

# Prefazione

L'importanza della fisiologia nella formazione culturale e scientifica era già stata sottolineata da Charles Darwin (1809-1882) che, in una lettera pubblicata dal *Times* il 18 aprile 1881, scriveva: “...no one, unless he is grossly ignorant of what science has done for mankind, can entertain any doubt of the incalculable benefits which will hereafter be derived from physiology...”.

Di fatto, lo studio della fisiologia è fondamentale e caratterizzante in diversi corsi di laurea quali, per esempio, Biologia, Biotecnologie, Bioingegneria, Farmacia, Chimica e Tecnologia farmaceutica e Psicologia. Allo stesso modo, l'apprendimento della fisiologia nei corsi di laurea magistrale di Medicina e Chirurgia e nelle lauree triennali per professioni sanitarie è propedeutico allo studio delle discipline cliniche e ha come obiettivo principale la conoscenza del funzionamento degli organismi viventi a tutti i livelli dell'organizzazione biologica, dalle molecole fino ai sistemi d'organo attraverso l'integrazione delle nozioni e dei concetti acquisiti in altre discipline di base.

Nell'opera si è cercato di mantenere un equilibrio tra le due anime in cui viene tradizionalmente suddivisa la fisiologia, ovvero la fisiologia cellulare e quella d'organo e di sistema. In particolare abbiamo proposto una visione integrata dei processi fisiologici, come dimostrato anche dai molteplici rimandi all'interno del testo.

L'impostazione grafica e la struttura del libro rappresentano una novità significativa nel panorama editoriale e sono state concepite per favorire e stimolare il percorso didattico dello studente nella comprensione dei vari argomenti trattati. Ogni capitolo è preceduto da un riassunto elaborato graficamente e da tabelle che aiutano il lettore a comprenderne immediatamente il contenuto e la sua organizzazione. All'interno di ciascun capitolo i vari argomenti sono strutturati in sezioni introdotte da un breve, ma dettagliato, sommario. Nel corpo principale del testo gli elementi fondamentali sono stati evidenziati in colore differente e, ove necessario, richiamati come concetti chiave, riportati nella colonna a lato. In questo spazio prendono posto anche riferimenti storici, approfondimenti clinici, anatomici e di fisiologia applicata. Sono inoltre presenti riquadri nei quali sono stati trattati specifici argomenti che integrano e arricchiscono le informazioni di base. L'apparato iconografico è costituito da immagini, schemi, grafici e diagrammi di flusso concepiti come supporto alle varie fasi dello studio, un utile strumento per chi predilige uno stile di apprendimento visivo-iconografico. Infine, è possibile valutare il proprio livello di comprensione degli argomenti per mezzo dei numerosi esercizi proposti al termine di ogni capitolo.

Contribuire alla stesura di un manuale di fisiologia è una responsabilità e un'opportunità, ma anche un'avventura entusiasmante, impegnativa e allo stesso tempo creativa. Noi Autori ringraziamo innanzitutto l'Editore, Raffaele Grandi, per averci offerto quest'occasione e aver riposto in noi fiducia e stima. Il suo entusiasmo nel proporre questa nuova iniziativa editoriale, la costanza con la quale ha seguito lo sviluppo dell'opera e la tenacia nel perseguire gli obiettivi sono stati di stimolo e di esempio per tutti noi. Siamo inoltre grati a tutto lo staff della Edi.Ermes per la professionalità con la quale ha seguito le varie fasi di stesura di quest'opera, dalla progettazione alla sua realizzazione finale. Una menzione particolare va alla dottoressa Elena di Toma per la competenza, la cura e la pazienza con la quale ha coordinato il lavoro di ciascuno di noi.

Non ci resta che augurarci che quest'opera possa essere utile sia durante la formazione curricolare sia lungo la carriera professionale.

*Gli Autori*

# Hanno collaborato all'opera

Anna BELFIORE	Università degli Studi "Federico II", Napoli
Chiara BERTEOTTI	Università degli Studi Alma Mater Studiorum, Bologna
Gerardo BIELLA	Università degli Studi, Pavia
Mario Rosario BUFFELLI	Università degli Studi, Verona
Barbara COLOMBINI	Università degli Studi, Firenze
Marcello D'ASCENZO	Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma
Camillo DI GIULIO	Università degli Studi G. D'Annunzio, Chieti
Riccardo FESCE	Università degli Studi dell'Insubria, Varese
Gianfranco FRANCHI	Università degli Studi, Ferrara
Silvia GIOVEDÌ	Università degli Studi, Genova
Marco LUPPI	Università degli Studi Alma Mater Studiorum, Bologna
Valerio MAGNAGHI	Università degli Studi, Milano
Sergio MASETTO	Università degli Studi, Pavia
Andrea MORIONDO	Università degli Studi dell'Insubria, Varese
Giuseppina MUDÒ	Università degli Studi, Palermo
Agostino PALMERI	Università degli Studi, Catania
Daniela PUZZO	Università degli Studi, Catania
Vittorio RICCI	Università degli Studi, Pavia
Mario ROSANOVA	Università degli Studi, Milano
Giulio Alfredo SANCINI	Università degli Studi, Milano-Bicocca
Mariarosaria SANTILLO	Università degli Studi "Federico II", Napoli
Francesca UBERTI	Università degli Studi del Piemonte Orientale, Novara

