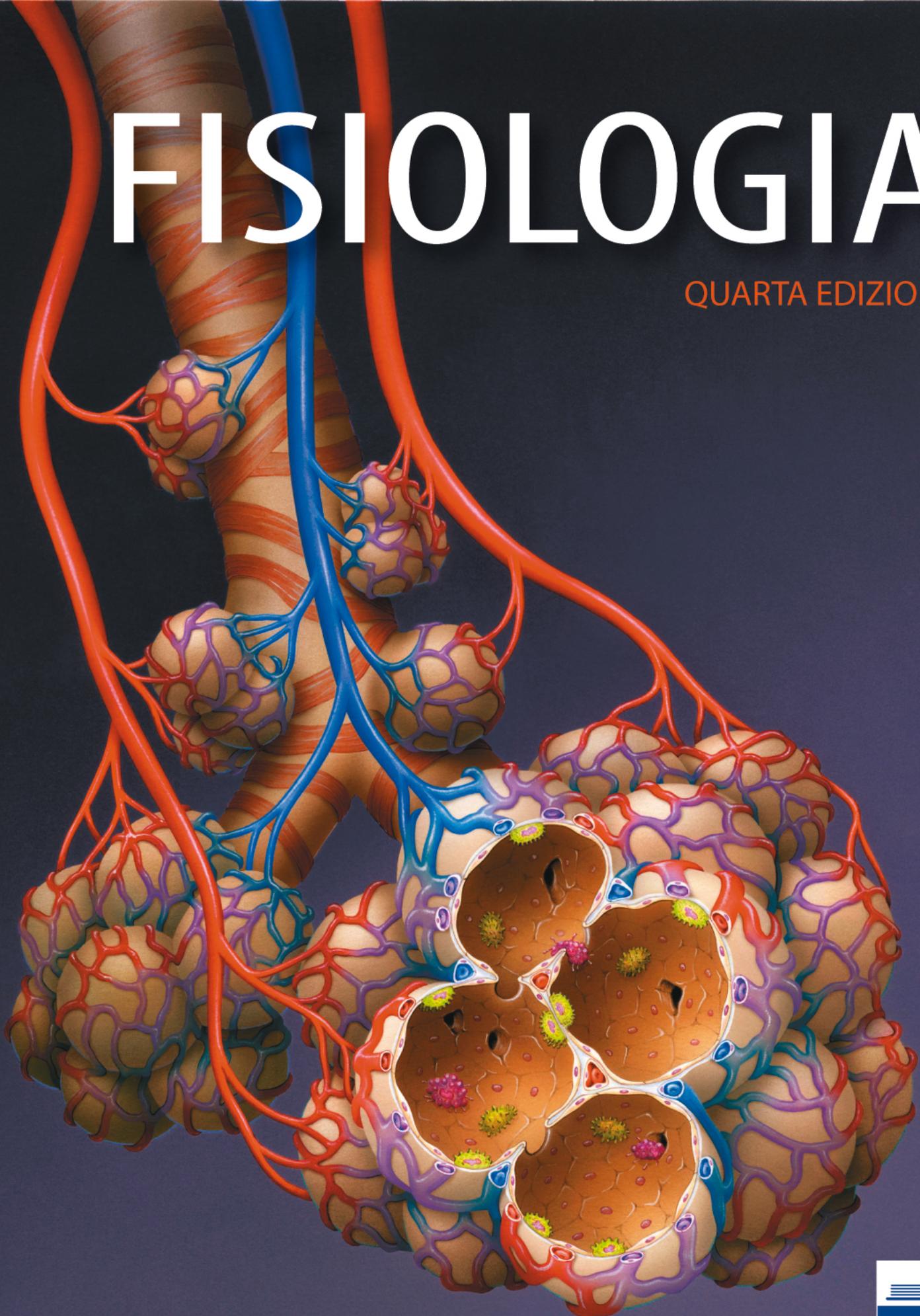


FISIOLOGIA

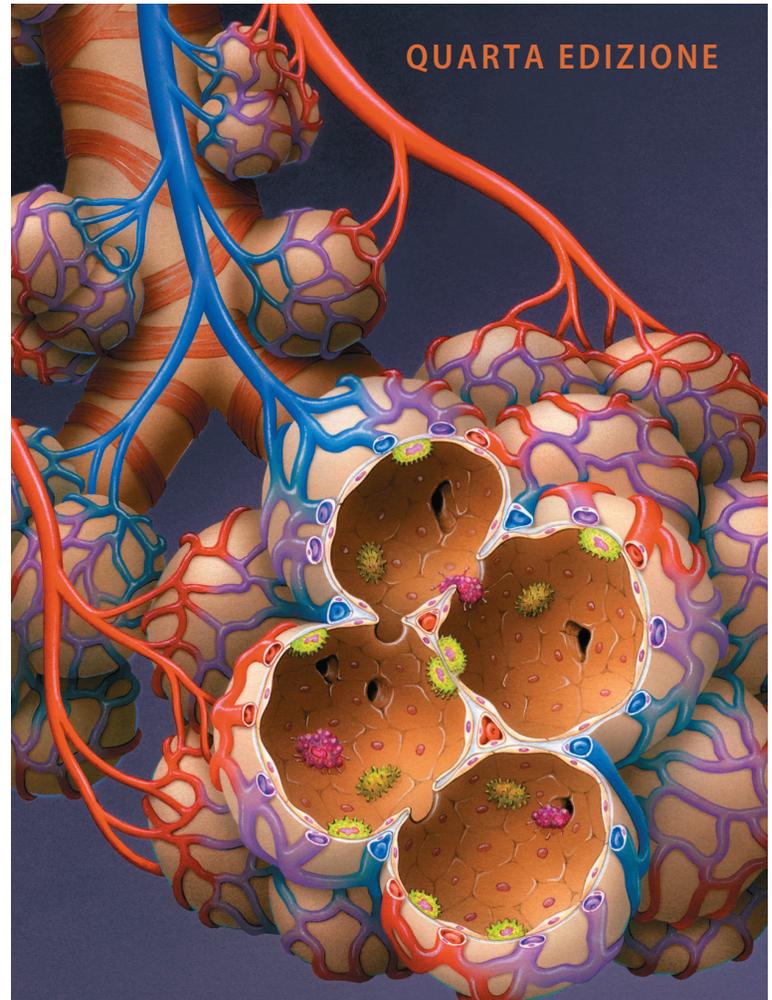
QUARTA EDIZIONE



Cindy L. Stanfield



FISIOLOGIA



Cindy L. Stanfield

University of South Alabama



Titolo originale:

CINDY L. STANFIELD

PRINCIPLES OF HUMAN PHYSIOLOGY - IV EDITION

Copyright © 2011 Pearson, Benjamin Cummings

Edizione Italiana:

FISIOLOGIA - *Quarta edizione*

Copyright © 2012 EdiSES s.r.l – Napoli

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

2018 2017 2015 2014 2013 2012

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



A norma di legge, le pagine di questo volume non possono essere fotocopiate o ciclostilate o comunque riprodotte con alcun mezzo meccanico. La casa editrice sarebbe particolarmente spiacente di dover promuovere, a sua tutela, azioni legali verso coloro che arbitrariamente non si adeguano a tale norma.

L'Editore

Fotocomposizione: EdiSES S.r.l. - Napoli

Stampato presso la

Tipolitografia Petruzzi Corrado & Co. s.n.c.

Zona Ind. Regnano-Città di Castello (PG)

per conto della

EdiSES s.r.l. - Napoli

http: www.edises.it E-mail: info@edises.it

ISBN 9788879597142

Edizione italiana a cura di:

GIUSEPPE ALLOATTI
Università degli Studi di Torino

MARIA ANGELA BAGNI
Università degli Studi di Firenze

DARIO BRAMBILLA
Università degli Studi di Milano

ORAZIO BRUNETTI
Università degli Studi di Perugia

MARISA CACCHIO
Università degli Studi di Chieti

CARLA DI STASI
Università degli Studi di Novara

MAURO PESSIA
Università degli Studi di Perugia

ROBERTO POLTRONIERI
Università degli Studi di Verona

ILARIA RIVOLTA
Università di Milano-Bicocca

VITO SCALERA
Università degli Studi di Bari

EUGENIO SCARNATI
Università degli Studi dell'Aquila

CHIARA TESI
Università degli Studi di Firenze

Autore

Cindy L. Stanfield ha conseguito sia un B.S. che un Ph.D. in Fisiologia presso l'Università della California a Davis. Rimasta affascinata dalla ricerca nel campo della neurofisiologia quando era ancora una studentessa, ha studiato il ruolo dei neuropeptidi nella modulazione del dolore e ha tenuto diversi corsi di laboratorio di fisiologia, che hanno suscitato in lei un grande interesse per l'insegnamento. Attualmente insegna fisiologia umana e tiene diversi corsi di laboratorio presso l'Università del South Alabama, ma continua la sua ricerca in neurofisiologia sulla modulazione sensoriale. Nel 2003 ha ricevuto il College of Allied Health Professions Excellence in Service Award e nel 2004 l'University of South Alabama Alumni Association Excellence in Teaching Award. Oltre al suo lavoro come docente e ricercatrice, svolge il ruolo di consulente presso l'Università del South Alabama. Stanfield è membro della Society for Neuroscience, dell'International Association for the Study of Pain, dell'American Pain Society e della National Association of Advisor for the Health Professions. Vive a Mobile, Alabama, con suo marito Jim e i loro cani e gatti.

Prefazione

Anche nella preparazione di questa nuova edizione del testo non abbiamo perso di vista il nostro obiettivo: creare un testo che facilitasse l'apprendimento della fisiologia umana da parte degli studenti, fornendo allo stesso tempo una trattazione rigorosa e completa della materia. Resta nostra profonda convinzione che un buon testo debba promuovere la comprensione dei concetti, non la semplice memorizzazione dei fatti, e fornire degli strumenti che permettano a studenti con vario livello di preparazione in biologia, chimica, fisica e discipline correlate di affrontare lo studio della fisiologia nel miglior modo possibile. Nella stesura di questa nuova edizione abbiamo cercato di apportare dei miglioramenti tenendo fede ai nostri obiettivi e conservando allo stesso tempo i punti di forza della precedente edizione: uno stile chiaro e preciso, un programma grafico ideato per facilitare l'apprendimento, una serie di caratteristiche pedagogiche per stimolare l'interesse dello studente, indirizzandolo a pensare ai processi fisiologici in maniera integrata e a focalizzare i concetti principali.

Il principale cambiamento in questa edizione consiste nell'uso del diabete quale esempio di come una patologia possa interessare tutti i sistemi di organi. Il Capitolo 1 introduce il diabete, illustrando le varie classificazioni e la diagnosi. Nei successivi capitoli vi sono specifici richiami nel testo che mettono in relazione il diabete con l'argomento discusso. Infine, il Capitolo 24, Diabete mellito, tratta in maniera approfondita i sintomi, il trattamento e le nuove direzioni della ricerca su questa patologia.

Novità della quarta edizione

Grazie ai suggerimenti forniti da docenti e lettori, oltre che a svolgere una revisione accurata di ciascun capitolo e ad ampliare taluni argomenti, abbiamo provveduto ad apportare una serie di cambiamenti nell'organizzazione del testo:

- **Integrazione dei sistemi.** Le sezioni Integrazione dei sistemi presenti alla fine di molti capitoli spiegano come l'apparato o sistema appena studiato interagisce con gli altri, per consentire agli studenti di comprendere la fisiologia nel contesto dell'intero sistema corporeo.
- **Nuovo stile dei diagrammi di flusso.** Ogni diagramma è stato ridisegnato utilizzando colori specifici per indicare lo stimolo iniziale, la risposta fisiologica e il risultato.
- **Nuovo stile iconografico.** Molte figure, in particolare quelle relative al corpo umano e alla membrana plasmatica, sono state ridisegnate per dare maggior realismo e dimensionalità, così da aiutare lo studente a visualizzare l'ambiente fisico in cui i processi fisiologici hanno luogo.

- **Fisiologia dell'esercizio fisico.** Gli inserti Fisiologia dell'esercizio fisico presenti in tutto il testo invitano lo studente a riflettere sugli adattamenti a breve e a lungo termine dell'organismo in risposta all'attività fisica.
- **Nuovi Test veloci e Verifica dell'apprendimento.** Nuovi quesiti di entrambe le tipologie sono stati aggiunti per permettere una maggiore verifica della preparazione sugli argomenti studiati.
- **Risposte ai quesiti.** Le risposte a Domande sulle figure, Verifica dell'apprendimento, Domande a risposta multipla e Domande di verifica sono disponibili in formato PDF sul nostro sito www.edises.it, previa registrazione.

Di seguito sono riportate alcune delle principali modifiche apportate in ciascun capitolo.

