

Comprende



versione **Ebook**  
e **Software**  
di simulazione

Martini • Nath • Bartholomew

# Fondamenti di Anatomia e Fisiologia

IV edizione





# Accedi all'ebook e ai contenuti digitali

## Espandi le tue risorse

un libro che **non pesa**  
e si **adatta** alle dimensioni  
del **tuo lettore!**



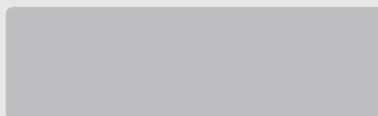
COLLEGATI AL SITO  
**EDISESUNIVERSITA.IT**

ACCEDI AL  
**MATERIALE DIDATTICO**

SEGUI LE  
**ISTRUZIONI**

Utilizza il codice personale contenuto nel riquadro per registrarti al sito **edisesuniversita.it** e attivare la tua **area riservata**. Potrai accedere alla **versione digitale** del testo e a ulteriore **materiale didattico**.

Scopri il tuo **codice personale** grattando delicatamente la superficie



Il volume NON può essere venduto, né restituito, se il codice personale risulta visibile.  
L'**accesso al materiale didattico** sarà consentito **per 18 mesi**.

Per attivare i **servizi riservati**, collegati al sito **edisesuniversita.it** e segui queste semplici istruzioni

### Se sei registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- inserisci email e password
- inserisci le ultime 4 cifre del codice ISBN, riportato in basso a destra sul retro di copertina
- inserisci il tuo **codice personale** per essere reindirizzato automaticamente all'area riservata

### Se non sei già registrato al sito

- clicca su *Accedi al materiale didattico*
- registrati al sito o autenticali tramite facebook
- attendi l'email di conferma per perfezionare la registrazione
- torna sul sito **edisesuniversita.it** e segui la procedura già descritta per *utenti registrati*



Ulteriori materiali e strumenti didattici sono accessibili dalla propria **area riservata** secondo la procedura indicata nel frontespizio.

Dalla sezione **materiali e servizi** della tua area riservata potrai accedere a:

- **Ebook**: versione digitale del testo in formato epub, standard dinamico che organizza il flusso di testo in base al dispositivo sul quale viene visualizzato. Fruibile mediante l'applicazione gratuita BookShelf, consente una visualizzazione ottimale su lettori e-reader, tablet, smartphone, iphone, desktop, Android, Apple e Kindle Fire.

- **Software di simulazione**: un vastissimo database di quesiti a risposta multipla per effettuare esercitazioni sull'**intero programma** o su **argomenti specifici**.

- **Esercizi drag and drop**: una banca dati di oltre 1500 tavole anatomiche per effettuare esercizi di posizionamento dei termini. Particolarmente funzionali allo studio dell'Anatomia Umana e alla verifica delle conoscenze, gli esercizi di drag and drop costituiscono uno strumento di autovalutazione efficace grazie al quale fissare le nozioni studiate e simulare prove d'esame. È possibile esercitarsi sull'intero programma o su uno specifico argomento avendo a disposizione oltre 40.000 termini anatomici.

- **Atlante di Anatomia virtuale**: un'ampia raccolta di video illustra la struttura del corpo umano a livello sistemico e morfologico.

FONDAMENTI DI

# Anatomia E Fisiologia

Quarta Edizione

**Frederic H. Martini, Ph.D.**

Università delle Hawaii a Manoa

**Judi L. Nath, Ph.D.**

Lourdes University, Sylvania, Ohio

**Edwin F. Bartholomew, M.S.**

**William C. Ober, M.D.**

*Coordinatore artistico e  
illustratore*

**Claire E. Ober, R.N.**

*Illustratore*

**Kathleen Welch, M.D.**

*Consulente clinica*

**Ralph T. Hutchings**

*Fotografo biomedico*

**Kevin Petti**

San Diego Miramar College  
SmartArt Videos

**Christine Boudrie, M.D.**

Lourdes University, Sylvania, Ohio  
Casi clinici

**Ruth Anne O'Keefe, M.D.**



*Titolo originale:*

Frederic H. Martini, Judi L. Nath, Edwin F. Bartholomew

**Fundamentals of Anatomy & Physiology**

Copyright 2018 XI ed., Pearson Education

**Fondamenti di Anatomia e Fisiologia – IV edizione**

Copyright © 2019, EdiSES Università s.r.l. – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0  
2024 2023 2022 2021 2020 2019

Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata

*A norma di legge è vietata la riproduzione anche parziale del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.*

*L'Editore*

*Impaginazione:*

V colore di Francesco Omaggio - Pordenone

*Fotoincisione e stampa:*

Tipolitografia Petrucci S.r.l.

Via Venturelli, 7/B – 06012 Città di Castello (PG)

per conto della:

EdiSES Università s.r.l. – Piazza Dante, 89 – Napoli

[www.edisesuniversita.it](http://www.edisesuniversita.it) [info@edisesuniversita.it](mailto:info@edisesuniversita.it)

ISBN 978 88 3319 053 2

# Autori e collaboratori

## Frederic (Ric) H. Martini, Ph.D.

Autore

Il Professor Martini ha conseguito il dottorato in Anatomia Comparata e Funzionale presso la Cornell University per il suo lavoro sulla fisiopatologia dello stress. Le sue pubblicazioni comprendono articoli giornalistici, capitoli di libri di testo, relazioni tecniche e articoli per riviste ed è autore principale di 10 testi di anatomia e fisiologia. Attualmente lavora presso l'Università delle Hawaii a Manoa ed è membro dello Shoals Marine Laboratory, una joint-venture tra la Cornell University e l'Università del New Hampshire. Il Professor Martini è stato membro della Human Anatomy and Physiology Society (HAPS) per 24 anni e del comitato che ha stilato le linee guida per il curriculum del corso di studi in Anatomia e Fisiologia. Attualmente è Presidente Emerito della HAPS, dopo aver ricoperto le cariche di Presidente Eletto, Presidente e Vice-Presidente tra il 2005 e il 2007. È inoltre membro della American Physiological Society, della American Association of Anatomists, della Society for Integrative and Comparative Biology, della Australia/New Zealand Association of Clinical Anatomists, della Hawaii Academy of Science, della American Association for the Advancement of Science e della International Society of Vertebrate Morphologists.



## Edwin F. Bartholomew, M.S.

Autore

Edwin F. Bartholomew ha conseguito la laurea presso l'Università di Stato di Bowling Green in Ohio e il master presso l'Università delle Hawaii. I suoi ampi interessi spaziano dall'anatomia e fisiologia umane alla paleontologia, all'ambiente marino e all'acquacoltura domestica. Bartholomew ha insegnato anatomia e fisiologia umane sia alla scuola superiore che all'università e ha tenuto un'ampia varietà di altri corsi di scienze (dalla botanica alla zoologia) presso il Maui Community College. Per anni ha insegnato alla storica Lahainaluna High School, la più antica scuola superiore a Ovest delle Montagne Rocciose, dove ha collaborato alla creazione di un capitolo HOSA (Health Occupations Students of America). È coautore di *Fundamentals of Anatomy & Physiology*, *Visual Anatomy & Physiology*, *Essential of Anatomy & Physiology*, *Structure and Function of the Human Body* e *The Human Body in Health and Disease* (tutti editi da Pearson). Bartholomew è membro della Human Anatomy and Physiology Society (HAPS), della National Association of Biology Teachers, della National Science Teachers Association, della Hawaii Science Teachers Association e della American Association for the Advancement of Science.



## Judi L. Nath, Ph.D.

Autrice

La Professoressa Nath è docente di Biologia e Scienze Sanitarie presso il Lourdes College di Sylvania, Ohio, dove insegna anatomia e fisiologia, terminologia medica, farmacologia e fisiopatologia. Dopo aver conseguito la laurea in Biologia e in Tedesco presso l'Università di Stato di Bowling Green, è rimasta in questa località per conseguire il master e il dottorato presso l'Università di Toledo. La Prof.ssa Nath si dedica con passione ai suoi studenti e si impegna nel trasmettere loro la complessità della scienza in un modo accattivante che gli studenti trovano interessante, interattivo ed eccitante. È stata insignita più volte del premio "Faculty Excellence" come riconoscimento per l'insegnamento, la competenza e i servizi per la collettività e nel 2013 è stata nominata educatore memorabile dell'Ohio. È attiva in molte organizzazioni professionali, in particolare la Human Anatomy and Physiology Society (HAPS), dove ha ricoperto diversi incarichi nel consiglio di amministrazione. La Prof.ssa Nath è coautore di *Visual Anatomy & Physiology*, *Visual Essentials of Anatomy & Physiology*, *Anatomy & Physiology* e *Human Anatomy* (pubblicato da Pearson), ed è la sola autrice di *Using Medical Terminology* e *Stedman's Medical Terminology* (pubblicato da Wolters Kluwer). Le sue organizzazioni benefiche preferite sono quelle che hanno influenzato in modo significativo la sua vita, tra cui la Humane Society locale, la Cystic Fibrosis Foundation e la ALS Association. Nel 2015, lei e suo marito hanno istituito la borsa di studio scientifica Nath presso la Lourdes University per assistere gli studenti che intraprendono una carriera scientifica. Quando non lavora, si dedica pienamente alla famiglia, alle passeggiate in bicicletta e ai suoi cani.



## William C. Ober, M.D.

Coordinatore artistico e illustratore

Il Professor William C. Ober ha conseguito la laurea presso l'Università di Washington e Lee e il titolo di Dottore in Medicina presso l'Università della Virginia. Ai suoi studi in medicina ha affiancato quelli svolti nel Dipartimento di Arte Applicata alla Medicina presso la Johns Hopkins University. Dopo la laurea, il Professor Ober ha svolto l'internato e successivamente ha lavorato presso l'Università della Virginia nel Dipartimento di Medicina Generale e di Medicina dello Sport. Ha anche lavorato come dirigente dell'ospedale Martha Jefferson di Charlottesville, in Virginia. È attualmente Professore Associato di Biologia presso l'Università di Washington e Lee, dove ha tenuto numerosi corsi e condotto viaggi per studenti alle Isole Galapagos. Per 24 anni è stato alla Core Faculty del Shoals Marine Laboratory,



dove ogni estate insegnava illustrazione biologica. Il Professor Ober ha collaborato con il Professor Martini su tutti i suoi libri di testo in ogni edizione.

### Claire E. Ober, R.N.

*Illustratore*

Claire E. Ober, lavorava come puericultrice e ostetrica prima di dedicarsi come professionista a tempo pieno all'illustrazione medica. È tornata a studiare al Mary Baldwin College, dove ha conseguito il diploma in arti grafiche a pieni voti. Dopo un apprendistato di cinque anni, dal 1986 collabora con il Professor Ober nell'attività di Illustrazioni Mediche e Scientifiche. Ha fatto parte della Core Faculty del Shoals Marine Laboratory e ha insegnato nel corso di illustrazione biologica con il Professor Ober per 24 anni. I libri di testo illustrati da Medical & Scientific Illustration hanno vinto numerosi premi di design e illustrazione.



### Kathleen Welch, M.D.

*Consulente clinica*

La Dott.ssa Welch si è laureata presso l'Università del Wisconsin-Madison, ha conseguito il titolo di Dottore in Medicina presso l'Università di Washington a Seattle e ha svolto l'internato presso l'Università del North Carolina a Chapel Hill. Partecipando al programma di educazione medica rurale della Seattle WWAMI, ha studiato a Fairbanks, Anchorage e Juneau, in Alaska, trascorrendo del tempo anche a Boise, Idaho e Anacortes, Washington. Per due anni ha lavorato come Direttrice del Maternal and Child Health presso l'LBJ Tropical Medical Center nelle Samoa americane e, successivamente, è stata membro del Department of Family Practice presso la Kaiser Permanente Clinic a Lahaina, nelle Hawaii. Dal 1987 fino al 2002 ha esercitato la sua professione privatamente. La Dott.ssa Welch è membro della American Association of Family Practice, della Hawaii Medical Association, della Maui County Medical Association e della Human Anatomy and Physiology Society. Insieme al Professor Martini, è autrice di un libro di testo di anatomia e fisiologia e dell'*A&P Applications Manual*. Nel 1979 si è sposata con il Professor Martini, con il quale ha avuto un figlio.



### Ralph T. Hutchings

*Fotografo biomedico*

Il signor Hutchings è stato collaboratore del Royal College of Surgeons per vent'anni. Ingegnere di formazione, si è dedicato per anni a fotografare la struttura del corpo umano. Il risultato è stata una serie di atlanti anatomici a colori, tra i quali *Color Atlas of Human Anatomy*, *Color Atlas of Surface Anatomy* e *The Human Skeleton* (tutti editi dalla Mosby-Yearbook Publishing). Per le sue rappresentazioni



anatomiche del corpo umano, l'Associazione Internazionale dei Fotografi lo ha eletto miglior fotografo del corpo umano del ventesimo secolo. Hutchings vive ora nella zona settentrionale di Londra, dove cerca di conciliare le esigenze dei suoi incarichi fotografici con il suo hobby per le autovetture e gli aeroplani d'epoca.

### Christine Boudrie, M.D.

*Collaboratrice clinica*

La Prof.ssa Boudrie ha studiato alla Brown University di Providence, nel Rhode Island, per conseguire la laurea in Biologia e il titolo di Dottore di Ricerca. Dopo la laurea ha prestato servizio nel National Health Service Corps, un programma del Servizio sanitario pubblico degli Stati Uniti, che ha finanziato i suoi ultimi 2 anni di scuola medica. Le fu assegnato il compito di fornire educazione sanitaria alle comunità rurali del sud-est del Michigan, con particolare attenzione agli anziani. Ha avuto il grande piacere di lavorare con una varietà di studenti universitari e laureati nel Nord-Est e nel Midwest, ottenendo premi per l'eccellenza nell'insegnamento e una nomination per il professore dell'anno della Fondazione Carnegie nel 2014. Attualmente presiede il Dipartimento di Biologia e Scienze Sanitarie alla Lourdes University, una piccola scuola francescana di arti liberali nel nord-ovest dell'Ohio.



### Ruth Anne O'Keefe, M.D.

*Collaboratrice clinica*

La Dott.ssa O'Keefe ha condotto gli studi universitari alla Marquette University, ha frequentato una scuola di specializzazione all'Università del Wisconsin e ha conseguito il dottorato alla George Washington University. Fu la prima donna a studiare ortopedia alla Ohio State University durante la sua residenza. Ha svolto attività di formazione professionale in chirurgia traumatologica presso la Loma Linda University in California. Fa parte del consiglio di Global Health Partnerships, un gruppo che collabora con una clinica al servizio di 35.000 persone nel remoto Kenya. Vive ad Albuquerque con la sua Sweet Ed. È madre di quattro figli, nonna di nove e madre adottiva per molti.



### Kevin Petti, PhD

*Collaboratore video Smart Art*

Il Dottor Petti è professore al San Diego Miramar College, dove tiene corsi di anatomia e fisiologia umana, dissezione umana ed educazione sanitaria. È presidente emerito della Human Anatomy and Physiology Society (HAPS) e ha conseguito un dottorato presso l'Università di San Diego. Come doppio cittadino americano/italiano, tiene anche corsi in Italia incentrati sulla genesi dell'anatomia come scienza e sulla sua influenza sui maestri del Rinascimento.



# Hanno collaborato all'edizione italiana

**Marco Barchi**

*Università degli Studi Tor Vergata*

**Giorgio Bovo**

*Università degli Studi di Milano Bicocca*

**Rita Businaro**

*Università degli Studi di Roma - Sapienza*

**Arianna Casini**

*Università degli Studi di Roma - Sapienza*

**Francesco Cavani**

*Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia*

**Paola Grimaldi**

*Università degli Studi Tor Vergata*

**Germano Guerra**

*Università degli Studi del Molise*

**Michela Relucenti**

*Università degli Studi di Roma - Sapienza*

**Simone Rossi**

*Università degli Studi di Siena*

**Amelia Toesca**

*Università Cattolica del Sacro Cuore – Roma*

**Elisabetta Weber**

*Università degli Studi di Siena*

*Hanno collaborato alla precedente edizione:*

**Nicoletta Gagliano, Sergio Galli, Stefania Lucia Nori, Alessandra Pacini**



La quarta edizione di *Fondamenti di Anatomia e Fisiologia* è un libro di testo completo che soddisfa le esigenze degli studenti di oggi affrontando le preoccupazioni dei loro insegnanti. Abbiamo focalizzato la nostra attenzione sulla domanda "Come possiamo rendere queste informazioni significative, gestibili e comprensibili?". Durante il processo di revisione, abbiamo attinto alla nostra conoscenza dei contenuti, a capacità di ricerca, a talenti artistici e anni di esperienza di insegnamento per rendere questa edizione ancora migliore.

Le modifiche generali a questa edizione sono presentate nella sezione **Novità** di seguito e le modifiche specifiche sono presentate nelle **Modifiche capitolo per capitolo** nella sezione che segue.

## Novità

Oltre alle numerose modifiche tecniche di questa edizione, come statistiche aggiornate e descrizioni di anatomia e fisiologia, abbiamo apportato le seguenti modifiche chiave.

- La **NUOVA grafica** per le figure dell'omeostasi sostituisce le figure della precedente edizione in vari capitoli.
- **NUOVE domande** sono state associate alle figure selezionate in tutti i capitoli per rafforzare l'integrazione testo-figure.
- Un **linguaggio più semplice** rende il testo più facilmente comprensibile. Frasi più semplici e più brevi semplificano la lettura e lo studio.
- I **termini anatomici** sono stati aggiornati in base a *Terminologia Anatomica*, *Terminologia Istologica* e *Terminologia Embriologica*. Gli eponimi continuano ad essere inclusi nella narrazione.

## Caratteristiche distintive

- **50 FOCUS** forniscono presentazioni visive a una e due pagine di argomenti complessi, con particolare attenzione alla fisiologia.
- **29 Casi clinici** motivano gli studenti in vista del loro futuro lavorativo. Ogni capitolo si apre e si chiude con un caso clinico relativo al contenuto del capitolo.
- La **ripetizione degli obiettivi di apprendimento all'inizio di ogni capitolo** sottolinea la connessione tra gli obiettivi di apprendimento e l'insegnamento. L'autore Judi Nath ha fatto parte del comitato della Human Anatomy and Physiology Society (HAPS) che ha sviluppato gli obiettivi di apprendimento HAPS raccomandati agli insegnanti di Anatomia e Fisiologia, sui quali sono basati gli obiettivi di apprendimento presenti in questo testo.

## Modifiche capitolo per capitolo

Di seguito sono riportati i punti salienti delle modifiche apportate in questa edizione.

### Capitolo 1: Introduzione all'anatomia e alla fisiologia

- Nuova Sezione 1-1 sull'uso del testo e delle immagini
- Nuova sezione separata (1-4) sulla terminologia medica
- Il capitolo inizia con gli argomenti anatomici più semplici per poi arrivare a quelli fisiologici più complessi. L'omeostasi e i ruoli di feedback negativo concludono il capitolo come Sezioni 1-7 e 1-8, rispettivamente
- NUOVA Figura 1-1: Uno schema concettuale per l'apprendimento
- NUOVA Discussione clinica: *Habeas Corpus* ("Avrai il corpo")
- NUOVA Discussione clinica: I suoni del corpo
- Figura 1-8: Controllo della temperatura di una stanza. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 1-9 Feedback negativo: controllo della temperatura corporea. Nuova grafica dell'omeostasi
- Focus Figura 1-10: Tecniche di diagnostica d'immagine. È ora una Discussione clinica
- Domande associate alle Figure 1-3, 1-4, 1-5, 1-6 e 1-9

### Capitolo 2: Livello chimico di organizzazione

- Caso clinico: Che problema ha il mio bambino? È stato rivisitato
- Discussione clinica: Malattia da radiazioni. È stata modificata
- NUOVA Figura 2-1: Atomo di idrogeno con nuvola elettronica
- NUOVA Sezione 2-9. Descrive monomeri, polimeri e gruppi funzionali per fornire una panoramica dei composti organici
- Tabella 2-8 sui tempi di turnover dei componenti organici di quattro tipi cellulari. È stata inserita all'appendice
- NUOVA Discussione clinica: Troppo dolce con lo zucchero?
- Domande associate alle Figure 2-3, 2-8, 2-9, 2-12, 2-15, 2-17, 2-24 e 2-26

### Capitolo 3: Livello cellulare di organizzazione

- Caso clinico: Il battito deve continuare! Rivisitato (nuovo titolo)
- Figura 3-2: Membrana plasmatica. È stata aggiunta la parte b
- Figura 3-8: Funzioni dei lisosomi. È stata rivisitata
- NUOVA Discussione clinica: Malattie da accumulo lisosomiale
- NUOVA Discussione clinica: Radicali liberi
- Figura 3-13: Processo di traduzione. È stata rivisitata
- NUOVA Discussione clinica: I farmaci e la membrana plasmatica

## VIII Prefazione

- Figura 3–21: Endocitosi mediata da recettori. È stata rivisitata
- Focus Figura 3–23: Gli stadi di un ciclo vitale cellulare. È stato rivisto
- Domande associate alle Figure 3–3, 3–9, 3–11, 3–15, 3–17, 3–18 e 3–19

### Capitolo 4: Livello tissutale di organizzazione

- NUOVA Figura 4–1: Un orientamento sui tessuti del corpo
- Figura 4–3: Giunzioni cellulari. È stata rivisitata; terminologia modificata
- Tabella 4–1: Classificazione degli epitelii. È stata rivisitata
- Il tessuto connettivo propriamente detto è stato introdotto nella Sezione 4–5, che include anche la discussione delle fasce
- Figura 4–9: Cellule e fibre del tessuto connettivo propriamente detto. È stata aggiunta la rappresentazione del fibrocita
- Figura 4–10: Tessuti connettivi nell’embrione. È stata rivisitata
- Il sangue e la linfa ora sono trattati nella Sezione 4–6
- Domande associate alle Figure 4–3, 4–14, 4–16, 4–18 e 4–19

### Capitolo 5: Apparato tegumentario

- NUOVO Caso clinico: Pelle squamata
- Figura 5–1: Componenti dell’apparato tegumentario. È stata rivisitata
- Le sezioni che trattano derma e ipoderma sono state spostate per diventare rispettivamente le Sezioni 5–2 e 5–3, per fornire agli studenti un maggiore background di anatomia utile a comprendere le sezioni successive
- Focus Figura 5–3: Epidermide. È stato modificato (sono state inserite figure e immagini al MES)
- NUOVA Discussione clinica: Taglia, cucii e ricostruisci
- Figura 5–12: Peli e follicoli piliferi. È stata modificata (nuova parte b)
- Figura 5–14: Ghiandole sudoripare. È stata rivisitata; terminologia modificata
- NUOVA Discussione clinica: La cute rispecchia il tuo stato di salute
- NUOVA Discussione clinica: Ustioni e innesti cutanei
- NUOVA Figura 5–15: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 5–1, 5–6, 5–8, 5–10 e 5–13

### Capitolo 6: Ossa e struttura ossea

- NUOVA Figura 6–4: Osso senza matrice calcificata
- Figura 6–5: Tipi di cellule dell’osso. È stata modificata; figure in parallelo al testo
- NUOVA Figura 6–6: Osteoni dell’osso compatto. Rimossa la ex parte a
- La Sezione 6–5 tratta sia la crescita interstiziale che quella specifica, mentre il rimodellamento osseo è trattato nella Sezione 6–6

- Focus Figura 6–17: Tipi di fratture e fasi della riparazione. È stata rivisitata; la rappresentazione della tibia sostituisce quella dell’omero per abbinare la fotografia
- Domande associate alle Figure 6–3, 6–5, 6–7 e 6–10

### Capitolo 7: Scheletro assile

- Figura 7–2: Suddivisione del cranio in ossa craniche (neurocranio) e ossa della faccia (splanocranio). È stata rivisitata
- Figura 7–3: Cranio dell’adulto. È stata rivisitata
- Figura 7–9: Etmoide. È stata rivisitata; terminologia modificata
- Focus Figura 7–4: Anatomia di sezione del cranio. È stata modificata; terminologia aggiornata
- Figura 7–14: Complesso orbitario. È stata rivisitata; figura e fotografia condividono le etichette
- Figura 7–15: Complesso nasale. È stata rivisitata; parte b nuova
- Figura 7–17: Colonna vertebrale. È stata revisionata; le regioni vertebrali sono evidenziate da colori differenti
- Figura 7–22: Sacro e coccige. È stata rivisitata; nuova configurazione delle etichette
- Domande associate alle Figure 7–16, 7–17 e 7–23

### Capitolo 8: Scheletro appendicolare

- NUOVO Caso clinico: Legname!
- Figura 8–6: Ossa del polso e della mano di destra. È stata revisionata; le ossa carpali sono separate in carpali prossimali e distali
- NUOVA Discussione clinica: Shin Splint
- Discussione clinica: Sindrome del tunnel carpale. Include una nuova illustrazione
- Domande associate alle Figure 8–1, 8–6, 8–8 e 8–12

