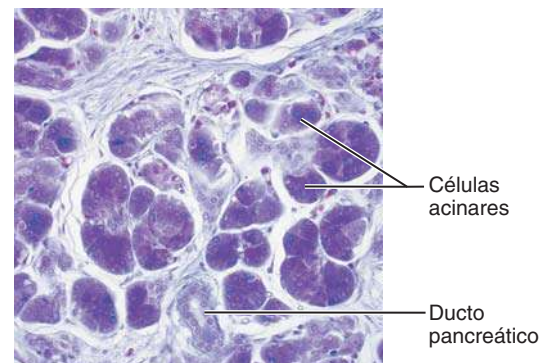


(a) Dissecção ilustrando o pâncreas e sua relação com os órgãos circundantes na região superior do abdome

Figura 23.28 Anatomia macroscópica e microscópica do pâncreas. Em (a), o estômago e grande parte do fígado foram removidos.



(b) Ilustração das células acinares pancreáticas



(c) Fotomicrografia das células acinares exócrinas do pâncreas (130x)

✓ Verifique seu conhecimento

- 17. Cite os nomes dos vasos e ductos que passam pela porta hepática. Indique o que se encontra em cada estrutura e se o seu conteúdo segue para o fígado ou para fora do fígado.
- 18. Trace o caminho do sangue drenado do trato digestório através de um lóbulo hepático.
- 19. Quais células no pâncreas produzem e secretam enzimas digestórias? Em que ponto do tubo digestório essas secreções são lançadas?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TRANSTORNOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever alguns transtornos dos órgãos digestórios.

Úlceras pépticas

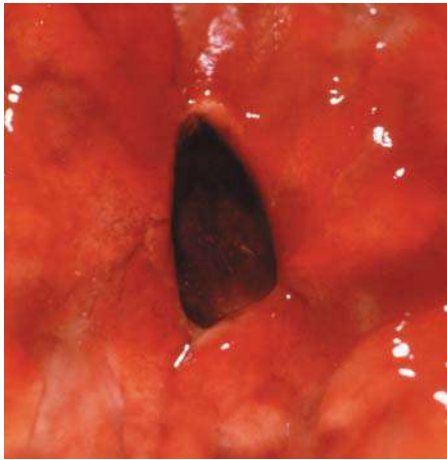
As úlceras são erosões da mucosa, parecidas com crateras, em qualquer região do tubo digestório que esteja exposta às secreções estomacais (Figura 23.29a). A maioria das úlceras pépticas ocorre na região pilórica do estômago (**úlceras gástricas**) ou no duodeno (**úlceras**

duodenais). O sintoma típico de uma úlcera péptica é uma sensação crônica de queimação na região do epigástrio, geralmente 1-3 horas após uma refeição. As úlceras, tradicionalmente consideradas uma consequência do estresse, hoje são reconhecidas como uma doença infecciosa provocada por uma bactéria espiralada resistente a ácidos, a *Helicobacter pylori* (Figura 23.29b). A *H. pylori* se liga ao epitélio gástrico e induz o excesso de secreção de ácido e também induz inflamação, o que leva às úlceras. Aproximadamente 20% das pessoas nos Estados Unidos com menos de 40 anos de idade e 50% das pessoas com mais de 60 anos de idade são hospedeiras da *H. pylori*, embora a maioria dessas pessoas seja resistente ou portadora de uma cepa inofensiva.⁵ A bactéria se espalha via contaminação fecal do alimento ou da água. Um regime de antibióticos simples de duas semanas de duração cura permanentemente as úlceras pépticas na maioria dos pacientes.

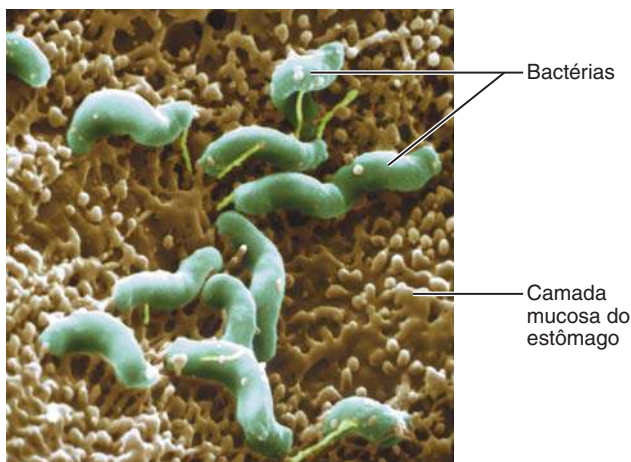
Obstrução intestinal

Qualquer obstrução ao movimento do quimo ou das fezes pelo intestino se chama **obstrução intestinal**. A

5 Nota do editor: conforme artigo “Contexto epidemiológico atual da infecção por *Helicobacter pylori*”, de José Miguel Luz Parene e col., a incidência de *Helicobacter pylori* no Brasil é alta, seja em regiões rurais seja em urbanas, seja em crianças seja em adultos. Nos últimos anos, pesquisas realizadas em áreas em condições inadequadas de vida, como Teresina (Piauí) e Fortaleza (Ceará) indicam elevadas taxas de prevalência já nos primeiros anos de vida. Em Teresina, por exemplo, a taxa foi superior a 70% nas faixas etárias acima de seis anos de idade. Resultados semelhantes foram encontrados no Ceará, utilizando teste respiratório com 13 C-ureia, prevalência global de 55,8% (crianças de seis meses a 14 anos) e 40% (crianças até seis anos de idade), respectivamente.



(a) Lesão de úlcera gástrica

(b) Bactérias *H. pylori***Figura 23.29** Úlceras pépticas.

maioria das obstruções é *mecânica* — devido a hérnias do intestino ou torções que obliteram o intestino, tumores ou adesões intestinais, ou objetos estranhos alojados no intestino. A obstrução *não mecânica*, por outro lado, deve-se a uma parada no peristaltismo. Isso pode ocorrer quando o movimento do intestino é inibido por trauma ou quando o intestino é tocado durante a cirurgia. Aproximadamente 85% de todas as obstruções ocorrem no intestino delgado; as 15% restantes afetam o intestino grosso. Os sintomas comuns incluem cólicas, vômito, náusea e incapacidade de passagem de gases ou fezes.

Doença inflamatória intestinal

Até 2 em cada 1.000 pessoas são afetadas pela **doença inflamatória intestinal**, uma inflamação periódica e não contagiosa da parede intestinal causada pela infiltração crônica de leucócitos. Os sintomas incluem cólicas, diarreia, perda de peso e sangramento intestinal. Dos dois subtipos dessa condição, a forma chamada *doença de Crohn*

é a mais grave, com úlceras e fissuras profundas se desenvolvendo por todo o intestino, mas principalmente na parte terminal da íleo. A outra forma, *colite ulcerativa*, é caracterizada por uma inflamação superficial da mucosa do intestino grosso, principalmente no reto. Embora antes se acreditasse que a condição era de fundo nervoso, a doença inflamatória intestinal hoje é reconhecida como uma resposta imune e inflamatória anormal aos antígenos bacterianos que ocorrem normalmente no intestino. O tratamento envolve a adoção de uma dieta especial com baixo teor de fibra e poucos laticínios, redução do estresse, ingestão de antibióticos e, de modo mais eficaz, administração de medicamentos anti-inflamatórios e imunossupressores.

Hepatite viral

A **hepatite**, termo geral para qualquer inflamação do fígado, é basicamente de origem viral. Após a infecção, a maioria dos tipos de **hepatite viral** leva a sintomas parecidos com os da gripe e icterícia (pele e membranas mucosas amarelas, uma indicação de que o fígado não está removendo os pigmentos biliares do sangue para produzir a bile). Os tipos principais de hepatite são A, B, C e G.

A *hepatite A*, disseminada pela rota fecal-oral muitas vezes no alimento ou água contaminados, é caracterizada por uma infecção aguda sem danos no longo prazo, seguida pela recuperação e imunidade vitalícia. Os tratamentos incluem a administração de anticorpos e a aplicação de vacinas preventivas eficazes.

A *hepatite B* é transmitida por sangue ou fluidos corporais infectados, ou das mães para os bebês, durante o parto. A maioria dos indivíduos infectados se recupera e adquire imunidade, mas alguns desenvolvem doença hepática crônica e, finalmente, cirrose, com uma maior probabilidade de desenvolver câncer do fígado. Muitos pacientes de hepatite B podem ser ajudados com interferon (uma substância que melhora a resposta imune contra os vírus), além de uma combinação de fármacos que interrompem a replicação viral; também existe uma vacina eficaz.

A *hepatite C*, assim com a hepatite B, é transmitida pelos fluidos corporais e pode levar à cirrose e ao câncer de fígado, mas tem suscitado uma maior preocupação pelo fato de geralmente não produzir sintomas no curto prazo. Em consequência, ela é difícil de diagnosticar e muitos indivíduos não sabem que estão infectados até terem espalhado o vírus ou desenvolverem sintomas graves, algumas vezes 20 anos após a infecção. Aproximadamente 4 milhões de norte-americanos são portadores de hepatite C e sua disseminação é um problema de saúde grave.⁶ Ainda não existem vacinas, mas o Interferon é um medicamento que inibe a replicação viral e pode ajudar muitos pacientes.

A *hepatite G* é tão disseminada quanto o tipo C, mas parece provocar pouco dano hepático.

⁶ Nota do editor: dados da OMS revelam que 3% da população mundial, ou seja, 150 milhões, é portadora de hepatite C; no Brasil, cerca de 3 milhões de pessoas são portadoras dessa doença.

Fibrose cística e pâncreas

A *fibrose cística* (descrita em mais detalhes na p. 694-695) perturba as secreções no sistema respiratório, mas a maior parte dos demais epitélios secretórios do corpo também é afetada. O pâncreas e as glândulas intestinais, as glândulas submandibulares e os ductos biliares no fígado ficam bloqueados com secreções espessas. O efeito mais grave é no pâncreas, onde os ductos obliterados impedem os sucos pancreáticos de chegarem ao intestino delgado. Em consequência, as gorduras e outros nutrientes não são digeridos ou absorvidos, e as fezes são volumosas e carregadas de gordura. Esse problema pode ser tratado administrando-se enzimas pancreáticas com as refeições. No final, o pâncreas pode se transformar em uma massa de ductos dilatados por cistos e circundados por tecido fibroso denso e nenhum ácido.

O SISTEMA DIGESTÓRIO AO LONGO DA VIDA

Objetivo de aprendizagem:

- explicar como os órgãos digestórios se desenvolvem no embrião e definir intestino anterior, intermediário e posterior.

Desenvolvimento embrionário

O tubo digestório origina-se quando o embrião plano se dobra na forma de um cilindro, confinando uma parte tubular do saco vitelino dentro do seu

corpo (Capítulo 3, p. 56). Esse dobramento produz o *intestino primitivo*, um tubo de endoderma coberto por mesoderma esplâncnico. O endoderma origina o epitélio de revestimento do tubo digestório, o revestimento epitelial dos órgãos derivados do intestino (fígado, pâncreas e vesícula biliar) e todas as células secretórias das glândulas digestórias; o mesoderma esplâncnico origina todas as outras camadas na parede do tubo digestório e os órgãos derivados do intestino.

Inicialmente, a região média do intestino primitivo é aberta para o saco vitelino através do **ducto vitelino (Figura 23.30a)**. O ducto vitelino é um marco fundamental que divide o intestino embrionário em três regiões básicas: intestino anterior, superior ao ducto vitelino; intestino médio, aberto para o ducto vitelino; e intestino posterior, inferior ao ducto vitelino.

- O **intestino anterior** se desenvolve no primeiro segmento do sistema digestório, da faringe até o ponto no duodeno onde penetra o ducto colédoco. O tronco celíaco fornece sangue para o intestino anterior e seus derivados: o fígado, a vesícula biliar e o pâncreas.
- O **intestino médio** se transforma no segmento que começa no duodeno e se estende até dois terços do colo transversa. A artéria mesentérica superior supre os derivados do intestino médio.
- O **intestino posterior** forma a parte restante do intestino grosso. A artéria mesentérica inferior supre os órgãos do intestino posterior.

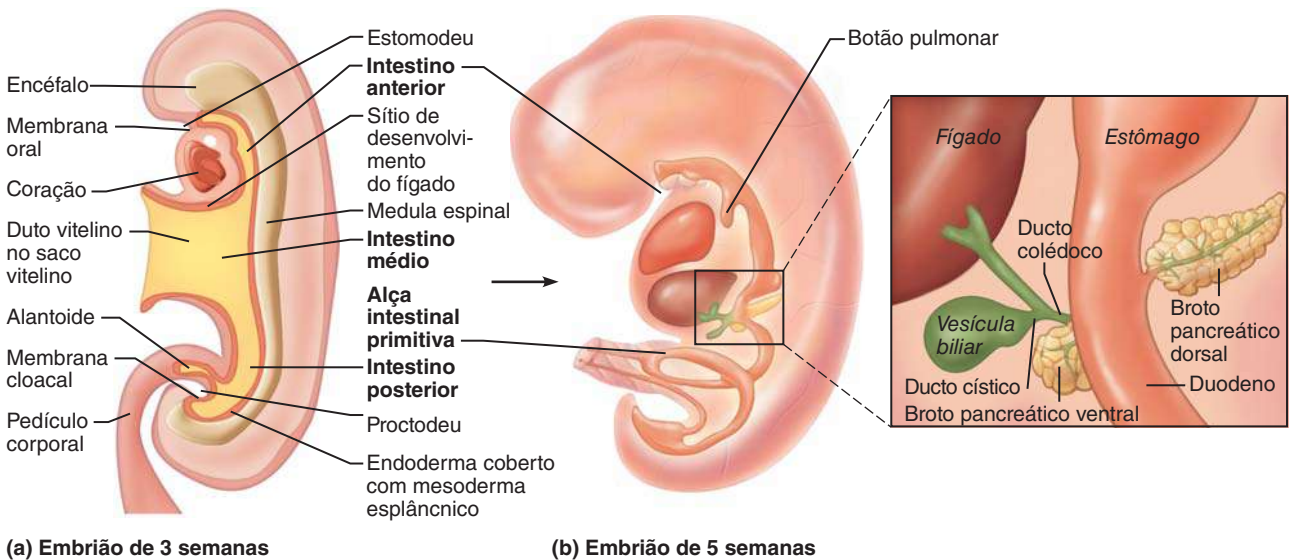


Figura 23.30 Desenvolvimento do sistema digestório. (a) Intestino primitivo (composto de intestino anterior, médio e posterior) formado. O intestino médio ainda está aberto e é contínuo como o saco vitelino. As membranas oral e cloacal serão reabsorvidas em algumas semanas para formar as aberturas oral e anal. (b) O fígado e o pâncreas estão brotando do intestino anterior. O pâncreas se forma a partir dos dois brotos pancreáticos (ventral e dorsal) que se unem mais tarde.

A parte caudal do intestino posterior se une a uma projeção tubular chamada **alantoide**. A junção expandida entre o intestino posterior e o alantoide é a **cloaca**, que origina o reto e a maior parte do canal anal, dentre outras estruturas.

Na região da boca do embrião, o intestino revestido por endoderma entra em contato com o ectoderma de superfície e forma uma **membrana oral** situada em uma depressão chamada **estomodeu**. De modo similar, na extremidade do intestino posterior o endoderma encontra o ectoderma e juntos formam a **membrana cloacal** em uma depressão chamada **proctodeu**. A membrana oral situa-se no futuro limite boca-faringe (as fauces) e a membrana cloacal situa-se no futuro canal anal, aproximadamente no local da futura linha pectinada. As membranas oral e cloacal são reabsorvidas durante o 2º mês, comunicando assim o tubo digestório com o meio externo.

Durante a 4ª e 5ª semanas, o intestino embrionário começa a alongar, curvar e formar projeções (Figura 23.30b). As glândulas salivares surgem como projeções da boca; a faringe desenvolve quatro ou cinco pares de *bolsas faríngeas* laterais (ver Figura 1.5b, p. 26); e os futuros pulmões e traqueia brotam da parte distal da faringe (ver p. 698). Um alargamento fusiforme do intestino anterior no abdome é o primeiro sinal de estômago; o fígado e o pâncreas surgem como brotos na última parte do intestino anterior; e o intestino médio se alonga em uma **alça intestinal primitiva**. No 2º e 3º meses, essa alça gira e se alonga para colocar os intestinos em suas posições finais.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Anomalias do desenvolvimento O não fechamento completo do ducto vitelino pode resultar em uma projeção do íleo, chamada **divertículo de Meckel**. Essa é a anomalia mais comum no sistema digestório, ocorrendo em 2% da população e sendo frequentemente assintomática. Se o tecido dentro do divertículo for de origem pancreática ou gástrica, pode ocorrer ulceração ou sangramento.

A rotação anormal durante o desenvolvimento pode fazer com que o intestino enrole em si mesmo, uma condição chamada **vólvulo**, que pode interromper o suprimento sanguíneo para o intestino, levar à morte do tecido na parte afetada e provocar bloqueio intestinal. O vólvulo é tratado pela remoção cirúrgica da parte do intestino afetada.

Sistema digestório na velhice

A menos que ocorram interferências anormais, o sistema digestório atua durante a infância e a idade adulta com uma quantidade de problemas relativamente pequena. No entanto, às vezes os alimentos contaminados causam uma inflamação do tubo digestório chamada **gastroenterite**, cujos sintomas incluem náusea, vômito, cólicas, perda de apetite ou diarreia. Como mencionamos anteriormente, a apendicite é comum nos adolescentes e adultos jovens. Os cálculos biliares e úlceras são problemas da meia-idade.

Na velhice, a atividade dos órgãos digestórios entra em declínio: menos sucos digestórios são produzidos; a absorção dos nutrientes se torna menos eficiente; e o peristaltismo se torna mais lento. Uma quantidade tão grande de água é reabsorvida da massa fecal em movimento lento fazendo com que as fezes fiquem duras e compactadas. O resultado é uma diminuição na frequência dos movimentos intestinais e, frequentemente, a constipação.

A diverticulose (p. 731) e o câncer dos órgãos digestórios são outros problemas comuns dos idosos. O câncer de estômago, colo, fígado ou pâncreas raramente exhibe sinais precoces e muitas vezes já ocorreu metástase antes que a pessoa procure ajuda médica. Essas formas de câncer são fatais — o câncer de colo é a segunda causa principal de mortes por câncer nos Estados Unidos.⁷ No entanto, se forem detectados precocemente, os cânceres das vísceras digestórias às vezes são curáveis, com os cânceres de colo e fígado sendo mais curáveis do que o câncer de pâncreas ou da vesícula biliar. O melhor conselho é fazer revisões médicas regulares. A metade de todos os cânceres retais pode ser sentida digitalmente durante os exames retais e quase 80% dos cânceres de colo podem ser vistos durante uma colonoscopia (ver p. 102, 745). A evidência sugere que as dietas ricas em fibras vegetais diminuem a incidência de câncer de colo.

Verifique seu conhecimento

- 20. Por que é tão importante lavar as mãos após usar o banheiro?
- 21. Qual camada germinativa embrionária forma o epitélio da mucosa? Qual camada germinativa forma a submucosa e a muscular externa?
- 22. Qual vaso sanguíneo supre as estruturas derivadas do intestino médio embrionário?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

⁷ Nota do editor: segundo o Instituto COI, para o ano de 2012, no Brasil, foram estimados 14.180 novos casos de câncer de colo e reto em homens e 15.960 em mulheres. Esses dados correspondem a um risco estimado de 15 novos casos a cada 100 mil homens e 16 a cada 100 mil mulheres.



TERMOS CLÍNICOS

Ascite Acúmulo anormal de fluido seroso que vazou dos capilares peritoneais para a cavidade peritoneal; pode ser causada por hipertensão portal após cirrose hepática ou por doença cardíaca ou renal. A ascite excessiva causa uma dilatação visível do abdome.

Biópsia do fígado Remoção de um pequeno pedaço de tecido vivo do fígado, que depois é examinado em busca de sinais de doença. A agulha de punção é inserida através do sétimo, oitavo ou nono espaço intercostal na linha mesoaxilar direita (diretamente inferior à axila) após o paciente ter expelido o máximo possível de ar. (A expiração minimiza as chances de que a agulha venha a perfurar o pulmão).

Endoscopia A visualização do revestimento da cavidade ventral do corpo ou de um órgão tubular com um dispositivo tubular flexível chamado endoscópio, que contém uma lente e uma luz irradiando de sua ponta. Os endoscópios são utilizados para visualizar as superfícies internas de várias partes do tubo digestório, incluindo o estômago (gastroscoopia), o colo (colonoscopia) e o colo sigmoide (sigmoidoscopia). A **laparoscopia** é o uso de um endoscópio inserido na cavidade peritoneal através da parede anterior do abdome, normalmente para avaliar a condição dos órgãos digestórios e dos órgãos reprodutores pélvicos nas mulheres.

Enterite Inflamação intestinal, especialmente do intestino delgado.

Estenose pilórica Condição congênita em aproximadamente 1 a cada 400 recém-nascidos na qual o óstio pilórico do estômago é anormalmente constricto; o sinal característico da condição, o vômito em jato, geralmente não aparece até o bebê começar a ingerir alimentos sólidos. Essa condição geralmente pode ser corrigida cirur-

gicamente, podendo ocorrer também nos adultos através da cicatrização decorrente de uma úlcera ou de um tumor que bloqueie o óstio pilórico.

Fissura anal Fenda longitudinal na mucosa do canal anal, causada frequentemente pela passagem de fezes duras e secas. Geralmente cicatriza de modo natural, mas a maioria das fissuras que não cicatriza está na linha média posterior, que é mal vascularizada. Os sintomas incluem dor e sangramento durante a defecação. O tratamento inclui o uso de laxantes para amolecer as fezes, supositórios de glicerina ou, nos casos persistentes, cirurgia.

Retocele Condição nas mulheres na qual o reto empurra a vagina e forma uma protuberância na parede posterior da vagina. Resulta geralmente da laceração dos músculos que sustentam o assoalho da pelve durante o parto, o que depois permite que as vísceras pélvicas sem sustentação projetem-se inferiormente. Também pode estar associada com um *prolapso do reto*, no qual a mucosa se projeta a partir do ânus.

Terapia bacteriana fecal Essa terapia, também chamada *transplante fecal*, é um tratamento experimental para a inflamação intestinal crônica causada pela bactéria *Clostridium difficile* ("C. diff"). Esse organismo é resistente à maioria dos antibióticos e, como o nome sugere, é extremamente difícil de tratar. A terapia bacteriana fecal transplanta as bactérias intestinais de um doador saudável para um indivíduo infectado administrando uma amostra de fezes diluídas do doador no colo do receptor. As fezes transplantadas restabelecem os micróbios intestinais "normais" no colo do receptor. Esse tratamento, embora simples e um pouco incomum, têm sido muito bem-sucedido no combate a essa bactéria.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

VISÃO GERAL (p. 704-711)

1. O sistema digestório inclui o tubo digestório (boca, faringe, esôfago, estômago e intestinos delgado e grosso), além dos órgãos digestórios anexos (dentes, língua, glândulas salivares, fígado, vesícula biliar e pâncreas).

Regiões abdominais (p. 705-707)

2. As nove regiões da parede anterior do abdome são definidas por dois planos horizontais (subcostal e intertubercular) e pelas linhas medioclaviculares verticais. Existe uma região do epigástrico e duas regiões do hipocôndrio superiormente, uma região umbilical e duas regiões lombares na parte média, e uma região do hipogástrico (púbica) e duas regiões inguiniais (ilíacas) inferiormente. A parede anterior do abdome também pode ser dividida em quatro quadrantes.

Cavidade peritoneal e peritônio (p. 708-710)

3. A membrana serosa na cavidade abdominopélvica é o peritônio, que tem uma camada parietal (na superfície interna da parede corporal) e uma camada visceral (nas vísceras). A fenda entre o peritônio visceral e parietal, a cavidade peritoneal, contém fluido seroso escorregadio que reduz o atrito quando os órgãos se movimentam.
4. Um mesentério é uma camada dupla de peritônio que prende os órgãos digestórios móveis na parede corporal. Os mesentérios também armazenam gordura e portam vasos sanguíneos e nervos.
5. Os mesentérios associados aos órgãos abdominais intraperitoneais são (1) os mesentérios ventrais, o ligamento falciforme e o omento menor; e (2) os mesentérios dorsais, o omento maior, mesentério propriamente dito, o mesocolo transversal e o mesocolo sigmoide. Os órgãos digestórios que não possuem um mesentério e que são fundidos com a parede posterior do corpo se chamam órgãos retroperitoneais.

Processos digestórios (p. 710-711)

6. O sistema digestório executa os processos de ingestão, propulsão, decomposição mecânica, digestão, absorção e defecação.

ANATOMIA DO TUBO DIGESTÓRIO (p. 711-733)**Histologia** (p. 711-713)

7. O esôfago, estômago e intestino compartilham as mesmas camadas de tecido: uma mucosa interna (epitélio de revestimento, lâmina própria e muscular da mucosa), uma submucosa fibrosa, uma camada muscular (camadas circular e longitudinal) e uma serosa externa (peritônio visceral) ou adventícia.

Músculo liso (p. 713-715)

8. As fibras musculares lisas são células alongadas com extremidades afuniladas e um núcleo central. Elas não possuem estrias ou sarcômeros, mas são preenchidas com miofilamentos que contraem através do mecanismo de filamentos deslizantes. Os filamentos intermediários do citoesqueleto seguem com uma organização em treliça através da célula. Filamentos de actina conectam esses filamentos aos corpos densos.
9. As fibras musculares lisas estão organizadas quase sempre em camadas circulares e longitudinais.
10. O músculo liso contrai por longos períodos com pouco consumo de energia e sem fadiga.
11. O músculo liso é inervado por fibras nervosas involuntárias que normalmente entram em contato com apenas algumas fibras musculares por camada. O impulso que sinaliza a contração geralmente se espalha de fibra para fibra através de junções comunicantes. Isso se chama inervação unitária.
12. Os neurônios motores viscerais não formam junções neuromusculares elaboradas com o músculo visceral e as glândulas que inervam. Seus terminais axônicos (varicosidades) podem até terminar a alguma distância das células ejetoras.
13. O sistema nervoso entérico é uma rede neural intrínseca dentro da parede do tubo digestório. Os neurônios entéricos localizados nos plexos nervosos viscerais (miotérico e submucoso) controlam as atividades musculares e secretórias dos órgãos digestórios. As fibras sensitivas viscerais, parassimpáticas e simpáticas ligam o sistema nervoso entérico ao SNC. A inervação autônoma influencia a atividade dos neurônios entéricos.

Boca e órgãos anexos (p. 715-720)

14. O alimento entra no tubo digestório através da boca (cavidade oral), que consiste em um vestíbulo da boca externo e uma cavidade própria da boca interna.
15. A boca é revestida por um epitélio estratificado pavimentoso que resiste à abrasão dos fragmentos alimentares.
16. Os lábios e bochechas mantêm o alimento dentro da boca durante a mastigação. A zona vermelha do lábio é a parte vermelha dos lábios que margeia a rima da boca.
17. A língua é predominantemente um músculo esquelético coberto por mucosa. Seus músculos intrínsecos alteram a sua forma e seus músculos extrínsecos mudam a sua posição. Ocorrem três classes de papilas no dorso da língua: papilas filiformes, que prendem o alimento durante a mastigação, e papilas fungiformes e circunvaladas, que contêm os cálculos gustatórios.
18. A saliva é produzida pelas glândulas salivares menores na mucosa oral e por três pares de glândulas salivares maiores — as glândulas parótida, submandibular e sublingual. As glândulas salivares são glândulas tubuloalveolares compostas contendo quantidades variadas de células serosas e mucosas.
19. Os dentes cortam, dilaceram e trituram o alimento no processo de mastigação. Os 20 dentes decíduos começam a cair

aos 6 anos de idade e são substituídos gradualmente durante a infância e a juventude pelos 32 dentes permanentes.

20. Os dentes são classificados como incisivos, caninos, pré-molares e molares. Cada dente tem uma coroa coberta de esmalte e uma raiz revestida de cimento. O volume do dente consiste em dentina, que circunda a cavidade pulpar central. Um ligamento periodontal (periodonto) prende os dentes no alvéolo dentário.

Faringe (p. 720-721)

21. Durante a deglutição, o alimento passa da boca para a parte oral da faringe e penetra no faringe, que são revestidas pelo epitélio estratificado pavimentoso. Os músculos supra-hióideos elevam a laringe para proteger a via aérea. Os músculos constritores da faringe impõem o alimento para dentro do esôfago e depois os músculos infra-hióideos traçam inferiormente a laringe, devolvendo-a à sua posição original.

Esôfago (p. 721-722)

22. A partir da faringe o esôfago desce pelo mediastino posterior e penetra no abdome. Nesse ponto ele se une ao estômago no óstio cárdico, que se fecha e evita a regurgitação superior do conteúdo estomacal.
23. A mucosa do esôfago contém epitélio estratificado pavimentoso. A muscular consiste em músculo esquelético superiormente e músculo liso inferiormente. A camada externa do esôfago é uma adventícia.

Estômago (p. 722-724)

24. O estômago em forma de J agita o alimento e o transforma em quimo e secreta HCl e pepsina, que começam a decompor as proteínas alimentares. Situado na parte superior esquerda do abdome, suas principais regiões são a cárdia, o fundo, o corpo, a parte pilórica e o piloro (contendo o músculo esfíncter do piloro). Suas margens direita e esquerda são as curvaturas menor e maior. Quando o estômago está vazio, sua superfície externa exhibe pregas.
25. A superfície interna do estômago é revestida por epitélio simples prismático, que secreta muco, e pontilhada com fossetas gástricas que levam às glândulas tubulares gástricas. As células secretórias nas glândulas gástricas incluem células limogênicas produtoras de pepsinogênio, células oxínticas que secretam HCl, células mucosas do colo e células enteroendócrinas que secretam hormônios (incluindo a gastrina).
26. A parede do estômago é protegida contra a autodigestão e os ácidos por uma cobertura interna de muco e pela regeneração rápida do seu epitélio de revestimento.

Intestino delgado (p. 724-729)

27. O intestino delgado é o sítio principal da digestão e absorção dos nutrientes. Seus segmentos são o duodeno, jejuno e íleo.
28. O duodeno é retroperitoneal no quadrante superior direito do abdome. O ducto colédoco e o ducto pancreático principal se unem e formam a ampola hepatopancreática, desembocando no duodeno através da papila duodenal maior.
29. O intestino delgado possui quatro características que aumentam sua área de superfície e permitem a reabsorção rápida dos nutrientes: seu grande comprimento, as pregas circulares da mucosa, as vilosidades e as microvilosidades abundantes nas células absorptivas. Os nutrientes absorvidos entram nos capilares no centro das vilosidades.
30. O epitélio que reveste a superfície intestinal interna contém células absorptivas (enterócitos), células calciformes e células enteroendócrinas. Entre as vilosidades encontram-se as glândulas (criptas) intestinais que secretam suco

intestinal, renovam continuamente o epitélio de revestimento e contêm células de Paneth.

31. Outras características especiais do intestino delgado são (1) os nódulos linfáticos agregados no íleo e (2) as glândulas duodenais.

Intestino grosso (p. 729-733)

32. O intestino grosso, que concentra as fezes absorvendo água, forma um retângulo aberto em volta do intestino delgado. Suas subdivisões são o ceco e apêndice vermiforme, colo (ascendente, transversal, descendente e sigmoide), reto e canal anal. As características especiais na superfície externa do colo e do ceco são as tênias do colo, as saculações e os apêndices omentais.
33. O ceco situa-se na fossa ilíaca direita e contém o óstio ileal. Acoplado ao ceco encontra-se o apêndice vermiforme que contém tecido linfático em abundância.
34. Perto da extremidade do intestino grosso, o colo sigmoide entra na pelve e se une ao canal anal. O reto perfura o assoalho da pelve e se une ao canal anal, que termina no ânus. Internamente, o reto contém as pregas transversas e o canal anal contém colunas anais, válvulas anais, linha pectinada e seios anais.
35. O reflexo de defecação produz uma contração das paredes do reto quando as fezes entram no reto. Durante a defecação, a contração do diafragma e dos músculos abdominais aumenta a pressão intra-abdominal e eleva o canal anal. A defecação pode ser inibida pelo esfíncter externo do ânus.
36. Assim como o intestino delgado, o intestino grosso é revestido por um epitélio simples prismático com células absorptivas e células caliciformes, além de conter glândulas intestinais. Ele não possui vilosidades, secreta mais muco e contém mais tecido linfático do que o intestino delgado.

ANATOMIA DOS ÓRGÃOS ANEXOS (p. 733-741)

Fígado (p. 733-739)

37. O fígado desempenha muitas funções, incluindo o processamento dos nutrientes absorvidos, secreção de bile emulsificante de gordura e remoção de toxinas do sangue.
38. O fígado situa-se na região superior direita do abdome. Ele possui faces diafragmática e visceral e quatro lobos (direito, esquerdo, quadrado e caudado). Os lobos quadrado e caudado fazem parte do lobo esquerdo. A área nua situa-se contra o diafragma.
39. A maioria dos vasos entra ou sai do fígado através da porta hepática. Outras estruturas na face visceral são a veia cava inferior, as veias hepáticas, a vesícula biliar, a fissura, o ligamento redondo e o ligamento venoso.
40. Os lóbulos hepáticos clássicos são estruturas hexagonais que consistem em placas de hepatócitos separadas por capilares sinusoides e que convergem para uma veia central. As tríades portais (vênulas da veia porta, arteríolas da artéria hepática, ducto biliar) ocorrem na maioria dos cantos do lóbulo.
41. O sangue flui através do fígado da seguinte maneira: através dos ramos da artéria hepática e da veia porta, através dos sinusoides para suprir os hepatócitos, e depois para as veias centrais, veias hepáticas, veia cava inferior e coração. Nos sinusoides, as células estreladas (macrófagos) removem as bactérias e outros materiais estranhos do sangue.
42. Os hepatócitos realizam quase todas as funções hepáticas: eles produzem proteínas do sangue; desintoxicam; me-

tabilizam glicose, gorduras e aminoácidos; e produzem bile. Essas células hepáticas secretam bile nos canaliculos biliares. A bile segue para os ductos biliares nas tríades portais, para os ductos hepáticos e através do ducto hepático comum para a vesícula biliar.

Vesícula biliar (p. 739-740)

43. A vesícula biliar, um saco muscular verde, armazena e concentra bile. Seu ducto é o ducto cístico. Quando o quimo gorduroso entra no intestino delgado, a vesícula biliar expela a bile no ducto colédoco e no duodeno.

Pâncreas (p. 740-741)

44. O pâncreas é retroperitoneal. Ele segue horizontalmente pela parede posterior do abdome, entre o duodeno e o baço.
45. O pâncreas é uma glândula exócrina contendo muitas glândulas acinares compostas que desembocam nos ductos pancreáticos principal e acessório. As células acinares serosas secretam enzimas digestórias e as células menores do ducto secretam um fluido alcalino. Ambas as secreções são lançadas no duodeno.
46. O pâncreas também é uma glândula endócrina, com células secretoras de hormônio que regulam os níveis de açúcar do sangue.

TRANSTORNOS DO SISTEMA DIGESTÓRIO (p. 741-743)

47. Os transtornos considerados neste capítulo incluem a hérnia de hiato do esôfago, a doença do refluxo gastroesofágico (p. 722), as úlceras pépticas, a obstrução intestinal, a doença inflamatória intestinal, a hepatite viral e o efeito obstrutivo da fibrose cística sobre os ductos pancreáticos.

O SISTEMA DIGESTÓRIO AO LONGO DA VIDA (p. 743-744)

Desenvolvimento embrionário (p. 743-744)

48. À medida que o embrião de 3 semanas de vida assume o seu formato corporal cilíndrico, ele confina o intestino primitivo, um tubo de endoderma coberto por mesoderma esplâncnico. O endoderma se transforma no epitélio de revestimento (e células glandulares), e o mesoderma esplâncnico origina todas as outras camadas da parede do tubo digestório e os órgãos derivados do intestino.
49. O intestino embrionário é dividido em intestino anterior, médio e posterior, que formam regiões diferentes do sistema digestório.
50. O tubo do intestino embrionário primitivo, primeiramente reto, logo cria projeções (estômago e cloaca) e se alonga em uma alça intestinal primitiva. Essa alça gira e se alonga para levar os intestinos às suas posições finais.

Sistema digestório na velhice (p. 744)

51. Várias doenças podem assolar os órgãos digestórios durante a vida. A apendicite é comum nos adultos jovens; a gastroenterite e a intoxicação alimentar podem ocorrer a qualquer momento; e as úlceras e problemas da vesícula biliar aumentam na meia-idade.
52. A eficiência dos processos digestórios diminui na velhice e constipação passa a ser comum. A diverticulose e os cânceres (como o do colo e o de estômago) aparecem com frequência cada vez maior entre os indivíduos mais velhos.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Qual dos seguintes órgãos é retroperitoneal? (a) faringe, (b) estômago, (c) colo ascendente, (d) íleo.
- O plexo nervoso submucoso do intestino (a) inerva a camada mucosa, (b) situa-se na camada mucosa, (c) controla o peristaltismo, (d) contém apenas neurônios motores.
- Para cada órgão na coluna da esquerda, selecione o tipo de epitélio que reveste sua luz na lista apresentada na coluna da direita.

Órgão

- ___(1) cavidade oral
 ___(2) parte oral da faringe
 ___(3) esôfago
 ___(4) estômago
 ___(5) intestino delgado
 ___(6) colo

Tipos de epitélio

- (a) simples pavimentoso
 (b) simples cúbico
 (c) simples prismático
 (d) estratificado pavimentoso
 (e) estratificado cúbico

- Faça a correspondência entre os mesentérios na chave e a descrição apropriada.

Chave:

- (a) omento maior (d) o mesentério
 (b) omento menor (e) mesocolo transverso
 (c) ligamento falciforme (f) mesocolo sigmoide
- ___(1) conecta o íleo e o jejuno na parede posterior do abdome.
 ___(2) conecta a superfície anterior do fígado com a parede anterior do abdome.
 ___(3) conecta o intestino grosso com a parede da pelve
 ___(4) se liga à curvatura maior do estômago; tem a maior quantidade de gordura.
 ___(5) vai da curvatura menor do estômago à fissura do fígado.
 ___(6) um mesentério do intestino grosso fundido com a parte inferior do omento maior.
- O tipo de papila da língua que *não está* envolvido na recepção do paladar é (a) filiforme, (b) fungiforme, (c) circunvalada, (d) dérmica.
 - Qual das seguintes afirmações sobre a vesícula biliar é *falsa*? (a) Produz bile. (b) Seu ducto se chama ducto cístico. (c) Possui um fundo inferior ao fígado. (d) Possui pregas mucosas similares às pregas gástricas.
 - Quais das seguintes afirmações descrevem corretamente o fluxo de sangue pelo lóbulo hepático e depois dele? (Mais de uma opção está correta.) (a) vênula porta para os sinusoides, para a veia central, para a veia hepática, para a veia cava inferior, (b) porta para a veia hepática, para a vênula porta, (c) vênula porta para a veia central, para a veia hepática, para os sinusoides, (d) arteríola porta para os sinusoides, para a veia central, para a veia hepática.
 - As glândulas exócrinas no pâncreas são (a) tubulares simples, (b) acinares simples, (c) tubulares compostas, (d) acinares compostas, (e) tubuloalveolares compostas.

- Que tipo de célula ocorre na mucosa do estômago possui três pontas, contém muitas mitocôndrias e muitas microvilosidades e bombeia íons hidrogênio? (a) célula absortiva (enterócito), (b) célula oxíntica, (c) célula secretora de muco, (d) célula zimogênica, (e) célula mucosa do colo.
- Qual das seguintes características é compartilhada pelos intestinos delgado e grosso? (a) glândulas (criptas) intestinais, (b) nódulos linfáticos agregados (placas de Peyer), (c) tênias do colo, (d) saculações do colo, (e) pregas circulares, (f) vilosidades intestinais.
- Um órgão digestório que tem cabeça, corpo e cauda é (a) o pâncreas, (b) a vesícula biliar, (c) o omento maior, (d) o estômago.
- Da lista de regiões abdominais apresentadas na coluna B, indique a região predominante onde se encontra cada órgão apresentado na coluna A.

Coluna A

- ___(1) intestino delgado
 ___(2) fígado
 ___(3) estômago
 ___(4) colo ascendente
 ___(5) ceco

Coluna B

- (a) hipocôndrio direito
 (b) hipocôndrio esquerdo
 (c) íliaca direita
 (d) lombar direita
 (e) umbilical

- A digestão das proteínas começa (a) na boca pela saliva, (b) no estômago pela pepsina, (c) no duodeno pela bile, (d) no intestino delgado pelas secreções intestinais.
- O tecido conjuntivo calcificado que prende o dente no ligamento periodontal é (a) a polpa, (b) o esmalte, (c) a dentina, (d) o cimento, (e) o periodonto.
- Qual das seguintes afirmações sobre o músculo liso é *falsa*? (a) As células musculares lisas se chamam fibras. (b) A maioria das células musculares lisas, como as células musculares cardíacas, se une através de junções comunicantes. (c) As células musculares lisas possuem um único núcleo central. (d) A contração do músculo liso é estimulada exclusivamente pelos nervos involuntários. (e) O tecido muscular liso encontrado na parede dos órgãos ocos é organizado em camadas.
- Faça a correspondência entre o órgão apresentado na coluna B e a função apresentada na coluna A.

Coluna A

- ___(1) produz bile
 ___(2) absorve água
 ___(3) agita o bolo alimentar
 ___(4) tubo muscular conectando a parte laríngea da faringe com o estômago
 ___(5) produz secreções endócrinas e exócrinas
 ___(6) secreta uma substância que inicia a digestão dos carboidratos
 ___(7) armazena bile
 ___(8) realiza a segmentação

Coluna B

- (a) glândulas salivares
 (b) esôfago
 (c) estômago
 (d) intestino delgado
 (e) fígado
 (f) vesícula biliar
 (g) pâncreas
 (h) intestino grosso

- A glândula salivar que contém apenas células serosas é (a) a glândula parótida, (b) glândula submandibular, (c) glândula sublingual, (d) glândulas salivares menores.

18. Utilize a chave abaixo para indicar o vaso sanguíneo que fornece sangue arterial para cada um dos órgãos digestórios apresentados.

Chave:

- (a) tronco celíaco
- (b) artéria mesentérica superior
- (c) artéria mesentérica inferior
- ___(1) estômago
- ___(2) íleo
- ___(3) colo descendente
- ___(4) fígado
- ___(5) colo ascendente
- ___(6) reto
- ___(7) ceco

Dissertativas

19. Faça um desenho simples dos órgãos do tubo digestório e indique o nome de cada órgão. Indique também os nomes das partes macroscópicas do estômago e dos intestinos. Depois, adicione três outras estruturas ao seu desenho — *glândulas salivares, fígado e pâncreas* — e utilize setas para mostrar onde cada um desses três órgãos glandulares elimina suas secreções no tubo digestório.
20. Cite os nomes das três camadas da parede do tubo digestório. Descreva os tecidos e a função principal de cada camada. Depois, identifique a origem embrionária de cada camada.
21. (a) Escreva as fórmulas dentárias dos dentes decíduos e dos dentes permanentes. (b) Defina *polpa dental* e a sua localização.
22. Bianca viajou para as Bahamas nas férias da primavera e não estudou para o teste de anatomia agendado previamente para a semana seguinte. No teste, ela misturou os seguintes pares de estruturas: (a) as válvulas retais e as válvulas anais, (b) a parte pilórica e o piloro do estômago, (c) o canal anal e o ânus, (d) vilosidades e microvilosidades (no intestino delgado), (e) a veia hepática e a veia porta, (f) as fossetas e as glândulas gástricas. Ajude-a definindo e diferenciando essas estruturas de nomes parecidos.
23. (a) Faça um esquema da face visceral do fígado e cite os nomes das seguintes estruturas: fissura, porta hepática, veia cava inferior, vesícula biliar, lobo caudado. (b) Para dar seguimento à parte (a), é fácil aprender a estrutura da face visceral do fígado se você conseguir encontrar o grande H nessa face. Para marcar o membro vertical esquerdo da letra H, desenhe uma linha através da fissura. Para marcar a barra transversal do H, desenhe uma linha horizontal através da porta hepática. Depois, para marcar o membro direito da letra H, desenhe uma linha vertical contínua através da veia cava inferior e da vesícula biliar. Quais são os dois lobos que estão dentro do H? Qual membro do H separa os lobos direito e esquerdo do fígado?
24. Cite os nomes das quatro características estruturais que aumentam a área de superfície absorvente do intestino delgado.
25. (a) Mencione os três vasos principais da tríade portal e descreva a localização dessa tríade em relação ao lóbulos hepático. (b) Cite os nomes das organelas abundantes nos hepatócitos e explique como cada uma delas contribui para as funções hepáticas.
26. Das três glândulas salivares principais, qual é a maior? Qual delas é subjacente à língua? Qual delas tem apenas glândulas serosas?
27. Trace os sistemas de ductos do fígado e do pâncreas. (Estude esses ductos na Figura 23.19 e depois tente desenhá-los de cabeça.)
28. Em um diagrama do trato digestório adulto (como o da Figura 23.1), marque os limites entre os derivados do intestino anterior, intestino médio e intestino posterior embrionário.
29. Em que parte do tubo digestório a digestão química começa para cada um dos três tipos de alimentos: carboidratos, proteínas e gorduras?
30. Mencione todos os esfíncteres no tubo digestório e indique a localização de cada um deles.
31. Mencione os cinco processos da digestão e indique todas as localizações no tubo digestório em que ocorre cada um dos processos.

Análise crítica e aplicação clínica

1. Este capítulo descreve esquemas que dividem a parede anterior do abdome em nove regiões ou quatro quadrantes. Mencione as regiões que se situam inteira ou parcialmente dentro (a) do quadrante superior direito e (b) do quadrante inferior esquerdo.
2. Um homem de 21 anos de idade com apendicite grave não procurou tratamento a tempo e morreu uma semana após começarem a dor abdominal e a febre. Explique por que a apendicite pode levar rapidamente à morte.
3. Dimas, um curioso de 8 anos de idade, viu a dentadura do avô mergulhada em um copo d'água durante a noite. Ele perguntou ao avô como os seus dentes verdadeiros caíram. Supondo que o avô se lembrasse dos eventos corretamente, mas que não fosse um especialista médico e utilizasse termos leigos, reconstrua o tipo de história que o homem provavelmente contaria.
4. Eva, uma advogada de meia-idade, queixa-se de queimação na "boca do estômago", começando geralmente 2 horas após ingerir alimentos e melhorando após ela beber um copo de leite. Quando solicitada a indicar o local da dor, ela aponta para a região da epigástrio. Quando o seu trato GI é examinado por endoscopia, visualiza-se uma úlcera gástrica. Quais são as possíveis consequências se a úlcera não for tratada?
5. Um médico utilizou um endoscópio e localizou alguns pólipos (tumores pré-cancerosos) na parede do intestino grosso de um homem idoso. O que é um endoscópio?
6. O zelador que limpava o laboratório de anatomia tinha um abdome protuberante que parecia com a maior "barriga de cerveja" que os alunos já tinham visto, embora o resto do seu corpo não parecesse gordo. Outro zelador do mesmo andar disse aos alunos que o homem era um alcoólatra em reabilitação e que ele tinha "mais de uma centena de litros de fluido na sua barriga". Qual era a provável condição do homem? (ver "Termos clínicos" deste capítulo).
7. Explique por que as terapias do câncer que interrompem a replicação do DNA celular no corpo inteiro provocam náusea, diarreia e vômito.
8. A partir de qual camada embrionária (ectoderma, mesoderma ou endoderma) derivam os hepatócitos do fígado e as células acinares e ilhotas pancreáticas?
9. Por que a desidratação é uma preocupação para um indivíduo com diarreia persistente?
10. A hipersensibilidade de rebote no quadrante inferior direito do abdome é uma indicação de qual transtorno?



▲ Angiografia do rim (imagem colorizada de raio X).

Rins 751

Anatomia macroscópica dos rins 751

Anatomia microscópica dos rins 755

Ureteres 761

Anatomia macroscópica 761

Anatomia microscópica 761

Bexiga urinária 762

Anatomia macroscópica 762

Anatomia microscópica 763

Uretra 764

Micção 765

Transtornos do sistema urinário 766

Infecções do trato urinário 766

Cálculos renais 767

Câncer dos órgãos urinários 767

O sistema urinário ao longo da vida 768

Os rins são os responsáveis por manter a pureza e a constância químicas do sangue e de outros fluidos corporais extracelulares. De modo muito similar ao de uma estação de tratamento que mantém potável a água de uma cidade, descartando seus resíduos, os rins geralmente não são valorizados até que passem a funcionar mal e os fluidos corporais fiquem contaminados. Todos os dias, os rins filtram muitos litros de fluido do sangue, eliminando do corpo humano, pela urina, as toxinas, os resíduos metabólicos, o excesso de água e de íons, enquanto devolvem para o sangue as substâncias necessárias obtidas no fluido filtrado. Os principais produtos residuais excretados na urina são três compostos nitrogenados: 1) *ureia*, derivada da decomposição dos aminoácidos durante a reciclagem normal das proteínas corporais; 2) *ácido úrico*, que resulta da renovação dos ácidos nucleicos; e 3) *creatinina*,

formada pela decomposição da fosfocreatina, uma molécula presente no músculo que armazena energia para a produção de trifosfato de adenosina (ATP). Embora os pulmões, o fígado e a pele também participem da excreção, os rins são os principais órgãos excretores.

O descarte dos resíduos e do excesso de íons é apenas um aspecto da função renal; os rins também regulam o volume e a composição química do sangue, mantendo o equilíbrio adequado de água e sais, além dos ácidos e bases. Os rins realizam um trabalho que seria complicado, por exemplo, para um engenheiro químico, mas na maior parte do tempo eles conseguem fazer esse trabalho com eficiência.

Além dos rins — responsáveis pela formação da urina —, os outros órgãos do sistema urinário (**Figura 24.1**) são: par de *ureteres*, *bexiga urinária* e *uretra*. Os ureteres são tubos que transportam a urina dos rins para a bexiga, que é um reservatório de armazenamento temporário da urina. A uretra é um tubo que transporta urina da bexiga para fora do corpo.

RINS

Anatomia macroscópica dos rins

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a localização, revestimento e anatomia macroscópica externa do rim;

- ▶ descrever a anatomia macroscópica interna e os vasos sanguíneos macroscópicos do rim.

Localização e anatomia externa

Os **rins**, que são castanhos-avermelhados e em forma de feijão, situam-se em uma posição retroperitoneal (atrás do peritônio parietal) na região lombar superior da parede posterior do abdome (**Figura 24.2**). Eles estendem-se do nível da 11ª ou 12ª vértebra torácica superiormente até a 3ª vértebra lombar inferiormente e, portanto, recebem alguma proteção das duas costelas inferiores (Figura 24.2b). O rim direito disputa espaço com o fígado e situa-se ligeiramente inferior ao rim esquerdo. Um rim adulto de tamanho médio tem 12 cm de altura, 6 cm de largura e 3 cm de espessura. A superfície lateral de cada rim é convexa; a superfície medial é côncava e possui uma fenda vertical chamada **hilo renal**, onde vasos, ureteres e nervos entram e saem do rim (ver Figura 24.1). Na parte superior de cada rim há uma glândula suprarrenal (adrenal) — uma glândula endócrina sem qualquer relação funcional com o rim.

Várias camadas de tecido de sustentação circundam cada rim (Figura 24.2a). Uma camada fina e rígida de tecido conjuntivo denso, chamada **cápsula fibrosa**, adere diretamente à superfície do rim, mantendo sua forma e constituindo uma barreira que pode inibir a disseminação de infecção partindo das regiões circundantes.

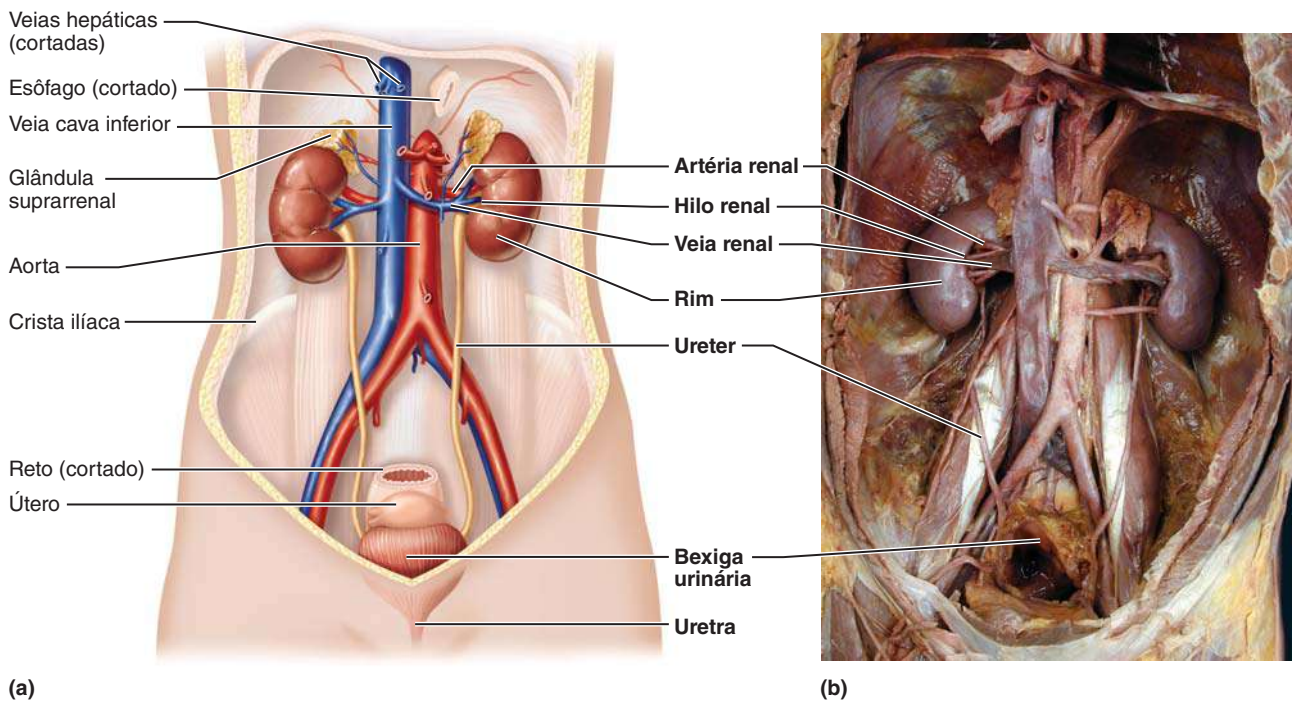


Figura 24.1 Órgãos do sistema urinário. (a) Vista anterior dos órgãos urinários em uma mulher. (b) Dissecção de uma vista similar em um homem. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 70.)

Imediatamente externa à cápsula fibrosa encontra-se a **cápsula adiposa** perirrenal e externo a ela há um envoltório de **fáscia renal**. A fáscia renal contém uma camada externa de gordura, o *corpo adiposo*. As camadas de gordura perirrenal (“em volta do rim”) e pararrenal (“perto do rim”) amortecem choques que os rins venham a sofrer e os ajudam a manter-se em seus lugares.

A abordagem cirúrgica para o rim geralmente se dá através da parede posterolateral do abdome, onde o rim se encontra mais perto da superfície do corpo (ver Figura

24.2c). Com essa abordagem, pouquíssimos músculos, vasos ou nervos precisam ser cortados. Para isso, a incisão precisa ser feita abaixo do nível da TXII para evitar a perfuração da cavidade pleural, situada posterior ao terço superior de cada rim. A perfuração da cavidade pleural leva ao pneumotórax e ao colapso do pulmão (p. 691).

Anatomia macroscópica interna

Um corte frontal através de um rim (Figura 24.3) revela duas regiões distintas de tecido renal: córtex e

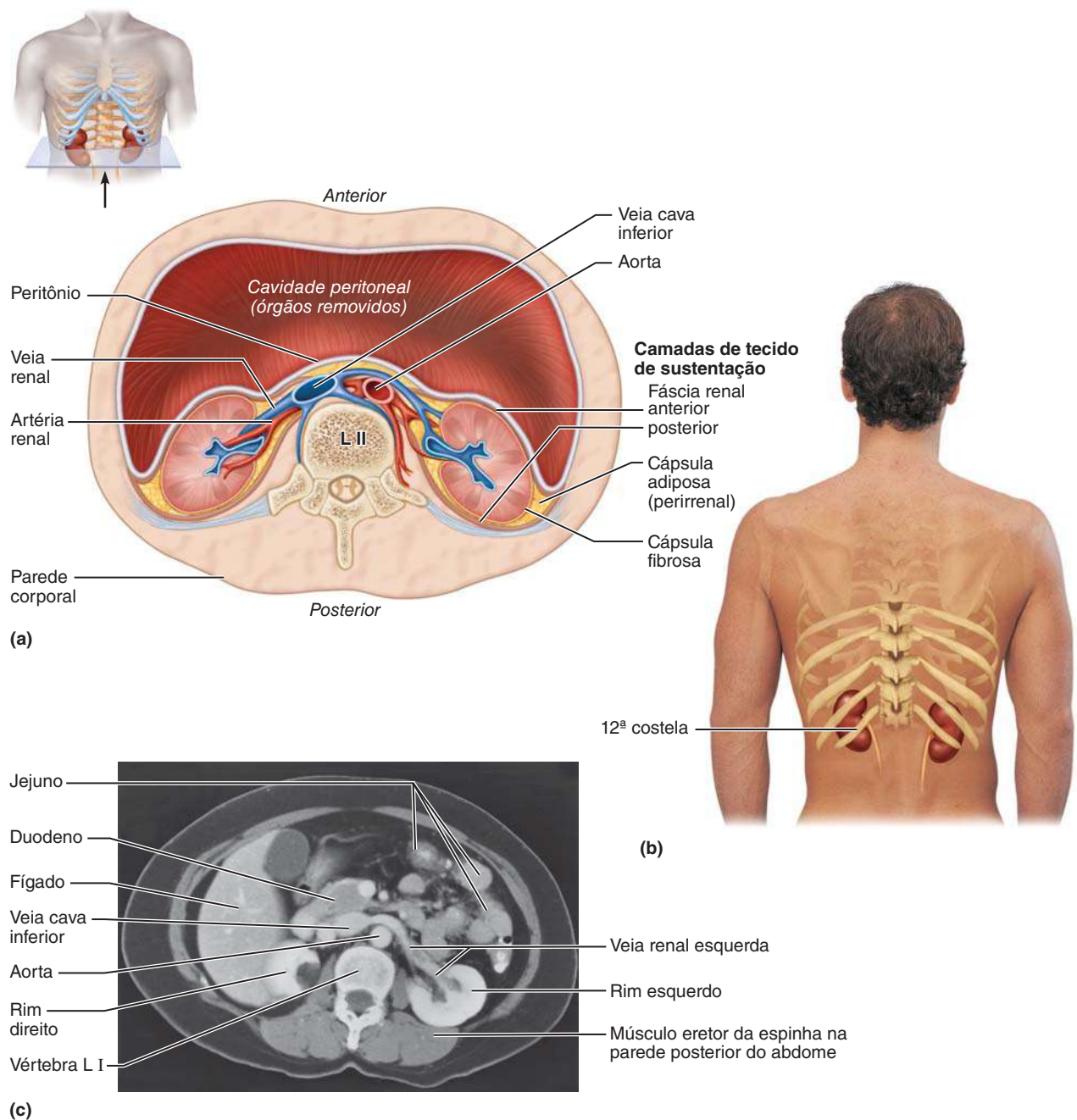


Figura 24.2 Posição dos rins adjacentes à parede posterior do abdome. (a) Corte transversal visualizado a partir da direção inferior. Repare na posição retroperitoneal e nas camadas de tecido de sustentação do rim. (b) Vista posterior *in situ* exibindo a relação dos rins com as costelas. (c) Tomografia computadorizada (TC) através do abdome exibindo uma vista similar à de (a), com órgãos peritoneais visíveis.

medula. A região mais superficial, o **córtex renal**, tem cor clara e possui uma aparência granular. Abaixo do córtex encontra-se a **medula renal**, mais escura, e que consiste em massas cônicas chamadas **pirâmides renais**. A ampla base de cada pirâmide faz fronteira com o córtex, enquanto o ápice da pirâmide, ou **papila renal**, aponta para dentro. As pirâmides renais exibem estrias porque contêm feixes aproximadamente paralelos de delgados túbulos coletores de urina. As **colunas renais**, que são extensões do córtex renal para dentro, separam as pirâmides adjacentes.

Admite-se que os rins humanos têm *lobos*, e cada *lobo* consiste em uma única pirâmide renal e um tecido cortical que circunda essa pirâmide. Existem de 5 a 11 lobos e pirâmides em cada rim.

O **seio renal** é um grande espaço na parte medial do rim que se abre para o exterior através do hilo renal. Na realidade, esse seio é um “espaço preenchido”, já que contém vasos e nervos renais, alguma gordura e os tubos que transportam urina chamados *pelve* e *cálices renais*. A **pelve renal** (*pelve* = bacia) — tubo plano em forma de funil — é simplesmente a parte superior do

ureter expandida. Extensões ramificadas da pelve renal formam dois ou três **cálices renais maiores**, cada um deles dividindo-se e formando vários **cálices renais menores**, tubos em forma de taça que confinam as papilas das pirâmides. Os cálices coletam a drenagem de urina das papilas e a desaguam na pelve renal; então, a urina escoa pela pelve renal e entra no ureter, que a transporta até a bexiga, onde será armazenada.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Pielonefrite Quando uma infecção da pelve renal e dos cálices, chamada *pielite* (“inflamação da pelve renal”), espalha-se e envolve o resto do rim, o resultado é a **pielonefrite**. Embora geralmente ela resulte da disseminação da bactéria fecal *Escherichia coli* a partir da região anal superiormente e através do trato urinário, a pielonefrite também ocorre quando bactérias transportadas pelo sangue se alojam nos rins e ali se proliferam. Em vários casos, o rim incha e cicatriza, formam-se abscessos e a pelve renal enche-se de pus. Se não forem tratados, os rins infectados podem ficar gravemente danificados, mas a administração oportuna de antibióticos normalmente atinge a cura total.

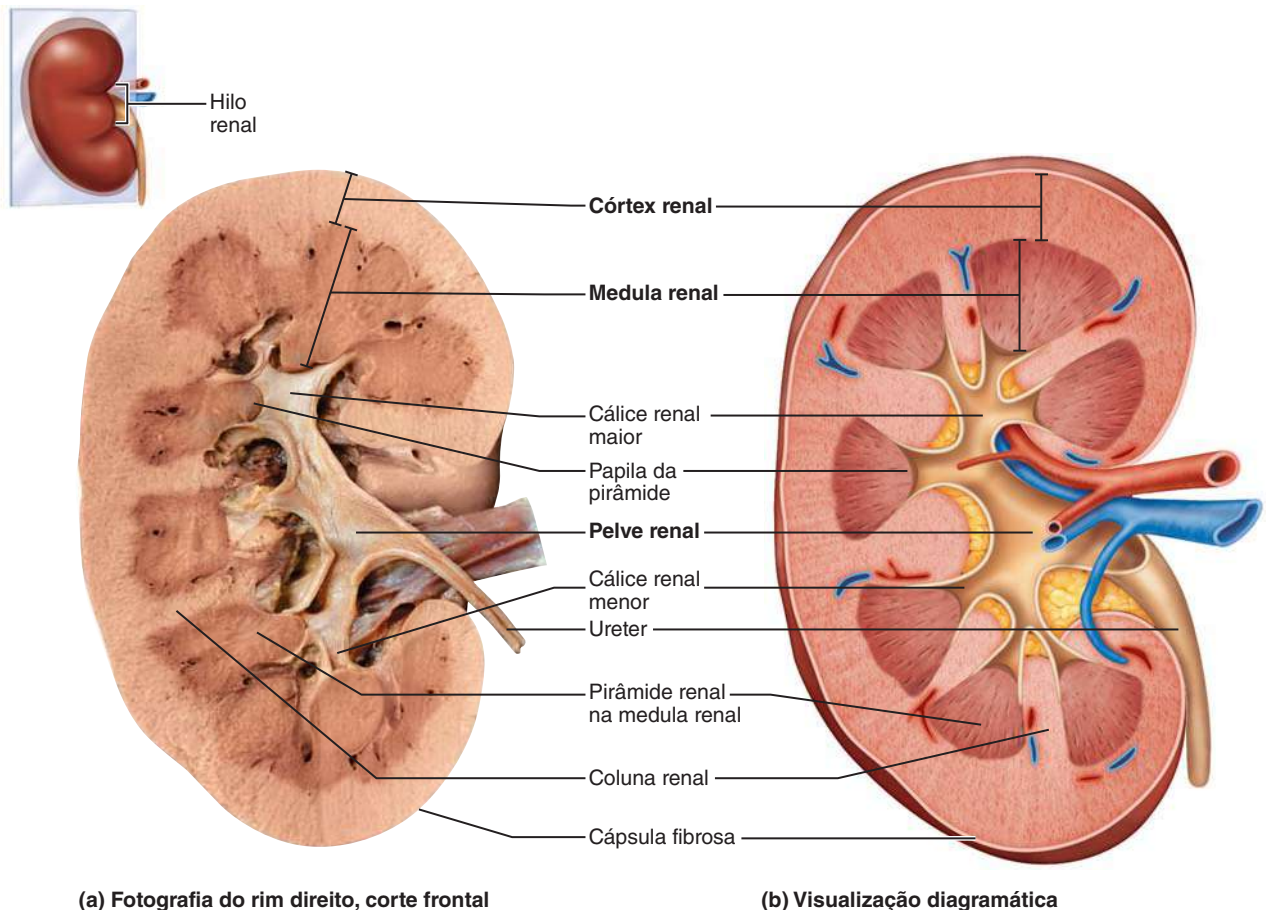


Figura 24.3 Anatomia interna do rim. Cortes frontais. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 71.)

Suprimentos sanguíneo e nervoso dos rins

Dado que os rins limpam continuamente o sangue, não é de surpreender que eles tenham um rico suprimento sanguíneo. Em condições normais de repouso, aproximadamente um quarto do débito cardíaco sistêmico chega aos rins através das **artérias renais**, que se ramificam em ângulos retos a partir da parte abdominal da aorta, entre a primeira e a segunda vértebra lombar (Figuras 24.1 e 20.12, p. 629). Uma vez que a aorta se situa ligeiramente à esquerda da linha média do corpo, a artéria renal direita é mais longa do que a esquerda. À medida que cada artéria renal se aproxima do rim, ela se divide em cinco **artérias segmentares** que entram no hilo (**Figura 24.4**). Dentro do seio renal, cada artéria segmentar divide-se em **artérias interlobares**, que se situam nas colunas renais entre as pirâmides renais.

Na junção medula-córtex, as artérias interlobares ramificam-se nas **artérias arqueadas**, que formam arcos sobre as bases das pirâmides renais. Irradiando-se para fora das artérias arqueadas e abastecendo o tecido cortical encontram-se as pequenas **artérias interlobulares (corticais radiadas)**. Mais de 90% do sangue que entra no rim perfunde o córtex. Essas artérias originam as **arteríolas aferentes e eferentes** que alimentam os **capilares peritubulares** que circundam os túbulos no rim (ver p. 616 para obter um estudo mais aprofundado sobre esses vasos microscópicos).

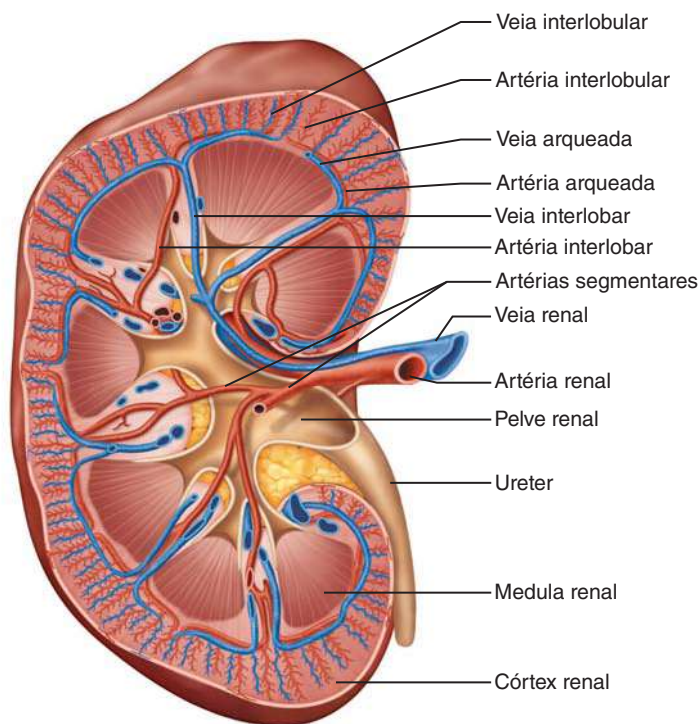
As **veias** renais seguem o caminho inverso das artérias: o sangue que sai do córtex renal drena sequencialmente nas **veias interlobulares, arqueadas, interlobares e renais** (não há veias segmentares). A veia renal sai do rim no hilo e drena para a veia cava inferior (Figura 24.1). Como a veia cava inferior situa-se no lado direito da coluna vertebral, a veia renal esquerda tem aproximadamente duas vezes o comprimento da veia renal direita. Cada veia renal situa-se em posição anterior à artéria renal correspondente e ambos os vasos sanguíneos situam-se em posição anterior à pelve renal no hilo renal.

O suprimento nervoso do rim é fornecido pelo **plexo renal**, uma rede de fibras autônomas e gânglios autônomos nas artérias renais. Esse plexo é um desdobramento do plexo celíaco (ver Figura 15.5, p. 491). O plexo renal é abastecido por fibras simpáticas do nervo esplâncnico torácico maior. Essas fibras simpáticas controlam os diâmetros das artérias renais e influenciam as funções de formação da urina dos túbulos uriníferos.

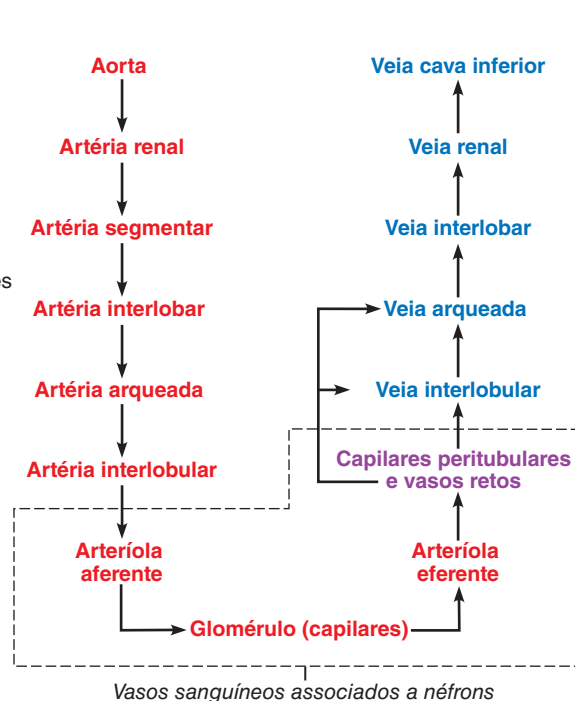
✓ Verifique seu conhecimento

1. Os rins estão situados no abdome, mas não estão dentro do peritônio. Explique essa distinção.
2. Descreva a localização dos rins em relação às vértebras. Por que o rim direito está situado mais inferiormente do que o rim esquerdo?
3. Cite os nomes dos vasos sanguíneos que passam pela coluna renal.

(Veja as respostas no Apêndice B.)



(a) Corte frontal, visualização posterior, ilustrando os principais vasos sanguíneos



(b) Trajeto do fluxo sanguíneo através dos vasos sanguíneos renais

Figura 24.4 Vasos sanguíneos do rim.

Anatomia microscópica dos rins

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ identificar as partes do néfron e explicar o papel de cada uma delas na formação da urina;
- ▶ descrever a localização e as funções das arteríolas e dos capilares que circundam o néfron.

A principal unidade estrutural e funcional do rim é o **néfron**. Mais de um milhão desses túbulos apinham-se (unem-se estreitamente) em cada rim.

Antes de examinar a estrutura detalhada do néfron, você vai aprender os mecanismos pelos quais ele produz urina.

Mecanismos de produção da urina

O néfron produz urina por três mecanismos de interação: filtração, reabsorção e secreção (Figura 24.5). Na **filtração**, um filtrado de sangue sai dos capilares renais e entra no túbulo renal (seta 1 na Figura 24.5). Esse filtrado assemelha-se ao fluido tecidual, já que ele contém todas as moléculas pequenas do plasma sanguíneo. À medida que passa pelo túbulo renal, o filtrado é processado em urina pelos mecanismos de reabsorção e secreção. Durante a **reabsorção**, a maioria dos nutrientes, a água e os íons essenciais são recuperados do filtrado e devolvidos ao sangue dos capilares no tecido conjuntivo circundante (seta 2 na Figura 24.5). Na verdade, 99% do volume do filtrado renal é reabsorvido dessa maneira. À medida que as moléculas essenciais são recuperadas do filtrado, os resíduos restantes e as substâncias desnecessárias contribuem para a urina que será excretada. Para suplementar esse método passivo de descarte de resíduos existem processos ativos de **secreção** que movem mais moléculas indesejáveis para o túbulo a partir do sangue dos capilares circundantes (seta 3 na Figura 24.5). A seguir você vai explorar as partes básicas do néfron e vai ver como cada uma delas contribui para os processos de filtração, reabsorção e secreção.

Estrutura do néfron

Cada **néfron** é composto de *corpúsculo renal* e *túbulo renal*; este último é dividido em porções: túbulo contorcido proximal, alça do néfron (de Henle), túbulo contorcido distal e túbulo coletor. Em todo o seu comprimento, o néfron é revestido por um epitélio simples que é adaptado a vários aspectos da produção de urina.

Corpúsculo renal A primeira parte do néfron, onde ocorre a filtração, é o **corpúsculo renal** esférico (Figura 24.6a). Os corpúsculos renais ocorrem estritamente no córtex. Eles consistem em um novelo de capilares chamado **glomérulo** (“novelo de lã”) circundado por uma **cápsula do glomérulo** oca em forma de cálice (*cápsula de Bowman*). Os glomérulos situam-se em sua cápsula como um punho empurrado profundamente em um balão pouco inflado. Esse novelo de capilares é abastecido por uma

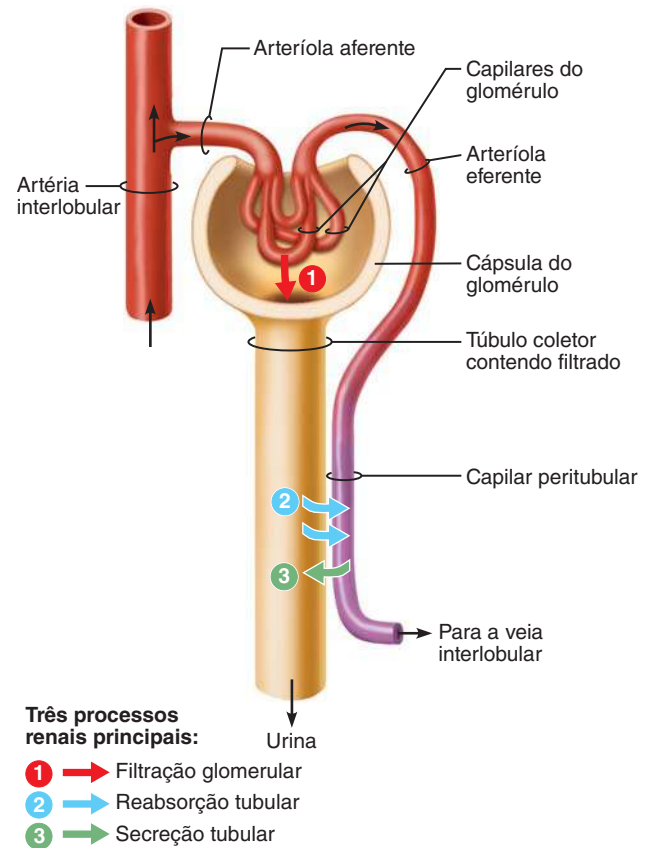


Figura 24.5 Mecanismos básicos da formação da urina. Um único néfron está desenhado esquematicamente para ilustrar os três processos envolvidos na formação da urina. O rim contém mais de um milhão de néfrons trabalhando em paralelo.

arteríola aferente e drenado por uma arteríola eferente. O endotélio do glomérulo é fenestrado (possui poros) e, portanto, esses capilares são altamente permeáveis (Figura 24.6b), permitindo que grandes quantidades de fluido e de pequenas moléculas passem do sangue do capilar para o interior oco da cápsula, o **espaço capsular**. Esse fluido é o filtrado que, no fim das contas, é processado para se transformar em urina. Aproximadamente apenas 20% do fluido sai do glomérulo e entra no espaço capsular; 80% permanece no sangue dentro desse capilar.

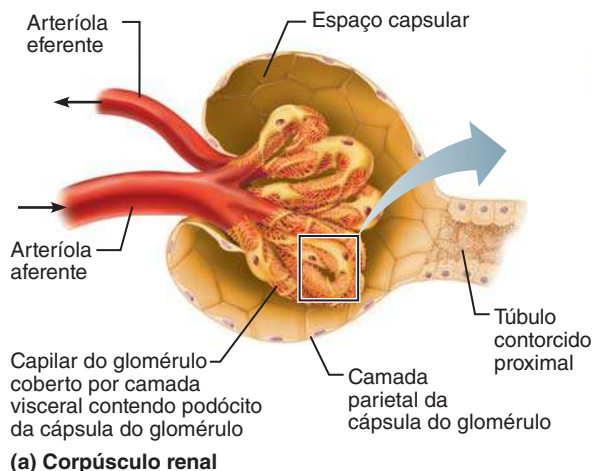
A **camada parietal** (externa) da cápsula é um epitélio escamoso simples (Figura 24.6a) e contribui para a estrutura da cápsula, mas não faz parte da formação do filtrado. Por outro lado, a **camada visceral** (interna) da cápsula agarra-se ao glomérulo e consiste em células epiteliais ramificadas e incomuns, chamadas **podócitos**. Os ramos dos podócitos, que se assemelham a polvos (Figuras 24.6b e 24.6c), terminam em **pedicelos** (“pequenos pés”) que penetram uns nos outros enquanto circundam os capilares do glomérulo. O filtrado passa para o espaço capsular através de fendas finas entre os pedicelos, chamadas **fendas de filtração**.

A **membrana de filtração** (fendilhada), o verdadeiro filtro situado entre o sangue no glomérulo e o espaço capsular, consiste em três camadas (Figura 24.6d):

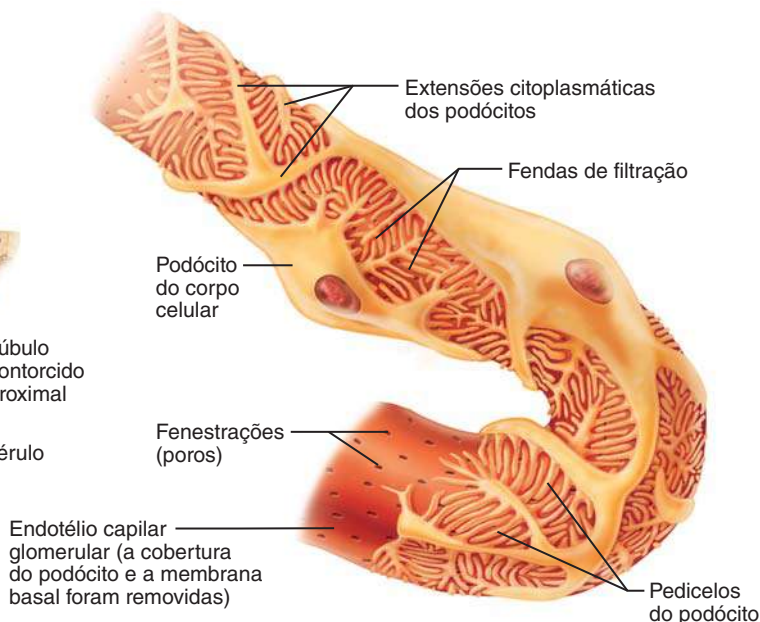
1. Endotélio fenestrado do capilar. Os poros capilares (fenestrações) restringem a passagem dos elementos maiores, como as células sanguíneas.

2. Fendas de filtração entre os pedicelos dos podócitos, cada uma delas coberta por um fino **diafragma**.

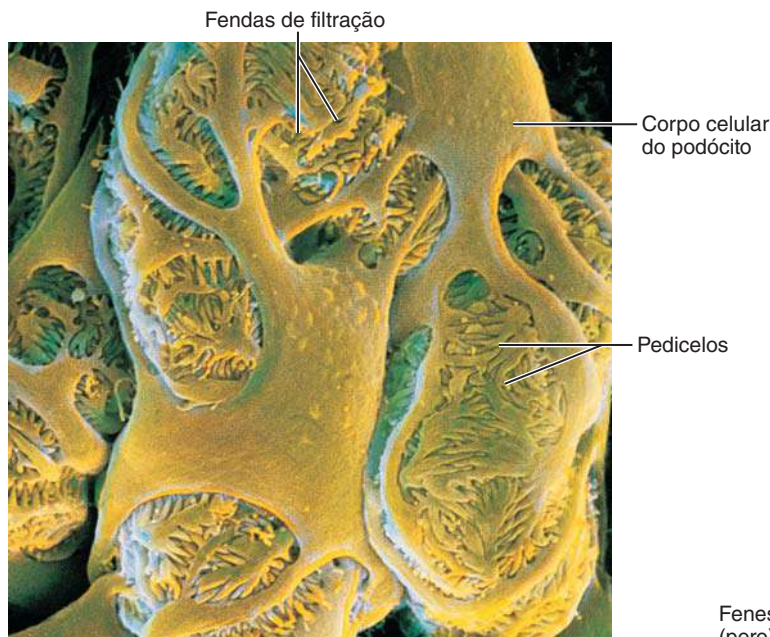
3. Membrana basal interveniente que consiste na lâmina basal fundida do endotélio e no epitélio do podócito. A membrana basal e o diafragma da fenda retêm todas as proteínas, exceto as menores,



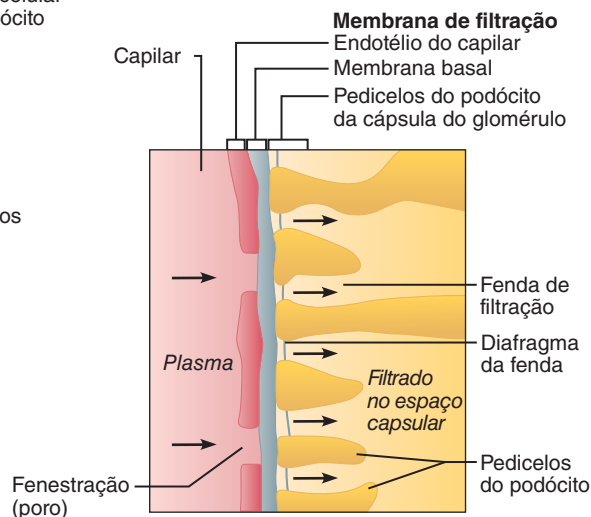
(a) Corpúsculo renal



(b) Capilares do glomérulo removidos pelos podócitos



(c) Fendas de filtração entre os pedicelos dos podócitos



(d) Três partes da membrana de filtração

Figura 24.6 Corpúsculo renal e membrana de filtração. (a) O corpúsculo renal consiste em um glomérulo circundado por uma cápsula do glomérulo. (b) Ampliação de um capilar do glomérulo coberto pela camada visceral (interna) da cápsula do glomérulo, composta de podócitos. Alguns podócitos e a membrana basal foram removidos para mostrar as fenestrações (poros) na parede capilar subjacente. (c) Eletronmicrografia de varredura da camada visceral agarrando-se aos capilares do glomérulo (colorizados; 6.500×). (d) Diagrama de um corte através da membrana de filtração mostrando suas três camadas.

enquanto deixam passar pequenas moléculas como água, íons, glicose, aminoácidos e ureia.

Túbulo renal Depois de se formar no corpúsculo renal, o filtrado avança para a seção tubular longa do néfron (**Figura 24.7**), que começa com o **túbulo contorcido proximal** espiralado de modo elaborado, cria uma alça chamada **alça do néfron (de Henle)**, cur-

va-se várias vezes num trajeto sinuoso como **túbulo contorcido distal** e termina como **túbulo coletor** se juntando ao **ducto coletor**. Essa natureza sinuosa do néfron aumenta o seu tamanho e melhora sua capacidade para processar o filtrado que escoar por ele. Cada parte da seção tubular do néfron tem uma anatomia celular única que reflete sua função de processamento do filtrado.

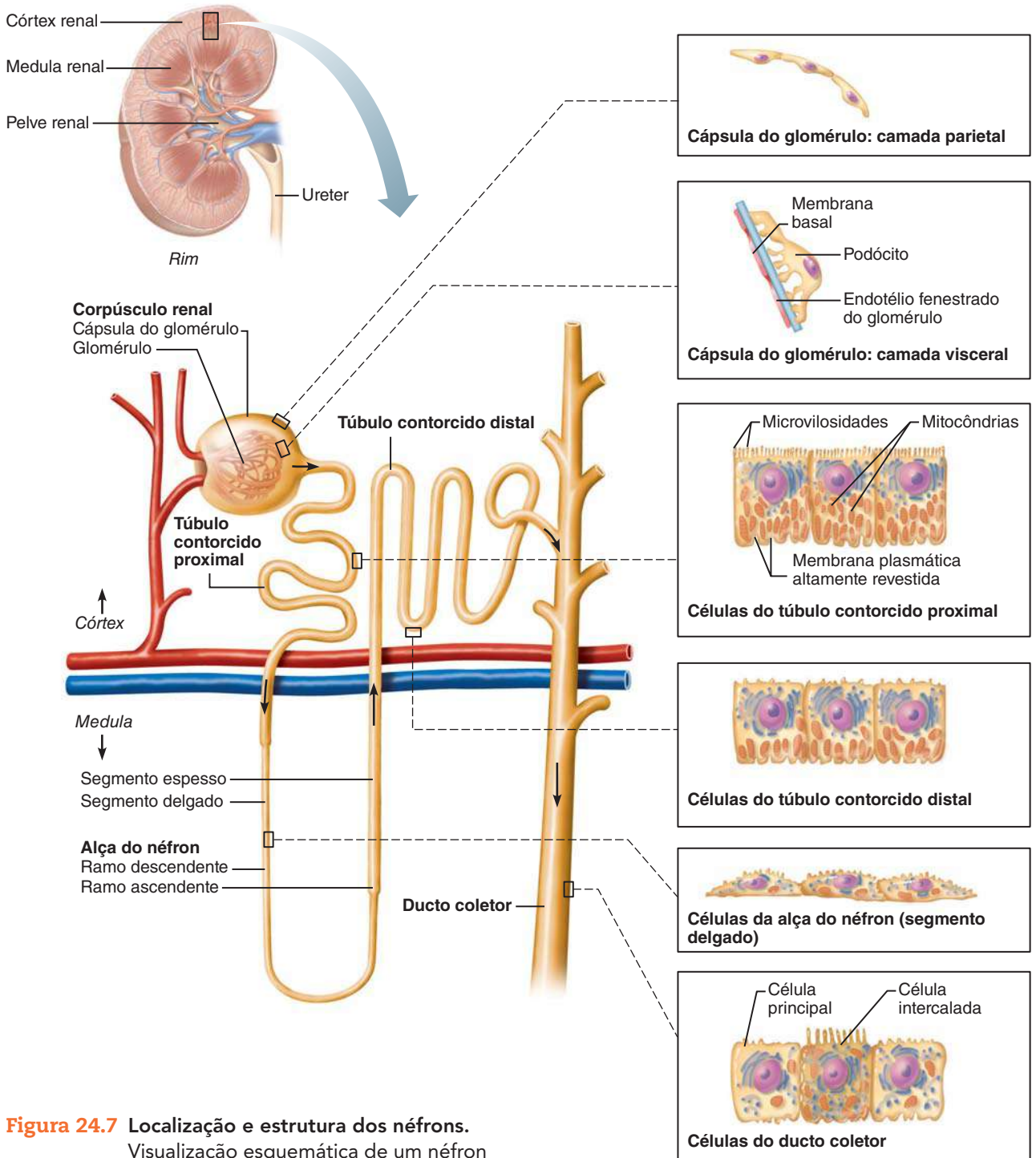


Figura 24.7 Localização e estrutura dos néfrons. Visualização esquemática de um néfron ilustrando as características estruturais das células epiteliais que formam suas várias regiões.

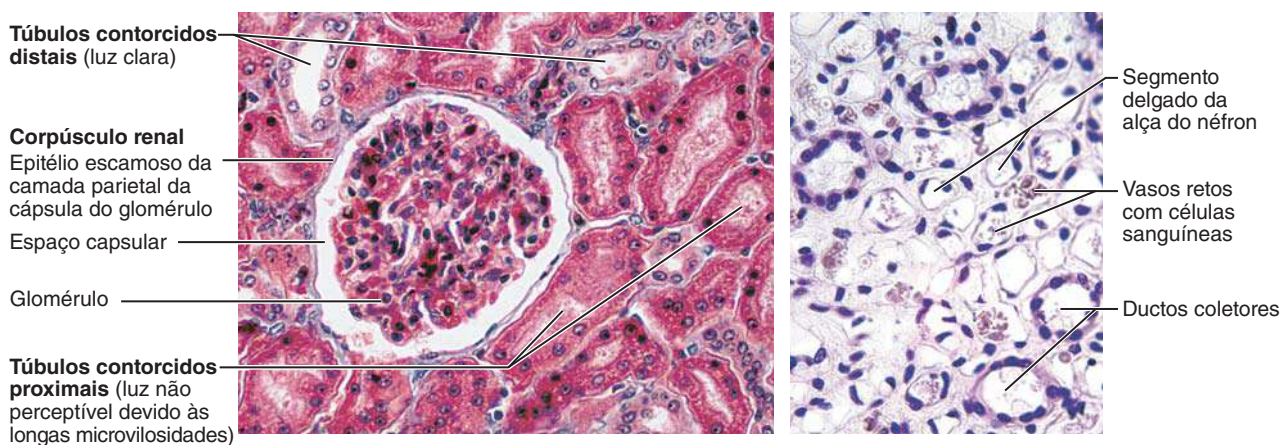
1. O **túbulo contorcido proximal**, confinado inteiramente no córtex renal, é mais ativo na reabsorção e na secreção. Suas paredes são formadas por células epiteliais cuboides, cujas superfícies apicais (expostas) possuem longas microvilosidades que parecem encher a luz do túbulo com uma “penugem” nas fotomicrografias (Figura 24.7 e **Figura 24.8a**). Essas microvilosidades aumentam tremendamente a área de superfície dessas células, maximizando sua capacidade de reabsorver água, íons e solutos do filtrado. A membrana plasmática em suas superfícies celulares basal e lateral é altamente circundada e contém muitas enzimas bombeadoras de íon, responsáveis por reabsorver as moléculas do filtrado. As células do túbulo proximal contêm muitas mitocôndrias que fornecem energia para a reabsorção.
2. A **alça do néfron** em forma de U consiste em um ramo descendente e um ramo ascendente (Figura 24.7). A primeira parte do **ramo descendente** é contínua com o túbulo proximal e possui estrutura similar; o resto do ramo descendente é o *segmento delgado (SD)*, a parte mais estreita do néfron, com paredes que consistem em um epitélio escamoso simples permeável (Figura 24.8b). A alça do néfron continua no **ramo ascendente**, que se une ao *segmento espesso*, que se continua no túbulo contorcido distal no córtex. A estrutura celular do segmento espesso lembra a do túbulo contorcido distal.
3. O **túbulo contorcido distal**, assim como o proximal, está confinado no córtex renal. Possui paredes de epitélio cuboide simples e é especializado na secreção seletiva e na reabsorção de íons (Figura 24.7 e Figura 24.8a). O túbulo contorcido distal é menos ativo na reabsorção do que o túbulo proximal, e suas células não têm uma grande quantidade de microvilosidades absorventes. As células do túbulo distal têm muitas

mitocôndrias e envoltórios da membrana basolateral, características que são típicas de células de bombeamento de íons no corpo.

4. A urina passa dos túbulos distais dos néfrons para os **túbulos coletores**, cada um deles recebendo urina de vários néfrons e seguindo direto para a medula profunda, passando pelo córtex (Figura 24.7). Os túbulos coletores adjacentes unem-se e formam **ductos coletores** maiores que abrem-se na papila e desaguam nos cálices menores. Em termos histológicos, as paredes dos túbulos coletores consistem em um epitélio cuboide simples (Figura 24.8b), que se espessa e se transforma em epitélio colunar simples nos ductos coletores. A maioria dessas células possui poucas organelas, mas algumas, chamadas *células intercaladas*, são ricas em mitocôndrias e participam na reabsorção e na secreção iônica.

O papel mais importante dos ductos coletores é conservar os fluidos corporais, uma função que eles compartilham com os túbulos distais. Quando o corpo precisa conservar água, a neuro-hipófise (parte posterior da hipófise) secreta hormônio antidiurético (ADH, ver Capítulo 17, p. 549), que aumenta a permeabilidade dos ductos coletores e dos túbulos distais à água. Em consequência, a água é reabsorvida do filtrado nesses túbulos para os vasos sanguíneos circundantes, diminuindo o volume total de urina produzida. O álcool inibe a liberação do hormônio antidiurético, resultando em menos absorção de água dos túbulos renais, na produção de uma quantidade copiosa de urina diluída e no potencial para desidratação.

Classes de néfrons Embora todos os néfrons tenham as estruturas que acabamos de descrever, eles são divididos em duas categorias de acordo com a localização (**Figura 24.9**). Os **néfrons corticais**, que representam



(a) Fotomicrografia do córtex renal (230x)

(b) Fotomicrografia da medula renal (230x)

Figura 24.8 Histologia do néfron. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâminas 48 e 49.)

85% de todos os néfrons, estão localizados quase inteiramente dentro do córtex, com suas alças do néfron pouco penetrando na medula. Os 15% restantes são chamados **néfrons justamedulares** (“próximos à medula”), pois

seus corpúsculos renais estão próximos à junção córtex-medula. Os néfrons justamedulares possuem alças do néfron que invadem profundamente a medula e segmentos delgados que são muito mais compridos que os dos

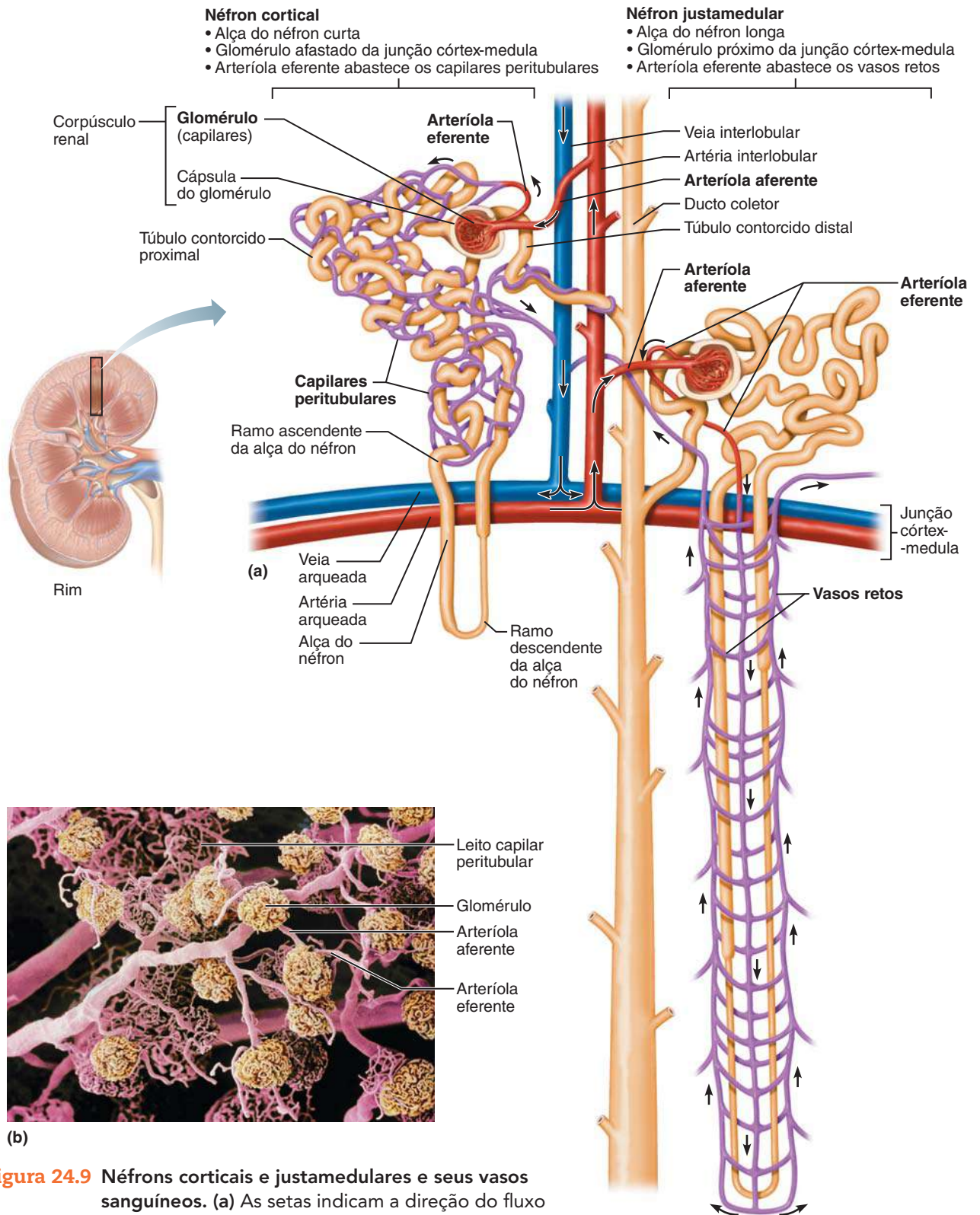


Figura 24.9 Néfrons corticais e justamedulares e seus vasos sanguíneos. (a) As setas indicam a direção do fluxo sanguíneo. Os leitos capilares dos néfrons adjacentes (não exibidos) sobrepõem-se. (b) Eletromicrografia de varredura dos vasos sanguíneos do córtex renal (60×).

néfrons corticais. Essas alças longas, juntamente com seus ductos coletores vizinhos, contribuem para a capacidade renal de produzir uma urina concentrada.

Vasos sanguíneos associados aos néfrons

Os néfrons estão intimamente associados a dois leitos capilares: o *glomérulo* e os *capilares peritubulares* (Figura 24.9). Os néfrons justamedulares também estão associados a *vasos retos* similares aos capilares.

Glomérulos Os capilares do glomérulo produzem o filtrado que passa pelo túbulo renal e transforma-se em urina. O glomérulo é diferente de todos os outros leitos capilares no corpo: ele é ao mesmo tempo alimentado e drenado por arteríolas — uma **arteríola aferente** e uma **arteríola eferente**, respectivamente. As *arteríolas aferentes* surgem das artérias interlobulares que passam pelo córtex renal. Como as arteríolas são vasos de alta resistência e a arteríola eferente é mais estreita do que a arteríola aferente, a pressão do sangue no glomérulo é extraordinariamente alta para um leito capilar e obriga facilmente o filtrado a sair do sangue e entrar na cápsula do glomérulo. Os rins geram um litro desse filtrado a cada oito minutos, mas apenas 1% acaba se transformando em urina; os outros 99% são reabsorvidos pelos túbulos e devolvidos ao sangue nos leitos capilares peritubulares.

Capilares peritubulares Os **capilares peritubulares** surgem das arteríolas eferentes que drenam os

glomérulos corticais (ver Figura 24.9a, lado esquerdo). Esses capilares situam-se no tecido conjuntivo intersticial do córtex renal, um tecido conjuntivo frouxo, que circunda os túbulos renais. Os capilares prendem-se aos túbulos contorcidos e drenam nas vênulas próximas do sistema venoso renal. Os capilares peritubulares são adaptados para absorção: são vasos porosos de baixa pressão que absorvem imediatamente os solutos e a água das células tubulares após essas substâncias serem reabsorvidas do filtrado. Além disso, todas as moléculas *secretadas* pelos néfrons e que entram na urina são provenientes do sangue dos capilares peritubulares próximos.

Vasos retos Na parte mais profunda do córtex renal, as arteríolas eferentes dos glomérulos justamedulares continuam em vasos de paredes finas chamados **vasos retos**, que descem para a medula formando uma rede em volta da alça do néfron (Figura 24.9a, lado direito). Os vasos retos, junto com as alças do néfron longas, fazem parte do mecanismo de concentração de urina do rim.

Complexo justaglomerular

O **complexo (ou aparelho) justaglomerular** (“perto do glomérulo”), uma estrutura que funciona na regulação da pressão arterial, é uma área de contato especializado entre a extremidade do túbulo contorcido distal e a arteríola aferente (Figura 24.10). Dentro do complexo, as estruturas do túbulo e da arteríola são modificadas.

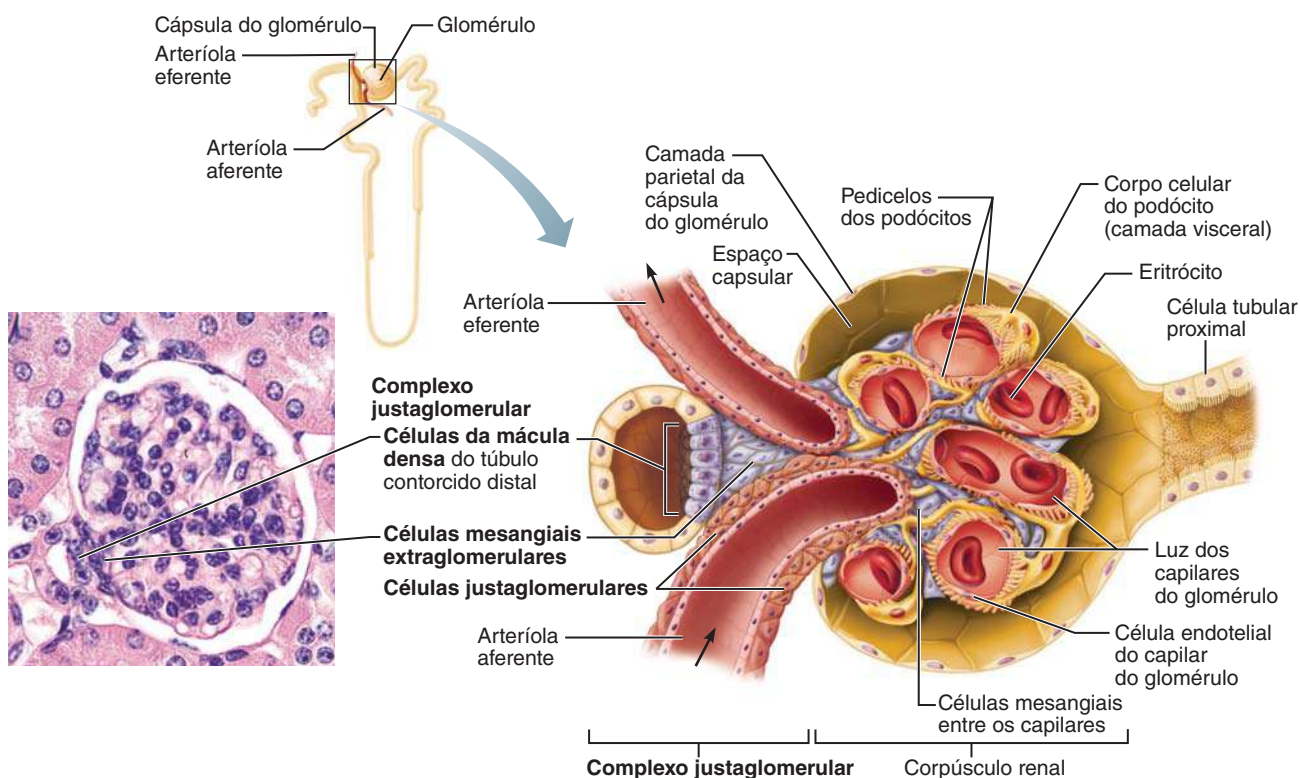


Figura 24.10 Complexo justaglomerular. Micrografia à esquerda (315×), ilustração à direita. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 48.)

As paredes das arteríolas aferentes e eferentes contêm **células justaglomerulares** (*células granulares*), células musculares lisas modificadas com grânulos secretórios contendo um hormônio chamado **renina** (“hormônio renal”). As células granulares parecem ser mecanorreceptores que secretam renina em resposta à queda de pressão sanguínea na arteríola aferente.

A **mácula densa**, que é a terminal do túbulo contorcido distal adjacente às células justaglomerulares, consiste em células epiteliais altas e próximas umas das outras que agem como quimiorreceptoras, monitorando as concentrações de soluto no filtrado. Quando as concentrações de soluto ficam abaixo de um determinado nível, as células da mácula densa sinalizam às células justaglomerulares para que estas secretem renina. A renina inicia uma sequência de reações químicas no sangue (conhecidas como *mecanismo renina-angiotensina*) que resulta, pelo córtex renal, na secreção do hormônio aldosterona, que aumenta a reabsorção do sódio (Na⁺) pelos túbulos contorcidos distais, aumentando a concentração de soluto no sangue. Quando o sódio é reabsorvido, a água acompanha o gradiente osmótico, fazendo que o volume e a pressão sanguíneas aumentem. A cafeína e certas medicações prescritas para a hipertensão agem como diuréticos, que são substâncias que aumentam a quantidade de urina excretada ao bloquearem a reabsorção do sódio pelos túbulos contorcidos distais.

As células mesangiais (Figura 24.10) têm formato irregular e estão situadas em volta da base do glomérulo. Essas células exibem propriedades contráteis que regulam o fluxo sanguíneo dentro do glomérulo. As **células mesangiais extraglomerulares** interagem com as células da mácula densa e as células justaglomerulares como forma de regular a pressão sanguínea. Os detalhes dessa interação são uma área de pesquisa permanente.

✓ Verifique seu conhecimento

4. Quais partes do néfron estão situadas no córtex renal? Quais partes são encontradas na medula?
5. Que mecanismo na formação da urina envolve os capilares do glomérulo? Que mecanismos envolvem os capilares peritubulares?
6. Qual estrutura no rim funciona na regulação da pressão arterial? De que modo o túbulo renal é modificado nessa região?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

URETERES

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a localização, histologia e função dos ureteres.

Anatomia macroscópica

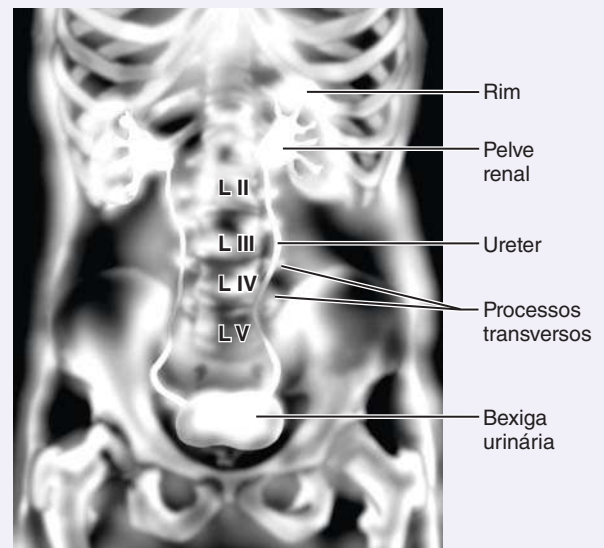
A urina, coletada dos cálices renais e esvaziada na pelve renal, sai dos rins através dos ureteres. Os **urete-**

res são tubos delgados, com aproximadamente 25 cm de comprimento, que transportam a urina dos rins para a bexiga (ver Figura 24.1). Cada ureter começa superiormente, no nível de L II, como uma continuação da pelve renal. A partir daí, ele desce na posição retroperitoneal através do abdome, entra na pelve verdadeira ao cruzar a cavidade pélvica na junção sacroilíaca, entra no ângulo posterolateral da bexiga e depois segue medialmente dentro da parede posterior da bexiga antes de se abrir para o interior da bexiga. Essa entrada oblíqua na bexiga evita o refluxo de urina da bexiga para os ureteres, pois qualquer aumento de pressão dentro da bexiga comprime a parede desse órgão, fechando assim as extremidades distais dos ureteres.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Pielografia O procedimento radiográfico para examinar os ureteres e os cálices renais chama-se **pielografia** (“registro da pelve renal”); a imagem resultante chama-se **pielograma** (ver a imagem). Os radiologistas introduzem o meio de contraste dos raios X através de uma de duas vias possíveis: injetando-o nos ureteres através de um cateter na bexiga (*pielografia retrógrada*) ou injetando-o através de uma veia para que chegue aos ureteres quando for excretado pelos rins (*pielografia intravenosa*). A pielografia permite que o clínico examine os ureteres ao longo de seu curso, dos rins até a bexiga, à medida que esses tubos se estendem ao longo de uma linha imaginária definida pelos processos transversos das cinco vértebras lombares.



Anatomia microscópica

A estrutura histológica dos ureteres tubulares é a mesma dos cálices renais e da pelve renal; as paredes possuem três camadas básicas: mucosa, muscular e adventícia (**Figura 24.11**).

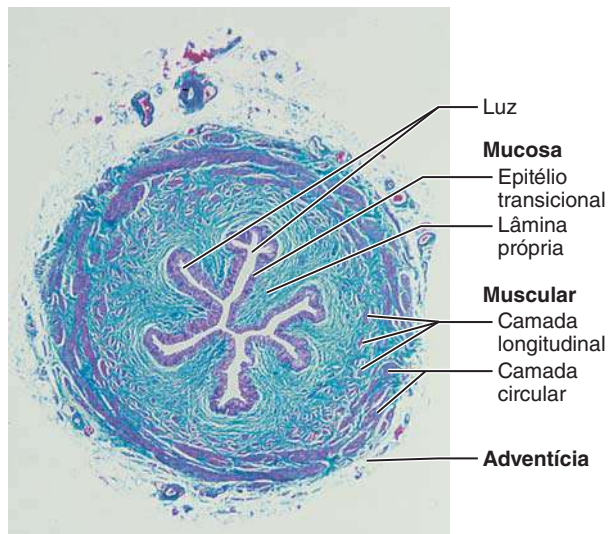


Figura 24.11 Estrutura microscópica do ureter, corte transversal (12×). As pregas mucosas, exibidas aqui em um ureter vazio, esticam-se e achatam-se para acomodar grandes pulsos de urina.

- A **mucosa** de revestimento é composta por um *epitélio transicional*, que estica quando os ureteres se enchem de urina (ver p. 92 e Figura 24.13b), e uma lâmina própria, composta por um tecido conjuntivo fibroelástico contendo placas de tecido linfático.
- A camada **muscular** intermediária consiste em duas camadas de músculo liso: uma camada longitudinal interna e uma camada circular externa. Uma terceira camada muscular, a camada longitudinal externa, aparece no terço inferior do ureter.
- A **adventícia** (externa) da parede do ureter é um tecido conjuntivo típico.

Os ureteres desempenham um papel ativo no transporte da urina. A distensão do ureter pela entrada da

urina estimula sua musculatura a contrair, estabelecendo ondas peristálticas que impelem a urina para a bexiga. Isso significa que a urina *não* chega à bexiga apenas por gravidade. Embora os ureteres sejam inervados por fibras nervosas simpáticas e parassimpáticas, o controle neural da peristalse parece insignificante comparado à resposta de estiramento local do músculo liso ureteral.

BEXIGA URINÁRIA

Objetivo de aprendizagem:

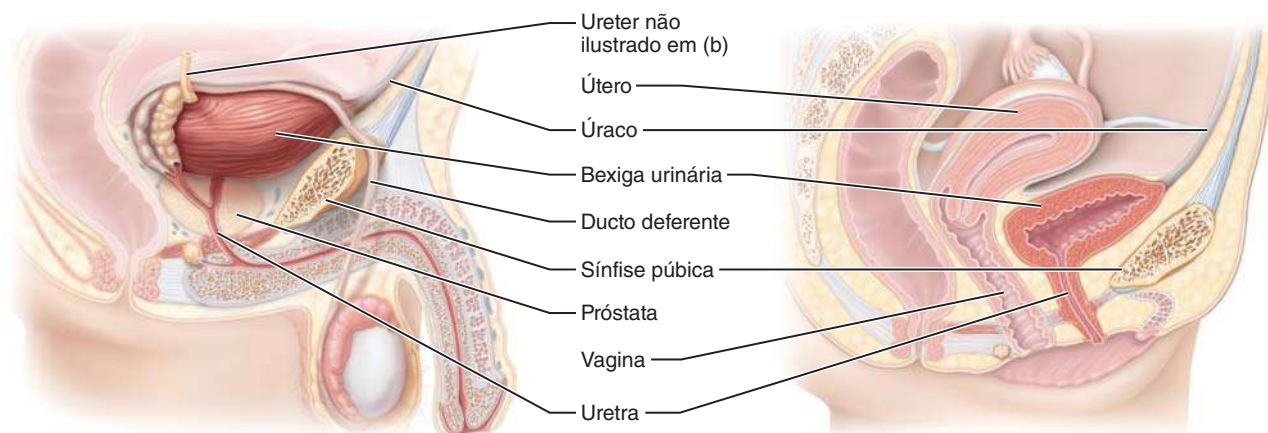
- ▶ descrever a forma, localização, histologia e função da bexiga.

Anatomia macroscópica

A **bexiga urinária**, um reservatório (bolsa) muscular dobrável que armazena e expela urina, situa-se abaixo da cavidade peritoneal no assoalho pélvico, imediatamente posterior à sínfise púbica (**Figura 24.12**). Nos homens, a bexiga situa-se na posição anterior ao reto; nas mulheres, a bexiga localiza-se imediatamente anterior à vagina e ao útero.

Uma bexiga cheia é aproximadamente esférica e expande-se superiormente na cavidade abdominal; uma bexiga vazia, por outro lado, situa-se inteiramente dentro da pelve. Quando cheia, a bexiga fica firme e pode ser palpada através da parede anterior do abdome imediatamente superior à sínfise púbica. Uma bexiga que pode ser palpada mais de alguns centímetros acima da sínfise está perigosamente cheia de urina e requer drenagem por cateterismo.

A bexiga vazia tem a forma de uma pirâmide de cabeça para baixo com quatro superfícies triangulares e quatro cantos, ou ângulos (**Figura 24.12a**). Os dois *ângulos posterolaterais* recebem os ureteres. No *ângulo anterior* da bexiga (ou ápice) há uma faixa fibrosa chamada **úraco** (“canal urinário do feto”), o remanescente



(a) Corte sagital através da pelve masculina, com a bexiga urinária exibida em vista lateral

(b) Corte sagital através da pelve feminina

Figura 24.12 Posição da bexiga urinária em relação aos órgãos pélvicos.

fechado de um tubo embrionário chamado alantoide. O *ângulo inferior (colo)* converge para a uretra. Nos homens, a próstata, uma glândula do sistema genital, situa-se diretamente inferior à bexiga, onde circunda a uretra.

No interior da bexiga, as aberturas dos ureteres e da uretra definem uma região triangular na parede posterior chamada **trígono** (ver Figura 24.14). O trígono tem uma importância clínica especial porque as infecções tendem a persistir nessa região.

Vasos e nervos As artérias que irrigam a bexiga são ramos das artérias ilíacas internas, principalmente as *artérias vesicais superiores e inferiores* (ver Figura 20.14, p. 631). As veias que drenam a bexiga formam um plexo nas superfícies inferior e posterior desse órgão cujo sangue drena nas veias ilíacas internas. Os nervos que vão do plexo hipogástrico até a bexiga consistem em fibras parassimpáticas provenientes dos nervos esplâncnicos pélvicos, algumas fibras simpáticas oriundas dos nervos esplâncnicos torácicos inferiores e lombares superiores e fibras sensitivas viscerais.

Anatomia microscópica

A parede da bexiga possui três camadas (Figura 24.13).

- Uma *mucosa*, com um epitélio transicional distensível e uma lâmina própria, forma o revestimento interno da bexiga. O revestimento mucoso contém pregas, ou **rugos**, que se achatam quando a bexiga enche.
- Uma musculatura espessa, chamada músculo **detrusor** da bexiga (“empurrar para fora”), forma a camada intermediária. Esse músculo consiste em fibras musculares lisas altamente misturadas e em duas camadas longitudinais (externa e interna) e uma circular (média). A contração desse músculo espede a urina da bexiga durante a micção.
- Nas superfícies lateral e inferior, a camada mais externa é a *adventícia*. A superfície superior da bexiga é coberta pelo peritônio parietal.

A grande capacidade de distensão da bexiga a torna unicamente adequada para sua função de armazenar urina. Quando há pouca urina dentro dela, a bexiga dobra-se em seu formato piramidal básico, suas paredes espessam-se e sua mucosa enrugam-se (Figura 24.14). No entanto, conforme a urina acumula-se, as rugas aplainam e a parede da bexiga fica mais fina à medida que estica, permitindo que o órgão armazene quantidades maiores de urina sem elevar de modo significativo a pressão interna (pelo menos até um acúmulo de 300 ml). Uma bexiga adulta cheia abriga cerca de 500 ml de urina, 15 vezes o seu volume quando vazia.

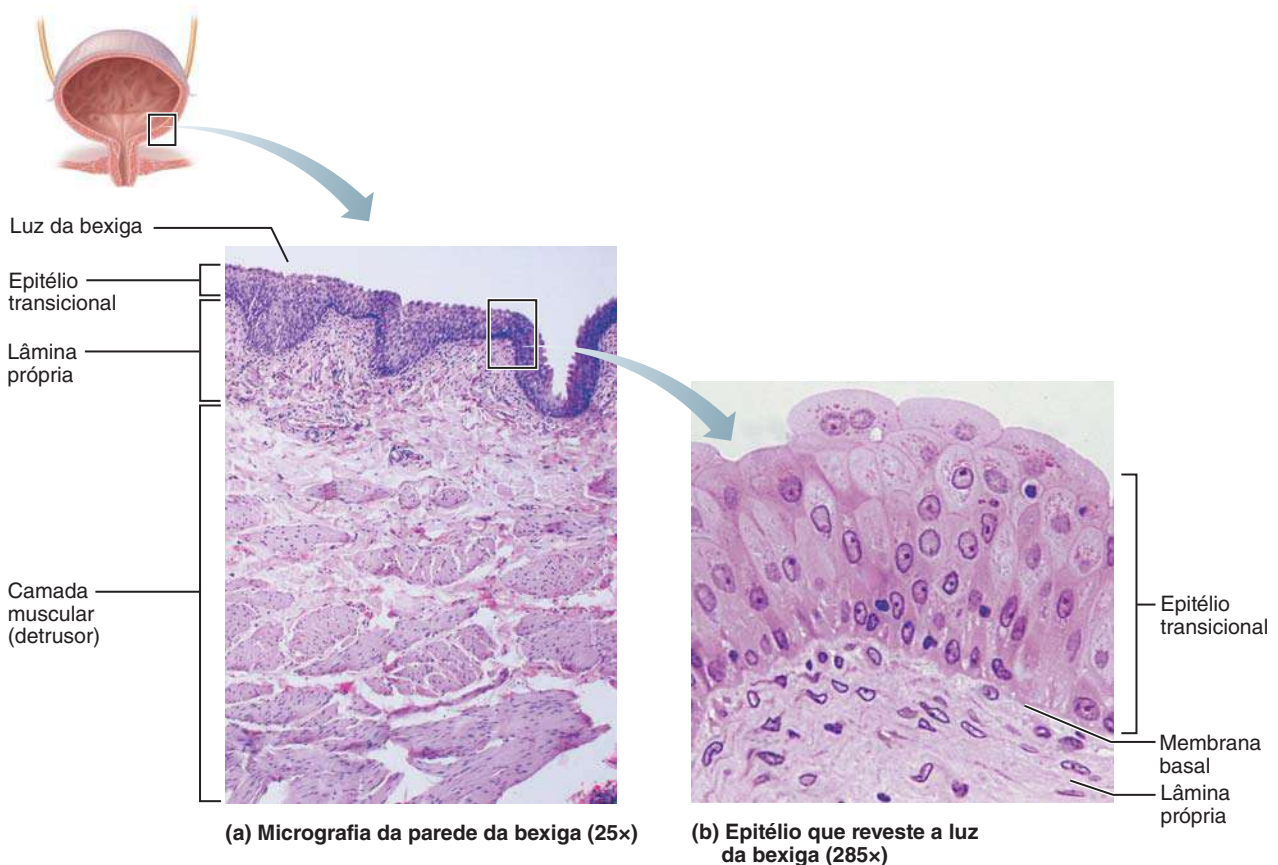
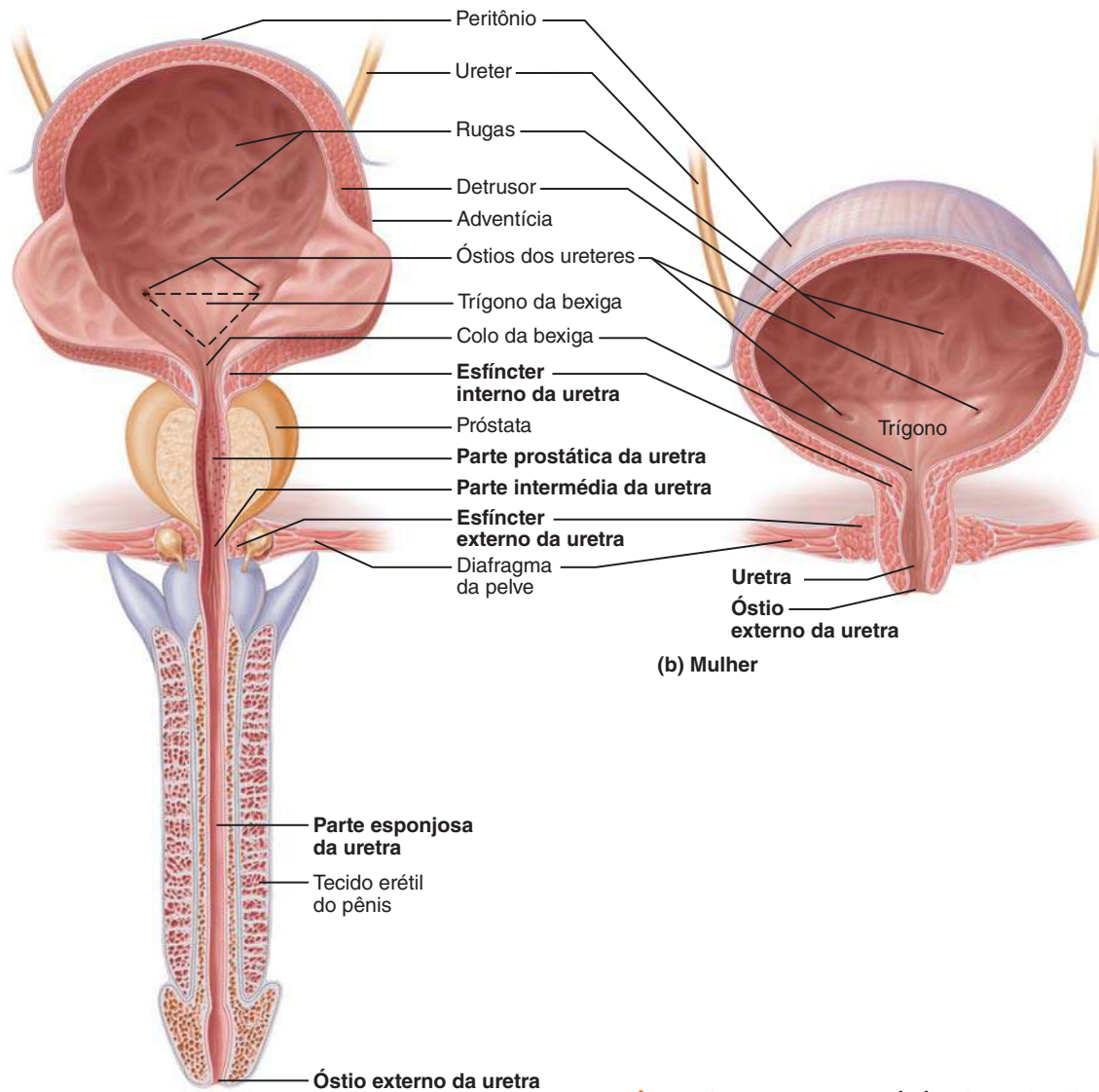


Figura 24.13 Histologia da bexiga.



(a) **Homem.** A longa uretra masculina possui três partes: prostática, intermédia e esponjosa.

Figura 24.14 Estrutura da bexiga urinária e da uretra. A parede anterior da bexiga foi removida para revelar a posição do trígono.

URETRA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a estrutura e a função da uretra em ambos os sexos;
- ▶ definir micção e explicar seu controle neural.

A **uretra** é um tubo de parede fina, que drena urina da bexiga e a transporta para fora do corpo (Figura 24.14). Esse tubo consiste em músculo liso e em uma mucosa interna. Nos homens, a camada muscular fica muito fina na extremidade distal da uretra. O epitélio de revestimento muda de epitélio transicional próximo à bexiga para um epitélio colunar estratificado e pseudoestratificado na parte média da uretra (escasso nas mulheres) e depois para um epitélio escamoso estratificado na sua extremidade final.

Na junção bexiga-uretra, um espessamento do detrusor forma o **esfíncter interno da uretra**. Esse é um esfíncter involuntário de músculo liso que mantém a uretra

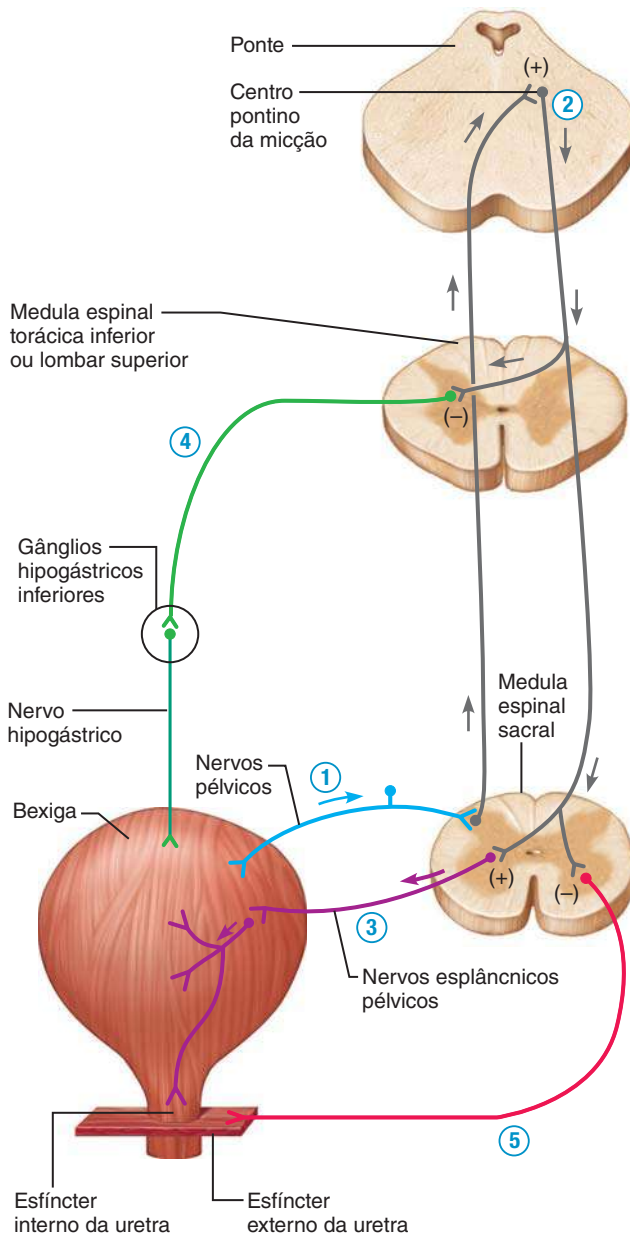
fechada quando a urina não está passando e evita o seu gotejamento entre as micções. Um segundo esfíncter, o **esfíncter externo da uretra**, circunda a uretra no interior da camada muscular chamada *diafragma urogenital*. Esse esfíncter externo é um músculo esquelético utilizado para inibir voluntariamente a micção. O músculo levantador do ânus do diafragma da pelve também serve como um constritor voluntário da uretra. (Para obter mais informações sobre o esfíncter externo da uretra e o músculo levantador do ânus, ver Tabela 11.9, p. 309-310.)

O tamanho e as funções da uretra são diferentes nos dois sexos. Nas mulheres, a uretra tem apenas de 3 a 4 cm de comprimento e está presa à parede anterior da vagina por tecido conjuntivo (ver Figura 24.12b). Ela abre-se para o exterior no **óstio externo da uretra**, uma abertura pequena e frequentemente difícil de localizar, que se situa anterior à abertura da vagina e posterior ao clitóris (mostrado na Figura 25.20, p. 798).

Nos homens, a uretra tem aproximadamente 20 cm de comprimento e possui três regiões: a **parte prostática da uretra**, que tem aproximadamente 2,5 cm de comprimento e passa pela próstata; a **parte intermédia da uretra**,¹ que ocupa aproximadamente 2,5 cm do diafragma urogenital membranoso; e a **parte esponjosa da uretra**, que tem aproximadamente 15 cm de comprimento, percorre pelo interior do pênis e se abre na glândula do pênis através do óstio externo da uretra. A uretra masculina transporta para fora do corpo tanto o sêmen na ejaculação, como a urina na micção, embora não simultaneamente (ver Capítulo 25, sistema genital masculino).

MICÇÃO

A **micção** é o ato de esvaziar a bexiga. Ocorre através da contração do músculo detrusor da bexiga e é auxiliada pelos músculos da parede do abdome, que contraem para elevar a pressão intra-abdominal. A micção é controlada pelo encéfalo e envolve as vias autônomas e somáticas (**Figura 24.15**). À medida que a urina se acumula na bexiga, a distensão da parede do órgão ativa os receptores de estiramento que enviam impulsos sensitivos através dos neurônios sensitivos viscerais (**Figura 24.15, 1**) para a região sacral da medula espinal e depois para um centro de micção na parte dorsal da ponte. Agindo como



① Impulsos aferentes viscerais dos receptores de estiramento na parede da bexiga são levados para a medula espinal e depois, via tratos ascendentes, para o centro pontino da micção.

② A integração no centro pontino da micção inicia a resposta de micção. As vias descendentes levam impulsos para os neurônios motores na medula espinal.

③ Os eferentes parassimpáticos estimulam a contração do detrusor e abrem o esfíncter interno da uretra.

④ Os eferentes simpáticos para a bexiga são inibidos.

⑤ Os eferentes motores somáticos para o esfíncter externo da uretra são inibidos; o esfíncter relaxa. A urina passa pela uretra; a bexiga é esvaziada.

- Aferente visceral
- Simpático
- Eferente somático
- Parassimpático
- Interneurônio

Figura 24.15 Micção.

¹ Nota do revisor técnico: também denominada *parte membranacea*, que, segundo a nomenclatura anatômica, tornou-se uma designação incorreta após o abandono do termo “diafragma urogenital”.

uma chave liga/desliga, os neurônios no centro de micção na parte inferior da ponte sinalizam os neurônios parasimpáticos (Figura 24.15, ②) que estimulam a contração do músculo detrusor, esvaziando assim a bexiga (Figura 24.15, ③). Ao mesmo tempo, as vias simpáticas para a bexiga (Figura 24.15, ④) — que evitariam a micção pelo relaxamento do músculo detrusor — são inibidas. Os neurônios motores somáticos para o esfíncter externo da uretra também são inibidos, relaxando assim esse músculo voluntário e permitindo que a urina passe pela uretra (Figura 24.15, ⑤).

O centro de micção na ponte é altamente influenciado pelas regiões rostrais do cérebro, como a região frontal inferior do córtex cerebral (que permite uma decisão consciente de que é seguro urinar) e o giro do cíngulo (envolvido na avaliação emocional da vontade de urinar).

A ponte, o córtex cerebral e outras partes do SNC também *inibem* a micção. Eles o fazem (1) estimulando os neurônios motores somáticos para o esfíncter externo da uretra, provocando a contração desse músculo, e (2) ativando as vias simpáticas que relaxam o detrusor e estimulam o esfíncter interno da uretra a contrair.

A incapacidade de controlar a micção é normal nos bebês, que não aprenderam a fechar voluntariamente o esfíncter externo. A micção por reflexo ocorre a cada vez que a bexiga de um bebê se enche o bastante para ativar seus receptores de estiramento, mas o esfíncter interno impede o gotejamento de urina entre as micções, assim como acontece nos adultos.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Disfunções urinárias A **incontinência urinária** é muito comum nos idosos, afetando a metade dos que estão internados em casas de saúde ou que estão acamados. Suas várias causas podem ser divididas em três tipos principais: 1) **incontinência de urgência**, na qual o detrusor tem contrações descontroladas; 2) **incontinência por estresse**, na qual os mecanismos do esfíncter da uretra funcionam mal, de modo que a tosse e o espirro podem forçar a urina através desses esfíncteres; e 3) **incontinência por transbordamento**, na qual a bexiga enche demais e a urina goteja da uretra. A incontinência não deve ser encarada como um resultado inevitável do envelhecimento; até 80% dos idosos com essa condição podem ser ajudados pelo treinamento comportamental, medicações ou cirurgia.

A **retenção urinária**, na qual a bexiga é incapaz de expelir sua urina contida, é comum nos pacientes que se recuperam de cirurgias envolvendo anestesia geral, após as quais o detrusor aparentemente precisa de tempo para se recuperar antes de retomar sua atividade. É mais comum nos homens mais velhos, pois o aumento da próstata comprime a uretra. Se a retenção urinária for prolongada, uma sonda de drenagem feita de borracha fina, chamada **cateter**, precisa ser inserida pela uretra e entrar na bexiga para drenar a urina e impedir seu transbordamento. A uretra reta e curta das mulheres é muito mais fácil de cateterizar do que as uretras longas e curvas dos homens.

✓ Verifique seu conhecimento

- 7. Faça a distinção entre ureter e uretra.
- 8. Que tipo de epitélio reveste a luz do ureter, a bexiga e as porções proximais da uretra?
- 9. Qual esfíncter da uretra é inervado pelos neurônios motores somáticos?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TRANSTORNOS DO SISTEMA URINÁRIO

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever as causas básicas, os sintomas e o tratamento das infecções do trato urinário, os cálculos renais e os cânceres de bexiga e rim.