# Organizzazione dell'opera

Il testo affronta la Fisiologia umana in modo semplice e chiaro, conducendo lo studente nell'apprendimento di questa disciplina a vari livelli di approfondimento (secondo le curiosità e le aspettative dello studente stesso). La trattazione si sviluppa intorno a punti cardine fondamentali presentati in maniera esaustiva e accattivante dal punto di vista grafico.

Si illustrano tutti gli argomenti dai più generali fino alle nozioni cliniche, così da stimolare lo studente ad apprendere la materia finalizzando le principali conoscenze di base alla futura professione.

Molti sono gli elementi di supporto offerti, tra cui numerosi esempi, approfondimenti, concetti chiave ed esercizi.

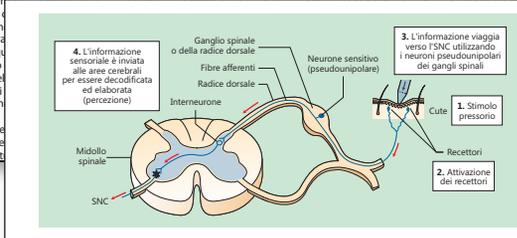
## PROPRIETÀ EMUNTORIE O DEPURATIVE DEL RENE

### SOMMARIO

Il metabolismo cellulare porta alla formazione di materiali di rifiuto (cataboliti) rappresentati principalmente dall'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), che è eliminata soprattutto dal sistema respiratorio, e da prodotti del metabolismo azotato (proteico e degli acidi nucleici, quali urea, acido urico e creatinina), che sono eliminati dal sistema circolatorio. I cataboliti si accumulano nelle cellule, morte; pertanto, sono immo- portate a organi che lo filtrano e si possono accumulare in esse, come i farmaci e i loro metaboliti. La capacità dei reni di eccesso si basa su processi di riassorbimento, la secrezione e l'eliminazione.

Il nefrone, che rappresenta l'unità funzionale del rene, è costituito da un corpuscolo renale associato a capillari periferici.

70 kDa, come la maggior parte delle proteine plasmatiche. L'ultrafiltrazione glomerulare è un processo che si realizza grazie all'azione di differenti pressioni, conosciute come forze di Starling, che agiscono anche in contrasto tra di loro. La pressione netta di filtrazione (pari a circa 10 mmHg) è data dalla differenza tra il



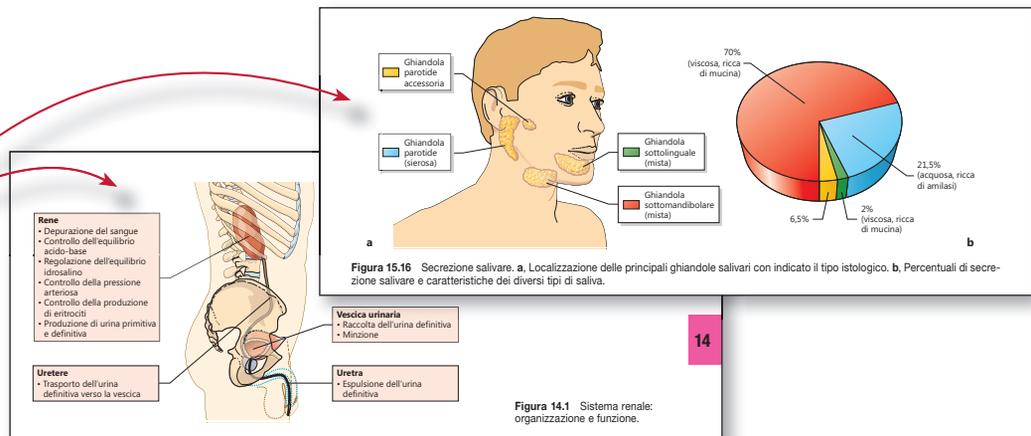
**Figura 7.8** I recettori somato-viscerali portano al sistema nervoso centrale (SNC) le informazioni raccolte nei vari organi del corpo: pelle, muscoli, tendini, articolazioni, visceri. Il neurone sensitivo primario è generalmente un neurone pseudounipolare, detto anche a T, con il corpo cellulare localizzato nei gangli spinali.