### Capitolo 9: Articolazioni

- NUOVA Discussione clinica: Borsiti e borsite dell’alluce
- NUOVA Discussione clinica: Dislocazione
- Focus Figura 9–2: Movimenti articolari. È stata revisionata; intestazioni etichettate come parti a, b e c; terminologia modificata
- Figura 9–5: Movimenti speciali. Aggiunte etichette delle parti; le frecce sono state spostate sulle fotografie nelle nuove parti d ed e
- La Sezione 9–5 ora tratta le articolazioni del gomito e del ginocchio, mentre la Sezione 9–6 le articolazioni della spalla e dell’anca
- NUOVA Figura 9–11: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 9–1, 9–3, 9–6 e 9–9

### Capitolo 10: Tessuto muscolare

- NUOVO Caso clinico: Non mollare!
- Figura 10–1: Organizzazione dei muscoli scheletrici. È stata revisionata; è stata aggiunta la rappresentazione del tendine

- Figura 10-5: Struttura del sarcomero, aspetto superficiale e sezione trasversale. Nuova iconografia
- Figura 10-6: Livelli di organizzazione funzionale in una fibra muscolare scheletrica. È stata rivista
- Figura 10-7: Filamenti spessi e sottili. Nuova grafica per le parti b, c e d
- Focus Figura 10-10: Cosa accade nella giunzione neuromuscolare. È stata rivista; la figura ora mostra il flusso di Na<sup>+</sup> attraverso i canali di membrana
- Focus Figura 10-11: Accoppiamento eccitazione-contrazione. È stata migliorata la grafica
- Figura 10-16: Effetti di stimolazioni ripetute. Nuove illustrazione e organizzazione e testo esplicativo
- Informazioni sulla produzione di tensione a livello dei muscoli scheletrici sono state separate in una nuova sezione, Sezione 10-6
- Figura 10-20: Metabolismo muscolare. È stata riorganizzata; testo e figure inseriti in riquadri
- Figura 10-21: Confronto tra fibre rapide e lente. È stata revisionata; la microfotografia è una MET, non una MO
- L'affaticamento muscolare è stato spostato dalla sezione sul metabolismo muscolare alla sezione sulle prestazioni muscolari, Sezione 10-8
- NUOVA Discussione clinica: Elettromiografia
- La discussione sugli effetti dell'invecchiamento del muscolo scheletrico è stata spostata dal capitolo 11 e associata con l'ipertrofia muscolare e l'atrofia nella Sezione 10-8
- Domande associate alle Figure 10-3, 10-6, 10-14 e 10-21

### Capitolo 11: Apparato muscolare

- NUOVO caso clinico: Posizione del cane a testa in giù
- Figura 11-1: Tipi di muscoli sulla base della disposizione dei fascicoli. È stata rivista
- Figura 11-2: I tre generi di leve. È stata revisionata; nuove icone per ogni tipologia
- Focus Figura 11-3: Azione muscolare. Nuova grafica nella parte c
- L'introduzione ai muscoli assili e appendicolari è stata inserita nella Sezione 11-5, per fornire una panoramica prima di trattare i muscoli nel dettaglio
- NUOVA Discussione clinica: Segnali di ictus
- Figura 11-12: Muscoli obliqui e retti e diaframma. Aggiunta l'etichetta del *trasverso del torace* alla parte c
- Figura 11-17: Muscoli che muovono l'avambraccio e la mano. È stata rivista
- Figura 11-18: Muscoli che muovono la mano e le dita. È stata rivisitata
- Figura 11-21: Muscoli che muovono la gamba. È stata revisionata; terminologia modificata
- NUOVA Figura 11-24: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 11-5, 11-6, 11-10, 11-17, 11-19 e 11-21

### Capitolo 12: Tessuto nervoso

- La Sezione 12-1 include la discussione sul sistema nervoso enterico (SNE) come terza divisione del sistema nervoso
- Figura 12-1: Organizzazione del sistema nervoso. Aggiunta una figura corporea per supportare l'integrazione testo-figura
- La trattazione delle strutture delle sinapsi è stata spostata dalla Sezione 12-2 alla Sezione 12-7 in quanto gli studenti hanno bisogno di apprendere prima tali nozioni per poter comprendere il funzionamento delle sinapsi
- Figura 12-3: Classificazione strutturale dei neuroni. È stata rivista; sono state spostate le etichette ed è stato inserito testo esplicativo
- Figura 12-5: Neuroglia nel SNC. È stata rivista; microfotografia eliminata; nuove etichette per la neuroglia
- Aggiornata la terminologia delle cellule di Schwann
- Figura 12-7: Rigenerazione di un nervo periferico dopo una lesione. È stata modificata
- Focus Figura 12-8: Processi che portano alla formazione del potenziale di riposo. È stato revisionato
- Figura 12-9: Gradienti elettrochimici degli ioni potassio e sodio. Testo revisionato nella parte c
- Figura 12-11: Potenziali graduati. È stato modificato il testo al passaggio 2
- NUOVO Focus Figura 12-13: Generazione di un potenziale d'azione. È stato rivisitato; è stato inserito nuovo testo
- Figura 12-14: Propagazione del potenziale d'azione. Sono state aggiunte delle etichette
- NUOVA Figura 12-16: Comportamento di una sinapsi colinergica. È stata modificata; è divisa su due pagine; il testo è stato rivisto
- Tabella 12-4: Neurotrasmettitori e neuromodulatori rappresentativi. Le endorfine sono state separate dagli oppioidi
- Figura 12-17: Meccanismi e funzioni dei neurotrasmettitori e dei recettori. È stata modificata
- Domande associate alle Figure 12-2, 12-4 e 12-16

### Capitolo 13: Midollo spinale, nervi spinali e riflessi spinali

- Figura 13-1: Veduta d'insieme dei Capitoli 13 e 14. È stata modificata
- Figura 13-2: Anatomia macroscopica del midollo spinale dell'adulto. È stata aggiunta una nuova parte b
- Si utilizzano i termini *posteriore* e *anteriore* in riferimento a radici spinali, gangli e rami anziché *dorsale* e *ventrale* (ad esempio, Figura 13-3, 13-4, 13-5 e Focus Figura 13-8)
- Figura 13-6: Nervo periferico. È stata inserita la sezione ingrandita corretta nella parte a
- NUOVA Figura 13-9: Plessi nervosi e nervi periferici. Nuova grafica delle etichette

- Figura 13–10: Plesso cervicale. Corretta designazione del nervo cranico; terminologia modificata
- Figura 13–12: Plessi lombare e sacrale. È stata rimossa la nota clinica
- Focus Figura 13–14: Riflessi spinali. Sono state aggiunte etichette per coordinare meglio il testo con la figura
- Figura 13–15: Classificazione dei riflessi. Le categorie sono state riorganizzate in riquadri
- Figura 13–17: Riflesso plantare e riflesso di Babinski. Terminologia modificata
- Domande associate alle Figure 13–3, 13–5, 13–9 e 13–15

#### Capitolo 14: Encefalo e nervi cranici

- Figura 14–1: Introduzione alle strutture e alle funzioni dell'encefalo. Sono state aggiunte le etichette delle parti a–f per coordinarsi meglio con il testo
- Figura 14–2: Ventricoli encefalici. È stata modificata
- Figura 14–3: Rapporti tra encefalo, cranio e meningi. Terminologia modificata
- Figura 14–5: Diencefalo e tronco encefalico. È stata revisionata
- Le sezioni sul mesencefalo (ora Sezione 14–5) e sul cervelletto (ora Sezione 14–6) sono state modificate
- Figura 14–10: Talamo. Le etichette dei nuclei talamici sono codificate a colori per chiarire le regioni cerebrali che ricevono input talamici; terminologia modificata
- Figura 14–18: Origine dei nervi cranici. Nuova fotografia di encefalo di cadavere; etichette dei nervi cranici raggruppate
- Domande associate alle Figure 14–1, 14–3, 14–9, 14–13, 14–15, 14–22 e 14–26

#### Capitolo 15: Vie sensitive e sistema nervoso somatico

- Figura 15–1: Veduta d'insieme degli eventi che si verificano lungo le vie sensitive e motorie. È stata modificata
- Figura 15–2: Recettori e campi recettoriali. Colori diversi per ciascun campo recettoriale; aggiunte etichette di epidermide e terminazioni nervose libere
- Figura 15–3: Recettori sensitivi tonici e fascici. Nuovi colori di sfondo per i grafici
- Figura 15–4: Recettori tattili della pelle. Aggiunta la guaina mielinica alla fibra nervosa afferente nella parte c; nella parte d, terminologia modificata
- NUOVA Figura 15–6: Localizzazioni e funzioni dei chemocettori
- Figura 15–7: Vie sensitive e fasci ascendenti nel midollo spinale. È stata revisionata; terminologia modificata
- Focus Figura 15–8: Vie sensitive somatiche. È stata introdotta la "somatotopia" nel riquadro sull'omuncolo sensoriale
- Domande associate alle Figure 15–1, 15–2, 15–4, 15–7 e 15–10

#### Capitolo 16: Sistema nervoso autonomo e funzioni di ordine superiore

- NUOVO caso clinico: Ricordi?
- NUOVO Focus Figura 16–2: Sistema nervoso autonomo. Incorpora le vecchie Figure 16–4 e 16–6. Aggiunte etichette di ponte e bulbo
- È stato creato un nuovo sommario, la Sezione 16–6, intitolata "Le differenze nell'organizzazione delle divisioni simpatica e parasimpatica generano effetti simpatici diffusi e effetti parasimpatici specifici"
- Le sezioni su memoria, stati di coscienza e comportamento sono state accorpate nella Sezione 16–9
- Figura 16–11: Sistema reticolare attivante (SRA). È stata revisionata; terminologia modificata
- NUOVA Figura 16–12: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 16–1, 16–3, 16–4, 16–7 e 16–11

#### Capitolo 17: Sensibilità specifica

- Figura 17–1: Organi olfattivi. È stata revisionata; terminologia modificata
- Focus Figura 17–2: Olfatto e gusto. Aggiunte etichette delle parti a e b
- Figura 17–3: Papille, calici gustativi e recettori gustativi. È stata revisionata; nuovo titolo; aggiunta etichetta del *solco mediano* alla parte a
- Figura 17–4: Caratteristiche esterne e annessi dell'occhio. È stata revisionata; terminologia modificata
- Figura 17–7: Organizzazione della retina. Le parti b e c sono cambiate in base alla nuova sequenza nel testo
- Nuova Sezione 17–4: La messa a fuoco della luce sulla retina permette la formazione di un'immagine visiva
- Figura 17–10: Fattori che influiscono sulla distanza focale. È stata modificata
- Figura 17–11: Accomodazione. È stata rivisitata
- Figura 17–14: Struttura dei coni, dei bastoncelli e della molecola di rodopsina. È stata modificata e arricchita da testo
- Figura 17–23: Orecchio interno. È stata rivisitata
- Figura 17–24: Dotti semicircolari. È stata revisionata; terminologia modificata
- Figura 17–26: Vie dell'equilibrio. È stata revisionata; terminologia modificata
- Figura 17–30: Suono e udito. Aggiunta nuova parte per illustrare il passaggio 4
- Figura 17–32: Vie uditive. È stata modificata e arricchita da testo
- Domande associate alle Figure 17–4, 17–7, 17–21 e 17–28

#### Capitolo 18: Sistema endocrino

- Figura 18–1: Organi e tessuti del sistema endocrino. È stata modificata; aggiunto un riquadro riassuntivo degli ormoni

- Tabella 18-1: Meccanismi di comunicazione intercellulare. Aggiunta la comunicazione autocrina
- Focus Figura 18-3: Proteine G e secondi messaggeri. È stata modificata e arricchita
- Figura 18-6: Meccanismi di controllo ipotalamico delle funzioni endocrine. Migliorati colori e grafica
- Figura 18-7: Sistema portale ipotalamo-ipofisario e vascolarizzazione dell'ipofisi. È stata revisionata
- Figura 18-8: Controllo a retroazione (feedback) della secrezione endocrina. Colori e grafica modificati
- Figura 18-9: Ormoni ipofisari e loro bersagli. Inserita una legenda a colori per correlarla con la Figura 18-6
- Figura 18-11: Sintesi e regolazione degli ormoni tiroidei. È stata aggiunta una tabella alla parte a che descrive la sintesi, la conservazione e la secrezione degli ormoni tiroidei; nuova grafica per spiegare l'omeostasi nella parte b, che illustra la regolazione della secrezione tiroidea
- Figura 18-12: Anatomia delle ghiandole paratiroidi. È stata modificata
- Figura 18-13: Regolazione omeostatica della concentrazione dello ione calcio. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 18-14: Ghiandole surrenali e loro ormoni. È stata aggiunta una nuova microfotografia e utilizzato un nuovo design per la parte c
- Figura 18-17: Regolazione omeostatica della concentrazione ematica di glucosio. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 18-19: Funzioni endocrine dei reni. Nuova grafica dell'omeostasi nella parte b
- NUOVA Figura 18-21: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 18-6, 18-8, 18-9, 18-14 e 18-17

### Capitolo 19: Sangue

- NUOVO caso clinico: Problemi ematici
- La sezione 19-1 tratta le principali funzioni e caratteristiche del sangue, introducendo sia il plasma che gli elementi figurati
- Figura 19-4: Tappe della maturazione dei globuli rossi: eritropoiesi e Figura 19-5: Riutilizzo dei componenti dei globuli rossi. Modificate in base alla riorganizzazione del capitolo
- Figura 19-6: Gruppi sanguigni e reazioni crociate. È stata modificata
- Figura 19-7: Prove di tipizzazione del sangue. Terminologia e grafica modificate
- Figura 19-11: Fasi vascolare e piastrinica dell'emostasi e retrazione del coagulo. Terminologia modificata; aggiunta di testo esplicativo
- Tabella 19-2: Distribuzione dei gruppi sanguigni nella popolazione. È stata modificata
- Domande associate alle Figure 19-3, 19-5, 19-6 e 19-10

### Capitolo 20: Cuore

- Figura 20-1: Panoramica dell'apparato cardiovascolare. Illustrazioni ed etichette modificate
- Figura 20-2: Sede del cuore nella cavità toracica. Terminologia modificata
- Figura 20-4: Parete cardiaca. Terminologia modificata
- Figura 20-5: Anatomia di sezione del cuore. Terminologia modificata
- Figura 20-7: Valvole cardiache e flusso ematico. È stata rivista
- Figura 20-10: Sistema di conduzione del cuore e potenziale delle cellule pacemaker. È stato aggiunto testo esplicativo
- Figura 20-11: Sistema di conduzione del cuore e relativo tracciato dell'ECG. È stata aggiunta una nuova parte
- Figura 20-12: Elettrocardiogramma. È stato aggiunto testo esplicativo
- Figura 20-14: Cellule contrattili cardiache. Modificata la terminologia; ex Figura 20-5, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo per fornire informazioni strutturali subito prima delle informazioni funzionali
- Figura 20-15: Potenziali d'azione nelle cellule contrattili cardiache e nelle fibre muscolari scheletriche. Terminologia modificata
- Figura 20-16: Fasi del ciclo cardiaco. Grafica migliorata
- Figura 20-17: Rapporti fra pressione e volume nel ciclo cardiaco. Colori modificati per una migliore correlazione con la Figura 20-16
- Figura 20-19: Fattori che influenzano la gittata cardiaca. Grafica modificata; aggiunto testo esplicativo
- Figura 20-23: Fattori che influenzano il volume sistolico. Aggiunto testo esplicativo
- Figura 20-24: Riepilogo dei fattori che influenzano la gittata cardiaca. È stata modificata
- Tabella 20-1: Differenze strutturali e funzionali tra le cellule contrattili cardiache e le fibre muscolari scheletriche. È stata revisionata; terminologia modificata
- Domande associate alle Figure 20-1, 20-5, 20-11, 20-15, 20-21 e 20-24

### Capitolo 21: Vasi sanguigni e circolazione

- Figura 21-2: Struttura istologica dei vasi sanguigni. È stata revisionata; aggiunti diametri luminari per tutti i vasi
- Figura 21-4: Organizzazione di un letto capillare. Non sono più evidenziate le metarteriole
- Figura 21-8: Rapporti fra diametro luminale del vaso, area di sezione, pressione ematica e velocità del sangue all'interno dell'apparato cardiovascolare. Terminologia modificata
- Figura 21-11: Forze che agiscono sui due versanti della parete capillare. Grafica modificata

- La discussione sulla vasomozione è stata spostata dalla Sezione 21-1 alla Sezione 21-3, per includere questo processo nella fisiologia dei vasi
- Figura 21-12: Risposte cardiovascolari a breve e a lungo termine. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 21-13: Riflessi barocettivi dei seni carotidei e aortici. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 21-14: Riflessi chemocettivi. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 21-15: Regolazione ormonale della pressione e del volume ematici. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 21-16: Risposte cardiovascolari all'emorragia. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 21-24: Arterie degli organi addominopelvici. È stata revisionata
- Figura 21-27: Principali vene della testa, del collo e dell'encefalo. Aggiunta l'etichetta per la confluenza di seni alle parti a, b e c
- Figura 21-28: Drenaggio venoso dell'addome e del torace. Terminologia modificata
- Figura 21-29: Diagrammi di flusso che mostrano la circolazione nelle vene cave superiore e inferiore. È stata revisionata
- Figura 21-31: Sistema portale epatico. È stata revisionata
- NUOVA Figura 21-34: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 21-2, 21-7, 21-12, 21-15, 21-21 e 21-29

### Capitolo 22: Sistema linfatico e immunità

- Il sistema linfatico è trattato nella Sezione 22-1
- Figura 22-1: Componenti del sistema linfatico. Terminologia modificata
- Figura 22-5: Noduli linfoidi. Ex Figura 22-7, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-6: Struttura di un linfonodo. Terminologia modificata; ex Figura 22-8, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-7: Timo. Ex Figura 22-9, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-8: Milza. Ex Figura 22-10, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- La Sezione 22-1 originale è stata spostata per diventare Sezione 22-2, intitolata "I linfociti sono importanti per l'immunità innata (non specifica) e adattativa (specifica)"
- Ampliata la definizione del termine "risposta immunitaria" da una "difesa contro antigeni specifici" alla "reazione del corpo ad agenti infettivi e sostanze anomale"
- Figura 22-9: Origine e distribuzione dei linfociti. Terminologia modificata; ex Figura 22-10, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-10: Difese non specifiche. È stata revisionata
- Figura 22-11: Come i linfociti natural killer distruggono le proprie cellule bersaglio. Ex Figura 22-12, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo

- Figura 22-12: Interferoni. È stata revisionata
- NUOVA Figura 22-13: Vie di attivazione del complemento. È stata aggiunta la via della lectina
- Figura 22-14: Infiammazione e fasi della riparazione tissutale. Ex Figura 22-15, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-15: Classi di linfociti. Terminologia modificata; ex Figura 22-5, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-16: Panoramica dell'immunità adattativa. Titolo modificato; ex Figura 22-17, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-17: Forme di immunità. Terminologia modificata; ex Figura 22-16, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-18: Antigeni e proteine MHC. È stata revisionata
- Focus Figura 22-21: Citochine del sistema immunitario. È stata rivista; ex Figura 22-28, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-22: Riepilogo delle modalità di attivazione dei linfociti T. Terminologia modificata; ex Figura 22-21, spostata a causa della riorganizzazione del testo
- Figura 22-23: Sensibilizzazione e attivazione dei linfociti B. Ex Figura 22-22, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-24: Struttura e funzione degli anticorpi. Ex Figura 22-23, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 22-27: Riepilogo integrato della risposta immunitaria. Terminologia modificata; ex Figura 22-26, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- NUOVA Figura 22-30: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 22-3, 22-8, 22-12, 22-17, 22-25 e 22-26

### Capitolo 23: Apparato respiratorio

- NUOVO Caso clinico: Non c'è riposo per chi è stanco
- Figura 23-3: Strutture delle vie aeree superiori. È stata rivista; terminologia modificata
- Le sezioni originali 23-3 e 23-4 sono state accorpate in una nuova sezione 23-3 sulla porzione di conduzione delle vie aeree inferiori. Questa sezione ora include la descrizione dell'albero bronchiale
- Figura 23-6: Anatomia della trachea. Il disegno della trachea e dell'esofago sostituisce la microfotografia per evidenziare meglio le varie porzioni
- NUOVA Sezione 23-4 intitolata "La porzione respiratoria delle vie aeree inferiori è quella in cui avvengono gli scambi gassosi". Comprende la trattazione di bronchioli respiratori, dotti alveolari e alveoli e membrana respiratoria
- Figura 23-7: Bronchi, lobuli e alveoli polmonari. Nuova illustrazione nella parte c; ex Figura 23-9, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo

- Figura 23–8: Organizzazione degli alveoli e membrana respiratoria. Terminologia modificata; ex Figura 23-10, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 23–9: Anatomia macroscopica dei polmoni. È stata rivista; ex Figura 23–7, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 23–10: Rapporti tra i polmoni e il cuore. È stata revisionata; ex Figura 23–8, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 23–11: Tappe principali della respirazione. È stata revisionata
- NUOVA Figura 23–14: Muscoli respiratori principali e accessori
- NUOVO Focus Figura 23–13: Ventilazione polmonare
- Figura 23–15: Variazioni pressorie e di volume durante l'inspirazione e l'espirazione. Grafica e colori migliorati; ex Figura 23–14, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 23–16: Volumi polmonari e capacità respiratorie. È stata revisionata
- Figura 23–18: Panoramica dei processi respiratori e delle pressioni parziali dei gas nella respirazione. Aggiunta una nuova immagine
- Figura 23–23: Riepilogo dei meccanismi di trasporto dei principali gas respiratori. Aggiunti i valori di pressione parziale di ossigeno e anidride carbonica
- Focus Figura 23–25: Controllo della respirazione. È stata modificata
- Figura 23–26: Risposta chemocettiva a variazioni della  $P_{CO_2}$ . Nuova grafica dell'omeostasi
- NUOVA Figura 23–28: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 23–2, 23–7, 23–8, 23–13, 23–16, 23–20 e 23–26

#### Capitolo 24: Apparato digerente

- Figura 24–1: Organi dell'apparato digerente. Terminologia modificata
- Figura 24–2: Mesenterii. Aggiunta l'etichetta che evidenzia il peritoneo viscerale alla parte d
- Figura 24–3: Organizzazione istologica del tubo digerente. Terminologia modificata
- Figura 24–4: Peristalsi. È stata revisionata
- Figura 24–6: Anatomia della cavità orale. È stata rivista; terminologia modificata
- Figura 24–7: Denti. Ex Figura 24–8, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 24–8: Denti decidui e permanenti. È stata revisionata; nuovo titolo; terminologia modificata; ex Figura 24–9, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 24–9: Ghiandole salivari. Ex Figura 24–7, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- La Sezione 24–3, intitolata "La faringe e l'esofago sono condotti che trasportano il cibo dalla cavità orale allo stomaco", racchiude la trattazione della faringe, dell'esofago e della deglutizione
- Figura 24–12: Anatomia macroscopica dello stomaco. È stata rivista; nuovo titolo; terminologia modificata
- Figura 24–14: Secrezione di acido cloridrico. È stata revisionata; nuovo titolo; terminologia modificata
- Focus Figura 24–15: Regolazione dell'attività gastrica. È stato revisionato; aggiunto testo esplicativo
- Nuova Sezione 24–5 intitolata "I prodotti di secrezione degli organi accessori della digestione, come pancreas e fegato, permettono la digestione chimica degli alimenti". Racchiude la trattazione di tutti gli organi accessori
- Figura 24–16: Anatomia del pancreas. Ex Figura 24–18, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 24–17: Anatomia macroscopica del fegato. È stata revisionata; nuovo titolo; aggiunta etichetta della cavità peritoneale alla parte a; ex Figura 24–19, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 24–18: Istologia del fegato. È stata rivista; terminologia modificata; ex Figura 24–20, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 24–19: Anatomia e fisiologia della cistifellea e dei dotti biliari. Terminologia modificata; ex Figura 24–21, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 24–20: Anatomia macroscopica e porzioni dell'intestino. Nuovo titolo; ex Figura 24–16, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 24–21: Istologia della parete intestinale. È stata revisionata; nuovo titolo; aggiunta nuova parte c che mostra le cellule di Paneth; terminologia modificata; ex Figura 24–17, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 24–22: Secrezione ed effetti dei principali ormoni del duodeno. Nuovo titolo; illustrato l'effetto primario della secretina
- Figura 24–23: Produzione ed effetti dei principali ormoni del tratto digerente. Nuovo titolo; aggiunta nuova immagine del pancreas
- Figura 24–25: Istologia del colon. Nuovo titolo; aggiunte altre due teniae coli per mostrare le posizioni generali di tutte e tre le teniae coli
- Aggiunta la trattazione del microbioma nella Sezione 24–7 sull'intestino crasso
- NUOVA Figura 24–26: Riflesso della defecazione
- Focus Figura 24–27: Eventi chimici durante la digestione. È stato revisionato
- Figura 24–28: Secrezione digestiva e assorbimento dell'acqua nel tubo digerente. È stata revisionata
- NUOVA Figura 23–28: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 24–4, 24–9, 24–12, 24–23 e 24–26