Capitolo 1: *Introduzione alla fisiologia*

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: L'omeostasi alla prova**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Sezione introduttiva sul diabete, che include classificazioni, diagnosi, sintomi e trattamento

Capitolo 2: *La cellula: struttura e funzioni*

- Nuovo inserto: **Connessioni cliniche: Il DNA mitocondriale in medicina, antropologia e scienze forensi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sulla sintesi dell'insulina

Capitolo 3: *Metabolismo cellulare*

- Nuova figura: **L'equilibrio chimico e la legge di azione di massa**
- Nuova sezione: **L'energia e le leggi della termodinamica**
- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Fonti di energia per le cellule muscolari**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sugli effetti dell'insulina sul metabolismo cellulare

Capitolo 4: *Trasporti di membrana*

- Nuova figura: **Trasporto attivo attraverso una membrana**
- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Produzione di sudore**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sui trasportatori GLUT4; effetti del trasporto difettivo di glucosio

Capitolo 5: Messaggeri chimici

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Messaggeri chimici dell'esercizio fisico**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Effetti dell'esercizio fisico sui livelli ematici di insulina e glucosio

Capitolo 6: Il sistema endocrino: ghiandole endocrine e azioni ormonali

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Perché un atleta assume ormoni steroidei?**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Cellule beta e rilascio di insulina; diabete come un disordine delle cellule vs disordine di recettori/trasduzione del segnale

Capitolo 7: Cellule nervose e segnali elettrici

- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sulle neuropatie

Capitolo 8: Trasmissione sinaptica ed integrazione neuronale

- Nuova sezione: **Purine**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sulle neuropatie

Capitolo 9: Il sistema nervoso: sistema nervoso centrale

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: L'esercizio fisico può avere effetti sull'encefalo?**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sul trasporto del glucosio attraverso la barriera ematoencefalica; sintomi da ipo/iperglicemia a carico del SNC in relazione ad insulina e diabete

Capitolo 10: Il sistema nervoso: sistemi sensoriali

- Nuova tabella: **Canali ionici TRP (potenziale recettoriale transiente) nei termocettori e nei nocicettori**
- Nuovo inserto: **Connessioni cliniche: Cecità ai colori**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Retinopatie; perdita di stimoli sensoriali alle estremità distali ed amputazione

Capitolo 11: Il sistema nervoso: sistema motorio autonomo e somatico

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Adattamenti del sistema nervoso periferico**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sulle neuropatie

Capitolo 12: Fisiologia del muscolo

- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Diabete mellito**

Capitolo 13: Il sistema cardiovascolare: funzione cardiaca

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Attività del sistema nervoso simpatico**
- Nuova figura nell'**Approfondimento: La legge di Laplace**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sulla miopatia cardiaca e sue implicazioni nei casi di attacco cardiaco

Capitolo 14: Il sistema cardiovascolare: vasi sanguigni, flusso e pressione del sangue

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Regolazione indipendente del flusso sanguigno**
- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Risposte dell'apparato cardiovascolare durante l'esercizio fisico moderato**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Effetti del diabete sui vasi sanguigni

Capitolo 15: Il sistema cardiovascolare: sangue

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Gli effetti dell'altitudine**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Diabete e malattia cardiovascolare

Capitolo 16: Il sistema respiratorio: la ventilazione polmonare

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Effetti dell'esercizio fisico sulla ventilazione**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**

Capitolo 17: Il sistema respiratorio: lo scambio dei gas e la regolazione del respiro

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Ruolo dei recettori sensoriali**
- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Il reclutamento delle capacità di riserva respiratorie**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Chetoacidosi nel diabete e compensazione respiratoria

Capitolo 18: Il sistema urinario: la funzione renale

- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Effetti dei livelli ematici di glucosio sulla funzione renale, malattia renale e insufficienza renale

Capitolo 19: Il sistema urinario: bilancio idroelettrolitico

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Sudorazione, reidratazione e bilancio idrico**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sul diabete insipido

Capitolo 20: *Il sistema gastrointestinale*

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: L'importanza della dieta**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Nuovo paragrafo: Obesità e diabete

Capitolo 21: *Il sistema endocrino: regolazione del metabolismo energetico e della crescita*

- La trattazione della termoregolazione è stata spostata dal Capitolo 1 al Capitolo 21 ed affrontata in maggior dettaglio
- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Metabolismo energetico**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sui trasportatori GLUT4

Capitolo 22: *Il sistema riproduttivo*

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Differenze legate al genere**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Diabete gestazionale

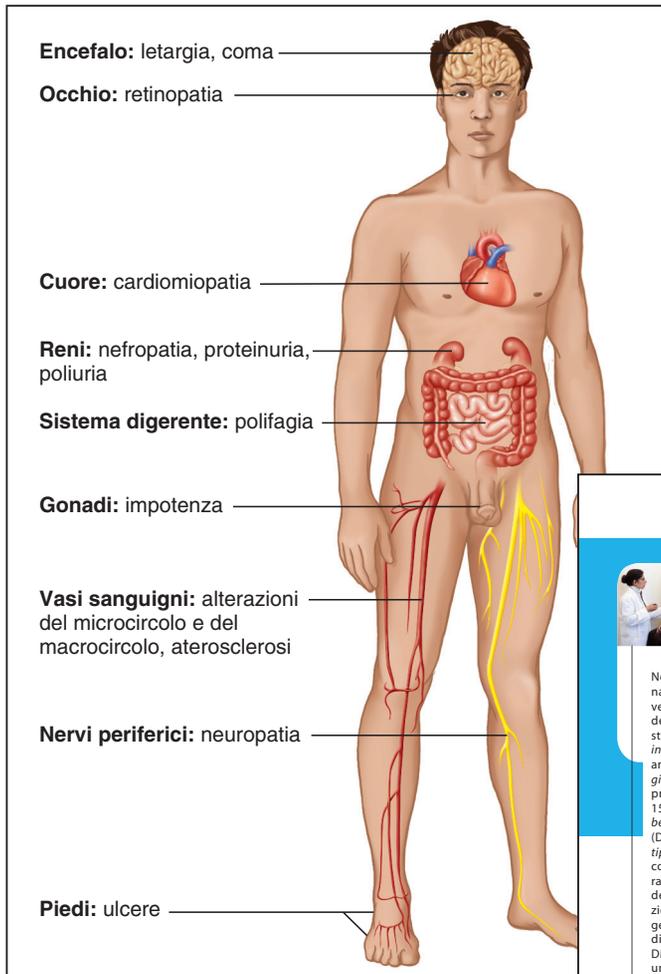
Capitolo 23: *Il sistema immunitario*

- Nuovo inserto: **Fisiologia dell'esercizio fisico: Mobilitazione dei leucociti**
- Nuova sezione: **Integrazione dei sistemi**
- ▶ **Richiamo al diabete:** Discussione sulla relazione tra farmaci anti-rigetto e sviluppo e progressione del diabete

Nella pagina seguente sono illustrate in modo dettagliato le varie caratteristiche ed i vari strumenti didattici del testo.

Focus sull'integrazione dei sistemi

La quarta edizione si propone di aiutare lo studente a comprendere il funzionamento del sistema corporeo nella sua globalità. A tale scopo sono stati aggiunti due fili conduttori, rappresentati dal diabete e dall'esercizio fisico, e le sezioni Integrazione dei sistemi presenti alla fine di ogni capitolo.



p. 694

p. 13

Diabete come filo conduttore

Questa edizione dà grande attenzione all'integrazione dei sistemi utilizzando come esempio clinico il diabete per illustrare la correlazione esistente fra i vari processi fisiologici. Il Capitolo 1 introduce il diabete, che fa da filo conduttore in tutti i capitoli successivi fino ad arrivare al Capitolo 24 completamente dedicato a questa patologia.



CONNESSIONI CLINICHE

Diabete mellito

Nel diabete mellito, l'azione dell'insulina sul metabolismo energetico e sui livelli plasmatici di glucosio è ridotta o del tutto assente. La malattia si manifesta in due forme: (1) il diabete mellito insulino-dipendente (DMID), noto anche come diabete di tipo 1 o diabete giovanile, che normalmente compare prima dei 20 anni e costituisce il 10-15% di tutti i casi di diabete, e (2) il diabete mellito non insulino-dipendente (DMNID), noto anche come diabete di tipo 2 o diabete dell'età adulta, che compare normalmente dopo i quarant'anni e costituisce la maggioranza dei casi di diabete. Nel DMID la secrezione di insulina è ridotta o assente, in genere a causa di un calo nel numero di cellule beta pancreatiche attive; nel DMNID l'anomalia principale è invece una riduzione della responsività delle cellule bersaglio sulle quali agisce l'insulina.

Il sintomo più importante di entrambe le forme di diabete è una persistente iperglicemia, come conseguenza della ridotta attività dell'insulina. L'iperglicemia dipende in parte dalla ridotta assunzione ed utilizzazione del glucosio da parte di molti tessuti e, in parte, anche da un aumento del rilascio di glucosio da parte del fegato conseguente ad un incremento della gluconeogenesi e della glicogenolisi. Questi effetti sono spesso amplificati a causa degli elevati livelli plasmatici di glucagone.

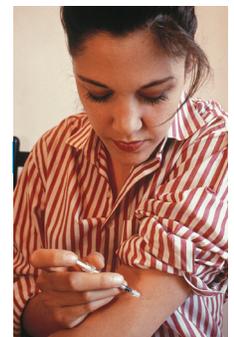
Altre anomalie metaboliche sono generalmente più evidenti nel DMID rispetto al DMNID. L'eccessiva stimolazione della lipolisi e la soppressione della sintesi dei trigliceridi (dovuta a una mancanza di insulina o a un eccesso

di glucagone) possono determinare iperlipidemia, condizione patologica che consiste in un eccesso di acidi grassi e altri lipidi nel sangue. L'eccessiva utilizzazione di acidi grassi a scopo energetico può portare a chetosi, cioè ad un aumento eccessivo della concentrazione plasmatica di corpi chetonici. La mancanza di insulina interferisce anche con la sintesi proteica determinando un aumento del catabolismo proteico. Questa anomalia ostacola la riparazione dei tessuti e causa debolezza muscolare e ritardo di crescita nei bambini.

Gli effetti avversi del diabete sono molti e di tipo diverso, tutti conseguenti all'iperglicemia e ai disturbi metabolici associati alla malattia. L'aumento dei livelli ematici di glucosio determina glicosuria (presenza di glucosio nelle urine) con escrezione di quantità eccessive di urine determinata dalla pressione osmotica esercitata dal glucosio nei tubuli renali (come descritto nel Capitolo 18). In effetti il nome della patologia deriva proprio da questo: le parole greche all'origine di "diabete mellito" significano "dolce sifone". L'eccessiva perdita di liquidi attraverso le urine predispone i pazienti alla disidratazione e alla perdita di elettroliti plasmatici (Na^+ , K^+ ed altri). Se non viene compensata da un adeguato apporto di acqua (che deve essere elevato) o da altre misure, la disidratazione può portare a collasso circolatorio e morte. I disturbi elettrolitici possono determinare problemi neuro-muscolari. L'aumentata produzione di corpi chetonici, che è un problema più grave nel DMID che nel DMNID, è anch'essa potenzialmente pericolosa per-

ché alcuni corpi chetonici sono acidi e possono determinare una caduta del pH ematico dando luogo ad una particolare forma di acidosi metabolica chiamata chetoacidosi. Questa condizione deprime le funzioni del sistema nervoso centrale e può portare al coma e alla morte.

Poiché nel DMID le cellule beta sono incapaci di secernere insulina, il solo trattamento possibile è la somministrazione di insulina mediante iniezioni. Al contrario, il DMNID viene generalmente controllato o addirittura guarito dalla riduzione del peso corporeo ottenuta mediante dieta ipocalorica ed esercizio fisico, che aumentano la responsività dei tessuti all'insulina. Anche i farmaci che stimolano la secrezione di insulina possono essere utili.



Obesità e diabete

Perché la prevalenza di diabete è in aumento? Una delle cause principali è l'invecchiamento della popolazione. Oggi le persone vivono più a lungo e una grande percentuale della popolazione sopravvive nell'età a più alto rischio (più di 60 anni). Inoltre lo stile di vita di molti giovani può favorire il diabete. Oggi la nostra alimentazione è più ricca in grassi e carboidrati che in passato. Oltre a produrre direttamente cambiamenti metabolici, questo tipo di dieta favorisce l'obesità. Inoltre molti giovani oggi conducono una vita seden-

taria, in cui i video giochi hanno sostituito i giochi all'aria aperta, e manca spesso un'adeguata attività fisica e sportiva. Tale stile di vita sedentario può indurre sia cambiamenti del metabolismo che obesità, fattori chiave che portano al diabete.

La prevalenza di obesità negli Stati Uniti è in aumento e l'obesità stessa sta diventando epidemica. L'obesità è definita come un eccesso di grasso corporeo in relazione alla massa magra. Si valuta attraverso il calcolo dell'indice di massa corporea (Body Mass Index, BMI), che mette in rela-

Integrazione dei sistemi

In questo capitolo ci siamo occupati dei vasi sanguigni ed abbiamo visto come viene regolato il flusso verso i vari organi. È indubbio che tutti gli organi dipendono dal sangue che ricevono, ma essi non necessitano sempre della stessa quantità di sangue. Il flusso viene regolato dalla vasocostrizione e dalla vasodilatazione delle arteriole, in modo che gli organi ricevano istante per istante la giusta quantità di sangue di cui necessitano. Ma non tutte le arteriole si comportano allo stesso modo. I vasi encefalici sono privi di recettori per il controllo estrinseco e, pertanto, l'encefalo non viene influenzato dai meccanismi che l'organismo mette in atto al fine di mantenere la pressione arteriosa media. I vasi della cute sono dotati di un particolare sistema di innervazione, grazie al quale l'attività delle fibre simpatiche può indurre vasodilatazione, ma i meccanismi che possono spiegare questo effetto non sono ancora chiari. Lo scopo di questa vasodilatazione è di disperdere calore nell'ambiente quando la temperatura corporea sale. Il flusso diretto agli organi genitali è sotto il controllo sia del sistema simpatico che di quello parasimpatico. La funzione dell'innervazione parasimpatica dei genitali è quella di indurre la vasodilatazione che è necessaria per produrre e mantenere l'erezione.

Nel corso del Capitolo 13 abbiamo studiato come il flusso sanguigno è distribuito ai vari organi, in modo da garantire a ciascuno di essi il giusto apporto di ossigeno. Esistono però delle eccezioni a questa regola. Abbiamo visto che una di queste è rappresentata dalla vena porta ipotalamica alla rete capillare dell'ipofisi. La disposizione fa sì che l'ipofisi anteriore pos

Nuove sezioni Integrazione dei sistemi

Queste sezioni, presenti alla fine di ogni capitolo, anticipano come quanto appreso sarà applicabile all'argomento successivo e mostrano come tutti i sistemi sono in relazione.

p. 430

Nuovi inserti Fisiologia dell'esercizio

Questi nuovi inserti rappresentano un'altra possibilità per dimostrare l'integrazione dei sistemi. Tra gli argomenti affrontati abbiamo, ad esempio, il ruolo della dieta, gli effetti dell'esercizio fisico sulla ventilazione, gli adattamenti del sistema nervoso periferico e tanti altri.

p. 431



FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO

Risposte dell'apparato cardiovascolare durante l'esercizio fisico moderato

L'esercizio fisico moderato è accompagnato da profonde variazioni della funzione cardiovascolare. Il grafico riportato in basso mostra come il jogging faccia aumentare la gittata cardiaca dal valore di riposo di 5 litri al minuto a più di 11 litri al minuto; in atleti ben allenati la gittata cardiaca può raggiungere i 35 litri al minuto. Anche la frequenza cardiaca aumenta da un valore medio a riposo di 72 battiti al minuto fino a circa 135 battiti al minuto. Oltre a queste variazioni, insorgono variazioni importanti anche nel flusso sanguigno: il flusso ai muscoli scheletrici, al muscolo cardiaco e alla cute aumenta, mentre il flusso al fegato e al tratto gastrointestinale diminuisce. Queste variazioni sono ovviamente utili per diverse ragioni: (1) aumenta il rilascio di ossigeno e nutrienti al muscolo cardiaco e ai muscoli scheletrici attivi, che hanno aumentato l'attività metabolica; (2) l'ossigeno e i nutrienti sono preservati in vista del prolungamento dello sforzo, limitandone la liberazione in quei tessuti nei quali non vi è particolare necessità di nutrienti; (3) l'aumentato flusso sanguigno alla cute aiuta il corpo a disperdere l'eccesso di calore prodotto durante lo sforzo prolungato.