Infecções do trato urinário

A maioria das **infecções do trato urinário** (ITUs) ocorre nas mulheres jovens e sexualmente ativas. O intercuro sexual conduz as bactérias da vagina e da região genital externa (e do ânus também) através da abertura próxima da uretra curta, na direção da bexiga. O uso de espermicidas amplia o problema, pois eles tendem a matar as bactérias residentes normais e permitem que as bactérias fecais patogênicas colonizem a vagina. A *Escherichia coli*, uma bactéria normal, residente do trato digestório inferior e que raramente causa problemas ali, produz 80% de todas as infecções do trato urinário. As doenças sexualmente transmitidas, que são principalmente infecções do trato reprodutor, também podem inflamar o trato urinário, obliterando alguns ductos urinários.

Os idosos também são susceptíveis a infecções do trato urinário em decorrência da fraqueza da bexiga, incontinência, esvaziamento incompleto da bexiga e retenção de urina. Os sintomas mais comuns de uma ITU nos idosos são alterações mentais e confusão, que podem ser atribuídas equivocadamente a transtornos mais graves como a demência.

Em geral, as infecções do trato urinário ocorrem em aproximadamente 40% das mulheres. A infecção da bexiga, chamada **cistite**, pode se espalhar superiormente e infectar os ureteres e rins, causando **pielite** e **pielonefrite** (discutidas na p. 753). Os sintomas das infecções do trato urinário incluem uma sensação de queimação durante a micção, maior urgência e frequência de micção, febre e, às vezes, urina turva ou tingida de sangue. Quando os rins estão envolvidos, a dor nas costas e a cefaleia intensa costumam ocorrer também. A maioria das infecções do trato urinário é curada facilmente com antibióticos.

Nos homens, as infecções do trato urinário costumam resultar do cateterismo de longo prazo da uretra peniana, já que é difícil manter estéreis os cateteres ve-
sicais de demora.

Cálculos renais

Em 12% dos homens e 5% das mulheres na América do Norte, o cálcio, o magnésio ou os sais de ácido úrico na urina cristalizam e precipitam nos cálices ou na pelve renal, formando **cálculos renais** (“pequenas pedras”).² A maioria dos cálculos tem menos de 5 mm de diâmetro e, assim, consegue passar pelo trato urinário sem causar problemas graves. No entanto, os cálculos causam dor quando obstruem um ureter, bloqueando assim a drenagem da urina e aumentando a pressão intrarrenal. A dor mais intensa resulta quando as paredes do ureter entram em contato com os cálculos renais durante suas contrações peristálticas periódicas. A dor dos cálculos renais irradia da região abdominal lateral até a parede anterior do abdome e depois, talvez, até a virilha. Os cálculos tendem a se alojar em três regiões dos ureteres especialmente estreitas (ver pielograma na p. 761): (1) no nível de L II, onde a pelve renal se estreita pela primeira vez no ureter; (2) na junção sacroilíaca, onde o ureter entra na pelve verdadeira; e (3) onde os ureteres entram na bexiga. O clínico deve estar ciente desses três pontos quando procurar cálculos renais nas imagens de raios X, TC e ultrassom.

Os fatores predisponentes dos cálculos são: (1) supersaturação do filtrado renal com íons de cálcio, ácido úrico ou uma substância chamada oxalato, que leva à precipitação dos cristais da urina; (2) acidez ou alcalinidade anormal da urina; (3) desidratação; (4) bloqueio do fluxo de urina no trato urinário; e (5) infecção bacteriana, pois ao menos um pouco de cálcio precipita em volta das bactérias. Os indivíduos com uma história de cálculos renais são incentivados a beber grandes volumes de água, pois isso leva a uma urina tão diluída que os sais não vão precipitar e formar cálculos.

A remoção cirúrgica dos cálculos tem sido o tratamento tradicional, mas hoje a cirurgia tem sido amplamente substituída pela *terapia de onda de choque extracorpórea*, na qual ondas de choque ultrassônicas emitidas fora do corpo do paciente rompem os cálculos.

Câncer dos órgãos urinários

O **câncer de bexiga**, que corresponde a aproximadamente 3% das mortes por câncer e é cinco vezes mais comum nos homens do que nas mulheres, costuma envolver neoplasmas do epitélio de revestimento da bexiga. O sangue na urina é um sinal de alerta comum. Essa forma de câncer pode ser induzida por carcinógenos orgânicos que são depositados na urina após serem ab-

sorvidos do ambiente. As substâncias que têm sido associadas ao câncer de bexiga incluem o alcatrão do cigarro, certas substâncias químicas industriais e alguns adoçantes artificiais. O câncer de bexiga geralmente é letal se houver metástase. A remoção cirúrgica da bexiga e a quimioterapia aumentam o tempo de sobrevida significativamente para uma média de 5 anos após a detecção.

O **câncer de rim** — um câncer que surge nas células epiteliais dos túbulos renais ou da pelve e cálices renais — corresponde a 2% das mortes por câncer nos Estados Unidos, mas a sua incidência está aumentando.³ Os fatores de risco desse tipo de câncer, que é duas vezes mais comum nos homens do que nas mulheres, incluem a obesidade, pressão arterial elevada e, talvez, uma dieta com alto teor de proteína. A maioria dos tumores tem mais de 3 cm de diâmetro e sofreu metástase quando foi detectada (normalmente durante um exame renal utilizando imagem por ultrassom, TC ou IRM). Nesses casos, o prognóstico é ruim e o tempo médio de sobrevida é de apenas 12-18 meses. Como os cânceres renais são resistentes à radiação e à quimioterapia, o tratamento padrão é a remoção cirúrgica do rim inteiro, além da glândula suprarrenal e dos linfonodos associados.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Transplante renal Transplante renal é a transferência de um rim funcional de um doador para um receptor, cujos rins sofrem de insuficiência. Cerca de 30% dos rins transplantados são provenientes de doadores vivos (normalmente um parente ou cônjuge) e 70% são provenientes de cadáveres (cujos rins podem ser mantidos por aproximadamente 36 horas após a morte). Os transplantes renais são mais comuns do que os transplantes de qualquer outro órgão importante. Esse procedimento tem uma alta taxa de sucesso (80% a 90% de sobrevida após 3 anos se for de um doador vivo, 70% se for de um cadáver) e é comparativamente fácil de realizar (apenas alguns vasos precisam ser cortados e religados). Um único rim é transplantado, já que um é suficiente para desempenhar as funções excretórias. O rim com insuficiência é geralmente deixado no lugar e o novo rim é transplantado na fossa ilíaca direita da pelve, que tem mais espaço do que a saturada região lombar. Assim como acontece com outros transplantes de órgão, o receptor precisa tomar medicamentos imunossuppressores. Os esforços atuais estão voltados para aumentar as taxas de sobrevida no longo prazo, que são reduzidas pela rejeição crônica, além de outros fatores.

2 Nota do editor: segundo a revista *Hospitais Brasil*, pelo menos 30% dos atendimentos de emergência são de cálculo renal no Hospital das Clínicas da FMUSP. Uma dieta rica em sal e carne vermelha, a ingestão de pouco líquido, o diabetes e a obesidade favorecem o cálculo renal. O clima quente e seco também pode ser um fator que contribui para o problema, que atinge 12% da população mundial economicamente ativa entre 30 e 50 anos de idade.

3 Nota do editor: conforme os dados de 2008 fornecidos pela Globocan — projeto da Organização Mundial da Saúde que visa coletar, organizar e divulgar dados estimativos da incidência e mortalidade dos tipos mais comuns de câncer no mundo — no Brasil, a mortalidade é de 54%, ou seja, para cada dois pacientes diagnosticados, pelo menos um vem a falecer. Nos Estados Unidos, é 24%, na Austrália, 37%. Isso mostra que o diagnóstico tardio prejudica a sobrevivência do paciente.

O SISTEMA URINÁRIO AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ acompanhar o desenvolvimento embrionário dos órgãos urinários;
- ▶ mencionar vários efeitos do envelhecimento sobre a estrutura e a função do sistema urinário.

O embrião desenvolve não só um par de rins, mas três pares, um após o outro, começando na direção craniana e seguindo na direção caudal. Os três pares são pronefro, mesonefro e metanefro. Esses rins diferentes desenvolvem-se a partir das *cristas urogenitais*, que são pares de elevações do mesoderma intermediário na parede dorsal do abdome (**Figura 24.16**). Dos três pares de rins que se formam, apenas o último par persiste e se transforma nos rins adultos. Inicialmente, durante a 4ª semana, o primeiro rim, ou **pronefro**, forma-se como um conjunto de néfrons e depois se degenera rapidamente. Embora o pronefro nunca seja funcional e desapareça na 6ª semana, ele emite um **ducto pronefrico** (*ducto excretor primário*) até a cloaca e esse ducto é utilizado pelos rins que se desenvolvem mais tarde. À medida que o segundo sistema nefrônico, chamado **mesonefro** (“rim intermediário”), reivindica o

ducto pronefrico, esse ducto transforma-se em **ducto mesonéfrico**. Os néfrons do mesonefro, por sua vez, degeneram-se após o terceiro rim, o **metanefro**, se tornar funcional.

O metanefro é o rim definitivo (*metanefro* significa “rim definitivo”), que se desenvolve na região pélvica. Começando na 5ª semana, um **botão ureteral** oco cresce a partir do ducto mesonéfrico para a crista urogenital, induzindo o mesoderma a formar os néfrons (Figura 24.16a). O botão ureteral, por sua vez, desenvolve-se na pelve renal, cálices e ductos coletores; sua parte proximal não expandida se transforma no ureter. O não desenvolvimento do metanefro resulta na **agenesia renal**, ou ausência de rins. Na agenesia unilateral, um único rim forma-se em um lado e, do mesmo modo que um adulto pode doar um rim e ainda assim manter a função renal adequada, o neonato pode sobreviver com um único rim funcional. A agenesia bilateral (ausência de ambos os rins) não é compatível com a vida.

À medida que os rins metanéfricos se desenvolvem, a *cloaca*, localizada na junção do intestino posterior e do alantoide, divide-se em duas partes: (1) o futuro reto e canal anal e (2) o **seio urogenital**, no qual os ductos urinários e genitais desaguam (Figura 24.16b). O seio urogenital transforma-se na bexiga

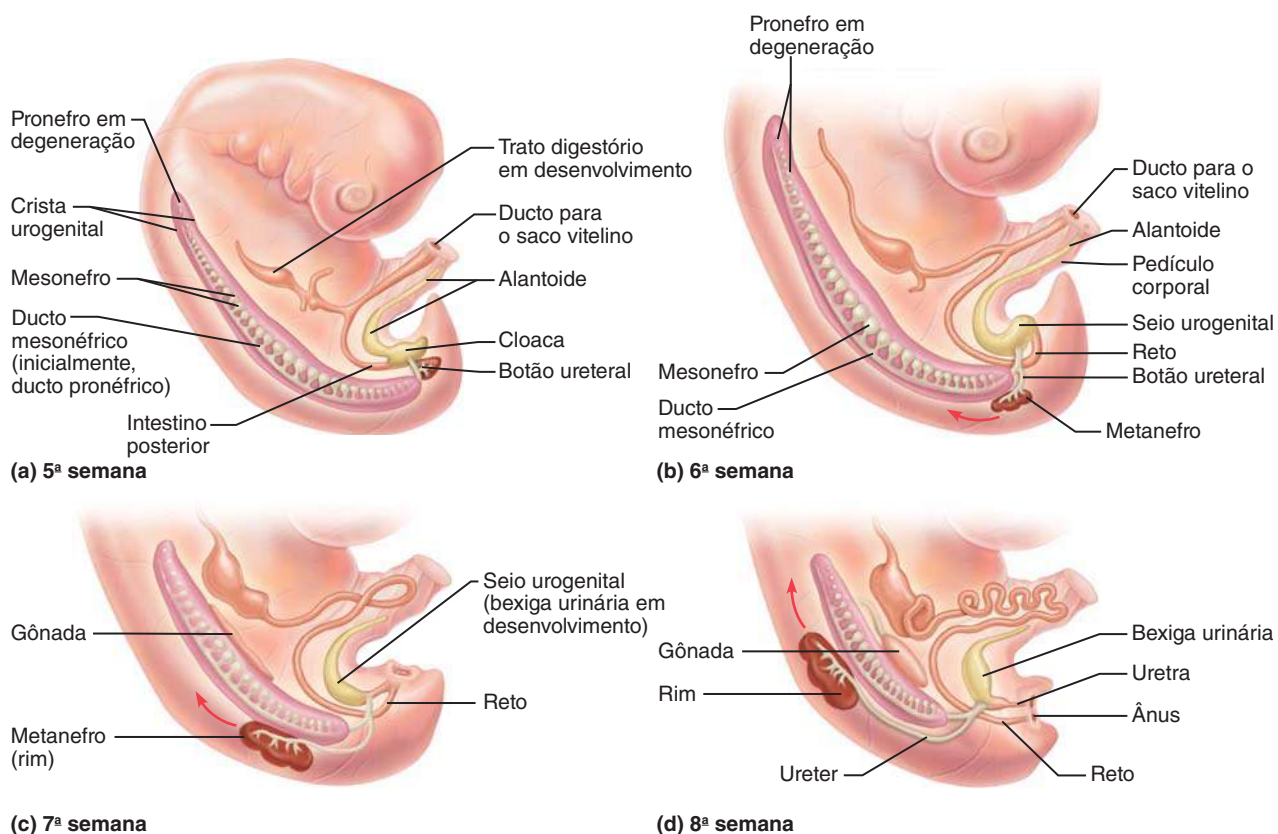


Figura 24.16 Desenvolvimento dos órgãos urinários no embrião. As setas vermelhas indicam a direção da migração do metanefro.

urinária e na uretra. O alantóide, uma extensão do seio urogenital no cordão umbilical, transforma-se no úraco da bexiga.

Após se formarem na pelve, os rins metanéricos sobem para sua posição final no abdome (Figuras 24.13c e 24.13d), recebendo seu suprimento sanguíneo de fontes sucessivamente mais altas à medida que sobem. Enquanto os vasos renais inferiores geralmente degeneram-se à medida que os superiores aparecem, esses vasos primordiais muitas vezes não se degeneram. Em consequência, 30% das pessoas têm várias artérias renais.

À medida que os rins embrionários sobem pela estreita cavidade pélvica, eles passam por um estrangulamento durante o qual os rins direito e esquerdo ficam muito próximos um do outro, e em 1 a cada 600 pessoas eles se fundem em um **rim em ferradura**. Essa condição normalmente é inofensiva, mas pode estar associada à drenagem obstruída e **hidronefrose**, na qual a urina reflúida estica e aumenta a pelve renal. Um rim que não sobe até a sua posição normal chama-se **rim ectópico**. As complicações dessa condição estão associadas principalmente com dificuldades para drenar o rim, como as infecções do trato urinário e os cálculos renais. No **rim pélvico**, um dos dois rins permanece na pelve óssea por toda a vida. Como um rim pélvico costuma bloquear o canal do parto, uma mulher com um rim nessa condição pode ter dificuldades no momento do parto.

Os rins metanéricos produzem urina no 3º mês de vida fetal. Embora a placenta realize todas as funções excretórias antes do nascimento, a produção de urina pelos rins fetais é uma função importante, pois a urina é desaguada no saco amniótico, onde ajuda a manter um volume suficiente de fluido amniótico.

No nascimento, a bexiga de um bebê é pequena e os rins não conseguem concentrar a urina nos primeiros 2 meses. Um bebê recém-nascido urina de 5 a 40 vezes ao dia, dependendo da quantidade de ingestão líquida. À medida que a criança cresce, ela urina com menos frequência, mas produz progressivamente mais urina. Na adolescência, o débito urinário adulto — uma média de 1.500 ml/dia — é alcançado.

O controle voluntário do esfíncter externo da uretra é atingido quando o sistema nervoso amadurece.

Aos 15 meses, a maioria dos bebês tem consciência de ter urinado. Aos 18 meses, a maioria das crianças consegue segurar a urina por aproximadamente 2 horas, o primeiro sinal de que pode começar o treinamento para urinar no banheiro. O controle diurno geralmente é alcançado bem antes do controle noturno. Como regra, é irreal esperar o controle noturno completo antes dos 4 anos de idade.

Da infância até o final da meia-idade, a maioria dos problemas que afetam o sistema urinário são as infecções. As infecções estreptocócicas da infância, como a faringite séptica grave ou a escarlatina, podem levar ao dano renal inflamatório de longo prazo.

Apenas cerca de 3% dos idosos possuem rins normais em termos histológicos, e a função renal costuma diminuir com o avanço da idade. Os rins encolhem, os néfrons diminuem de tamanho e quantidade e os túbulos tornam-se menos eficientes na secreção e reabsorção. Aos 70 anos de idade, a taxa média de filtração é apenas a metade da encontrada nos adultos de meia-idade, um declínio funcional que se considera uma consequência do estreitamento das artérias renais pela aterosclerose. Os diabéticos, particularmente, correm risco de contrair doenças renais, e mais de 50% dos indivíduos que tiveram diabetes melito por 20 anos (independentemente de sua idade) sofrem de insuficiência renal por causa da destruição vascular provocada por essa doença.

A bexiga de uma pessoa idosa é encolhida e o desejo de urinar costuma ser retardado. A perda de tônus muscular na bexiga provoca um aumento inoportuno na frequência de micção. Outros problemas comuns relacionados à idade são a incontinência e a constrição uretral, provocadas por uma próstata dilatada.

Verifique seu conhecimento

- 10. Por que as infecções do trato urinário são mais comuns nas mulheres do que nos homens?
- 11. Qual camada germinativa embrionária forma o rim metanérico?
- 12. O que é uma cloaca? (Os pássaros têm cloaca e é por isso que os excrementos das aves contêm matéria fecal escura e um precipitado branco de ácido úrico.)

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Cistocele Condição feminina em que a bexiga urinária pressiona a vagina e se projeta na parede vaginal anterossuperior; pode resultar da laceração dos músculos que sustentam o diafragma da pelve durante o parto, que depois faz que a víscera pélvica sem sustentação se projete inferiormente. Essa condição muda a posição superior da uretra de modo que pode levar à retenção ou incontinência urinária; uma laceração ou enfraquecimento do esfíncter externo da uretra também promove incontinência por estresse.

Cistoscopia Passagem pela uretra de uma fina sonda de visualização que entra na bexiga a fim de examinar a superfície da mucosa desse órgão. Consegue detectar tumores da bexiga, cálculos renais e infecções.

Diálise Técnica para remover resíduos do sangue e repor os tampões ácido-base nos indivíduos com insuficiência renal; envolve a difusão de solutos através de uma membrana situada entre o sangue e uma solução de diálise. A membrana pode ser uma máquina de rim artificial, através da qual o sangue do paciente passa (um processo chamado hemodiálise), ou no peritônio do próprio paciente

(um processo chamado *diálise peritoneal*). No último caso, o fluido de diálise é injetado na cavidade peritoneal do paciente e removido quando tiver resíduos acumulados.

Infarto renal Área de tecido renal morto (necrótico); pode resultar de infecção, hidronefrose ou bloqueio do suprimento sanguíneo para o rim; provocado geralmente por um bloqueio de uma artéria interlobar que não possui anastomose.

Refluxo vesicoureteral Refluxo urinário anormal da bexiga para o ureter durante a micção. Nos bebês, costuma refletir uma anomalia congênita do mecanismo valvar dos ureteres na parede da bexiga (ver p. 761). Quando aparece nos adultos, pode resultar de uma maior pressão durante a urinação ou de uma obstrução da uretra. O refluxo pode levar ao dano renal resultante da pressão, cálculos renais e infecção do trato urinário inteiro quando as bactérias são levadas para cima a partir da uretra. O tratamento é realizado com antibióticos, reconstrução cirúrgica das valvas vesicoureterais ou, nos casos graves, movendo a extremidade do ureter para que se esvazie no intestino.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. Na formação da urina, os rins limpam o sangue, retirando os resíduos nitrogenados, o excesso de íons e água, além de outras substâncias desnecessárias ou indesejáveis. Os rins também mantêm a composição química adequada do sangue e de outros fluidos corporais. Os órgãos para transportar e armazenar a urina são os ureteres, a bexiga e a uretra.

RINS (p. 751-761)

Anatomia macroscópica dos rins (p. 751-754)

2. Os rins em forma de feijão são retroperitoneais na parede posterior do abdome, estendendo-se do nível de T XI ou T XII até L III.
3. As camadas de sustentação e as camadas de proteção em torno do rim são a cápsula fibrosa, a cápsula adiposa perirrenal e a fâscia renal.
4. Um rim tem um córtex externo, uma medula mais profunda consistindo em pirâmides renais e um seio renal medial que contém os vasos e nervos principais do rim e a pelve renal (a parte superior mais larga do ureter). Os tributários da pelve renal, os cálices maior e menor, coletam urina que drenam das papilas das pirâmides medulares. A abertura medial do seio renal, similar a uma fenda, é o hilo.
5. A via vascular através de um rim é: artéria renal → artérias segmentares → artérias interlobares → artérias arqueadas → artérias interlobulares → arteríolas aferentes → glomérulos → arteríolas eferentes → leitos capilares peritubulares (ou vasos retos) → veias interlobulares → veias arqueadas → veias interlobares → veia renal.

6. O suprimento nervoso dos rins, consistindo em grande parte de fibras simpáticas, é proveniente do plexo renal.

Anatomia microscópica dos rins (p. 755-761)

7. A produção de urina por um néfron envolve três processos: filtração (que produz um filtrado do sangue que é transformado em urina); reabsorção (que recupera as moléculas desejáveis do filtrado e as devolve para o sangue) e secreção (na qual as moléculas indesejáveis são bombeadas dos capilares peritubulares para o néfron).
8. A principal unidade estrutural e funcional do rim é o néfron. O néfron, que forma a urina, consiste em um corpúsculo e um túbulo renal. Um túbulo renal é composto de um túbulo contorcido proximal, uma alça do néfron, um túbulo contorcido distal e um ducto coletor.
9. A filtração ocorre nos corpúsculos renais do córtex renal. Cada corpúsculo renal consiste em um glomérulo (um tufo capilar) circundado por uma cápsula do glomérulo. A camada visceral (interna) dessa cápsula consiste em podócitos em forma de polvo que circundam os capilares do glomérulo.
10. Na passagem do glomérulo para o espaço capsular, o filtrado passa pela membrana de filtração que consiste no endotélio glomerular fenestrado, na membrana basal e nas fendas de filtração entre os podócitos. Os filtros principais são a membrana basal e os diafragmas que cobrem as fendas de filtração; essas estruturas permitem que pequenas moléculas passem (água, íons, glicose, pequenas proteínas, ureia), mas retenham moléculas maiores.
11. A partir da cápsula do glomérulo, o filtrado entra no túbulo contorcido proximal (no córtex renal), cujas células epiteliais cuboides simples exibem especializações extremas para reabsorção e secreção: muitas microvilosidades longas, mitocôndrias e dobramentos da membrana plasmática basolateral.

12. A alça do néfron estende-se na medula renal, que consiste em ramos descendentes e ascendentes. A primeira parte do ramo descendente, que se assemelha ao túbulo proximal, estreita-se para se unir ao segmento delgado cujas paredes consistem em um epitélio escamoso simples. O segmento delgado une-se ao segmento espesso do ramo ascendente, que é estruturalmente similar ao túbulo contorcido distal.
13. O túbulo contorcido distal (no córtex renal) é ativo na reabsorção e secreção, porém menos do que o túbulo proximal. Suas células epiteliais cuboides simples exibem mitocôndrias abundantes e dobramentos da membrana basolateral, porém nenhuma elaboração das microvilosidades superficiais.
14. A partir do túbulo contorcido distal, o filtrado entra no ducto coletor. Os ductos coletores desempenham um papel menos importante na reabsorção e secreção de íons. Mais do que isso, os ductos coletores (junto com os túbulos distais) reabsorvem água em resposta ao ADH (hormônio antidiurético) para concentrar a urina.
15. Existem dois tipos de néfrons: cortical e justamedular. As alças dos néfrons corticais estendem-se apenas a uma curta distância para dentro da medula. As alças dos néfrons justamedulares projetam-se profundamente na medula e contribuem para o mecanismo que concentra a urina.
16. Cada néfron está associado a um glomérulo (o capilar no corpúsculo renal do qual surge o filtrado). Os capilares peritubulares também são associados aos néfrons (que circundam os túbulos contorcidos e estão envolvidos na reabsorção e secreção) e os vasos retos (vasos tipo capilares em volta da alça do néfron dos néfrons justamedulares, que agem na concentração da urina). Os glomérulos são abastecidos pelas arteríolas aferentes e drenados pelas arteríolas eferentes, que por sua vez são contínuas com os capilares peritubulares ou com os vasos retos.
17. O complexo justaglomerular, que ocorre no ponto de contato entre a arteríola aferente e o túbulo contorcido distal, consiste em células granulares e uma mácula densa. O complexo justaglomerular atua na correção hormonal da baixa pressão arterial e do baixo volume sanguíneo.

URETERES (p. 761-762)

Anatomia macroscópica (p. 761)

18. Os ureteres são tubos delgados que descem na posição retroperitoneal dos rins até a bexiga. Cada ureter entra na pelve verdadeira passando sobre a articulação sacroilíaca.

Anatomia microscópica (p. 761-762)

19. Da interna para a externa, as camadas da parede do ureter são (1) uma mucosa altamente distensível consistindo em uma lâmina própria e um epitélio transicional, (2) uma camada muscular de músculo liso e (3) uma adventícia de tecido conjuntivo. A muscular espreme a urina inferiormente através dos ureteres.

BEXIGA URINÁRIA (p. 762-763)

Anatomia macroscópica (p. 762-763)

20. A bexiga urinária, um reservatório muscular distensível para armazenar urina, situa-se na pelve, imediatamente posterior à sínfise púbica.
21. Uma bexiga cheia expande-se superiormente na cavidade abdominal e pode ser palpada através da parede anterior do abdome até a sínfise púbica. Uma bexiga vazia é uma pirâmide invertida com quatro ângulos: o colo drena na uretra, o ângulo anterior é contínuo com o úraco e os dois ângulos posterolaterais são os pontos de entrada dos ureteres. O trigono

vesical é um triângulo elevado na superfície interna da parede posterior que é definido pelos óstios ureterais e uretral.

Anatomia microscópica (p. 763)

22. A parede da bexiga, do interior para o exterior, consiste em uma mucosa com um epitélio transicional, uma camada muscular, o músculo detrusor da bexiga, e uma adventícia ou, na face superior da bexiga, o peritônio parietal.

URETRA (p. 764-765)

23. A uretra é um tubo que transporta urina da bexiga para fora do corpo. Vários tipos de epitélio estratificado revestem sua luz.
24. No ponto onde a uretra sai da bexiga, ela é circundada pelo esfíncter interno da uretra, um esfíncter involuntário de músculo liso. Inferior a esse esfíncter, onde a uretra passa pelo diafragma urogenital, ela é circundada pelo esfíncter externo da uretra, um esfíncter voluntário de músculo esquelético.
25. Nas mulheres, a uretra tem entre 3 a 4 cm de comprimento e conduz apenas urina. Nos homens, a uretra tem cerca de 20 cm de comprimento e conduz urina e sêmen.

MICÇÃO (p. 766)

26. Micção é o ato de esvaziar a bexiga.
27. À medida que a urina estica a bexiga, os neurônios sensitivos transportam essa informação até a medula espinal, e desta para o centro de micção na ponte. Esse centro inicia a micção sinalizando os neurônios parassimpáticos para o músculo detrusor.
28. Como o esfíncter externo da uretra é controlado voluntariamente, a micção pode ser postergada voluntariamente.

TRANSTORNOS DO SISTEMA URINÁRIO (p. 766-767)

29. Os transtornos do sistema urinário incluem as infecções do trato urinário (nas quais as bactérias fecais se espalham até o trato urinário), os cálculos (“pedras dos rins”) que precipitam da urina e podem bloquear de maneira dolorosa o ureter, o câncer de bexiga e o câncer renal.

O SISTEMA URINÁRIO AO LONGO DA VIDA (p. 768-769)

30. Três conjuntos de rins (pronefro, mesonefro e metanefro) desenvolvem-se em sequência a partir do mesoderma intermediário do embrião. O metanefro — o rim definitivo — forma-se na pelve à medida que o botão ureteral sinaliza os néfrons para se formarem no mesoderma intermediário. O rim metanefro move-se na direção craniana, da pelve para a região lombar.
31. A cloaca embrionária forma o seio urogenital, que se transforma na bexiga e na uretra.
32. Os rins dos neonatos concentram urina. Suas bexigas são pequenas e a micção é frequente. A maturação neuromuscular geralmente permite que o treinamento de micção no banheiro comece aos 18 meses de idade.
33. Os problemas urinários mais comuns são as infecções bacterianas, particularmente nas mulheres.
34. Com a idade, os néfrons são perdidos, a taxa de filtração diminui e os rins tornam-se menos eficientes em concentrar a urina. A capacidade e o tônus da bexiga diminuem com a idade, levando à micção frequente e (muitas vezes) à incontinência. A retenção urinária é um problema comum dos homens idosos.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

1. A margem inferior do rim direito está no nível de qual vértebra? (a) TXII, (b) LI, (c) LII, (d) LIII.
2. Os capilares do glomérulo diferem das outras redes de capilares no corpo pelo fato de (a) formarem uma rede anastomosada, (b) drenarem para as arteríolas em vez das vênulas, (c) não conterem endotélio, (d) serem os únicos capilares dos quais um fluido sai do sangue.
3. Qual das seguintes estruturas ocorre exclusivamente na medula renal? (a) corpúsculos renais, (b) túbulos contorcidos distais, (c) vasos retos, (d) túbulos contorcidos proximais.
4. Qual das seguintes estruturas se estende até a pirâmide renal? (a) glomérulo, (b) túbulos contorcidos distais, (c) alças do néfron, (d) túbulos contorcidos proximais, (e) colunas renais.
5. A organização dos principais vasos sanguíneos e dos vasos que transportam urina no hilo renal (de anterior para posterior) é: (a) ramos da artéria renal, pelve renal, veia renal; (b) veia renal, pelve renal, ramos da artéria renal; (c) pelve renal, veia renal, ramos da artéria renal; (d) veia renal, ramos da artéria renal, pelve renal.
6. A parte do néfron cujas células epiteliais contêm as microvilosidades mais longas e a maioria das mitocôndrias é (a) a cápsula do glomérulo, (b) o túbulo proximal, (c) o segmento delgado, (d) o túbulo distal.
7. A única parte do néfron que se origina do botão ureteral embrionário é (a) a cápsula do glomérulo, (b) o túbulo contorcido proximal, (c) a alça do néfron, (d) o túbulo contorcido distal, (e) o ducto coletor.
8. A função principal do epitélio transicional no ureter (a) não é a mesma do epitélio transicional na bexiga, (b) é a proteção contra os cálculos renais, (c) é a secreção de muco, (d) é a reabsorção, (e) é o estiramento.
9. Jaime estava de pé em frente a um urinol em um banheiro público lotado e uma longa fila estava se formando atrás dele. Ele ficou ansioso (uma resposta simpática) e descobriu repentinamente que não conseguia urinar, independentemente do quanto tentasse. O problema de Jaime era que (a) seu esfíncter interno da uretra estava constrito e não relaxava, (b) ele havia formado um cálculo renal que estava bloqueando sua uretra, (c) seu músculo detrusor estava contraído demais, (d) ele certamente quase sofreu um rompimento da bexiga.
10. Uma função importante dos ductos coletores é (a) secreção, (b) filtração, (c) concentração de urina, (d) lubrificação com muco, (e) estiramento.
11. A urina desce pelos ureteres por qual mecanismo (ou quais mecanismos)? (a) ação ciliar, (b) peristalse e gravidade, (c) apenas a gravidade, (d) sucção exercida nos ureteres e na pelve renal à medida que a bexiga se expande com a urina.
12. A estimulação parassimpática da bexiga causa (a) inibição do músculo detrusor e relaxamento do esfíncter externo da uretra, (b) contração do músculo detrusor e relaxamento do esfíncter interno da uretra, (c) relaxamento dos esfíncteres interno e externo da uretra, (d) contração do músculo detrusor e contração do esfíncter interno da uretra.

13. Acompanhe o caminho do filtrado desde a produção no corpúsculo renal até a excreção para fora do corpo. Numere as estruturas na ordem em que o filtrado ou a urina passa por elas, começando com 1, formação do filtrado nos capilares do glomérulo.

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| ___(a) capilares do glomérulo | ___(g) cápsula do glomérulo |
| ___(b) túbulo coletor | ___(h) túbulo contorcido distal |
| ___(c) uretra | ___(i) pelve renal |
| ___(d) túbulo contorcido proximal | ___(j) bexiga urinária |
| ___(e) ducto coletor | ___(k) alça do néfron |
| ___(f) ureter | ___(l) cálice |

14. Faça a correspondência dos vasos renais apresentados na coluna B com sua localização apresentada na coluna A.

Coluna A

- ___(1) localizam-se nas colunas renais
- ___(2) localizam-se em volta dos túbulos renais
- ___(3) ramificam-se da artéria renal que entra no hilo
- ___(4) localizam-se na junção medula-córtex
- ___(5) localizam-se no corpúsculo renal

Coluna B

- (a) capilares glomerulares
- (b) artérias e veias arqueadas
- (c) artérias e veias interlobares
- (d) capilares peritubulares
- (e) artérias segmentares

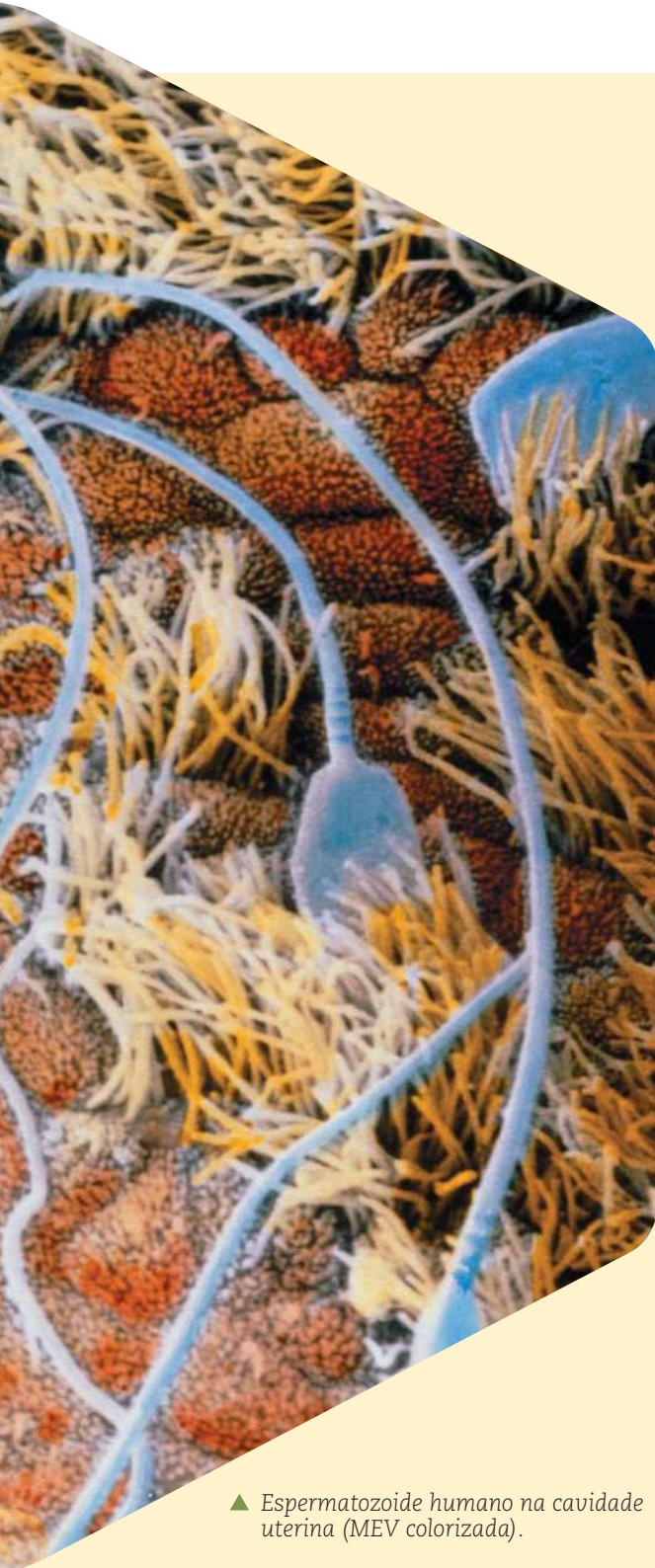
Dissertativas

15. Cite os nomes das camadas de gordura e fásia em volta do rim; explique as funções das camadas de gordura.
16. Os pares de estruturas urinárias que são confundidos frequentemente são os ureteres e a uretra; gordura perirrenal e pararrenal; e seio renal e pelve renal. Em cada par, diferencie uma estrutura da outra.
17. Trace o caminho tomado pelo filtrado renal (e pela urina) desde o glomérulo até a uretra. Cite o nome de cada tubo e as estruturas microscópica e macroscópica por onde o filtrado (e a urina) passa em sua jornada.
18. (a) Descreva o processo básico e o propósito da reabsorção tubular. (b) Explique a localização e a função dos capilares peritubulares.
19. Mencione todas as camadas da membrana de filtração em um corpúsculo renal e descreva a função de cada camada.
20. Mencione (a) os quatro ângulos da bexiga vazia e (b) o tubo ou faixa que se acopla a cada ângulo. (c) Quais são as três aberturas que definem o triângulo da bexiga?
21. Defina micção e descreva o seu controle natural.
22. Descreva as mudanças que ocorrem na anatomia e função renal com a idade.
23. De que modo o caminho dos ureteres através da parede da bexiga minimiza a chance de refluxo vesicoureteral (ver “Termos clínicos”) e hidronefrose (ver “O sistema urinário ao longo da vida”)?
24. Faça uma revisão dos tipos de epitélio encontrados nas estruturas do sistema urinário. De que modo cada tipo epitelial reflete a função de cada estrutura?

Análise crítica e aplicação clínica

1. As pessoas com risco de desenvolver câncer de bexiga são estimuladas a beber mais líquido. Descreva por que isso diminui as chances de adquirir um câncer de bexiga.
2. O que é cistite? Por que as mulheres sofrem de cistite com mais frequência do que os homens?
3. Ana, de 55 anos de idade, é acordada por uma dor muito forte que irradia do seu abdome direito até as regiões lombar e inguinal no mesmo lado. A dor não ocorre de maneira contínua, mas recorre em intervalos de 3-4 minutos. Diagnostique o problema dela e cite os fatores que poderiam favorecer a sua ocorrência. Além disso, explique por que a dor de Ana vem em “ondas”.
4. Felícia, uma aluna de medicina, chegou atrasada a uma cirurgia na qual ela iria observar a remoção de um amplo abscesso de gordura em torno do rim de um paciente. Felícia ficou assustada ao descobrir que a equipe cirúrgica trabalhava para inflar novamente o pulmão do paciente e remover o ar da cavidade pleural. Como uma cirurgia renal poderia levar a eventos como esses?
5. Marcelo, um radiologista, estava examinando um pielograma de cálculos renais no ureter direito de um paciente. Quais foram as três regiões do ureter que ele examinou primeiro?
6. Por que os pais deveriam ensinar às suas filhas pequenas a se limparem da frente para trás após a defecação? Por que a utilização de um espermicida como contraceptivo aumenta a chance de uma mulher adquirir uma infecção do trato urinário?

Sistema genital 25



Sistema genital masculino 775

- Testículos 775
- Ductos reprodutores masculinos (vias espermáticas) 778
- Glândulas acessórias 781
- Pênis 783
- Períneo masculino 784
- Espermatogênese 785

Sistema genital feminino 787

- Ovários 787
- Tubas uterinas 789
- Útero 790
- Ovogênese e ciclo menstrual feminino 792
- Vagina 798
- Órgãos genitais externos e períneo feminino 799
- Mamas 799

Gravidez e parto 800

- Gravidez 801
- Parto 805

Transtornos do sistema genital 806

- Cânceres do sistema genital nos homens 806
- Cânceres do sistema genital nas mulheres 807

O sistema genital ao longo da vida 808

- Desenvolvimento embrionário dos órgãos sexuais 808
- Descida das gônadas 810
- Puberdade 811
- Menopausa 812

▲ Espermatozoide humano na cavidade uterina (MEV colorizada).

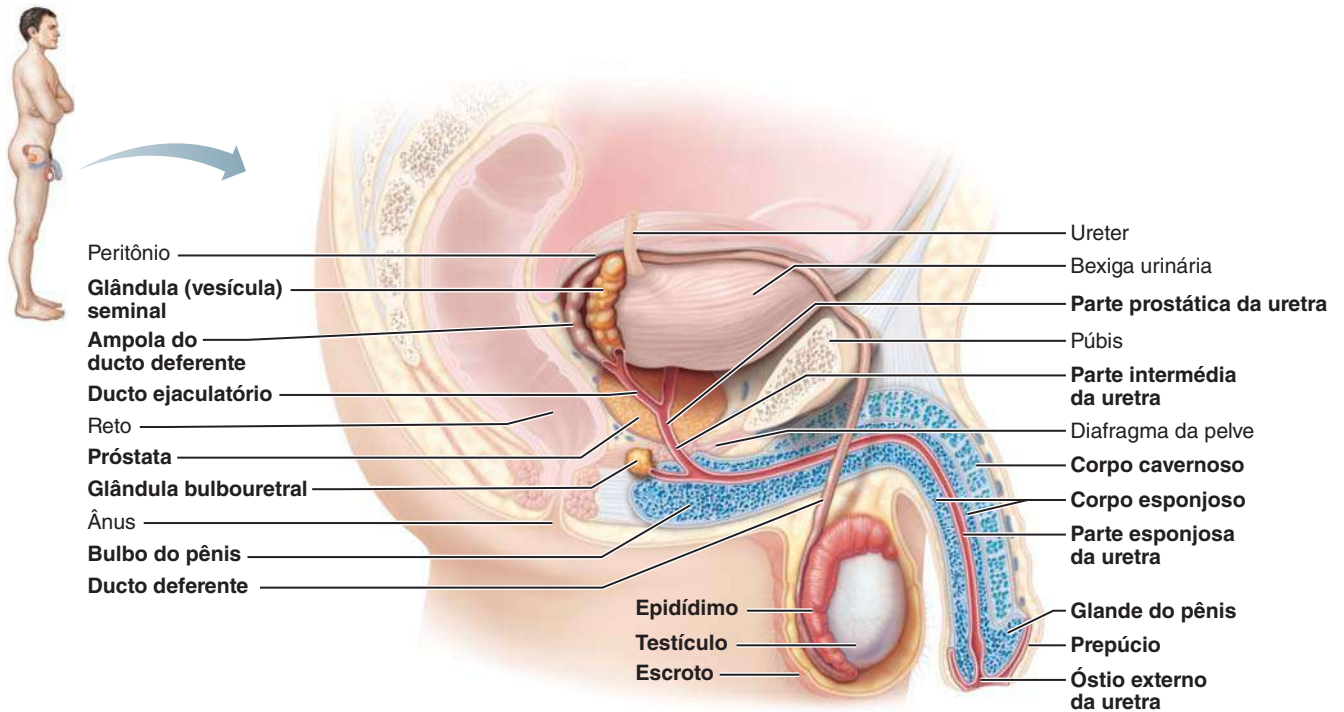


Figura 25.1 Órgãos genitais masculinos, vista sagital. Uma porção do púbis é exibida em três dimensões para ilustrar a posição do ducto deferente à medida que entra na cavidade pélvica. (Ver *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figuras 72 e 73.)

A maioria dos sistemas orgânicos do corpo funciona quase continuamente para manter o bem-estar do indivíduo. O sistema genital, no entanto, parece “ficar adormecido” até a puberdade, passando a desempenhar um papel importante na vida adulta. Embora os órgãos genitais masculinos e femininos sejam bem diferentes, eles compartilham uma finalidade comum: gerar uma prole.

Nas mulheres e nos homens, os órgãos sexuais, ou **genitais**, são divididos em **órgãos primários** e **acessórios**. Os **órgãos sexuais primários**, ou **gônadas** (“sementes”), são os testículos nos homens e os ovários nas mulheres. As gônadas produzem as células sexuais, ou **gametas** — o espermatozoide nos homens e o óvulo nas mulheres —, que se fundem e formam um ovo fertilizado. Todos os outros órgãos sexuais em ambos os sexos são **órgãos sexuais acessórios**, incluindo as glândulas internas e os ductos que nutrem os gametas e os transportam para fora do corpo e os genitais externos.

Além de produzirem células sexuais, as gônadas secretam **hormônios sexuais** e, portanto, funcionam como glândulas endócrinas. Os hormônios são moléculas mensageiras que percorrem a corrente sanguínea para sinalizar várias respostas fisiológicas em determinados órgãos-alvo. Os hormônios sexuais desempenham papéis vitais no desenvolvimento, manutenção e função de todos os órgãos sexuais. Outros hormônios, secretados pela hipófise, na base do cérebro, também influenciam as funções reprodutoras.

O sistema genital masculino é estudado primeiro, seguido pelo exame do sistema genital feminino.

SISTEMA GENITAL MASCULINO

No sistema genital masculino (**Figura 25.1**), as gônadas são os **testículos** produtores de espermatozoides situados no escroto. Partindo dos testículos, os espermatozoides seguem para fora do corpo através de um sistema de ductos (vias espermáticas) na seguinte ordem: **epidídimo**, **ducto deferente**, **ducto ejaculatório** e, finalmente, **uretra**, que se abre na extremidade do **pênis**. As glândulas sexuais acessórias, que liberam suas secreções nas vias espermáticas durante a ejaculação, são as **glândulas seminais**, a **próstata** e as **glândulas bulbouretrais**.

Testículos

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a localização, a anatomia macroscópica e microscópica e a função dos testículos.

Localização

O par de **testículos** (“testemunha”) ovais está situado no **escroto** (“bolsa”), um saco de pele e fáscia superficial localizado inferiormente e do lado de fora da cavidade da pelve, próximo à raiz do pênis (**Figura 25.2**). O escroto é coberto por pelos esparsos. Um septo na linha mediana divide o escroto em metades direita e esquerda, proporcionando um compartimento para cada testículo.

Como veremos adiante (p. 808), os testículos desenvolvem-se, inicialmente, profundamente em relação à parede posterior do abdome do embrião e depois migram para baixo, posicionando-se no escroto, que é externo à parede corporal. Essa localização superficial parece colocar toda a herança genética masculina em uma posição vulnerável. No entanto, como o espermatozoide viável não pode ser produzido na temperatura central do corpo (37°C), a posição superficial do escroto proporciona um ambiente aproximadamente 3 °C mais frio, uma adaptação essencial.

Além disso, o escroto responde às mudanças na temperatura externa. Em condições de frio, os testículos são tracionados para cima na direção da parede corporal aquecida e a pele escrotal se enrugua para aumentar sua espessura e diminuir a perda de calor. Essas ações são realizadas por dois músculos no escroto:

- O **músculo dartos** (“com pele”), uma camada de músculo liso na fáscia superficial, é responsável por enrugua a pele do escroto.
- Os **músculos cremaster** (“suspensórios”), faixas de músculo esquelético que se estendem inferiormente a partir dos músculos oblíquos internos do tronco,

responsáveis por elevar os testículos. Em condições de calor, esses músculos relaxam, então a pele do escroto fica flácida e frouxa, e os testículos ficam pendentes para aumentar a superfície de pele disponível para refrigerar (suar); isso também movimentava os testículos para longe do tronco aquecido.

Anatomia macroscópica

Cada testículo (**Figura 25.3**) tem, em média, 2,5 cm de largura e 4 cm de comprimento. Dentro do escroto, cada testículo é posterior e parcialmente envolvido por um saco seroso chamado **túnica vaginal** (“estojo”) (Figura 25.3a). Esse envoltório desenvolve-se como uma projeção da cavidade peritoneal abdominal, que precede a descida dos testículos para dentro do escroto (ver p. 811). A túnica vaginal consiste em uma lâmina parietal superficial, uma cavidade intermediária contendo fluido seroso (uma reminiscência da cavidade peritoneal) e uma lâmina visceral mais profunda que abraça a superfície do testículo. Desse modo, embora os testículos tenham migrado para o escroto, eles ainda são retroperitoneais. Profunda à lâmina visceral da túnica vaginal situa-se a **túnica albugínea** (“cobertura branca”), a cápsula fibro-

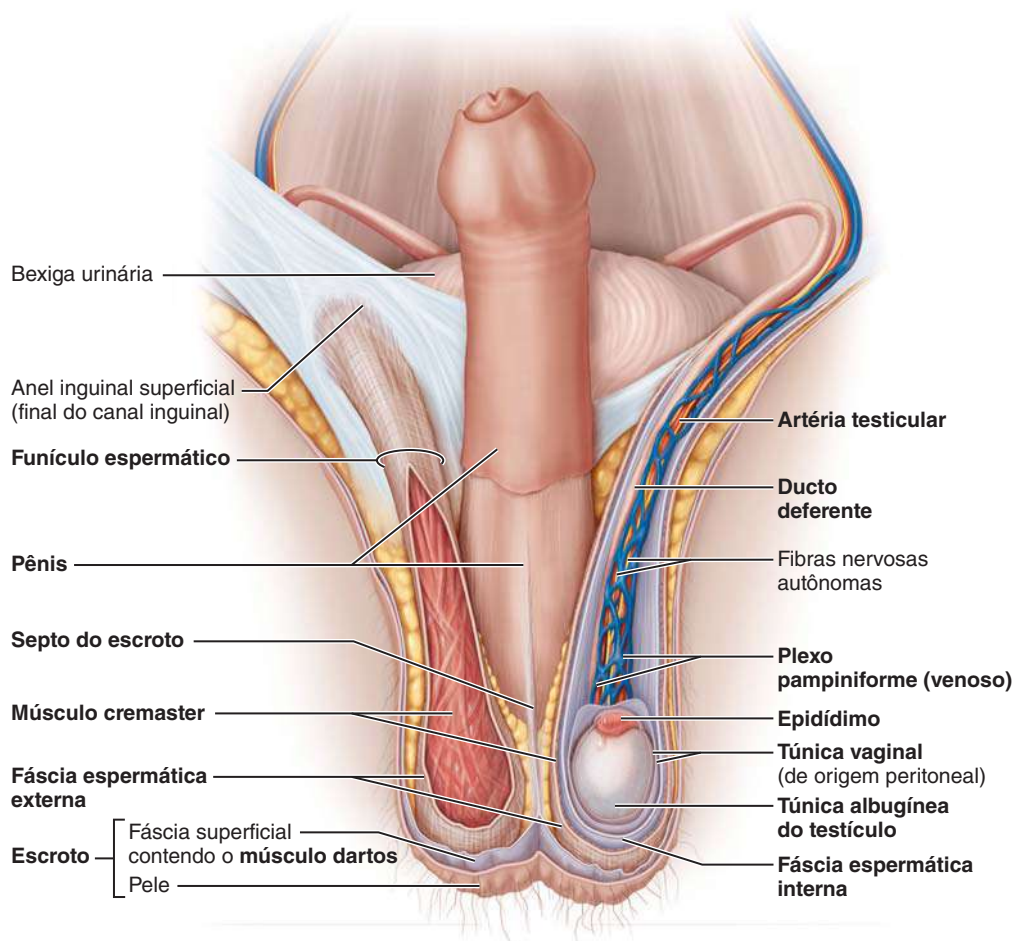


Figura 25.2 Relações dos testículos com o escroto e os funículos espermáticos (vista anterior). O escroto foi aberto e sua parede anterior, removida. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 73.)

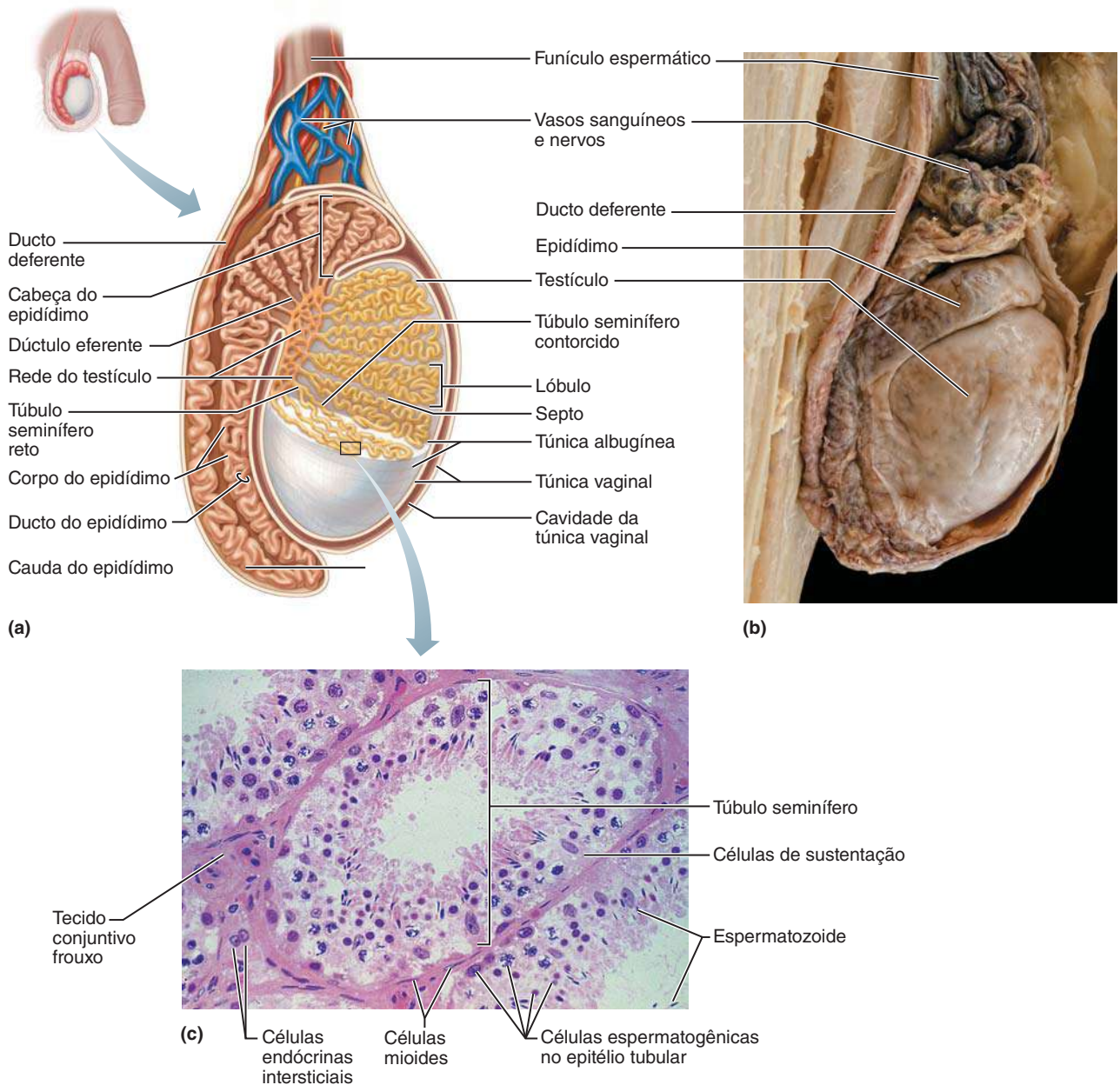


Figura 25.3 Estrutura do testículo. (a) Corte sagital parcial do testículo e do epidídimo. O aspecto anterior é à direita. (b) Vista externa do testículo de um cadáver; mesma orientação da parte (a). (c) Túbulo seminífero em corte transversal (250×). Repare nas células espermatogênicas (“formadoras de espermatozoides”) no epitélio tubular e nas células intersticiais no tecido conjuntivo entre os túbulos. (Para mais detalhes, consulte *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 51.)

sa do testículo. As extensões septais da túnica albugínea projetam-se para dentro e dividem o testículo em 250-300 compartimentos cuneiformes chamados **lóbulo**s, cada um deles contendo de um a quatro **túbulos seminíferos contorcidos** (“transportadores de espermatozoides”), as verdadeiras “fábricas de espermatozoides”. A maioria desses túbulos consiste em alças parecidas com grampos de cabelo.

Posteriormente, os túbulos seminíferos contorcidos de cada lóbulo convergem e formam um **túbulo seminífero reto** que transporta os espermatozoides para a **rede**

do testículo, uma rede complexa de minúsculos tubos ramificados. A rede do testículo situa-se no *mediastino do testículo*, uma região de tecido conjuntivo denso na parte posterior do testículo. Partindo da rede do testículo, os espermatozoides saem do testículo através de uma dúzia, aproximadamente, de *dúctulos eferentes* que entram no *epidídimo*, uma estrutura em forma de vírgula que abraça a superfície externa posterior do testículo (Figuras 25.1 e 25.3b).

Nervos e vasos Os testículos recebem sangue arterial das longas artérias testiculares que se ramificam da

aorta no abdome superior (exibidas na Figura 20.12, p. 629). As veias testiculares, que seguem aproximadamente em paralelo com as artérias testiculares na parede posterior do abdome, surgem de uma rede venosa no escroto chamada **plexo pampiniforme** (“em forma de parreira de uvas”) (Figura 25.2). As veias desse plexo, que envolvem as artérias testiculares como trepadeiras, absorvem calor do sangue arterial, refrigerando-o antes de entrar nos testículos e, assim, mantendo os testículos frios. Esse mecanismo passivo de transferência térmica é chamado *troca de calor em contracorrente*. Os testículos são inervados pelas duas partes da divisão autônoma do sistema nervoso. Os abundantes nervos sensitivos viscerais transmitem impulsos que resultam em dor agonizante e nauseante quando os testículos são golpeados vigorosamente.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Varicocele É uma veia varicosa no plexo pampiniforme que perturba o retorno venoso dos testículos. As varicoceles, presentes em 15% dos homens na população geral, são encontradas em 40% dos homens avaliados para tratamento de fertilidade e podem provocar anomalias nos espermatozoides.

Vale a pena enfatizar que os vasos e nervos do testículo se estendem até o testículo aproximadamente a partir do nível de L II na parede posterior do abdome. No embrião, os testículos formam-se na região lombar superior e, portanto, seus vasos provêm da parte abdominal da aorta ou projetam-se na veia cava inferior antes de migrarem para o escroto.

Anatomia microscópica

Um corte histológico de um lóbulo do testículo maduro (Figura 25.3c) revela vários *túbulos seminíferos* separados uns dos outros por um tecido conjuntivo frouxo. Os túbulos formadores de espermatozoides compõem-se de um epitélio estratificado espesso circundando uma luz central vazia. O epitélio consiste em *células espermatogênicas* (“formadoras de espermatozoides”) esféricas, embutidas em células de sustentação colunares (células de sustentação) (Figura 25.3c).

Células espermatogênicas As **células espermatogênicas** estão no processo de formação dos espermatozoides, ou *espermatogênese*, que começa na puberdade. Um homem adulto forma cerca de 400 milhões de espermatozoides por dia. As células-tronco que formam o espermatozoide são as *espermatogônias* (“sementes do espermatozoide”), situadas periféricamente na lâmina basal epitelial. À medida que essas células se movem para dentro rumo à luz, elas se diferenciam sequencialmente em *espermatócitos primários* e *secundários*, *espermátides* e, por fim, *espermatozoides*. Esse

processo leva cerca de 75 dias. (A espermatogênese é descrita em mais detalhes na p. 785.)

Células de sustentação As células espermatogênicas são circundadas por esse tipo celular (*células de Sertoli*) que se estendem da lâmina basal até a luz do túbulo seminífero (Figura 25.3c). Essas células ajudam na produção de espermatozoides de muitas maneiras: transportam nutrientes para as células espermatogênicas, movem essas células para a luz do túbulo e fagocitam o citoplasma perdido durante a formação dos espermatozoides. Também secretam fluido testicular na luz do túbulo, o que ajuda a transportar o espermatozoide através do túbulo e para fora dos testículos.

Células mioídes Os túbulos seminíferos humanos são circundados por várias camadas de **células mioídes** similares a músculo liso (Figura 25.3c). Contraíndo ritmicamente, elas podem ajudar a comprimir os espermatozoides e o fluido testicular pelos túbulos e para fora do testículo.

Células intersticiais O tecido conjuntivo frouxo entre os túbulos seminíferos contém agrupamentos de **células intersticiais**, ou *células de Leydig* (Figura 25.3c). De formato esférico ou poligonal, elas produzem e secretam os hormônios sexuais masculinos, ou **androgênicos** ou **andrógenos**. O principal tipo de androgênio é a testosterona, que, após ser secretada e absorvida pelos capilares sanguíneos e linfáticos vizinhos, circula por todo o corpo e mantém todas as características e órgãos sexuais masculinos. Na verdade, todos os genitais masculinos atrofiam se os testículos (e a testosterona) forem removidos. A secreção da testosterona pelas células intersticiais é controlada pelo **hormônio luteinizante (LH)**, um hormônio adeno-hipófise (da parte anterior da hipófise). Ao estimular a secreção da testosterona, o LH controla os efeitos desta sobre o sistema genital masculino inteiro.

✓ Verifique seu conhecimento

- 1. Onde estão situadas as células intersticiais? Qual é sua função?
- 2. Distinga a túnica albugínea da túnica vaginal.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Ductos reprodutores masculinos (vias espermáticas)

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever a localização, a estrutura e as funções dos ductos e das glândulas acessórias do sistema genital masculino.

Como observamos anteriormente, o espermatozoide que sai dos tubos seminíferos percorre os *túbulos seminíferos retos* e a *rede do testículo* (Figura 25.3a), revesti-

dos por um epitélio cuboide simples. Os espermatozoides saem do testículo pelos *dúctulos eferentes*, recobertos por um epitélio colunar simples. Tanto as células epiteliais ciliadas quanto a musculatura lisa na parede dos dúctulos eferentes ajudam a mover os espermatozoides, enquanto as células não ciliadas absorvem a maior parte do fluido testicular. Partindo dos dúctulos eferentes, os espermatozoides entram no ducto do epidídimo.

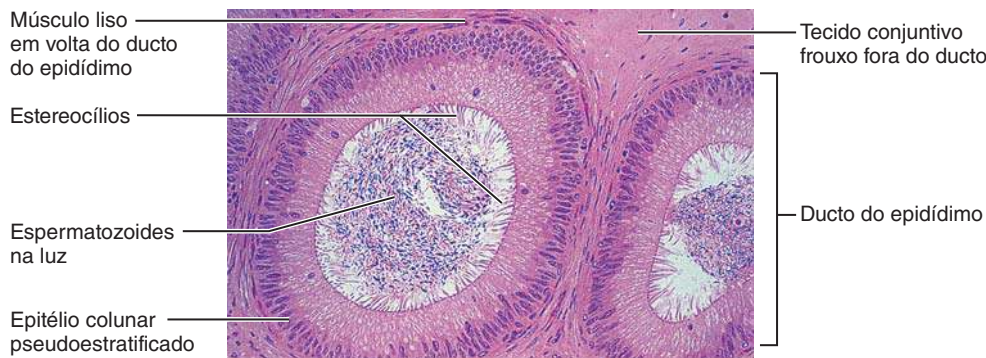
Epidídimo

Os espermatozoides ainda não são plenamente funcionais quando saem dos testículos. É no **epidídimo** (“ao lado do testículo”) que os espermatozoides amadurecem. Ele é um órgão em forma de vírgula que se arqueia sobre a face posterior e lateral do testículo (Figuras 25.3a e 25.3b). A *cabeça* do epidídimo contém os dúctulos eferentes que desembocam no **ducto do epidídimo**, um ducto altamente espiralado que completa a cabeça e forma todo o *corpo* e *cauda* desse órgão. Com um comprimento não espiralado de mais de 6 m, o ducto do epidídimo é mais comprido do que o intestino inteiro.

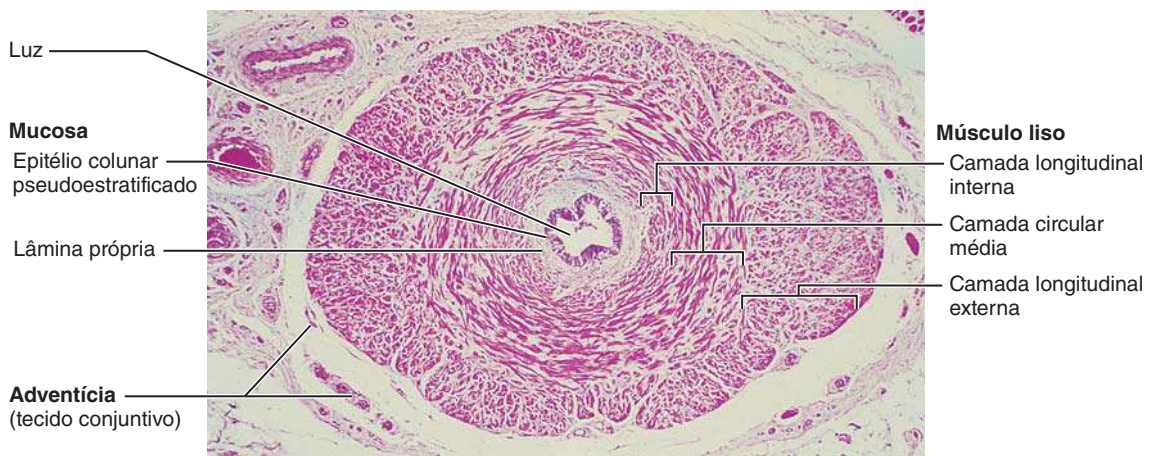
Histologicamente, o ducto do epidídimo apresenta um epitélio colunar pseudoestratificado (**Figura 25.4a**).

A superfície livre desse epitélio voltada para a luz do epidídimo possui tufo de microvilosidades longas, chamados **estereocílios**, que não são cílios nem se movem. Em vez disso, eles proporcionam às células epiteliais uma vasta área de superfície para reabsorver fluido testicular e transferir nutrientes e secreções para os muitos espermatozoides armazenados na luz do epidídimo. Externamente ao epitélio, situa-se uma camada de músculo liso.

Os espermatozoides imaturos e quase sem mobilidade que saem do testículo são movimentados lentamente pelo ducto do epidídimo. Durante essa jornada, que leva aproximadamente 20 dias, os espermatozoides adquirem capacidade de nadar e de fertilizar o óvulo por meio da reação acrossômica (os eventos de fertilização ocorrem na tuba uterina feminina e são descritos na p. 801). Esses processos de maturação são estimulados por proteínas secretadas pelo epitélio do epidídimo. Os espermatozoides são ejaculados do epidídimo, e *não* diretamente dos testículos. No início da ejaculação, o músculo liso nas paredes do epidídimo contrai, expelindo os espermatozoides da cauda do epidídimo para o próximo segmento do sistema de ductos, o ducto deferente.



(a) Ducto do epidídimo (120x)



(b) Ducto deferente (45x)

Figura 25.4 Histologia do epidídimo e do ducto deferente. (a) Corte transversal de um ducto espiralado do epidídimo. (b) Corte transversal do ducto deferente. Repare na camada espessa de músculo liso.

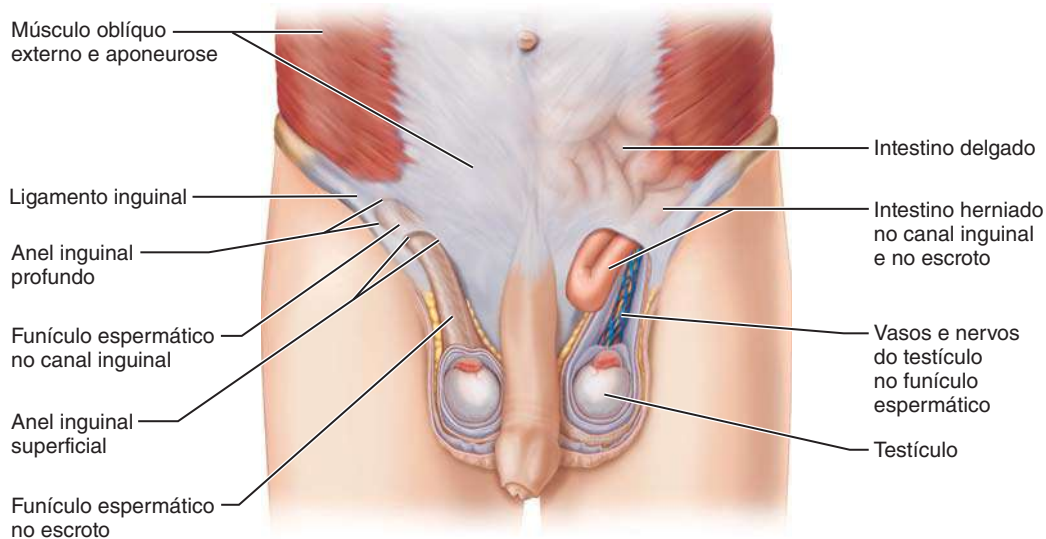


Figura 25.5 Funículo espermático no canal inguinal (à esquerda) e hérnia inguinal adquirida (à direita). O canal inguinal situa-se imediatamente profundo à aponeurose do músculo oblíquo externo. Uma hérnia inguinal forma uma protuberância abaixo da pele na virilha. Aqui, uma parte do intestino é exibida passando através do canal inguinal rumo ao escroto.

Os espermatozoides podem ser armazenados no epidídimo durante vários meses, após os quais eles são fagocitados pelas células epiteliais do ducto do epidídimo.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Vasectomia Alguns homens assumem a responsabilidade pela contracepção ao fazerem uma **vasectomia** (“cortar o vaso”). Nessa cirurgia, o médico faz uma pequena incisão em ambos os lados do escroto, corta os dois ductos deferentes e depois fecha as extremidades cortadas amarrando-as ou fundindo-as por cauterização. Embora os espermatozoides continuem sendo produzidos, eles não podem mais sair do corpo e são fagocitados no epidídimo.

Alguns homens que fizeram vasectomia podem desejar revertê-la. Nesses casos, novas técnicas microcirúrgicas estão facilitando a reabertura e reconexão das extremidades fechadas do vaso, e a taxa de sucesso na reversão (tal como avaliada pela subsequente capacidade de engravidar uma mulher) hoje está acima de 50%. No entanto, se os espermatozoides tiverem vazado da extremidade fechada do vaso, o sistema imune responde com uma reação autoimune que os destrói no local de vazamento e nos testículos, resultando em esterilidade permanente.

Os médicos que executam a vasectomia são capazes de distinguir o ducto deferente dos vasos do testículo que o circundam porque sua camada muscular é tão espessa que parece um fio duro quando comprimido entre as pontas dos dedos.

Ducto deferente

O **ducto deferente** (“que leva para longe”), ou *vaso deferente*, armazena e transporta os espermatozoides

durante a ejaculação e tem aproximadamente 45 cm de comprimento. Partindo da cauda do epidídimo, o ducto deferente segue superiormente dentro do funículo espermático (discutido a seguir), passa pelo canal inguinal, através da parede do abdome e entra na cavidade pélvica (Figura 25.1). A partir daí, o ducto deferente continua posteriormente ao longo da parede lateral da pelve verdadeira, arqueia-se medialmente sobre o ureter e desce ao longo da parede posterior da bexiga. Sua extremidade distal expande-se como a **ampola** (“frasco”) **do ducto deferente** e depois se junta ao ducto da glândula seminal para formar o curto **ducto ejaculatório**. Cada ducto ejaculatório segue dentro da próstata, onde se abre na parte prostática da uretra.

A parede do ducto deferente (Figura 25.4b) consiste em:

- Uma mucosa interna com o mesmo epitélio pseudoestratificado do epidídimo, além de uma lâmina própria.
- Uma muscular extremamente espessa. Durante a ejaculação, o músculo liso na muscular cria fortes ondas peristálticas que impelem os espermatozoides rapidamente através do ducto deferente até a uretra.
- Uma adventícia externa de tecido conjuntivo.

Funículo espermático

O ducto deferente é o maior componente do **funículo espermático**, um tubo de fásia que também contém os vasos e nervos do testículo (Figura 25.2). A parte inferior do funículo espermático situa-se no escroto e sua parte superior passa pelo **canal inguinal**, um canal oblíquo na parede anterior do abdome (Figura 25.5). O canal inguinal é formado parcialmente pelo ligamento inguinal que é a margem inferior livre da aponeurose do músculo oblí-

quo externo (p. 306-307). A abertura medial do canal inguinal, o **anel inguinal superficial**, tem forma de V nessa aponeurose. O canal segue lateralmente até o **anel inguinal profundo**, abrindo-se na fáscia profunda ao músculo transverso do abdome, por onde o ducto deferente e os vasos do testículo entram na cavidade pélvica.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hérnia inguinal O anel inguinal profundo e a área de fáscia imediatamente medial a esse anel (o trígono inguinal) são áreas fracas na parede do abdome; alças de intestino ou o omento maior podem ser forçados anteriormente a passar por essas áreas e entrar no canal inguinal, às vezes penetrando totalmente no escroto. A condição resultante, chamada **hérnia inguinal** (Figura 25.5), muitas vezes é precipitada por levantamento de peso ou esforço na defecação, os quais aumentam a pressão intra-abdominal e empurram os elementos herniados através da parede do abdome. Embora a maioria dos elementos herniados retorne para a cavidade abdominal sempre que a pressão diminui, alguns permanecem comprimidos no estreito canal inguinal, podendo estrangular seu suprimento sanguíneo e levar a uma gangrena potencialmente fatal.

Pelo menos 2% dos homens adultos desenvolvem hérnias inguinais, que são corrigidas cirurgicamente pelo fechamento da abertura exagerada com sutura cirúrgica ou remendo protético. Está se tornando cada vez mais popular um procedimento minimamente invasivo que utiliza um laparoscópio para guiar a colocação de um remendo externo ao peritônio parietal no lado interno da parede anterior do abdome.

Apesar de serem compostos pelos mesmos elementos, os canais inguinais das *mulheres* são consideravelmente mais estreitos do que os dos homens porque contêm apenas uma faixa delgada chamada ligamento redondo do útero (descrito na p. 791). Em consequência, as hérnias inguinais são bem menos comuns nas mulheres do que nos homens.

Uretra

Nos homens, a uretra leva os espermatozoides dos ductos ejaculatórios para fora do corpo. Suas três partes são a *parte prostática da uretra* na próstata, a *parte intermediária da uretra* no diafragma da pelve e a *parte esponjosa da uretra* no corpo esponjoso do pênis (**Figura 25.6a**). A mucosa da parte esponjosa da uretra contém projeções esparsas chamadas *glândulas uretrais* (não exibidas), que secretam um muco que ajuda a lubrificar a uretra antes da ejaculação.

Verifique seu conhecimento

3. O que quer dizer a frase “o espermatozoide amadurece no epidídimo”?
4. Onde está situado o ducto ejaculatório?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Glândulas acessórias

As glândulas acessórias nos homens incluem o par de *glândulas seminais*, a *próstata* e o par de *glândulas bulbouretrais*. Essas glândulas produzem a maior parte do **sêmen**, uma mistura de espermatozoides e secreções das glândulas acessórias e dos ductos acessórios.

Glândulas seminais

As **glândulas seminais** (ou **vesículas seminais**) situam-se na superfície posterior da bexiga (ver Figuras 25.1 e 25.6a), são ocas e têm aproximadamente a forma e o tamanho de um dedo (5 a 7 cm); porém, como uma glândula seminal é dobrada e enrolada sobre si mesma, seu comprimento verdadeiro (desenrolado) é de aproximadamente 15 cm. Internamente, a mucosa é pregueada em um padrão de colmeia, com criptas e câmaras sem saída, sendo revestida por um epitélio colunar pseudoestratificado. Além disso, a mucosa é envolvida por uma espessa camada de músculo liso que se contrai durante a ejaculação para esvaziar a glândula. A parede externa é composta por uma cápsula fibrosa de tecido conjuntivo denso.

A secreção das glândulas seminais, que constitui aproximadamente 60% do volume do sêmen, é um fluido viscoso que contém:

- Um açúcar chamado frutose e outros nutrientes que alimentam o espermatozoide em sua jornada.
- Prostaglandinas que estimulam a contração do útero para ajudar a mover o espermatozoide através do trato reprodutor feminino.
- Substâncias que suprimem a resposta imune contra o sêmen nas mulheres.
- Substâncias que melhoram a motilidade do espermatozoide.
- Enzimas que coagulam o sêmen ejaculado na vagina e depois o liquefazem para que os espermatozoides possam nadar.

O fluido seminal também contém um pigmento amarelo que emite fluorescência sob a luz ultravioleta. Essa característica permite o reconhecimento dos resíduos de sêmen nas investigações criminais sobre agressões sexuais.

Como foi observado anteriormente, o ducto de cada glândula seminal une-se ao ducto deferente no mesmo lado do corpo para formar um ducto ejaculatório dentro da próstata. Os espermatozoides e o fluido seminal misturam-se no ducto ejaculatório e entram na parte prostática da uretra durante a ejaculação.

Próstata

A **próstata**, que tem o tamanho e a forma de uma castanha, circunda a primeira parte da uretra numa posição imediatamente inferior à bexiga (Figura 25.6a). A próstata consiste em 20-30 glândulas tubuloalveolares compostas, pertencentes a três classes — *principal*, *submucosa* e *mucosa*. As glândulas estão embutidas

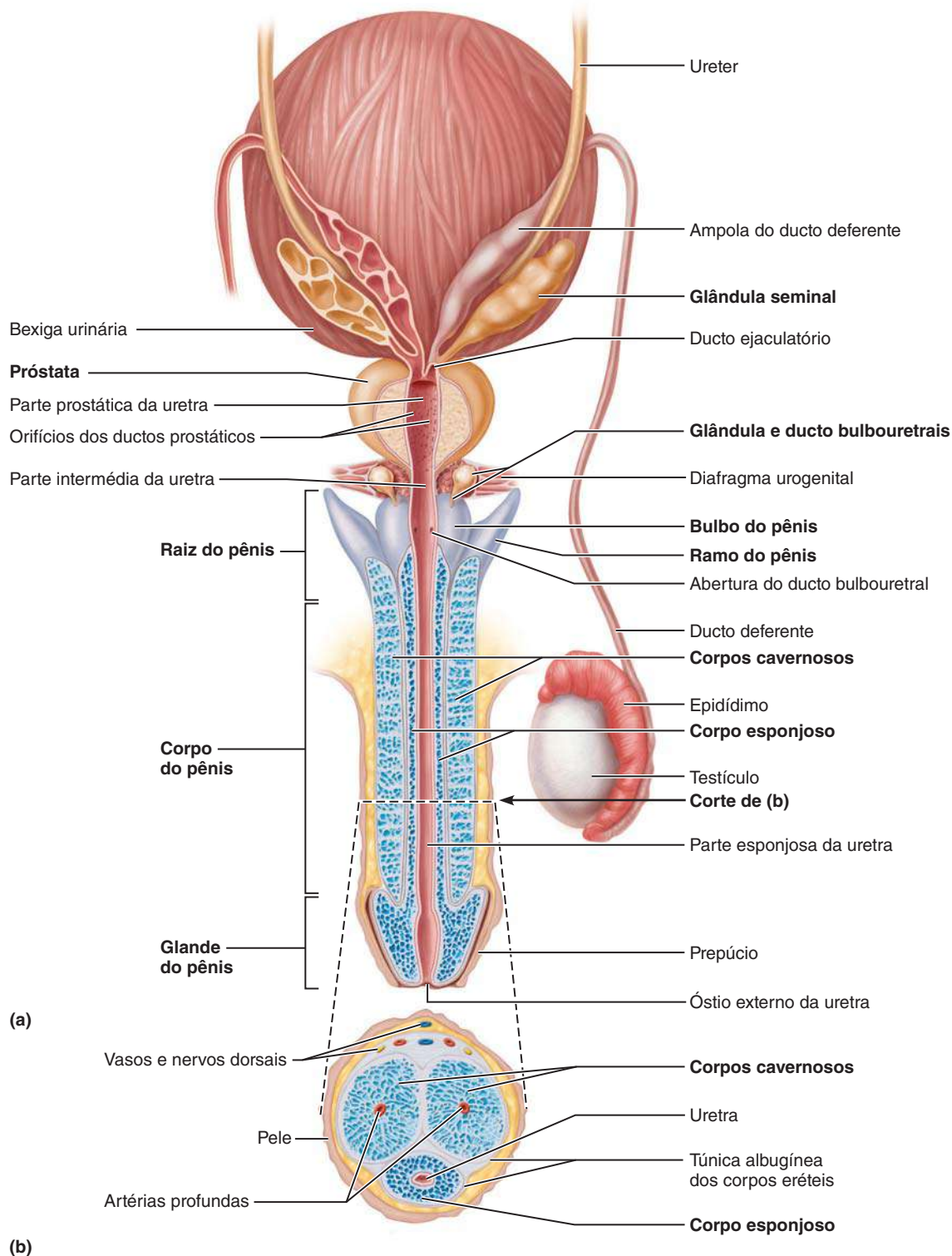


Figura 25.6 Estruturas reprodutoras masculinas. (a) Vista posterior mostrando um corte longitudinal (frontal) do pênis. (b) Corte transversal do pênis; vista dorsal na parte superior.

em uma massa de tecido conjuntivo denso e músculo liso, chamada **estroma fibromuscular**, e são circundadas por uma cápsula de tecido conjuntivo denso (**Figura 25.7**). O músculo do estroma contrai-se durante a ejaculação para comprimir a secreção prostática para dentro da uretra.

A secreção prostática constitui aproximadamente um terço do volume do sêmen, um líquido leitoso, como a secreção das glândulas seminais, que contém várias substâncias que melhoram a motilidade do espermatozoide e enzimas que coagulam e liquefazem o sêmen ejaculado. Uma das enzimas que liquefazem o sêmen é o *antígeno*

prostático específico (do inglês *postate-specific antigen PSA*); a medição dos níveis do PSA no sangue do homem é o método mais importante para a triagem do câncer de próstata (discutido na p. 806).

Além de sua susceptibilidade a tumores, a próstata está sujeita à infecção nas doenças sexualmente transmissíveis (DSTs). A **prostatite**, inflamação da próstata, é a razão mais comum para os homens consultarem um urologista.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hiperplasia prostática benigna (HPB) É um tumor não canceroso comum e caracterizado pelo crescimento descontrolado nas glândulas mucosas profundas da próstata e pela proliferação de algumas células do estroma nas vizinhanças. Cerca de 50% dos homens com 50 anos de idade e 80% dos homens com 70 anos de idade desenvolvem HPB. O aumento da próstata e a contração de sua musculatura lisa constringe a parte prostática da uretra, dificultando a micção. A HPB pode levar à retenção urinária, ao gotejamento permanente da urina, a infecções do trato urinário e à formação de cálculos renais.

O diagnóstico da HPB começa com questionamentos sobre os sintomas urinários do paciente — se ele hesita em urinar, se possui um jato fraco, se precisa fazer força para urinar, se sente que a bexiga não esvazia totalmente, se tem mais frequência e urgência em urinar e se precisa urinar com mais frequência à noite. Em seguida, para determinar se a próstata está maior do que deveria, o médico realiza o **exame de toque retal**; um dedo inserido no canal anal consegue sentir a próstata, já que ela se situa imediatamente anterior do reto (como mostra a Figura 25.1). O médico também pode solicitar um exame de sangue para verificar os níveis de PSA (que são apenas um pouco elevados na HPB, geralmente menores do que no câncer de próstata). O tratamento da HPB começa com medicamentos que inibem a produção ou a ação da testosterona, da qual as células tumorais dependem, ou medicamentos que relaxam o músculo liso da próstata. Se esse tratamento não tornar a micção mais fácil, a próstata é removida em um procedimento cirúrgico chamado *prostatectomia transuretral* ou é destruída pelo calor de um dispositivo de micro-ondas ou de um eletrodo inserido na uretra.

Glândulas bulbouretrais

As **glândulas bulbouretrais** têm o tamanho de uma ervilha e estão situadas inferiormente à próstata, dentro do diafragma urogenital (Figuras 25.1 e 25.6a). Essas glândulas tubuloalveolares compostas produzem um muco, parte do qual entra na parte esponjosa da uretra quando o homem fica excitado sexualmente, antes da ejaculação. Esse muco neutraliza os traços de urina ácida na uretra e a lubrifica para a passagem suave do sêmen durante a ejaculação.

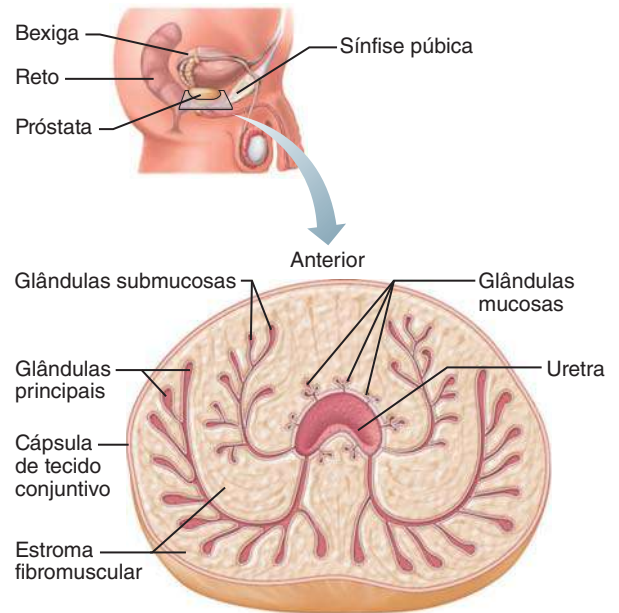


Figura 25.7 Próstata. Diagrama de um corte transversal da próstata.

Pênis

Objetivo de aprendizagem:

- descrever a estrutura do pênis e explicar o mecanismo da ereção.

O **pênis** (“cauda”), o órgão masculino para o intercurso sexual, leva espermatozoides para dentro do trato reprodutor feminino (Figura 25.6). Juntos, ele e o escroto compõem as estruturas reprodutoras externas, ou genitais externos, do homem. À medida que descrevermos as estruturas internas do pênis, tenha em mente que as superfícies dorsal e ventral do pênis são nomeadas em relação ao pênis ereto.

O pênis consiste em uma **raiz** fixa e um **corpo** livre que termina em uma ponta alargada chamada **glândo do pênis**. A pele que cobre o pênis é frouxa e estende-se na direção distal em volta da glândo, formando uma manga chamada **prepúcio**.

Internamente, o pênis contém a parte esponjosa da uretra e três corpos cilíndricos longos de tecido erétil (Figura 25.6). Cada um desses três **corpos eréteis** é um tubo espesso coberto por uma bainha de tecido conjuntivo denso e preenchido com uma rede de partições que consistem em músculo liso e tecido conjuntivo. Essa rede esponjosa, por sua vez, é preenchida com espaços vasculares.

- O corpo erétil mesoventral circundando a parte esponjosa da uretra, o **corpo esponjoso**, é mais largo na extremidade *distal*, onde forma a glândo do pênis, e na direção *proximal*, onde forma uma parte da raiz chamada **bulbo do pênis**. Esse bulbo é inserido no diafragma da pelve e coberto externamente pelo músculo bulboesponjoso, similar a uma bainha (exibido na Figura 11.15c, p. 310).

- O par de corpos eréteis dorsais, os **corpos cavernosos**, compõe a maior parte da massa do pênis. Suas extremidades proximais na raiz são os **ramos do pênis**; cada ramo é inserido ao perióstio do arco púbico da pelve óssea e coberto pelo respectivo músculo isquiocavernoso (Figura 11.15c).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Circuncisão Mais de 60% dos bebês do sexo masculino nos Estados Unidos são submetidos à **circuncisão** (“cortar em volta”), a remoção cirúrgica do prepúcio realizada normalmente logo após o nascimento.¹

A circuncisão é um procedimento controverso. Os oponentes argumentam que é uma cirurgia clinicamente desnecessária e que provoca dor demais. Os proponentes argumentam que ela reduz o risco de câncer peniano e de infecções da glândula, da uretra e do trato urinário. A circuncisão também reduz o risco de infecção por HIV.

Vasos e nervos

A maioria dos principais vasos e nervos do pênis localiza-se perto da linha média dorsal (Figura 25.6b). Os *nervos sensitivos dorsais* são ramos do nervo pudendo a partir do plexo sacral, e as *artérias dorsais* são ramos das artérias pudendas internas a partir das artérias ilíacas internas. Duas *veias dorsais* (superficial e profunda) situam-se precisamente na linha média dorsal e drenam todo o sangue do pênis. Finalmente, uma *artéria profunda* segue dentro de cada corpo cavernoso. Os nervos autônomos para o pênis, que acompanham as artérias e abastecem os corpos eréteis, surgem do plexo hipogástrico inferior na pelve.

Resposta sexual masculina

As fases principais da resposta sexual masculina são (1) a ereção do pênis, que permite que ele penetre na vagina, e (2) a ejaculação, que expela o sêmen para dentro da vagina. A *ereção* resulta do enchimento dos corpos eréteis com sangue. Durante a estimulação sexual, a inervação parassimpática dilata as artérias que abastecem os corpos eréteis, aumentando o fluxo de sangue para os espaços vasculares internos. O músculo liso nas partições desses corpos relaxa, permitindo que eles se expandam à medida que o sangue entra neles. Conforme os corpos eréteis começam a aumentar de volume, eles pressionam pequenas veias que os drenam normalmente, desacelerando a drenagem venosa e mantendo o enchimento com sangue. A organização das fibras de colágeno no tecido conjuntivo denso fora dos corpos eréteis fortalece o pê-

nis durante a ereção. As fibras longitudinais que seguem por todo o comprimento do pênis situam-se em ângulos retos com as fibras circulares que formam anéis em volta da diáfise peniana. Essa é uma configuração ideal para resistir às forças de flexão, a fim de que o pênis ereto não se curve ou dobre drasticamente durante o intercursos.

Embora a ereção esteja praticamente sob o controle parassimpático, a *ejaculação* está sob o controle simpático. A ejaculação começa com uma contração forte, induzida de forma simpática, da musculatura lisa de todos os ductos e glândulas do trato reprodutor, que expelle o sêmen para a uretra. Simultaneamente, a contração somática do músculo bulboesponjoso do pênis espreme rapidamente o sêmen para fora através da parte esponjosa da uretra, saindo do corpo.

Períneo masculino

O **períneo** (“em volta do ânus”) masculino contém o escroto, a raiz do pênis e o ânus (Figura 25.8). Mais especificamente, ele é definido como a área em forma de diamante (losangular) entre a sínfise púbica, anteriormente, o cóccix, posteriormente, e os túberes isquiáticos, lateralmente. O assoalho do períneo é formado pelos músculos do diafragma urogenital² e pelo espaço superficial do períneo (Capítulo 11, p. 309-310).

✓ Verifique seu conhecimento

- 5. Que par de glândulas acessórias produz a maior parte do sêmen?
- 6. Por qual tecido erétil a uretra passa? Como se chama essa parte da uretra?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

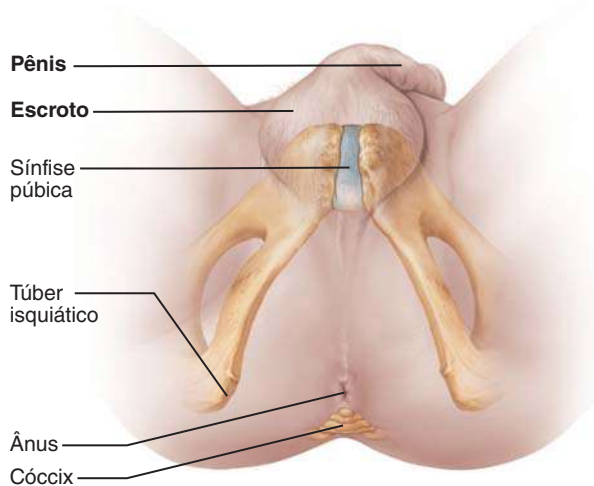


Figura 25.8 Períneo masculino.

1 Nota do editor: segundo o artigo “Circuncisão por motivos médicos no sistema público de saúde do Brasil: epidemiologia e tendências”, publicado no periódico *Einstein*, dos médicos Fernando Korkes, Jarques Lucio Silva e Antonio Carlos Lima Pompeo, a circuncisão, por motivos profiláticos ou religiosos, não é uma prática disseminada no Brasil. Esse procedimento é feito por razões exclusivamente médicas. Dados coletados pelo Sistema Único de Saúde revelam que, em um período de 27 anos, 1,3% da população masculina necessitou de circuncisão por motivos médicos.

2 Nota do revisor técnico: a nomenclatura anatômica não contempla o termo *diafragma urogenital*. Todavia, há um consenso em se considerar o “diafragma da pelve” como o assoalho principal da pelve, e o urogenital, um assoalho complementar.

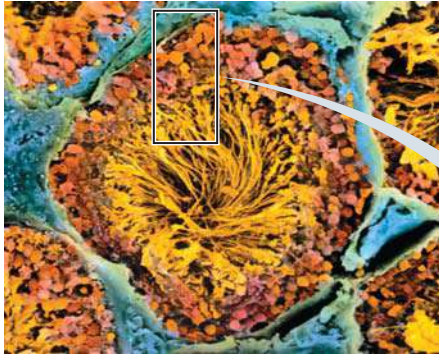
Espermatogênese

Objetivo de aprendizagem:

- ▶ descrever os eventos da espermatogênese.

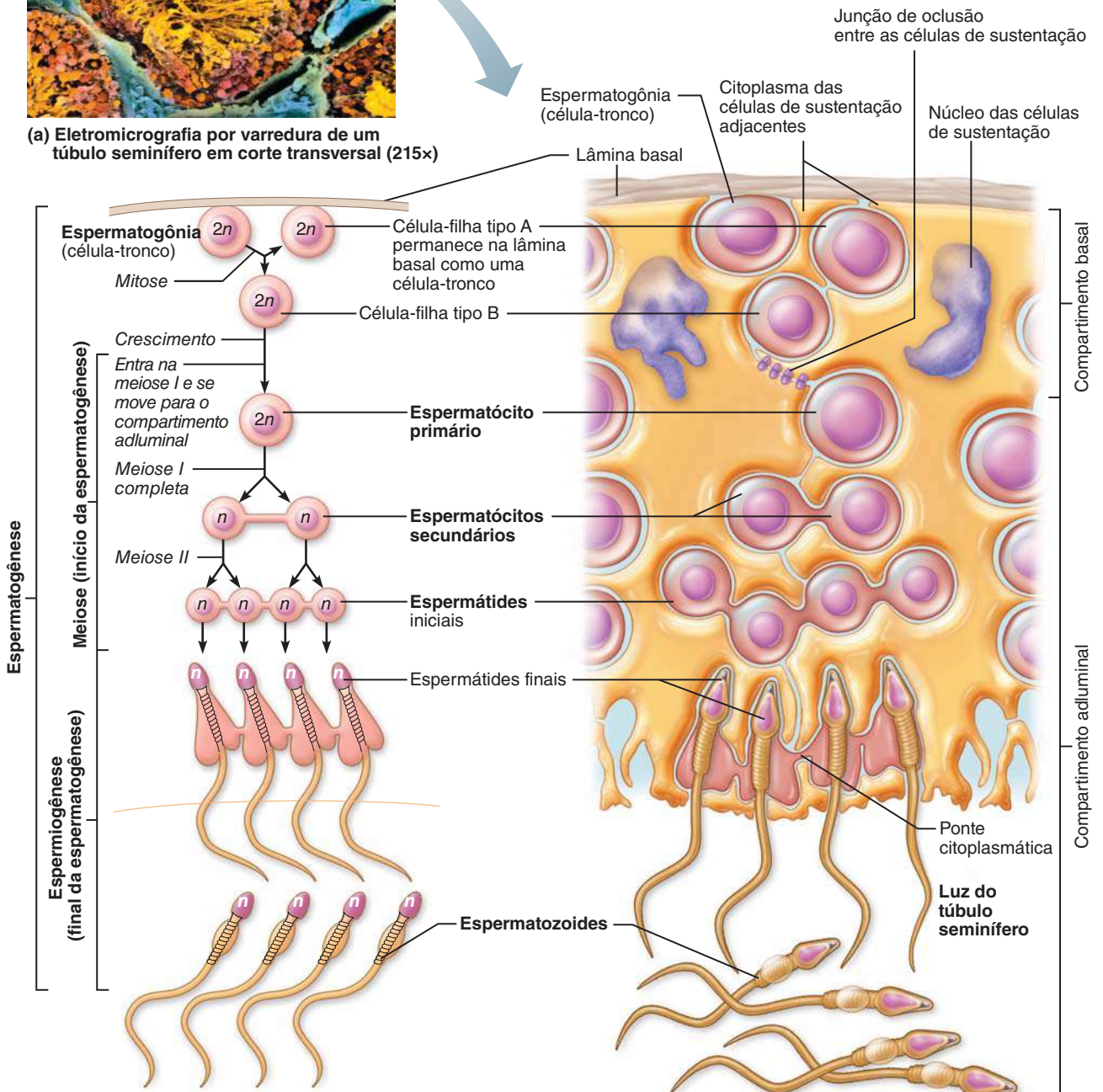
A **espermatogênese**, ou formação do espermatozoide, ocorre dentro dos túbulos seminíferos contorcidos dos tes-

tículos durante toda a vida do homem, da puberdade até a morte (embora a taxa de formação de espermatozoides diminua com o avanço da idade). O processo de espermatogênese pode ser dividido em três estágios sucessivos, à medida que os espermatócitos se movem da região periférica para a luz dos túbulos seminíferos (**Figura 25.9**).



(a) Eletromicrografia por varredura de um túbulo seminífero em corte transversal (215x)

Figura 25.9 Espermatogênese (formação do espermatozoide).



(b) Eventos da espermatogênese exibindo a posição relativa de várias células espermatogênicas

(c) Porção da parede do túbulo seminífero exibindo as células espermatogênicas circundadas por células de sustentação (na cor dourada)

Estágio 1: formação dos espermatócitos (parte superior das Figuras 25.9b e 25.9c). As **espermatogônias**, células-tronco de espermatozoides, localizam-se na região externa do túbulo seminífero, na lâmina basal epitelial. Essas células dividem-se vigorosa e continuamente por meio de mitose. Cada divisão forma duas células-filhas distintas: as células-filhas **tipo A**, que permanecem na lâmina basal para manter a linhagem da célula germinativa, e as células-filhas **tipo B**, que se movem para a luz para se transformarem em **espermatócitos primários**.

Estágio 2: meiose (parte intermediária das Figuras 25.9b e 25.9c). Os espermatócitos sofrem *meiose* (“diminuição”), um processo de divisão celular que reduz o número de cromossomos encontrados nas células corporais comuns (indicado como $2n$ e chamado *diploide*) para a metade desse número (n , chamado *haploide*). Nesse processo, aqui bastante simplificado, duas divisões sucessivas do núcleo, a meiose I e a meiose II, reduzem o número de cro-

mossomos do complemento diploide ($2n = 46 = 23$ pares) para o complemento haploide ($n = 23$ cromossomos). A meiose, parte essencial da formação do gameta em ambos os sexos, garante que o complemento diploide dos cromossomos seja restabelecido na fertilização, quando o material genético dos dois gametas haploides se une para formar um zigoto diploide, o ovo fertilizado.

Dentro dos túbulos seminíferos, as células submetidas à meiose I são, por definição, os espermatócitos primários: cada uma dessas células produz dois **espermatócitos secundários**. Cada espermatócito secundário sofre meiose II e produz duas pequenas células chamadas **espermátides**. Assim, quatro espermátides haploides resultam das divisões meióticas de cada espermatócito primário diploide original.

Estágio 3: espermiogênese (parte inferior das Figuras 25.9b e 25.9c e **Figura 25.10**). Na terceira e última fase da espermatogênese, chamada *espermiogênese*, as espermátides diferenciam-se em es-

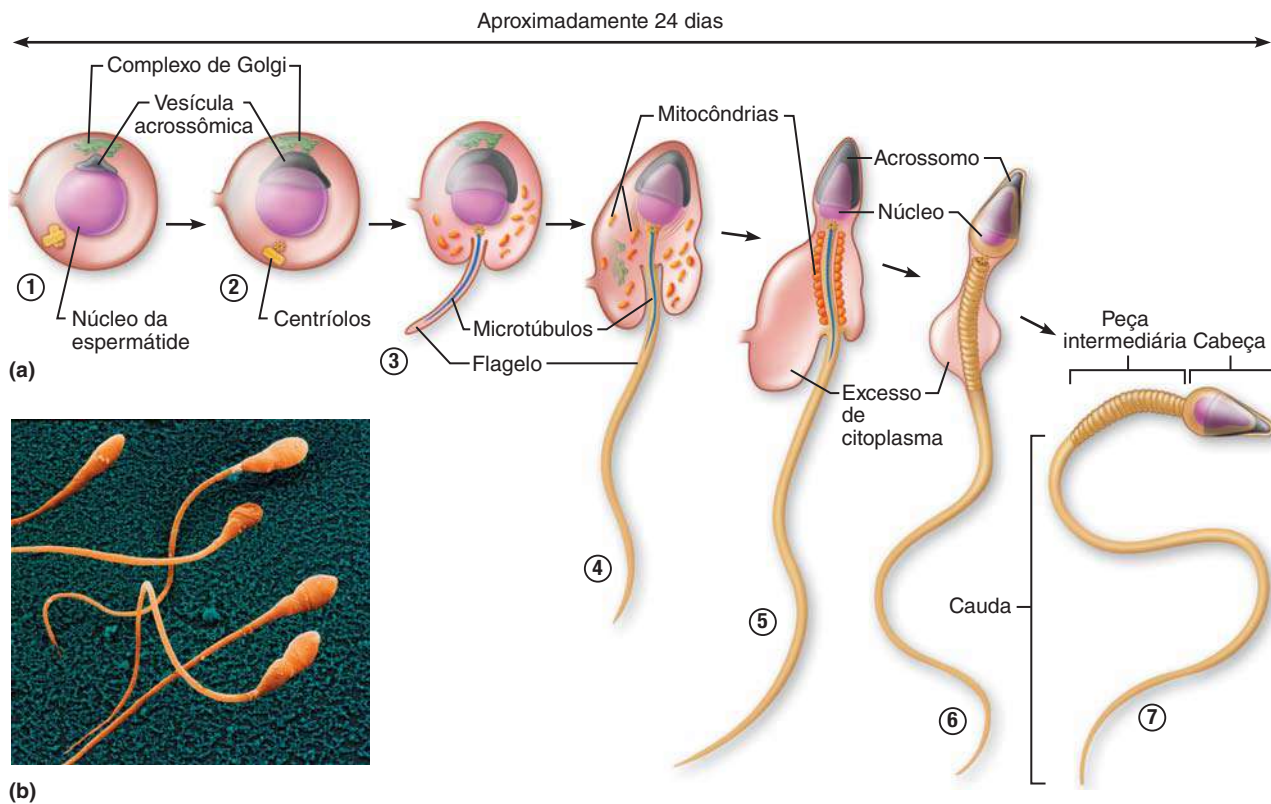


Figura 25.10 Espermiogênese: transformação da espermátide em espermatozoide. (a) As etapas na espermiogênese são: ① O complexo de Golgi produz vesículas que formam o acrossomo. ② O acrossomo posiciona-se na extremidade anterior do núcleo e os centríolos movem-se para a extremidade oposta. ③ Os microtúbulos desenvolvem-se a partir de um centríolo e crescem formando um flagelo que é a cauda do espermatozoide. ④ As mitocôndrias multiplicam-se no citoplasma. ⑤ As mitocôndrias posicionam-se em volta do núcleo proximal do flagelo e o excesso de citoplasma é eliminado pela célula. ⑥ Estrutura de um espermatozoide imaturo que acaba de ser liberado por uma célula de sustentação na luz do túbulo seminífero. ⑦ Um espermatozoide estruturalmente maduro com forma hidrodinâmica que permite natação ativa. (b) Eletronmicrografia de varredura de espermatozoides maduros (1.850×).

permatozoides. Cada espermatíde submete-se a um processo de conformação hidrodinâmica à medida que exibe uma cauda e livra-se do excesso de citoplasma. O **espermatozoide** resultante possui uma *cabeça*, uma *peça intermediária* e uma *cauda*. A **cabeça** do espermatozoide contém o núcleo com cromatina altamente condensada, circundada por um **acrossomo** similar a um capacete, uma vesícula contendo enzimas que permitem que o espermatozoide penetre no óvulo. A **peça intermediária** contém mitocôndrias espiraladas bem perto do núcleo da cauda. A longa **cauda** é um flagelo elaborado. As mitocôndrias fornecem a energia necessária para os movimentos em chicote da cauda, que impelem o espermatozoide através do trato reprodutor feminino. O espermatozoide recém-formado desprende-se do epitélio do túbulo seminífero e entra em sua luz (Figura 25.9c).

As células de sustentação (de Sertoli) do túbulo circundam as células espermatogênicas (Figura 25.9c). Estas ligam-se umas às outras por meio de junções de oclusão em suas superfícies laterais e dividem os túbulos seminíferos em dois compartimentos:

- O **compartimento basal** estende-se da lâmina basal até as junções de oclusão e contém as espermatogônias e os espermátócitos primários iniciais.
- O **compartimento adluminal** (“perto da luz”) situa-se internamente em relação às junções de oclusão e inclui os espermátócitos mais avançados e a luz do túbulo.

As junções de oclusão entre as células de sustentação constituem a barreira sangue-testículo, que protege o espermatozoide em desenvolvimento do ataque do sistema imune. Os espermatozoides e os espermátócitos em estágio final produzem proteínas de membrana exclusivas que o sistema imune identifica como estranhas. Se o sistema imune fosse exposto ao espermatozoide em desenvolvimento, a resposta autoimune resultante destruiria os gametas e resultaria em esterilidade. Como as células espermatogênicas em desenvolvimento precisam atravessar a barreira sangue-testículo em seu caminho até a luz, as junções de oclusão entre as células de sustentação permitem que essas células passem para o compartimento adluminal de modo similar às eclusas nos canais, que se abrem e permitem a passagem de embarcações.

A espermatogênese é controlada pela ação estimulante de dois hormônios: o **hormônio folículo estimulante (FSH)** da adeno-hipófise e a **testosterona**, o hormônio sexual masculino primário produzido pelas células intersticiais dos testículos. Além disso, as secreções das células de sustentação influenciam a espermatogênese: a *proteína de ligação ao androgênio* concentra a testosterona perto das células espermatogênicas, estimulando a espermatogênese, e a *inibina* inibe o FSH e reduz a taxa de produção de espermatozoides.

✓ Verifique seu conhecimento

- 7. Quantas espermatídes são formadas a partir de cada espermátócito primário?
- 8. Quais são os papéis exercidos pelas células de sustentação na formação do espermatozoide?
- 9. Quais são os componentes da cabeça do espermatozoide? E da peça intermediária? E da cauda?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

SISTEMA GENITAL FEMININO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever a localização, estrutura e função dos ovários;
- ▶ descrever a anatomia funcional das tubas uterinas;
- ▶ explicar a localização, as regiões, as estruturas de sustentação e as camadas do útero.

Os órgãos genitais femininos diferem dos órgãos masculinos de várias maneiras importantes. Primeiro, além de produzirem gametas (óvulos), os órgãos genitais femininos preparam-se para dar suporte ao embrião em desenvolvimento durante a gravidez. Segundo, os órgãos femininos sofrem mudanças de acordo com o ciclo reprodutivo, o **ciclo menstrual**, que dura em média 28 dias. Por definição, o ciclo menstrual é o ciclo mensal feminino, já que afeta *todos* os órgãos genitais da mulher. Os órgãos genitais femininos primários são os *ovários* produtores de óvulos (**Figura 25.11**). Os ductos acessórios incluem as *tubas uterinas*, onde normalmente ocorre a fertilização; o *útero*, onde o embrião se desenvolve; e a *vagina*, que age como canal de parto e recebe o pênis durante o intercuro sexual. Os genitais femininos externos constituem o pudendo (ou *vulva*). As *glândulas mamárias* produtoras de leite, que fazem parte, na realidade, do sistema tegumentar, também são consideradas aqui devido à sua função reprodutora de nutrir o bebê.

Ovários

Anatomia macroscópica

O par de **ovários** em forma de amêndoa, localizado lateralmente ao útero, mede em torno de 3 cm por 1,5 cm por 1 cm. Cada ovário localiza-se contra a parede lateral óssea da pelve verdadeira, próximo à bifurcação dos vasos ilíacos comuns. As superfícies dos ovários são lisas nas meninas, mas após a puberdade elas adquirem cicatrizes e depressões decorrentes da liberação mensal dos óvulos.

Os ovários, apesar de sua posição retroperitoneal, são circundados pela cavidade peritoneal e fixados por mesos e ligamentos derivados do peritônio. O meso do ovário, o horizontal **mesovário**, faz parte do **ligamento largo**, uma grande dobra de peritônio que cobre o útero e as tubas uterinas como uma tenda (**Figura 25.12**). O **ligamento**

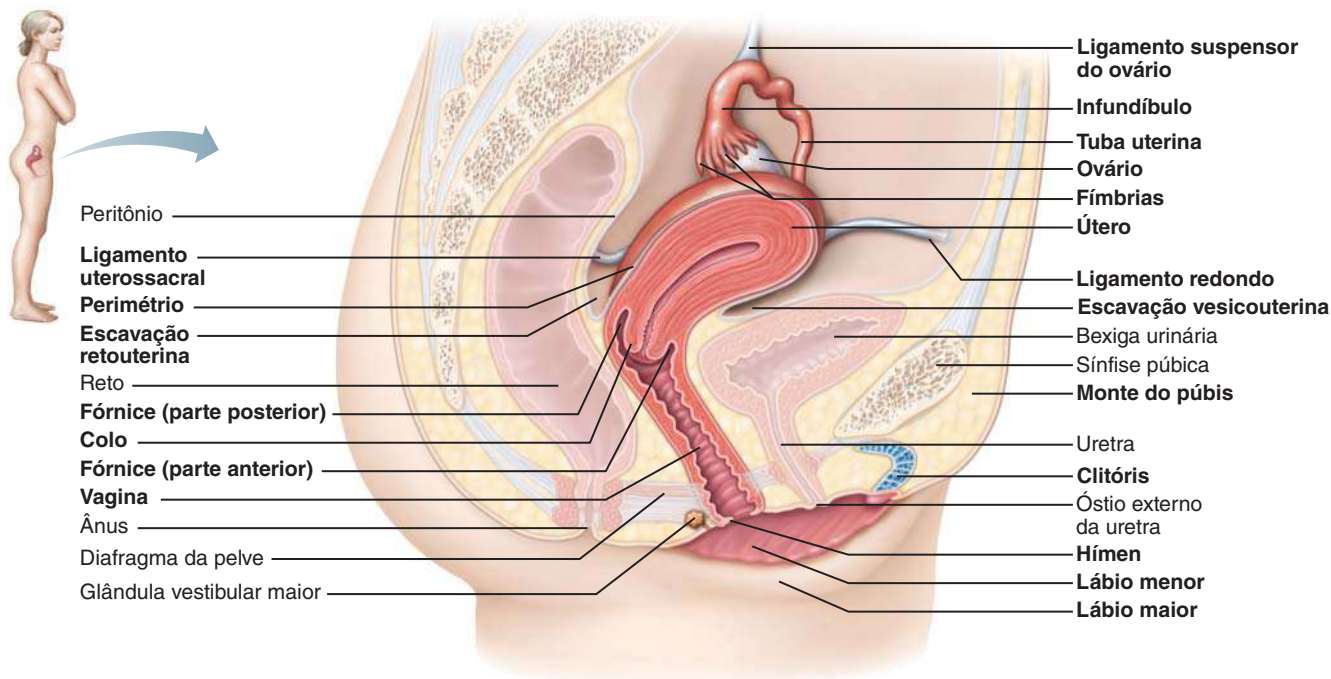


Figura 25.11 Órgãos internos do sistema genital feminino, corte sagital mediano. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Figura 74.)

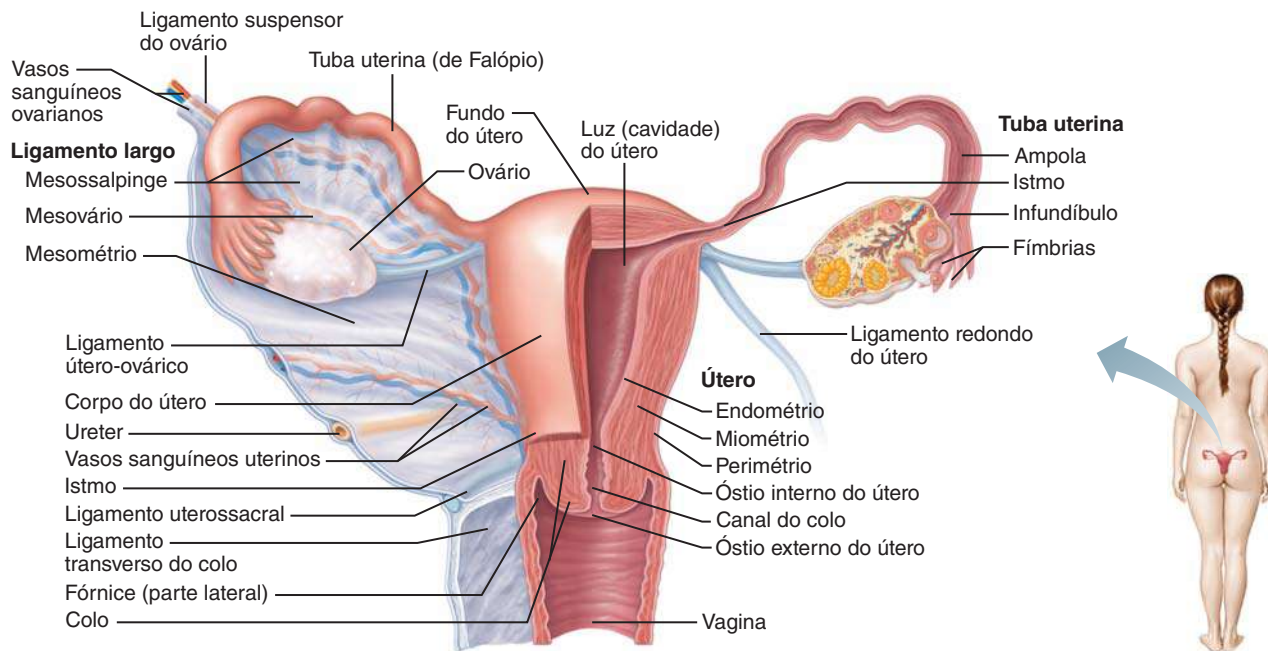


Figura 25.12 Órgãos genitais femininos internos. Vista posterior. À direita, as paredes posteriores de vários órgãos foram removidas, assim como o ligamento largo.

suspensor do ovário, uma continuação lateral do ligamento largo, conecta o ovário à parede lateral da pelve. Finalmente, o ovário é preso ao útero medialmente pelo **ligamento útero-ovário (próprio do ovário)**, uma faixa fibrosa distinta envolvida pelo ligamento largo.

Vasos e nervos Os ovários são supridos pelas *artérias ováricas*, que são ramos da parte abdominal da

aorta, e pelos *ramos ováricos das artérias uterinas*, que surgem da artéria ilíaca interna (Figura 25.12; ver também as Figuras 20.12 e 20.14, p. 629 e 631). As artérias, as veias e os nervos chegam aos ovários percorrendo o interior do ligamento suspensor e depois passando pelo mesovário. Os ovários são inervados pelas duas partes da divisão autônoma do sistema nervoso.

Anatomia microscópica

O ovário é circundado por uma cápsula fibrosa chamada **túnica albugínea** (Figura 25.13), que é muito mais fina do que a túnica albugínea do testículo. A túnica albugínea é coberta por um epitélio cuboide simples chamado **epitélio germinativo**. Apesar do nome, esse mesotélio *não* germina os óvulos. O parênquima do ovário é dividido em um **córtex** externo e uma **medula** interna. O **córtex do ovário** abriga os gametas em desenvolvimento, que são chamados **ovócitos** enquanto estão no ovário. Todos os ovócitos ocorrem dentro de estruturas multicelulares parecidas com bolsas chamadas **folículos** (“pequenos sacos”), que aumentam substancialmente quando amadurecem. Nas mulheres, em geral um — às vezes, dois — folículo amadurece todo mês; assim, apenas um ou dois ovócitos se desenvolvem por mês. A parte do córtex entre os folículos é um tecido conjuntivo rico em células. A profunda **medula do ovário** é um tecido conjuntivo frouxo contendo os maiores vasos sanguíneos, nervos e vasos linfáticos do ovário; esses vasos entram no ovário através do **hilo**, uma fenda horizontal na superfície ovariana anterior onde se insere o mesovário.

Tubas uterinas

As **tubas uterinas**, também chamadas **ovidutos** (Figura 25.12), recebem o ovócito, sendo o local da fertilização. Cada tuba uterina inicia-se lateralmente perto de um ovário e termina medialmente, onde se abre na parte superior do útero. A região lateral ampla

e aberta da tuba uterina é chamada **infundíbulo** (“funil”) e abre-se para a cavidade peritoneal. A margem do infundíbulo é circundada por projeções ciliadas chamadas **fímbrias** (“franja”), que se dobram sobre o ovário. Medial ao infundíbulo encontra-se uma expansão que recebe o nome de **ampola** (“frasco”), que representa a metade do comprimento da tuba uterina e é o local onde costuma ocorrer a fertilização. Por fim, o terço medial da tuba uterina é o **istmo** (“passagem estreita”).

Ao contrário dos ductos reprodutores masculinos, que são diretamente contínuos com os túbulos dos testículos, as tubas uterinas têm pouco ou nenhum contato direto com os ovários. Em vez disso, o ovócito, assim que irrompe na superfície do ovário (ovulação), é liberado na cavidade peritoneal da pelve (onde muitos ovócitos são perdidos), e a tuba uterina realiza uma série de movimentos complexos para capturá-lo: o infundíbulo curva-se para cobrir o ovário, enquanto as fímbrias endurecem e varrem a sua superfície; depois, os cílios que vibram nas fímbrias geram correntes no fluido peritoneal que transportam o ovócito para a tuba uterina, onde ele começa sua jornada rumo ao útero.

A jornada do ovócito é auxiliada por ondas peristálticas geradas por lâminas de músculo liso na parede da tuba uterina e pelo batimento dos cílios do epitélio colunar simples ciliado da tuba uterina (Figura 25.14). Alternando-se com as células ciliadas nesse epitélio de revestimento, encontram-se células não ciliadas altas, que secretam substâncias que nutrem o ovócito (ou embrião) e facilitam a fertilização.

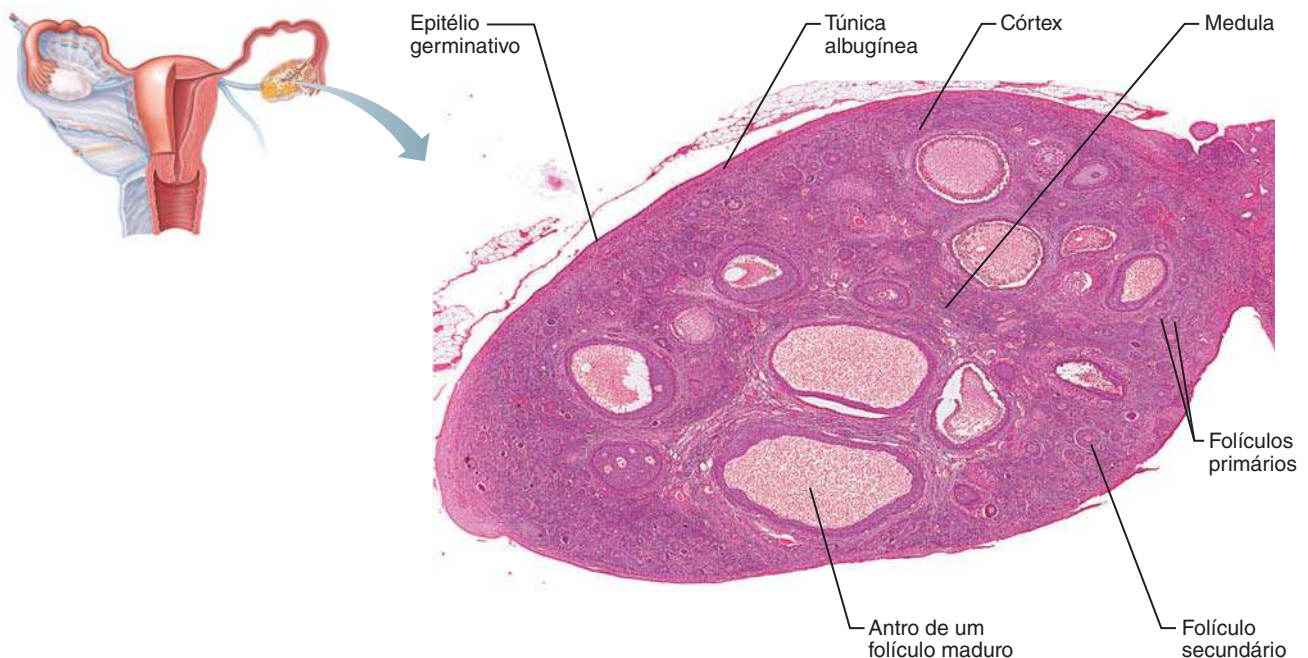


Figura 25.13 Fotomicrografia do ovário de mamífero. Estão presentes folículos em diversos estágios de desenvolvimento (6×).

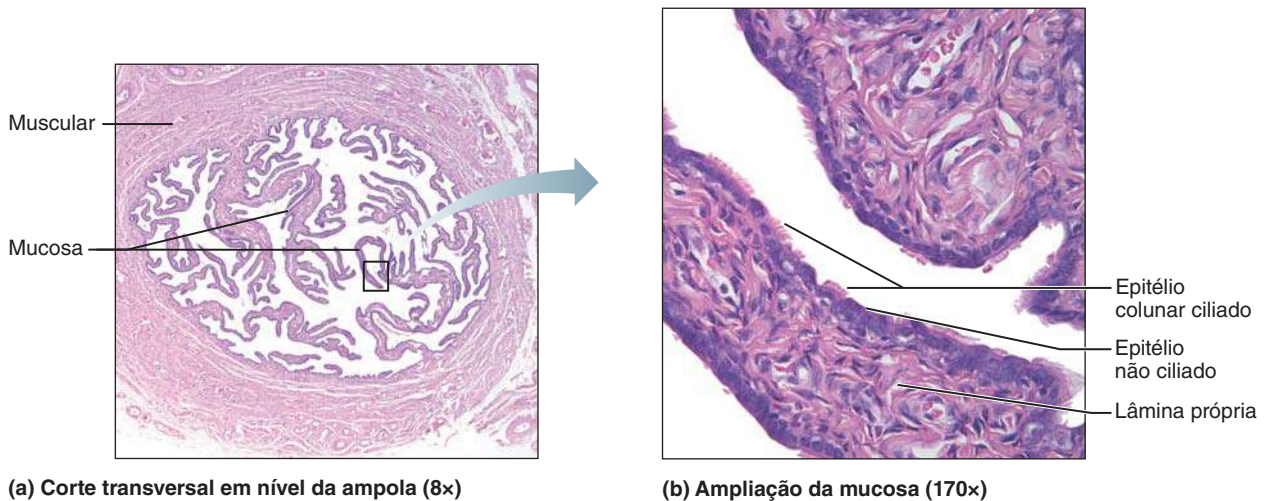


Figura 25.14 Fotomicrografia de um corte transversal da tuba uterina.

Externamente, a tuba uterina é coberta por peritônio e sustentada por um meso curto chamado **mesosalpinge**, uma parte do ligamento largo (Figura 25.12). (*Mesosalpinx* significa “meso da trompa”, uma referência ao formato de trompa da tuba uterina; o radical *salpinx* é a base dos termos **salpingectomia**, a remoção cirúrgica de uma tuba uterina, e **salpingite**, inflamação de uma tuba uterina.)



APLICAÇÃO CLÍNICA

Doença inflamatória pélvica A infecção generalizada que se origina na vagina e no útero, espalhando-se para as tubas uterinas, ovários e, por fim, peritônio da cavidade pélvica, chama-se **doença inflamatória pélvica (DIP)**.³ Essa condição, que ocorre em cerca de 10% das mulheres nos Estados Unidos, geralmente é causada por infecção clamidial ou gonorréica, mas, sem exceção, outras bactérias que infectam a vagina podem também estar envolvidas. Os sinais e sintomas incluem hipersensibilidade do abdome inferior, febre e corrimento vaginal. Até mesmo um único episódio de DIP provoca infertilidade (devido ao processo cicatricial, que bloqueia as tubas uterinas) em 10% a 25% dos casos, a menos que seja interrompido em alguns dias. Portanto, as pacientes recebem imediatamente antibióticos de amplo espectro sempre que houver suspeita de DIP.

A tuba uterina é o local onde ocorre 90% das *gravidezes ectópicas*. A gravidez ectópica é a implantação de um embrião fora do útero (ver “Aplicação clínica”, na p. 803). As implantações na tuba uterina costumam resultar em rompimento e hemorragia que ameaça a vida da mulher.

Útero

O **útero** localiza-se na cavidade pélvica, em posição anterior ao reto e posterossuperior à bexiga urinária (Figura 25.11). Trata-se de um órgão oco e com paredes espessas, cujas funções são receber, reter e nutrir o óvulo fertilizado (ovo) durante a gravidez. Em uma mulher que nunca ficou grávida, o útero tem o tamanho e o formato aproximados de uma pequena pera invertida, mas é um pouco maior nas mulheres que tiveram filhos. Normalmente, o útero é inclinado na direção anterior, ou **antevertido**, na parte superior da vagina. No entanto, nas mulheres mais velhas ele costuma se inclinar posteriormente, ou seja, é **retrovertido**. A parte principal do útero chama-se **corpo** (Figura 25.12). A região arredondada superior próxima à entrada das tubas uterinas é o **fundo**, e a região ligeiramente estreitada inferior ao corpo é o **istmo**. Abaixo dessa região, a parte cuja extremidade inferior se projeta na vagina é o **colo do útero**. Contendo muito colágeno, o **cérvice** forma um anel fibroso rígido que mantém o útero fechado e o feto dentro dele durante a gravidez.

A luz central do útero é bem pequena (exceto na gravidez), sendo dividida na **cavidade do útero (no corpo)** e no **canal do colo**, que se comunica com a vagina inferiormente via **óstio externo** (*óstio* = boca) e com a cavidade do corpo superiormente via **óstio interno**. O revestimento mucoso do canal do colo contém *glândulas cervicais* que secretam um muco que preenche o canal e cobre o óstio externo, presumivelmente para bloquear a disseminação de bactérias da vagina para o útero. O muco cervical também bloqueia a entrada de espermatozoides — exceto no meio do ciclo, quando ele se torna menos viscoso e permite sua passagem.

3 Nota do editor: cerca de 10% a 40% das mulheres que não tratam de infecções de gonorréia e/ou clamídia desenvolvem a DIP. E destas, 25% se tornarão inférteis. De acordo com o *Jornal Brasileiro de Doenças Sexualmente Transmissíveis* (v. 20, n. 1), p. 18-23, 2008), em 1999 foi estimada em 92 milhões a incidência global anual de novas infecções por clamídia em adultos, das quais 9,5 milhões correspondiam à América Latina e Caribe.

Sustentação do útero

Vários ligamentos e mesos peritoneais ajudam a manter o útero em posição (**Figura 25.15**), que é fixo às paredes pélvicas laterais pelo **mesométrio** (“meso do útero”), que é a maior divisão do ligamento largo. Inferiormente, os **ligamentos transversos do colo (cardinais laterais)** seguem horizontalmente a partir do colo uterino e superiormente à vagina até as paredes da pelve laterais. Esses “ligamentos” são espessamentos da fáscia da pelve. O útero fixa-se à parede corporal anterior por **ligamentos redondos do útero direito e esquerdo**, cada um deles começando na face superolateral do útero, descendo pelo mesométrio e pelo canal inguinal e inserindo-se em cada um dos lábios maiores dos genitais externos.

Apesar da presença desses ligamentos, o útero é sustentado principalmente pelos músculos do assoalho da pelve — ou seja, os músculos do diafragma da pelve (ver p. 309-310). Se esses músculos se rasgarem durante o parto, o útero sem sustentação pode “afundar” inferiormente até a extremidade do colo se projetar para o exterior da vagina — condição chamada de **prolapso do útero**.

O curso ondulado do peritônio em volta e sobre os órgãos pélvicos produz vários fundos de saco, ou escavações peritoneais em fundo cego (**Figuras 25.11 e 25.15**). A **escavação vesicouterina** situa-se entre o útero e a bexiga urinária, e a **escavação retouterina** localiza-se entre o útero e o reto. Como a escavação retouterina forma a parte mais inferior da cavidade peritoneal, o pus de infecções intraperitoneais e o sangue de ferimentos internos podem se acumular nesse ponto.

Parede uterina

A parede do útero é composta por três camadas básicas (ver **Figura 25.12**).

- O **perimétrio** (“em volta do útero”), a membrana serosa externa, é peritoneal.
- O **miométrio** (“músculo do útero”), a camada intermediária volumosa, consiste em feixes entrelaçados de músculo liso que se contraem para expelir o bebê durante o parto.
- O **endométrio** (“dentro do útero”) é o revestimento mucoso da cavidade uterina e consiste em um epitélio colunar simples contendo células secretórias e ciliadas sustentadas por uma lâmina própria de tecido conjuntivo. Se ocorrer fertilização, o embrião abriga-se no endométrio e ali permanece pelo resto de seu desenvolvimento, até o nascimento.

O endométrio possui duas camadas principais: a **camada funcional** e a **camada basal** (**Figura 25.16**). A **camada funcional** espessa e interna sofre alterações cíclicas em resposta às variações nos níveis dos hormônios ovarianos e é eliminada em cada menstruação (aproximadamente a cada 28 dias). A fina **camada basal** não é descamada, sendo responsável pela formação de uma nova camada funcional após o término da menstruação. O endométrio contém **glândulas uterinas** tubulares retas que mudam de tamanho à medida que o endométrio se espessa ou se adelgaça.

As **artérias uterinas**, ramos das artérias ilíacas internas na pelve, descem pelos lados do corpo uterino, emitem ramos na parede uterina (ver **Figura 25.12**) e dividem-se nas **artérias arqueadas** que seguem pelo miométrio (**Figura 25.16b**). As **artérias radiais** chegam ao endométrio, onde emitem **artérias retas (artérias basais)** até a camada basal e **artérias espirais** até a camada funcional. As artérias espirais sofrem degeneração e regeneração durante cada ciclo menstrual sucessivo e ao serem contraídas fazem que a camada funcional seja descamada durante a menstruação. As

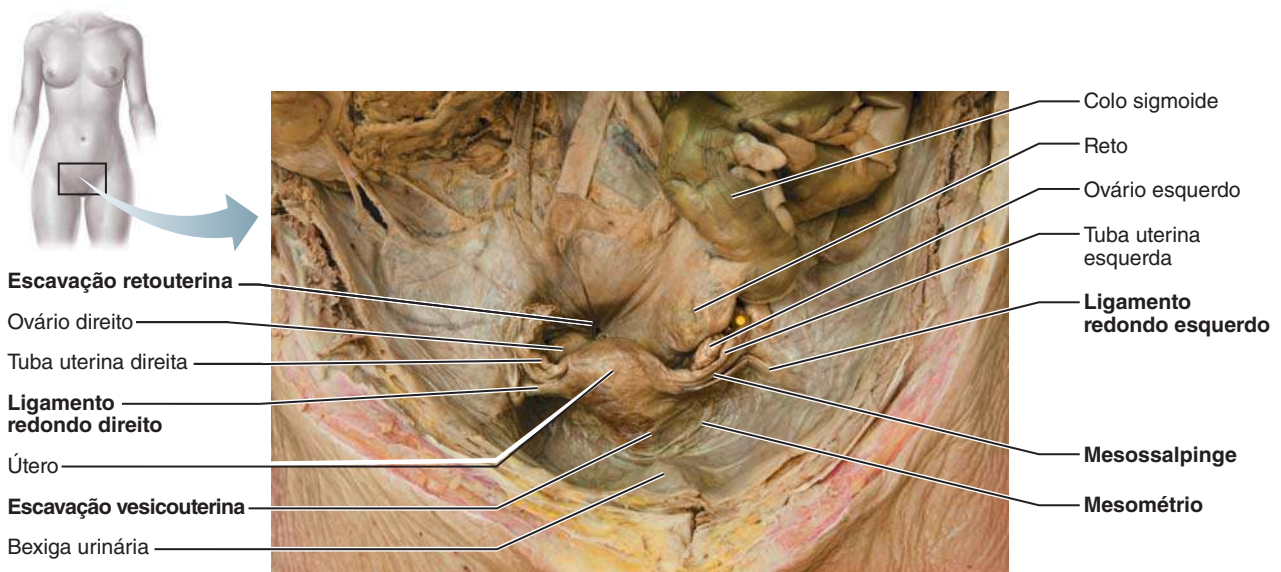


Figura 25.15 Reflexões peritoneais em volta dos órgãos pélvicos femininos *in situ*, vista superoanterior.