#### Capitolo 25: Metabolismo, Nutrizione ed Energetica

- NUOVA Figura 25–1: Metabolismo dei nutrienti organici e pool dei nutrienti
- La Sezione 25–1 tratta le reazioni di ossidoriduzione
- Figura 25–2: Glicolisi. Ex Figura 25–3

- Figura 25-3: Ciclo dell'acido citrico. È stata rivista; terminologia modificata; ex Figura 25-4
- NUOVO Focus Figura 25-4: Sistema di trasporto degli elettroni e formazione dell'ATP
- Figura 25-5: Riepilogo della resa energetica della glicolisi e del metabolismo aerobico. È stata revisionata; aggiunti i nuovi valori di resa energetica
- Figura 25-6: Glicolisi e gluconeogenesi. È stata aggiunta l'ossidazione di NADH a NAD per mostrare che il piruvato è ridotto per formare lattato quando manca l'ossigeno
- Figura 25-7: Lipolisi e beta-ossidazione. È stata revisionata; nuovo titolo; resa totale di ATP ridotta
- Figura 25-8: Trasporto e utilizzo dei lipidi. È stata rivista; ex Figura 25-9
- Focus Figura 25-10: Stati di assorbimento e di post-assorbimento. È stato rivisto; terminologia modificata
- Figura 25-11: Piano MyPlate, MyWins. È stata revisionata; nuovo titolo
- Domande associate alle Figure 25-2, 25-5, 25-7, 25-8 e 25-14

**Capitolo 26: Apparato urinario**

- Figura 26-6: Anatomia funzionale di un nefrone tipico e del sistema collettore. Nuovo titolo; descrizioni anatomiche funzionali rimosse
- Figura 26-7: Corpuscolo renale. Aggiunta l'etichetta delle cellule mesangiali extraglomerulari nella parte a per chiarire la loro distinzione dalle cellule juxtaglomerulari; terminologia modificata
- Figura 26-8: Localizzazione e struttura dei nefroni corticali e iuxtamidollari. Ex Figura 26-7, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 26-9: Veduta d'insieme della formazione dell'urina. Sono state aggiunte descrizioni anatomiche funzionali dall'ex Figura 26-6
- Figura 26-11: Risposta a una riduzione della VFG. Nuova grafica dell'omeostasi
- Nuovo paragrafo intitolato "Principi del riassorbimento e della secrezione" all'inizio della Sezione 26-5. Fornisce una panoramica di questo processo prima di entrare nel dettaglio
- Figura 26-12: Attività di trasporto nel TCP. È stata modificata; inseriti colori identificativi per i vari tipi di trasporto
- Nuova Sezione 26-6 intitolata "La moltiplicazione controcorrente permette al rene di regolare il volume e la concentrazione dell'urina". È stato dato risalto al ruolo del gradiente osmotico midollare. Ciò include anche una trattazione più completa dei test della funzionalità renale
- Focus Figura 26-16: Riepilogo della funzione renale. Aggiunti il nuovo passaggio 8, che discute la permeabilità del dotto papillare all'urea, e l'immagine che mostra il trasportatore di urea
- Figura 26-18: Organi di conduzione e di raccolta dell'urina. È stata revisionata

- NUOVA Figura 26-20: Controllo della minzione
- NUOVA Figura 26-21: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 26-5, 26-6, 26-11, 26-14 e 26-18

**Capitolo 27: Equilibrio dei fluidi, degli elettroliti e acido-base**

- Figura 27-5: Regolazione omeostatica della concentrazione degli ioni sodio nei fluidi corporei. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 27-6: Integrazione della regolazione del volume di fluidi e della concentrazione di ioni sodio dei fluidi corporei. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 27-7: Principali fattori coinvolti nei disturbi del bilancio del potassio. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 27-8: Le tre classi di acidi presenti nell'organismo. È stata rivista
- Figura 27-13: Regolazione del pH del fluido tubulare da parte delle cellule del tubulo renale. Aggiunto testo esplicativo accanto alle reazioni chimiche pertinenti per una migliore integrazione figura-testo
- Figura 27-15: Regolazione omeostatica dell'equilibrio acido-base. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 27-16: Risposte all'acidosi metabolica. Nuova grafica dell'omeostasi
- Figura 27-17: Risposte all'alcalosi metabolica. Nuova grafica dell'omeostasi
- Domande associate alle Figure 27-2, 27-7, 27-10, 27-14 e 27-16

**Capitolo 28: Apparato genitale**

- NUOVO Caso clinico: E con il bambino fanno tre?
- Sezione 28-2 intitolata "I componenti dell'apparato genitale maschile comprendono i testicoli, il dotto deferente, le ghiandole annesse e il pene". È focalizzata sull'anatomia dell'apparato genitale maschile
- La Figura 28-2: Discesa dei testicoli è stata eliminata
- Figura 28-4: Anatomia dei tubuli seminiferi. È stata revisionata; include solo le parti a e b della precedente Figura 28-5
- Figura 28-5: Anatomia dell'epididimo. È stata revisionata; ex Figura 28-9, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 28-6: Anatomia del dotto deferente e delle ghiandole annesse. È stata rivista e riorganizzata; ex Figura 28-10, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 28-7 Anatomia del pene. È stata rivista e riorganizzata; ex Figura 28-11, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Nuova Sezione 28-3 intitolata "La spermatogenesi avviene nei testicoli e ormoni prodotti da ipotalamo, adenoipofisi e testicoli controllano le funzioni riproduttive maschili". Tratta la fisiologia riproduttiva maschile
- La Sezione 28-3 ora inizia con una panoramica della mitosi e della meiosi

- NUOVA Figura 28–8: Cromosomi a confronto nella mitosi e nella meiosi
- Figura 28–9: Spermatogenesi. È stata revisionata; ex Figura 28–7, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 28–10: Spermatogenesi nei tubuli seminiferi. È stata revisionata; include solo le parti c e d della precedente Figura 28–5; spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 28–11: Spermio e anatomia dello spermatozoo. È stata rivista; ex Figura 28–8, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- La Sezione 28–4, intitolata “I componenti dell’apparato genitale femminile sono le ovaie, le tube uterine, la vagina e i genitali esterni”, è stata rielaborata e si concentra sulla presentazione dell’anatomia dell’apparato genitale femminile
- Figura 28–15: Anatomia delle tube uterine. È stata rivista; ex Figura 28–17, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo; nuova immagine al MES
- Figura 28–19: Anatomia dei genitali esterni femminili. È stata rivista; ex Figura 28–22, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- La Sezione 28–5, intitolata “L’oogenesi avviene nelle ovaie e gli ormoni secreti dall’ipotalamo, dall’ipofisi e dalle ovaie controllano le funzioni riproduttive femminili”, è stata rielaborata e presenta la fisiologia riproduttiva femminile. Questa sezione ora raccoglie informazioni sull’oogenesi, sul ciclo ovarico e sul ciclo uterino, nonché sulla loro coordinazione
- Figura 28–21: Oogenesi. È stata revisionata; nuovo titolo; ex Figura 28–15, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 28–22: Sviluppo del follicolo e ciclo ovarico. È stata rivista; ex Figura 28–16, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo; nuova immagine delle ovaie
- Figura 28–23: Struttura dell’endometrio a confronto durante le fasi del ciclo uterino. Nuovo titolo; ex Figura 28–20, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Focus Figura 28–24: Regolazione ormonale della riproduzione femminile. È stata revisionata; il testo nel riquadro “Fase follicolare del ciclo ovarico” è cambiato per evidenziare che un follicolo terziario di un gruppo diventa dominante; terminologia e intervalli di temperatura modificati
- Nella Sezione 28–6 ci sono nuove discussioni sulla contraccezione e sulla sterilità e sulle malattie a trasmissione sessuale
- Nella Sezione 28–7, c’è una nuova discussione sullo

sviluppo degli organi riproduttivi interni, con una nuova Figura 28–26: Sviluppo dei genitali maschili e femminili

- NUOVA Figura 28–27: Costruisci la tua conoscenza
- Domande associate alle Figure 28–7, 28–9, 28–11, 28–22, 28–23 e 28–25

### Capitolo 29: Sviluppo ed ereditarietà

- Figura 29–1: Fecondazione. È stata modificata; aggiunto del testo esplicativo
- Figura 29–3: Fasi dell’impianto. È stata rivista; terminologia modificata
- Figura 29–4: Massa cellulare interna e gastrulazione. È stata revisionata; modifica della gastrulazione dal giorno 12 al giorno 15
- Focus Figura 29–5: Membrane extraembrionali e formazione della placenta. È stata revisionata; aggiunti il tappo mucoso alla settimana 10 e l’immagine della fase 5
- Figura 29–6: Anatomia della placenta dopo il terzo trimestre. È stata rivista; sostituita parte del testo
- Figura 29–7: Prime 12 settimane di sviluppo. È stata revisionata; una nuova immagine per la 3<sup>a</sup> settimana di sviluppo sostituisce l’immagine al SEM che rappresenta la 2<sup>a</sup> settimana
- La sezione 29–5, ora intitolata “Durante il secondo e il terzo trimestre di gravidanza gli organi del feto crescono e acquisiscono funzionalità”, si concentra sullo sviluppo del feto durante questo periodo.
- La Sezione 29–6, intitolata “Durante la gestazione, gli apparati materni contribuiscono allo sviluppo del feto; l’apparato genitale subisce cambiamenti strutturali e funzionali”, presenta i cambiamenti materni, compresi gli effetti ormonali
- Figura 29–12: Riflesso della suzione. È stata rivista
- Figura 29–17: Ereditarietà di un tratto X-linked. È stata rivista; ex Figura 29–18, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Figura 29–18: Crossing over e ricombinazione. È stata revisionata; testo esplicativo nella parte b; ex Figura 29–17, spostata a causa della riorganizzazione del capitolo
- Domande associate alle Figure 29–2, 29–4, 29–10, 29–14 e 29–15

### Appendice

- NUOVA Tabella 3: Quattro metodi comuni per la misurazione della pressione dei gas
- NUOVA Tabella 4: Tempi di turnover dei componenti organici di quattro tipi di cellule



# Strumenti per lo studente

## Apprendere utilizzando le immagini

I **Focus** forniscono presentazioni ad alto impatto visivo di argomenti complessi trattati nel testo, con particolare attenzione all'aspetto fisiologico.

## FOCUS

Figura 10-11  
Accoppiamento eccitazione - contrazione

- 1** **Controllo nervoso**

Una fibra muscolare scheletrica si contrae quando viene stimolata da un motoneurone a livello di una giunzione neuromuscolare. Lo stimolo arriva sotto forma di potenziale d'azione a livello del terminale assonico.
- 2** **Eccitazione**

Il potenziale d'azione determina il rilascio di ACh nella fessura sinaptica, che causa l'eccitazione – la generazione del potenziale d'azione nel sarcolemma.
- 3** **Rilascio di ioni calcio**

Il potenziale d'azione procede lungo il sarcolemma ai tubuli T e quindi alle triadi. Esso rappresenta il segnale di innesco per il rilascio del  $Ca^{2+}$  dalle cisterne terminali del reticolo sarcoplasmatico.
- 4** **Inizio del ciclo di contrazione**

Il ciclo di contrazione inizia quando gli ioni calcio si legano alla troponina, determinando l'esposizione dei siti attivi sui filamenti sottili. A ciò segue la formazione dei ponti trasversali che prosegue fino a quando sarà disponibile l'ATP. (Vedi *Focus Figura 10-11* per dettagli sul ciclo della contrazione).
- 5** **Accorciamento del sarcomero**

In seguito all'interazione di filamenti spessi e sottili, il sarcomero si accorcia, spingendo le estremità terminali della fibra muscolare l'una verso l'altra.
- 6** **Generazione di tensione muscolare**

Durante la contrazione l'intero muscolo scheletrico si accorcia e produce una trazione, o tensione, sui tendini alle due estremità.

**Interazione di filamenti spessi e sottili**

Ca<sup>2+</sup>

Testa della miosina (filamento spesso)

Tropomiosina

Troponina

G-actina (filamento sottile)

Nebulina

Sito attivo

In un sarcomero a riposo, il filamento di tropomiosina copre il sito attivo sul filamento sottile, prevenendo la formazione di ponti trasversali.

Ca<sup>2+</sup>

Formazione di ponti trasversali

Quando gli ioni calcio penetrano nel sarcomero, legano la troponina, la quale ruota e allontana la tropomiosina dai siti attivi.

Ca<sup>2+</sup>

Quindi avviene la formazione dei ponti trasversali e l'inizio del ciclo di contrazione.

Contrazione della fibra muscolare

conduce a

Produzione di tensione

**NOVITÀ!** Costruisci la tua conoscenza mostra come ciascun sistema o apparato influenza gli altri. Durante la lettura del testo lo studente potrà comprendere in che modo i vari apparati collaborano per mantenere l'omeostasi.



## Costruisci la tua conoscenza

Figura 11-24 Integrazione dell'apparato MUSCOLARE con gli altri apparati presentati fino a ora.

### Apparato tegumentario

- L'apparato tegumentario provvede alla rimozione dal corpo del calore eccessivo, alla sintesi della vitamina  $D_3$  per l'assorbimento del calcio e del fosforo, alla protezione dei sottostanti muscoli
- L'apparato muscolare comprende i muscoli facciali che tirano la cute della faccia per produrre i movimenti di espressione del viso

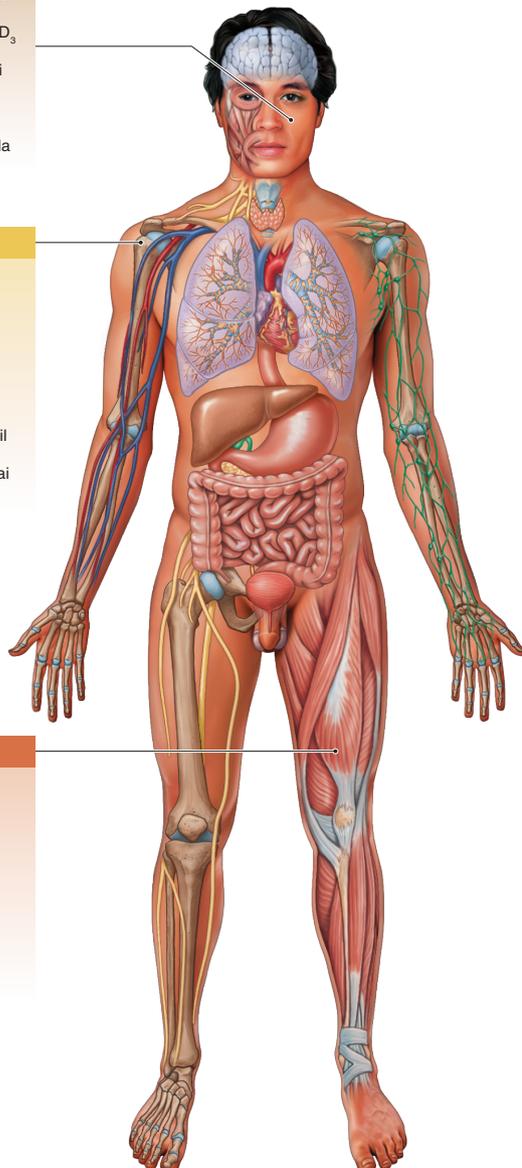
### Apparato scheletrico

- L'apparato scheletrico fornisce le riserve di sali minerali per il mantenimento dei livelli fisiologici di calcio e fosfato nei fluidi del corpo, sostiene i muscoli scheletrici e ne fornisce la sede di attacco
- L'apparato muscolare fornisce all'apparato scheletrico il sostegno e il movimento, stabilizza le ossa e le articolazioni. Le tensioni esercitate dai tendini mantengono la normale struttura e massa delle ossa

### Apparato muscolare

Nel corpo umano l'apparato muscolare esegue le seguenti principali funzioni.

- Genera il movimento dello scheletro
- Collabora nel mantenimento della postura e della posizione del corpo umano
- Protegge i tessuti molli
- Regola l'apertura e la chiusura degli orifizi del corpo
- Collabora nel mantenimento della temperatura corporea



**I casi clinici** motivano gli studenti. Ogni capitolo si apre e si chiude con un caso clinico, la cui storia è inerente al contenuto del capitolo stesso.

## + CASO CLINICO Pelle squamata

Gli ho stretto la mano e immediatamente ho capito che c'era qualcosa di diverso in lui. Quando Will mise la mia mano tra le sue due, sentii come se la mia mano fosse stretta tra due fogli di carta vetrata spessa e ispida. Non c'era nulla dell'umidità o del calore di una solita stretta di mano. Queste mani appartenevano a nonno Will.

I nipoti del nonno Will lo adorano, e la sensazione è reciproca! Lo hanno attirato a seguirli nel cortile dietro casa. Era una calda giornata estiva, per cui



dopo 15 minuti trascorsi in cortile il nonno riporta la banda al comfort di casa con l'aria condizionata e si lascia andare sulla poltrona. È accaldato e respira a fatica, ma la sua maglietta è asciutta - non c'è una goccia di sudore visibile su di lui. I ragazzi salgono sulle sue ginocchia, ridendo, mentre lui li abbraccia. "Oh, nonno, hai la pelle di un pesce!" **Cosa sta accadendo al sistema tegumentario di nonno Will? Per scoprirlo, vai alla discussione clinica a pag. 179.**

## + CASO CLINICO Finale Pelle squamata

Nonno Will ha l' *ichthyosis vulgaris* (IK-the-ohsis voi-GAR-is). Ichthyosis significa letteralmente "condizione simile a quella di un pesce", una caratteristica che i nipoti hanno notato subito. Will ha ereditato questa condizione della pelle dai suoi genitori, che erano portatori di una mutazione del gene che codifica per una proteina strutturale. La mancanza di questa proteina compromette la cheratinizzazione. Con questa condizione, le cellule della pelle hanno anche meno desmosomi e giunzioni strette, quindi l'epidermide diventa instabile e assomiglia a squame di pesce. Non c'è cura. Ogni giorno il nonno deve distendere alla sua pelle applicando creme idratanti per attirare e trattenere l'umidità e



gli emollienti per ammorbidire le squame. Evita il sapone, che asciuga ulteriormente la pelle, e usa guanti di gomma per lavare i piatti. In inverno, ha un umidificatore in camera da letto. Se non segue questa terapia, la sua cute può lesionarsi e possono formarsi crepe profonde e dolorose. In questo modo possono insorgere infezioni secondarie.

1. Perché l'ichthyosis è chiamata "disturbo della corneificazione"? Quali cellule sono coinvolte?  
2. Il nonno ha problemi quando fuori fa caldo.

Cosa c'è che non va?

[Guarda la linguetta blu Risposte alla fine del libro.](#)

## + Discussione Clinica Sviluppo anomalo dell'osso

Una serie di problemi metabolici ed endocrini può determinare delle modificazioni alle caratteristiche dello scheletro. Il deficit di ormone della crescita, conduce ad una riduzione dell'attività della cartilagine epifisaria e alla formazione di ossa insolitamente corte. Questa condizione sta diventando sempre più rara negli USA, perché ai bambini può essere, all'occorrenza, somministrato ormone della crescita umano artificiale.

Se prima della pubertà c'è una sovrapproduzione di ormone della crescita, si sviluppa il **gigantismo** (Foto a). Il record mondiale di altezza di 272 cm è stato raggiunto da Robert Wadlow, di Alton, Illinois, che è morto all'età di 22 anni nel 1940. Il suo peso era di 216 kg. Se i livelli sierici dell'ormone della crescita aumentano in maniera anomala dopo la chiusura delle cartilagini epifisarie, lo scheletro non si allunga, ma le ossa diventano più spesse, specialmente quelle del viso, la mandibola e delle mani. La crescita cartilaginea e le alterazioni strutturali dei tessuti molli conducono a cambiamenti nelle caratteristiche fisiche, specialmente del profilo del volto. Queste modificazioni fisiche si verificano nella condizione chiamata **acromegalia**.

Alcune condizioni metaboliche ereditarie che interessano altri apparati possono influenzare la crescita e lo sviluppo dell'apparato scheletrico. Esse producono

caratteristiche modificazioni delle proporzioni corporee. Per esempio, le persone colpite dalla **sindrome di Marfan** sono molto alte, con arti lunghi e sottili (Foto b). La causa è una eccessiva formazione di cartilagine a livello di cartilagine epifisaria. Le mutazioni che ne sono alla base interessano la struttura del tessuto connettivo di tutto il corpo, e causano frequentemente gravi problemi all'apparato cardiovascolare come la morte improvvisa di atleti durante gare atletiche impegnative.



**Gigantismo**



**Sindrome di Marfan**

**Le discussioni cliniche** approfondiscono tematiche trattate nel testo. Presentano patologie varie confrontandole con le normali condizioni fisiologiche.

**I termini clinici**, alla fine di ogni capitolo, forniscono una serie di definizioni.

## Termini clinici correlati

**acndroplasia:** disturbo della crescita ossea che provoca il tipo più frequente di nanismo

**trapianto di midollo osseo:** trasferimento di cellule staminali di midollo osseo sano da una persona ad un'altra, sostituzione di midollo osseo che sia o alterato o che sia stato distrutto da chemioterapia o radiazioni.

**test di densità minerale ossea (BMD):** test per prevedere il rischio di fratture ossee misurando quanto calcio e altri tipi di minerali sono presenti nelle ossa del paziente.

**scansione ossea:** test di scansione nucleare che identifica nuove aree di crescita ossea o rottura. Usato per valutare il danno, trovare i tumori nelle ossa e / o monitorare le condizioni dell'osso (anche infezione e trauma).

**riduzione chiusa:** la correzione di una frattura ossea mediante manipolazione senza incisione nella pelle.

**assorbimetria a raggi X a doppia energia (DEXA):** procedura che utilizza quantità molto piccole di radiazioni per misurare cambiamenti nella densità ossea dell'ordine dell'1 %; il test monitora la densità ossea nell'osteoporosi e osteopenia.