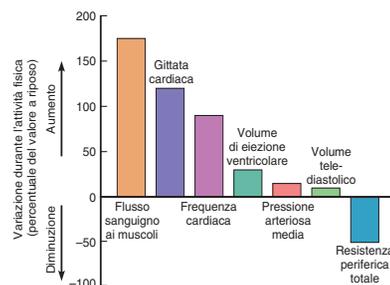
Nell'esercizio fisico, però, la caduta della resistenza vascolare nella cute e nel muscolo non è compensata sufficientemente dall'aumento della resistenza negli altri organi, così la resistenza periferica totale si riduce. Tuttavia, la pressione sanguigna sale leggermente, a causa dell'aumento della gittata cardiaca. Potete notare nella figura che il volume di eiezione ventricolare aumenta marcatamente, nonostante il volume telediastolico aumenti solo di poco (nell'esercizio fisico leggero). Questo sta ad indicare che l'aumento del volume di eiezione ventricolare non è dovuto all'effetto Starling, bensì all'aumento della contrattilità ventricolare che deriva

dall'aumento dell'attività nervosa simpatica e dei livelli di adrenalina circolanti.

Cos'è che scatena queste risposte nell'esercizio fisico? Regioni corticali e limbiche dell'encefalo esercitano un'influenza diretta sulle efferenze neuronali simpatiche e parasimpatiche, determinando un innalzamento dell'attività simpatica e una riduzione di quella parasimpatica dirette al cuore, che spiegano l'aumento della frequenza cardiaca e della contrattilità ventricolare. Inoltre, si assiste ad un aumento dell'attività simpatica nel sistema digerente e in altri organi (che induce vasocostrizione) ed una diminuzione dell'attività simpatica nella cute (che induce vasodilatazione). Questa variazione della stimolazione simpatica cutanea è una risposta termoregolatrice, avviata dall'innalzamento della temperatura corporea che si accompagna all'esercizio fisico. La vasodilatazione cutanea è anche indotta dalla liberazione di bradichinina dalle ghiandole sudoripare, la cui attività aumenta durante l'esercizio fisico. Queste variazioni dell'attività sim-

patica sono facilitate dall'azione del bulbo, le cui efferenze al sistema cardiovascolare sono modulate da stimoli provenienti da diversi recettori muscolari, che comprendono i chemocettori sensibili a fattori chimici locali e i meccanocettori sensibili all'attività muscolare. L'aumento del flusso ematico ai muscoli scheletrici ed al muscolo cardiaco è in gran parte il risultato dell'azione di fattori chimici locali sulla muscolatura liscia vascolare.

Altri meccanismi promuovono anche l'aumento del ritorno venoso durante l'esercizio fisico, facilitando così l'aumento della gittata cardiaca. Uno di questi meccanismi è rappresentato dall'azione di pompa esercitata dai muscoli scheletrici; un altro meccanismo è costituito dalla pompa respiratoria, la cui attività aumenta durante l'esercizio fisico perché il respiro diviene più frequente e più profondo. Un terzo meccanismo è rappresentato dall'aumento del tono venomotorio, indotto dall'aumento dell'attività simpatica dei nervi venocostriuttori.



Nuova iconografia

Ogni figura del testo è stata disegnata per ottenere la massima efficacia pedagogica. Le immagini relative al corpo umano, alla membrana cellulare e tutti i diagrammi di flusso sono stati migliorati per consentire una maggiore comprensione dell'ambiente fisico in cui i processi fisiologici hanno luogo.

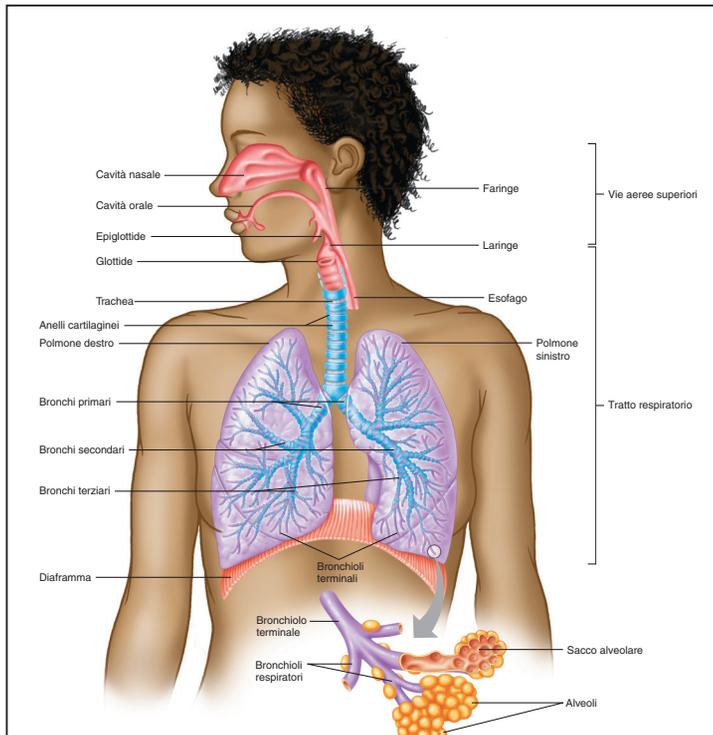


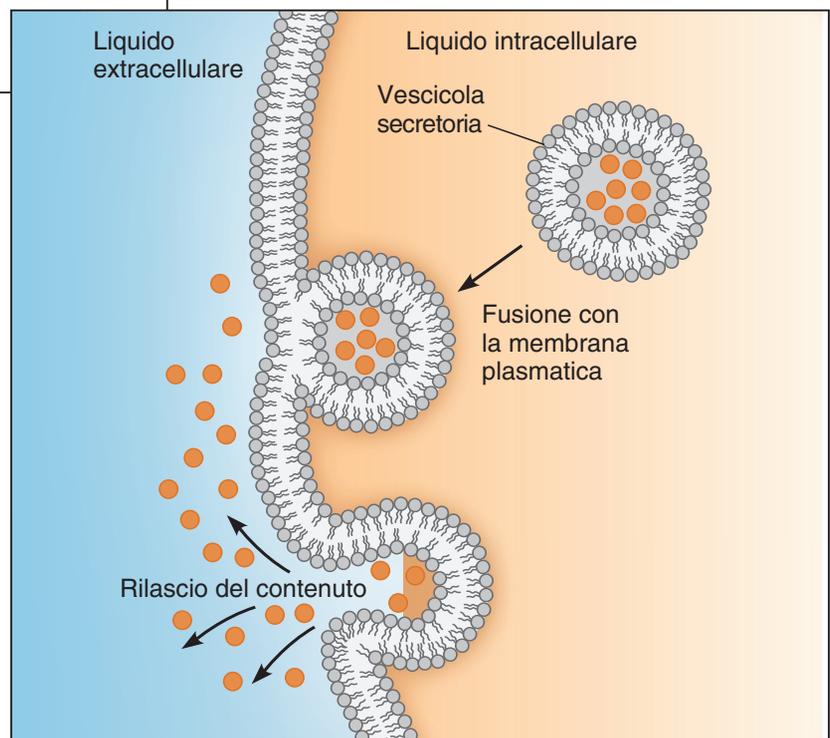
FIGURA 16.2 Anatomia delle vie respiratorie superiori e del tratto respiratorio.

Nuovo stile iconografico

L'impiego di uno stile più coerente e di colori decisi ha conferito maggior realismo e dimensionalità alle figure rappresentanti il corpo umano e la membrana cellulare.

p. 454

p. 118



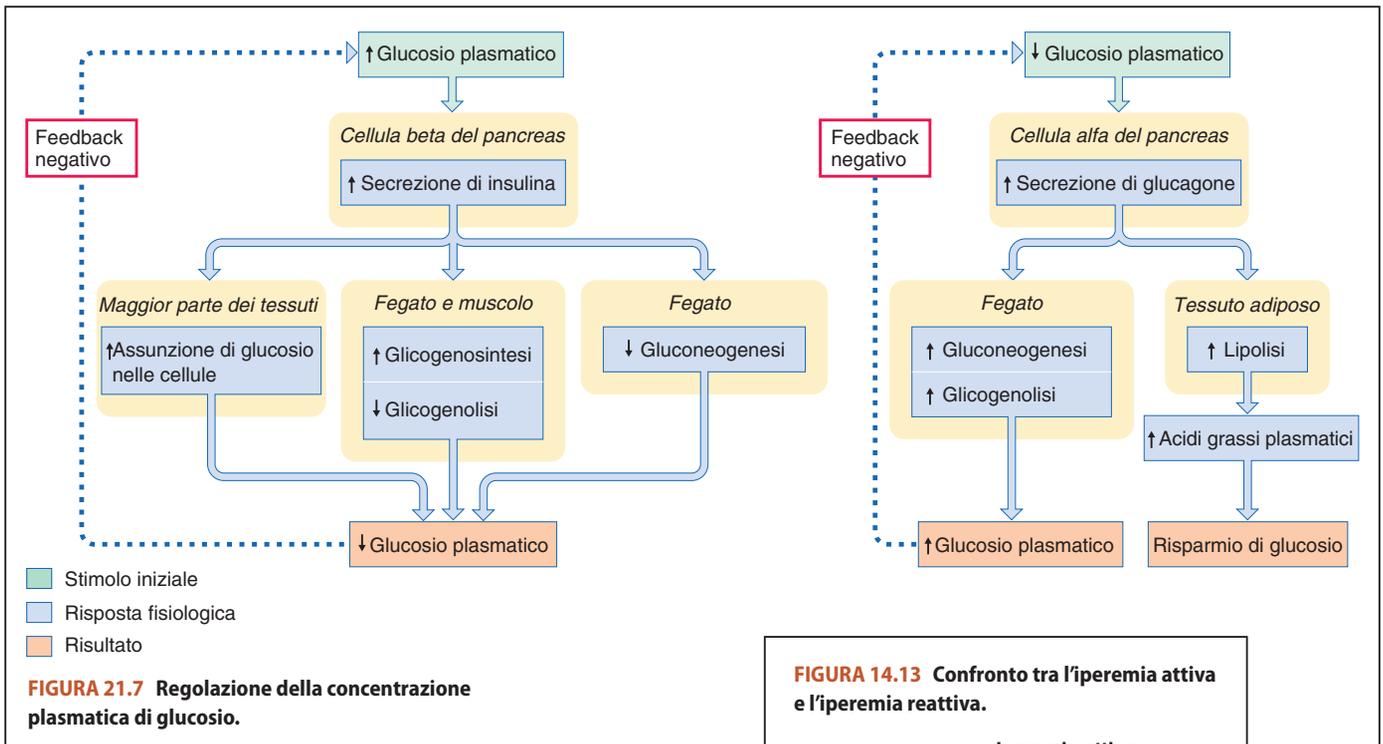
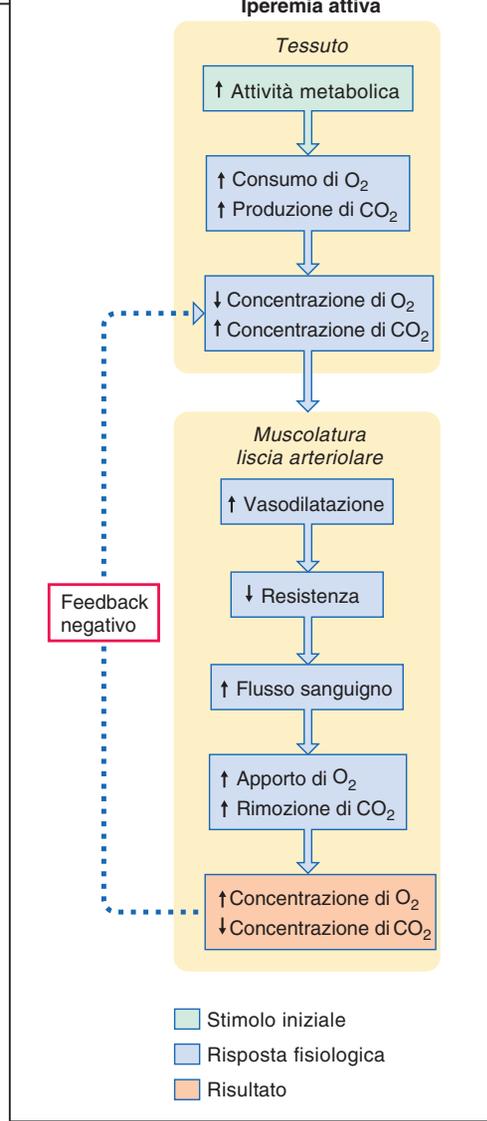


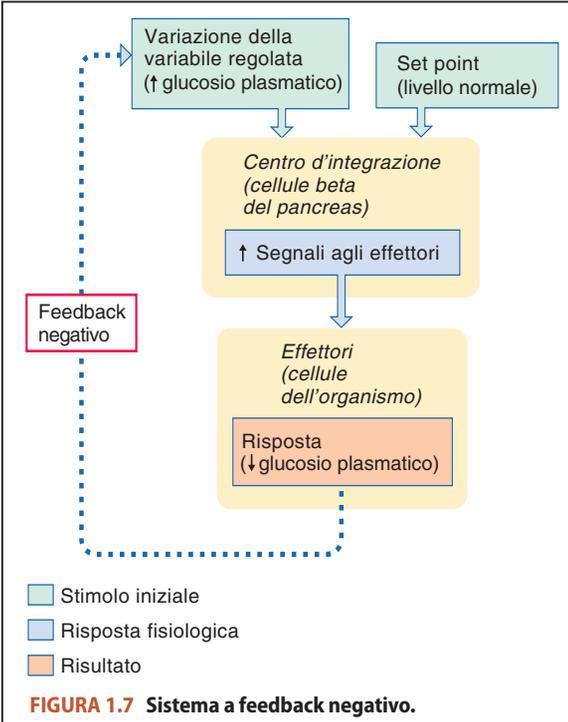
FIGURA 14.13 Confronto tra l'iperemia attiva e l'iperemia reattiva.