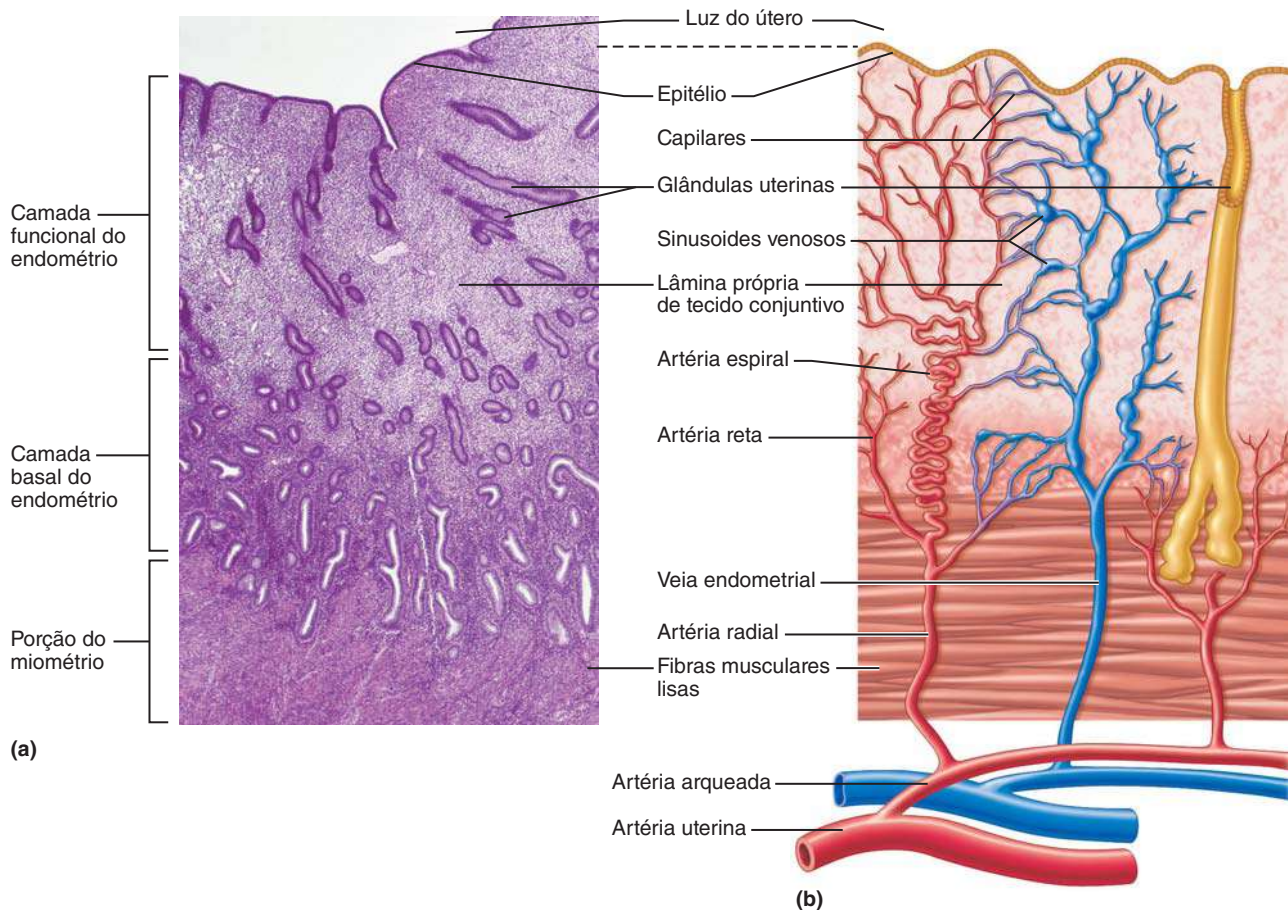


Figura 25.16 Endométrio do útero e seu suprimento sanguíneo. **(a)** Fotomicrografia do endométrio exibindo as camadas basal e funcional (30×). **(b)** Visualização diagramática do endométrio, mostrando as artérias retas até a camada basal e as artérias espirais que suprem a camada funcional. As veias e os seios venosos também são exibidos. (Para mais detalhes, consultar *A brief atlas of the human body*, 2. ed., Lâmina 53.)

veias no endométrio têm paredes finas e formam uma ampla rede, com dilatações sinusoidais ocasionais.

✓ Verifique seu conhecimento

- 10. Que tipo de tecido reveste as tubas uterinas? Como ele ajuda a “capturar” o ovócito recém-ovulado?
- 11. Cite o nome dos suportes peritoneais das estruturas reprodutoras femininas. A que órgão cada um deles se fixa?
- 12. Descreva a localização de cada uma das seguintes estruturas: (a) fundo do útero, (b) infundíbulo da tuba uterina, (c) endométrio.

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Ovogênese e ciclo menstrual feminino

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ explicar as fases do ciclo ovariano e os estágios da ovogênese;
- ▶ descrever as três fases do ciclo uterino.

Ovogênese

Os óvulos são produzidos em um processo chamado **ovogênese** (“geração de ovos”) (Figura 25.17), que, assim como a espermatogênese, inclui as divisões da meiose com redução dos cromossomos ($2n$ para n , conforme descrito na p. 785); no entanto, existem diferenças nítidas na temporização e no resultado desses dois processos.

- **A ovogênese leva muitos anos para ser concluída.** No período fetal, células-tronco chamadas **ovogônias** originam o suprimento vitalício de ovócitos da mulher, que são detidos em um estágio inicial da meiose I aproximadamente na hora do parto. Esses **ovócitos primários** permanecem “parados” na meiose I por décadas, até serem ovulados de seus folículos. Somente em resposta à influência do aumento repentino de LH, que sinaliza a ovulação, o ovócito primário termina a meiose I e entra na meiose II como um **ovócito secundário** — mas depois ele é detido novamente e não conclui a meiose II até um espermatozoide penetrar sua membrana plasmática. Só após a conclusão da meiose II o ovócito é chamado tecnicamente de **ovo**.

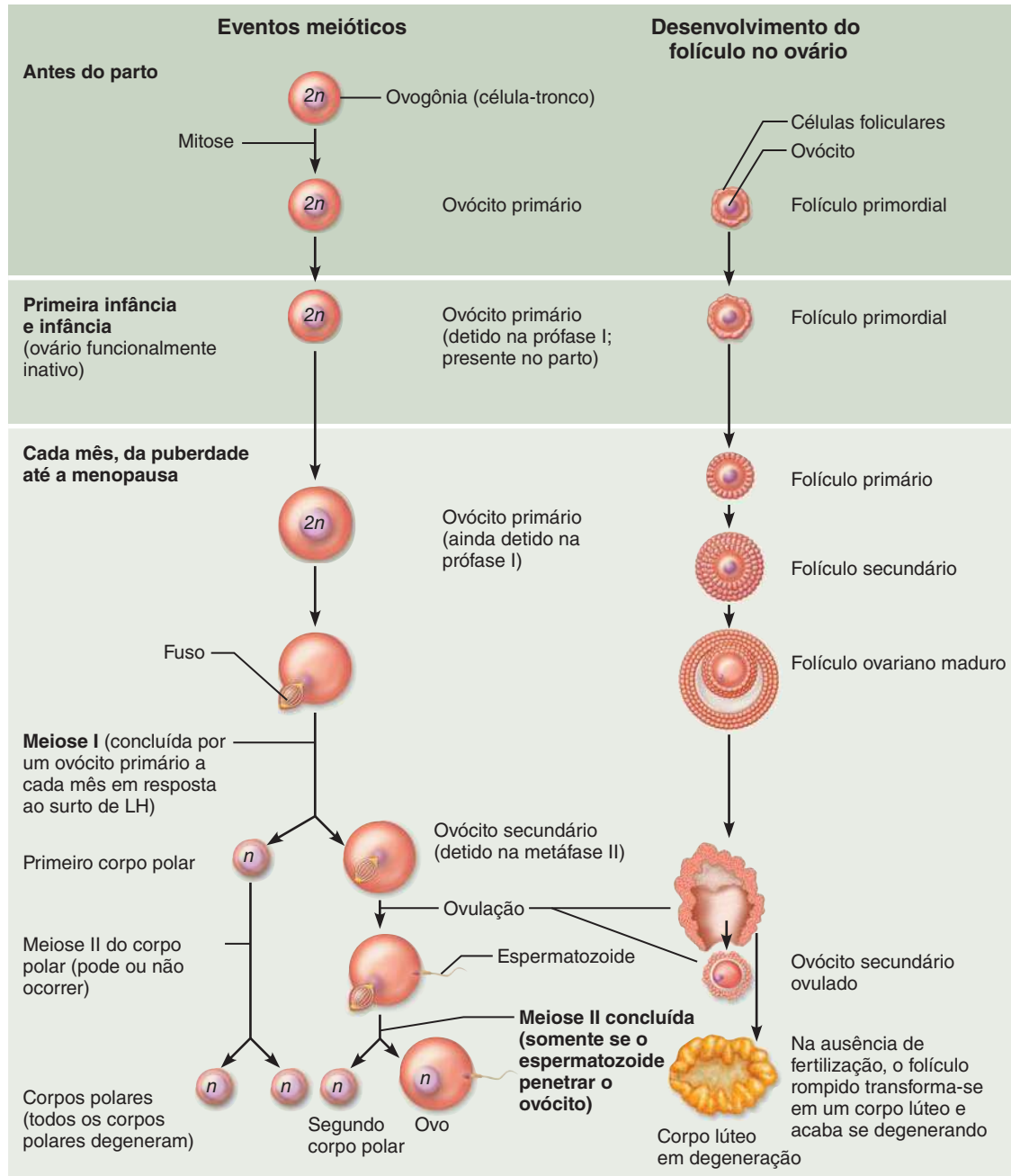


Figura 25.17 **Ovogênese.** À esquerda, fluxograma dos eventos da meiose. À direita, correlação com o desenvolvimento folicular e a ovulação no ovário.

- A ovogênese produz um único óvulo.** A ovogênese produz normalmente quatro células-filhas: o grande óvulo e três células menores chamadas **corpos polares**. Isso acontece porque durante a divisão celular a maior parte do citoplasma permanece com uma única célula-filha, a que será o óvulo definitivo. As outras três células, os corpos polares, contêm o DNA primário. Os corpos polares degeneram rapidamente, sem serem fertilizados ou contribuírem para o embrião em desenvolvimento.

O ciclo menstrual mensal das mulheres se deve ao ciclo hormonal induzido no ovário e no útero. O ciclo

ovariano estimula o desenvolvimento dos folículos ovarianos e a produção dos ovócitos. O *ciclo uterino* prepara a parede uterina para a implantação e nutrição de um óvulo fertilizado.

Ciclo ovariano

O **ciclo ovariano** mensal é o ciclo menstrual no que diz respeito à sua relação com o ovário e consiste em três fases sucessivas: a fase folicular, a ovulação e a fase lútea (**Figuras 25.18, 25.19a e 25.19b**).

Fase folicular (primeira metade do ciclo ovariano) Desde antes do nascimento até o final dos anos

reprodutivos da mulher, o córtex ovariano contém muitos milhares de folículos, a maioria dos quais consistindo em **folículos primordiais** (Figura 25.18 ①). Cada um desses folículos primordiais é formado por um ovó-

cito circundado por uma única camada de células de sustentação planas chamadas **células foliculares**. No início de cada ciclo ovariano, 6-12 folículos primordiais começam a crescer, iniciando a **fase folicular**,

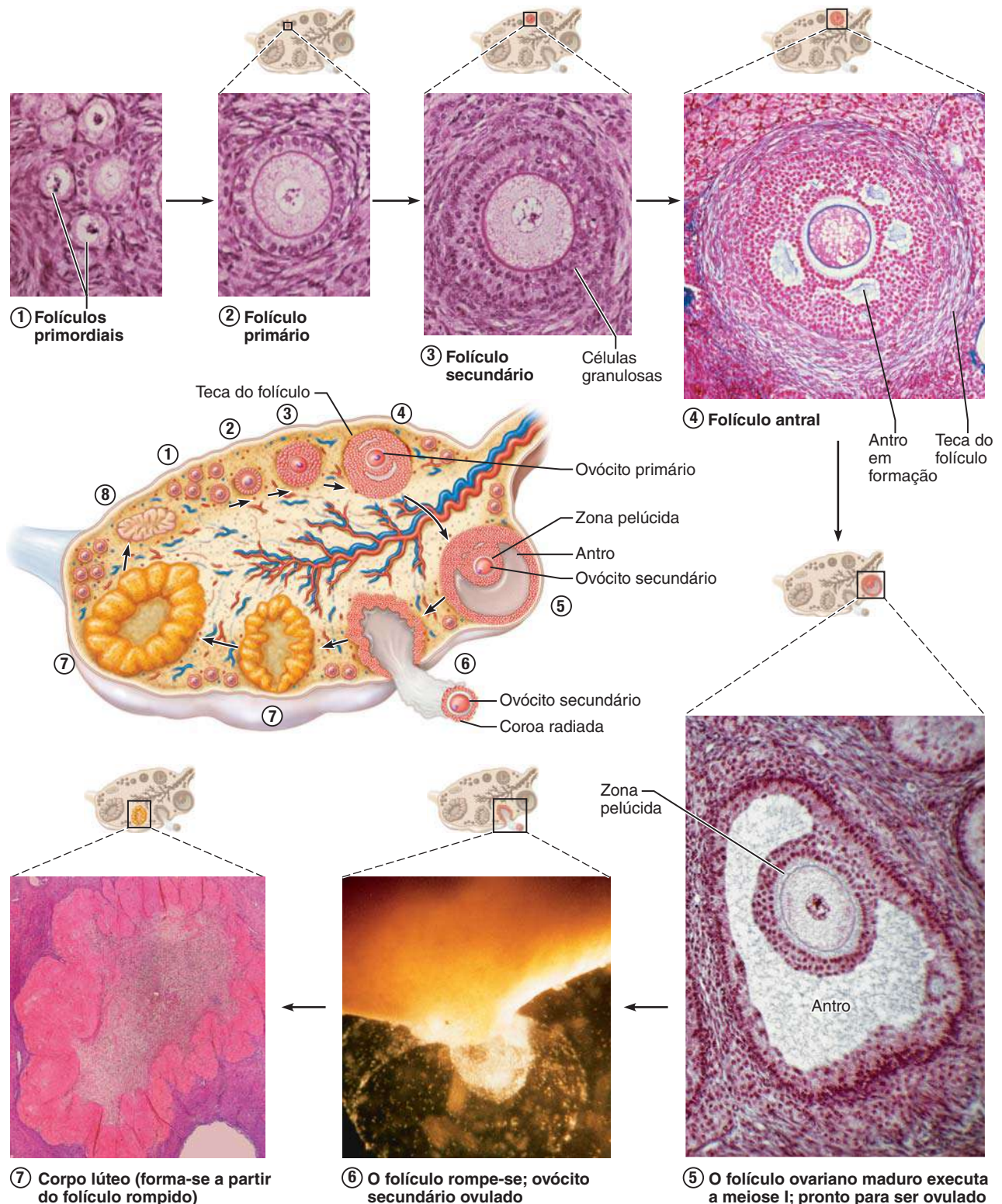


Figura 25.18 Ciclo ovariano. Vistas esquemática e microscópica ilustrando o desenvolvimento e o destino dos folículos ovarianos. Os números no diagrama do ovário indicam a seqüência de estágios no desenvolvimento folicular, não o movimento de um folículo em desenvolvimento dentro do ovário.

que dura duas semanas. Além dos estágios menores, o crescimento é estimulado pelo hormônio folículo-estimulante (FSH) secretado pela adeno-hipófise (Figura 25.19a).

Quando um folículo primordial começa a crescer, suas células foliculares planas tornam-se cuboides e o ovócito fica maior. Agora o folículo se chama **folículo primário** (Figura 25.18, ②). Em seguida, as células foliculares multiplicam-se e formam um epitélio estratificado em volta do ovócito (folículo ③ na figura); desse ponto em diante, as células foliculares chamam-se **células granulosas**.

O ovócito desenvolve uma camada glicoproteica chamada **zona pelúcida** (“cinturão transparente”), uma concha protetora que o espermatozoide precisa penetrar para fertilizar o ovócito. À medida que as células granulosas continuam a se dividir, uma camada de tecido conjuntivo chamada **teca do folículo** (“caixa em volta do folículo”) condensa-se em volta da parte externa do folículo (ver folículo ④). As células externas da teca são fusiformes e assemelham-se a células musculares lisas; as células internas da teca têm forma de lágrima e secretam hormônios. Essas células da teca são estimuladas pelo hormônio luteinizante (da parte anterior da hipófise) a secretar androgênios (hormônios sexuais masculinos). As células granulosas vizinhas, sob a influência do hormônio folículo-estimulante (também da parte anterior da hipófise), convertem os androgênios em hormônios sexuais femininos, os **estrogênios** (ou estrógenos). Depois de secretados na corrente sanguínea, os estrogênios estimulam o crescimento e a atividade de todos os órgãos sexuais femininos. Os estrogênios também sinalizam a mucosa uterina a se refazer após cada período menstrual.

No próximo estágio do desenvolvimento folicular (folículo ④), um líquido transparente acumula-se entre as células granulosas e coalesce, formando uma cavidade cheia de fluido chamada **antro** (“caverna”); agora o folículo é um **folículo antral**. O antro expande-se com fluido até isolar o ovócito, junto com uma capa circundante de células granulosas chamada **coroa radiada**. Por fim, o folículo atinge o tamanho pleno (folículo ⑤ na Figura 25.18a), alcançando um diâmetro de 2 cm. Esse **folículo ovariano maduro** está pronto para ser ovulado.

Dos muitos folículos que crescem na fase folicular, a maioria morre e degenera ao longo do caminho, de modo que apenas um folículo por mês completa o processo de maturação e expulsa seu ovócito de um ovário para a potencial fertilização. Essa expulsão, chamada **ovulação**, ocorre logo após o término da fase folicular, aproximadamente no 14º dia do ciclo ovariano.

Ovulação (metade do ciclo ovariano) A **ovulação** ocorre aproximadamente na metade de cada ciclo ovariano (Figura 25.18, ⑥). Nesse processo, um ovócito

sai de um dos dois ovários femininos e entra na cavidade peritoneal, sendo varrido para uma tuba uterina. O sinal para a ovulação é a liberação repentina de uma grande quantidade de hormônio luteinizante (LH) pela adeno-hipófise, um pouco antes do 14º dia (Figuras 25.19a e 25.19b). No processo de ovulação, a parede ovariana sobre o folículo incha, afina e destila fluido; depois ela se rompe e o ovócito sai, circundado por sua coroa radiada. As forças responsáveis por esse processo não são muito bem compreendidas, mas provavelmente envolvem uma decomposição enzimática da parede do folículo, seguida por uma contração de células similares às células musculares da camada externa de teca que retrai o folículo e deixa o ovócito fora do ovário.

Fase lútea (segunda metade do ciclo ovariano) Após a ovulação, a parte do folículo que fica no ovário desmorona e sua parede é lançada em dobras onduladas (Figura 25.18, ⑦ e ⑧). Essa estrutura, agora chamada **corpo lúteo** (“corpo amarelo”), consiste nas camadas restantes de granulosa e teca.

O corpo lúteo não é uma estrutura degenerativa, mas uma glândula endócrina que persiste na segunda metade, ou **fase lútea**, do ciclo ovariano. Ele secreta estrogênios e outro hormônio chamado **progesterona**, que age na mucosa do útero, sinalizando-o para se preparar para a implantação de um embrião (Figuras 25.19b, 25.19c e 25.19d). No entanto, se isso não ocorrer, o corpo lúteo morre após duas semanas e se transforma em uma cicatriz chamada **corpo albicans** (“corpo branco”). O corpo albicans permanece no ovário durante vários meses, encolhendo-se até ser finalmente fagocitado por macrófagos.

Ciclo uterino

O **ciclo uterino** é o ciclo menstrual, já que envolve o endométrio (Figura 25.19d). Especificamente, ele é uma série de fases cíclicas pelas quais o endométrio passa mensalmente enquanto responde às variações de nível dos hormônios ovarianos no sangue (Figura 25.19c). Essas fases endometriais são bem coordenadas com as fases do ciclo ovariano, que por sua vez são ditadas pelos hormônios hipofisários FSH e LH (Figura 25.19a). O ciclo uterino possui três fases:

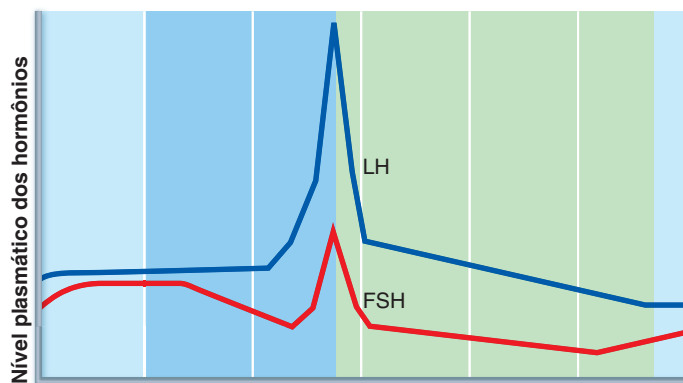
1. **Fase menstrual** (1º ao 5º dia), na qual a camada funcional é eliminada para o meio externo;
2. **Fase proliferativa** (6º ao 14º dia), na qual a camada funcional é reconstruída;
3. **Fase secretória** (15º ao 28º dia), na qual o endométrio se prepara para a implantação de um embrião.

Muitos métodos contraceptivos agem alterando os níveis hormonais naturais que regulam os ciclos ovariano e uterino (ver **ANÁLISE APROFUNDADA**, na p. 797).

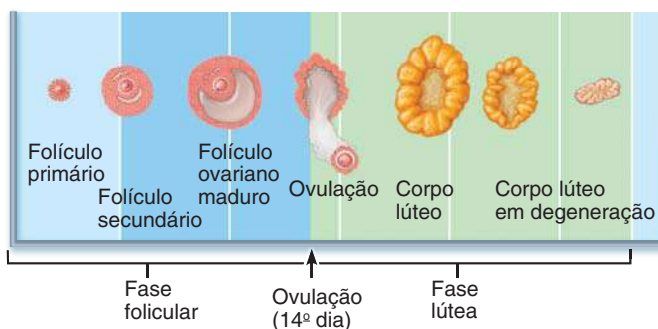


APLICAÇÃO CLÍNICA

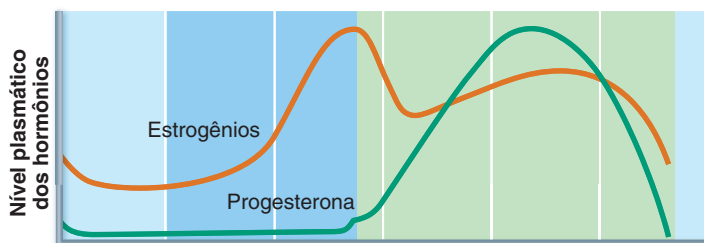
Endometriose Na condição chamada **endometriose**, fragmentos de tecido endometrial estão presentes nas tubas uterinas, no ovário e no peritônio da cavidade pélvica. A explicação mais aceita para esse endométrio fora do lugar é que um refluxo de fluido menstrual espalha as células endometriais do útero pelas tubas uterinas. Como as tubas uterinas se abrem para o peritônio, as células endometriais também podem se espalhar para ele. Na endometriose, a dor associada à menstruação é extrema porque os fragmentos endometriais respondem aos hormônios ovarianos circulantes criando tecido endometrial e sangrando. O sangue acumula-se na cavidade pélvica, forma cistos e exerce pressão. Acometendo até 10% das mulheres em idade reprodutiva, a endometriose é a causa de um terço de todos os casos de infertilidade feminina, quando o tecido endometrial ectópico cobre os ovários ou bloqueia as tubas uterinas. O tratamento utiliza medicamentos que interrompem a secreção dos estrogênios e suprimem a menstruação, *lasers* para vaporizar placas de endométrio ectópico e histerectomia.



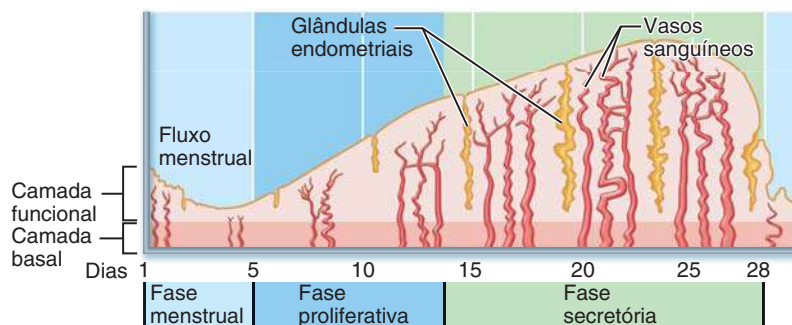
(a) Flutuação dos níveis de gonadotropina: os níveis flutuantes das gonadotropinas hipofisárias (hormônio folículo-estimulante e hormônio luteinizante) no sangue regulam os eventos do ciclo ovariano.



(b) Ciclo ovariano: as alterações estruturais nos folículos ovarianos durante o ciclo ovariano estão correlacionadas com (d) as alterações no endométrio do útero durante o ciclo uterino.



(c) Flutuação dos níveis hormonais ovarianos: a flutuação dos níveis dos hormônios ovarianos (estrogênios e progesterona) provoca as alterações endometriais do ciclo uterino. Os altos níveis de estrogênio também são responsáveis pelo surto de LH/FSH em (a).



(d) Três fases do ciclo uterino
Menstrual: liberação da camada funcional do endométrio.
Proliferativa: reconstrução da camada funcional do endométrio.
Secretória: começa imediatamente após a ovulação. O aumento do suprimento sanguíneo e da secreção glandular de nutrientes prepara o endométrio para receber um embrião.

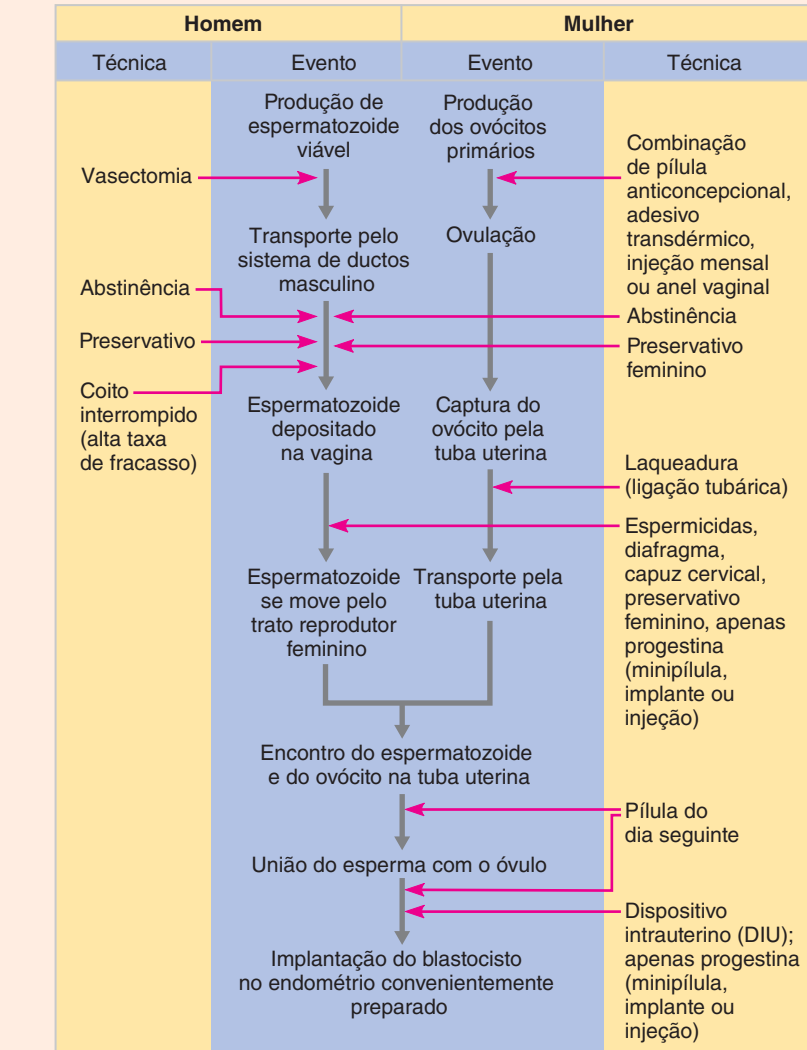
Tanto a fase menstrual quanto a proliferativa ocorrem antes da ovulação e, juntas, correspondem à fase folicular do ciclo ovariano. A fase secretória corresponde, em termos de tempo, à fase lútea do ciclo ovariano.

Figura 25.19 Ciclo menstrual: alterações estruturais e hormonais. A barra de tempo (logo acima da legenda), na qual se lê "Dias 1 a 28", aplica-se a todos os quadros desta figura.

Métodos contraceptivos: usar ou não?

A chave para a contracepção é a confiabilidade. Como mostram as setas vermelhas no fluxograma, as técnicas atualmente disponíveis podem atuar em muitos locais para bloquear a reprodução. Os métodos de contracepção podem ser categorizados em três grupos, com base no modo como cada um deles evita a gravidez. Os **métodos comportamentais** (coito interrompido, método do ritmo, abstinência) consistem em alterar o comportamento para evitar a gravidez. Os **métodos de barreira** (preservativo, diafragma ou capuz cervical, espermicidas) impedem que o espermatozoide e o óvulo se encontrem. Os **métodos hormonais** (pílulas, adesivo transdérmico, dispositivo intrauterino, ou DIU, anel vaginal, agentes hormonais implantados ou injetados, pílula do dia seguinte) alteram o ambiente hormonal do ovário e do útero para evitar a ovulação e/ou a implantação. As taxas de fracasso dos métodos comportamentais, exceto a abstinência completa, são altas, por isso eles não são confiáveis. Os métodos de barreira são bastante eficazes, sobretudo quando utilizados simultaneamente, mas precisam ser empregados de maneira consistente durante cada encontro sexual. Os métodos hormonais também são altamente eficazes, com uma taxa de fracasso abaixo de 1%, e têm um baixo risco de efeitos adversos na maioria das mulheres.

Como funcionam essas intervenções hormonais? Muitas delas (a pílula, o adesivo transdérmico, o anel vaginal) contêm uma dose combinada de estrogênios e progestinas (hormônios similares à progesterona). Eles enganam o controle hipotalâmico-hipofisário da ovulação, mantendo os níveis sanguíneos desses hormônios ovarianos relativamente constantes, assim como acontece durante a gravidez. Os folículos ovarianos não se desenvolvem, a ovulação cessa e o fluxo menstrual é bastante reduzido.



Mecanismos de contracepção. As técnicas ou produtos que interferem nos eventos da produção dos gametas até a implantação são indicados pelas setas vermelhas no local de interferência e agem visando evitar que a próxima etapa ocorra.

Outros métodos hormonais (dispositivo intrauterino, minipílula, aplicações implantadas ou injetadas) utilizam baixas doses de progestina, o que provoca o espessamento do muco cervical, bloqueando a entrada do espermatozoide no útero. Além disso, eles atrapalham o desenvolvimento do revestimento uterino e impedem a implantação. As altas doses de hormônios encontradas nas pílulas do dia seguinte também confundem os sinais hormonais com intensidade suficiente para barrar a

fertilização ou a implantação quando tomadas no período de três dias após o intercurso sem proteção.

A mulher deve escolher um método de contracepção conforme seu contexto de saúde e seu comprometimento em utilizá-lo. Nenhum método de contracepção é eficaz se não for utilizado em todos os encontros sexuais. Além disso, a contracepção não evita as doenças sexualmente transmissíveis (DSTs). O único método 100% eficaz contra a contracepção e as DSTs é a total abstinência.

✓ Verifique seu conhecimento

- 13. Qual hormônio estimula o desenvolvimento do folículo no ovário?
- 14. Durante qual período da vida de uma mulher as células-tronco (ovogônias) produzem ovócitos? Em que isso difere da produção de espermátocitos nos homens?
- 15. O que é corpo lúteo e que papel ele desempenha nos ciclos ovariano e uterino?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

Vagina

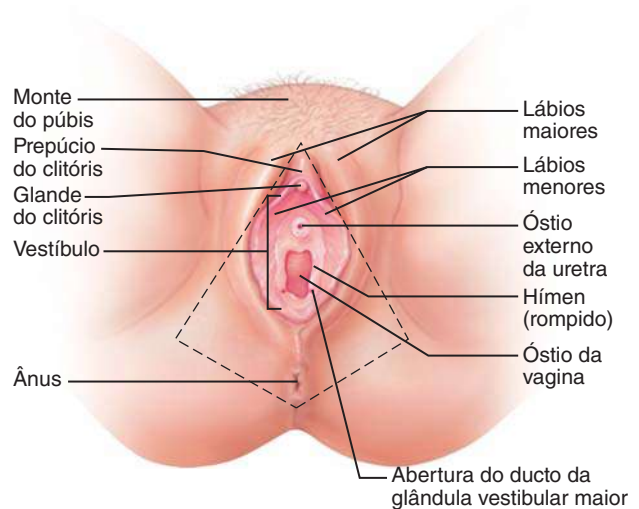
Objetivos de aprendizagem:

- ▶ explicar a estrutura funcional da vagina;
- ▶ descrever a anatomia dos genitais femininos externos;
- ▶ apresentar a estrutura e localização das glândulas mamárias.

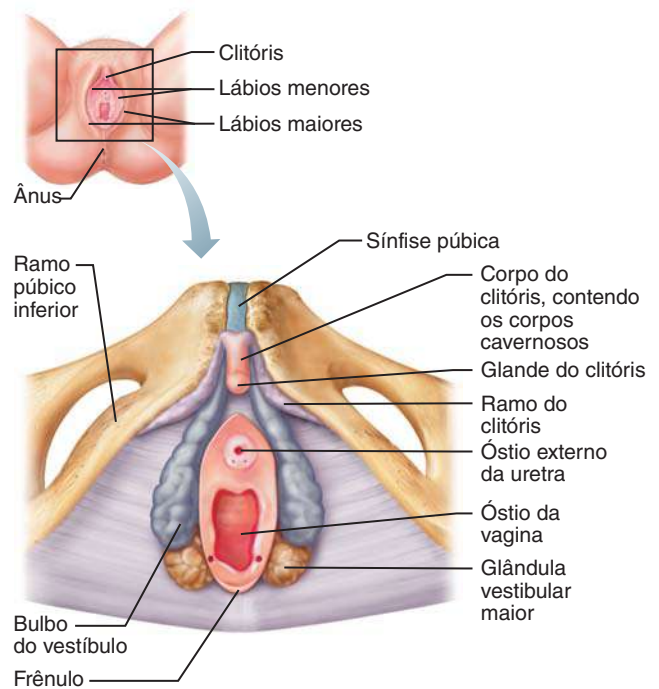
A **vagina** (“bainha”) é um tubo de paredes finas situado inferiormente ao útero, anteriormente ao reto e posteriormente à uretra e à bexiga (Figura 25.11). A vagina é chamada frequentemente *canal do parto*, pois proporciona uma passagem para o nascimento do bebê. Ela também recebe o pênis e o sêmen durante o intercuro sexual.

A parede altamente distensível da vagina é composta por três camadas: uma *adventícia* externa de tecido conjuntivo fibroso, uma *muscular* de músculo liso e uma *mucosa* interna, marcada por pregas transversais, as rugas vaginais (Figura 25.12a). Essas pregas estimulam o pênis durante o intercuro e achatam-se à medida que a vagina se expande durante o parto. A mucosa consiste em uma lâmina própria, que contém fibras elásticas que ajudam a vagina a retomar sua forma normal após se expandir, e um epitélio escamoso estratificado que consegue suportar o atrito do intercuro e resiste à infecção bacteriana. Além disso, o glicogênio das células epiteliais liberado na luz é fermentado por bactérias residentes benéficas, sendo transformado em ácido lático; a acidez resultante desestimula o crescimento das bactérias nocivas, mas também é hostil ao espermatozoide.

Próximo à abertura externa da vagina, chamada de **óstio da vagina**, a mucosa forma um diafragma incompleto chamado **hímen** (“membrana”) (Figura 25.20a). O hímen é vascularizado e tende a sangrar quando se rompe durante o primeiro intercuro sexual. No entanto, sua consistência varia: em algumas mulheres, ele é delicado e pode se romper durante a atividade esportiva, na inserção de um absorvente interno ou em um exame pélvico; às vezes, o hímen é tão rígido que precisa ser rompido cirurgicamente para que seja possível a ocorrência de intercuro.



(a)



(b)

Figura 25.20 Órgãos genitais femininos externos.

(a) Estruturas superficiais. A região delimitada pelas linhas tracejadas é o períneo. (b) Estruturas profundas. Os lábios maiores e a pele associada foram removidos para mostrar os corpos eréteis subjacentes. Os músculos superficiais associados não estão ilustrados (ver Figura 11.15, na p. 310).

Os recessos formados onde a parte superior da vagina circunda a extremidade do colo se chamam **fórnices** (Figura 25.12a). A parte posterior desses recessos é muito mais profunda do que as partes lateral ou anterior (Figura 25.11).

Órgãos genitais externos e períneo feminino

As estruturas reprodutoras femininas situadas fora da vagina constituem os **órgãos genitais externos**, também chamada vulva (“cobertura”) ou **pudendo** (Figura 25.20a). Elas incluem o monte do púbis, os lábios, o clitóris e as estruturas associadas ao vestíbulo.

O **monte do púbis** é uma almofada gordurosa que repousa sobre a sínfise púbica. Após a puberdade, os pelos púbicos cobrem a pele dessa área. Estendendo-se posteriormente a partir do monte do púbis existem duas pregas gordurosas de pele e cobertas de pelos, os **lábios maiores**, que são a contraparte feminina, ou *homóloga*, do escroto; isto é, derivam da mesma estrutura embrionária. Os lábios maiores envolvem outras duas pregas finas e sem pelos chamadas **lábios menores**, que delimitam um espaço chamado **vestíbulo** (“hall de entrada”), que abriga os óstios (aberturas) externos da uretra e da vagina. No vestíbulo, o óstio da vagina é posterior ao óstio da uretra. A cada lado do óstio da vagina encontram-se as *glândulas vestibulares maiores*, pares, do tamanho de uma ervilha (Figura 25.20b), situadas profundamente na parte posterior dos lábios maiores em cada lado; essas glândulas secretam muco lubrificante no óstio da vagina durante a estimulação sexual, facilitando a penetração do pênis. No ponto extremo posterior do vestíbulo, os lábios menores direito e esquerdo unem-se e formam uma prega chamada *frênulo dos lábios* (ou fúrcula).

Imediatamente antes do vestíbulo se encontra o **clitóris** (“colina”), uma estrutura saliente composta basicamente de tecido erétil sensível ao toque e que incha com sangue durante a estimulação sexual. O clitóris é homólogo ao pênis, tendo glândula e corpo (embora não exista uretra em seu interior). É encapuzado por uma prega de pele, o **prepúcio do clitóris**, formado pela junção anterior dos dois lábios menores (Figura 25.20a). Assim como no pênis, o corpo do clitóris contém pares de **corpos cavernosos**, que continuam posteriormente nos **ramos** que se inserem ao longo do arco púbico ósseo (Figura 25.20b). O clitóris não contém corpo esponjoso. Os homólogos **bulbos do vestíbulo** situam-se em cada lado do óstio da vagina e profundos aos respectivos músculos bulboesponjosos. Durante a estimulação sexual, esses tecidos eréteis se enchem de sangue e podem ajudar a manter o pênis dentro da vagina. Os bulbos do vestíbulo e a base do clitóris também comprimem o orifício uretral, mantendo-o fechado durante o intercuro. Isso fecha a uretra, talvez para evitar que as bactérias entrem e alcancem a bexiga, infectando-a.

O **períneo** feminino é uma região em forma de diamante (losangular) entre o arco púbico anteriormente, o cóccix posteriormente e os túberes isquiáti-

cos lateralmente (Figura 25.20a). No centro exato do períneo, imediatamente posterior ao frênulo, situa-se o *corpo do períneo* (Figura 25.20b), um tendão de inserção da maioria dos músculos que suportam o assoalho pélvico.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Episiotomia Devido à sua proximidade com a vagina, às vezes o corpo do períneo é rasgado pela cabeça do bebê durante o parto. O rasgo irregular resultante pode cicatrizar mal, enfraquecendo os músculos do assoalho da pelve e permitindo que os órgãos pélvicos movam-se inferiormente e que o útero saia do lugar. Para evitar esses problemas, é realizada uma **episiotomia** (“corte da vulva”) em 50% a 80% dos partos normais nos Estados Unidos.⁴ Nesse procedimento, o óstio da vagina é alargado por um corte posterior através do frênulo no momento em que a cabeça do bebê surge no vestíbulo. A incisão posterior é feita reta através do corpo do períneo ou imediatamente lateral a ele. Após o nascimento, essa incisão limpa é costurada e deixada cicatrizar. As episiotomias têm gerado muita controvérsia. Os críticos dizem que elas são realizadas desnecessariamente com uma frequência grande demais, que são doloridas enquanto cicatrizam e que são necessários estudos rigorosos para determinar se são tão eficazes quanto são defendidas.

Mamas

As **mamas** são glândulas sudoríferas modificadas presentes em ambos os sexos, mas que funcionam apenas nas mulheres lactantes (**Figura 25.21**), quando produzem leite para nutrir o bebê em resposta à estimulação hormonal.

Em termos embrionários, as mamas formam-se como parte da pele, surgindo ao longo das linhas bilaterais que passam entre a axila e a virilha, lateralmente no tronco do embrião. Essas *cristas mamárias* embrionárias persistem apenas na parte média do tórax, onde se formam as mamas definitivas. Aproximadamente uma pessoa em 500 desenvolve mamilos ou mamas adicionais (acessórios), que podem ocorrer em qualquer lugar ao longo da crista mamária.

A base cônica das mamas nas mulheres estende-se da segunda costela superiormente até a sexta costela inferiormente. Sua margem medial coincide com o esterno e seu limite lateral é a linha medioaxilar, que é reta e se estende inferiormente a partir do meio da axila. Os músculos profundos às mamas são, a cada lado, o peitoral maior e menor e partes do serrátil anterior e oblíquo externo. As artérias principais para a mama são a artéria torácica lateral e os ramos cutâneos da torácica interna e das intercostais posteriores (ver Figura 20.11, na p. 627).

⁴ Nota do editor: no Brasil, a taxa de realização desse procedimento é de 94,2%.

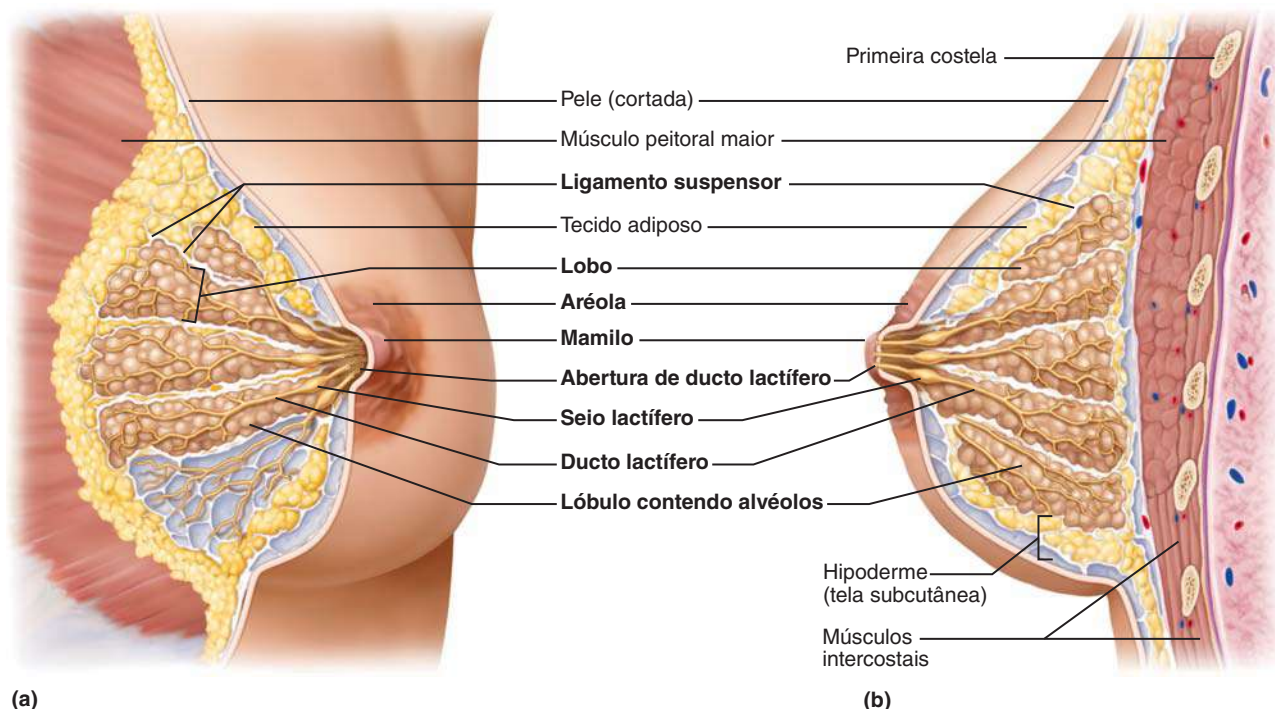


Figura 25.21 Estrutura de glândula mamária lactante (secretora de leite). (a) Vista anterior de uma mama parcialmente dissecada. (b) Corte sagital de uma mama.

Os vasos linfáticos que drenam as mamas se dirigem aos *linfonodos paraesternais* (nódulos ao longo das artérias torácicas internas) e para os *linfonodos axilares* na axila.

O **mamilo** (papila mamária), a área central saliente da qual o bebê suga o leite, é circundado por um anel de pele pigmentada, a **aréola** (“pequena área aberta”). Durante a amamentação, grandes glândulas sebáceas na aréola produzem uma secreção oleosa que minimiza cortes e rachaduras na pele do mamilo.

Internamente, a glândula mamária consiste em 15 a 25 **lobos** (Figura 25.21), sendo cada um deles uma glândula alveolar composta (glândulas mamárias) que se abre no mamilo. Os lobos são separados uns dos outros por uma grande quantidade de tecido adiposo e por faixas de tecido conjuntivo interlobar que formam os **ligamentos suspensores das mamas**. Esses ligamentos vão dos músculos esqueléticos subjacentes até a derme sobrejacente e fornecem, como o nome sugere, suporte para as mamas. Os lobos da mama consistem em unidades menores chamadas **lóbulos**, compostas de minúsculos alvéolos, ou ácinos, agrupados como um cacho de uva. As paredes dos alvéolos consistem em um epitélio cuboide simples de células secretoras de leite. Partindo dos alvéolos, o leite passa por ductos cada vez maiores até chegar aos ductos maiores, chamados **ductos lactíferos** (*lactíferos* = que transportam leite), situados profundamente no mamilo. Profundo à aréola, cada ducto lactífero possui uma região dilatada chamada **seio lactífero**, onde o leite se acumula durante a amamentação.

A estrutura glandular da mama é pouco desenvolvida nas mulheres não grávidas. Durante a infância, as

mamas das meninas consistem apenas em ductos rudimentares, como as mamas dos homens durante toda a vida. Quando uma menina chega à puberdade, esses ductos crescem e ramificam-se, mas os lóbulos e alvéolos ainda não existem. (O aumento da mama na puberdade deve-se à deposição de gordura.) Os alvéolos glandulares finalmente se formam — a partir dos ductos menores — mais ou menos no meio da gravidez, e a produção de leite começa alguns dias após o parto.

O câncer de mama, que geralmente surge no sistema de ductos, é uma causa importante de morte por câncer nas mulheres (ver p. 807).

✓ Verifique seu conhecimento

- 16. Quais são os homólogos masculinos das seguintes estruturas genitais femininas: (a) lábios maiores, (b) clitóris, (c) bulbo do vestibulo?
- 17. Quando se desenvolve a porção glandular da mama nas mulheres?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

GRAVIDEZ E PARTO

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ descrever os processos de implantação e formação da placenta;
- ▶ definir uma vilosidade placentária (coriônica) e explicar suas funções;
- ▶ mencionar as três fases do trabalho de parto.

Gravidez

Eventos que levam à fertilização

Antes que a fertilização possa ocorrer, os espermatozoides depositados na vagina precisam nadar através do útero para alcançar o ovócito recém-ovulado na tuba uterina. Sabe-se que os espermatozoides têm proteínas denominadas *receptores olfatórios*, que respondem a estímulos químicos. Postula-se que o ovócito, suas

células circundantes ou as células no trato reprodutor feminino liberam moléculas de sinalização química que dirigem os espermatozoides.

Depois que o espermatozoide chega ao ovócito, ele liga-se aos receptores na zona pelúcida em volta do ovócito e sofre uma **reação acrossômica**, a liberação de enzimas digestivas do seu acrossomo (**Figura 25.22**). Essas enzimas digerem uma fenda na zona, através da qual o espermatozoide zigzagueia para chegar ao

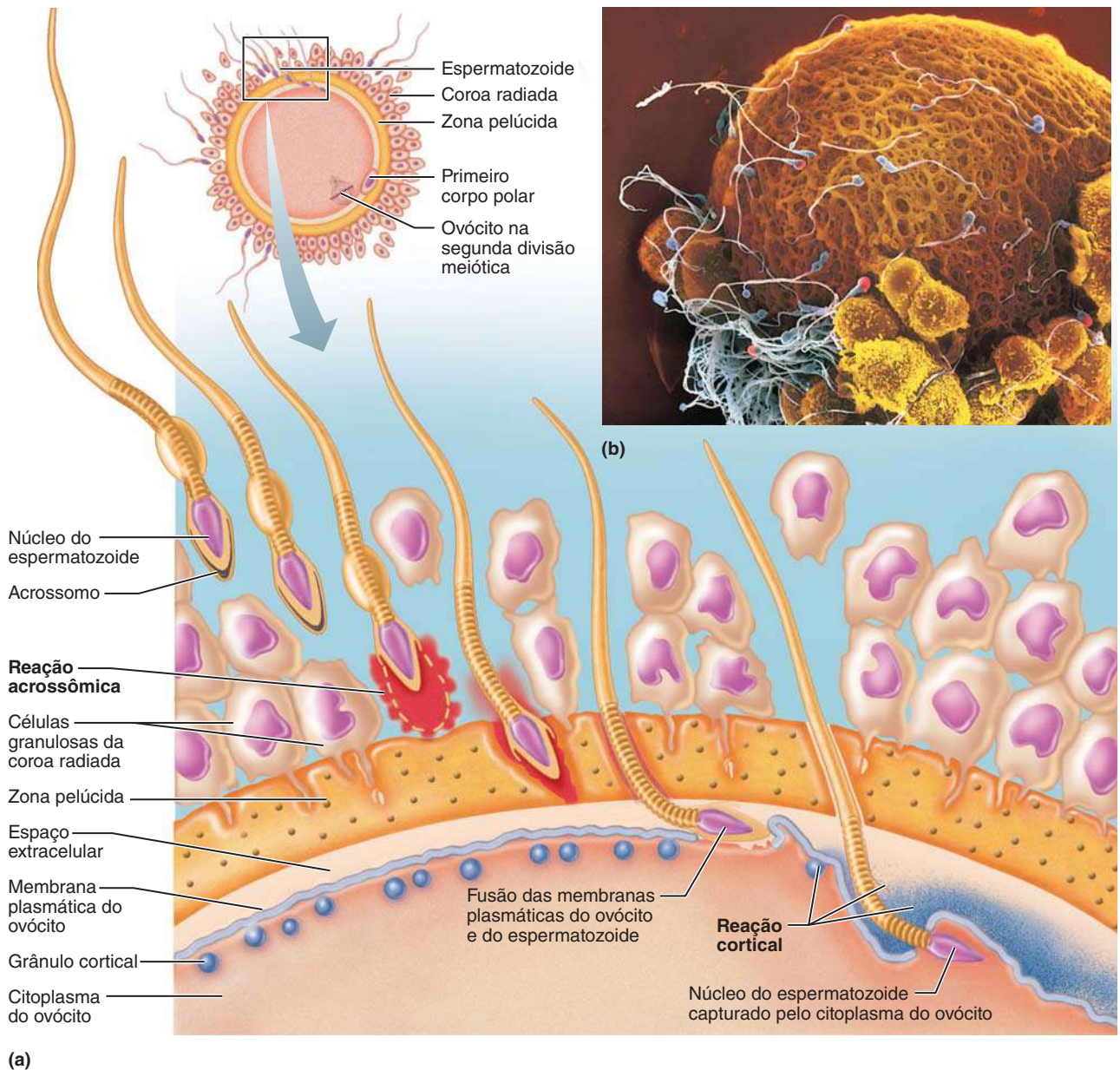


Figura 25.22 Eventos que levam à fertilização: as reações acrossômica e cortical. (a) A penetração do espermatozoide no ovócito é retratada da esquerda para a direita. Um espermatozoide passa entre as células da coroa radiada, liga-se à zona pelúcida, libera suas enzimas acrossômicas e passa através da zona. A fusão da membrana plasmática de um único espermatozoide com a membrana do ovócito induz a reação cortical. Nessa reação, os grânulos corticais no ovócito liberam enzimas no espaço extracelular que destroem os receptores de espermatozoides na zona pelúcida, impedindo a entrada de mais de um espermatozoide. (b) Eletronmicrografia de varredura do espermatozoide humano circundando um ovócito (colorizada artificialmente; 500×). As pequenas células esféricas são células granulosas da coroa radiada.

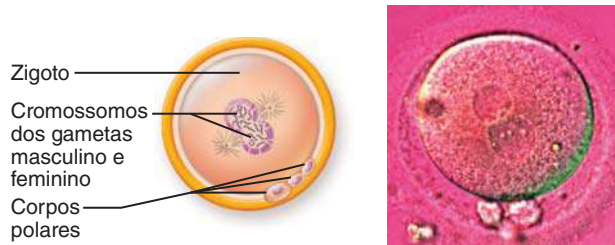


Figura 25.23 Fertilização. Ilustração e fotomicrografia da fusão dos cromossomos masculino e feminino em um ovócito. Repare nos corpos polares na parte de baixo do ovócito.

ovócito. A membrana plasmática de um único espermatozoide funde-se com a membrana plasmática do ovócito e o núcleo do espermatozoide é capturado pelo citoplasma do ovócito. Essa fusão induz a **reação cortical**: grânulos no ovócito secretam enzimas no espaço extracelular abaixo da zona pelúcida. Essas enzimas alteram a zona pelúcida e destroem os receptores de espermatozoides, impedindo que qualquer outro espermatozoide se ligue e entre no ovo.

A **fertilização** ocorre no momento em que os cromossomos dos gametas masculino e feminino se juntam no ovo (**Figura 25.23**). Então, o ovo fertilizado (zigoto) inicia a clivagem (divisão celular). No quarto dia após a fertilização, o embrião encontra-se no estágio de *blastocisto* multicelular e entrou no útero. (Os eventos dos quatro primeiros dias após a fertilização são discutidos nas p. 50-51.)

Implantação

Após chegar ao útero, o blastocisto flutua livremente na cavidade uterina por dois dias, recebendo nutrientes das secreções uterinas. Durante esse período, ele permanece “incubado”, digerindo parte da zona pelúcida para criar uma grande abertura e se espremer através dela. Cerca de seis dias após a fertilização, o blastocisto começa a **implantação**, que é o ato de penetrar no endométrio (**Figura 25.24a**). Nesse momento, o blastocisto consiste em uma *massa celular interna* (o futuro embrião) e em um **trofoblasto** externo (“gerador de alimentação”), uma camada que logo vai fornecer nutrição ao embrião a partir do útero materno. Na primeira etapa da implantação, as células do trofoblasto proliferam e formam duas camadas distintas (Figuras 25.24b e

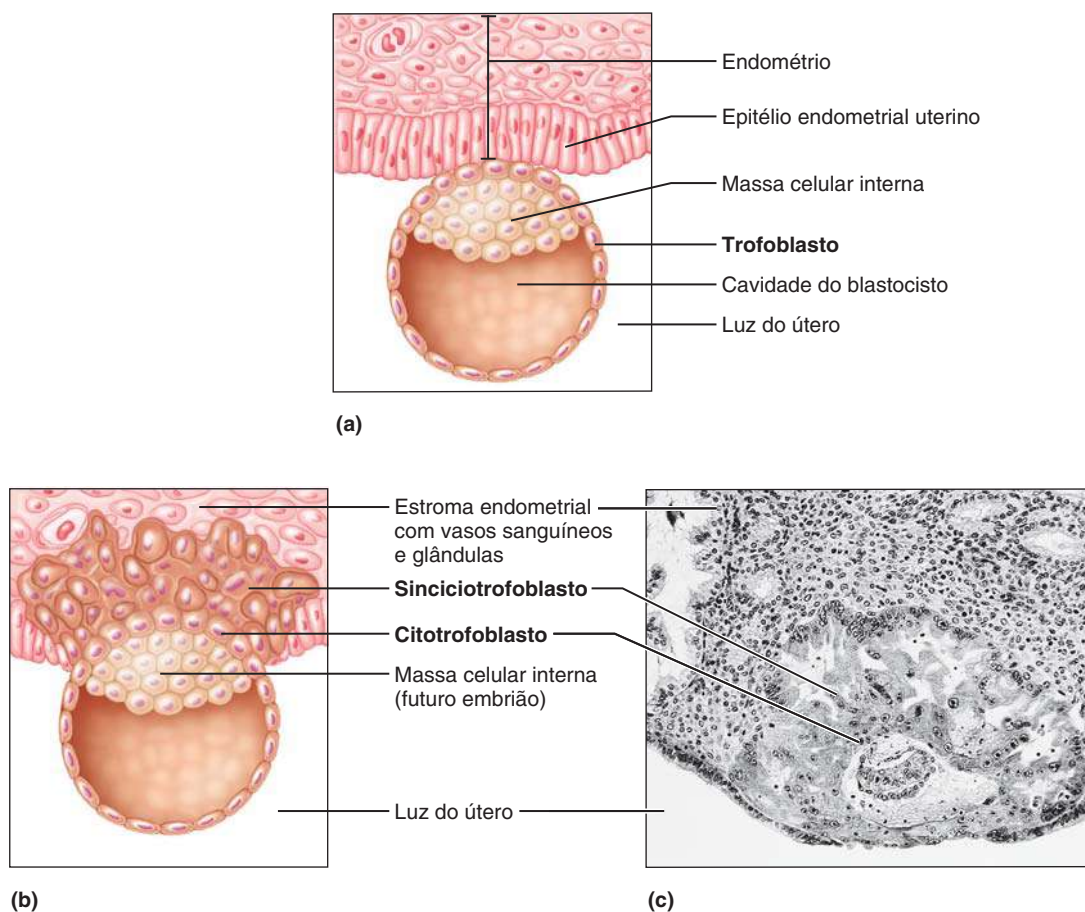


Figura 25.24 Implantação do blastocisto. (a) Diagrama de um blastocisto que acabou de aderir ao endométrio uterino (6º dia). (b) Embrião em processo de implantação em estágio ligeiramente avançado (7º dia), exibindo o citotrofoblasto e o sinciotrofoblasto. (c) Fotomicrografia de um embrião em processo de implantação (aproximadamente no 9º dia, 42×).

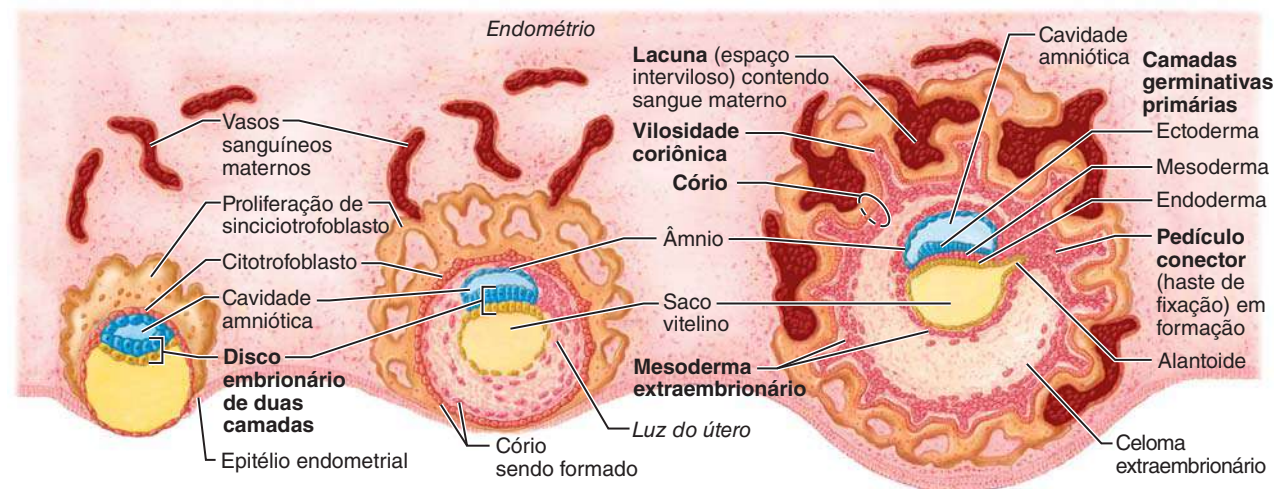
25.24c): uma camada interna, ou **citotrofoblasto** (“parte celular do trofoblasto”), onde ocorre a proliferação celular, e uma camada externa, ou **sinciciotrofoblasto** (“parte do trofoblasto com células fundidas”), onde as células perdem sua membrana plasmática e se fundem em uma massa multinucleada de citoplasma.

O sinciciotrofoblasto projeta-se de modo invasivo no endométrio e digere as células uterinas com as quais entra em contato. À medida que o endométrio é erodido, o blastocisto fica profundamente embutido nesse revestimento uterino espesso (**Figura 25.25a**). Espaços similares a fendas, chamados **lacunas**, abrem-se dentro do sinciciotrofoblasto e enchem-se rapidamente de sangue materno que flui dos vasos sanguíneos endometriais degradados (Figura 25.25c). Agora, 10-12 dias após a fertilização, os tecidos



APLICAÇÃO CLÍNICA

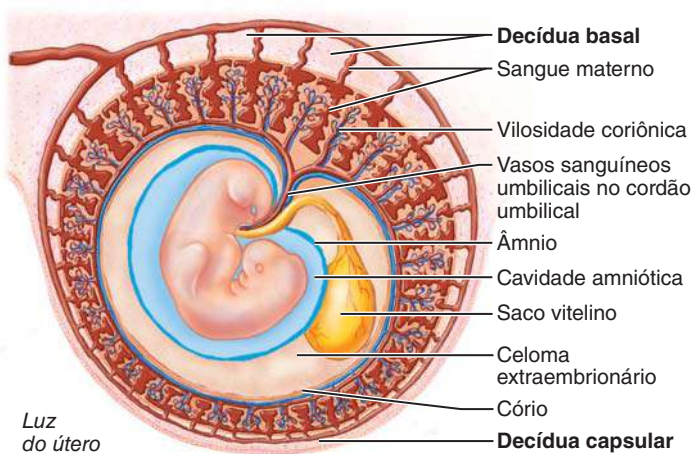
Gravidez ectópica A implantação de um embrião em qualquer outro lugar que não seja o útero se chama **gravidez ectópica** (ecto = “fora do(a)”). A gravidez ectópica pode ocorrer em um órgão intraperitoneal, como o fígado ou o baço, ou do lado de fora do útero, mas geralmente se dá em uma tuba uterina, condição chamada **gravidez tubária**. Como a tuba uterina é incapaz de estabelecer uma placenta ou de acomodar o crescimento, ela se rompe, a não ser que a condição seja diagnosticada precocemente. Se ocorrer ruptura, o sangramento interno pode ameaçar a vida da mulher. Por razões óbvias, as gravidezes ectópicas quase nunca resultam em nativos.



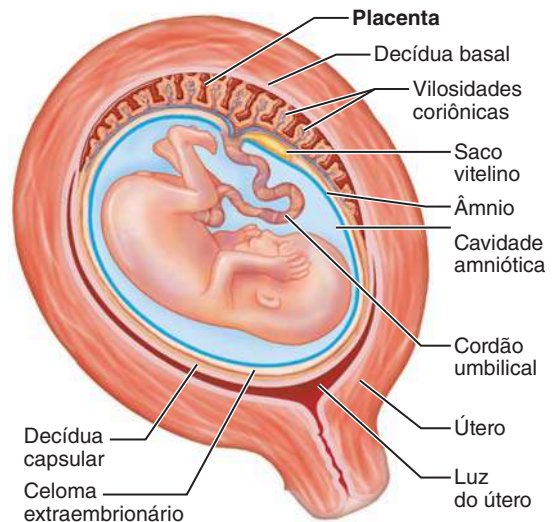
(a) Blastocisto após 7,5 dias do processo de implantação. O sinciciotrofoblasto está erodindo o endométrio.

(b) Blastocisto no 12º dia. A implantação está completa. O mesoderma extraembrionário está formando uma camada discreta por baixo do citotrofoblasto.

(c) Embrião com 16 dias. O citotrofoblasto e o mesoderma associado transformaram-se no cório e as vilosidades coriônicas estão sendo elaboradas. O pedículo conector forma a base do cordão umbilical.



(d) Embrião com 4,5 semanas. A decídua capsular e a decídua basal estão bem formadas. As vilosidades coriônicas situam-se nos espaços intervulósos cheios de sangue dentro do endométrio. O embrião agora está recebendo nutrição via vasos umbilicais que o conectam com a placenta (através do cordão umbilical).



(e) Feto com 13 semanas

Figura 25.25 Formação da placenta.

derivados do embrião fizeram seu primeiro contato com o sangue materno, sua fonte de alimentação definitiva. Nesse momento, os avanços seguem na direção da formação da placenta, o órgão que nutre o feto em desenvolvimento.

Formação da placenta

Tanto o tecido embrionário (trofoblástico) quanto o materno (endometrial) contribuem para a placenta. Primeiro, o trofoblasto em proliferação origina uma camada de **mesoderma extraembrionário** em sua superfície interna (Figuras 25.25b e 25.25c). Juntas, as camadas de mesoderma extraembrionário e trofoblasto agora se chamam **cório** (“membrana”), que se dobra em **vilosidades coriônicas** que entram em contato com as lacunas contendo sangue materno. Nesse estágio, o corpo do embrião conecta-se com o cório através de um **pedículo conector** feito de mesoderma embrionário. Esse pedículo forma o núcleo do futuro cordão umbilical, já que as artérias umbilicais e a veia umbilical crescem dentro dele a partir do corpo do embrião. Ao longo das duas semanas seguintes, os núcleos mesodérmicos das vilosidades coriônicas desenvolvem capilares que se conectam aos vasos do cordão umbilical que crescem a partir do embrião (Figura 25.25d). Com o estabelecimento dessa conexão vascular, o sangue do próprio embrião flui dentro das vilosidades coriônicas bem perto do sangue materno, mas sem se misturar com ele, imediatamente externo a essas vilosidades. Nutrientes, resíduos e outras substâncias começam a se difundir entre as duas correntes sanguíneas diferentes, através das vilosidades. Essa troca já está ocorrendo no final do primeiro mês de gravidez.

A formação da placenta é concluída no segundo e no terceiro mês. As vilosidades coriônicas localizadas mais perto do cordão umbilical crescem em complexidade, ao

passo que as situadas em volta do restante do embrião regridem e acabam desaparecendo. A parte do endométrio materno adjacente às complexas vilosidades coriônicas e ao cordão umbilical chama-se **decídua basal**, enquanto o endométrio oposto ao endométrio de decídua basal, no lado uterino-luminal do embrião implantado, é a **decídua capsular** (Figura 25.25d). A decídua capsular expande-se para acomodar o embrião em crescimento, que se chama feto após o segundo mês, e enche completamente a luz uterina no início do quarto mês. Nesse quarto mês, a decídua basal e as vilosidades coriônicas perfazem, juntas, um disco espesso em forma de panqueca no final do cordão umbilical — a **placenta** (Figura 25.25e) —, que continua a nutrir o feto por mais seis meses, até o nascimento. Como ela se descola e desliza para fora do útero após o nascimento, o nome de sua porção materna — *decídua* (“a que cai”) — é adequado.

Vale enfatizar que a placenta não recebe esse nome enquanto não atingir a forma de panqueca no início do quarto mês (13ª semana), embora suas vilosidades coriônicas estejam estabelecidas e funcionando bem antes disso.

Troca através da placenta

As trocas que ocorrem através das vilosidades coriônicas entre o sangue materno e o fetal são absolutamente essenciais para a vida pré-natal. Essas trocas fornecem nutrientes e oxigênio ao feto, descartam seus resíduos e permitem que ele envie sinais hormonais para a mãe. Para viajar entre o sangue materno e o fetal, as substâncias precisam passar pela *barreira placentária*, que consiste nas três camadas de cada vilosidade coriônica — sincitiotrofoblasto, citotrofoblasto, mesoderma extraembrionário (Figura 25.25c) —, além do endotélio dos capilares fetais nas vilosidades (Figura 25.26). As camadas de citotrofoblasto e

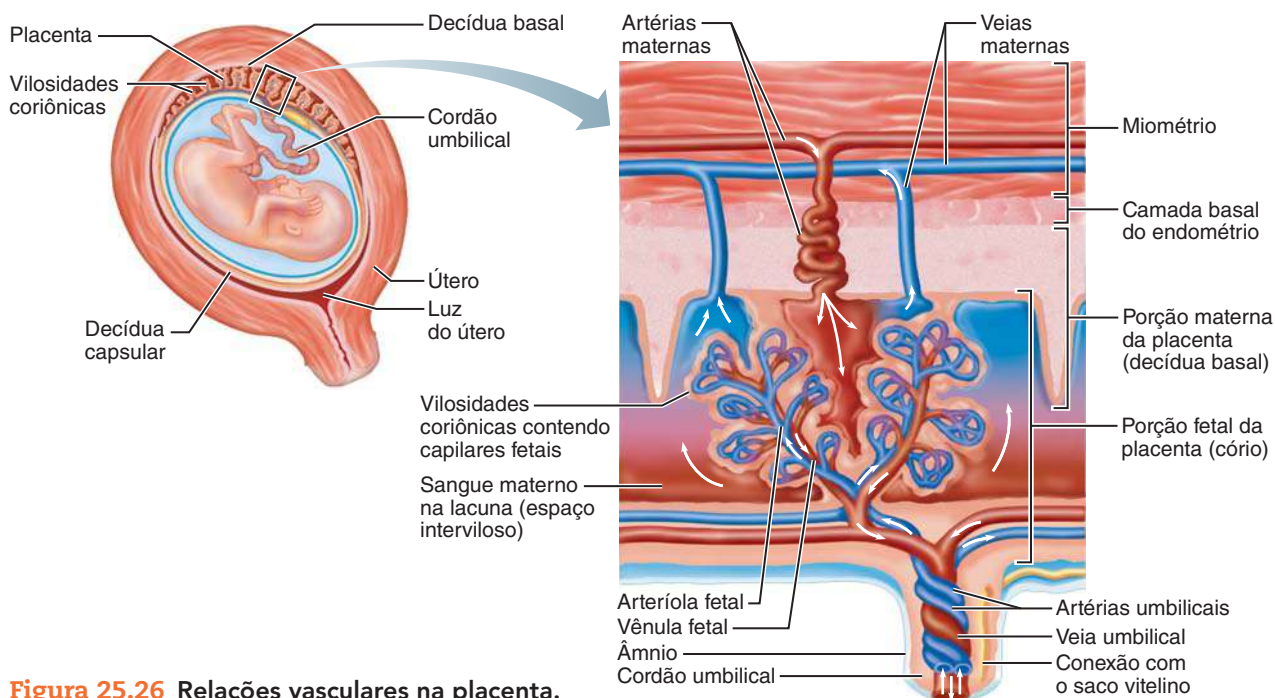


Figura 25.26 Relações vasculares na placenta.

mesoderma logo se reduzem a meros traços, adelgaçando a barreira e permitindo uma troca molecular muito eficiente.

Muitos tipos de molécula passam pelas vilosidades coriônicas da placenta, por meio de vários mecanismos. Açúcares, gorduras e oxigênio são difundidos da mãe para o feto, ao passo que a ureia e o dióxido de carbono são difundidos do feto para a mãe. Os anticorpos maternos são transportados ativamente através da placenta e conferem ao feto alguma resistência às doenças. A placenta é eficaz no bloqueio da passagem da maioria das bactérias da mãe para o feto, mas muitos vírus (vírus do sarampo, da catapora, da mononucleose e às vezes o HIV) conseguem passar, assim como muitas drogas e toxinas (álcool, heroína, mercúrio). Como a placenta não é uma barreira muito eficaz contra as drogas, a mãe deve reduzir a ingestão de substâncias nocivas durante a gravidez para igualmente minimizar as chances de ocorrência de defeitos congênitos (ver Capítulo 3).

O sincitiotrofoblasto secreta muitas substâncias que chegam ao sangue materno e regulam os eventos da gravidez. Uma dessas substâncias é uma enzima que “desliga” os linfócitos T da mãe, evitando que seu sistema imune rejeite o feto. A maioria dessas substâncias, porém, é formada por hormônios. Alguns deles (progesterona e gonadotropina coriônica humana, ou HCG) mantêm o útero em seu estado de gravidez, e outros, secretados nos estágios finais da gravidez (estrogênios e hormônio de liberação da corticotropina), promovem o trabalho de parto. A produção do HCG começa logo depois da formação do sincitiotrofoblasto, apenas uma semana após a fertilização; sua presença na urina da mulher grávida é a base da maioria dos testes de gravidez.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Placenta deslocada — Placenta prévia (“aparece na frente”) é uma condição em aproximadamente uma a cada 200 gestações, na qual o embrião se implanta na parte inferior — em vez de na parte superior, como seria normal — da parede uterina. A placenta pode cobrir a abertura interna do colo. A placenta prévia geralmente está associada com sangramento durante os últimos três meses de gravidez, já que parte da placenta se afasta do útero. Para limitar o sangramento, prescreve-se repouso. A placenta prévia é diferente da **abrupção placentária**, em que a placenta está na posição normal, mas fica parcialmente separada da parede uterina antes do parto. O transtorno, que é até oito vezes mais comum do que a placenta prévia, também produz sangramento vaginal durante a gravidez. A abrupção placentária pode interferir no desenvolvimento fetal ao reduzir o fornecimento de nutrientes e oxigênio para o feto.

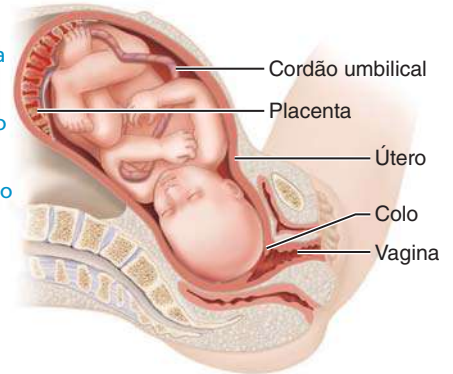
Parto

O **parto**, que é o ato de dar à luz, ocorre 266 dias, em média, após a fertilização e 280 dias após o último período menstrual. Os eventos que expõem o bebê do

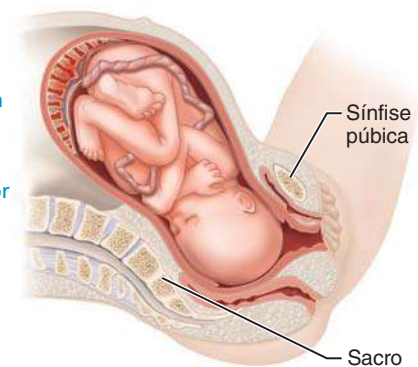
útero são classificados como **trabalho de parto**, cuja iniciação é complexa.

O trabalho de parto envolve três estágios sucessivos: dilatação, expulsão e placentário (**Figura 25.27**). O **estágio de dilatação (primeiro)** (**Figura 25.27** **1a** e **1b**) começa com as primeiras contrações regulares do útero e termina quando o colo está plenamente dilatado (aproximadamente 10 cm de diâmetro) pela cabeça do

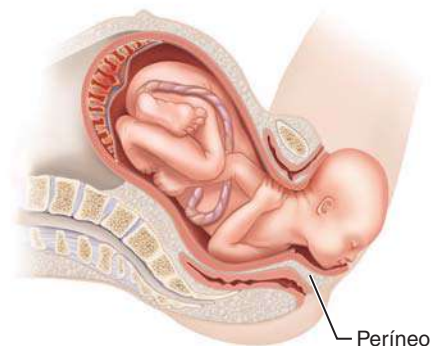
1a Dilatação inicial. A cabeça do bebê entra na pelve; a maior dimensão encontra-se ao longo do eixo esquerdo-direito (laterolateral).



1b Dilatação final. A cabeça do bebê gira de modo que a maior dimensão esteja no eixo anteroposterior (da saída pélvica). A dilatação está quase completa.



2 Expulsão. A cabeça do bebê aparece.



3 Estágio placentário. Após o parto, a placenta descola-se e é retirada.

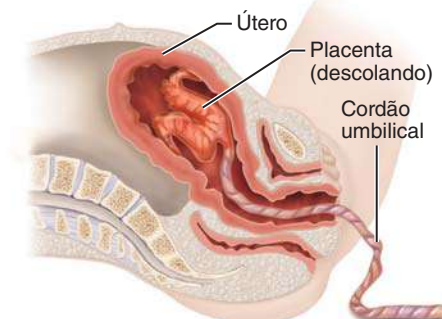


Figura 25.27 Estágios do trabalho de parto.

bebê. É a fase mais demorada do trabalho de parto, durando 6-12 horas ou mais.

O **estágio de expulsão (segundo)** (Figura 25.27 ②) vai da dilatação até o parto. As contrações uterinas ficam mais fortes nesse estágio e a mãe tem maior necessidade de pressionar os músculos abdominais. Embora essa fase possa levar até duas horas, normalmente ela dura 50 minutos em um primeiro parto e 20 minutos nos partos subsequentes.

O **estágio placentário (terceiro)** (Figura 25.27 ③), ou liberação da placenta, ocorre em 15 minutos após o nascimento do bebê. As contrações uterinas vigorosas que continuam após o parto comprimem os vasos sanguíneos uterinos, limitando o sangramento e fazendo que a placenta se descole da parede uterina. A placenta é removida facilmente com um leve puxão no cordão umbilical. Os vasos sanguíneos no cordão umbilical são contados para verificar a presença das duas artérias umbilicais e uma veia umbilical, pois a ausência de uma artéria umbilical costuma estar associada a transtornos cardiovasculares no bebê.

✓ Verifique seu conhecimento

- 18. O que impede mais de um espermatozoide de fertilizar um ovo?
- 19. Que parte da placenta é formada a partir do tecido materno? Que parte é formada a partir do tecido fetal?
- 20. Além de nutrir o feto em desenvolvimento, a placenta atua como um órgão endócrino. Quais são os hormônios produzidos por ela?

(Veja as respostas no Apêndice B.)

TRANSTORNOS DO SISTEMA GENITAL

Objetivo de aprendizagem:

- considerar os vários cânceres do sistema genital.

Cânceres do sistema genital nos homens

Câncer de testículo

Os **cânceres de testículo**, que afetam aproximadamente um em cada 50 mil homens, com mais frequência entre os 15 e os 35 anos de idade, surgem na maioria das vezes nas células espermatogênicas em estágio inicial, que se dividem rapidamente. Os tumores resultantes são caroços firmes e normalmente indolores, embora a dor difusa possa estar associada com o inchaço do testículo inteiro. Como a maioria desses cânceres é curável, caso sejam detectados precocemente, os homens são acon-

selhados a examinar seus testículos regularmente em busca de caroços que são sentidos através da pele do escroto. Embora grande parte dos caroços descobertos nesses autoexames não seja câncer, mas bolsas de fluido relativamente inofensivas, chamadas varicoceles e hidroceles (discutidas na p. 778 e nos “Termos clínicos”, p. 812), o diagnóstico adequado permite a exclusão dos cânceres.

Por motivos desconhecidos, o câncer de testículo está se tornando cada vez mais comum. Apesar do aumento na incidência, esse câncer é curado em 95% dos casos e as taxas de mortalidade estão caindo. O tratamento inclui remoção do testículo afetado, radioterapia e quimioterapia.

Câncer de próstata

O **câncer de próstata** é um câncer de crescimento lento que surge nas principais glândulas desse órgão. Embora seja em geral assintomático, o câncer pode crescer a ponto de interferir na uretra e o fluxo de urina pode ser bloqueado. Após atingir determinado tamanho, o câncer de próstata sofre metástase para a pelve óssea, linfonodos pélvicos e esqueleto axial, produzindo dor na pelve, na região lombar e nos ossos. A metástase é mais rápida em relativamente poucos homens que desenvolvem o câncer de próstata antes dos 60 anos de idade.

Esse tipo de câncer é a segunda causa mais comum de morte por câncer nos homens (após o câncer de pulmão), matando 3% de todos os homens nos Estados Unidos.⁵ Os fatores de risco incluem uma dieta rica em gorduras e a predisposição genética; na realidade, o câncer de próstata é um componente proeminentemente mais hereditário do que a maioria dos demais cânceres.

O exame de toque do reto e a imagem de ultrassom com um dispositivo inserido no reto conseguem detectar o câncer de próstata apenas nos estágios finais da doença. O método mais eficaz é a medição dos níveis sanguíneos do antígeno específico da próstata (PSA; ver p. 783). Os exames de PSA detectam com sucesso o câncer de próstata em 70% a 80% dos casos e são recomendados para todos os homens com mais de 50 anos de idade. Quando os níveis do PSA estão altos, o câncer é diagnosticado pela biópsia da próstata. O exame do PSA detecta o câncer de próstata 11 anos, em média, antes do exame retal. As metástases são detectadas por cintilografia óssea ou IRM (ressonância magnética), sendo confirmadas pela imagem de ultrassom ou biópsia.

Se o câncer for detectado antes da metástase, a prostatectomia radical (remoção completa da próstata) ou a radioterapia (incluindo a inserção de grãos de material radioativo do tamanho de um arroz diretamente na glândula) são altamente eficazes — 85% dos pacientes ficam livres do câncer após dez anos. No entanto, se tiver ocorrido metástase, não há medidas de controle disponíveis.

⁵ Nota do editor: no Brasil, segundo o Inca, o câncer de próstata é o segundo mais comum entre os homens, afetando mais aqueles com mais de 65 anos. Entre 2004 e 2009, cerca de 13,7% da população masculina desenvolveu esse tipo de neoplasia.

Porém, o câncer costuma crescer tão lentamente que muitos pacientes morrem de outras doenças ou condições relacionadas à idade. Em geral, o câncer de próstata mata cerca de 10% dos homens que o desenvolveram.

Cânceres do sistema genital nas mulheres

Câncer de ovário

O **câncer de ovário** surge tipicamente nas células do epitélio germinativo que cobrem o ovário. Ele afeta 1,4% das mulheres e produz poucos sintomas até aumentar suficientemente para produzir uma sensação de pressão na pelve ou alterações nos hábitos do intestino ou da bexiga. A metástase ocorre via vasos linfáticos e sanguíneos ou pela disseminação direta para as estruturas vizinhas.

As mulheres com mais ovulações ao longo da vida (ou seja, que nunca tiveram filhos nem utilizaram contraceptivos) têm maior risco de câncer ovariano, talvez porque a ampla divisão celular envolvida na reparação do local de um folículo rompido (ovulado) a cada mês predisponha as células do epitélio germinativo ao câncer.

O diagnóstico pode incluir a percepção de uma massa durante um exame pélvico, a visualização dessa massa por uma sonda de ultrassom inserida na vagina ou um exame de sangue para uma proteína associada ao câncer ovariano. O tratamento é por remoção cirúrgica do ovário, das tubas uterinas e do útero, seguida por radioterapia e quimioterapia. Como a detecção precoce é difícil e o prognóstico é ruim no caso de ocorrência de metástase, a taxa de sobrevida global de cinco anos após o câncer ovariano é menor que 40%.

Câncer do endométrio

O **câncer do endométrio**, que surge no endométrio do útero (geralmente nas glândulas uterinas), é o quarto câncer mais comum nas mulheres (após o câncer de pulmão, mama e colorretal); cerca de 2% de todas as mulheres o desenvolvem. O sinal mais importante do câncer endometrial, que é o sangramento pela vagina, permite a detecção precoce. Os fatores de risco incluem obesidade e terapia de reposição de estrogênio pós-menopausa (já que os estrogênios estimulam o crescimento e a divisão das células endometriais). O diagnóstico pode ser feito usando-se um dispositivo de ultrassom inserido na vagina para detectar o espessamento endometrial, seguido por uma biópsia endometrial. O tratamento inclui a remoção do útero e posterior radiação pélvica. Como muitas vezes é detectado de modo precoce, o câncer de endométrio tem uma taxa de cura relativamente elevada: de 40% a 95%.

Câncer de colo

O **câncer de colo**, que aparece em geral entre os 30 e os 50 anos de idade e ocorre em cerca de 1% das mulhe-

res norte-americanas, é um câncer de crescimento lento que surge no epitélio que reveste a extremidade do cérvix.⁶ Noventa por cento dos casos são provocados pelo papilomavírus humano (HPV) transmitido sexualmente. Um **esfregaço Papanicolau (Pap)**, ou *esfregaço cervical*, é a maneira mais eficaz de detectar esse câncer em seu estágio mais precoce (pré-canceroso). Nesse exame de triagem, algumas células epiteliais cervicais são removidas e examinadas microscopicamente em busca de anomalias. Se as células cancerosas ou pré-cancerosas estiverem confinadas no cérvix, elas são excisadas ou removidas por congelamento ou *laser*; nesses casos, as taxas de sobrevivência são muito altas (mais de 95%). Quando o câncer já se espalhou pelos órgãos pélvicos, a radiação junto com a quimioterapia parecem produzir taxas de sobrevida de cinco anos superiores a 70%. Hoje existe uma vacina, comercializada com o nome de Gardasil®, que impede a infecção por muitos tipos de HPV.

A vacinação é incentivada nas adolescentes e mulheres jovens para prevenir essa infecção transmitida sexualmente e protegê-las do câncer cervical. A vacina não protege contra todos os tipos de HPV que podem provocar o câncer cervical e, assim, a triagem Pap regular ainda é necessária. Devido à importância da detecção precoce, as mulheres com mais de 18 anos de idade (ou mais jovens, se forem sexualmente ativas) são aconselhadas a fazer um esfregaço Pap a cada 1-3 anos.

Câncer de mama

O **câncer de mama**, a segunda causa mais comum de mortes por câncer nas mulheres, que mata 3% das norte-americanas, surge geralmente nos ductos menores dos lóbulos da mama.⁷ Uma em cada oito mulheres desenvolve câncer de mama durante a vida. Aconselha-se a realização de autoexames da mama mensalmente para detectar caroços, mudanças de formato, escamação no mamilo ou aréola, corrimento no mamilo ou cavidades ou textura de casca de laranja na mama.

Os fatores de risco do câncer de mama incluem histórico familiar da doença, menopausa tardia, início precoce da puberdade, primeiro nativo após os 30 anos de idade e terapia de reposição do estrogênio depois da menopausa. Com a possível exceção do histórico familiar, todos esses fatores de risco refletem uma exposição vitalícia aos estrogênios, que estimulam a divisão das células dos ductos e promovem o câncer.

O câncer de mama espalha-se rapidamente, produzindo metástase a partir da mama através dos vasos linfáticos até os linfonodos axilares e paraesternais e depois até a parede torácica, pulmões, fígado, cérebro e ossos. Se as metástases chegarem aos pulmões ou ao fígado, o tempo médio de sobrevida é menor que seis meses.

As técnicas de triagem para permitir a detecção precoce reduzem de modo eficaz a mortalidade por esse tipo de

6 Nota do editor: no Brasil, estima-se que o câncer de colo seja o terceiro mais frequente na população feminina, sendo 10% de todos os tumores malignos.

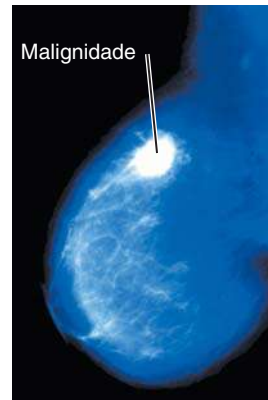
7 Nota do editor: somente em 2011, o Brasil registrou 13.225 mortes por câncer de mama, segundo tipo que mais mata no país, em decorrência de seu diagnóstico tardio.



(a) Procedimento de mamografia



(b) Imagem de uma mama normal



(c) Imagem de uma mama com tumor

Figura 25.28 Mamografias.

câncer. Mulheres com mais de 40 anos são aconselhadas a fazer uma **mamografia** (imagem de raios X da mama) anualmente (Figura 25.28). As massas suspeitas são submetidas à biópsia e examinadas microscopicamente para determinar se são cancerosas. Se uma ou mais dessas forem cancerosas, os linfonodos axilares são removidos e examinados em busca de células cancerosas; a porcentagem afetada desses nodos axilares é o melhor indicador de metástase e o preditor mais confiável de sobrevivência. A **mastectomia radical** — a remoção da mama afetada inteira e dos músculos, fáscia e linfonodos associados subjacentes — é realizada apenas nos casos mais avançados. O padrão de tratamento atual consiste em uma **lumpectomia** — remoção das massas cancerosas e de uma pequena borda de tecido circundante — seguida por radioterapia e depois pela administração de hormônios (os conhecidos moduladores de reposição seletiva do estrogênio, como o tamoxifeno) e quimioterapia.

A importância da detecção precoce por meio de mamografias regulares é evidente nas estatísticas de sobrevivência. Entre as pacientes nas quais o câncer de mama sofreu metástase para quase todos os linfonodos axilares, a taxa de sobrevivência de cinco anos é de aproximadamente 30%, mas quando os linfonodos axilares não estão envolvidos, a taxa de sobrevivência de cinco anos é de 78%.

O SISTEMA GENITAL AO LONGO DA VIDA

Objetivos de aprendizagem:

- ▶ comparar e diferenciar o desenvolvimento pré-natal dos órgãos sexuais masculinos e femininos;
- ▶ observar as mudanças anatômicas que ocorrem durante a puberdade e a menopausa.

Desenvolvimento embrionário dos órgãos sexuais

Nos homens e nas mulheres, as gônadas começam a se desenvolver durante a quinta semana como massas

de mesoderma intermediário chamadas **cristas gonadais** (Figura 25.29), que formam protuberâncias na parede dorsal do abdome da região lombar, imediatamente medial ao mesonefro (rim embrionário; ver p. 768). Os **ductos mesonéfricos (de Wolff)**, os futuros ductos masculinos, desenvolvem-se medialmente aos **ductos paramesonéfricos (de Müller)**, os futuros ductos femininos. Ambos os conjuntos de ductos abrem-se na cloaca (futuras bexiga e uretra). Nesse momento, diz-se que o embrião se encontra no **estágio sexualmente indiferenciado**, pois a crista gonadal e os ductos são estruturalmente idênticos em ambos os sexos.

Na semana seguinte ao aparecimento das cristas gonadais, as **células germinativas primordiais** migram para elas a partir do saco vitelino e semeiam o desenvolvimento das gônadas com células germinativas destinadas a se transformar em espermatogônias masculinas ou ovogônias femininas. Após a migração dessas células germinativas, as cristas gonadais diferenciam-se em testículos ou ovários, com base na presença ou ausência de um sinal indutor masculino, chamado proteína SRY, proveniente do epitélio que reveste a crista.

Nos embriões **masculinos**, essa diferenciação começa na sétima semana (Figura 25.29, lado esquerdo). Os cordões testiculares (os futuros túbulos seminíferos) crescem a partir da superfície gonadal para a parte interna da gônada, onde se conectam ao ducto mesonéfrico através dos néfrons, que se transformam nos túbulos eferentes. Com o avanço do desenvolvimento, o ducto mesonéfrico se transforma nos principais ductos sexuais masculinos: epidídimo, ducto deferente e ducto ejaculatório. Os ductos paramesonéfricos não participam do desenvolvimento masculino e logo degeneram.

Nos embriões **femininos** (Figura 25.29, lado direito), o processo começa um pouco mais tarde, aproximadamente na oitava semana. A parte externa, ou cortical, dos ovários imaturos forma os folículos ovarianos. Logo depois, os ductos paramesonéfricos diferenciam-se na maioria das estruturas do sistema de ductos femininos — tubas uterinas, útero e parte superior da vagina —, e os ductos mesonéfricos degeneram.

Assim como as gônadas, os *genitais externos* desenvolve-se a partir de estruturas idênticas em ambos os sexos (Figura 25.30). Durante o estágio sexualmente indiferenciado, os embriões masculinos e femininos possuem uma pequena projeção, chamada **tubérculo genital**, em sua superfície perineal externa. O seio urogenital da cloaca (futuras uretra e bexiga) situa-se profundamente ao tubérculo, e o **sulco uretral**, que serve como abertura ex-

terna do seio urogenital, segue entre o tubérculo genital e o ânus. O sulco uretral é flanqueado pelas **pregas uretrais** (*pregas genitais*) e pelas **intumescências labioescrotais**.

Durante a oitava semana, o genital externo começa a se desenvolver rapidamente. Nos homens (Figura 25.30b), o tubérculo genital aumenta, formando a maior parte do pênis (a glândula e os corpos eréteis), e as pregas uretrais fundem-se na linha mediana, formando a uretra

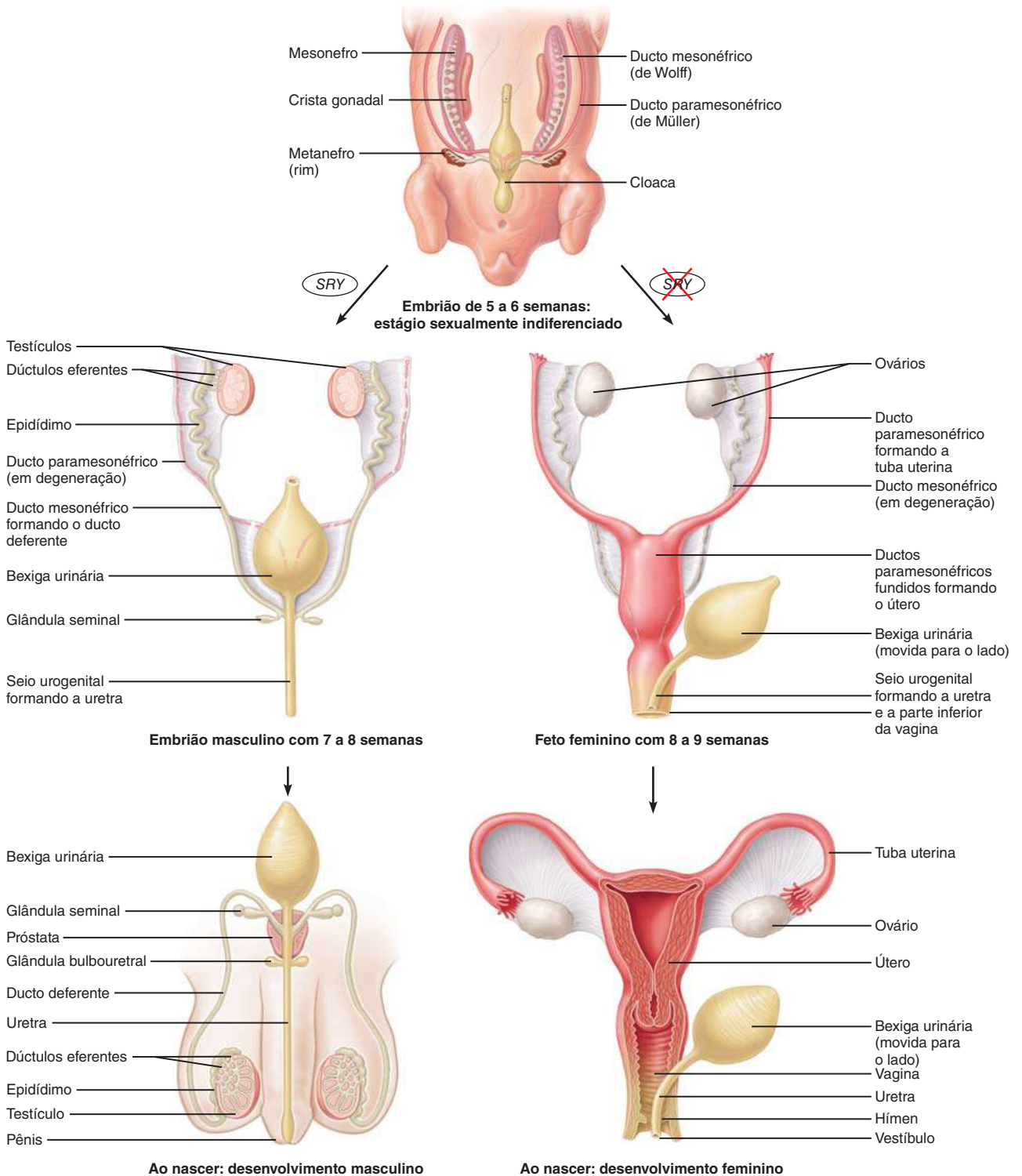


Figura 25.29 Desenvolvimento dos órgãos genitais internos em ambos os sexos.

peniana. As duas intumescências labioescrotais também se unem na linha mediana para formar o escroto. Nas mulheres (Figura 25.30c), o tubérculo genital torna-se o clítoris, as pregas uretrais não fundidas se transformam nos lábios menores, e as intumescências labioescrotais não fundidas se transformam nos lábios maiores. O sulco uretral persiste nas mulheres como vestíbulo da vagina.



APLICAÇÃO CLÍNICA

Hipospádia É a anomalia congênita mais comum da uretra masculina. Ocorrendo em aproximadamente 1% dos nascimentos, ela resulta de uma falha das duas pregas uretrais em se fundirem completamente, produzindo aberturas uretrais na face inferior do pênis. Em consequência, uma quantidade maior de urina é eliminada por essa face do que por sua extremidade. Essa condição, que está se tornando mais comum, é corrigida em geral por via cirúrgica nos primeiros 18 meses de idade.

Descida das gônadas

Em ambos os sexos, as gônadas originam-se junto à parede corporal dorsal da região lombar e depois migram na direção caudal durante o período fetal. No feto masculino, os testículos descem na direção do escroto e são acompanhados por seus vasos sanguíneos e nervos (Figura 25.31a). Os testículos alcançam a pelve perto da região inguinal no terceiro mês, quando uma projeção da cavidade peritoneal, similar a um dedo e chamada **processo vaginal**, passa entre os músculos da parede anterior do abdome e forma o canal inguinal. Os testículos param de descer no sétimo mês, quando subitamente passam rápido pelo canal inguinal e entram no escroto (Figura 25.21b). Depois que os testículos chegam ao escroto, a parte proximal de cada processo vaginal fecha-se, enquanto a parte caudal se transforma na túnica vaginal (Figura 25.31c). No entanto, em alguns meninos o processo vaginal não se fecha e esse caminho aberto até o escroto constitui a rota de uma hérnia inguinal para dentro do processo vaginal. Na realidade, essas **hérnias inguinais congênicas** são as mais comuns.

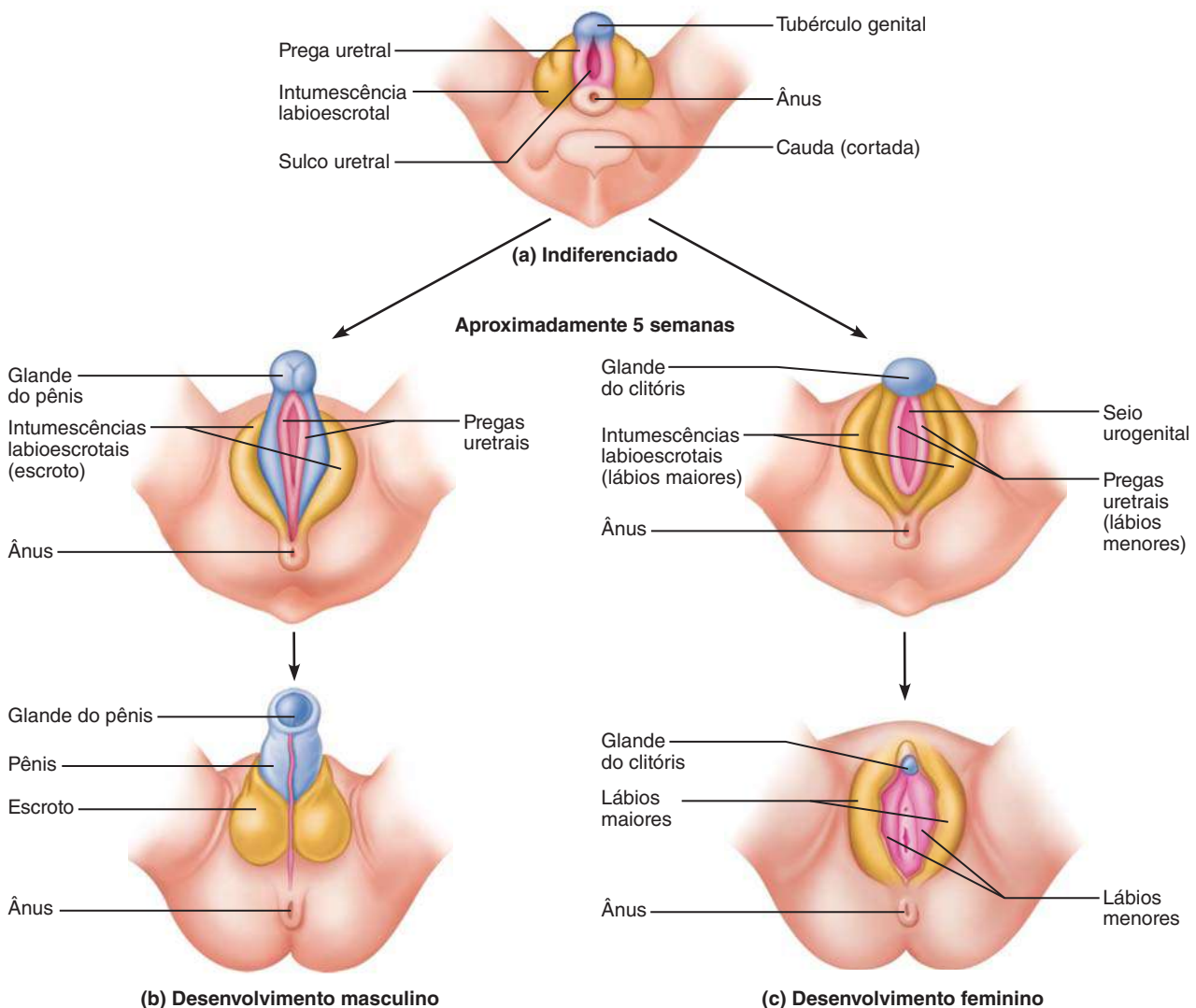
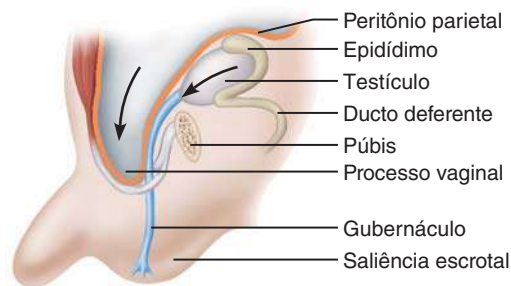


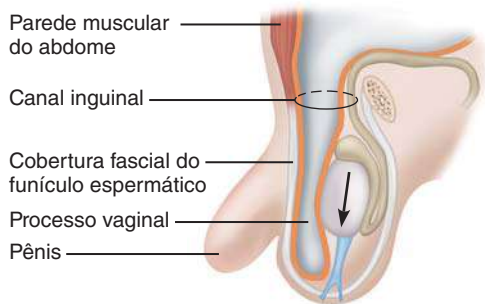
Figura 25.30 Desenvolvimento das estruturas homólogas da genitália externa em ambos os sexos. As duas imagens na parte inferior da figura exibem uma região perineal plenamente desenvolvida.

O mecanismo causador da descida dos testículos não é conhecido, mas a maioria das teorias se concentra em um cordão fibroso chamado **gubernáculo** (“guia”), que se estende caudalmente do testículo até o assoalho do escroto e é conhecido por encurtar seu tamanho (Figura 25.31). A descida final pelo canal inguinal pode ser auxiliada por um aumento na pressão intra-abdominal, que empurra o testículo para dentro do escroto. Seja qual for o caso, essa descida final pelo canal inguinal é estimulada pela testosterona.

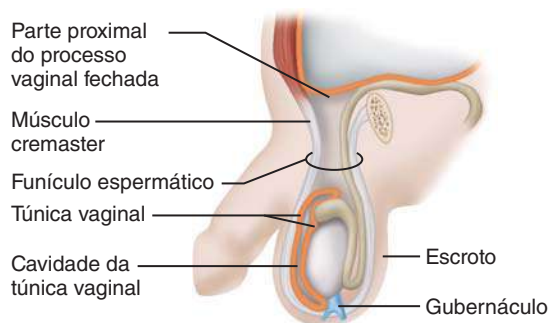
Assim como os testículos, os ovários descem durante o desenvolvimento fetal, mas apenas até a pelve, onde o ligamento largo bloqueia qualquer descida adicional. Cada ovário é guiado em sua descida por um gubernáculo preso ao lábio maior do pudendo, que é homólogo ao gubernáculo no homem (ver Figura 25.31a). Na mulher, a



(a) Feto com 3 meses



(b) Feto com 7 meses



(c) Ao nascer

Figura 25.31 Descida dos testículos. Cortes sagittais da pelve do feto masculino.

parte inferior do gubernáculo transforma-se no ligamento redondo do útero e sua parte superior transforma-se no ligamento útero-ovárico (ver Figuras 25.12 e 25.15).



APLICAÇÃO CLÍNICA

Criptorquidismo A condição congênita chamada **criptorquidismo** (“testículo oculto”) ocorre em aproximadamente 5% dos recém-nascidos do sexo masculino, nos quais um ou ambos os testículos não descem para o escroto. O testículo retido, que pode estar situado no canal inguinal (normalmente) ou na cavidade pélvica, é estéril, pois o espermatozoide viável não pode ser produzido em uma temperatura elevada como a desses locais. As células intersticiais desses testículos, porém, secretam testosterona. Recomenda-se a correção cirúrgica dentro de 6-18 meses após o nascimento para evitar danos às células formadoras de espermatozoides. Se não forem corrigidos, os testículos retidos têm maior probabilidade de desenvolver câncer testicular.

Puberdade

A **puberdade** é o período da vida, geralmente entre os 10 e os 15 anos de idade, em que os órgãos genitais crescem até o tamanho adulto e a reprodução torna-se possível. Essas mudanças são resultado da influência dos níveis crescentes de hormônios gonadais: a testosterona nos homens e o estrogênio nas mulheres. Os eventos da puberdade ocorrem na mesma sequência em todos os indivíduos, mas a idade em que acontecem varia bastante.

Nos homens, a primeira mudança é um aumento dos testículos e do escroto por volta dos 13 anos de idade. A isso se segue o surgimento dos pelos púbicos, axilares e faciais, que são **características sexuais secundárias** — induzidas nos órgãos *não reprodutores* pelos hormônios sexuais. Outras características sexuais secundárias incluem o aumento da laringe, que torna a voz masculina mais grave, e uma maior oleosidade da pele, que pode levar à acne.

A massa muscular esquelética também aumenta na puberdade, em um surto de crescimento que dura até seis anos. A maturação sexual fica evidenciada pela presença de espermatozoides maduros no sêmen.

Nas mulheres, o primeiro sinal da puberdade é o brotamento das mamas, muitas vezes aparente aos 11 anos de idade. A **menarca** (“começo do mês”), a primeira menstruação, ocorre geralmente 1-2 anos depois. A ovulação e a fertilidade confiáveis aguardam a maturação dos controles hormonais hipofisários, que leva por volta de mais dois anos. Nesse ínterim, aparecem as características sexuais secundárias induzidas pelo estrogênio, por volta dos 13 anos, incluindo aumento na gordura subcutânea, sobretudo nos quadris e nas mamas, e alargamento e diminuição de peso dos ossos do cingulo do membro inferior (pélvico), adaptações

que facilitam o parto. Além disso, os ovários secretam alguns androgênios que sinalizam o desenvolvimento dos pelos púbicos e axilares, das glândulas sudoríferas apócrinas e da oleosidade da pele. O surto de crescimento feminino induzido pelo estrogênio dura dos 12 aos 15-17 anos de idade.

Menopausa

A maioria das mulheres, em termos psicológicos, atinge o pico reprodutivo no final da terceira década de vida. Por volta dos 35 anos de idade, a taxa de degeneração dos folículos nos ovários aumenta. Mais tarde, quando permanecem poucos folículos nos ovários, a ovulação e a menstruação cessam. Esse evento, chamado **menopausa**, ocorre normalmente entre os 46 e os 54 anos de idade. A causa da menopausa é obscura: ela pode ser induzida pela exaustão dos folículos dos ovários ou ser sinalizada pelo cérebro.

Após a menopausa, os ovários param de secretar estrogênios e testosterona. Privados dos estrogênios, os órgãos genitais e as mamas começam a atrofiar. À medida que a vagina fica menos úmida, o intercuro pode se tornar doloroso e as infecções se tornam mais comuns. A pele fica gradualmente mais fina e a massa óssea diminui, resultando às vezes em osteoporose. Os níveis sanguíneos de colesterol, que aumentam lenta-

mente, colocam as mulheres na menopausa em risco de desenvolver transtornos cardiovasculares.

Não existe um equivalente à menopausa nos homens. No entanto, a partir dos 40 anos de idade, a produção de testosterona começa a diminuir lentamente, em torno de 1% ao ano. Como resultado, a massa óssea e muscular diminui gradualmente, assim como a formação de espermatozoides — embora não seja suficiente para impedir que alguns homens idosos tenham filhos. A ereção fica menos eficiente à medida que a quantidade de tecido conjuntivo nos corpos eréteis do pênis aumenta com a idade.

✓ Verifique seu conhecimento

- 21. Que tipo de triagem é mais comum para cada câncer apresentado a seguir: (1) câncer de próstata, (b) câncer cervical, (c) câncer de mama, (d) câncer testicular?
- 22. O que os ductos mesonéfricos embrionários formam em um embrião masculino? O que os ductos paramesonéfricos formam em um embrião masculino?
- 23. Quais são as características sexuais secundárias nos homens e nas mulheres e o que estimula seu desenvolvimento?

(Veja as respostas no Apêndice B.)



TERMOS CLÍNICOS

Fibroides (leiomiomas) Tumores benignos de crescimento lento na parede do útero, consistindo em células musculares lisas e em tecido conjuntivo fibroso. Os fibroides ocorrem em aproximadamente 20% das mulheres com mais de 30 anos de idade. Sua causa exata é desconhecida, mas pode estar relacionada com uma resposta atípica aos estrogênios. Os fibroides pequenos não produzem sintomas, mas os grandes podem provocar pressão e dor na pelve, períodos menstruais intensos e infertilidade. Um tratamento conservador é a miomectomia, remoção do fibroide de sua cápsula, preservando ao mesmo tempo o resto do útero. No entanto, se os fibroides forem abundantes, pode ser necessário remover o útero inteiro.

Hidrocele Inchaço no escroto causado por acúmulo excessivo de fluido na cavidade da túnica vaginal; pode resultar de uma infecção ou lesão no testículo, que faz com que as camadas da túnica vaginal secretem uma quantidade excessiva de fluido seroso. A maioria das hidroceles é pequena e não exige tratamento. As hidroceles grandes podem ser tratadas primeiramente pela aspiração do fluido com uma agulha inserida na cavidade da túnica vaginal e depois removendo o revestimento seroso da túnica vaginal.

Histerectomia Remoção cirúrgica do útero; operação muito comum, realizada normalmente para remover fibroides (25% a 30%), para interromper o sangramento uterino anormal (20%), como tratamento para a endometriose (menos de 20%) e para aliviar o prolapso uterino (4% a 17%) e a dor pélvica crônica (12% a 18%). O

útero pode ser removido através da parede anterior do abdome ou da vagina. Em resposta à evidência de que as histerectomias são realizadas com frequência demasiada, critérios padronizados para decidir quando elas são convenientes foram desenvolvidos pelo American College of Obstetricians and Gynecologists.

Laqueadura (ligação tubária) Ligação cirúrgica das tubas uterinas de uma mulher como forma de contracepção. Normalmente, é realizada por meio da inserção de um instrumento de corte e de uma sonda de visualização (laparoscópio) através de uma pequena incisão na parede anterior do abdome e depois a amarração e/ou corte das tubas uterinas. A ligação tubária costuma ser irreversível, embora em alguns casos uma microcirurgia delicada possa reabrir ou reconectar com êxito as tubas uterinas.

Orquite Inflamação dos testículos, às vezes causada pelo vírus da caxumba. Se a infecção se espalhar para o epidídimo, passa a denominar-se epidídimo-orquite.

Torção testicular Torção do funículo espermático e do testículo dentro do escroto a qual pode privar o testículo do seu suprimento sanguíneo e produzir dor urgente súbita, inchaço e rubor do escroto. Pode resultar de trauma ou espasmo do músculo cremaster, sendo mais comum nos homens cujo testículo, em vez de se conectar com a parede posterior do escroto, fica pendurado livremente. A torção pode ser diagnosticada por várias técnicas de imagem, mas a cirurgia para desfazê-la costuma ser realizada sem esperar pelas imagens.

RESUMO DO CAPÍTULO



Para ter acesso ao eText do livro, pré e pós-testes, imagens 3D, exercícios, casos clínicos, glossário interativo, guia do aluno e planos de aula, consulte o ambiente virtual de aprendizagem MyHealthLab com a senha fornecida nas iniciais do livro.

1. A função do sistema genital é propiciar a reprodução da espécie. As gônadas produzem gametas (espermatozoides ou óvulos) e hormônios sexuais. Todos os demais órgãos genitais são órgãos acessórios.

SISTEMA GENITAL MASCULINO (p. 775-787)

Testículos (p. 775-778)

2. O escroto é a bolsa de pele e tecido subcutâneo que contém os testículos. O fato de os testículos ficarem fora da cavidade corporal os mantém em uma temperatura ligeiramente mais baixa que a do corpo, o que é necessário para a produção de espermatozoides viáveis. O músculo dartos, o músculo cremaster e o plexo pampiniforme ajudam a regular a temperatura dos testículos no escroto.
3. Cada testículo, que é circundado parcialmente por um saco seroso chamado túnica vaginal (derivado do peritônio), é dividido em muitos lóbulos contendo túbulos seminíferos produtores de espermatozoides, separados por tecido conjuntivo frouxo.
4. O epitélio espesso do túbulo seminífero consiste em células espermatogênicas (espermatogônias, espermatócitos primários e secundários, e espermatídes), embutidas em células de sustentação colunares. As células espermatogênicas movem-se na direção da luz do túbulo à medida que diferenciam-se em espermatozoides por um processo chamado espermatogênese.
5. As células de sustentação (células de Sertoli) formam a barreira sangue-testículo, nutrem as células espermatogênicas e as movimentam na direção da luz. Eles também secretam fluido testicular (para transporte dos espermatozoides), proteína de ligação ao androgênio e o hormônio inibina.
6. As células mioídes são parecidas com células musculares lisas que circundam os túbulos seminíferos e ajudam a comprimir os espermatozoides através dos túbulos.
7. As células intersticiais ovais (de Leydig) no tecido conjuntivo entre os túbulos seminíferos secretam androgênios (principalmente testosterona) sob a influência do hormônio luteinizante da hipófise.

Ductos reprodutores masculinos (p. 778-781)

8. Partindo dos túbulos seminíferos contorcidos, os espermatozoides seguem pelos túbulos retos e pela rede do testículo, saindo desta pelos ductos eferentes e entrando no epidídimo.
9. Em forma de vírgula, o epidídimo abraça a superfície posterolateral do testículo. O ducto do epidídimo, revestido com um epitélio colunar pseudoestratificado contendo estereocílios, é onde os espermatozoides adquirem a capacidade de nadar e de fertilizar. A ejaculação começa com a contração do músculo liso no ducto do epidídimo.
10. O ducto (vaso) deferente estende-se do epidídimo no escroto até o ducto ejaculatório na cavidade pélvica. Durante a ejaculação, as espessas camadas de músculo liso em sua parede impelem os espermatozoides para a uretra por meio de peristalse.

11. O funículo espermático coberto por fâscia contém o ducto deferente e os vasos do testículo. Ele segue pela parede anterior do abdome, do escroto até o anel inguinal superficial, e continua pelo canal inguinal até o anel inguinal profundo.
12. A uretra, que vai da bexiga até a extremidade do pênis, conduz o sêmen e a urina até o exterior do corpo.

Glândulas acessórias (p. 781-783)

13. As glândulas seminais (vesículas) — glândulas longas e com bolsas, posteriores à bexiga — secretam um fluido rico em açúcar que forma 60% do sêmen expelido (ejaculado).
14. A próstata, que circunda a parte prostática da uretra, é um grupo de glândulas compostas e embutidas em um estroma fibromuscular. Sua secreção ajuda a coagular e depois liquefazer o sêmen. A hiperplasia prostática benigna, que afeta muitos homens, surge nas glândulas profundas da próstata.
15. As glândulas bulbouretrais no diafragma urogenital secretam muco na uretra antes da ejaculação para lubrificar e neutralizar o pH ácido nesse tubo para a passagem do sêmen.

Pênis (p. 783-784)

16. O pênis tem raiz, corpo e glande coberta pelo prepúcio. Seus nervos e vasos principais situam-se dorsalmente. A maior parte de sua massa consiste em corpos eréteis vasculares — ou seja, um corpo esponjoso e dois corpos cavernosos. O preenchimento desses corpos com sangue provoca a ereção.

Períneo masculino (p. 784)

17. No homem, o períneo, em forma de diamante (losangular), contém o escroto, a raiz do pênis e o ânus.

Espermatogênese (p. 785-787)

18. Os três estágios da espermatogênese são (1) a formação dos espermatócitos, (2) a meiose e (3) a espermiogênese.
19. Na espermiogênese, as espermatídes arredondadas transformam-se em espermatozoides em forma de girino à medida que se forma um acrossomo, um flagelo cresce, o núcleo achata-se quando sua cromatina condensa e o excesso de citoplasma é eliminado.

SISTEMA GENITAL FEMININO (p. 787-800)

20. O sistema genital feminino produz óvulos e hormônios sexuais, além de abrigar, nutrir, proteger e parir o bebê. Ele passa por um ciclo menstrual a cada 28 dias, aproximadamente.

Ovários (p. 787-789)

21. Em forma de amêndoa, os ovários situam-se junto às paredes laterais da cavidade da pelve e ficam suspensos por vários mesos peritoneais e ligamentos.
22. O mesovário (meso do ovário) faz parte de uma prega do peritônio chamada ligamento largo. Outras partes do ligamento largo são o mesossalpinge e o mesométrio. Dentro do ligamento largo encontram-se o ligamento suspensor do ovário e o ligamento redondo do útero.
23. Cada ovário é dividido em um córtex externo (folículos contendo ovócitos separados por tecido conjuntivo) e uma medula interna (tecido conjuntivo contendo os principais vasos e nervos ovarianos). Um folículo amadurece a cada mês, liberando um ovócito desde a puberdade até a menopausa.

Tubas uterinas (p. 789-790)

24. Cada tuba uterina estende-se de um ovário até o útero. Suas regiões, da lateral para medial, são o infundíbulo, a ampola e o istmo. As fímbrias, que rodeiam o infundíbulo, criam correntes que ajudam a levar o ovócito recém-ovulado para a luz da tuba uterina.
25. A parede da tuba uterina contém uma camada muscular e uma mucosa pregueada, constituída por um epitélio colunar simples ciliado. Tanto o músculo liso quanto as células epiteliais ciliadas ajudam a impelir o ovócito na direção do útero.

Útero (p. 790-792)

26. O útero oco, com a forma de pera invertida, tem fundo, corpo, istmo e colo. As glândulas cervicais preenchem o canal cervical com um muco que impede a entrada de bactérias.
27. O útero é sustentado pelos ligamentos largo, cervical lateral e redondo. No entanto, a maior parte da sustentação provém dos músculos do assoalho da pelve.
28. A parede uterina consiste no perimétrio (externo), no miométrio muscular (médio) e em uma mucosa espessa (interna) chamada endométrio. O miométrio age comprimindo o bebê para fora durante o parto. O endométrio consiste em uma camada funcional, que é descartada mensalmente (exceto na gravidez), e em uma camada basal subjacente, que repõe a camada funcional.

Ovogênese e ciclo menstrual feminino (p. 792-796)

29. A ovogênese (produção de gametas femininos) começa antes do nascimento e leva décadas para ser concluída. As células-tronco (ovogônias) aparecem nos folículos ovarianos do feto. Os ovócitos primários permanecem na meiose I até a ocorrência da ovulação anos mais tarde, e cada ovócito secundário permanece na meiose II até ser penetrado por um espermatozoide.
30. O ciclo ovariano é responsável pela maturação folicular e pela ovulação. O ciclo uterino prepara o útero para a implantação de um óvulo fertilizado.
31. O ciclo ovariano tem três fases: a fase folicular, a ovulação e a fase lútea. Os ovários de uma recém-nascida contêm milhares de folículos primordiais, cada um deles consistindo em um ovócito circundado por uma camada de células foliculares planas.
32. Da puberdade até a menopausa, durante a fase folicular de cada ciclo ovariano mensal (1^o ao 14^o dia) de 6 a 12 folículos começam a amadurecer. Os folículos evoluem de primordiais para primários, antrais e ovarianos maduros que estão prontos para a ovulação. Além dos estágios menores, essa progressão é estimulada pelo hormônio folículo-estimulante (FSH), secretado pela adeno-hipófise. Geralmente, apenas um folículo por mês completa o processo de maturação.
33. A teca do folículo em volta de um folículo em crescimento coopera com o próprio folículo para produzir estrogênios a partir dos androgênios, sob a influência estimulante do hormônio luteinizante (LH) e do FSH. Os estrogênios estimulam o crescimento e a atividade de todos os órgãos sexuais femininos e sinalizam o estágio proliferativo do ciclo uterino.
34. Na estimulação pelo LH, a ovulação ocorre no meio do ciclo (14^o dia), liberando um ovócito do ovário para a cavidade peritoneal.
35. Na fase lútea do ciclo ovariano (15^o ao 28^o dia), o folículo rompido que permanece no ovário se transforma em um ondulado corpo lúteo que secreta progesterona e estro-

gênios. A progesterona mantém a fase secretória do ciclo uterino. Se a fertilização não ocorrer, o corpo lúteo (amarelo) degenera em aproximadamente duas semanas, transformando-se em um corpo albicans (branco) (cicatricial).

36. O ciclo uterino tem três fases: menstrual, proliferativa e secretória. As duas primeiras são de liberação e depois uma reconstrução do endométrio nas duas semanas anteriores à ovulação. A terceira fase prepara o endométrio para receber um embrião nas duas semanas posteriores à ovulação.

Vagina (p. 798)

37. A vagina, um tubo altamente distensível que vai do útero até o exterior do corpo, recebe o pênis e o sêmen durante o intercurso e faz parte do canal de parto.
38. As camadas da parede vaginal são uma adventícia externa, uma muscular intermediária e uma mucosa interna consistindo em uma lâmina própria elástica e um epitélio escamoso estratificado. A luz abriga um meio ácido.
39. O fórnice da vagina é um recesso anelar que circunda a extremidade do colo na vagina posterossuperiormente.

Órgãos genitais externos e períneo feminino (p. 799)

40. Os genitais externos femininos (vulva) incluem o monte do púbis, os lábios maiores, os lábios menores, o clitóris com seus corpos eréteis e o vestíbulo da vagina que contém os óstios da vagina e da uretra. As glândulas vestibulares maiores secretoras de muco e os bulbos do vestíbulo (corpos eréteis) situam-se profundos aos lábios.
41. O corpo do períneo é imediatamente posterior ao óstio da vagina e ao frênulo.

Mamas (p. 799-800)

42. As mamas desenvolvem-se a partir do tegumento das cristas mamárias embrionárias. Internamente, cada mama consiste em 15-25 lobos (glândulas mamárias) que secretam leite. Os lobos, subdivididos em lóbulos e alvéolos, são separados por tecido adiposo e por ligamentos suspensórios de sustentação. A estrutura glandular completa da mama não se desenvolve antes da segunda metade da gravidez. Os cânceres de mama surgem no sistema de ductos.

GRAVIDEZ E PARTO (p. 800-806)**Gravidez** (p. 801-805)

43. A fertilização ocorre normalmente na ampola de uma tuba uterina. Os espermatozoides precisam liberar enzimas de seus acrossomos para penetrar a zona pelúcida do ovócito. A entrada de um espermatozoide no ovócito impede a entrada de outros espermatozoides.
44. Uma vez fertilizado, o zigoto divide-se e forma um embrião multicelular que segue para o útero e se implanta no endométrio. Uma vez implantado, seu trofoblasto divide-se em um citotrofoblasto e um sinciotrofoblasto invasivo. Abrem-se lacunas no sinciotrofoblasto, que ficam cheias de sangue dos vasos endometriais, formando o primeiro contato entre o sangue materno e o tecido embrionário.
45. A placenta age como órgão respiratório, nutritivo e excretório do feto e produz os hormônios da gravidez. Ela é formada de tecido embrionário (vilosidades coriônicas) e de tecido materno (decídua endometrial).
46. A barreira de troca placentária consiste nas camadas de vilosidades coriônicas e no endotélio dos capilares fetais dentro dessas vilosidades. Entre essas camadas, o sincio-

trofoblasto secreta os hormônios placentários. Não ocorre mistura direta do sangue materno com o sangue fetal em uma placenta saudável.

Parto (p. 805-806)

47. Os três estágios do trabalho de parto são de dilatação, de expulsão e placentário.

TRANSTORNOS DO SISTEMA GENITAL (p. 806-808)

48. Os cânceres mais graves nos órgãos genitais são o câncer de próstata e o câncer de mama.

O SISTEMA GENITAL AO LONGO DA VIDA (p. 808-812)

Desenvolvimento embrionário dos órgãos sexuais (p. 808-810)

49. As gônadas de ambos os sexos desenvolvem-se na região lombar da cavidade abdominal a partir das cristas gonadais do mesoderma intermediário. As células germinativas primordiais migram para as gônadas a partir do endoder-

ma do saco vitelino. Os ductos mesonéfricos formam a maioria dos ductos e das glândulas nos homens, enquanto os ductos paramesonéfricos formam as tubas uterinas e o útero das mulheres.

50. O genital externo surge do tubérculo genital (pênis e clitóris), das pregas uretrais (uretra esponjosa e lábios menores) e das saliências labioescrotais (escroto e lábios maiores).

Descida das gônadas (p. 810-811)

51. Os testículos formam-se dorsalmente no abdome e migram para o escroto. Os ovários também migram, mas apenas até a pelve.

Puberdade (p. 811-812)

52. A puberdade é o período em que os órgãos genitais amadurecem e se tornam funcionais. Ela começa nos homens com o crescimento do pênis e escrotal e nas mulheres com o desenvolvimento das mamas.

Menopausa (p. 812)

53. Após a menopausa, a função ovariana diminui e a ovulação e a menstruação cessam.

QUESTÕES PARA REVISÃO

Múltipla escolha / Associação

(Veja as respostas no Apêndice B.)

- Qual das seguintes afirmativas sobre o vestíbulo da vagina feminino está certa? (a) O óstio da vagina é o mais anterior dos dois orifícios no vestíbulo. (b) A uretra está entre o óstio da vagina e o ânus. (c) O ânus está entre o óstio da vagina e a uretra. (d) O óstio da uretra é anterior ao óstio da vagina.
- Para cada um dos seguintes órgãos, escolha o epitélio de revestimento correto na chave. (Alguns elementos podem ser utilizados mais de uma vez.)

Chave:

- | | |
|---------------------------|---------------------------------|
| ___(1) ducto do epidídimo | (a) escamoso simples |
| ___(2) tuba uterina | (b) cuboide simples |
| ___(3) ducto deferente | (c) colunar simples |
| ___(4) útero | (d) colunar pseudoestratificado |
| ___(5) vagina | (e) escamoso estratificado |

- Qual das seguintes estruturas produz os hormônios sexuais masculinos? (a) glândulas seminais, (b) túbulos seminíferos, (c) folículos dos testículos em desenvolvimento, (d) células intersticiais.
- O ciclo uterino pode ser dividido em três fases contínuas. Começando pelo primeiro dia do ciclo, sua ordem é (a) menstrual, proliferativo, secretório; (b) menstrual, secretório, proliferativo; (c) secretório, menstrual, proliferativo; (d) proliferativo, menstrual, secretório; (e) proliferativo, secretório, menstrual.
- Qual das seguintes declarações a respeito do hormônio luteinizante e do hormônio folículo-estimulante é falsa? Eles são (a) secretados pela hipófise, (b) abreviados como LH e FSH, (c) hormônios com funções importantes nos homens e nas mulheres, (d) os hormônios sexuais secretados pelas gônadas.

- A camada secretora de hormônio da barreira placentária é (a) o mesoderma extraembrionário, (b) as lacunas, (c) o endotélio, (d) o citotrofoblasto, (e) o sincitiotrofoblasto.
- A função dos estereocílios no ducto do epidídimo e no ducto deferente é (a) absorção e secreção, (b) moverem-se para a frente a fim de conduzir os espermatozoides através dos ductos, (c) iniciar a ejaculação, (d) moverem-se para trás para manter os espermatozoides nesses ductos durante 20 dias.
- O ligamento largo do útero na pelve feminina (a) é, na realidade, um meso peritoneal, (b) consiste no mesovário e na mesossalpinge, mas não no mesométrio, (c) é o mesmo que o ligamento redondo, (d) é o mesmo que o ligamento transversal do colo, (e) b e c.
- O ducto paramesonéfrico embrionário origina (a) o útero e as tubas uterinas, (b) o ovário, (c) o epidídimo e o vaso deferente, (d) a uretra.
- Qual das seguintes declarações sobre o colo uterino é falsa? (a) Ele se dilata no final do primeiro estágio do trabalho de parto. (b) A abertura interna é voltada para a vagina. (c) As glândulas cervicais secretam muco. (d) Ele contém o canal cervical.
- Se a tuba uterina é uma trompa ("salpinge"), que parte dela representa a extremidade larga da trompa? (a) istmo, (b) ampola, (c) infundíbulo, (d) flagelo.
- O miométrio é a camada muscular do útero e o endométrio é a (a) serosa, (b) adventícia, (c) submucosa, (d) mucosa.
- O que acontece durante a fase proliferativa do ciclo uterino? (a) A camada basal do endométrio espessa-se. (b) Os folículos primários sofrem mitose. (c) O miométrio espessa-se. (d) A camada funcional do endométrio espessa-se. (e) Os espermatozoides primários são formados.
- Quais células nos ovários secretam hormônios? (a) ovócitos, (b) zona pelúcida, (c) teca e células granulosa, (d) corpo albicans.

15. Numere, em ordem, os ductos pelos quais os espermatozoides passam, começando com a produção nos túbulos seminíferos (1) e terminando com a ejaculação para fora do óstio externo da uretra (10).

- ___(a) túbulos seminíferos contorcidos
- ___(b) epidídimo
- ___(c) túbulo seminífero reto
- ___(d) ducto ejaculatório
- ___(e) parte prostática da uretra
- ___(f) rede do testículo
- ___(g) parte esponjosa da uretra
- ___(h) ducto deferente
- ___(i) parte intermédia da uretra
- ___(j) óstio externo da uretra

16. Os hormônios que estimulam o ciclo ovariano são secretados pelo(a) ____; os hormônios que estimulam o ciclo uterino são secretados pelo(a) ____ (a) ovário/útero, (b) hipófise/ovário, (c) células foliculares/camada funcional, (d) células intersticiais/placenta, (e) ovário/hipófise.

17. As células de sustentação (a) nutrem os espermatócitos e auxiliam na produção dos espermatozoides, (b) secretam testosterona, (c) secretam fluido que contribui para o sêmen, (d) produzem hormônio folículo-estimulante.

18. Faça a correspondência entre as estruturas embrionárias apresentadas na coluna B e seus derivados adultos apresentados na coluna A. Algumas respostas podem ser utilizadas mais de uma vez.

Coluna A	Coluna B
___(1) glande do pênis	tubérculo genital
___(2) lábios menores	ducto mesonéfrico
___(3) epidídimo e ducto deferente	pregas uretrais
___(4) tubas uterinas e útero	ducto paramesonéfrico
___(5) uretra peniana	saliências labioescrotais
___(6) lábios maiores	

Dissertativas

19. Descreva as principais regiões estruturais e funcionais de um espermatozoide.
20. Em uma prova, Ricardo teve de traçar o trajeto do ducto deferente. Sua resposta — de que ele vai do escroto diretamente até a uretra peniana — é um erro comum, pois o caminho desse ducto é mais longo e mais complexo do que Ricardo pensava. (a) Trace o trajeto completo do ducto deferente. (b) Estendendo a parte (a), trace a via de um espermatozoide ejaculado do epidídimo até a tuba uterina na mulher.
21. Na menstruação, a camada funcional é eliminada do endométrio. Explique os fatores hormonais e físicos responsáveis por essa liberação. (Ver Figura 25.19.)
22. (a) Descreva as mudanças estruturais sofridas por um folículo em amadurecimento no estágio folicular do ciclo ovariano. (b) Em que momento do ciclo ovariano ocorre a ovulação?

23. Alguns alunos de anatomia estavam dizendo que as secreções das glândulas bulbouretrais de um homem (e as glândulas uretrais) agem como funcionários municipais que chegam antes de um desfile e retiram os carros estacionados das ruas. O que eles quiseram dizer com essa analogia?

24. Um homem nadou em um lago gelado por uma hora e depois observou que seu escroto estava encolhido e enrugado. Sua primeira impressão foi de que havia perdido seus testículos. O que realmente aconteceu?

25. Indique se a seguinte afirmação é verdadeira ou falsa e explique sua resposta. Na placenta, o sangue materno e o sangue fetal entram em contato direto um com o outro e se misturam.

26. O que é a barreira hematotesticular e qual é sua função?

27. Mencione a diferença (se houver) entre cada um dos seguintes pares de termos semelhantes: (a) espermatozoide e espermatócito, (b) epidídimo e ducto do epidídimo, (c) ligamento útero-ovárico e ligamento suspensor do ovário, (d) vulva e vestibulo da vagina, (e) espermatogênese e espermiogênese.

28. Quais são os efeitos do hormônio folículo-estimulante (FSH) e do hormônio luteinizante (LH) nas estruturas do sistema genital masculino e feminino?

29. Compare a ovogênese com a espermatogênese. Em que esses processos são diferentes (1) quanto ao número de gametas produzidos a partir de cada ovócito primário ou espermatócito primário e (2) quanto ao período durante o qual ocorre a mitose das células-tronco?

Análise crítica e aplicação clínica

1. Por que uma mastectomia radical afetaria a capacidade de uma pessoa para aduzir os braços (ou durante os exercícios de flexão)? Uma lumpectomia causaria um déficit similar? Explique. (Tente se lembrar dos músculos utilizados na adução/flexão.)
2. Com base no que você conhece a respeito das origens do sêmen, explique o efeito de uma vasectomia no volume do líquido ejaculado.
3. Um homem de 68 anos com problemas para urinar submeteu-se a um exame retal. Qual é a condição que ele provavelmente tem e qual é a finalidade do exame retal?
4. Gina pariu seis filhos. Durante um exame, o médico observou seu colo se projetando do óstio da vagina. Qual é a condição de Gina e o que a provocou?
5. Por que os médicos costumam recomendar que os homens não usem roupas íntimas apertadas ou *jeans* muito justos se quiserem ser pais?
6. Explique como uma mulher com um ovário removido de um lado e uma tuba uterina removida do outro lado pode ficar grávida (exclua a possibilidade de fertilização *in vitro*).
7. Nos casos graves de endometriose, o tecido endometrial é encontrado sobre o peritônio. Como esse tecido do útero vai parar no peritônio?
8. Cite o nome de três conjuntos de artérias que precisam ser cauterizados durante uma mastectomia simples (remoção apenas do tecido da mama).