**riduzione aperta:** la correzione di una frattura ossea facendo un'incisione nella pelle e ricongiungendo le parti ossee



Prefazione VII

## UNITÀ 1 LIVELLI DI ORGANIZZAZIONE

### 1 Introduzione all'anatomia e alla fisiologia 1



Introduzione allo studio del corpo umano 2

**1-1 Per ottenere il massimo apprendimento, leggi il testo e guarda le figure parallelamente 2**

Conoscere il tuo libro di testo 2  
Anatomia di un Capitolo 3

**1-2 Anatomia (struttura) e fisiologia (funzione) sono strettamente integrate 3**

Anatomia 4  
Fisiologia 5

**1-3 I livelli di organizzazione vanno dalle molecole a un organismo completo 6**

**1-4 La terminologia anatomica è importante per comprendere l'anatomia e la fisiologia 7**

**1-5 I termini anatomici descrivono le regioni del corpo, le posizioni e le direzioni anatomiche e i piani di sezione del corpo 7**

Anatomia di superficie 7  
Anatomia di sezione 13

**1-6 Le cavità corporee proteggono gli organi interni e permettono loro di cambiare forma 14**

Cavità toracica 15  
Cavità addominopelvica 18

**1-7 L'omeostasi, lo stato di equilibrio interno, è in continua regolazione 18**

Meccanismi di regolazione omeostatica 19  
Panoramica del processo di regolazione omeostatica 19

**1-8 Il feedback negativo si oppone alle variazioni dalla norma, mentre il feedback positivo le amplifica 19**

Ruolo del feedback negativo nell'omeostasi 20  
Ruolo del feedback positivo nell'omeostasi 22  
Integrazione degli apparati, equilibrio e omeostasi 23

Rassegna del capitolo 24

#### FOCUS

Livelli di organizzazione 8

#### Caso clinico

L'anatomia e la fisiologia possono salvare una vita 2

#### Discussione clinica

*Habeas Corpus* ("Avrai il corpo") 5

I suoni del corpo 13

Tecniche di diagnostica d'immagine 16

## 2 Livello chimico di organizzazione 27



Introduzione al livello chimico di organizzazione 28

**2-1 Gli atomi sono le particelle di base della materia 28**

Struttura atomica 28  
Elementi isotopi 29  
Pesi atomici 30  
Elettroni e livelli energetici 31

**2-2 I legami chimici sono forze generate dall'interazione tra atomi 32**

Legami ionici 34  
Legami covalenti 35  
Legami idrogeno 36  
Stati della materia 37

**2-3 Le reazioni di decomposizione, sintesi e scambio sono reazioni chimiche importanti in fisiologia 37**

Concetti di base sull'energia 37  
Tipi di reazioni chimiche 38

**2-4 Gli enzimi accelerano le reazioni abbassando l'energia di attivazione di una reazione 39**

**2-5 I composti inorganici non contengono carbonio a differenza dei composti organici che lo contengono 40**

**2-6 I sistemi fisiologici dipendono dall'acqua 40**

Proprietà delle soluzioni acquose 41  
Colloidi e sospensioni 42

**2-7 Il pH dei fluidi corporei è vitale per l'omeostasi 43**

**2-8 Acidi, basi e sali hanno importanti ruoli fisiologici 44**

Acidi e basi 44  
Sali 44  
Tamponi e controllo del pH 44

**2-9 Gli esseri viventi contengono composti organici costituiti da monomeri, polimeri e gruppi funzionali 45**

**2-10 I carboidrati contengono carbonio, idrogeno e ossigeno in un rapporto 1:2:1 45**

Monosaccaridi 45  
Disaccaridi e polisaccaridi 46

**2-11 I lipidi contengono carbonio e idrogeno in un rapporto 1:2** 47

- Acidi grassi 48
- Eicosanoidi 48
- Gliceridi 49
- Steroidi 50
- Fosfolipidi e glicolipidi 51

**2-12 Le proteine contengono carbonio, idrogeno, ossigeno e azoto e sono formate da aminoacidi** 51

- Struttura delle proteine 53
- Forma delle proteine 54
- Funzione degli enzimi 55
- Glicoproteine e proteoglicani 57

**2-13 DNA e RNA sono acidi nucleici** 57

- Struttura degli acidi nucleici 57
- Confronto tra RNA e DNA 57

**2-14 L'ATP è un composto ad alta energia usato dalle cellule** 59

Rassegna del capitolo 61

**FOCUS**

Notazione chimica 33

**Caso clinico**

Che problema ha il mio bambino? 28

**Discussione clinica**

Malattia da radiazioni 32

Troppo dolce con lo zucchero? 49

**3**

**Livello cellulare di organizzazione** 65



Introduzione alle cellule 66

**3-1 La membrana plasmatica separa la cellula dall'ambiente circostante e svolge diverse funzioni** 66

- Lipidi di membrana 67
- Proteine di membrana 67
- Carboidrati di membrana 71

**3-2 Gli organuli citoplasmatici svolgono particolari funzioni** 71

- Citosol 72
- Organuli non membranosi 72
- Organuli membranosi 76

**3-3 Il nucleo contiene DNA ed enzimi essenziali per il controllo delle attività cellulari** 83

- Struttura del nucleo 83
- Deposito di informazioni nel nucleo 84

**3-4 Il DNA controlla la sintesi proteica, la struttura della cellula e il funzionamento cellulare** 85

- Ruolo dell'attivazione genica nella sintesi proteica 85

Trascrizione del DNA in mRNA 85

Traduzione da un mRNA in un polipeptide 87

Come il DNA controlla la struttura della cellula e il suo funzionamento 89

**3-5 La diffusione è un meccanismo di trasporto passivo che facilita l'attraversamento della membrana da parte di acqua e soluti** 90

- Diffusione 90
- Osmosi: diffusione di acqua attraverso una membrana selettivamente permeabile 93

**3-6 I meccanismi di trasporto mediato da carrier e vescicolare facilitano il passaggio transmembrana di specifiche sostanze** 94

- Trasporto mediato da carrier 95
- Trasporto vescicolare 97

**3-7 Il potenziale transmembrana è il risultato di una diseguale distribuzione di cariche positive e negative attraverso la membrana plasmatica** 99

**3-8 Gli stadi del ciclo cellulare comprendono interfase, mitosi e citodieresi** 102

- Ciclo vitale cellulare 102
- Indice mitotico e consumo di energia 103

**3-9 Diversi fattori regolano il ciclo cellulare** 103

**3-10 La crescita e la divisione anormale delle cellule caratterizza i tumori benigni e maligni** 107

**3-11 Il differenziamento è una specializzazione cellulare derivante da attivazione o repressione genica** 109

Rassegna del capitolo 110

**FOCUS**

- Anatomia di una cellula tipo 68
- Sintesi proteica, elaborazione e impacchettamento 78
- Riepilogo dei trasporti di membrana 100
- Gli stadi di un ciclo vitale cellulare 104
- Replicazione del DNA 106

**Caso clinico**

Il battito deve continuare! 66

**Discussione clinica**

- Malattie da accumulo lisosomale 80
- Radicali liberi 82
- Le impronte digitali del DNA 85
- Mutazioni 87
- I farmaci e la membrana plasmatica 91
- Telomerasi, invecchiamento e cancro 108
- Passi avanti con le cellule staminali 109

**4**

**Livello tissutale di organizzazione** 114



Introduzione al livello tissutale di organizzazione 115

**4-1 I quattro tipi di tessuti sono epiteliale, connettivo, muscolare e nervoso** 115

**4-2 Il tessuto epiteliale ricopre la superficie del corpo, riveste le superfici interne e svolge altre funzioni essenziali** 115

- Funzioni dei tessuti epiteliali 116
- Caratteristiche dei tessuti epiteliali 117
- Specializzazioni delle cellule epiteliali 117
- Mantenimento dell'integrità degli epitelii 118
- 4-3 La forma delle cellule e il numero degli strati determinano la classificazione degli epitelii** 120
  - Classificazione degli epitelii 120
  - Epitelii ghiandolari 122
- 4-4 Il tessuto connettivo ha diversi ruoli nel corpo che riflettono le proprietà fisiche dei suoi tre tipi principali** 126
- 4-5 Il tessuto connettivo propriamente detto comprende il tessuto connettivo lasso che riempie gli spazi interni e il tessuto connettivo denso che partecipa all'impalcatura di sostegno interna del corpo** 128
  - Struttura del tessuto connettivo propriamente detto 128
  - Tessuto connettivo lasso 130
  - Tessuto connettivo denso 133
  - Le fasce: strati di tessuto connettivo propriamente detto 133
- 4-6 Il sangue e la linfa sono tessuti connettivi liquidi che trasportano cellule e materiali disciolti** 135
- 4-7 I tessuti connettivi di sostegno cartilagine e osso forniscono una forte impalcatura** 136
  - Cartilagine 136
  - Osso 137
- 4-8 Le membrane tissutali costituite da tessuto epiteliale e connettivo formano quattro tipi di barriere fisiche** 140
  - Membrane mucose 140
  - Membrane sierose 140
  - Membrana cutanea 141
  - Membrane sinoviali 142
- 4-9 I tre tipi di tessuto muscolare sono scheletrico, cardiaco e liscio** 142
  - Tessuto muscolare scheletrico 142
  - Tessuto muscolare cardiaco 144
  - Tessuto muscolare liscio 144
- 4-10 Il tessuto nervoso risponde agli stimoli e conduce impulsi elettrici attraverso il corpo** 144
- 4-11 La risposta a un danno tissutale implica infiammazione e rigenerazione** 145
  - Infiammazione 145
  - Rigenerazione 146
- 4-12 Con l'avanzare dell'età, la riparazione dei tessuti diminuisce e l'incidenza del cancro aumenta** 146
  - Invecchiamento e incidenza del cancro 146

Rassegna del capitolo 148

### FOCUS

Infiammazione e rigenerazione 147

### Caso clinico

La ragazza di gomma 115

### Discussione clinica

Citologia esfoliativa 126

Sindrome di Marfan 131

## UNITÀ 2 SOSTEGNO E MOVIMENTO

### 5

## Apparato tegumentario 152



Introduzione all'apparato tegumentario 153

- 5-1 L'epidermide è composta da strati che hanno diverse funzioni** 153
  - Cellule dell'epidermide: cheratinociti 154
  - Strati dell'epidermide 154
  - Fattore di crescita epidermico 157
- 5-2 Il derma è il tessuto di supporto dell'epidermide** 158
  - Strati del derma 158
  - Resistenza ed elasticità del derma 158
  - Linee di clivaggio 159
  - Vascolarizzazione del derma 159
  - Innervazione della cute 160
- 5-3 L'ipoderma è il tessuto che collega il derma ai tessuti sottostanti** 160
- 5-4 I fattori che influenzano il colore della pelle sono la pigmentazione epidermica e la circolazione dermica** 161
  - Ruolo della pigmentazione epidermica 161
  - Ruolo della circolazione dermica 163
  - Malattie correlate alle variazioni del colore della cute 163
- 5-5 Le cellule epidermiche esposte ai raggi solari convertono uno steroide in vitamina D<sub>3</sub>** 163
- 5-6 Il pelo è costituito da cellule morte cheratinizzate che sono state spinte in superficie** 165
  - Struttura del pelo e del follicolo pilifero 165
  - Produzione del pelo 166
  - Ciclo di crescita del pelo 166
  - Tipi di peli 168
  - Colore dei peli 168
- 5-7 Le ghiandole sebacee e le ghiandole sudoripare sono ghiandole esocrine che si trovano nella cute** 168
  - Ghiandole sebacee 168
  - Ghiandole sudoripare 169
  - Altre ghiandole cutanee 170
  - Controllo della secrezione ghiandolare e termoregolazione 170
- 5-8 Le unghie sono formate da cellule epidermiche cheratinizzate che proteggono la punta delle dita delle mani e dei piedi** 171
- 5-9 Diverse fasi sono coinvolte nella riparazione delle lesioni del tegumento** 172
- 5-10 Gli effetti dell'invecchiamento comprendono l'assottigliamento e il corrugamento del derma e un'attività ridotta dei melanociti** 175

**Costruisci la tua conoscenza**

Integrazione dell'apparato TEGUMENTARIO con gli altri apparati presentati fino a ora 176

Rassegna del capitolo 177

**FOCUS**

Epidermide 156

**Caso clinico**

Pelle squamata 153

**Discussione clinica**

Taglia, cucì e ricostruisci 161

Tumori cutanei 164

Ulcere da decubito 166

La cute rispecchia il tuo stato di salute 173

Ustioni e innesti cutanei 174



**6**

**Ossa e struttura ossea 180**

Introduzione alle ossa e al tessuto osseo 181

**6-1 L'apparato scheletrico svolge diverse funzioni fondamentali 181**

**6-2 Le ossa sono classificate in base a forma e struttura e possiedono una varietà di caratteristiche di superficie 182**

Forma delle ossa 182

Punti di repere ossei 183

Struttura dell'osso 183

**6-3 L'osso è composto da una matrice e da diversi tipi di cellule: cellule osteogeniche, osteoblasti, osteociti e osteoclasti 183**

Matrice ossea 183

Cellule dell'osso 185

**6-4 L'osso compatto contiene osteoni paralleli, mentre l'osso spugnoso contiene trabecole 187**

Struttura dell'osso compatto 187

Struttura dell'osso spugnoso 188

Funzioni coordinate dell'osso compatto e spugnoso 189

Rivestimenti superficiali dell'osso 189

**6-5 Le ossa si formano per ossificazione e si accrescono per accrescimento interstiziale e per apposizione 190**

Ossificazione endocondrale 191

Ossificazione intramembranosa 191

Vascolarizzazione e innervazione dell'osso 194

**6-6 La crescita e lo sviluppo dell'osso dipendono dal rimodellamento osseo, che è dato dall'equilibrio tra formazione e riassorbimento dell'osso 190**

**6-7 Esercizio fisico, nutrizione e ormoni influenzano l'accrescimento osseo e l'apparato scheletrico 196**

Effetti dell'esercizio fisico sull'osso 196

Effetti della nutrizione e degli ormoni sull'osso 197

**6-8 Il calcio riveste un ruolo importante nella fisiologia dell'osso 198**

Lo scheletro come riserva di calcio 198

Ormoni ed equilibrio del calcio 199

**6-9 Una frattura è una crepa o una rottura in un osso 201**

**6-10 L'osteopenia ha diversi effetti sull'invecchiamento delle ossa 204**

Rassegna del capitolo 205

**FOCUS**

Ossificazione endocondrale 192

Tipi di fratture e fasi della riparazione 202

**Caso clinico**

Un caso di abuso infantile? 181

**Discussione clinica**

Sviluppo anomalo dell'osso 198

**7**

**Scheletro assile 208**



Introduzione alle divisioni dello scheletro 209

**7-1 Le 80 ossa della testa e del tronco costituiscono lo scheletro assile 209**

**7-2 Le 8 ossa craniche proteggono l'encefalo e le 14 ossa della faccia formano la bocca, il naso e le orbite 209**

Ossa del cranio, della faccia e ossa associate 209

Suture 211

Seni, forami e fessure 225

**7-3 Ogni complesso orbitario contiene e protegge un occhio e il complesso nasale racchiude le cavità nasali 225**

Complessi orbitari 225

Complesso nasale 226

**7-4 Le fontanelle sono aree fibrose non ossificate tra le ossa del cranio che facilitano il parto e permettono l'accrescimento rapido dell'encefalo nei neonati e nei bambini 226**

**7-5 La colonna vertebrale presenta quattro curvature flessibili di sostegno 228**

**7-6 Le cinque regioni vertebrali – cervicale, toracica, lombare, sacrale e coccigea – possiedono ognuna vertebre tipiche 229**

Anatomia delle vertebre 229

Caratteristiche delle vertebre di ciascuna regione 230

**7-7 La gabbia toracica protegge gli organi posti nel torace e fornisce punti di attacco per i muscoli 237**

Coste 238

Sterno 239

Rassegna del capitolo 239

**FOCUS**

Anatomia di sezione del cranio 214

**Caso clinico**

Messo KO 209

**Discussione clinica**

Sindrome dell'articolazione temporomandibolare 224

Sinusite 227

Craniostenosi 228

Cifosi, lordosi e scoliosi 236

**8****Scheletro  
appendicolare 243****Introduzione allo scheletro appendicolare** 244**8-1 La cintura scapolare (pettorale) articola gli arti superiori con lo scheletro assile** 244

Clavicole 244

Scapole 246

**8-2 Le ossa degli arti superiori sono adattate a compiere ampi movimenti** 247

Osso del braccio: omero 247

Ossa dell'avambraccio 249

Ossa del polso e della mano 250

**8-3 La cintura pelvica (anche) articola gli arti inferiori con lo scheletro assile** 252

Cintura pelvica (ossa dell'anca) 252

Pelvi (cintura pelvica, sacro e coccige) 252

**8-4 Le ossa degli arti inferiori sono adattate al movimento e al sostegno del corpo** 254

Femore 254

Patella 255

Ossa della gamba 257

Ossa della caviglia e del piede 257

**8-5 Differenze individuali nello scheletro legate al sesso e all'età** 260**Rassegna del capitolo** 262**FOCUS**

Differenze di genere nello scheletro umano 261

**Caso clinico**

Legname! 244

**Discussione clinica**

Sindrome del tunnel carpale 251

Frattura dell'anca 255

Shin splint 257

Fratture da stress 259

Piede torto 260

**9****Articolazioni 265****Introduzione alle articolazioni** 266**9-1 Le articolazioni sono classificate in base alla struttura e all'ampiezza di movimento** 266**9-2 Diartrosi: le articolazioni sinoviali contengono liquido sinoviale e sono circondate da una****capsula articolare e strutture accessorie di rinforzo** 268

Cartilagine articolare 268

Liquido sinoviale 269

Strutture accessorie 269

Fattori stabilizzanti le articolazioni sinoviali 270

**9-3 Diartrosi: i diversi tipi di articolazioni sinoviali permettono un ampio range di movimenti scheletrici** 270

Tipi di movimenti delle articolazioni sinoviali 270

Classificazione delle articolazioni sinoviali 276

**9-4 Le articolazioni intervertebrali contengono dischi intervertebrali e legamenti che permettono i movimenti vertebrali** 276

Struttura delle articolazioni intervertebrali 276

Movimenti vertebrali 277

**9-5 Le articolazioni del gomito e del ginocchio sono entrambe ginglimi angolari** 278

Articolazione del gomito 278

Articolazione del ginocchio 279

**9-6 Le articolazioni della spalla e dell'anca sono entrambe enartrosi** 281

Articolazione della spalla 282

Articolazione dell'anca 283

**9-7 Con l'invecchiamento, l'artrite e altre modificazioni degenerative spesso riducono la mobilità articolare** 285**9-8 L'apparato scheletrico sostiene e costituisce una riserva di energia e minerali per gli altri apparati del corpo** 286**Costruisci la tua conoscenza**

Integrazione dell'apparato SCHELETRICO con gli altri apparati presentati fino a ora 287

**Rassegna del capitolo** 288**FOCUS**

Movimenti articolari 272

**Caso clinico**

Cosa c'è che non va nella festeggiata? 266

**Discussione clinica**

Borsiti e borsite dell'alluce 270

Dislocazione 270

Lesione dei dischi intervertebrali 281

Lesioni del ginocchio 282

**10****Tessuto  
muscolare 291****Introduzione al tessuto muscolare** 292**10-1 La funzione principale del tessuto muscolare è produrre il movimento** 292

Caratteristiche generali del tessuto muscolare 292

Funzioni del muscolo scheletrico 292

**10-2 Il muscolo scheletrico contiene tessuto muscolare, tessuto connettivo, vasi sanguigni e nervi** 293

Organizzazione del tessuto connettivo nel tessuto muscolare 293

Funzione dei componenti del tessuto muscolare scheletrico 293

**10-3 Le fibre muscolari scheletriche sono organizzate in unità funzionali in serie che contengono filamenti scorrevoli** 294

Sarcolemma e tubuli trasversi 295

Reticolo sarcoplasmatico 296

Miofibrille 296

Sarcomeri 297

Teoria dello scorrimento dei filamenti nella contrazione muscolare 301

**10-4 I motoneuroni stimolano la contrazione delle fibre muscolari scheletriche a livello della giunzione neuromuscolare** 302

Impulsi elettrici e membrane eccitabili 302

Controllo dell'attività del muscolo scheletrico 303

**10-5 Le fibre muscolari producono differenti quantità di tensione in base alla lunghezza del sarcomero e alla frequenza della stimolazione** 311

Relazioni lunghezza-tensione 311

Frequenza di stimolazione 312

**10-6 I muscoli scheletrici producono aumento di tensione reclutando unità motorie addizionali** 315

Unità motorie 315

Tipi di contrazione muscolare 316

Resistenza e velocità di contrazione 318

Rilasciamento muscolare e ritorno alla lunghezza di riposo 319

**10-7 Per mantenere la regolare attività di una fibra muscolare sono richieste energia e recupero** 319

Produzione di ATP e contrazione della fibra muscolare 319

Metabolismo muscolare e diversi livelli di attività 320

Periodo di riposo 322

Ormoni e metabolismo muscolare 323

**10-8 Il tipo di fibra muscolare e il condizionamento fisico determinano la capacità di rendimento muscolare** 323

Tipi di fibre muscolari scheletriche 323

Rendimento muscolare e distribuzione delle fibre muscolari 323

Ipertrofia e atrofia muscolare e effetti legati all'invecchiamento 325

Fatica muscolare 325

Condizionamento fisico 326

**10-9 Il tessuto muscolare cardiaco, tipico del cuore, produce contrazioni coordinate e automatiche** 327

Caratteristiche strutturali del tessuto muscolare cardiaco 327

Caratteristiche funzionali del tessuto muscolare cardiaco 328

**10-10 Il tessuto muscolare liscio si contrae per spostare le sostanze nei condotti interni** 329

Caratteristiche strutturali del tessuto muscolare liscio 329

Caratteristiche funzionali del tessuto muscolare liscio 329

Rassegna del capitolo 332

**FOCUS**

Cosa accade nella giunzione neuromuscolare 304

Accoppiamento eccitazione - contrazione 306

Ciclo di contrazione e formazione dei ponti trasversali 308

**Caso clinico**

Non mollare! 292

**Discussione clinica**

Tetano 307

Rigor mortis 307

Mialgia a insorgenza ritardata 326

Elettromiografia 330

**11**

**Apparato muscolare 336**



Introduzione all'apparato muscolare 337

**11-1 L'organizzazione dei fascicoli è in correlazione con la potenza del muscolo e con l'ampiezza del movimento** 337

Muscoli paralleli 337

Muscoli convergenti 337

Muscoli pennati 337

Muscoli circolari 338

**11-2 L'utilizzo delle ossa come leve aumenta l'efficienza dei muscoli** 339

**11-3 Le origini e le inserzioni dei muscoli determinano le loro azioni** 339

Origini e inserzioni 339

Azioni 341

**11-4 I muscoli scheletrici vengono denominati utilizzando termini descrittivi** 343

Localizzazione nel corpo 343

Posizione, direzione e disposizione dei fascicoli 346

Caratteristiche strutturali 346

Azione 346

**11-5 I muscoli assili stabilizzano la posizione dello scheletro assile, i muscoli appendicolari sostengono e muovono lo scheletro appendicolare** 346

**11-6 I muscoli assili sono quelli di testa e collo, colonna vertebrale, tronco e pavimento pelvico** 347

Muscoli della testa e del collo 347

Muscoli della colonna vertebrale 354

Muscoli obliqui, muscoli retti e diaframma 358

Muscoli del pavimento pelvico 361

**11-7 I muscoli appendicolari sono i muscoli di spalle, arti superiori, cingolo pelvico e arti inferiori** 362

Muscoli delle spalle e degli arti superiori 363

Muscoli della pelvi e degli arti inferiori 373

**11-8 L'attività dell'apparato muscolare genera risposte in molti apparati del corpo** 383**Costruisci la tua conoscenza**Integrazione dell'apparato **MUSCOLARE** con gli altri apparati presentati fino a ora 384

Rassegna del capitolo 385

**FOCUS**

Azione muscolare 342

**Caso clinico**

Posizione del cane a testa in giù 337

**Discussione clinica**

Iniezioni intramuscolari 353

Segnali di ictus 355

Ernia 380

Cambiamenti nel potenziale di riposo: canali di membrana 405

Potenziali graduati 407

**12-5 Un potenziale d'azione è un evento elettrico del tipo tutto o nulla utilizzato per la comunicazione a lunga distanza** 409

Potenziale soglia e principio del tutto o nulla 409

Generazione dei potenziali d'azione 409

Propagazione dei potenziali d'azione 412

Diametro dell'assone e velocità di propagazione 416

**12-6 Le sinapsi trasmettono segnali tra neuroni o tra neuroni e altre cellule** 416

Tipi di sinapsi 416

Funzioni delle sinapsi chimiche 417

**12-7 Gli effetti dei neurotrasmettitori e dei neuromodulatori dipendono dai loro recettori** 420

Classi di neurotrasmettitori e neuromodulatori 420

Funzioni dei neurotrasmettitori e dei

neuromodulatori e loro recettori 421

**12-8 I singoli neuroni elaborano le informazioni integrando gli stimoli eccitatori e inibitori** 424

Regolazione presinaptica: inibizione e facilitazione 427

Frequenza di generazione dei potenziali d'azione 427

Rassegna del capitolo 428

**FOCUS**

Processi che portano alla formazione del potenziale di riposo 403

Generazione di un potenziale d'azione 410

Propagazione del potenziale d'azione 414

**Caso clinico**

Il Presidente Franklin D. Roosevelt aveva davvero la polio? 390

**Discussione clinica**

La rabbia 393

Tumori del SNC 398

Demielinizzazione 399

**UNITÀ 3 CONTROLLO E REGOLAZIONE****12 Tessuto nervoso 389****Introduzione al sistema nervoso e al tessuto nervoso** 390**12-1 Il sistema nervoso ha suddivisioni anatomiche e funzionali** 390

Suddivisioni anatomiche del sistema nervoso 390

Suddivisioni funzionali del sistema nervoso 391

**12-2 I neuroni sono cellule nervose specializzate nella comunicazione intercellulare** 392

Caratteristiche funzionali dei neuroni 392

Struttura dei neuroni 392

Classificazione dei neuroni 394

**12-3 La neuroglia del SNC e del SNP dà sostegno e protezione ai neuroni** 395

Glia nel sistema nervoso centrale 395

Neuroglia del sistema nervoso periferico 399

Risposte neuronali agli eventi lesivi 399

**12-4 Il potenziale di membrana di un neurone è determinato dalle differenze nelle concentrazioni degli ioni e dalla permeabilità della membrana** 402

Potenziale di riposo della membrana 402

**13 Midollo spinale, nervi spinali e riflessi spinali 433****Introduzione a midollo spinale, nervi spinali e riflessi spinali** 434**13-1 La trattazione del sistema nervoso rispecchia i suoi livelli di organizzazione: dal più semplice al più complesso** 434**13-2 Il midollo spinale è circondato da tre meningi e contiene le radici dei nervi spinali** 435

Anatomia macroscopica del midollo spinale 435

Radici spinali e gangli spinali 437

Protezione del midollo spinale: meningi spinali 438

**13-3 La sostanza grigia del midollo spinale integra le informazioni e avvia i comandi, mentre la sostanza bianca trasporta le informazioni da un sito all'altro** 440

Organizzazione funzionale della sostanza grigia 440  
 Organizzazione funzionale della sostanza bianca 440

**13-4 I nervi spinali si estendono per formare i nervi periferici, che talvolta si distribuiscono in plessi; questi nervi trasportano informazioni sensitive e motorie** 442

Anatomia dei nervi spinali 442  
 Distribuzione periferica e funzione dei nervi spinali 442  
 Plessi nervosi 447