Revisione dei diagrammi di flusso

Tutti i diagrammi di flusso sono stati rielaborati per facilitare la focalizzazione e la comprensione di un determinato processo fisiologico. Lo stimolo iniziale, la risposta fisiologica e il risultato sono ora indicati con una nuova scala cromatica, come indicato in legenda. L'ombreggiatura indica la sede corporea dove l'evento ha luogo.

p. 11



p. 615

p. 408

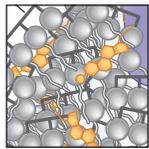
Inserti per stimolare l'interesse dello studente

I racconti di apertura del capitolo stimolano l'interesse dello studente con esempi che mettono in relazione i processi fisiologici con episodi della vita quotidiana, come gli effetti della paura o la formazione di un livido.

Gli inserti **Scoperte** affrontano argomenti di attualità con maggiori dettagli, come ad esempio la cecità ai colori, i vault e la chemioterapia, la neurogenesi.

Gli inserti **Connessioni cliniche** trattano problematiche cliniche per aiutare lo studente ad applicare quanto imparato a condizioni quali il cancro, la fibrosi cistica e il diabete.

p. 322



Lipoproteine e colesterolo plasmatico
p. 589



Antistaminici
p. 129



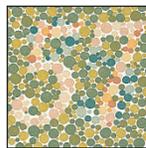
La creatina come integratore
p. 333



La malattia diverticolare
p. 600



Trattamento farmacologico della depressione
p. 210

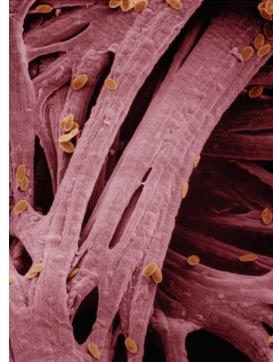


Cecità ai colori
p. 284

12

Fisiologia del muscolo

Abbiamo sentito tutti raccontare in che modo Benjamin Franklin scopri l'elettricità facendo volare un aquilone durante un temporale. Ma sapevate che Luigi Galvani scoprì l'"elettricità animale", appendendo delle rane dissezionate ad un filo metallico durante un temporale?



Micrografia elettronica a scansione di cellule muscolari cardiache.

Luigi Galvani fu insegnante di Anatomia all'Università di Bologna, in Italia, e prestò servizio come professore di Ostetricia nell'Istituto delle Scienze e delle Arti dal 1765 al 1797. Nel suo corso, egli utilizzava rane morte dissezionate a scopo dimostrativo. Nel corso della preparazione, fissò una di queste rane ad un gancio di rame e poi le appese ad un filo di ferro. Compiendo queste operazioni nel corso di un temporale, vide che nella rana, morta da poco, i muscoli si contraevano. Ciò suggerì a Galvani che le rane, come gli altri animali, possedevano una forma loro propria di elettricità e che tale "elettricità animale" fosse all'origine delle contrazioni muscolari. Nel corso di ulteriori esperimenti, l'assistente di Galvani scoprì che il tessuto muscolare era attivato dal tessuto nervoso. Nell'operare la dissezione della rana, l'assistente utilizzò un bisturi che era stato posato in prossimità di una macchina capace di generare elettricità. Quando mise in contatto il bisturi con il nervo sciatico, il muscolo si contrasse. Da questa osservazione, Galvani trasse la conclusione che la carica elettrostatica presente sul bisturi aveva eccitato il nervo, e che i nervi forniscono l'elettricità che attiva il meccanismo della contrazione muscolare. Benché ciò non sia del tutto vero, come imparerete in questo capitolo, il lavoro di Galvani aprì la strada all'elettrofisiologia, la scienza che studia l'attività elettrica delle cellule animali (o vegetali).

CONTENUTO DEL CAPITOLO

Struttura del muscolo scheletrico 323
Meccanismo con cui il muscolo genera forza 327
Meccanica della contrazione del muscolo scheletrico 334
I diversi tipi di fibre muscolari scheletriche 343
Controllo dell'attività del muscolo scheletrico 348
Muscolo liscio e cardiaco 351

SCOPERTE

Neurogenesi

Per molti anni i neuroscienziati hanno ritenuto che l'encefalo adulto non fosse in grado di produrre nuovi neuroni. Poi, negli anni '70, Pasquale Graziadei ed i suoi collaboratori hanno osservato una neoproliferazione di recettori olfattivi dalle cellule basali dell'epitelio olfattivo delle cavità nasali. Negli anni '90 altri ricercatori hanno accumulato evidenze sperimentali in favore della produzione di nuovi neuroni (*neurogenesi*) nel sistema nervoso centrale.

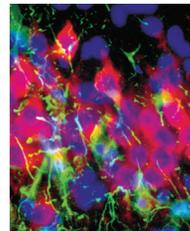
La neurogenesi nelle specie animali inferiori è evidente da oltre 30 anni. Elisabeth Gould, insieme ai suoi collaboratori, ha studiato la neurogenesi nei primati mediante la somministrazione di bromodeossiridina (BrdU), che veniva somministrata agli animali come marcatore della proliferazione cellulare, in quanto tale sostanza è incorporata nelle molecole di DNA neosintetizzate. Usando questa ed altre tecniche, la Gould ha scoperto che la neurogenesi si verifica, in primati non umani, in molte aree encefaliche, tra cui l'ippocampo, la corteccia

frontale, la corteccia temporale inferiore e la corteccia parietale.

Fred Gage ed i suoi collaboratori dell'Istituto Salk hanno studiato la neurogenesi nell'ippocampo delle specie animali inferiori ed hanno dimostrato che la neurogenesi si verifica nell'ippocampo dell'uomo. I loro studi sono stati condotti utilizzando la bromodeossiridina come marcatore per studiare la proliferazione delle cellule tumorali in soggetti umani affetti da tumore. Tali soggetti avevano acconsentito a donare i loro encefali per la ricerca dopo la morte. Si è osservata un'incorporazione della bromodeossiridina nei neuroni dell'ippocampo e ciò ha costituito la prima evidenza sperimentale della neurogenesi nell'encefalo umano.

La scoperta della neurogenesi nell'encefalo umano ha una notevole rilevanza clinica. Molte malattie neurologiche, come il morbo di Parkinson, il morbo di Alzheimer e l'ictus cerebrale, portano alla perdita di neuroni. Se i neuroscienziati capiranno a fondo i

misteri della neurogenesi, potranno essere in grado in futuro di sviluppare tecniche con le quali sopprimere alla perdita di neuroni.



Colorazione fluorescente dei neuroni dell'ippocampo.

p. 170

p. 135

CONNESSIONI CLINICHE

Dall'aspirina agli inibitori della COX-2

L'aspirina è un farmaco appartenente alla famiglia degli antinfiammatori non steroidei che attenua il dolore diminuendo la produzione di particolari prostaglandine (PG), eicosanoidi che sono responsabili del dolore e dell'infiammazione. Un enzima di notevole importanza per la sintesi delle PG è la ciclo-ossigenasi (COX). Negli anni '90, sono state identificate due forme di COX: COX-1 e COX-2. COX-1 è sempre presente nell'organismo ed è in genere associata alla sintesi di PG necessarie al controllo dell'omeostasi. La COX-2, invece, è attivata dai prodotti rilasciati in seguito ad infezione o danni ai tessuti e porta alla sintesi di PG associate al dolore e all'infiammazione. L'aspirina inibisce entrambe le isoforme, ma è l'inibizione di COX-2 la responsabile dell'attenuazione del dolore.

Sebbene l'aspirina sia usata per il trattamento di dolore, infiammazioni e febbre, la sua azione inibitoria su COX-1 può provocare molteplici effetti collaterali. L'aspirina diminuisce la produzione di trombossano A_2 , coinvolto nella formazione del coagulo. Ad alti dosaggi, tutta-

via, l'aspirina diminuisce la produzione di PGI_2 (prostaciclina), che inibisce la formazione del coagulo. Per questo motivo, i medici spesso prescrivono la baby-aspirina (82 mg) come profilassi contro la formazione di coaguli che possono scatenare infarto o ictus. Alla dose di 350 mg, l'aspirina viene usata come analgesico e promuove la formazione del coagulo. Inoltre l'aspirina inibisce anche la produzione gastrica di PGE_2 , che protegge la mucosa gastrica dall'acidità. Di conseguenza, il maggiore effetto collaterale di un trattamento con aspirina risulta a carico dello stomaco con ulcere che possono anche sanguinare.

Nella ricerca di antidolorifici privi di effetti collaterali a carico dello stomaco, le industrie farmaceutiche hanno sviluppato dei farmaci che inibiscono selettivamente COX-2 da usare in caso di patologie come l'artrite. Il vantaggio principale degli inibitori di COX-2 (rofecoxib, noto come Vioxx, o celecoxib, conosciuto come celebrex) è che non inibiscono la sintesi di PGE_2 e sono di conseguenza meno gastrolesivi rispetto all'aspirina.

Sfortunatamente, gli inibitori di COX-2 hanno seri effetti collaterali. Per motivi ancora sconosciuti, sembra che aumentino il rischio di infarto e di ictus in individui predisposti a patologie cardiovascolari. Pertanto, si è ancora alla ricerca dell'aspirina "perfetta".



Inseri per un ripasso di chimica, matematica e fisica

Gli inserti **Approfondimenti** e **Approfondimenti di chimica** illustrano concetti di matematica, fisica e chimica e mostrano la loro applicazione alla fisiologia. Non andando ad interferire con la continuità della lettura, conferiscono al testo una certa flessibilità rendendolo adatto a studenti con diversa formazione di base. Esempi degli argomenti trattati sono l'equazione di Nernst, la legge di Fick, la legge di Laplace, ioni e legami ionici.

APPROFONDIMENTO

La costante di spazio per la conduzione elettrotonica

Quando in un punto specifico della membrana plasmatica il potenziale elettrico cambia, da quel punto si origina una corrente che fluisce per conduzione elettrotonica (flusso di correnti passivo). La conduzione elettrotonica riveste un ruolo critico nel meccanismo di segnalazione elettrica. Una corrente che fluisce passivamente dal suo sito di origine si dissipa con correnti di perdita attraverso la membrana plasmatica. Assumendo una struttura cilindrica, questo decadimento può essere descritto matematicamente usando la seguente equazione:

$$V_x = V_0 e^{-x/\lambda}$$

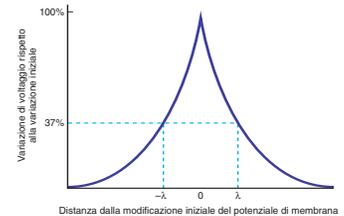
dove V_0 è la differenza di potenziale nel sito di origine, V_x è la differenza di potenziale alla distanza x dal sito di origine, e λ è la base dei logaritmi naturali (approssimativamente 2,7) e λ è la costante di spazio. La costante di spazio è la distanza alla quale l'iniziale differenza di potenziale è decaduta fino a $1/e$ o al 37% del suo valore, come mostrato in figura. È una misura di quanto lontano può fluire la corrente lungo l'assone prima di dissiparsi per correnti di perdita.

La costante di spazio dipende dalla resistenza al flusso di corrente. Nei neuroni, la corrente può fluire attraverso la membrana plasmatica o lungo il citoplasma. La corrente fluisce preferenzialmente lungo la via a minor resistenza. La resistenza di membrana al flusso di corrente (r_m) è più grande della resistenza citoplasmatica (chiamata anche resistenza assiale, in quanto la corrente fluisce lungo l'asse maggiore, r_a). Perciò, maggiore è la resistenza di membrana e minore la resistenza assiale, maggiore sarà la costante di spazio. Matematicamente, la costante di spazio è descritta come

$$\lambda = \sqrt{\frac{r_m}{r_a}}$$

Le costanti di spazio sono generalmente pari a meno di 1 mm; cioè, nel tempo che impiega una variazione di potenziale a propagarsi per 1 mm dal sito di origine, la variazione di potenziale si attenua a meno del 37% del valore iniziale.

Il fattore principale che determina la resistenza di membrana è il grado di mielinizzazione, in quanto la mielina isola l'assone, aumentando la resistenza. Il fattore principale che influenza la resistenza assiale è il diametro: assoni di grande diametro hanno una minor resistenza ai flussi di corrente longitudinali, e quindi una minor resistenza assiale.



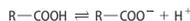
APPROFONDIMENTO DI CHIMICA

Acidi, basi e pH

Alcune sostanze liberano ioni idrogeno o protoni (H^+) quando vengono disciolte in acqua e vengono definite *acidi*. Un esempio comune è l'*acido cloridrico* (HCl), che si dissocia in ioni idrogeno e ioni cloruro come indicato:



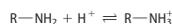
L'acido cloridrico è un esempio di *acido forte* ossia di un acido che si dissocia completamente. Altri acidi sono *acidi deboli*, poiché si dissociano solo parzialmente. Per esempio, i *gruppi carbossilici* ($-COOH$), che si trovano negli amminoacidi e in altre molecole, agiscono come acido debole e si dissociano nella seguente maniera:



In questo caso, la doppia freccia significa che i protoni non solo possono dissociarsi dall'anione ($R-COO^-$), ma possono anche combinarsi con esso.

Le sostanze che si combinano con i protoni vengono chiamate *basi* e sono classificate come forti o deboli a seconda che si combinino completamente o parzialmente. Esempi di

basi deboli sono i *gruppi amminici* ($-NH_2$), che si trovano negli amminoacidi e in altri composti e reagiscono con i protoni nella seguente maniera:



L'*acidità* di una soluzione è determinata dalla sua concentrazione di ioni idrogeno, che può essere espressa in termini di molarità oppure misurata da un valore chiamato *pH*, definito dalla seguente espressione:

$$pH = \log(1/[H^+]) = -\log[H^+]$$

dove $[H^+]$ è la concentrazione di ioni idrogeno. Si noti che all'aumentare di $[H^+]$ il pH diminuisce ed inoltre che, essendo la scala del pH logaritmica, una variazione di un'unità di pH corrisponde a una variazione pari a dieci volte la concentrazione di ioni idrogeno. La concentrazione di ioni idrogeno nell'acqua distillata è 10^{-7} M e corrisponde a $pH = 7$. Le soluzioni con $pH = 7$ sono dette *neutre*; con pH minore di 7 sono dette *acide*, mentre con pH maggiore di 7 sono dette *basiche*.

p. 190

p. 70

Quesiti che stimolano il ragionamento critico

I quesiti **Verifica dell'apprendimento** sono presenti nel corso di ciascun capitolo per stimolare lo studente ad applicare le conoscenze a specifiche situazioni e condizioni cliniche.