Sistema métrico

Medida	Unidade e abreviação	Equivalente métrico
Comprimento	1 quilômetro (km)	= 1.000 (10 ³) metros
	1 metro (m)	100 (10 ²) centímetros = 1.000 milímetro
	1 centímetro (cm)	= 0,01 (10 ⁻²) metro
	1 milímetro (mm)	= 0,001 (10 ⁻³) metro
	1 micrômetro (µm) [antigo micron (µ)]	= 0,000001 (10 ⁻⁶) metro
	1 nanômetro (nm) [antigo milimícron (mµ)]	0,000000001 (10 ⁻⁹) metro
	1 angstrom (Å)	= 0,0000000001 (10 ⁻¹⁰) metro
Área	1 metro quadrado (m ²)	10.000 centímetros quadrados
	1 centímetro quadrado (cm ²)	= 100 milímetros quadrados
Massa	1 tonelada métrica (t)	1.000 quilogramas
	1 quilograma (kg)	= 1.000 gramas
	1 grama (g)	1.000 miligramas
	1 miligrama (mg)	0,001 grama
	1 micrograma (µg)	0,000001 grama
Volume (sólidos)	1 centímetro cúbico (m ³)	= 1.000.000 centímetros cúbicos
	1 centímetros cúbicos (cm ³ ou cc)	0,000001 metro cúbico
	= 1 milímetro	
	1 milímetro cúbico (mm ³)	0,000000001 metro cúbico
Volume (líquidos e gases)	1 quilolitro (kl ou kL)	= 1.000 litros
	1 litro (l ou L)	1.000 mililitros
	1 mililitros (ml ou mL)	0,001 litro
		= 1 centímetro cúbico
	1 microlitro (µl ou µL)	0,000001 litro
Tempo	1 segundo (s)	= minuto
	1 milissegundo (ms)	= 0,001 segundo
Temperatura	Graus Celsius (°C)	

Respostas

Capítulo 1

Verifique seu conhecimento 1. Histologia é o estudo microscópico da estrutura dos tecidos; radiologia é o estudo das estruturas internas do corpo a partir de raios X e outras técnicas de imagem. **2.** Patologia: estudo das doenças (hepatite: inflamação do fígado). **3.** Um tecido é um grupo de células de estrutura semelhante com uma função comum. Os quatro tipos de tecidos são o tecido epitelial, um tecido de cobertura ou forro; tecido conjuntivo, que funciona como apoio e proteção; tecido muscular, que produz o movimento; e tecido nervoso, que permite a comunicação interna por impulsos elétricos. **4.** (a) O sistema urinário elimina resíduos e regula a água e equilíbrio de íons. (b) O sistema nervoso é um sistema de controle de ação rápida. (c) O sistema respiratório fornece sangue com oxigênio e remove dióxido de carbono. **5.** O fígado se localiza inferiormente ao coração e estende-se lateralmente no quadrante superior direito do abdome. **6.** O tubo exterior apresenta sinais de segmentação. **7.** A pleura parietal é a camada externa de membrana serosa que reveste a cavidade torácica. **8.** Num tecido corado com H&E, os núcleos das células são azul-escuro ao roxo. **9.** Microscopia eletrônica de varredura (MEV) produz imagens tridimensionais das características de superfície. **10.** (a) Ultrassom é melhor para examinar a vesícula biliar. (b) Ossos fraturados são mais bem visualizados usando imagem de raios X convencional. (c) A ressonância magnética é melhor para visualizar estruturas articulares. (d) A tomografia computadorizada é melhor para imagens de órgãos internos numa situação de trauma. **Questões para revisão 1.** c **2.** (a) superior, (b) profunda, (c) proximal, (d) lateral, (e) mediano, (f) superior, (g) anterior. **3.** (1) c; (2) e; (3) b; (4) a; (5) d; (6) f **4.** b **5.** (1) I; (2) I; (3) O; (4) O; (5) I; (6) O **6.** (1) D; (2) V; (3) D; (4) V; (5) V **7.** (a) 2; (b) 3; (c) 1; (d) 4 **8.** d **9.** (a) c; (2) a; (3) b; (4) d **10.** c **11.** e

Capítulo 2

Verifique seu conhecimento 1. As três regiões da célula são a membrana plasmática, o citoplasma e o núcleo. **2.** A membrana plasmática é composta de lipídios (fosfolipídios), carboidratos (glicolipídios) e proteínas. **3.** A água entra e deixa a célula através da osmose. **4.** A exocitose carrega grandes macromoléculas para fora da célula. **5.** O retículo endoplasmático rugoso (RE) produz proteínas, o complexo de Golgi empacota proteínas. **6.** A mitocôndria produz energia para a atividade celular. **7.** Uma célula que se especializa na fagocitose contém numerosos lisossomos. **8.** O filamento intermediário resiste à tensão. **9.** O nucléolo produz RNA ribossômico e monta as subunidades de ribossomos. **10.** O retículo endoplasmático rugoso é contínuo com o envoltório nuclear. **11.** Cromatina descondensada, na microscopia eletrônica de transmissão, com nucleossomos (DNA e histonas) com a aparência de contas em um colar. A cromatina descondensada é a região ativa de DNA onde ocorre a transcrição. A cromatina condensada é espessa,

bem espiralada, com DNA inativo. **12.** A célula passa a maior parte de sua vida em interfase. **13.** Os cromossomos se movem para polos opostos da célula durante a anáfase. Durante a metáfase os cromossomos alinham-se na linha média da célula. Na telófase, os núcleos das células filhas remontam, a citocinese continua, termina a divisão celular. **14.** As células musculares têm actina abundante e microfilamentos de miosina. **15.** As células que produzem e secretam hormônios contêm RE rugoso, abundante, mitocôndrias e grânulos de secreção. **16.** Conforme a teoria mitocondrial do envelhecimento, a redução de ingestão calórica pode aumentar a expectativa de vida. **Questões para revisão 1.** a **2.** a **3.** b **4.** a **5.** (a) complexo de Golgi (b) RE rugoso (c) condensado (d) liso (e) nucleossomo (f) microtúbulos (g) mitocôndria (h) mitocôndria (i) ribossomo ou RE rugoso **6.** d **7.** b **8.** a **9.** (a) metáfase (b) prófase (c) telófase (d) prófase (e) anáfase **10.** (a) microtúbulos (b) filamentos intermediários (c) microtúbulos (d) filamentos de actina (e) filamentos intermediários (f) microtúbulos (g) microfilamentos de actina **11.** (1) b; (2) g; (3) c ou b; (4) d; (5) e; (6) f; (7) a **12.** b

Capítulo 3

Verifique seu conhecimento 1. O plano corporal vertebrado básico é estabelecido durante o período embrionário. **2.** O trato digestório (estômago, intestinos) forma-se a partir do tubo interior, tal como o fígado, o pâncreas e a vesícula biliar. **3.** Os rins estão localizados posteriores (ou dorsais) à cavidade peritoneal. **4.** Durante a gastrulação, as células do eplasto invaginam (movem-se para dentro) e formam três camadas germinativas distintas. Esse processo ocorre durante a terceira semana de desenvolvimento. **5.** A notocorda induz a formação do tubo neural. **6.** Somitos, do mesoderma da placa lateral, e mesoderma intermediário juntam-se em segmentos ao longo do eixo do corpo. **7.** O ectoderma forma o revestimento externo do embrião. **8.** O endoderma forma o revestimento interno do tubo interior. **9.** O esclerótomo forma a vértebra e costelas. **10.** O mesoderma esplâncnico forma os tecidos conjuntivos, os tecidos musculares, a serosa visceral dos tubos respiratório e digestório, o coração e os vasos sanguíneos. **11.** A maioria dos órgãos do corpo, incluindo o coração, é formada durante o segundo mês do desenvolvimento, nas semanas 5 a 8 do período embrionário. A interrupção do desenvolvimento normal durante esse período resulta em defeitos congênitos. **12.** Os pulmões não estão plenamente desenvolvidos até o fim do sétimo mês de vida intrauterina. Bebês nascidos antes dessa fase comumente experimentam desconforto respiratório. **Questões para revisão 1.** (1) a; (2) b; (3) b; (4) a **2.** b **3.** b **4.** c **5.** (1) c, (2) f, (3) i, (4) h, (5) a, (6) d, (7) b, (8) g, (9) e **6.** (1) c, (2) g, (3) d, (4) e, (5) f, (6) a, (7) b **7.** c **8.** d **9.** a, d **10.** e (O endoderma forma o revestimento interno do tubo digestório) **11.** a **12.** a **13.** d **14.** a **15.** c **16.** d

Capítulo 4

Verifique seu conhecimento 1. A superfície apical é a região livre do epitélio e está voltada para o espaço aberto de uma cavidade, túbulo, glândula ou órgão oco. **2.** Células de maior porte possuem mais espaço para abrigar as estruturas celulares necessárias para a produção de secreções (RE, ribossomos, complexo de Golgi, mitocôndrias). O epitélio cúbico é encontrado em túbulos renais, glândulas e na superfície do ovário. **3.** Como a difusão é um processo distante/dependente, o epitélio prismático (colunar) é muito espesso para difusão eficiente. O epitélio simples pavimentoso é encontrado onde a difusão deve ser eficiente. **4.** As células caliciformes são glândulas exócrinas unicelulares que segregam mucina (muco). **5.** Endócrino **6.** Glândulas exócrinas simples possuem um ducto não ramificado; os ductos das glândulas compostas são ramificados. **7.** Microvilosidades são extensões curtas da membrana plasmática, com um núcleo de microfilamentos de actina que se estendem para o citoesqueleto. Eles aumentam a área da superfície da membrana plasmática. Um cílio é uma extensão longa da membrana plasmática composta por um núcleo de microtúbulos dispostos em pares. A curvatura de um cílio produz o movimento do fluido na superfície do epitélio. **8.** Filamentos intermediários estendem-se através da célula e ancoram-se nos desmossomos do lado oposto. As proteínas ligantes dos desmossomos conectam-se às células adjacentes. **9.** Outros tecidos que contêm junções intercelulares são os tecidos conjuntivo e muscular cardíaco e liso. **10.** Tecidos epiteliais contêm grande quantidade de células de tipos semelhantes bem unidas e com quantidade mínima de matriz extracelular. Nos tecidos conjuntivos o número de células é menor e são separadas entre si por grande quantidade de matriz extracelular. **11.** A matriz de um tecido conjuntivo é composta por substância fundamental e fibras. A substância fundamental é geralmente um material semelhante a gel que abriga o fluido intersticial. **12.** As fibras de colágeno dos tecidos conjuntivos resistem à tensão, a substância fundamental resiste à compressão; as fibras elásticas permitem o recuo do tecido à sua forma original. Fibroblastos, condroblastos e osteoblastos produzem inicialmente a matriz do tecido. Uma vez que o tecido é formado, os fibrocitos, condrocitos e osteócitos secretam os componentes da matriz, mantendo a sua hidrizez. **13.** As fibras do tecido conjuntivo frouxo estão separadas pela substância fundamental. No tecido conjuntivo denso, as fibras são bem compactadas. **14.** Ligamentos e tendões são formados a partir de tecido conjuntivo denso modelado. A hipoderme é composta de tecido conjuntivo frouxo e adiposo. O tecido conjuntivo que está na base do epitélio é o tecido conjuntivo frouxo. O tecido conjuntivo reticular contribui para a estrutura dos linfonodos. **15.** Fibras de colágeno são encontradas nos tecidos conjuntivos. **16.** As células estão localizadas nas lacunas, tanto na cartilagem como no osso. **17.** Na cartilagem, as forças compressivas encontram resistência na substância fundamental em forma

de gel. **18.** A forma de distinguir o tecido muscular liso do epitélio estratificado pavimentoso é observar que o músculo liso não apresenta as regiões apical e basal. **19.** Os neurônios transmitem impulsos elétricos. **20.** *Estriado* significa “listrado” e refere-se especificamente ao tecido muscular. Os músculos cardíaco e esquelético são tecidos musculares estriados. *Estratificados* significa “em camadas” e é usado em referência aos tecidos epiteliais: pavimentoso, cúbico e prismático (colunar). **21.** O tecido epitelial e alguns tecidos conjuntivos (osso, frouxo, denso irregular, sangue) regeneram facilmente. O músculo cardíaco e o tecido nervoso do encéfalo e da medula espinal não se regeneram. **22.** O tecido cicatricial forma-se a partir do tecido conjuntivo subjacente. **23.** O aumento do fluxo sanguíneo para um tecido infectado e o aumento da passagem de fluido a partir de capilares que suprem a área infectada causam o aquecimento e inchaço associados com a infecção. **24.** O ectoderma e o endoderma formam tecido epitelial. **25.** A divisão celular em células cancerígenas não é controlável, e as células expandem-se para além dos limites do tecido normal. **Questões para revisão 1.** c e e 2. b 3. (1) b; (2) f; (3) a; (4) d; (5) g 4. a 5. (a) cílios, (b) microvilosidades, (c) desmossomo, (d) articulação apertada, (e) membrana basal 6. (1) e; (2) a; (3) b; (4) c; (5) d 7. (1) a; (2) a, b, c; (3) a; (4) c; (5) a 8. d 9. c 10. b 11. b 12. (a) mesoderma, (b) mesoderma, (c) ectoderma

Capítulo 5

Verifique seu conhecimento 1. A raiz da palavra *epi* significa “sobre” ou “acima”; *hypo* significa “abaixo”; e *derm* significa “pele”. **2.** As cinco funções principais da pele são proteção, regulação da temperatura corporal, excreção, produção de vitamina D e recepção sensitiva. **3.** Os estratos basal, espinhoso e granuloso são as camadas da epiderme que contém as células vivas. **4.** As células da epiderme funcionam na proteção, produção de vitamina D e recepção sensitiva. **5.** A pele espessa contém uma camada adicional, o estrato lúcido, e apresenta um estrato córneo muito mais espesso. **6.** Os vasos sanguíneos da derme dilatam-se para liberar calor quando o corpo está quente e contraem-se para evitar a perda de calor quando o corpo está frio. **7.** (a) A camada papilar da derme é composta de tecido conjuntivo frouxo. (b) A camada reticular é tecido conjuntivo denso irregular. (c) A hipoderme contém tanto tecido conjuntivo adiposo como frouxo. **8.** Os fibroblastos da derme produzem colágeno e fibras elásticas, que dão à pele força, resistência e propriedades de retração; os macrófagos, mastócitos e glóbulos brancos funcionam para combater infecções; os adipócitos armazenam energia. **9.** A grande variação da cor da pele em humanos é devido à variação do tipo e da quantidade de melanina na epiderme. **10.** Um indivíduo de pele escura em latitudes do norte deve se preocupar com a produção de vitamina D. A grande quantidade de melanina na pele mais escura reduz a penetração dos raios UV. Como há menos luz solar nos meses de inverno, a pele escura produz menos vitamina D que a pele clara. **11.** A queratina no cabelo e nas unhas é a queratina dura, mais resistente e mais durável, e suas células não descamam. **12.** O cabelo e o folículo piloso formam-se a partir da epiderme. **13.** As células da medula são as camadas mais profundas do pelo, a camada de células seguinte é o córtex, e a camada mais externa é a cutícula. **14.** A quimioterapia cessa a divisão celular na matriz do cabelo, causando a queda do cabelo, mas não destrói os folículos pilosos. Todavia, eles são destruídos em uma queimadura grave, e com isso, o cabelo não pode crescer novamente.

15. As glândulas sudoríferas apócrinas não causam acne; ela é causada pelas glândulas sebáceas, que se tornam ativas na adolescência. **16.** As glândulas sudoríferas écrinas, como a maioria das glândulas, são formadas a partir do epitélio cúbico. Numa micrografia, esse epitélio pode aparecer estratificado por causa da secção. **17.** As glândulas écrinas funcionam na regulação da temperatura (ao evaporar, o suor provoca resfriamento) e excreção (o suor contém resíduos metabólicos, sais e água). **18.** Queimaduras de segundo grau produzem bolhas. **19.** As preocupações com risco de vida associadas com queimaduras de terceiro grau são a perda de fluidos e o choque circulatório resultante, seguido de risco de infecção. A perda de fluido é tratada com fluidos intravenosos para manter o volume de sangue. Para evitar infecção, a área danificada é coberta com enxertos de pele ou pele artificial, e devem ser prescritos antibióticos intravenosos. **20.** O carcinoma basocelular é o tipo mais comum de câncer de pele. O melanoma é o tipo mais perigoso de câncer de pele. **21.** Os anexos da pele desenvolvem-se a partir da ectoderme. A hipoderme desenvolve-se a partir do mesoderma. **22.** A radiação UV degrada as fibras de colágeno e outros componentes da derme. **Questões para revisão 1.** c 2. (1) e; (2) b ou d; (3) a; (4) c; (5) d 3. d 4. d 5. b 6. a 7. c 8. b 9. d 10. d 11. (1) b; (2) a; (3) a; (4) b; (5) d 12. a 13. (1) e; (2) d; (3) f; (4) b, g; (5) a; (6) g; (7) c 14. c 15. (1) d; (2) a; (3) e; (4) c; (5) d; (6) d; (7) d

Capítulo 6

Verifique seu conhecimento 1. A matriz dos três tipos de cartilagem difere na quantidade e no tipo de fibras presente em cada uma. A cartilagem hialina tem fibrilas de colágeno; a cartilagem elástica contém muitas fibras elásticas e fibrilas de colágeno, e a fibrocartilagem contém feixes espessos de colágeno. **2.** A cartilagem hialina é mais abundante. Ela está localizada nas cartilagens articulares, nas vias respiratórias, cartilagens costais, no esqueleto do embrião e nas cartilagens do nariz. **3.** Os condroblastos no pericôndrio produzem uma nova cartilagem por crescimento aposicional. **4.** As fibras de colágeno contribuem para a resistência e flexibilidade do osso, e a matriz mineralizada torna o osso rígido. **5.** Fosfato de cálcio é armazenado no osso e liberado pela ação dos osteoclastos. **6.** Osteoblastos secretam nova matriz óssea. Os osteócitos são rodeados por matriz óssea e funcionam para reparar e manter a higidez da matriz. **7.** O periosteio cobre as superfícies ósseas externas (exceto nas áreas articulares); o endosteio reveste as superfícies internas do osso (incluindo os canais central e perfurante). Ambas as membranas contêm osteoblastos e osteoclastos. **8.** Em um osso plano, o osso compacto está localizado nas superfícies, e o osso esponjoso está localizado internamente. **9.** Um côndilo é uma superfície articular. Um tubérculo é um local de inserção de um músculo ou ligamento. Um forame é um orifício no osso, que funciona como uma passagem para vasos e nervos. **10.** No centro do osso localiza-se o canal central; os canais perfurantes conectam os canais centrais de osteons adjacentes; canalículos são pequenas conexões entre lacunas que conectam osteócitos adjacentes. **11.** Oxigênio e nutrientes difundem-se através dos espaços na matriz, canalículos e lacunas das lamelas internas, para atingir as células das lamelas externas. **12.** Trabécula é um “feixe” de osso composto por várias lamelas e osteócitos associados. O tecido ósseo em uma trabécula não está alinhado em anéis concêntricos em torno de um canal central, como é num osteon. **13.** A maioria dos ossos do crânio, exceto as partes da base do crânio e da clavícula, originam-se de ossificação intramembranosa. **14.** Num feto

de 6 meses, apenas a diáfise do osso longo está ossificada. **15.** A espessura da cartilagem epifisial não muda durante a infância. À medida que o osso longo cresce, osso é adicionado pela cartilagem epifisial à extremidade da diáfise. **16.** O exercício estimula a deposição do osso. O estresse mecânico sobre o osso estimula os osteoblastos a produzir matriz óssea adicional. **17.** A remodelação do calo ósseo após uma fratura faz que a área reparada seja semelhante à original do osso intacto. **18.** Fraturas cominutivas e por compressão são comuns em indivíduos mais velhos. **19.** A osteomalácia e o raquitismo resultam de mineralização inadequada do osso. **20.** Atividade dos osteoclastos deve ser focada para retardar a perda óssea. **21.** O desenvolvimento da osteoporose é mais bem prevenido durante os anos de formação óssea da adolescência e início da idade adulta. **22.** Os ossos começam a se ossificar na oitava semana do desenvolvimento embrionário. A massa óssea começa a declinar em torno dos 40 anos de idade. **23.** Os estrógenos ajudam na manutenção da densidade óssea. Nas mulheres, a queda abrupta de estrógenos na pós-menopausa aumenta o risco de perda óssea. **Questões para revisão 1.** e 2. a 3. e 4. (1) a; (2) b; (3) a; (4) c; (5) a 5. (1) T; (2) F; (3) T; (4) F; (5) F; (6) T; (7) T 6. b 7. c 8. (1) a; (2) b; (3) c; (4) a; (5) b; (6) a 9. d 10. c 11. (a) 3; (b) 2; (c) 4; (d) 1; (e) 5; (f) 6 12. b 13. c 14. b 15. b 16. a 17. a 18. (1) b, d; (2) a, d; (3) b; (4) c; (5) a, c

Capítulo 7

Verifique seu conhecimento 1. Os ossos frontal, etmoide e esfenóide formam a fossa anterior do crânio. **2.** A crista etmoidal está localizada na parte do osso etmoide situada na fossa anterior do crânio; o processo mastoide pertence ao osso temporal; a linha nucal situa-se no osso occipital, a sela turca encontra-se no osso esfenóide; o forame supraorbital localiza-se no osso frontal; o osso temporal possui um processo zigomático. **3.** Os quatro ossos que se articulam com o osso parietal esquerdo são o osso parietal direito, através da sutura sagital; o osso frontal, através da sutura coronal; o osso temporal esquerdo, através da sutura escamosa, e o osso occipital através da sutura lambdoideia. **4.** Os ossos que se articulam com a maxila são o zigomático, o vômer, o palatino, o nasal, o lacrimal, o etmoide e a concha nasal inferior. **5.** O palato duro é formado pelos processos horizontais dos ossos palatinos e pelos processos palatinos da maxila. **6.** Os processos alveolares estão na margem superior da mandíbula e na margem inferior das maxilas e contêm os alvéolos dentais. **7.** As conchas nasais superior e média pertencem ao osso etmoide e as conchas nasais inferiores são ossos isolados da face. As conchas promovem turbulência na passagem do ar e têm a função de aquecer, umedecer e filtrar o ar inspirado. **8.** Os ossos do crânio que contribuem para formar a órbita são os ossos frontal, esfenóide e etmoide; os ossos da face são o lacrimal, maxilas, zigomático e palatino. **9.** As células etmoidais e os seios maxilares estão localizados nas paredes laterais da cavidade nasal. Os seios são revestidos por uma membrana mucosa. **10.** O núcleo pulposo, a parte interna do disco intervertebral, expande-se sob compressão. O anel fibroso externo, de fibrocartilagem, atua para resistir a forças de torção. **11.** A curvatura cervical desenvolve-se aos três meses, quando o bebê começa a levantar a cabeça; a curvatura lombar desenvolve-se aproximadamente com um ano de idade, quando o bebê começa a andar. **12.** O anel fibroso é mais delgado posteriormente, e os ligamentos longitudinais posteriores previnem a formação de uma hérnia no sentido posterior; assim, a maioria das hérnias ocorre na região posterolateral. **13.** O processo articular superior de uma

vértebra articula com o processo articular inferior da vértebra acima. **14.** As vértebras cervicais possuem um forame transverso, a principal característica diferencial. Outras respostas estão listadas na Tabela 7.2. **15.** As fôveas costais estão presentes em T XII e não em L I. **16.** Os processos espinhosos fundidos das vértebras sacrais formam a crista sacral mediana. **17.** O ângulo do esterno é a articulação entre o manúbrio e o corpo do esterno, local onde T II se articula. **18.** A cabeça da costela articula-se com as fôveas costais superior e inferior da vértebra torácica. O tubérculo da costela articula com a faceta costal transversa. **19.** O osso frontal e mandíbula formam-se cada qual a partir de dois ossos individuais, que se fundem durante a infância. **20.** A perda óssea degenerativa relacionada com a idade pode causar cifose. **Questões para revisão 1.** (1) b, g; (2) h; (3) d; (4) d, f; (5) e; (6) c; (7) a, b, d, h; (8) i **2. c 3. c 4. a 5. a 6.** (1) a; (2) c; (3) f; (4) b; (5) d; (6) e; (7) c, exceto C1 e C7; (8) d; (9) f; (10) e **7.** (1) e; (2) d; (3) b; (4) a; (5) c

Capítulo 8

Verifique seu conhecimento 1. O acrômio da escápula articula-se com a clavícula. **2.** A única fixação óssea entre o cingulo do membro superior e o esqueleto axial é a articulação da clavícula com o esterno. **3.** As três fossas da escápula são as fossas supraespalinal e infraespalinal, respectivamente “acima” e “abaixo” da espinha da escápula, e a fossa subescapular, na sua face anterior. **4.** O rádio é o osso lateral do antebraço. **5.** O capitulum localiza-se no úmero e articula-se com a cabeça do rádio. A incisura troclear localiza-se na ulna e articula-se com a tróclea do úmero. A cabeça da ulna localiza-se na ulna e articula-se com o a incisura ulnar do rádio. A incisura radial localiza-se na ulna e articula-se com a cabeça do rádio. **6.** O colo anatômico do úmero, o local onde a diáfise une-se à epífise proximal, é inferior à cabeça do úmero. O colo cirúrgico, a região mais frequentemente fraturada do úmero, localiza-se inferiormente aos tubérculos maior e menor. **7.** Os metacarpais estão localizados na palma da mão. **8.** O púbis forma a parte anterior do osso do quadril. **9.** Quando você se senta, o túbulo isquiático suporta o seu peso. **10.** Quando suas mãos estão em seus quadris, elas descansam nas cristas ilíacas. **11.** O arco púbico é mais amplo nas mulheres do que nos homens; a incisura isquiática maior é mais ampla e mais rasa nas mulheres do que nos homens; o sacro é mais largo, mais curto e mais curvo nas mulheres. **12.** O acetábulo do osso do quadril articula-se com a cabeça do fêmur. **13.** As saliências ósseas em ambos os lados de seu tornozelo são formadas pelo maléolo medial da tibia e pelo maléolo lateral da fíbula. **14.** A linha áspera e o trocânter menor encontram-se no fêmur; a incisura fibular localiza-se na tibia; o sustentáculo do tálus, no calcâneo; e a tuberosidade da tibia, na sua face anterior. **15.** A parte anterior do tálus é a parte principal do arco longitudinal medial. Os arcos distribuem o peso anteriormente para as cabeças dos metatarsais e posteriormente para o calcâneo (calcanhar). **16.** O esqueleto do sexo masculino torna-se mais robusto na puberdade; no sexo feminino, a pelve amplia-se. **17.** Os três ossos do quadril fundem-se durante a infância, na região do acetábulo. Na displasia do quadril, talas mantêm a cabeça do fêmur em posição de forma que o acetábulo e ligamentos circundantes podem se formar normalmente. **Questões para revisão 1. e 2. b 3. d 4. a 5. c 6.** (1) g; (2) f; (3) b; (4) a; (5) b (6) c; (7) d; (8) e **7.** (1) b; (2) c; (3) e; (4) a; (5) h; (6) e; (7) f **8. c, d, f;**

A fíbula tem um processo estilóide, mas não é descrito neste texto) **9. b 10. c**

Capítulo 9

Verifique seu conhecimento 1. A sinartrose é uma articulação imóvel. Essa é uma classificação articular funcional. A sindesmose é uma articulação fibrosa onde os ossos adjacentes são conectados exclusivamente por ligamentos. A sincondrose é uma articulação cartilaginosa onde a cartilagem hialina une os ossos adjacentes. Tanto a sindesmose como a sincondrose são consideradas classificações estruturais. **2.** Uma articulação sínfise contém tanto cartilagem hialina, que reveste as superfícies, como fibrocartilagem, que une os ossos adjacentes. Articulações do tipo sínfise são encontradas entre os corpos vertebrais (discos intervertebrais) e entre os ossos do quadril (sínfise púbica). **3.** As seis características das articulações sinoviais são: (1) cartilagem articular, (2) cavidade articular, (3) cápsula articular, (4) sinóvia, (5) ligamentos de reforço e (6) nervos e vasos. **4.** Um disco articular é composto de fibrocartilagem e localiza-se na cavidade articular. A cartilagem articular é composta de cartilagem hialina e reveste as superfícies ósseas de todas as articulações sinoviais. **5.** A sinóvia nutre as células da cartilagem articular e lubrifica as superfícies articulares. **6.** (a) Os movimentos que ocorrem no cotovelo são os de flexão e extensão. (b) O quadril permite realizar os movimentos de flexão / extensão, abdução / adução, rotação medial e lateral, e circundução. (c) Dorsiflexão e flexão plantar ocorrem na articulação do tornozelo (talocrural). (d) A rotação ocorre na articulação atlantoaxial, como quando você gira a cabeça para dizer “não”. (e) Na articulação metacarpofalângica podem-se realizar os movimentos de flexão / extensão, abdução / adução e circundução. **7.** (a) O cotovelo é uma articulação do tipo gínglimo (uni axial). (b) A articulação do quadril é uma articulação esférica (multiaxial). (c) O tornozelo é uma articulação do tipo gínglimo (uni axial). (d) A articulação atlantoaxial é trocáide (uni axial). (e) A articulação metacarpofalângica é uma articulação elipsóide (biaxial). **8.** Pronação é a rotação medial do antebraço, de modo que a palma da mão volta-se posteriormente; supinação é a rotação lateral do antebraço de modo que a palma volta-se anteriormente. Esse movimento ocorre nas articulações radiulnar proximal e distal. **9.** O disco articular nas articulações esternoclavicular e temporomandibular divide a cavidade articular e permite movimentos complexos múltiplos nessas articulações. **10.** O joelho apresenta dois meniscos. **11.** A articulação do cotovelo é a mais estável, e a do ombro, a menos estável. **12.** Os tendões dos músculos que cruzam a articulação do ombro contribuem muito para a sua estabilidade. **13.** A ulna forma parte do cotovelo. O rádio forma parte da articulação do punho. **14.** O ligamento da cabeça do fêmur é um exemplo de ligamento intracapsular. Os ligamentos intracapsulares do joelho são os ligamentos cruzado anterior e posterior. **15.** Inversão forçada do tornozelo pode torcer o ligamento colateral. **16.** Os meniscos medial e lateral do joelho ajudam na estabilidade da articulação, assim como os ligamentos capsulares, extracapsulares e intracapsulares. O tônus muscular no quadríceps e nos músculos isquiotibiais também contribui para a estabilidade do joelho. **17.** (a) A artrite gotosa é causada pela cristalização de ácido úrico na membrana sinovial. (b) A osteoartrite é a erosão da cartilagem articular. (c) A artrite reumatoide é uma resposta autoimune que causa inflamação da membrana sinovial. **18.** Uma entorse ou subluxação estende a cápsula articular e ligamentos circundantes e torna a articulação mais susceptível

a lesões repetitivas. **19.** As articulações sinoviais formam-se aproximadamente na oitava semana do desenvolvimento fetal. **Questões para revisão 1.** (1) a, b; (2) a; (3) a; (4) a; (5) b; (6) c; (7) c; (8) a, b; (9) c **2. e 3. c 4. e 5. a 6.** (1) a, c; (2) b, d; (3) c; (4) b, d **7.** (1) g; (2) e; (3) a; (4) a, b, g; (5) d; (6) g; (7) h; (8) e, c (apropriadamente chamado de ligamento colateral ulnar do punho); (9) g **8.** (1) c; (2) e; (3) b; (4) d; (5) d; (6) d; (7) c; (8) a; (9) a; (10) a

Capítulo 10

Verifique seu conhecimento 1. Todo tecido muscular contém miofilamentos de actina e miosina, que gera forças contráteis; a membrana plasmática é chamada de sarcolema e do citoplasma é chamada de sarcoplasma. As propriedades funcionais do tecido muscular são (1) a contratilidade, (2) a excitabilidade, (3) a extensibilidade e (4) a elasticidade. **2.** O músculo cardíaco e o músculo esquelético são estriados. O músculo cardíaco e o músculo liso são chamados de músculos viscerais, porque compõem as vísceras e não são controlados voluntariamente. As células do músculo esquelético e do músculo liso são denominadas fibras musculares. **3.** O perimísio é o tecido conjuntivo fibroso que envolve um fascículo. **4.** A origem de um músculo é o local onde ele se insere (fixa) no osso e que não se move quando o músculo contrai. A inserção é o local de fixação que move com a contração do músculo. Nos membros, convencionalmente a origem é a inserção proximal e a inserção é distal. **5.** A fibra muscular é formada por miofibrilas compostas pelas proteínas contráteis actina e miosina. No músculo estriado, as miofibrilas são organizadas em sarcômeros, a menor unidade contrátil no músculo estriado. A estriação da miofibrila é devido à composição de sarcômeros repetidos. Uma fibra muscular é uma célula muscular. **6.** Os miofilamentos espessos (miosina) estão limitados à banda A. **7.** As cisternas terminais do retículo sarcoplasmático armazenam Ca²⁺. Os túbulos T conduzem o estímulo de contração desde a superfície do sarcolema até as regiões mais profundas da fibra muscular, iniciando a liberação de Ca²⁺ a partir das cisternas do retículo. **8.** As cabeças de miosina unem-se ao filamento fino montado para gerar a força de contração. **9.** O comprimento da banda I encurta durante a contração muscular. **10.** A junção mioneural (placa motora) é a ligação entre terminal axônico e a fibra muscular. Uma unidade motora é formada por um único neurônio motor e todas as fibras musculares que ele inerva. **11.** Usain Bolt, velocista jamaicano, tem uma predominância de fibras musculares glicolíticas rápidas em seus membros inferiores. **12.** O tecido muscular de um indivíduo com distrofia muscular de Duchenne exibe fibras musculares de tamanho irregular, e em muitas regiões as fibras musculares são substituídas por tecido conjuntivo fibroso e adiposo. **13.** As fibras musculares esqueléticas formam-se a partir da fusão de células embrionárias múltiplas; assim, elas são multinucleadas. **14.** O exercício de musculação aumenta o tamanho das fibras musculares e, assim, ajuda a manter a força muscular em indivíduos idosos. **Questões para revisão 1. c 2. b 3.** (1) fino; (2) espesso; (3) espesso; (4) fino; (5) espesso; (6) fino **4.** (1) sim; (2) não; (3) sim; (4) não **5.** (1) d; (2) a; (3) b; (4) e; (5) c **6. c 7. c 8. a 9.** (1) b; (2) a; (3) c; (4) c; (5) b; (6) a; (7) a, c (8) c; (9) c; (10) a, b, c

Capítulo 11

Verifique seu conhecimento 1. Um músculo com fibras alinhadas ao longo do seu eixo longitudinal tem um arranjo paralelo dos seus fascículos. **2.** A potência de um músculo depende do número total

de fibras musculares. Músculos peniformes acumulam mais fibras musculares em uma unidade de área do que os músculos paralelos; assim, eles são capazes de gerar uma força maior. **3.** Alavancas de primeira classe sempre operam com uma vantagem mecânica para obter potência. Alavancas de segunda classe operam com uma vantagem mecânica quando o comprimento do braço de esforço é mais longo do que o comprimento do braço da resistência (carga). **4.** O fulcro de um sistema de alavanca óssea é a articulação. **5.** Alavancas que funcionam em desvantagem mecânica permitem maior velocidade e maior distância de movimento para um dado esforço muscular. **6.** Quanto ao desenvolvimento embrionário: (a) Os músculos da coxa são músculos dos membros. (b) Os músculos do abdome são músculos axiais. (c) Os músculos da mastigação são músculos do arco faríngeo (branquioméricos). **7.** Músculos que se desenvolvem no lado dorsal do membro são músculos extensores. **8.** Os músculos bíceps braquial e braquial atuam como sinérgicos. **9.** Um músculo adutor da coxa cruza o quadril a partir da região medial da articulação. **10.** Os músculos que cruzam posteriormente uma articulação geralmente produzem extensão. **11.** (a) O termo *latíssimo do dorso*, que significa “costas largas”, é uma excelente definição para esse músculo superficial das costas. (b) *Esternocleidomastóideo* indica que as origens desse músculo ocorrem no esterno e na clavícula e que a sua inserção se dá no processo mastoide do osso temporal. (c) O termo *serrátil anterior* refere-se à aparência de serra desse músculo situado na região lateral da parede torácica, muito parecido com uma faca serrilhada. (d) O músculo adutor magno é o grande músculo adutor da coxa. **12.** Os músculos bíceps braquial e braquial estão localizados no compartimento anterior do braço. O músculo antagonista, o tríceps braquial, está localizado no compartimento posterior do braço. **13.** Os músculos do compartimento posterior da coxa estendem a coxa e flexionam a perna. O músculo quadríceps femoral atua como um antagonista para esses músculos. **14.** Os músculos gastrocnêmio e sóleo são sinérgicos dos motores principais (agonistas) na flexão plantar. **15.** O músculo diafragma é o músculo mais importante da respiração. Os músculos intercostais, peitoral menor, escalenos e esternocleidomastóideo auxiliam na inspiração. Os músculos do abdome auxiliam a expiração forçada. **16.** Os seis movimentos da articulação do ombro são: flexão/extensão, abdução/adução, rotação medial/lateral. Os músculos envolvidos nesses movimentos estão descritos na Tabela 11.11. **17.** O músculo agonista na dorsiflexão do pé é o tibial anterior. A dorsiflexão evita que os dedos dos pés se arrastem durante a fase de recuperação do ato de andar. **18.** O músculo glúteo mínimo desloca o tronco para os lados durante a caminhada, para manter o corpo na posição vertical e o centro de gravidade ao longo do membro que está ao chão. Sem a sua ação, o tronco pendia para o lado não apoiado quando o membro se encontra na fase de balanço da marcha. **19.** A linha alba estende-se pela parede do abdome, desde o processo xifoide até a sínfise púbica. Os músculos oblíquos externo e interno e transversos do abdome inserem-se na linha alba. **20.** O triângulo (triângulo) da ausculta, utilizado para ouvir sons oriundos do pulmão, é delimitado medialmente pelo músculo trapézio, inferiormente pelo músculo latíssimo do dorso, e pela margem medial da escápula, lateralmente. **21.** Injeções intramusculares podem ser administradas no músculo deltoide, aproximadamente cinco centímetros inferiormente à parte superior arredondada do ombro; no músculo glúteo médio, cinco centímetros superiormente ao ponto médio entre a espinha ílaca posterossuperior e o trocânter maior. **22.** (a) A linha supracristal está na região lombar. (b) A

linha semilunar localiza-se no abdome. (c) A fossa cubital localiza-se anteriormente no cotovelo. (d) O sulco bicipital medial é localizado na superfície medial do braço. **23.** Os limites do triângulo cervical posterior são o músculo esternocleidomastóideo anteriormente, o músculo trapézio posteriormente e a clavícula inferiormente. O pulso carotídeo é localizado no triângulo cervical anterior, anteriormente ao esternocleidomastóideo, no nível da laringe. **24.** Na maioria dos indivíduos, os tendões dos músculos palmar longo e flexor radial do carpo são aparentes na região distal do antebraço quando a pessoa cerra o punho. **Questões para revisão 1. d 2. c 3. (1) c; (2) b; (3) e; (4) a; (5) d 4. e 5. c 6. d 7. c 8. b 9. b 10. a 11. d 12. b 13. b**

Capítulo 12

Verifique seu conhecimento 1. Os impulsos aferentes transmitem informações sensitivas para o SNC. **2.** O impulso motor visceral (autônomo) regula a contração do músculo cardíaco. **3.** (a) A dor de uma distensão muscular é sensibilidade somática. (b) Náusea é sensibilidade visceral. (c) A gustação é sensibilidade visceral especial. **4.** Os processos celulares do neurônio que recebem estímulos são os dendritos. **5.** Quando um impulso elétrico no neurônio pré-sináptico atinge o seu terminal axônico, ele estimula a liberação de neurotransmissores químicos que se difundem através da fenda sináptica, conectam-se a receptores do neurônio pós-sináptico (geralmente no dendrito ou no corpo celular) e estimulam uma resposta elétrica desse neurônio. Dessa forma, o sinal elétrico é transmitido de um neurônio ao outro através de um neurotransmissor. **6.** Os neurônios sensitivos são neurônios pseudounipolares. **7.** Neurônios multipolares são o tipo mais abundante de neurônio. Os neurônios motores do SNP são neurônios multipolares. **8.** Os oligodendrócitos produzem mielina no SNC, e as células de Schwann produzem mielina no SNP. **9.** Os astrócitos são comuns em regiões onde ocorre a sinapse porque eles controlam o ambiente iônico ao redor dos neurônios e regulam os níveis de neurotransmissores. **10.** As células de Schwann revestem os axônios não mielinizados; no entanto, esses axônios não são envolvidos por camadas concêntricas da célula de Schwann. Vários axônios não mielinizados são confinados em uma única célula de Schwann (veja a Figura 12.7). **11.** O perineuro envolve um conjunto de axônios (fibras nervosas) num fascículo. **12.** Sinapses no SNC sempre ocorrem na substância cinzenta. **13.** A substância branca do SNC tem esse aspecto porque a maioria das fibras nervosas nessas regiões é mielinizada. **14.** O centro de integração ocorre na substância cinzenta do SNC na sinapse entre o neurônio sensitivo e o neurônio motor. **15.** O impulso sensitivo é conduzido ao cérebro para tornar consciente o estímulo da dor. Esse processamento é mais lento do que aquele do arco reflexo simples. **16.** Um circuito convergente contém diversos neurônios pré-sinápticos mantendo sinapses com um único neurônio pós-sináptico. **17.** Após uma lesão periférica, axônios do SNP podem evoluir no interior de tubos de regeneração formados pelas células de Schwann sobreviventes. No SNC, a neuróglia não forma guias para a retomada do crescimento dos axônios; na verdade, secretam substâncias químicas inibidoras que bloqueiam o crescimento neuronal. **18.** A mielina isola os impulsos nervosos e aumenta a sua velocidade da condução. A destruição de mielina no SNC, tal como ocorre com a esclerose múltipla, interfere com a condução dos impulsos nervosos. Todos os sintomas descritos pela esclerose múltipla indicam lesões neuronais (distúrbios do equilíbrio, fraqueza muscular, perturbação da visão). **19.** Os neuroblastos da lâmina basal formam os neurônios motores.

20. Os neurônios sensitivos desenvolvem-se a partir da crista neural, localizada no lado de fora do tubo neural em desenvolvimento. **Questões para revisão 1. b 2. (1) d; (2) b; (3) f; (4) c; (5) a; (6) a 3. b 4. (1) SS; (2) VS; (3) VM; (4) SM; (5) VS; (6) SS; (7) SM 5. b 6. b 7. a 8. c 9. d 10. (1) c; (2) b; (3) a 11. b 12. c 13. d 14. 2, 1, 3**

Capítulo 13

Verifique seu conhecimento 1. O telencéfalo forma o cérebro, e o mesencéfalo forma a parte central do encéfalo. **2.** Os núcleos cerebrais (encefálicos) são agrupamentos de corpos celulares neuronais que formam partes da substância cinzenta do SNC. **3.** O terceiro ventrículo comunica-se com o quarto ventrículo através do aqueduto do mesencéfalo. **4.** (a) As pirâmides do bulbo são tratos de fibras que conectam o cérebro à medula espinal. (b) Os núcleos vestibular e coclear estão envolvidos com a inervação na cabeça. Eles recebem impulsos sensitivos do nervo craniano que supre a orelha interna. (c) Os pedúnculos cerebrais são tratos de fibras do mesencéfalo, conectando o cérebro com o tronco encefálico. (d) A substância cinzenta central está envolvida com os comportamentos autônomos associados à reação de “lutar ou fugir” e mediar a resposta à dor visceral. Dois núcleos de nervos cranianos também estão localizados nessa substância. (e) Os núcleos do nervo trigêmeo estão relacionados com a inervação sensitiva da face e a inervação motora dos músculos da mastigação. **5.** As pirâmides (a) e os núcleos vestibular e coclear (b) estão localizados no bulbo. Os pedúnculos cerebrais (c) e a substância cinzenta central (d) estão no mesencéfalo. Os núcleos do nervo trigêmeo (e) estão na ponte. **6.** Os colículos são quatro núcleos encefálicos situados no teto do mesencéfalo, envolvidos com reflexos auditivos (colículo inferior) e visuais (colículos superiores). **7.** O verme conecta os dois hemisférios cerebelares. **8.** O lóbulo folículo-nodular recebe informações sensitivas dos núcleos vestibulares referentes ao equilíbrio. **9.** Os pedúnculos cerebelares superiores conectam o mesencéfalo ao cerebelo; os pedúnculos cerebelares médios conectam a ponte, e os pedúnculos cerebelares inferiores conectam o bulbo. **10.** Axônios dos neurônios talâmicos estendem-se ao córtex cerebral. **11.** O hipotálamo é o principal centro de controle visceral relacionado à regulamentação das atividades das vísceras, incluindo a atividade motora autônoma e as funções endócrinas. **12.** O córtex sensitivo primário torna conscientes os diferentes tipos de sensibilidade. As áreas de associação sensitiva permitem contextualizar um estímulo dando-lhe um significado. **13.** O córtex pré-motor planeja e coordena movimentos complexos. O córtex motor primário sinaliza a execução desses movimentos. **14.** Projeções contralaterais (“lado oposto”) referem-se ao cruzamento de fibras nervosas para o lado oposto do corpo, de tal modo que o lado direito do corpo é controlado ou percebido pelo lado esquerdo do cérebro, e vice-versa. **15.** O córtex visual primário e a sua área de associação estão localizados no lobo occipital. Lesões nessa região resultam em deficiências visuais. **16.** Fibras de projeção conectam o córtex cerebral às regiões mais caudais do SNC. **17.** O núcleo caudado está localizado imediatamente lateral aos ventrículos laterais. **18.** A formação reticular recebe aferência de todos os principais tratos sensitivos ascendentes. Esses núcleos projetam-se para o cérebro (através de relés situados no tálamo), mantendo, assim, o estado de alerta. **19.** O corpo amigdalóide é o núcleo do cérebro onde se processam o medo e o estímulo para responder a essa sensibilidade. **20.** A foice do cérebro situa-se na fissura

longitudinal. **21.** O líquido cefalorraquiano (LCE) é produzido pelos plexos corioides situados nos tetos dos quatro ventrículos encefálicos. O LCE retorna ao sistema vascular sanguíneo através das granulações aracnoideas, que desembocam nos seios da dura-máter. **22.** Os nervos espinais lombares L3-L5 e os nervos espinais sacrais S1-S5 atravessam o forame da vértebra L V. **23.** A substância branca proporciona a via de condução nos dois sentidos entre o encéfalo e a medula espinal. **24.** Os neurônios motores somáticos para os músculos do membro superior estão localizados no corno anterior dos segmentos cervicais inferiores da medula espinal. Danos nessa região da medula espinal resultam em paralisia desses músculos. **25.** O LCE está localizado no espaço subaracnoide, entre a aracnoide-máter e a pia-máter. **26.** A sensibilidade de tato discriminativo veicular pelos fascículos cuneiforme e grácil, no funículo posterior da medula. **27.** Os tratos espinocerebelares não passam pelo tálamo. **28.** Os tratos corticoespinal lateral e anterior originam-se no córtex motor primário e passam através das pirâmides. **29.** Os tratos vestibuloespinal e reticuloespinal não atravessam as pirâmides. **30.** A maior parte das vias ascendentes e descendentes projeta-se contralateralmente. **31.** O tálamo e o córtex somatossensitivo são ativos em um recém-nascido. O lobo frontal (a localização do pensamento racional) não está totalmente desenvolvido até o início da idade adulta. **Questões para revisão 1.** (1) c; (2) f; (3) e; (4) g; (5) b; (6) e; (7) i; (8) a; (9) g; (10) h; (11) d **2.** b **3.** d **4.** (1) G; (2) W; (3) W; (4) G; (5) W; (6) G; (7) W **5.** a.

Capítulo 14

Verifique seu conhecimento 1. Tato, dor, pressão, vibração, temperatura e propriocepção a partir dos órgãos somáticos (pele, parede do corpo, membros) são sensibilidades somáticas gerais. A gustação e a olfação são sensibilidades viscerais especiais. **2.** Todos os nervos espinais transportam fibras sensitivas e motoras, mas alguns nervos cranianos são exclusivamente sensitivos e outros motores. **3.** Nociceptores respondem a estímulos dolorosos. Esses receptores sensitivos são terminações nervosas livres. **4.** Proprioceptores fazem parte do sistema sensitivo somático. **5.** Os receptores encapsulados são mecanorreceptores (respondem à pressão, discriminam o tato, vibração e alongamento). **6.** O nervo glossofaríngeo (NC IX), o vago (NC X) e o nervo acessório (NC XI) passam pelo forame jugular. **7.** O nervo óptico (NC II) possui fibras aferentes somáticas especiais para a visão e o nervo vestibulococlear (NC VIII), para a audição e o equilíbrio. **8.** O nervo trigêmeo (NC V) é o “grande nervo sensitivo da face”. O nervo facial (NC VII) possui fibras para a inervação motora dos músculos da face. **9.** Uma lesão na raiz dorsal do nervo espinal T4 resulta em déficit de sensibilidade da pele das regiões anterior e posterior do tronco correspondente à vértebra T4 e à costela IV. Não haverá nenhum déficit motor. **10.** (a) O nervo cervical C5 emerge inferiormente à vértebra C IV. (b) O nervo lombar L3 emerge inferiormente à vértebra L III. **11.** O diafragma é innervado por C3, C4 e C5. Uma lesão em C V não afetaria C3 e C4 e, portanto, a respiração é mantida. **12.** O nervo radial inerva os músculos extensores do braço e antebraço. **13.** A inervação sensitiva da região medial da mão seria perdida, assim como seria perdida a capacidade de abdução e adução da mão e extensão dos dedos (perda de inervação motora para os lumbricais interósseos e mediais). **14.** Os músculos do membro superior são innervados pelos componentes do plexo braquial (C5-T1). Lesão em C V resulta em perda da função inferior à área de lesão; assim, os

músculos do membro superior seriam paralisados. **15.** O nervo femoral inerva os músculos do compartimento anterior da coxa; o nervo obturatório, os músculos do compartimento medial; e o nervo isquiático, os músculos do compartimento posterior (nervo tibial, principalmente). **16.** Os nervos que inervam os músculos do membro superior são os nervos musculocutâneo, radial, mediano e ulnar. **17.** No mapa dos dermatômos (Figura 14.15) verifica-se que a pele da superfície anterolateral da perna é innervada por L5. Uma hérnia nesse nível pode resultar em perda de sensibilidade do dermatômo correspondente. **18.** Vesículas na pele no nível do umbigo indicam infecção viral no nervo T9 ou T10. **19.** (a) neuralgia = dor em um nervo, (b) parestesia = alteração da sensibilidade, (c) neuropatia = doença do nervo. **20.** Síndrome pós-pólio não é devida à reativação do vírus da poliomielite. Pensa-se que essa síndrome resulta da degeneração normal de neurônios motores associada à idade. Como as unidades motoras de sobreviventes da pólio são grandes, a perda de neurônios motores resulta em perda notável da função muscular. **Questões para revisão 1.** c **2.** b **3.** (1) d; (2) c; (3) f; (4) b; (5) e; (6) a **4.** (1) f; (2) i; (3) b; (4) g, h, j; (5) e; (6) i; (7) i; (8) k; (9) j; (10) c, d, f, k; (11) c **5.** (1) b, 6; (2) d, 8; (3) c, 2; (4) c, 5; (5) a, 4; (6) a, 3&9; (7) a, 7; (8) a, 7; (9) d, l **6.** c **7.** c **8.** c **9.** b **10.** a e e

Capítulo 15

Verifique seu conhecimento 1. Axônios pós-ganglionares são não mielinizados (amielínicos). **2.** A parte simpática do SNA foi ativada nesse cenário de quase acidente. **3.** Gânglios simpáticos estão localizados perto da medula espinal e da coluna vertebral (no tronco simpático ou gânglios pré-vertebrais). A maioria dos gânglios parassimpáticos está localizada dentro ou perto do órgão alvo. **4.** Tradicionalmente, o SNA é considerado uma divisão motora visceral geral da parte periférica do sistema nervoso. **5.** Os nervos espinais sacrais (S II-S IV) contêm fibras parassimpáticas pré-ganglionares. **6.** (a) A inervação vagal do coração diminui a frequência cardíaca. (b) A inervação vagal do intestino delgado aumenta a motilidade e a secreção. (c) A inervação vagal das glândulas salivares estimula a secreção. **7.** As fibras pré-ganglionares fazem sinapse em gânglios relacionados aos ramos do nervo trigêmeo (NC V). As fibras pós-ganglionares são conduzidas por esses ramos do NC V para atingir os seus órgãos alvo. **8.** Os ramos comunicantes brancos carregam fibras pré-ganglionares das regiões torácica e lombar da medula para o tronco simpático. Os ramos comunicantes cinzentos são fibras pós-ganglionares que saem de um gânglio do tronco simpático correspondente ao nervo espinal do mesmo nível. Essas fibras pós-ganglionares são distribuídas pelos nervos espinais para todas as regiões do corpo para inervar os vasos sanguíneos, glândulas sudoríferas e músculo eretor do pelo. **9.** A inervação simpática dos órgãos abdominais diminui as atividades glandular e muscular do sistema digestório. **10.** Os plexos no tórax e no abdome contêm fibras parassimpáticas pré-ganglionares e fibras simpáticas pós-ganglionares. Além disso, fibras simpáticas pré-ganglionares passam através dos plexos do abdome (via nervos esplâncnicos) para atingir os gânglios pré-vertebrais. **11.** A maioria das fibras de dor visceral segue o caminho das vias simpáticas de volta ao SNC. **12.** Um reflexo periférico do SNA não envolve o SNC. Alguns reflexos periféricos fazem sinapse nos gânglios simpáticos, e outros ocorrem completamente no interior da parede do órgão alvo (sistema nervoso entérico). **13.** O hipotálamo é o centro de controle principal do SNA. **14.** Neurônios pós-ganglionares são

formados a partir de tecido da crista neural. **15.** A parte parassimpática do SNA é deficiente na acalasia da cárdia. A doença de Raynaud é devida a uma vasoconstrição simpática exagerada em resposta ao frio. **Questões para revisão 1.** d **2.** (1) S; (2) P; (3) P; (4) S; (5) S; (6) P; (7) S; (8) S; (9) P; (10) S; (11) P; (12) S; (13) S; (14) S; (15) S **3.** c **4.** d **5.** b **6.** d **7.** c **8.** a

Capítulo 16

Verifique seu conhecimento 1. As células receptoras para o paladar são células epiteliais. **2.** Receptores do olfato são neurônios sensitivos bipolares. Essas células são substituídas quando danificadas, o que as coloca entre os poucos neurônios que são repostos ao longo da vida. **3.** A túnica conjuntiva é uma membrana mucosa transparente que cobre a superfície interna das pálpebras e a superfície anterior do olho. **4.** No estrabismo medial, o músculo reto lateral está afetado. Esse músculo é suprido pelo nervo abducente (NC VI). **5.** A córnea é parte da camada fibrosa externa do bulbo do olho, contém a esclera. É uma camada transparente que cobre um sexto anterior do bulbo do olho. A córnea é composta por uma camada de tecido conjuntivo denso entre duas camadas de epitélio. Ela faz parte do aparelho de flexão de luz (meios refringentes). A corioide faz parte da túnica vascular (médica) do bulbo do olho. Trata-se de uma membrana altamente vascularizada e pigmentada cobrindo os cinco sextos posteriores do olho. Vasos sanguíneos da corioide nutrem o bulbo do olho e seus pigmentos absorvem a luz. **6.** A degeneração macular leva à perda da visão central. **7.** O humor aquoso é um líquido transparente que preenche o segmento anterior. Ele fornece nutrientes e oxigênio para a lente e a córnea, avasculares. É constantemente produzido e drenado, um processo que mantém constante a pressão intraocular. **8.** A lente torna-se mais espessa (arredondada) para a visualização de objetos próximos. **9.** Um olho em repouso está programado para a visão à distância. A acomodação para ver objetos próximos requer elasticidade do cristalino. À medida que envelhecemos, o cristalino torna-se menos elástico e não consegue acomodar-se bem para a visão próxima. **10.** Axônios de células ganglionares da metade medial da retina percorrem pelo nervo óptico direito e passam através do quiasma óptico para o trato óptico esquerdo. Eles fazem sinapses no núcleo geniculado lateral esquerdo e formam sinapses com neurônios que se estendem através da radiação óptica para o córtex visual primário esquerdo. **11.** A retina forma-se a partir de uma envagação do tubo neural. **12.** A membrana timpânica (tímpano) separa o meato acústico externo da cavidade timpânica (orelha média). **13.** As quatro aberturas dessa cavidade são a tuba auditiva, a janela da cóclea (redonda), a janela do vestibulo (oval) e o antro mastoide. **14.** O martelo é o ossículo da audição que se conecta à membrana timpânica. **15.** O labirinto membranoso é uma série contínua de sacos membranosos e ductos cheios de endolinfa que contêm os receptores sensitivos da audição e do equilíbrio. O labirinto ósseo é a cavidade no interior da parte petrosa do osso temporal que envolve o labirinto membranoso. **16.** A perilinfa está localizada na rampa do vestibulo e na rampa do tímpano, na cóclea. **17.** A membrana vestibular forma o teto do ducto coclear; a membrana basilar forma o assoalho, e os estereocílios (das células receptoras) estão incorporados à membrana tectória. As vibrações na membrana tectória estimulam as células ciliadas do órgão espiral. **18.** A mácula do utrículo e do sáculo monitoram a posição da cabeça quando mantida imóvel e a aceleração linear. **19.** A surdez neurossensitiva resulta de danos às células do gânglio espiral. **20.** O

labirinto membranáceo é formado a partir do ectoderma. **21.** Os núcleos vestibulares do bulbo e do cerebelo são os principais centros de processamento de equilíbrio a partir dos nervos vestibulares. **Questões para revisão 1. a 2. d 3. c 4. b 5. b 6. b 7. e 8. b 9. c 10. b 11. d 12. b**

Capítulo 17

Verifique seu conhecimento 1. Os hormônios circulam em todo o corpo na corrente sanguínea. Eles deixam a corrente sanguínea nos capilares e entram no fluido intersticial. Apesar de os hormônios encontrarem todo tipo de células, eles influenciam a atividade apenas das células-alvo. **2.** As secreções endócrinas são reguladas através de estímulos humorais (concentrações de substâncias específicas no sangue); estímulos neurais (ação direta do nervo) ou estímulos hormonais (através de hormônios secretados por outras glândulas endócrinas). **3.** Hormônios trópicos secretados pela adeno-hipófise regulam a secreção de hormônios de outras glândulas endócrinas. Os hormônios da adeno-hipófise não trópicos agem diretamente nos tecidos-alvo não endócrinos. **4.** Os hormônios secretados pela neuro-hipófise são produzidos nos corpos celulares de neurônios localizados no hipotálamo. Os hormônios da adeno-hipófise são produzidos pelas células da glândula. **5.** (a) Os órgãos-alvo para a oxitocina são o útero e a mama. (b) O hormônio adrenocorticotrópico (ACTH) atua no córtex da suprarrenal. (c) O hormônio folículo-estimulante (FSH) atua sobre os ovários nas mulheres e nos testículos nos homens. (d) O órgão-alvo para o hormônio antidiurético (ADH) são os rins. **6.** Um paciente com hipotireoidismo não tem preocupações com a regulação de cálcio no sangue porque essa enfermidade refere-se a níveis baixos de hormônio da tireoide, e não dos níveis de calcitonina. **7.** A aldosterona é produzida na zona glomerulosa do córtex da suprarrenal. **8.** A medula da suprarrenal secreta os hormônios norepinefrina (um neurotransmissor simpático) e epinefrina quando estimulados pelos neurônios pré-ganglionares simpáticos. As células da medula não possuem nenhum processo neuronal e liberam suas secreções nas proximidades dos capilares sanguíneos. **9.** A secreção glicocorticóide é estimulada por ACTH, que é produzida pela adeno-hipófise. **10.** As células do sistema endócrino do pâncreas são distribuídas por todo o pâncreas em aglomerados chamados de ilhotas pancreáticas. **11.** No feto, estrógenos e progesterona são produzidos pela placenta. **12.** A doença de Addison resulta de deficiência do córtex da suprarrenal. Os sintomas típicos são baixa pressão arterial, fadiga e perda de apetite. A doença de Graves é causada pelo hipertireoidismo. Os sintomas são a taxa metabólica elevada, aumento da frequência cardíaca, sudorese e perda de peso. A doença de Cushing resulta da hipersecreção de hormônios glicocorticóides do córtex da suprarrenal. São sintomas os níveis de glicose elevados no sangue, letargia, inchaço da face e o desenvolvimento de uma "corcova de búfalo". **Questões para revisão 1. a 2. (1) c; (2) b; (3) g; (4) h; (5) d; (6) e; (7) f; (8) i; (9) a; (10) j; (11) b, h; (12) i 3. a 4. (1) a; (2) b; (3) a; (4) b; (5) b; (6) a 5. (1) e; (2) a; (3) a&c; (4) d; (5) b 6. d 7. a 8. d 9. c 10. (1) b, j; (2) a, g; (3) c, f; (4) d, h; (5) e, i 11. a, c, d, e, g, h, j.**

Capítulo 18

Verifique seu conhecimento 1. A porcentagem do volume de sangue composta por eritrócitos é chamada de hematócrito. Seu valor normal é em torno de 45%. **2.** As três principais proteínas do plasma são a albumina (impede que a água saia da corrente sanguínea), as globulinas (anticorpos e proteínas que transportam lipídios, ferro e cobre) e fibrinogênio (envolvido com a coagulação do sangue). **3.** Eritró-

citos e plaquetas não contêm núcleo. **4.** Leucócitos referem-se a todos os tipos de células brancas do sangue; linfócitos são glóbulos brancos específicos que são parte do sistema imune. **5.** A coloração de Wright é composta pelo corante ácido eosina, que se liga aos elementos celulares básicos e os destaca na cor rosa, e pelo corante básico azul de metileno, que se liga aos elementos celulares ácidos, destacando-os desde a cor azul até o roxo. O citoplasma dos neutrófilos cora em rosa-claro e roxo-avermelhado, por isso seu nome: "neutro". Eosinófilos têm "afinidade com eosina" e grânulos citoplasmáticos mancham de rosa. Basófilos ("afinidade com o básico") exibem citoplasma na cor roxo-escura. **6.** Em adultos, a medula óssea vermelha localiza-se no osso esponjoso do esqueleto axial, cingulos dos membros e na epífise proximal do úmero e do fêmur. **7.** A rede fibrosa no interior da medula óssea vermelha é formada a partir de tecido conjuntivo reticular (ou hematopoiético). **8.** Os linfócitos formam-se a partir de células-tronco linfóides. Todas as outras células do sangue formam-se a partir de células-tronco hematopoiéticas. **9.** Os sintomas da anemia são fadiga, falta de ar e baixa temperatura corporal. Os baixos níveis de eritrócitos ou de concentração de hemoglobina resultam em má oxigenação dos tecidos do corpo. **10.** O baço e o fígado são os principais órgãos hematopoiéticos fetais antes do sétimo mês. **11.** As células T no sangue do cordão umbilical são prematuras e, portanto, menos propensas a causar rejeição dos tecidos. **Questões para revisão 1. d 2. a 3. c 4. a 5. (a) 2; (b) 5; (c) 1; (d) 4; (e) 3 6. (1) c; (2) b; (3) a; (4) c; (5) a; (6) b; (7) f; (8) b; (9) a; (10) a; (11) a; (12) e 7. d.**

Capítulo 19

Verifique seu conhecimento 1. O lado direito do coração recebe e bombeia sangue desoxigenado. **2.** O ápice do coração está localizado na linha medioclavicular esquerda no quinto espaço intercostal. **3.** O epicárdio é a lâmina visceral do pericárdio seroso. **4.** (a) Os músculos pectíneos estão localizados em ambos os átrios. (b) Os músculos papilares são encontrados em ambos os ventrículos. (c) A fossa oval está no átrio direito. (d) As trabéculas cárneas são saliências musculares situadas em ambos os ventrículos. **5.** A veia cava superior, a veia cava inferior e o seio coronário são as três principais veias que desembocam no átrio direito. (As veias anteriores do ventrículo direito, veias pequenas que drenam o ventrículo direito, também desembocam no átrio direito). **6.** O sangue entra na aorta a partir da valva da aorta (semilunar), a grande artéria que transporta sangue oxigenado para a circulação sistêmica. **7.** Durante a sístole ventricular, as valvas AV (D, E) são fechadas e as valvas do tronco pulmonar e da aorta (semilunares) são abertas. **8.** Uma valva estenótica tem uma abertura estreitada devido à fusão ou endurecimento das válvulas e, portanto, não abre devidamente. Uma valva incompetente é aquela que não fecha completamente. Ambas as alterações valvares reduzem a eficiência do coração. **9.** Junções comunicantes permitem que o estímulo de contração seja transmitido de uma célula muscular para a célula adjacente. Essa ligação entre as células do músculo permite que todas as células musculares de uma câmara do coração contraíam ao mesmo tempo. **10.** O marcapasso do coração é o nó sinoatrial (SA). Ele está localizado no átrio direito e é composto de células de músculo cardíaco especializadas que iniciam o sinal elétrico que define a frequência cardíaca. Todas as outras estruturas do complexo estimulante do coração são compostas por células de músculo cardíaco especializado. **11.** A inervação simpática para o coração aumenta a frequência cardíaca e a força de contração. A inervação parassimpática só diminui a fre-

quência cardíaca. **12.** A artéria coronária esquerda fornece sangue ao ventrículo esquerdo através de dois ramos: a parede anterior recebe sangue da artéria interventricular esquerda e a parede posterior é suprida pelo ramo circunflexo. **13.** Os fatores de risco para a doença arterial coronariana incluem pressão arterial elevada, tabagismo, níveis altos de colesterol, diabetes, inatividade e histórico familiar de doença cardíaca. O primeiro sintoma é a angina; nos casos extremos, o primeiro sintoma é o ataque cardíaco fatal. **14.** Uma abertura no septo interventricular permite a mistura do sangue oxigenado e do sangue desoxigenado. Como o ventrículo esquerdo é mais forte, mais sangue é desviado a partir deste para o ventrículo direito. **15.** O ventrículo embrionário forma o ventrículo esquerdo. **16.** Exercício físico regular e vigoroso é o fator mais importante para a manutenção de um coração saudável por toda a vida. **Questões para revisão 1. b 2. d 3. b 4. c 5. e. 6. a 7. d 8. d 9. c 10. b 11. d.**

Capítulo 20

Verifique seu conhecimento 1. As paredes capilares são compostas de uma única camada de células endoteliais através das quais ocorre a difusão direta. O diâmetro capilar é semelhante ao de um eritrócito (hemácia), o que maximiza o contato de superfície entre o eritrócito e as paredes capilares e, portanto, maximiza a difusão gasosa. Além disso, as fendas de endotélio e fenestrações contribuem para a permeabilidade capilar, permitindo que fluidos e moléculas dissolvidas movam diretamente a partir do plasma sanguíneo para o fluido intersticial. **2.** O músculo liso e espesso da túnica média e a lâmina elástica interna que circunda essa camada mantêm a pulsação sanguínea através das artérias. O fluxo de sangue venoso é mantido por válvulas que impedem o refluxo, pelo movimento normal do corpo e pela bomba dos músculos esqueléticos. **3.** (a) Os vasos dos vasos são pequenos vasos na túnica adventícia de artérias maiores que suprem as suas camadas adventícia e superficial da média. (b) Anastomoses arteriais são junções entre duas artérias diferentes que suprem um órgão comum. (c) As varizes se formam quando as válvulas de uma veia falham e o sangue retorna (reflui) no vaso. (d) Uma artéria é um vaso que transporta o sangue para fora do coração. **4.** A artéria pulmonar é ilustrada em azul, pois transporta sangue desoxigenado em direção ao pulmão para ser oxigenado. Como está transportando sangue para fora do coração, ela é uma artéria. **5.** O tronco braquiocéfálico supre a cabeça, o pescoço, o tórax e o membro superior do lado direito. A artéria carótida esquerda comum supre a parte esquerda da cabeça e do pescoço, e a artéria subclávia esquerda supre o tórax e o membro superior do lado esquerdo. **6.** Os quatro grandes vasos que fornecem sangue para o encéfalo são as artérias carótidas internas (direita e esquerda) e as artérias vertebrais (direita e esquerda). A artéria carótida interna é ramo da artéria carótida comum; a artéria vertebral é ramo da artéria subclávia. **7.** (a) A artéria femoral localiza-se na coxa, (b) a artéria braquial no braço, (c) a artéria radial no punho, (d) a artéria dorsal no pé, (e) a artéria carótida comum no pescoço. **8.** O tronco celíaco irriga o estômago, o fígado, a vesícula biliar, o pâncreas, o baço e parte do intestino delgado. A artéria mesentérica superior supre o intestino delgado, o colo ascendente e parte do colo transversal. A artéria mesentérica inferior supre a parte distal do colo transversal, o colo descendente e o reto. **9.** A veia porta drena os órgãos do trato digestório, entra no fígado e desemboca nos sinusóides hepáticos. As veias hepáticas drenam o sangue do fígado para a veia cava inferior. **10.** (a) A veia celíaca é uma veia superficial do membro superior. (b) A veia

poplítea está localizada na fossa poplítea, posteriormente ao joelho. (c) O seio transverso localiza-se na cabeça e é um dos seios da dura-máter que drena o encéfalo. (d) A veia safena é uma veia superficial do membro inferior. (e) A veia ázigo corre ao longo da parede posterior do tórax. **11.** A veia intermédia do cotovelo é um local comum para a retirada de sangue. A veia safena é comumente utilizada na cirurgia de revascularização do miocárdio. **12.** O tabagismo, uma dieta rica em gordura e um estilo de vida sedentário são fatores que contribuem para a aterosclerose. **13.** A membrana basal dos capilares torna-se espessa no diabetes mellitus. Isso reduz a taxa de difusão de gases e nutrientes para os tecidos do corpo. **14.** A veia umbilical transporta o sangue oxigenado no feto. **15.** O ducto arterial estende-se entre o tronco pulmonar e a aorta. O sangue no tronco pulmonar é desviado para a aorta e, assim, não ocorre a circulação pulmonar. **Questões para revisão 1. d 2. b 3. b 4. (1) íntima; (2) adventícia; (3) adventícia; (4) adventícia; (5) média; (6) íntima 5. a 6. b 7. c 8. b 9. c 10. d 11. a 12. d 13. a 14. b 15. c 16. a.**

Capítulo 21

Verifique seu conhecimento 1. As células endoteliais dos capilares linfáticos têm poucas junções intercelulares, e as margens das células adjacentes sobrepõem-se, formando miniválvulas de fácil abertura. As células endoteliais dos capilares sanguíneos unem-se entre si através de zônulas de oclusão. Fendas entre as células adjacentes e, em alguns casos, poros tornam esses vasos permeáveis. **2.** O primeiro linfonodo (sentinela) em um paciente com câncer de garganta é um linfonodo cervical; em um paciente com câncer de mama, um linfonodo axilar. **3.** Tronco intestinal; ducto torácico; veias jugular interna e subclávia esquerdas. **4.** Linfócitos T adquirem imunocompetência no timo. **5.** Infecção causada por um agente bacteriano ativa os linfócitos B. **6.** Os linfócitos B localizam-se nos folículos linfáticos. Cada folículo linfático é derivado da ativação de uma única célula B. A divisão celular ocorre no centro germinativo, produzindo novas células B, que então migram a partir do folículo para se tornarem células plasmáticas. **7.** Na polpa vermelha do baço, células sanguíneas deficientes são fagocitadas por macrófagos. **8.** Nos linfonodos, linfócitos T estão localizados nas partes mais profundas do córtex e nos cordões medulares. **9.** Nódulos linfáticos agregados estão localizados no fimo do intestino delgado. **10.** As linhas vermelhas indicam linfangite, inflamação de um vaso linfático, devido à infecção. **11.** O timo é derivado do endoderma; o baço e linfonodos, do mesoderma. **Questões para revisão 1. c 2. c 3. a. 4. b 5. e. 6. b 7. a, c. 8. c 9. a. 10. d. 11. d**

Capítulo 22

Verifique seu conhecimento 1. A cavidade nasal, as conchas nasais, os seios paranasais e a parte nasal da faringe são cobertos por mucosa respiratória. Essas membranas mucosas têm a função de aquecer, filtrar e umedecer o ar inspirado. **2.** A respiração externa é a troca gasosa entre o sangue e o ar dos alvéolos dos pulmões. A respiração interna é troca gasosa entre o sangue e os tecidos do corpo. Respiração celular é a utilização de oxigênio pelas células para converter glicose em energia celular (ATP). **3.** A faringe, comumente chamada de garganta, está localizada posterior às cavidades nasal e oral e à laringe. Ela se estende inferiormente até a abertura do esôfago. A laringe, ou caixa vocal, situa-se superiormente à traqueia. Ela abriga as cordas vocais e a estrutura da sua entrada previne a passagem de alimento nas vias respiratórias. **4.** O limite inferior da parte nasal da faringe é a úvula,

da parte oral da faringe é a epiglote e da parte laríngea da faringe é a margem inferior da cartilagem cricóideia. **5.** As pregas vocais ligam-se às cartilagens aritenóideas posteriormente e estendem-se anteriormente à cartilagem tireóideia. O comprimento e a tensão das pregas vocais influenciam o tom: pregas vocais tensas e curtas produzem um tom mais alto; pregas vocais longas, como ocorre em homens, produzem um tom mais baixo. A força da passagem do ar através das pregas vocais varia a intensidade do som: maior força produz som mais alto. Ramos do nervo vago (NC X), os nervos laríngeos recorrentes, inervam os músculos da laringe que variam a tensão nas cordas vocais. **6.** A membrana mucosa que reveste a traqueia e brônquios principais secreta muco, que intercepta o pó e partículas estranhas. O epitélio ciliado varre esse muco carregado de partículas em direção à faringe, onde ele é ingerido. Nos alvéolos, macrófagos alveolares removem as partículas estranhas por fagocitose. **7.** Peças de cartilagem não estão mais presentes na parede do tubo no nível dos bronquíolos (túbulos com um diâmetro de 1 mm ou menos). A elastina é encontrada nas paredes tubulares através de toda a árvore brônquica, em direção e ao redor dos alvéolos. **8.** A membrana respiratória é composta pelas células endoteliais dos capilares pulmonares, pelo epitélio simples pavimentoso (pneumócitos tipo I) da parede alveolar e pela lâmina basal fundida desses tecidos. **9.** A fissura horizontal separa os lobos superior e médio do pulmão direito. **10.** De superior para inferior, a artéria pulmonar, o brônquio principal e a veia pulmonar entram no hilo do pulmão esquerdo. **11.** Um ferimento por faca no nível da costela VII na linha medioclavicular não iria perfurar o pulmão, mas a cavidade pleural (veja a Figura 22.13). **12.** A contração do diafragma aumenta o volume da cavidade torácica. Essa variação de volume diminui a pressão na cavidade pleural, provocando a entrada de ar nos pulmões. **13.** Se a cavidade pleural é perfurada em uma punhalada, ar atmosférico entra na cavidade pleural — por isso o som de “sucção” produzido por essa lesão. A perda da pressão diferencial entre o pulmão e a cavidade pleural resulta em colapso do pulmão. **14.** Os músculos inspiratórios acessórios incluem os escalenos, o esternocleidomastóideo e o peitoral menor; todos ajudam na elevação das costelas. Primeiro são os músculos abdominais (os oblíquos e transverso do abdome), que são ativos durante a expiração forçada. **15.** Os centros respiratórios no tronco encefálico (o mais importante, o grupo respiratório ventral ou GRV, na formação reticular do bulbo) definem o ritmo respiratório básico. Os neurônios do GRV estimulam os neurônios motores somáticos que inervam os músculos respiratórios. **16.** O enfisema destrói as paredes alveolares na parte de respiração. **17.** “Tosse de fumante” é um sintoma da bronquite crônica, uma doença DPOC. Secreção excessiva de muco, uma inflamação brônquica, e fibrose, em resposta a uma exposição crônica ao fumo, causam tosse persistente. **18.** Os pulmões não estão completamente formados até o final do desenvolvimento fetal. Especificamente, os alvéolos se formam na 24ª semana e os pneumócitos tipo II começam a produzir surfactante na 26ª semana. **Questões para revisão 1. d 2. b 3. d 4. a. 5. (1) b; (2) b; (3) a; (4) b; (5) c 6. (1) c; (2) d; (3) e; (4) a; (5) b 7. a. 8. c 9. c 10. d.**

Capítulo 23

Verifique seu conhecimento 1. A propulsão ocorre em todo o tubo digestório, da cavidade oral ao ânus. **2.** A cavidade abdominal é a parte da cavidade ventral do corpo que se estende desde o diafragma até a pelve. A cavidade peritoneal é o espaço entre as

membranas serosas parietal e visceral: o peritônio parietal e peritônio visceral. O pâncreas, duodeno, colo ascendente, colo descendente e reto são retroperitoneais. **3.** (a) Os mesentérios para o fígado são o ligamento falciforme e o omento menor, ambos mesentérios ventrais. (b) Os mesentérios ligados ao estômago são o omento maior (um mesentério dorsal) e o omento menor. (c) O mesentério para o colo sigmoide é o mesocolo sigmoide, um mesentério dorsal. **4.** O sangue de uma hemorragia do baço ou fígado é recolhido em uma cavidade peritoneal. **5.** A partir da luz para o exterior, as subcamadas da mucosa são o epitélio, a lâmina própria e a muscular da mucosa. As glândulas intrínsecas são formadas a partir da camada epitelial. **6.** Peristaltismo e segmentação resultam de contrações do músculo liso da muscular (externa). **7.** As células de músculo liso são alongadas com extremidades afiladas, contêm um único núcleo localizado centralmente e não são estriadas. O músculo liso é inervado pelo SNA e contrai em resposta aos hormônios, alongamento e estímulo do nervo. É extremamente resistente à fadiga. O músculo esquelético é composto de células de forma cilíndrica estriada multinucleada. O músculo esquelético é inervado por neurônios motores somáticos e é menos resistente à fadiga do que o músculo liso. **8.** O epitélio estratificado pavimentoso compõe a mucosa da cavidade oral, parte oral da faringe e parte laríngea da faringe. **9.** As três principais glândulas salivares são a parótida, a submandibular e a sublingual. Suas secreções iniciam a digestão dos carboidratos (amilase salivar) e gorduras (lipase salivar). **10.** O nervo trigêmeo (NC V) inerva os dentes: o ramo maxilar os dentes da maxila; e o ramo mandibular os dentes da mandíbula. **11.** O epitélio da mucosa muda de estratificado pavimentoso do esôfago para simples prismático no estômago. A camada muscular do estômago tem uma camada profunda adicional, a camada oblíqua. **12.** O estômago está localizado no hipocôndrio esquerdo, epigástrico, e nas regiões umbilicais do abdome. **13.** As células zimigênicas (principais) produzem pepsinogênio e lipase gástrica; células oxínticas (parietais) produzem HCl; o epitélio da superfície secreta muco tamponado com bicarbonato. **14.** As células epiteliais do intestino vivem por 3 a 6 dias. Essas células são substituídas por células epiteliais indiferenciadas rapidamente divididas que cobrem as glândulas intestinais. **15.** As partes do intestino grosso são o ceco, o colo ascendente, o colo transverso, o colo descendente, o colo sigmoide, o reto e o canal anal. **16.** Os produtos finais da digestão de carboidratos e proteínas são absorvidos na rede capilar no interior das vilosidades; as gorduras digeridas são absorvidas pelo capilar linfático (lacteô). **17.** As artérias hepáticas direita e esquerda levam o sangue oxigenado para o fígado, a veia porta carrega sangue rico em nutrientes para o fígado, e os ductos hepáticos direito e esquerdo levam a bile para fora do fígado. **18.** O percurso do sangue a partir do trato digestório através do lóbulo do fígado ocorre como se segue: a partir da veia porta para as vênulas portais na tríade portal na periferia de um lóbulo do fígado, através dos sinusóides do fígado, que convergem para a veia central do lóbulo (centrolobular). **19.** As células acinares do pâncreas produzem e secretam enzimas digestórias. Essas secreções são lançadas no duodeno. **20.** Muitas doenças são transmitidas através de contaminação fecal de alimentos e água. Lavar as mãos após usar o banheiro é um meio eficaz de evitar a disseminação da infecção. **21.** O epitélio da mucosa é derivado da endoderme. As camadas submucosa e muscular (externa) são derivadas do mesoderma esplâncnico lateral. **22.** A artéria mesentérica superior supre as estruturas que se desenvolvem a partir do intestino embrionário. **Questões para revisão 1. c 2. a 3. (1) d; (2) d; (3) d; (4) c; (5) c; (6) c 4. (1) d; (2) c; (3) f;**

(4) a; (5) b; (6) e 5. a. 6. a. 7. a, d. 8. d 9. b 10. a. 11. a. 12. (1) e; (2) a; (3) b; (4) d; (5) c 13. b 14. d 15. d 16. (1) e; (2) h; (3) c; (4) b; (5) g; (6) a; (7) f; (8) d 17. a 18. (1) a; (2) b; (3) c; (4) a; (5) b; (6) c; (7) b

Capítulo 24

Verifique seu conhecimento 1. Os rins estão localizados na cavidade abdominal atrás do peritônio parietal, por isso eles são retroperitoneais. 2. Os rins estendem-se desde T XI ou T XII superiormente, até L III inferiormente. O rim direito é ligeiramente inferior ao esquerdo, porque o fígado toma grande parte do quadrante superior direito do abdome. 3. As artérias e veias interlobares passam pelas colunas renais. 4. Os capilares glomerular (capilares), cápsula do glomérulo e os túbulos contorcidos proximal e distal estão localizados no córtex renal. A alça do néfron e o ducto coletor estendem-se para o interior da medula. 5. A filtração ocorre no glomérulo. Secreção e reabsorção ocorrem entre os capilares peritubulares. 6. O complexo justaglomerular atua na regulação da pressão sanguínea. As células na parte terminal da alça do néfron são alongadas onde são contíguas à arteríola aferente. Essas células monitoram a concentração de soluto filtrado e iniciam uma resposta quando esta concentração cai abaixo do nível. 7. O ureter transporta a urina do rim à bexiga urinária. A uretra transporta a urina da bexiga urinária para fora do corpo. 8. O epitélio transicional reveste o ureter, a bexiga e a parte proximal da uretra. 9. O esfíncter externo da uretra é innervado por neurônios motores somáticos (voluntários). 10. A uretra no sexo feminino é muito mais curta do que no sexo masculino e está localizada próxima às aberturas da vagina e do ânus. Bactérias dessas regiões podem facilmente entrar na uretra, particularmente durante a atividade sexual. 11. Todos os três pares de rins — pronefro, mesonefro e metanefro — formam-se a partir do mesoderma intermediário. 12. Uma cloaca é a abertura comum do trato digestório e dos ductos urinário e reprodutor. **Questões para revisão 1. d 2. b 3. c 4. e 5. d 6. b 7. e 8. e 9. a 10. c 11. b 12. b 13.** (a) 1; (b) 6; (c) 12; (d) 3; (e) 7; (f) 10; (g) 2; (h) 5; (i) 9; (j) 11; (k) 4; (l) 8 14. (1) c; (2) d; (3) e; (4) b; (5) a

Capítulo 25

Verifique seu conhecimento. 1. As células intersticiais estão agrupadas no tecido conjuntivo frouxo entre túbulos seminíferos (daí o seu nome). Essas células secretam testosterona. 2. A túnica albugínea é a cápsula fibrosa que reveste o testículo. A túnica vaginal recobre a túnica albugínea. É um saco seroso de duas camadas (um remanescente do peritônio) que circunda parcialmente o testículo. 3. No epidídimo, o espermatozoide adquire a habilidade de nadar e a capacidade de fertilizar o óvulo. 4. O ducto ejaculatório está localizado na junção da ampola do ducto deferente e do ducto da glândula seminal. Esse ducto atravessa a próstata e desemboca na parte prostática da uretra. 5. Aproximadamente 60% do volume do sêmen é produzido pelas glândulas seminais. 6. A uretra que passa pelo corpo esponjoso do pênis é a parte esponjosa da uretra. 7. No final, cada espermatozóide primário produz quatro espermátides. 8. Células de sustentação ajudam a formar espermatozoides nutrindo as células espermatogênicas e movendo-as para a luz do túbulo. Secreções das células de sustentação influenciam a testosterona e os níveis de FSH e funcionam para estimular ou para inibir a formação de espermatozoides. Junções de oclusão entre células de sustentação adjacentes formam a barreira sanguínea do testículo, que protege os espermatozoides de ataque pelo sistema imunológico. 9. A cabeça do espermatozoide contém o núcleo e o acrossomo; a peça intermediária contém mitocôndrias, e a cauda é um flagelo. 10. As tubas uterinas são revestidas com epitélio colunar ciliado e não ciliado (secretor). O bater dos cílios produz circulação do fluido peritoneal para mover o ovócito na tuba uterina. 11. Dobras peritoneais que suportam os órgãos genitais internos femininos são o ligamento largo (útero), mesosalpinge (tubas uterinas) e ligamentos suspensor e mesovário (ovário). 12. (a) O fundo do útero é a região superior e de entrada das tubas uterinas. (b) O infundíbulo é a abertura lateral, em forma de funil, da tuba uterina. (c) O endométrio é a camada interna do útero. 13. O hormônio folí-

culo-estimulante (da adeno-hipófise) estimula o desenvolvimento folicular no ovário. 14. As ovogônias transformam-se em ovócitos durante o período fetal. As espermatogônias diferenciam-se em espermatozóides ao longo da vida adulta. 15. O corpo lúteo é o remanescente do folículo do ovário após a ovulação. Secreta progesterona, o que estimula a fase de secreção do ciclo menstrual (uterino). 16. (a) Os lábios maiores são homólogos ao escroto do sexo masculino. (b) O clitóris é homólogo ao pênis. (c) O bulbo do vestíbulo é homólogo ao corpo esponjoso. 17. A parte glandular da mama desenvolve-se durante a gravidez. 18. Uma vez que um espermatozoide funde-se com a membrana plasmática do ovócito, a reação cortical impede que outro se fixe e penetre no ovócito. 19. A decidua basal origina-se a partir do endométrio materno, as vilosidades coriônicas do trofoblasto embrionário. 20. A placenta produz progesterona e gonadotrofina coriônica humana (GCH) durante a gravidez e produz estrogênio e o hormônio produtor da corticotrofina até o final da gestação. 21. (a) Testes de PSA são usados para detectar o câncer de próstata. (b) Os exames de Papanicolau detectam o câncer de colo. (c) Exames de mamografia detectam o câncer de mama. (d) O autoexame dos testículos é indicado como triagem para o câncer de testículo. 22. Em um embrião do sexo masculino, o ducto mesonefrico forma os ductos eferentes, o epidídimo, o ducto deferente e o ducto ejaculatório. Os ductos paramesonefricos degeneram num embrião do sexo masculino. 23. As características sexuais secundárias induzidas pela testosterona nos homens são pelos púbicos, faciais e axilares; aumento da laringe; aumento da secreção das glândulas sebáceas e aumento da massa óssea e muscular. Nas mulheres, as características sexuais secundárias induzidas pelo estrogênio incluem aumento na gordura subcutânea na altura dos quadris e mamas e alargamento da cintura pélvica. **Questões para revisão 1. d 2.** (1) d; (2) c; (3) d; (4) c; (5) e 3. d 4. a 5. d 6. e 7. a 8. a 9. a 10. b 11. c 12. d 13. d 14. c 15. (a) 1; (b) 4; (c) 2; (d) 6; (e) 7; (f) 3; (g) 9; (h) 5; (i) 8; (j) 10 16. b 17. a 18. (1) a; (2) c; (3) b; (4) d; (5) c; (6) e

- Abdome:** região do corpo entre o diafragma e a pelve.
- Abduzir:** afastar do plano sagital mediano do corpo.
- Absorção:** processo pelo qual os produtos da digestão passam pelo revestimento do tubo digestório para o sangue ou a linfa.
- Acetábulo:** cavidade, em forma de taça, na superfície lateral do osso do quadril, que se articula com o fêmur.
- Acidente vascular cerebral (ou encéfalo):** condição na qual o tecido cerebral fica privado de seu fluxo de sangue normal, como no bloqueio de um vaso sanguíneo cerebral (isquêmico) ou por ruptura deste com extravasamento de sangue (hemorrágico); comumente chamado também apenas pela sigla AVC (ou AVE).
- Ácido desoxirribonucleico (DNA):** ácido nucleico encontrado em todas as células vivas; carrega as informações hereditárias do organismo.
- Ácido nucleico:** classe de moléculas orgânicas que inclui o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA).
- Ácido ribonucleico (RNA):** ácido nucleico que contém o açúcar ribose; age na síntese de proteínas.
- Actina:** proteína contrátil especialmente abundante nas células musculares.
- Adeno-hipófise:** parte glandular da hipófise; também chamada de lobo anterior da hipófise.
- Adenoide:** hipertrofia da tonsila faríngea no teto da parte nasal da faringe.
- Adiposo:** tecido conjuntivo frouxo; gordura.
- Adrenalina:** *ver* Epinefrina.
- Aduzir:** mover na direção do plano sagital mediano do corpo.
- Adventícia:** camada externa ou de cobertura de um órgão; formada por tecido conjuntivo.
- Aeróbio:** que requer oxigênio.
- Aferente:** que carrega para ou na direção de; especialmente uma fibra nervosa que leva impulsos para a parte central do sistema nervoso; neurônios aferentes são neurônios sensitivos.
- Agonista:** principal músculo responsável por executar um certo movimento; também chamado de *motor primário*.
- Agudo:** que produz sintomas graves a curto prazo; de desenvolvimento rápido.
- Aids (síndrome da imunodeficiência adquirida):** doença causada pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV); entre os sintomas, encontram-se grave perda de peso, linfonodos inchados e várias infecções oportunistas que levam à morte.
- Alantoide:** extensão tubular da parte posterior do intestino e da cloaca na fase embrionária; torna-se o úraco, cordão fibroso ligada à bexiga no adulto.
- Aldosterona:** hormônio secretado pelo córtex da suprarrenal o qual estimula a reabsorção de íons de sódio e de água dos rins.
- Alvéolo:** (1) um dos minúsculos sacos de ar dos pulmões; (2) um saco esférico formado pelas células secretoras de uma glândula; também chamada de ácino; (3) o encaixe ósseo de um dente.
- Aminoácido:** composto orgânico que contém nitrogênio, carbono, hidrogênio e oxigênio; componente básico da proteína.
- Âmnio:** membrana que forma uma bolsa cheia de fluido em torno do embrião e do feto.
- Anaeróbio:** que não requer oxigênio.
- Anastomose:** união ou junção de vasos sanguíneos ou de outras estruturas tubulares.
- Andrógeno:** hormônio masculino, cujo principal exemplo é a testosterona.
- Anemia:** capacidade diminuída do sangue em carrear oxigênio; resulta de uma quantidade pequena demais de eritrócitos ou presença de hemoglobina anormal.
- Aneurisma:** dilatação de um vaso sanguíneo, preenchida com sangue e causada por enfraquecimento da parede do vaso.
- Anfiartrose:** articulação de pouca mobilidade.
- Angina:** dor forte e sufocante no tórax, causada por falta de oferta de oxigênio temporária para o músculo cardíaco.
- Antagonista:** músculo que reverte ou se opõe à ação de um músculo motor primário.
- Anterior:** frente de um organismo, órgão ou parte do corpo; direção ventral.
- Anticorpo:** molécula de proteína que é secretada por uma célula plasmática (célula derivada de um linfócito B ativado) e que se liga a um antígeno em respostas imunológicas.
- Antígeno:** molécula reconhecida como estranha pelo sistema imunológico, ativa o sistema imunológico e reage com células imunes ou anticorpos.
- Ânus:** abertura na extremidade distal do tubo digestório.
- Aorta:** principal artéria sistêmica; projeta-se superiormente a partir do ventrículo esquerdo do coração.
- Aponeurose:** membrana conjuntiva fibrosa, que insere um músculo à parte do corpo que ele movimenta.
- Apoptose:** morte celular programada. Suicídio celular controlado que elimina células estressadas, desnecessárias, excessivas ou envelhecidas.
- Aqueduto cerebral:** estreita cavidade do mesencéfalo que conecta o terceiro e o quarto ventrículos.
- Aracnoide-máter:** camada intermediária das três meninges em formato de teia.
- Aréola:** área circular pigmentada da pele em torno do mamilo.
- Artéria:** vaso que leva sangue do coração para o corpo.
- Arteriola:** artéria de diâmetro muito pequeno.
- Arteriosclerose:** endurecimento das artérias — qualquer uma das várias mudanças degenerativas nas paredes das artérias que leve a uma diminuição da sua elasticidade. *Ver* Aterosclerose.
- Articulação sinovial:** articulação de livre movimentação com uma cavidade e uma cápsula conjuntiva que protege e dá estabilidade ao movimento. *Ver* Diartrose.
- Articulação:** junta; ponto onde dois elementos do esqueleto se encontram.
- Artrite:** inflamação das articulações.
- Aterosclerose:** mudanças nas paredes das grandes artérias envolvendo o depósito de placas de lipídios; a variedade mais comum de arteriosclerose.
- Atlas:** primeira vértebra cervical (C I).
- Átrios:** duas cavidades, localizadas uma em cada lado superior do coração, que recebem o sangue.
- Atrofia:** redução no tamanho ou desgaste de um órgão ou tecido.
- Avascular:** sem oferta de sangue; que não contém vasos sanguíneos.
- Axila:** região concava e inferior, na junção do braço com o tronco.
- Áxis:** segunda vértebra cervical (C II).
- Axônio:** processo neuronal que conduz impulsos que partem do corpo celular.

Bainha de mielina: bainha lipídica de isolamento que envolve muitas fibras nervosas, exceto as mais finas; é formada pelas membranas plasmáticas de células da neuroglia enroladas em camadas concêntricas ao redor da fibra nervosa.

Bainha hematoencefálica: característica que inibe a passagem de substâncias nocivas do sangue para os tecidos cerebrais; reflete uma relativa impermeabilidade dos capilares do cérebro.

Basófilo: (1) tipo de glóbulo branco cujos grânulos citoplasmáticos apresentam coloração roxa com os corantes básicos nas colorações do sangue; fazem a mediação dos estágios tardios da inflamação. (2) Célula glandular na adeno-hipófise que contém grânulos citoplasmáticos que adquirem coloração com os corantes básicos.

Bastonete: um de dois tipos de células fotorreceptoras na retina do olho.

Benigno: não maligno; não representa ameaça à vida.

Bíceps: que tem duas cabeças em sua origem, especialmente aplicado a certos músculos.

Bile (ou biliar): fluido esverdeado secretado pelo fígado, armazenado e concentrado na vesícula biliar e liberado no intestino delgado; ajuda a emulsificar gordura.

Biópsia: retirada de uma parte de tecido vivo para exame sob um microscópio. Normalmente feita para diagnosticar uma suspeita de doença.

Blastocisto: estágio inicial do desenvolvimento embrionário; uma esfera oca de células; o produto da clivagem.

Bloqueio cardíaco: prejuízo na transmissão de impulsos elétricos dos átrios para os ventrículos no coração.

Bolo: massa arredondada de alimento preparado pela boca para deglutição.

Bolsa sinovial: saco fibroso forrado pela membrana sinovial e contendo fluido sinovial; ocorre entre os ossos e tendões (ou outras estruturas), onde atua na diminuição do atrito durante o movimento.

Brônquio: qualquer dos tubos de ar da árvore respiratória entre a traqueia e os bronquíolos; os brônquios entram e se ramificam dentro dos pulmões.

Bulbo: parte inferior do tronco encefálico.

Caixa torácica: estruturas esqueléticas que formam o arcabouço do tórax; inclui esterno, costelas, vértebras torácicas e cartilagens costais.

Calcitonina: hormônio liberado pela glândula tireoide o qual promove uma diminuição nos níveis de cálcio no sangue.

Cálice: estrutura em forma de taça, tributária da pelve do rim.

Calículos gustatórios: órgãos sensitivos de forma bulbar que se encontram sobre a superfície da língua e alojam as células receptoras do paladar.

Camadas germinativas: três camadas celulares (ectoderma, mesoderma e endoderma) que representam a especialização precoce das células no embrião e a partir das quais surgem todos os tecidos do organismo.

Canal deferente: ducto de paredes espessas, do epidídimo até sua união com o ducto da vesícula seminal para formação do ducto ejaculatório, que lança o esperma para dentro da uretra via peristalse durante a ejaculação.

Câncer: tumor celular invasivo e maligno que tem a capacidade de se espalhar pelo corpo ou partes dele.

Capilar: os menores vasos sanguíneos e o local de troca de moléculas entre o sangue e o líquido intersticial.

Capilares peritubulares: capilares renais que envolvem os túbulos contorcidos proximais e distais; ativos na reabsorção.

Cápsula articular: cápsula das articulações sinoviais; consiste numa camada externa de tecido conjuntivo fibroso e de uma membrana sinovial interna.

Cápsula do glomérulo: dupla camada epitelial em forma de taça que forma a parte inicial do néfron no rim; também chamada de *cápsula de Bowman*.

Cápsula interna: substância branca no cérebro, entre os núcleos da base e o tálamo.

Carcinógeno: agente causador do câncer.

Cárdia: região na junção do esôfago com o estômago; contrai-se para evitar o refluxo do conteúdo do estômago para o esôfago.

Cartilagem epifisial: placa de cartilagem hialina na transição da diáfise (eixo) para a epífise (extremidade) da maioria dos ossos longos do esqueleto em desenvolvimento; proporciona crescimento longitudinal do osso até a adolescência.

Cartilagem: tecido conjuntivo branco, semiopaco e resiliente. Há três tipos de cartilagem, que se distinguem pelas fibras na matriz extracelular.

Caudal: literalmente, na direção da cauda; nos seres humanos, na direção da parte inferior do tronco.

Cavidade pericárdica: espaço entre as lâminas parietal e visceral do pericárdio. Contém uma pequena quantidade de líquido seroso.

Cavidade peritoneal: espaço entre o peritônio parietal e o visceral. Contém uma pequena quantidade de líquido seroso.

Cavidade pleural: espaço entre as pleuras parietal e visceral. Contém uma pequena quantidade de líquido seroso.

Ceco: bolsa de extremidade fechada (fundo cego) no início do intestino grosso.

Célula-alvo: célula capaz de responder a um hormônio, pois tem receptores aos quais o hormônio pode se vincular.

Célula plasmática: célula formada pela divisão de linfócito B ativado; secreta anticorpos.

Célula reticular: fibroblasto no tecido conjuntivo reticular (na medula óssea, baço, linfonodos e assim por diante).

Célula serosa: célula de glândula exócrina que secreta um produto aquoso contendo enzimas digestórias.

Célula T (CD4⁺): tipo de linfócito T que participa da ativação de outros linfócitos secretando substâncias químicas que estimulam linfócitos recém-ativados a se multiplicarem.

Célula-tronco hematopoética: tipo de célula que está presente durante toda a vida e a partir da qual surgem todas as células sanguíneas (eritrócitos, leucócitos, plaquetas). Presente na medula óssea, dá origem não apenas a células sanguíneas como também a mastócitos, osteoclastos e células dendríticas do sistema imunológico. Também chamada *célula-tronco hematopoética pluripotencial*.

Células B: linfócitos que supervisionam a imunidade humoral; dividem-se para gerar células plasmáticas, que secretam anticorpos; também chamadas de *linfócitos B*.

Células caliciformes: células secretoras de muco nos tratos respiratório e digestório.

Células da glia: *ver* Neuróglia.

Células T: linfócitos que mediam a imunidade celular; incluem células citotóxicas e células T auxiliares; também chamadas de *linfócitos T*.

Centríolo: organela em formato cilíndrico constituída de microtúbulos e localizada perto do núcleo da célula; ativa na divisão celular.

Cerebelo: região do encéfalo ligada à ponte que suaviza e coordena os movimentos do corpo.

Cérebro: parte do encéfalo. Os hemisférios cerebrais (alguns autores também incluem o diencéfalo).

Ciclo menstrual: alterações sequenciais nos órgãos reprodutivos femininos que ocorrem mensalmente (a cada 28 dias na média).

Ciclo ovariano: ciclo mensal de desenvolvimento folicular nos ovários, ovulação e formação do corpo lúteo; ciclo menstrual que envolve os ovários.

- Cílio:** projeção móvel, semelhante a pelo, a partir da superfície apical de certas células epiteliais.
- Cimento celular:** parte não fibrosa da matriz extracelular do tecido conjuntivo. Em muitos tecidos conjuntivos, é uma substância semelhante a um gel com grandes moléculas que atraem água e mantêm o líquido intersticial; no osso, a consistência é dura.
- Cíngulo do membro inferior:** ossos do quadril que unem as extremidades livres dos membros inferiores ao esqueleto axial.
- Cíngulo do membro superior:** ossos que unem as extremidades livres dos membros superiores ao esqueleto axial: clavículas e escápulas.
- Circulação sistêmica:** sistema de vasos sanguíneos que leva sangue oxigenado para os tecidos do corpo inteiro e o traz de volta para o coração.
- Círculo arterial do cérebro:** união de artérias na base do cérebro; também chamado de *círculo de Willis*.
- Circundução:** somatório de todos os movimentos em sequência que ocorrem em algumas articulações ou por parte do corpo de tal forma que descreva um cone no espaço.
- Cirrose:** doença crônica, particularmente do fígado, caracterizada por crescimento excessivo de tecido conjuntivo, ou fibrose que substitui o tecido funcional do órgão.
- Citocinese:** divisão do citoplasma que ocorre após a divisão do núcleo celular.
- Citoplasma:** parte de uma célula entre a membrana plasmática e o núcleo; contém muitas organelas.
- Clivagem:** estágio embrionário inicial que consiste em rápidas divisões celulares sem períodos de crescimento intervenientes; começa com óvulo fertilizado e produz um blastocisto.
- Cóclea:** câmara do labirinto ósseo em formato de caracol na orelha interna; aloja o receptor da audição (órgão espiral).
- Cognição:** todos os aspectos de raciocinar, perceber e lembrar intencionalmente e recordar informações; processos mentais envolvidos na obtenção de conhecimento.
- Colesterol:** lipídio esteroide encontrado em gorduras animais, bem como nas membranas plasmáticas das células.
- Colo:** parte inferior do útero, colo do útero (*cervix* = pescoço ou estreitamento em latim).
- Coluna vertebral:** formada por uma superposição de ossos chamados vértebras, os discos entre essas vértebras e dois ossos constituídos por vértebras fundidas (sacro e cóccix).
- Comissura:** feixe de axônios que cruzam regiões da parte central do sistema nervoso de um lado a outro.
- Côndilo:** projeção arredondada (elipsoide) na extremidade de um osso que o articula com outro osso.
- Condroblasto:** forma ativamente mitótica de célula da cartilagem.
- Condrócito:** forma madura de célula da cartilagem.
- Cones:** um dos dois tipos de células fotorreceptoras na retina do olho; propicia a visão das cores e a acuidade visual.
- Congênito:** existente no nascimento.
- Conjuntiva:** membrana mucosa fina e protetora que cobre a esclera e a superfície interna das pálpebras.
- Constrição:** estreitamento de um vaso sanguíneo ou linfático, de um tubo ou de uma abertura como a pupila. Normalmente causada por contração de musculatura circular. *Ver* Dilatação.
- Contração:** geração de força de contração acompanhada de encolhimento; essa capacidade é altamente desenvolvida nas células musculares.
- Contralateral:** relativo à metade oposta do corpo; quando se projetam contralateralmente, as fibras nervosas cruzam para o lado oposto do corpo (da direita para a esquerda, ou vice-versa).
- Cordão umbilical:** cordão que se conecta ao umbigo antes do nascimento e liga o feto à placenta; contém as artérias e veias umbilicais.
- Cório:** membrana fetal externa; ajuda a formar a placenta; tecnicamente, consiste no trofoblasto e no mesoderma extraembrionário.
- Córnea:** parte anterior transparente do bulbo do olho.
- Coroa radiada:** (1) disposição de células granulosas em forma de coroa ao redor do ovócito num folículo ovariano após o surgimento de um antro; (2) disposição de fibras nervosas em forma de coroa na substância branca do cérebro, irradiando-se a partir de e para todas as partes do córtex cerebral.
- Córtex cerebral:** região de substância cinzenta externa nos hemisférios cerebrais.
- Córtex:** região ou camada mais externa de um órgão maciço.
- Corticosteroides:** hormônios esteroides secretados pelo córtex da suprarrenal. São exemplos de corticosteroides o cortisol, a aldosterona e alguns hormônios sexuais.
- Cortisol:** hormônio glicocorticoide produzido pelo córtex da suprarrenal.
- Crista neural:** tecido embrionário derivado do ectoderma que migra muito dentro do embrião e origina os neurônios sensitivos, todos os gânglios nervosos, melanócitos e outras estruturas.
- Cromatina:** fios no núcleo celular que consistem em ácido desoxirribonucleico (DNA) e proteínas histonas.
- Cromossomo:** filamento de cromatina espiralada, visível durante a divisão celular; as células humanas típicas têm 46 cromossomos.
- Crônico:** de longo prazo; prolongado; não agudo.
- Cutâneo:** pertencente à pele (cúteis).
- Decussação:** cruzamento de estruturas em forma de X. Normalmente aplicada aos axônios que cruzam a linha média do corpo a partir do lado esquerdo do SNC para o direito (ou vice-versa).
- Defecação:** eliminação voluntária do conteúdo (fezes) do intestino grosso.
- Dendrito:** processo neuronal que transmite sinais para o corpo da célula e atua como região receptora no neurônio; a maioria dos dendritos se ramifica bastante.
- Derme:** camada fibrosa e celular da pele, profunda à epiderme; composta majoritariamente de tecido conjuntivo denso e irregular envolvendo glândulas, folículos pilosos e terminações nervosas.
- Desmosomo:** junção de células composta de duas placas discoides conectadas através do espaço intercelular; a junção mais importante para manter unidas as células epiteliais.
- Diabetes insípida:** doença caracterizada pela produção de uma grande quantidade de urina diluída, além de sede intensa e desidratação; causada pela liberação inadequada do hormônio antidiurético.
- Diabetes melito:** doença causada por liberação ou uso deficiente de insulina; caracterizada por uma incapacidade das células do corpo em usar os açúcares numa taxa normal e por elevados níveis destes no sangue.
- Diáfise:** segmento central de um osso longo entre suas epífises.
- Diafragma:** (1) qualquer partição ou parede que separe uma área de outra; (2) a camada muscular que separa a cavidade torácica da cavidade abdominopélvica.
- Diapedese:** movimento ativo de glóbulos brancos atravessando as paredes de capilares e vênulas, passando para o tecido circundante.
- Diartrorse:** articulação com mobilidade livre; todas as articulações sinoviais são diartroses.
- Diástole:** período de relaxamento dos ventrículos ou átrios do coração.

Diencéfalo: parte do prosencéfalo entre os hemisférios cerebrais e mesencéfalo; inclui o tálamo, hipotálamo e terceiro ventrículo.

Difusão: disseminação (movimento) de partículas em um determinado gás ou solução, de regiões com alta concentração de partículas para regiões com baixas concentrações, propiciando uma distribuição uniforme de partículas.

Digestão: processo químico e mecânico de degradação de alimentos ingeridos em moléculas que podem ser absorvidas.

Dilatação: expansão ou alargamento de um vaso, órgão ou abertura (*ver* Constrição).

Discos intercalares: junções complexas que interconectam células nos músculos cardíacos na parede do coração.

Discos intervertebrais: discos entre os corpos das vértebras na coluna vertebral; cada um desses discos consiste em anéis fibrosos em torno de um núcleo flexível.

Distal: ponto mais afastado quando comparado a outro mais próximo, ambos em relação à raiz de um membro.

Divertículo: uma bolsa ou saco nas paredes de um órgão oco ou estrutura geralmente tubulares.

Divisão autônoma do sistema nervoso (SNA): divisão motora visceral geral da parte periférica do sistema nervoso; inerva músculos lisos e cardíacos e glândulas.

Dorsal: relativo ao dorso (“costas”); posterior.

Ducto torácico: grande ducto linfático que ascende anterior à coluna vertebral; drena a linfa de até três quartos do corpo (exceto o quarto superior direito).

Ducto: canal ou passagem, geralmente tubular.

Duodeno: primeira parte do intestino delgado.

Dura-máter: membrana mais externa e resistente das três membranas (meninges) que cobrem o encéfalo e medula espinal.

Ectoderma: camada germinativa embrionária que forma a camada externa da pele (epiderme) e tecido nervoso.

Edema: acúmulo anormal de líquido intersticial no tecido conjuntivo frouxo; faz com que a região do corpo afetada inche.

Eferente: que leva para longe ou longe de, especialmente uma fibra nervosa que transmite impulsos para fora do SNC; os neurônios eferentes são neurônios motores.

Efetor(a): músculo ou glândula que podem ser ativados por fibras nervosas motoras.

Eixo: (1) linha imaginária que une o centro de dois planos de delimitação paralelos. (2) Linha imaginária em torno da qual gira uma articulação ou estrutura.

Elastina: principal proteína das fibras elásticas dos tecidos conjuntivos; expansível e resistente.

Elementos figurados: células sanguíneas (glóbulos vermelhos e brancos e plaquetas).

Êmbolo (embolia): qualquer massa anormal que circula livremente na corrente sanguínea; pode ser um coágulo sanguíneo, bolhas de ar, massa de gordura ou agregado celular.

Embrião: ser humano em desenvolvimento a partir de 2 semanas até 8 semanas após a fertilização.

Endocárdio: camada que reveste a superfície interna das paredes do coração; consiste de endotélio e tecido conjuntivo frouxo.

Endocardite: inflamação da camada interna (endocárdio) do coração.

Endocitose: processos pelos quais grandes moléculas e partículas entram nas células; os tipos são fagocitose, pinocitose e endocitose mediada por receptor.

Endoderma: camada germinativa embrionária que forma o revestimento e glândulas dos tubos digestório e respiratório.

Endométrio: membrana mucosa do útero, que delimita sua cavidade.

Endomísio: tecido conjuntivo que envolve as células musculares.

Endóstio: camada celular que reveste as superfícies internas dos ossos, especificamente os canais centrais dos osteons

e o canal medular, e também recobre as trabéculas no osso esponjoso.

Endotélio: epitélio simples pavimentoso que reveste as paredes do coração (endocárdio), vasos sanguíneos e vasos linfáticos.

Enzima: proteína que age como catalisador biológico para acelerar reações químicas.

Eosinófilo: leucócito granular cujos grânulos prontamente absorvem um corante vermelho chamado eosina; tem importante papel nas reações alérgicas e ajuda no combate a parasitas.

Epiderme: camada superficial da pele, composta por um epitélio pavimentoso estratificado queratinizado.

Epidídimo: estrutura em forma de vírgula contida no escroto, adjacente ao testículo; constituído por um canal onde os espermatozoides amadurecem.

Epífise: extremidade de um osso longo; continuação da diáfise.

Epiglote: formada por cartilagem elástica com formato de folha, recoberta por mucosa, que vai da superfície posterior da língua até a laringe; cobre a abertura superior da laringe durante a deglutição.

Epimísio: membrana de tecido conjuntivo fibroso que envolve os músculos.

Epinefrina: principal hormônio produzido pela medula da suprarrenal; também chamada de *adrenalina*.

Epitélio olfatório: região do receptor sensorial no revestimento mucoso superior da cavidade nasal; esse epitélio contém neurônios olfatórios que respondem aos odores no ar.

Epitélio: tecido primário (fundamental) que recobre as superfícies do organismo e reveste as cavidades do corpo; suas células são organizadas em uma lâmina; também forma glândulas.

Equilíbrio: sentido de equilíbrio; mede a posição e movimento da cabeça.

Eretor do pelo: pequeno feixe de músculo liso ligado a cada folículo piloso; quando se contrai, o pelo fica ereto.

Eritrócito: glóbulo vermelho do sangue; quando maduro, um eritrócito é literalmente uma bolsa de hemoglobina (proteína que transporta oxigênio) recoberta por uma membrana plasmática.

Esclera: camada fibrosa externa do bulbo do olho.

Escroto: bolsa externa que contém os testículos e os epidídimos.

Esfínter: músculo circular em torno de uma abertura; age como válvula para fechar ou abrir um orifício.

Especial: relacionado a estímulos sensitivos ou motores *localizados*, em vez de espalhados pelo corpo; oposto de *geral*.

Espermatogênese: processo pelo qual os espermatozoides (gametas masculinos) se formam nos testículos; envolve meiose.

Esqueleto apendicular: ossos dos cingulos e das extremidades livres dos membros que se fixam ao esqueleto axial.

Esqueleto axial: parte do esqueleto que forma o eixo central (longitudinal) do corpo; inclui os ossos do crânio, da coluna vertebral e da caixa torácica.

Estenose: constricção ou estreitamento de um tubo ou canal.

Esteroides: grupo de moléculas lipídicas contendo colesterol e alguns hormônios.

Estímulo: excitante ou irritante; mudança no ambiente que evoca uma resposta.

Estrógenos: hormônios do sexo feminino.

Estroma: arcabouço de tecido conjuntivo de um órgão maciço.

Excitose: mecanismo pelo qual as substâncias são levadas do interior da célula para o espaço extracelular; principal mecanismo de secreção.

Expiração: ato de expelir ar dos pulmões; exalação.

Exteroceptor: órgão sensitivo que responde a estímulos do meio externo.

Extracelular: do lado de fora de uma célula.

- Extrínseco:** origem do lado de fora de um órgão ou parte ou região do corpo.
- Faceta (pequena face):** superfície articular lisa, praticamente plana em um osso.
- Fagocitose:** processo pelo qual uma célula forma extensões citoplásmicas que ingerem partículas, células ou macromoléculas estranhas e utiliza lisossomos para digeri-las.
- Faringe:** tubo muscular que vai da região posterior à cavidade nasal até o esôfago; a parte da “garganta” do tubo digestório.
- Fáscia superficial:** hipoderme; camada conjuntivo-adiposa profunda à pele. Também chamada de *tela subcutânea*.
- Fáscia:** camadas de tecido conjuntivo fibroso que recobrem e separam os músculos e outras estruturas. A fáscia superficial é a camada conjuntiva intermediária entre as camadas areolar e lamelar da tela subcutânea.
- Fascículo:** feixe de fibras nervosas ou musculares envolvidas pela mesma bainha conjuntiva.
- Feixe atrioventricular (feixe AV):** feixe de células musculares cardíacas que conduz impulsos do nodo AV para as paredes dos ventrículos direito e esquerdo; localizado no septo (parede) entre os dois ventrículos do coração; também chamado *feixe de His*.
- Fenda sináptica:** espaço preenchido por líquido numa sinapse entre neurônios; também chamada de *espaço sináptico*.
- Fenestrado:** perfurado por uma ou mais pequenas aberturas ou poros.
- Fertilização:** fusão dos espermatozoides com o núcleo dos óvulos.
- Feto:** estágio de desenvolvimento a partir da nona semana de desenvolvimento até o nascimento.
- Fibra muscular:** célula do músculo liso ou estriado.
- Fibra nervosa:** qualquer axônio longo de um neurônio.
- Fibras colágenas:** componente fibroso mais forte e abundante dos tecidos conjuntivos; compostas de fibrilas dispostas em feixes. As fibras colágenas têm elevada resistência à tensão.
- Fibras vasomotoras:** fibras simpáticas que regulam a contração do músculo liso nas paredes de vasos sanguíneos, regulando assim o diâmetro dos vasos.
- Fibroblasto:** célula jovem, mitótica, que secreta as fibras e cimento celular do tecido conjuntivo.
- Fibrócito:** fibroblasto maduro; mantém a matriz de tecido conjuntivo.
- Filtração:** passagem de uma solução ou suspensão através de uma membrana ou filtro, com o objetivo de reter as partículas maiores.
- Fissura:** (1) sulco ou fenda; (2) depressões mais profundas no cérebro que separam os giros cerebrais entre si.
- Fixador:** músculo que imobiliza um ou mais ossos, permitindo que outros músculos se movimentem a partir de uma base estável.
- Flagelo:** extensão longa, em forma de chicote, da membrana plasmática de algumas bactérias e células espermáticas; impulsiona a célula.
- Fluido seroso:** lubrificante transparente aquoso produzido por células de uma membrana serosa.
- Folículo capilar:** invaginação tubular da epiderme da pele a partir da qual crescem os pelos.
- Folículo vesicular:** folículo ovariano maduro; anteriormente chamado de *folículo de Graaf*.
- Folículo:** (1) estrutura esférica do ovário que consiste de uma célula-ovo em desenvolvimento envolvida por uma ou mais camadas de células foliculares; (2) estrutura que contém coloide na glândula tireoide.
- Forame:** orifício ou abertura em um osso ou entre cavidades do corpo.
- Forames intervertebrais:** aberturas entre as projeções dorsais (pedículos) de vértebras adjacentes através das quais passam os nervos espiniais.
- Formação reticular:** sistema funcional que passa pelo centro do tronco encefálico; participa do estado de alerta, despertar e sono; contém centros viscerais que controlam a frequência cardíaca, respiratória e do vômito; também controla alguns movimentos do corpo.
- Fossa:** depressão relativamente profunda na superfície dos ossos, frequentemente uma superfície articular.
- Fotorreceptores:** células receptoras especializadas que respondem à energia da luz na retina; bastonetes e cones.
- Fóvea:** depressão leve na superfície dos ossos, frequentemente uma superfície articular, fossa pequena na retina.
- Fundo:** a base de um órgão; região mais distante da abertura de um órgão.
- Funículo:** (1) estrutura em forma de cordão; (2) divisão da substância branca na medula espinal.
- Fuso muscular:** receptor complexo, em forma de fuso, nos músculos esqueléticos que recebe o sinal de estiramento muscular.
- Gameta:** célula sexual; o espermatozoide ou o oócito.
- Gametogênese:** formação de gametas.
- Gânglio:** agrupamento de corpos de células neuronais fora do SNC.
- Gânglios pré-vertebrais:** gânglios da parte simpática do SNA que não fazem parte do tronco simpático. Localizados anteriormente à coluna vertebral no abdome e na pelve; incluem os gânglios celiacos, mesentéricos superiores, mesentéricos inferiores e hipogástricos inferiores. Contêm os neurônios pós-ganglionares que inervam os órgãos abdominopélvicos.
- Gene:** uma das unidades biológicas da hereditariedade localizada na cromatina; transmite informações hereditárias; grosso modo, um gene codifica a produção de uma proteína.
- Geral:** relacionado a estímulos sensitivos ou motores *amplamente distribuídos* pelo corpo, em vez de localizados; oposto de *especial*.
- Gestação:** período de gravidez; uma média de 280 dias no ser humano.
- Giro:** margem em dobra do córtex cerebral na superfície do cérebro.
- Glândula apócrina:** tipo de glândula sudorífera nas regiões da axila e ano-genital; produz uma secreção que contém água, sais, proteínas e lipídios. Torna-se ativa na puberdade.
- Glândula hipófise:** estrutura secretora de hormônios, com forma de taco de golfe, localizada na base do cérebro, a qual realiza uma variedade de funções endócrinas, como a regulação das gônadas, da glândula tireoide, do córtex da adrenal, na lactação e no equilíbrio hídrico. Também chamada de *pituitária*.
- Glândula holócrina:** glândula na qual as células morrem e formam o produto da secreção; as glândulas sebáceas (sebo) da pele são o único exemplo de glândula holócrina.
- Glândula sebácea:** glândula na pele que produz uma secreção oleosa chamada sebo.
- Glândula sudorífera:** glândula tubular da pele que secreta suor (que refresca o corpo).
- Glândula suprarrenal:** glândula secretora de hormônios, localizada junto ao polo superior do rim; consiste em áreas de medula e córtex.
- Glândula tireoide:** glândula endócrina em forma de borboleta na parte anterior do pescoço; seu principal hormônio (hormônio tireoideo) aumenta a taxa metabólica.
- Glândula:** estrutura cujas células são especializadas para secreção.
- Glândulas endócrinas:** glândulas desprovidas de canal que secretam hormônios para o sangue.
- Glândulas exócrinas:** glândulas que secretam para as superfícies do corpo ou para dentro de suas cavidades; com exceção das células calciformes, todas as glândulas exócrinas têm ductos.
- Glândulas mamárias:** os seios (pop.); glândulas secretoras de leite contidas nas mamas femininas.

Glândulas paratireoides: pequenas glândulas endócrinas localizadas na face posterior da glândula tireoide.

Glicocorticoides: hormônios secretados pelo córtex da glândula suprarrenal; aumentam a concentração de glicose no sangue e ajudam o organismo a resistir ao estresse prolongado.

Glicogênio: longa cadeia de moléculas de glicose; a principal forma na qual o açúcar é armazenado em células animais; o glicogênio tem formato de grânulos densos no citoplasma.

Glicose: principal açúcar do sangue; principal açúcar utilizado pelas células para obter energia.

Glomérulo: (1) um aglomerado de capilares sanguíneos em forma de esfera que faz parte do néfron no rim; forma um filtrado que será modificado em urina. (2) Agrupamento de sinapses complexas dentro do bulbo olfatório entre os ramos axonais do nervo olfatório e um processo dendrítico de uma célula mitral.

Glucagon: hormônio secretado por células alfa das ilhotas pancreáticas; eleva o nível de glicose no sangue.

Gônada: órgão reprodutor primário: os testículos no homem ou os ovários nas mulheres.

Gonadotrofinas: hormônios estimuladores da gônada secretados pela hipófise anterior: hormônio folículo estimulante e hormônio luteinizante.

Gustação: paladar.

Hematócrito: porcentagem do volume de sangue total ocupada pelos eritrócitos.

Hematoma: uma massa (coleção) de sangue extravasada dos vasos sanguíneos para os tecidos.

Hematopoiese: formação de células sanguíneas; hemopoiese.

Hemoglobina: proteína transportadora de oxigênio nos eritrócitos.

Hemorragia: sangramento.

Hepatite: inflamação do fígado.

Hérnia: protrusão anormal de um órgão ou parte do corpo através da parede de contenção de sua cavidade.

Hilo: abertura em forma de fenda na superfície de um órgão maciço através da qual os vasos, nervos e canais entram e saem; o baço, pulmões, rins, linfonodos e ovários têm hilos proeminentes.

Hipertensão: pressão arterial elevada.

Hipertrofia: crescimento de um órgão ou tecido causado por um aumento no tamanho de suas células.

Hipoderme: camada gordurosa profunda no tegumento; consiste de duas camadas de tecido adiposo envolvendo uma de tecido conjuntivo; é também chamada de *tela subcutânea*.

Hipófise: também conhecida como glândula pituitária.

Hipotálamo: região inferior do diencefalo; centro de controle visceral do cérebro.

Histamina: substância química que aumenta a permeabilidade vascular nos estágios iniciais da inflamação.

Histologia: ramo da anatomia que lida com a estrutura microscópica dos tecidos, células e órgãos.

Hormônio adrenocorticotrópico (ACTH): hormônio da adeno-hipófise (parte anterior da hipófise) que influencia a atividade do córtex da suprarrenal.

Hormônio antidiurético (HAD): hormônio produzido pelo hipotálamo e liberado pela neuro-hipófise (parte posterior da hipófise); estimula o rim a reabsorver mais água.

Hormônio da paratiroide (HPT): hormônio secretado pelas glândulas paratireoides; aumenta a concentração de íons de cálcio no sangue.

Hormônio de crescimento: hormônio que estimula o crescimento do corpo; secretado pela adeno-hipófise; também chamado de *somatotropina* e *hormônio somatotrópico (HS)*.

Hormônio folículo estimulante (HFE): hormônio secretado pela adeno-hipófise que estimula a maturação de folículos

ovarianos na mulher e/ou a produção de espermatozoides no homem.

Hormônio luteinizante (HL): hormônio secretado pela adeno-hipófise; nas mulheres, ajuda na maturação dos folículos no ovário e desencadeia a ovulação; nos homens, sinaliza para as células intersticiais dos testículos para secretar testosterona.

Hormônio trópico: hormônio que regula a função de outro órgão endócrino; hormônios trópicos sinalizam para as glândulas endócrinas secretarem seus próprios hormônios.

Hormônios: moléculas mensageiras liberadas pelas glândulas endócrinas e transportadas no sangue para regular funções específicas do organismo.

Humor aquoso: fluido incolor no segmento anterior do olho.

Íleo: parte terminal espiralada do intestino delgado, localizada entre o jejuno e o ceco do intestino grosso.

Impulso nervoso: despolarização transitória e grande, incluindo reversão de polaridade, a qual é conduzida ao longo da membrana plasmática de um axônio do nervo ou célula muscular sem diminuir de intensidade. Também chamado de potencial de ação.

Imunidade: habilidade que o corpo tem para desenvolver resistência a agentes estranhos específicos (tanto vivos quanto não vivos) capazes de causar doenças.

Imunocompetência: habilidade que o sistema imunológico do corpo tem para reconhecer antígenos específicos.

Índice metabólico: energia gasta pelo corpo por unidade de tempo.

Indução: influência exercida por um grupo de células na diferenciação de células adjacentes ou no desenvolvimento de uma estrutura embrionária.

Inervação: nervos destinados para uma parte do corpo.

Infarto do miocárdio: condição caracterizada por áreas de tecido morto no miocárdio; é causado pela interrupção do fluxo sanguíneo na região; também chamado de *ataque do coração*.

Inferior (caudal): abaixo, a partir da posição anatômica; na direção dos pés.

Inflamação: resposta fisiológica do corpo à lesão de um tecido; inclui dilatação dos vasos sanguíneos e aumento da permeabilidade capilar; indicada por vermelhidão, calor, edema e dor na área afetada.

Inguinal: pertencente ou localizado na região da virilha.

Inserção: extremidade de um músculo esquelético que se fixa em um ponto ósseo do esqueleto que vai sofrer a ação de contração desse músculo, em contraposição à sua origem.

Inspiração: tomada de ar pelos pulmões; inalação.

Insulina: hormônio secretado por células beta nas ilhotas pancreáticas; diminui os níveis de glicose no sangue.

Intercelular: entre células do corpo.

Interneurônio: (1) célula nervosa que se encontra entre um neurônio sensitivo e um neurônio motor num arco reflexo; (2) qualquer célula nervosa totalmente confinada ao SNC.

Interno: no interior de.

Interoceptor: terminação nervosa situada num órgão visceral; responde a mudanças e estímulos no meio interno do corpo; também chamado de *visceroceptor*.

Intracelular: dentro de uma célula.

Intraperitoneal: dentro da cavidade peritoneal.

Invaginar: penetração de um segmento de um órgão dentro de outro segmento, formando uma bolsa que cresce para dentro. Por exemplo, um epitélio empurra e invagina o tecido conjuntivo subjacente de maneira a formar uma glândula durante o desenvolvimento.

Íon: átomo ou molécula com carga elétrica positiva ou negativa.

Ipsilateral: situada no mesmo lado do corpo; oposto de *contralateral*.

Isquemia: diminuição local da oferta de sangue.

- Jejuno:** parte espiralada do intestino delgado que se situa entre o duodeno e o íleo.
- Junção comunicante:** passagem entre duas células adjacentes; formada por proteínas transmembranas chamadas conexinas, que constituem os conexons.
- Junção de oclusão:** tipo de junção celular que fecha o espaço intercelular; também chamada de *zonulas de oclusão*.
- Juntura:** junção de dois ou mais elementos do esqueleto; articulação.
- Labirinto:** cavidades ósseas recobertas por membranas na orelha interna.
- Lacrima:** (1) relativo à lágrima; (2) cada um dos ossos da face que faz parte da parede medial das órbitas.
- Lactação:** produção e secreção do leite.
- Lácteo:** capilar linfático no intestino delgado que absorve lipídeos.
- Lacuna:** depressão ou cavidade pequena; no osso e na cartilagem, cada lacuna é ocupada por uma célula.
- Lâmina basal:** fina camada de proteína subjacente ao epitélio.
- Lâmina:** (1) camada fina ou plana; (2) parte da vértebra entre os pedículos e o processo espinhoso.
- Laparoscopia:** exame da cavidade peritoneal e órgãos associados por um laparoscópio, um aparelho de visualização (endoscópio) na extremidade de um tubo fino inserido através da parede abdominal.
- Laringe:** órgão músculo-cartilágneo localizado entre a faringe e a traqueia; contém as pregas vocais; “caixa de voz”.
- Lateral:** a partir da posição anatômica, estrutura mais afastada do plano sagital mediano que uma estrutura mais próxima deste.
- Leucócito:** glóbulo branco; os cinco tipos de leucócitos estão todos envolvidos na defesa contra doenças.
- Ligamento:** feixe de tecido conjuntivo denso que conecta os ossos constituintes de uma articulação.
- Linfa:** fluido transparente transportado pelos vasos linfáticos.
- Linfáticos:** termo geral usado para designar vasos linfáticos.
- Linfócito T citotóxico (CD8):** linfócitos T que matam diretamente as células eucarióticas estranhas ao corpo, as células do câncer ou as células do corpo infectadas por vírus; também chamadas de *células T matadoras (killer)*.
- Linfócito:** glóbulo branco agranular que surge a partir da medula óssea e torna-se funcionalmente ativado nos órgãos linfoides do corpo; o principal tipo celular do sistema imunológico; todo linfócito reconhece um antígeno específico.
- Linfócitos de memória:** linfócitos T e B que propiciam memória imunológica (adquirida, imunidade de longo prazo das doenças).
- Linfonodo:** órgão linfático em formato de rim que filtra e limpa a linfa.
- Líquido cerebrospinal (LCE):** fluido de aspecto claro que preenche as cavidades do SNC e o circunda externamente; o LCE protege o encéfalo e a medula espinal contra choques mecânicos.
- Líquido intersticial:** líquido aquoso que, juntamente com as moléculas da *substância fundamental amorfa*, ocupa a matriz extracelular do tecido conjuntivo; é um filtrado sanguíneo que contém pequenas moléculas de plasma sérico; também chamado de *fluido intersticial*.
- Líquido sinovial:** líquido secretado pela membrana sinovial das articulações com livre movimentação; lubrifica as superfícies da articulação e nutre as cartilagens articulares.
- Lise:** romper ou desintegrar.
- Lisossomo:** organela citoplásmica em formato de bolsa envolta por uma membrana que contém ampla variedade de enzimas digestórias.
- Lobo anterior da hipófise:** *ver* Adeno-hipófise.
- Lobo posterior da hipófise:** *ver* Neuro-hipófise.
- Lombar:** região inferior do dorso entre o tórax e a pelve.
- Luz:** cavidade dentro de um tubo, vaso sanguíneo ou órgão oco.
- Macrófagos:** células fagocíticas gerais do corpo, capazes de envolver e digerir ampla variedade de células estranhas, partículas e moléculas; presentes em todos os tecidos conjuntivos do corpo e especialmente abundantes nos tecidos linfáticos do sistema imunológico.
- Maligno:** que ameaça a vida; pertence às neoplasias tais como os cânceres que se espalham e levam à morte.
- Massa celular interna:** acúmulo de células no blastocisto a partir da qual deriva o corpo do embrião.
- Mastigação:** ato de mastigar e triturar.
- Mastócito:** célula de tecido conjuntivo que contém grânulos secretores que iniciam e mediam respostas inflamatórias locais.
- Matriz extracelular:** material que fica entre as células dos tecidos conjuntivos; consiste de fibras, substância fundamental amorfa e líquido intersticial.
- Meato:** canal ou abertura.
- Mecanorreceptor:** receptor sensível a forças mecânicas, tais como toque, alongamento, pressão ou vibração.
- Medial:** a partir da posição anatômica, estrutura mais próxima do plano sagital mediano que uma estrutura mais afastada deste.
- Mediana:** estrutura posicionada no plano sagital mediano.
- Mediastino:** região da cavidade torácica entre os pulmões; contém o coração, parte torácica da aorta, esôfago e outras estruturas.
- Medula:** região do meio ou interna de certos órgãos maciços.
- Meiose:** processo de divisão nuclear que ocorre durante a produção das células sexuais e reduz o número de cromossomos na metade; resulta na formação de células haploides.
- Melanina:** pigmento escuro formado por células chamadas melanócitos; dá cor à pele e cabelo.
- Membrana basal:** camada entre um epitélio e o tecido conjuntivo subjacente; consiste da lâmina basal e uma rede de fibras reticulares.
- Membrana celular:** *ver* Membrana plasmática.
- Membrana plasmática:** membrana que encapsula o conteúdo celular; membrana externa que delimita a célula.
- Membrana serosa:** membrana úmida e escorregadia que forra as cavidades do corpo (cavidades pleural, pericárdica e peritoneal) e recobre algumas vísceras dentro dessas cavidades; também chamada de *serosa*.
- Membrana timpânica:** tímpano, localizado entre a orelha externa e a orelha média.
- Membranas mucosas:** membranas que revestem todos os órgãos ocos e cavidades do organismo que se abrem para o exterior (trato digestório, respiratório, urinário e reprodutor).
- Meninges:** revestimento de proteção que envolve o encéfalo e a medula espinal; de fora para dentro: dura-máter, a aracnoide-máter e a pia-máter.
- Meningite:** inflamação das meninges.
- Menstruação:** fase menstrual do ciclo uterino; liberação periódica, cíclica de sangue e tecido do revestimento (endométrio) do útero na ausência de gravidez.
- Mesencéfalo:** cérebro médio.
- Mesencéfalo:** região do tronco cerebral que fica entre o diencéfalo e a ponte.
- Mesênquima:** tipo de tecido embrionário de onde surgem o tecido conjuntivo e tecidos musculares.
- Mesentério:** prega dupla de peritônio que sustenta a maioria das vísceras na cavidade abdominal.
- Mesoderma:** camada germinativa embrionária que forma a maioria das estruturas do organismo, incluindo-se o esqueleto, músculos, derme, tecidos conjuntivos, rins e gônadas.

Metabolismo: soma total de todas as reações químicas que ocorrem nas células do corpo.

Metástase: disseminação de câncer de uma parte ou órgão do corpo para uma outra que não tem ligação direta com o mesmo.

Micção: ato de expelir urina voluntariamente.

Microvilosidades: projeções celulares imóveis na superfície livre da maioria dos epitélios; as microvilosidades ancoram camadas de muco ou aumentam a área de superfície para absorção.

Mielencéfalo: parte caudal do rombencéfalo; bulbo.

Mineralocorticoides: hormônios esteroides secretados pelo córtex da suprarrenal que aumentam a reabsorção de sódio e água pelos rins; o principal mineralocorticoide é a aldosterona.

Miocárdio: camada média da parede do coração, composta por músculo estriado cardíaco.

Miofibrila: feixe cilíndrico de miofilamentos contrácteis no citoplasma de uma célula muscular; composto por segmentos repetidos chamados sarcômeros.

Miofilamentos: filamentos contrácteis nas células musculares; há dois tipos de miofilamentos, os filamentos grossos (de miosina) e finos (de actina).

Miométrio: camada média, espessa, de músculo liso na parede uterina.

Miosina: proteína contráctil nas células, especialmente abundante nas células musculares.

Mitocôndria: organela citoplasmática que produz trifosfato de adenosina (ATP) para atividades celulares; as mitocôndrias são as “usinas de energia” da célula.

Mitose: divisão do núcleo durante o processo típico de divisão celular, durante o qual os cromossomos são distribuídos para os dois núcleos filhos.

Monócito: leucócito agranular, com um grande núcleo que frequentemente se dobra formando um C; a maior dentre todas as células sanguíneas; transforma-se em macrófago.

Motor primário: músculo que é o principal responsável por um determinado movimento; agonista.