**13-5 I neuroni sono organizzati in gruppi funzionali chiamati pool neuronali** 452

**13-6 I diversi tipi di riflessi nervosi sono tutti risposte rapide e automatiche agli stimoli** 453

Arco riflesso 453  
 Classificazione dei riflessi 456

**13-7 I riflessi monosinaptici producono risposte semplici, mentre i riflessi polisinpatici possono produrre comportamenti complessi** 457

Riflessi monosinaptici 457  
 Riflessi polisinpatici 459

**13-8 L'encefalo può influenzare i riflessi spinali** 460

Movimenti volontari e schemi motori riflessi 460  
 Rinforzo e inibizione 460

Rassegna del capitolo 461

**FOCUS**

Struttura, funzione e distribuzione periferica dei nervi spinali (T<sub>1</sub>-L<sub>2</sub>) 444

Riflessi spinali 454

**Caso clinico**

Notte di sballo 434

**Discussione clinica**

Anestesia 439

Fuoco di Sant'Antonio 443

Innervazione sensitiva della mano 448

Innervazione sensitiva della caviglia e del piede 451

**14 Encefalo e nervi cranici 465**



**Introduzione all'organizzazione dell'encefalo e dei nervi cranici** 466

**14-1 L'encefalo si sviluppa in quattro regioni principali: il cervello, il cervelletto, il diencefalo, il tronco encefalico** 466

Principali regioni e punti di reperi dell'encefalo 466  
 Embriologia dell'encefalo 468  
 Ventricoli encefalici 468

**14-2 L'encefalo è protetto e sostenuto dalle meningi encefaliche, dal liquido cerebrospinale e dalla barriera ematoencefalica** 469

Meningi encefaliche 469  
 Liquido cerebrospinale 471  
 Funzioni protettive delle meningi encefaliche e LCS 473

Vascularizzazione dell'encefalo 473

Barriera ematoencefalica 473

**14-3 Tronco encefalico: il bulbo trasmette segnali tra il resto dell'encefalo e il midollo spinale** 474

**14-4 Tronco encefalico: il ponte contiene nuclei che elaborano e fasci che trasmettono informazioni sensitive e motorie** 477

**14-5 Tronco encefalico: il mesencefalo regola i riflessi visivi e uditivi e controlla lo stato di allerta** 478

**14-6 Il cervelletto coordina schemi di attività motoria appresi e riflessi a livello subconscio** 478

Struttura del cervelletto 478  
 Funzioni del cervelletto 478

**14-7 Il diencefalo integra, a livello subconscio, le informazioni sensitive con i comandi motori** 481

Talamo 481  
 Ipotalamo 482

**14-8 Il sistema limbico è composto da un gruppo di nuclei e tratti implicati nelle emozioni, nella motivazione e nella memoria** 484

**14-9 Il cervello contiene aree motorie, sensitive e associative in grado di svolgere funzioni cognitive superiori** 486

Struttura della corteccia cerebrale e degli emisferi cerebrali 486  
 Sostanza bianca del cervello 486  
 Nuclei della base 488  
 Aree motorie, sensitive e associative della corteccia 490  
 Centri integrativi e funzioni mentali superiori 492  
 Monitoraggio dell'attività cerebrale: l'encefalogramma 493

**14-10 I riflessi cranici sono risposte rapide e automatiche che coinvolgono le fibre sensitive e motorie dei nervi cranici** 506

Rassegna del capitolo 507

**FOCUS**

Formazione e circolazione del liquido cerebrospinale 472

**Caso clinico**

L'ictus della neuroanatomista 466

**Discussione clinica**

Emorragie epidurale e subdurale 471

Afasia e dislessia 493

Commozione cerebrale 506

**15 Vie sensitive e sistema nervoso somatico 512**



**Introduzione a vie sensitive e sistema nervoso somatico** 513

**15-1 Gli stimoli sensitivi trasmettono segnali lungo le vie sensitive e in risposta vengono inviati comandi motori lungo le vie motorie** 513

- 15-2 I recettori di senso sono cellule specializzate che collegano il nostro ambiente interno ed esterno al sistema nervoso** 514  
Percezione degli stimoli 515  
Interpretazione delle informazioni sensitive 515
- 15-3 I recettori della sensibilità generale possono essere classificati in base al tipo di stimolo che li eccita** 517  
Nocicettori e dolore 517  
Termocettori 518  
Meccanocettori 518  
Chemocettori 521
- 15-4 Il compartimento afferente è composto da vie sensitive somatiche e viscerali distinte che trasportano le informazioni al SNC** 522  
Vie della sensibilità somatica 522  
Vie della sensibilità viscerale 527
- 15-5 Il sistema nervoso somatico è la componente efferente costituita da vie motorie somatiche che controllano i muscoli scheletrici** 527  
Via corticospinale 528  
Vie mediale e laterale 530  
Ruolo di monitoraggio dei nuclei della base e del cervelletto 530

Rassegna del capitolo 532

### FOCUS

Vie sensitive somatiche 524

### Caso clinico

Vivere con la paralisi cerebrale 513

### Discussione clinica

Valutazione della sensibilità tattile 523

Sindrome dell'arto fantasma 526

Sclerosi laterale amiotrofica 530

## 16

### Sistema nervoso autonomo e funzioni di ordine superiore 535



**Introduzione al sistema nervoso autonomo e alle funzioni di ordine superiore** 536

- 16-1 Il sistema nervoso autonomo, composto dalle divisioni simpatica e parasimpatica, è coinvolto nella regolazione inconscia delle funzioni viscerali** 536  
Confronto tra i sistemi nervosi somatico e autonomo 536  
Organizzazione del SNA 537  
Divisioni del SNA 538
- 16-2 La divisione simpatica è formata da corte fibre pregangliari e da lunghe fibre postgangliari coinvolte nel consumo energetico e nell'aumento del metabolismo basale** 538  
Organizzazione funzionale della divisione simpatica 538
- Attivazione simpatica 543
- 16-3 Diversi tipi di neurotrasmettitori e recettori conducono a diversi effetti simpatici** 543  
Effetti della stimolazione simpatica sulle sinapsi e sui recettori adrenergici 544  
Effetti della stimolazione simpatica in altri tipi di sinapsi 545
- 16-4 La divisione parasimpatica ha lunghe fibre pregangliari e corte fibre postgangliari ed è deputato alla conservazione dell'energia e alla riduzione del metabolismo** 545  
Organizzazione funzionale della divisione parasimpatica 545  
Attivazione parasimpatica 546
- 16-5 Tipi diversi di recettori producono diversi effetti parasimpatici** 546  
Effetti della stimolazione parasimpatica sui recettori colinergici 546  
Effetti delle tossine sui recettori colinergici 546
- 16-6 Le differenze nell'organizzazione delle divisioni simpatica e parasimpatica generano effetti simpatici diffusi e effetti parasimpatici specifici** 547  
Riepilogo: divisione simpatica 548  
Riepilogo: divisione parasimpatica 548
- 16-7 La duplice innervazione degli organi consente alle divisioni simpatica e parasimpatica di coordinare le funzioni vitali** 548  
Anatomia della duplice innervazione 549  
Tono autonomo 551
- 16-8 Vari livelli di regolazione autonoma consentono l'integrazione e il controllo delle funzioni autonome** 551  
Riflessi viscerali 551  
Livelli superiori di controllo autonomo 552
- 16-9 Le funzioni di ordine superiore comprendono la memoria e gli stati di coscienza e i neurotrasmettitori influenzano il comportamento** 553  
Memoria 554  
Stati di coscienza 556  
Influenza dei neurotrasmettitori sulla chimica cerebrale e sul comportamento 558
- 16-10 L'invecchiamento produce svariati cambiamenti strutturali e funzionali nel sistema nervoso** 558

### Costruisci la tua conoscenza

Integrazione del sistema NERVOSO con gli altri sistemi o apparati presentati fino a ora 560

Rassegna del capitolo 561

### FOCUS

Sistema nervoso autonomo 540

### Caso clinico

Ricordi? 536

### Discussione clinica

Insonnia 556

Classificazione delle malattie del sistema nervoso 558

Svenimento 559

## 17

**Sensibilità  
specifica 565****Introduzione alla sensibilità specifica 566**

- 17-1 L'olfatto coinvolge recettori olfattivi che rispondono a stimoli chimici portati dall'aria 566**  
Anatomia degli organi olfattivi 566  
Recettori olfattivi e fisiologia dell'olfatto 567  
Vie olfattive 567  
Discriminazione olfattiva 570
- 17-2 Il gusto coinvolge recettori gustativi che rispondono a stimoli chimici disciolti 570**  
Anatomia delle papille e dei calici gustativi 570  
Recettori gustativi 570  
Vie gustative 570  
Discriminazione gustativa e fisiologia del gusto 571
- 17-3 Le strutture interne dell'occhio contribuiscono alla vista, mentre gli annessi svolgono un ruolo di protezione 572**  
Annessi dell'occhio 572  
Anatomia del bulbo oculare 574
- 17-4 La messa a fuoco della luce sulla retina permette la formazione di un'immagine visiva 581**  
Introduzione alla luce 581  
Formazione e inversione dell'immagine 582  
Acuità visiva 582
- 17-5 I fotorecettori trasducono gli stimoli luminosi in segnali elettrici che vengono poi elaborati nella corteccia visiva 583**  
Fisiologia della visione 583  
Vie ottiche 589
- 17-6 Le sensazioni di equilibrio monitorano la posizione e i movimenti della testa, mentre l'udito coinvolge il rilevamento e l'interpretazione delle onde sonore 592**  
Anatomia dell'orecchio 592  
Equilibrio 595  
Udito 598

**Rassegna del capitolo 606****FOCUS**

- Olfatto e gusto 568  
Problemi di rifrazione 584  
Fotoricezione 586

**Caso clinico**

- Una possibilità per vedere 566

**Discussione clinica**

- Retinopatia diabetica 577  
Distacco di retina 579  
Glaucoma 580  
Cinetosi 599

## 18

**Sistema  
endocrino 610****Introduzione al sistema  
endocrino 611**

- 18-1 I sistemi nervoso ed endocrino preservano l'omeostasi per mezzo della comunicazione intercellulare 611**  
Meccanismi di comunicazione intercellulare 611  
Confronto tra la comunicazione endocrina e quella nervosa 612
- 18-2 Le ghiandole endocrine regolano i processi fisiologici rilasciando nel flusso sanguigno ormoni che si legano ai rispettivi recettori presenti sugli organi bersaglio distanti dalla ghiandola che li ha prodotti 613**  
Panoramica degli organi e dei tessuti endocrini 613  
Classi di ormoni 613  
Trasporto e inattivazione degli ormoni 613  
Meccanismi di azione degli ormoni 614  
Controllo della secrezione ormonale 618
- 18-3 Il lobo anteriore dell'ipofisi produce e rilascia ormoni sotto il controllo dell'ipotalamo, mentre il lobo posteriore rilascia direttamente ormoni ipotalamici 619**  
Anatomia dell'ipotalamo e dell'ipofisi 619  
Controllo dell'attività dell'ipofisi da parte dell'ipotalamo 620  
Lobo anteriore dell'ipofisi 621  
Lobo posteriore dell'ipofisi 625  
Riassunto: ormoni dell'ipofisi 626
- 18-4 La ghiandola tiroide sintetizza gli ormoni tiroidei, che influenzano la velocità del metabolismo 627**  
Anatomia della tiroide 628  
Sintesi e regolazione degli ormoni tiroidei 628  
Funzioni degli ormoni tiroidei 631  
Sintesi e funzioni della calcitonina 631
- 18-5 Le quattro ghiandole paratiroidi secernono l'ormone paratiroideo, che aumenta il livello degli ioni calcio presenti nel sangue 632**
- 18-6 Le ghiandole surrenali secernono diversi ormoni che influenzano l'equilibrio elettrolitico e le risposte allo stress 634**  
Anatomia delle ghiandole surrenali 634  
Corticosteroidi della corticale del surrene 634  
Catecolamine della midollare del surrene 636
- 18-7 L'epifisi secerne la melatonina, che influenza il ritmo circadiano 637**
- 18-8 Il pancreas è sia un organo esocrino che una ghiandola endocrina, la quale produce ormoni in grado di influenzare il livello di glucosio nel sangue 637**  
Anatomia del pancreas 638

Funzioni delle cellule degli isolotti pancreatici 638  
 Ormoni che regolano il livello di glucosio nel sangue 638  
 Diabete mellito 641

### 18-9 Molti organi hanno funzioni endocrine secondarie 641

Intestino 641  
 Reni 641  
 Cuore 644  
 Timo 644  
 Gonadi 644  
 Tessuto adiposo 646

### 18-10 Gli ormoni interagiscono nel corso della nostra vita per produrre risposte fisiologiche coordinate 646

Ruolo degli ormoni durante la crescita 647  
 Risposte ormonali allo stress 647  
 Effetti degli ormoni sul comportamento 647  
 Invecchiamento e produzione di ormoni 647

#### Costruisci la tua conoscenza

Integrazione del sistema ENDOCRINO con gli altri sistemi o apparati presentati fino ad ora 650

#### Rassegna del capitolo 651

#### FOCUS

Classificazione degli ormoni in base alla loro struttura chimica 615  
 Proteine G e secondi messaggeri 617  
 Diabete mellito 642  
 Sindrome generale di adattamento 648

#### Caso clinico

Calcoli, ossa e gemiti di dolore 611

#### Discussione clinica

Diabete insipido 625  
 Patologie endocrine 645  
 Ormoni e prestazioni atletiche 649

## UNITÀ 4 LIQUIDI E TRASPORTO

### 19 Sangue 656



Introduzione al sangue come parte dell'apparato cardiovascolare 657

#### 19-1 Il sangue, composto da plasma ed elementi figurati, ricopre funzioni protettive, di trasporto e regolazione del corpo 657

Funzioni del sangue 657  
 Caratteristiche del sangue 658  
 Componenti del sangue 658

#### 19-2 I globuli rossi, che vengono prodotti mediante l'eritropoiesi, contengono emoglobina che trasporta i gas respiratori 659

Ematocrito 659

Relazione tra struttura e funzione dei GR 659  
 Emoglobina 662  
 Formazione e turnover dei GR 664

#### 19-3 I gruppi sanguigni ABO e il sistema Rh sono basati sulle risposte antigene-anticorpo 666

ABO e Rh 666  
 Trasfusioni 669

#### 19-4 I vari tipi di globuli bianchi contribuiscono alla difesa dell'organismo 670

Circolazione e motilità dei GB 671  
 Tipi di GB 671  
 Conta differenziale e variazioni nel profilo dei GB 675  
 Produzione dei GB: leucitopoiesi 675  
 Regolazione della produzione di GB 676

#### 19-5 Le piastrine, strutture a forma di disco derivanti dai megacariociti, hanno una funzione fondamentale nella coagulazione 678

Funzioni delle piastrine 678  
 Produzione delle piastrine 678

#### 19-6 La coagulazione o emostasi blocca le perdite di sangue 678

Fase vascolare 679  
 Fase piastrinica 679  
 Fase coagulativa 679  
 Retrazione del coagulo 683  
 Fibrinolisi 683

#### Rassegna del capitolo 683

#### FOCUS

Composizione del sangue intero 660  
 Malattia emolitica del neonato 672

#### Caso clinico

Problemi ematici 657

#### Discussione clinica

Espansori del plasma 658  
 Prelievo di sangue a scopo analitico 659  
 Sanguinamento e coagulazione 682

### 20 Cuore 688



Introduzione al cuore come parte dell'apparato cardiovascolare 689

#### 20-1 Il cuore è un organo a quattro camere che pompa il sangue nei circoli sistemico e polmonare 689

Panoramica sulla funzione cardiaca: circoli polmonare e sistemico 689  
 Localizzazione e posizione del cuore 690  
 Anatomia superficiale del cuore, parete cardiaca e scheletro fibroso 690  
 Camere cardiache, valvole e grandi vasi 694  
 Flusso di sangue attraverso le valvole cardiache 697  
 Rifornimento di sangue al cuore 697

- 20-2 Il sistema di conduzione distribuisce impulsi elettrici attraverso il cuore, causando la contrazione delle cellule contrattili** 702  
 Fisiologia cardiaca: impulsi elettrici scatenano le contrazioni che costituiscono un battito cardiaco 702  
 Sistema di conduzione: cellule pacemaker e di conduzione 702  
 Elettrocardiogramma (ECG) 705  
 Contrazione cardiaca: cellule contrattili 707
- 20-3 La contrazione: gli eventi che si verificano durante un battito cardiaco completo costituiscono un ciclo cardiaco** 711  
 Introduzione alla pressione e al flusso nel cuore 711  
 Fasi del ciclo cardiaco 712  
 Variazioni di volume e pressione nel corso del ciclo cardiaco 713
- 20-4 La gittata cardiaca è determinata dalla frequenza cardiaca e dal volume sistolico** 716  
 Fattori che influenzano la frequenza cardiaca 716  
 Fattori che influenzano il volume sistolico 719  
 Riepilogo: controllo della gittata cardiaca 721  
 Cuore e apparato cardiovascolare 722

Rassegna del capitolo 723

**FOCUS**

- Malattie e attacchi cardiaci 700  
 Aritmie cardiache 708

**Caso clinico**

- Un ago nel torace 689

**Discussione clinica**

- Valvole malfunzionanti 697  
 Sindrome del cuore spezzato 702

**21**

**Vasi sanguigni e circolazione 727**



**Introduzione ai vasi sanguigni e alla circolazione** 728

- 21-1 Arterie, elastiche e muscolari, e vene, che contengono valvole, hanno pareti con tre strati; i capillari hanno pareti sottili con un unico strato** 728  
 Struttura della parete di arterie e vene 728  
 Differenze fra arterie e vene 729  
 Arterie 730  
 Capillari 733  
 Vene 735  
 Distribuzione del sangue 736
- 21-2 La pressione e la resistenza determinano il flusso sanguigno e influenzano la velocità degli scambi capillari** 737  
 Introduzione alla pressione e al flusso nei vasi sanguigni 737  
 Pressione 737

- Resistenza periferica totale 737  
 Pressioni nell'apparato cardiovascolare: una panoramica 739  
 Pressioni capillari e scambio capillare 742

- 21-3 Il flusso sanguigno e le pressioni nei tessuti sono regolati da meccanismi di regolazione autonoma e centrale** 745  
 Vasomozione 745  
 Autoregolazione e regolazione centrale 745  
 Autoregolazione del flusso di sangue nei tessuti 745  
 Regolazione centrale: meccanismi nervosi 747  
 Regolazione centrale: meccanismi endocrini 750
- 21-4 L'apparato cardiovascolare si adatta agli stress fisiologici e mantiene sempre l'apporto sanguigno all'encefalo, al cuore e ai polmoni** 752  
 Distretti circolatori speciali 752  
 Risposta dell'apparato cardiovascolare all'attività fisica 753  
 Risposta cardiovascolare all'emorragia 755
- 21-5 I vasi dell'apparato cardiovascolare costituiscono i circoli polmonare e sistemico** 756
- 21-6 Nel circolo polmonare il sangue povero di ossigeno entra nei polmoni mediante arterie, mentre il sangue ricco di ossigeno esce dai polmoni mediante vene** 757
- 21-7 Il circolo sistemico trasporta il sangue ossigenato dal ventricolo sinistro a tutti i tessuti e gli organi, eccetto che ai polmoni, e il sangue povero di ossigeno all'atrio destro** 758  
 Arterie sistemiche 758  
 Aorta ascendente 758  
 Arco aortico 758  
 Vene sistemiche 766
- 21-8 Le modificazioni degli apparati cardiovascolari materno e fetale promuovono lo scambio di materiali, mentre alla nascita i due sistemi diventano indipendenti** 775  
 Circolazione fetale e vascolarizzazione della placenta 775  
 Circolazione fetale nel cuore e nei grandi vasi 775  
 Variazioni cardiovascolari alla nascita 776
- 21-9 L'invecchiamento altera il sangue, il cuore e i vasi sanguigni** 778

**Costruisci la tua conoscenza**

Integrazione dell'apparato CARDIOVASCOLARE con gli altri sistemi o apparati presentati fino a ora 779

Rassegna del capitolo 780

**FOCUS**

- Malattie cardiovascolari congenite 777

**Caso clinico**

- Le antiche mummie avevano l'aterosclerosi? 728

**Discussione clinica**

- Arteriosclerosi 732  
 Vene varicose 736

Edema 744  
 Aneurisma aortico 763  
 Preparazione alla dialisi 770

22

## Sistema linfatico e immunità 785



### Introduzione al sistema linfatico e all'immunità 786

#### 22-1 I vasi, i tessuti e gli organi del sistema linfatico mantengono il volume dei fluidi e hanno un ruolo nelle difese corporee 786

Funzioni del sistema linfatico 787  
 Vasi linfatici e circolazione linfatica 787  
 Cellule linfoidi 790  
 Tessuti linfoidi 790  
 Organi linfoidi 792

#### 22-2 I linfociti sono importanti per l'immunità innata (non specifica) e adattativa (specifica) 796

Tipi di immunità 796  
 Linfociti 797

#### 22-3 Le difese innate rispondono allo stesso modo, indipendentemente dall'invasore 797

Barriere fisiche 797  
 Fagociti 800  
 Sorveglianza immunologica 801  
 Interferoni 802  
 Sistema del complemento 802  
 Infiammazione 802  
 Febbre 805

#### 22-4 Le difese adattative (specifiche) rispondono a specifiche minacce e sono mediate da cellule o da anticorpi 805

Linfociti dell'immunità adattativa 805  
 Tipi di immunità adattativa 805  
 Introduzione all'immunità adattativa 806  
 Forme di immunità adattativa 807  
 Proprietà dell'immunità adattativa 807

#### 22-5 Nell'immunità adattativa cellulo-mediata, gli antigeni presentati attivano i linfociti T, che rispondono producendo linfociti T citotossici e linfociti T helper 809

Attivazione e selezione clonale dei linfociti T 809  
 Funzioni dei linfociti T CD8 attivati 812  
 Funzioni dei linfociti T CD4 attivati: linfociti T helper ( $T_H$ ) e linfociti  $T_H$  della memoria 813  
 Citochine delle difese adattative 813  
 Riepilogo dell'immunità adattativa cellulo-mediata 813

#### 22-6 Nell'immunità adattativa anticorpo-mediata, i linfociti B sensibilizzati rispondono agli antigeni producendo anticorpi specifici 816

Sensibilizzazione e attivazione dei linfociti B 816

Struttura e funzione degli anticorpi 817  
 Risposte primaria e secondaria all'esposizione all'antigene 820

#### 22-7 L'immunocompetenza consente una risposta immunitaria normale; le risposte anormali provocano disturbi immunitari 821

Riepilogo dell'immunità innata e adattativa 821  
 Sviluppo dell'immunocompetenza 822  
 Stress e risposta immunitaria 825  
 Malattie immunitarie 825

#### 22-8 La risposta immunitaria diminuisce con l'invecchiamento 827

#### 22-9 I sistemi nervoso ed endocrino influenzano la risposta immunitaria 829

#### Costruisci la tua conoscenza

Integrazione del sistema LINFATICO con gli altri sistemi o apparati presentati fino a ora 828

#### Rassegna del capitolo 829

#### FOCUS

Citochine del sistema immunitario 814

#### Caso clinico

Non c'è un vaccino per questa malattia? 786

#### Discussione clinica

Linfoadenopatia 793  
 Test di laboratorio per la donazione di organi 809  
 Donazione di organi 811  
 AIDS 827

## UNITÀ 5 SCAMBI CON L'AMBIENTE

23

## Apparato respiratorio 834



### Introduzione all'apparato respiratorio 835

#### 23-1 La principale funzione dell'apparato respiratorio, organizzato in vie aeree superiori e inferiori, è quella di permettere gli scambi gassosi 835

Funzioni dell'apparato respiratorio 835  
 Organizzazione dell'apparato respiratorio 835  
 Mucosa respiratoria e sistema di difesa respiratorio 836

#### 23-2 La porzione di conduzione della parte superiore dell'apparato respiratorio filtra, riscalda e umidifica l'aria 838

Naso e cavità nasali 838  
 Faringe 839

#### 23-3 La porzione di conduzione delle vie aeree inferiori porta aria alla porzione respiratoria e produce i suoni 841