Verifica dell'apprendimento

Jack è un cameriere che ha servito ai tavoli per diverse ore. La pressione nelle sue vene dei piedi è salita di 26 mm Hg, mentre la pressione idrostatica capillare media è aumentata di 32 mm Hg. Calcolate allora la pressione netta di filtrazione attraverso le pareti dei capillari dei piedi di Jack, tenendo conto che la pressione idrostatica capillare media è 32 mm Hg, la pressione idrostatica del liquido interstiziale è 1 mm Hg, la pressione osmotica capillare è 25 mm Hg e la pressione osmotica del liquido interstiziale è 1 mm Hg. Quali sono le conseguenze di questa pressione di filtrazione?

Supporti didattici per i docenti

I docenti che utilizzano il testo a scopo didattico possono scaricare dal sito www.edises.it, previa registrazione, le immagini del libro in formato Power Point.

p. 416

Sommario

- 1 Introduzione alla fisiologia 1
 - 2 La cellula: struttura e funzioni 18
 - 3 Metabolismo cellulare 56
 - 4 Trasporti di membrana 94
 - 5 Messaggeri chimici 126
 - 6 Il sistema endocrino: ghiandole endocrine e azioni ormonali 149
 - 7 Cellule nervose e segnali elettrici 166
 - 8 Trasmissione sinaptica e integrazione neuronale 196
 - 9 Il sistema nervoso: sistema nervoso centrale 215
 - 10 Il sistema nervoso: sistemi sensoriali 253
 - 11 Il sistema nervoso: sistema motorio autonomo e somatico 303
 - 12 Fisiologia del muscolo 322
 - 13 Il sistema cardiovascolare: funzione cardiaca 360
 - 14 Il sistema cardiovascolare: vasi sanguigni, flusso ematico e pressione del sangue 395
 - 15 Il sistema cardiovascolare: sangue 435
 - 16 Il sistema respiratorio: la ventilazione polmonare 451
 - 17 Il sistema respiratorio: lo scambio dei gas e la regolazione del respiro 475
 - 18 Il sistema urinario: la funzione renale 507
 - 19 Il sistema urinario: bilancio idroelettrolitico 534
 - 20 Il sistema gastrointestinale 567
 - 21 Il sistema endocrino: regolazione del metabolismo energetico e della crescita 603
 - 22 Il sistema riproduttivo 632
 - 23 Il sistema immunitario 667
 - 24 Diabete mellito 693
- Glossario 709
- Indice analitico 731

Indice



Introduzione alla fisiologia 1

Organizzazione dell'organismo 2
Cellule, tessuti, organi e sistemi • L'organizzazione generale dell'organismo: una visione semplificata

L'omeostasi: un principio organizzativo fondamentale della fisiologia 9
Controlli a feedback negativo dell'omeostasi

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ L'omeostasi alla prova 9

L'epidemia di diabete 12
Prevalenza del diabete • Obesità e diabete • Classificazione del diabete • Diagnosi del diabete mellito • Sintomi del diabete mellito • Trattamento del diabete mellito • Diabete mellito: una malattia dell'intero organismo

CONNESSIONI CLINICHE ■ Diabete mellito 13

Integrazione dei sistemi 15

Sommario del capitolo 16

Esercizi 16



La cellula: struttura e funzioni 18

Biomolecole 19
Carboidrati • Lipidi • Amminoacidi e proteine • Nucleotidi e acidi nucleici

APPROFONDIMENTO DI CHIMICA ■ Atomi e molecole 22

Struttura cellulare 29
Struttura della membrana plasmatica • Struttura del nucleo • Contenuto del citosol • Struttura degli organuli membranosi • Struttura degli organuli non membranosi

APPROFONDIMENTO DI CHIMICA ■ Molecole polari e legami idrogeno 31

APPROFONDIMENTO DI CHIMICA ■ Ioni e legami ionici 33

SCOPERTE ■ Vault e chemioterapia 36

Adesioni cellula-cellula 39
Giunzioni serrate • Desmosomi • Giunzioni comunicanti

Funzioni generali delle cellule 40
Metabolismo • Trasporto cellulare • Comunicazione intercellulare

Sintesi proteica 40
Il ruolo del codice genetico • Trascrizione • Traduzione • Destinazione delle proteine • Elaborazione post-traduzionale e impacchettamento delle proteine • Regolazione della sintesi proteica • Degradazione delle proteine

CONNESSIONI CLINICHE ■ Il DNA mitocondriale in medicina, antropologia e scienze forensi 43

CONNESSIONI CLINICHE ■ Perché la ricina è letale 49

Divisione cellulare 50
Replicazione del DNA • Il ciclo cellulare

Integrazione dei sistemi 52

CONNESSIONI CLINICHE ■ Il cancro 53

Sommario del capitolo 53

Esercizi 54



Metabolismo cellulare 56

Tipi di reazioni metaboliche 57
Reazione di idrolisi e condensazione • Reazioni di fosforilazione e defosforilazione • Reazioni di ossido-riduzione

Reazioni metaboliche ed energia 59
L'energia e le leggi della termodinamica • Variazione di energia nelle reazioni • Energia di attivazione

APPROFONDIMENTO DI CHIMICA ■ Soluzioni e concentrazioni 62

Velocità delle reazioni 64
Fattori che influenzano la velocità delle reazioni chimiche • Il ruolo degli enzimi nelle reazioni chimiche

APPROFONDIMENTO ■ Interazioni ligando-proteine 66

APPROFONDIMENTO DI CHIMICA ■ Acidi, basi e pH 70

Ossidazione del glucosio: la principale reazione del metabolismo energetico 72
ATP: il mezzo utilizzato per scambiare energia • L'ATP in azione

Fasi dell'ossidazione del glucosio: glicolisi, ciclo di Krebs e fosforilazione ossidativa 74
La glicolisi • Il ciclo di Krebs • Fosforilazione ossidativa • La catena di trasporto degli elettroni • Riassunto dell'ossidazione del glucosio • Conversione del piruvato in acido lattico

SCOPERTE ■ I disaccoppianti possono aiutare a perdere peso? 81

CONNESSIONI CLINICHE ■ Gli antiossidanti e i radicali liberi 82

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Fonti di energia per le cellule muscolari 85

Riserve energetiche e loro utilizzo: metabolismo dei carboidrati, dei grassi e delle proteine 85
Metabolismo del glicogeno • La gluconeogenesi: formazione di nuovo glucosio • Metabolismo dei grassi • Metabolismo delle proteine • Effetti dell'insulina sul metabolismo cellulare

Integrazione dei sistemi 90

Sommario del capitolo 91

Esercizi 91

4 Trasporti di membrana 94

Fattori che influenzano la direzione del trasporto 95
Trasporto passivo e trasporto attivo • Forze che guidano i trasporti

APPROFONDIMENTO ■ Energia delle soluzioni 96

APPROFONDIMENTO ■ Potenziale di equilibrio ed equazione di Nernst 100

Velocità di trasporto 101

Trasporto passivo 102
Diffusione semplice: trasporto passivo attraverso il doppio strato lipidico • Diffusione facilitata: trasporto passivo attraverso proteine di membrana • Diffusione attraverso canali

APPROFONDIMENTO ■ Legge di Fick e permeabilità 105

Trasporto attivo 108
Trasporto attivo primario • Trasporto attivo secondario • Fattori che influenzano la velocità del trasporto attivo • Pompe e dispersioni: come i meccanismi di trasporto attivi e passivi coesistono nelle cellule

Osmosi: trasporto passivo di acqua attraverso le membrane 112
Osmolarità • Pressione osmotica • Tonicità

APPROFONDIMENTO ■ Determinazione della pressione osmotica di una soluzione 115

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Produzione di sudore 116

Trasporto di materiale all'interno di compartimenti delimitati da membrana 117
Trasporto di molecole nelle cellule per endocitosi • Trasporto di molecole all'esterno delle cellule per esocitosi

Trasporto epiteliale: movimento di molecole attraverso due membrane 118
Struttura epiteliale • Trasporto epiteliale di soluti • Trasporto epiteliale di acqua • Transcitosi

Integrazione dei sistemi 121

CONNESSIONI CLINICHE ■ La fibrosi cistica 122

Sommario del capitolo 123

Esercizi 124

5 Messaggeri chimici 126

Meccanismi della comunicazione intercellulare 127
Comunicazione diretta tramite giunzioni comunicanti • Comunicazione indiretta tramite messaggeri chimici

Messaggeri chimici 128
Classificazione funzionale dei messaggeri chimici • Classificazione chimica dei messaggeri • Sintesi e liberazione dei messaggeri chimici • Trasporto di messaggeri

SCOPERTE ■ Antistaminici 129

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Messaggeri chimici dell'esercizio fisico 131

CONNESSIONI CLINICHE ■ Dall'aspirina agli inibitori della COX-2 135

Meccanismi di trasduzione del segnale 136
Proprietà dei recettori • Meccanismi di trasduzione del segnale nelle risposte mediate da recettori intracellulari • Meccanismi di trasduzione del segnale per le risposte mediate da recettori di membrana

CONNESSIONI CLINICHE ■ Colera e proteine G 141

Comunicazione a distanza attraverso i sistemi nervoso ed endocrino 145

Integrazione dei sistemi 146

Sommario del capitolo 146

Esercizi 147

6

Il sistema endocrino: ghiandole endocrine e azioni ormonali 149

Organi endocrini primari 150

Ipotalamo e ipofisi • Ghiandola pineale • Tiroide e paratiroidi • Timo • Ghiandole surrenali • Pancreas • Gonadi

Organi endocrini secondari 157

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Perché un atleta assume ormoni steroidei 158

Azioni ormonali sulle cellule bersaglio 160

Controllo delle concentrazioni plasmatiche ormonali

Anomalie nella secrezione ormonale 161

Interazioni ormonali 162

SCOPERTE ■ Ritmi circadiani e "jet lag" (squilibrio) dovuto al cambiamento del fuso orario 162

Integrazione dei sistemi 163

CONNESSIONI CLINICHE ■ Adenomi ipofisari 164

Sommario del capitolo 164

Esercizi 165

7

Cellule nervose e segnali elettrici 166

Panoramica del sistema nervoso 167

Cellule del sistema nervoso 167

Neuroni • Cellule gliali

SCOPERTE ■ Neurogenesi 170

Genesi del potenziale di membrana a riposo 173

Determinazione dei potenziali di equilibrio degli ioni sodio e potassio • Potenziale di membrana a riposo del neurone • Neuroni a riposo

APPROFONDIMENTO ■ Circuiti elettrici in biologia 176

APPROFONDIMENTO ■ Potenziale di membrana a riposo ed equazione di Goldman-Hodgkin-Kats (GHK) 178

I segnali elettrici sono dovuti a variazioni del potenziale di membrana 179

Descrizione delle variazioni del potenziale di membrana • Potenziali graduati • Potenziali d'azione • Propagazione dei potenziali d'azione • Neuropatia periferica

CONNESSIONI CLINICHE ■ Le neurotossine 180

APPROFONDIMENTO ■ La costante di spazio per la conduzione elettronica 190

CONNESSIONI CLINICHE ■ Anestetici locali 192

Mantenimento della stabilità neuronale 192

Integrazione dei sistemi 193

Sommario del capitolo 193

Esercizi 194

8

Trasmissione sinaptica e integrazione neuronale 196

Sinapsi elettriche 197

Sinapsi chimiche 197

Anatomia funzionale delle sinapsi chimiche • Meccanismi di trasduzione del segnale a livello delle sinapsi chimiche • Sinapsi eccitatorie • Sinapsi inibitorie

Integrazione neuronale 203

Sommazione • Codice di frequenza

Modulazione presinaptica 205

Facilitazione presinaptica • Inibizione presinaptica

Neurotrasmettitori: struttura, sintesi e degradazione 207

Acetilcolina • Ammine biogene • Neurotrasmettitori amminoacidici • Purine • Neuropeptidi • Altri neurotrasmettitori

CONNESSIONI CLINICHE ■ Trattamento farmacologico della depressione 210

CONNESSIONI CLINICHE ■ Il ruolo degli agenti GABAergici nei disturbi ansiosi e nei disturbi del sonno 211

Sommario del capitolo 212

Esercizi 213

9

Il sistema nervoso: sistema nervoso centrale 215

Anatomia generale del sistema nervoso centrale 216

Cellule gliali • Supporto fisico del sistema nervoso centrale • Irrorazione del sistema nervoso centrale • La barriera ematoencefalica • Sostanza grigia e sostanza bianca

CONNESSIONI CLINICHE ■ Ictus cerebrale 222

Il midollo spinale 224

Nervi spinali • Sostanza grigia e bianca del midollo spinale

L'encefalo 229

Corteccia cerebrale • Nuclei sottocorticali • Diencefalo • Sistema limbico

SCOPERTE ■ La storia di Phineas Gage 235

Funzioni integrate del SNC: i riflessi 236
Riflesso da stiramento • Riflesso flessorio (di allontanamento) e riflesso estensorio crociato

Funzioni integrate del SNC: il controllo dei movimenti volontari 239
Componenti neuronali per l'esecuzione di movimenti volontari fluidi • Controllo corticale dei movimenti volontari • Controllo della postura ad opera del tronco encefalico • Il ruolo del cervelletto nella coordinazione motoria • I nuclei della base nel controllo motorio

Funzioni integrate del SNC: il linguaggio 242

Funzioni integrate del SNC: il sonno 243
Funzioni del sonno • Ciclo sonno-veglia • Attività elettrica durante la veglia e il sonno

CONNESSIONI CLINICHE ■ Disturbo post-traumatico da stress 245

Funzioni integrate del SNC: emozioni e motivazione 247

Funzioni integrate del SNC: apprendimento e memoria 247
Apprendimento • Memoria • Plasticità del sistema nervoso