Muco: líquido pegajoso, viscoso, que recobre a maioria das superfícies internas do corpo; consiste da proteína mucina e uma grande quantidade de água.

Mucosa: *ver* Membranas mucosas.

Músculo cardíaco: tecido muscular das paredes do coração.

Músculo esquelético: tecido muscular estriado composto de células cilíndricas polinucleadas longas. Localizado nos músculos que se ligam ao esqueleto e o movimentam.

Músculo estriado: músculo que consiste em fibras musculares estriadas entrecruzadas (listradas), esquelético: músculo esquelético ou cardíaco.

Músculo liso: musculatura que consiste em células musculares fusiformes não estriadas; presente nas paredes da maioria das vísceras.

Músculo visceral: músculo liso e músculo cardíaco.

Narinas: aberturas nasais anteriores.

Necrose: morte de uma célula ou tecido causada por doença ou lesão.

Néfron: menor unidade funcional do rim. Produz urina.

Neoplasma: *ver* Tumor.

Nervo misto: nervo que contém fibras de neurônios sensitivos e motores; todos os nervos espinais são nervos mistos.

Nervo: coleção de fibras nervosas (axônios longos) na parte periférica do sistema nervoso.

Nervos cranianos: os 12 pares de nervos que se conectam (ou se projetam) do encéfalo.

Nervos espinais: os 31 pares de nervos que se originam da medula espinal.

Neuro-hipófise: lobo posterior da glândula hipófise que tem origem no cérebro; inclui o infundíbulo.

Neurógliã: células não excitáveis de tecido neural que sustenta, protege e isola os neurônios; células da glia.

Neurônio bipolar: neurônio com apenas dois processos, que se estendem a partir de lados opostos do corpo da célula.

Neurônio motor: célula nervosa que determina a contração de células musculares ou secreção de células glandulares; também chamado de *neurônio eferente*.

Neurônio multipolar: célula nervosa que tem mais de dois processos; a maioria dos neurônios são multipolares, têm vários dendritos e um axônio.

Neurônio pós-ganglionar: neurônio motor autônomo cujo corpo celular está localizado em um gânglio periférico e projeta seu axônio para um efector.

Neurônio pré-ganglionar: neurônio motor autônomo cujo corpo celular está localizado no SNC e projeta seu axônio para um gânglio periférico.

Neurônio pseudounipolar: neurônio sensitivo no qual um único e curto processo se projeta a partir do corpo celular, mas se divide como um T em dois processos longos (processo central e processo periférico).

Neurônio sensitivo: célula nervosa que carrega informação recebida dos receptores sensitivos; também chamado de *neurônio aferente*.

Neurônio: célula do sistema nervoso especializada para gerar e transmitir sinais elétricos; uma célula nervosa.

Neurotransmissor: substância química liberada pelos neurônios que pode estimulá-los ou inibi-los após ligação com os receptores neurais ou células efectoras.

Neutrófilo: tipo mais abundante de leucócito; granulócito especializado para destruir bactérias.

Nó atrioventricular (nodo AV): massa especializada de células condutoras localizada na base do septo interatrial do coração.

Nó sinoatrial: coleção de células no músculo cardíaco, na parede posterossuperior do átrio direito do coração, especializadas na geração de estímulos elétricos para sua contração; marca-passo natural do coração.

Núcleo de transmissão: qualquer núcleo do encéfalo cujos neurônios recebem sinais de uma região do sistema nervoso central e enviam a informação para uma outra região; as informações são organizadas e editadas dentro do núcleo de transmissão.

Núcleo: (1) centro de controle de uma célula; contém material genético; (2) agrupamento de corpos de neurônios no encéfalo.

Núcleo: pequeno corpo de coloração escura no núcleo celular; representa partes de vários cromossomos e produz as subunidades básicas de ribossomos.

Núcleos da base: áreas de substância cinzenta localizadas em profundidade na substância branca dos hemisférios cerebrais; regulam certos aspectos do movimento.

Occipital: região posterior do crânio; lobo mais posterior do cérebro.

Oclusão: fechamento ou obstrução.

Oftálmico: relativo ao olho.

Olfato: um dos sentidos especiais; cheiro.

Oócito: óvulo imaturo submetido ao processo de meiose.

Oogênese: processo de formação do óvulo (gameta feminino).

Óptico: relativo ao olho ou à visão.

Organelas: pequenas estruturas no citoplasma (ribossomos, mitocôndrias e outras) que realizam funções específicas para a célula. O núcleo também é uma organela.

Órgão: parte do corpo formada por dois ou mais diferentes tecidos e adaptada para realizar uma função específica comum a eles; o estômago e músculo bíceps braquial são exemplos de grandes órgãos, mas muitos órgãos são menores e mais simples (glândula sudorífera, folículo capilar, músculo fusiforme).

- Órgãos digestórios anexos:** órgãos que contribuem para o processo digestório, mas não fazem parte do trato digestório, incluindo glândulas salivares, o pâncreas, fígado e vesícula biliar.
- Órgãos linfáticos:** órgãos do sistema linfático que alojam linfócitos e funcionam na imunidade; baço, linfonodos, tonsilas e timo são os principais exemplos.
- Origem:** extremidade de um músculo esquelético que se fixa em um ponto ósseo do esqueleto que não vai sofrer a ação de contração desse músculo, em contraposição à sua inserção.
- Osmose:** difusão de um solvente (moléculas de água) através de uma membrana, de uma solução diluída para uma solução mais concentrada.
- Ossículos da audição:** os três ossos minúsculos no ouvido médio: martelo, bigorna e estribo.
- Ossificação:** formação de osso.
- Osteoblasto:** célula formadora de osso.
- Osteócito:** célula óssea madura, com forma de aranha, com um corpo e processos longos, que ocupa uma lacuna na matriz óssea.
- Osteoclasto:** célula grande que reabsorve ou degrada a matriz óssea.
- Osteogênese:** processo de formação de osso.
- Ósteon:** unidade tubular em osso maduro e compacto; consiste em camadas concêntricas de lamelas ósseas que envolvem um canal central; também chamado *sistema haversiano*.
- Osteoporose:** condição relacionada à idade (afeta muitas mulheres idosas) na qual os ossos enfraquecem à medida que a reabsorção óssea supera a sua deposição; os ossos enfraquecidos quebram-se mais facilmente.
- Ovário:** órgão do sistema genital feminino no qual os óvulos (ovos) são produzidos; gônada feminina na cavidade pélvica.
- Ovulação:** ejeção de um ovo (oócito) do ovário.
- Óvulo:** (1) significado geral célula germinativa feminina, ou ovo; (2) significado específico: célula germinativa feminina após a penetração de um espermatozoide, mas antes que o núcleo do espermatozoide e o núcleo do óvulo tenham fundido.
- Oxitocina:** hormônio produzido pelo hipotálamo e liberado pelo lobo posterior da hipófise; estimula a contração uterina durante o nascimento e a ejeção de leite durante a amamentação.
- Palato:** teto da cavidade bucal.
- Palpação:** uso dos dedos para examinar os órgãos profundos através da pele na superfície corporal.
- Pâncreas:** glândula que apresenta uma forma alongada e cônica, posterior ao estômago; produz secreções exócrinas e endócrinas.
- Parestesia:** sensação anormal de dormência, queimação ou formigamento.
- Parietal:** relativo às paredes de uma cavidade.
- Parte central do sistema nervoso (SNC):** encéfalo e medula espinal.
- Parte distal:** principal divisão da adeno-hipófise da glândula hipófise; lobo anterior da hipófise.
- Parte nervosa:** região da neuro-hipófise da glândula hipófise a partir da qual os hormônios são secretados; lobo posterior da hipófise.
- Parte parassimpática:** divisão do SNA que supervisiona a digestão, eliminação e função glandular; parte do repouso fisiológico e digestão.
- Parte periférica do sistema nervoso (SNP):** porção do sistema nervoso que consiste de nervos e gânglios que ficam do lado de fora do encéfalo e medula espinal.
- Parte pilórica:** região do estômago em forma de funil, contém o piloro.
- Parte simpática:** divisão do SNA que prepara o corpo para lidar com o perigo ou a excitação; a parte de luta ou fuga.
- Pavimentoso:** plano, escamoso; relativo a células epiteliais planas que são mais largas do que altas, que se superpõem.
- Peitoral:** relativo à superfície anterior do tórax ou aos músculos peitorais.
- Pelve:** região inferior do tronco; contém a estrutura óssea em forma de bacia chamada cingulo do membro inferior.
- Pepsina:** enzima digestória de proteína secretada pela mucosa do estômago.
- Pericárdio:** bolsa de parede dupla que envolve o coração e também forma sua camada superficial (epicárdio).
- Pericôndrio:** membrana de tecido conjuntivo fibroso que reveste a superfície externa das cartilagens no esqueleto.
- Perimísio:** tecido conjuntivo frouxo que envolve e separa os fascículos (feixes) de fibras musculares dentro de um músculo esquelético.
- Períneo:** região do tronco superficial ao diafragma da pelve e delimitada anteriormente pela sínfise púbica, pelo cóccix posteriormente e túberes isquiáticos lateralmente. Contém o ânus, vulva (mulheres) e escroto (homens).
- Periosteio:** membrana de tecido conjuntivo fibroso que recobre a superfície externa dos ossos do esqueleto.
- Peristaltase:** contrações progressivas, em forma de onda do músculo liso, que comprimem os alimentos no tubo digestório (ou que movimentam outras substâncias através de outros órgãos ocos).
- Peritônio:** membrana serosa que reveste as paredes da cavidade abdominal e parte da pélvica e recobre as superfícies da maioria dos órgãos nessas cavidades.
- Peritonite:** infecção e inflamação do peritônio.
- Pia-máter:** parte mais interna e delicada das três membranas (meninges) que recobrem o encéfalo e medula espinal.
- Piloro:** parte distal do estômago em forma de anel ligada ao intestino delgado e que contém o músculo esfíncter do piloro.
- Pinocitose:** processo pelo qual as células ingerem líquidos extracelulares. Também chamada de *endocitose de fase fluida*.
- Placa motora:** local onde o terminal axônico de um neurônio motor se encontra com uma fibra muscular; essa junção transmite o estímulo de contração do neurônio para a fibra muscular. Também chamada de *junção mioneural (ou neuromuscular)*.
- Placenta:** órgão temporário formado por tecido fetal e materno que oferece nutrientes e oxigênio para o feto em desenvolvimento, elimina moléculas de resíduos fetais e secreta os hormônios da gravidez; eliminada após o nascimento quando termina o parto.
- Plano coronal:** *ver* Plano frontal.
- Plano frontal (coronal):** plano vertical que divide artificialmente o corpo em partes anterior e posterior, aproximadamente do mesmo tamanho.
- Plano sagital:** plano vertical que divide o corpo ou uma parte do corpo em partes direita e esquerda aproximadamente do mesmo tamanho.
- Plaqueta:** fragmento de célula encontrado no sangue; fecha pequenas aberturas nos vasos sanguíneos e ajuda a iniciar a coagulação.
- Plasma:** componente sanguíneo líquido e sem vida, dentro do qual ficam suspensas as células sanguíneas.
- Plasmalema:** *ver* Membrana plasmática.
- Pleura:** membrana serosa que reveste a cavidade torácica e recobre a superfície externa dos pulmões.
- Plexo corioide:** membrana rica em capilares nos ventrículos encefálicos que forma o líquido cerebrospinal; tecnicamente, consiste em pia-máter e células endodimárias.
- Plexo:** rede de nervos ou veias convergentes e divergentes.
- Podócitos:** células epiteliais com forma de polvo que revestem os capilares glomerulares; ajudam a produzir e manter a membrana basal (membrana de filtração no rim).

Ponte: parte do tronco encefálico entre o mesencéfalo e o bulbo.

Posterior: voltado para trás a partir da posição anatômica; dorsal; oposto de anterior.

Potencial de ação: *ver* Impulso nervoso.

Prega: dobra.

Pressão arterial: força exercida pelo sangue contra uma área das paredes do vaso sanguíneo; diferenças na pressão sanguínea entre uma área e outra da circulação fornecem a força motriz da circulação sanguínea.

Processo transverso: projeção horizontal que se estende lateralmente a partir do arco de uma vértebra.

Processo: (1) proeminência ou projeção, geralmente ósseos; (2) série de ações com um determinado objetivo; (3) projeção do corpo celular de um neurônio.

Profundo: voltado para o interior; de dentro; interno.

Progesterona: hormônio que prepara o útero para receber o embrião.

Prona: refere-se a um corpo na posição horizontal com a face voltada para baixo.

Pronação: rotação medial do antebraço que faz que a palma da mão fique voltada posteriormente.

Proprioceptor: receptor que detecta movimento no sistema musculoesquelético; mais especificamente, os proprioceptores detectam o estiramento dos músculos, tendões e cápsulas articulares.

Prosencéfalo: porção rostral do cérebro a qual inclui o telencéfalo e o diencéfalo.

Proteína: longa cadeia de aminoácidos ou várias cadeias de aminoácidos conectadas; as cadeias de aminoácidos curvam-se e dobram-se (e frequentemente espiralam-se) para dar uma forma distinta a cada proteína.

Proximal: ponto mais próximo quando comparado a outro mais afastado, ambos em relação à raiz de um membro.

Pseudoestratificado: epitélio com aparência estratificada (com mais de uma camada de células); as células têm altura variada, mas todas tocam a base do epitélio.

Puberdade: período da vida quando é atingida a maturidade reprodutiva.

Pulmonar: relativo aos pulmões.

Pulso: expansão e retração rítmica das artérias como resultado da contração cardíaca; pode ser sentido na superfície do corpo.

Pupila: abertura no centro da íris através da qual a luz penetra o olho.

Queratina: proteína resistente à tensão, encontrada na epiderme, cabelo e unhas; a queratina enrijece essas estruturas e as torna resistentes ao atrito.

Quiasma óptico: estrutura com formato de cruz, anterior ao diencéfalo no cérebro, representando o ponto de intersecção de metade dos axônios do nervo óptico.

Quimiorreceptor: receptor sensível a substâncias químicas em solução.

Quimo: massa cremosa, semilíquida, que consiste em alimento parcialmente digerido e sucos estomacais.

Rafe: linha média ou crista de junção saliente que imita uma costura de duas partes homólogas.

Ramo: divisão de um nervo ou artéria.

Ramos subendocárdicos: longas fileiras de células modificadas do músculo cardíaco do sistema de condução do coração; também chamadas *fibras de Purkinje*.

Receptor: terminal nervoso periférico, ou célula completa, que responde a um determinado estímulo; (2) componente celular, geralmente uma proteína de membrana que se liga a moléculas específicas para sinalizar uma certa resposta.

Rede: qualquer rede de fibras nervosas ou vasos sanguíneos.

Redução: restauração de extremidades de ossos quebrados ou deslocados para a sua posição original.

Reflexo espinal: reflexo mediado através da medula espinal.

Reflexo: resposta automática a um estímulo.

Remodelação óssea: processo que envolve a formação e a destruição óssea em resposta a fatores mecânicos e hormonais.

Renal: relativo aos rins.

Renina: hormônio liberado pelos rins envolvido no aumento de pressão arterial, do volume sanguíneo e concentração de sódio no sangue.

Respiração interna: troca de gases entre o sangue e o líquido intersticial e entre o líquido intersticial e as células.

Reticulo endoplasmático (RE): sistema de cisternas e tubos membranosos no citoplasma de uma célula; pode ser liso ou rugoso.

Reticulo sarcoplasmático (RS): reticulo endoplasmático liso especializado de células musculares; armazena íons de cálcio.

Reticulócito: eritrócito imaturo ou jovem.

Retina: contém uma camada neural do bulbo do olho, incluindo células fotorreceptoras para a visão e uma camada pigmentada de apoio.

Retroperitoneal: externo ou posterior ao peritônio.

Ribossomo: organela citoplásmica na qual as proteínas são sintetizadas.

RICE: sigla para *rest* (repouso), *ice* (gelo), *compression* (compressão) e *elevation* (elevação); tratamento padrão para as lesões musculares, tendões e ligamentos.

Rima da glote: abertura entre as pregas vocais na laringe.

Rinencéfalo: parte do cérebro que recebe e integra impulsos olfatórios.

Rostral: voltado para a região nasal ou centros cerebrais mais elevados.

Rugas: elevações ou cristas, como na mucosa da vagina.

Sacral: pertencente ao sacro; região superficial na linha média das nádegas.

Saculações: bolsas (haustros) do colo.

Sarcolema: membrana plasmática de uma célula muscular.

Sarcômero: menor unidade contrátil do músculo esquelético e cardíaco; parte de uma miofibrila entre duas linhas Z; contém miofilamentos compostos principalmente por proteínas contráteis (actina, miosina).

Sarcoplasma: citoplasma de uma célula muscular.

Sebo: secreção oleosa das glândulas sebáceas.

Secção: corte através do corpo (ou de um órgão) ao longo de certo plano; fatia fina de tecido preparado para estudo microscópico.

Secreção: (1) passagem de material formado por uma célula para o seu exterior; (2) produto da célula que é transportado para o exterior da célula.

Seio: (1) cavidade forrada por membrana mucosa e cheia de ar localizada em certos ossos da face; (2) canal dilatado para a passagem de sangue ou linfa.

Sêmen: mistura fluídica contendo espermatozoides e secreções das glândulas anexas do sistema genital masculino.

Sentidos especiais: sentidos cujos receptores estão confinados a uma pequena região e não distribuídos por todo o corpo: gustação, olfação, visão, audição e equilíbrio.

Serosa: *Ver* Membrana serosa.

Sinapse: tipo de junção celular especializada entre dois neurônios, que possibilita comunicação entre eles.

Sinartrose: qualquer articulação imóvel.

Sincondrose: articulação de pouca ou nenhuma mobilidade na qual os ossos estão unidos por uma lâmina de cartilagem hialina.

Sindesmose: articulação de pouca ou nenhuma mobilidade na qual os ossos estão unidos por uma membrana de tecido conjuntivo.

Sinergista: músculo que auxilia a ação de um músculo agonista em um determinado movimento, contribuindo para o mesmo

- movimento ou estabilizando as articulações para evitar movimentos indesejáveis.
- Sínfise:** articulação de pouca ou nenhuma mobilidade onde os ossos estão conectados por fibrocartilagem.
- Sinusóide:** capilar excepcionalmente largo, retorcido e permeável; moléculas de proteína grandes ou glóbulos sanguíneos inteiros passam facilmente pelas suas paredes.
- Sistema endócrino:** sistema do corpo humano que consiste de glândulas secretoras de hormônios.
- Sistema imunológico:** conjunto de elementos que consiste em linfócitos (células T e B), tecidos e órgãos linfoides (linfonodos, baço, timo, amígdalas e nódulos linfoides agregados no intestino delgado e apêndice vermiforme); responsável por defesas antígeno-específicas montadas por linfócitos ativados.
- Sistema límbico:** sistema cerebral funcional envolvido nas respostas emocionais e viscerais; estruturalmente, inclui partes mediais do córtex cerebral (núcleos septais, giro do cíngulo, formação do hipocampo e amígdala), o fórnix e partes do diencefalo (hipotálamo e núcleos talâmicos anteriores).
- Sistema linfático:** sistema de órgãos que consiste em vasos linfáticos, linfonodos e os órgãos e tecidos linfáticos; drena o líquido intersticial excessivo e combate às doenças.
- Sistema orgânico:** grupo de diferentes órgãos que trabalham em conjunto para realizar uma função vital do organismo; por exemplo, o sistema nervoso.
- Sistema porta:** sistema de veias no qual uma veia se interpõe entre dois territórios capilares venosos sem passar pela circulação sistêmica, como o sistema porta-hepático e o sistema porta-hipofisário.
- Sistema porta-hepático:** parte da circulação na qual as veias recebem nutrientes dos capilares no estômago e intestinos e transportam esses nutrientes para capilares no fígado; as células hepáticas então processam os nutrientes.
- Sistema respiratório:** sistema orgânico que realiza a troca gasosa; inclui o nariz, faringe, laringe, traqueia, brônquios e pulmões.
- Sistema tegumentar:** a pele e seus anexos (pelos, unhas e glândulas cutâneas) e a tela subcutânea (hipoderme).
- Sistêmico:** relativo ao corpo todo.
- Sístole:** período do ciclo cardíaco, durante o qual os ventrículos ou átrios do coração se contraem.
- Somático:** relacionado à região do corpo externa à cavidade ventral, inclusive a pele, músculos esqueléticos e o esqueleto; oposto a *visceral*.
- Somito:** segmento mesodérmico do corpo de um embrião.
- Sopro cardíaco:** ruído cardíaco anormal (geralmente resultante de problemas valvares).
- Soro:** líquido de coloração âmbar que exsuda do plasma sanguíneo coagulado à medida que o coágulo encolhe e já não contém mais fatores de coagulação.
- Subcutâneo:** profundo à pele.
- Substância branca:** matéria branca do SNC; contém tratos de fibras nervosas mielinizadas.
- Substância cinzenta:** área cinzenta do SNC; contém corpos de neurônios e processos de neurônios não mielinizados.
- Suco pancreático:** secreção rica em bicarbonato do pâncreas que contém enzimas para digestão de todas as categorias alimentares.
- Sulco:** depressão linear; ranhura.
- Superficial:** localizado perto da superfície do corpo ou sobre ela; externo; também considerado toda estrutura externa à fáscia muscular; oposto de *profundo*.
- Superior:** mais próximo à cabeça a partir da posição anatômica; acima; oposto de *inferior*.
- Supinação:** rotação lateral do antebraço que faz que a palma da mão fique voltada anteriormente.
- Supino:** refere-se a um corpo deitado horizontalmente com a face voltada para cima.
- Surfactante:** líquido de ação detergente secretado pelos pneumócitos do tipo II que forra os alvéolos respiratórios no pulmão; reduz a tensão superficial das moléculas da água, evitando assim o colapso dos alvéolos após cada respiração.
- Sutura:** articulação fibrosa e imóvel; exceto a articulação temporomandibular, todos os ossos do crânio são unidos por suturas.
- Tálamo:** massa ovoide de substância cinzenta no diencefalo do cérebro; consiste em núcleos através dos quais as informações são passadas ao córtex cerebral.
- Tecido conjuntivo:** um dos quatro tecidos primários (fundamentais); sua forma e função variam bastante, mas todos os tecidos conjuntivos contêm grande quantidade de matriz extracelular; entre as suas funções estão o suporte, a contenção de líquido intersticial, a fixação de músculos esqueléticos e a proteção de estruturas por ele envolvidas.
- Tecido linfático:** principal tecido do sistema imunológico; tecido conjuntivo reticular que aloja e ativa muitos linfócitos.
- Tecido:** grupo de células semelhantes (e material extracelular) que realizam funções semelhantes; os principais tecidos do corpo são epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso.
- Telencéfalo:** divisão rostral do prosencéfalo embrionário; desenvolve-se até tornar-se o cérebro.
- Tendão calcâneo (aquiles):** tendão que conecta os músculos mais superficiais da panturrilha ao osso calcâneo, no tarso.
- Tendão:** cordão de tecido conjuntivo denso modelado que conecta os músculos aos ossos.
- Termorreceptor:** receptor sensível a mudanças de temperatura.
- Testículo:** órgão sexual masculino primário que produz os espermatozoides; gônada masculina no escroto.
- Testosterona:** *ver* Andrógeno.
- Timo:** órgão do sistema imunológico que é essencial para a produção das células T (linfócitos T); localizado anterossuperiormente no tórax.
- Tônus muscular:** níveis contínuos e baixos de força contrátil produzida pelos músculos esqueléticos que não estão em contração ativa.
- Tórax:** parte do tronco superior ao diafragma e inferior ao pescoço.
- Trabécula:** (1) qualquer uma das faixas fibrosas que se estendem da cápsula até o interior de um órgão maciço; (2) trave da rede óssea no osso esponjoso.
- Traqueia:** tubo fibro-músculo-cartilágneo reforçado, que se estende desde a laringe até os brônquios para a passagem de ar.
- Trato:** coleção de fibras nervosas no SNC que têm a mesma origem, destino e função.
- Trauma:** ferimento, ferida ou choque, normalmente causado por forças externas.
- Trifosfato de adenosina (ATP):** molécula em células que armazena e libera energia química para uso nas células do corpo.
- Trocânter:** processo grande, arredondado e algo obtuso, não articular em um osso. Localizado na epífise proximal do fêmur.
- Trofoblasto:** camada externa de células do blastocisto (estágio inicial do embrião); forma a contribuição do embrião para a placenta.
- Tronco encefálico:** coletivamente, o mesencéfalo, a ponte e o bulbo do encéfalo.
- Tuba uterina:** tubo através do qual o óvulo se desloca para o útero; também chamada de *trompa de Falópio* ou *oviduto*.
- Tubérculo:** nódulo ou pequeno processo arredondado não articular em um osso.
- Tuberosidade:** processo largo e arredondado, não articular em um osso, maior que um tubérculo.

Tubo digestório: vai desde a boca até o ânus; suas regiões básicas são a cavidade oral, a faringe, o esôfago, o estômago e os intestinos delgado e grosso.

Túbulo T: extensão do plasmalema (sarcolema) da célula muscular que penetra profundamente na célula muscular.

Túbulos seminíferos: túbulos altamente emaranhados dentro dos testículos que formam espermatozoides.

Tumor: crescimento anormal de células; inchaço; um neoplasma; pode ser maligno (canceroso) ou benigno.

Túnica: cobertura ou revestimento; camada ou membrana de tecido.

Úlcera: lesão por erosão da superfície de um órgão ou tecido, como a úlcera péptica na parede do estômago ou do intestino delgado.

Umbigo: cicatriz resultante da queda natural do coto umbilical.

Unidade motora: neurônio motor e todas as células musculares por ele estimuladas.

Ureia: principal dejetivo que contém o nitrogênio excretado na urina.

Ureter: tubo que leva a urina do rim para a bexiga urinária.

Uretra: tubo que leva a urina da bexiga urinária para o exterior.

Útero: órgão pélvico oco, de paredes espessas, que recebe o embrião em desenvolvimento; local onde o embrião/feto se desenvolve; ventre.

Valva atrioventricular esquerda (mitral): valva do lado esquerdo do coração, entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo. Também chamada de *valva bicúspide*.

Válvulas semilunares: constituem as valvas da aorta e do tronco pulmonar; evitam o retorno do sangue para os ventrículos do coração após a contração ventricular.

Vascularizado: com oferta de sangue; que contém vasos sanguíneos.

Vasoconstrição: estreitamento de vasos sanguíneos, normalmente através da contração de células de músculo liso nas paredes dos vasos.

Vasodilatação: relaxamento das células de músculo liso nas paredes dos vasos sanguíneos, levando a uma dilatação dos vasos (alargamento).

Vaso dos vasos: pequenos vasos sanguíneos localizados na túnica externa de grandes artérias que fornecem oxigênio e nutrientes para as camadas mais externas da parede do vaso.

Veia varicosa: veia dilatada cheia de sangue acumulado quando a válvula venosa não consegue evitar o retrocesso do sangue contra a ação da força da gravidade.

Veia: vaso que transporta sangue na direção do coração.

Ventilação: respiração; consiste em inspiração e expiração.

Ventral: a partir da posição anatômica, na direção da frente do corpo; anterior; oposto a *dorsal*.

Ventrículos: (1) câmaras cardíacas pareadas localizadas inferiormente que funcionam como as principais bombas sanguíneas; (2) cavidades do cérebro cheias de líquido cerebrospinal.

Vênula: veia de pequeno calibre.

Vesícula biliar: bolsa inferior à direita junto ao fígado; armazena e concentra a bile.

Vesícula vitelina: saco embrionário que armazena uma minúscula quantidade de vitelo e dá início ao revestimento do tubo digestório; também dá início às células germinativas primordiais e aos glóbulos sanguíneos.

Vesícula: pequena bolsa cheia de líquido.

Vilo: uma das muitas projeções papilares da superfície interna do intestino delgado que, juntas, aumentam a área de superfície para absorção de nutrientes.

Viscera (órgãos viscerais): órgão maciço ou oco contido na cavidade ventral do corpo, recoberto por membrana serosa, incluindo estômago, vesícula, coração, pulmões, baço etc.

Visceral: relativo aos órgãos e estruturas contidas na cavidade ventral do corpo e a todos os músculos lisos e glândulas por todo o corpo; oposto de *somático*.

Vitaminas: compostos orgânicos exigidos pelo corpo em quantidades diminutas que geralmente precisam ser obtidos através da dieta.

Vasos retos: capilares medulares que abastecem as alças da néfron e ductos coletores na medula dos rins.

Vulva: genitais externos da mulher.

Zigoto: ovo fertilizado.

- OBSERVAÇÃO:** os números de página em negrito indicam uma discussão importante. Números de página precedidos por um *t* indicam tabela e números de página após um *f* indicam uma figura e após um *b* indicam conteúdo de caixa de texto.
- Abdome, 6, 7f**
 anatomia da superfície de, 349-350, 349f
 artérias do, 628-631, 629f, 630f, 639f
 marcos esqueléticos em, 348-349, 349f
 músculos do, 284f, 348-349, 349f
 desenvolvimento de, 279-280, 280f
 veias de, 638-640, 639f, 640f
 vias para, 496-498, 497f
- Abdução (movimento corporal), 224f, 225t, 225, 226f**
 ação/interação muscular e, 280f, 281
 nomes dos músculos e, 281
 da coxa, 328t, 329t
 da escápula, 311t
 das falanges, 342t
 do membro superior, 225f, 288t, 315t
 do ombro, 288t, 315t
 do polegar, 325t
 do pulso, 319t, 320t
 do quadril, 290t
 dos dedos, 325t, 327t
- Abertura da pelve, 204f, 205**
 masculina *versus* feminina, 206t
- Abertura mediana, 391, 392f, 420f**
- Abertura superior da pelve, 204f, 205**
 masculina *versus* feminina, 206t
- Abertura pélvica, 204f, 204**
- Aberturas laterais, 391, 392f, 420f**
- Aberturas nasais posteriores (coanas), 675, 676f**
- Abóbada (calvária), craniana, 160**
- Aborto, 63**
- Absorção (alimentos/nutrientes), 710, 710f, 734f**
 como função epitelial, 67
 no intestino delgado, 624-628, 727f, 704f
 no intestino grosso, 729, 732, 734f
- Abuso de esteroides anabolizantes, 269b, 269-270**
- Acalasia do cárdia, 502**
- ACD *veja* Artéria coronária direita**
- ACE *veja* Artéria coronária esquerda**
- Aceleração**
 angular (rotacional), 529f, 532, 533, 533f
 linear, 529t, 532
- Acetábulo, 202, 203f, 210t**
 em articulação do quadril, 238, 238f
 formação incompleta de, em quadril displasia, 213
 masculina *versus* feminina, 206t
- Acetilcolina (ACh)**
 em junção neuromuscular, 263, 263f
 em sistema nervoso autônomo *versus* sistema nervoso somático, 486f, 488, 488t
- Acetilcolinesterase (AChE), 263**
 ACh *veja* Acetilcolina
 AChE *veja* Acetilcolinesterase
- Acidentes vasculares cerebrais (derrames), 433**
- Ácido ascórbico (vitamina C), 43**
- Ácido desoxirribonucleico *veja* DNA**
- Ácido fólico**
 cor da pele e, 115
 defeitos do tubo neural e, 56b, 115, 437
 durante a gravidez, 56b, 115, 437
 fenda palatina e, 188
- Ácido ribonucleico *veja* RNA**
- Ácido úrico, 750**
 na gota, 246
- Ácidos nucleicos, 4. *Veja também* DNA; RNA**
- Ácino/células acinares**
 glândula mamária, 800, 800f
 pancreática, 557, 557f, **741, 741f**
- Acne, 120b, 125**
- Acomodação, 520**
 ocular, **520, 520f**
- Acondroplasia, 146**
- Acromegalia, 550t, 558**
- Acrômio, 195, 196f, 201t, 222f, 350f, 351**
 em articulação do ombro, 235f
- Acrossomo, 786f, 787, 801f**
- ACTH *veja* Hormônio adrenocorticotrófico**
- Actina, 33, 34f, 253, 254t, 257. *Veja também* filamentos de actina (finos ou delgados)**
 o treino com peso afeta a produção de, 265
- Acuidade visual, envelhecimento que afeta a, 537**
- Adenina (A), 36, 37f**
- Adenocarcinoma, pulmonar, 695b**
- Adeno-hipófise (lobo anterior/ Hipófise, parte anterior, 545-547, 545, 546f, 547b, 548f**
 desenvolvimento/envelhecimento e, 561f, 562
 distúrbios de, 558
 em resposta ao estresse, 556f, 557
 hipotálamo regulando a, 547, 548f
 hormônios de, 545-547, 550t
- Adenoides (amígdalas faríngeas), 665, 665f, 676f, 678**
 infecção das, **678b**
- Adenoma, 101**
 câncer de colo e, 102b
- Aderência intertalar (massa intermediária), 399, 400f**
- Adesivo (transdérmico), para aplicação de fármaco, 113b**
 contracepção e, 797b
- Adesivo transdérmico, para aplicação de medicamento, 109b, 113b**
 contracepção e, 765b, 797b
- Adesões, 100**
- ADP *veja* Artéria descendente posterior**
- Adrenalina *veja* Epinefrina**
- Adução (movimento corporal), 225t, 224f, 227, 229f**
 ação/interação muscular e, 281, 282f
 nomeação dos músculos e, 283
 da coxa, 329t, 331t
 da escápula, 311t
 do membro superior, 224f, 288t, 315t, 316t, 317t
 do ombro, 288t, **315t, 316t, 317t**
 do pulso, 288t, 319t, 320t
 dos dedos, 322t, 327t
- Adutor(es)/músculos adutores, da coxa, 289f, 328t, 329-331t, 331f, 335f, 355f, 356**
 estiramento de, **355**
- Adventícia**
 na bexiga urinária, 763, 764f
 na traqueia, 682, **683**
 na vagina, 798
 no canal deferente, 779, 779f
 no esôfago, 713, 722, 721f
 no tubo digestório, 713
 no ureter, **762, 762f**
- Agênese renal, 768**
- Agentes para dissolver coágulos, 644b**
- Agentes trombolíticos, 644b**
- Agnosia, 408b**
- Agonista (músculo), 281**
- Agranulócitos, 571-572, 571f, 573t**
- Ags *veja* Antígeno(s)**
- Água, absorção de, no intestino grosso, 729, 732, 733f, 734f**
- AIDS (síndrome da imunodeficiência adquirida), 660, 661b**
- Alantóide, 744, 768, 768f, 803f**
- Alavanca de potência, 277, 277f, 279**
- Alavanca de primeira classe, 278-279, 278f**
- Alavanca de segunda classe, 278f, 279**
- Alavanca de terceira classe, 278f, 279**
- Alavanca de velocidade, 277, 277f, 279**
- Alavanca(s)/sistemas de alavanca, 277-279, 277f, 278f**
- Alavancagem, 277. *Veja também* Alavanca(s)/Sistemas de alavanca**
- Albumina, 568**
- Alça cervical, 464f, 464t**
- Alça de Henle *veja* Alça do néfron**
- Alça do néfron (alça de Henle), 757, 757f, 758, 758f, 759f**
- Alça intestinal primitiva, 744**
- Alças circulares (pregas circulares), 726, 727f**
- Álcool**
 cirrose do fígado e, 739b
 efeitos teratogênicos do (síndrome alcoólica fetal), **62b**
 liberação de hormônio antiurético e, 758
- Aldosterona, 554f, 556, 761**
 regulação da pressão sanguínea e, 556, 761
- Alimento**
 absorção do alimento no sistema digestivo, **710, 710f, 734f. *Veja também* Absorção**
 ingestão/entrada de, **710, 710f, 734f**
 propulsão do alimento através do sistema digestivo, **710, 710f. *Veja também* Peristaltismo**
 ruptura mecânica do, **710, 710f, 734f**
- Alopécia androgênica, 125**
- Alopecia, 125**
- Alterações tromboembólicas, 643**
- Alucinação olfativa, 509-510**
- Alucinações olfatórias, 509-510**
- Alvéolo dentário, 170, 172t, 719**
 articulação do dente com (gonfoso), 218f, **219, 219t**
- Alvéolos**
 das glândulas mamárias, 799, 800, 800
 dental 170, **172t, 718**
 articulação do dente com (gonfoso), 218f, **219, 219t**
 pulmonares, 620, 622f, 673f, 674t, **684, 684f, 685, 685f**
 desenvolvimento dos, 698
 durante a expiração, 693
 no enfisema, 697, 697f
- Alvéolos dentários, 170, 172t, 718**
- Alvéolos pulmonares, 620, 622f, 673f, 674t, 684, 684f, 685, 685f, 688f**
 desenvolvimento dos, 698
 durante a expiração, 693
 no enfisema, 697, 697f
- Alvéolos respiratórios *veja* Alvéolos pulmonares**
- Amilase salivar, 720, 734f**
- Âmnio, 52, 52f, 53f, 54f, 803f, 804f**
- Amniocentese, 63**
- Amplitude de movimento, 275**
- Ampola**
 do canal deferente, 775f, **779, 782f**
 do canal semicircular, **532, 533f**
 do canal uterino, 788f, **789**
 do duto semicircular (ampola membranosa), **532**
 hepatopancreática, **726**
- Ampola hepatopancreática, 724-725, 726f**

- Ampola membranosa, do ducto semicircular, **532**
- Anáfase, da mitose, 38, 38f, 41f
- Anastomoses arteriais, 619
- vasculares, **620-621**
- venosas, 620-621
- Anatomia, **2**
- clínica/ imagem médica, 15-19, 15f, 16f, 17f, 18f, 19f
- do desenvolvimento, **2**
- hierarquia da organização e, 2-6, 3f, 4-5f
- macroscópica, **2**, 6-13
- membranas/cavidades do corpo e, 11-13, 11f, 12f
- planos e seções do corpo na, 7-10, 9f
- planta do corpo humano e, 10-11, 10f
- quadrantes abdominais e, **13**, 13f, **705**
- termos regionais e direcionais usados em, **6-7**, 7f, 8t
- variabilidade anatômica e, 13
- microscópica, **2**, 13-15, 14f.
- Veja também* Histologia
- patologia, **2**
- radiografia, **2**
- regional, **2**
- sistêmico, **2**
- superfície, **2**, **345-357**. *Veja também região ou estrutura específica*
- terminologia usada em, 6
- termos regionais e direcionais, 6-7, 7f, 8t
- para planos/partes do corpo, 7-10, 9f
- para cavidades/membranas corporais, 11-13, 11f, 12f
- variabilidade/variações em, 13
- Anatomia de superfície, **2**, **345-357**. *Veja também a região ou estrutura específica*
- variabilidade anatômica e, 13
- Andrógeno(s), **557-558**, **778**. *Veja também* Testosterona
- calvície e, 119
- célula intersticial de Leydig, produção de, 557-558, 778
- crescimento do cabelo terminal afetado por, 119
- crescimento ósseo e, 146
- glândulas apócrinas e, 121
- produção ovariana de, 557-558, 795
- secreção sebácea afetada por, 120
- suprarrenal, 556f, 557
- Androstenediona, 269b
- Anel anular (tendinoso comum), **512**, 512f
- Anel contrátil, em citocinese, 41f
- Anel fibroso, 133, **178-179**, 178f
- Anel inguinal profundo, **780-781**, 780f
- superficial, 776f, **780**, 780f
- Anel tendíneo comum (anular), **512**, 512f
- Anel vaginal, para contracepção, 797f
- Anemia, **578**
- Anencefalia, **56b**, **435**
- Anestesia maxilar, nervo trigêmeo e, 455t
- Aneurisma da parte abdominal da aorta, 643, 643f
- Aneurisma, **643**, 643f
- Anfiartrose, **218**, 219
- Angina pectoris, **602-603**, 605b
- Angiografia por subtração digital (DSA), **17**, 17f
- Angiograma/angiografia, **17**, 17f, **648-649**
- subtração digital (ASD), **17**, 17f
- Angioplastia coronária transluminal percutânea, 605b
- Angioplastia de balão, 605b
- Angiosarcoma, **648-649**
- Ângulo da mandíbula, 160f, 161f, **170**, 170f
- Ângulo do esterno, 185f, **187**, 348, 349f
- Ângulo inferior da escápula, **195**, 196f, 349, 350f
- Ângulo infraesternal, **187**, 348, 349f
- Ângulo lateral da escápula, **195**
- Ângulo lateral do olho, 510, 510f
- Ângulo medial do olho, 510, 510f
- Ângulo subpúbico (arco púbico), 203f, **205**, 210t
- no homem *versus* na mulher, 206t
- Ângulo superior da escápula, **195**, 196f
- Ângulos de costela, 187f, **188**
- escapular, 195, 339, 340f
- Anopsias, 452t
- Anormalidade congênita, **62b**
- Anosmias, 452t, **509**
- Anquiloglossia, **717**
- Anquilose, em artrite reumatoide, **246**
- Antagonista (músculo), **281**
- Antebraço, 199. *Veja também* Membros superiores
- anatomia superficial do, 352f, 353, 353f
- cotovelo de babá e, 245b
- inervação do
- nervo mediano, 319-322t, 465f
- nervo radial, 318t, 319t, 324t, 465f, 467f, 470f
- nervo ulnar, 320t, 322t, 465f
- músculos do/músculos que controlam o movimento do, 286, 284f, 285f, 287f, 288f, 316-317f, 318t, 319-324t, 320-321f, 323f, 324f
- compartimento anterior, 286, 287f, 318t
- compartimento posterior, 286, 287f, 318t
- movimentos de pulso/mão/dedo e, 319-324t, 320-321f, 323f, 324f
- ossos do, 199, 199f, 201t
- veia mediana do, 637f, **638**, 638f
- Anterior (termo), **7**, 8t. *Veja também abaixo de Ventral*
- Anticorpos maternos, resistência à doença do recém-nascido e, 804-805
- Anticorpos, **574**, **658**, 658f
- maternos, resistência a doenças nos neonatos e, 804-805
- Antígeno(s), **574**, 658, 658f
- em diferenciação/ativação linfocitária, 660f, 661-662f
- preservação de, 661-662
- Antígeno específico prostático (PSA), 783, 775
- na hiperplasia prostática benigna, 783b
- Antígenos/receptores de superfície, ação linfocitária e, 658, 658f, 660
- Antioxidantes, 43
- Antro
- folículo ovariano, 789f, 794f, **795**
- mastoide, 526f, 527
- pilórico, 723f, **724**
- Anuloplastia eletrotérmica intradiscal (IDET), 179b
- Ânus, 5f, 704f, 730f, 784f, 788f, 798f. *Veja também abaixo de Anal*
- Aorta, 586f, 587f, 590f, 591f, 592f, 623f, **624**
- abdominal, 623f, **624**, 629f, 630f
- aneurisma em, 643, 643f
- ascendente, 590f, 591f, **624**, 624f, 688f
- coarctação de, 608f
- descendente, **624**, 688f
- na circulação do neonato, 646f
- na circulação fetal, 645f
- torácica, 623f, **624**, 624f, 328
- Aparelho de Golgi, 24f, **25**, 26t, **31**, 31f, 32f
- Aparelho lacrimal, **511-512**, 511f
- Aparelhos auditivos, 536
- Apêndice, 662f, **666**, 704f, 705f, 729f, **730**, 730b
- artérias irrigantes, 629, 630f
- inflamação de (apendicite), **730b**
- nódulos linfáticos agregados (placas de Peyer) em, 658, 662, **666**
- Apêndice epiploico, **729**, 729f
- Apêndice omentais (apêndices epiploicos), **729**, 729f
- Apendicectomia, **730b**
- Apêndices
- corpo, 6, 7f. *Veja também* Membros inferiores; Membros superiores
- desenvolvimento de, **50**, 50f
- epiploico, **729**, 729f
- pele, 108f, **115-122**, 116f, 118f, 120b, 120f. *Veja também estrutura específica*
- Apendicite, **730b**
- Âpice
- da cóclea, 529, 530f
- do coração, **586**, 587f, 590f, 591f
- do nariz, 675, 675f
- do pulmão, 686, 687f
- Aponeurose
- bicipital, 320
- epicrânica, 293f, 294f, 346
- palmar, 320f
- Aponeuroses, 88f, 89, **257**. *Veja também tipos específicos*
- Apoptose, **44**
- ação da célula T e, 658, 658f
- desenvolvimento neuronal e, 382-383
- Aqueduto do mesencéfalo, **391**, 392f, 396f, 400f, 420f
- AR *veja* Artrite reumatoide
- Aracnoide máter
- do cérebro, 417, **418**, 418f, 419f, 420f
- espinal, 422f, 424f, 425f, 426
- ARC. *Veja* Núcleo arqueado
- Arco anterior, **181**, 181f
- Arco cárpico dorsal, 628
- Arco da aorta, 491f, 590f, 592f, 622f, 623f, **624**, 624f
- barorreceptores em, 459t
- Arco longitudinal lateral do pé, 212, 212f, **213-214**
- Arco longitudinal medial do pé, 212, 212f, **213-214**
- Arco palmar superficial arterial, 623f, 627f, **628**
- venoso, **637**, 637f
- Arco plantar, 632f, **633**
- profundo, 642f
- Arco posterior, **181**, 181f
- Arco púbico, 203f, **205**, 210t
- no homem *versus* na mulher, 206t
- Arco transversal do pé, 203, 203f, **204**
- Arco venoso dorsal, pé, 634f, **641**, 642f
- Arco vertebral, **179**, 180f
- Arco zigomático, 163, 164f, 346f, 347
- Arcos do pé, 212-214, 212f
- Arcos longitudinais do pé, 212, 212f, 213-214
- Arcos palatofaríngeos, 716f, **717**, 717f
- Arcos palatoglossos, 716f, **717**, 717f
- Arcos palmares
- arterial, 623f, 627f, 628
- venoso, **637**, 637f
- Arcos reflexos, **377-378**, 377f, 378f, 380-380f
- viscerais, **499-500**, 500f
- Arcos superciliares, 162, 346, 346f
- Arcos venosos, dorsal (do pé), 634f, **641**, 641f
- palmares, profundo e superficial, **628**, 628f
- Área da superfície do corpo, em lesões por queimadura, 122, 122f
- Área de associação anterior (córtex pré-frontal), 406f, **409-410**, 409-410f, **411**
- desenvolvimento de, 437
- memória e, 406f, 411
- Área de associação auditiva, 405, 406f, **407**, 409f
- dano a, 408b
- Área de associação límbica, 406f, **409-410**, **411**
- Área de associação posterior, 406f, **409-410**
- Área de associação visual, 406f, **407**, 409f
- danos a, 408b
- Área de Broca, 406f, **408**, 409
- Área de Wernicke, 406f, 409
- Área executiva, no córtex pré-frontal, 406f
- Área hipotalâmica lateral, 401f
- Área nua do fígado, 736f, **736**, 737f
- Área sensitiva visceral, **408**
- Áreas associativas, 404, 405, 406f
- agnosia causada por dano a, **408b**
- anteriores (córtex pré-frontal), 406f, **409-410**, 409f, **411**
- auditivas, 405, 406f, **407**, 409f
- dano a, 408b

- desenvolvimento de, 437
 límbicas, 406f, **409-410**, **411**
 multimodais, **404**, 405, 408-411
 na doença de Alzheimer, 435
 posteriores, 406f, **409-410**
 sensitivas somáticas, **405-407**,
 406f, 407
 sensitivas, **404**, 405, 406f
 dano a, 408b
 visuais, 95f, **407**, 409f
 dano a, 408b
- Áreas auditivas, 405, 406f, 407,
 409f
- Áreas de associação multimodais,
404, 405, 408-411, 409-410f
- Áreas de associação sensitiva, **404**,
 405, 406f
- Áreas de Brodmann, 403
- Áreas motoras, 397, 402, **404**,
 406f
- Áreas sensitivas, 402, 404, 405-
 408, 406f, 407f
- Áreas sensitivas somáticas, 402,
405-407, 406f, **407**
- Áreas visuais, 406f, **407**
- Área cerebral (área pineal), 557
- Área pineal (cerebral), 557
- Aréola, **799**, 800f
- Arritmias, 604-607
- Artefatos, no microscópio, 15
- Artéria alveolar inferior, 719
- Artéria alveolar superior, 719
- Artéria auricular posterior, **626**
- Artéria axilar, 625f, 625f, 627f,
628
- Artéria basilar, 625f, **626**
- Artéria braquial profunda (artéria
 profunda do braço), 627f, **628**
- Artéria braquial, 623f, 627f, **628**
 pulso na, 623f, **627b**, 628
- Artéria carótida
 comum direita, **624**, 624f
 comum esquerda, 590f, 592f,
624, 624f
- Artéria carótida externa, 347f, 348,
 623f, 625f, **626**
 pulso na, 347f, **625b**, 626
- Artéria carótida interna, 623f,
 625f, **626**
- Artéria central
 da retina, 514f, 516f, **517-518**,
 517f, 524f
 do baço, **663**, 664f
- Artéria cerebral anterior, 625f, **626**
- Artéria circunflexa
 anterior do úmero, 627f, **628**
 posterior do úmero, 627f, **628**
- Artéria circunflexa (coronária),
 590f, **602-603**, 602f
- Artéria circunflexa anterior e pos-
 terior do úmero, 627f, **628**
- Artéria cística, 629
- Artéria cólica
 direita, **629**, 630f
 esquerda, 630f, **631**
 média, **629**, 630f
- Artéria comunicante anterior,
 625f, **626**
- Artéria coronária direita, 590f,
 591f, **602-603**, 602-603f, **624**
- Artéria coronária esquerda, 590f,
602-603, 602-603f, **624**
- Artéria Cx *veja* Artéria circunflexa
 (coronária)
- Artéria descendente anterior
 esquerda (artéria interventricu-
 lar anterior), 590f, **602-603**,
 602-603f
- Artéria descendente posterior
 (artéria interventricular poste-
 rior), 591f, **602-604**, 602-603f
- Artéria dorsal do pé, 632f, **633**
- Artéria esplênica, **629**, 6630f, 664f
- Artéria facial, 625f, **626**
 pulso na, 623f, **625b**, 626
- Artéria femoral, 471f, 623f, 632f,
633
 circunflexa medial e lateral,
 632f, **633**
 profunda (artéria profunda da
 coxa), 632f, **633**
 pulso na, 623f, **632b**, 633
- Artéria fibular (peroneal), 632f,
633
- Artéria frênica,
 inferior, **628**, 629f
 superior, 627
- Artéria gástrica direita, **629**, 630f
- Artéria gástrica esquerda, **629**,
 630f
- Artéria gastroduodenal, **629**, 630f
- Artéria gastromental, **629**, 630f
 direita, **629**, 630f
 esquerda, **629**, 630f
- Artéria glútea
 inferior, 631f, 632
 superior, 631f, 632, 632f
- Artéria hepática, 736, 737f
 comum, 629, 630f
 própria, **629**, 630f
- Artéria hipofisária
 inferior, 549f
 superior, 548f
- Artéria ileocólica, **629**, 630f
- Artéria ilíaca comum
 direita, 624, 630f
 esquerda, 624
- Artéria interóssea
 anterior, 628
 comum, 627f, **628**
 posterior, 628
- Artéria interventricular
 anterior, 590f, **602-603**, 602-
 603f
 posterior (artéria descendente
 posterior), 591f, **602-603**-
 604, 602-603f
- Artéria interventricular anterior
 (artéria descendente anterior
 esquerda), 590, **602-603**,
 602f-603f
- Artéria interventricular posterior
 (artéria descendente poste-
 rior), 591f, **602-604**, 602-603f
- Artéria lingual, 625f, **626**
- Artéria mamária interna (artéria
 torácica interna), 625f, 626,
627, 627f
- Artéria marginal, 590f, **602-603**,
 602-603f
 direita, 590f, 602-603, 602-603f
- Artéria
 maxilar, 625f, **626**
 meníngea média, 626
 mesentérica inferior, 623f, 629f,
 630f, **631**, 639f
 mesentérica superior, 623f, **629**,
 629f, 630f, 639f, 724-725,
 729f
 nutrícia, 136, 136f
 obturatória, 631f, **632**, 632f
 occipital, 625f, **626**
 oftálmica, 625f, **626**
 pancreaticoduodenal superior,
629
 pancreaticoduodenal, superior,
629
 peroneal (fibular), 632f, **633**
 plantar lateral, 632f, **633**
 plantar medial, 632f, **633**
 Artéria poplítea, 623f, 632f, **633**
 pulso na, 623f, **632b**, 633
 Artéria pudenda interna, 631f, **632**
- Artéria pulmonar direita, 590f,
 591f, 592f, **592**, 622f, 624f
 Artéria pulmonar esquerda, 590f,
 591f, 592f, **620**, 622f, 624f,
 688f
- Artéria radial, 623f, 627f, **628**
 do útero, **791**, 792f
 pulso na, 623f, **627b**, 628
- Artéria retal
 média, 631f, 632
 superior, 630f, **631**
- Artéria retiniana, central, 514f,
 516f, **517-518**, 517-518f, 524f
- Artéria sacral mediana, 629f, **631**
- Artéria sigmóidea, 630f, **631**
- Artéria subclávia direita, 590f,
 591f, 592f
- Artéria subclávia esquerda, 590f,
 592f, **624**, 624f, **626**, 628f
- Artéria subescapular, 627f, **628**
- Artéria supraescapular, 627f
- Artéria suprarenal inferior, 554-
 555, 629
- Artéria suprarenal superior, 554-
 555, 629
- Artéria temporal superficial, 625f,
626
 pulso na, 623f, **625b**, 626
- Artéria tibial anterior, 623f, 632f,
633
- Artéria tibial posterior, 623f, 632f,
633
 pulso na, 623f, **632b**, 633
- Artéria tireóidea inferior, 552f,
 626
- Artéria tireóidea superior, 552f,
 625f, **626**
- Artéria torácica interna (mamária
 interna), 625f, 626, **627**, 627f
- Artéria torácica lateral, 627f, **628**
- Artéria toracoacromial, 627f, **628**
- Artéria ulnar, 623f, 627f, **628**
- Artéria umeral circunflexa ante-
 rior, 627f, **628**
- Artéria vaginal, 631f, 632
- Artéria vesical inferior, 631f, 632,
 763
- Artérias, 567-568, 612, **613-617**,
 614f. *Veja também estrutura
 específica irrigada ou artéria
 com nome específico*
 do cérebro e círculo (polígono)
 de Willis, 625f, 626
 pulmonares, 586f, 590f, 591f,
 592f, 596, 597f, **620**, 622f
 sistêmicas, 622-633, 623f
- Artérias alveolares, 719
- Artérias arqueadas
 do pé, 623f, 632f, **633**, 759
 do rim, **454**, 454f
 do útero, **791**, 792f
- Artérias basais (retas), do útero,
791, 792f
- Artérias brônquicas, 628, 689
- Artérias carótidas, 347f, 623
 comuns, 348, 694f, 592f, **624**,
 624f, **625-626**, 625f, 627f
 pulso nas, 623f
 externas, 347f, 348, 623f, 625f,
626
- pulso nas, 347f, **625b**, 626
 internas, 623f, 625f, **626**
- Artérias cerebrais, anterior/média/
 posterior, 625f, **626**
- Artérias colaterais ulnares, 627f,
628
- Artérias comunicantes, anterior e
 posterior, 625f, **626**
- Artérias coronárias, 590f, 591f,
 602-604, 602-603f, 623f, **624**
- Artérias corticais radiais, **754**,
 754f, 755f, 759f
- Artérias de condução (elásticas),
613-615, 615f
- Artérias de distribuição (muscu-
 lares), **615**, 615f
- Artérias digitais, 598f, 627f, **628**
- Artérias do joelho (geniculares),
 632f, **633**
- Artérias dorsais, do pênis, 784
- Artérias elásticas, **613-615**, 615f,
 618f
- Artérias epifisárias, 136
- Artérias esofágicas, 629, 630f
- Artérias espirais do útero, **791**,
 792f
- Artérias femorais circunflexas,
 lateral e medial, 632f, **633**
- Artérias gástricas
 curta, 629
 direita, **629**, 630f
 esquerda, **629**, 630f
- Artérias glúteas, 631b, **632**, 632f
- Artérias gonadais, 623f, 629f, 631
- Artérias ilíacas
 comuns, 628f, 629, 629f, 630f,
631, 631, 632f, 639f
 externas, 628f, 631f, 632f, 639f
 internas, 628f, 631f, 632f, 639f
- Artérias ilíacas comuns, 623f, 624,
 629f, 630f, **631**, 631f, 632f,
 639f
- Artérias ilíacas externas, 623f,
 631f, **632-633**, 632f, 639f
- Artérias ilíacas internas, 623, 631f,
632, 632f
- Artérias intercostais anteriores,
627, 627f
- Artérias intercostais posteriores,
627, 627f
- Artérias interlobares, **754**, 754f
- Artérias interlobulares, **754**, 754f,
 755f, 759f
- Artérias interósseas
 anteriores e posteriores, 628
 comuns, 627f, **628**
- Artérias intestinais, **630**, 631f
- Artérias lobares, **620**, 622f
- Artérias lombares, 629f, **631**
- Artérias mesentéricas
 inferior, 623f, 629f, 630f, **631**
 superior, 623f, **629**, 629f, 630f,
 639f, 724-725, 729f
- Artérias metatarsais (dorsais), 632f
- Artérias musculares (distribuição),
615, 615f, 618f
- Artérias ovarianas, 629f, **631**, 747
- Artérias plantares, medial e lateral,
 632f, **633**
- Artérias pulmonares, 586f, 590f,
 591f, 592f, 596, 597f, **620**,
 622f, 624f, **686**, 687f, 688f
- Artérias renais, 623f, **629-631**,
 629f, 639f, 751f, 752f, **753-**
 754, 754f
 desenvolvimento das, 768
- Artérias retas (basais), do útero,
791, 792f

- Artérias segmentares, **754**, **754f**
 Artérias subclávias, **347f**, **348**,
590f, **592f**, **623f**, **625f**, **626**,
627f
 direita, **624**, **624f**, **626**, **627f**
 esquerda, **590f**, **592f**, **624**, **624f**,
626, **627f**
 Artérias subcostais, **627**
 Artérias suprarenais médias, **554**-
555, **629**, **629f**
 Artérias suprarenais, **554**-**555**,
629, **629f**
 Artérias testiculares, **629f**, **631**,
776f, **775**
 Artérias tibiais
 anterior, **623f**, **632f**, **633**
 posterior, **623f**, **632f**, **633**
 pulso na, **623f**, **632b**, **633**
 Artérias tireóideas
 inferior, **552f**, **626**
 superior, **552f**, **625f**, **626**
 Artérias torácicas,
 interna (artéria mamária
 interna), **625f**, **626**, **627**,
627f
 lateral, **627f**, **628**
 Artérias umbilicais, **631f**, **645f**,
646f, **647**
 Artérias uterinas, **631**, **631f**, **791**,
791f
 vasos ovarianos das, **788**
 Artérias vertebrais, **623f**, **625f**,
626, **627f**
 Artérias vesicais, inferior e supe-
 rior, **631**, **631f**, **763**
 Arteríolas, **613**, **615-617**, **615f**,
618
 aferentes e eferentes, **754**, **754f**,
755f, **756f**
 pressão sanguínea em, **592**
 terminais, **617-618**, **618f**
 Arteríola aferente, **754f**, **755f**,
756f, **759f**, **760**, **760f**
 Arteríola fetal, **804f**
 Arteríola portal, **736**, **738f**
 Arteríola terminal, **617-618**, **618f**
 Arteríolas aferentes e eferentes,
754, **754f**, **755f**, **756f**, **759f**,
760, **760f**
 Arteriosclerose, **644b**. *Veja tam-
 bém* Aterosclerose
 Articulação acromioclavicular,
194f, **230t**, **351**, **351f**
 deslocamento do (separação do
 ombro), **236b**
 Articulação atlantoaxial, **230t**
 Articulação atlantoccipital, **230t**
 Articulação carpometacarpal
 do polegar, **230t**
 dos dedos, **230t**
 Articulação cilíndrica, **219t**, **228f**
 Articulação costovertebral, **230t**
 Articulação coxo-femoral
 (quadril), **231t**, **238**, **238f**
 Articulação cuneonavicular, **242f**
 Articulação do cotovelo, **230t**,
236, **236f**, **237b**
 músculos que atravessam/con-
 trolam o movimento da,
236, **316-317f**, **318t**
 trauma na, **237b**
 Articulação do joelho, **217f**, **221f**,
231t, **239-242**, **239-240f**,
241b, **241f**
 cartilagem lacerada na, **244**,
244f
 femoropatelar, **231t**, **239**,
 flexão/extensão na, **224f**, **239**,
290t, **328t**
 lesões da, **241b**
 músculos que atravessam/agem
 na, **239f**, **241**, **286**, **290t**,
329-335t, **330-331t**, **333**-
334f, **345f**
 tibiofemoral, **231t**
 Articulação do ombro (gle-
 noumeral), **222f**, **230t**, **233**-
234, **235f**, **236b**
 deslocamento/separação da,
236b
 flexão/extensão na, **224f**, **288t**,
315t
 músculos que atravessam/agem
 na, **233-234**, **284f**, **285f**,
315-317t, **316-317f**
 extrínsecos, **311-315t**, **312-314f**
 interações entre, **288t**, **315t**
 Articulação do punho, **230t**, **234**,
237f
 Articulação do quadril (coxal),
231t, **238**, **238f**
 músculos que atravessam/agem
 na, **238**, **286**, **285f**, **328**-
335t, **330-331f**, **333-334f**,
335f
 Articulação do tornozelo, **231t**,
242, **242-243f**, **244b**
 músculos que controlam os
 movimentos de, **291t**, **336**-
339t, **337f**, **338f**, **340-341f**
 Articulação EC *veja* Articulação
 esternoclavicular
 Articulação esternoclavicular, **25f**,
230t, **233-234**, **233f**
 Articulação esternocostal, **230t**
 Articulação femoropatelar, **231t**,
239. *Veja também* Articulação
 do joelho
 Articulação glenoumeral, **222f**,
230t, **233-234**, **235f**, **236b**
 flexão/extensão na, **224**
 músculos que atravessam/agem
 na, **233-234**, **284f**, **285f**
 Articulação intercarpal, **230t**, **237**,
237f
 Articulação intertarsal, **231t**, **242**
 Articulação maxilar *veja* Articula-
 ção temporomandibular
 Articulação mesocarpal (intercar-
 pal), **230t**, **237**, **237f**
 Articulação metacarpofalângica,
230t
 Articulação radiocarpal, **237**
 Articulação radioulnar distal, **198f**,
199, **230t**, **237f**
 Articulação sacroilíaca, **184**, **203f**,
204, **204f**, **231t**, **353**
 Articulação subtalar, **242f**
 Articulação talocalcaneonavicular,
242f
 Articulação temporomandibular
 (ATM), **163**, **170**, **170f**, **230t**,
231-**233-234**, **232b**, **232f**,
346f, **347**
 lesão/deslocamento da, **232b**
 Articulação tibiofemoral, **231t**.
Veja também Articulação do
 joelho
 Articulação tibiofibular, **208f**, **210**,
211, **231t**
 inferior, **208f**, **210**, **231t**
 superior (proximal), **208-209f**,
211, **231t**
 Articulação umeroulnar
 (cotovelo), **230t**, **236**, **236f**,
234b
 músculos que atravessam/
 controlam o movimento
 da, **236**
 trauma na, **234b**
 Articulação xifoesternal, **185f**,
186, **348**
 Articulação(ões), **4f**, **157**, **217-251**,
218, **230-231t**. *Veja também o*
tipo específico e a articulação
específica
 artrite/osteoartrite afetando,
245-247, **246f**
 características estruturais/fun-
 cionais da, **230-231t**
 cartilaginosa, **218**, **219**, **219t**,
220f, **230-231f**
 classificação da, **218**, **219t**
 como fulcro no sistema de alavan-
 ça, **278**, **278f**, **279**
 condições inflamatórias/degen-
 erativas da, **245-247**, **246f**
 desenvolvimento/envelheci-
 mento e, **247**
 fibrosa, **218-219**, **218**, **208f**,
219t, **230-231t**
 lesões da, **221**, **476**
 músculos na estabilização da,
230, **253**
 sinoviais, **218**, **219-244**, **219t**,
230-231t
 suprimento sanguíneo da, **221**-
222, **221f**
 transtornos da, **244-247**, **244f**,
246f
 Articulações cartilaginosa, **218**,
219, **219t**, **220f**, **230-232t**
 Articulações elipsóide, **219t**, **229f**
 Articulações em sela, **219t**, **229f**
 articulações esferoidais, **219t**, **229f**
 Articulações fibrosas, **218-219**,
218, **218f**, **219**, **230-231t**
 Articulações interfalângicas
 dos dedos das mãos, **230t**
 dos dedos dos pés, **231t**, **242f**
 Articulações metatarsofalângicas,
231t, **242f**
 Articulações planas, **219t**, **228f**
 Articulações radioulnares, **199**,
230t
 distal, **198f**, **199**, **230t**, **237f**
 proximal, **198f**, **199**, **230t**
 subluxação da (cotovelo de
 babá), **245b**
 Articulações sinoviais, **218**,
219-244, **219t**, **230-231t**.
Veja também a articulação
específica
 bolsas e bainhas tendíneas e,
222, **222f**
 estruturas das, **220-222**, **221f**,
222f, **230-231t**
 fatores que afetam a estabili-
 dade das, **227-230**
 inervação das, **221**
 movimentos permitidos pelas,
222-227, **223-224f**, **223t**,
226f
 suprimento sanguíneo das, **221**-
222, **221f**
 tipos de, **227**, **228-229f**, **230**-
231t
 Articulações tarsometatarsais,
231t, **242f**
 Articulações trocicea, **219t**, **228f**
 Articulações, **157**, **218**. *Veja tam-
 bém* Articulação(s)
 Artrite, **245-247**, **246f**
 de Lyme, **247**
 gotosa, **246-247**
 osteoartrite, **245-246**, **247**
 reumatoide, **245-246**, **246f**
 Artrite gotosa, **246-247**
 Artrite por desgaste (osteoartrite),
245, **246f**
 Artrite reumatoide (RA), **245-246**,
246f
 Artrologia, **218**
 Artroplastia, **247**
 Árvore bronquial *veja* Brônquios/
 Árvore bronquial
 Árvore da vida, **397**, **398f**, **400f**
 Asa esfenóide menor, **165**, **166f**,
167, **167f**, **168f**, **176f**
 Asa maior do esfenóide, **160f**,
161f, **162f**, **163f**, **164f**, **165**,
166f, **167**, **167f**, **168f**, **176f**
 Asa(s)
 do flio, **202**, **203f**
 do nariz, **675**, **675f**
 do sacro, **184**, **184f**
 Ascites, **745**
 Asma, **684**, **694**
 Asma alérgica, **694**
 Asma brônquica, **684**, **694**
 Aspirina, na prevenção à atero-
 sclerose, **644b**
 Assístolia, **608**
 Asoalho pélvico, músculos do,
309t, **310f**
 da cavidade nasal, **173**, **675**
 da órbita, **176f**
 desenvolvimento do, **280f**, **281**
 suporte uterino/prolapso e, **791**
 Ásteres, **40f**
 Astigmatismo, **520b**
 Astrócitos, **362f**, **372**, **372f**
 Ataque cardíaco (infarto do
 miocárdio), **604**
 Atelectasia, **699**
 Ateroma(s), **644b**
 Aterosclerose, **644b**, **648-649**
 diabete e, **558**
 doença arterial coronariana e,
604, **605b**, **6944b**
 níveis de colesterol e, **29b**, **644b**
 Ativador do plasminogênio tecid-
 ual (tPA)
 na aterosclerose, **644b**
 no AVC, **433**
 Atlas (C.), **180f**, **181**, **181f**
 ATM *veja* Articulação
 temporomandibular
 Átomo(s), **2-4**
 ATP (trifosfato de adenosina), **33**
 fibras musculares que pro-
 duzem, **264**
 fornecimento mitocondrial
 de, **33**
 no transporte ativo, **27f**
 Átrio direito, **586**, **586f**, **587f**, **589**,
590f, **591f**, **592f**, **596**, **597f**
 na circulação fetal, **645f**, **647**
 Átrio esquerdo, **586**, **586f**, **589**,
591f, **592f**, **596**, **597f**
 na circulação fetal, **645f**, **647**
 Átrio *veja* Átrios
 Átrios do coração, **586**, **586f**, **587f**,
589, **590f**, **591f**, **592f**, **596**,
597f
 células endócrinas em, **557-558**
 desenvolvimento de, **606-608**,
606f, **608**

- função valvular e, 594, 595f na circulação fetal, 645f, 647
- Atrito pericárdico, 588b
- Atrito, resposta da pele ao, **112b**
- Audição, 529t, 531, 531f. *Veja também* Orelha
- áreas corticais na, 406f, 407, 409-410, 409-410f, 534
- desenvolvimento/envelhecimento e, 536, 537
- processamento auditivo e, 407, 409-410, 409-410f
- via auditiva e, 409-410, 409-410f, **534**, 534f
- Auras
- epiléptica, crise uncínada de epilepsia, 510
- olfativa, 510
- Auras olfatórias, 510
- Aurícula (Átrio)
- direita, 587f, **589**
- esquerda, 590f, 591f, 592f
- Auscultação
- de sons cardíacos, 594, 596f
- de sons intestinais, **705b**
- triângulo de, 288f, 314f, **350b**, 350f
- Avascularidade, de tecido epitelial, 68
- AVC (acidente vascular cerebral), **433**
- AVC hemorrágico, 433
- AVC isquêmico, 433
- AVCs *veja* Acidentes cerebrovasculares
- Axila
- anatomia da superfície de, 350, 351f
- plexo braquial em, 464, 466
- Áxis (C₂), 180f, **181**, 181f
- Axônio(s), **98**, 98f, 261, **367**, 367f, 375, 376f
- amielínico, **373**, 374f, 375
- classificação neuronal e, 368, 369-370f, 370
- colaterais, **367**
- desenvolvimento de, 382-383, 383
- dos neurônios motores/da unidade motora, 261-262, 263, 263f, 264f
- lesão difusa em, **434b**
- mielínico, 373, 374f, 375
- olfativo, 509, 509f
- potencial de ação gerado em, 367, 364f
- regeneração de, 381, 382f
- Axônios/fibras adrenérgicas, 488, 488t
- Axônios/fibras colinérgicas, 488, 488t
- Axônios/fibras mielinizadas, 373, 374f, 375, 376f, 486f
- Axônios/fibras não mielinizadas, **373**, 374f, 375
- Axônios/fibras pós-ganglionares, **485**-487, 487, 488t, 490f
- parassimpáticos, 486f, 488, 488t, 487, 496, 497f, 498
- Axônios/fibras pré-ganglionares, **485**, 486f, 487, 488t, 490f
- parassimpáticos, 486f, 488t, 495, 496, 497f, 498
- Axonotmese, 480
- Azul pletóricos, 697
- Baço, 5f, 658, 662, **663**-664, 664b, 664f, 704f, 707f, 709f
- artérias que irrigam o, 629, 630f, 663
- aumento do (esplenomegalia), **667**
- desenvolvimento do, 666, 707f
- inervação/efeitos autônomos e, 459t, 515f
- remoção do (esplenectomia), **664b**
- veias do, 634f, 640f, 641
- Bactéria. *Veja também* patógenos
- anticorposna destruição de, 658, 658f
- na digestão, 727-728, 729, 730, 734f
- neutrófilos na destruição de, 573
- retirada das amígdalas, 665
- Bainha de mielina, 372f, **373**-375, 374f, 376f
- neurálgia formando a, 372f, 373, 374f
- no SNC, 372f, 375
- no SNP, 372f, 373, 374f
- Bainha de tecido conjuntivo periférico, folículo piloso, 118f, **119**
- Bainha do músculo reto do abdome, **306t**
- Bainha dural espinhal (dura-máter), 422f, 424f, 425f, **426**
- Bainha epitelial da raiz, 118f, **119**
- Bainha fibrosa, folículo piloso, 118f, **119**
- Bainha radicular externa, 118f, **119**
- Bainhas tendíneas, **222**, 222f
- inflamação das (tenossinovite), **245**
- Baixa estatura idiopática, **547b**
- Balanço *veja* Equilíbrio
- Banda A, **259**, 266t
- no músculo cardíaco, 599f, 600
- no músculo esquelético, **259**, 260f, 261f, 266t
- mecanismo de filamento deslizante de contração e, 260, 260f, 261f
- Barorreceptores/reflexos barorreceptores, 447, 437t, 499-500, 500f
- pressão sanguínea em, **447**, 500, 500f
- Barreira hematoencefálica, 415-417, **421**, 617-618
- Barreira hematotesticular, 785f, 787
- Barreira hematômica, 662-663
- Barreira placentária, 804
- Barulho, perda de audição e, 536
- Base
- craniana, 160
- da axila, **350**, 351f
- do coração, **586**
- do pulmão, 686, 687f
- dos metacarpos, 200, 200f
- Base do pedúnculo cerebral, 394f, **394**-395, 396f
- Base(s) (nucleotídeo/nucleótido), 36, 37f
- Basófilos, 571-572, 571f, 573t, **574**
- formação de, 577f
- na hipófise anterior, 546f, **547**
- Bastões (bastonetes), 577f, **578**
- Bastonetes neutrófilos, 577f, **578**
- taxa elevada de, **578b**
- Bastonetes/células em bastonete, **515**, 516f, 517-518f. *Veja também* Fotorreceptores
- Batimento cardíaco, **596**
- BDNF (fator neurotrófico derivado do cérebro), 371
- Bebê cianótico, **648**-649
- Bexiga urinária, 5f, 751, 751f, **762**-763, 762f, 763f
- artérias que suprem a, 631f, 631, 763
- atônica, **503**
- câncer de, **767**
- desenvolvimento/envelhecimento e, 768-769, 768f
- eliminação da urina (micção/reflexo de micção), 499, 501, **765**-766, 765f, 766b
- inervação/efeitos autônomos e, 471f, 487f, 490f, 492t, 497f, 763
- infecção da (cistite), **766**
- no recém-nascido, 646f
- veias da, 763
- Bexiga *Veja* Bexiga urinária
- Bicamada, membrana plasmática, 25f, 27
- Bicúspide(s) (pré-molares), 718f
- Bigorna, 172t, 526f, **527**, 528f, 531f
- desenvolvimento de, 535f
- Bile/sais biliares, **736**
- depósito na vesícula biliar de, 739
- cálculos biliares e, 739b
- produção hepática de, 739
- Biópsia da medula óssea, **581**-582
- Biópsia hepática, **745**
- Biópsia, no diagnóstico do câncer, **102b**
- Bisfosfonatos
- para doença de Paget, 148b
- para osteoporose, 151
- Blastocisto, **50**-51, 51f, 802
- implante de, **51**, 51f, 52f, 802-803, 802f, 803f
- Bloqueio atrioventricular, **601b**
- Bloqueio do nervo pudendo, **476**
- Boca (cavidade oral), 5f, 159f, 673f, 704f, **715**-717, 716f. *Veja também a estrutura específica*
- desenvolvimento da, 743f, 744
- processos digestórios na, 710, 710f, 715-716, 717, 718, 720, 721, 734f
- Bócio, **560**, 560f
- endêmico, **560**, 560f
- Bojo piloso, **119**
- Bolha (s), **111**
- Bolhas de ar, embolia, 581-582
- Bolo (alimento), 688
- Bolsa de Rathke (hipofisária), 561f, **562**
- Bolsa infrapatelar, 239f
- Bolsa pré-patelar subcutânea, **239**, 239f
- inflamação da (joelho de empregada doméstica), **245**
- Bolsa subacromial, 222f, 235f
- Bolsa subescapular, 235f
- Bolsa suprapatelar, 239f
- Bolsas faríngeas, 11, 535, 535f, 561f, 744
- no plano corporal dos vertebrados, 11
- Bolsas sinoviais, **222**, 222f
- Bomba muscular esquelética, retorno venoso e, **619**, 619f
- Bomba muscular, retorno venoso e, **619**, 619f
- Borda axilar (lateral) da escápula, **195**
- Borda em escova, osteoclasto, 147, 147f
- Borda lateral da escápula, **195**, 196f
- Borda livre da unha, **116**, 116f
- Borda medial (vertebral) da escápula, **195**, 196f, 349, 350f
- Borda superior da escápula, **195**, 195f
- Botão do membro, **58**, 58f
- Botão ureteral, **768**-769, 769f
- BPH *veja* Hiperplasia prostática benigna
- Brachium, 283. *Veja também* Braço
- Braço, 195. *Veja também* Membros superiores
- anatomia da superfície de, 351-352, 351f, 352f
- artéria profunda de, 627f, 628
- linfedema de, 654b
- músculo de/músculos que controlam o movimento de, 286, 284f, 288f, 287f, 288t, 315-317f, 316-317f
- compartimento anterior, 286, 287f, 318t
- compartimento posterior, 286, 287f, 318t
- torácico superficial, 311-315t, 312-314f
- ossos de, 195-198, 197f, 201t
- Braços de dineína, 78, 79b, 79f
- Branchial sulco, **535**, 535f
- Broca
- faixa diagonal de, 412
- faixa horizontal de, 412
- Brodmann, Korbinian, 403
- Broncoconstrição, na asma, 694
- Broncoscopia, **699**
- Brônquio principal (primário) direito, 673f, 674t, 683
- esquerdo, 673f, 674t, 683, 683f, 687f, 688f
- Brônquio *veja* Brônquios
- Bronquíolos respiratórios, **684**, 684f, 685f
- Bronquíolos terminais, **683**, 684f, 684f
- Bronquíolos, 674t, **683**
- no enfisema, 697
- respiratórios, **684**, 684f, 685f
- terminais, **683**, 684f, 685f
- Brônquios
- lobares (secundários), 674t, **683**, 683f, 686
- primários (principais), 673f, 674t, 682, **683**-684, 683f, 687f, 688f
- principais (primários), 673f, 674f, 682, **683**-684, 683f, 687f, 688f
- secundários (lobares), 674t, **683**, 683f, 686
- segmentares (terciários), 574t, **683**, 683f, 686, 689f
- terciários (segmentares), 674t, **683**, 683f, 686, 689f
- Brônquios, árvore bronquial, 5f, 673f, 674t, 683-686, 683f
- desenvolvimento dos, 698, 698f

- lobar (secundários), 673*t*, **683**, 683*f*, 686
- principais (primários), 673*f*, 674*t*, 662, **663-684**, 683*f*, 687*f*, 688*f*
- segmentais (terciários), 674*t*, **683**, 683*f*, 686, 689*f*
- Bronquite crônica, **697**, 697*f*
- Broto periosteal, **144**, 144*f*
- Brows (supercílios), **510**, 510*f*
- Buboes, 655*b*
- Bulbo do olho, 452*t*, 513-519, 514*f*. *Veja também* Olho
- desenvolvimento dos, 524*f*, 525
- Bulbo piloso, **116**, 118*f*
- Bulbo(s), **390**, 390*f*, 391, 392-394, 393*f*, 394-395*f*, 396*f*, 398*f*, 400*f*
- centro cardíaco na, 394, 500*f*, 501, 601, 602-603*f*
- centros respiratórios na, 394, 693
- desenvolvimento da, 389*f*, 390, 390*f*
- do vestibulo vaginal, 798*f*, **799**
- funções da, 416*t*
- olfativo, 393*f*, 406*f*, **408**, 415*f*, 450*f*, 452*t*, **509**, 509*f*
- olfatórios, 393*f*, 406*f*, **408**, 415*f*, 450*f*, 452*t*, **509**, 509*f*
- peniano, 775*f*, 782*f*, **784**
- regulação autônoma e, 501, 501*f*
- terminação da, 422*f*
- tratos ascendentes e, 429*f*
- vias descendentes e, 431*f*
- Bulha cardíaca, 594, 596*f*
- Bursite do olécrano, **245**
- Ca *veja* Cálcio
- CAAs *veja* Células apresentadoras de antígenos
- Cabeça (proeminência óssea), 139*t* da costela, 139*t*, 187*f*, **188**, 188*f*
- da fíbula, 209*f*, **211**, 355*f*, 356
- da mandíbula, **170**, 347
- da ulna, 198*f*, **199**, 199*f*, 201*f*, 352*f*
- do fêmur, **205**, 207*f*, 210*t* na articulação do quadril, 238, 238*f*
- ligamento do, 205, **238**, 238*f*
- do metacarpo, 200, 200*f*
- do rádio, 197*f*, 198*f*, **199**, 201*f*, 352*f*, 353
- do úmero, **197**, 197*f*, 201*t*
- Cabeça clavicular, do músculo esternocleidomastóideo, 347*f*, 348
- Cabeça de medusa, 641
- Cabeça do epidídimo, 777*f*, 778
- Cabeça do espermatozoide, 786*f*, **787**
- Cabeça do pâncreas, 726*f*, 739, 741*f*
- Cabeça esternal, do músculo esternocleidomastóideo, 347*f*, 348
- Cabeça, 6, 7*f*. *Veja também* Crânio
- anatomia superficial da, 346-347, 346*f*
- artérias que suprem a, 623*f*, 625-626, 625*f*
- músculos da/músculos que controlam a, 284*f*, 390*b*, 390*t*, 301-303
- expressão facial e, 292-294*t*, 293-294*f*, 347
- mastigação/controla da língua e, 295*t*, 296*f*
- desenvolvimento da, 280*f*, 281
- inervação da, 295*t*, 454-455*f*
- pontos de pulso na, 623*f*, 625*b*
- trauma na, lesão cerebral e, **434*b***
- veias da, 634*f*, 635-636, 635*f*, 636*f*
- vias simpáticas para a, 496, 497*f*
- Cabeças de miosina, 257, 258*f*
- no modelo de filamentos deslizantes, 261, 261*f*
- CABG *veja* Cirurgia de revascularização do miocárdio (CABG)
- Cadeia de gânglios (tronco simpático/gânglios paravertebrais), 461, 462*f*, 491*f*, **494**, 495, 495*f*, 496, 497*f*
- desenvolvimento da, 502, 502*f*
- em reflexos periféricos, 500
- Cadeia simpática *veja* Tronco simpático
- Caixa de voz *veja* Laringe
- Caixa torácica/tórax, 6, 7*f*, 158*f*, **185-188**, 185*f*
- anatomia de superfície da, 348, 349*f*
- artérias da, 627-628, 627*f*
- inervação da, 311*t*, 463. *Veja também* Nervos torácicos
- localização do coração/orientação na, 586, 587*f*
- músculos da, 284*f*, 348, 349*f*
- profundos (respiração), 304*t*, 305*f*
- desenvolvimento dos, 281
- expiratórios, 692, 692*f*
- inervação dos, 304*t*
- inspiratórios, 691-692, 692*f*
- superficiais (movimentos escapulares), 311-315*t*, 312-314*f*
- ossos da, 158*f*, **185-188**, 185*f*
- parede da, 688*f*
- posição dos pulmões e da pleura na, 690*f*
- veias da, 636-637, 637*f*
- vias simpáticas na, 494*f*, 496, 497*f*
- Calásio, **511**
- Calcâneo, 210*t*, 211*f*, **212**, 242*f*, 243*f*, 254, 254*f*
- Calcificação, cartilagem, 133
- Cálcio
- armazenamento de, no retículo endoplasmático liso, 31
- calcitonina e, 552
- deficiência de, osteomalácia/raquitismo e, 151
- na contração muscular
- miocárdio, 267*t*, 599-600
- músculo esquelético/ mecanismo de filamento deslizante e, 261-262, 267*t*, 559-600
- músculo liso, 577*t*, 714
- na matriz/tecido ósseo, 91*f*, 94, 93*f*, 134
- retículo endoplasmático liso e, 31
- na remodelagem óssea, 147-148
- osteoporose e, 151
- relacionamento hormonal da paratireoide e, 545, 545*f*, 553
- Calcitonina, **552**, 552*f*
- para doença de Paget, 148*b*
- para osteoporose, 151, 552
- Cálculo (dentário), **720*b***
- Cálculos biliares, **739*b***
- Cálculos renais, **766-767**
- Cálice óptico, **522-523**, 524*f*
- Cálices renais (maior e menor), **753**, 753*f*
- Cálculos gustatórios, **507-508**, 507*f*, 717, 718
- desenvolvimento dos, 509
- Calo duro (ósseo), no reparo ósseo, 148*f*, 150
- Calo fibrocartilágneo, no osso, reparo, 148-**150**, 148*f*
- Calo mole, no reparo ósseo, 148-150, 148*f*
- Calo ósseo, em conserto ósseo, 148*f*, 150
- Calo, **112**
- no reparo ósseo
- fibrocartilágneo, 148-150, 148*f*
- ósseo, 148*f*, 150
- Calor *veja* Temperatura corporal
- na inflamação, 98, 99
- músculos na geração de, **253**
- Calvária (parte calva do crânio), 159
- Calvária, 160
- Calvície
- padrão masculino, **119**
- Camada basal
- da epiderme, **109**, 110*f*, 111*f*
- do endométrio, **791**, 792*f*
- Camada circular de músculo liso, **713**, 713*f*
- na musculatura do estômago, 722, 713, 714*f*
- na musculatura do tubo digestório, 712*f*, 713, 713*f*
- na musculatura do ureter, 762, 762*f*
- Camada de células brancas, **568**, 568*f*
- Camada fibromuslocartilágnea, **683**, 683*f*
- Camada funcional do endométrio, **791**, 792*f*
- Camada interna do olho, **515-518**, 516*f*, 517*f*, 518*b*. *Veja também* Retina
- Camada longitudinal do músculo liso, **402**, 403*f*
- na túnica muscular do estômago, 723*f*, 724, 725*f*
- na túnica muscular do tubo digestório, 712*f*, 713, 713*f*
- na túnica muscular do ureter, 762, 762*f*
- Camada meníngea da dura-máter, **417-418**, 418*f*, 420*f*
- Camada muscular longitudinal *veja* Camada longitudinal do músculo liso
- Camada muscular *veja* Túnica muscular externa
- Camada neural da retina, **515**, 516*f*. *Veja também* Fotorreceptores
- desenvolvimento da, 524*f*, 525
- Camada oblíqua, da túnica muscular do estômago, 722*f*, 724, 725*f*
- Camada osteogênica, do periosteio, 137
- Camada periosteal da dura-máter, **417**, 418*f*, 420*f*
- Camada pigmentada da retina, **515**, 516*f*, 517-518*f*
- desenvolvimento da, 524*f*, 525
- Camada subendotelial, vaso sanguíneo, **613**, 614*f*
- Camadas germinativas, diferenciação/derivados das, 56-58, 58*f*, 59*f*
- formação das, 52-53, 53*f*
- primárias, 52-53, 53*f*, 803*f*
- Câmara anterior, 518*f*, **519**
- Câmara posterior, 518*f*, **519**
- Campo visual frontal, 406*f*, **408**
- Campos visuais, 522*f*, 523
- Canais colaterais, 619
- Canais de proteína, transporte via membrana e, 27*f*, 28
- Canais de Volkmann, 140*f*, **141**
- Canais ópticos, 162*f*, 163*f*, 166*f*, **167**, 167*f*, 176*f*, 452*t*
- Canais perfurantes (de Volkmann), **140**, 140*f*
- Canais semicirculares, 457*t*, 526*f*, 528, 529*f*, 529*t*, **532-534**
- no equilíbrio, 529*t*
- Canal anal, 704*f*, 729*f*, **730-731**, 730*f*, 736
- Canal auditivo externo/meato acústico, 161*f*, 163, 164*f*, 165*f*, **171*t***, 232*f*, 347, **525**, 526*f*
- desenvolvimento de, 535, 535*f*
- Canal auricular, auditório/externo (meato acústico externo), 161*f*, 163, 164*f*, 165*f*, 171*t*, 232*f*, 346*f*, 347*f*, **525**, 526*f*
- desenvolvimento do, 535, 535*f*
- Canal carótico, 164*f*, **165**, **171*t***, 626
- Canal central (haversiano), 91*f*, **139-140**, 140*f*
- desenvolvimento do, 389*f*
- Canal central (SNC), 373, 375, 375*f*, 383*f*, 390, 391, 391*f*. *Veja também* Canal central
- líquido cefaloraquidiano no, 419
- Canal central da medula espinal, 420*f*, 424*f*, **425**, 425*f*
- Canal cervical, 788*f*, **790**
- Canal de passagem, **617-618**, 618*f*
- Canal do nascimento, 798. *Veja também* Vagina
- Canal haversiano, 91*f*, **139-140**, 140*f*
- Canal hipoglosso, **163**, 166*f*, **171*t***, 460*t*
- Canal horizontal (canal semicircular lateral), 529*f*, **532**
- Canal incisivo, 168*f*
- Canal inguinal, **780-781**, 780*f*
- desenvolvimento embrionário do, 79, 811*f*
- Canal lacrimonasal, 153*f*, 161*f*, **172*t***, 173, 346
- Canal pilórico, 723*f*, **724**
- Canal radicular, **719**, 719*f*
- Canal sacral, **184**, 184*f*, 204*f*
- Canal semicircular anterior, 529*f*, **532**
- Canal semicircular lateral, 529*f*, **532**
- Canal semicircular posterior, 529*f*, **532**
- Canal vertebral, 179, 421-422
- estreitamento na região lombar (estenose da coluna lombar), 188
- Canalículos
- bile, 738*f*, **739**
- lacrimais, **511**, 511*f*

- ósseo, **140-141**, 140f
 Câncer, **96**, **97b**. *Veja também tipo específico ou órgão afetado*
 colorretal, **102b**, 734
 da tireoide, **562**
 de bexiga, **676**
 de colo, **808**
 de endométrio, **808**
 de mama, **800**, **808-809**, 808f
 de ovário, **806-808**
 de pele, 123-124, 124f
 de próstata, **806-807**
 de pulmão, 695-696b
 de testículo, **806-807**
 no testículo criptorquídico, 810b
 nódulos sentinela no, 667
 ósseo, osteosarcoma, **151-152**
 renal, **767**
 retal, 744
 Caninos, 718f, **719**
 Capilares
 sangue, 568, 613, 614f, **615-617**, 616f, 618t, 653f. *Veja também tipo específico e órgão ou estrutura alimentada*
 verdadeiro, 617-618, 618f
 linfáticos, 653, **653-654**, 653f
 Capilares contínuos, 616-618, 616f
 Capilares do glomérulo *veja*
 Glomérulo/capilares do glomérulo
 Capilares fenestrados, 616-617f, 617-618
 permeabilidade e, 617-618
 Capilares linfáticos, 653, **653-654**, 653f
 Capilares peritubulares, **754**, 754f, 755f, 759f, **760**
 Capilares pulmonares, 596, 597f, 620, 622f, 685f, **686**
 na membrana respiratória, 685f
 Capilares sinusoides sanguíneos, 617f, **617-618**
 endometrial, 792f
 na medula óssea, 576, 576f
 na polpa esplênica, 664, 664f
 no fígado, 640f, 616, **736**, 738f
 Capilares verdadeiros, 618, 618f
 Capitato, **200**, 200f, 201t, 202b
 na articulação do pulso, 237f
 Capítulo, 197f, **198**, 201t
 Capsaicina, para artrite, 245
 Cápsula adiposa perirrenal, **751**, 752f
 Cápsula articular, **220**, 221f
 da articulação do cotovelo, 236, 236f
 da articulação do joelho, 221f, 239f, 240
 da articulação do ombro, 233-234, 235f
 da articulação do quadril, 238, 238f
 da articulação do tornozelo, 242
 da articulação temporomandibular, 231, 232f
 Cápsula de Bowman (do glomérulo), **131**, 133f, 135f, 136f
 Cápsula do glomérulo (de Bowman), **755**, 757f, 758f, 759f, 760f
 Cápsula fibrosa, 87, 87f
 da glândula exócrina multicelular, 75
 do rim, **751**, 752f, 753f
 esplênica, 663, 664f
 linfonodo, **655**, 656f
 Cápsula interna, **411**, 412f, 431f
 Capuz cervical, para contracepção, 797b
 Características sexuais secundárias, **811**
 Carboidrato(s), 4
 Carbúnculos, **125**
 Carcinogênese, **102b**
 Carcinógeno(s), **102b**
 Carcinoma basocelular, de pele, **123-124**, 123f
 Carcinoma da célula escamosa da pele, **123-124**, 123f
 do pulmão, **695-696b**
 Carcinoma de pequenas células, do pulmão, **695-696b**
 Carcinoma, **101**. *Veja também Câncer*
 Cárdia (estômago), 722f, **724**
 acalasia do, **502**
 Cardiomiopatia, **608**
 hipertrófica, **598b**
 Carga (muscular), no sistema de alavanca, 277, 277f, 278, 278f, 279
 Carga (óssea), anatomia e, 138, 138f
 Cáries (dentárias), **719**
 Cáries dentárias (cavidades), **719**
 Carina, 673f, **662**
 Caroteno, **115**
 Carpo (punho), **200**, 200f. *Veja também Ossos carpais*
 músculos do, 275t, 319-324t, 320-321f, 323f, 324f
 Cartilagem articular, 130f, **131**, **136**, 136f
 na articulação do cotovelo, 236f
 na articulação do joelho, 239f
 rompimento, 244, 244f
 na articulação do ombro, 235f
 na articulação do quadril, 238f
 na sínfise, 219
 nas juntas sinoviais, 130f, **131**, **220**, 221f, 222f
 rompimento, 244, 244f
 Cartilagem cricoide, 130f, 347f, 348, 676f, **679**, 679f, 680f
 Cartilagem cuneiforme, **679**, 679f, 680f
 Cartilagem do septo nasal, 174f, **173**, 675, 675f
 Cartilagem elástica, 82t, 90f, 94, 93f, 130f, 131f, **132**
 Cartilagem hialina, 82t, 89f, 94, 93f, 130f, **131-132**, 131f
 na ossificação endocondral, 143, 145, 145f
 na sincondrose, 219, 219t, 220f
 na sínfise, 219
 nas articulações sinoviais, 130f, 220, 221f
 traqueal, 94, 130f, 679f, 681
 Cartilagem lateral, no nariz externo, 675, 675f
 Cartilagem tireóidea, 130f, 348, 676f, **678-679**, 679f, 680f
 Cartilagem(ns), 79, 82t, 89-94, 89-90f, 93f, 130-133, 130f, 131f, 132b, **157**. *Veja também tipo específico*
 crescimento da, 132b, 133, 152
 crescimento ósseo e, 132b, 143
 elástica, 82t, 90f, 94, 93f, 130f, 131f, **132**
 fibrocartilagem, 82t, 90f, 94, 93f, 130f, 93f, 130f, 131f, **132-133**
 hialina, 82t, 89f, 94, 93f, 130f, **131-132**, 131f
 lesão/reparo da, 132b
 implante autólogo para, **244b**
 localização/estrutura da, 130-131, 130f, 132b
 na ossificação endocondral, 143, 144, 144f
 no disco epifisiário, 145, 145f
 rompida, 244, 244f
 Cartilagens alares, 675, 675f
 Cartilagens aritenoides, 679, 679f, 680f
 Cartilagens corniculadas, **679**, 679f, 680f
 Cartilagens costais, 89, 130f, **131**, 185f, 187, 187f
 Cartilagens epifisiais, 136, 144f, **145**, 145f
 anatomia das, 145-146, 145f
 fechamento das, 146
 nas sincondroses, 219, 220f
 no crescimento ósseo, 146
 Cartilagens laríngeas, 130f, 131, 678-680, 679f, 680f
 Cartilagens nasais, 173, 675, 675f
 desenvolvimento das, 698, 698f
 Cartilagens respiratórias, 130f, 131
 Cartilagens traqueais, 89, 124f, 679f, 681
 Carúncula lacrimal, **510**, 510f
 Catalase(s), 33
 Catarata, **591b**
 rubéola materna causando, 536
 Catecolaminas. *Veja também*
 Epinefrina; Norepinefrina
 na resposta ao estresse, 556f
 Catéter, urinário, **766b**
 Cateterização cardíaca, **608**
 Cauda do epidídimo, 777f, 778, 779
 Cauda do espermatozoide, 786f, **787**
 Cauda do pâncreas, 726f, 739, 741f
 Cauda equina, 422f, 461f
 Caudal (terminologia), 8t, **389**, 389f, 390f. *Veja também em Inferior*
 Caudas apolares, dos fosfolipídios da membrana, 25f, 27
 Cavéolas, no músculo liso, 266t, 714, 714f
 Cavidade abdominopélvica, 11, 11f, 12, 705
 quadrantes de 13, 13f, 705
 Cavidade amniótica, **52**, 52f, 803f
 Cavidade articular, 219, 220, 221f, 222f
 da articulação do cotovelo, 236f
 da articulação do joelho, 221f, 239, 239f
 da articulação do ombro, 233-234, 235f
 da articulação do quadril, 238f
 da articulação temporomandibular, 231, 232f
 Cavidade corporal dorsal, 11, 11f
 Cavidade do abdome, 11, 11f, **12**
 Cavidade do crânio, **11**, 11f, 159f, 160
 Cavidade do pericárdio, **11**, 11f, 12, **588**, 588f
 Cavidade do tórax, **11**, 11f
 durante a inspiração e a expiração, 691, 692, 692f
 órgãos na, 687-688f
 Cavidade dorsal ventral, 11-13, 11f, 12f
 Cavidade espinal (vertebral), **11**, 11f
 Cavidade glenoidal, 194, **195**, 196f, 201t, 233-234, 2353f
 Cavidade medular, **136**, 136f
 formação da, 144, 144f
 Cavidade medular, **136**, 136f
 Cavidade nasal, 5f, 159f, 160, 174f, **173-175**, 673f, 674t, **675-677**, 676
 Cavidade oral (boca), 5f, 159f, 676f, 704f, **715-717**, 716f. *Veja também a estrutura específica*
 desenvolvimento da, 743f, 744
 processos digestórios na, 710, 710f, 715-716, 717, 718, 720, 720, 734f
 Cavidade oral própria, **717**
 Cavidade pélvica, 11f, **12**
 Cavidade peritoneal, **12**, 12f, 706f, 707f, **708**, 709f, 710t
 desenvolvimento da, 706-707f
 revestimento de membrana serosa da *veja* Peritônio
 Cavidade pleural, **11**, 11f, 12, 687f, 688f, **690-691**, 690f
 na inspiração e expiração, 691, 692f
 revestimento de membrana serosa da *veja* Pleura(s)
 Cavidade pulpar, **719**, 719f
 Cavidade timpânica (orelha média), 160, 165, 526f, **527-529**, 527b, 529f
 desenvolvimento da, 534, 535f
 infecções da (otite média), **527b**
 Cavidade vertebral (espinal), **11**, 11f
 Cavidades (corpo), 11-13, 11f, 12f
 desenvolvimento das, **49-50**, **50f**
 Cavidades articulares (sinoviais), 219, **220**, 221f, 222f
 da articulação do cotovelo, 236f
 da articulação do joelho, 221f, 239, 239f
 da articulação do ombro, 233-234, 235f
 da articulação do quadril, 238f
 da articulação temporomandibular, 231, 232f
 Cavidades do corpo, 11-16, 11f, 12f
 desenvolvimento das, **49-50**, **50f**
 Cavidades serosas, 12-13, 12f
 Cavidades sinoviais (articulares), 219, **220**, 221f, 222f
 da articulação do cotovelo, 236f
 da articulação do joelho, 221f, 239, 239f
 da articulação do ombro, 233-234, 235f
 da articulação do quadril, 238f
 da articulação temporomandibular, 231, 232f
 Caxumba, **720b**
 CBC, **574b**
 com diff, **574b**
 CCK *veja* Colecistoquinina
 Ceco, 704f, 705f, 709f, **729-730**, 729f
 artérias que irrigam, 629, 630f
 Cegueira, 521
 lesão do nervo ótico causando, 452t, 521

- padrões de, 521
rubéola materna causando, 536
tracoma causando, 525
- Celoma, 55f, **56**, 58f, 706f
extraembrionário, 803f
- Célula da retina, 368-369f
- Célula do gânglio da raiz dorsal, 368f
- Célula(s) B/linfócito(s) B, **574**, **658**, 658f, 659-660
diferenciação/ativação de, 659-660, 660f
formação de, 577f, 660
produção de célula plasmática e, 577f, **658**, 658f, **660**
recirculação de, 659-660, 660f
- Célula(s), 4, 23-47, 24f, 26f. *Veja também em* Celular
- aspectos do desenvolvimento das, 42-44, 43f
ciclo de vida das, **38-42**, 38f, 40-41f. *Veja também* Ciclo de vida das células
citoplasma das, 25, 25f, 26f, **29-35**
diferenciação/especialização das, 42-43, 42f
diversidade das, 42-43, 42f
divisão das *veja* Divisão celular
envelhecimento das, 43-44
generalizadas/compostas, 24f
membrana das, 24f, **25**, 26f, **35-39**, 36f
morte das
necrose, **44**
programada *veja* Apoptose
- Células abortivas/enterócitos, do intestino delgado, 727f, **728**, 735f
- Células adiposas/adipócitos, 42, 43f, 80f, 82f, **81**, 83, 86f, 93f. *Veja também* Tecido adiposo (gordura)
- Células aéreas etmoidais (seios etmoidais), 159f, **169**, 169f, 175f, 677, 677f
- Células aéreas mastóideas, 165, **527**
- Células alfa (α)/Células A, pancreáticas, **557**, 557
- Células alveolares
desenvolvimento das, 698
tipo I, **685**, 685f
tipo II, 685f, **686**
- Células alveolares tipo I, **685**, 685f
desenvolvimento das, 698
- Células alveolares tipo II, **684**, 685f
desenvolvimento das, 698
- Células amácrinas, na retina, 515, 516f
- Células anucleadas, 35
- Células apresentadoras de antígenos, 661-662
- Células B/células beta (β), 557-558, 557f
destruição pancreática de, na diabetes, 558
- Células beta (β)/células B, **557-558**, 557f
destruição pancreática de, na diabetes, 558
- Células bipolares, da retina, **515**, 516f, 517f
- Células C (parafoliculares), **551**
desenvolvimento das, 562
- Células calciformes, **75**, 75f
na mucosa respiratória nasal, 675
no intestino delgado, **726**, 727f, 735f
no intestino grosso, 732-733, 732f, 735f
- Células ciliadas da cóclea, **529-531**, 530f, 534. *Veja também* Células ciliadas
- Células ciliadas externas, **529**, 530f, 531
- Células comprometidas, 576-578
- Células corticotróficas, 546
- Células cromafins, medulares, **554-555**
tumor de (feocromocitoma), **562**
- Células cromóforas, na hipófise anterior, 546f, **547**
- Células da microglia, **372-373**, 372f
- Células da neunóglia (neuróglia), 98, 98f, 366, **272-375**, 372f
desenvolvimento das, 382-383, 383f
- Células de ar, mastoide, 165, 527
- Células de gordura (adiposas), 42, 43f, 80f, 82f, **81**, 83, 86f, 93f. *Veja também* Tecido adiposo
- Células de Leidig (endócrinas intersticiais), **557-558**, **778**
- Células de Paneth, **727-728**, 735f
- Células de Purkinje, 368-369f
- Células de Reed-Sternberg, 666
- Células de Schwann, 367f, 372f, **373**, 374f, 376f
bainhas de mielina formadas por, 372f, 373, 374f
na regeneração nervosa do SNP, 381, 384f
- Células de Sertoli (células de sustentação), 777f, **778**, 785f, 787
- Células de sustentação
na cóclea, 529, 530f
nas máculas, **532**, 532f, 533, 533f
receptor olfatório, **508**
tecido nervoso (neuróglia), **98**, 98f, 366, **372-375**, 372f
- Células de sustentação (células de Sertoli), 777f, **778**, 785f, 787
- Células delta (δ), pancreáticas, **557**
- Células dendríticas, 109, 110f, **111**, **660**
- Células destruidoras, 658
naturais (NK), 659-660
- Células do sangue, 82, 82f, 91f, 94, 93f, **569-575**, 569f, 571f, 573f. *Veja também* tipo específico
- desenvolvimento embrionário das, 579
formação das hematopoiese/hemopoiese), **575-578**, 576f, 577f, 579. *Veja também* Hematopoiese
- imaturas, quantidades anormais de, **578b**
- Células endócrinas específicas da parte tuberal (pars tuberalis), 547
- Células endócrinas intersticiais (células de Leydig), **557-558**, **778**
- Células enteroendócrinas, 724-726, **726**, 727f, 735f
no estômago, **726**, 725f, 735f
no intestino delgado, 557-558
Células ependimárias, 372f, **373**, 420f
- Células epiteliais, 42, 43f, 67f, 68. *Veja também* Tecido epitelial/epitélio
- calcículo gustatório, 507f, **508**
gustatórias, 507f, **508**
olfatórias, suporte, **508**, 509f
táteis, **109**, 110f, 447f, 446f, **448**
- Células epiteliais basais, papila gustativa, 507f, **508**
- Células espermatogênicas, 777f, **778**
- Células espumosas, na aterosclerose, 644b
- Células foliculares, ovarianas, 793f
- Células foliculares, tireoide, **551**, 552, 552f
- Células ganglionares da retina, **515**, 516f
- Células germinativas primordiais, 810
- Células gonadotróficas, 545
- Células granulares (justaglomerulares), 760f, **761**
liberação de renina/pressão arterial e, 557-558, **761**
- Células granulosas, 794f, 795, 801f
- Células hepáticas (hepatócitos), 736-739, **736**, 738f
no sistema porta, 640f, 641
- Células horizontais, na retina, 515, 515f
- Células intercaladas, 757f, 758
- Células justaglomerulares (granulares), 760f, **761**
liberação de renina/pressão arterial e, 557-558, **761**
- Células marcapasso do coração, 600, 601f
no músculo cardíaco, 600, 601f
ritmo respiratório e, 693, 693f
- Células mesangiais extraglomerulares, 760f, **761**
- Células mesenquimatosas, 85f
na ossificação intramembranosa, 143, 143f
- Células mioides, 777f, **778**
- Células mitrais, olfativas, **509**, 509f
- Células mucosas
na mucosa respiratória, 675
nas glândulas salivares, 720f, 720
no estômago, 724, 725f, 735f
- Células mucosas do colo, **724**, 725f, 735f
- Células multinucleadas, 36
- Células musculares. *Veja* Fibras/células musculares
- Células nervosas *veja* Neurônio(s)
- Células neuroepiteliais, **382-383**, 383f
- Células NK *veja* Células destruidoras naturais
- Células olfatórias, 369-370f
- Células ósseas, 134. *Veja também* Osteoblastos; Osteoclastos; Osteócitos
- Células osteogênicas, **134**, 137
no botão periosteal, 144
- Células oxifílicas, **553**, 553f
- Células oxínticas (parietais), **724**, 725f, 735f
- Células parafoliculares (C), **551**, 552, 552f
desenvolvimento das, 562
- Células paratireóideas, **553**, 553
- Células parietais (oxínticas), **724**, 725f, 735f
- Células pilosas internas, **524**, 525f, 526
- Células pilosas,
cocleares, **529-531**, 530f
audição/perda de audição e, 531, 536
no córtex motor primário, **408e**
envelhecimento afetando, 536, 537
na mácula (equilíbrio), **532**, 532f, 533
- Células piramidais, 368-369f, **408**, 431f, 432
- Células plasmáticas, 82r, 81, 91f, 94, **568**, 568f
- Células PP, **557-558**
- Células principais (zimogênicas), **724**, 725f, 735f
- Células principais, 757f
- Células produtoras de prolactina, 546
- Células progenitoras, 576, 577f
- Células receptoras, 447, **507**. *Veja também* Receptor(es)
- Células receptoras visuais *veja* Fotorreceptores
- Células reprodutivas, 43, 43f
- Células reticulares, **87**, 576
na medula óssea, 576, 576f
- Células satélite,
músculo, 265, 268f, 269-270
neuróglia, 372f, **373**
- Células seromucosas, glândula salivar, 720
- Células serosas
na mucosa respiratória, 675
nas glândulas salivares, 720f, 720
- Células somatotróficas, 546
- Células T auxiliares, **660**
infecção de HIV/AIDS e, 660, 661b
- Células T CD4+, **660**
infecção pelo HIV/AIDS e, 660, 661b
- Células T CD8+, **660**, **663**
na infecção por HIV/AIDS, 661b
- Células T citotóxicas, **658**, **660**
- Células T efetoras, 660f, 660
formação das, 577f
- Células T/Linfócitos T, **574**, **658**, 658f, 659-660
ativação/diferenciação das, 659-660, 660f
auxiliares, **660**
infecção por HIV/AIDS e, 660, 661b
- citotóxicas, **658**, **660**
infecção por HIV/AIDS e, 661b
- diferenciação/ativação no timo, 557-558, 660f, 660, 662, 663
- efetoras, 660f
formação das, 577f, 666
infecção por HIV/AIDS e, 660, 661b,
recirculação das, 659-660, 660f
- Células tireotróficas, 545

- Células zimogênicas (principais), 724
- Células/células alfa (α), pancreática, **557**, 557f
- Células/discos de Meckel (epiteliais táteis), **109**, 110f, 447f, 446t, **448**
- Células/discos epiteliais táteis (de Merkel), **109**, 110f, 447f, 446t, **448**
- Células/fibras do músculo cardíaco, 96, 97f, 266-267t, 598-599, 599f, 600f. *Veja também* Músculo cardíaco/Tecido do músculo cardíaco
- Células/linfócitos de memória, 660f, **660**, 667
- Células/órgãos alvo hormônio, 74, **544-545** na resposta imune, 658, 658f
- Células-filhas, 38-39, 42 tipo A, 784f, **785** tipo B, 784f, **785**
- Células-tronco, **101** do cordão umbilical (placentárias), 580b epidérmicas, na bainha externa da raiz do pelo, 119 fígado, 739 hemopoéticas/hematopoiéticas, 147, **576**, 577f, 579 linfáticos, **576**, 577f, 660 mieloides, **576**, 577f na medula óssea, 576 não diferenciadas no intestino grosso, 732-733 no estômago, **724** neurais, 366, 383 olfatórias, **508**, 509f osso (células osteogênicas), **134**
- Células-tronco epidérmicas, na protuberância capilar, 119
- Células-tronco hemopoéticas/hematopoiéticas, 147, **576**, 577f, 579
- Células-tronco hepáticas, 739
- Células-tronco linfoides, **576**, 577f, 660
- Células-tronco mesenquimatosas. *Veja também* Células-tronco na medula óssea, 576
- Centríolos, 24f, 26t, **34**, 35f nos cílios, 78, 79f
- Centro cardíaco, medular, 394, 500f, 501, 601, 602f
- Centro cardioacelerador, **601**, 602f
- Centro cardioinibidor, **601**, 602f
- Centro da célula *veja* Centrossoma
- Centro de integração, 364f no arco reflexo, 377, 377f, 501f
- Centro de micção, 765-766, 765f
- Centro de ossificação primário, **144**, 144f, 152, 152f
- Centro de vômito, na cinetose, 535
- Centro pontino da micção, 765-766, 765f
- Centro vasomotor, 395, 500
- Centrômero, 40f
- Centros de ossificação na ossificação endocondral, **144**, 144f, **145** na ossificação intramembranosa, 143f no crânio, 143f, 152f, **188-189**, 188-189f primários, **144**, 144f, 152, 152f secundários, 144f, **145**
- Centros germinativo, 656f, 660f, **662**, 665f
- Centros pontinos respiratórios, 693, 693f
- Centros respiratórios medular, 394, 693, 693f pontino, 693, 693f
- Centros respiratórios medulares, 394, 693, 693f
- Centrossoma/Matriz do centrossoma, 24f, **34**, 35f, 40f
- Cerebelo, 388f, **390**, 390f, 391, 393f, 397-399, 398b, 398f, 400f desenvolvimento do, 389f, 390, 390f funções do, 397, 416t lesões no, **398b** no equilíbrio, 397, 534 paralisia cerebral em decorrência de dano no, 437 suprimento arterial, 625f vias ascendentes e, 429f vias descendentes e, 431f
- Cérebro, 4f, 363, 363f, 364f, 389-421. *Veja também parte específica.* alterações pós-natais, 437 artérias alimentando, 625f, 626 desenvolvimento embrionário/envelhecimento e, **54-55**, 55f, 389-391, 389f, 390f, 435-436 distúrbios do, 433-435, 434b, 435f funções do cérebro, 389, 416-417 inflamação do (encefalite), **427b** lesão traumática do, **434b** neurônios sensitivos no, 370t organização do, 391, 391f proteção do, 415-421, 418f, 419f, 420f barreira hematoencefálica e, 415-417, **421**, 617-618 líquido cerebrospinal e, 415, **418-421**, 420f meninges e, 415, **417-418**, 418f, 419f sistemas funcionais do, 414-415, 415f, 415f. *Veja também* Sistema límbico; Formação reticular substância cinzenta e branca do, **375** substância cinzenta do tronco encefálico, 391f, 392 substância cinzenta do cerebelo, 391f, 397. *Veja também* Córtex cerebelar substância cinzenta do córtex cerebral, 400, 401f, 402t, 417t. *Veja também* Córtex cerebral substância cinzenta profunda, 404t, 413-414, 413f, 417t. *Veja também* Núcleos da base (gânglios) substância branca do cerebelo, 391f, 397, 398f, 400f substância branca do cérebro, 402, 403f, 404t, 411-412, 412f substância branca do tronco encefálico, 391f, 392
- veias/seios venosos da dura-máter do, 417, 418f, 419f, 634f, 635-636, **635**, 635f, 636f ventrículos do, 389f, **390**, 391, 392f
- Cérebro (hemisférios cerebrais), **390**, 390f, 391, 400f, 402-414, 403f, 404t, 405f, 406f desenvolvimento do, 389f, 390-391, **390**, 390f estruturas límbicas e, 414, 415, 415f funções/áreas funcionais do, 402-411, 404t, 405f, 406f, 417t lateralização e, 411 substância branca do, 402, 403f, 404t, 411-412, 412f vias ascendentes e, 429f vias descendentes e, 431f
- Cérebro emocional-visceral, 414-415, 415f. *Veja também* Sistema límbico
- Cerume (cera do ouvido), 525
- Cérvice, 788f, **790** câncer do, **808** dilatação do, no trabalho de parto, 805, 805f
- Checkpoints* (pontos de restrição), no ciclo celular, 38-39, 38f
- Chicote cervical, **190**
- Chlamydia trachomatis*, 525
- Chorda tympani, 456t, 457t
- Cianose, **115b**
- Ciática, **476b**
- Cicatrização/repairo tecidual de uma ferida, 99f, 100
- Ciclo celular *veja* Ciclo de vida das células
- Ciclo de crescimento, pelo, 119
- Ciclo de *feedback*, controle hormonal, 548
- Ciclo de vida das células, **38-42**, 38f, 40-41f citocinese, 38f, 41f, **42** interfase, **38f**, 38f, 40f mitose, **38-39**, 38f, 38-40f
- Ciclo menstrual/menstruação, **787**, 793-798, 794f, 796f primeiro (menarca), 811
- Ciclo ovariano, 793, **793-795**, 794f, 796f regulação hormonal do, 795, 796f
- Ciclo uterino, 793, 794f
- Ciclos de sono-vigília, 399 hipotálamo na regulação dos, 557 melatonina e, 401, 401b, 547, 415 sistema de ativação reticular e, 415
- Cifose, **188-189**, 188-189f
- Cílios, 67f, 69, 71f, **78**, 79f, 510f, **511** gustatórios, 507f, **508** imóveis, na síndrome de Kartagener, 79b nasais, 675 olfatórios, **508**, 509f
- Cimento, **719**, 719f
- Cinesinas, 34
- Cinetócoro(s), 40f, 41f
- Cíngulo do membro inferior, **202**. *Veja também em* *Quadril* ossos do, 158f, **202-205**, 203f, 204f, 210t
- Cíngulo do membro superior, **194**, 194f anatomia de superfície, 351, 351f, 352f músculos do/músculos que atravessam o, 232-234, 284f, 285f, 315-317t, 316-317f extrínsecos, 311-315t, 312-314f interações entre, 288t, 315t ossos do, 158f, **194-195**, 194f, 201t
- Cíngulo do quadril (pélvico), ossos do, 158f, **202-205**, 203f, 204f, 206t
- Cinoclio, 532, 532f, 533f
- Circuito(s), neuronal, 378-379, 379f desenvolvimento do, 437
- Circuito/circulação pulmonar, 526f, **586**, 586f, 596, 597f, 620, 620-622, 646f
- Derivações (desvios) na circulação fetal, 645f, 647-649
- Circuitos convergentes, **379**, 379f
- Circuitos divergentes, **379**, 379f
- Circuitos neuronais, 378-**379**, 379f desenvolvimento dos, 437
- Circuitos reverberantes, **379**, 379f
- Circulação coronariana, 602-604, 602-603f
- Circulação fetal, 645f, 647-649, 804-805, 804f alterações na circulação no nascimento, 646f, 647
- Circulação sistêmica, **586**, 586f, 596, 597f, 620, 622-643, 646f artérias da, 622-633, 623f veias da, 633-643, 634f
- Circulação/Sistema circulatório, **567-568**. *Veja também tipo específico e* Vasos sanguíneos; Sistema Cardiovascular; Sistema linfático fetal, 645f, 647-649, 804-805, 804f alterações no nascimento, 646f, 647-649 artérias do, 622-633, 623f neonato, 646f, 647-648 pulmonar, 526f, **586**, 586f, 596, 597f, 620, 620-622 sistêmica, **586**, 586f, 596, 597f, 620, 622-643, 646f veias do, 633-643, 634f
- Círculo arterial do cérebro (círculo de Willis), 625f, **626**
- Círculo de Willis (círculo arterial do cérebro), 625f, **626**
- Circuncisão, **783b**
- Circundução (movimento corporal), 223t, 224f, **227**
- Cirrose, **739b** anastomose porto-sistêmica/porta hipertensão e, 641
- Cirurgia artroscópica, por rompimento de cartilagem, 244
- Cirurgia de redução do volume pulmonar, 698
- Cirurgia de revascularização do miocárdio (CABG), 605b
- Cisterna do quilo, **655**, 655f, 657f
- Cisternas complexo de Golgi, 31, 31f, 32f retículo endoplasmático granuloso, **30**, 30f, 32f, 36f terminal, **261**, 261f Cisternas terminais, **261**, 261f

- Cistite, **766**
 Cistocele, **769-770**
 Cistoscopia, **769-770**
 Citocinas, 660
 Citocinese, 38f, 41f, **42**
 Citoesqueleto, 24f, **25**, 25f, **33-34**, 34f
 Citoplasma, 25, 25f, 26t, **29-35**.
Veja também a estrutura específica
 Citosina (C), 36, 37f
 Citosol, 24f, **29**
 Citotrofoblasto, **802**, 802f, 803f
 Clamídia
 classificação epitelial e, 69
 na doença inflamatória pélvica, 790b
 tracoma causado por, **525**
 Claustro, 404t, 413-414
 Clavículas, 158f, 194, **194-195**, 194f, 195b, **201t**, 349f, 351, 351f
 artérias colaterais, ulnares, 627f, **628**
 fratura da, **195b**
 na articulação esternoclavicular, 233-234, 233f
 Clitórís, 788f, 798f, **799**
 desenvolvimento embrionário do, 809, 810f
 inervação/efeitos automáticos, 489f, 492t
 Cloaca, 768, 768f, 809f, 809
 Coagulação (coagulação sanguínea), 568, **575**, 575f
 efeitos autonômicos e, 492t
 em vaso íntegro (trombo), **575b**
 plaquetas na, 575, 575f
 Coagulação (sanguínea), 568, **575**, 575f
 efeitos autonômicos e, 492t
 em vaso íntegro (trombo), **575b**
 plaqueta na, 575, 575f
 Coágulo, **575**, 575f
 derrame (AVC) causado por, 433
 em vaso íntegro (trombo), **575b**
 na inflamação/cicatrização, 99f, 100
 Coágulo sanguíneo, **575**, 575f.
Veja também Coagulação
 derrame causado por, 433
 em vaso íntegro (trombo), **575b**
 na inflamação/conserto, 99f, 100
 Coana, (abertura nasal posterior), **675**, 676f
 Coarctação da aorta, 608f
 Cóccix, 177f, **178**, **184-185**, 184f, 203f, 204f
 no sexo masculino *versus* no sexo feminino, 206t
 Cóclea, 457t, 526f, 528, **529-531**, 529f, 529t
 na audição, 531, 531f, 534, 534f
 Cognição/função cognitiva
 Coito interrompido, 797b
 Colágeno/fibras de colágeno, 80, 80f, 81t, **82**, 131f
 Colar ósseo (colar periosteal), em ossificação endocondral, **144**, 144f
 Colectectomia, laparoscópica, 739b
 Colecistoquinina, 735f, 739
 Colesterol
 bile na excreção do, 739b
 nas membranas, 25f, 27
 níveis sanguíneos de, aterosclerose e, 29b, 644b
 transporte do, 28-29
 Colículos, 394f, **396**, 400f
 inferior, 394f, 395f, **396**, **534**, 534f
 superiores, 394f, 394f, **396**, 396f, **522-523**, 522f
 Colite ulcerativa, 742
 Colo (colon), 704f, 705f, 709f, 710t, 729f, **730**. *Veja também*
 Intestino grosso
 Colo anatômico, do úmero, **197**, 197f
 Colo ascendente, 704f, 705f, 709f, 710t, 729f, **730**
 artérias irrigantes, 629, 630f
 veias de, 641
 Colo cirúrgico do úmero, **197**, 197f
 Colo dentário, **719**, 719f
 Colo descendente, 704f, 705f, 709f, 710t, 729f, **730**
 Colo ósseo,
 da costela, 187f, **188**, 188f
 do fêmur, **205**, 207f, 210t
 do radio, 197f, 198f
 do úmero
 anatômico, **197**, 197f
 cirúrgico, **197**, 197f
 Colo sigmoide, 704f, 705f, 709f, 710t, 729f, **730**
 Colo transversal, 676f, 677f, 679f, 681f, 682t, 700f, **701**
 artérias que suprem o, 604, 605f
 veias do, 616
 Colocação de *Stent*, com angioplastia, 605b
 Coloide(s), na glândula tireoide, **551**, 552f
 Colonócitos, **732-733**, 732f, 735f
 Coloração de tecido, para microscopia, **14**, 14f
 Coluna branca dorsal, 428f
 Coluna vertebral (espinha), 158f, **177-185**, 177f, 178f. *Veja também* Vértebra(s)
 desenvolvimento/envelhecimento e, 189
 discos intervertebrais da, 178, 178f, 178-179, 179b, 179f, 219, 220f, 230t. *Veja também* Discos intervertebrais
 estenose da, **188**
 fraturas osteoporóticas da, 149f, 150
 cifose e, 188, 188f
 ligamentos da, 178, 178f
 músculos da, 300t, 301-303f, 301-303t
 regiões/curvatura da, 177, 177f
 Colunas anais, **730**, 730f
 Colunas renais, **753**, 753f
 Colunas/funículos brancos, **423**, 424f, 429
 Coma, 434b
 Comissura anterior, 400f, 401f, 414f
 Comissura branca anterior, 427f
 Comissura cinzenta, 424f, 425, 425f
 Comissura posterior, 400f
 Comissura(s), 400f, 401f, 414f
 como artrite reumatoide, **246**
 Compartimento adluminal, do túbulo seminífero, 785f, **787**
 Compartimento anterior/extensor da perna, **336f**, 337f
 Compartimento basal, do túbulo seminífero, 785f, **787**
 Compartimento extensor, anterior, da perna, **336t**, 337f
 Compartimento flexor posterior, da perna, **336t**, 340-341f
 Compartimento muscular anterior
 Compartimento muscular lateral da perna, 286, 289f, **336-339t**, 338f
 do pé (tornozelo/dedos), 289f, 291t
 Compartimento muscular medial do membro inferior, 386, 289f, 290-291f
 da coxa e perna, 386, 289f, 290t, 328t, 329t, 330-331f, 330-331t
 Compartimento muscular posterior de membro inferior, 286, 289f, 290-291f, 355f
 da coxa, 286, 289f, 290f, 328-331t, 330-331f, 355f
 da perna, 286, 289f, 290f, 336f
 do pé (tornozelo/dedos), 289f, 291f
 de membro superior, 286, 287f
 do antebraço, 286, 287f, 318f, 319-322f, 320-321f
 do braço, 286, 287f, 318f
 do punho e dos dedos, 288
 do tórax (músculos extrínsecos do ombro), 413f, 312f
 Compartimentos musculares, **286**, 286b
 membro inferior, 286, 289f, 290-291t
 membro superior, 286, 287f, 288t
 Compartimentos, musculares, **286**, 286b
 Complexo de histocompatibilidade principal (MHC)/proteínas do MHC, 658
 Complexo estimulante do coração
veja Sistema condutor do coração
 Complexo justaglomerular, **760**, 760f
 Complexo/proteínas do MHC *veja*
 Complexo de histocompatibilidade principal
 Complexos táteis epiteliais, **109**, 110f, 447f, 446t, **448**
 Componente intermediário do esperma, 786f, **787**
 Comportamento motivacional, hipotálamo no controle do, 401
 Comprimento, unidades de medição, 6
 Concepção *veja* Fertilização
 Conceptus, 49f
 Concha(s), nasal(is), 159f, 162f, 173f, **173**, 174-175, 676f, 677f, 677f
 inferior, 159f, 162f, 163f, **172t**, 174f, 174-175, 676f, 677f
 média, 162f, 163f, **169**, 169f, **171t**, 174f, 676f, 677f
 superior, **169**, **171t**, 174f, 676f, 677f
 Conchas nasais, 159f, 162f, 174f, **173**, 174-175, 676f, 677f, 677f
 inferiores, 159f, 162f, 163f, **172t**, 174f, **175**, 676f, 677f
 médias, 162f, 163f, **169**, 169f, **171t**, 174f, 676f, 677f
 superiores, **169**, **171t**, 174f, 676f, 677f
 Concussão, 434b
 Côndilo (acidente ósseo), 139t
 Côndilo lateral, da tíbia, 209f, **210**, 210t, 355f, 356
 do fêmur, **207**, 207f, 210t, 355f, 356
 Côndilo medial, da tíbia, 209f, **210**, 210t, 355f, 356
 do fêmur, 207f, 210t, 355f, 356
 Côndilos occipitais, 161f, **163**, 164f, **171t**
 Condrioblastos, **82**, 82t, 94, 132b
 Condrócitos, **82**, 82t, 89f, 90f, **94**, 93f, **131**, 131f, 132b
 na fibrocartilagem, 90f, 93f, 131f, 133
 Condromalácia patelar, **247**
 Cone de crescimento neuronal, 382-383, 383f
 Cone medular, 422f, **423**
 Cone(s)/células cone, **515**, 516f. *Veja também*
 Fotorreceptor(es)
 Cones azuis, 515
 Cones verdes, 515
 Cones vermelhos, 515
 Conexões musculares carnosas (diretas), 256-257f, 257
 Conexões musculares diretas (carnosas), 256f, 257
 Conexões musculares indiretas, 256f, 257
 Conexões musculares, 256-257, 256f
 nomenclatura dos músculos e, 283
 Conjuntiva bulbar, 510f, **511**, 518f
 Conjuntiva palpebral, 510f, **511**
 Conjuntiva, 510f, **511**, 518f
 Conjuntivite contagiosa aguda, **511**
 Contagem de leucócitos com diferencial, 571f
 Contagem de leucócitos, 570, 571-572f
 Contagem de reticulócitos, **578b**
 Contagem sanguínea completa (CSC), **574b**
 Contração
 concêntrica, 261, 261-262, 261f, 262f
 espasmódica, músculo, **263b**
 Contração muscular, 253, **264b**
 cardíaco, 267t
 produção de calor durante, **253**
 regulação do, 267t
 músculo esquelético, 261, 261b, 261f, 261f, 267t. *Veja também*
 Músculo(s) esquelético(s)/tecido muscular esquelético, contração do
 retículo endoplasmático liso e, 31
 músculo liso, 267t, 714, 714f
 Contração pós-coito, 797b
 Contrações uterinas, no trabalho de parto, 805-806
 Contractilidade, muscular, **253**.
Veja também Contração muscular

- Contralateral (termo), 8t
 Controle da natalidade, 797b
 vasectomia em, **780-781b**, 797b
 Coração, 4f, 585-611, 586f. *Veja também em Cardíaco*
 antes do nascimento, 608
 após o nascimento, 645f
 camadas da parede do, 588-589, 588f, 589f
 câmaras do, 589-594, 590-592f
 células endócrinas no, 557-558
 circulação pulmonar do, **586**, 586f
 circulação sistêmica do, **586**, 586f
 defeitos congênitos do, 606-607, 608, 608f
 desenvolvimento do, 606-608, 607f, 608f
 envelhecimento e,
 estrutura do, 580-594, 588f, 589f, 590-592f
 fluxo sanguíneo através do, 646f, 647
 grandes vasos e, 624f
 transposição dos, 608f
 hormônios produzidos pelo, 557-558
 impressão do, 687f
 inervação/efeitos autônomos e, 459t, 487f, 490f, 492-493t, 496, 497f, 601, 602-603f
 localização/orientação/tamanho do, 586, 587f, 687f, 688f
 revestimentos do, 588, 588f
 sistema condutor do, **600-601**, 601b, 601f
 suprimento sanguíneo para o (circulação coronariana), 602-604, 602-603
 tecido muscular do *veja* Músculo cardíaco
 transtornos do, 604-607, 605b
 válvulas do, 593f, 594, 595b, 595f, 596f
 envelhecimento e, 608
 transtornos do, **595b**
 Corante de hematoxilina e eosina (H&E), 14, 14f
 Corante H&E (hematoxilina e eosina), 14, 14f
 Corantes básicos, **14**
 Cordão nervoso dorsal, no plano corporal dos vertebrados, 10
 Cordão umbilical, 645f, 803f, 804f
 vasos sanguíneos no, 645f, 647, 803f, 804f
 Cordas Tendíneas, **588**, 592f, 593f, 594, 595f
 Cordas vocais
 falsas (pregas vestibulares), 676f, 678, **679**, 680f
 verdadeiras *veja* Pregas vocais
 Cordas vocais verdadeiras (pregas vocais), 676f, **678**, 679f, 680f, 681
 inflamação das (laringite), **680b**
 Cordões esplênicos, **664**, 664f
 Cordões laterais, plexo braquial, **466**, 466f
 Cordões mediais, plexo braquial, **466**, 466f
 Cordões medulares, linfonodo, 656f, 663
 Cordões testiculares, 810
 Cório, 803f, **804**, 84f
 Córnea, 510f, **513**, 514f, 518f
 Corno, osso hioide, **176**, 177f
 Cornos anteriores, 392f, 413f, 424f, 424-426, **424**, 424f
 dano a, 425
 Cornos anteriores, 392f, 413f, 424f, **425-426**, 425f, 432
 danos aos, 425b
 Cornos inferiores, 392f
 Cornos laterais, **425**, 425f
 Cornos posteriores, 392f, 413f, 424f, **425**, 425f
 Cornos, osso hioide, **176**, 177f
 Coroa do dente, **719**, 719f
 Coroa radiada (fibras da projeção cerebral), **411**, 412f
 Coroa radiada (oócito), 794f, **795f**, 800f
 Coroide, **514**, 514f, 516f
 desenvolvimento do, 524f
 Corpo
 do osso
 da costela, **187**, 187f, 188f
 da mandíbula, 169-170, **170**, 169f, 346f, 347
 da púbis, 203f, **204**
 da unha (placa da unha), **116**, 116f
 da vértebra, 178f, **179**, 180f, 181f, 182t, 183, 183t, 424f
 do clitóris, 798f
 do epidídimo, 777f, 778
 do esterno, 185f, **187**
 do estômago, 723f, **724**
 do ílio, **202**, 203f
 do ísquio, 203f, **204**
 do osso esfenoide, **165**, 167f, 176f
 do pâncreas, 739, 741f
 do pênis, 782f, **783**
 do sacro, 184f
 do útero, 788f, **790**
 hioide, **176**, 177f, 679f
 Corpo adiposo, 752
 da laringe, 679f
 infrapatelar, 239f
 Corpo albicans, **795**
 Corpo amigdalóide, 413-414, 414, **415**, 414f
 regulação autonômica pelo, 501
 Corpo caloso, 400f, 406f, **411**, 412f, 415f, 522f
 Corpo celular
 bastonetes e cones, 515, 517f
 neurônio, 98, 98f, **366**, 367t
 classificação dos neurônios e, 368t
 Corpo ciliar, **514**, 514f, 518f
 Corpo esponjoso, 775f, 782f, **784**
 Corpo humano
 níveis de organização estrutural do, 2-6, 3f, 4-5f
 orientação para, 1-22
 Corpo lúteo, 557-558, 793f, 794f, **795**, 796f
 Corpo perineal (tendão central do períneo), **309t**, 310f, 799
 no parto, 799b
 Corpo/tecido erétil
 desenvolvimento embrionário do, 810
 do clitóris, 799
 do pênis, **784**
 Corpos aórticos, 459t, **693**, 694f
 Corpos basais, **78**, 79f. *Veja também* Centríolos
 Corpos carótico, **693**, 694f
 Corpos densos, **714**, 714f
 Corpos livres, 244
 Corpos mamilares, 393f, 394f, **399**, 400f, 401f, 415f, 545, 546f
 artérias que abastecem os, 625f
 memória e, 401
 sistema límbico e, 415f
 Corpos neurosecretórios, 548, 549f
 Corpos polares, **793**, 793f, 801f
 Corpos/núcleos geniculados laterais, 399, 401f, 452t, **521**, 522f
 Corpos/núcleos geniculados mediais, 399, 401f, **534**, 534f
 Corpúsculo renal, **755**, 756f, 757f, 758f, 759f, 760f
 Corpúsculos bulbosos (terminais de Ruffini), 447f, 448t, **449**
 na cápsula articular, 450
 Corpúsculos de Meissner (tácteis), 447f, 446t, **448**
 Corpúsculos de Nissl (substância cromatofílica), **366**, 367f
 Corpúsculos de Pacini (lamelares), 447f, 446t, **448**
 na cápsula articular, 449
 na pele, 108f, 447f
 Corpúsculos lamelares (de Pacini), 445f, 446t, **448**
 na cápsula articular, 449
 na pele, 108f, 447f
 Corpúsculos táteis (de Meissner), 447f, 446t, **448**
 Corpúsculos tímicos, **662**, 663f
 Corte transversal (seção transversal), 7, 9f
 Corte, do tecido, para microscopia, **14**
 Córtex, **376**, **391**
 Córtex auditivo primário, 406f, **47**, 409-410f, 534, 534f
 Córtex auditivo/córtex auditivo primário, 406f, **407**, 409f, **534**, 534f
 Córtex cerebelar, **375**, **391**, **397**, 398f
 Córtex cerebral, **375**, **391**, 402-411, 404t, 405f, 406f
 áreas funcionais do, 402-411, 404t, 405t, 406f
 áreas motoras, 397, 402, **404**, 406f, 407f, 408
 áreas sensitivas, 402, 404, 405-408, 406f, 407f
 desenvolvimento do, 389f, 437
 lateralização e, 411
 lobos do, 402, 403f, 404t
 na doença de Alzheimer, 435, 435f
 áreas de associação do, 404, 405, 406f. *Veja também* Áreas de associação
 paralisia cerebral em decorrência de lesão no, 437
 regulação autônoma pelo, 501, 501f
 Córtex da glândula suprarrenal, 543, 555, **555-557**, 554
 afetando o ACTH, 545, 550t
 desenvolvimento/envelhecimento e, 562
 distúrbios do, 560-561, 560f
 Córtex de associação
 língua (idioma) e, 409-410
 memória e, 406f, 411
 sensitivo somático, 406f, **407**
 Córtex de associação sensitivo somático, 406f, **407**
 dano ao, 408b
 Córtex do equilíbrio (vestibular), **408**, 534
 Córtex do ovário, **780**, 780f
 Córtex gustatório, 406f, **408**, 508, 508f
 Córtex motor primário, 397, 402, 404, 405, 406f, 407f, **408**, 431f
 Córtex motor/córtex motor primário, 397, 402, 404, 405, 406f, 407f, **408**, 431f
 Córtex olfatório (odor)/córtex olfatório primário, 406f, **408**, 509
 Córtex olfatório primário (odor), 406f, **408**, 509
 Córtex órbito-frontal, 406f
 olfato e, 509
 Córtex piriforme, 408
 Córtex pré-frontal (área de associação anterior), 406f, **409-410**, 409-410f, **411**
 desenvolvimento da, 437
 memória e, 406f, 411
 Córtex pré-motor, 406f, **409-410**
 Córtex renal, cortex, **752**, 753f, 754f, 757f, 758f
 Córtex sensitivo primário, **404**, 405
 Córtex sensitivo visceral, 499
 Córtex somestésico primário, 402, **405**, 406f, 407f, 429f
 desenvolvimento do, 437
 Córtex vestibular (equilíbrio), **408**, 434
 Córtex visual/córtex visual primário, 406f, **407**, 409f, 452t, **522**, 522f
 desenvolvimento do, 436
 Corticosteroides, **556-557**
 Cortisol, 554, **556-557**
 Cortisona, 556
 Costela(s)/caixa torácica, 13, 158f, 185f, **187-188**, 187-188f, 348, 687f
 na formação das asas sacrais e, 184
 na inspiração e expiração, 691, 692, 692f
 referências ósseas da, 139t
 Costelas
 falsas (vertebrocondrais), 185f, **187**
 flutuantes (vertebrais), 185f, **187**
 verdadeiras (vértebro-esternais), 185f, **186**, 187f
 Cotovelo
 anatomia superficial do, 352-353, 352f
 de babá, **245b**
 do estudante (bursite do olecrano), **245**
 Cotovelo de babá (pronação dolorosa), **245b**
 Cotovelo de tenista, **319b**
 Coxa *veja também* Membros inferiores
 anatomia de superfície da, 355f, 356, 356f
 artéria profunda da, 632f, **633**
 músculos da/músculos que controlam o movimento da, 286, 284f, 285f, 289f, 290-291t, 328-335t, 380-381f, 333-334f, 333f
 inervação dos, 328-335t, 473f, 474f