Laringe 841  
 Produzione dei suoni 843

- Trachea 843  
 Albero bronchiale 844
- 23-4 La porzione respiratoria delle vie aeree inferiori è quella in cui avvengono gli scambi gassosi** 846
- Bronchioli respiratori 846  
 Dotti alveolari e alveoli 846  
 Membrana respiratoria 848
- 23-5 Avvolti dalle pleure, i polmoni sono organi pari costituiti da vari lobi** 848
- Anatomia del polmone 848  
 Vascolarizzazione del polmone 850  
 Cavità pleuriche e membrane pleuriche 850
- 23-6 La respirazione esterna e la respirazione interna permettono gli scambi gassosi all'interno dell'organismo** 851
- 23-7 La ventilazione polmonare – lo scambio di aria tra l'atmosfera e i polmoni – coinvolge movimenti muscolari e cambiamenti di volume che provocano cambiamenti pressori** 852
- Introduzione al flusso dell'aria 852  
 Panoramica sulla ventilazione polmonare:  
     cambiamenti di volume e gradienti di pressione 853
- Azioni dei muscoli respiratori 853  
 Cambiamenti di volume nella ventilazione polmonare 855  
 Variazioni di pressione durante la ventilazione polmonare 855  
 Riassunto dei cambiamenti di volume e di pressione che avvengono durante un ciclo respiratorio 857  
 Fattori fisici che influenzano la ventilazione polmonare 857  
 Misurazione della frequenza respiratoria e dei volumi respiratori 857
- 23-8 Gli scambi gassosi dipendono dalle pressioni parziali dei gas e dalla diffusione delle molecole di gas** 860
- Introduzione alla diffusione dei gas 860  
 Diffusione dei gas attraverso la membrana respiratoria 861  
 Riassunto sugli scambi gassosi 862  
 Respirazione interna 863
- 23-9 La maggior parte dell'ossigeno è trasportata legata all'emoglobina, mentre il biossido di carbonio è trasportato in tre modi** 864
- Trasporto dell'ossigeno 864  
 Trasporto del biossido di carbonio 867  
 Riassunto sul trasporto dei gas 868
- 23-10 Centri respiratori del tronco encefalico, insieme ai riflessi respiratori, controllano la respirazione** 868
- Regolazione locale del rilascio di ossigeno e del rapporto ventilazione-perfusione 868  
 Controllo nervoso della respirazione 869

- 23-11 La prestazione respiratoria cambia con l'età** 876
- Cambiamenti nell'apparato respiratorio alla nascita 876  
 Cambiamenti nell'apparato respiratorio nell'anziano 876

- 23-12 L'apparato respiratorio fornisce ossigeno agli altri apparati ed elimina biossido di carbonio da essi** 877

**Costruisci la tua conoscenza**

Integrazione dell'apparato RESPIRATORIO con gli altri sistemi o apparati presentati fino a ora 878

Rassegna del capitolo 879

**FOCUS**

Ventilazione polmonare 854  
 Controllo della respirazione 872

**Caso clinico**

Non c'è riposo per chi è stanco 835

**Discussione clinica**

Abbattimento del sistema di difesa respiratorio 838  
 Pneumotorace 856  
 Malattia da decompressione 862  
 Emogasanalisi 862  
 Avvelenamento da monossido di carbonio 867  
 Fumo e polmoni 877

**24**

**Apparato digerente 884**



Introduzione all'apparato digerente 885

- 24-1 L'apparato digerente, costituito dal tubo digerente e dagli organi annessi, ha la funzione principale di scindere gli alimenti, assorbirne i nutrienti ed eliminare i prodotti di scarto** 885

Funzioni e processi dell'apparato digerente 885  
 Rapporti tra gli organi dell'apparato digerente e il peritoneo: mesenterici 887  
 Organizzazione istologica del tubo digerente 889  
 Motilità del tubo digerente 890  
 Regolazione delle funzioni digestive 891

- 24-2 La cavità orale che contiene la lingua, i denti e le ghiandole salivari, svolge le funzioni di ingestione e disgregazione meccanica del cibo** 893

Cavità orale 893  
 Lingua 894  
 Denti 894  
 Tipi di denti 895  
 Ghiandole salivari 896  
 Digestione meccanica: masticazione 898

- 24-3 La faringe e l'esofago sono condotti che trasportano il cibo dalla cavità orale allo stomaco** 898

Faringe 898  
 Esofago 898  
 Deglutizione 900

- 24-4** **Lo stomaco è un organo a forma di J che riceve il bolo dall'esofago e contribuisce alla sua digestione chimica e meccanica** 901  
Anatomia macroscopica dello stomaco 901  
Istologia dello stomaco 901  
Chiandole e secrezioni gastriche 903  
Fisiologia dello stomaco: digestione chimica 905  
Regolazione dell'attività gastrica durante la digestione 905
- 24-5** **I prodotti di secrezione degli organi accessori della digestione, come pancreas e fegato, permettono la digestione chimica degli alimenti** 905  
Pancreas 908  
Fegato 909  
Cistifellea 914
- 24-6** **Le principali funzioni dell'intestino tenue sono la digestione chimica e l'assorbimento dei nutrienti** 915  
Anatomia macroscopica dell'intestino tenue 915  
Istologia dell'intestino tenue 915  
Fisiologia dell'intestino tenue 918  
Regolazione: coordinazione fra secrezione e assorbimento 918
- 24-7** **L'intestino crasso, che è diviso in tre parti, assorbe acqua dal materiale ingerito ed elimina i prodotti di scarto sottoforma di feci** 921  
Anatomia macroscopica e suddivisione dell'intestino crasso 921  
Istologia dell'intestino crasso 923  
Fisiologia dell'intestino crasso 923
- 24-8** **La digestione chimica del cibo consiste nell'idrolisi enzimatica dei nutrienti che ne permette il successivo assorbimento e l'utilizzo da parte del corpo** 926  
Idrolisi enzimatica dei nutrienti 926  
Digestione e assorbimento dei carboidrati 927  
Digestione e assorbimento dei lipidi 929  
Digestione e assorbimento delle proteine 930  
Digestione e assorbimento degli acidi nucleici 930  
Assorbimento di acqua, ioni e vitamine 930
- 24-9** **Molti cambiamenti correlati con l'età influenzano la digestione e l'assorbimento** 931
- 24-10** **L'apparato digerente è fortemente integrato con altri sistemi o apparati corporei** 932

**Costruisci la tua conoscenza**

Integrazione dell'apparato **DIGERENTE** con gli altri sistemi o apparati presentati fino a ora 933

Rassegna del capitolo 934

**FOCUS**

Regolazione dell'attività gastrica 906  
Eventi chimici durante la digestione 928

**Caso clinico**

Un trapianto insolito 885

**Discussione clinica**

Peritonite 887  
Rinnovamento e riparazione degli epitelii 890  
Parotite 897  
Gastrite e ulcere peptiche 903  
Pancreatite 909  
Cirrosi 910  
Cancro coloretale 923  
Colonscopia 926

**25****Metabolismo, nutrizione ed energetica 939****Introduzione a metabolismo, nutrizione ed energetica** 940

- 25-1** **Il metabolismo è la somma di tutte le reazioni cataboliche e anaboliche che avvengono nel corpo, mentre l'energetica rappresenta il flusso e la trasformazione dell'energia** 940  
Metabolismo 940  
Energetica 942  
Ossidazione e riduzione 942
- 25-2** **Il metabolismo dei carboidrati genera ATP attraverso il catabolismo del glucosio e forma glucosio tramite la gluconeogenesi** 943  
Una visione d'insieme del catabolismo del glucosio 943  
Catabolismo del glucosio: glicolisi 943  
Catabolismo del glucosio: destino del piruvato 944  
Catabolismo del glucosio: metabolismo aerobico 944  
Catabolismo del glucosio: resa energetica della glicolisi e del metabolismo aerobico 948  
Anabolismo del glucosio: gluconeogenesi 950
- 25-3** **Il metabolismo dei lipidi consente l'immagazzinamento a lungo termine e la produzione di energia** 951  
Catabolismo dei lipidi: lipolisi 951  
Anabolismo lipidico: lipogenesi 953  
Immagazzinamento dei lipidi e rilascio di energia 953  
Trasporto e distribuzione dei lipidi 953
- 25-4** **Il metabolismo proteico fornisce aminoacidi e sintetizza le proteine** 956  
Catabolismo degli aminoacidi 956  
Sintesi delle proteine 956
- 25-5** **L'organismo sperimenta due modelli di attività metabolica: immagazzinamento di energia nelle fasi di assorbimento e rilascio di energia in quelle post-assorbimento** 957
- 25-6** **Una nutrizione adeguata è necessaria per assicurare le funzioni fisiologiche** 959  
Gruppi alimentari e dieta bilanciata 959  
Bilancio azotato 962  
Ruolo dei minerali e delle vitamine 962

- 25-7 Il tasso metabolico rappresenta il consumo calorico medio e la termoregolazione comprende meccanismi equilibratori di produzione e di perdita di calore** 966  
 Guadagni e perdite di energia 966  
 Termoregolazione 967

Rassegna del capitolo 972

**FOCUS**

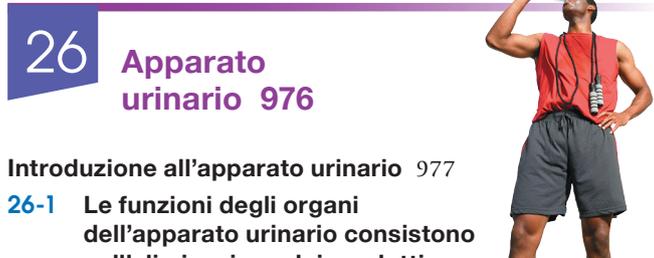
- Sistema di trasporto degli elettroni e formazione dell'ATP 947  
 Stati di assorbimento e di post-assorbimento 960

**Caso clinico**

Supplemento miracoloso 940

**Discussione clinica**

- Carico di carboidrati 951  
 Grassi della dieta e colesterolo 955  
 Prelievo di sangue per misurare i livelli di grassi 955  
 Vitamine 965  
 Alcool e patologia 965  
 Alcool in numeri 965  
 Anoressia 966  
 Supercibi 966  
 Ipotermia in sala operatoria 970  
 Eccesso di calore corporeo 971  
 Carenza di calore corporeo 971



**26 Apparato urinario 976**

Introduzione all'apparato urinario 977

- 26-1 Le funzioni degli organi dell'apparato urinario consistono nell'eliminazione dei prodotti di rifiuto e nella regolazione dei fluidi corporei** 977  
 Organi dell'apparato urinario 977  
 Funzioni dell'apparato urinario 978
- 26-2 I reni sono organi altamente vascolarizzati che contengono unità funzionali dette nefroni** 978  
 Posizione e strutture associate dei reni 978  
 Anatomia macroscopica dei reni 979  
 Vascolarizzazione e innervazione dei reni 980  
 Anatomia microscopica del rene: il nefrone e il sistema collettore 982
- 26-3 Differenti segmenti del nefrone formano l'urina tramite la filtrazione, il riassorbimento e la secrezione** 987  
 Prodotti di rifiuto 987  
 Processi di base della formazione dell'urina 987
- 26-4 Il glomerulo filtra il sangue attraverso la membrana di filtrazione per produrre il filtrato; diverse pressioni determinano la velocità di filtrazione glomerulare** 989  
 Funzioni della membrana di filtrazione 989  
 Pressioni di filtrazione 989  
 Velocità di filtrazione glomerulare (VFG) 990  
 Regolazione della VFG 991

- 26-5 Il tubulo renale riassume nutrienti, ioni e acqua e secerne ioni e prodotti di rifiuto; il sistema collettore riassume ioni e acqua** 993  
 Principi del riassorbimento e della secrezione 993  
 Veduta d'insieme delle sostanze riassorbite e secrete 994  
 Riassorbimento e secrezione nel TCP 995  
 Riassorbimento e secrezione lungo l'ansa del nefrone 995  
 Riassorbimento e secrezione nel TCD 997  
 Riassorbimento e secrezione nel sistema collettore 1000

- 26-6 La moltiplicazione controcorrente permette al rene di regolare il volume e la concentrazione dell'urina** 1001  
 Ansa del nefrone e moltiplicazione controcorrente 1001  
 Controllo del volume e della concentrazione osmotica dell'urina: produzione di urina diluita o concentrata 1003  
 Funzione dei vasa recta: lo scambio controcorrente 1005  
 Composizione e analisi dell'urina 1005

- 26-7 L'urina è trasportata dagli ureteri, immagazzinata nella vescica ed eliminata attraverso l'uretra grazie al riflesso della minzione** 1009  
 Ureteri 1009  
 Vescica urinaria 1010  
 Uretra 1011  
 Riflesso della minzione: riempimento e svuotamento della vescica 1012

- 26-8 Cambiamenti correlati all'età influiscono sulla funzione renale e sul riflesso della minzione** 1013

- 26-9 L'apparato urinario è uno dei diversi sistemi corporei coinvolti nell'escrezione dei prodotti di rifiuto** 1014

**Costruisci la tua conoscenza**

Integrazione dell'apparato URINARIO con gli altri sistemi o apparati presentati fino a ora 1015

Rassegna del capitolo 1016

**FOCUS**

Riepilogo della funzione renale 1006

**Caso clinico**

Un caso di sanguinamento nascosto 977

**Discussione clinica**

- Glomerulonefrite 984  
 Diuretici 1000  
 Ostruzione delle vie urinarie 1013  
 Insufficienza renale e trapianto del rene 1014



**27 Equilibrio dei fluidi, degli elettroliti e acido-base 1021**

Introduzione a equilibrio dei fluidi, degli elettroliti e acido-base 1022

- 27-1** L'equilibrio dei fluidi, degli elettroliti acido-base sono correlati ed essenziali per l'omeostasi 1022
- 27-2** Il LEC e il LIC costituiscono i compartimenti fluidi che contengono concentrazioni differenti di soluti, che sono strettamente regolate 1023  
Contenuto corporeo di acqua 1023  
Compartimenti fluidi del LEC e del LIC 1023  
Scambi di soluti fra LEC e LIC 1024  
Visione d'insieme sulla regolazione dell'equilibrio dei fluidi e degli elettroliti 1025
- 27-3** L'equilibrio dei fluidi è basato sulla regolazione e sulla distribuzione dei guadagni e delle perdite di acqua 1027  
Guadagni e perdite di fluidi 1027  
Spostamento dell'acqua fra i compartimenti dei fluidi 1028  
Spostamenti di fluidi fra LEC e LIC 1028
- 27-4** Le concentrazioni degli elettroliti sodio, potassio, calcio, magnesio, fosfato e cloruro sono finemente regolate per il mantenimento dell'equilibrio 1030  
Equilibrio del sodio 1030  
Equilibrio del potassio 1033  
Equilibrio di altri elettroliti 1034
- 27-5** Nell'equilibrio acido-base, la regolazione del pH nei liquidi corporei si avvale dei sistemi tampone e dei meccanismi compensatori renali e respiratori 1036  
Tipi di acidi nell'organismo 1036  
Meccanismi di controllo del pH: i sistemi tampone 1036  
Mantenimento dell'equilibrio acido-base 1041
- 27-6** I disturbi dell'equilibrio acidobase possono essere classificati come respiratori o metabolici 1042  
Disturbi respiratori dell'equilibrio acido-base 1045  
Disturbi metabolici dell'equilibrio acido-base 1046  
Acidosi respiratoria combinata con quella metabolica 1049  
Diagnosi dell'acidosi e dell'alcalosi 1049
- 27-7** L'invecchiamento agisce sull'equilibrio dei fluidi, degli elettroliti e acido-base 1049

Rassegna del capitolo 1051

### FOCUS

Diagnosi dei disturbi dell'equilibrio acido-base 1050

### Caso clinico

Quando la terapia peggiora la situazione 1022

### Discussione clinica

Acqua e perdita di peso 1029

Atleti e perdita di sali 1033

Bevande per sportivi 1033

## UNITÀ 6 CONTINUITÀ DELLA VITA

### 28 Apparato genitale 1055



#### Introduzione all'apparato genitale 1056

- 28-1** I componenti degli apparati genitali maschile e femminile producono gameti che si uniscono per dare origine a nuovi individui 1056
- 28-2** I componenti dell'apparato genitale maschile comprendono i testicoli, il dotto deferente, le ghiandole annesse e il pene 1057  
Testicoli e strutture associate 1057  
Anatomia funzionale delle vie spermatiche 1059  
Ghiandole annesse 1061  
Sperma 1063  
Pene 1063
- 28-3** La spermatogenesi avviene nei testicoli e gli ormoni prodotti da ipotalamo, adenoipofisi e testicoli controllano le funzioni riproduttive maschili 1065  
Mitosi e meiosi 1065  
Spermatogenesi 1067  
Maturazione dello spermatozoo 1070  
Anatomia dello spermatozoo 1070  
Regolazione ormonale della funzione riproduttiva maschile 1070
- 28-4** I componenti dell'apparato genitale femminile comprendono le ovaie, le tube uterine, l'utero, la vagina e i genitali esterni 1072  
Ovaie 1073  
Tube uterine 1074  
Utero 1075  
Vagina 1078  
Genitali esterni femminili 1080  
Mammelle 1080
- 28-5** L'oogenesi avviene nelle ovaie e gli ormoni secreti dall'ipotalamo, dall'ipofisi e dalle ovaie controllano le funzioni riproduttive femminili 1082  
Oogenesi 1082  
Ciclo ovarico 1085  
Ciclo uterino 1086  
Coordinazione degli ormoni nei cicli ovarico e uterino 1087
- 28-6** Il sistema nervoso autonomo influenza la funzione sessuale nel maschio e nella femmina 1091  
Funzione sessuale umana 1091  
Contracezione e infertilità 1092  
Malattie trasmesse sessualmente 1093

**28-7 Cambiamenti nei livelli degli ormoni sessuali causano cambiamenti funzionali nel corso della vita** 1093

Sviluppo dei genitali 1093

Effetti dell'invecchiamento 1094

**28-8 L'apparato genitale secerne ormoni che influenzano la crescita e il metabolismo di tutti gli apparati corporei** 1096

**Costruisci la tua conoscenza**

Integrazione dell'apparato GENITALE con gli altri sistemi o apparati presentati fino a ora 1097

Rassegna del capitolo 1098

**FOCUS**

Regolazione ormonale della riproduzione maschile 1071

Regolazione ormonale della riproduzione femminile 1088

**Caso clinico**

E con il bambino fanno tre? 1056

**Discussione clinica**

Circoncisione 1065

Deidroepiandrosterone (DHEA) 1070

Ipertrofia prostatica 1072

Cancro della prostata 1072

Test dell'antigene prostatico specifico (PSA) 1072

Carcinoma ovarico 1075

Pap test 1077

Mastopatia fibrocistica e cancro della mammella 1081

Laparoscopia 1082

Mammoplastica 1082

**29-5 Durante il secondo e il terzo trimestre di gravidanza gli organi del feto crescono e acquisiscono funzionalità** 1115

**29-6 Durante la gestazione, gli apparati materni contribuiscono allo sviluppo del feto; l'apparato genitale subisce cambiamenti strutturali e funzionali** 1117

Regolazione ormonale durante la gestazione 1120

Cambiamenti negli apparati materni 1121

**29-7 La nascita di un bambino avviene con il travaglio, un processo suddiviso in fasi: dilatazione, espulsione e secondamento** 1123

Inizio del travaglio 1123

Fasi del travaglio 1123

Complicanze del travaglio e del parto e nascite multiple 1124

**29-8 Gli stadi postnatali sono il periodo neonatale, la prima infanzia, l'infanzia, l'adolescenza e la maturità, seguiti da senescenza e morte** 1126

Periodo neonatale, prima infanzia e infanzia 1127

Adolescenza e maturità 1130

Senescenza e morte 1131

**29-9 Geni e cromosomi determinano i modelli ereditari** 1131

Genotipo e fenotipo 1131

Cromosomi e alleli omologhi 1132

Modelli autosomici di ereditarietà 1132

Modelli di ereditarietà legati al sesso 1135

Fonti di variazione individuale 1136

Effetto dei fattori ambientali: penetranza ed espressività 1138

Genoma umano 1138

Rassegna del capitolo 1140

**FOCUS**

Membrane extraembrionali e formazione della placenta 1112

**Caso clinico**

I gemelli che non lo sembravano affatto 1104

**Discussione clinica**

Aborto 1123

Taglio cesareo 1126

Amniocentesi 1137

Anomalie cromosomiche 1137

**Risposte alle domande di verifica, alle domande di riepilogo, ai casi clinici e alle domande associate alle figure**

R-1

**Appendici**

Appendice A Valori fisiologici normali A-1

Appendice B Misure della pressione dei gas e tempi di turnover cellulare A-3

Appendice C Tabella dei codoni A-4

Appendice D Tavola periodica A-5

**Glossario** G-1

**Indice analitico** I-1

**29 Sviluppo ed ereditarietà 1103**



**Introduzione allo sviluppo e all'ereditarietà** 1104

**29-1 Un oocita fecondato si differenzia durante lo sviluppo prenatale per formare un individuo in un processo geneticamente determinato; lo sviluppo postnatale porta quell'individuo alla maturità** 1104

**29-2 Fecondazione: la fusione di un oocita secondario e di uno spermatozoo forma uno zigote** 1105

Oocita secondario e spermatozoo prima della fecondazione 1105

Processo di fecondazione 1105

Eventi dopo la fecondazione 1106

**29-3 Lo sviluppo prenatale (gestazione) è suddiviso in tre periodi: primo, secondo e terzo trimestre** 1107

**29-4 Il primo trimestre include lo sviluppo pre-embriale ed embrionale, che comporta processi di clivaggio, impianto, placentazione ed embriogenesi** 1107

Il periodo pre-embriale 1108

Periodo embrionale 1109

# 6

## Ossa e struttura ossea

### Obiettivi di apprendimento

Questi obiettivi di apprendimento corrispondono al numero delle sezioni in cui è diviso il capitolo e indicano ciò che dovresti essere capace di fare dopo averlo completato.

- 6-1 ■ **Descrivere le funzioni principali dell'apparato scheletrico.** p. 181
- 6-2 ■ **Classificare le ossa sulla base della forma e della struttura, fornire un esempio per ogni tipo e spiegare l'importanza funzionale di ciascuna delle principali caratteristiche di superficie delle ossa.** p. 182
- 6-3 ■ **Riconoscere i diversi tipi di cellule dell'osso ed elencare le loro funzioni principali.** p. 183
- 6-4 ■ **Confrontare le strutture e le funzioni dell'osso compatto e dell'osso spugnoso.** p. 187
- 6-5 ■ **Confrontare i meccanismi dell'ossificazione endocondrale e dell'ossificazione intramembranosa.** p. 190
- 6-6 ■ **Descrivere il rimodellamento e i meccanismi omeostatici dell'apparato scheletrico.** p. 194
- 6-7 ■ **Discutere gli effetti che producono l'esercizio fisico, gli ormoni e la nutrizione sullo sviluppo osseo e sull'apparato scheletrico.** p. 196
- 6-8 ■ **Spiegare il ruolo del calcio e la sua correlazione con l'apparato scheletrico.** p. 198
- 6-9 ■ **Descrivere i diversi tipi di fratture e spiegare come si riparano.** p. 201
- 6-10 ■ **Riassumere gli effetti del processo di invecchiamento sull'apparato scheletrico.** p. 204





La mamma di Alex è in attesa al pronto soccorso da più di due ore, da quando suo figlio è entrato per una radiografia. Il povero Alex è stato portato a casa da una partita di calcio di terza categoria. L'allenatore ha detto che non è stato testimone dell'incidente, ma pare che Alex si sia girato e sia caduto senza avere urtato altri giocatori. Non era in grado di reggersi in piedi sulla sua gamba sinistra.

Un ragazzo gentile, che *non* indossa un camice bianco, la avvicina.

“Signora Otero, io sono il signor Wang, l'operatore sociale dell'ospedale. Sono qui per parlare con lei di suo figlio. Alex ha una frattura acuta alla tibia e alla fibula – le ossa della gamba – ma ha anche due fratture guarite alle coste e una frattura in via di guarigione al braccio. Noi temiamo che sia stato vittima di un abuso infantile. Pertanto, è stato



ricoverato affinché possiamo fare ulteriori indagini”.

La signora Otero è sconvolta dall'ipotesi di abuso infantile. Lei sa che nessuno a casa gli ha fatto del male. Alex aveva lamentato un dolore alla spalla dopo aver giocato alle spalliere orizzontali alcuni giorni prima, ma lei non aveva sospettato che il suo braccio fosse rotto. Considera Alex molto simile a sé. Entrambi sono in qualche modo fragili e inclini alla rottura delle ossa, benché

lei non abbia avuto ulteriori fratture da quando si è sposata. Entrambi hanno denti scoloriti e fragili. Inoltre, abbastanza stranamente, la sclera dei loro occhi ha una colorazione bluastra. **Se Alex non è vittima di un abuso infantile, cos'altro potrebbe spiegare le sue fratture multiple? Per scoprirlo, vai al Caso clinico – finale a p. 206.**

### Introduzione alle ossa e al tessuto osseo

Molte persone ritengono che lo scheletro sia noioso, ma ciò non corrisponde al vero. Le ossa dello scheletro sono molto più che dei semplici sostegni dai quali pendono i muscoli; esse possiedono una grande varietà di funzioni vitali. Le nostre ossa sono organi complessi e dinamici che cambiano continuamente per adattarsi alle richieste cui li sottoponiamo costantemente. Oltre ad altre funzioni, le ossa sostengono il peso del corpo e lavorano insieme ai muscoli per mantenere la postura del corpo e produrre movimenti controllati e precisi. Senza lo scheletro, le contrazioni delle fibre muscolari non ci consentirebbero di sederci, stare in piedi, camminare o correre.