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ L'esercizio fisico può avere effetti sull'encefalo? 250

Integrazione dei sistemi 250

Sommario del capitolo 251

Esercizi 251

10 Il sistema nervoso: sistemi sensoriali 253

Principi generali di fisiologia sensoriale 254
Fisiologia dei recettori • Vie sensoriali • Codificazione sensoriale

CONNESSIONI CLINICHE ■ Sinestesia 260

Il sistema somatosensoriale 263
Recettori somatosensoriali • Corteccia somatosensoriale • Vie somatosensoriali • Percezione del dolore

CONNESSIONI CLINICHE ■ Dolore dell'arto fantasma 270

La vista 270
Anatomia dell'occhio • La natura e il comportamento delle onde luminose • Accomodazione • Difetti della vista • Regolazione della quantità di luce che entra nell'occhio • La retina • Fototrasduzione • Bastoncelli e coni • Visione dei colori • Luce e ritmi circadiani • Sbiancamento (Bleaching) dei fotorecettori alla luce • Elaborazione neurale nella retina • Vie visive • Elaborazione parallela nel sistema visivo • Percezione della profondità

CONNESSIONI CLINICHE ■ Cecità ai colori 284

L'orecchio e l'udito 284
Anatomia dell'orecchio • Natura delle onde sonore •

Amplificazione del suono nell'orecchio medio • La traduzione del segnale sonoro • Vie uditive

APPROFONDIMENTO ■ Decibel 288

L'orecchio e l'equilibrio 292
Anatomia dell'apparato vestibolare • I canali semicircolari e la trasduzione dei movimenti rotatori • L'otricolo, il sacculo e la trasduzione dell'accelerazione lineare • Vie nervose per l'equilibrio

Il gusto 295
Anatomia dei bottoni gustativi • Traduzione del segnale gustativo • Via gustativa

L'olfatto 297
Anatomia del sistema olfattivo • Traduzione del segnale olfattivo • Via olfattiva

Integrazione dei sistemi 299

Sommario del capitolo 299

Esercizi 300

11 Il sistema nervoso: sistema motorio autonomo e somatico 303

Il sistema nervoso autonomo 304
Duplici innervazione nel sistema nervoso autonomo • Anatomia del sistema nervoso autonomo • Neurotrasmettitori e recettori nel sistema nervoso autonomo • Giunzioni neuroeffetttrici nel sistema nervoso autonomo • Regolazione delle funzioni del sistema autonomo

Il sistema nervoso somatico 316
Anatomia del sistema nervoso somatico • La giunzione neuromuscolare

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Adattamenti del sistema nervoso periferico 316

CONNESSIONI CLINICHE ■ Miastenia grave 319

SCOPERTE ■ Il curaro 319

Sommario del capitolo 320

Esercizi 320

12 Fisiologia del muscolo 322

Struttura del muscolo scheletrico 323
Struttura a livello cellulare • Struttura a livello molecolare

Meccanismo con cui il muscolo genera forza 327
Modello dello scorrimento dei filamenti • Ciclo dei ponti trasversali: come fa il muscolo a generare forza • Accoppiamento eccitamento-contrazione: come si attivano e disattivano i muscoli • Processi metabolici nelle cellule muscolari: quali sono i mezzi con cui le cellule muscolari fabbricano l'ATP utilizzato per il ciclo dei ponti trasversali

SCOPERTE ■ La creatina come integratore 333

Meccanica della contrazione del muscolo scheletrico 334
La scossa singola • Fattori che influenzano la forza sviluppata da una singola fibra muscolare • Regolazione della forza generata dal muscolo in toto • Velocità di accorciamento

APPROFONDIMENTO ■ Fenomeni fisici della contrazione muscolare 338

CONNESSIONI CLINICHE ■ Il tetano 340

I diversi tipi di fibre muscolari scheletriche 343
Differenze nella velocità di contrazione: fibre rapide e fibre lente • Differenze riguardanti il meccanismo principale per la produzione di ATP: fibre glicolitiche e fibre ossidative • Fibre lente ossidative, rapide glicolitiche e rapide ossidative

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Il diabete mellito 347

CONNESSIONI CLINICHE ■ Distrofia muscolare 348

Controllo dell'attività del muscolo scheletrico 348
Attività dei muscoli situati ai lati opposti delle articolazioni • Recettori muscolari per coordinare l'attività motoria

Muscolo liscio e cardiaco 351
Muscolo liscio • Muscolo cardiaco

Integrazione dei sistemi 356

Sommario del capitolo 356

Esercizi 357

13 Il sistema cardiovascolare: funzione cardiaca 360

Una panoramica del sistema cardiovascolare 361
Il cuore • I vasi sanguigni • Il sangue

Circolazione del sangue attraverso il cuore e i vasi 363
Flusso in serie nel sistema cardiocircolatorio • Flusso in parallelo nel circolo sistemico e nel circolo polmonare

CONNESSIONI CLINICHE ■ L'ischemia del miocardio 365

Anatomia del cuore 366
Il miocardio e la parete cardiaca • Valvole cardiache e flusso sanguigno unidirezionale

L'attività elettrica del cuore 368
Il sistema di conduzione del cuore • Diffusione dell'eccitazione attraverso il muscolo cardiaco • Le basi

ioniche dell'attività elettrica del cuore • Registrazione dell'attività elettrica del cuore: l'elettrocardiogramma

Il ciclo cardiaco 378
Fasi del ciclo cardiaco • Pressione atriale e pressione ventricolare • Pressione aortica • Volume ventricolare • Toni cardiaci

La gittata cardiaca e il suo controllo 382
Innervazione del cuore da parte del sistema nervoso autonomo • Fattori che influenzano la gittata cardiaca: variazioni della frequenza cardiaca • Fattori che influenzano la gittata cardiaca: variazioni del volume di eiezione ventricolare • Visione integrata dei fattori che influenzano la gittata cardiaca

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Attività del sistema nervoso simpatico 388

APPROFONDIMENTO ■ La legge di Laplace 390

Integrazione dei sistemi 391

Sommario del capitolo 392

Esercizi 393

14 Il sistema cardiovascolare: vasi sanguigni, flusso ematico e pressione del sangue 395

Leggi fisiche che regolano il flusso e la pressione del sangue 396

Gradienti di pressione nel sistema cardiovascolare • La resistenza nel sistema cardiovascolare • Relazione tra gradienti di pressione e resistenza nel circolo sistemico

APPROFONDIMENTO ■ La legge di Poiseuille 399

Panoramica dei vasi sanguigni 399

Arterie 400

Le arterie: un serbatoio di pressione • Pressione arteriosa

Arteriole 404

Arteriole e resistenza al flusso sanguigno • Controllo intrinseco della distribuzione del flusso ematico agli organi • Controllo estrinseco del diametro delle arteriole e pressione arteriosa media

APPROFONDIMENTO ■ Compliance 404

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Regolazione indipendente del flusso sanguigno 410

Capillari e venule 411

Anatomia dei capillari • Controllo locale del flusso sanguigno attraverso i letti capillari • Movimento di sostanze attraverso le pareti dei capillari • Venule

CONNESSIONI CLINICHE ■ Insufficienza cardiaca 417

Vene 418

Le vene: un serbatoio di volume • Fattori che influenzano la pressione venosa centrale e il ritorno venoso

Sistema linfatico 421

Pressione arteriosa media e sua regolazione 421
Fattori che determinano la pressione arteriosa media: frequenza cardiaca, volume di eiezione ventricolare e resistenza periferica totale • Regolazione della pressione arteriosa media • Controllo della pressione del sangue da parte dei recettori di bassa pressione (recettori di volume)

CONNESSIONI CLINICHE ■ L'ipertensione 428

Altri sistemi di regolazione cardiovascolare 429
Aritmia sinusale respiratoria • Riflessi chemocettivi • Risposte termoregolatrici

Integrazione dei sistemi 430

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Risposte dell'apparato cardiovascolare durante l'esercizio fisico moderato 431

Sommario del capitolo 432

Esercizi 433

15 Il sistema cardiovascolare: sangue 435

Panoramica della composizione del sangue: l'ematocrito 436

Plasma 437

Eritrociti 438
Trasporto dell'ossigeno e dell'anidride carbonica • Ciclo vitale degli eritrociti

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Gli effetti dell'altitudine 441

CONNESSIONI CLINICHE ■ Anemia 442

Leucociti 443
Neutrofili • Eosinofili • Basofili • Monociti • Linfociti

Piastrine ed emostasi 444
Spasmo vascolare • Tappo piastrinico • Formazione del coagulo

SCOPERTE ■ Le sanguisughe e il salasso 448

Diabete e malattie cardiovascolari 449

Integrazione dei sistemi 449

Sommario del capitolo 449

Esercizi 450

16 L'apparato respiratorio: la ventilazione polmonare 451

Breve sintesi della funzione respiratoria 452

Anatomia del sistema respiratorio 452
Vie aeree superiori • Il tratto respiratorio • Le strutture della cavità toracica

CONNESSIONI CLINICHE ■ L'apnea notturna 456

Le forze che intervengono nella ventilazione polmonare 460
Le pressioni polmonari • La meccanica respiratoria

APPROFONDIMENTO ■ La legge di Boyle e la legge dei gas ideali 462

I fattori che influenzano la ventilazione polmonare 466
La compliance polmonare • La resistenza delle vie respiratorie

APPROFONDIMENTO ■ Il tensioattivo polmonare e la legge di Laplace 467

CONNESSIONI CLINICHE ■ Malattie polmonari ostruttive croniche 468

Il significato clinico dei volumi respiratori e dei flussi d'aria 469
I volumi e le capacità polmonari • Test di funzionalità respiratoria • La ventilazione alveolare

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Effetti dell'esercizio fisico sulla ventilazione 472

Integrazione dei sistemi 472

Sommario del capitolo 473

Esercizi 473

17 Il sistema respiratorio: lo scambio dei gas e la regolazione del respiro 475

Panoramica della circolazione polmonare 476

La diffusione dei gas 478
La pressione parziale dei gas • La solubilità dei gas nei liquidi

APPROFONDIMENTO ■ Pressioni parziali e legge di Dalton 478

APPROFONDIMENTO ■ La legge di Henry e la solubilità dei gas 479

Scambi di ossigeno e anidride carbonica 480
Gli scambi gassosi nei polmoni • Gli scambi gassosi nei tessuti • I fattori che influenzano la P_{O_2} e la P_{CO_2} alveolare

CONNESSIONI CLINICHE ■ La sindrome da decompressione 481

CONNESSIONI CLINICHE ■ L'edema polmonare 484

Il trasporto dei gas nel sangue 485
Il trasporto dell'ossigeno nel sangue • Il trasporto dell'anidride carbonica nel sangue

La regolazione centrale della ventilazione 491
Il controllo nervoso della respirazione da parte dei motoneuroni • Genesi del ritmo respiratorio nel tronco encefalico • Segnali periferici ai centri respiratori

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Ruolo dei recettori sensoriali 495

Il controllo della ventilazione da parte dei chemocettori 495
I chemocettori • I riflessi chemocettoriali

La regolazione locale della ventilazione e della perfusione 498
Il rapporto ventilazione-perfusione • Il controllo locale della ventilazione e della perfusione

Il sistema respiratorio nell'omeostasi acido-base 500
Disturbi dell'equilibrio acido-base nel sangue • Il ruolo del sistema respiratorio nell'equilibrio acido-base

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Il reclutamento delle capacità di riserva respiratorie 500

APPROFONDIMENTO ■ L'equazione di Henderson-Hasselbach 502

Integrazione dei sistemi 502

SCOPERTE ■ Gli effetti dell'altitudine 503

Sommario del capitolo 503

Esercizi 504

18 Il sistema urinario: la funzione renale 507

Funzioni del sistema urinario 508

Anatomia del sistema urinario 509
Strutture che formano il sistema urinario • Anatomia macroscopica del rene • Anatomia microscopica del rene • Circolazione ematica del rene

CONNESSIONI CLINICHE ■ Calcoli renali 510

I processi di base degli scambi renali 514
Filtrazione glomerulare • Riassorbimento • Secrezione

CONNESSIONI CLINICHE ■ La dialisi 523

Proprietà distrettuali dei tubuli renali 524
Riassorbimento non regolato nel tubulo prossimale • Riassorbimento regolato e secrezione nel tubulo distale e nel dotto collettore • Risparmio dell'acqua nell'ansa di Henle

Escrezione 525
Velocità di escrezione • Clearance • Minzione

Integrazione dei sistemi 531

Sommario del capitolo 531

Esercizi 532

19 Il sistema urinario: bilancio idroelettrolitico 534

Il concetto di bilancio 535
Fattori che influenzano la composizione del plasma • Soluti e bilancio idrico

Bilancio idrico 537
Osmolarità e movimento dell'acqua • Riassorbimento di acqua nel tubulo prossimale • Ruolo del gradiente osmotico midollare • Ruolo del gradiente osmotico midollare nel riassorbimento dell'acqua nel tubulo distale e nel dotto collettore • Diabete insipido

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Sudorazione, reidratazione ed equilibrio idrico 538

SCOPERTE ■ Perché non possiamo bere acqua di mare 546

Bilancio del sodio 546
Meccanismi di regolazione del riassorbimento del sodio nei tubuli renali • Effetti dell'aldosterone • Peptide natriuretico atriale

Bilancio del potassio 550
Azione renale degli ioni potassio • Regolazione della secrezione di potassio da parte dell'aldosterone

Bilancio del calcio 552
Controllo renale sugli ioni calcio • Controllo ormonale delle concentrazioni di calcio plasmatico

CONNESSIONI CLINICHE ■ L'osteoporosi 553

Interazioni tra il liquido e la regolazione elettrolitica 554

Equilibrio acido-base 556
Fattori che determinano gli squilibri acido-base • Meccanismo di difesa contro gli squilibri acido-base • Compensazione degli squilibri acido-base

APPROFONDIMENTO DI CHIMICA ■ Soluzioni tampone 558

Integrazione dei sistemi 563

Sommario del capitolo 563

Esercizi 564

20 Il sistema gastrointestinale 567

Panoramica dei processi del sistema gastrointestinale 568

Anatomia funzionale del sistema gastrointestinale 568
Il tratto gastrointestinale • Le ghiandole accessorie