- na injeção intramuscular, 354b
 ossos da, 205-207, 207f, 210t
 Craniano (termo), 8t. *Veja também em Superior*
- Crânio (ossos do crânio), 158f, 159, 159f, 160-169, 160-161f, 161f, 162-163f, 164f, 165f, 166f, 167f, 168f, 169f, 171f. *Veja também osso específico em Desenvolvimento*
- Crânio, 158f, 159-177, 159f, 171-172t, 230t
- desenvolvimento/envelhecimento e, 188-190, 188-189f no recém-nascido, 188-189, 188-189f
- ossificação intramembranosa na formação do, 143, 143f, 152f, 188-189
- ossos da face, 158f, 159, 159f, 169-173, 170f, 172t, 174f
- ossos do crânio, 158f, 159, 159f, 160-169, 160-161f, 161f, 162-163f, 164f, 165f, 166f, 167f, 168f, 169f, 171t
- partes especiais do, 174f, 173-177, 175f, 176f, 177f
- proeminências ósseas do, 139t, 171-172t
- visão global da geografia do, 159-160
- Craniotomia, 190
- Creatinina, 750-751
- Creptação, 245
- Crescimento aposicional de cartilagem, 133
- ósseo, 146
- Crescimento intersticial, da cartilagem, 133
- Cretinismo, 550t, 560
- CRH *veja* Hormônio liberador de corticotrofina
- Cripta tonsilar, 665, 665f
- Criptas intestinais, no intestino delgado, 726, 727f no intestino grosso, 732-733, 732-733f
- Criptorquidismo, 810b
- Crise/tempestade tireóidea, 562
- Crista(s), 33, 33f
 ampular (cristas ampulares), 529f, 532-534, 533f
 dérmicas, 112
 epidérmicas, 112, 113f
 etmoidal, 166f, 168f, 169, 169f, 171t, 174f
 gonadais, 809f, 810
 intertrocantérica, 207, 207f
 mamária, 799
 neural, 54-55, 55f, 57, 382-383, 383f, 502
 occipital externa, 161f, 162, 164f, 171t
 proeminência óssea, 139t
 púbica, 203f, 204, 210t, 348, 349f
 sacrais, lateral e mediana, 184, 184f
 sacral lateral, 184, 184f
 sacral mediana, 184, 184f
 supraepicondilar lateral, 197f, 198
 supraepicondilar medial, 197f, 198
 terminal, 589, 591f
 transversas, no sacro, 184, 184f
 urogenitais, 767, 768f
- Crista íliaca, 139t, 202, 203f, 210t, 348, 349f, 350, 350f, 353, 354f
 tubérculo da, 202, 203f
- Cromátides irmãs, 37f, 40f
- Cromatina condensada, 36f, 27, 27f
- Cromatina estendida, 37, 37f
- Cromatina, 24f, 26t, 36-39, 36f, 37
- Crossossomo(s), 36-39, 37, 37f, 40f
 durante a divisão celular, 34-39, 34f, 38-39, 40f, 41f
- Crossossomos filhos, 41f
- Crupe, 699
- Cumes de fricção, 112, 113b
- Cúpula da ampola, 533, 533f
- Curvatura cervical da coluna vertebral, 177f, 178
- Curvatura lombar da espinha, 177f, 178
- Curvatura maior do estômago, 723f, 724
- Curvatura menor do estômago, 723f, 724
- Curvatura sacral da coluna vertebral, 177f, 178
- Curvatura torácica da coluna vertebral, 177f, 178
 anormal, 188-189, 189f
- Curvaturas espinhais, 177f, 178
 anormais, 188-189, 188-189f
- Curvaturas primárias, 178
- Curvaturas secundárias, 178
- Cúspide, do dente, 619
- Cúspides (caninos), 718f, 719
- CVS *veja* Eritrócitos
- DAS *veja* Angiografia por subtração digital
- DCT *veja* Túbulo contorcido distal
- Decídua basal, 803f, 804, 804f
- Decídua capsular, 803f, 804, 804f
- Dedo de Mallet, 357
- Dedos das mãos, 200
 articulação interfalângica dos, 230t
 articulação metacarpal dos, 230t
 músculos que controlam o movimento dos, 288t, 319-324, 320-321f, 323f, 324f, 325t, 326f
 músculos intrínsecos da mão, 319t, 325-327t, 326f
 ossos dos (falanges), 158f, 200, 200f, 201t
- Dedos dos pés
 articulações interfalângicas dos, 231t
 músculos que controlam os movimentos dos, 291t, 336-339t, 337f, 338f, 340-341f
 músculos intrínsecos do pé, 289f, 290-291t, 291t, 342-344t, 343-345f
 ossos dos (falanges), 158f, 210t, 211f, 212
- Defecação, 710, 710f, 731, 732f, 734f
- Defeito do septo ventricular, 607, 608f
- Defeitos das valvas cardíacas, 596b, velhice e, 607-608
- Defeitos do nascimento, 62b
- Defeitos do tubo neural, 55-56b, 62b, 435-437, 437f
- Deficiência de maturação sexual, 550t
- Deficiência de zinco, anosmia causada por, 510
- Déficit de crescimento, 562
- Definhamento, na infecção de HIV/AIDS, 661b
 hormônio do crescimento para o, 547b
- Degeneração macular, relacionada à idade (AMD), 517-518b
- Deglutição, 710, 710f
 epiglote na, 679-680
 lesão no nervo vago afetando a, 459t
 lesão no nervo glossofaríngeo afetando a, 458t
 lesão no nervo hipoglosso afetando a, 460t
 músculos que controlam a, 297-299t, 298-299f, 720
 desenvolvimento dos, 279, 280f
- Demência
- Dendritos, 98, 98f, 261, 366, 367f
- Denosumab, para osteoporose, 151
- Densidade óssea. envelhecimento/osteoporose e, 151, 152
- triagem e, 16
- Dente do eixo, 180f, 181, 181f
- Dente do siso, 717, 718f
- Dente impactado, 718b
- Dentes de leite (dentição decídua/primária), 718, 718f
- Dentes decíduos (dentição primária), 718, 718f
- Dentes permanentes/dentição permanente, 718, 718f
- Dentes, 718-720, 718b, 718f, 719f
 alvéolos dos, 170, 172t, 718
 articulação do dente com (gonfose), 218f, 219, 219t
 impactados, 718b
 processos digestivos e, 718, 734f
- Dentição, 718-719, 92f. *Veja também* Dentes
- Dentição primária (dentes decíduos), 718, 718f
- Dentina, 719, 719f
- Deposição óssea, 147, 147f
 na osteoporose, 150
- Depressão (movimento corporal), 225f, 227
- Depressão ótica, 534, 535f
- Depressões olfatórias, 698
- Derivações vasculares, na circulação fetal, 645f, 647-648
 fechamento após o nascimento, 646f, 647
 no leito capilar, 618, 618f
- Dermatite, 125
- Dermátomo (somito), 57, 58f, 59f
- Dermátomo(s) (pele), 476-477, 477f, 478b
- Derme papilar, 108f, 111f, 112
- Derme reticular, 108f, 111f, 112-113
- Derme, 49, 50f, 94, 108, 108f, 109f, 111f, 112-114
- DES *veja* Dietilestilbestrol
- Descolamento de retina, 518b
- Descolamento retiniano, 518b
- Desdobramento, embrião, 55f, 56, 57f
- Desenvolvimento humano *veja* Embriologia
- Desidratação, lesão por queimadura e, 121
- Desidroepiandrosterona (DHEA), 556
- Deslocamento do ombro, 236b
- Deslocamento(s)/luxação(ões), 245
- Desmossomos (junções de ancoragem), 67f, 77, 77f
- Desvantagem mecânica, no sistema de alavanca, 277, 277f, 279
- Desvio de septo, 173b
- DHEA *veja* Desidroepiandrosterona
- Diabetes insípido, 558
- Diabetes mellitus, 558-560
- Diabetes mellitus dependente de insulina (tipo I), 558
 transplante de pâncreas para, 562
- Diabetes mellitus não dependente de insulina (tipo 2), 558-560
- Diabetes mellitus tipo 2 (não dependente da insulina), 559
- Diabetes mellitus tipo I (dependente de insulina), 559
 transplante de pâncreas no, 563
- Diáfise, 135, 136f
- Diafragma (contraceptivo), 797b
- Diafragma da pelve, 309t, 310f, 764, 764f, 783f, 788f
- Diálise peritoneal, 769-770
- Diálise, 769-770
- Diapedese, 570
- Diartroses, 218, 219t
- Diástole, 596
- Diencéfalo, 389f, 390, 390f, 391, 394f, 394f, 399-402, 400f, 401f. *Veja também* Epitálamo; Hipotálamo; Tálamo
- Dieta, osteoporose e, 151
- Dietilestilbestrol (DES), 62b
- Diferenciação sexual, 809f, 810, 810f
- Diferenciação, célula, 42-43, 43f
- Difusão, 27
 facilitada, 27f, 28
 simples, 27f, 28
- Digerindo alimento (estômago), 710, 710f, 722-723
- Digestão, 710, 710f, 734f. *Veja também* órgão digestório específico e Sistema Digestório
- Dígito(s) (dedos), 200
- Dilatação vascular *veja* Vasodilatação
- Dilatação, vascular, na inflamação, 99
- Dineína(s), 34, 78, 79b, 79f
- Dióxido de carbono no sangue, transportando eritrócitos, 570
- transporte de, 570, 673
- troca de nos alvéolos/membrana respiratória, 685, 685f, 686
- passagem do sangue pelo coração e, 586, 586f, 596-598, 597f
- DIP *veja* Doença inflamatória pélvica
- Díplloe, 137, 137f
- Direção anatômica/Termos direcionais, 7, 7f, 8t
- Discinesia, 414b
- Disco embrionário

- bilaminar, **52**, 52f, 53f, 54f, 803f
trilaminar, 52
- Disco herniado, **179b**
compressão do nervo espinal lombar e, 472b
envelhecimento e, 190
- Disco herniado/prolapsado, **179b**
compressão do nervo espinal lombar e, 472b, **791**
envelhecimento e, 190
- Disco óptico (ponto cego), 514f, 516f, **518-519**, 518-519f
- Disco prolapsado (herniado/deslocado), **179b**
compressão do nervo espinal lombar e, 472b
envelhecimento e, 190
- Discos articulares (meniscos), 131, 221f, **222**
da articulação do punho, 237f
da articulação esternoclavicular, 233-234, 233f
da articulação temporomandibular, 222, 231, 232f
de joelho, 130f, 131, 221f, 222, 239f, **240**, 240f, 241b, 241b, 241f
rompimento, 244, 244f
lesões de, 222, 241b
- Discos intercalados, 96, 97f, 267t, **598**, 599f, 600f
- Discos intervertebrais, 177, 177f, **178-179**, 178f, 179f, 230t
cartilagens nos, 130f, 131
como sínfises, 219, 220f, 230t
herniados (prolapsados/soltos), 179b
compressão do nervo espinal lombar e, 472t
envelhecimento e, 190
- Discos vertebrais *veja* Discos intervertebrais
- Discos, intervertebrais *veja* Discos intervertebrais
- Disfunção cerebral, 433-435, 434b, 435f
- Displasia broncopulmonar, 693b
- Displasia do quadril (deslocamento congênito do quadril), **213-214**, 213f
- Displasia, **44**
- Dispneia, **697**, 697f
- Dispositivo intrauterino, 797b
- Dispositivo óptico, o olho como um, 519-520, 520-521b, 520-521f
- Dissecação, **2**
- Distal (termo), **8t**
- Distensão muscular, **357**
- Distrofia miotônica, **268**
- Distrofia muscular de Duchenne, **267-268**, 268f
- Distrofia muscular, **267-268**, 268f
- Distrofina, 268
de distrofina na distrofia muscular, 268
- DIU *veja* Dispositivo intrauterino
- Divergência, neuronal, **379**, 379f
- Diversidade, celular, 42-43, 42f
- Diverticulite, **731b**
- Divertículo de Meckel, **744b**
- Divertículos, **731b**
- Diverticulose, **731b**
- Divisão anterior, plexo braquial, **465**
- Divisão celular, 38-39, 38f. *Veja também* Citocinese; Mitose
- cromossomos na, 37-38, 37f, 38-39, 40f, 41f
- desenvolvimento tecidual e, 100-101
no câncer, 101, 102b
- Divisão Clivagem, **50**, 802
- Divisão mandibular do nervo trigêmeo (nervo craniano V₃), **454-455t**
- Divisão maxilar do nervo trigêmeo (nervo craniano V₂), **454-455t**
músculos da mastigação supridos pela, 295t, 454-455t
- Divisão motora (eferente) da parte periférica do sistema nervoso, **364**, 364f, 444f
- Divisão motora somática geral, 485
- Divisão oftálmica do nervo trigêmeo (nervo craniano V₁), **454-455t**
na enxaqueca, 477-478
- Divisão parassimpática (craniosacral) do sistema nervoso autônomo, 364f, 366, 444, 444f, 485f, **487**, 487f, **488**, 488t, 489-490, 490f, 491f, 492-493t
controle hipotalâmico e, 501
desenvolvimento da, 502
eferência sacral e, 490
efluxo craniano/nervos e, 451, 451t, 489-490. *Veja também* o nervo específico
inervação cardíaca/regulação e, **601**, 602-603f
parte simpática diferenciada da, 487-490, 487f, 488t
sistema nervoso somático comparado com a, 486f
- Divisão sensitiva (aférente) da parte periférica do sistema nervoso, **364**, 364f, 444f
- Divisão(ões), plexo braquial, **465-466**, 465f
- Divisões posteriores, plexo braquial, **465**
- DM *veja* Diabetes mellitus
- DMD *veja* Distrofia muscular de Duchenne
- DMRI *veja* Degeneração macular relacionada à idade
- DNA (ácido desoxirribonucleico), **35**, 36-37, 37f
- DNA de ligação, 37f
- DNA mitocondrial/genes, 34, 34f
- DNES *veja* Sistema neuroendócrino difuso
- Dobra axilar anterior, **350**, 351f
- Doença articular degenerativa (osteoartrite), **245**, 245f, 246
- Doença articular inflamatória, 245-247, 246f
- Doença coronariana, **605**, 605b, 644b
- Doença da Addison, **561**
- Doença da célula falciforme (anemia da célula falciforme), **578-579**, 579f
- Doença de Alzheimer, 413-414, **435**, 435f
- Doença de Crohn, 742
- Doença de Cushing/Síndrome de Cushing, 550t, **560-561**, 560f
- Doença de Graves, 550t, 560, 560f
- Doença de Hirschsprung (megacolo congênito), **502**
- Doença de Lou Gehrig (esclerose lateral amiotrófica/ALS), **433b**
- Doença de Lyme, 247
- Doença de Paget, **148b**
- Doença de Raynaud, **502**, 502f
- Doença de refluxo gastroesofágico (GERD), **721b**
- Doença de Tay-Sachs, **32b**
- Doença dos ossos frágeis ou doença de Ekman-Loebstein (osteogenese imperfeita), **153**
- Doença enxerto-versus-hospedeiro, **580b**
- Doença gengival, 720b
- Doença inflamatória pélvica (DIP), **790b**
- Doença intestinal inflamatória, 742
- Doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), **697**, 697f
- Doença renal crônica, hormônio do crescimento para, **547b**
- Doença venosa do membro inferior, **642**
veias safenas na, 642, 642f
- Doenças autoimunes, **246**
- Doenças pulmonares obstrutivas crônicas (DPOCs), **697**, 697f
- Dopamina, na síndrome de Tourette, 438
- Dor
na inflamação, 98, 99
percepção da, 429f
referida, **499**, 499f
vias neuronais na resposta à, 380, 380f, 499
visceral, 499, 499f
- Dor de cabeça, enxaqueca, **477-478**
- Dor do membro fantasma, **405b**
- Dor lombar, **269-270**
- Dor muscular de início tardio, **261b**
- Dor muscular pós-exercício, **261b**
- Dor nas costas, **270**
- Dor referida, **499**, 499f
- Dor visceral, 499, 499f
- Dorsal (termo), 7, 8t. *Veja também* em *Posterior*
- Dorsiflexão (movimento corporal), 225f, **227**, 242, 336t
- Dorso
anatomia de superfície do, 349-350, 350f
inervação do, 301-302f, 462f, 463
músculos intrínsecos (profundos) do, 300t, 301-303f, 301-302t, 350, 350f
desenvolvimento do, 279, 280f
inervação do, 301-302t, 463
ossos do, 349-350, 350f
- Dorso da língua, 717, 717f
- Dorso do nariz, 346, 346f, 675, 675f
- Dorso do pé, músculos no, 338f, 342t
- Doutrina “não há neurônios novos”, 383
- DPOC. *Veja* Doenças pulmonares obstrutivas crônicas
- DRG *veja* Grupo respiratório dorsal
- Drogas anticâncer (quimioterapia), 102b
- Ducto (vaso) deferente, 5f, 762f, 775, 775f, 776f, 777f, **779**, 779f, 781f
ampola do, 775f, **779**, 781f
desenvolvimento embrionário do, 809f, 809, 811f
ressecção do, 780b, 797b
- Ducto arterial, 624, 645f, 646f, **647**
fechamento do, 646f, 647
- Ducto cístico, 726f, 737f, **739**
- Ducto coclear (escala (rampa) média), 528, 529, **529-531**, 529f, 529t, 530f
na audição, 531, 531f
- Ducto coclear, 528, **529-531**, 529f, 529t, 530f
na audição, 531, 531f
- Ducto do epidídimo, 777f, 778
- Ducto ejaculatório, 775, 775f, **779**, 782, 782f
desenvolvimento do, 809
- Ducto excretor, primário (ducto pronéfrico), **767**, 768f
- Ducto excretório primário (pronéfrico), **767**, 768f
- Ducto hepático comum, 726f, **736**, 737f
- Ducto hepático direito, 726f, **436**, 737f
- Ducto hepático esquerdo, 726f, **736**, 737f
- Ducto lacrimonasal, **511**, 511f
- Ducto linfático direito, 655f, **656-657**, 657f
- Ducto pancreático principal, 726f, **739**
- Ducto parotídeo, **720**, 720f
- Ducto pronéfrico, **767**, 768f
- Ducto sublingual, 716f, 720f, 720
- Ducto submandibular, 716f, 720f, 720
- Ducto torácico, 5f, **655-657**, 655f, 657f
alterações do, quilotórax e, 666
- Ducto venoso, 645f, 646f, **647**
- Ducto(s)
glândula exócrina, **74** 75, 76f
reprodutivos *veja* Sistema de ductos reprodutores
- Ductos alveolares, **684**, 684f
- Ductos coletores, **758**
- Ductos de Wolff (mesonéfricos)
no desenvolvimento gonadal, 808, 809f
no desenvolvimento renal, **768**, 768f
- Ductos hepáticos, 726f, **736**, 737f
comuns, 726f, **736**, 737f
- Ductos lactíferos, **800**, 800f
- Ductos linfáticos, 653, 653f, **655-657**, 655f, 657f
- Ductos mesonéfricos (Wolffianos)
no desenvolvimento gonadal, 809f, **810**
no desenvolvimento renal, **767**, 768f
- Ductos Müllerianos (paramesonéfricos), 809f, **810**
- Ductos pancreáticos, 726f, **739**, 741f
- Ductos paramesonéfricos (Müllerianos), 809f, **810**
- Ductos semicirculares, 528, 529f, 529t, **532-534**
- Dúctulos eferentes, 777, 777f, 778
desenvolvimento embrionário dos, 809f

- Dúctulos, eferentes, 777, 777f, 778
desenvolvimento embrionário e, 809f
- Duodeno, 704f, 707f, 709f, 710t, 726, 726f
que suprem o, 629, 630f
hormônios produzidos pelo, 726
- Dupla camada lipídica, membrana plasmática, 25f, 27
- Dupla-hélice, DNA, 36, 6, 37f
- Duplas (microtúbulo), 78, 79f
- Dura-máter
do cérebro, 417, 417-418, 418f, 419f, 420f
espinal, 422f, 424f, 425f, 426
- Duto colédoco, 726f, 736, 737f, 738f, 739
- Duto pancreático acessório, 726f, 739
- Duto reprodutivo acessório. *Veja* Sistema reprodutor
- Duto urterino, 743
- Ecocardiografia, 608
- Ectoderma, 52, 53, 53f, 54f, 803f
derivados do, 57, 58f, 59f
placa neural e, 54, 55f
- Edema, 99, 653, 654
inflamação, 98, 99, 100
vasos linfáticos e (linfedema), 654, 654b
- Eferência craniana, parasimpática, 489-490. *Veja também* nervo específico
- Eferência motora, 363, 364, 364f
- Eferência sacral, do sistema nervoso parassimpático, 488
- Efetor, no arco reflexo, 277, 277f, 378f, 500f
- Efusão pleural, 690b
- Ejaculação, 279, 782, 784
- Ejeção de leite, ocitocina e, 549, 551t
- ELA *veja* Esclerose lateral amiotrófica
- Elasticidade, tecido muscular, 253
- Elastina, 81
na traqueia, 682
nas artérias elásticas, 613, 613-615, 615f
nas veias, 619
- Elementos figurados do sangue, 569-575, 569f, 571-572f, 573t. *Veja também* Células sanguíneas
- Eletromiografia, 357
- Elevação (movimento corporal), 226f, 227
da articulação esternoclavicular, 233, 233f
da escápula, 311t
da mandíbula, 226f, 227, 231
- Eliminação de urina (micção/reflexo de micção), 499, 501f, 675-766, 765f, 766b
- Embolia pulmonar, 643
- Embolo bacteriano, 581-582
- Êmbolo/êmbolos, 575b, 581-582 pulmonar(es), 643
- Êmbolos gordurosos, 581
- Embrião, 48b, 49, 49b. *Veja também* Embriologia; Período embrionário
- desdobraimento do, 55f, 56, 57f
desenvolvimento do, 49-50, 49f, 50-60, 59f
em duas camadas, 52, 52f, 53f
em três camadas, 52-56, 53f, 54f, 55f
- estágio sexualmente indiferente do, 809f, 808-810, 810f
suprimento sanguíneo para o (circulação fetal), 645f, 647-649, 84-805, 804f
- Embriologia, 2, 48-65. *Veja também* Período embrionário; Período fetal
- defeitos de nascimento/do tubo neural e, 55-56b, 62b, 435-437, 437f
- estágios de desenvolvimento pré-natal e, 48-49, 49f
período embrionário e, 49-50, 49f, 50-60
período fetal e, 49, 49f, 60-61t, 61, 62b
plano corporal e, 49-50, 60f
- Eminência hipotênar, músculos da, 320f, 325t
inervação da, 325t, 326f, 467f
- Eminência intercondilar, 208f, 210
- Eminência tenar, músculos da, 320f, 321f, 325t, 325-326f
inervação da, 325t, 467f
- Emissões otoacústicas, 531
- Emoções
hipotálamo e, 401
sistema límbico e, 406f, 414-415, 414f
- Encefalite, 427b
- Encefalopatia, 438
- Encontro antigênico, 661-662
- Endarterectomia carótida, 648-649
- Endocárdio, 588f, 589, 592f
- Endocardite, 608
- Endocitose mediada por receptor, 28-29, 28f
- Endocitose, 29, 29f
mediada por receptor, 29-30, 29f
- Endoderma, 52, 53, 53f, 54f, 503f
derivados do, 57, 58f, 59f, 743
- Endolinfa, 528, 529, 530, 533
equilíbrio e, 533-534, 533f
na audição, 531
na cinetose, 536
síndrome de Ménière e, 536
- Endométrio, 788f, 791
alterações no ciclo uterino, 795, 796f
ectópico (endometriose), 795b
implantação de blastocistos no, 51, 51f, 52f, 802-803, 802f, 803f
- Endometriose, 795b
- Endomisio
musculatura esquelética, 254t, 256f, 256-257, 266t
musculatura lisa, 266t
músculo cardíaco, 266t, 598
- Endoneuro, 375, 376f
- Endoscopia, 745
- Endósteo, 136f, 137
- Endotélio corneano, 513, 518f
- Energética, tipos de tecido muscular e, 267t
- Energia, para a contração muscular
na musculatura esquelética, 264-265, 267t
na musculatura lisa, 267t
no músculo cardíaco, 267t
- Enfisema, 697, 697f
- Enjôo, Cinetose, ou doença de viagem, 536
- Enterite, 714-716, 726
- Enterócitos, 745
- Entorse(s), 244, 244b
- tornozelo, 244b
- Envelhecimento
alteração na pele e, 125
alterações na visão e, 536-537
alterações nos tecidos e, 101
articulações afetadas pelo, 245, 247
audição afetada pelo, 536, 537
bexiga afetada pelo, 769-770
celular, 43-44
coração afetado pelo, 608
função renal/rins afetados pelo, 769-770
função reprodutora masculina e, 811
músculos e, 165
ossos afetados pelo, 188-189-190, 213, 213f
perda óssea/osteoporose e, 150-151
parte central do sistema nervoso e, 437
sistema digestório e, 744
sistema endócrino e, 562
sistema imunológico afetado pelo, 667
sistema reprodutor feminino e, 811
sistema urinário e, 769-770
infecções e, 766
vasos sanguíneos afetados pelo, 648-649
- Envoltório nuclear, 24f, 26t, 35, 36f
- Enxaqueca, 477-478
- Enxerto ósseo, 153
- Enxertos autógenos, para lesão por queimadura, 122
- Enxertos de pele, para queimaduras, 122
- Enzima/suco pancreático, 741
fibrose cística e, 743
- Enzimas digestórias. *Veja também* Enzimas/suco pancreático
- Enzimas lisossômicas, 32
- Eosina, 14
- Eosinófilos, 81, 569f, 571-572, 571-572f, 573-574, 573t
formação dos, 577f
- Eosinófilos, na hipófise, 546f, 547
- Epiplasto, 52, 52f, 53f, 59f
- Epicárdio (lâmina visceral do pericárdio seroso), 95f, 588, 588f, 592f
- Epicôndilo (proeminência óssea), 139t
do fêmur, 139t, 207, 207f, 210t
do úmero, 197f, 198, 201f, 236f, 352, 352f
- Epicôndilo lateral
do fêmur, 207, 207f, 210t
do úmero, 197f, 198, 201t, 236f, 352, 352f
- Epicôndilo medial
do fêmur, 139t, 207, 207f, 210t
do úmero, 197f, 198, 201t, 236f, 352, 352f
- Epiderme, 49, 50f, 94, 108, 108f, 109-112, 109f, 110f, 111f
desenvolvimento da, 49, 50f, 123-124
- Epidídimo, 775, 775f, 776f, 777, 777f, 778-779, 778f, 782f
desenvolvimento embrionário do, 809f, 810, 811f
- Epífise, 141-143, 136f
ossificação da, 144f, 145
- Epiglote, 676f, 679-680, 679f, 680f, 716f, 717f
cálculos gustatórios na, 507, 507f
cartilagem elástica na, 90f, 130f, 131, 132, 679
- Epilepsia uncinadas, 509-510
- Epimísio, 254t, 256f, 256-257, 266t
- Epinefrina, 498, 498f
na resposta ao estresse, 556f
secreção adrenal da, 498, 498f, 554-555, 554f
- Epineuro, 376, 376f
- Episiotomia, 799b
- Epistaxe (sangramento nasal), 677b
- Epitálamo, 400f, 401
desenvolvimento do, 389f, 390
- Epitélio, 67. *Veja também* Tecido epitelial/epitélio
- Epitélio simples, 69, 69t, 70f, 92f
cúbico, 69, 69t, 71f, 92f
pavimentoso, 69, 69t, 70f, 92f
prismático, 69, 69t, 71f, 92f
pseudoestratificado, 69-74, 71f, 92f
- Epitélio da córnea, 513, 518f
- Epitélio da lente, 518f, 519
- Epitélio de transição, 67t, 71f, 72
na bexiga, 733, 733f
no ureter, 731, 732f
- Epitélio estratificado, 68, 68f, 69, 69t, 74, 92f
cúbico, 69t, 72f, 74, 92f
de transição, 69t, 73f, 74
pavimentoso, 69t, 72f, 74, 92f
prismático, 69t, 73f, 74, 92f
- Epitélio germinativo, do ovário, 789, 789f
- Epitélio olfatório, 508, 509f, 675, 676f
desenvolvimento do, 509
- Epitélio prismático, 68f, 69, 69t, 92f
- Epitélio pseudoestratificado, 69-74, 71f, 92f
ciliado, 74
- Epitélio queratinizado, 72
- Epitélio simples, 68, 68f, 69, 69-74, 69t, 70-71f, 92f
- Epitélio simples cúbico, 69, 69f, 70f, 92f
estratificado pavimentoso, 72f, 73, 74, 92f
pavimentoso, 69t, 72f, 74, 92f
- Epitélio/membranas de revestimento, 67, 94, 95f, 202, 203f, 210t
- Epitélios não queratinizados, 74
- EPO *veja* Eritropoietina
- Eponíquio (cutícula da unha), 116, 116f
- Ecuador do fuso, 41f
mitótico, 41f
- Equilíbrio, 365, 529t, 532. *Veja também* Orelha
cerebelo no, 397, 534
córtex cerebral no, 408, 534
estático, 529t, 532
nervo vestibulococlear no, 457t
vias neurais no, 534
- Ereção, 784
- Eritroblasto ortocromático, 577f, 578
- Eritroblasto policromatófilo, 577f, 578
- Eritroblastos basófilos, 577f, 578

- Eritroblastos, basófilos/ortocromáticos/policromatófilos, 577f, **578**
- Eritrócitos (hemácias maduras), 42, 43f, 82f, 91f, 93f, 568, 568f, **569-570**, 261f, 570f, 571-572f, 573t
falciformes, 579, 579f
formação dos, 577f, 578
trastornos dos, 578-579, 579f
- Eritropoietina, 557-558
- Escafoide, **200**, 200f, 201t, 353
na articulação do punho, 237, 237f, 353
- Escalpo, 346
músculos do, 292t
nervo facial innervando o, 292t, **456-457t**
- Escápula alar, **480**
- Escápulas (omoplatas), 158f, 194, 194f, **195**, 196f, **201t**
espinha da, **195**, 196f, 201t, 349, 350, 350f
músculos que controlam o movimento das, 311-315t, 312-314f
na articulação do ombro, 233-234, 235f
- Escaras (úlceras de decúbito/pressão), **112b**
- Escavação (fundo de saco) reouterina, 788f, 791, 791f
- Escavação vesicouterina, 788f, **791**, 791f
- Escherichia coli*, infecções do trato urinário causadas por, 766
- Esclera, 510f, **513**, 514f, 516f, 518f
desenvolvimento da, 524f
- Esclerose lateral amiotrófica (ELA/doença de Lou Gehrig), **433b**
- Esclerose múltipla, **380-381**, 381f
- Esclerotoma, **57**, 58f, 59f
- Escoliose, **188-189**, 188-189f, 190
- Escorbuto, **81b**
- Escotoma, **537**
- Escroto, **5f**, **775**, 775f, 776, 776f, 784f
alterações puberais e, 811
desenvolvimento embrionário do, 810, 810f, 811f
- Esfíncter anal externo, **309t**, 310f, 729f, 730f, **731**
- Esfíncter anal interno, 730f, 731
- Esfíncter cardíaco, **720**
acalasia e, 502
- Esfíncter externo da uretra, **309t**, 310f, **764**, 764f, 765f, 769-770
- Esfíncter interno da uretra, **764**, 764f, 765f
- Esfíncter pré-capilar, **617-618**, 618f
- Esfíncter(es), 253, 275. *Veja também o tipo específico*
laringe como, 681
- Esfíncter/válvula pilórica, 723f, **724**
- Esfíncteres anais, 731
externos, **309t**, 310f, 729f, 730f, **731**
internos, 730f, **731**
na defecação, 731, 732f
- Esforço, no sistema de alavanca, **277**, 277f, 278, 278f, 279
- Esfregaço de Papanicolau (Pap), 808
- Esfregaço Pap, 808
- Esmalte (dente), **719**, 719f
- Esôfago de Barrett, **721b**
- Esôfago, **5f**, 676f, 688f, 704f, 706f, **720-721**, 721b, 721f, 735f
acalasia e, 502
artérias que abastecem o, 629, 630f
de Barrett, **721b**
processos digestivos no, 710f, 720, 734f
- Espaço capsular, **755**, 756f, 758, 760f
glomerular, **755**, 756f, 758f, 760f
- Espaço epidural, 424f, **426**
- Espaço perineal, músculos superficiais do, **309t**, 310f, 784
- Espaço subaracnóideo do cérebro, 391, 392f, **418**, 418f, 420f
espinal, 424f
- Espaço subdural do cérebro, **418**, 418f
espinhal, 410f
- Espaços intercostais, 185-187, 185f
- Espaços interviosos (lacunas), formação da placenta/trocas e, 803, 803f, 804, 804f
- Espasmo (músculo), **269-270**
- Especialização, célula, 42-43, 42f
- Espermátides, 778, 785f, **786**, 786f
diferenciação em espermatozoide (espermiogênese), 785f, **786-787**, 786f
- Espermatócitos, 778, **786**
formação dos, 784-786, 785f
meiose dos (formação da espermátide), 785f, 786-787
primários, 778, 785f, **786**
secundários, 778, 785f, **786**
- Espermatogênese, 778, **784-787**, 785f, 786f
células de sustentação na, 785f, 787
envelhecimento afetando a, 811
regulação hormonal da, 787
- Espermatogônia, 778, 784-786, 785f
- Espermatozoide, 43, 43f, 775, 777f, 778, 785f, 786f
epidídimo na maturação/armazenamento/ejaculação do, 778, 779, 779f
formação do (espermatogênese), 778, **784-787**, 785f, 786f
penetração do ovócito pelo, **50**, 51f, 793f, 800-802, 801f, 802f
- Espermatozoides, **787**. *Veja também* Espermatozoide; Espermatogônia
- Espermicidas, para contracepção, 797b
- Espermiogênese, 785f, **786-787**, 786f
- Espinha (acidente ósseo), 139t
escapular, **195**, 196f, 201t, 349, 350, 350f
isquiática, 139t, 203f, **204**, 204f, 210t
- Espinha bifida, **55-56b**, **435-437**, 437f
cística, **435-437**, 437f
- Espinha escapular, **195**, 196f, 201t, 349, 350, 350f
- Espinha ilíaca anteroinferior, **202**, 203f
- Espinha ilíaca posteroinferior, **202**, 203f
- Espinha ilíaca posterossuperior, **202**, 203f, 353, 354f
- Espinha ilíaca superior anterior, 202, 203f, **348**, 349f
- Espinha isquial, 139t, 203f, **204**, 204f, 210t
- Espinha nasal anterior, 170f, 174f
- Espinha vertebral (processo espinhoso), 139t, 177f, 178f, **180**, 180f
da vértebra proeminente, 183
- Espinhas ilíacas, **202**, 203f, 210t, 348, 349f, 353, 354f
inferiores, 202, 203f
superiores, **202**, 203f, 348, 349f, 353, 354f
- Espirro, 677
- Esplenectomia, **664b**
- Esplenomegalia, **667**
- Espondilite anquilosante, **247**
- Esporão ósseo, **153**
- Esqueleto apendicular, **158**, 158f, **193-216**. *Veja também região específica e osso específico*
anomalias congênicas de, 213, 213f
cíngulo do membro inferior (do quadril), 158f, **202-205**, 203f, 204f, 210t
cíngulo do membro superior, 158f, **194-195**, 194f, 201f
crescimento de, 213, 213f
desenvolvimento/envelhecimento e, 213, 213f
membros inferiores, 158f, 205-214, 210f
membros superiores, 158f, 195-202, 201t
trastornos de, 213, 213f
- Esqueleto axial, 157-192, **158**, 158f. *Veja também região específica e osso específico*
caixa torácica, 6, 7f, 158f, **185-188**, 185f
coluna vertebral (espinha), 158f, **177-186**, 177f, 178f
crânio, 158f, **159-177**, 159f, 171-172t
desenvolvimento/envelhecimento e, 190-191
trastornos de, 190-191, 190f, 191f
- Esqueleto cardíaco, 589, **594**
- Estágio de dilatação (primeiro) do trabalho de parto, **805**
- Estágio indiferente do desenvolvimento gonadal, 809f, **810**, 811f
- Estágio sexualmente indiferenciados, no desenvolvimento gonadal, 809f, **810**, 810f
- Estágios do desenvolvimento pré-natal, 48-49, 49f
- Estase, na inflamação, 100
- Estatinas, para aterosclerose, 644b
- Estenose
da coluna lombar, **188**
da válvula cardíaca, **595b**
- Estenose da espinha lombar, **188**
- Estenose pilórica, **745**
- Estereocílios
das células ciliadas, 529-531, 530f, 532, 532f, 533f
do epidídimo, **779**, 779f
- Esterno, 135f, 158f, 185f, **187**, 688f
articulações da costela com o, 185f, 187, 187f
na articulação esternoclavicular, 233-234, 233f
- Esteróide(s)/hormônios esteróides, **543-544-545**, 554-557. *Veja também* Hormônio(s)
anabólicos, músculos afetados pelos, 269b, 269-270
na resposta ao estresse, 556f
sexuais *veja* Hormônios sexuais
- Estímulo hormonal, para a liberação de hormônio, **545-546**, 545f
- Estímulo sensitivo, **363**, **364**
integração do, **363**, 363f. *Veja também* Integração
- Estímulos humorais, na liberação hormonal, **544-545**, 544f
- Estímulos neurais, para a liberação hormonal, **544-545**, 544f
- Estímulos, 363
classificação dos receptores de acordo com os, 447
no arco reflexo, 377, 377f, 380f, 500f
- Estiramento do adutor, **357**
- Estômago, **5f**, 704f, 705f, 707f, 709f, 710t, **722-725**, 723f, 725f. *Veja também em* *Gástrico*
anatomia macroscópica do, 722-725, 723f
anatomia microscópica do, 724-725, 725f, 735f
artérias que suprem o, 629, 630f, 725
células endócrinas no, 725, 725f, 735f
desenvolvimento do, 744
inervação/efeitos autônomos e, 459t, 487f, 487f, 492-493t, 497f, 725
no sistema porta, 640f, 641
processos digestivos no, 710, 710f, 722-723, 734f
veias do, 640f, 641, 724
- Estomodeu, **744**
- Estrabismo, 453t, 455t, **513b**
externo, 453t
interno, 455f
- Estrato basal (camada basal/extrato germinativo), **109**, 110f, 111f
- Estrato corneano, 110f, **111-112**, 111f
- Estrato córneo da pele, 110f, **111-112**, 111f
- Estrato espinhoso, 110f, **111**, 111f
- Estrato granuloso, 110f, **111**, 111f
- Estrato lúcido, **111**, 111f
- Estresse mecânico
anatomia óssea e, 137-138, 138f
remodelagem óssea e, 148
- Estresse/resposta ao estresse
córtex da glândula suprarrenal no, 556-557, 556f
sistema nervoso autônomo/
medula suprarrenal no, 394-396, 487, 488, 554-555, 556f
- Estria ou faixa horizontal (de Broca), 414

- Estria adiposa, **644b**
 Estria diagonal (de Broca), 414
 Estria(s), 112
 vasculares, 529, 530f
 Estriado, 413f, 414
 Estrias/músculo estriado
 cardíaco, 96, 97f, **253**, 266t,
 598, 599, 599f, 600f
 esquelético, 96, 96f, **253**, 257-
 261, 258f, 266t
 contração afetando as, 261,
 261f
 estrutura do sarcômero e,
 257-261, 258f
 Estribo (osso do ouvido médio),
 172t, 526f, **527**, 529f, 529f,
 531f
 desenvolvimento, 535f
 Estribos, 172t, 526f, **527**, 528f,
 529f, 531f
 desenvolvimento dos, 535f
 Estrogênio(s), **557-558**, **705**
 aterosclerose e, 648-649
 crescimento ósseo e, 146
 da glândula suprarrenal, 557
 envelhecimento e, 562
 na menopausa, 811
 no ciclo ovariano, **705**
 no ciclo uterino, 706
 osteoporose e, 151
 placentário/durante a gravidez,
 557-558, 805
 puberdade e, 811
 Estroma fibromuscular, da glân-
 dula próstata, **783**, 783f
 Estroma, do pulmão, 686
 Eversão (movimento corporal),
 226f, **227**
 do pé, 336t, 339t
 Evista *veja* Raloxifeno
 Exalação *veja* Expiração
 Exame de esfregaço cervical
 (exame de Papanicolau), **808**
 Exame retal digital, **783b**, 806-807
 Exames de densidade óssea, 16
 Excitabilidade
 célula muscular, **253**
 neurônio, 366. *Veja também*
 Impulso(s) nervoso(s)
 Excreção
 pele na, 109
 rins na, 750
 Excursão lateral, 232f, 233-234
 Exercício
 dor muscular após o, **261b**
 músculos afetados pelo, 269-
 270
 no tratamento/prevenção da
 osteoporose, 151
 remodelagem/resistência óssea
 afetada pelo, 148
 Exocitose, 24f, 28, **29**, 29f, 31, 32f
 Expiração, **692-693**, 692f
 conchas/mucosas nasais, 677
 Expiração forçada, 692
 Exposição ao sol/luz solar *veja*
 Radiação ultravioleta
 Expressão facial, músculos que
 controlam a, 292-294t, 293-
 294t, 347
 desenvolvimento dos, 279, 280f
 nervo facial que supre os, 292-
 294t, **456-457t**
 Expulsão, segundo estágio do tra-
 balho de parto, **805-807**, 805f
 Extensão (movimento corporal),
223, 223-224f, 223t, 228f,
 229f
 ação/interação muscular e, 281,
 282f
 nomenclatura dos músculos
 e, 283
 da cabeça, 300t
 da coxa e perna, 328t, 329t,
 331t, 332t
 das costas, 300t, 301-303f,
 301-302t
 das vértebras, 180, 181, 182,
 182t, 184
 do antebraço, 288t, **318t**
 do joelho, 224f, 239, 242, 290t,
 329t
 do membro inferior, 224f
 do membro superior, 199, 224f,
 288t, 315t, 342t
 do ombro, 288t, **315t**, 316t
 do punho, 288t, 319t
 do quadril, 290t
 dos dedos das mãos, 288t, 319t,
 327t
 dos dedos dos pés, 336t, 342t
 interação agonista/antagonista
 e, 281
 Extensibilidade, célula muscular,
253
 Externo (termo), 8t. *Veja também*
em Superficial
 Exterorreceptores, **445**, 446t
 Extremidade acromial da
 clavícula, **194**, 194f, 201t
 Extremidade distal da clavícula,
194, 194f, 201t
 Extremidades polares, dos fosfo-
 lípidios da membrana, 25f, 27
 Extremidades, 6, 7f. *Veja também*
 Membros inferiores; Mem-
 bros superiores
 desenvolvimento das, 50, 50f
 Face arqueada
 do fúlio, 203f, **204**
 do sacro, 184f
 Face cis, do complexo de Golgi,
31, 31f
 Face trans, do aparelho de Golgi,
30, 30f
 Face visceral do fígado, 736, 737f
 Face. *Veja também em Facial*
 anatomia superficial da, 346-
 347, 346f
 músculos da, 285f, 292-294t,
 293-294f, 347
 nervo facial que supre os,
 292-294t, **456-457t**
 ossos da, 158f, 159, 159f, 169-
 173, 170f, 172t, 174f
 Faceta articular fibular, 209f
 Facetas articulares, 181, 181f, 182,
 182t, 183, 183t, 184
 fibular, 208f
 Facetas articulares inferiores, 181,
 181f, 182, 183, 183f, 184
 Facetas articulares superiores,
 181, 181f, 182, 182t, 183,
 183t, 184
 Facetas vertebrais, **180**, 180f
 Fagocitose/fagócitos, **28**, 28f
 Fagossomo, 28f, 32f
 Faixas anisotrópicas, 261. *Veja*
também Faixas A
 Faixas I, 459, 266t
 no músculo cardíaco, 599, 599f
 no músculo esquelético, 258f,
 259, 259f, 266t
 no modelo de filamentos
 deslizantes da contração,
 261, 261f
 Faixas isotrópicas, 261. *Veja tam-
 bém* Faixas I
 Fala
 área de associação posterior e,
 409-410
 produção de voz pela laringe e,
 680, 680f, 681
 Falange média
 dedo da mão, 199, 200f, 201t
 dedo do pé, 210t, 211f, 212
 Falange proximal
 dedo da mão, 199, 200f, 201t
 dedo do pé, 210t, 211f, 212
 198f, 199, 230t
 Falanges
 da mão (dedos), 158f, **200**, 200f,
 201t
 do pé (dedos), 158f, **210t**, 211f,
 212
 Falsas cordas vocais (pregas ves-
 tibulares), 676f, 679f, **680**,
 680f
 Faringe, 5f, **11**, 673f, 674t, 676f,
678, 704f
 desenvolvimento da, 744
 músculos da, 678
 desenvolvimento dos, 279,
 280f
 controle da deglutição e, 297-
 299t, 298-299f, 720
 nervo vago inervando a, **459t**,
 720
 processos digestivos e, 710f,
 720, 734f
 Fáscia espermática externa, 776f
 Fáscia espermática interna, 776f
 Fáscia renal, **751-752**, 752f
 Fáscia superficial (hipoderme/
 tecido subcutâneo), 89, 108,
 108f, 109f, **114**
 desenvolvimento da, 123-124
 tecido adiposo e, 83, 86f, 114
 Fáscia(s), 89
 aderente, **598**, 599f
 espermática, externa e interna,
 776f
 renal, **751-752**, 752f
 superficial *veja* Fáscia super-
 ficial
 Fasciculação muscular, **264b**
 Fascículo cuneiforme, **428**, 428f,
 429f, 430t
 Fascículo grácil, 428, 428f, 428f,
 430t
 fascículo posterior, plexo braquial,
466, 466f
 Fascículo(s)
 músculo, 254t, 256f, **256-257**
 arranjo dos, 275, 275f
 nomenclatura dos músculos
 e, 283
 nervo, **375-376**, 376f
 Fascículo(s), plexo braquial (lat-
 eral/medial/posterior), **465**,
 465f, **466**, 466f
 Fascículos musculares unipeni-
 formes, **275**, 275f
 Fascículos musculares, 254t, 256f,
256-257
 arranjo dos, 275, 275f
 nomenclatura dos músculos
 e, 283
 Fascículos nervosos, **375-376**,
 376f
 Fase folicular do ciclo ovariano,
793-795, 794f, 796f
 Fase lútea do ciclo ovariano, **795**,
 796f
 Fase M (mitótica) do ciclo de vida
 da célula, **39**, 39f. *Veja tam-
 bém* Divisão celular
 Fase menstrual do ciclo uterino,
795, 796f
 Fase proliferativa do ciclo uterino,
795, 796f
 Fase S (sintética), do ciclo de vida
 celular, **38-39**, 38f, 40f
 Fase secretória do ciclo uterino,
795, 796f
 Fator de crescimento insulina
 semelhante I, 547
 Fator gástrico intrínseco, **724**, 735
 Fator trófico oriundo do cérebro
 (BDTF), 372
 Fatores coagulantes, na
 inflamação/cicatrização, 99f,
 100
 Fauces, **678**
 istmo da, 676f
 FC *veja* Fibrose cística
 FCI *veja* Fluido intracelular
 FCS *veja* Líquido cefalorraquiano
 Fe *veja* Ferro
 Febre, hipotálamo e, 399
 FEC *veja* Fluido extracelular
 Feedback negativo, secreção hor-
 monal e, 546
 Feedback positivo
 secreção hormonal e, 545
 trabalho de parto/parto e, 545
 Feixe atrioventricular (AV) (feixe
 de His), **600**, 601f
 dano a, 601b
 Feixe de His (feixe atrioventricu-
 lar), **600**, 601f
 Feixe piloso, 532f, 533f
 Feixe(s), miocárdio, 589, 589f,
 594, 598-599
 Feixes de fibras musculares per-
 furantes (fibras de Sharpe),
 136f, **137**
 Feixes do músculo cardíaco, 589,
 589f, 594, 598-599
 Fêmur, 158f, 205-207, 207f, 210t
 ligamento da cabeça do, 205,
 238, 238f
 na articulação do joelho, 239,
 239f, 240f, 241f
 na articulação do quadril, 238,
 238f
 fratura da, 150, 205b
 na articulação femoropatelar,
 239
 preeminências ósseas do, 139t
 Fenda diafragmática, **755**, 756f
 Fenda interglútea (natal), 354, **356**
 Fenda interglútea, 354f, **356**
 Fenda palatina, **188**, 188f
 Fenda sináptica, **263**, **368**, 368f
 junção neuromuscular, **263**,
 263f
 Fendas intercelulares, **616-617**,
 616f, **617**
 Fenestrações (poros capilares),
 616-617f, 617-618
 glomerulares, 756f, 757f
 permeabilidade e, 617-618
 Feocromocitoma, **562**
 Ferro, excesso de, na hemocroma-
 tose, **569b**
 Fertilização, 50, 51f, 793f, 800-
 802, 801f, 802f. *Veja também*
 Zigoto
 meiose e, 792, 793f
 na tuba uterina, 50, 51f, 789
 Feto, **49**, 49f, 803f, 804

- desenvolvimento do, **49**, 49f, 60-61t, 61, 62b
suprimento sanguíneo do (circulação fetal), 645f, 647-649, 804-805, 804f
alterações do suprimento no nascimento, 646f, 647
- Fezes, 710f
expulsão das fezes na defecação, 710, 710f, 731, 732f, 734f
- FGFR3 (gene do receptor 3 do fator de crescimento de fibroblastos), na acondroplasia, 146b
- FI *veja* Líquido intersticial
- Fibra externa, bastonete, 515, 517-518f
- Fibra interna, cone, 515, 517f
- Fibras
musculares *veja* Fibras/células musculares
nervosas *veja* Fibras nervosas tecido conjuntivo, 80, 80f, 81f, 93f
- Fibras associativas, 404t, **411**, 412f
- Fibras comissurais, 404t, **411**, 412f, **425**
- Fibras da lente, **519**
- Fibras de projeção, 404t, **411**, 412f
- Fibras de Purkinje (rede condutora subendocárdica), **600**, 601f
- Fibras de Sharpey (feixes de fibras de colágeno perfurantes), 136f, **137**
- Fibras elásticas, 80, 80f, 82t, **81**, 88f, 89, 93f, 131f, 132
na derme, 112
na traqueia, 682
nos alvéolos pulmonares, 685f, 686
nos ligamentos vocais, 680
- Fibras glicolíticas, **264**
rápidas, 264, 265, 265f
exercício que afeta as, 265
- Fibras lentas oxidativas, 264, 265, 265f
- Fibras motoras parassimpáticas, 364f
- Fibras motoras simpáticas, 364f
- Fibras motoras, 364f, 375f, 424.
Veja também Vias/tratos motores (descendentes)
somáticas *veja* Sistema motor somático (SM)
viscerais *veja* Sistema motor visceral (VM)
- Fibras motoras/nervos viscerais *veja* Sistema motor visceral (autônomo) (VM)
- Fibras musculares esqueléticas, células, 42, 43f, 96, 96f, **253**, 254t, 256f/257-261, 258f, 261f, 266t. *Veja também* Músculo(s) esquelético(s)/tecido muscular esquelético comprimento das, força de contração afetada pelo, 261
contração das *veja* Músculo(s) esquelético(s)/tecido muscular esquelético, 261
desenvolvimento/envelhecimento e, 261
exercícios que afetam as, 265-267
- na unidade motora, 263-264, 264f
nomenclatura dos músculos e, 283
tipos de, 264-267, 265f
- Fibras musculares extrasfusais, **448**, 448f
- Fibras musculares intrafusais, **448**, 448f
- Fibras nervosas vasomotoras, 613
- Fibras nervosas, 362f, **367**, 375, **376**, 376f. *Veja também* Axônio
regeneração das, 381, 382f, 433
- Fibras oxidativas, rápida e lenta, **264**, 265, 265f
- Fibras rápidas glicolíticas, 264, 265, 265f
exercício que afeta, 265
- Fibras reticulares, 67f, 80, 80f, 82t, **81**, 86f, 87, 93f
linfonodo, 655, 656f
na medula óssea, 576, 576f
- Fibras sensitivas, 364f, 375f, 424.
Veja também Vias/tratos sensitivos (ascendentes)
somáticas *veja* Sistema sensitivo somático
viscerais *veja* Sistema sensitivo visceral
- Fibras/células do músculo liso, 42, 43f, 96, 97f, 256, 713, 714f
- Fibras/células musculares, 42, 43f, 96, 96f, 97f, 266t. *Veja também* Células do músculo cardíaco; Fibras/células do músculo esquelético; Fibras/células do músculo liso
contração das. *Veja* Contração muscular
desenvolvimento das, 269-270
tipos/classificação das, 254t
- Fibras/nervos motores somáticos *veja* Sistema motor somático (MS)
- Fibras/nervos sensitivos somáticos *veja* Sistema sensitivo somático
- Fibras/nervos sensitivos viscerais *veja* Sistema sensitivo visceral (VS), 364f, 364, **365t**, 444, 444f, 485
inervação cardíaca e, 602
na medula espinal, 425f, **426**
na micção, 765, 765f
nervos cranianos nas, 451t
neurônios das, 499, 499f
sistema nervoso entérico e, 715
- Fibrilação atrial, **606-607**
- Fibrilação ventricular, 606
- Fibrilação, cardíaca, **606-607**
- Fibrilas (miofibrilas)
músculo cardíaco, 599
músculo esquelético, 254t, **257-258**, 258f, 261f
- Fibrilas de colágeno, 131, 132, 132b
- Fibrinogênio, **568**
- Fibroblastos, 42, 43f, **80-82**, 80f, 82t, 93f
no reparo tecidual, 99f, 100
- Fibrocartilagem, 82t, 90f, 94, 93f, 130f, 131f, **132-133**
na sínfise, 130f, 219, 219t, 220t
- Fibrócitos, **82**, 82t
- Fibroides, **812-813**
- Fibromialgia, **268**
- Fibrose cística, **694-697**
- Fibrose, 99, **100**
músculo cardíaco, envelhecimento e, 609
- Fíbula, 158f, 209f, 210, **210t**, **211**, 355f, 356
na articulação do joelho, 239f, 240f
na articulação do tornozelo, 242, 243f
- Fígado, 5f, 704f, 705f, 707f, 709f, 710t, **736-739**, 736f, 737f, 738f, 739b. *Veja também em* Hepático
anatomia macroscópica do, 736f, 736, 737f
anatomia microscópica do, 736-739, 738f
artérias que abastecem o, 629, 630f, 736
câncer do, 744
desenvolvimento do, 744
funções digestivas/metabólicas do, 736f, 736
inervação/efeitos autônomos e, 459t, 487f, 490f, 492-493t, 497f, 736
ligamento redondo do, 646f, **648-649**, 709f, 736f, **736**, 737f
no sistema porta, 640f, 641
transtornos do, 739b
veias do, 634f, **638**, 639f, 640f, 736
- Filamento terminal, 422f, **423**
- Filamentos (célula muscular/miofilamentos), 96, **253**
no músculo esquelético, 254t
- Filamentos (nervo olfatório), 450f, **452t**, **509**, 509f
- Filamentos de actina (finos ou delgados), 33-34, **33**, 34f, 96, 253, **257**
em citocinese, 41f, 42
em microvilos, 78, 78f
em modelo de filamento deslizante, 261, 261f, 261
em músculo esquelético, 254t, **257**, 258f
em músculo liso, 266t, 714
- Filamentos de miosina (espessos), 96, 253, **257**
na citocinese, 42
no modelo de filamentos deslizantes, 261, 261f, 261
no músculo esquelético, 254t, **257**, 258f
no músculo liso, 266t
- Filamentos de titina (elásticos), na musculatura esquelética, 258f, 259
- Filamentos elásticos (titina), na musculatura esquelética, 258f, 261
- Filamentos finos (de actina), 33-34, **33**, 34f, 96, 253, **257**
na citocinese, 41f, 42
na musculatura esquelética, 254t, **257**, 258f
na musculatura lisa, 266t, 714
nas microvilosidades, 78, 78f
no modelo de filamentos deslizantes, 261, 261f, 261
- Filamentos grossos (de miosina), 96, 253, **257**
na citocinese, 42
na musculatura esquelética, 254t, **257**, 258f
na musculatura lisa, 266t
- no modelo de filamentos deslizantes, 261, 261f, 261
- Filamentos intermediários, 24f, 26t, **34**, 34f
na musculatura lisa, 714, 714f
na pele, 110f, 111
nos desmossomos, 34, 77, 77f
nos neurônios, **366**, 367f
- Filtração
como uma função epitelial, 68
glomerular, 755, 755f, 760
na formação da urina, **755**, 755f
- Filtração glomerular, 755, 755f
- Filtro, 675f
- Fímbricas, 788f, **755**
- FIRM *veja* RM funcional
- Fisiologia, **2**
- Fissura (proeminência óssea), 139t
- Fissura anal, **745**
- Fissura cerebral transversa, **388**, 389f
- Fissura horizontal, **686**, 687f
- Fissura longitudinal, **402**, 403f
- Fissura mediana anterior (ventral), **424**, 424f, 425f
- Fissura mediana anterior, **423**, 424f
- Fissura oblíqua, **686**, 687f
- Fissura óptica, 524f, **525**
- Fissura orbital inferior, 139t, 162f, 163f, **172t**, **174**, 176f
- Fissura orbital superior, 162f, 163f, **167**, 167f, **171t**, 176f, 453t, 454t, 455t
- Fissura(s)
cerebelar, **397**, 398f
cerebral, 402, 403f
do fígado, **736**, 737f
oblíqua e horizontal, do pulmão, **686**, 687f
orbital
inferior, 139t, 162f, 163f, **172t**, **173**, 176f
superior, 162f, 163f, **167**, 160f, **171f**, 176f, 453t, 454t, 455t
- Fissuras cerebrais, 402, 403f
- Fixação, tecido, para microscopia, **14**
- Fixador (músculo), **283**
- Flagelos (espermatozoide), 43, 43f, 78, 78f
- Flebotomia, **648-649**
- Flexão (movimento corporal), **223**, 223-224, 223t, 228f, 229f
ação/interação muscular e, 281, 282f
nomenclatura dos músculos e, 283
- da cabeça, 300t
- da coxa e perna, 328t, 329t, 331t, 332t, 339t
- das vértebras, 180, 181, 182, 182t, 184
- do antebraço, 288t, **318t**, 320t
- do joelho, 224f, 239, 242, 290t, 328t
- do membro inferior, 224f, 226f
- do membro superior, 199, 224f, 288t, 315t, 317t, 318t
- do ombro, 288t, **315t**
- do polegar, 325t
- do punho, 288t, 319t
- do quadril, 290t
- do tronco, 306t
- dos dedos das mãos, 288t, 319t, 325t, 327t

- dos dedos dos pés, 339t, 342t, 344t
- Flexão lateral (movimento corporal). *Veja também* Flexão da cabeça, 300t
- Flexão plantar (movimento corporal), 226f, 227, 242, 336t, 339t
- Flexura cervical, 390, 390f
- Flexura cólica (esplênica) esquerda, 729f, 730
- Flexura cólica (hepática) direita, 729f, 730
- Flexura do mesencéfalo, 390, 390f
- Flexura duodenojejunal, 709f
- Flexura esplênica (cólica esquerda), 729f, 730
- Flexura hepática (cólica direita), 729f, 730
- Flora intestinal (bacteriana), 727-728. *Veja também* Bactérias
- Fluido extracelular, 25, 25f
- Fluido intracelular, 25
- Fluido lacrimal (lágrimas), 511, 512
- Fluido pleural, 690
- Fluido seminal, 782
- Fluido seroso, 12-13, 12f, 94
- Fluido testicular, 778, 779
- Fluxo dorsal, 409-410, 409f
- Fluxo sanguíneo (circulação sanguínea), 567-468. *Veja também* órgão específico
- Fluxo ventral, 409, 409f
- Foice do cerebelo, 418, 419f
- Foice do cérebro, 169, 418, 418f, 419f
- Folhas, cerebelares, 397, 398f
- Folículo antral, 794f, 795
- Folículo ovariano maduro, 793f, 794f, 795, 796f
- antrais, 794f, 795
- desenvolvimento dos folículos no ovário, 793-795, 793f, 764f, 796f
- desenvolvimento embrionário dos, 810
- maduros, 793f, 794f, 795, 796f
- primários, 780f, 794f, 795, 796f
- primordiais, 793, 793f
- secundários, 780f, 793f, 794f, 796f
- Folículo primário, 780f, 793f, 795, 796f
- Folículo secundário, 780f, 793f, 794f, 796f
- Folículo(s) linfáticos, 656f, 660f, 662
- agregados (placas de Peyer), 658, 662, 662f, 665-666, 665f, 727-728
- ovarianos, 780, 780f, 795. *Veja também* Folículos ovarianos
- pilosos, 108f, 116-119, 118f
- primordiais, 793, 793f
- tireóideos, 551, 552f
- Fome, hipotálamo na regulação da, 399
- Fontículo anterior, 188-189, 189f
- Fontículo anteroinferior, 188-189, 188-189f
- Fontículo posterior, 188-189, 188-189f
- Fontículo posteroinferior, 188-189, 188-189f
- Forame (proeminência óssea), 139t
- Forame apical, do canal radicular, 719, 719f
- Forame da lâmina cribiforme, 166f, 169, 169f, 452t
- Forame da mandíbula, 168f, 170, 170f, 172t, 454t, 455t
- Forame espinhoso, 164f, 166f, 167f, 169, 171t, 626
- Forame estilomastóideo, 161f, 165, 171t, 456t, 457t
- Forame infraorbital, 162f, 163f, 164f, 170f, 172t, 173, 176f, 454t, 455t
- Forame interventricular, 391, 392f, 400f, 420f
- Forame intervertebral, 177f, 178f
- Forame jugular, 164f, 165, 166f, 171t, 458t, 635, 635f
- Forame lacerado, 164f, 165, 166f
- Forame magno, 163, 164f, 166f, 171t, 422f, 626
- Forame mental, 160f, 161f, 162f, 163f, 170, 170f, 454t, 455t
- Forame nutrício, 136
- Forame obturado, 203f, 205, 210t, 472
- Forame oval (coração), 645f, 646f, 647
- fechamento do, 646f, 647
- Forame oval (crânio), 164f, 166f, 167-169, 167f, 171t, 454t, 455t
- Forame redondo, 166f, 167, 167f, 169, 171f, 454t, 455t
- Forame sacral anterior, 184, 184f
- Forame transversário, 181f, 182, 182f, 183f
- Forame vertebral, 180, 180f, 181f, 182f, 183, 184
- Forame/incisura supraorbital, 162, 162f, 163f, 171t, 176f, 454t, 455t
- Forames sacrais, anteriores e posteriores, 184, 184f
- Formação do foco (de luz na retina), 516f, 517-518f, 519-520, 520f
- no recém-nascido/bebê, 536
- transtornos de, 520-521b
- Formação hipocampal, 401, 414, 415, 415f
- Formação reticular, 393, 394-395, 396f, 401f, 415, 415f
- controle da ventilação e, 693, 693f, 694f
- funções da, 415, 416t
- regulação autônoma pela, 501, 501f
- Fórmula dental, 719
- Fórnice, 400f, 401f, 406f, 414, 415f
- Fórnice (parte posterior), 788f, 798
- Fórnice (vaginal), 788f, 798
- Fórnice lateral, 788f, 798
- Fórnix anterior, 788f, 798
- Forção *veja* Teriparatida
- Fosfato, na remodelagem óssea, 147
- Fosfolipídios, nas membranas, 25f, 27
- Fossa anterior do crânio, 159f, 160, 162, 166f
- Fossa coronóidea, 197f, 198, 201t
- Fossa cubital, 368, 352f
- Fossa do olécrano, 197f, 198, 201t
- Fossa hipofisial, 166f, 167
- Fossa ilíaca, 203f, 204, 204f
- Fossa incisiva, 164f, 172t
- Fossa infraespal, 195, 196f, 201t
- Fossa infratemporal, 232f
- Fossa intercondilar, 207, 207f
- Fossa média do crânio, 159f, 160, 165, 166f
- Fossa oval, 589, 591f, 592f, 646f, 647
- Fossa poplítea, 356, 356f
- Fossa posterior do crânio, 159f, 160, 163, 166f
- Fossa radial, 197f, 198
- Fossa subescapular, 195, 196f, 201t
- Fossa supraespal, 195, 196f, 201t
- Fossa(s) (proeminência óssea), 139t
- do crânio, 159f, 160, 163, 165, 166f
- Fotodano, 123-124, 125
- melanina e, 109-110, 125
- Fotoenvelhecimento, 125
- Fotorreceptor(es)/células fotorreceptoras, 447, 510, 515, 516f, 517-518f
- desenvolvimento/envelhecimento e, 536
- pigmentos visuais e, 515, 517-518f
- Fóvea (proeminência óssea), 139t
- costal, 187f, 188f
- superior e inferior, 180f, 182-183, 182t, 187f, 188f
- transversa, 180f, 182t, 183, 183t, 187f, 188f
- vertebral, 180, 180f
- Fóvea central da retina, 514f, 517-518
- Fóvea costal do processo transversal, 173f, 175t, 176, 176t, 179f, 180
- Fóvea costal inferior, 180f, 182-183, 183t
- Fóvea costal superior, 182-183, 182t, 183t, 187f, 188f
- Fóvea da cabeça do fêmur, 205, 207f
- Fóveas costais, 187f, 188f
- Fovéola(s), gástrica, 724, 725f
- ótica, 534, 535f
- Fratra cominutiva, 149t
- Fratra composta, 148
- Fratra de bacia, 205
- na osteoporose, 150, 205b
- Fratra de Colles, 199b
- Fratra de crânio com afundamento, 140t
- Fratra de Lisfranc, 205
- Fratra de tornozelo, 211b
- Fratra em espiral, 149t
- Fratra em galho verde, 149t
- Fratra epifisária, 149t
- Fratra metatarsal por estresse, 212b
- Fratra patológica, 153
- Fratra por compressão, 149t
- Fratra por estresse femoral (fratura do quadril), 205b
- metatarsica, 212b
- Fratra simples, 148
- Fratra(s), clavicular, 148, 149t
- na osteoporose, 150-151
- reparo de, 148-150, 148f
- Frênulo dos lábios menores do pudendo, 798f, 799
- episiotomia do, 799b
- Frênulo labial (forquilha), 798f, 799
- episiotomia do, 799b
- Frênulo labial, 715-716f, 717
- Frênulo lingual, 716f, 717
- Frequência cardíaca, 596
- inervação parassimpática e, 601
- inervação simpática e, 601
- regulação da, 501, 201f
- Frequência/ritmo/profundidade respiratória, controle neural da, 693, 693f, 694f
- Frequência/ritmo/profundidade ventilatória, controle neural da, 693, 693f
- Frutose, no fluido seminal, 782
- FSH *veja* Hormônio folículo-estimulante
- Fulcro, no sistema de alavanca, 277, 277f, 278, 278f, 279
- Fumo *veja* Tabagismo
- Funcionamento mental *veja* Cognição/função cognitiva
- Fundo, da vesícula biliar, 739
- do estômago, 723f, 724
- do útero, 788f, 790
- Funículo anterior, 424f, 425, 425f
- Funículo espermático, 776f, 777f, 780-781, 780f, 811f
- Funículos (colunas), brancos, 424f, 425, 425f, 430t
- Funículos anteriores, 423, 424f
- Funículos laterais, 424f, 425, 425f
- Funículos posteriores, 424f, 425, 425f
- Funículos posteriores, 424f, 425, 425f
- Furúnculos, 125
- Fusão espinhal, 190
- Fuso mitótico, 34, 40f, 41f
- muscular, 429f, 446t, 448-449, 448f
- Fuso neuromuscular (músculo), 429f, 446t, 448-449, 448f
- G₁ (gap 1) ponto de verificação (ponto de restrição), 38-39, 38f
- G₁ (gap 1) subfase, 38-39, 38f, 40f
- G₂ (gap 2) ponto de verificação (ponto de restrição), 38-39, 38f
- G₂ (gap 2) subfase, 38-39, 38f, 40f
- GAGs *veja* Glicosaminoglicanos
- Galactorreia, 550t
- Gametas, 775. *Veja também* Ovos; Meiose do espermatozoide na formação dos, 786
- Gânglio cervical inferior, 494, 497f
- Gânglio cervical médio, 491f, 494, 497f
- Gânglio cervical superior, 491f, 494, 497f
- Gânglio cervicotorácico (estrelado), 491f, 494
- Gânglio ciliar, 453t, 489-490, 489f
- Gânglio da raiz dorsal, 422f, 424f, 425, 425f, 426f, 461, 462f, 463f
- Gânglio espiral, 457t, 530f, 531, 534f
- Gânglio inferior, 458t, 459t
- Gânglio ótico, 458t, 490f, 490

- Gânglio pré-vertebral, **494**, 495, 495f
- Gânglio submandibular, 456t, 457t, 490f, **490**
- Gânglio superior, 458t, 459t
- Gânglio trigeminal, 454t
- Gânglio vestibular inferior, 529f, 532
- Gânglio vestibular superior, 529f, 532
- Gânglio/plexo celíaco, 489f, **490**, 491f, 494, **496**, 497f, 731, 736, 741, 754
- Gânglio/plexo mesentérico inferior, 491f, 494, 497f, **498**, 731
- Gânglio/plexo mesentérico superior, **490**, 491f, 494, **496**, 497f, 731
- Gânglios (gânglio), 363f, 364, 366, **444**, 485. *Veja também o tipo específico*
- autônomos, 485, 486f, 487, 488t pré-vertebrais, 494, 495, 495f sensitivos, **451**
- Gânglios autonômicos, **485**, 487, 488t e nervos cranianos, 451
- Gânglios basais. *Veja* Núcleos da base
- Gânglios cervicais, superior/médio/inferior, 487f, 491f, **494**, 496, 497f
- Gânglios do tronco (cadeia) simpáticos, 461, 462f, 491f, **494**, 494f, 495, 495f, 496, 497f desenvolvimento dos, 502, 502f nos reflexos periféricos, 500
- Gânglios geniculados, 456f, 457t
- Gânglios intramurais, 490
- Gânglios paravertebrais (tronco simpático/cadeia simpática), 461, 462f, 491f, **494**, 495, 495f, 496, 497f desenvolvimento dos, 502, 502f nos reflexos periféricos, 500
- Gânglios pré-vertebrais (colaterais), **494**, 495, 495f
- Gânglios pterigopalatinos, 456t, 457t, 490f, **490**
- Gânglios sensitivos cranianos, **451**
- Gânglios vestibulares, 547t, 529f, 532
- Gânglios/plexos mesentéricos inferiores, 491f, 494, 497f, **498**, 731 superiores, **490**, 491f, 494, **496**, 497f, 731
- Gap 1 (G₁) ponto de verificação (ponto de restrição), 38-39, 38f
- Gap 1 (G₁) subfase, **38-39**, 38f, 40f
- Gap 2 (G₂) ponto de verificação (ponto de restrição), 38-39, 38f
- Gap 2 (G₂) subfase, **38-39**, 38f, 40f
- Garganta, 678. *Veja também* Faringe
- Gases respiratórios, transporte dos, 570, **673**
- Gastrina, 724, 735f
- Gastroenterite, **744**
- Gastrulação, **52-53**, 55f
- Gêmeos idênticos (monozigóticos), 51, 51b unidos (Siameses), 51b
- Gêmeos conjugados (Siameses), **51b**
- Gêmeos idênticos, 51
- Gêmeos monozigóticos, 51, 51b
- Gêmeos siameses (unidos), **51b**
- Gene *cftr*, 697
- Gene do receptor 3 do fator de crescimento de fibroblastos (FGFR3), na acondroplasia, 146b
- Gene(s), 42 ativação do, diferenciação celular e, 42 carcinogênese e, 9b expressão do, diferenciação celular e, 42
- Genes supressores tumorais, **102b**
- Gengiva, 716f, **719**, 719f, 720b
- Gengivite, **720b**
- Genitais, 775 artérias que abastecem os, 63lf, 632 desenvolvimento embrionário dos, 810, 810f, 810f femininos, 787, 798f, **799** inervação/efeitos autônomos e, 487f, 490f, 497f masculinos pênis, 5f, 775, 775f, 776f, 782f, **783-784**, 783b escroto, 5f, **775**, 775f, 776, 776f
- Genital externo desenvolvimento embrionário da, 809f, 810, 810f nas mulheres, 787, 798f, **799** nos homens escroto, 5f, **775**, 775f, 776, 776f pênis, 5f, 775, 775f, 776f, 782f, **783-784**, 783b
- GERD *veja* Doença de refluxo gastroesofágico
- GH *veja* Hormônio do crescimento
- Gigantismo, 550t, **558**, 558f
- Giro dentado, 415f
- Giro do cíngulo, 406f, 411, 414, **415**, 415f
- Giro parahipocampal, 406f, 411, **415**, 415f
- Giro pós-central, **402**, 403f, 405, 407f, 409-410f
- Giro pré-central, **402**, 403f, 407f, 408
- Glabella, **162**, 162f, 163f
- Glande do clitóris, 798f desenvolvimento embrionário da, 810f
- Glande do pênis, 775f, 782f, **783** desenvolvimento embrionário da, 810, 810f
- Glândula lacrimal, **511**, 511f inervação/efeitos autônomos e, 456t, 489-490, 492-493t, 496, 497f
- Glândula olfatória, 509f
- Glândula parótida, 704f, **720**, 720f, 720b caxumba afetando a, **720b** inervação/efeitos autônomos e, 458t, 490f, 490, 720
- Glândula submandibular, 347f, 348, 705f, 720f, **720** inervação/efeitos autonômicos e, 456t, 457t, 490f, 490
- Glândula suprarrenal, 4f, **498**, 498f, 543, 543f, **555-557**, 554f, 556f. *Veja também* Córtex da glândula suprarrenal; Medula suprarrenal artérias da, 555, **629**, 629f desenvolvimento/envelhecimento e, 562 em resposta ao estresse, 555, 556-557, 554f hormônios secretados pela, 555-557, 554f inervação simpática/efeitos autonômicos e, 487f, 492f, **498**, 498f, 545, 544f, 555 veias da, 555, 638, 639f
- Glândula tireoide, 4f, 543, 543f, **551-552**, 552f desenvolvimento/envelhecimento e, 561, 561f, 562 transtornos da, 560, 560f câncer, **562**
- Glândula(s) suprarrenal(ais), **498**, 498f, **554-556**, 554f, 556f, 629f. *Veja também* Glândulasuprarrenal
- Glândula(s), 67, **74-75**. *Veja também o tipo específico* cutânea, 120-121, 120b, 120f endócrina (sem ducto), **74**. *Veja também* Sistema/glândulas endócrinas exócrina, 74-75, **74**, 75f, 76f. *Veja também* Glândulas exócrinas
- Glândula/corpo pineal, 4f, 394f, 400f, **401**, 543, 543f, 546f, **557** desenvolvimento/envelhecimento e, 562
- Glândulas acinosas (alveolares), **75**, 76f
- Glândulas bulbouretral, 775, 775f, 782f, **783** desenvolvimento embrionário das, 798
- Glândulas ceruminosas, 121, 525
- Glândulas cervicais, 790
- Glândulas ciliares, 511
- Glândulas compostas, **75**, 76f
- Glândulas cutâneas, , 120-121, 120b, 120f
- Glândulas duodenais, **727-728**, 727f
- Glândulas esofágicas, 721
- Glândulas exócrinas, 74-75, **74**, 75f, 76f multicelulares, **74**, **75**, 76f unicelulares (células caliciformes), **74**, **75**, 75f
- Glândulas gástricas, **724**, 725f inervação/efeitos autônomos e, 492-493t
- Glândulas intrínsecas, 711
- Glândulas lactíferas, prolactina afetando as, 546
- Glândulas mucosas da próstata, 782, 783f
- Glândulas multicelulares, exócrinas, **74**, **75**, 76f
- Glândulas oleíferas (sebáceas), 108f, **120**, 120f
- Glândulas paratireóideas, 543, 543f, 552-**553**, 553f desenvolvimento/envelhecimento e, 561-562, 561f, 562
- Glândulas principais da próstata, 782, 783f
- Glândulas salivares extrínsecas (maiores), 720, 720f
- Glândulas salivares menores (intrínsecas), 720
- Glândulas salivares, 704f, **720**, 720f desenvolvimento das, 744 inervação/efeitos autônomos e, 456f, 457t, 487f, 489-490, 490f, 492-493t, 496, 497f processos digestivos e, 720, 734f
- Glândulas sebáceas (oleosas), 108f, **120**, 120f, 125
- Glândulas sem ductos, 74. *Veja também* Sistema endócrino/glândulas
- Glândulas seromucosas, traqueais, 682f, 683
- Glândulas simples, **75**, 76f
- Glândulas sublinguais, 704f, 720f, **720** inervação/efeitos autonômicos e, 456t, 457t, 490f, 490, 720
- Glândulas submucosas da próstata, 782, 783f
- Glândulas sudoríferas (sudoríparas), **120-121**, 120f apócrinas, **121** écrinas, 108f, 120f, **121** inervação/efeitos autonômicos e, 492-493t, 496, 497f
- Glândulas sudoríferas, **120-121**, 120f apócrinas, **121** écrinas, 108f, 120f, **121** inervação/efeitos autonômicos, 492-493t, 496, 497f
- Glândulas tarsais, 510f, **511**
- Glândulas tubulares, **76**, 76f
- Glândulas tubuloacinosas, **76**, 76f
- Glândulas unicelulares, exócrinas (células mucosas/caliciformes), **74**, **75**, 76f
- Glândulas uretrais, 781
- Glândulas uterinas, **791**, 792f
- Glândulas vestibulares maiores, 788f, 798f, 799
- Glândulas/órgãos endócrinos, **74**, 543, 543f. *Veja também* Sistema/glândulas endócrinas
- Glândulas/vesículas seminais, 775, 775f, **782**, 782f desenvolvimento embrionário das, 809f
- Glaucoma, **519b**
- Glicocálice (glicocalix), 27
- Glicocálice, 25f, 27
- Glicocorticoides, **556-557** hiper/hipossecção dos, 560-561, 560f na resposta ao estresse, 556-557, 556f
- Glicolipídios na doença de Tay-Sachs, 32b na membrana plasmática, 25f, 27
- Glicoproteínas, 27 na membrana plasmática, 25f, 27
- Glicosaminoglicanos, na substância fundamental, 81
- Glicose, no diabetes mellitus, 558
- Glicosilação, da membrana basal, no diabetes, 78b
- Glicosomos, **34-35**
- Gliomas, **372b**

- Globo pálido, 412f, 413f, **414**
 Globulina(s), **568**
 Glomérulo/capilares do glomérulo, 754f, **755**, 755f, 756f, 757f, 758f, 759f, 760
 pressão arterial no, 760
 Glomérulos (olfatórios), **509**, 509f
 Glote, 679f, **680**, 680f, 681
 Glucagon, **557**
 ilhotas pancreáticas que produzem o, **557**, 557f
 Glutamato
 na esclerose lateral amiotrófica, 433b
 na sensação gustativa, 508
 Gônada(s), 543, 543f, 557-558, **775**. *Veja também* Ovários; Testículos
 artérias que suprem as, 623f, 629f, 631
 descida das, 810, 811f
 desenvolvimento das, **50**, 50f, 57, 58f, 59f, 809f, 810, 810f
 envelhecimento afetando as, 811
 gonadotropinas agindo nas, 545-546
 veias das, 638, 639
 Gonadotrofina coriônica, humana (CGH), 557-558, 805
 Gonadotropina(s), **545-546**. *Veja também* Hormônio folículo-estimulante; Hormônio luteinizante
 coriônica humana (HCG), 557-558, 805
 na função reprodutiva feminina, 796
 Gonfoses, 218f, **219**, 219f
 Gonorreia, doença inflamatória pélvica e, 790b
 Gordura visceral, 84
 Gordura(s)/lipídio(s), 4
 absorção das, 655, 724-725, 726
 metabolismo das, retículo endoplasmático liso e, 31
 no citoplasma, 34
 Gosto amargo, 508
 Gotículas lipídicas, **34**
 Gradiente de concentração, transporte transmembrana, 27f, 28
 Grande artelho (hálux), 210f, 212
 Grandes vasos, 624f
 transposição dos, 608f
 Granulações aracnoides (vilosidades aracnoides), **418**, 418f, 419f, 420f
 Granulócitos, **571-572**, 571-572f, 573. *Veja também o tipo específico*
 formação dos, 577f, 578
 Grânulos corticais, 801, 801f
 Grânulos de zimogênio, **740**, 741f
 Grânulos lamelares, 111
 Grânulos querato-hialinos, 111
 Gravidez, 800-805. *Veja também* Parto
 alterações nas mamas e, 799, 800, 800f
 ectópica, 790, **803b**
 fertilização e, **50**, 51f, 793f, 800-802, 801f, 802f
 formação da placenta/troca através da placenta e, 803f, 804-805, 804f
 implantação e, **51**, 51f, 52f, **802-803**, 802f, 803f
 prevenção da (concepção), 797b
 teratógenos (drogas/álcool) e, **62b**
 tubária, **803b**
 Grupo nuclear lateral, **393**, 396f
 Grupo nuclear medial, **393**, 396f
 Grupo respiratório dorsal, 693, 693f
 Grupo respiratório ventral, 693, 693f
 GRV *veja* Grupo respiratório ventral
 Guanina (G), 36, 37f
 Gubernáculo, **810**, 811f
 Gustação (paladar), 365, 507-508, 507f, 508f
 áreas corticais para a, 406f, 408, 508, 508f
 desenvolvimento/envelhecimento e, 509, 536
 HAD *veja* Hormônio antidiurético
 Hálux (grande artelho), 210, 212
 Hálux valgo, 357
 Hamato, **200**, 200f, 201t, 202b
 na articulação do punho, 237t
 Haste
 capilar, 108f, **116**, 118f
 da costela (corpo), **187**, 187f, 188f
 pelo, 108f, **116**, 118f
 Haustro, **729**, 729f
 HCG *veja* Gonadotropina coriônica humana
 Hélice, da aurícula, 346f, 347, **525**, 526f
Helicobacter pylori, úlceras pépticas e, 742, 742f
 Helicotrema, **529**, 530f
 Hematócrito, **568**
 Hematoma, **115**
 no reparo ósseo, 148, 148f
 Hematomas, 115
 Hematopoiese (hemopoiese), **575-578**, 576f, 577, 579
 linhagens de células na, 576-578, 577f
 medula óssea como sítio de, **575-576**, 576f, 579
 Hematoxilina, 14
 Hemisfério cerebral dominante (linguagem), 408
 Hemisfério cerebral intuitivo-emocional, 408
 Hemisférios cerebelares, **397**
 Hemisférios cerebrais (cérebro), **390**, 390f, 391, 400f, 402-414, 403f, 404t, 405f, 406f
 desenvolvimento dos, 389f, 390-391, **390**, 390f
 estruturas límbicas e, 414, 415, 415f
 funções/áreas funcionais dos, 402-411, 404t, 405f, 406f, 407t
 lateralização e, 411
 substância branca dos, 402, 403f, 404t, 411-412, 412f
 vias ascendentes e, 429f
 vias descendentes e, 431f
 Hemocromatose, 569b
 Hemodiálise, 769-770
 Hemofilia, **581-582**
 Hemoglobina, **115**, 570
 anormal
 na anemia da célula falciforme, 579
 na talassemia, 570b
 cor da pele afetada pela, **115**
 formação de eritrócitos e, 578
 Hemograma completo com diferencial, **574b**
 Hemopoiese (hematopoiese), 575-578, 576f, 577f, 579
 linhagens de células na, 576-578, 577f
 medula óssea como sítio de, **575-576**, 576f, 579
 Hemorragia, **581-582**
 Hemorroidas, **620b**, 641, **731b**
 Hepatite A, 742
 Hepatite B, 742
 Hepatite C, 743
 Hepatite G, 743
 Hepatite viral, **742-743**
 Hepatite, 742-743
 Hepatócitos, 736-739, **736**, 738f
 no sistema porta, 640f, 641
 Hérnia abdominal, 306b
 Hérnia femoral, 306b
 Hérnia hiatal, 306b, **721b**
 Hérnia inguinal congênita, **809**
 Hérnia inguinal, 306b, **780b**, 780f
 congênita, **810**
 Hérnia umbilical, 306b
 Hérnia, **306b**
 abdominal, 306b
 femoral, 306b
 hiatal, 306b, **721b**
 inguinal, 306b, **780-781b**, 780-781f
 congênita, **810**
 umbilical, 306b
 Herpes labial (vesícula febril), **125**
 Herpes zoster, **477-478**, 477-478b
 Hiato,
 adutor, 331f
 esofágico, 629f, 720
 na veia cava inferior, 729f
 sacral, **184**, 184f
 Hiatos na bainha de mielina (nódulos de Ranvier), 367f, 372f, **373**, 376f
 Hidrocefalia, **421b**
 espinha bífida e, 437
 Ácido clorídrico, 722-723
 produção pela célula parietal (oxíntica), 724, 725f, 735f
 úlceras pépticas e, 724, 742
 Hidrocele, **812-813**
 Hidrolase ácida, 32, 32f
 Hidrolase(s), 32, 32f
 Hidronefrose, **768**
 Hidroxiapatitas, no tecido ósseo, 134
 Hidroxiureia, na doença da célula falciforme, 579
 Hilo
 pulmonar, **686**, 687f, 688f
 linfonodo, **655**, 656f
 ovariano, 780
 renal, **751**, 751f, 753f
 esplênico, **663**, 664f
 Hímen, 788f, **798**
 desenvolvimento embrionário e, 809f
 Hiper/hiposecreção de, 551t, 559
 Hipercalemia, **562**
 Hipercolesterolemia hereditária, **29b**
 Hiperextensão (movimento corporal), **223**
 Hipermetropia (hiperopia), **520b**, 521b
 desenvolvimento/envelhecimento e, 520b, 536
 Hiperopia (hipermetropia), **520b**, 521b
 desenvolvimento/envelhecimento e, 520b, 536
 Hiperparatireoidismo, hipercalemia e, 562
 Hiperplasia, **44**
 prostática benigna (BPH), **783b**
 Hiperplasia prostática benigna (HPB), **783b**
 Hipersecreção de hormônio, 558.
Veja também o hormônio ou transtorno específico
 envelhecimento e, 562
 Hipertensão, arterial pulmonar, **604**
 porta, **641**
 Hipertireoidismo, 550t, 560, 506f
 Hipertrofia, **44**
 Hipoaldosteronismo (doença de Addison), **561**
 Hipoblasto, **52**, 52f, 53f
 Hipocampo, 411, **415**, 415f
 na doença de Alzheimer, 435
 Hipoderme (fáscia superficial/tecido subcutâneo), 89, 108
 desenvolvimento da, 83, 8f, 114
 tecido adiposo e, 108f, 109f, **114**
 Hipófise anterior (lobo anterior/adeno-hipófise), 545-547, **545**, 546f, 547b, 548f
 desenvolvimento/envelhecimento e, 561f, 562f
 hipotálamo na regulação de, 547, 548f
 hormônios de, 545-547, 550t
 na resposta ao estresse, 556, 557f
 transtornos de, 558
 Hipófise posterior (lobo posterior/neuro-hipófise), **544-545**, 546f, 549f
 desenvolvimento/envelhecimento e, 561f, 562
 hipotálamo na regulação da, 547-548, 549f
 hormônios da, 548-549, 551t
 Hipófise, 4f, 394f, 400f, 401f, 543, 543f, **545-551**, 546f. *Veja também* Hipófise anterior; hipófise posterior
 alvos/efeitos hormonais e, 550-551t
 desenvolvimento/envelhecimento e, 562
 hipotálamo na regulação da, 399-401, 547-549, 548-549f
 transtornos da, 558
 Hipófise, 4f, 394f, 400f, 401f, 543, 543f, **545-551**, 546f. *Veja também* Hipófise anterior; Hipófise posterior
 alvos/efeitos hormonais e, 550-551t
 desenvolvimento/envelhecimento e, 561
 hipotálamo na regulação da, 399-401, 547-549, 548-549f
 transtornos da, 558
 Hipofisectomia, **562**
 Hipoprolactinemia, 550t
 Hipospadias, **810b**
 Hipersecreção hormonal, 558.
Veja também o hormônio ou transtorno específico
 envelhecimento e, 562
 Hipotálamo, 394f, 399-401, 400f, 414, 415f, 543, 543f
 desenvolvimento do, 389, 390f

- funções do, 399-401, 417f
na resposta ao estresse, 556f, 557
regulação autônoma pelo, 399, 50, 501f
relação pituitária e, 399-401, 547-549, 548-549f
secreção hormonal regulada pelo, 399-401
hormônios da hipófise anterior e, 547, 548f
hormônios da hipófise posterior e, 547-548, 549f
sistema límbico e, 414, 415f
- Hipotireoidismo adulto, **560**
- Histamina, 99
- Histerectomia, **812-813**
- Histologia, **2, 13-15, 14f**
- Histatos e, **15**
microscopia de luz e eletrônica em, 13-134, 14f
microscopia eletrônica de varredura em, 14f, **15**
preparação do tecido para, 14
- Histonas/proteínas histonas, **37, 37f**
- HIV (vírus da imunodeficiência humana), 661b
- Homem(s)
pelve no, 205, 206f
puberdade no, 811
uretra no, 762, 764, 764f, 765, 775, 775f, 782, 782f
- Homúnculo motor, 407f, **408**
- Homúnculo sensitivo somático, **405, 407f**
- Hooke, Robert, 24
- Hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), **595, 550**
hiper/hipossecção de, 550, 560-561, 560f
na resposta ao estresse, 554f, 557
regulação hipotalâmica da liberação de, 548f
- Hormônio antidiurético (ADH/vasopressina), 548, **548-549, 549f, 551f, 758**
- Hormônio da paratireoide (PTH/paratormônio), **553, 553f**
envelhecimento e, 562
hipersecreção do, hipercalemia e, 562
na remodelagem óssea, 148
relação do cálcio e, 544-545, 544f, 553
sintético, para osteoporose, 151
- Hormônio da tireoide (TH), **552, 552f**
crescimento ósseo e, 146
envelhecimento afetando, 562
hiper/hipossecção do, 560
metabolismo e, 552
TSH afetando a liberação do, 545, 550f, 552
- Hormônio do crescimento (GH/hormônio somatotrópico), **546-547, 547b, 550f**
crescimento ósseo e, 146
envelhecimento e, 562
hiper/hipossecção do, **547b, 550f, 558, 558f**
regulação hipotalâmica da liberação do, 548f
usos terapêuticos do, 547b, 558
- Hormônio do crescimento pituitário veja Hormônio do crescimento
- Hormônio estimulante da tireoide (TSH), **545, 550f**
hiper/hipossecção do, 550f, 560
na liberação do hormônio da tireoide, 545, 550f, 552
regulação hipotalâmica da liberação do, 548f
- Hormônio folículo-estimulante (FSH), 545-546, 550f, **787**
hiper/hipossecção do, 550f
na função reprodutiva feminina, 550f, 795, 796f
na função reprodutiva masculina/espermatogênese, 550f, **787**
regulação hipotalâmica da liberação do, 548f
- Hormônio liberador de corticotropina (CRH)
- Hormônio luteinizante (LH), **545-546, 550f, 778**
hiper/hipossecção do, 550f
na função reprodutiva feminina, 545-546, 550f
na função reprodutiva masculina, 546, 550f, 778
regulação hipotalâmica da liberação do, 548f
- Hormônio melanócito-estimulante (MSH), **546**
- Hormônio somatotrópico veja Hormônio do crescimento
- Hormônio(s), **74, 542, 543-545, 544-545f. Veja também o hormônio específico**
ação dos, 544-545
células-alvo dos, **544-545**
classes de, 543-545
controle da secreção dos, 544-545, 544f
hipotalamo no, 399-401, 544f, 545
controle hipotalâmico dos, 399-401, 544f, 545
na contracepção, 797b
na remodelagem óssea, 147-148
no crescimento ósseo, 146
placentários/durante a gravidez, 557-558, 805
regulação da função reprodutiva e
feminino, 557-558, 795, 796f. *Veja também*
Estrogênio(s)
masculino, 778. *Veja também*
Testosterona
- trastornos de secreção dos, 558-561
trópicos, **545**
- Hormônios baseados em aminoácidos, **543. Veja também**
Hormônio(s)
- Hormônios inibidores, hipotalâmicos, **547, 548f**
- Hormônios sexuais, 775. *Veja também o hormônio específico*
adrenais, 554f, 557
crescimento do pelo terminal e, 119
crescimento ósseo e, 146
envelhecimento e, 562
secreção testicular dos, 778
- Hormônios tímicos, **557-558, 662, 663**
- Hormônios tróficos, **545. Veja também o tipo específico**
- Hormônios/fatores de liberação hipotalâmicos, **547, 548f**
HPV veja Papilomavirus humano
HRT veja Terapia de reposição hormonal (estrogênio)
- Humor aquoso, 513, 514f, 519f, **520**
no glaucoma, 520b
- Humor vítreo, 513, 514f, **518, 519f**
desenvolvimento do, 523, 524f
- Humores, do olho, 513
- ICC veja Insuficiência cardíaca congestiva
- Icterícia, na hepatite, 742
- IDET (anuloplastia eterotérmica intradiscal), 179b
- Íleo, 202, **202-204, 203f**
Íleo, 704f, 707f, 709f, 710f, **724-725, 729f**
artérias que suprem o, 629, 630f
- Ilhotas de Langerhans (ilhotas pancreáticas), **557, 557f**
no diabetes, 558, 562
transplante de, **562**
- Ilhotas pancreáticas (ilhotas de Langerhans), **557, 557f**
fibrose cística e, 743
- Ilhotas sanguíneas, 579, 606-607, 647
- Iliohypogastric nerve, 471f, 472f
- Imagem (médica), 15-19, 15f, 16f, 17f, 18f, 19f. *Veja também a modalidade específica*
planos/seções corporais e, 10
Imagem de raios X, 2, 15-16, 15f
angiografia e, **17, 17f**
tomografia computadorizada (axial computadorizada) e, 16f, **17-18**
tomografia por emissão de pósitrons e, 17f, **18**
- Imagem por ultrassom (ultrasonografia/sonografia), **18, 18f**
- Imagens médicas, 15-19, 15f, 16f. *Veja também a modalidade específica*
planos/seções corporais e, 10
- Imobilização tibial, 336f, **357**
- Impetigo, **125**
- Implantação, **51, 51f, 52f, 808-809, 808f, 809f**
- Implante autólogo de cartilagem, **244b**
- Implante coclear, **536**
- Impressão aórtica, 687
- Impressão cardíaca, 687f
- Impressões digitais, 112, 113f
- Impulso(s) nervoso(s), **366**
geração dos, 367, 367f
na contração muscular, 253, 261-261, 261, 263, 263f
- Imunidade adquirida, 660, 660b
- Imunidade/resposta imune, 5f, 98. *Veja também* Sistema imune
- Imunização (vacinas), **660b**
para o papilomavirus humano (HPV), 808
para o pólio, 479b
- Imunocompetência, 660
- Inalação veja Inspiração
- Incisivos, 718f, **719**
- Incisura (referência óssea), 139f
- Incisura cardíaca, **686, 687f**
- Incisura da escápula, **195, 196f**
- Incisura da mandíbula, 163, 164f, 165f, 170f, **171f, 231, 232f**
- Incisura fibular, 209f, **211**
- Incisura inferior, 183f
- Incisura isquiática, maior, 203f, **204, 210f**
no homem *versus* na mulher, 206f
menor, 203f, **204, 210f**
- Incisura jugular (supraesternal), 185-186f, 187, 347f, 348, 349f
- Incisura radial, 197f, 198f, **199, 201f**
- Incisura supraesternal (jugular), 178f, **187**
- Incisura troclear, 198f, **199, 201f**
na articulação do cotovelo, 234, 236f
- Incisura ulnar, 198f, **199, 201f**
- Incisuras claviculares, 185f, **187**
- Inclusões citoplasmáticas, 34-35
- Inclusões, 34-35
- Incontinência de fluxo constante, **766b**
- Incontinência por estresse, **766b**
- Incontinência urinária, **766b**
- Indução, **55**
- Inervação do músculo liso multiunitário, 267f, 714
- Inervação unilocular, 267f, 714
- Inervação, do tecido epitelial, 68
- Infarto
do miocárdio, **604**
renal, **769-770**
- Infecção de HIV/AIDS, 660, 661b
- Infecção,
leucócitos na, 81, 570
células em bastão, **578b**
linfócitos, 574, 658
neutrófilos, 100, 571-573, 578b
no reparo tecidual, 100
oportunistas, na infecção de HIV/AIDS, 661b
queimadura e, 121
- Infecções do trato urinário, **766**
- Infecções oportunistas, na infecção de HIV/AIDS, 661b
- Infecções/doenças sexualmente transmitidas (ISTs/DSTs)
infecção de HIV/AIDS, 661b
infecções urinárias e, 766
- Inferior (termo), 7, 8f
- Infertilidade,
doença inflamatória pélvica e, 790b
endometriose e, 795b
- Inflamação/resposta inflamatória, 98-100, 99f
doença articular e, 245-247, 246f
na asma, 694
na aterosclerose, 644b
no enfisema, 696
- Infundíbulo
da hipófise, 394f, 401f, **545, 546f, 549f**
da tuba uterina, 788f, **789**
- Infundíbulo, 561f, **562**
- Ingestão (consumo de alimentos), **710, 710f, 734f**
- Inibina, na espermatogênese, 787
- Injeções intramusculares glúteas, **354b**
no deltoide, 351, 352f
no músculo vasto lateral, 354b, 356
- Injeções intramusculares glúteas, **352b**
- Inserção (muscular), **256-257, 256f**

- forçada (profunda), 691-692
nomenclatura dos músculos e, 283
- Inspiração profunda (forçada), 691-692
- Inspiração, **691-692**, 692f
conchas/mucosas nasais na, 677
primeira após o nascimento, 646f, 647
- Insuficiência cardíaca congestiva, **604**
- Insuficiência da válvula cardíaca, **595b**
- Ínsula, **402**, 403f, 404f
informação sensitiva visceral e, 499
- Insulina, **557-558**
ilhas pancreáticas que produzem, **557-558**, 557f
no diabetes melito, 558
- Integração neuronal, **363**, 363f, 364f, 377-380, 380-380f
arcos reflexos e, **377-378**, 377f, 378f, 380-380f, 500f
circuitos neuronais e, **378-379**, 379f
entre o SNP e o SNC, 380, 380-380f
- Integração/integração neuronal, **363**, 363f, 364f, 377-380, 380f
arcos reflexos e, **377-378**, 377f, 378f, 380, 501f
circuitos neuronais e, **378-379**, 379f
entre o SNP e o SNC, 380, 380-381f
regulação autônoma pelo hipotálamo e, 501, 501f
- Interfase, **38-39**, 38f, 40f
- Interneurônios, **370**, 370t, 377, 378-379, 379f, 380
desenvolvimento dos, 382-383, 383f
na retina, 515
no arco reflexo, 65, 377f, 378, 378f, 380f, 500f
nos circuitos neuronais, 378-379f, 379f, 380f
nos cornos posteriores, 425
- Interno (termo), 8t. *Veja também em Profundo*
- Interceptores (viscerceptores), **445**, 499, 500f
- Intersecções tendíneas, 349, 349f
- Intestino anterior, **743**
- Intestino delgado, 5, 704f, 705f, 709f, 712f, **724-728**, 726f, 727f
anatomia macroscópica do, 684f, 685f, 697-699, 699f, 705f, 712f, 713f, 726-729, 727f, 736
artérias que irrigam o, 629, 724-725
gross anatomy of, 724-725, 726f
inervação parassimpática efeitos e, 459t, 490f, 497f, 731
nódulos linfáticos agregados (placas de Peyer) no, 658, 662, 662f, 665-666, 665f, 727-728
obstrução do, 742
processos digestivos no, 710f, 724-725, 734f
veias do, 640f, 641, 724-725
- Intestino grosso, 5f, 704f, 705f, **729-736**, 729f
anatomia macroscópica do, 729-731, 729f, 730f
anatomia microscópica do, 732-736, 732-733f, 735f
artérias que suprem o, 629, 630f, 731
defecação e, 731 732-733f, 734f
inervação/efeitos autônomos e, 459t, 459f, 497f, 731
obstrução do, 742
processos digestivos no, 710f, 729, 734f
veias do, 640f, 641, 731
- Intestino médio, **744**
- Intestino posterior, 744
- Intestino primitivo, **56**, 57f, 706f, 743. *Veja também* Tubo digestório
- Intestino *veja* Trato gastrointestinal (GI),
- Intestino(s). *Veja também* Intestino grosso; Intestino delgado
inervação/efeitos autônomos e, 459t, 490f, 497f
tecido linfático associado à mucosa (MALT), 660, 660f, 727-728, 727f
- Intumescência cervical, 422f, 461f
- Intumescência lombar, 422f, 461f
- Intumescência. *Veja também* Edema
na inflamação, 98, 99, 100
- Inversão (movimento corporal), 226f, **227**
do pé, 339t
- Iodo, deficiência de, distúrbios da tireoide e, 560, 560f
- Ipsilateral (termo), 8t, **398**
- Íris, 510f, 514f, **515**, 515f, 518f
desenvolvimento/envelhecimento e, 524f, 537
inervação/efeitos autônomos e, 492-493t, 496, 515, 515f
- Isquemia silenciosa, **604**
- Isquemia, **433**
miocárdica, silenciosa, **604**
no AVC, 433
- Isquiática, 139t, 203f, **204**, 204f, 210t
- Ísquio, 202, 203f, **204**
- ISS *veja* Baixa estatura idiopática
- Istmo
da glândula tireoide, **551**, 552f
da tuba uterina, 788f, **788**
das fauces, 676f
do útero, 788f, **790**
- ISTs/DSTs *veja* Infecções/doenças sexualmente transmitidas
- ITUs *veja* Infecções do trato urinário.
- Janela oval, 526f, **527**, 529f
na audição, 531, 531f
- Janela redonda, 526f, **527**, 529f
na audição, 531, 531f
- Jejuno, 704f, 707f, 709f, 710t, **724-725**, 726f
- Joanete, **213**
- Joelho de empregada doméstica, **245**
- Joelho valgo, **213**
- Junção corneoescleral, 518f
- Junção córtico-medular (rim), 759f
- Junção neuromuscular, **263**, 263f, 267t
no nervo espinal, 463f
- Junções ancorantes (desmosomos), 67f, **77**, 77f
em capilares, 617
na epiderme, 109, 110f
- Junções celulares, 67f, 68, **76-78**, 77f
- Junções comunicantes, 67f, 77f, **78**
na musculatura lisa, 267t, 714, 714f
no músculo cardíaco, 267t, 598, 599t
nos canalículos ósseos, 141-142
- Lábdo do acetábulo, **238**, 238f
- Lábdo glenoidal, **233-234**, 235f
- Lábdo leporino, 188, 188f
- Lábios da boca, 715-716f, **717**
fenda, 180, 180f
- Lábios maiores, 78f, 798f, 799
desenvolvimento embrionário dos, 810, 810f
- Lábios menores, 788f, 798f, **799**
desenvolvimento embrionário dos, 810, 810f
- Lábios, 717f, **717**
fenda, 188, 188f
- Labirinto (orelha interna), 160, 526f, **528-534**, 529f, 529t
desenvolvimento do, 534-535, 535f
membranoso, **528**, 529f, 529t, 533f
desenvolvimento do, 535f
ósseo, 526f, **528**, 529f, 529t
síndrome de Ménière e, 536
- Labirinto etmoidal, **169**, 169f
- Labirinto membranoso, **528**, 529f, 529t, 533f
desenvolvimento do, 535f
síndrome de Ménière e, 536
- Labirinto ósseo, 526f, **528**, 529f, 529t
- Labirinto, etmoidal, **169**, 169f
- Lactação, 799, 800, 800f
oxitocina e, 549, 551t
prolactina e, 550t
- Lácteo, 654, **724-725**, 727f
- Lacunae
cartilaginosa, **94**, 93f, **131**, 131f
espaços intervilosos, formação da placenta/trocas e, **803**, 803f, 804, 804f
ósseas, 91f, **94**, 93f
- Lágrimas, 511, 512
- Lamela(s) (osso), 91f, **138-140**, 140f, 141-142f
intersticial e circunferencial, 140f, **141-142**
- Lâmina(s)
basal, 67f, 69, **78**
espiral óssea, **529**, 530f
medular interna, 399
nuclear, 35, 36f
própria *veja* Lâmina própria vertebral, **179**, 180, 181f, 184
- Lâmina alar, **382-383**, 383f
- Lâmina basal, 67f, 68, **78**, **382-383**, 383-384f, 502
- Lâmina cribriforme, 166f, **169**, 169f, **171t**, 174f, 676f
- Lâmina elástica externa, **615**, 615f
- Lâmina elástica interna, **615**, 615f
- Lâmina elástica, arterial, **615**, 615f
- Lâmina espiral óssea, **529**, 530f
- Lâmina medular interna, 399, 401
- Lâmina nuclear, **35**, 36f
- Lâmina parietal,
da cápsula do glomérulo, **755**, 756f, 757f, 758f, 760f
- do pericárdio seroso, 95f, **588**, 588f
- Lâmina própria, 94
da bexiga, 763, 763f
da mucosa do tubo digestório, **711**, 712f
do endométrio, 792f
do estômago, 724, 725f
- Lâmina visceral
da cápsula do glomérulo, **755**, 756f, 757f, 760f
do pericárdio seroso (pericárdio/epicárdio visceral), 95f, **588**, 588f, 590f
- Laminectomia, **190**
- Langerhans, ilhotas de *veja* Ilhotas de Langerhans
- Laparoscopia, 745
- Laringe (caixa vocal), 5f, 673f, 674t, 676f, **678-681**, 679f, 680f
cartilagens na, 130f, 131, 678-680, 679f, 680f
inflamação da, (laringite), **681b**
nervo vago inervando, **459t**, 681
produção de voz e, 680, 680f, 681
- Laringite, **681b**
- Lateral (termo), 7, 8t
- Lateralização (funcionamento cortical), 411
- LDLs *veja* Lipoproteínas de baixa densidade
- Lei das alavancas, **277**
- Lei de Hilton, **476**
- Leito ungueal, **116**, 116f
- Leitos capilares, 617-618, 618f
da circulação pulmonar, 586f, 596, 597f
do circuito sistemático, 586f, 596, 597f
no sistema porta hepático, 640f, 641
relacionamento vascular/linfático e, 653f
- Lemnisco lateral, **534**, 534f
- Lemnisco medial, 396f
- Lente (do olho), 513, 514f, 518f, **519**, 519b
desenvolvimento/envelhecimento e, 524f, 525, 536-537
- ligamento suspensor (zônula ciliar) da, 514f, **515**, 518f, 519
na focalização da luz (acomodação), 520, 520f
obscurecimento da (catarata), **519b**
- Lesão axonal difusa, 434b
- Lesão cerebral grave, **434b**
- Lesão cerebral moderada, **434b**
- Lesão de contragolpe, **434b**
- Lesão, **101**
- Lesões cerebrais leves, **434b**
- Lesões cerebrais traumáticas, **434b**
- Lesões da medula espinal, 426b, 433
dermatômos na avaliação das, 477-478b
regeneração e, **381b**
- Lesões em valgo, **248**
- Lesões em varo, **248**
- Lesões por estresse repetitivo, **202b**
fratura metatarsica por estresse, **212b**
- Lesões por sobrecarga cotovelo de tenista, **319b**

- síndrome do túnel do carpo, **202b**
- Leucemia aguda, 579
- Leucemia crônica, 579
- Leucemia linfoblástica, 579
- Leucemia mieloblástica, 579
- Leucemia, **579**
- envelhecimento e, 581-582
 - tratamento da, 580b
- Leucócito(s), **81**, 82t, 91f, 93f, 568, 568f, 569f, **570-574**, 571-572f, 573t. *Veja também o tipo específico*
- agranulócitos, **571-572**, 571-572f, 573t
 - formação dos, 577f, 578
 - granulócitos, **571-572**, 571-572f, 573t, 577f
 - na leucemia, 600
 - transtornos dos, 579
- Leucocitose, **570**
- Levantador do véu palatino, 299f
- LH *veja* Hormônio luteinizante
- LHA *veja* Área hipotalâmica lateral
- Ligação tubárica, 797, **812b**
- Ligado ao músculo, 281
- Ligamento amarelo, 89, **178**, 178f
- Ligamento anular, **236**, 236f
- Ligamento arterial, 590f, 592f, **624**, 624f, 646f, **647**
- Ligamento calcaneofibular, **242**, 243f
- Ligamento colateral fibular, 239f, **240**, 240f
- Ligamento colateral radial do carpo, **237**, 237f
- do cotovelo, **236**, 236f
- Ligamento colateral tibial, 239f, **240**, 240f
- lesões do, 241b
- Ligamento colateral ulnar do carpo, **236**, 237f
- do cotovelo, **234**, 236f
- reparo do, 234b
- Ligamento córacocrômial, 235f
- Ligamento córacoumeral, **233-234**, 235
- Ligamento costoclavicular, **233-234**, 233f
- Ligamento cricótireoideo, 348, 679f
- Ligamento cricotraqueal, 679f
- Ligamento cruzado anterior, 239f, **240-241**, 240f, 241f
- lesões de, 241b
- Ligamento cruzado posterior, 239f, **240-241**, 240, 241f
- Ligamento da cabeça do fêmur, 205, **238**, 238f
- Ligamento da patela, 221f, 239f, **240**, 240f, **329t**, 330f, 331f, 355f, 356
- Ligamento esplenorrenal, 708
- Ligamento falciforme, 707f, **708**, 709f, 710t, 736t, **736**, 737f
- Ligamento gastroesplênico, 708, 709f
- Ligamento iliofemoral, **238**, 238f
- Ligamento inguinal, 204, **348**, 349f, 356, 780-781, 780f
- Ligamento interclavicular, **233-234**, 233f
- Ligamento interespinal, 178f
- Ligamento isquiofemoral, **238**, 238f
- Ligamento largo, **787**, 788f, 791f
- Ligamento longitudinal anterior, **178**, 178f
- Ligamento longitudinal posterior, **178**, 178f
- Ligamento medial (deltoide), **242**, 243f
- Ligamento medial (deltóideo), **242**, 243f
- Ligamento nugal, 89, 162, 303f
- Ligamento periodontal/periodonto, 218f, 219, **719**, 719f
- Ligamento poplíteo arqueado, 239f, **240**
- Ligamento poplíteo oblíquo, 239f, **240**
- Ligamento pubofemoral, **238**, 238f
- Ligamento radiocarpal dorsal, **237**
- Ligamento radiocárpico palmar, **237**, 237f
- Ligamento redondo do fígado, 646f, **648-649**, 709f, 736f, **736**, 737f
- Ligamento redondo do útero, 788f, **791**, 791f
- Ligamento sacroespinal, 204, 204f
- Ligamento sacrotuberoso, 204, 204f
- Ligamento supraespinal, 178f
- Ligamento suspensor da lente ocular (zônula ciliar), 514f, **515**, 518f, 519
- da mama, **800**, 800f
- do ovário, **787**, 788f
- Ligamento talocalcâneo, 242f
- Ligamento talofibular anterior, **242**, 243f
- Ligamento talofibular posterior, **242**, 243f
- Ligamento tibiofibular anterior, **242**, 243
- Ligamento tibiofibular posterior, **242**, 243f
- Ligamento transverso da palma, 320f
- superficial, 320f
- Ligamento transverso do atlas, 180f
- Ligamento transverso palmar superficial, 320f
- Ligamento útero-ovárico, **787**, 788f
- Ligamento uterossacral, 788f
- Ligamento venoso, 646f, **648-649**, **736**, 737f
- Ligamento(s), 88f, 89, **157**. *Veja também o ligamento específico*
- das articulações sinoviais, **220-221**, 221f
 - estabilidade articular e, 230
 - sindesmoses conectadas pelo, 219
 - tecido conjuntivo elástico no, 89
 - torções do, **244**
- Ligamentos capsulares, da articulação sinovial, 220
- Ligamentos cardinais (cervical lateral), 788f, **790-791**
- Ligamentos carpometacárpicos, 237f
- Ligamentos cervicais laterais (cardinais), 788f, **790-791**
- Ligamentos colaterais
- Ligamentos cruciformes, 239f, 240-241, 240f, 241f
- Ligamentos denticulados, **426**
- Ligamentos esternoclaviculares, anterior e posterior, **233-234**, 233f
- Ligamentos estilohióideos, 176
- Ligamentos extracapsulares, das articulações sinoviais, 220, 221, 221f
- articulação do joelho, 220, 221, 221f
- Ligamentos glenoumerais, **233-234**, 235f
- Ligamentos intercarpais, 237f
- Ligamentos intracapsulares, das articulações sinoviais, 221
- articulação do joelho, 221, 240. *Veja também* Ligamentos cruciformes
- Ligamentos laterais da articulação do tornozelo, **242**, 243f
- da articulação temporomandibular, **231**, 232f
- Ligamentos longitudinais, **178**, 178f
- Ligamentos poplíteos arqueado, 239f, **240**
- oblíquo, 239f, **240**
- Ligamentos talofibulares, anterior e posterior, **242**, 243f
- Ligamentos tibiofibulares, anterior e posterior, **242**, 243f
- Ligamentos umbilicais mediais/medianos, 646f, **648-649**
- Ligamentos vocais, 678, 680f
- Linfa, **653**, 654
- patógenos na, 654
 - remoção de linfonodo da, 655
 - transporte da, 654
- Linfadenopatia, **667**
- Linfangiografia, **654**
- Linfangite, 666
- Linfedema, 654b
- Linfócito(s) B *veja* Célula(s) B
- Linfócito(s) T. *Veja também* célula(s) T.
- Linfócitos efetores, **659-600**, 660f
- Linfócitos, 80f, 81, 91f, 569f, 571-572, 571-572f, 573t, **574**, 652, 658, **658-662**. *Veja também* células B; células T
- diferenciação/ativação dos, 659-660, 660f
 - formação dos, 577f
 - funções imunes dos, 574, 652, 658, **658-662**
 - recirculação dos, 659-660, 660f
- Linfoma, **667**
- Hodgkin, **666**
 - não Hodgkin, **666**
- Linfonodo(s), 5f, 653, 653f, **654-655**, 655b, 655f, 658, 662, 663. *Veja também o tipo específico*
- intumescido, **655b**
 - malignidade do (linfoma de Hodgkin), **666**
 - na infecção, 655, 655b
 - na resposta imune, 663
 - no câncer, 655b
 - remoção cirúrgica do, linfedema, e, 654b
 - sentinela, 667
- Linfonodos aórticos, 654
- Linfonodos axilares, 654, 655f, 799
- Linfonodos cervicais, 654, 655f
- Linfonodos ilíacos, 654
- Linfonodos inguinais, 654, 655f
- Linfonodos paraesternais, 799
- Linfonodos traqueobrônquicos, 629
- Língua, 296f, 676f, 704f, 716f, **717-718**, 717f
- calículos gustatórios na, 507, 507f, 613, 717
 - músculos da desenvolvimento dos, 280f, 281
 - extrínsecos, 295t, **295t**, 296f, 460t
 - suprimento pelo nervo hipoglosso, 295t, 393, **460t**
 - intrínsecos, **295t**, 460t
 - papilas da, **507**, 507f, 717-718, 717f
 - processos digestivos e, 717, 734f
 - “Língua presa”, 717
- Linguagem, área de associação posterior e, 409-410
- Linha (proeminência óssea), 139t
- Linha arqueada, 203f, **204**, 204f
- Linha áspera, **207**, 207f, 210t
- Linha axilar média, **348**, 349f
- Linha branca, **306t**, 307f, 349, 349f
- Linha epifisial, **136**, 136t
- Linha glútea anterior, 203f, **204**
- Linha glútea inferior, 203f, **204**
- Linha glútea posterior, 203f, **204**
- Linha intertrocântica, 139t, **207**, 207f
- Linha M, **257-261**
- no músculo cardíaco, 599
 - no músculo esquelético, **257-261**, 258f, 261f
- Linha nugal inferior, 161f, **162**, 164f
- Linha nugal superior, 161f, **162**, 164f, 346
- Linha pectínea, 730-731, 730f
- Linha primitiva, **52**, 53f, 53f
- Linha semilunar, **349**, 349f
- Linha supracondilar lateral, **207**, 207f
- Linha supracondilar medial, **207**, 207f
- Linha trapezoideia, 194f, **195**
- Linhas de clivagem (tensão), 112, 113f
- Linhas de flexura, 113, 113f
- Linhas de tensão (clivagem), 112, 113f
- Linhas glúteas, posterior/anterior/inferior, 203f, **204**
- Linhas mesoclaviculares, **348**, 349f, 705, 705f
- Linhas nucais, 161f, 162, 164f, 346
- Linhas supracondilares, medial e lateral, **207**, 207f
- Linhas/discos Z, 258f, **259**
- no músculo cardíaco, 255f, 599, 599f, 600, 600f
 - no músculo esquelético, **255**, 256f, 257f
 - mecanismo de filamentos deslizantes da contração, 261, 261f
- Lipase salivar, 720, 734f
- Lipase(s)
- gástrica, 724, 734f
 - salivar, 720, 734f
- Lipídio(s), 4. *Veja também* Gordura(s)/lipídio(s)

- metabolismo dos, retículo endoplasmático liso e, 31
na membrana plasmática, 25f, 27
no citoplasma, 34
- Lipídios da membrana, 25f, 27
- Lipofuscina, 468
- Lipoproteína(s)
de baixa densidade, 28, 28-29, 29b, 644b
na aterosclerose, 29b, 644b
transporte de, 28-29
- Lipoproteínas de baixa densidade (LDLs), 28
aterosclerose e, 29b, 644b
transporte das, 28-29
- Líquido amniótico, 52
Exame (amniocentese), 63
- Líquido cefaloraquidiano (LCR), 373, 415, 418-421, 420f
amostras, 427b
- Líquido intersticial (tecido), 83
- Líquido tecidual *veja* Fluido intersticial
- Lisossomos, 24, 25, 26f, 32, 32f
na doença de Tay-Sachs, 31b
- Lisozima, no fluido lacrimal, 512
- LM *veja* Microscopia de luz.
- Lobo anterior
da Hipófise. *Veja* Hipófise anterior
do cerebelo, 397, 398f
- Lobo caudado, do fígado, 736, 737f
- Lobo direito, do fígado, 736f, 436, 737f
- Lobo esquerdo, do fígado, 736f, 736, 737f
- Lobo floculonodular, 396, 398f
- Lobo frontal, 393f, 402, 403f, 404t, 405f, 409-410f
artérias que abastecem o, 625f
desenvolvimento do, 437
- Lobo médio do pulmão, 683f, 686, 687f
- Lobo occipital, 402, 403f, 404t, 406f, 522f
artérias que abastecem o, 625f, 626
- Lobo parietal, 402, 403f, 404t, 406f, 409-410f
- Lobo posterior
da Hipófise *veja* parte posterior da hipófise
do cerebelo, 397, 398f
- Lobo quadrado, do fígado, 736, 737f
- Lobo temporal, 393f, 402, 403f, 404t, 405f, 406f, 409-410f
artérias que suprem o, 625f, 626
- Lobo(s)
da glândula exócrina multicelular, 75
da glândula mamária, 799-800, 800f
da glândula tireoide, 551, 552f
do fígado, 736f, 736, 737f
do rim, 753
dos hemisférios cerebrais, 402, 403f
dos pulmões, 683f, 686, 687f
- Lobos inferiores do pulmão, direito e esquerdo, 683f, 686, 687f
- Lobos superiores do pulmão, direito e esquerdo, 683f, 686, 687f
- Lóbulo(s)
da glândula mamária, 800, 800f
da orelha, 346, 347, 525, 526f
do fígado, 736, 738f
do pulmão, 686, 687f
do testículo, 776-777, 777f, tímico, 662, 663f
- Lóbulos hepáticos, 736
- Lóbulos tímicos, 662, 663f
- Local de aplicação de injeção ventro glútea, 354b
- Lordose, 188-189, 188-189f, 190
- Lubrificação, 221
- Lumpectomia, 810
- Lúnula, 116, 116f
- Luxações/deslocamentos, 245
da articulação do cotovelo, 237b
da articulação do ombro, 236b
da articulação temporomandibular, 232b
do quadril, congênicas, 213-214, 213f
- Luz
captura pelos pigmentos visuais, 515, 517-518f
focalização na retina, 516f, 517-518f, 519-520, 520f
no recém-nascido/bêbê, 536
transornos de, 520-521b
reflexo pupilar e, 515
- Luz, vaso sanguíneo, 613, 614f, 615f, 618t
- Macrófago(s), 42, 43f, 80f, 81, 574
alveolar, 685f, 686
apresentação de antígeno pelo, 660
estrelado(hepático), 736, 738f
formação do, 577f
na regeneração nervosa do SNP, 381, 382f
na resposta imune, 658, 658f
no reparo tecidual, 99f, 100
- Macrófagos errantes, 577f
- Macrófagos estrelados (hepáticos), 736, 738f
- Macrófagos hepáticos (estrelados), 736, 738f
- Macromoléculas, 4
transporte de, 28
- Mácula densa, 760f, 761
- Mácula lútea, 514f, 517-518, 517-518f
- Mácula(s), do utrículo e sáculo, 529f, 531-532, 532f
- Mal de Parkinson (doença de Parkinson), 394-395, 414b
- Malares, 173, 717
- Maléolos, medial e lateral, 209f, 210t, 211, 355f, 356, 356f
fratura dos, 211b
- Malformação arteriovenosa, 643
- MALT *veja* Mucosa associada ao tecido linfático
- Mama, 5f, 121, 787, 799-800, 800f
câncer de, 800, 808-810, 808f
gravidez/lactação e, 799, 800, 800f
prolactina afetando as, 546, 550t
- Mamilo(s), 799, 800f
- Mamograma/mamografia, 16, 808, 808f
- Manchas ácidas, 14
- Manchas roxas (hematomas), 115
- Mandíbula, 159f, 160f, 161f, 162f, 163f, 168f, 169-170, 170f, 172f, 346f, 347
movimentos da, 226f, 227, 231-234, 232f
- na articulação temporomandibular, 231, 232f
no recém-nascido, 188-189
proeminências ósseas da, 139t
- Manguito rotador, 233-234, 235f, 315t
- Manobra de Valsalva, 306t, 681
- Manúbrio, 185f, 187, 233f
- Mão. *Veja também* Membros superiores
anatomia superficial da, 353, 353f
músculos que controlam o movimento do, 287f, 288t, 319-324t, 320-321f, 323f, 324f
músculos intrínsecos, 319t, 325-327t, 326f
ossos da, 200-201, 200f, 201t
"Mão de macaco", 469b
"Mão em bênção", 469b
Mão em garra, 469b
Marcações ósseas, 138, 139t, 152
- Marcapasso, 601b. *Veja também* Células marcapasso
- Marcos, superfície anatômica e, 2
no abdome, 348, 349
no pescoço, 347-348, 349f
no tórax, 349, 349f
- Margem anterior, da tibia, 208-209f, 210t, 211, 355f, 356
- Margem costal, 185f, 187, 348, 349f
- Margem pélvica, 203f, 204f, 205
masculina *versus* feminina, 206t
- Margem supraorbital, 162, 162f, 163f
- Margem vertebral (medial) da escápula, 195
- Martelo, 172t, 526f, 527, 528f, 531f
desenvolvimento do, 535f
- Massa celular interna, 50, 51f, 52f, 802, 802f
- Massa intermediária (aderência intertálâmica), 399, 400f
- Massa lateral, do atlas, 181, 181f
- Massa óssea, envelhecimento/osteoporose afetando a, 150-151, 152
- Mastectomia radical, 808-810
- Mastectomia, 808-810
linfedema do braço e, 654b
- Mastigação (mastication), 710, 710f
músculos da, 295t, 296f
desenvolvimento dos, 279, 280f
inervação dos, 295t, 454-455t
- Mastócitos, 80f, 81, 574
- Mastoidite, 160f, 161f, 163f
- maternos, resistência a doenças nos neonatos e, 804-805
- Matriz
centrossomo, 24f, 34, 35f
extracelular, 66
cartilagem, 94, 93f, 131, 131f, 132b
tecido conjuntivo, 80, 80f, 82t, 81, 93f
mitocondrial, 33, 33f
osso, 91f, 94, 133-134, 143, 143f
pelo, 118f, 119
sangue (plasma), 82t, 81, 91f, 94, 568, 568f
unha, 116, 116f
- Matriz capilar, 118f, 119
- Matriz extracelular, 66
cartilagem, 94, 93f, 131, 131f, 132b
tecido conjuntivo, 80, 80f, 82t, 81, 93f
Medula
linfonodo, 656f, 663
lóbulo tímico, 662, 663f
ovariana, 789, 789f
pelo, 116, 118f
renal, 752-753, 753f, 754f, 757f, 758f
suprarrenal *veja* Medula suprarrenal
- Medula (óssea) *veja* Medula óssea
- Medula do ovário, 780, 780f
- Medula do osso, 94, 93f, 131, 131f, 132b
- tecido conjuntivo, 80, 80f, 82t, 83, 93f
- Matriz óssea, 91f, 94, 133-134
na ossificação intramembranosa, 143, 143f
- Maxila *veja* Mandíbula
- Maxila(s), 159f, 160f, 161f, 162f, 163f, 164f, 168f, 170-173, 170f, 172t, 174f, 176f, 675, 675f
- ME *veja* Microscopia eletrônica
- Meato (proeminência óssea), 139t
- Meato acústico
externo (canal auditivo externo/canal do ouvido), 161f, 163, 164f, 165f, 171t, 232f, 346f, 347, 525, 526f
desenvolvimento de, 535, 535f
interno, 165, 166f, 168f, 171t, 456t, 457t
- Meato acústico externo (orelha externa/canal auditivo), 161f, 163, 164f, 165f, 171t, 232f, 243f, 347, 525, 526f
- Meato acústico interno, 165, 166f, 168f, 171t, 456t, 457t
desenvolvimento do, 535, 535f
- Meato nasal inferior, 174f, 175, 676f
- Meato nasal médio, 174f, 173, 676f
- Meato nasal superior, 174f, 173, 676f
- Meatos nasais, 174f, 173, 676f, 677
- Mecanismo contracorrente de Troca de calor, nos testículos, 778
- Mecanismo renina-angiotensina, 557-558, 761
- Mecanorreceptores de adaptação lenta, 448
- Mecanorreceptores de adaptação rápida, 448
- Mecanorreceptores, 447, 448
- Mediadores químicos no processo inflamatório, 99, 99f
- Mediadores, inflamatórios, Medial (termo), 7, 8t
- Mediastino, 11, 11f, 687f, 688f
coração no, 586, 587f, 687f, 688f
esôfago no, 688f
linfonodos no, 654
- Medicações
penetração na pele (transdérmicas), 113b
contracepção e, 797b
uso durante a gravidez e, 62b
- Medição do comprimento cranio-nádega (CCN), durante o período fetal, 60-61t
- Medição, sistemas de, 6
- Medula
linfonodo, 656f, 663
lóbulo tímico, 662, 663f
ovariana, 789, 789f
pelo, 116, 118f
renal, 752-753, 753f, 754f, 757f, 758f
suprarrenal *veja* Medula suprarrenal
- Medula (óssea) *veja* Medula óssea
- Medula do ovário, 780, 780f