I Capitoli 6-9 descrivono la struttura e la funzione dell'apparato scheletrico. Questo capitolo comincia con una breve introduzione all'apparato scheletrico, poi approfondisce la presentazione delle ossa, introdotta nel Capitolo 4, dove è stato descritto l'osso, o tessuto osseo, un connettivo di sostegno. ➔ p. 137 Inoltre, vengono esaminati i meccanismi coinvolti in crescita, rimodellamento e riparazione dello scheletro. Il capitolo esplora anche come la struttura delle ossa permetta loro di svolgere le proprie funzioni.

### 6-1 L'apparato scheletrico svolge diverse funzioni fondamentali

**Obiettivo di apprendimento** Descrivere le funzioni principali dell'apparato scheletrico

L'**apparato scheletrico** comprende le ossa dello scheletro, le cartilagini, i legamenti e altri tessuti connettivi che stabilizzano o interconnettono le ossa. Tale apparato ha le seguenti funzioni principali.

- **Sostegno.** L'apparato scheletrico fornisce supporto strutturale all'intero corpo; ossa singole o gruppi di ossa costituiscono l'impalcatura che sostiene i tessuti molli e gli organi.

- **Deposito di minerali e lipidi.** I minerali sono ioni inorganici che contribuiscono alla concentrazione osmotica dei fluidi corporei, come vedremo nel Capitolo 25. Essi partecipano anche a diversi processi fisiologici e numerosi minerali sono importanti come cofattori enzimatici. Il calcio è il minerale più abbondante nel corpo umano. I sali di calcio presenti nelle ossa costituiscono un'importante riserva minerale che mantiene costante la concentrazione di ioni calcio e fosfato nei liquidi corporei. Oltre a rappresentare una riserva di minerali, le ossa dello scheletro immagazzinano riserve energetiche sotto forma di lipidi nel *midollo osseo giallo*, un tessuto adiposo che si trova in determinate cavità interne dell'osso.
- **Produzione delle cellule del sangue.** Globuli rossi, globuli bianchi e altri elementi del sangue sono prodotti nel *midollo osseo rosso*, che riempie le cavità interne di numerose ossa. Descriveremo la formazione delle cellule del sangue quando esamineremo l'apparato cardiovascolare e il sistema linfatico (Capitoli 19 e 22).
- **Protezione.** Gli elementi scheletrici circondano molti tessuti molli e organi. Le coste proteggono il cuore e i polmoni, la scatola cranica racchiude l'encefalo, le vertebre circondano il midollo spinale e la pelvi protegge gli organi delicati degli apparati digerente e genitale.
- **Sistema di leve.** Molte ossa dello scheletro funzionano come delle leve, che possono modificare l'ampiezza e la direzione delle forze generate dai muscoli scheletrici. I movimenti generati variano dai movimenti fini delle dita a quelli ampi del cambiamento di posizione dell'intero corpo.

Tutte le caratteristiche e le proprietà dell'apparato scheletrico dipendono, in definitiva, dalle proprietà uniche e

dinamiche dell'osso. I preparati ossei che si studiano in laboratorio o che si osservano negli scheletri di organismi morti sono solo la parte secca che resta dei tessuti viventi. Essi stanno all'osso di un organismo vivente come un asse di legno essiccato al forno sta a una quercia viva.

## ✓ Verifica

1. Descrivi le funzioni principali dell'apparato scheletrico.

Guarda la linguetta blu Risposte alla fine del libro.

## 6-2 Le ossa sono classificate in base a forma e struttura e possiedono una varietà di caratteristiche di superficie

**Obiettivo di apprendimento** Classificare le ossa sulla base della forma e della struttura, fornire un esempio per ogni tipo e spiegare l'importanza funzionale di ciascuna delle principali caratteristiche di superficie delle ossa.

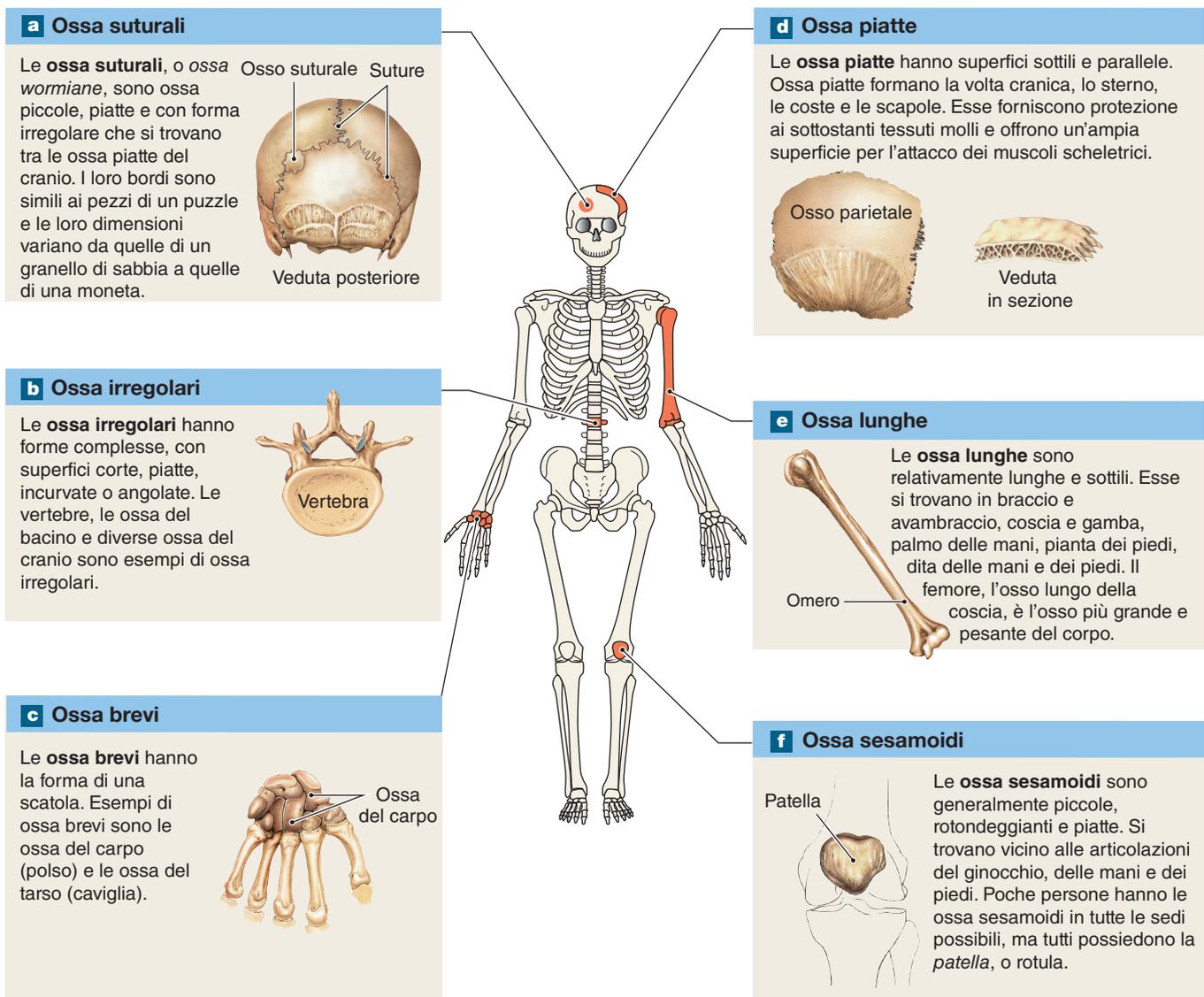
Le ossa sono classificate in base all'aspetto generale e alla struttura. Iniziamo la nostra discussione con la forma delle ossa, ponendo attenzione a rilievi, solchi e fori associati alle ossa, e infine terminiamo con la struttura delle ossa.

## Forma delle ossa

Lo scheletro adulto contiene normalmente 206 ossa principali. Possiamo suddividerle in sei categorie generali, in base alla loro forma individuale (**Figura 6-1**).

- Le **ossa suturali**, o *ossa wormiane*, sono ossa piccole, piatte e con forma irregolare che si trovano tra le ossa piatte del cranio (**Figura 6-1a**). Ci sono variazioni individuali nel numero, nella forma e nella posizione delle ossa suturali.
- Le **ossa irregolari** hanno forme complesse (**Figura 6-1b**).

**Figura 6-1** Classificazione delle ossa in base alla forma.



- Le **ossa brevi** sono a forma di scatola, con dimensioni approssimativamente uguali (**Figura 6-1c**).
- Le **ossa piatte** hanno superfici sottili, parallele, che danno luogo a una superficie appiattita (**Figura 6-1d**).
- Le **ossa lunghe** sono relativamente lunghe e sottili e sono formate da un corpo con due estremità, che sono più ampie del corpo (**Figura 6-1e**).
- Le **ossa sesamoidi** sono generalmente piccole, tondeggianti, piatte e conformate come un seme di sesamo (**Figura 6-1f**). Tendono a svilupparsi all'interno dei tendini. A eccezione della *patella*, o rotula, esistono variazioni individuali nella localizzazione e nel numero delle altre ossa sesamoidi. Queste variazioni, oltre al numero variabile di ossa suturali, spiegano le differenze individuali nel numero totale delle ossa dello scheletro. (Le ossa sesamoidi si possono formare in almeno 26 sedi diverse).

### Punti di reperi ossei

La superficie di ogni osso del corpo possiede caratteristici **punti di reperi ossei** o *caratteristiche di superficie*. Alcuni esempi includono sporgenze, aperture e depressioni. Sporgenze si formano dove muscoli, tendini e legamenti si attaccano e dove ossa adiacenti si articolano. Aperture o depressioni nell'osso individuano zone in cui vasi sanguigni o nervi si localizzano o vi penetrano. L'esame dettagliato di questi punti di reperi ossei può fornire una serie di informazioni anatomiche. Per esempio, gli antropologi, i criminologi e i patologi possono spesso determinare la corporatura, l'età, il sesso e l'aspetto generale di un individuo sulla base di resti scheletrici incompleti.

La **Figura 6-2** introduce importanti caratteristiche di superficie dell'osso. Essa illustra specifici termini anatomici per descrivere le diverse sporgenze, depressioni e aperture. Questi segni forniscono i punti di riferimento che possono aiutarci a determinare la posizione dei componenti di tessuti molli di altri apparati.

### Struttura dell'osso

La **Figura 6-3a** illustra l'anatomia del femore, l'osso lungo della coscia. Questo rappresentativo osso lungo presenta un lungo corpo cilindrico o **diafisi**. Alle due estremità si trovano aree espanse, conosciute come **epifisi**. La diafisi è unita a ciascuna epifisi da una zona ristretta detta **metafisi**.

La parete della diafisi è formata da uno strato di tessuto osseo compatto, o *osso denso*. L'**osso compatto** è relativamente denso e solido. L'osso compatto forma uno strato protettivo robusto che circonda una cavità centrale chiamata **cavità midollare** (*midollo*, la parte più interna).

Le epifisi sono formate per la maggior parte da osso spugnoso. L'**osso spugnoso**, detto anche *osso trabecolare*, è formato da una rete aperta di trabecole e lamelle che somiglia a un reticolato tridimensionale.

Nella **Figura 6-3b** si osserva la struttura di un osso piatto del cranio, una delle *ossa parietali*. Un osso piatto è simi-

le a un panino, con gli strati di osso compatto che rivestono una parte centrale di osso spugnoso. All'interno del cranio, lo strato di osso spugnoso che si trova tra gli strati di osso compatto è chiamato *diploè*. Sebbene il midollo osseo rosso sia presente all'interno dell'osso spugnoso, non è presente un'estesa cavità midollare come nella diafisi di un osso lungo.

Consideriamo adesso l'organizzazione istologica di un osso tipico.

### ✓ Verifica

2. Individua le categorie utilizzate per classificare un osso in base alla forma.
3. Descrivi i punti di reperi ossei.

Guarda la linguetta blu Risposte alla fine del libro.

## 6-3 L'osso è composto da una matrice e da diversi tipi di cellule: cellule osteogeniche, osteoblasti, osteociti e osteoclasti

**Obiettivo di apprendimento** Riconoscere i diversi tipi di cellule dell'osso ed elencare le loro funzioni principali.

Il tessuto osseo è un tessuto connettivo con funzione di sostegno. Come gli altri tessuti connettivi, contiene cellule specializzate e una matrice extracellulare costituita da fibre di natura proteica e da una sostanza fondamentale amorfa. (Rivedi nel Capitolo 4 la parte relativa a tessuti connettivi densi, cartilagine e osso). ↪ pp. 133, 136

Richiama alla mente le seguenti quattro caratteristiche dell'osso.

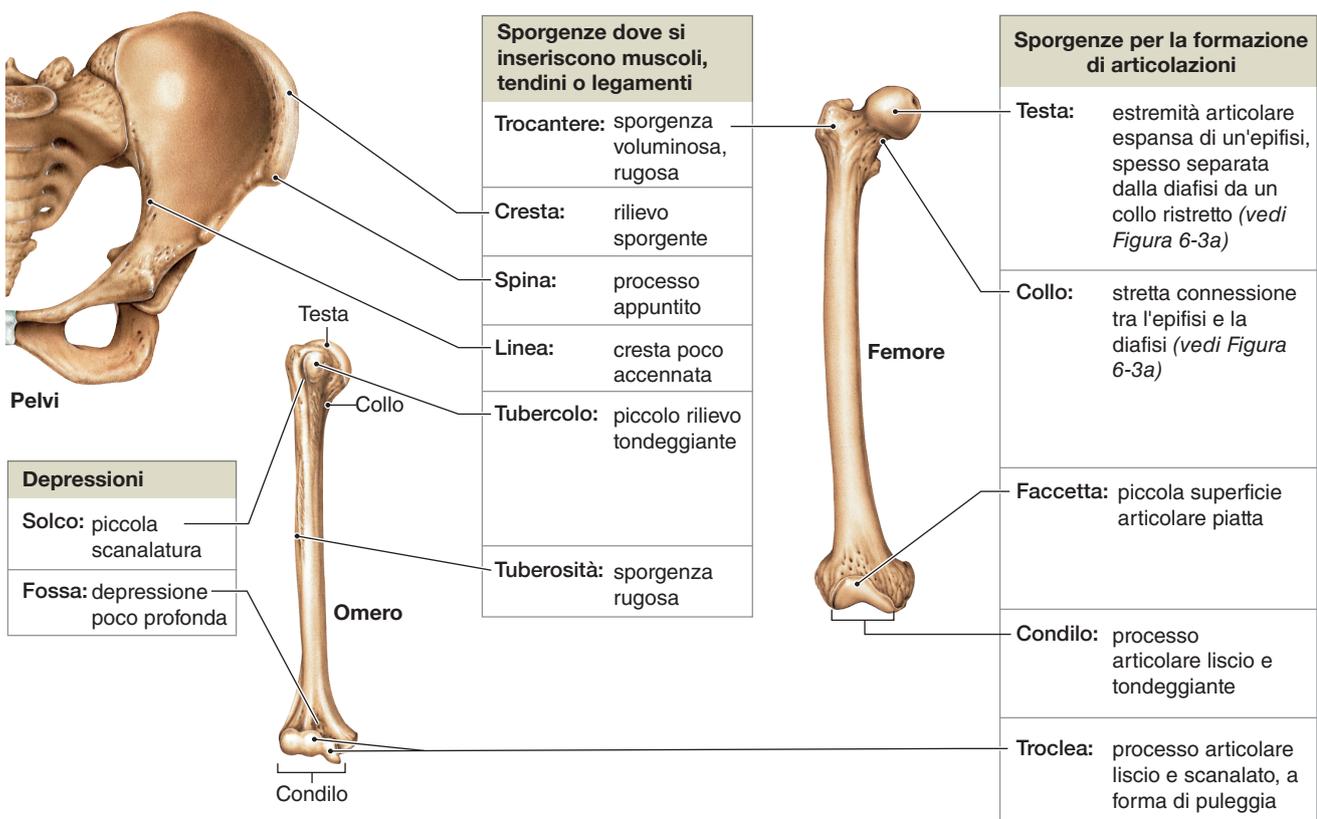
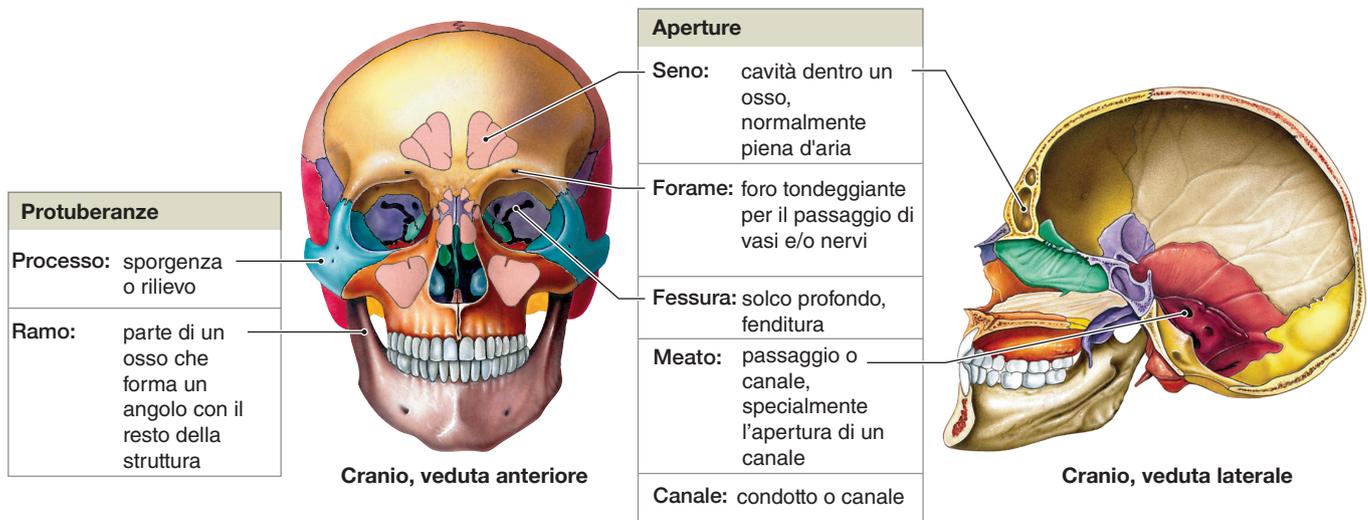
- La matrice dell'osso è molto densa grazie ai depositi di sali di calcio attorno alle fibre proteiche.
- La matrice contiene cellule dell'osso, o *osteociti*, all'interno di piccole cavità, dette *lacune*. (Anche gli spazi occupati dai condrociti nella cartilagine si chiamano lacune. ↪ pp. 136). Le lacune di un osso sono tipicamente organizzate attorno a vasi sanguigni che si ramificano attraverso la matrice ossea.
- I *canalicoli*, strette gallerie che attraversano la matrice, collegano le lacune ai vasi sanguigni, formando una rete molto ramificata che permette gli scambi metabolici tra gli osteociti di sostanze nutritive, rifiuti e gas.
- A eccezione delle superfici articolari, il *periostio* ricopre le superfici esterne delle ossa. Esso è formato da uno strato esterno fibroso e da uno strato interno cellulare.

Diamo ora uno sguardo più approfondito all'organizzazione della matrice e alle cellule dell'osso.

### Matrice ossea

Il fosfato di calcio,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , costituisce quasi 2/3 del peso dell'osso. Esso interagisce con l'idrossido di calcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,

Figura 6-2 Introduzione ai punti di repere ossei.

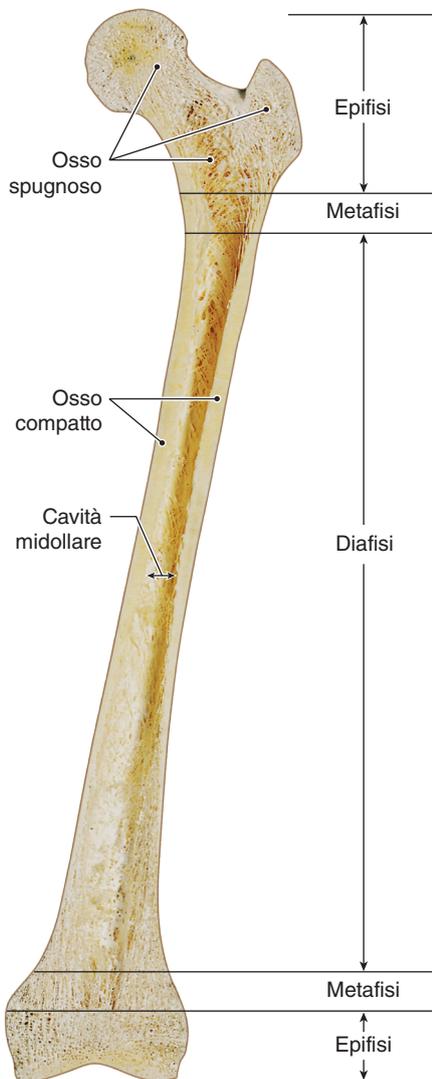


formando cristalli di **idrossiapatite**,  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ . Appena si formano, questi cristalli incorporano altri sali di calcio, come il carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), e ioni, come sodio, magnesio e fluoruro. Un osso senza matrice calcificata appare normale, ma è molto flessibile (Figura 6-4). Il restante terzo del peso dell'osso è dato dalle fibre colla-

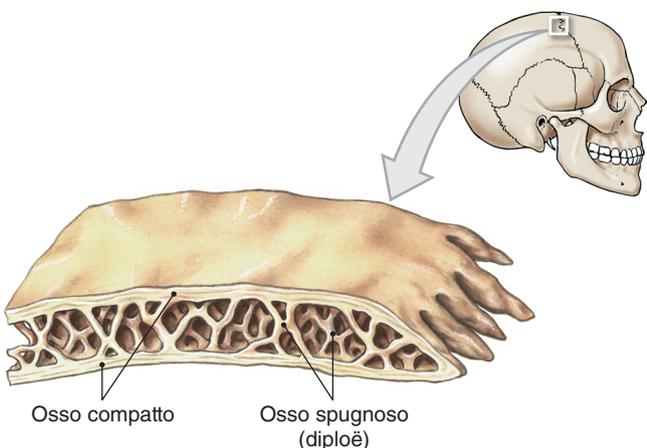
ne. Le cellule contribuiscono solo per il 2% alla massa di un osso normale.

I cristalli di fosfato di calcio sono molto resistenti, ma relativamente rigidi e piuttosto fragili. Essi possono resistere alla compressione, ma potrebbero frantumarsi quando vengono sottoposti a flessione, torsione o urti improvvisi.

**Figura 6-3** Struttura dell'osso.



**a** Struttura di un tipico osso lungo (il femore) in sezione longitudinale



**b** Struttura di un osso piatto (osso parietale)



Dove si trova l'osso spugnoso nelle ossa lunghe? Dove si trova l'osso spugnoso nelle ossa piatte?

**Figura 6-4** Osso senza matrice calcificata.



Le fibre collagene, invece, sono notevolmente resistenti. Quando sono soggette a tensione (trazione), sono più forti dell'acciaio. Flessibili quanto resistenti, esse possono tollerare facilmente la trazione e la torsione, ma presentano una piccola resistenza alla compressione; infatti, quando vengono compresse, si incurvano.

La composizione della matrice dell'osso compatto è la stessa di quella dell'osso spugnoso. Le fibre collagene forniscono una struttura organica su cui possono formarsi cristalli di idrossiapatite. Questi cristalli formano piccole placche e barrette che si trovano intrappolate nelle fibre collagene ad angoli regolari. Il risultato è una combinazione proteina-cristallo che possiede la flessibilità del collagene e la resistenza alla compressione dei cristalli di idrossiapatite. Le interazioni proteine-cristalli conferiscono all'osso robustezza, una certa flessibilità e grande resistenza alla rottura o alla frammentazione quando sottoposto a compressione. Per tutte le sue proprietà, l'osso può essere sicuramente paragonato al miglior cemento armato. In realtà, l'osso è superiore al cemento, in quanto può essere sottoposto a rimodellamento (cicli di formazione e riassorbimento ossei) quando necessario e si ripara autonomamente dopo una frattura.