CONNESSIONI CLINICHE ■ L'ulcera 576

Digestione e assorbimento dei nutrienti e dell'acqua 580
Carboidrati • Proteine • Lipidi • Assorbimento delle vitamine • Assorbimento dei minerali • Assorbimento dell'acqua

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ L'importanza della dieta 581

CONNESSIONI CLINICHE ■ Intolleranza al lattosio 588

SCOPERTE ■ Lipoproteine e colesterolo plasmatico 589

Principi generali della regolazione gastrointestinale 589
Vie nervose ed endocrine per il controllo gastrointestinale • Regolazione dell'assunzione di cibo • Obesità e diabete

Secrezione gastrointestinale e sua regolazione 592
Secrezione della saliva • Secrezione dell'acido e del pepsinogeno nello stomaco • Secrezione del succo pancreatico e della bile • Velocità del movimento dei fluidi nel sistema digerente

Motilità gastrointestinale e sua regolazione 595
Attività elettrica nella muscolatura liscia gastrointestinale • Peristalsi e segmentazione • Masticazione e deglutizione • Motilità gastrica • Motilità dell'intestino tenue • Motilità del colon

CONNESSIONI CLINICHE ■ La malattia diverticolare 600

Integrazione dei sistemi 600

Sommario del capitolo 600

Esercizi 601

21 Il sistema endocrino: regolazione del metabolismo energetico e della crescita 603

Una panoramica del metabolismo dell'intero organismo 604
Anabolismo • Regolazione delle vie metaboliche

Assunzione, utilizzazione e immagazzinamento dell'energia 605
Assunzione, utilizzazione e immagazzinamento dell'energia dei carboidrati • Assunzione, utilizzazione e immagazzinamento dell'energia delle proteine • Assunzione ed utilizzazione dei lipidi e immagazzinamento dell'energia sotto forma di lipidi

Bilancio energetico 606
Energia in entrata • Energia in uscita • Velocità metabolica • Bilancio energetico negativo e positivo

Metabolismo energetico durante le fasi di assorbimento e post-assorbimento 608
Metabolismo durante la fase di assorbimento • Metabolismo durante la fase di post-assorbimento

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Metabolismo energetico 609

Regolazione del metabolismo durante le fasi di assorbimento e post-assorbimento 568
Il ruolo dell'insulina • Il ruolo del glucagone • Controllo a feedback negativo dei livelli plasmatici di glucosio da parte di insulina e glucagone • Effetti dell'adrenalina e del sistema nervoso simpatico sul metabolismo • Diabete mellito

Termoregolazione 616
Bilancio termico • Meccanismi di trasferimento del calore tra il corpo e l'ambiente esterno • Regolazione della temperatura corporea • Alterazioni del set point ipotalamico della termoregolazione: la febbre

CONNESSIONI CLINICHE ■ Shock da calore e colpo di calore 617

Regolazione ormonale della crescita 620
Accrescimento corporeo • Effetti dell'ormone della crescita • Altri ormoni che influenzano la crescita

Ormoni tiroidei 625
Sintesi e secrezione degli ormoni tiroidei • Azioni degli ormoni tiroidei

Glucocorticoidi 627
Fattori che influenzano la secrezione di glucocorticoidi • Azioni dei glucocorticoidi • Il ruolo del cortisolo nella risposta allo stress • Effetti della secrezione anomala di glucocorticoidi

Sommario del capitolo 629

Esercizi 630

22 Il sistema riproduttivo 632

Panoramica della fisiologia del sistema riproduttivo 633
Il ruolo dei gameti nella riproduzione sessuale • Assortimento e impacchettamento genico nella gametogenesi: la meiosi • Componenti del sistema riproduttivo • Eventi che seguono la fecondazione • Caratteristiche dell'attività riproduttiva durante la vita adulta

Il sistema riproduttivo maschile 638
Anatomia funzionale del sistema riproduttivo maschile • Regolazione ormonale della funzione riproduttiva maschile • Gli spermatozoi ed il loro sviluppo • La risposta sessuale nel maschio

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Differenze legate al genere 642

Il sistema riproduttivo femminile 645
Anatomia funzionale degli organi riproduttivi femminili • Le cellule uovo ed il loro sviluppo • La risposta sessuale nella femmina • Il ciclo mestruale • Regolazione ormonale a lungo termine della funzione riproduttiva femminile

CONNESSIONI CLINICHE ■ Disfunzione erettile 645

CONNESSIONI CLINICHE ■ Cisti ovariche 651

Fecondazione, impianto e gravidanza 655
Eventi della fecondazione • Sviluppo embrionale precoce ed impianto • Sviluppo tardivo dell'embrione e fetale • Cambiamenti ormonali durante la gravidanza • Il diabete gestazionale

SCOPERTE ■ Metodi per il controllo delle nascite 656

Parto e lattazione 661
Eventi del parto • Lattazione

Sommario del capitolo 664

Esercizi 664

23

Il sistema
immunitario 667

Anatomia del sistema immunitario 668
Leucociti • Organi linfatici

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ La mobilitazione dei leucociti 669

Organizzazione delle difese dell'organismo 670
Meccanismi di difesa aspecifici • Difesa specifica: risposta immunitaria

CONNESSIONI CLINICHE ■ Fuoco di Sant'Antonio 678

Immunità umorale 679
Il ruolo dei linfociti B nella produzione di anticorpi • La funzione degli anticorpi nell'immunità umorale

Immunità cellulo-mediata 681
Ruolo dei linfociti T nell'immunità cellulo-mediata • Attivazione dei linfociti T helper • Attivazione dei linfociti T citotossici: la distruzione delle cellule infettate da virus e delle cellule tumorali

La risposta immunitaria in condizioni di salute e di malattia 684
Generare immunità: l'immunizzazione • Ruolo del sistema immunitario nelle trasfusioni e nei trapianti • Disfunzioni del sistema immunitario

CONNESSIONI CLINICHE ■ Sclerosi multipla 689

CONNESSIONI CLINICHE ■ La terapia genica nella immunodeficienza combinata severa 690

Sommario del capitolo 690

Esercizi 691

24

Diabete mellito 693

Classificazione del diabete mellito 694
Diabete mellito di tipo 1 • Diabete mellito di tipo 2

Effetti acuti del diabete mellito 695
Chetoacidosi diabetica • Coma iperosmolare in assenza di chetoacidosi • Coma ipoglicemico

Complicanze croniche del diabete mellito: stadi iniziali 696

Complicanze croniche del diabete mellito: stadi avanzati 697
Effetti dannosi dell'iperglicemia • Effetti del diabete mellito sul microcircolo

Progressione del diabete mellito fino a gravi condizioni 700
Effetti del diabete sul macrocircolo • Cardiomiopatia diabetica

Cicatrizzazione ritardata delle ferite 701
Cicatrizzazione delle ferite • Alterata riparazione delle ferite nel diabete

Trattamento e gestione del diabete mellito 703

Ricerche in corso sul diabete mellito 704
Nuove tecniche per la somministrazione dell'insulina • Terapie per il trattamento del diabete mellito non basate sui farmaci

CONNESSIONI CLINICHE ■ Chirurgia bariatrica come trattamento per il diabete 705

FISIOLOGIA DELL'ESERCIZIO FISICO ■ Trasporto di glucosio nel muscolo in attività e diabete 706

Sommario del capitolo 707

Esercizi 708

Glossario 709

Indice analitico 731

Introduzione alla fisiologia

Il corpo umano è capace di sopravvivere ad una incredibile varietà di condizioni ambientali. Può vivere nella giungla, sulle montagne, in città popolate o nei deserti. Può sopportare il calore dell'estate in India o il freddo dell'inverno nel Nord America. Con adeguati allenamenti il corpo si può adattare a cambi di altitudine mentre scala l'Everest o portare a termine una maratona di 42 chilometri.

Come fa il corpo umano a far tutto ciò? Come imparerete in questo capitolo – e in tutto il testo – il nostro corpo ha un'incredibile capacità di adattamento a cambiamenti ambientali, riducendo al minimo i propri cambiamenti interni. Per esempio, quando ci si sposta da un ambiente freddo ad uno caldo (con corrispondente aumento della temperatura corporea), il corpo risponde velocemente sudando e aumentando il flusso di sangue alla cute per riportare la temperatura corporea al suo valore normale. La capacità del corpo di mantenere un ambiente interno normale è chiamata omeostasi e sarà il tema principale di questo libro.

Benvenuti allo studio della fisiologia umana.

1



Il nostro corpo si può adattare a svariate condizioni ambientali.

CONTENUTO DEL CAPITOLO

Organizzazione dell'organismo **2**

L'omeostasi: un principio organizzativo fondamentale della fisiologia **9**

L'epidemia di diabete **12**

OBIETTIVI

- Identificare i quattro principali tipi di cellule del corpo umano e descriverne le caratteristiche principali.
- Descrivere la distribuzione dell'acqua nel corpo e definire i diversi compartimenti liquidi dell'organismo.
- Definire cos'è l'*omeostasi* e spiegarne il significato funzionale nell'organismo. Descrivere il ruolo del feedback negativo nell'omeostasi.

La **fisiologia**, la scienza che studia le funzioni dell'organismo, se da un lato è figlia della ragione dall'altro è sicuramente frutto della passione, ossia del nostro desiderio naturale di capire noi stessi e l'universo in cui abitiamo. Per alcune persone questo desiderio va oltre la semplice curiosità e si trasforma in una spinta continua a dedicare la propria vita allo studio. È proprio grazie allo sforzo di queste persone che la fisiologia esiste oggi. Benché la definizione della fisiologia, come quella di altri campi di studio, sia semplice, è tuttavia praticamente impossibile descriverla in maniera succinta. In poche parole, la fisiologia cerca di spiegare il funzionamento del corpo in base ai principi stabiliti dalla chimica e dalla fisica. Nonostante questa descrizione possa sembrare abbastanza chiara, si noti che lo stesso può essere detto di altre scienze biologiche come la biochimica e la biologia cellulare. È difficile dire cosa caratterizzi specificatamente la fisiologia poiché, al pari di molti altri campi di studio, non è delimitata da confini precisi. Per spiegare come funziona l'organismo, i fisiologi usano strumenti propri di altri campi di studio come la biochimica, la biologia cellulare, la genetica, la fisica e perfino l'ingegneria. In fisiologia ci sono argomenti per tutti. Chi ama ragionare in termini cellulari o molecolari troverà particolarmente interessanti argomenti quali il trasporto di membrana o i meccanismi con cui i neuroni comunicano. Se invece preferite ragionare su una scala più ampia, a livello di organo o dell'intero organismo, troverete particolarmente interessante lo studio della funzione cardiovascolare o respiratoria. La maggior parte dei fisiologi comunque vi direbbe che il miglior approccio allo studio della fisiologia consiste nell'esplorare *tutti* questi aspetti.

Poiché tutti noi siamo curiosi di sapere come funziona l'organismo, è molto probabile che lo studio della fisiologia sarà per voi una delle esperienze accademiche più soddisfacenti. Scoprirete, inoltre, che la fisiologia, al pari di altre scienze, non è una mera collezione di concetti nozionistici ma una disciplina in continua evoluzione. Vi accorgete quindi che le conoscenze relative al funzionamento del corpo umano non solo per nulla complete, ma che molte sono destinate a cambiare con l'avvento di nuove scoperte scientifiche.

Indipendentemente dal vostro percorso formativo o dai vostri specifici interessi, lo studio della fisiologia amplierà la vostra visione scientifica. Comincerete quindi a vedere il quadro d'insieme e al tempo stesso a capire che le funzioni dell'organismo non siano da considerare come una serie di fenomeni indipendenti ma debbano essere viste come un tutt'uno. Potreste anche accorgervi che la fisiologia è affascinante. La maggior parte di quelli che, come noi, ha deciso di dedicarle la vita, la pensa proprio così.

Organizzazione dell'organismo

Se vi è capitato di soffermarvi ad esaminare un'immagine o un modello anatomico dettagliato del corpo umano, vi sarete

accorti della sua struttura estremamente complessa. Paradossalmente, dietro questa apparente complessità strutturale, vi è una certa semplicità delle funzioni.

Per un fisiologo, la parte forse più interessante del suo studio è che la sua funzione, benché complessa, può essere spiegata attraverso un insieme relativamente ridotto di principi. Per questa ragione, l'approccio fisiologico allo studio della funzione corporea può essere inteso come un lavoro di rimozione dei dettagli inutili per far sì che le parti essenziali – i temi e i principi unificanti – possano essere viste con maggiore chiarezza. Per avere un'idea di cosa ciò significhi, si consideri la **Figura 1.1**, che mostra cellule encefaliche di quattro morfologie diverse. Nonostante le cellule encefaliche siano tutte chiaramente differenti, esse possono essere classificate in un numero relativamente piccolo di categorie sulla base della somiglianza della loro forma (morfologie). Questa è una fortuna perché il cervello contiene miliardi di queste cellule e sarebbe estremamente improbabile trovarne due esattamente uguali! Se però considerate la funzione di queste cellule, le somiglianze tra loro superano le differenze, il che ci permette di raggrupparle tutte in un'unica categoria: tutte le cellule che vi appartengono sono specializzate nel trasmettere informazioni sotto forma di segnali elettrici da un punto del corpo ad un altro. Grazie a questa proprietà comune, tali cellule sono classificate come *neuroni* (o *cellule nervose*).

Se la semplicità dei meccanismi alla base della funzione corporea è uno dei temi principali della fisiologia, l'interazione tra le varie parti del corpo costituisce un altro argomento di interesse per questa scienza. Infatti, nonostante ognuna delle **cellule** del corpo, la più piccola unità vivente, sia capace da sola di realizzare i propri processi vitali di base, i vari tipi cellulari sono specializzati per svolgere funzioni diverse, tutte importanti per il funzionamento globale dell'organismo. Per questa ragione, tutte le cellule dipendono necessariamente una dall'altra per la loro sopravvivenza. Analogamente, i vari organi del corpo svolgono dei compiti di vitale importanza per il funzionamento degli altri organi. Sapete, per esempio, che le nostre cellule hanno bisogno di ossigeno per vivere e che l'ossigeno è fornito alle cellule dal circolo sanguigno. Occorre però considerare tutta una serie di eventi che devono verificarsi per consentire il trasferimento di una quantità di ossigeno sufficiente a soddisfare le necessità delle cellule. L'ossigeno è trasportato nel sangue da cellule chiamate *eritrociti*, che sono prodotte nel *midollo osseo*, un tessuto specializzato che si trova all'interno di alcune ossa. Per assicurare la presenza nel sangue di un numero adeguato di eritrociti, la sintesi di queste cellule è regolata da un ormone secreto dai reni chiamato *eritropoietina*. Affinché vi sia un adeguato flusso sanguigno ai tessuti, il cuore deve pompare un volume sufficiente di sangue ogni minuto e, per questa ragione, la frequenza e la forza delle sue contrazioni sono regolate dal sistema nervoso. Per assicurare che il sangue trasporti abbastanza ossigeno, i polmoni devono essere ventilati da una sufficiente quantità di aria, cosa che richiede il controllo dei muscoli respiratori (come il diaframma) attraverso il sistema nervoso. Infine, per fornire l'energia necessaria a questi ed altri processi, il sistema gastrointestinale deve preoccuparsi di scindere le molecole del cibo ingerito in una serie di molecole più piccole che possano essere assorbite nel sangue e distribuite alle cellule di tutto il corpo.