- Medula espinal cervical, 422f, 423f
 tractos ascendentes e, 429f
 vias descendentes e, 431f
- Medula espinal lombar, 423, 423f
 compressão da, **472b**
 tratos ascendentes e, 429f
 vias descendentes e, 431f
- Medula espinal sacral, 423, 423f
- Medula espinal torácica, 422f, 423, 423f
- Medula espinal, 4f, 363, 363f, 364f, **421-426**, 422f, 423f, 424-425f
 desenvolvimento da, **54-55**, 55f, 389f
 funções da, 421
 no arco reflexo, 377, 377f, 378f, 380f, 421
 proteção da, 422f, 426
 regulação autônoma pela, 501, 501f. *Veja também* Reflexos viscerais
 segmentos da, 422f, **423**, 423f
 substância branca da, 375, 375f, 391f, 424-425, 425f
 substância cinzenta da, 375, 375f, 391f, 425-426, 425f, 426f
 transtornos/danos e, 426b, 433
 regeneração e, **381b**
- Medula óssea, 136, 136f, **575-576**, 576f, 579, 658, 662
 amarela, 136, 136f
 câncer da (leucemia), **164**
 diferenciação/ativação de linfócitos e, 659f, 660, 662
 hematopoiese na, **575-576**, 576f, 579
 vermelha, 5f, **575**, 578f
- Medula óssea amarela, 136f, 137, **575**
- Medula óssea vermelha
 diferenciação/ativação de linfócitos e, 143f
 hematopoiese na, 5f, **575**, 576f
 na ossificação intramembranosa, 5f, **575**, 576f
- Medula renal, **752-753**, 753f, 754f, 757f, 758f
- Medula suprarrenal, **498**, 543, **555**, 554f
 desenvolvimento/envelhecimento e, 562
 inervação simpática/efeitos autonômicos e, 492r, 497f, **498**, 498f, 545, 544f, 555
- Megacarioblastos, 577f, **578**
- Megacariócitos, 575, 577f, **578**.
Veja também Plaqueta(s).
- Megacolon congênito, (doença de Hirschsprung), **502**
- Megacolon congênito (doença de Hirschsprung), **502**
- Meio de contraste, **16**
- Meio ocular, refratário, **520**
- Meio refratário, **520**
- Meiose
 fertilização e, 792, 793f, 801f
 na espermatogênese, 785f, **786**
 na ovogênese, 792, 793f, 794f
- Meiose I
 na espermatogênese, 785f, 786
 na ovogênese, 792, 793f
- Meiose II
 fertilização e, 792, 793f
 na espermatogênese, 785f, 786
 na ovogênese, 792, 793f
- Melanina, **109**, 110f, **114**
 cor da pele e, 110, **114**
 função protetora da, 109-110, 125
- Melanócito(s), **109**, 110f
 desenvolvimento do, 123-125
 na retina, 515
 pigmentação do pelo, 116, 116f
- Melanoma, **123-124**, 123f
- Melatonina, 401, 401b, 547, **557**
- Membrana basal, 67f, 68, **78**
 diabete e, **78b**
 glomerular, 755, 757f
- Membrana basilar, **529**, 530f
- Membrana celular *veja* Membrana plasmática
- Membrana cloacal, **704**
- Membrana cutânea, **94**, 95f. *Veja também* Pele
- Membrana de filtração, **755**, 756f
- Membrana fibrosa, da cápsula articular, **220**, 221f, 222f
 na articulação do ombro, 235f
 do olho, **513**, 513b, 514f
 desenvolvimento da, 524f, 525
- Membrana hialina, 118f, **119**
- Membrana interóssea
 na perna, 209f, **210**
 no antebraço, 198f, **199**
 no tornozelo, 243f
- Membrana mitocondrial externa, 33, 33f
- Membrana mitocondrial interna, 33, 33f
- Membrana oral, **744**
- Membrana otolítica, **532**, 532f
- Membrana plasmática, 24f, **25**, 25-29, 25f, 26f
 estrutura da, 25f, 27
 funções da, 27-28
 manutenção dos limites e, modelo do mosaico fluido da, 28
 permeabilidade seletiva da, 28
 transporte e, 27f, 28-29, 28f, 29f
- Membrana respiratória, **685-686**, 685f
- Membrana sinovial, **220**, 221f, 222f
 na articulação do cotovelo, 236f
 na articulação do ombro, 235f
 na articulação do quadril, 238f
 na articulação temporomandibular, 232f
- Membrana tectória, 530f, **531**
- Membrana timpânica (tímpano), **525**, 527f, 528f
 na audição, 531, 531f
 perfurada/rompida, **527b**
- Membrana tiro-hióidea, 679f
- Membrana vestibular, **529**, 30f
- Membrana(s). *Veja também* o tipo específico
 basal, 67f, 68, **78**
 cavidade corporal, 11-13, 11f, 12f
 celular *veja* Cobertura e revestimento de membrana plasmática, 67, **94**, 95f
 cutânea *veja também* Mucosa da pele, **94**, 95f. *Veja também* Membranas mucosas nuclear (envoltório nuclear), 24f, 26r, **35**, 36f
 óssea, 136-137, 136f
 permeabilidade da, 28
 transporte (difusão/osmose) e, 27f, 28. *Veja também* Transporte via membrana plasmática *veja* Membrana plasmática
 serosa, **12**, 12f, **94**, 95f. *Veja também* Membranas serosas
 sinovial *veja* Membrana sinovial
 Membranas mucosas, **94**, 95f
 da bexiga, 763
 da faringe, 676f
 da vagina, 798
 do canal anal, 736
 do ducto deferente, 779, 779f
 do esôfago, 721, 721f, 735f
 do estômago, 724, 725f, 735f
 do intestino delgado, 724-725, 726-728, 726f, 727f, 735f
 do intestino grosso, 732-733, 732-733f, 735f
 do tubo digestório, **711**, 712f
 dos ureteres, **761**, 762f
 nasais, 675
 envelhecimento afetando, 699
 inervação/efeitos autonômicos e, 489-490, 490f, 492-493r, 496, 497f
 respiratórias, 675
 traqueais, **682-683**, 682f
- Membranas serosas, **12**, 12f, **94**, 95f
 do estômago, 723f, 725f
 do intestino delgado, 727-728
 do intestino grosso, 736
 do tubo digestório (peritônio visceral), 92f, 706f, 707f, **708**, 712f, **713**
- Membro(s) (apêndices/extremidades), 6, 7f. *Veja também* Membros inferiores; Membros superiores
 amputação do, dor do membro fantasma e, 405b
 compartimentos musculares do, **283**, 283b
 dermatomas no, 476, 477f
 desenvolvimento do, **50**, 50f
 músculos do, 280f, **281**
- Membros inferiores. *Veja também* Pé; Perna; Coxa
 anatomia superficial dos, 353-357, 354b, 354f, 355b, 356f
 artérias dos, 623f, 631-633, 632f
 características estruturais/funcionais das articulações dos, 231r. *Veja também* a articulação específica
 dermatomas nos, 476, 477f
 doença venosa dos, **643**
 veias safenas nos, 642b, 643
 inervação dos
 plexo lombar e, 471f, **472**, 472r, **473f**
 plexo sacral e, **472-476**, **474f**, 475f, 476r
 músculos/compartimento musculares, 286, 284f, 285f, 289f, 290-291r
 desenvolvimento dos, 281
 ossos dos, 158f, 205-214, 210r
 pontos de pulso nos, 623f, 632b
 rotação dos, 224f
 trombose venosa profunda dos, **643**
 veias dos, 634f, 641-643, 642f
- Membros superiores. *Veja também* Braço; Antebraço; Mão
 anatomia de superfície dos, 350-353, 351f, 352f
 artérias dos, 623f, 627f, 628
 características estruturais/funcionais das articulações dos, 230r. *Veja também* a articulação específica
 dermatomas nos, 476, 477f
 inervação dos, 464-470, 466-467f, 450f-451, 470r
 movimentos angulares dos, 224f
 músculos/compartimentos musculares dos, 286, 287f, 285f, 287f, 275r
 desenvolvimento dos, 280
 ossos dos, 158f, 195-202, 201f
 pontos de pulsação nos, 623f, 627b
 veias dos, 634f, 637-638, 637f, 638f
- Memória imunológica *veja* Células de memória
 Memória operacional, 406f
 Memória, 406f, 411
 área de associação límbica e, 411
 córtex pré-frontal e, 406f, 411
 hipotálamo na, 401
- Menarca, 811
- Meninges
 cerebrais, 415, **417-418**, 418f, 419f
 espinhais, 422f, 424f, 425f, 426
 inflamação das (meningite), **427b**
- Meninges espinhais, 422f, 424f, 425f, 426
- Meningite, **427b**
- Meningocele, **435-437**
- Menisco lateral do joelho, 239f, **240**, 240f, 241f
- Menisco medial do joelho, 239f, **240**, 240f
 lesões do, 241b, 244, 244f
- Meniscos (discos articulares), 131, 221f, **222**
 da articulação do punho, 237f
 da articulação esternoclavicular, 233-234, 233f
 da articulação temporomandibular, 222, 231, 232f
 do joelho, 130f, 131, 221f, 222, 239f, **240**, 240f, 241b, 241f
 ruptura, 244, 244f
 lesões dos, 222, 241b
- Menopausa, **811**
- Mesangial/células mesangiais extraglomerulares, 760f, **761**
- Mesencéfalo, 389f, **390**, 390f, 391, 393f, 394-395f, 394-396, 396f, 400f
 desenvolvimento do, 389f, **390**, 390f
 funções do, 416r
 vias ascendentes e, 429f
 vias descendentes e, 431f
 vias visuais para o, 522-523
- Mesênquima, 53, 57, **80**, 85f, 100
 desenvolvimento da articulação a partir do, 247
 desenvolvimento do osso a partir do, 143, 143f, 152
 mesoderma como, 53
- Mesentério (mesentérios), 706-707f, **708**, 709f
- Mesentério dorsal, 706f, 707f, 708, 709f

- Mesentério ventral, 706f, 707f, **708**, 709f
- Mesocolo transverso, 707f, **708**, 709f, 710t, 729f
- Mesocolo, 707f, **708**, 709f, 710t, 729f
- Mesocolon sigmoide, 707f, **708**, 709f, 710t
- Mesoderma associado, 56, **57-58**
- Mesoderma da placa lateral, 55f, **56**, 59f
- Mesoderma esplâncnico, 55f, **56**, 58, 58f, 59f, 279, 280f, 649, 743
- Mesoderma extraembrionário, 803f, **804**
- Mesoderma intermediário, 55f, **56**, 57, 58f, 59f
- Mesoderma segmentado, 56, **57**
- Mesoderma somático, 55f, **56**, 58, 58f, 59f
- Mesoderma, **52**, **53**, 53f, 54f, 803f desenvolvimento do tecido muscular e, 57, 268f, 269 diferenciação/derivados do, 55f, 56, 57-58, 58f, 59f esplâncnico, 55f, **56**, 58, 59f, 279, 280f, 647, 743 extraembrionário, 741f, **742** intermediário, 55f, **56**, 57, 58f, 59f não segmentado, 56, **57-58** placa lateral, 55f, **56**, 59f segmentado, 56, **57** somático, 55f, **56**, 58, 58f, 59f
- Mesométrio, 788f, **790**, 791f
- Mesonefro, **767**, 768f, 809f, 810
- Mesossalpinge, 788f, **790**, 791f
- Mesotélio, **94**
- Mesovário, **787**, 788f
- Metabolismo celular, efeitos autonômicos e, 492t
- Metacarpo (palma da mão), **200**, 200f
- músculos do, 325-327, 326f ossos metacarpais, 158f, **200**, 200f, **201t**
- Metáfase, na mitose, 39, 39f, 41f
- Metamielócitos, 577f, **578**
- Metanefro, **767**, 768f
- Metarteriola, **617-618**, 618f
- Metástase, **102b**
- Metatarsal/metatarso, 158f, **210t**, 211f, 242f, 243f
- fratura por estresse, **212b**
- Metatarso, **212**
- fratura por estresse do, **212b** metatarsais, 158f, **210t**, 211f, **212**, 242f, 243f
- Metencéfalo, 389f, **390**, 390f
- Método do ritmo (tabela), da contração, 797b
- Métodos comportamentais, para contração, **797b**
- Métodos de abstinência, de contração, 797b
- Métodos de barreira, para contração, 797b
- MEV *veja* Microscopia eletrônica de varredura
- Meynert, núcleo da base de, 414
- Mialgia, **269-270**
- Micção (reflexo de micção), 499, 501, 763, **765-766**, 765f, 766b
- Micção/reflexo de micção, 499, 501, **765-766**, 765f, 766b desenvolvimento do controle da, 769-770
- Microangiopatia do diabetes, 558, **643**
- transplante de pâncreas para, **562**
- Microcefalia, **438**
- Microfilamentos, 27t, **34-35**, 35f
- Micrometer, **6**
- Microscopia eletrônica transmissão, **14**, 14f varredura, 14f, **15**
- Microscopia eletrônica de varredura (MEV), 14f, **15**
- Microscopia, **15**, 16f artefatos e, 17 eletrônica de varredura, 16f, **17** ótica e eletrônica, 15-**16**, 16f preparação do tecido para, 16
- Microscópio eletrônico de transmissão (MET), **14**, 14f
- Microscópio ótico, **14**, 14f
- Microtúbulo(s), 25f, 27t, **35**, 35f, 36f cinetócoro, 40f, 41f nos cílios, 78, 79f polar, 40f, 41f
- Microtúbulos do cinetócoro, 40f, 41f
- Microtúbulos polares, 40f, 41f
- Microvilosidades, 67f, **78**, 78f no intestino delgado, **726** no túbulo contorcido proximal, 757f, 758
- Mídia, refratária, **520**
- Mielencéfalo, 389f, **390**, 390f
- Mielina, **373**, 376f na esclerose múltipla, 380
- Mielite, **438**
- Mieloblastos, 577f, **578**
- Mielócitos, 577f, **578**
- Mielograma, **438**
- Mielomeningocele, **435-437**, 437f
- Mineralocorticoides, **6** doença de Addison e, **556** na resposta ao estresse, 561
- Minipill*, para contração, 797b
- Miniválvulas, capilares linfáticos, 653-654, 653f
- Mio-(prefixo), **253**
- Mioblastos, 268f, 269 na distrofia muscular, 268
- Miocardio, **580-589**, 580f, 589f, 591f, 592f. *Veja também* Músculo cardíaco/tecido muscular cardíaco
- Miocardite, **608**
- Miofibrila, cardíaca, 598
- Miofibras cardíacas, 598
- Miofibrilas, 96, **253** músculo cardíaco, 266t, 599, 600f músculo esquelético, 254t, **257-258**, 258f, 261f, 266t musculação afetando as, 265
- Miofilamentos, 96, **253** no músculo esquelético, 254t, 258f musculação afetando os, 265 no músculo liso, 714
- Mioglobina, 265
- Miométrio, 788f, **791**, 792f
- Miopatia, **269-270**
- Miopina, **520b**, 521b
- Miosina, **33**, 253, 254t, 257. *Veja também* Filamentos de miosina (espessos) musculação afetando a produção de, 265
- Miótomo, **57**, 58f, 59f, 279, 280f, 281
- Miotubos, 268f
- Miringotomia, **527b**
- Mis-(prefixo), **253**
- Mitocôndria, 25f, **26**, 27t, **34**, 34f no esperma, 787 no músculo cardíaco, 599, 599f, 600f no músculo esquelético, 258f, 261f nos terminais axônicos, 368, 368f produção de ATP na matriz mitocondrial, 34
- Mitose, **39**, 39f, 40-41 na espermatogênese, 784-786, 785f na ovogênese, 793f
- Mixedema, 550t, **560**
- Modelo da cartilagem, 144, 144f
- Modelo de cartilagem hialina, 144, 144f
- Modelo de filamentos deslizantes da contração, **261**, 261f no músculo cardíaco, 598 no músculo liso, 714, 714f
- Modelo de mosaico fluido, 25f, 27
- Modiolo, **529**, 530f
- Moduladores seletivos do receptor de estrogênio, para osteoporose, 151
- Molares, 718f, **719**
- Molécula(s), 4
- Monoblastos, 577f, **578**
- Monócitos, 569f, 571-572, 571-572f, 573t, **574** formação dos, 577f macrófagos derivados dos, **574**, 577f
- Mononeuropatia, 477-478
- Mononucleose, **666**
- Monte do púbis, 788f, 798f, **799**
- Morfologia funcional, **2**
- Morfologia, **2**. *Veja também* Anatomia
- Morte celular necrose, **44** programada *veja* Apoptose
- Morte celular programada *veja* Apoptose
- Mórula, **50**, 51f
- Motor principal (agonista), **281**
- Movimento ameboide, 33
- Movimento biaxial, **227**, 229f
- Movimento de propulsão, dos cílios, 78, 79f
- Movimento de recuperação, dos cílios, 78, 78f
- Movimento multiaxial, **227**, 229f
- Movimento não axial, **227**, 228f
- Movimento peristáltico, 729, 731
- Movimento uniaxial, **227**, 228f
- Movimento. *Veja também o tipo específico* músculos no, **253** ações/interações e, 281-283, 282f nomenclatura dos músculos e, 283 nas articulações sinoviais, 222-227, 223-224f, 223t, 226f processamento cerebelar e, 397
- Movimentos corporais angulares, 222, 223-227, 223-224f, 223t
- Movimentos corporais deslizantes, 222, **222**, 223f, 223t, 228f na articulação do punho, 237
- na articulação temporomandibular, 231-234
- Movimentos do corpo. *Veja também* Movimento ações/interações musculares e, 282f nomenclatura dos músculos e, 283 nas articulações sinoviais, 222-227, 223-224f, 223t, 226f
- Movimentos do tronco, extensão, 223f músculos que controlam a, 300t, 301-303f, 301-302t flexão, 223f músculos que controlam a desenvolvimento dos, 278-280, 280f músculos da parede do abdome, 306-307t, 307-308f músculos do dorso, 300t 301-303f, 301-302t
- mRNA *veja* RNA mensageiro
- MS *veja* Esclerose múltipla
- MSH *veja* Hormônio melanócito-estimulante
- MSRE *veja* Moduladores seletivos do receptor de estrogênio
- mtDNA *veja* DNA mitocondrial
- Mucina, **75**, 75f
- Muco, **75** na fibrose cística, 694 produção pela submucosa da traqueia, 683 produção pelas glândulas cervicais, 790 produção pelas glândulas nasais, 675 produção pelas glândulas salivares, 720 produção pelo esôfago, 721 produção pelo estômago, 724, 735f produção pelo intestino delgado, 726 produção pelo intestino grosso, 732-733, 735f
- Muco cervical, 790
- Mucosa associada ao tecido linfático (MALT), **660**, 660f, 662, 665, 711, 727-728, 727f
- Mucosa nasal, 675-677 envelhecimento afetando a, 699 inervação/efeitos autonômicos e, 489-490, 490f, 492-493t, 496, 497f
- Mucosa respiratória, 675
- Mucosa(s), **94**, 95f. *Veja também* Membranas mucosas
- Mulher(es) pelve na, 205, 206t puberdade na, 811 uretra na, 762f, 764, 764-765, 764f, 788f
- Musculação, fibras musculares afetadas pela, 265, 270
- Músculo abaixador do ângulo da boca, 293f, **293t**, 294
- Músculo abaixador do lábio inferior, **292t**, 293f, 294f
- Músculo abductor curto do polegar, **325t**, 326f
- Músculo abductor do dedo mínimo da mão, **325t**, 326f inervação de, 325t, 412f do pé, **342t**, 343f
- Músculo abductor do hálux, 342t, 343f

- inervação do, 329*t*, 457*f*
 Músculo abdutor longo do polegar, 287*f*, 288*t*, 322*f*, **324*t***, 326*f*
 inervação do, 324*t*, 467*f*
 tendão do, 353
 Músculo adutor curto, 290*t*, 331*f*, **331*t***
 inervação do, 311*t*, 473*f*
 Músculo adutor do hálux, **344*t***, 345*f*
 Músculo adutor do polegar, **325*t***, 326*f*
 inervação de, 325*f*, 467*f*
 Músculo adutor longo, 284*f*, 290*t*, **329*t***, 330*f*, 331*f*, 335*f*, 355*f*, 356
 inervação de, 473*f*
 Músculo adutor magno, 285*f*, 290*t*, 330*f*, 331*f*, **331*t***, 333*f*, 335*f*
 inervação de, 331*t*, 473*f*, 474*f*
 tendão de, 239*f*
 Músculo anconeo, 288*f*, 34*f*, **318*t***, 323*f*
 inervação de, 318*t*, 468*f*
 Músculo aritenoide (músculo cricoarritenoide), 679*f*, 680*f*
 Músculo bíceps braquial, 275, 275*f*, 284*f*, 287*f*, 288*t*, 312*f*, 316*f*, 317*f*, **318*t***, 320*f*, 351-352, 351*f*
 inervação do, 318, 467*f*
 tendão do, 222*f*, 233-234, 235*f*, 320*f*, 321*f*
 Músculo bíceps femoral, 288*f*, 290*t*, **332*t***, 333*f*, 335*f*, 356, 356*f*
 inervação do, 332*t*, 474*f*
 Músculo braquial, 284*f*, 285*f*, 286*f*, 287*t*, 316*f*, 317*f*, 318*t*
 inervação do, 318*t*, 467*f*
 tendão do, 236*f*
 Músculo braquiorradial, 286, 287*f*, 288*f*, 289*f*, 290*t*, 316*f*, **318*t***, 319*t*, 320*f*, 322*t*, 323*f*, 324*f*, 352, 352-353, 352*f*
 inervação de, 318*t*, 322*t*, 468*f*
 tendão de, 321*f*
 Músculo bucinador, 293*f*, 294*f*, **294*t***, **295*t***, 296*f*, 299*f*
 inervação do, 294*t*, 295*t*
 Músculo bulboesponjoso, **309*t***, 310*f*, 752
 Músculo cardíaco/Tecido do músculo cardíaco, **96**, 97*f*, **253**, 266-267*t*, 580-581, 581*f*, **598-600**, 599*f*, 600*f*. *Veja também* Coração; Miocárdio
 contração do, 267*t*, 599-600
 inervação simpática e, 601, 602*f*
 envelhecimento afetando, 608
 estrutura do, 598-599, 599*f*, 600*f*
 músculo esquelético comparado com, 266-267*t*
 músculo liso comparado com, 266-267*t*
 sistema condutor/inervação e, 600-601, 601*f*, 602*f*
 tecido conectivo no, 287*t*, 589, 589*f*
 Músculo ciliar, **514**, 518*f*
 constritor faríngeo inferior, 299*f*, **299*t***, 720
 inervação/efeitos autonômicos e, 492*t*
 na focalização da luz, 520, 520*f*
 Músculo constritor faríngeo médio, 299*f*, **299*t***, 720
 Músculo constritor faríngeo superior, 299*f*, **299*t***, 720
 Músculo córacobraquial, 288*t*, 312*f*, **315*t***, 316*f*, 317*f*, **317*t***
 Músculo corrugador do supercílio, **292*t***, 293*f*
 Músculo cremaster, 776, 776*f*, 811*f*
 Músculo cricoarritenoide (músculo aritenoide), 679*f*, 680*f*
 Músculo dartos, **776**, 776*f*
 Músculo deltoide, 275, 275*f*, 284*f*, 285*f*, 288*f*, 312*f*, 314*f*, **315*t***, 316*f*, 350*f*, 351, 351*f*, 352*f*
 Músculo detrusor, **763**, 763*f*, 764*f*
 Músculo digástrico, **295*t***, **297*t***, 298*f*
 Músculo dilatador da pupila, 515, 515*f*
 Músculo epicrânio (occipitofrontal), 284*f*, 286*f*, **292*t***, 293*f*, 294*f*, 346, 346*f*
 Músculo escaleno anterior, 390*t*, 301*f*
 Músculo escaleno médio, 390*t*, 301*f*
 Músculo escaleno posterior, 390*t*, 301*f*
 Músculo esfíncter da pupila, 515, 515*f*
 Músculo espinal do pescoço/tórax, **190**
 Músculo estapédio, **528**, 528*f*
 Músculo esternocleidomastóideo, 284*f*, 285*f*, 293*f*, 294*f*, 298*f*, **300*t***, 301*f*, 312*f*, 347*f*, 348, 691
 desenvolvimento do, 279
 nervo acessório suprimido o, 300*t*, **460*t***
 Músculo esternohióideo, 284*f*, **297*t***, 298*f*
 Músculo esternotireóideo, **284*t***, 298*f*
 Músculo estilofaríngeo, 296*f*
 nervo glossofaríngeo suprimido o, **458*t***
 Músculo estiloglossos, **295*t***, 296*f*
 Músculo estilohióideo, 296*f*, **297*t***, 298*f*
 Músculo extensor curto do hálux, 338*f*
 Músculo extensor curto do polegar, 288*t*, 323*f*, **324*t***
 inervação do, 324*t*, 468*f*
 tendão do, 353, 353*f*
 Músculo extensor do dedo mínimo, 322*t*, 323*f*
 Músculo extensor do indicador, 288*t*, 323*f*, **324*t***
 inervação do, 324*t*, 468*f*
 Músculo extensor longo do hálux, 291*t*, **336*t***, 337*f*, 338*f*
 inervação do, 336*t*, 474*f*
 tendão do, 337*f*, 355*f*, 356
 Músculo extensor longo do polegar, 288*t*, 323*f*, **324*t***
 inervação do, 324*t*, 468*f*
 tendão do, 353, 353*f*
 Músculo extensor palmar, 286*f*, 288*t*, **322*t***, 323*f*, 324*f*, 356
 curto, 338*f*, 342*t*, 474*f*
 inervação do, 322*f*, 336*t*, 342*t*, 468*f*, 474*f*
 longo, 275, 275*f*, 285*f*, 291*t*, 336*t*, 337*f*, 338*f*, 474*f*
 tendão do, 337*f*, 356
 tendões do, 353, 353*f*, 355*f*
 Músculo extensor radial curto do carpo, 288*t*, **322*t***, 323*f*
 inervação do, 322*t*, 468*f*
 tendão do, 323*f*
 Músculo extensor radial longo do carpo, 286*f*, 288*t*, 320*f*, 321*f*, **322*t***, 323*f*, 324*f*
 inervação do, 322*t*, 468*f*
 tendão do, 323*f*
 Músculo extensor ulnar do carpo, 286*f*, 288*t*, **322*t***, 323*f*, 324*f*
 inervação do, 322*t*, 468*f*
 tendão do, 323*f*
 Músculo fibular longo (perônio), 291*t*, 338*f*, **339*t***, 340*f*, 341*f*
 inervação do, 339*t*, 474*f*
 tendão do, 338*f*
 Músculo fibular curto, 291*t*, 338*f*, **339*t***, 340*f*, 341*f*
 inervação do, 339*t*, 474*f*
 Músculo fibular longo, 284*f*, 285*f*, 291*t*, **336*t***, 337*f*, 338*f*, 340*f*, 341*f*, 343*f*
 inervação do, 336*t*, 474*f*
 tendão do, 338*f*, 356*f*
 Músculo fibular terceiro (perônio), 291*t*, 336*t*, 337*f*, 338*f*
 inervação do, 336*t*, 474*f*
 Músculo flexor acessório (quadrado plantar), **342*t***, 343*f*, 345*f*
 inervação do, 319*t*, 467*f*
 tendão do, 326*f*, 352*f*, 353
 Músculo flexor curto do dedo mínimo da mão, **325*t***, 326*f*
 do pé, 343*f*, **344*t***, 345*f*
 Músculo flexor curto do hálux, 343*f*, 344*t*, 345*f*
 inervação do, 344*t*, 474*f*
 Músculo flexor curto do polegar, 325*t*, 326*f*
 Músculo flexor curto dos dedos, **342*t***, 343*f*
 inervação do, 342*t*, 474*f*
 Músculo flexor longo do hálux, 291*t*, 338*f*, **339*t***, 341*f*
 inervação do, 339*t*, 474*f*
 tendão do, 343*f*, 345*f*
 Músculo flexor longo do polegar, 288*t*, 321*f*, **322*t***
 inervação do, 322*f*, 467*f*
 tendão do, 321*f*, 326*f*
 Músculo flexor longo dos artelhos, 291*t*, **339*t***, 341*f*
 inervação do, 339*t*, 474*f*
 tendão do, 242*f*, 343*f*, 345*f*
 Músculo flexor profundo dos dedos, 288*t*, 321*f*, **322*t***, 324*f*, 326*f*
 inervação do, 322*t*, 467*f*
 tendão do, 321*f*, 326*f*
 Músculo flexor radial do carpo, 285*f*, 288*t*, 320*f*, 324*f*, 353*f*
 Músculo flexor superficial dos dedos, 288*t*, 320*f*, **320*t***, 321*f*, 324*f*, 326*f*, 353*f*
 inervação do, 320*t*, 467*f*
 tendão do, 321*f*, 326*f*
 Músculo flexor ulnar do corpo, 286*f*, 288*f*, **319*t***, **320*t***, 323*f*, 324*f*, 353*f*
 inervação do, 319*t*, 320*t*, 467*t*
 tendão do, 321*f*, 326*f*, 352*f*, 353
 Músculo gastrocnêmio, 239*f*, 284*f*, 285*f*, 290*t*, 291*t*, 333*f*, 337*f*, 338*f*, **339*f***, 340*f*, 341*f*, 356, 356*f*
 inervação do, 339*t*, 474*f*
 tendão do, 340*f*
 Músculo gêmeo inferior, 334*f*, **335*t***
 Músculo gêmeo superior, 334*f*, **335*t***
 Músculo genioglossos, 295*t*, 296*t*
 Músculo geniohióideo, 296*f*, 297*t*, 299*f*
 Músculo glúteo máximo, 285*f*, 290*t*, **332**, 333*t*, 334*f*, 354*f*
 inervação do, 332*t*, 475*f*
 Músculo glúteo médio, 285*f*, 290*t*, **332*t***, 333*t*, 334*f*, 354*f*
 na injeção intramuscular, 354*b*
 Músculo glúteo mínimo, 290*t*, **332*t***, 334*t*
 Músculo gracil, 284*f*, 285*f*, 290*t*, **329*t***, 330*f*, 333*f*, 335*f*
 inervação do, 329*t*, 473*f*
 Músculo hioglossos, **295*t***, 296*f*, 299*f*
 Músculo ilíaco, **327*f***, 330*f*
 inervação do, **327*t***, 473*f*
 Músculo iliococcígeo, 310*f*
 Músculo iliopsoas, 284*f*, 290*t*, **327*t***, 329*f*
 Músculo infraespinhal, 195, 233-234, 28*f*, 288*t*, 314*f*, **315*t***, 316*f*, **317*t***
 Músculo interespinhal, 303*f*
 Músculo interosseo dorsal
 Músculo isquiocavernoso, **309*f***, 310*f*
 Músculo latíssimo do dorso, 285*f*, 288*t*, **311*t***, 314*f*, **315*t***, 316*f*, 350, 350*f*, 692
 ações/interações e, 282*f*, 315*t*
 inervação do, 315*t*, 470*t*
 Músculo levantador da escápula, 285*f*, **311*t***, **313*t***, 314*f*
 Músculo levantador da pálpebra superior, 453*t*, 510*f*, **511**
 Músculo levantador do ânus, **308*t***, 310*f*, 730*f*
 Músculo levantador do lábio superior, **292*t***, 293*f*, 294*f*
 Músculo liso/tecido muscular liso, **96**, 97*f*, **253-256**, 266-267*t*, 713-717, 713*f*, 714*f*
 brônquico, 683*f*, 684, 713*f*
 contração do, 714, 714*f*
 energia para a, 267*t*
 regulação da, 267*t*
 estrutura do, 714, 713*f*
 inervação do, 256, 487, 714-716, 714*f*
 multiunitário, 267*t*, 714
 músculo cardíaco comparado ao, 266-267*t*
 músculo esquelético comparado ao, 266-267*t*
 no tubo digestório, 713-714, 713*f*, 714*f*
 nos vasos sanguíneos, 618*t*
 tecido conjuntivo no, 266*t*
 unitário, 267*t*, 714
 Músculo masseter, 284*f*, 293*f*, 294*f*, **295*t***, 296*f*, 347, 454*t*, 455*t*
 desenvolvimento do, 280*f*
 Músculo mental, 293*f*, **293**, 294*f*
 Músculo milo-hióideo, **295*t***, **297*t***, 298*f*, 299*f*
 Músculo multifido, 303*f*

- Músculo oblíquo externo, 280f, 285f, 303f, **306t**, 307f, 308f, 312f, 349, 349f, 692
- Músculo oblíquo inferior, 453t, **512**, 512f
- Músculo oblíquo superior, 453t, **512**, 512f
- Músculo obturador externo, 290t, 334f, **334t**
inervação do, 334t, 473f
- Músculo obturador interno, 390t, **335t**
- Músculo occipitofrontal (epicrânio), 284f, 285f, **292t**, 293f, 294f, 346, 346f
- Músculo omo-hióideo, **297t**, 298f
- Músculo oponente do dedo mínimo, **325t**, 326f
- Músculo oponente do polegar, **325t**, 326f
- Músculo orbicular da boca, 275, 275f, 284f, 293f, **293t**, 294f, 296f
- Músculo orbicular do olho, 275, 280f, 284f, **292t**, 293f, 294f, 510f, 511
- Músculo palmar longo, 284f, 288t, **319t**, 320f, 353f
inervação do, 319t, 467f
tendão do, 326f, 352f, 353
- Músculo pectíneo, 284f, 290t, **328t**, **329t**, 330f, 331f
- Músculo peitoral maior, 275, 275f, 284f, 288t, 307f, **311t**, 312f, **315t**, 316f, 348, 349f
ações/interações e, 282f, 315t
- Músculo peitoral menor, 284f, **311t**, 312f, 691
- Músculo perineal transverso, profundo, **309t**, 310f
superficial, **309t**, 310f
- Músculo piriforme, 290t, 334f, **334t**
inervação do, 334t, 475f
- Músculo plantar delgado, 290t, 291t, **339t**, 340f, 341f
inervação do, 339t, 474f
tendão do, 340f
- Músculo platísmo, 384f, 293f, 294f, **294t**, 298f
- Músculo poplíteo, 239f, 242, 290t, **339t**, 340f, 341f
inervação do, 339t, 474f
- Músculo pronador quadrado, 288t, **319t**, 321f, **322t**
inervação do, 322t, 467f
- Músculo pronador redondo, 284f, 287f, 288t, **319t**, 320f, 324f, 352, 352f, 353
inervação do, 319t, 467f
- Músculo psoas maior, **328t**, 330f
inervação do, 328t, 471f
- Músculo psoas menor, 330f
- Músculo pterigóideo lateral, 295, 296f, 454t
- Músculo pterigóideo medial, **295t**, 296f, 454t
- Músculo pubococcígeo, 310f
- Músculo quadrado femoral, 290t, 334f, **335t**
- Músculo quadrado lombar, **302t**, 303f, 330f, 691
- Músculo quadrado plantar (flexor acessório), **342t**, 343f
- Músculo quadríceps femoral, **342t**, 241f, **329t**, 330f, 335f, 355f, 356
tendão do, 239f, 240f, **329t**
- Músculo redondo maior, 285f, 288t, 314f, **315t**, 316f, **316t**, 350f, 351f
ações/interações e, 282f
- Músculo redondo menor, 233-234, 288t, 314f, **315t**, 316f, **317t**
inervação do, 317t, 468f
- Músculo reto do abdome, 284f, **306t**, 307f, **307t**, 308f, 312f, 349, 349f
- Músculo reto femoral, 275, 275f, 284f, 289f, 290t, **328t**, **329t**, 330f, 335f, 355f
inervação do, 329t, 473f
tendão do, 331f
- Músculo reto inferior, 453t, **512**, 512f
- Músculo reto lateral, 455t, **512**, 512f
- Músculo reto medial, 453t, **512**, 512f
- Músculo reto superior, 453t, **512**, 512f
- Músculo risório, **292t**, 293f, 294f
- Músculo sartório, 275, 275f, 284f, 290t, **329t**, 330f, 335f, 355f, 356
inervação do, 329t, 473f
- Músculo semiespinal da cabeça/pescoço/tórax, **302t**, 303f
- Músculo semimembrâneo, 285f, 290t, **332t**, 333f, 335f, 356, 356f
inervação do, 332t, 474f
tendão do, 239f
- Músculo semitendíneo, 285f, 290t, **332t**, 333f, 335f, 356, 356f
inervação do, 332t, 474f
- Músculo serrátil anterior, 284f, 307f, **311t**, 312f, 348, 349f
paralisia do, escápula alada e, 480
- Músculo sóleo, 284f, 285f, 291t, 337f, 338f, **339t**, 340f, 341f, 356, 356f
inervação do, 339t, 474f
- Músculo subclávio, **311t**, 312f
nervo para o, 311t
- Músculo subescapular, 195, 233-234, 235f, 288t, 312f, **315t**, 317f, **317t**
- Músculo supinador, 286, 288t, **319t**, 321f, 323f, 324f, **324t**
inervação do, 324t, 468f
- Músculo supraespinoso, 195, 233-234, 288t, 314f, **315t**, 316f, **317t**
- Músculo tarsal superior, 511
inervação/efeitos autonômicos e, 496
- Músculo târsico superior, 511
inervação/efeitos autonômicos e, 496
- Músculo temporal, 284f, 293f, 294f, **295t**, 296f, 346, 346f, 454t, 455t
desenvolvimento do, 280f
- Músculo tensor da fâscia lata, 284f, 290t, **328t**, 380f
- Músculo tensor do tímpano, **528**, 528f
- Músculo tensor do véu palatino, 299f
- Músculo tibial anterior, 284f, 289f, 291t, **336t**, 337f, 338f, 355f, 356
inervação do, 336t, 474f
tendão do, 337f
- Músculo tibial posterior, 242f, 291t, **339t**, 341f
inervação do, 339t, 474f
tendão do, 340f, 341f
- Músculo tíro-hióideo, 296f, **297t**, 298f
- Músculo transverso do abdômen, 284f, **306t**, 307f, 308f, 692
- Músculo transverso do tórax, 304t
- Músculo transverso profundo do períneo, **282t**, 310f
- Músculo transverso superficial do períneo, **309t**, 310f
- Músculo trapézio, 284f, 285f, 293f, 294f, **311t**, **313t**, 314f, 346, 347f, 348, 350, 350f
- Músculo traqueal, **654**, 655f
- Músculo triceps braquial, 284f, 285f, 287f, 288f, 316f, **318t**, 320f, 351f, 352, 352f
inervação do, 318t, 468t
- Músculo triceps sural, 289f, **339t**
- Músculo visceral, 256. *Veja também* *Músculo cardíaco*; *Musculatura lisa*
inervação do, 256
movimento e, 253
- Músculo zigomático, 284f, **292t**, 293t, 293f
- Músculo(s) eretor(es) do pelo, 108f, 118f, **119**
inervação/efeitos autonômicos e, 492t, 496, 497f
- Músculo(s) esquelético(s)/tecido muscular esquelético
ações/interações do, 281-283, 282f
anatomia macroscópica do, 254t, 256-257, 256f, 256-257f
anatomia microscópica/funcional do, 254t, 257-267, 258f, 261f. *Veja também* *Músculo(s) esquelético(s)/tecido muscular esquelético*, *contração do*
conexões do, 256f, 256-257, 256-257f
contração do, 261-261, 261b, 261f, 267t
comprimento da fibra que afeta a, 261
energia para a, 264-265, 267t
modelo de filamentos deslizantes da, 261-261, 261f
produção de calor e, **253**
regulação da, 267t
tipos de fibra que afetam a, 264-267, 265f
túbulos em T na, 261
unidade motora e, **263-264**, 264f
desenvolvimento/envelhecimento e, 269-270, 269b
esteroides anabólicos que afetam o, 269b, 269-270
estrutura e níveis organizacionais, 254t
desenvolvimento embrionário e, 279-281, 280f
fascículos do, 254t, 256f, **256-257**, 275
arranjos dos, 275, 275f
inervação do, 256-257, 261-264, 263f, 264f
junção neuromuscular e, **263**, 263f
- unidades motoras e, **263-264**, 264f
movimento e, 253
músculo cardíaco comparado com o, 266-267t
músculo liso comparado ao, 266-267t
nomenclatura, 283
organização baseada no desenvolvimento do, 279-281, 280f
sistemas de alavanca e, **277-279**, 277f, 278f
suprimento sanguíneo do, 256f, 256-257, 256-257f
tecido conjuntivo no, 254t, 256-257, 256f, 266t
tecido, 4f, 96, 96f, 252f, **252**, 254t, 256-270, 266-267t, 274-361, 284-285f. *Veja também o músculo específico e Sistema muscular*; *Fibras/células musculares esqueléticas*
transtornos do, 267-268, 268f
Músculos abdutores, da coxa, 328t, 333t
Músculos axiais, **279-281**, 280f
Músculos biarticulares (multiarticulares), 143
Músculos bipeniformes/padrão bipeniforme dos fascículos, **275**, 275f
Músculos branquioméricos, **279**, 280f
Músculos coccígeo, **309t**, 310f
Músculos constritores da faringe, **297t**, 299f, **299t**, 720
desenvolvimento dos, 279, 280f
Músculos constritores, faríngeos, **297t**, 299f, **299t**, 720
Músculos da parte anterior do antebraço/compartimento do músculo, 283, 287f, 318, 319-322, 320-321f
Músculos do arco faríngeo, **279**, 280f. *Veja também* *Faringe*, *músculos da*
Músculos dorsais intrínsecos (profundos), 300t, 301-303f, 301-302t
desenvolvimento dos, 279, 280f
inervação dos, 301-302t, 463
Músculos dorsais profundos (intrínsecos), 291t, 303f, 301-302t
Músculos eretores da espinha, **300t**, **302t**, 303f, 350, 350f
desenvolvimento dos, 280f
Músculos escalenos, **390t**, 301f
Músculos esplênios da cabeça/pescoço, 285f, 293f, 294f, **300t**, 301f, **301t**, 346
Músculos extensores das costas (músculos profundos/intrínsecos das costas), 300t, 301-303f, 301-302t
desenvolvimento dos, 279, 280f
inervação dos, 301-302f, 463
da coxa, 328t, 334f
desenvolvimento dos, 280f, 281
do antebraço, 287f, 318t, **319t**, 352f, 353
Músculos extrínsecos da língua, 295, **295t**, 296f, 460t
Músculos extrínsecos do ombro, 311-315t, 312-314f

- Músculos fibulares (peroneais), 289f, 355f, 356. *Veja também o músculo específico*
- Músculos flexores, da coxa, 328t, 330f desenvolvimento dos, 280f, 281 do antebraço, 287f, 318t, **319-322t**, 320-321f, 352f, 353
- Músculos iliocostais cervical/lombar/torácico, **302t**, 303f
- Músculos infra-hióideos, **297t**, 347f, 348, 720 desenvolvimento dos, 280f, 281
- Músculos intercostais, 187, 284f, 687f, 691 desenvolvimento dos, 280f externo, **304t**, 305f, 691, 693f interno, **304t**, 305f, 312f, 691, 692
- Músculos interósseos da mão, 323f, **325t**, 326f, **327t** inervação dos, 327t, 467f do pé, 344t, 345f
- Músculos interósseos palmares, 326f, **327t**
- Músculos interósseos plantares, **344t**, 345f
- Músculos intertransversários, 303f
- Músculos intrínsecos da língua, **295f**, 460t
- Músculos intrínsecos da mão (palma), 319t, 325-327t, 326f
- Músculos intrínsecos do pé, 289f, 290-291t, 342-345t, 343-345f
- Músculos longuíssimos da cabeça/pescoço/tórax, **302t**, 303f
- Músculos lumbricais da mão, 321f, **325t**, 326f, **327t** inervação dos, 467f do pé, **342t**, 343f inervação dos, 342t, 474f
- Músculos mesopalmares, 325t, 326f, 327t
- Músculos multiarticulares, 143
- Músculos oblíquos da parede do abdome desenvolvimento dos, 280f externos, 280f, 284f, **306t**, 307f, 308f, 312f, 349, 349f, 692 internos, 280f, 284f, **306t**, 307f, 308f, 692 do olho, 453t, 512, 512f
- Músculos oblíquos internos, 280f, 284f, **306t**, 307f, 308f, 692
- Músculos oculares extrínsecos, **512**, 512f, 513b desenvolvimento dos, 280f, 281
- nervo abducente que supre os, 455t, 512f
- nervo oculomotor que supre os, 449, 453t, 512f
- nervo troclear que supre os, 453t, 512f
- Músculos papilares, **589**, 592f, 593f, 594, 595f
- Músculos pectíneos, **589**, 591f, 592f inervação dos, 473f
- Músculos perineais transverso profundo, **309t**, 310f transverso superficial, **309t**, 310f
- Músculos peroneais (fibulares), 289f, 355f, 356. *Veja também o músculo específico*
- Músculos pterigóides, **295t**, 296f, 454t, 455t
- Músculos retos, do olho, 453t, 455t, 512, 512f
- Músculos romboides, 285f, **311t**, **313t**, 314f romboide maior, 285f, 313t, 314f romboide menor, 285f, 313t, 314f
- Músculos rotadores da coxa, laterais, 334f, 334-335t
- Músculos rotadores laterais, da coxa, 334f, 334-335t
- Músculos rotadores, 303f
- Músculos subcostais, 304t
- Músculos supra-hióideos, **297t**, 347f, 348, 720 desenvolvimento dos, 279, 280f
- Músculos vastos, 290t inervação dos, 473f intermédio, 289f, **329t**, 331f, 335f, 473f lateral, 284f, 289t, **329t**, 330f, 331f, 335f, 355, 473f na injeção intramuscular, 354b, 354f medial, 284f, **329t**, 330f, 331f, 335f, 355f, 473f
- Músculos/compartimento muscular posterior do antebraço, 286, 287f, 318t
- Mutações, na carcinogênese, 102b
- Mycobacterium tuberculosis*, 699
- na audição, 531, 531f
- na divisão celular, 37, 37f, 39f
- Nádegas, proeminência das, 353
- Nanismo hipofisário, 550t, **558**, 558f
- Nanismo psicossocial, **562**
- Nanismo, 146b
- pituitário, 550t, **558**, 558f
- Narinas, 673f, **675**, 675f, 676f
- Narinas internas (aberturas nasais posteriores), **675**, 676f
- Nariz externo, **675**, 675f
- Nariz, 346, 346f, **674-675**, 674t, 675f. *Veja também em Nasal*
- Nascimento, 805-807, 805f
- coração antes, 645f
- coração após, 646f, 647
- oxitocina no trabalho de parto e, 545, 549, 551t
- prematureo, **61**
- primeiras respirações após, 646f, 647, 698
- Navicular, 210t, 211f, **212**, 242f, 243f
- Necrose, **44**
- Néfron(s), **755-761**, 755f, 756f, 757f, 758f, 759f, 760f
- classe de, 758-760
- cortical, **758**, 759f
- justamedular, 759f, **760**
- urina produzida pelo, 755, 755f
- vasos sanguíneos associados aos, 759f, 760
- Néfrons corticais, **758**, 759f
- Néfrons justamedulares, 30f, **760**
- Neonato *veja* Recém-nascido
- Neoplasia benigna, **102b**
- Neoplasia, 102b
- maligno (câncer), 101, **102b**. *Veja também o tipo específico ou o órgão afetado*
- Neoplasma maligno (câncer), 101, **102b**. *Veja também o tipo específico ou o órgão afetado*
- Nervo(s), 5f, 363f, 364, **375-376**, **376f**, 376f, **444**. *Veja também*
- Parte periférica do sistema nervoso
- craniano, 160, 364, 364f, 393, 444, **449-461**, 450-451f, 452-460t
- desenvolvimento/envelhecimento e, 479-480
- espinal, 364, 364f, 444
- inflamação do (neurite), **480**
- lesões do, **480**
- misto, 444
- craniano, 451
- regeneração do, 381, 382f, 433, 480
- Nervo abducente (nervo craniano VI), 394f, 395, 450f, **451**, 451t, **455t**
- músculos extrínsecos do bulbo do olho ativados por, 453t, 512f
- paralisia de, 453t
- Nervo acessório (nervo craniano XI), 347f, 348, 394f, 394f, 450f, **451**, 451t, **460t**, 464f
- acionado pelo músculo trapézio, 313t, **460t**
- suprido pelo músculo esternocleidomastoide, 300t
- Nervo acessório espinal *veja*
- Nervo acessório
- Nervo acústico *veja* Nervo vestibulococlear
- Nervo alveolar inferior, 454t, 719
- Nervo auditivo. *Veja* Nervo vestibulococlear
- Nervo auricular magno, 464f, 464t
- Nervo auricular magno, 464f, 464t
- Nervo axilar, 465f, 466f, 468f, **470**, 470f
- deltóide inervado pelo, 315t, 468f
- músculo redondo menor inervado por, 317, 469f
- Nervo cervical transverso, 447f, 447t
- Nervo coclear, 457t, 526f, **529**, 529f, 530f
- Nervo cutâneo femoral anterior, 471f
- Nervo cutâneo femoral lateral, 471f, 472t, 473f
- Nervo cutâneo femoral posterior (cutâneo posterior da coxa), 474f, 475f, 476t
- Nervo cutâneo posterior, 470f
- Nervo dorsal da escápula, 470t
- músculos torácicos superficiais supridos pelo, 313t
- Nervo escapular dorsal, 470t
- Nervo facial (nervo craniano VII), 394, 394f, 450f, **451**, 451t, **456-457t**
- fibras parassimpáticas do, 456t, 457t, 489-490
- glândula salivar suprida pelo, 720
- músculo bucinador suprido pelo, 294t, 295t
- músculos da face supridos pelo, 292-294t, **456-457t**
- músculos do escalpo supridos pelo, 292t, 456t
- na orelha interna, 529f
- na via gustatória, 456t, 508, 508f
- Nervo femoral, 471f, **472**, 473f
- músculos da coxa/perna supridos pelo, 328t, 329t
- Nervo fibular (peroneal) comum, 472-476, 474f
- lesão do, 476b
- músculos da perna supridos pelo, 472-476, 474f
- músculos da perna supridos pelos, 336t, 339t, 474f, 475f, 476
- profundo, 475f, **476**
- músculos do pé supridos pelo, 342t
- músculos da perna supridos pelo, 336t, 339t, 475f, 476
- superficial, 475f, **476**
- músculos da perna supridos pelo, 336t, 339t, 475f, 476
- Nervo fibular (peroneal) superficial, 475f, **476**
- músculos da perna supridos pelo, 336t, 475f, 476
- Nervo fibular comum (peroneal), **472-476**, 474f, 475f
- Nervo fibular profundo (peroneal), 475f, **476**
- Nervo frênico, 347f, 348, **464**, 464f, 464t, 687f
- diafragma suprido pelo, 304t, 464, 464t, 691, 693f
- Nervo genitofemoral, 471f, 472t
- Nervo glossofaríngeo (nervo craniano IX), 393, 394f, 394f, 450f, **451**, 451t, **458t**
- fibras parassimpáticas do, 458t, 490
- inervação da glândula salivar e, 720
- lesão/inflamação do, 458t
- na via gustatória, 508, 508f
- Nervo glúteo inferior, 475f, **476**, 476t
- músculos da coxa e perna supridos pelo, 332t
- Nervo glúteo superior, 475f, **476**, 476t
- músculos da coxa e perna supridos pelo, 328t, 332t
- Nervo hipoglosso (nervo craniano XII), 393, 394f, 450f, **451**, 451t, **460t**, 464f
- danos ao, 460t
- músculos da língua supridos pelo, 295t, 393, **460t**
- Nervo ilioinguinal, 471f, 472t
- Nervo infraorbital, 454f
- Nervo interosseo posterior, músculos supridos pelo, 322t, 324t
- Nervo isquiático, **472**, 474f, 475f
- lesões do, **476b**
- injeção intramuscular glútea e, 354b
- músculos da coxa supridos pelo, 332t, 472, 475f
- Nervo lingual, 454t
- Nervo mediano, 465f, **466**, 466f, 467f, 470f
- compressão do nervo mediano na síndrome do túnel do carpo, **202b**
- lesões do, **469b**
- músculos da mãosupridos pelo, 325t, 327t
- músculos do antebraço supridos pelo, 319-322t, 465f
- Nervo musculocutâneo, 465f, **466**, 466, 467f, 470f

- coracobraquial suprido pelo, 317t, 467f
- músculos do antebraço supridos pelo, 318t, 467f
- Nervo obturatório, 471f, **472**, 473f
- músculos da coxa/perna supridos pelo, 329t, 331t, 334t
- Nervo occipital menor, 464f, 464t
- Nervo occipital, menor, 464f, 464t
- fibras parassimpáticas do, 489-490
- músculos oculares extrínsecos supridos pelo, 449, 453t, 512f
- paralisia do, 453t
- Nervo oculomotor (nervo craniano III), 394f, **449**, 450f, 451t, **453t**
- Nervo olfatório (nervo craniano I), **449**, 450f, 451t, **452t**, 676f
- filamentos do, 450f, **452t**, **509**, 509f
- Nervo óptico (nervo craniano II), 393f, 394f, **449**, 450f, 451t, **452t**, 514f, **515**, 516f, **521**, 522f
- danos ao, 453t, 521
- desenvolvimento do, 525
- Nervo peitoral lateral, 465f, 470t
- músculos torácicos superficiais supridos pelo, 311t
- peitoral maior suprido pelo, 315t
- Nervo peitoral medial, 465f, 470t
- músculo peitoral maior suprido pelo, 315t
- músculos torácicos superficiais supridos pelo, 311t
- Nervo peroneal (fibular) comum, **472-476**, 474f, 475f
- lesão do, 476b
- músculos da perna supridos pelo, 472-476, 474f, 475f
- músculos da perna abastecidos pelo, 336t, 339t, 474f, 475f, 476
- profundo, 475f, **476**
- superficial, 475f, **476**
- músculos da perna supridos pelo, 336t, 475f, 476
- Nervo plantar lateral, 472
- músculos do pé supridos pelo, 342t, 344t
- Nervo plantar medial, 472
- músculos do pé supridos pelo, 342t, 344t
- Nervo pudendo, 475f, **476**, 476t, 784
- Nervo radial, 465f, 466f, 468f, **470**, 470f
- lesões do, **469b**
- músculos do antebraço supridos pelo, 318t, 319t, 324t, 465f, 467f, 470f
- Nervo safeno, 471f
- Nervo subcostal, 463
- Nervo supraclavicular anterior, 464t
- Nervo supraclavicular médio, 464t
- Nervo supraclavicular posterior, 464t
- Nervo supraescapular, 470t
- músculos supridos pelo, 317t
- Nervo sural, **472**, 475f
- Nervo tibial, **472**, 474f, 475f
- lesão do, 476b
- músculos da perna supridos pelo, 339t, 472, 474f, 475f
- músculos do pé supridos pelo, 342t, 344t
- Nervo torácico longo, 465f, 466f, 470t
- lesão do, escápula alada e, 480
- músculos torácicos superficiais supridos pelo, 311t
- Nervo toracodorsal, 465f, 466f, 470t
- músculo do latíssimo do dorso suprido pelo, 315t, 470t
- Nervo trigêmeo (nervo craniano V), 395, 395f, 396f, 450f, **451**, 451t, **454-455t**
- divisão mandibular do (nervo craniano V3), **454-455t**
- músculos da mastigação supridos pelo, 295t, 454-455t
- divisão maxilar do (nervo craniano V₂), **454-455t**
- divisão oftálmica do (nervo craniano V1), **454-455t**
- na enxaqueca, 478
- mucosa nasal suprida pelo, 677
- Nervo troclear (nervo craniano IV), 394f, **449**, 450f, 451f, **453t**
- dano/paralisia do, 453t
- músculos oculares extrínsecos supridos pelo, 453t, 512f
- Nervo ulnar, 353, 465f, **466**, 466f, 467f, 470f
- lesões do, 327t
- músculos da mão supridos pelo, 325t, 327t
- músculos do antebraço supridos pelo, 320f, 321t, 465f
- Nervo vago (nervo craniano X), 299f, 313, 450f, **450**, 459t, 491f
- fibras parassimpáticas do, 490
- laceração do (vagotomia), **503**
- lesão/paralisia do, 459t, 460
- musculatura cardíaca/sinalização e, 601, 602f
- na deglutição, 459t, 720
- na fibra gustativa, 507f
- ramo laríngeo do, 459t, 681
- Nervo vestibular, 457f, 526f, **531**, 532f, 533f
- na orelha interna, 529f
- Nervo vestibulococlear (nervo craniano VIII), 394f, 395, **450**, 450f, 451f, **457t**, 528, 531, 531f, 534f. *Veja também* Nervo coclear; Nervo vestibular
- Nervos alveolares superiores, 454t, 719
- Nervos alveolares, inferiores e superiores, 454t, 719
- Nervos coccígeos, 423, 461, 461f
- Nervos cranianos, 160, 364, 364f, 393, 444, **449-461**, 450-451f, 452-460t. *Veja também* nervo específico
- Nervos cutâneos femorais, 472
- Nervos cutâneos, **464**
- anterior, 471f
- lateral, 471f, 472t, 473f
- posterior, 474f, 475f, 476f
- Nervos dorsais, do pênis, 784
- Nervos espinais cervicais, 422f, 423, 423f, 461, 461f, 464f, 464t
- músculos inervados pelo pescoço/coluna vertebral, 300-301t
- plexo cervical formado por, 463-464, 464f, 464t
- superficiais do tórax, 313t
- Nervos espinais torácicos, 422f, 423, 423f, 491f
- Nervos espinais, 364, 364f, 422f, 423, 423f, 425f, 426f, 444, **461-477**, 461f, 462f, 463f, 477-478b
- dermatômos inervados pelos, 476-477, 477f, 477-478b
- desenvolvimento/envelhecimento e, 479-480
- músculos supridos pelos, 401-302t
- Nervos espinais lombares, 422f, 423, 423f, 461, 461f
- lombos originando-se nos, 472
- plexo sacral originando-se nos, 472
- Nervos espinais sacrais, 422f, 423, 423f
- plexo sacral originando-se nos, 472
- Nervos esplâncnicos, 491f, 495, 495f, **496**, 497f, 724-725
- lombares, 491f, 497f, 498
- pélvicos, 490f, **490**, 731
- sacrais, 491f, 497f, 498
- torácicos, 491f, **496**, 724-725
- Nervos glúteos (superior e inferior), 475f, **476**, 476t
- músculos da coxa e perna supridos pelos, 328t, 332t
- Nervos intercostais, 461f, 462f, **463**, 691, 693f
- músculos abdominais supridos pelos, 306-307t
- músculos respiratórios supridos pelos, 304t, 691
- Nervos laríngeos recorrentes, 681, 681b
- Nervos mistos, 444
- cranianos, 451
- Nervos motores (eferentes), 375f
- cranianos, 451
- Nervos peitorais, 465f, 470t
- músculo peitoral maior suprido pelos, 315t
- músculos torácicos superficiais suprido pelos, 311t
- Nervos pélvicos (esplâncnicos), 490f, **490**, 731
- Nervos plantares, medial e lateral, **472**, 475f
- músculos do pé supridos pelos, 342t, 344t
- Nervos sacrais, 461, 461f
- músculos supridos pelos, 309t
- Nervos sensitivos (aférentes) cranianos, 451
- na pele, 108f, 109
- nas articulações sinoviais, 221
- Nervos subescapulares, 465f, 470t
- músculo redondo maior suprido pelos, 316t
- músculo subescapular suprido pelos, 317t
- Nervos supraclaviculares, 464f, 464t
- Nervos torácicos, 461, 461f, 465f, 466f, 470t
- longos, 465f, 466f, 470t
- lesão dos, escápula alada e, 480
- músculos torácicos superficiais supridos pelos, 311t
- Nervos(s) periférico(s) *veja* Nervo(s); Parte periférica do sistema nervoso
- Nervos/Neurônios/Tratos aferentes *veja* Nervos sensitivos (aférentes); Neurônios sensitivos (aférentes); Vias/Tratos sensitivos (ascendentes)
- Nervos/neurônios/tratos eferentes *veja* Nervos motores (eferentes); Vias/tratos motores (descendentes)
- Neuralgia do trigêmeo, **373b**
- Neuralgia pós-herpética, **477-478**
- Neurapraxia, 480
- Neurite, **480**
- Neuroblastoma, **385**
- Neuroblastos, 382-383, 383f, 502
- Neurofibrilas/neurofilamentos, **366**, 367f
- Neurógliia (células da neurógliia), **98**, 98f, 366, **372-375**, 372f
- desenvolvimento das, 382-383, 383f
- Neuro-hipófise (lobo posterior/Hipófise posterior), **546**, 546f, 549f
- desenvolvimento/envelhecimento e, 561f, 562
- hipotálamo na regulação da, 547-548, 549f
- hormônios da, 548-549, 551t
- Neuroimagem, funcional, **404**, 405f
- na doença de Alzheimer, 435, 435f
- Neurologista, **385**
- Neurônio pós-sináptico, **368**, 368f, 486
- Neurônio pré-sináptico, **368**, 368f, 485
- Neurônio(s) (células nervosas), 42-43, 43f, **98**, 98f, 366, **366-372**, 367f, 368f, 368-370t, **376**
- classificação dos, 368-372, 368-370t
- estrutural, 368-369, 369-370t
- funcional, 370, 370t
- corpo celular (soma) do, 98, 98f, **366**, 367f
- desenvolvimento dos, 100
- entéricos, 714-716. *Veja também* Sistema nervoso entérico
- interneurônios, **370**, 370t, 377, 378-379, 379f, 380f
- motores (eferentes), **261**, 263f, 264f, **370**, 370t. *Veja também* Neurônios motores (eferentes)
- desenvolvimento dos, 382-383, 383f, 479
- na contração da fibra muscular, **261**
- no arco reflexo, 377, 377f, 378f, 380f, 500f
- motores somáticos (MS), **365**, 365t, 485, 486f
- medula espinal, **426**, 426f, 431f
- motores viscerais (MV), **365**, **365-366**, 365t. *Veja também* Divisão autônoma do sistema nervoso; Sistema motor visceral (MV)

- no sistema nervoso autônomo *versus* somático, 485-487, 486f
- pós-sinápticos, **368**, 368f, 485
- pré-sinápticos, **368**, 368f, 485
- processos dos, 42-43, 43f, 98, 98f, **366-367**, 367f
- classificação e, 368-369, 368-370t
- regeneração dos, 381, 382f, 433
- sensitivos (aférentes), **370**, 370t. *Veja também* Neurônios sensitivos (aférentes)
- desenvolvimento dos, 382-383, 383f, 479
- no arco reflexo, 377, 377f, 378f, 380f, 500f
- sensitivos somáticos, **365**, 365t. *Veja também* Sistema sensitivo somático (SS)
- medula espinal, **426**, 426f
- sensitivos viscerais (VS), 499, 499f, 500f. *Veja também* Sistema sensitivo visceral (SV)
- medula espinal, **426**, 426f
- tipos de circuito e, 378-379, 379f
- Neurônios bipolares, 368, 368-370t
- Neurônios de primeira ordem, nas vias ascendentes, 428, 429f, 430
- Neurônios de segunda ordem, nas vias ascendentes, 428, 429f, 430, 430t
- Neurônios de terceira ordem, nas vias ascendentes, 428, 429f, 430, 430t
- Neurônios entéricos, 485, 500, 712f, **714-716**
- Neurônios motores (eferentes), **261**, 263f, 264f, **370**, 370t, 429-432, 431f
- desenvolvimento dos, 382-383, 383f, 479
- na contração muscular, **261**
- no arco reflexo, 377, 377f, 378f, 380f, 500f
- no sistema nervoso autônomo *versus* somático, 485, 486f
- nos cornos anteriores e lateral, 425, 426f
- somáticos (SM), **365**, 365t, 485, 486f
- medula espinal, **426**, 426f
- superiores e inferiores, 429-432, 431f, 432
- viscerais (VM/autônomos), **365**, **365-366**, 365t. *Veja também* Divisão autônoma do sistema nervoso; Sistema motor visceral (VM)
- medula espinal, **426**, 426
- α , 448f, **449**
- γ , 448f, **449**
- Neurônios motores autonômicos (viscerais), **365**, **365-366**, 365t. *Veja também* Sistema nervoso autônomo; Neurônios motores (eferentes); Sistema nervoso motor somático
- coluna vertebral, **426**, 426f
- Neurônios motores inferiores, 430-432, 431f
- Neurônios motores superiores, 430, 431f, 432t
- Neurônios multipolares, 368, 368-370t
- Neurônios pós-ganglionares, **485**, 486f, 487, 487
- desenvolvimento dos, 502
- na medula suprarrenal, 498
- no arco reflexo visceral, 450f
- Neurônios pré-ganglionares, **485**, 486f, 487
- desenvolvimento dos, 502
- no arco reflexo visceral, 500f
- Neurônios pseudounipolares, **368-370**, 368-370t
- Neurônios sensitivos (aférentes), **370**, 370t
- desenvolvimento/envelhecimento e, 411, 383f, 479, 480
- nos gânglios da raiz dorsal, 425, 426f
- no arco reflexo, 377, 377f, 378f, 380f, 500f
- somáticos (SS). *Veja também* Sistema sensitivo somático
- medula espinal, **365**, 365t
- viscerais (VS), 499, 499f, 500f. *Veja também* Sistema sensitivo visceral
- medula espinal, **426**, 426f
- Neurônios sensitivos olfatórios/receptores olfatórios, **508**, 509, 509f
- espermatozoides, 800-801
- Neurônios unipolares, **369-371**, 369-370t
- Neurônios/fibras eferentes alfa (α), 448f, **449**
- Neurônios/fibras gama (γ) eferentes, 448f, **449**
- Neuropatia autonômica, **488b**
- Neuropatia periférica, **477-478**
- Neuropatia, **385**
- autônoma, **488b**
- periférica, **477-478**
- Neurotome, 480
- Neurotoxina, **385**
- Neurotransmissor(es), 367
- na junção neuromuscular, 364
- no músculo liso, 714, 714f
- no sistema nervoso autônomo, 486f, 488t
- transferência de informação nas sinapses e, 368, 368f
- Neurotrofinas, 382-383
- Neurulação, **54-55**, 55f
- Neutrófilo(s), 80f, 81, 91f, 569f, 571-572, **571-573**, 571-572f, 573t
- formação do, 577f
- na infecção, 100, 571-573
- Nevo(s) (pele), **115b**
- melanoma surgindo no, 123-124
- Nevos pigmentados, **115b**
- Nevos, pigmentados, **115b**
- Nexos, 78. *Veja também* junções celulares
- Nicotina, 695-696b
- Nível celular, organização estrutural no, **3f**, **4**
- Nível do órgão, organização estrutural no, **3f**, **5**
- Nível químico, organização estrutural em, **2-4**, **3f**
- Nível tecidual, organização estrutural no, **3f**, **4-5**
- Nociceptores (receptores de dor), 429f, **447**
- Nodo atrioventricular (AV), **600**, 601f
- inervação autonômica e, 601, 602f
- dano a, 602f
- Nodo AV. *Veja* Nodo Atrioventricular (AV)
- Nódulo (gânglio) sentinela, no câncer, 667
- Nódulo primitivo, **53**, 53f, 54f
- Nódulo SA *veja* Nódulo sinoatrial
- Nódulo sinoatrial (SA), **600**, 601f
- inervação autônoma e, 601, 602-603f
- Nódulo(s), linfáticos (folículos linfáticos), 656f, 660f, **662**
- agregados (placas de Peyer), 658, 662, 662f, **665-666**, 665f, 727-728
- Nódulos de Ranvier (hiatos na bainha de mielina), 367f, 372f, **373**, 376f
- Nódulos linfáticos agregados (Placas de Peyer), 658, 662, 662f, **665-666**, 665f, 727
- Noradrenalina *veja* Norepinefrina
- Norepinefrina, 498, 498f
- na resposta ao estresse, 556f
- no sistema nervoso autônomo *versus* somático, 486f, 488, 488t
- secreção adrenal de, 498, 498f, 554-555, 554f
- Nós dos dedos (articulação metacarpofalângica), 230t
- Notocorda, **10-11**, **53**, 54f, **57**, 58f, 59f
- no plano corporal dos vertebrados, 10-11
- Novelos neurofibrilares, na doença de Alzheimer, 435
- Núcleo (célula), 24f, **25**, 26t, **35-39**, 36f
- divisão do *veja* Mitose dos neurônios, 366, 367f
- Núcleo (cérebro), **391**. *Veja também o tipo específico*
- ambíguo, 393, 396f
- arqueado, 401f
- basal *veja* Núcleos da base cerebelar profundo, **397**
- cuneiforme, **393**, **428**, 429f
- do hipotálamo, 399, 401f
- do tálamo, 399, 401f, 414, 415f
- fasciculado, **393**
- formação reticular, 393-394, 394-395, 396f, 401f, **415-416**, 415f, 416t
- grácil, **428**, 429f
- hipoglosso, 393
- motor dorsal do nervo vago, 393, 396f, 490
- paraventricular, 401f
- pontino, **394**
- pré-óptico, **399**, 401f
- septal, 414, 415f
- solitário, 393, 396f, 508, 508f
- substância negra, **394-395**, 396f, 413f, 414
- supraóptico, 401f
- supraquiasmático, **399**, 401f, **522-523**, 522f
- vermelho, **394-395**, 396f, 431f
- Núcleo caudado, 412f, 413f, **414**
- Núcleo da base de Meynert, 414
- Núcleo do hipotálamo anterior, 401f
- Núcleo do trato solitário, 393, 394f
- na via gustatória, 508, 508f
- Núcleo dorsal, medial, 399, 401f
- Núcleo dorsomedial, 399, 401f
- Núcleo dorsomedial, 401f
- Núcleo motor do trigêmeo, 396f
- Núcleo posterior do hipotálamo, 392f
- Núcleo posterolateral ventral, 399, 401f
- Núcleo pré-óptico, **399**, 401f
- Núcleo pulposo, **178**, 178f
- formação do, 57, 59f
- Núcleo reticular *veja* Formação reticular
- Núcleo sensitivo do trigêmeo, 396f
- Núcleo ventromedial, 401f
- Nucléolos, 24f, 26t, **35-36**, 36f
- nos neurônios, 366, 367f
- Nucleoplasma, 35
- Núcleos anteriores do tálamo, 399, 401f, 414, 414f
- Núcleos cerebelares, **394**
- Profundos, **394**, 395f
- Núcleos cerebrais, **391**
- ambíguo, 393, 396f
- arqueado, 401f
- basal *veja* Núcleos da base cerebelares profundos, **397**, 398f
- cuneatus, **393**, **428**, 429f
- do hipotálamo, 399, 401f
- do tálamo, 399, 401f, 414, 415f
- formação reticular, 393-394, 395, 396f, 401f, **415-416**, 416f, 417t
- grácil, **393**, **427**, 427f
- hipoglosso, 393
- núcleo motor dorsal do nervo vago, 393, 396f, 490
- paraventricular, 401f
- pontino, **394**
- pré-óptico, **399**, 401f
- rubro, **394-395**, 396f, 431f
- septal, 414, 415f
- solitário, 393, 396f, 508, 508f
- substância negra, **394-395**, 396f, 413f, 414
- supraóptico, 401f
- supraquiasmático, **399**, 611f, **522-523**, 522f
- Núcleos cocleares, 393, 396f, **534**, 534f
- Núcleos da base (gânglios), **394-395**, 404t, 411, 412f, 413-414, 413-414, 413f
- condições degenerativas de, 414b
- desenvolvimento de, 389f
- na síndrome de Tourette, 438
- paralisia cerebral causada por dano a, 437
- Núcleos da base do prosencéfalo, 404t, 413-414, **414**
- na doença de Alzheimer, 435
- Núcleos da ponte, **394**
- Núcleos da rafe, **393**, 396f
- Núcleos de retransmissão, **393**
- Núcleos do hipotálamo, 399, 401f
- Núcleos do prosencéfalo, basais, 404t, 413-414, **414**
- Núcleos do tálamo, 399, 401f, 414, 415f
- laterais, 399, 401
- Núcleos geniculados
- lateral, 399, 401f, 452t, **521**, 522f
- medial, 399, 401f, **534**, 534f
- Núcleos mediais do tálamo, 399

- Núcleos motores, 393
dorsal do nervo vago, 393, 396f, 490
- Núcleos oculomotores, 396f, 453t, 489-490
- Núcleos olivares,
inferior, **392-393**, 396f
superior, **534**, 534f
- Núcleos paraventriculares, 401f, 549, 549f
- Núcleos posterolaterais, ventrais, 399, 401f
- Núcleos pré-tectais, **522-523**, 522f
- Núcleos salivares inferiores, 491
- Núcleos salivatórios, 490
- Núcleos salivatórios superiores, 490
- Núcleos sensitivos, 393
- Núcleos septais, 414, 415f
- Núcleos supraópticos, 401f, 549f
- Núcleos supraquiasmáticos, **399**, 401f, **522-523**, 522f
- Núcleos trocleares, 453t
- Núcleos vestibulares/complexo nuclear vestibular, 395, 396f, 534
- Nucleossomo(s), **37**, 37f
- Nucleotídeos/base de nucleotídeo, 36, 37f
- Número cromossômico
diploide (2n), 786
haploide (n), 786
cromossômico haploide, 786
- Número de cromossomos na célula diploide (2n), 786
- número elevado de, **578b**
- Nutrição, reparo tecidual e, 101
- OA *veja* Osteoartrite
- Obesidade, diabetes e, 560
- Obstrução intestinal, **742**
- Obstrução mecânica, intestinal, 742
- Ocitocina, 545, 548, **549**, 549f, 551t
feedback positivo no controle das, 545
usos terapêuticos das, 550b
- Oferta de sangue. *Veja* *órgão ou sistema específico e Vasos sanguíneos*; Circulação
- Oftalmologia/oftalmologista, **537**
- Olécrano/processo do olécrano, 197f, 198f, **199**, 201t, 236f, 351f, 352, 352f
- Olfato (sensação de odor), 365, 452t, 508-509, 509f
áreas corticais do, 406f, **408**, 509
desenvolvimento/envelhecimento e, 509, 536
perda do (anosmia), 452t, **409**
transtornos do, 509-510
- Olho, **510-525**. *Veja também em Visual e Visão*
anatomia do bulbo do olho e, 513-519, 514f
camadas do, 513-518
camada interna (nervo óptico/retina), **515-518**, 516f, 517f, 518b
camada vascular, **514-515**, 514f, 515f
membrana fibrosa, **513**, 513b, 514f
câmaras internas/fluidos do, 514f, 518-519
como um dispositivo óptico, 519-520, 520-521b, 520-521f
cor do, 515
desenvolvimento/envelhecimento e, 522-525, 524f, 536-537
estruturas acessórias do, 510-513 510f, 511f, 512f, 513b. *Veja também a estrutura específica*
inervação/efeitos autônomos e, 487f, 489-490, 490f, 492-493t, 496, 497f
lente do, 513, 514f, 518f, **519**, 519b
músculos que controlam o movimento do, **512**, 512f. *Veja também* músculos extrínsecos do olho
desenvolvimento dos, 280f, 281
nervos cranianos que suprem os, 449, 453t, 455t, 512f
neurônios sensitivos no, 370t
transtornos do, 520-521b, 525 congênitos, 536
vias visuais e, 520-523, 522f
- Oligodendrócitos, 372f, **373**, 375
banhas de mielina formadas pelos, 372f, 373, 375
- Oliva(s), **378**, 394f
- Omento maior, 707f, **708**, 709f, 710t
- Omento menor, 707f, **708**, 709f, 710t, 737f
- Omentos (oomento), maior e menor, 707f, **708**, 709f, 710t, 737f
- Omoplatas *veja* Escápulas
- Oncogenes, **102b**
- Oposição (movimento corporal), 226f, 227, 325t
- Optometrista, 537
- Ora serrata, 514f, **517-518**
- Órbita(s) (cavidade orbital), 159f, 160, **176**, 176f, 346, 510
- Orelha, **525-536**, 536f. *Veja também a região específica e Equilíbrio*; Audição
desenvolvimento/envelhecimento e, 534-535, 535f, 536, 537
externa, **525-526**, 526f, 527b
cartilagem elástica na, 90f, 130f, 132
interna (orelha interna/labirinto), 160, 526f, **528-534**, 529f, 529t
síndrome de Ménière e, 536
média, 160, 165, 536f, **527-528**, 528b, 528f
infecções da (otite média), **527b**
transtornos da, 536
- Orelha (pavilhão), 347, **525**, 526
cartilagem elástica em, 90f, 130f, 132
- Orelha de nadador (otite externa), **537**
- Orelha externa (aurícula), 347, **525**, 526f
cartilagem elástica na, 90f, 130f, 132
- Orelha externa, **525-526**, 526f, 527b
desenvolvimento/envelhecimento e, 535, 535f, 537
cartilagem elástica na, 90f, 130f, 132
- Orelha interna/labirinto, 160, 526f, **528-534**, 530f, 530t
desenvolvimento da, 534-535, 535f
síndrome de Ménière e, 536
- Orelha média (cavidade timpânica), 160, 165, 526f, **527-528**, 528b, 528f
desenvolvimento da, 535, 535f
infecções da (otite média), **527b**
- Organelas celulares *veja* Organelas
- Organelas citoplasmáticas, 4, **24**, 26t, 30-334. *Veja também o tipo específico*
- Organelas, 4, **24**, 26t, 30-34. *Veja também o tipo específico*
- Organismo/nível do organismo, organização estrutural e, 3f, **6**
- Organização, no reparo tecidual, 99f, **100**
- Órgão espiral, **529**, 529f, 530f
envelhecimento afetando o, 537
na audição, 531, 534f
- Órgão neuroendócrino hipotálamo como, 543
- Órgão(s), 5, 108. *Veja também o órgão específico*
- Órgãos digestórios anexos, 704f, 705, 734-741. *Veja também estruturas específicas*
- Órgãos abdominopélvicos, 705, 705f
compressão muscular, 306-307t, 307-308f
sustentação muscular, 309t, 310f
- Órgãos efetores, 363
- Órgãos intraperitoneais (peritoneais), 706f, 707f, **708**, 709f, 710t
- Órgãos linfáticos primários, 660f, **662**
- Órgãos linfáticos secundários, 660f, **662**
- Órgãos linfáticos, 652, 658, 660f, **662-666**, 662f. *Veja também o tipo específico*
desenvolvimento/envelhecimento e, 666-667
na diferenciação/ativação do linfócito, 660f
primários/secundários, 660f, **662**
- Órgãos peritoneais (intraperitoneais), 706-707f, **708**, 709f, 710t
- Órgãos retroperitoneais/secundariamente retroperitoneais, 706f, 707f, **708**, 709f, 710t
- Órgãos sexuais primários, **775**. *Veja também* Gônada(s); Ovário; Testículos
- Órgãos tendíneos, 446t, 448f, **449**
na cápsula articular, 449
- Órgãos tendinosos de Golgi, 446t, 448f, **449**
- Órgãos viscerais torácicos, artérias dos, 628
- Órgãos/glândulas sexuais acessórias, **775**
masculino, 775, 782-783, 782f, 783b, 783f
- Órgãos/glândulas sexuais, 5f, 774-816. *Veja também* Sistema reprodutor
acessórios, **775**
no homem, 775, 782-783, 782f, 783b, 783f
desenvolvimento embrionário dos, 809f, 810, 810f
- Orifício oral, **715-716**
- Origem (músculo), **256-257**, 256-257f
nomenclatura dos músculos e, 283
- Orquite, **812-813**
- Ortopedista/cirurgião ortopédico, **190**
- Osmose, 27f, **28**
- Ossículos da audição, **172t**, 526f, **527-528**
desenvolvimento dos, 535, 535f
na audição, 531, 531f
- Ossificação, **143**, 152, 152f
dos ossos do crânio, 143, 143f, 188-189, 188-189f
endocondral, 143-145, **143**, 144f
intramembranosa, **143**, 143f
Ossificação endocondral, 143-145, **143**, 144f
defeituosa, na acondroplasia, 146b
Ossificação intramembranosa, **143**, 143f
- Ossos compacto, 82t, 128f, **135**, 136f, 137f, 138-142, 140, 141f
- Ossos cúbico, 210t, 211f, **212**, 243f
- Ossos cuneiforme intermediário, 210t, 211f, **212**, 242f
- Ossos cuneiforme lateral, 210t, 211f, **212**
- Ossos cuneiforme medial, 210t, 211f, **212**
- Ossos do calcânar *veja* Calcâneo
- Ossos entrelaçado, ossificação intramembranosa do, 142, 143f
- Ossos esfenóide, 160f, 161f, 162f, 163f, 164f, **165-169**, 166f, 167f, 168f, **171t**, 174f, 176f
- Ossos esponjosos, 82t, **135**, 136f, 137f, 141-142, 141f
anatomia macroscópica do, **135**, 136f, 137f
anatomia microscópica do, 141-142, 141f
arquitetura/ fatores de estresse e, 137, 138f
na osteoporose, 150
ossificação endocondral do, 144, 144f
ossificação intramembranosa do, 143, 143f
remodelagem do, 146-147, 147f
- Ossos etmoide, 159f, 160f, 161f, 162f, 163f, 166f, 168f, **169**, 169f, **171t**, 174f, 176f
- Ossos externos, 788f, **790**
- Ossos frontal, 159f, 160f, 161f, **162**, 163f, 164f, 166f, 168f, **171t**, 176f, 675, 675f
no recém-nascido, 188-189, 188-189f
- Ossos hioide, **176-177**, 177f, 347-348, 347f, 676f, 678, 679f, 715f
- Ossos lamelar. *Veja também* Ossos compacto
ossificação intramembranosa do, 143f

- Osso occipital, 160f, 161f, **162-163**, 164f, 166f, 168f, **171t**, 347f
no recém-nascido, 188-189f
porção basilar do, **163**, 164f
- Osso piramidal, na articulação do carpo, 237f
- Osso púbico (púbis), 202, 203f, **204-205**
- Osso trabecular (esponjoso), 82t, **136**, 136f, 137f
anatomia microscópica do, 141, 142f
estrutura/fatores de estresse e, 138, 138f
ossificação endocondral e, 143, 144f
- Ossos carpais/carpo (punho), 158f, **200**, 200f, **201t**
músculos controlando o movimento dos, 288t, 319-324t, 320-321f, 323f, 324f
na articulação intercárpica, 237, 237f
- Ossos cuneiformes, 210t, 211f, **212**, 242f
- Ossos curtos, **134-135**, 135f, 137
crescimento/desenvolvimento dos, 146
- Ossos da face, 158f, 159, 159f, 169-173, 170f, 172t, 174f
- Ossos de substituição da cartilagem (endocondral), **143**
- Ossos do crânio, 158f, **159**, 159f, 160-169, 160-161f, 161f, 162-163f, 164f, 165f, 166f, 167f, 167f, 169f, 171t. *Veja também osso específico*
- Ossos do quadril (ossos da coxa), **202**, 203f, **210t**
na articulação do quadril, 238, 238f
proeminências ósseas dos, 139t
- Ossos do quadril, **202**, 203f, **210t**
na articulação do quadril, 238, 238f
proeminências ósseas dos, 139t
- Ossos do tórax *veja Caixa torácica/tórax*
- Ossos endocondrais (reposição cartilaginosa), **143**, 144
crescimento pós-natal e, 146
internos, 788f, **790**
- Ossos irregulares, 135, 135f, 137
crescimento/desenvolvimento dos, 146
- Ossos lacrimais, 160f, 161f, 162f, 163f, **172f**, **173**, 176f
- Ossos longos, **134**, 135-137, 135f, 136f
crescimento pós-natal dos, 146
ossificação endocondral dos, 143-145, 144f
- Ossos malares (ossos zigomáticos), 159f, 160f, 161f, 163f, 164f, **172t**, **173**, 347
- Ossos membranosos, **143**
- Ossos metacarpais/metacarpos, 158f, **200**, 200f, **201t**
músculos que controlam os, 325-327t, 326f
- Ossos nasais, 160f, 161f, 162f, 163f, 168f, **172t**, **201t**, 174f, **173**, 176f, 675, 675f
- Ossos palatinos, 164f, 168f, **172t**, 174f, **173**, 176f
- Ossos parietais, **160-161**, 160f, 161f, 162f, 163f, 166f, 168f, **171t**
no recém-nascido, 188-189f
- Ossos pélvicos (ossos do quadril/ossos coxais), **202**, 203f, **210t**
na articulação do quadril, 238, 238f
proeminências ósseas dos, 139t
- Ossos planos, **135**, 135f, 137, 137f
no crânio, 159
ossificação intramembranosa dos, 143, 143f
- Ossos sesamoides, 135
- Ossos suturais, 161, 161f
- Ossos tarsais/tarso, 158f, **210t**, 211f, **212**
- Ossos temporais, 160f, 161f, 162f, 163-165, 163f, 164f, 165f, 168f, **171t**
na articulação temporomandibular, 231
no recém-nascido, 188-189, 188-189f
- Ossos zigomáticos, 159f, 160f, 161, 163f, 164f, **171t**, **173**, 176f
- Ostealgia, **153**
- Osteoartrite (doença articular degenerativa), **245**, 246f, 247
- Osteoblastos, **82**, 82t, 94, **134**, 137
na ossificação intramembranosa, 143, 143f
na remodelagem óssea, 147, 147f
osteocalcina produzida pelos, 560
- Osteocalcina, 560
- Osteócitos, **82**, 82t, **94**, 93f, **134**, 140, 140f
na ossificação intramembranosa, 143, 143f
na remodelagem óssea, 146, 147, 147f
- Osteoclastos, **134**, 137
controle hormonal do cálcio pela paratireoide e, 553
na reabsorção/remodelagem óssea, 134, 147, 147f
no botão periosteal, 144
- Osteogênese imperfeita (doença dos ossos frágeis), **153**
- Osteogênese, **143**. *Veja também Ossificação*
- Osteoide, **134**
na ossificação intramembranosa, 143, 143f
- Osteomalacia, **151**
- Osteomielite, **153**
- Ósteon (sistema Harvesiano), 129f, **138**, 140f
- Osteoporose, **150-151**, 150f
da coluna vertebral, 150
cifose e, 188-189, 188-189f
fratura de bacia e, 150, **205b**
tratamento da, **552b**
varreduras da densidade óssea na triagem da, 16
- Osteossarcoma, **151-152**
- Óstio cardíaco, **720**
- Óstio da vagina, **798**, 798f
- Óstio externo da uretra, 764f, **765**, 775f, 782f, 788f, 798f
- Óstios da uretra, 764f, **764**, 775f, 782f, 788f, 798f
- Otite externa, **537**
- Otite média, **527b**
- Otolitos, **532**, 532f
- Otorrinolaringologia, **537**
- Otosclerose, **528b**
- Ovário, 4f, 5f, 543f, **557-558**, 775, 787, **787-780**, 788f, 780f, 791f
câncer de, **806-808**
descida dos, 810
desenvolvimento embrionário dos, 809f, 810
idade afetando os, 811
inervação dos, 787
suprimento sanguíneo/inervação dos, 531, 531f, 638, 787, 788f
- Ovidutos (tubas uterinas), 5f, 50, 51f, 787, 788f, **789-790**, 790f, 791f. *Veja também Tubas uterinas (trompas de Falópio)*
- Ovo *veja Ovos*
- Ovócito secundário, **792**, 793f, 794f
- Ovócito(s), 50, 51f, **780**, **792**, 793f, 801f. *Veja também Ovos*
- Ovócitos primários, **792**, 793f, 794f
- Ovogênese, **792-793**, 793f
- Ovovogonia, **792**, 793f
- Ovos *veja Ova*
- Ovos, 775, 792-793, **792**
fertilização dos, **50**, 51f, 793f, 800-802, 801f, 802. *Veja também Fertilização*
produção dos (ovogênese), **792-793**, 793f
- Ovulação, 793f, **795**, 796f
manipulação hormonal da, na contracepção, 797b
- Oxidase(s), 33
- Oxigênio
no sangue, eritrócitos transportando o, 570
transporte de, 570, 673
troca de
fluxo sanguíneo através do coração e, 586, 586f, 596-598, 597f
na circulação do recém-nascido, 646f, 647
na circulação fetal, 645f, 647
nos alvéolos/membrana respiratória, 685, 685f, 686
- Oxímetro de pulso, 347
- PA *veja Potencial de Ação*
- Padrão circular dos fascículos/músculos, **275**, 275f. *Veja também Esfíncter(es)*
- Padrão do fascículo convergente / músculos, **275**, 275f
- Padrões fasciculares/músculos multipeniformes, **275**, 275f
- Padrões/músculos fasciculados paralelos, **275**, 275f
- Padrões/músculos fasciculados peniformes (peniformes), **275**, 275f
- Paladar, 365, 507-508, 507f, 508f
áreas corticais para o, 406f, 408, 508, 508f
desenvolvimento/envelhecimento e, 509, 536
- Palato, **675**, 676f, 716f, **717**
duro, 164f, 174f, **173**, **675**, 676f, 716f, 717
fenda palatina, **188**, 188f
mole, **675**, 676f, 716f, 717
- Palma da mão (metacarpo), **200**, 200f
- ligamento transversal superficial da, 320f
- músculos da, 325-327t, 326f
- ossos da (metacarpo), **200**, 200f, **201t**
- Palpação, **345**
- Pálpebras, **510-511**, 510f
desenvolvimento das, 524f
inervação/efeitos autônomos e, 496
- Pâncreas, 4f, 543, 543f, **557-558**, 557f, 704f, 707f, 709f, 710t, 726f, **739-741**, 741b, 741f
artérias que suprem o, 628-629, 630f, 741
câncer do, 744
desenvolvimento do, 744
diabetes mellitus and, 558, **558-560**, 562
endócrino, 543, 543f, **557-558**, 557f, 739, 741
fibrose cística afetando o, 743
inervação/efeitos autônomos e, 487f, 490f, 492-493t, 741
inflamação do (pancreatite), **741b**
processos digestivos e, 734f, **739-741**, 741f
transplante de, **561**
- Pancreatite, **741b**
- Pano, na artrite reumatoide, 246
- Papila capilar, 14f, 111f, **112**, 118f, **119**
- Papila(s)
da língua, **507**, 507f, 717-718, 717f
dérmicas (pelo), 108f, 111f, **112**, 118f, **119**
duodenais, maiores, **724-725**, 726f
- Papilas circunvaladas, **507**, 507f, **717**, 717f
- Papilas filiformes, 717f, **718**
- Papilas foliadas, **507**, 507f, 717f
- Papilas fungiformes, **507**, 507f, 717f, **718**
- Papilomavirus humano, câncer de colo/vacina e, 808
- Paralisia
AVC provocando a, 433
dano na medula espinal provocando a, 381b
flácida e espástica, **426b**
pólio provocando a, 479b
- Paralisia cerebral, **437**
- Paralisia de Bell, 457t
- Paralisia espástica, **426b**
- Paralisia facial, na paralisia de Bell, 457t
- Paralisia flácida, **426b**
- Paraplegia, **433**
- Paratormônio, **553**, 553f. *Veja também Hormônio da paratireoide (PTH/paratormônio)*
- Parede do abdome
inervação da, 463
músculos de 284f, 306-307t, 307-308f
desenvolvimento de, 280f, 281
regiões de, 705, 705f
- Parede do tórax *veja Caixa torácica/tórax*
- Parede externa do corpo, desenvolvimento da, **49**, 50f, 58f
- Parede uterina, 788, 791, 791f
- Parestesia, 426b, **449b**

- Parte abdominal da aorta, 623f, 624, 629f, 639f
- Parte aferente (sensitivo) da parte periférica do sistema nervoso, 364, 364f. *Veja também em Sensitivo*
- Parte ascendente da aorta, 590f, 591, 623f, 624, 624f, 688f
- Parte central do sistema nervoso, 363, 363f, 364f, 375f, 388-442, 389. *Veja também Cérebro; Medula espinal*
- alterações do, 433-435, 434b, 435f
- bainhas de mielina no, 372f, 375
- cérebro, 4f, 363, 363f, 364f, 389-421
- desenvolvimento/envelhecimento e, 435-437, 437f
- Divisão autônoma do sistema nervoso regulado por, 501, 501f
- funções do, 375, 416-417t
- integração com o SNP e, 377, 380, 380-381f
- má formações congênicas e, 435-437, 437f
- medula espinal, 4f, 363, 363f, 364f, 421-426, 422f, 423f, 424, 425f
- neuróglia (células de suporte) do, 372-373, 372f
- proteção do
- líquido cefaloraquidiano e, 415, 418-421, 420f
 - meninges e, 415, 417-418, 418f, 419f
- coluna vertebral, 422f, 424f, 425f, 426
- regeneração e, 381, 382f, 433
- substâncias branca e cinzenta do, 375, 375f, 391f
- vias sensitiva e motora no, 427-433, 428f, 429f, 430t, 431f, 432t
- Parte craniana, do sistema nervoso parassimpático, 488
- Parte craniossacral do sistema nervoso autônomo. *Veja parte parassimpática (craniossacral) do sistema nervoso autônomo*
- Parte de condução, 683-684, 683f
- Parte de respiração, 684-686, 684f, 685f
- Parte de transição, da boca, 688
- Parte descendente da aorta, 624, 688f
- Parte distal (pars distalis), 545, 546f, 547
- Parte eferente (motora) da parte periférica do sistema nervoso, 364, 364f. *Veja também em Motor*
- Parte esponjosa da uretra, 764f, 765, 775f, 782, 782f, 784
- Parte intermédia (pars intermedia), 545, 546f, 547
- Parte intermédia da uretra, 764f, 765, 775f, 782, 782f
- Parte laríngea da faringe, 676f, 678, 716f, 720
- Parte lateral, 184
- Parte membranácea da uretra (porção intermediária), 764f, 765, 775f, 782, 782f
- Parte nasal da faringe, 675, 676f, 678
- Parte nervosa (pars nervosa), 545, 546f, 548
- Parte oral da faringe, 676f, 678, 716f, 720
- Parte periférica do sistema nervoso, 363f, 364-366, 364f, 365t, 443-483, 444f
- bainhas de mielina no, 372f, 373, 374f
- desenvolvimento/envelhecimento e, 479-480
- divisão/componentes sensitivos (aferentes) do, 365, 365t, 444, 444-449, 444f, 447f, 446t, 448f
- integração com o SNC e, 377, 380, 380-380f
- nervos/gânglios associados e, 375-376, 375f
- nervos cranianos, 160, 364, 364f, 393, 444, 449-461, 450-451f, 452-460t
 - nervos espinais e, 364, 364f, 375f, 422f, 423, 423f, 425f, 426f, 444, 461-477, 461f, 462f, 463f, 477-478b
- neuróglia (células de apoio) do, 372f, 373-375, 374f
- parte/componentes motores (eferentes) do, 364-366, 365t, 375f, 444f. *Veja também Divisão autônoma do sistema nervoso; Sistema nervoso somático*
- regeneração e, 381, 382f
- transtornos do, 477-478, 479b
- Parte petrosa do osso temporal, 163, 164f, 165, 165f, 168f
- Parte prostática da uretra, 764f, 765, 775f, 782, 782f, 783f
- Parte simpática (toracolombar) do sistema nervoso autônomo, 364f, 366, 444, 444f, 485f, 487, 487f, 488, 488t, 490-498, 492-493t, 494f, 495f, 496f, 497f, 498f
- controle hipotalâmico e, 501
- desenvolvimento da, 87, 502f
- inervação/regulação cardíaca em, 601, 602-603f
- medula suprarrenal e, 492-493t, 497f, 498, 498f, 544-545, 544f, 554-555
- parte parassimpática diferenciada da, 487-489-490, 487f, 488t
- sistema nervoso somático comparado à, 486f
- Parte timpânica do osso temporal, 163-165, 165f
- no recém-nascido, 189
- Parte torácica da aorta, 623f, 624, 624f, 628
- Parte toracolombar do sistema nervoso autônomo *veja Parte simpática (toracolombar) da Divisão autônoma do sistema nervoso*
- Parte tuberal (pars tuberalis), 545, 546f, 547
- Parte prematuro, 61
- síndrome da angústia respiratória/surfactante e, 693b, 698
- Parto, 805-806, 805f. *Veja também Nascimento*
- pélvis feminina e, 205, 206f
- Patela, 158f, 207, 207f, 210t, 219f, 355f, 356
- na articulação femoropatelar, 239, 239f, 240f, 241f
- Patógenos
- anticorpos na destruição dos, 658, 658f
 - aprisionamento/remoção tonsilar dos, 665
 - na linfa, 654
 - remoção de linfonodo e, 655
 - neutrófilos na destruição dos, 573
- Patologia, 3
- Pé
- arco venoso dorsal do, 634f, 641, 642f
 - arcos do, 212-214, 212f
 - artérias que abastecem o, 623f, 632f, 633
 - movimentos do, 226f, 227
 - músculos do/músculos que agem no
 - músculos intrínsecos, 289f, 290-291t, 342-344t, 343-345f
 - tornozelo e movimento dos dedos, 336-339t, 337f, 338f, 340-341f - ossos do, 219f, 211-214, 211f, 242-243f
- Pé caído, 336t, 476b
- Pé de atleta, 125
- Pé torto, 213-214, 213f
- Pedícelos (processos do pé), 755, 756f, 760f
- Pedículo conector, 803f, 804
- Pedículo óptico, 522-523, 524f, 525
- Pedículos, vertebrais, 179, 180f, 181f, 184
- Pedúnculos cerebelares, 394-395, 395f
- inferiores, 393, 394f, 395f, 396f, 398, 398f
 - médios, 394, 394f, 395f, 398, 398f
 - superiores, 394f, 394-395, 394f, 396f, 397, 398f
- Pedúnculos cerebelares inferiores, 393, 394f, 395f, 396f, 398, 398f
- Pedúnculos cerebelares médios, 394, 394f, 394f, 396f, 398, 398f
- Pedúnculos cerebelares superiores, 394f, 394-395, 394f, 396f, 397, 398f
- Pedúnculos cerebrais, 394-395, 413f
- Pele (membrana cutânea/tegumento), 4f, 49, 50f, 94, 95f, 108-121, 108f, 109f
- apêndices da, 108f, 115-121, 116f, 118f, 120b, 120f. *Veja também a estrutura específica*
 - artificial/sintética, 122-124
 - barreiras químicas/secreções protetoras e, 108
 - cor da, 114-115
 - melanina e, 110, 114
 - dano solar e, 123-124
 - melanina na proteção contra o, 109-110, 125
 - desenvolvimento/ao longo da vida e, 49, 50f, 124-125
 - espessa, 109, 111f
- estruturas nervosas na, 108f
- excreção via, 109
- fina, 109
- funções da, 108-109
- funções protetoras da, 108
- hormônios produzidos pela, 557-558
- inervação/efeitos autônomos e, 476-477, 477f, 477-478b, 487f, 492-493t, 496, 497f
- na regulação da temperatura, 108, 113
- perfusão (fluxo sanguíneo) da, na termorregulação, 108, 113
- queimadura e, 121-124, 122f
- sensação cutânea (receptores/órgãos sensitivos) e, 108f, 109
- transtornos da, 121-124, 122f, 124f
- Pele artificial, para lesões de queimadura, 122-124
- Pele espessa, 109, 111f
- Pele fina, 109
- Pele sintética, para queimadura, 122-123-124
- Pelo púbico, 119, 811
- Pelo terminal, 119
- Pelo(s), 4f, 116, 118f
- adelgaçamento/perda dos, 119
 - tipos e crescimento dos, 119
- Pelos nasais (vibrissas), 675
- Pelve, 6, 7f, 202, 204f, 206t
- artérias da, 631-633, 631f
 - gestação e, 205, 206t
 - masculina *versus* feminina, 205, 206t
 - músculos da coxa e perna originários da, 497f, 498
 - músculos da, 284f
 - anteriores e mediais, 328t, 330-331f
 - posteriores, 332t, 333-334f - veias da, 641-643
 - verdadeira e falsa, 204f, 205, 206t
 - vias parassimpáticas para a, 490
- Pelve (renal), 753, 754f, 757f
- Pelve falsa, 204f, 205
- Pelve verdadeira, 204f, 205, 206t
- Pelvimetria, 213
- Pênis, 5f, 775, 775f, 776f, 782f, 783-784, 783b, 784f
- desenvolvimento embrionário da, 809f, 810, 810f
 - inervação/efeitos autônomos e, 490f, 492-493t, 497f
- Penugem, 119
- Pepsina, 722-723, 724, 725f
- Pepsinogênio, 724, 725f, 735f
- Peptídeo natriurético atrial (PNA), 557-558
- Peptídeo natriurético, atrial, 557-558
- Percepção de profundidade, 521
- Percussão, 608
- Perda auditiva, 536
- dano vestibulococlear que provoca, 457t
 - envelhecimento e, 535, 537
- Perda de memória, na doença de Alzheimer, 414, 435
- Perda de pelo, 119
- quimioterapia e, 119b
- Perda muscular, na infecção de HIV/AIDS, 661b

- hormônio do crescimento para, **547b**
- Pericárdio, **12**, 12f, 587f, **588**, 588f, 688f
 parietal, 95f, 588, 588f
 visceral, 95f, 588, 588f
- Pericárdio fibroso, **588**, 588f
- Pericárdio parietal, 95f, 588, 588f
- Pericárdio seroso, 95f, **588**, 588f
- Pericárdio visceral, 95f, 588, 588f
- Pericardite, **588b**
- Pericitos, 617f, **617-618**
- Pericôndrio, **131**, 131f
- Periferia do corpo, vias do SN simpático para a, 495f, 496
- Perilinfã, **528**, 529, 530f
 na audição, 531
- Perimétrio, 788f, **791**
- Perimísio, 254t, 256f, **256-257**, 266t
- Períneo, 6, 7f
 feminino, 310f, **799**
 inervação do, 309t, 476, 476t
 masculino, 310f, **784**, 784f
 músculos do, 309t, 310f
 tendão central do, **309t**, 310f, 799
 no parto, 799b
- Perineuro, **376**, 376f
- Período embrionário, **48-50**, 49f, 50-60
 primeira semana do (zigoto para blastocisto), 50-51, 51f, 52f
 quarta semana do (desdobra-mento do embrião/derivados da camada germinativa), 55f, 56-58, 57f, 58f, 59f
 quinta à oitava semanas do, 58, 59f
 segunda semana do (embrião em duas camadas), 52, 52f, 53f
 terceira semana do (embrião em três camadas), 52-56, 52f, 54f, 55f
- Período fetal, **49**, 49f, 60-61t, 61, 62b
- Período pré-natal, 48-49, 49f
- Periodontite, **720b**
- Periósteo/membrana periosteal, **136-137**, 136f
 na ossificação intramembranosa, 143, 143f
- Peristalse, **710**, 710f, 711f
 massa, 729, 731
 no intestino delgado, 724-725
 no intestino grosso, 729
 obstrução intestinal e, 742
 ruídos intestinais e, **705b**
- Peritônio(s), **12**, 12f, 706-707f, **708**, 708b, 709f, 710t
 desenvolvimento do, 706-707f
 inflamação/infecção do (peritonite), **708b**
 parietal, 95f, 706f, 707f, **708**
 visceral, 95f, 706f, 707f, **708**, 712f, **713**
- Peritonite, **708b**
- Permeabilidade
 capilar
 capilares linfáticos, 653-654
 capilares sanguíneos, 617-618
 membrana, 28
 transporte (difusão/osmose) e, 27f, 28. *Veja também* Transporte via membrana vascular, inflamação e, 99, 99f
- Permeabilidade seletiva, 28.
Veja também Transporte via membrana
- Permeabilidade vascular, inflamação e, 99, 99f
- Perna. *Veja também* Membros inferiores
- anatomia superficial da, 355f, 356
- músculos da/músculos que controlam a,
 movimento dos, 286, 284f, 285f, 289f, 290-291t, 328-335t, 330-331f, 333-334f, 335f, 336-339t, 337f, 338f, 340-341f
 inervação dos, 328-335t, 474f
- ossos da, 207-211, 209f, 210t
- Peróxido de hidrogênio, 33
- Peróxido/peróxido de hidrogênio, 33
- Peroxissomos, 24f, **25**, 26t, **33**, 736
- Pés *veja* Pé
- Pescoço, 6, 7f
 anatomia de superfície do, 347-348, 347f, 348b
 artérias que suprem o, 625-626, 625f
 flexão/extensão do, 223f
 inervação do, 461f, 463-464, 464f, 464t
 lacerações do, 348b
 músculos do, 284f, 285f, 348
 controle da deglutição e, 297-299t, 298-299f, 720
 desenvolvimento dos, 281
 movimento da cabeça e, 300b, 300t, 301-303f
 pontos de pulso no, 623f, 625b
 referências ósseas no, 347-348, 347f
 rotação do, 224f
 triângulo (triângulos) do, 347f, 348
 veias do, 634f, 635-636, 635f, 636f
- Peso, unidades de medição do, 6
- Peste bubônica, linfonodos na, 655b
- Peste, linfonodos (bubões) na, 655b
- PET. *Veja* Tomografia por emissão de pósitron
- Pia-máter
 cerebral, 417, **418**, 418f
 espinal, 424f, 425f, 426
- Pielite, 753b, **766**
- Pielografia intravenosa, 761b
- Pielografia retrógrada, 761b
- Pielografia/pielograma, **761b**
- Pielonefrite, **753b**, **766**
- Pigmento de desgaste (lipofuscina), 562
- Pigmento(s), visuais, 515, 517-518f
- Pigmentos visuais, 515, 517f
- Píloro, 723f, **724**
- Pílula contraceptiva oral, 797b
- Pílula para controle da natalidade, 797b
- Pílulas contraceptivas emergenciais, 797b
- Pinealócitos, 557
- Pinócitos, **28**, 28f
- Piramidal, **200**, 200f, 201
- Pirâmides renais, **753**, 753f
- Pirâmides,
 bulbo, **392**, 394f, 396f, 431f
 renal, **753**
- Pisiforme, **200**, 200f, 201t, 353f
 na articulação do punho, 237f
- Pituiticos, 546f, **547**
- Placa (dentária), **719**
- Placa metafásica, 41f
- Placa neural, 54, 55f
- Placa perpendicular, 162f, 163f, 168f, **169**, 169f, 174f, **173**
- Placa terminal motora (junção neuromuscular), **263**, 263f
- Placa terminal, motora (junção neuromuscular), **263**, 263f
- Placa/corpo ungueal, **116**, 116f
- Placas (desmossomos), 77, 77f
- Placas (fibrosas/ateroscleróticas), **644b**
- Placas amiloides/Proteína beta-A/Proteína precursora amiloide, na doença de Alzheimer, 435
- Placas Ateroscleróticas (fibrosas), **644b**
- Placas beta-A/beta-A, na doença de Alzheimer, 435
- Placas cartilagem brônquicas, 683, 683f
- Placas de crescimento, 136, 144f, **145**, 145f. *Veja também* Cartilagens epifisiais
- Placas de Peyer, 658, 662, 662f, **665-666**, 665f, 727-728
- Placas fibrosas (ateroscleróticas), **644b**
- Placas horizontais, 164f, 174f, **173**
- Placas orbitais, **169**, 169f, 176f
- Placas tarsais, 510f, **511**
- Placenta, 803f, **804-805**, 804f descolada, **805b**
 formação da, 803f, 804
 hormônios secretados pela, 557-558, 805
 na circulação fetal, 645f, 647, 804-805, 804f
 parto da, 805f, **806-807**
 prévia, **805b**
 trocas placentárias/relações vasculares na, 804-805, 804f
- Placoides,
 ectodérmico, **479**
 lente, 524f, **525**
 olfatório, 509, **698**, 698f
 ótico, **534**, 535f
- Plano corporal humano, 10-11, 10f
 desenvolvimento e, 49-50, 50f, 58f
- Plano subcostal, 705, 705f
- Plano supracristal, **350**, 350f
- Plano transtuberular, 677, 677f
- Plano/corte coronal (frontal), **7**, 9f
- Plano/seção frontal (coronal), **7**, 9f
- Plano/seção horizontal (transversal), **7**, 9f
- Plano/seção mediana (mesossagital), **7**, 9f
- Plano/seção mesossagital (mediano), **7**, 9f
- Plano/seção parassagital, **7**
- Plano/seção sagital, **7**, 9f
- Plano/seção transversal(a), **7**, 9f
- Planos (corpo), 7-10, 9f
- Planos/seções do corpo, 7-10, 9f
- Planta do corpo humano, 10-11, 10f
 desenvolvimento e, 49-50, 50f, 58f
- Plaquet(a)s, 82t, 93f, 568, 568f, 569f, 571-572f, 573t, **575**
- deficiência de (trombocitopenia), **579**
 formação das, 577f, 578
 no controle/coagulação do sangramento, 575, 575f
- Plasma, 82t, 81, 91f, 94, **568**, 568f
- Plasma sanguíneo, 82t, 81, 91f, 94, **568**, 568f
- Plasmalema, **25**. *Veja também* Membrana plasmática
- Plasticidade neural, **433**
 desenvolvimento e, 437
- Pleura pulmonar (visceral), 95f
- Pleura(s), **12**, 12f, 674t, 687-688f, 688f, **689-691**, 690f
 parietal, 95f, 587f, 673f, 674t, 687f, 688f, **689**, 690f
 visceral, 95f, 674t, 687f, 688f, **689**
- Pleurisia/pleurite, **690b**
- Plexo aórtico, 491f, **498**
- Plexo braquial, 347f, 348, 461f, **464-470**, 465-466f, 467-468f, 470t
 lesões do, **466b**
- Plexo capilar primário, **547**, 548f
- Plexo capilar secundário, **547**, 548f
- Plexo cardíaco, 489f, **490**, 491f, 496, 497f
- Plexo cervical, 347f, 348, 461f, **463-464**, 464f, 464t
- Plexo coroídeo, 394f, 396f, 398f, 400f, **419**, 420f
 envelhecimento afetando, 437
- Plexo da raiz do pelo (receptor do folículo piloso), 108f, **116-119**, 447f, 446t, **448**
- Plexo esofágico, **490**, 491f, 496
- Plexo hipogástrico (pélvico) superior, 491f
- Plexo hipogástrico inferior (pélvico), 489f, **490**, 491f, 494, **498**
- Plexo lombar, 461f, 471f, **472**, 472t, **473f**
- Plexo lombossacral, 472. *Veja também* Plexo lombar; Plexo sacral
- Plexo nervoso mientérico, 712f, **715-716**, 725f
- Plexo nervoso submucoso, 712f, **715-716**, 725f
- Plexo pulmonar, 490f, **490**, 491f, 496, 497f, 689
- Plexo renal, 754
- Plexo sacral, 461f, **472-476**, **474f**, 475f, 476t
- Plexo subpapilar, 108f, **113**
- Plexo vascular dérmico, 108f, **113**
- Plexo venoso pampiniforme, 776f, **778**
- Plexo venoso, 636. *Veja também a estrutura específica abastecida e o tipo específico*
- Plexos capilares, primário e secundário, **547**, 548f
- Plexos nervosos autonômicos, 490. *Veja também tipo específico*
- Plexos nervosos intrínsecos (entéricos), 485, 500, 712f, **714-715-716**
- Plexos nervosos, 461f, **463-476**. *Veja também o tipo específico*
- Plexos pélvicos (hipogástricos), inferior, 490f, **490**, 491f, 494, **498**

- superior, 491f
- Plexos, nervosos, 463. *Veja também o tipo específico*
- PNA. *Veja* Peptídeo natriurético atrial
- Pneumonia aspirativa, lábio leporino/fenda palatina e, 188
- Pneumonia de *Pneumocystis jirovecii*, na infecção de HIV/AIDS, 661b, 699
- Pneumonia, 699
- aspiração, fenda labial/palatina e, 188
- na infecção de HIV/AIDS, 661b, 699
- Pneumotórax, 691b
- Podiatria, 213
- Podócitos, 755, 756f, 757f, 760f
- Polaridade, do tecido epitelial, 68
- Polegar, 200
- articulação carpometacárpica do, 230t
- músculos que controla o movimento do, 324t, 325t, 326f
- oposição do, 225f, 227
- Policitemia/policitemia vera, 578
- Polineuropatia, 477-478
- Poliomielite, 479b
- Polipeptídico pancreático, 557-558
- Pólipo(s), colo, carcinogênese e, 102b
- Polo anterior do olho, 513, 514f
- Polo posterior do olho, 513, 514f
- Polpa
- dental, 719
- esplênica, 663-664, 664f
- Polpa branca, 664, 664, 664f
- Polpa dentária, 719
- Polpa vermelha, 394-395, 396f, 431f
- Red pulp, 664, 664f
- Pomo de Adão (prominência laríngea), 347f, 348, 678, 679f, 681
- Ponte, 390, 390f, 391, 393f, 394-395, 394-394f, 396f, 398f, 400f. *Veja também em Pontino*
- artérias que suprem a, 625f, 626
- desenvolvimento da, 389f, 390, 390f
- funções da, 416t
- vias ascendentes e, 429f
- vias descendentes e, 431f
- Ponto cego (disco óptico), 514f, 516f, 517-518, 517f
- Ponto lacrimal, 511, 511f
- Pontos de deflagração, na síndrome da dor miofascial, 268
- Pontos de restrição (verificação), no ciclo celular, 38-39, 38f
- Pontos focais, 519
- Porção basilar do osso occipital, 163, 164f
- Porção escamosa do osso temporal, 163, 165f
- no recém-nascido, 188-189f
- Porção pilórica do estômago, 709f, 724
- Poros de fusão, formação na exocitose, 29f
- Poros gustativo, 507f, 508
- Poros
- alveolares, 684f, 685f, 686
- gustatórios, 507f, 508
- na membrana plasmática *veja* Canais proteicos
- nos capilares fenestrados, 616-617f, 617-618
- nucleares, 35, 36f
- sudoríferos (sudoríparos), 108f, 112, 120f, 121
- Poros capilares (fenestrações), 616f, 617f
- do glomérulo, 756f, 757f
- permeabilidade e, 617f
- Poros de filtração, 755, 756f
- Poros nucleares/complexos de poros nucleares, 35, 36f
- Poros sudoríparos, 108f, 112, 120f, 121
- Porta hepática, 736, 737f
- Porto-sistêmico (porto-cava) anastomoses, 641
- Posição anatômica, 6, 7f
- Pós-parto, 806-807
- Posterior (termo), 7, 8t
- Postura, músculos esqueléticos na manutenção da, 523
- Potencial de ação (impulso nervoso), 366
- em contração muscular, 253, 260-261, 261, 263, 263f
- em neurônio, 366
- geração de, 367, 367f
- PP *veja* Polipeptídico pancreático
- PPS *veja* Síndrome pós-pólio
- Prednisona, 556
- Prega axilar posterior, 350, 351f
- Prega da unha, 116, 116f
- Prega glútea, 352f, 356
- Prega palpebronal, 511
- Prega sublingual, 716f
- Pregas axilares, 350, 351f
- Pregas circulares, 724-725, 727f
- Pregas genitais (uretrais), 810
- Pregas neurais, 54, 55f
- Pregas transversais do reto (válvulas retais), 730
- Pregas umbilicais mediais, 646f, 648-649
- Pregas uretrais, 809, 810f
- Pregas vestibulares (falsas cordas vocais), 676f, 679f, 679, 680f
- Pregas vocais (cordas vocais verdadeiras), 676f, 678, 679, 680f, 681
- inflamação das (laringite), 680b
- Prematuridade, retinopatia, 525
- Pré-molares (bicúspides), 718f, 719
- pré-óptico, 399, 401f
- Prepúcio, 775f, 782f, 783
- do clitoris, 798f, 799
- do pênis, 775f, 782f, 783
- remoção do (circuncisão), 783b
- Presbiacusia, 537
- Presbiopia, 520b
- Preservativo feminino, 797b
- Preservativos, 797
- Preservativo feminino, para contracepção, 797b
- Pressão contra uma veia, 619
- Pressão diastólica, 596
- Pressão intraocular, 518
- no glaucoma, 519b
- Pressão sanguínea, 596
- arterial, 613-615, 619
- capilar, 615
- complexo justaglomerular na regulação da, 760-761
- efeitos da divisão autônoma do sistema nervoso e, 487, 500, 500f
- em glomérulos, 760
- no sistema porta-hepático, hipertensão porta e, 641
- reflexo barorreceptor na regulação da, 500, 500f
- regulação de aldosterona e, 556, 761
- venosa, 619
- Pressão sistólica, 596
- Primeiras respirações, após o nascimento, 646f, 647, 698
- Primeiro corpo polar, 793f, 801f
- Primeiro estágio (dilatação) do trabalho de parto, 805, 805f
- Primeiro ventrículo *veja* Ventrículo lateral
- PRL *veja* Prolactina
- Processamento de informação cerebral no, 397
- córtex cerebral no, 404-411
- tálamo no, 399
- Processamento paralelo, 379, 380f
- Processamento serial, 379
- Processamento visual, 407, 409
- Processo (proeminência óssea), 139t
- Processo articular inferior, 178f, 180, 180f, 181f, 182t, 183t
- Processo auditivo, 407, 407, 407f
- Processo central, 368t, 370
- Processo condilar, da mandíbula, 160f, 161f, 170, 170f, 172t, 232f
- Processo coracoide, 195, 196f, 201t
- Processo coronoide da mandíbula, 160f, 161f, 170, 170f, 172t
- Processo espinhoso, vertebral, 139t, 177f, 178f, 179-180, 180f, 181f, 182t, 183, 183t, 184, 347, 349, 350f
- da vértebra proeminente, 182
- Processo estilóide da ulna, 198f, 199, 199f, 201t
- do osso temporal, 160f, 161f, 164f, 165, 165f, 171t
- do rádio, 198f, 199, 199f, 201t, 353
- na fratura de Colles, 199b
- Processo estilóide do rádio, 198f, 199, 199f, 201t, 353
- na fratura de Colles, 199b
- Processo estilóide ulnar, 198f, 199, 199f, 201t
- Processo mastoide, 160f, 161f, 163f, 164f, 165, 165f, 171t, 346, 346f
- Processo orbital, 176f
- Processo vaginal, 810, 811f
- Processo xifoide, 185f, 186, 349f
- Processo zigomático, 160f, 161f, 163, 164f, 165f, 170t, 171t, 176f, 232f
- Processos (neurônios), 42-43, 43f, 98, 98f, 366-367, 367f
- classificação e, 368-369, 368-370t
- Processos alveolares, 160f, 161f, 168f, 170, 170f, 174f, 173
- Processos articulares superiores, 180, 180f, 182t, 183t
- do sacro, 184, 184f
- Processos articulares, vertebral, 180
- inferior, 178f, 180, 180f, 181, 182t, 183t
- superior, 17, 17f, 182t, 194t
- do sacro, 195, 195f
- Processos ciliares, 514, 514f, 518f
- Processos digestórios, 710-711, 710f, 734f. *Veja também o processo específico*
- Processos do pé, 755, 756f, 760f
- Processos frontais, 170f, 172t, 173, 173f
- Processos palatinos, 164f, 168f, 172t, 174f, 173
- Processos periféricos, 369-370t, 370
- Processos pterigoides, 164f, 165, 167, 167f, 168f, 174f
- Processos transversos, vertebrais, 177f, 178f, 180, 180f, 181f, 182, 182t
- Proctodeu, 744
- Produção de leite, prolactina e, 546, 550t
- Produção de voz, 679, 679f, 680
- Produtos químicos inflamatórios, 99, 99f
- Proeminência das nádegas, 353
- laríngea (pomo de Adão), 347f, 348, 678, 679f, 681
- Proeminência laríngea (pomo de Adão), 347f, 348, 678, 679f, 681
- Proeritroblastos, 577f, 578
- Prófase, na mitose, 38-39, 38f, 40f
- Profundo (termo), 7, 8t. *Veja também em Interno*
- Progesterona, 557-558, 795
- no ciclo ovariano, 795
- no ciclo uterino, 796f
- placentária/durante a gravidez, 557-558, 805
- Progesterina, para contracepção, 197b
- Projeção contralateral
- Prolactina (PRL), 546, 550t
- hiper/hipossecreção das, 550t
- prolactinoma e, 562
- lactação e, 550t
- Prolactinoma, 562
- regulação hipotalâmica da liberação de, 548f
- Prolapso da válvula atrioventricular esquerda ou mitral, 595b
- Prolapso uterino, 791
- Prolia *veja* Denosumab
- Promielócitos, 577f, 578
- Promontório sacral, 184, 184f, 203f, 204f
- Pronação (movimento corporal), 226f, 227
- no antebraço, 288t
- Pronefro, 767, 768f
- Propriocepção, 365, 447
- Proprioceptores, 429f, 447, 446t, 448-449, 448f
- Propulsão (alimento), 710, 710f, 734f. *Veja também* Peristalse
- Prosencefalo, 389f, 390
- Prostaglandina(s), no sêmen/fluido seminal, 782
- Próstata, 5f, 775, 775f, 782-783, 782f, 783f
- desenvolvimento embrionário da, 809f
- transtornos/câncer de, 783, 783b, 775
- Prostatectomia transuretral, 751b
- Prostatite, 783
- Proteína ligadora de andrógenos, 782
- Proteína SRY, 809f, 810

- Proteína(s), 4. *Veja também o tipo específico*
 membrana, 25f, 27
 como receptores, 27-28
 plasmática, 568, 653
 síntese das, nos ribossomos, 30, 31, 32f
 transporte e, 27f, 28
 Proteínas de adesão, 76
 Proteínas de ligação, 77, 77f
 Proteínas integrais, 25f, 27
 motoras, 34, 35
 transporte membranoso e, 27f, 28
 Proteínas motoras, 34, 35
 nos cílios, 78, 79f
 Proteínas periféricas, 25f, 27
 Proteínas plasmáticas, 568, 653
 Proteínas SNARE, na excitose, 29f
 Proteínas transmembrana, 26
 Proteoglicanos, na substância fundamental, 81
 Protração (movimento corporal), 226f, 227
 da articulação esternoclavicular, 233-234, 233f
 da escápula, 311t
 Protuberância do axônio, 367, 367f
 Protuberância mental, 162f, 163f, 170, 172t
 Protuberância occipital externa, 161f, 162, 164f, 168f, 171t, 346, 346f
 Proximal (termo), 8t
 PS *veja* Pressão sanguínea
 PSA *veja* Antígeno específico prostático
 Pseudópodos, 33
 Psoríase, 125
 PTH *veja* Paratormônio
 Ptose, 453t, 496b
 Puberdade, 811
 Púbis (osso púbico), 202, 203f, 204-205
 Pudendo (genital externo), 787, 798f, 799
 desenvolvimento embrionário do, 810, 810f
 Pulmão colabado, 691b
 Pulmão(ões), 5f, 673f, 674t, 686-689, 687-688f, 689f, 690f.
Veja também em Pulmonar e Respiratório
 anatomia macroscópica do, 686, 687-688f, 689f
 colapso do, 691b
 envelhecimento afetando o, 699 fetal, 645f, 647, 698
 inervação/efeitos autônomos (plexo pulmonar) e, 459t, 487f, 490f, 490, 491f, 492-493t, 496, 497f, 689
 no recém-nascido, 646f, 647
 suprimento sanguíneo do, 628, 686-689
 Pulmões fetais, 645f, 647
 Pulsção arterial/pontos de pulsação, 622, 623f
 na cabeça e no pescoço, 623f, 625b
 nos membros inferiores, 623f, 632b
 nos membros superiores, 623f, 627b
 Pulso (arterial)/pontos de pulso, 622, 623f
 na cabeça e pescoço, 625b
 no membro inferior, 632b
 no membro superior, 627b
 Pulso radial, 623f
 Pulvinar, 401f
 Punção lombar, 337, 427b
 Punho (carpo), 200f, 200
 movimentos de deslizamento no, 223f
 músculos que controlam o movimento do, 288t, 320-324t, 320-321f, 323f, 324t
 ossos do (carpais), 158, 200, 200f, 201t
 Punho caído ("Mão em gota"), 469b
 Pupila, 510f, 514f, 515, 515f
 constrição/dilatação da, 515, 515f
 margem da, 514f
 na visão de perto, 520, 520f
 Pus, 573
 Putame, 412f, 413f, 414
 Quadrante inferior direito (QID), 13f, 705
 Quadrante inferior esquerdo, 13f, 705
 Quadrante superior direito (RUQ), 13f, 705
 Quadrante superior direito, 554-555, 638, 639f
 Quadrante superior esquerdo, 13f, 705
 Quadrantes (abdominais), 13, 113f, 705
 Quadrantes abdominais, 13, 13f, 705
 Quadriplegia, 433
 Quarto ventrículo, 391, 392f, 394f, 396f, 398f, 400f, 420f
 Queimadura de espessura total, 122, 122f
 Queimadura(s), 121-124, 122
 Queimaduras de espessura parcial, 122, 122f
 Queimaduras de primeiro grau, 121, 122f
 Queimaduras de segundo grau, 122, 122f
 Queimaduras de terceiro grau, 122, 122f
 Queratina dura, 115-116. *Veja também* Queratina
 Queratina mole, 115-116. *Veja também* Queratina
 Queratina, 74, 109
 na pele, 74, 109
 nas unhas, 115-116
 no pelo, 116
 nos desmossomos, 77, 77f
 Queratinização, da epiderme, 74, 109
 Queratinócitos, 109, 110f, 557-558
 Queratose actínica, 125
 Quiasma óptico, 393f, 394f, 399, 400f, 401f, 450f, 452t, 521, 522f
 artérias que suprem o, 625f
 Quilo, 654
 derrame de (quilotórax), 666
 Quilograma, 6
 Quilomicrons, 726
 Quilotórax, 666
 Quimiorreceptores centrais, no controle da taxa/ritmo respiratório, 693
 Quimiorreceptores periféricos, no controle da frequência/ritmo respiratório, 693, 694f
 Quimiorreceptores, 447, 507
 no controle de velocidade/ritmo respiratório, 693, 694f
 no paladar e olfato, 507
 Quimioterapia do câncer, 97b
 perda de cabeça e, 119b
 Quimioterapia, no tratamento do câncer, 102b
 perda de cabelo e, 119b
 Quimo, 722-723, 739
 Rbdomiolise, 265b
 Radiação óptica, 452t, 521
 Radiação, ultravioleta *veja* Radiação ultravioleta
 danos à pele/câncer causados pela, 123, 124
 proteção da melanina, 109-110, 125
 resposta de melanócito/melanina à, 109-110
 Radicais livres, 33
 no envelhecimento, 43
 Radículas anteriores, 424f
 Radículas cranianas, nervo acessório e, 460t
 Radículas dorsais, 425f
 Radículas espinhais, 422f
 Radículas, nervo espinal, 364, 364f, 461, 462f
 Radio, 158f, 197f, 198f, 199, 201t, 352f, 353
 fratura de Colles do, 199b
 na articulação do cotovelo, 236, 236f
 na articulação do punho, 237, 237f
 Radioisótopos, na tomografia por emissão de pósitron, 17
 Radioterapia, para o câncer, 102b
 Rafe do palato, 716f
 Rafe, 257
 Raiva, 385
 Raiz
 do dente, 719, 719f
 do nariz, 346, 346f, 675, 675f
 do pênis, 782f, 783
 do pulmão, 686, 688f
 nervo, plexo braquial, 465, 465f
 pelo, 108f, 116, 118f
 Raiz capilar, 108f, 116, 118f
 Raiz da unha, 116, 116f
 Raiz dorsal, 394f, 425, 425f, 426f, 461, 462f, 463, 463f
 Raiz pulmonar, 686, 688f
 Raízes anteriores, 394f, 425, 424, 425f, 461, 462f, 462f
 plexo braquial, 464
 danos às, 425b
 Raízes espinhais, 425-426, 425f
 danos às, 426b
 Raízes nervosas, espinhais *veja o tipo específico e* Raízes espinhais
 Raloxifeno, para osteoporose, 151
 Ramo
 Ramo ascendente da alça do néfron, 757f, 758, 759f
 Ramo bucal do nervo facial, 456t, 457t
 Ramo cervical do nervo facial, 456t, 457t
 Ramo comunicante cinzento/ramos comunicantes, 5, 494, 494f, 495f, 496
 Ramo cutâneo anterior do nervo intercostal, 462f, 463
 Ramo cutâneo lateral do nervo intercostal, 462f, 463
 Ramo da mandíbula do nervo facial, 456t, 457t
 Ramo delgado da alça do néfron, 757f, 758, 758f
 Ramo descendente da alça do néfron, 757f, 758, 759f
 Ramo descendente da artéria circunflexa lateral, 632f, 633
 Ramo espesso da alça do néfron, 757f, 758
 Ramo faríngeo do nervo vago, 459t
 Ramo inferior do púbis, 203f, 204, 205, 798f
 Ramo isquial, 203f, 204
 Ramo laríngeo do nervo vago, 459t, 681
 Ramo superior do púbis, 203f, 204, 205
 Ramo temporal do nervo facial, 456t, 457t
 Ramo zigomático do nervo facial, 456t, 457t
 Ramo/ramos (nervosos)
 comunicantes, 461, 462f, 488t, 494, 494f, 495, 495f, 496, 497f
 dorsais, 461, 462f, 463, 463f
 ventrais, 461, 462f, 463f
 Ramo/ramos (ósseos)
 da mandíbula, 170, 170f, 232f, 346f, 347
 do ísquio, 203f, 204
 do púbis, 203f, 204-205, 204
 Ramo/ramos dorsais, 461, 462f, 463, 463f
 Ramo/ramos mandibulares, 160f, 161f
 Ramo/ramos ventrais, 461, 461f, 462f
 plexos nervosos formados pelos, 461f, 463
 plexo braquial, 461f, 464-466, 464f, 465f, 466f
 plexo cervical, 461f, 463, 464f, 464t
 plexo lombar, 461f, 471f, 472, 472t, 473f
 plexo sacral, 461f, 472-476, 474f, 475f, 476t
 torácicos, 463, 491f
 Ramos (feixes de ramos), 600, 601f
 Ramos comunicantes brancos, 493 493, 494, 494f, 495f, 497f, 498
 Ramos cutâneos do nervo intercostal, lateral e anterior, 462f, 463
 Ramos do fascículo, 600, 601f
 Ramos ovarianos, das artérias uterinas, 747
 Ramos púbicos, superior e inferior, 203f, 204-205, 204, 798f
 Ramos segmentares do plexo cervical, 464f, 464t
 Ramos terminais, 367, 367f
 Rampa do tímpano, 529, 530f
 na audição, 531, 531f
 Rampa do vestíbulo, 529, 530f
 na audição, 531
 Ranvier, nódulos de (hiatos na bainha de mielina), 367f, 372f, 373, 376f

- Raquitismo, **151**, 151f
 RE *veja* Reticulo endoplasmático
- Reabsorção
 na formação da urina, **755**, 755f
 óssea, 134, **147**, 147f
 na osteoporose, 150
 tubular, 755, 755f, 758
- Reabsorção óssea, 134, **147**, 147f
 na osteoporose, 150
- Reabsorção tubular, 755, 755f, 758
 reabsorção tubular/equilíbrio de água e, 758
- Reação acrossômica, 779, **801**, 801f
- Reação cortical, **801**, 801f
- Reação de "lutar ou fugir",
 Divisão autônoma do sistema nervoso/medula suprarrenal na, 394-396, 487, 488, 554-555, 556f
- Reação reflexa, **500b**
- Recém-nascido
 audição no, 537
 circulação no, 646f, 647-649
 crânio no, 188-189, 188-189f
 hidrocefalia no, **421b**
 primeiras respirações pelo, 646f, 647, 698
 sistema imune no, 666-667
 visão no, 536
- Receptor do folículo piloso (plexo da raiz do cabelo), 108f, **116-119**, 447f, 446t, **446**
- Receptor(es), **27-28**. *Veja também o tipo específico*
 membrana, **27-28**
 no arco reflexo, 377, 377f, 500f
 sensitivos especiais, **507**. *Veja também* Sentidos especiais/sentidos somáticos especiais
- Receptores cinestéticos articulares, 446t, **449**
- Receptores da dor (nociceptores), 429f, **447**
- Receptores da membrana, **27-28**
- Receptores de estiramento
 na micção, 765, 765f
 no arco reflexo, 378f
- Receptores de pressão
 corpúsculos bulbosos (terminações de Ruffini), 447f, 446t, **448**, 449
 corpúsculos lamelares, (de Pacini), 108f, 447f, 446t, **448**, 449
- Receptores de prurido, 447
- Receptores de temperatura *veja* Termorreceptores
- Receptores gustativos *veja* Cálculos gustatórios
- Receptores sensitivos especiais, **507**. *Veja também o tipo específico*
- Receptores sensitivos gerais, **445**. *Veja também* Receptores sensitivos
- Receptores sensitivos periféricos, **444-449**. *Veja também* Receptores sensitivos
- Receptores sensitivos, 363, 364, **444-449**, 444f. *Veja também o tipo específico*
 classificação dos
 por localização, 447
 por tipo de estímulo, 447
 por estrutura, 447-449, 447f, 446t
- cutâneos, 108f, 109
- epiteliais, 68
- no arco reflexo, 377, 377f, 378f, 380f, 500f
- para sentidos especiais, **507**.
Veja também Sentidos especiais/sentidos somáticos especiais
- Receptores tácteis, 429f
 células/discos epiteliais tácteis (Merkel), **109**, 110f, 447f, 448t, **449**
 corpúsculos tácteis/de Meissner, 447f, 448t, **449**
- Recesso epitimpânico, 526f, 527, 528f
- Recrutamento, **264**
- Recuo pulmonar, 690, 692, 692f
- Rede de condução subendocárdica (fibras de Purkinje), **600**, 601f
- Rede do testículo, **777**, 777f, 778
- Rede venosa dorsal, 638
- Redução aberta da fratura, **148**
- Redução de fratura fechada, **148**
- Redução, fratura, **148**
- Reestenoses, após a angioplastia, 605b
- Refeição *veja* Ingestão
- Reflexo da percussão do joelho, 240, 378f
- Reflexo de defecação, 499, 501, 731-733f
- Reflexo de estiramento, 377, 378f
- Reflexo de supressão, 378, 378f, 380f, 381
- Reflexo luminoso pupilar, **515**
- Reflexo minossináptico, **377**, 378f
- Reflexo patelar (percussão do joelho), 240, 377, 378f
- Reflexo(s), **377**. *Veja também*
 Arcos reflexos
 medula espinal no, 377, 377f, 378f, 380f, 421. *Veja também o tipo específico*
- Reflexos periféricos, 500
- Reflexos polissinápticos, **377-378**, 378f
- Reflexos somáticos, 377
- Reflexos viscerais espinhais, 499-500, 500f
- Reflexos viscerais/arcs reflexos viscerais, 376, 499-500, 499f
- Refluxo vesicoureteral, **770**
- Regeneração, 99f, **100**
 medula espinal, **381b**
 neuronal, 381, 382f, 433
 tecido epitelial, 68, 99f, 100
- Região apendicular, **6-7**, 7f
- Região axial, **6**, 7f
- Região condutora do neurônio, 367f. *Veja também* Axônio
- Região do hipocôndrio esquerda, **705**, 705f
- Região do tronco, 6, 7f
 artérias que suprem a, 623f
 dermatômos na, 476, 477f
 veias da, 634f
- Região epigástrica, **705**, 705f
- Região escamosa, osso frontal, 162f, 163f
- Região glútea,
 anatomia superficial da, 353-356, 354b, 354f
 nas injeções intramusculares, **352b**
- Região hipocondríca direita, **705**, 705f
- Região ilíaca (inguinal) esquerda, **705**, 705f
- Região ilíaca direita (inguinal), **705**, 705f
- Região lombar direita, **705**, 705f
- Região lombar esquerda, **705**, 705f
- Região púbica (hipogástrica), **705**, 705f
- Região receptora do neurônio, 98, 261, 367f. *Veja também*
 Dendritos
 classificação e, 368-369t
- Região secretória do neurônio, 367f. *Veja também* Terminal axônico
 classificação neuronal e, 368-369t
- Região somática do corpo, 364-365
- Região umbilical, **705**, 705f
- Região visceral do corpo, 365
- Regiões abdominais, 705, 705f
- Regiões do hipocôndrio, **705**, 705f
- Regiões ilíacas (inguinais), **705**, 705f
- Regiões inguinais (ilíacas), **705**, 705f
- Regiões lombares, **705**, 705f
- Regra ABCD/ABCD(E), para reconhecimento de melanoma, 123-124
- Regra dos nove, **122**, 122f
- Relação comprimento-tensão
 força de contração da musculatura esquelética e, 261
 força de contração do músculo cardíaco e, 600
- Relação corporal superoinferior (SI), 213, 213f
- Relações espaciais
 área de associação posterior na percepção das, 409-410
 córtex pré-frontal na percepção das, 408
- Relógio biológico, 399
- Remodelagem (óssea) *veja* Remodelagem óssea
- Remodelagem óssea, **146-148**, 147f
 no conserto da fratura, 148f, 150
- Renina, **761**
 células granulosas que secretam, 557-558, **761**
 pressão arterial e, 761
- Reparo
 fratura óssea, 148-150, 148f
 tecido, 99f, 100
- Reparo tecidual, 99f, 100
- Reserva cardíaca, envelhecimento afetando, 608
- Resolução, na microscopia de luz, 14
- Respiração celular, **673**
- Respiração externa, **673**
- Respiração interna, **673**
- Respiração, 671, **673**. *Veja também* Respiração
 controle neutro da, 693-694, 693f, 694f
 imediatamente após o nascimento, 646f, 647
 mecanismo de, 691-693, 692
 músculos da, 304t, 305f
 desenvolvimento dos, 281
 expiratórios, 692, 692f
 inervação dos, 304t
 inspiratórios, 691-692, 692f
- Respiração, **671-673**. *Veja também*
 Respirar
 celular, **673**
 controle neural da, 693-694, 693f, 694f
 externa, **673**
 interna, **673**
 músculos da, 304t, 305f
 desenvolvimento dos, 281
 inervação dos, 304t
 transporte gasoso e, **673**
- Resposta sexual masculina, 784
- Ressonância nuclear magnética (RM), **18**, 19f
 funcional (fIRM), **18**, **404**
- Retenção urinária, **766b**
- Reticulo endoplasmático liso, 24f, 25, 26t, 30f, **31**
- Reticulo endoplasmático rugoso, 24f, 25, 26t, **30-31**, 30f, 32f, 36f
 processamento proteico no, 25, 30, 31, 32f
- Reticulo endoplasmático, **25**, **30-31**, 30f
 liso, 24f, 25, 26t, 30f, **31**
 rugoso, 24f, 25, 26t, **30-31**, 30f, 32f, 36f
 processamento proteico no, 25, 30, 31, 32f
- Reticulo sarcoplasmático, 253, **261**, 261t
 no músculo cardíaco, 267t, 599f, 600
 no músculo esquelético, **261**, 261f, 267t
 no músculo liso, 267t
- Reticulócito(s), 577f, **578**
 números anormais e, **578b**
- Retina, 452t, 514f, **515-518**, 516f, 517-518f, 518b
 desenvolvimento da, 389f, 524f, 525
 focalização da luz na, 516f, 517-518f, 519-520, 520f
 no recém-nascido/bebê, 536
 transtornos de, 524-521b
- foto-receptores na *veja* Foto-receptores
 processamento de informação/visual na, 515, 516f
- Retináculo
 extensor
 do antebraço, **319t**, 323f
 da perna, **336t**, 337f, 338f
 fibular (peroneal), **336t**, 338f
 flexor
 do antebraço, **319t**, 320f, 326f
 da perna, **336t**
 da patela (lateral e medial), 239f, **240**
 peroneal (fibular), **336t**, 338f
- Retináculo lateral da patela, 239f, **240**
- Retináculo medial da patela, 239f, **240**
- Retináculo peroneal (fibular), **336t**, 338f
- Retinopatia da prematuridade, **525**
- Reto, 5f, 704f, 707f, 709f, 710t, 729f, **730**, 730f. *Veja também em* Retal
 artérias que suprem, 630f, 631, 632
 inervação/efeitos autônomos e, 490f, 497f
 pregas transversais do (válvulas retais), **730**, 730f