### Cellule dell'osso

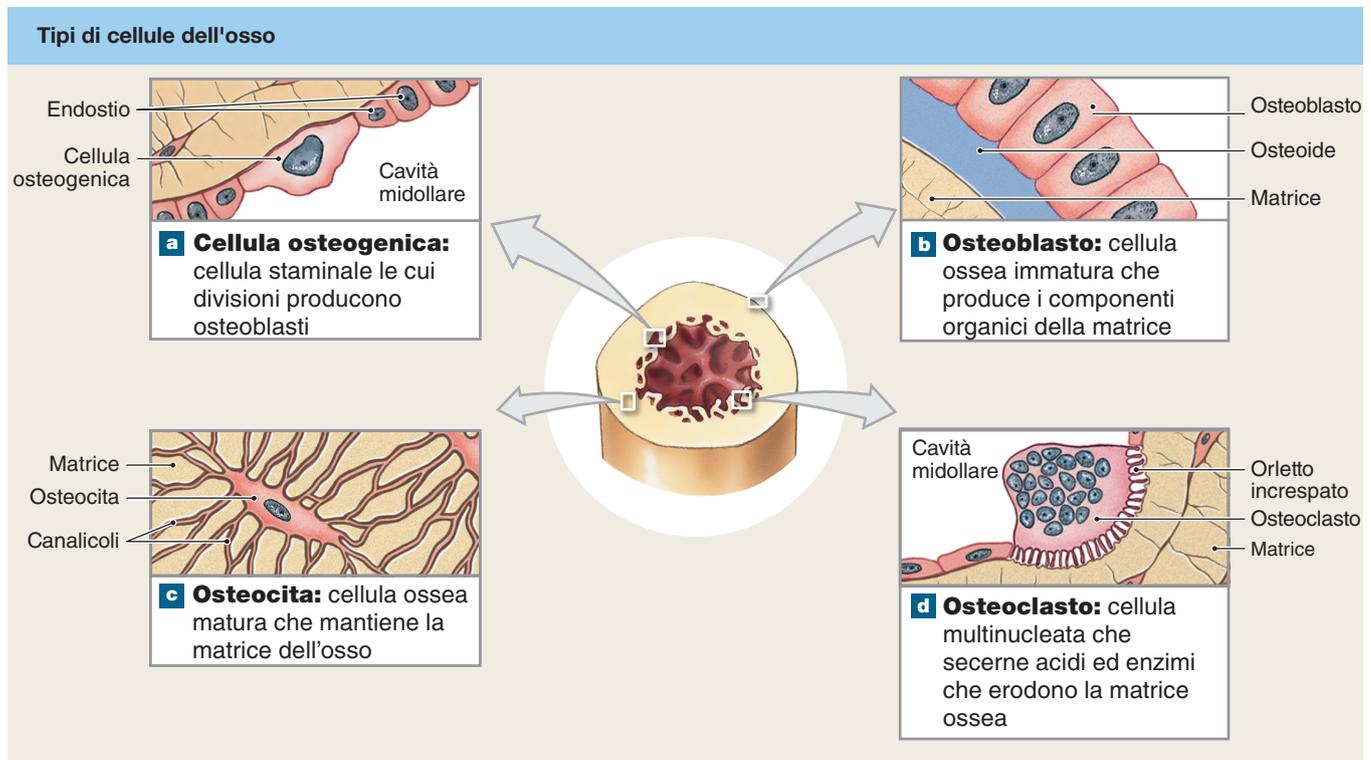
L'osso contiene quattro tipi cellulari: cellule osteogeniche, osteoblasti, osteociti e osteoclasti (Figura 6-5). Riguarda la discussione sull'osso nel Capitolo 4, p.137.

### Cellule osteogeniche

L'osso contiene un piccolo numero di cellule mesenchimali chiamate **cellule osteogeniche** o *osteoprogenitrici*. Queste cellule staminali si dividono per generare cellule figlie che si differenziano in osteoblasti (Figura 6-5a). Le cellule osteogeniche mantengono costante la popolazione degli osteoblasti e sono importanti per la riparazione delle fratture (rottture o crepe in un osso). Esse sono localizzate nello strato cellulare interno del periostio. Si trovano, inoltre, in uno strato più profondo, l'*endostio*, che tappezza le cavità midollari e i canali che contengono i vasi sanguigni che penetrano nella matrice dell'osso compatto.



Figura 6-5 Tipi di cellule dell'osso.



?

Quali sono i tre tipi cellulari dell'osso che sono correlati da un punto di vista di sviluppo e qual è la loro progressione dallo stadio iniziale a quello finale?

### Osteoblasti

Gli **osteoblasti** producono nuova matrice ossea in un processo chiamato **osteogenesi** o **ossificazione**. Essi producono e rilasciano le proteine e gli altri composti organici della matrice. Prima che siano depositati i sali di calcio, questa matrice organica è chiamata **osteotide** (Figura 6-5b). Gli osteoblasti contribuiscono anche a innalzare localmente la concentrazione di fosfato di calcio sopra il suo limite di solubilità, stimolando così la deposizione dei sali di calcio nella matrice organica. Questo processo trasforma l'osteotide in osso. Gli osteociti derivano dagli osteoblasti che sono stati completamente circondati dalla matrice ossea.

### Osteociti

Gli **osteociti** sono le cellule mature dell'osso e rappresentano la maggioranza della popolazione cellulare. Ogni osteocita occupa una lacuna, una piccola cavità scavata tra gli strati della matrice (Figura 6-5c). Gli osteociti non si possono dividere e una lacuna non può contenere più di un osteocita.

Sottili canali, detti **canalicoli**, si irradiano attraverso la matrice. I canalicoli contengono le estroflessioni citoplasmatiche degli osteociti, consentendo così la comunicazione cellula-cellula tra gli osteociti di diverse lacune e l'accesso ai nutrienti forniti dai vasi sanguigni del canale centrale. Osteociti adiacenti sono uniti da giunzioni comunicanti,

che permettono lo scambio di ioni e piccole molecole, comprese le sostanze nutritive e gli ormoni. Il fluido interstiziale che circonda gli osteociti e le estroflessioni fornisce una via addizionale per la diffusione dei nutrienti e dei cataboliti.

Gli osteociti svolgono due funzioni principali.

1. Sono responsabili del mantenimento del contenuto di proteine e minerali della matrice circostante. I componenti della matrice sono continuamente sostituiti. Gli osteociti rilasciano sostanze chimiche che dissolvono la matrice adiacente e i minerali rilasciati entrano nella circolazione sanguigna. Gli osteociti poi ricostruiscono la matrice, stimolando la deposizione di nuovi cristalli di idrossiapatite. La velocità di turnover varia da osso a osso. Prenderemo in considerazione questo processo in una sezione successiva.
2. Partecipano alla riparazione dell'osso danneggiato. Se gli osteociti vengono liberati dalle loro lacune, possono trasformarsi in tipi cellulari meno specializzati, come osteoblasti o cellule osteogeniche. Queste cellule aggiuntive aiutano la riparazione ossea.

### Osteoclasti

Gli **osteoclasti** sono cellule che riassorbono e rimuovono la matrice dell'osso (Figura 6-5d). Sono grandi cellule che contengono 50 o più nuclei. Gli osteoclasti si trovano al-

loggiate in fossette superficiali chiamate *cripte osteoclastiche* (*lacune di Howship*) che essi stessi hanno scavato nella matrice. Gli osteoclasti secernono acidi ed enzimi proteolitici che erodono la matrice e rilasciano i minerali in essa immagazzinati. Durante questo processo, estroflessioni digitiformi, che formano il cosiddetto *orletto increspato* (*ruffled border*), aumentano la superficie di secrezione della cellula in contatto con la matrice circostante. Tale processo erosivo è detto **osteolisi** o **riassorbimento**. I prodotti rilasciati vengono riassorbiti da questo orletto. L'osteolisi è molto importante nella regolazione delle concentrazioni del calcio e del fosfato nei fluidi corporei.

Gli osteoclasti non derivano dalle cellule osteogeniche o dalle loro discendenti. Invece, essi derivano dalle stesse cellule staminali che generano monociti e macrofagi, che sono cellule coinvolte nei meccanismi di difesa del corpo.

Vedremo come queste cellule lavorano insieme nella Sezione 6-6.

### ✓ Verifica

- Le cellule dell'osso maturo sono conosciute come \_\_\_\_\_, le cellule che creano l'osso sono chiamate \_\_\_\_\_ e gli \_\_\_\_\_ sono le cellule che riassorbono l'osso.
- Come si modifica la resistenza alla compressione di un osso se il rapporto tra il collagene e i cristalli di idrossiapatite aumenta?
- Se in un osso l'attività degli osteoclasti supera quella degli osteoblasti, come viene modificata la massa dell'osso?

Guarda la linguetta blu Risposte alla fine del libro.

## 6-4 L'osso compatto contiene osteoni paralleli, mentre l'osso spugnoso contiene trabecole

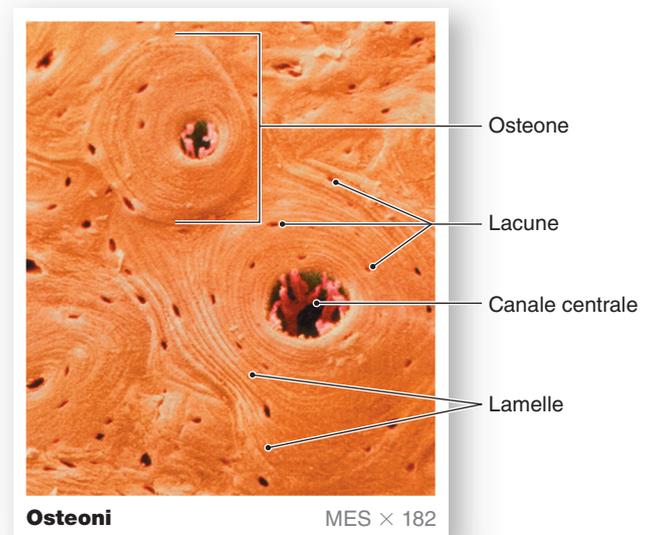
**Obiettivo di apprendimento** Confrontare le strutture e le funzioni dell'osso compatto e dell'osso spugnoso.

L'osso compatto ha funzioni di protezione, di sostegno e di resistenza alle sollecitazioni. L'osso spugnoso fornisce un certo sostegno e contiene il midollo. In questa sezione esamineremo dettagliatamente la struttura dell'osso compatto e di quello spugnoso, ciò che permette a questi due tipi di osso di svolgere le loro funzioni. Analizzeremo anche i rivestimenti esterno e interno dell'osso, detti rispettivamente periostio ed endostio.

### Struttura dell'osso compatto

A livello microscopico, l'unità funzionale dell'osso compatto maturo è l'**osteone**, o *sistema di Havers*. In un osteone, gli osteociti sono disposti in strati concentrici attorno a un **canale centrale** vascolare, o *canale di Havers* (Figura 6-6). Questo canale contiene uno o più vasi sanguigni (di solito un capillare e una *venula*, una vena molto piccola) che vascolarizzano l'osteone (Figura 6-7a). I canali centrali generalmente decorrono parallelamente alla superficie dell'osso. Altri canali, conosciuti come **canali perforanti** o

Figura 6-6 Osteoni dell'osso compatto.



*canali di Volkmann*, si estendono perpendicolarmente alla superficie. I vasi sanguigni contenuti in questi canali distribuiscono il sangue sia agli osteoni più profondi dell'osso che ai tessuti della cavità midollare.

La matrice ossea forma degli strati chiamati **lamelle**. Le lamelle di ogni osteone formano una serie di cilindri concentrici intorno al canale centrale. In sezione trasversale, queste *lamelle concentriche* formano un disegno simile a un bersaglio da tirassegno con il canale al centro. Le fibre collagene all'interno di ogni lamella formano una spirale che aumenta la resistenza e la flessibilità (Figura 6-7b).

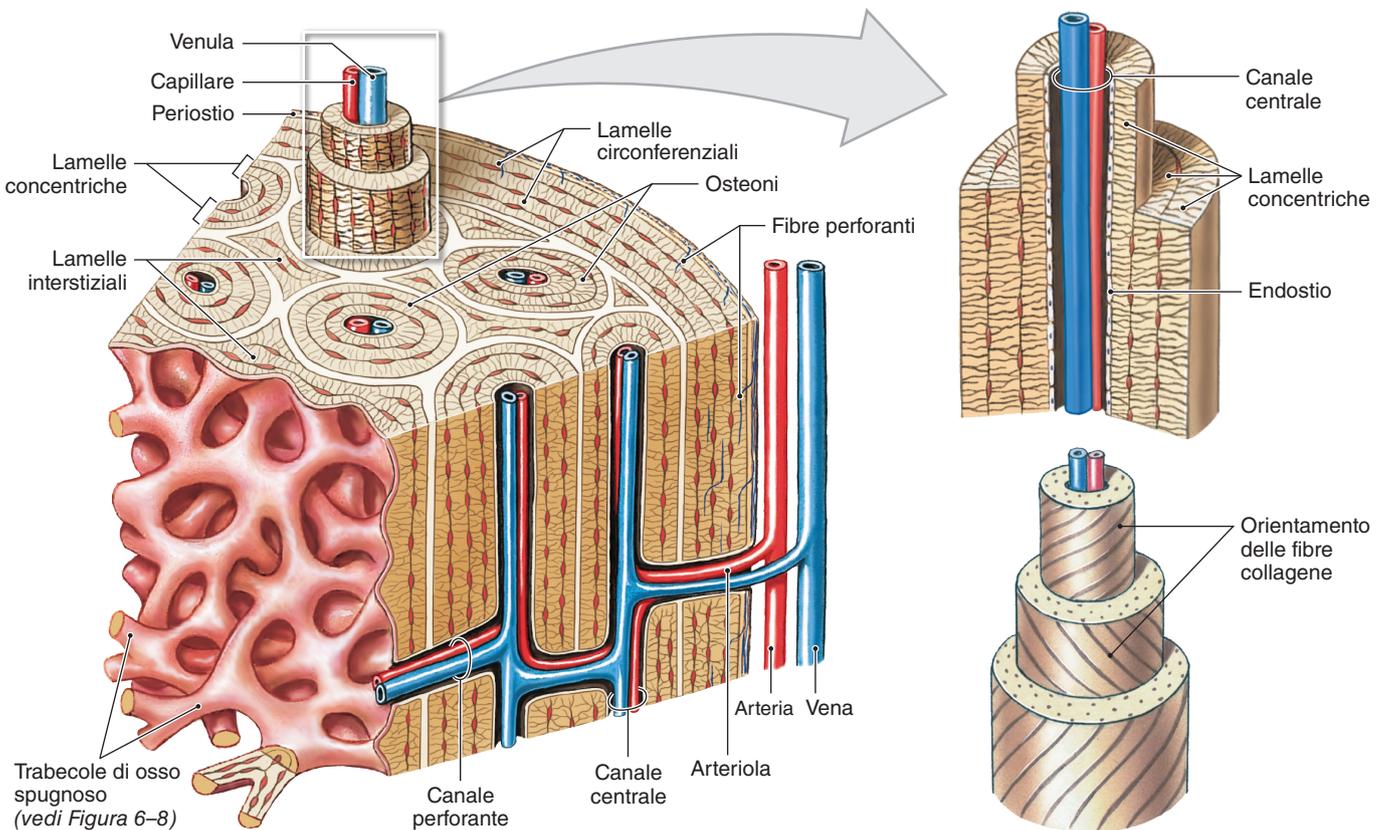
Le *lamelle interstiziali* riempiono gli spazi tra gli osteoni nell'osso compatto. Queste lamelle rappresentano i resti di osteoni i cui componenti della matrice sono stati quasi completamente riciclati dall'azione degli osteoclasti. Le *lamelle circolari* sono presenti sulle superfici interna ed esterna dell'osso, dove sono rivestite, rispettivamente, dal periostio e dall'endostio (vedi Figura 6-7). Queste lamelle sono prodotte durante lo sviluppo dell'osso, come vedremo nella Sezione 6-6.

### Consigli & Trucchi

Per comprendere il rapporto tra le fibre collagene e la matrice dell'osso, immagina le barre di acciaio che sono utilizzate per rafforzare il cemento. Come le barre nel cemento, le fibre collagene rendono l'osso più flessibile e resistente alla trazione.

L'osso compatto è più spesso dove le sollecitazioni derivano da un limitato numero di direzioni. Tutti gli osteoni nell'osso compatto sono allineati nella stessa direzione, rendendo l'osso molto resistente quando le sollecitazioni seguono l'asse dell'allineamento. Si può immaginare un

Figura 6-7 Struttura dell'osso compatto.



**a** Organizzazione degli osteoni e delle lamelle nell'osso compatto

**b** Orientamento delle fibre collagene in lamelle adiacenti di un osteone

?

Quali sono le tre modalità in cui si organizzano le lamelle nell'osso compatto?

singolo osteone come una cannuccia con pareti molto spesse. Quando si prova a spingere le estremità della cannuccia una contro l'altra o a tirarle, essa si mostra molto resistente. Tuttavia, se si mantengono le estremità e si spinge da un lato, la cannuccia si piega ad angolo acuto.

Gli osteoni nella diafisi di un osso lungo sono paralleli all'asse maggiore. Perciò, la diafisi non si piega quando vengono applicate forze alle sue estremità. (Il femore può resistere a pesi di 10-15 volte il peso del corpo senza rompersi). Basta, invece, una forza molto minore, applicata di lato sulla diafisi, per provocare la rottura del femore. La maggior parte delle fratture che si verificano in quest'osso è provocata da improvvisi urti laterali, come quelli che si verificano in una caduta o in un incidente automobilistico.

### Struttura dell'osso spugnoso

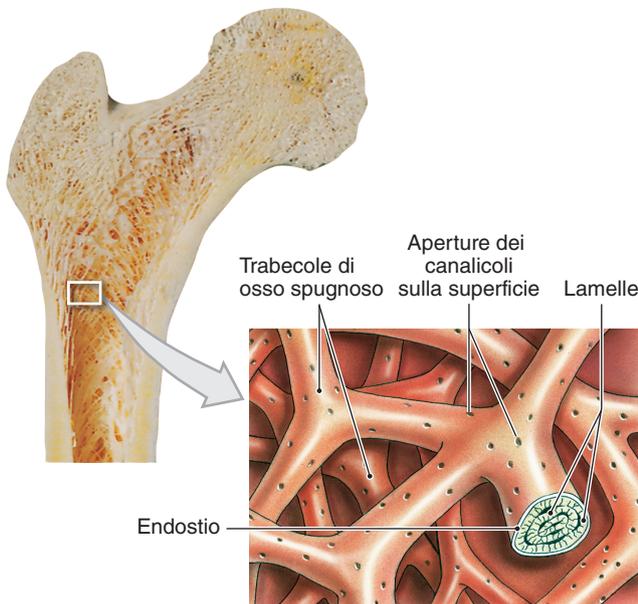
Nell'osso spugnoso, le lamelle non sono disposte a formare osteoni. Non sono presenti osteoni. La matrice dell'osso spugnoso forma un reticolo di fasci di fibre di sostegno

chiamati **trabecole** (Figura 6-8). Queste sottili trabecole si ramificano, creando un reticolo tridimensionale. Le trabecole si orientano lungo le linee di forza e sono ampiamente intersecate tra loro.

L'osso spugnoso è localizzato dove le ossa non sono molto sollecitate o dove le sollecitazioni arrivano da direzioni diverse. Inoltre, è molto più leggero dell'osso compatto. L'osso spugnoso, quindi, riduce il peso dello scheletro e consente ai muscoli di muovere le ossa più facilmente.

La matrice dell'osso spugnoso non contiene né capillari né venule. Invece, l'osso spugnoso all'interno delle epifisi delle ossa lunghe, come il femore, e nella parte interna di altre ossa grandi, come lo sterno e l'ileo (un grande osso della pelvi), contiene il **midollo osseo rosso**, che forma le cellule del sangue. La struttura trabecolare sostiene e protegge le cellule del midollo osseo. I vasi sanguigni presenti nel tessuto trasportano le sostanze nutritive agli osteociti per diffusione lungo i canali che si aprono sulle superfici delle trabecole; inoltre,

**Figura 6-8** Struttura dell'osso spugnoso.



rimuovono i cataboliti generati dagli osteociti. In altri siti, l'osso spugnoso può contenere il **midollo osseo giallo**, un tessuto adiposo importante come riserva di energia.

### Funzioni coordinate dell'osso compatto e spugnoso

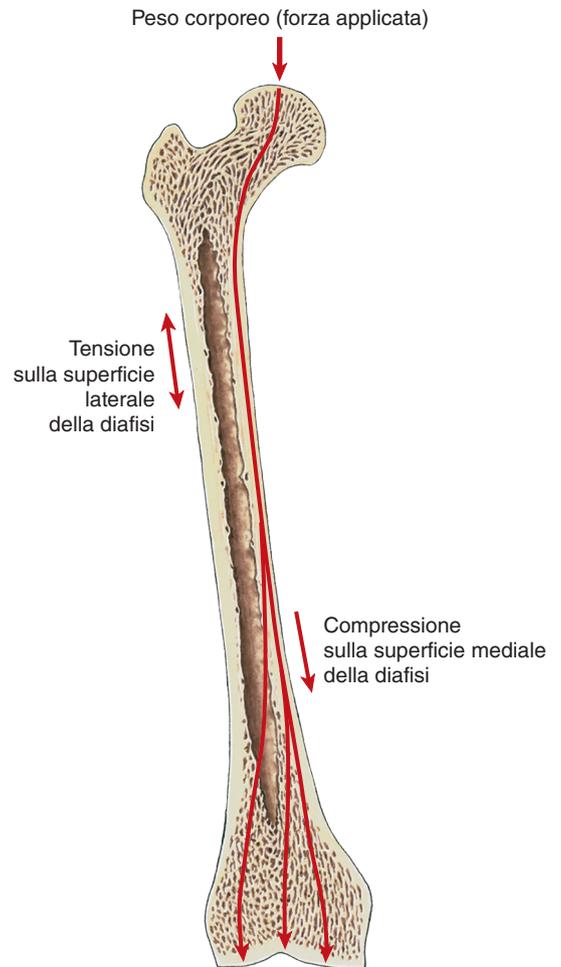
Come lavorano insieme l'osso compatto e l'osso spugnoso per sostenere il peso del corpo? La **Figura 6-9** mostra la distribuzione delle forze applicate sul femore nell'articolazione dell'anca e illustra il rapporto funzionale che si instaura tra l'osso compatto e quello spugnoso. La testa del femore si articola in una corrispondente cavità articolare che si trova sulla superficie laterale della pelvi. Nell'epifisi prossimale del femore, le trabecole trasmettono le forze dalla pelvi all'osso compatto della diafisi del femore attraverso l'articolazione dell'anca. Nell'epifisi distale, le trabecole trasmettono il peso dalla diafisi alla gamba attraverso l'articolazione del ginocchio. La testa del femore si proietta medialmente, così il peso corporeo comprime la parte mediale della diafisi. Tuttavia, poiché la forza viene applicata fuori dal centro, l'osso deve resistere alla tendenza di curvarsi lateralmente. Così, mentre la parte mediale della diafisi è compressa, la parte laterale, che resiste a questa curvatura, viene sottoposta a stiramento, o *tensione*. La cavità midollare non riduce la resistenza dell'osso, poiché il centro dell'osso non è soggetto né a compressione né a tensione.

### Rivestimenti superficiali dell'osso

Le ossa presentano due tipi di rivestimento: il periostio all'esterno e l'endostio all'interno. Vediamo più in dettaglio ciascuno di essi.

**Figura 6-9** Distribuzione delle forze in un osso lungo.

Il femore ha una diafisi con pareti costituite da osso compatto ed epifisi costituite da osso spugnoso. Il peso corporeo è trasferito al femore a livello dell'articolazione dell'anca. Poiché l'articolazione dell'anca non è in asse con la diafisi, il peso corporeo viene distribuito lungo l'osso in modo che la parte mediale (interna) della diafisi venga compressa e la parte laterale (esterna) venga stirata.



### Periostio

Eccetto le cavità articolari, lo strato superficiale di osso compatto che ricopre tutte le ossa è rivestito dal **periostio**, una membrana connettivale con uno strato fibroso esterno e uno strato cellulare interno (**Figura 6-10a**). Il periostio (1) isola l'osso dai tessuti circostanti, (2) fornisce un supporto per i vasi sanguigni e i nervi, (3) è coinvolto nell'accrescimento e nella riparazione dell'osso.

Vicino alle articolazioni, il periostio si continua con il tessuto connettivo che tiene in sede le ossa. A livello delle articolazioni che permettono ampi movimenti, dette *articolazioni sinoviali*, il periostio si continua con la capsula articolare. Le fibre del periostio sono anche intrecciate con quelle dei tendini che si inseriscono sulle ossa. Via via che l'osso cresce, queste fibre tendinee sono cementate nelle lamelle circolari dagli osteoblasti dello strato cellulare del periostio. Le fibre collagene incorporate nel tessuto osseo provenienti dai tendini e dai legamenti, come anche







Martini • Nath • Bartholomew

# Fondamenti di Anatomia e Fisiologia

Accedi all'ebook e ai contenuti digitali > Espandi le tue risorse > con un libro che **non pesa** e si **adatta** alle dimensioni del tuo **lettore**



All'interno del volume il **codice personale** e le istruzioni per accedere alla versione **ebook** del testo e agli ulteriori servizi. L'accesso alle risorse digitali è **gratuito** ma limitato a **18 mesi dalla attivazione del servizio**.



[www.edisesuniversita.it](http://www.edisesuniversita.it)



€ 59,00