Questo esempio mostra come il corretto funzionamento del corpo richieda non solo che ogni parte dell'organismo sia in grado di svolgere la propria funzione, ma anche che le varie parti del corpo siano in grado di lavorare insieme in maniera coordinata. Per aiutarvi a capire meglio come le

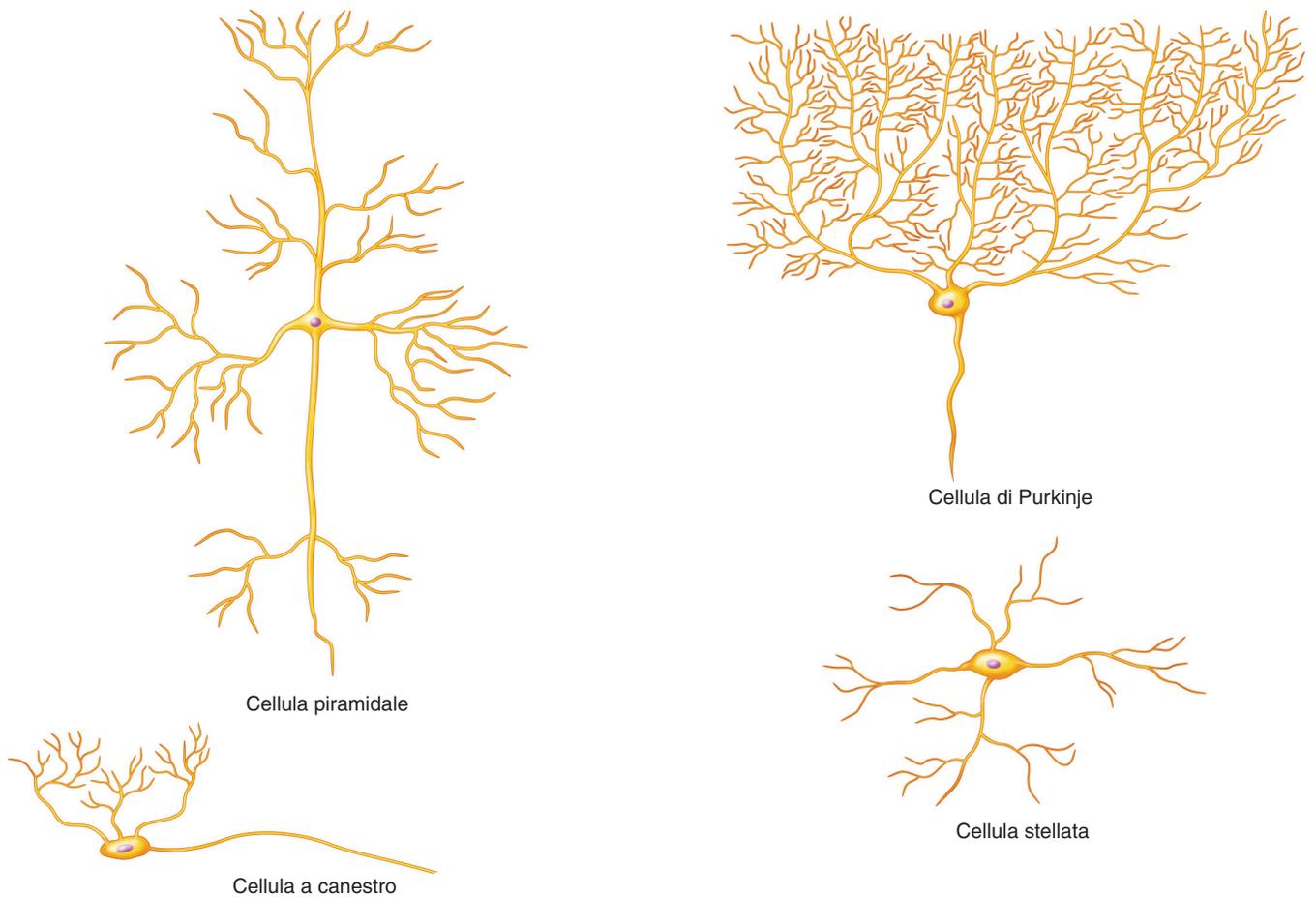


FIGURA 1.1 Cellule encefaliche di forme differenti. Ognuno di questi quattro tipi di cellule è un neurone che trasmette segnali elettrici e chimici.

parti del corpo lavorino insieme, in questo capitolo verranno illustrati alcuni principi generali relativi alla funzione corporea; le funzioni dei vari organi e sistemi di organi saranno invece trattate nei prossimi capitoli.

Cellule, tessuti, organi e sistemi

Il corpo umano è una struttura composta da cellule organizzate in una maniera molto ordinata. Le cellule sono raggruppate in tessuti, che a loro volta formano gli organi. Gli organi funzionano assieme come sistemi. Descriveremo ora ciascuno di questi componenti.

Cellule e tessuti

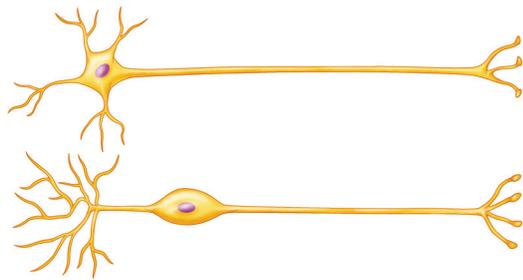
Nonostante ve ne siano oltre 200 diversi tipi nell'organismo, le cellule possono essere raggruppate in quattro principali categorie: (1) *neuroni*, (2) *cellule muscolari*, (3) *cellule epiteliali* e (4) *cellule connettivali*. Alcuni esempi di cellule appartenenti a queste categorie sono mostrati in **Figura 1.2**. Questa classificazione è molto ampia e si basa principalmente su differenze funzionali; è tuttavia possibile effettuare classificazioni più rigorose sulla base di distinzioni anatomiche e origini embrionali.

Come abbiamo già detto precedentemente, i **neuroni** (Figura 1.2a) sono specializzati nella trasmissione di informazioni sotto forma di segnali elettrici. A questo scopo, i

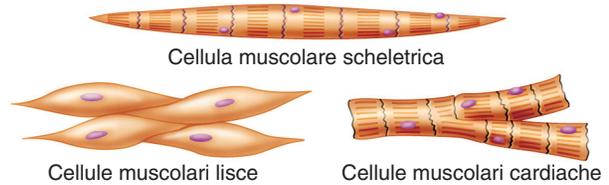
neuroni tipicamente possiedono un gran numero di ramificazioni che funzionano sia per ricevere che per trasmettere segnali da e verso altre cellule. Alcuni neuroni, come quelli dell'occhio che rispondono alla luce o quelli della cute che rispondono al tatto, ricevono informazioni dall'ambiente esterno e ci permettono di percepire il mondo attraverso i nostri sensi. Altri neuroni inviano segnali a muscoli, ghiandole endocrine ed altri organi e permettono il controllo del movimento, della secrezione ormonale ed di altre funzioni corporee. Vi sono poi neuroni come quelli dell'encefalo che hanno il compito di elaborare le varie informazioni permettendoci di pensare, di ricordare, di pianificare azioni e di provare emozioni.

Le cellule muscolari o **fibre muscolari** (Figura 1.2b) sono specializzate nel contrarsi e, di conseguenza, sviluppare forza meccanica e movimento. Queste cellule si trovano nei muscoli di braccia, gambe e di altre parti del corpo i cui movimenti sono sotto il controllo volontario (*muscolo scheletrico*), ma sono localizzate anche in strutture ed organi che non sono sotto il controllo volontario, come il cuore (*muscolo cardiaco*) e i vasi sanguigni (*muscolo liscio*). La flessione di un braccio, l'eiezione del sangue dal cuore e il mescolamento del cibo nello stomaco sono tutti esempi di cellule muscolari in azione.

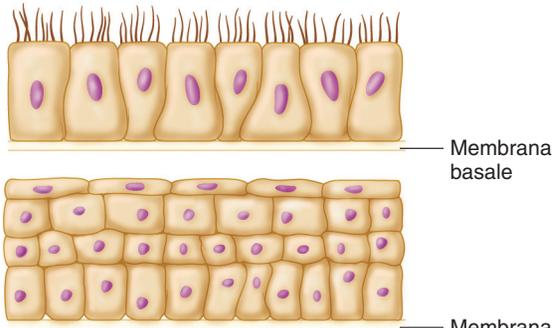
Le *cellule epiteliali* si trovano in quei tessuti chiamati **epiteli**, caratterizzati da uno strato di cellule continue appiattite posto su un sottile strato di materiale non cellulare denomi-



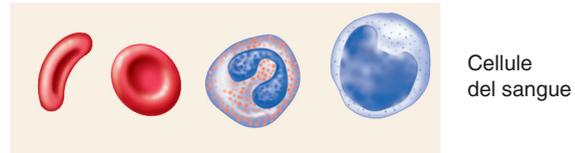
(a) Neuroni



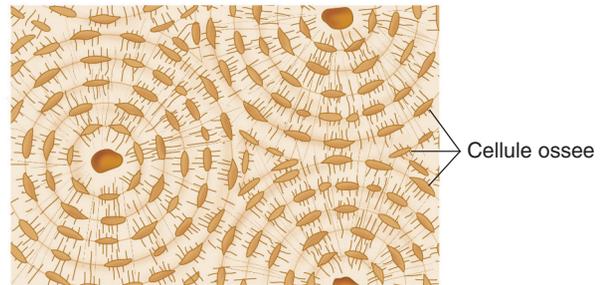
(b) Cellule muscolari



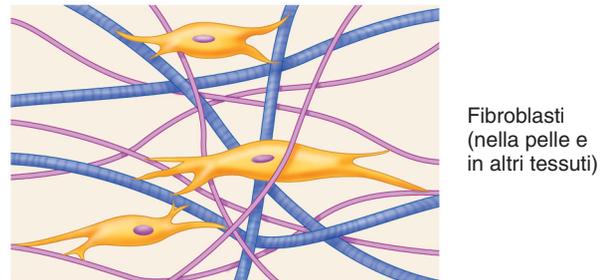
(c) Cellule epiteliali



Cellule del sangue



Cellule ossee



Fibroblasti (nella pelle e in altri tessuti)

(d) Cellule del tessuto connettivo

FIGURA 1.2 Principali tipi di cellule dell'organismo. (a) Neuroni. (b) Cellule muscolari. (c) Cellule epiteliali. (d) Cellule del tessuto connettivo.

nato *membrana basale* (Figura 1.2c). A seconda dei vari tipi, l'epitelio può essere costituito da un singolo strato di cellule o da più strati sovrapposti. Le cellule epiteliali possono poi avere forme diverse, presentandosi appiattite e basse in alcuni casi o alte e spesse in altri. In tutti i casi, comunque, le cellule sono strettamente connesse le une alle altre a formare una barriera che impedisce ai materiali presenti nei due lati dell'epitelio di mescolarsi liberamente. Per questa ragione gli epitelii si trovano ovunque occorra tenere separati i liquidi corporei dall'ambiente esterno, come nel caso della superficie cutanea o dei polmoni. Altri epitelii rivestono l'interno di organi cavi come lo stomaco, l'intestino e i vasi sanguigni, per separare i fluidi intracavitari dai circostanti fluidi corporei. La cavità interna degli organi cavi è generalmente denominata **lume**.

Alcune cellule epiteliali sono specializzate nel trasporto di sostanze specifiche, come ioni inorganici, molecole organiche o acqua, da un luogo ad un altro. Per esempio, all'interno dello stomaco vi sono cellule epiteliali di rivestimento che trasportano acido (ioni idrogeno) nel lume per favorire la digestione del cibo. Un altro esempio è dato dall'intestino, dove si trovano cellule che trasportano nutrienti e acqua dal lume al torrente circolatorio.

Alcune cellule epiteliali formano **ghiandole**, organi specializzati nella sintesi e secrezione di un prodotto. Esistono due tipi di ghiandole: le **ghiandole esocrine**, che secernono un prodotto in un dotto in comunicazione con l'ambiente esterno (Figura 1.3a), come ad esempio le ghiandole sudoripare e le ghiandole salivari, e le **ghiandole endocrine**, che se-

cernono ormoni, sostanze chimiche che trasmettono messaggi alle cellule dell'organismo attraverso il circolo sanguigno (Figura 1.3b), come ad esempio la *ghiandola pituitaria* e la *ghiandola surrenale*.

L'ultima grande categoria cellulare, le **cellule del tessuto connettivo**, è la più diversificata. Fra queste vi sono le cellule del sangue, le cellule ossee, le cellule adipose e molti altri tipi di cellule che sembrano avere poco in comune le une con le altre in termini di struttura o funzione (Figura 1.2d).

In senso stretto, con il termine *tessuto connettivo* ci si riferisce a qualsiasi struttura che abbia come funzione principale quella di fornire un supporto fisico ad altre strutture, ancorarle in una determinata posizione o collegarle tra loro. Esempi tipici di strutture formate da tessuto connettivo sono i *tendini*, che ancorano i muscoli all'osso, i *legamenti*, che collegano le ossa tra di loro, e il tessuto elastico presente nella cute, che le conferisce elasticità e flessibilità. Un altro esempio di tessuto connettivo è l'osso stesso, che fornisce sostegno diretto o indiretto a tutte le strutture del corpo. Nella



€ 57,00

ISBN 978-88-7959-714-2



9 788879 597142