- veias do, 640f, 641
 Retocele, **745**
 Retorno venoso, bomba muscular esquelética e, 620, 620f
 Retração (movimento corporal), 226f, **227**
 da articulação esternoclavicular, 233-234, 233f
 da escápula, 311t
 Retroperitoneal (termo), **57**
 Revestimento de lanugo, 125
 Ribossomos livres, **30**
 Ribossomos, 24f, **25**, 26t, **30**, 30f
 no processamento proteico, 30, 31, 32f
 Rim ectópico, **768**
 Rim em ferradura, **768**
 Rim pélvico, **768**
 Rima da glote, **680**
 Rima da pálpebra, **510**, 510f
 Rinencefalo, 408
 Rinite, **675b**
 Rins, 5f, 750, **751-761**, 751f, 761b.
Veja também em Renal
 anatomia macroscópica dos, 751-754, 752f, 753f, 754f
 externa, 751-752, 752f
 interna, 752-753, 753f
 anatomia microscópica dos, 754-761, 756f, 757f, 758f, 759f, 760f. *Veja também*
 Nérions
 artérias que suprem os, 623f, 629-631, 629f, 751f, 752f, 753-754
 ausência de (agenesia renal), **768**
 cânceres dos, **767**
 desenvolvimento dos, **50**, 50f, 57, 58f, 59f, 706f, 707f, 767-768, 768f
 ectópicos, **768**
 em ferradura, **547b**
 envelhecimento afetando os, 769-770
 eritropoietina produzida pelos, 557-558
 exame radiográfico dos (pielografia), **761b**
 formação de urina e, 750, 755, 755f, 758
 funções dos, 750-751
 hormônio antidiurético (ADH) afetando os, 548-549, 551t, 758
 hormônio do crescimento para doença crônica dos, **547b**
 hormônios produzidos pelos, 557-558
 inervação/efeitos autônomos e, 459t, 471f, 492-493t, 497f, 754
 infecção dos (pielite/pielonefrite), **753b**, **766**, 769-770
 localização dos, 751, 752f
 na regulação da pressão arterial, 760-761
 pélvicos, **768**
 posição retroperitoneal dos, 706f, 707f
 transplante de, **767b**
 veias dos, 634f, 638, 752f, 754
 Ritmo circadiano, hipotálamo na regulação do, 399
 RM funcional (fIRM), **18**, **404**
 RM *veja* Imagem por ressonância magnética
 RNA (ácido ribonucleico)
 mensageiro (mRNA), **30**
 na cromatina, 37
 na síntese proteica, 30
 ribossômico (rRNA), **30**
 no nucléolo, 36
 RNA mensageiro (mRNA), **31**
 RNA ribossômico (rRNA), **30**
 no nucléolo, 36
 Rombencéfalo, 389f, **390**
 Rompimento da cartilagem, 244, 244f
 Rosácea, **125**
 Rostral (termo), **389**, 389f, 390f
 Rotação (movimento corporal), 222, 223t, 224f, **227**, 228f, 229f
 da articulação esternoclavicular, 233-234, 233f
 da cabeça e pescoço, 390t
 da coxa e perna, 329t, 331t, 332t, 334t, 339t
 da escápula, 311t
 do fêmur, 328t
 do membro inferior, 224f
 do membro superior, 315t, 316t, 317t
 do ombro, 288t, **315t**, 316t, 317t
 do quadril, 290t
 do tronco, 306t
 vertebral, 180, 181, 182, 182t, 183, 184, 227
 Rotação lateral, 223t, 224f, **227**
 da coxa, 334t, 335t
 do fêmur, 328t
 do membro superior, 224f, 315t, 317t
 do ombro, 288t, 315t, 317t
 do quadril, 290t
 Rotação medial, 223t, 224f, **227**
 da coxa e perna, 329t, 331t, 332t, 339t
 do fêmur, 328t
 do membro inferior, 224f
 do membro superior, 224f, 288t, 315t, 316t, 317t
 do quadril, 290t
 Rouquidão, 459t, 681b
 rRNA *veja* RNA ribossômico
 Rubéola, materna
 transtornos auditivos no recém-nascido e, 537
 transtornos visuais no recém-nascido e, 536
 Rubéola, materna
 deficiência auditiva no recém-nascido e, 537
 distúrbios da visão no recém-nascido e, 536
 Rubor, na inflamação, 660f, 660
 Rugas (pregas)
 da bexiga, **763**, 764f
 da vagina, 798
 gástricas, 723f, **724**
 Ruído, perda auditiva e, 536
 Ruídos do intestino, **705b**
 Ruptura do tímpano, **527b**
 Ruptura mecânica (alimento), **710**, 710f, 734f
 Ruptura placentária, **805b**
 Sabor doce, 508
 Sabor salgado, 508
 Saco amniótico, 52, 54f
 Saco da conjuntiva, 510f, **511**
 Saco lacrimal, **511**, 511f
 Saco vitelino, **52**, 50f, 53f, 54f, 803f, 804f
 Sacos alveolares, **684**, 684f
 Sacos linfáticos, 666
 Sacral outflow, parasymphatic, 490
 Sacro, 158f, 177f, **178**, **184**, 184f, 202, 203f, 204f, 350
 músculos da coxa originando-se no, 332t, 333f
 no homem *versus* na mulher, 206t
 Sáculo, 528, 529f, 529t, **531-532**, 532f
 SAF *veja* Síndrome alcoólica fetal
 Saliências genitais, **810**, 810f
 Saliva, 720
 Salpingectomia, **790**
 Salpingite, **790**
 Sangramento (hemorragia), **581-582**
 Sangramento nasal (epistaxe), **677b**
 Sangue, 79, 82t, 91f, 94, 93f, **567-584**. *Veja também* Células do sangue; Plasma
 composição do, 568-575, 568f
 desenvolvimento/envelhecimento e, 579-582
 distúrbios do, 578-579, 579f
 elementos formados do, **569-575**, 569f, 571f, 573t. *Veja também* Células do sangue
 Sangue do cordão (sangue placentário) transplantes, **580b**
 Sangue placentário (do cordão umbilical)
 transplantes, 805f, **806-807**
 SAR *veja* Síndrome da angústia respiratória
 SAR *veja* Sistema de ativação reticular
 Sarco- (prefixo), **253**
 Sarcolema, **253**
 músculo cardíaco, 598, 599f
 músculo esquelético, 254t, 258f, 261f
 músculo liso, 714
 Sarcoma de Kaposi, na infecção de HIV/AIDS, 661b, **667**
 Sarcoma, **101**, 151. *Veja também* Câncer de Kaposi, na infecção de HIV/AIDS, 661b, **667**
 Sarcômeros, **257**, 266t
 músculo cardíaco, 266t, 599
 músculo esquelético, 254t, **256-261**, 258f, 266t
 Sarcopenia, **269-270**
 Sarcoplasma, **253**
 Sardas, **115b**
 Schleiden, Matthias, 24
 Schwann, Theodor, 24
 Sebo, **120**
 na acne, 120b
 Seções (corpo), 7-10, 9f
 Seções oblíquas, **7**
 Secreção holócrina, **120**
 Secreção prostática, 783
 Secreção tubular, 755, 755f, 758
 Secreção, 74
 como função epitelial, 67, 74
 glandular, 74
 na formação da urina, **755**, 755f
 pela excitose, 29, 29f, 74
 tubular renal, 755, 755f, 758
 Secretina, 735f
 Sede, o hipotálamo na regulação da, 399
 Segmentação (digestiva), **710**, 710f, 711f, 724-725
 Segmentação, no plano corporal dos vertebrados, **11**
 Segmento anterior do olho, 513, 514f, 519f, **520**
 Segmento posterior do olho, 513, 514f, **518**, 518f
 Segmentos broncopulmonares, **686**, 689f
 Segmentos da medula espinal, 422f, **423**, 423f
 Segmentos externos do cone, 515, 516f
 Segmentos externos em bastão, 515, 516f
 Segmentos externos, bastonetes e cones, 515, 516f; 517-518f
 Segmentos internos do cone, 515, 517f
 Segmentos internos em bastão, 515, 517-518f
 Segmentos internos, bastão e cone, 515, 517f
 Segundo estágio (expulsivo) do trabalho de parto, **805-807**, 805f
 Segundo ventrículo *veja* Ventrículo lateral
 Seio (referência óssea), 139t
 Seio cortical (linfa), 655, 656f
 Seio reto, 419f, **635**, 635f
 Seio sagital inferior, 419f, **635**, 635f
 Seio sagital superior, 417, 418f, 419f, **635**, 635f
 Seio venoso da esclera, 514f, 518f, **519**
 Seio(s) (glândulas mamárias), 5f, 121, 787, **799-800**, 800f. *Veja também* Glândulas mamárias
 Seios anais, **730**, 730f
 Seios caróticos, 459t
 barorreceptores nos, 500, 500f
 Seios cavernosos, **635-636**, 635f, **636b**
 Seios coronários, 589, 591f, 596, 597f, 602-603f, **605**
 Seios duros intracranianos *veja* Seios venosos da dura-máter
 Seios esfenoidais, **167**, 168f, 174f, 175f, 676f, 677
 Seios frontais, 159f, **162**, 168f, 174f, 175f, 676f, 677
 Seios lactíferos, **800**, 800f
 Seios linfáticos, **655**, 656f, 663
 Seios maxilares, 159f, **173**, 174-175f, 677, 677f
 Seios medulares (linfa), 655, 656f
 Seios paranasais, 159f, 160, **174-176**, 175f, 674t, 677, 677b, 677f
 Seios renais, 753
 Seios sagitais inferior, 419f, **635**, 635f superior, 417, 418f, 419f, **635**, 635f
 Seios sigmóides, 419f, **635**, 635f
 Seios subcapsulares (linfa), 655, 656f
 Seios transversos, 418, 419f, **635**, 635f
 Seios urogenitais, **768**, 768f, 809, 809f, 810
 Seios venosos da dura-máter, 417, 418f, 419f, 423f, 635, **635**, 635f
 Seios venosos, **606-608**, 607f da esclera, 514f, 519f, 518

- esplênico (sinusoides esplênicos), 664, 664f
 subdural (dura-máter), 418, 418f, 419f, 634f, **635**, 635f
- Seios, paranasais, 159f, 160, **174-176**, 175f, 674t, 677, 677b, 677f
- Sela turca, **165-167**, 166f, 167f, 168f, 174f
- Sêmen, **782**
 secreção prostática no, 783
 secreções das glândulas seminais no, 782
- Semilunar, **200**, 200f, 201t
 na articulação do punho, 237, 237f
- Sensação de odor *veja* Olfato
- Sensação. *Veja também em Sensitivo*
 agnosia e, **408b**
 áreas corticais na, 406f
 como função epitelial, 68
- Sensações gustativas, 508, 508f
- Sentidos discriminatórios, **428**, 429f
- Sentidos especiais/sentidos somáticos especiais, **365**, 444, 506-540-541. *Veja também o sentido e a estrutura específicos*
 desenvolvimento/envelhecimento e, 536-537
 olho e visão, 510-525
 orelha (audição e equilíbrio), 525-536
 químicos (paladar/olfato), 507-510
- Sentidos químicos, **365**, 507-510. *Veja também* Olfato; Paladar
 desenvolvimento dos, 509
 distúrbios dos, 509-510
- Sentidos somáticos gerais, **365**, 444. *Veja também* Receptores sensitivos
 nervos cranianos e, 451
- Sentidos viscerais especiais, **365**, 444
- Sentidos viscerais gerais, **365**, 444, **485**, 499, 499f
 nervos cranianos e, 451
- Sentidos viscerais *veja* Sistema sensitivo visceral
 nervos cranianos e, 451
- Septo
 do escroto, 775, 776f
 interatrial, **589**, 591f
 interventricular, **589**, 592f, 598f, 601f
 nasal, 173, 675, 677f
 desviado, **173b**
 testicular, 776, 777f
- Septo escrotal, 775, 776f
- Septo interventricular, **589**, 592f, 598f, 601f
- defeitos congênitos envolvendo o, 608, 608f
- Septo nasal, 173, 675, 677f
 desviado, **173b**
- Septo pelúcido, 391, 392f, 400f, 415f
- Septoplastia, 173b
- Serosa parietal, **12**, 12f
- Serosa visceral, **12**, 12f
- Serosa(s), **12**, 12. *Veja também* Membranas serosas
- SI (superoinferior) Relação corporal, 213, 213f
- SIADH *veja* Síndrome da secreção de ADH inapropriada
- Simetria, no plano corporal dos vertebrados, 10
- Sinais cushingoides, 560-561, 560f
- Sinapse(s), **367-368**, 368f, 485
 no arco reflexo, 377, 377f, 378f
- Sinapses axodentríticas, 368, 368f
- Sinapses axossomáticas, 368
- Sinartroses, **218**, 219, 219t
- Sinciciotrofoblasto, **802-803**, 802f, 803f
- Sincondroses, **219**, 219t, 220f
- Sindesmose tibiofibular inferior (distal), 244b
- Sindesmose tibiofibular, 242
- Sindesmose, 218f, **219**, 219t
- Síndrome alcoólica fetal (SAF), **62b**
- Síndrome compartimental crônica, **286b**
- Síndrome compartimental, **286b**
- Síndrome da angústia respiratória (SAR), **693b**, 698
- Síndrome da dor miofascial, **268**
- Síndrome da dor patelofemoral, **247**
- Síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS), 660, **661b**
- Síndrome da morte súbita infantil (SIDS), **699**
- Síndrome da secreção de ADH inapropriada (SIADH), 551t
- síndrome da secreção inapropriada de (SIHAD), 551t
- Síndrome de compartimento aguda, **286b**
- Síndrome de Horner, 496b
- Síndrome de Kartagener, **79b**
- Síndrome de Ménière, **536**
- Síndrome de negligência, **409-410b**
- Síndrome de Tourette, **438**
- Síndrome de Turner, **547b**
- Síndrome do segundo impacto, **434b**
- Síndrome do túnel do carpo, **202b**
- Síndrome dos cílios imóveis, 79b
- Síndrome pós-pólio, **479b**
- Sinergista (músculo), **281-283**
- Sínfise mandibular, 170f
- Sínfise púbica, 203f, 205, 219, 220f, 231t, 348, 349f, 762f, 784f, 788f, 798f
 cartilagem na, 130f, 131
- Sínfises, **219**, 219t, 220f
- Sinostoses, 218
- Sinóvia, **220**, 221f
- Sinovite, **247**
- Síntese proteica, nos ribossomos, 30, 31, 32f
- Sinusite, **677b**
- Sinusoides esplênicos, 664, 664f
- Sinusoides hepáticos, 640f, 641, **736**, 738f
 na circulação fetal, 631
- Sinuoides/capilares sinusoides, 616-617f, **617-618**
 endometriais, 792f
 na medula óssea, 576, 576f
 na polpa esplênica, 664, 664f
 no fígado, 640f, 641, **736**, 738f
 na circulação fetal, 641
- Sistema ativador reticular ascendente (SARA), **415**, 415f
- Sistema cardiovascular, 4f, **567**. *Veja também* Sangue; Vasos sanguíneos; Circulação;
- Coração
 coração, 4f, 585-611, 586f
 fetal (circulação fetal), 645f, 647-648, 804-805, 804f
 alterações ao nascimento, 646f, 647
 vasos sanguíneos, 4f, 612-651
- Sistema circulatório *veja* Circulação
- Sistema colinérgico, prosencéfalo basal, 414
- Sistema condutor do coração, **600-601**, 601b, 601f
- Sistema de ázigos, 636-637, 637f
- Sistema de ductos reprodutores desenvolvimento embrionário do, 809f, 810
 nas mulheres, 787
 nos homens, 778-782, 779f, 780f, 782f
- Sistema digestório, 5f, 703-749, 704f. *Veja também o órgão ou estrutura específica e* Digestão; Trato gastrointestinal (GI)
- Sistema esquelético/esqueleto. *Veja também* Osso(s)/tecido esquelético; Cartilagens;
 Articulações; Ligamentos
 apendicular, **158**, 158f, **193-216**
 articulações, 4f, **157**, 217-251, **218**, 230-231t
 axial, 157-192, **158**, 158f
 cartilagens, 79, 82t, 89-94, 89-90f, 93f, 130-133, 130f, 131f, 132b, **157**
 desenvolvimento/envelhecimento e, 152, 152f, 188-190, 188-189f
 ligamentos, 88f, 89, **157**
 osso(s)/tecido esquelético, 4f, 79, 82t, 91f, **94**, 93f, 133-152, **157**
 sistemas de alavanca e, 278, 278f
 transtornos dos, 188-189, 188f, 188-189f
- Sistema excretor *veja* Sistema urinário
- Sistema genital masculino, 5f, 775-787, 775f, 782f. *Veja também o órgão ou estrutura específica*
 cânceres do, 806-807
 desenvolvimento/envelhecimento e, 809f, 810-811, 810f
 efeitos hormonais e, 778. *Veja também* Testosterona
- Sistema genital, 5f, 774-816. *Veja também* Sistema genital feminino; Sistema genital masculino
 desenvolvimento/envelhecimento e, 809f, 810-811, 810f
 gravidez/parto e, 800-806
 na mulher, 5f, 787-800, 788f
 no homem, 5f, 775-787, 775f, 782f
 órgãos/glândulas acessórias do, **775**
 no homem, 775, 782-783, 782f, 783b, 783f
 transtornos/cânceres do, 806-810
- Sistema haversiano (ósteon), **138**, 140f
- Sistema imune, 5f, **652**, **657-666**. *Veja também* Imunidade; Sistema linfático; Linfócitos
 células do, 542. *Veja também a tipo específico*
 desenvolvimento/envelhecimento e, 666-667
 linfonodos e, 663
 transtornos do, 666
 infecção de HIV/AIDS, 660, 661b
- Sistema límbico, 401, 414-415, 415f
 desenvolvimento do, 437
 funções do, 414-415, 417t
 no olfato, 509
 regulação autônoma e, 501, 501f
- Sistema linfático, 5f, **567**, **652**, 653-657, 653f. *Veja também* Vasos linfáticos; Linfonodo(s); Órgãos linfáticos; Tecido linfático
 desenvolvimento/envelhecimento e, 666-667
 transtornos do, 666
- Sistema métrico, **6**
- Sistema motor somático (SM), 364f, **365**, 365t, 485, 486f. *Veja também* Neurônios motores (eferentes)
 na medula espinal, **426**, 426f, 431f
 na micção, 765f, 766
 nervos cranianos no, 451, 451t
- Sistema motor visceral (autônomo) (VM), 364f, 366, **365**, **365-366**, 365t, 444, 444f. *Veja também* Divisão autônoma do sistema nervoso; Neurônios motores (eferentes)
 inervação da musculatura lisa e, 714, 715f
 na medula espinal, **425**, 425f
 nervos cranianos no, 451, 451t
 sistema nervoso entérico e, 715
- Sistema motor visceral geral, 365-366, 485. *Veja também* Divisão autônoma do sistema nervoso
- Sistema muscular/músculos, 4f, 274-361, 284-285f. *Veja também* Tecido muscular; Músculo esquelético
 ações/interações do, 281-283, 282f
 conexões do, 256f, 256-257, 256-257f
 contração do *veja* Contração muscular; Músculo esquelético/tecido muscular esquelético, contração do
 disposição dos fascículos e, 275, 275f
 movimento e, **253**
 nomenclatura, 283
 organização baseada no desenvolvimento do, 279-281, 280f
 sistemas de alavanca e, **277-279**, 277f, 278f
- Sistema nervoso autônomo, 364f, **365**, 365t, 366, 444, 444f, 484-498, **485**, 485f, 486f. *Veja também* divisão específica
 controle central de, 501, 501f

- desenvolvimento/envelhecimento e, 502-503, 502f
divisões de, 487-489, 487f, 488t. *Veja também* *divisão específica*
- parassimpático (craniosacral), 364f, 366, 444, 29f, 485f, **487**, 487f, **488**, 488t, 489-490, 489f, 491f, 492t
- simpático (toracolombar), 364f, 366, 444, 444f, 485f, **487**, 487f, **488**, 488t, 490-498, 492t, 494, 495f, 496f, 497f, 498f
- nervos cranianos e, 451, 451t
- sistema nervoso somático comparado com, 485-487, 486f
- transtornos de, 501-502, 502f
- Sistema nervoso involuntário, 366. *Veja também* Divisão autônoma do sistema nervoso
- músculos inervados pelo. *Veja também* Músculo cardíaco; Musculatura lisa
- músculo cardíaco, **253**
- musculatura lisa, **256**, 487, 714-716, 714f
- Sistema nervoso somático, 364f, 444f. *Veja também* Sistema motor somático (SM)
- Divisão autônoma do sistema nervoso comparado ao, 485-487, 486f
- Sistema nervoso voluntário, **253**. *Veja também* Sistema nervoso somático
- músculo esquelético inervado pelo, 255
- Veja também* Músculo(s) esquelético(s)
- Sistema nervoso, 4f, 362-387. *Veja também a divisão específica e* Tecido nervoso; Neurônio(s)
- anatomia macroscópica do, 375-376, 375f, 376f
- autônomo, 364f, **365**, 365t, 366, 444, 444f, 484-498, **485**, 485f, 486f. *Veja também* Divisão autônoma do sistema nervoso
- central, **363**, 363f, 375, 375f. *Veja também* Parte central do sistema nervoso
- desenvolvimento/envelhecimento e, 382-383, 383f, 479-480
- divisões do, 363-366, 363f, 364f
- entérico, 485, 500, 712f, **714**-716
- funções do, 363, 363f
- músculo esquelético suprido pelo, 256-257
- periférico, 363f, **364**, 375-376, 375f. *Veja também* Parte periférica do sistema nervoso
- Sistema neuroendócrino difuso, **557-558**
- Sistema porta, 547, 548f
- hepático, 635, **638**-641, 640f
- hipofisário, **547**, 548f
- Sistema reprodutivo feminino, 5f, 787-800, 788f. *Veja também o órgão ou estrutura específica*
- amamentação e, 799, 800, 800f
- cânceres do, 806-810
- desenvolvimento/envelhecimento e, 809f; 810-811, 810f
- glândulas mamárias e, 5f, 121, 787, **799**-800, 800f
- gravidez e, 800-805
- parto e, 805-807, 805f
- Sistema respiratório, 5f, **671**-702, 673f, 674t. *Veja também o órgão ou estrutura específica e Pulmonar*
- anatomia funcional do, 673-674, 673f, 674t
- desenvolvimento/envelhecimento e, 698-699, 698f
- transporte gasoso e, **673**
- transtornos do, 694-698, 695-696b, 697f
- ventilação e mecanismo da, 691-693, 692f
- controle neural da, 693-694, 693f, 694f
- Sistema RICE, **244b**
- Sistema sensitivo somático, 364f, **365**, 365t, 444, 444f
- na medula espinal, **426**, 426f
- nervos cranianos no, 451, 451t
- Sistema SM *veja* Sistema motor somático (SM)
- Sistema SS *veja* Sistema sensitivo somático
- Sistema tegumentar, 4f, **107**-128. *Veja também* Pele
- desenvolvimento/envelhecimento e, 123-125
- funções do, 108-109
- transtornos do, 121-124, 122f, 123f
- urinário, 5f, 750-773, 751f. *Veja também a estrutura específica e* Rins
- Sistema urinário, 5f, 750-773, 751f. *Veja também a estrutura específica e* Rins
- câncer do, 767
- desenvolvimento/envelhecimento e, 768-769, 768f
- transtornos do, 766
- Sistema vascular, 4f. *Veja também* Vasos sanguíneos; Circulação
- Sistema VM *veja* Sistema motor (autônomo)
- Sistema VS *veja* Sistema sensitivo visceral (SV)
- Sistema(s), órgãos *veja* Sistemas orgânicos
- Sistema/glândulas endócrinas, 4f, 74, **542-566**, 543f, 544f. *Veja também a glândula específica e* Hormônio(s)
- desenvolvimento/envelhecimento e, 561-562, 561f
- hipotálamo na regulação do, 399-401, 547-549, 548-549f
- transtorno do, 558-561
- envelhecimento e, 562
- Sistemas funcionais cerebrais, 414-415, 415f, 415f. *Veja também* Sistema límbico; Formação reticular
- Sistemas orgânicos, 4-5f; 5-6. *Veja também o sistema específico*
- organização estrutural no nível dos, 3f, 5-6
- Sístole, **596**
- Sítio glúteo, ventral, 354b
- Sítios receptores, dendritos como, 366, 367f
- SMSI (síndrome da morte súbita infantil), **699**
- SNA. *Veja* Divisão autônoma do sistema nervoso
- SNAREs vesicais, na exocitose, 29f
- SNAREs-alvo, na exocitose, 29f
- SNC *veja* Parte central do sistema nervoso
- SNP *veja* Parte periférica do sistema nervoso
- Sola do pé, músculos na, 342-344t, 343-345f
- inervação da, 474f
- Soluço, irritação do nervo frênico, **464b**
- causa, **464b**
- Som/ondas sonoras, 531, 531f
- processamento cortical das, 407
- Soma (corpo celular), dos neurônios, 98, 98f, **366**, 367f
- classificação neuronal e, 368-369t
- Somatostatina, **557-558**
- produção pelo pâncreas, **557-558**
- Somitômeros, **279**, 280f
- Somitossomos, 55f, **56**, 57, 58f, 59f
- Sonografia (ultrassom), **18**, 18f
- Soro, 568
- SR *veja* Reticulo sarcoplasmático
- Stent de metal simples, 605b
- Stents farmacológicos, 605b
- Subluxação, **245**. *Veja também* Deslocamento(s)/luxações
- Submucosa
- do esôfago, 721, 721f
- do estômago, 725f
- do intestino delgado, 727-728, 727f
- do intestino grosso, 732-736
- do tubo digestório, **711**, 712f
- traqueal, 682f, **683**
- Substância branca do cerebelo, 391f, 397, 398f, 400f
- Substância branca do cérebro, 402, 403f, 404t, 411-412, 412f
- Substância branca, **375**, 375f
- da medula espinal, 424f, **425**, 425f, 429t
- desenvolvimento da, 410-411, 411f
- do cérebro, 375, 391, 391f
- cerebelar, 391, 397, 398f, 400f
- cerebral, 402, 403f, 404t, tronco encefálico, 391f, 392
- Substância cinzenta central, 394-396, **394-395**, 396f
- Substância cinzenta cerebral cortical, 402, 403f, 404t, 417t. *Veja também* Córtex cerebral
- profundo, 404t, 413-141, 413f, 417t
- Substância cinzenta cerebral profunda, 404, 412-413, 414f. *Veja também* Núcleos (gânglios) basais, 404t, 413-414f, 417t
- Substância cinzenta do cerebelo, 391f, 397
- Substância cinzenta, 375, 375f
- central, 394-396, **394-395**, 396f
- regulação autônoma pela, 501
- cerebral profunda, 404t, 413-414, 413f, 417t
- da medula espinal, 375, 375f, 391f, 425-426, 425f, 426f
- desenvolvimento da, 382-383, 383-384f
- do cérebro, 375, 391, 391f
- cerebelar, 391f
- cortical cerebral, 402, 403f, 404t, 417t. *Veja também* Córtex cerebral
- tronco encefálico, 391f, 392
- integração neuronal e, 377
- Substância cromófila (corpos de Nissl), **366**, 367f
- Substância fundamental, **80**, 80t, 82t, 81-83, 93f, 132b
- Substância negra, **394-395**, 396f, 413f, 414
- na doença de Parkinson, 394-395, 414b
- Suco intestinal, 726
- Sudorese, 120
- Sulco (proeminência óssea), 139t
- Sulco bicipital (sulco intertubercular), **197**, 197f, 201t
- medial, 351f, **352**, **628**
- Sulco bicipital medial 351f, **352**, **628**
- Sulco calcario, 406f, **407**
- Sulco central, **402**, 403f, 405f, 406f, 409f
- Sulco coronário, **589**
- Sulco de metal simples, 605b
- Sulco de metal simples, 605b
- Sulco declivagem, 41f
- Sulco do nervo radial, **197**, 197f, 201t
- Sulco gengival, 719f
- Sulco infraorbitário, 176f
- Sulco intertubercular (sulco bicipital), **197**, 197f, 201t
- medial, 351f, **352**, **628**
- Sulco interventricular anterior, **589**
- Sulco interventricular posterior, **589**
- Sulco interventricular, 611f
- anterior e posterior, 589
- Sulco lateral, **402**, 403f
- Sulco medial da língua, 717f
- Sulco mediano posterior, 394f, 422f, **424**, 424f, 425f
- Sulco neural, **54**, 55f
- Sulco parietoccipital, **402**, 403f, 406f
- Sulco terminal, 717f, **718**
- Sulco uretral, **809**, 810f
- Sulcos (sulco), **402**, 403f
- Supercílios, **510**, 510f
- Superfície (terminologia), **7**, 8t. *Veja também em* Externo
- Superfície apical, epitelial, 67f, **68**, 76, 78-79, 78f, 79b, 79f, 92f
- Superfície articular inferior, da tíbia, 208f
- Superfície basal, epitelial, 67f, **68**, 76, 78, 92f
- Superfície costal, do pulmão, 686
- Superfície diafragmática do fígado, **736**
- Superfície glútea, do osso do quadril, 202, 204
- Superfície medial (mediastinal) do pulmão, 355f, 356, 686
- Superfície mediastinal (medial) do pulmão, 686
- Superfície patelar, **207**, 207f
- Superfícies articulares

- estabilidade na articulação sinovial e, 227-230
 tibial, 208f
 Superior (terminologia), 7, 8t
 Supinação (movimento corporal), 226f, 227
 no antebraço, 288t
 Supressão (coito interrompido), 797b
 Surdez central, lesão vestibuloclear causando, 457t
 Surdez congênita, 537
 Surdez de condução, 536
 Surdez nervosa, dano vestibuloclear que provoca a, 457t
 Surdez neurossentiva, 536
 envelhecimento e, 536, 537
 Surdez, 532, 533
 Surfactante pulmonar *veja*
Surfactante
 Surfactante, 685f, 686, 693, 698
 síndrome da angústia respiratória e, 693b, 698
 Sustentáculo do tálus, 211f, 212
 Sustentáculo do tálus, 211f, 212, 243f
 Sutura coronal, 159, 159f, 160, 160f, 161f, 168f
 Sutura escamosa, 159, 159f, 160f, 161, 161f, 168f
 Sutura frontonasal, 162, 162f, 163f
 Sutura intermaxilar, 164f
 Sutura lambdóideia, 159, 159f, 160f
 Sutura occipitomastóideia, 160f, 161f, 162, 168f
 Sutura palatina mediana, 164f
 Sutura sagital, 159, 161, 161f
 Suturas (cranianas), 159, 159f, 160-161, 160f, 161f, 218, 218f, 219t. *Veja também o tipo específico*
 Suturas cranianas, 159, 159f, 160-161, 160f, 161f, 218, 218f, 219t. *Veja também tipo específico*
 T₃ *veja* Tri-iodotironina
 T₄ *veja* Tiroxina
 Tabagismo
 câncer de pulmão e, 695-696b
 DPOC e, 697, 697f
 perigos do, 695-696b
 Tabaqueira anatômica (fossa radial), 353, 353f
 TAC *veja* Tomografia (axial) computadorizada
 Taeniae (tênia) coli, 729, 729f
 Tálamo, 394f, 394f, 399, 400f, 413f
 desenvolvimento do, 389f, 390, 437
 funções do, 399, 417t
 informação sensitiva visceral e, 499
 na via auditiva, 429
 na via visual, 521, 522f
 vias ascendentes e, 428, 429f, 430
 Talassemias, 570b
 Talassemia beta, 570b
 Talidomida, 62b
 Tálus, 135f, 210t, 211f, 212
 na articulação do tornozelo, 242, 242f, 243f
 Tamoxifeno, para osteoporose, 151
 Tamponamento cardíaco, 580b
 Tarso, ossos do (tarsais), 158f, 210t, 211f, 212
 Tatuagens, 112, 114b
 Taxa metabólica basal, hormônio tireoidiano que afeta, 552
 Taxa metabólica/metabolismo efeitos autônomos e, 492-493t
 hormônio da tireoide afetando a, 552
 neurônios e, 366
 TB *veja* Tuberculose
 TC *veja* Tomografia computadorizada (axial) computadorizada
 TCP *veja* Tubo contorcido proximal
 TEAF *veja* Transtorno do espectro alcoólico fetal
 Teca do folículo, 794f, 795
 Tecido adiposo (gordura), 82f, 83-87, 86f, 93f
 branco, 87
 hipoderme e, 83, 86f, 114
 inervação/efeitos autonômicos e, 492t
 marrom, 87
 no seio, 800, 800f
 Tecido adiposo branco (gordura branca), 87
 Tecido adiposo marrom (gordura marrom), 87
 Tecido adiposo, 82t, 83-87, 86f, 94f
 brancas, 87
 hipoderme e, 83, 86f, 114
 inervação/efeitos autônomos e, 492-493t
 marrom, 87
 na mama, 800, 800f
 Tecido cicatricial, 99f, 100
 Tecido conjuntivo denso (fibroso), 82t, 83, 87-89, 87-88f, 93f
 Tecido conjuntivo denso modelado, 82t, 88f, 89, 93f
 Tecido conjuntivo denso não modelado, 82t, 87-89, 87f, 93f
 Tecido conjuntivo elástico, 82f, 88f, 89, 93f
 Tecido conjuntivo fibroso (denso), 82t, 83, 87-89, 87-88f, 93f
 Tecido conjuntivo frouxo, 80t, 81t, 83, 84f, 93f. *Veja também*
 Tecido conectivo no testículo, 777f, 778
 Tecido conjuntivo linfático, 574, 652, 658, 658-662
 Tecido conjuntivo propriamente dito, 79, 82t, 83-89, 93f
 Tecido conjuntivo reticular, 82t, 86f, 87, 93f
 na medula óssea, 576, 576f
 tecido linfático, 574, 652, 658, 660-662, 660f
 Tecido conjuntivo, 5, 66, 79-94, 82t, 85-91f, 93f. *Veja também tipo específico*
 Tecido conjuntivo-interações epiteliais, 101
 Tecido de granulação, 99f, 100
 Tecido endotelial/endotélio capilar, 616-617f, 617-618
 corneano, 513, 518f
 vaso sanguíneo, 613, 614f, 615f, 618f
 Tecido epitelial/epitélio, 5, 42, 66, 67-79, 67f, 68f, 69t, 70-73f, 75f, 76f, 77f, 78f, 79f, 92f. *Veja também o tipo específico*
 bronquial, 683, 683f
 câncer surgindo no, 102b
 características da superfície do, 76-79, 77f, 78f, 79b, 79f
 características do, 67f, 68
 classificação do, 68-74, 68f, 70-73f
 cobertura/revestimento, 67, 94, 95f
 corneano, 513, 518f
 desenvolvimento do, 524f
 cúbico, 68, 68f, 69t, 92f. *Veja também*
 Epitélio cúbico da laringe, 680-681
 da lente ocular, 518f, 519
 da mucosa do tubo digestório, 711, 712f, 735f
 de transição, 69t, 73f, 74
 na bexiga, 763, 763f
 nos ureteres, 761, 762f
 desenvolvimento do, 100
 do canal anal, 736
 do ducto deferente, 779, 779f
 do estômago, 724, 725f
 do intestino delgado, 726
 não diferenciado, 726-728
 do intestino grosso, 732-733, 732-733f
 ectoderma e endoderma como, envelhecimento afetando o, 101
 esofágico, 53
 estratificado, 68, 68f, 69t, 74, 92f. *Veja também*
 Epitélio estratificado
 funções do, 67-68, 69t
 germinativo, do ovário, 780, 780f
 glândulas, 67, 74-75, 74f
 na uretra, 764
 olfatório, 508, 509f
 desenvolvimento do, 509
 pavimentoso, 68, 68f, 69t, 92f. *Veja também*
 Epitélio pavimentoso
 prismático, 68f, 69, 69t, 92f. *Veja também*
 Epitélio prismático
 regeneração do, 68, 99f, 100
 simples, 68, 68f, 69, 69-74, 69t, 70-71, 93f
 tecidos conjuntivos diferenciados do, 92-93f
 Tecido epitelial-conjuntivo interações, 101
 Tecido muscular, 5, 66, 96, 96-98f, 252, 253-256, 254t, 266-267t. *Veja também o tipo específico*
 e Sistema muscular cardíaco, 96, 97f, 253, 266-267t
 desenvolvimento/envelhecimento e, 268f, 269-270, 270b
 dor do, início tardio/pós-exercício, 261b
 esquelético, 5f, 96, 96f, 252f, 253, 254t, 256-269-270, 266-267t
 funções do, 253
 liso, 96, 97f, 253-256, 266-267t, 713-717, 713f, 714f
 propriedades do, 253
 terminologia específica do, 253
 tipos de, 96, 253-256, 266-267t
 Tecido nervoso, 5, 66, 96-98, 98f, 366-375
 desenvolvimento/envelhecimento e, 100, 382-383, 383f
 neurógia (células da neurógia), 98, 98f, 366, 372-375, 372f
 neurônios, 42-43, 42f, 98, 98f, 366-372, 367f, 368f, 368-370t. *Veja também*
 Neurônio(s)
 sinapses e, 367-368, 368f, 485
 transtornos do, 380-381, 381f, 382f
 Tecido ósseo, 133-134. *Veja também*
 Osso(s)/tecido esquelético
 Tecido ósseo, 133-134. *Veja também*
 Tecido ósseo/esquelético
 Tecido ósseo/esquelético, 4f, 79, 82f, 91f, 94, 93f, 133-152, 157. *Veja também osso especificamente denominado*
 e Sistema esquelético
 classificação do, 134-135, 135f
 compacto, 82t, 135, 136f, 137f
 crescimento aposicional do, 146
 crescimento/formação de, 141-146, 143f, 144f, 145f, 146b. *Veja também*
 Ossificação cartilagem e, 132b, 143
 pós-natal, 145
 regulação hormonal de, 146
 curto, 134-135, 135f, 137
 desenvolvimento/envelhecimento e, 152, 152f. *Veja também*
 Tecido ósseo/esquelético, crescimento/formação de distúrbios do, 150-152, 151f
 doença de Paget de, 148b
 esponjoso, 82t, 135, 136f, 137f, 141-142, 141f
 estresse mecânico afetando, 137-138, 138f
 estrutura de
 anatomia macroscópica, 134-138, 135f, 136f, 137f, 138f, 139t
 anatomia microscópica, 138-142, 140f, 141f
 fatores de estresse e, 137-138, 138f
 fatores de estresse/desenho e, 137-138, 138f
 fratura de, 148, 149t
 conserto e, 148-150, 148f
 funções de, 133
 na osteoporose, 150-151
 patológico, 153
 inserção muscular e, 256f, 256-257, 256f
 irregular, 135, 135f, 137, 278f
 longos, 134, 135-137, 135f, 136f
 crescimento pós-natal de, 145
 estrutura de, 135-137, 136f
 ossificação endocondral de, 143-145, 144f
 marcações superficiais de (osso), 138, 139t, 152
 entrelaçado, intramembranoso
 ossificação de, 143, 143f
 vascularidade de, 136
 membranas em, 136-137, 136f
 membranoso, 143
 ossificação endocondral no desenvolvimento da, 143-145, 143, 144f
 ossificação intramembranosa em desenvolvimento de, 143, 143f
 osteoporótico, 150-151, 150f
 plano, 135, 135f

- sesamoide, 135
sistemas de alavancagem e, 278, 278f
- Tecido subcutâneo (hipoderme/fáscia superficial), 89, 108, 108f, 109f, **114**
desenvolvimento do, 123-124
tecido adiposo e, 83, 86f, 114
- Tecido vascular *veja* Sangue.
- Tecido(s), 2, 4-5, **66-106**. *Veja também o tipo específico*
conjuntivo, **79-95**, 80f, 82t, 85-91f, 92-93f, 95f
capacidade de regeneração do *veja* Regeneração
desenvolvimento/envelhecimento do, 100-101, 101f
epitelial, **67-79**, 67f, 68f, 69f, 70-73f, 75f, 76f, 77f, 78f, 79f
epitélio/membranas de cobertura/revestimento, 97, **94**, 95f
muscular, **5**, **66, 96**, 96-97f, 96-98f
nervoso, **96-98**, 98f
organização estrutural no nível do, 3f, 4-5
preparação do tecido para microscopia, 14
resposta à lesão, 98-100, 97f
- Tecidos compostos, como tecidos muscular e nervoso, 96
- Tecidos conjuntivos, nos vasos sanguíneos, 618t
- Tecidos do corpo *veja* Tecido(s)
- Tecidos elásticos, nos vasos sanguíneos, 618t
- Tecidos fibrosos, nos vasos sanguíneos, 618t
- Tecidos linfáticos *veja* Tecidos linfáticos
- Tecidos linfáticos, 574, 652, 658, **660-662**, 660f
câncer dos
linfoma de Hodgkin, 666
linfoma não Hodgkin, 666
diferenciação/ativação linfocitária, 660
mucosa associada aos (MALT), **660-662**, 660f, 662, 665, 711, 726, 726f
- Técnicas de neuroimagem funcional, **404**, 405f
na doença de Alzheimer, 435, 435f
- Tegumento, **108**. *Veja também*
Pele
- Telencéfalo, 389f, **390**, 390f
- Telodendro (arborização terminal), **367**, 367f
- Telófase, na mitose, 38-39, 38f, 41f
- Telomerase, 43-44
- Telômeros, **43-44**
- TEM *veja* Microscopia eletrônica de transmissão
- Temperatura do corpo, regulação da
geração de calor pelos músculos e, 253
hipotálamo na, 399
pele na, 108, 113
- Temperatura, corpo *veja* Temperatura corporal
- Tempestade/crise tireóidea, **562**
- Tendão do calcâneo(de Aquiles), 242f, 288f, 237f, 238f, 356, 356f
ruptura do, **356**
- Tendão central do perônio, **309t**, 310f, 799
no parto, 799b
- Tendão de Aquiles (calcâneo), 242f, 285f, 340f, 341f, 356, 356f
ruptura do, **357**
- Tendão(ões), 88f, 89, 256f, **256-257**. *Veja também o tendão de nome específico*
conexão do bíceps ao, 256f, 256-257, 257
da cabeça longa do músculo bíceps braquial, 222f, 233-234, 235f, 333f
inflamação do (tendinite), **245**
- Tendinite, **245**
- Tendões do jarrete, 286f, 289f, **332t**, 335f, 356, 356f
- Tênia (taeniae) coli, **729**, 729f
- Tenossinovite, **245**
- Tensão muscular, **269-270**
- Tensão superficial, 693
- Tentório do cerebelo, **418**, 419f
- Teoria da geração espontânea, 24
- Teoria genética do envelhecimento, 43
- Teoria mitocondrial do envelhecimento, 43
- TEPT (transtorno do estresse pós-traumático), **415**
- Terapia de onda de choque, extracorpórea, 767
- Terapia de reposição de estrogênio (hormônio), na osteoporose, 151
- Terapia de reposição hormonal (estrogênio), para a osteoporose, 151
- Terapia do canal radicular, **719**
- Terapia genética
no tratamento do câncer, 102b
para a distrofia muscular, 268
- Terapia genética humana *veja* Terapia genética
- Terapia microbiológica fecal/transplante fecal, **745**
- Terapia por onda de choque extracorpórea, 767
- Terapia surfactante, 693b
- Teratógenos, **62b**
- Teratologia, **63**
- Terceiro estágio (placentário) do trabalho de parto, 805f, **806-807**
- Terceiro ventrículo cerebral, **391**, 392f, 394f, 400f, 413f, 420f
- Terçol, **511**
- Teriparatida, para osteoporose, 151
- Terminações anulospirais (primárias), **448**, 448f
- Terminações de Ruffini (corpúsculos bulbosos), 447f, 446t, **448**
na cápsula articular, 449
- Terminações do axônio (botões terminais), 263, 263f, 264f, **367**, 367f
na junção neuromuscular, **263**, 263f, 264f
nas sinapses, 368, 368f
- Terminações em ramallete de flores (sensitivas secundárias), **448**, 448f
- Terminações motoras, **444**
- Terminações nervosas encapsuladas, 447, 446t, **448-449**, 448f. *Veja também o tipo específico*
livres (não encapsuladas), 444-447, 447, **447-448**, 447f, 446t
na cápsula articular, 449
na pele, 108f, 110f, 447f
- Terminações nervosas encapsuladas, 447, 446t, **448-449**, 449f. *Veja também o tipo específico*
- Terminações nervosas livres (não encapsuladas), 444-445, 447, **447-448**, 447f, 446t
- Terminações nervosas não encapsuladas (livres), 444-445, 447, **447-448**, 447f, 446t
na cápsula articular, 449
na pele, 108f, 110f, 447f
- Terminações sensitivas primárias (anuloespirais), **448**, 448f
- Terminações sensitivas secundárias, **448**, 448f
- Terminações sensitivas, na pele, 108f, 110f
- Terminais sinápticos, bastonete e cone, 517-518f
- Terminal axônico, **263**, 263f, 264f, **367**, 367f
na junção neuromuscular, **263**, 263f, 264f
nas sinapses, 368, 368f
- Terminologia (anatômica) *veja* Anatomia, terminologia utilizada na
- Termorreceptores, 429f, **447**
- Termos de posição/posição anatômica, **6**, 7f
- Termos direcionais em anatomia, 7, 7f, 8t
- Termos regionais em anatomia, 6-7, 7f, 8t
- Teste de alfafetoproteína (AFP), 437
- Testes de gravidez, 805
- Testículo mediastinal, 777
- Testículo não descido (criptorquidismo), **811b**
- Testículo, 4f, 5f, 543f, **557-558**, 775, **775-775**, 775f, 776f, 777f, 782f
alterações puberais nos, 811
artérias que suprem os, 629f, **631**, 776f, 778
câncer de, **806-807**
no testículo criptorquídico, 810b
células endócrinas nos, 777f
descida dos, 810, 811f
falha na (criptorquidismo), **810b**
desenvolvimento embrionário do, 776, 809f, 810, 811f
hormônios produzidos pelos, 778
inervação dos, 776f, 775
mediastino, 777
rede, **777**, 777f, 775
veias do plexo pampiniforme, 638, 776f, **775**
- Testosterona, **557-585**, 778, **787**
crescimento do pelo terminal afetado pela, 119
envelhecimento e, 562, 811
- na função reprodutiva/espermatogênese masculina, 557-558, 778, **787**
produção pela célula endócrina intersticial (Leydig), 557-558, 778
puberdade e, 811
suprarrenal, 557
uso de esteroides anabólicos e, 269b
- Teto
da cavidade nasal, 173, 675
da órbita, 176f
- Teto, **394-395**, 394f, 396f
- Tetralogia de Fallot, 608f
- Tetralogia de Fallot, 608f
- TH *veja* Hormônio da tireoide
- Tíbia, 158f, 207-210, 208f, **210-211**, **210t**, 355f, 356
na articulação do joelho, 210, 239, 239f, 240f
na articulação do tornozelo, 210, 242, 242f, 243f
- Timina (T), 36, 37f
- Timo, 4f, 5f, 543, 543f, **557-558**, 658, 662, **662-663**, 662f, 663f, 687f
desenvolvimento/envelhecimento e, 561-562, 561f, 666, 667
diferenciação/ativação da célula T, 557-558, 659f, 660, 662, 663
hormônios produzidos pelo, 557-558, 662, 663
- Timopietina, 557-558, 662
- Timosina, 557-558, 662
- Tímpano (membrana timpânica), **525**, 526f, 528f
na audição, 531, 531f
perfurado/rompido, **527b**
- Tímpano perfurado, **527b**
- Tinido (zumbido), 785f, 787
- Tiques, na síndrome de Tourette, 438
- Tiroglobulina, **551**, 552
- Tirosina/tirosinase, na produção de melanina, 115
- Tiroxina (T), 552. *Veja também* Hormônio da tireoide
- Titina, **261**
no músculo cardíaco, 599
- Tomografia (axial)
Tomografia axial. *Veja* Tomografia computadorizada (axial computadorizada)(TC/TAC)
- Tomografia por emissão de pósitron (PET), **17**, 17f, **404**, 405f
na doença de Alzheimer, 435, 435f
- Tonsila(s), 658, 662, 662f, **665**, 665f
congestão da (tonsilite), **667**
desenvolvimento/envelhecimento e, 666, 667
faríngea, **665**, 665f, 676f, **678**
infecção da, **678b**
lingual, **665**, 665f, 676f, **678**, 716f, 717f, 718
palatina, **665**, 665f, 676f, **678**, 716f, 717f
tubárica, **665**, 676f, **678**
- Tonsilas faríngeas, **665**, 665f, 676f, **678**
infecção das, **678b**
- Tonsilas linguais, **665**, 665f, 676f, **678**, 716f, 717f, 718

- Tonsilas palatinas, **665**, 665f, 676f, **678**, 716f, 717f
- Tonsilas tubáricas, **665**, 676f, **677**
- Tonsilectomia, 665
- Tonsilite, **667**
- Tônus muscular, estabilidade articular e, **230**
- Torção de tornozelo, **244b**
- Torcicolo, **300b**
- Torsão testicular, **812-813**
- Tosse, em bronquite crônica, 697
- tPA *veja* Ativador do plasminogênio tecidual
- Trabalho de parto, **805-806-807**, 805f
- episiotomia do, 799b
- Trabécula
- cárnea, **589**, 589f
- esplênica, 664, 664f
- linfonodo, **655**, 656f
- na ossificação endocondral, 145
- na ossificação intramembranosa, 142, 143f
- no osso esponjoso, **136**, 136f, 141, 142f
- estrutura/fatores de estresse e, 137, 137f
- Tração, **143b**
- Tracoma, **506**
- Transcrição, **36**
- Translação, 29
- Transplante alogênico de medula óssea, 580b
- Transplante autólogo de medula óssea, 580b
- Transplante da medula óssea, **580b**
- Transplante de células-tronco, para leucemia, 580b
- Transplante de córnea, **513b**
- Transplantes
- córnea, **495b**
- fecal (terapia microbiológica fecal), **715**
- medula óssea/sangue do cordão umbilical, **558b**
- pâncreas, **541**
- renal, **737b**
- Transporte ativo, 27f, **28**
- Transporte gasoso, 570, **673**
- Transporte vesicular ou de massa, 28
- Transporte via membrana, 27f, 28-29, 28f, 29f
- Transposição dos grandes vasos, 583f
- Transtorno do espectro alcoólico fetal (TEAF), **62b**
- Transtorno do estresse pós-traumático, **415**
- Trapézio, **200**, 200f, 201t, 202b
- na articulação do carpo, 237f
- Trapezoide, **200**, 200f, 201t, 202b
- na articulação do carpo, 237f
- Traqueia
- Traqueia, 5f, 673f, 674t, 676f, **679-682**, 682f, 687f, 716f
- desenvolvimento da, 698, 698f
- Traqueotomia/traqueostomia, **655b**
- Trato corticospinal lateral, 458, 431f, 432, 432t
- Trato espinocerebelar dorsal, 428f, 429f, 430t
- Trato espinotalâmico lateral, 428f, 429f, 430t
- Trato gastrointestinal (GI) (tubo digestório), 704f, **705**. *Veja também a estrutura específica e Sistema digestório*
- anomalias de desenvolvimento do, 744b
- artérias que abastecem o, 629, 630f, 631
- células endócrinas (enteroendócrinas) no, 557-558, **724**, 725f, **726**, 727f, 735f
- desenvolvimento/envelhecimento e, 743-744, 743f
- histologia/paredes do, 711-713, 712f, 735f
- inervação/efeitos autônomos e, 459t, 490f, 497f, 712f, 714-716, 714f
- musculatura lisa no, 713-717, 713f, 714f
- no sistema porta, 640f, 641, 724-725
- obstrução do, 742
- processos digestórios no, 710-711, 710f, 734f
- sistema/plexo nervoso entérico, 485, 500, 712f, **714-715**, 716
- veias do, 640f, 641
- Trato GI *veja* Trato gastrointestinal (GI)
- Trato hipotálamo-hipofisário, **547-548**, 549f
- Trato iliotibial, 285f, 333f
- Trato lemnisco medial, **428**, 429f, 430t
- Trato olfatório, 406f, **408**, 450f, 452t, 509, 509f
- Trato reticulospinal anterior, 432t
- Trato reticulospinal lateral, 428f, 432t
- Trato reticulospinal medial, 428f, 432t
- Trato rubrospinal, 428f, 431f, **432**, 432t
- Trato trossopinal, 428f, **432**, 432t
- Trato vestibulospinal, 427f, **430**, 432t
- Tratos espinocerebelares anteriores, 427f, 429t
- Tratos espinotalâmicos anteriores, 427f, 429t
- Tratos extrapiramidais (vias indiretas), 432, 432t
- Tratos ópticos, 393f, 394f, 452t, **521**, 522f
- Tratos piramidais (corticospinais/diretos), 392, 394, 394-395, 396f, **408**, 428f, 431f, **432**, 432t
- na esclerose lateral amiotrófica, 433b
- Tratos reticulospinais, 428f, **432**, 432t
- Traumatismo craniano, **434b**
- Traumatismo craniano, lesão cerebral traumática e, **434b**
- Triade(s), **259**, 260f
- Triagem de alfa-proteína (AFP) do soro materno, 437
- Triângulo perigoso da face, 636b
- Triângulo posterior, do pescoço, 347f, **348**
- Trifosfato de adenosina *veja* ATP
- Trígono (bexiga), **763**, 764f
- Trígono cervical anterior, 347f, **348**
- Trígono da ausculta, 285f, 314f, **350b**, 350f
- Trígono femoral, 355f, **356**
- Triiodotironina (T₃), 552. *Veja também* Hormônio da tireoide
- Troca de calor, no sentido oposto, no testículo, 778
- Troca gasosa, 570, 586, 586f, 620-622, 673
- nos alvéolos/membrana respiratória, 685, 685f, 686
- respiração interna e, 673
- Trocânter (proeminência óssea), 139t
- maior e menor, 207f, **208**, 354f, 356
- Trocânter maior, **107**, 107f, 354f, 356
- Trocânter menor, **207**, 207f
- Tróclea, do olho, 453t, **512**, 512f
- do talus, **211**, 211f
- do úmero, **196**, 197f, 199, 201t, 236f
- Trofoblasto, **50**, 51f, 52f, **802**, 802f
- Trombo (trombos), **575b**
- aterosclerose e, 644b
- Trombocitopenia, **579**
- Trombócitos (plaquetas), 82t, 93f, 568, 568f, 569f, 571f, 573t, **575**
- deficiência de, **579**
- formação dos, 577f, 578
- no controle do sangramento/coagulação, 575, 575f
- Tromboflebite, 643
- Trombose venosa profunda do membro inferior, **643**
- Trombose, venosa profunda, membro inferior, **643**
- Trompa de Eustáquio *veja* Tuba auditiva
- Trompas de Falópio (uterinas), 5f, 50, 51f, 787, 788f, **789-790**, 790f, 791f. *Veja também* Tubas uterinas
- Tronco (cadeia) simpático, **494**, 494f, 495, 495f
- Tronco arterial, 607f, 607
- Tronco braquiocefálico (artéria), 590f, 592f, 623f, **624**, 624f, 625f, 627f
- Tronco celiaco, 623f, **628-629**, 629f, 630f, 639f
- Tronco costocervical, 625f, **626**, 627f
- Tronco encefálico, **390**, 391, 392-397, 393f, 394-395f, 396f, 397b, 400f
- desenvolvimento do, 389f, **390**
- funções do, 392, 416t
- lesão do, **397b**
- regulação autônoma pelo, 501, 501f
- Tronco inferior, plexo braquial, **465**, 465f, 466f
- Tronco intestinal, **655**, 657f
- Tronco lombossacral, 471f, **472**, 475f
- Tronco médio, plexo braquial, **465**, 465f, 466f
- Tronco pulmonar, 496, 497f, 689, 592f, 596, 597f, **620**, 624f, 688f
- Tronco superior, plexo braquial, **464**, 465f, 466f
- Tronco tiro-cervical, 625f, **626**, 627f
- Tronco(s), plexo braquial, 465f, **466**, 466f
- Troncos broncomediastinais, **655**, 657f
- Troncos jugulares, **655**, 657f
- Troncos linfáticos, 653, 653f, 655, 657f
- Troncos lombares, **655**, 657f
- Troncos subclávios, **655**, 657f
- TSH *veja* Hormônio estimulante da tireoide
- t-SNAREs, na exocitose, 28f
- Tuba auditiva (faringo-timpânica), 526f, **527**, 528f, 676, 678
- Tuba auditiva, 526f, **527**, 528f, 676f, 678
- desenvolvimento do, 535, 535f
- Tuba interna, desenvolvimento da, **49**, 50f
- Tubas uterinas, 5f, 51f, 787, **789-790**, 792, 796b
- desenvolvimento embrionário das, 808, 809f
- fertilização nas, 50 51f, 789
- gravidez nas (gravidez tubárica), **803b**
- inflamação das (salpingite), **790**
- laqueadura (ligação tubárica), 797b, **812**
- remoção cirúrgica das (salpingectomia), **790**
- Túber cinéreo, 545, 546f
- Túber isquiático, 139t, 203f, **204**, 204f, 210t, 354f, 355, 784f
- Tubérculo adutor, 139t, **208**, 207f
- Tubérculo anterior, 181f
- Tubérculo articular, **231**, 232f
- Tubérculo conoide, 194f, **195**, 201t
- Tubérculo genital, **810**, 810f
- Tubérculo infraglenoidal, 196f
- Tubérculo maior, **197**, 197f, 201f, 351, 351f
- Tubérculo menor, **197**, 197f, 201t
- Tubérculo posterior, 181f
- Tubérculo púbico, 203f, **204**, 210t, 348
- Tubérculo supraglenoidal, 196f
- Tubérculos (referências ósseas), 139t. *Veja também o tipo específico*
- da costela, **186**, 187, 187f
- da crista ilíaca, **203**, 203f
- maior, **197**, 197f, 210t, 388, 338f
- menor, **197**, 197f
- Tuberculose (TB), **699b**
- na infecção de HIV/AIDS, 661b
- Tuberosidade (referência óssea), 139t
- Tuberosidade da tibia, 208f, 210t, **211**, 355f, 356
- Tuberosidade deltoide, 197, 197f, 201t
- Tuberosidade do calcâneo, 211f, **212**
- Tuberosidade do rádio, 197f, 198f, **199**, 201t
- Tuberosidade glútea, **207**, 207f, 210t
- Tubo cardíaco, 606-607, 607f
- Tubo contorcido proximal, 756, 757, 757f, **758**, 758f, 759f
- Tubo de regeneração, 381, 382f
- Tubo digestório (trato gastrointestinal), 704f, **705**. *Veja também estrutura específica e Sistema Digestório*
- anormalidades no desenvolvimento do, **744b**
- artérias alimentando, 629, 630f, 631

- células endócrinas (enteroendócrinas) no, 557-558, **724**, 725f, **726**, 727f, 735f
- desenvolvimento/envelhecimento e, 743-744, 743f
- histologia/paredes do, 711-713, 712f, 735f
- inervação/efeitos autonômicos e, 459t, 490f, 497f, 712f, 714-715, 714f
- músculo liso no, 713-717, 713f, 714f
- obstrução do, 742
- processos digestórios no, 710-711, 710f, 734f
- sistema nervoso entérico/plexos do, 485, 500, 712f, **714-715**
- veias do, 640f, 641
- Tubo digestório, 10f, 49, 50f, 58f
- Tubo laringotraqueal, **698**, 698f
- Tubo neural, **54**, 55f, 382-383, 383f, 389f
- falha no fechamento (defeitos do tubo neural), **55-56b**, **62b**, **435-437**, 437f
- neurônios pré-ganglionares derivados do, 502
- Tubo-dentro-de-um-tubo, plano corporal, 10, 10f
- desenvolvimento e, 49, 50f, 58f
- Tubulina(s), 34, 34f
- Túbulo contorcido distal, 757, 754f, **758**, 758f, 759f
- Túbulo seminífero reto, **777**, 777f, 778
- espermatogênese nos, 784-787, 785f
- Túbulos coletores, 755f, 757, 757f, **758**, 758f, 759f
- Túbulos dentinários, **719**, 719f
- Túbulos renais, 755, 755f, 756f, 757-758, 757f, 758f, 759f
- Túbulos seminíferos, **776-777**, 777f, 778
- Túbulos T, **259**, 266t
- no músculo cardíaco, 266t, 599, 600f
- no músculo esquelético, 259, 260f, 267t
- Tumor, **102b**. *Veja também* Neoplasia
- Túnel do carpo, 202b
- nervo mediano no, 466
- Túnica adventícia, **613**, 615f
- nas artérias, 615f, 616f
- nas veias, 613, 614f
- Túnica albugínea, do ovário, **789**, 789f
- do testículo, 776f, 782, 789f
- Túnica íntima, **613**, 614f, 615f
- na aterosclerose, 644b
- Túnica média, **613**, 614f
- nas artérias, 613, 614f, 615, 615f
- nas veias, 614f, 619f
- Túnica mucosa do estômago, 725f
- do intestino delgado, 727f
- do intestino grosso, 732-733f
- do tubo digestório, **711**, 712f
- Túnica muscular externa da vagina, 798
- do ducto deferente, 779, 779f
- do esôfago, 721, 721f
- do estômago, 723f, 724, 725f
- do intestino delgado, 728-728
- do intestino grosso, 729, 736
- do tubo digestório, 712f, **713**
- do ureter, **762**, 762f
- Túnica vaginal, **776**, 777f
- desenvolvimento embrionário da, 808-809, 809f
- Túnica vascular do olho, **515**, 514f, 515f
- desenvolvimento da, 523
- Túnica(s), dos vasos sanguíneos, 613, 614f
- Úlcera(s) de decúbito (pele), **113b**
- duodenais, **741**
- gástrica, 724, **741**, 742f
- péptica, 724, **741**, 742f
- Úlceras de pele (decúbito), **112b**
- Ulna, 158f, 197f, **199**, 200f, **201t**, 352f, 353
- na articulação do carpo, 237f
- na articulação do cotovelo, 236, 236f
- Umami, 508
- Umbigo, 348, 645f, 646f
- Umbigo, 349, 645f, 646f
- Úmero, 135f, 158f, **195-198**, 197f, **201t**, 351
- músculos que controlam o movimento do, 287f, 288t
- na articulação do cotovelo, 236, 236f
- na articulação do ombro, 233-234, 235f
- Unco, 406f, **408**
- Unha do pé. *Veja também* Unha(s) encravada, 116
- Unha(s), 4f, **115-116**, 116f
- Unidade(s) motora(s), **263-264**, 264f, 485
- no SNA, 485, 486f
- Unidade/epitélio secretório, da glândula exócrina multicelular, 75, 76f
- Úraco, **762**, 762f, 769
- Ureia, 750
- Ureter(es), 5f, 750, 751f, 753f, **761-762**, 762f, 764f, 788f
- cálculos renais nos, 767
- desenvolvimento do(s), 768f
- inervação/efeitos autônomos e, 471f, 490f
- Uretra, 5f, 750, 751f, 762f, **764-765**
- desenvolvimento da, 768f, 809f, 810f
- hipospádia e, **810b**
- inervação/efeitos autônomos e, 492t
- nas mulheres, 762f, 764, 764-765, 764f, 788f
- nos homens, 762f, 763, 764f, 765f, 775, 775f, 782, 782f
- Urina, 750, 755, 755f, 758
- armazenamento na bexiga, 762
- desenvolvimento/envelhecimento e, 768-769
- produção de, 755, 755f, 758
- refluxo de (refluxo vesicoureteral), **770**
- ureteres no transporte da, 762
- Útero antevertido, **790**
- Útero retrovertido, 706f, 707f, **708**, 709f, 710t
- Útero, 5f, 787, 788f, **790-792**, 791f, 792f
- câncer do (câncer de endométrio), **807**
- desenvolvimento embrionário do, 808, 809f
- inervação/efeitos simpáticos e, 492t, 497f
- remoção cirúrgica do (histerec-tomia), **812**
- suprimento sanguíneo do, 631f, 633, 788f, 792f, 796
- Utrículo, 528, 529f, 529t, **531-532**, 532f
- Utrofina, para distrofia muscular, 268
- Úvula, 676f, **677**, 716, 716f
- Vacina do vírus zoster, 478
- Vacina Gardasil, 808
- Vacina HPV, 808
- Vacina Sabin para a poliomielite, 479b
- Vacina Salk para a poliomielite, 479b
- Vacinação, **660b**
- para papilomavírus humano (HPV), 807
- para póliomielite, 479b
- Vagina, 5f, 787, 788f, **798**, 798f
- desenvolvimento embrionário da, 808-809, 809f
- inervação/efeitos parasimpáticos na, 488, 489, 490f
- suprimento arterial, 631f, 632
- Vagotomia, **503**
- Valva atrioventricular esquerda ou AV esquerda (mitral), 589, 592f, 593f, **594**, 596f
- transtornos de, 595b
- Valvas atrioventriculares (AV), 594, 595f. *Veja também* Valva mitral (bicúspide); Valva atrioventricular direita ou AV direita (tricúspide)
- Valvas AV. *Veja* Valvas atrioventriculares (AV)
- Válvula atrioventricular direita ou AV direita (tricúspide), 589, 592f, 593f, **594**, 596f
- Válvula atrioventricular esquerda ou AV esquerda (bicúspide/mitral), 589, 592f, 593f, **594**, 596f
- transtornos da, 595b
- Válvula atrioventricular esquerda ou AV esquerda (mitral/bicúspide), 589, 592f, 593f, **594**, 596, 596f, 597f
- Válvula cardíaca incompetente, **595b**
- Válvula da aorta (válvula/valva semilunar da aorta), 592f, 593f, **594**, 596, 596f, 597f
- transtornos em, 595b
- Válvula pulmonar (válvula semilunar pulmonar), 589, 592f, 593f, **594**, 596, 596f, 597f
- Válvula tricúspide, 589, 592f (atrioventricular), 594f, **593**, 595f, 597f (ventriculo)
- Válvula/esfíncter ileocecal, **729-730**, 729f
- Válvulas anais, **730**, 730f
- Válvulas cardíacas, 593f, 594, 595b, 595f, 596f
- distúrbios das, **595b**
- envelhecimento e, 608
- Válvulas cardíacas, 593f, 594, 595b, 595f, 596f
- distúrbios das, **595b**
- envelhecimento e, 608
- Válvulas retais, **730**, 730f
- Válvulas semilunares, 594, 596f. *Veja também* Válvula da aorta; Válvula pulmonar
- Válvulas venosas, 619f, **620**
- falha das, 643
- Válvulas, capilares linfáticos, 653-654, 653f
- cardíacas *veja* Válvulas cardíacas venosas, 618, 619f
- trombo nas, 643
- Vantagem mecânica, no sistema de alavanca, **277**, 277f, 279
- Variações/variabilidade, anatômicas, 13
- Variocoele, **778b**
- Varicosidades, fibra nervosa autônoma, 714, 715f
- Vasa Vasorum (Vasos dos vasos), **613**, 614f
- Vascularidade/avascularidade do osso, 136
- do tecido epitelial, 68
- Vasectomia, **780b**, 797b
- Vaso (ducto) deferente, 5f, 762f, 775, 775f, 776f, 777f, 779, 779f, **780**
- ampola do, 775f, **780**, 782f
- desenvolvimento embrionário do, 808, 809f, 811f
- ressecção do (vasectomia), **780b**
- Vasoconstricção, **488**, 613
- doença de Raynaud e, 501, 502f
- Vasodilatação, 492t, 613
- na inflamação, 98
- Vasopressina (hormônio antidiurético/ADH), 549, 551t, 758
- hiper/hipossecção de, 551t, 558
- reabsorção tubular/equilíbrio hídrico e, 758
- síndrome da secreção inadequada de (SIADH), 551t
- Vasos coletores linfáticos, 653, 653f, **654**, 655f
- Vasos coletores, linfáticos, 653, 653f, **654**, 655f
- Vasos esplênicos, 663, 664f. *Veja também* Artéria esplênica; Veia esplênica
- Vasos linfáticos aferentes, **655**, 656f
- Vasos linfáticos, 5f, 652, **653**
- aferentes, **655**, 656f
- capilares, 653, **653-654**, 653f
- coletores, 653, 653f, **654**, 655f
- desenvolvimento dos, 666
- ductos linfáticos, 653, 653f, **655-657**, 655f, 657f
- edema e, 654, 654b
- eferentes, **655**, 656f
- inflamação dos (linfangite), **666**
- regeneração dos, 654b
- troncos linfáticos, 653, 653f, **655**, 657f
- Vasos retos, 754f, 758f, 759f, **760**
- Vasos sanguíneos, 4f, 612-651. *Veja também* tipo específico e Circulação
- artérias, 567-568, 612, **613-617**, 614f, 622-633, 623f
- coágulo nos (trombos), **575b**
- constricção dos (vasoconstricção), **487**, 613
- doença de Raynaud e, 502
- desenvolvimento/envelhecimento e, 645-646f, 647-649
- dilatação dos (vasodilatação), 487, 613
- na inflamação, 99
- distúrbios dos, 643, 644b

- êmbolo/embolismo e, **575b**, **581-582**
 pulmonar, 643
 estruturas dos, 613, 614f, 618t
 inervação/efeitos autonômicos e, 492-493t, 496, 497f, 501
 interconexões (anastomoses) dos, **619-620**
 túnicas dos, 613, 614f
 veias, 568, 613, 614f, **618**, 618f, 619, 633-643, 634f
- Vasos venosos, 618-619, 619f.
Veja também Veias; Vênulas
- VCI *veja* Veia cava inferior
 VCS *veja também* Veia cava superior
- Veia auricular posterior, 636f
 Veia auricular, posterior, 636f
 Veia axilar, 634f, **637**, 637f
 Veia ázigo, **636**, 637f, 688f
 Veia basílica, 634f, 637f, **638**, 638f
 Veia braquial, 634f, **637**, 637f
 Veia braquiocéfálica direita, 624f, 634f, **635**
 Veia braquiocéfálica esquerda, 590f, 591f, 592f, 596, 597f, 624f, 630f, 634f, 635, 637f, 638, 639f, 640f, 736, 737f
 na circulação do recém-nascido, 646f
 na circulação fetal, 645f, 647
 Veia cava superior, 587f, 589, 590f, 591f, 592f, 596, 597f, 624f, 634f, **635**, 636f, 637f, 688f
 na circulação do recém-nascido, 646f
 na circulação fetal, 645f, 647
 Veia cefálica, 634f, 637f, **638**, 638f
 Veia central da retina, 514f, 516f, **517-518**, 517f
 do lobo hepático, **736**, 738f
 Veia dorsal do pé, **641**, 642f
 Veia esplênica, 634f, 640f, **641**, 664f
 Veia facial, **636**, 636f
 Veia femoral, 634f, **641**, 642f
 Veia fibular (peroneal), **641**, 642f
 Veia gastroepiploica, direita, 640f
 Veia gastrointestinal direita, 640f
 Veia hemiáximo, **636-637**, 637f
 acessória, **637**, 637f
 Veia ilíaca externa, 634f, 639f, **641**, 642f
 Veia ilíaca interna, 634f, 639f, **641**, 642f
 Veia intermédia do cotovelo, 634f, 637f, **638**, 638f
 Veia intermédia do cotovelo, 634f, 637f, **638**, 638f
 Veia intraventricular posterior (cardíaca média), 591f, 602-603f, **604**
 Veia jugular externa, 347f, 348, 634f, **636**, 636f, 637f
 Veia lombar ascendente esquerda, 639f
 Veia mediana do antebraço, 637f, **638**, 638f
 Veia mesentérica inferior, 640f, **641**
- Veia mesentérica superior, 634f, 640f, **641**
 Veia nutrícia, 136
 Veia occipital, 636f
 Veia oftálmica, **636**, 636f
 Veia peroneal (fibular), **641**, 642f
 Veia plantar lateral, 641
 Veia plantar medial, 641
 Veia poplítea, 634f, **641**, 642f
 Veia porta na circulação do recém-nascido, 646f
 na circulação fetal, 646f
 Veia porta, 634f, 640f, **641**, 736, 737f, 738f
 veias hepáticas, 634f, 640f, **641**, 736, 737f, 738f
 na circulação fetal, 645f
 na circulação do recém-nascido, 646f
 veia porta hipofisária, **547**, 548f
 Veia pulmonar esquerda, 590f, 591f, 592f, 688f
 Veia radial, 634f, **637**, 637f
 Veia retiniana, central, 514f, 516f, **517-518**, 517-518f
 Veia safena magna, 634f, **641**, 642f
 Veia safena parva, 634f, **641**, 642f
 Veia subclávia, 624f, 634f, 635, 636f, **637**, 637f
 Veia suprarenal direita, **624**, 624f, **626**, 627f
 Veia suprarenal esquerda, 554-555, 638, 639f
 Veia temporal superficial, **636**, 636f
 Veia temporal, superficial, **636**, 636f
 Veia tibial anterior, 634f, **641**, 642
 Veia tibial posterior, 634f, **641**, 642f
 Veia tireóidea média, 636f
 Veia tireóidea superior, 636f
 Veia tireóidea, média e superior, 636f
 Veia ulnar, 634f, **637**, 637f
 Veia umbilical, 645f, 646f, **647**, 804f
 Veias anais, varicosidades nas (hemorroidas), **620b**, 641, **731b**
 Veias arqueadas, 454f, 754
 Veias braquiocéfálicas, 624f, 634f, **635**, 636, 636f, 637f
 Veias brônquicas, 637, 689
 Veias cavas, 587f, 590f, 591f, 596, 597f, 635
 inferior, 589, 590f, 591f, 592f, 596, 597f, 624f, 629f, 630f, **635**, 637f, 638, 639f, 640f, 736, 737f
 na circulação fetal, 645f, 647
 na circulação neonatal, 646f
 superior, 587f, 589, 590f, 591f, 592f, 596, 597f, 601f, 624f, 634f, **635**, 636f, 637f, 688f
 Veias coronárias *veja* Veias do coração
 Veias corticais radiadas, **754**, 754f, 759f
 Veias digitais, 634f, 637f, 642f
 Veias do coração anteriores, 590f, 602f, **604**
 Veias do testículo, 638, 778
 Veias dorsais, do pênis, 784
 Veias endometriais, 791, 792f
 Veias epifisárias, 136
- Veias esofágicas, sangramento das, na cirrose, 641
 Veias frênicas inferiores, 639f
 Veias gástricas, 640f
 Veias gonadais, **638**, 639f
 Veias hemorroidais, 730f
 varicosidades nas (hemorroidas), **620b**, 641, **730b**
 Veias hepáticas, 634f, **638**, 639f, 640f, 736, 737f
 Veias ilíacas comuns, 634f, 639f, **641**, 642f
 Veias ilíacas, comum/externa/interna, 634f, 639f, **641**, 642f
 Veias intercostais posteriores, **636**, 637f
 Veias interlobares, **754**, 754f
 Veias interlobulares, hepáticas, 738
 Veias jugulares externas, 356f, 348, 634f, **636**, 636f, 637f
 internas, 347f, 348, 624f, 634f, **635**, 635f, **636**, 636f, 637f
 Veias jugulares internas, 347f, 348, 624f, 634f, **635**, 635f, **636**, 636f, 637f
 Veias lombares ascendentes, 637f
 direita, 639f
 Veias lombares, 637f, **638**, 639f
 Veias mesentéricas inferior, 640f, **641** superior, 634f, 640f, **641**
 Veias metatarsais, dorsais, 634f, 642f
 Veias ovarianas, 638, 787
 Veias plantares, **641**, 642f
 Veias porta-hipofisárias, **547**, 548f
 Veias profundas
 Veias pulmonares, 586f, **589**, 590f, 591f, 592f, 596, 597f, **622**, 622f, **686**, 687f, 688f
 Veias renais, 634f, **638**, 639f, 752f, **754**, 754f
 Veias safenas, 642b magna e parva, 634f, **641**, 642f nos enxertos de ponte da artéria coronária, 605b, 642b varicosidades nas, 620b, 642b, 643
 Veias superficiais, dos membros inferiores, 641, 642f dos membros superiores, 637f, 638, 638f
 Veias suprarenais, 554-555, **638**, 639f
 Veias tibiais, anterior e posterior, 634f, **641**, 642f
 Veias varicosas, **620b** esofágicas, sangue e, 641 no plexo pampiniforme (varicocele), **778b** veia safena e, 620b, 642f, 643
 Veias vertebrais, 634f, **636**, 636f
 Veias, 568, 613, 614f, **619**, 619t, 620. *Veja também a veia específica*
 pressão sanguínea nas, 619 profundas, 633 pulmonares, 586f, **589**, 590f, 591f, 596, 597f, **621**, 622f sistêmicas, 633-643, 634f superficiais, 636 válvulas nas, 614f, 619, 619f insuficiência das, 643 varicosas, **620b**
- esofágicas, sangramento e, 641
 no plexo pampiniforme (varicocele), **778**
 veia safena e, 620b, 642b, 643
- Velus, 119
 Ventilação pulmonar (respiração), **673**, 691-694
 imediatamente após o nascimento, 646f, 647
 mecanismo da, 691-693, 692f músculos da, 304t, 305f desenvolvimento dos, 281 expiratórios, 692, 692f inspiratórios, 691-692, 692f inervação dos, 304t controle neural da, 693-694, 693f, 694f
 Ventilação, **672**, 690-691. *Veja também* Respiração controle neural da, 693, 693f mecanismo da, 691-692, 692f músculos da, 304r, 305f desenvolvimento dos, 280 expiração, 691, 692f inervação dos, 304r inspiração, 691, 692f
 Ventral (termo), **7**, 8t. *Veja também* Anterior
 Ventre frontal, do epicrânio, 284f, **292t**, 293f, 294f, 346, 346f
 Ventre muscular, 275
 Ventre occipital, do epicrânio, 286f, **292t**, 293f, 294f
 Ventrículo direito, 586, 586f, 587f, **589**, 590f, 591f, 592f, 596, 597f, 598, 598f
 Ventrículo esquerdo, 586, 586f, 590f, 591f, 592f, **594**, 596, 597f, 598, 598f
 Ventrículo lateral, **391**, 392f, 400f, 413f
 Ventrículos, 390 do coração, 586, 586f, 587f, 589, 590f, 591f, 592f, 594, 596, 597f, 598, 598f desenvolvimento dos, **606**, 606f função da válvula e, 594, 595f do encéfalo, 389, **390**, 391, 392f
 Vênula fetal, 804
 Vênula portal, 736, 738f
 Vênulas pós-capilares, **618**, 618f
 Vênulas, 613, **618**, 618f pós-capilares, **618**, 618f
 Verme, **397**, 398f
 Verniz caseoso, 124
 Vértebra proeminente, 183
 Vértebra(s), 135f, 158f, **177**, 177f, 424f características regionais das, 180-185, 180f, 182-183t cervicais, **177**, 177f, 180f, 181-182, 182-183t, 347 curvaturas das costelas com, 186, 187f, 188f estrutura das, 179-180, 180f fraturas por compressão das, na osteoporose, 149t, 150 cifose e, 188, 188f lombares, 158f, **177**, 177f, 180f, 182-183f, 184 músculos da coxa que se originam nas, 328t, 330-331f na estrutura básica dos vertebros, 10 proeminências ósseas das, 139t

- torácicas, **177**, 177f, 180f, 182-183t, 183-184
- Vertebrado(s), na estrutura básica corporal e, 10, 10f
- Vértebras cervicais, **177**, 177f, 180f, 181-182, 182-183t, 347
- Vértebras lombares, 157f, **177**, 177f, 180f, 182-183t, 183-184
- estreitamento da medula espinal na região das (estenose da espinha lombar), **188**
- Vértebras torácicas, **177**, 177f, 180f, 182-183, 182-183t
- Vesícula biliar, 704f, 705f, 709f, 726f, 736f, 736, 737f, **739**
- artérias que suprem a, 629, 630f
- câncer da, 744
- inervação/efeitos autônomos e, 459t, 487f, 490f, 492-493t, 497f
- processos digestivos e, 734f
- Vesícula da lente, 524f, **525**
- Vesícula ótica, **534**, 535f
- Vesícula(s), 28
- cerebrais, 389f
- primária, 389f, 389-**390**
- secundária, 389f, **390**
- lente, **523**, 524f
- na excitação, 29f, 30, 32f
- ótica, **523**, 524f
- ótica, **534**, 535f
- secretória, **31**, 31f, 32f
- sináptica, 263f, 368f, **369**
- transporte, 31, 31f
- Vesículas cerebrais primárias, **389-**411, 389f
- Vesículas cerebrais secundárias, 389f, **390**
- Vesículas cerebrais, 389f
- primárias, **389-390**, 389f
- secundárias, 389f, **390**
- Vesículas de pinocitose, 616-617f, **617-618**
- Vesículas de transporte, **30**, 30f
- Vesículas febris (herpes simples), **125**
- Vesículas ópticas, **522-523**, 524f
- Vesículas sinápticas, 263f, **368**, 368f
- Vesículas/grânulos secretórios, 29f, **31**, 31f, 32f
- Vestíbulo
- da boca, **715**, 716f
- da vagina, 798f, **799**
- bulbos do, 798f, **799**
- desenvolvimento embrionário do, **808**, 809f
- do labirinto ósseo, 457t, 526f, 528, 528f,
- nasal, **675**, 676f
- Vestíbulo nasal, **675**, 676f
- Vestíbulo oral, 716f, **717**
- Via anterolateral, 409-410, 409-410f
- Via auditiva, 409-410, 409, **534**, 534f
- Via do equilíbrio, **534**
- Via funículo posterior, **428**, 429f, 430f
- Via funículo posterior-lemnisco medial, 428, 429f, 430f
- Via gustatória, **508**, 508f
- Via intermodal, do complexo estimulante do coração, **600**, 601f
- Via posterolateral, 409-410, 409-410f
- Vias diretas (tratos piramidal/corticospinal), 392, 394, 395, 396f, **408**, 428f, 431f, **432**, 432t
- Vias espermáticas, 778-782, 779f, 780f, 782f
- Vias espinoreticulares, informação sensitiva visceral e, 499
- Vias indiretas (tratos extrapiramidais), 432, 432t
- Vias multineuronais (indiretas/extrapiramidais), 432, 432t
- Vias neuronais, 380, 380f
- ascendentes, 421, **424**, **427**, 427-428, 428-430, 428f, 429f
- descendentes, 421, **424**, **427**, **428**, 428f, 430-433, 431f, 432t
- Vias simpáticas, 495-498, 495f, 497. *Veja também a região específica supra*
- Vias visuais, 409f, 521-523, para o córtex cerebral, 521, **522**, 522f
- para outras parte do cérebro, 523, 524f
- Vias/fibras/tratos ascendentes (sensitivos), 421, 424, **427**, **427-428**, 428-430, 428f, 429f
- Vias/fibras/tratos descendentes (motores), 421, **424**, **427**, **428**, 428f, 430-433, 431f, 432t
- Vias/tratos espinocerebelares, **428**, 428f, 429f, 430t
- Vias/tratos espinotalâmicos, **428-**430, 428f, 429f, **430**, 430t
- informação sensitiva visceral e, 499
- Vias/tratos motores (descendentes), 421, **424**, **427**, **428**, 428f, 430-433, 431f, 432t
- Vias/tratos sensitivos (ascendentes), 421, **424**, **427**, **427-**428, 428-430, 428f, 429f
- Vibração, corpúsculos lamelares na sensação de, 447
- Vibrissas (pelos nasais), 673
- Vilo coriônico, 803f, **804**, 804f
- Vilos
- aracnoides, 418, 418f, 420f
- coriônicos, **804**, 804f
- no intestino delgado, **726**, 728f
- Virchow, Rudolf, 24
- Vírus Epstein-Barr, mononucleose causada pelo, 666
- Vírus varicela-Zoster, herpes-zoster causado por, 477, 478
- Visão colorida, cones na, 515
- Visão de perto, focando para, 520, 520f
- distúrbios de (hipermetropia), **520b**, 521b
- no recém-nascido/lactante, 536
- Visão distante, focalização na, 520, 520f
- Visão estereoscópica (percepção de profundidade), 521
- Visão tridimensional (percepção profunda), 521
- Visão, 452t, 510-525. *Veja também em Visual e Olho*
- áreas corticais na, 406f, 407, 409, 521, 522f
- desenvolvimento/envelhecimento e, 536-537
- foco de luz sobre a retina na, 516f, 517f, 520-521, 521f
- transtornos de, 521b
- no recém-nascido/bebê, 536
- processamento da informação/visual e, 407, 409, 521, 522f
- transtornos da, 521b, 523
- congênitos, 536
- Vísceras/órgãos viscerais, **11**, 11f, 12f. *Veja também o órgão específico*
- abdominais
- artérias das, 628-629
- veias das, 638-641, 369f, 640f
- músculos que comprimem, 306-307t, 307f, 308f
- músculos que dão sustentação, 309-310t
- tecido muscular das, **279**
- torácicas, artérias das, 628
- Viscerorreceptores (interoceptores), **445**, 499, 499f
- Vitamina C (ácido ascórbico), 43
- deficiência de (escorbuto), **82b**
- Vitamina D
- absorção/regulação de cálcio e, 558
- deficiência de, osteomalacia e raquitismo e, 150, 558
- osteoporose e, 150
- síntese da vitamina D na pele, 109, 116, 558
- Vitamina E (tocoferol), 43
- Vitiligo, **125**
- VMN *veja* Núcleo ventromedial
- Vocalização, produção da voz pela laringe e, 679, 679f, 680
- Volume sanguíneo, 568
- regulação da aldosterona e, 556
- Volume, escala, 6
- Vólculo, 744b
- Vomer, 159f, 162f, 163f, 164f, 168f, **172t**, **173**, 174f
- v-SNARES, na excitação, 29f
- Vulva (genital externo), 787, 798f, **799**
- desenvolvimento embrionário da, 808-809, 810f
- WBCs *veja* Leucócitos
- xtensão muscular, 261
- Zigoto, **50**, 51f, 786, 802
- clivagem do, **50**
- Zona de calcificação (disco epifisiário), **145**, 145f
- Zona de ossificação, da cartilagem epifisial, **145-146**, 145f
- Zona de proliferação (cartilagem epifisial), **145**, 145f
- Zona de repouso (quiescente) (cartilagem epifisial), **145**, 145f
- Zona fasciculada, 554f, **555**
- Zona glomerulosa, 554f, **555**
- Zona hipertrófica (cartilagem epifisial), **145**, 145f
- Zona pelúcida, 794f, **795**, 801f
- fertilização e, 801-802, 801
- Zona quiescente (cartilagem epifisial), **145**, 145f
- Zona reticular, 554f, **555**
- Zonas de deflagração, classificação neuronal e, 369t
- Zonas de referência, na síndrome da dor miofascial, 268
- Zonas H, **457**
- no músculo cardíaco, 599
- no músculo esquelético, **457**, 458f, 459f
- no modelo de filamentos deslizantes da contração, 261, 261f
- Zônula ciliar (ligamento suspensório), 514f, **515**, 518f, 519
- Zônula de adesão (junções de adesão), 67f, **77-78**
- Zônula de oclusão (junção impermeável), 67f, **77**, 77f
- das células de sustentação (barreira hematotesticular), 758f, 787
- na barreira hematoencefálica, 421, 617
- nos capilares, 616, 616f
- Zônulas aderentes, 67f, 76-77

RADICAIS: PREFIXOS, SUFIXOS E DESINÊNCIAS

Prefixos e desinências

a-, an- não, sem acardia, ausência de um coração; anaeróbico, na ausência de oxigênio
a- fora, de, longe anormal, longe do normal
acuaudição acústica, a ciência do som
acr-, acro- no ápice, extremidade; **pico** acrodermatite, inflamação da pele das extremidades
ad- para, na direção de adorbital, na direção da órbita
aden-, adeno- glândula adeniforme, forma parecida com a de uma glândula
aero- ar respiração aeróbica, metabolismo dependente de oxigênio
af- na direção de neurônios aferentes, que transmitem impulsos para o sistema nervoso central
alb- branco, alvo corpo albicans do ovário, um tecido cicatricial branco
anfi- em ambos os lados; de ambos os tipos anfíbio, um organismo capaz de viver tanto na água quanto na terra
ana- aparte, cima, novamente anáfase da mitose, quando os cromossomos se separam
angi- vaso angiite, inflamação de um vaso linfático ou vaso sanguíneo
ant-, anti- contra, oposto anticoagulante, uma substância que impede a coagulação do sangue
ante- que precede; antes antecubital, na frente do cotovelo
ap-, api- ponta, extremidade ápice do coração
apend- pendurado esqueleto apendicular
aqua-, aquo- água soluções aquosas
areola espaço aberto tecido conjuntivo areolar, um tecido conjuntivo frouxo
artir-, artro- articulação artropatia, qualquer doença articular
artic- articulação superfícies articulares dos ossos, os pontos de conexão
atri- vestibulo átrios, câmaras superiores do coração
aut-, auto- próprio autógeno, autogerado
ax-, axi, axo- eixo esqueleto axial, eixo da coluna vertebral
azig- sem par veia ázigo, um vaso sem par
basal base lâmina basal da membrana basal epitelial
bi- dois bicúspide, que possui duas cúspides
bio- vida biologia, o estudo da vida e dos organismos vivos
blasto- botão, broto, semente blastócito, célula embrionária não diferenciada
braqui- braço o plexo braquial do sistema nervoso periférico abastece o braço
brev- curto fibular curto (*brevis*), um músculo curto da perna
bronco- a traqueia broncoespasmo, contração espasmódica do músculo bronquial
buco- bochecha bucolabial, pertencente à bochecha e ao lábio
capita- cabeça decapitar, remover a cabeça
carcino- câncer carcinógeno, um agente causador do câncer
cardio-, cardio- coração cardiotóxico, nocivo para o coração
cárneo- carne trabéculas cárneas, cristas de músculo nos ventrículos do coração
cauda- cauda caudal (termo direcional)
celi- abdominal artéria celiaca
cefal- cabeça cefalômetro, um instrumento para medir a cabeça
cerebr- cerebral, especialmente o cérebro cerebros-pinal, pertencente ao cérebro e à medula espinal
cervic, cervice pescoço vértebras cervicais, vértebras localizadas no pescoço
condro- cartilagem condrogênica, produz cartilagem
cili- pequenos pelos epitélio ciliado
circun- em volta circunuclear, em volta do núcleo

clavic- chave clavícula, uma “chave do esqueleto”
co-, con- com, junto com concêntrico, centro comum, juntos no centro
cel- oco celoma, a cavidade corporal ventral
comi- unidos a comissura cinzenta da medula espinal conecta as duas colunas de substância cinzenta
contra- contra contraceptivo, agente que impede a concepção
corn-, corno- como estrato córneo, camada externa de pele composta de células córneas
corona coroa sutura coronal do crânio
corp- corpo corpo lúteo, corpo secretor de hormônios no ovário
cort- casca córtex, a camada externa do cérebro, rim, glândulas adrenais e linfonodos
cost- costela intercostal, entre as costelas
crani- crânio craniotomia, abertura cirúrgica do crânio
cript- oculo criptomenorreia, uma condição em que os sintomas menstruais são sentidos, mas não ocorre perda externa de sangue
cubit o cotovelo fossa cubital, depressão do lado anterior do cotovelo
cusp- pontudo bicúspide e tricúspide, valvas cardíacas
cist- bolsa, bexiga cistite, inflamação da bexiga urinária
cito- célula citologia, o estudo das células
de- de, abaixo, fora desativação, tornar-se inativo
decid- que cai, desce dente deciduo (dente de leite)
delta triangular músculo deltoide, formato aproximadamente triangular
den, dente- dente processo odontoide, processo em forma de dente
dendr- árvore, ramo dendritos, ramos de um neurônio
derm- pele derme, camada profunda da pele
di- dobro, duplo dimorfismo, possuir duas formas
dia- através, separado, entre diafragma, a parede através ou entre duas áreas
dors- as costas dorsal; dorso; dorsiflexão
duc-, duct- conduzir, extrair ducto deferente, estrutura que transporta o espermatozoide do epidídimo para a uretra durante a ejaculação
dura- dura dura-máter, meninge externa rígida
dis- difícil, defeituosa, ruim dispepsia, digestão perturbada
ec-, ex-, ecto- fora, do lado de fora de excretar, remover materiais do corpo
ef- para longe fibras nervosas eferentes, que transmitem impulsos para longe do sistema nervoso central
en-, em- no, dentro do encistado, envolvido em um cisto ou cápsula
endo- dentro, interno endoderma, a mais interna das três camadas embrionárias
entero- intestino enterologista, profissional especializado no estudo dos transtornos intestinais
epi- sobre, acima epiderme, camada externa da pele
eritr- vermelho eritrócito, célula vermelha do sangue
eu- bem euestesia, um estado normal dos sentidos
exo- fora, camada externa exoftalmia, uma prostrução anormal do olho a partir da órbita
extra- fora, além extracelular, fora das células do corpo de um organismo
extrins- a partir do lado de fora músculos extrínsecos da língua
fasci-, fascia- feixe, faixa fásia superficial e profunda
fenestra- janela capilares fenestrados
fontan- fonte fontanelas do crânio
foram- abertura forame magno do crânio
foss- fossa fossa mandibular do crânio
gangli- intumescimento ou nó gânglios da raiz dorsal dos nervos espinais
gastr- estômago gastrina, um hormônio que influencia a secreção ácida gástrica
germin- crescimento epitélio germinativo das gônadas
glosso- língua glossopatia, qualquer doença da língua

glute- nádegas glúteo máximo, maior músculo das nádegas
gon-, gono- semente, prole gônadas, os órgãos sexuais
hema-, hemato-, hemo- sangue hematocisto, um cisto contendo sangue
hemi- metade hemilíngua, pertencente a uma metade da língua
hepat- fígado hepatite, inflamação do fígado
hetero- diferente, outro heterossexualidade, desejo sexual por uma pessoa do sexo oposto
hist- tecido histologia, o estudo dos tecidos
holo- todo, inteiro glândulas holócrinas, cujas secreções são células inteiras
hom-, homo- mesmo, igual homoplasia, formação de tecido similar ao tecido normal; homocêntrico, que tem o mesmo centro
hial- transparente cartilagem hialina, que não tem fibras visíveis
hidr-, hidro- água desidratação, perda de água do corpo
hiper- excessivo hipertensão, tensão excessiva
hipno- sono hipnose, um estado parecido com o sono
hipo- sob, abaixo, deficiente hipodérmico, abaixo da pele; hipocalemia, deficiência de potássio
hister-, histero- útero histerectomia, remoção do útero; histerodinia, dor no útero
ile- intestino íleo, a última parte do intestino delgado
im- não impermeável, não permite a passagem, não permeável
infra- abaixo, por baixo infraespinhal, o músculo localizado abaixo da espinha escapular
inter- entre intercelular, entre as células
intra- dentro, interior intracelular, dentro da célula
ipso- mesmo ipsolateral, no mesmo lado
isso- igual, mesmo isotérmico, temperatura igual ou mesma temperatura
jugul- garganta veias jugulares, vasos proeminentes no pescoço
quera- como queratina, a proteína hidrorrepelente da pele
labi-, labri- lábio frênulo labial, a membrana que une o lábio à gengiva
lact- leite glândulas lactíferas, glândulas produtoras de leite da mama
lacun- espaço, cavidade, lago lacunas, os espaços ocupados pelas células do tecido cartilaginoso e ósseo
lamel- placa lamelas concêntricas, anéis de matriz óssea no osso compacto
lâmina camada, folha lâmina basal, parte da membrana basal epitelial
lat- largo latíssimo do dorso, um músculo largo das costas
later- lado lateral (termo direcional)
leuco- branco leucócito, célula branca do sangue
língua- língua tonsila lingual, adjacente à língua
lip-, lipo- gordura, lipídio lipófago, uma célula que capturou gordura em seu citoplasma
luci- transparente estrato lúcido, camada transparente da epiderme
lúmen luz lúmen, centro de uma estrutura oca
lut- amarelo corpo lúteo, uma estrutura amarela secretora de hormônio no ovário
linf- água circulação linfática, retorno do fluido transparente para a corrente sanguínea
macro- grande macromolécula, molécula grande
magn- grande forame magno, maior abertura do crânio
mau- ruim, anormal mau funcionamento, funcionamento anormal de um órgão
mam- mama glândula mamária, mama
mast- mama mastectomia, remoção de uma glândula mamária
medi- meio medial (termo direcional)
medul- medula medula, a parte intermediária do rim, glândula adrenal e linfonodo
mega- grande megacariócito, grande célula precursora das plaquetas
meningo- membrana meningite, inflamação das membranas do cérebro

meso- *meio* mesoderma, camada germinativa intermediária

meta- *após, entre, mudança* metatarso, a parte do pé entre o tarso e as falanges

metro- *útero* metroscópio, instrumento para examinar o útero

micro- *pequeno* microscópio, um instrumento utilizado para fazer que objetos pequenos pareçam grandes

mito- *corda, filamento* mitocôndria, estruturas filamentosas pequenas localizadas nas células

mono- *único* monoespasmo, espasmo de um único membro

morfo- *forma* morfologia, o estudo da forma e estrutura dos organismos

multi- *muitos* multinuclear, que tem vários núcleos

mielo- *medula espinal, medula* mieloblastos, células da medula óssea

mio- *músculo* miocárdio, músculo do coração

narco- *torpor narcótico, uma droga que produz estupor ou sensações sem percepção*

necro- *morte* necrose, morte tecidual

neo- *novo* neoplasma, um crescimento anormal

nefro- *rim* nefrite, inflamação do rim

neuro- *nervo* neurofisiologia, a fisiologia do sistema nervoso

noto- *costas notocorda, a estrutura embrionária que precede a coluna vertebral*

ob- *invertido, contra* obstrução, impedimento ou bloqueio

oculo- *olho* monocular, pertencente a um olho

odonto- *dente* ortodontista, profissional especializado no posicionamento adequado dos dentes, uns em relação aos outros

olfat- *olfato* nervos olfatórios

oligo- *poucos* oligodendrócitos, células da neurógia com poucos ramos

ovo- *ovo* ovócito, precursor do gameta feminino

oftalmo- *olho* oftalmologia, o estudo dos olhos e doenças relacionadas

orb- *circular* orbicular do olho, músculo que circunda o olho

orto- *reto, direto* ortopedia, correção de deformidades do sistema musculoesquelético

osteo- *osso* osteoderma, formações ósseas na pele

oto- *orelha* otoscópio, um dispositivo para examinar a orelha

ov-, ovi- *ovo* ovo, oviduto

oxi- *oxigênio* oxigenação, a saturação de uma substância com oxigênio

pan- *todos, universal* panaceia, uma cura para tudo

papil- *mamilo* músculos papilares, músculos que se estendem da parede dos ventrículos que ancoram as válvulas atrioventriculares

para- *ao lado de, perto de, além de* paranefrite, inflamação dos tecidos adjacentes ao diafragma

pariet- *uma parede* pleura parietal, a camada da pleura contra a parede torácica

pect-, pectus *mamas* peitoral maior, um grande músculo do tórax

pelv- *uma bacia* cingulo pélvico, que abriga os órgãos pélvicos

peni- *uma cauda* pênis, órgão copulativo masculino

pep-, peps-, pept- *digestão* pepsina, uma enzima digestória do estômago; úlcera péptica

peri- *em volta* perianal, situado em volta do ânus

fago- *comer* fagócito, uma célula que engole e digere partículas ou células

fleb- *veia* flebite, inflamação das veias

pia *sensível* pia-máter, membrana interna delicada em volta do cérebro e da medula espinal

pin-, pino- *beber* pinocitose, quando uma célula engole pequenas partículas

pleur- *lado, costela* serosa pleural, a membrana que reveste a cavidade torácica e cobre os pulmões

plex-, plexo *rede* plexo braquial, a rede de nervos que abastece o braço

pneumo- *pulmões, ar; vento* pneumotórax, ar na cavidade pleural

pod- *pé* podiatria, o tratamento dos transtornos do pé

poli- *múltiplo* polimorfismo, muitas formas

pos- *após, atrás* posterior, situado atrás

pre-, pro *antes, à frente de* pré-natal, antes do nascimento

procto- *reto, ânus* proctoscópio, um instrumento para examinar o reto

pseudo- *falso* pseudotumor, um falso tumor

psico- *mente, psique* psicograma, um gráfico dos traços de personalidade

pulmo- *pulmão* artéria pulmonar, que leva sangue para os pulmões

pio- *pus* piocisto, um cisto que contém pus

quad-, quadr- *quatro* quadríceps, quatro músculos localizados no aspecto anterior da coxa

re- *de volta, novamente* reinfectar

ret- *reto* reto; reto abdominal, músculo longitudinal da parede abdominal anterior

ren- *rim* artéria renal, vaso arterial para o rim

retro- *para trás, atrás* retrocesso, mover-se para trás no desenvolvimento

ruga- *prega, ruga* rugas, as pregas no estômago, vesícula biliar e bexiga urinária

sagit- *seta* sagital (termo direcional)

sarco- *carne* sarcômero, unidade de contração no músculo esquelético

esclero- *duro* esclerodermite, espessamento inflamatório e endurecimento da pele

semi- *metade* semicircular, que tem a forma de meio círculo

septo *uma cerca* septo intraventricular no coração

serrat- *serra* serrátil anterior, um músculo da parede torácica que possui uma borda serrilhada

seio- *oco* seios do crânio

soma- *corpo* sistema nervoso somático

esplanc- *víscera* nervo esplâncnico, suprimento autônomo para as vísceras abdominais

escam- *escama, plano* epitélio escamoso, sutura escamosa do crânio

esteno- *estreito* estenocoríase, estreitamento da pupila

estroma *espalhar* estroma, o arcabouço de tecido conjuntivo de alguns órgãos

sub- *abaixo, sob* sublingual, sob a língua

super- *acima, sobre* superior, qualidade ou estado de estar acima dos outros ou de uma parte

supra- *acima, sobre, além* supracondilar, acima de um côndilo

sin- *junto, com* sinapse, a região de comunicação entre dois neurônios

sinerg- *trabalhar junto* sinergistas, músculos que trabalham juntos para produzir um movimento específico

taqui- *rápido* taquicardia, batimento cardíaco anormalmente rápido

telo- *o fim, completo* telófase, o fim da mitose

tempo- *tempo* região temporal do crânio, um dos primeiros locais em que o pelo fica grisalho, exibindo assim a idade

teres *redondo, liso* ligamento teres, também chamado ligamento redondo

term- *calor* termômetro, um instrumento utilizado para medir a temperatura

tóxico- *veneno* antitóxico, eficaz contra veneno

trab- *feixe, pau* trabéculas, espículas ósseas no tecido ósseo esponjoso

trans- *através* transpleural, através da pleura

tri- *três* trifurcação, divisão em três ramos

trof- *nutrir* trofoblasto, a partir do qual se desenvolve a parte fetal da placenta

tuber- *intumescimento* tuberosidade, um inchaço no osso

va- *sum vaso, duto* sistema vascular, sistema de vasos sanguíneos

ventr- *ventre* ventral (termo direcional)

vilosidade *pelos desordenados* microvilosidades, que se parecem com pelos no microscópio ótico

viscero- *órgãos da cavidade corporal* visceroinibidor, inibe os movimentos das vísceras

Sufixos

-avel *capaz de* viável, capaz de viver ou existir

-aco *referente a* cardíaco, referente ao coração

-algia *dor em determinada parte* neuralgia, dor ao longo do curso de um nervo

-ario *associado a, relativo a* coronário, associado ao coração

-ceps *a cabeça* bíceps, um músculo com duas cabeças

-cida *destrói, mata* germicida, um agente que destrói os germes

-cipit *cabeça* occipital

-clasto *quebra* osteoclasto, uma célula que dissolve a matriz óssea

-crino *separado* órgãos endócrinos, que secretam hormônios no sangue

-ectomia *cortar, remoção cirúrgica* apendectomia, remoção do apêndice

-ela *pequeno* organela

-emia *sangue* anemia, deficiência de eritrócitos

-estesia *sensação* anestesia, uma falta de sensação

-ferente *transmite* nervos eferentes, nervos que transmitem impulsos para longe do SNC

-forme *forma* placa cribiforme do osso etmoide

-fugo *leva para fora* vermifugo, uma substância que expulsa vermes do intestino

-geno *produz* patógeno, um agente que produz doença

-glia *cola* neuroglia, o tecido conjuntivo do sistema nervoso

-grama *um registro; registro de dados* eletrocardiograma, um registro exibindo a ação do coração

-grafia, -grafo *escrever* eletrocardiograma, um instrumento utilizado para criar e exibir um eletrocardiograma

-ia *condição* insônia, condição de não ser capaz de dormir

-iatria *especialidade médica* geriatria, o ramo da medicina que lida com as doenças associadas à velhice

-ite *inflamação* gastrite, inflamação do estômago

-lema *bainha, casca* sarcolema, a membrana plasmática de uma célula muscular

-logia *o estudo de* patologia, o estudo das alterações estruturais e funcionais provocadas por doenças

-lise *afrouxamento ou quebra* hidrólise, decomposição química de um composto em dois outros compostos em consequência da absorção hídrica

-malacia *macio* osteomalacia, um processo que leva ao amolecimento ósseo

-mania *raiva, loucura* erotomania, exagero das paixões sexuais

-odin *dor* coccigodinia, dor na região do cóccix

-oide *similar a* cuboide, em forma de cubo

-oma *tumor* linfoma, um tumor dos tecidos linfáticos

-opia *visão* miopia

-orio *referente a* auditório, referente à audição

-patia *doença* osteopatia, qualquer doença do osso

-fil, -fílo *similar, afim* hidrofílicas, moléculas que atraem água

-fobia *medo* acrofobia, medo de altura

-plasma *algo modelado* citoplasma

-plastia *crescimento, modelagem, cirurgia* plástica rinoplastia, reconstrução do nariz por meio de cirurgia

-plegia *paralisia* paraplegia, paralisia da metade inferior do corpo ou dos membros

-rragia *irromper* metrorragia, hemorragia uterina

-rreia *fluxo, descarga* diarreia, esvaziamento anormal dos intestinos

-escópio *ver, vigiar, examinar* estetoscópio, instrumento utilizado para ouvir os sons de várias partes do corpo

-stalse *compressão* peristalse, contrações musculares que impelem o alimento ao longo do trato digestório

-stase *fixo, parada, fixação* hemóstase, estancamento do sangramento

-stomia *uma abertura, uma boca* enterostomia, a formação de uma abertura artificial no intestino através da parede abdominal

-tomia *cortar* apendectomia, remoção cirúrgica do apêndice

-dade *condição de, estado* imunidade, condição de ser resistente às infecções ou doenças

-uria *urina* poliúria, passagem de uma quantidade excessiva de urina

Fotos

- Capítulo 1 Abertura do capítulo: Simon Fraser/Photo Researchers. 1.2a-l: Pearson Education. 1.4 (top): Jenny Thomas, Pearson Education. 1.4a: Scott Camazine/Photo Researchers. 1.4b: James Cavallini/Photo Researchers. 1.4c: CNRI/SPL/Photo Researchers. 1.8a: John Wilson White, Pearson Education. 1.9a: Steve Downing, Pearson Education. 1.9b: Biophoto Associates/Photo Researchers. 1.9c: SPL/Photo Researchers. 1.10a: Vanessa Vick/Photo Researchers. 1.10b: MedImage/Photo Researchers. 1.11 (left): Blend Images/Alamy. 1.11 (right): SGO/BSIP/Photo Researchers. 1.12: Zephyr/Photo Researchers. 1.13: Einat Even-Sapir, Pearson Education. 1.14: Mangelli@ Pearson Education. 1.15a: LADA/Photo Researchers. 1.15b: National Library of Medicine. Table (top): Gustoimages/Photo Researchers. Table 1.1 (bottom): Scott Camazine/Photo Researchers.
- Capítulo 2 Abertura do capítulo: MedImage/Photo Researchers. 2.5b: Dr. Birgit H. Satir. 2.6b: CNR/Photo Researchers. 2.7b: P. Motta & T. Naguro/SPL/Photo Researchers. 2.9: Dr. Gopal Murti/Photo Researchers. 2.10c: Professors P. Motta & T. Naguro/SPL/Photo Researchers. 2.11a: Mary Osborn, Max Planck Institute. 2.11b: Frank Solomon and J. Dinsmore. 2.11c: Mark S. Ladinsky and J. Richard McIntosh. 2.12b.1: Don W. Fawcett/Photo Researchers. 2.13b.2: Don W. Fawcett/Photo Researchers. 2.13b.3: U. Aebi et al. *Nature* 323 (a996): 560–564, figure 1a. Used by permission. 2.15a: Dr. Victoria E. Foe. 2.15b: GF Bahr, Armed Forces Institute of Pathology. 2.17 1–6: Conly Rieder.
- Capítulo 3 Abertura do capítulo: Dr. Yorgos Nikas/Photo Researchers. 3.8d: Omikron/Photo Researchers. 3.11b: Lennart Nilsson/Scapix Sweden AB. A Closer Look: Fetal Alcohol & Drug Unit, University of Washington, Seattle. From A. P. Streissguth, S. K. Clarren, & K. L. Jones, (1985, July). “Natural History of the Fetal Alcohol Syndrome: A 10-year follow-up of eleven patients.” *The Lancet*, 2, 85–91. Table 3.1.1: CNRI/Photo Researchers. Table 3.1.2: Garry Watson/Photo Researchers. Table 3.1.3: Tissuexpix/Photo Researchers. Table 3.1.4: Petit Format/Photo Researchers.
- Capítulo 4 Abertura do capítulo: Biophoto Associates/Photo Researchers. 4.3a, g: William Karkow, Pearson Education. 4.3b, f, h: Allen Bell, Pearson Education. 4.3c, d: Steve Downing, PAL 3.0, Pearson Education. 4.3e: Nina Zanetti, Pearson Education. 4.4a: SPL/Photo Researchers. 4.7: Don W. Fawcett/Photo Researchers. 4.10a: William Karkow, Pearson Education. 4.10b: Steve Downing, PAL 3.0, Pearson Education. 4.10c, g, i: Nina Zanetti, Pearson Education. 4.10d, k: Allen Bell, Pearson Education. 4.10e: Lisa Lee, PAL 3.0, Pearson Education. 4.10f, l: Lisa Lee, Pearson Education. 4.10h: Steve Downing, PAL 3.0, Pearson Education. 4.10j: William Karkow, Pearson Education. 4.11.1, 2, 10, 15, 17, 21: William Karkow, Pearson Education. 4.11.3, 5–9, 11, 12, 18, 20: Steve Downing, PAL 2.0, Pearson Education. 4.11.4: Zanetti, PAL 1.0, Pearson Education. 4.11.13, 14, 16, 19, 22: Lisa Lee, PAL 3.0, Pearson Education. 4.13a: Eric Graves/Photo Researchers. 4.13b: Steve Downing, PAL 3.0, Pearson Education. 4.13c, 4.14: Lisa Lee, PAL 3.0, Pearson Education. A Closer Look: David Musher/Photo Researchers.
- Capítulo 5 Abertura do capítulo: Steve Gschmeissner/Photo Researchers. 5.2: From Van De Graaff and Crawley, *A Photographic Atlas for the A&P Laboratory*, 5e F4.2 © Morton. 5.3a: William Karkow, Pearson Education. 5.4: CDC. 5.5a: Clouds Hill Imaging Ltd./Photo Researchers. 5.5c: John Wilson White, Pearson Education. 5.7b: Manfred Kage/Photo Researchers. 5.7d: Steve Downing, PAL 3.0, Pearson Education. 5.8: Lisa Lee, Pearson Education. 5.9a: Scott Camazine/Photo Researchers. 5.9b: Dr. M.A. Ansary/Photo Researchers. 5.10a: Biophoto Associates/Photo Researchers. 5.10b: P. Marazzi/SPL/Photo Researchers. 5.10c: James Stevenson/Photo Researchers. A Closer Look: Phanie/Photo Researchers.
- Capítulo 6 Abertura do capítulo: Michael Abbey/Photo Researchers. 6.2a–c: Nina Zanetti, Pearson Education. 6.5.1: Donald Gregory Clever, Pearson Education. 6.5.2: Steve Gschmeissner/Photo Researchers. 6.6b: Larry DeLay, PAL 3.0, Pearson Education. 6.7c.1: Andrew Syred/Photo Researchers. 6.7c.2: William Karkow, Pearson Education. 6.9a: Steve Gschmeissner/Photo Researchers. 6.9b: Gwen V. Childs. 6.12a: Living Art Enterprises/Photo Researchers. 6.12b: Deborah Vaughan. 6.14: CNRI/Photo Researchers. 6.16a: Professor P. Motta, Department of Anatomy, University “La Sapienza,” Rome/SPL/Photo Researchers. 6.17a: Robin Laurance/Impact/agefotostock. 6.17b: Angela Byrne, radiopaedia.org; Pearson Education. 6.18: Scott Camazine/PCN Photography/Alamy. Table 6.2.1: Custom Medical Stock Photo/Newscom. Table 6.2.2: CDC. Table 6.2.3: Brian Tidey, radiographersreporting.org; Pearson Education. Table 6.2.4: Dr. Frank Gaillard, radiopaedia.org, Imagineering © Pearson Education. Table 6.2.5: William T. C. Yuh. Table 6.2.6: Hani Alsalam, radiopaedia.org; Pearson Education.
- Capítulo 7 Abertura do capítulo: SPL/Photo Researchers. 7.4b: Larry DeLay, PAL 3.0, Pearson Education. 7.6b: Ralph T. Hutchings. 7.7b: Larry DeLay, PAL 3.0, Pearson Education. 7.8: Eksel Perez and Peter Westra, PAL 3.0, Pearson Education. 7.9b: Ralph T. Hutchings. 7.10a, b: Larry DeLay, PAL 3.0, Pearson Education. 7.11b: Larry DeLay, PAL 3.0, Pearson Education. 7.12: Michael Wiley, Univ. of Toronto, Imagineering © Pearson Education. 7.13c: Larry DeLay, PAL 3.0, Pearson Education. 7.15a: Living Art Enterprises, LLC/Photo Researchers. 7.15b: BSIP/Photo Researchers. 7.16a: Larry DeLay, PAL 3.0, Pearson Education. 7.21d: Creative Digital Visions LLC, PAL 3.0, Pearson Education. 7.24b: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 7.25a: Pearson Education. 7.26a, b: Center for Craniofacial Anomalies, University of California, San Francisco. 7.27a: Princess Margaret Rose Orthopaedic Hospital/Photo Researchers. 7.27b: Nordic Photos/SuperStock. 7.27c: Steve Gorton/Dorling Kindersley. 7.CA.1: Neil Borden/Photo Researchers. Table 7.2.7: Larry DeLay, PAL 3.0, Pearson Education. Table 7.2.8: Creative Digital Visions LLC, PAL 3.0, Pearson Education. Table 7.2.9: Larry DeLay, PAL 3.0, Pearson Education.
- Capítulo 8 Abertura do capítulo: Scott Camazine & Sue Trainor/Photo Researchers. 8.5: John Wilson White, Pearson Education. 8.10c: M.J. Wiley, Pearson Education. 8.10d: Michael Wiley, Univ. of Toronto, Imagineering © Pearson Education. 8.12b: Elaine N. Marieb. 8.13a: Dr. Katherine Nimkin. 8.13b: Medical-on-Line/Alamy. 8.CA.1: CMSP Custom Medical Stock Photo/Newscom. 8.CA.2: William Herring/LeamingRadiology.com. 8.CA.3: David Nelson, MD. 8.CA.4: Scott Camazine/Photo Researchers. Table 8.2.3, 4: Larry DeLay, Pearson Education. Table 8.2.5, 6: From “A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy,” by David L. Bassett, M.D.
- Capítulo 9 Abertura do capítulo: CNRI/Photo Researchers. 9.3b: Mark Nielsen, Pearson Education. 9.4: From “A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy,” by David L. Bassett, M.D. 9.6a–f, 9.7a–f: John Wilson White, Pearson Education. 9.11b: Mark Nielsen, University of Utah; Pearson Education. 9.11e, 9.12c: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 9.14b: From “A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy,” by David L. Bassett, M.D. 9.15f: Karen Krabbenhoft, PAL 3.0, Pearson Education. 9.17a: Pearson Education. 9.18: Elaine Marieb. 9.19a: Zephyr/Photo Researchers. 9.19b: Living Art Enterprises, LLC/Photo Researchers. 9.19c: Elaine N. Marieb. 9.20: Dr. P. Marazzi/Photo Researchers.
- Capítulo 10 Abertura do capítulo: Sercomi/BSIP/Photo Researchers. 10.1b: William Karkow, Pearson Education. 10.2: Biophoto Associates/Photo Researchers. 10.4: Marian Rice. 10.6b: Don W. Fawcett/Photo Researchers. 10.7.1: Don W. Fawcett/Photo Researchers. 10.7.2: Biophoto Associates/Photo Researchers. 10.9b: Eric Graves/Photo Researchers. 10.10: National Institutes of Health. 10.11a: Lisa Lee, Pearson Education. 10.11b: William Karkow, Pearson Education. A Closer Look: Corbis/SuperStock. Table 10.2.4: Eric Graves/Photo Researchers. Table 10.2.5: Steve Downing, PAL 3.0, Pearson Education. Table 10.2.6: SPL/Photo Researchers.
- Capítulo 11 Abertura do capítulo: David Gregs/Alamy. 11.9b, 11.11b: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 11.13c: From “A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy,” by David L. Bassett, M.D. 11.14c: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 11.16b: Dissection by Dr. Olga Malakhova and photography by Winston Charles Poulton of University of Florida College of Medicine, Gainesville / Pearson Education. 11.16d: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 11.17d: Dissection by Shawn Miller, photography by Mark Nielsen and Alexa Doig. 11.18b: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 11.19b: Creative Digital Visions, Pearson Education. 11.20: NIH. 11.22b: Dissection by Shawn Miller, photography by Mark Nielsen and Alexa Doig. 11.23d: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 11.24: NIH. 11.25b, 11.26b: Winston Charles Poulton, Pearson Education. 11.27d: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 11.28a, b: Dissection by Shawn Miller, photography by Mark Nielsen and Alexa Doig. 11.29a and b, 11.30a, 11.31, 11.32, 11.33a and b, 11.35a and b, 11.36a and b, 11.37, 11.38a–d, 11.39 John Wilson White, Pearson Education. 11.CA.1: Dr. P. Marazzi/Photo Researchers.
- Capítulo 12 Abertura do capítulo: Nancy Kedersha/UCLA/Photo Researchers. 12.4b: David M. Phillips/Photo Researchers. 12.5c: Thomas Deerinck, NCMIR/Photo Researchers. 12.7a: Don W. Fawcett/Photo Researchers. 12.7b: Anthony M. Heape, Dept. of Anatomy, University of Oulu, Finland. 12.8b: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 12.8c: Nina Zanetti, Pearson Education. 12.14: Living Art Enterprises/Photo Researchers. 12.17: Tibor Harkany, Science Magazine. 12.CA.1: Medical-on-Line/Alamy.
- Capítulo 13 Abertura do capítulo: Innerspace Imaging/Photo Researchers. 13.5: Karen Krabbenhoft, PAL 3.0, Pearson Education. 13.6d, 13.8a, c, and d, 13.9b, 13.11a: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 13.11b: Robert

- A. Chase. 13.11d: Winston Charles Poulton, Pearson Education. 13.12: WDCN/Univ. College London/Photo Researchers. 13.17a and b, 13.18b: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 13.22b: From "A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy," by David L. Bassett, M.D. 13.22c, 13.24b-d: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 13.26b: Lisa Lee, Pearson Education. 13.31: Michael Phelps, Dan Silverman, and Gary Small, David Geffen School of Medicine at UCLA. 13.32: Biophoto Associates/Science Source/Photo Researchers. 13.CA.1: Ansary/Custom Medical Stock Photo/Newscom. A Closer Look: John Bazemore/AP Images.
- Capítulo 14 Abertura do capítulo: Steve Gschmeissner/Photo Researchers. 14.4c, 14.9d: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 14.12a: From "A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy," by David L. Bassett, M.D. 14.13a: Dissection by Dr. Olga Malakhova and photography by Winston Charles Poulton of University of Florida College of Medicine, Gainesville / Pearson Education. 14.CA.2: Biophoto Associates/Photo Researchers. A Closer Look: New York Public Library/Photo Researchers. Table 14.2: William Thompson/Pearson Education.
- Capítulo 15 Abertura do capítulo: Innerspace Imaging/Photo Researchers. 15.6b: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 15.14: Dr. P. Marazzi/Photo Researchers. 15.CA: Dr. P. Marazzi/Photo Researchers.
- Capítulo 16 Abertura do capítulo: Eye of Science/Photo Researchers. 16.1c: Steve Downing, PAL 3.0, Pearson Education. 16.4a: Richard Tauber, Pearson Education. 16.7b: From "A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy," by David L. Bassett, M.D. 16.9c: Lisa Lee, Pearson Education. 16.11: Dr. Charles Klettke, Pearson Education. 16.14b: Stephen Spector, Pearson Education. 16.19d: P. Motta, University "La Sapienza," Rome/SPL/Photo Researchers. 16.22b: I. M. Hunter-Duvar. 16.CA.1, 2, 4: SPL/Photo Researchers.
- Capítulo 17 Abertura do capítulo: Biophoto Associates/Photo Researchers. 17.3d: Lisa Lee, Pearson Education. 17.5b: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 17.6a: Lisa Lee, Pearson Education. 17.6c: Steve Downing, PAL 3.0, Pearson Education. 17.7b, 17.9: Lisa Lee, Pearson Education. 17.10: Getty Images. 17.11a: Ralph C. Eagle/Photo Researchers. 17.11b: Scott Camazine/Photo Researchers. 17.12a, b: Charles B. Wilson.
- Capítulo 18 Abertura do capítulo: Secomi/Photo Researchers. 18.2a: National Cancer Institute/SPL/Photo Researchers. 18.2b: William Karkow, Pearson Education. 18.4a-e: Lisa Lee, PAL 3.0, Pearson Education. 18.6: Oliver Meckes and Nicole Ottawa/Photo Researchers. 18.7b, c: William Karkow, Pearson Education. 18.9a: Cheryl Power/Photo Researchers. 18.9b: Omikron/Photo Researchers. A Closer Look: CBR Systems/Cord Blood Registry.
- Capítulo 19 Abertura do capítulo: Quest/Photo Researchers. 19.2d: Dissection by Shawn Miller, photography by Mark Nielsen and Alexa Doig. 19.5a, c, f: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 19.6b: Winston Charles Poulton, PAL 3.0, Pearson Education. 19.6c: Lennart Nilsson, *The Body Victorious*, New York: Dell, © Boehringer Ingelheim International GmbH. 19.6d: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 19.9: John Wilson White, Pearson Education. 19.12a: Steve Downing, Pearson Education. 19.13: Brenda Russell, Department of Physiology and Biophysics, University of Illinois at Chicago. Gray's Anatomy, 39th Ed. © Elsevier. 19.CA.1: Zotin Igor Itar/Tass Photos/Newscom. 19.CA.2: Medical-on-Line/Alamy.
- Capítulo 20 Abertura do capítulo: 3D4Medical.com/Getty Images. 20.1a: Ed Reschke/Photolibary. 20.2a: Pearson Education. 20.2b, c: Roger C. Wagner. 20.3: Steve Downing, Pearson Education. 20.10c, 20.14c, 20.17b, 20.20b, 20.23c: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 20.21b: Dissection by Shawn Miller, photography by Mark Nielsen and Alexa Doig. 20.24: Living Art Enterprises, LLC/Science Source/Photo Researchers. 20.CA.1: Dr. P. Marazzi/Photo Researchers. A Closer Look: (top) Sheila Terry/SPL/Photo Researchers; (bottom) GJLP/Photo Researchers.
- Capítulo 21 Abertura do capítulo: Steve Gschmeissner/Photo Researchers. 21.3b: Biophoto Associates/Photo Researchers. 21.3c: Francis Leroy, Biocosmos/SPL/Photo Researchers. 21.4b: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 21.7: Victor Eroschenko, Pearson Education. 21.9a: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 21.9b: Lisa Lee, Pearson Education. 21.10c: Mark Neilsen, Pearson Education. 21.10d: Victor Eroschenko, Pearson Education. 21.11: Biophoto Associates/Photo Researchers. 21.12: Biophoto Associates/Science Source/Photo Researchers. A Closer Look: Montagnier/Institut Pasteur/SPL/Science Source/Photo Researchers.
- Capítulo 22 Abertura do capítulo: CNRI/Photo Researchers. 22.2a: Jenny Thomas, Pearson Education. 22.3a: From "A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy," by David L. Bassett, M.D. 22.4: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 22.5a: John Wilson White, Pearson Education. 22.5c: From "A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy," by David L. Bassett, M.D. 22.6a, b: CNRI/Photo Researchers. 22.7b: Nina Zanetti/Pearson Science 22.7c: SPL/Photo Researchers. 22.8b: London Scientific Films/Getty Images. 22.9b: Lisa Lee, Pearson Education. 22.10b: Motta & Macchiarelli, Univ. "La Sapienza," Rome/SPL/Photo Researchers. 22.11b: From "A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy," by David L. Bassett, M.D. 22.11c: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 22.11e: NIH. 22.18a, b: CDC. 22.CA: Zephyr/Photo Researchers. A Closer Look: (left) Karen Krabbenhoft, Pearson Education; (right) Medical-on-Line.
- Capítulo 23 Abertura do capítulo: Susumu Nishinaga/Photo Researchers. 23.2a: John Wilson White, Pearson Education. 23.4a: From "A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy," by David L. Bassett, M.D. 23.7b: Nina Zanetti, Pearson Education. 23.8b (top & bottom): Steve Downing, Pearson Education. 23.13b: Elaine N. Marieb. 23.15: SPL/Photo Researchers. 23.16a: Biophoto Associates/Photo Researchers. 23.16b: Lisa Lee, Pearson Education. 23.17b: From "A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy," by David L. Bassett, M.D. 23.18d: Biophoto Associates/Photo Researchers. 23.19: Dissection by Shawn Miller, photography by Mark Nielsen and Alexa Doig. 23.20c: Steve Gschmeissner/Photo Researchers. 23.23: William Karkow, Pearson Education. 23.24.1: Steve Downing, PAL 3.0, Pearson Education. 23.24.2: Lisa Lee, PAL 3.0, Pearson Education. 23.24.3, 4: David G. King. 23.25: 23.26a, 23.27b, 23.28a: From "A Stereoscopic Atlas of Human Anatomy," by David L. Bassett, M.D. 23.28c: Lisa Lee, Pearson Education. 23.29a: CNRI/Photo Researchers. 23.29b: Oliver Meckes/ Ottawa/Photo Researchers. 23.CA: Gastrolab/Photo Researchers.
- Capítulo 24 Abertura do capítulo: Biophoto Associates/Photo Researchers. 24.1b: Dissection by Shawn Miller, Photography by Mark Nielsen and Alexa Doig. 24.2c: Ruedi Thoeni, University of California, San Francisco. 24.3a: Karen Krabbenhoft, Pearson Education. 24.6c: P. Motta and M. Castellucci/SPL/Photo Researchers. 24.8a: Lisa Lee, Pearson Education. 24.8b: From Michael Leboffe, *A Photographic Atlas of Histology*, F16.6a, p. 192, © Morton, 2003. 24.9b: Steve Gschmeissner/Photo Researchers. 24.10: From Michael Leboffe, *A Photographic Atlas of Histology*, F16.8, p. 192. © Morton 2003. 24.11: Biophoto Associates/Photo Researchers. 24.13a: Lisa Lee, PAL 3.0, Pearson Education. 24.13b: Allen Bell, Pearson Education. 24.CA: NIH.
- Capítulo 25 Abertura do capítulo: Profs. P.M. Motta & J. Van Blerkom/Photo Researchers. 25.3b: Karen Krabbenhoft, PAL 3.0, Pearson Education. 25.3c: Ed Reschke. 25.4a: Victor Eroschenko, Pearson Education. 25.4b: Biophoto Associates/Photo Researchers. 25.9a: Professor P.M. Motta/Univ. "La Sapienza," Rome/Photo Researchers. 25.10b: Juergen Berger/Photo Researchers. 25.13: Lisa Lee, Pearson Education. 25.14a, b: From Michael Leboffe, *A Photographic Atlas of Histology*, F17.6b, f, p. 210. © Morton 2003. 25.15: Winston Charles Poulton, Pearson Education. 25.16a: Lisa Lee, PAL 3.0, Pearson Education. 25.17 (1, 2, 3): Science Pictures Ltd./Photo Researchers. 25.17 (4): Biophoto Associates/Photo Researchers. 25.17 (5): Steve Downing, Pearson Education. 25.17 (6): C. Edelman/La Vilette/Photo Researchers. 25.17 (7): William Karkow, Pearson Education. 25.22b: Lennart Nilsson/Scanpix Sweden AB. 25.23b: CC Studios/SPL/Photo Researchers. 25.24c: Allen C. Enders, University of California, Davis/Carnegie Collection. 25.28a: Mark Thomas/Photo Researchers, Inc. 25.28b, c: Southern Illinois University/Photo Researchers.

Ilustrações

All illustrations by Imagineering STA Media Services unless otherwise noted.

Capítulo 1 1.2: Vincent Perez/Wendy Hiller Gee.

Capítulo 3 3.3, 3.7: Electronic Publishing Services, Inc./Imagineering STA Media Services.

Capítulo 5 5.1, 5.3, 5.6: Electronic Publishing Services, Inc./Imagineering STA Media Services.

Capítulo 6 6.8: Imagineering STA Media Services/Precision Graphics

Capítulo 7 7.4a, 7.7a, b, 7.9a, b: Nadine Sokol.

Capítulo 10 10.8, 10.13: Electronic Publishing Services, Inc.

Capítulo 12 12.3, 12.5, 12.8, 12.10, 12.11, 12.15, Table 12.1.1, 3-6: Electronic Publishing Services, Inc.

Capítulo 13 13.1-13.4, 13.6-13.8, 13.11, 13.13-13.23, 13.27-13.30: Electronic Publishing Services, Inc. 13.25: Marieb, Elaine N., Mitchell, Susan J., *Human Anatomy and Psychology Lab Manual*, Main Version, 8th ed., © 2008. reprinted and electronically reproduced by permission of Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

Capítulo 14 14.4: Electronic Publishing Services, Inc.

Capítulo 15 15.2-15.4, 15.8, 15.11, 15.12: Electronic Publishing Services, Inc.

Capítulo 16 16.2, 16.4, 16.5, 16.7, 16.12, 16.16-16.20, 16.22, 16.23: Electronic Publishing Services, Inc. 16.6, 16.21: Electronic Publishing Services, Inc./Imagineering STA Media Services.

Capítulo 17 17.1: Electronic Publishing Services, Inc.

Capítulo 19 19.2-19.6, 19.12, 19.14: Electronic Publishing Services, Inc.

Capítulo 20 20.1, 20.5, 20.10-20.13, 20.15-20.19, 20.21, 20.23: Electronic Publishing Services, Inc. 20.8: (a) Electronic Publishing Services, Inc. (b) Imagineering STA Media Services.

Capítulo 22 22.1, 22.3, 22.5, 22.8, 22.10, 22.11, 22.16: Electronic Publishing Services, Inc.

Capítulo 23 23.1, 23.4, 23.7-23.10, 23.15, 23.17-23.22: Electronic Publishing Services, Inc.

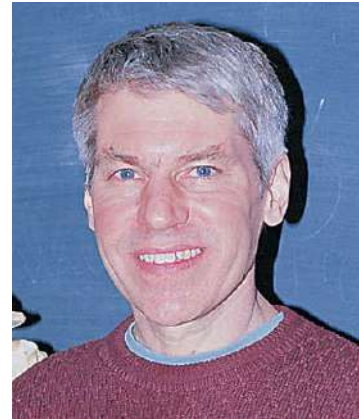
Capítulo 24 24.1, 24.6, 24.7, 24.10, 24.12, 24.14: Electronic Publishing Services, Inc.

Capítulo 25 25.1-25.3, 25.6, 25.13: Electronic Publishing Services, Inc.



Elaine N. Marieb

Professora de anatomia e fisiologia no Springfield College. Ph.D. em zoologia pela Universidade de Massachusetts. Professora do Instituto de Ensino Superior de Holyoke. Mestre em ciências com especialização clínica em gerontologia pela Universidade de Massachusetts. Membro da Human Anatomy and Physiology Society e da American Association for the Advancement of Science.



Jon Mallatt

Ph.D. em anatomia pela Universidade de Chicago. Professor de ciências biológicas na Universidade do Estado de Washington. Membro do departamento de Ciências Médicas Básicas, onde leciona cursos de histologia e anatomia do tronco no Programa Médico WWAMI. Prêmio de Excelência em Ensino. Especializado no estudo de anatomia, histologia, anatomia comparada e desenho anatômico.



Patricia Brady Wilhelm

Ph.D. em ciências médicas e biológicas pela Universidade de Brown. Professora de biologia no Community College de Rhode Island. Professora de anatomia no Community College de Rhode Island. Prêmio de Honra ao Mérito por Excelência em Ensino de Pós-Graduação da Universidade de Brown e Prêmio de Excelência em Ensino do Community College de Rhode Island. Membro da Human Anatomy and Physiology Society (Sigma Xi) e da American Association of Anatomists.

Anatomia Humana ^{7ª ed.}

com



Elaine N. Marieb
Patricia Brady Wilhelm
Jon Mallatt

[Ciências da saúde]

Para os autores desta obra, ensinar anatomia não é apenas apresentar uma série de informações sobre o corpo humano, mas fornecer aos estudantes informações contextualizadas que os ajudem a aplicar o que aprenderam em situações cotidianas.

É com base nessa premissa que *Anatomia Humana*, por meio da abordagem funcional, na qual são analisadas a forma e a composição das estruturas anatômicas, tornou-se um best-seller da área. Trata-se de uma obra completa, moderna, prática e ricamente ilustrada, com imagens detalhadas que reforçam os principais conceitos de anatomia.

O livro, que contempla mais de 700 exercícios práticos e 150 aplicações clínicas, é indicado para os cursos de fisioterapia, nutrição, enfermagem, farmácia, psicologia, biomedicina, ciências biomédicas e educação física.



Ao adquirir este livro, você terá acesso ao MyHealthLab, um ambiente virtual de aprendizagem com recursos digitais complementares totalmente em língua portuguesa voltado para as disciplinas na área de saúde. MyHealthLab contém exercícios, imagens 3D, glossário interativo, entre outros recursos, que certamente tornarão o ensino e a aprendizagem da anatomia humana muito mais eficazes.



sv.pearson.com.br

A Sala Virtual oferece, para professores, apresentações em PowerPoint (em português), galeria de imagens, guia auxiliar para melhor exploração do livro e conteúdo e banco de exercícios (em inglês).



Este livro também está disponível para compra em formato e-book. Para adquiri-lo, acesse nosso site.

www.pearson.com.br