## Competenze di base

Nella parte iniziale di ogni capitolo, un sommario dettagliato e *flowchart* e tabelle, sintetiche ma esaustive, forniscono gli elementi utili alla comprensione della funzione generale del sistema descritto. Il testo del capitolo, quindi, illustra più in dettaglio le nozioni essenziali per comprendere la materia.

## Visualizzazione

L'ampio apparato iconografico, comprensivo di immagini, disegni e grafici, arricchisce il testo e aiuta lo studente grazie a un apprendimento di tipo visivo.



**Figura 14.16** Secrezione salivare. a. Localizzazioni delle principali ghiandole salivari con indicato il tipo istologico. b. Percentuali di secrezione salivare e caratteristiche dei diversi tipi di saliva.

**Figura 14.1** Sistema renale: organizzazione e funzione.

## Indicazioni anatomiche, cliniche e di fisiologia applicata

I richiami di morfologia macroscopica e microscopica e le note cliniche e di fisiologia applicata facilitano la comprensione degli aspetti fisiologici.

### Fisiopatologia della ghiandola surrenale

Si riconoscono patologie dovute all'iper- o all'iposecrezione degli ormoni corticosteroidi.

L'iposecrezione degli ormoni corticosteroidi è il risultato dell'insufficienza surrenale cronica, che può essere primaria (malattia di Addison) o secondaria. Nella tabella sono elencate le principali cause e i segni e sintomi.

L'ipersecrezione di glucocorticoidi e, in particolare, di cortisolo è caratterizzata dal segno clinico dell'obesità e può essere di origine ipofisaria o surrenale; se è di origine ipofisaria, è meglio conosciuta come *malattia di Cushing*, mentre la definizione di *sindrome di Cushing* è più correttamente utilizzata per riferirsi alla patologia di origine surrenale. Tutti

gli ormoni surrenali sono intercambiabili. Nella secrezione di ACTH provdola surrenale, con cons Nella sindrome di Cushing sono aumentate. Nella ta segni clinici. Caratteristi metabolismo e la distri

### Alcalosi dell'alpinista

In alta montagna, la bassa pressione parziale di ossigeno stimola i centri del respiro. L'iperventilazione riduce la pressione parziale di anidride carbonica del sangue, provocando alcalosi di tipo respiratorio.

### Insufficienza renale cronica

Forma primaria:

- distruzione della corticale surrenale
- atrofia della corticale surrenale a causa di malattie autoimmuni
- distruzione della ghiandola surrenale a causa

Segni e sintomi

- Iperpigmentazione della cute e della tonaca mucosa a causa dell'ipersecrezione di ACTH, indotta da carenza di cortisolo (*acanthosis nigricans*)
- Astenia

Il pH del sangue e dei liquidi corporei extracellulari è mantenuto costante a un valore di 7,4. Qualsiasi scostamento da questo valore può alterare l'attività di molte proteine, tra cui gli enzimi, i canali ionici, i trasportatori di membrana, provocando evidenti manifestazioni cliniche. Per esempio, in caso di *alcalosi*, cioè di aumento del pH del sangue, le cellule del sistema nervoso diventano ipereccitabili e danno origine a patologie che vanno da semplici disturbi dei sistemi sensoriali, a crisi epilettiche e tetano muscolare.

L'equilibrio acido-base è la funzione dell'organismo che permette di mantenere finemente regolato il valore del pH ed è realizzato dall'azione congiunta dei sistemi respiratorio e renale. La comprensione dei meccanismi alla base dell'equilibrio acido-base non è semplice.

Le ghiandole endocrine pluricellulari sono costituite da cellule secernenti e da un parenchima non endocrino. Si distinguono in cordonali, follicolari e interstiziali.

Le ghiandole a struttura cordonale, come l'ipofisi, le isole pancreatiche o la ghiandola surrenale, sono costituite da cordoni cellulari disposti a colonna, a gomito o a reticolo.

Le ghiandole follicolari, come la ghiandola tiroide, sono costituite da cellule disposte a formare una cavità sferica e chiusa in cui si accumulano gli ormoni o i loro precursori.

Le ghiandole interstiziali sono costituite da cellule, come le cellule endocrine interstiziali del testicolo, che si trovano distribuite nello stroma di un organo.

- Cordonali
- Follicolari
- Interstiziali

tegra le informazioni relative a numerosi parametri corporei, quali l'osmolalità del sangue, le riserve energetiche del corpo e la temperatura degli organi profondi, e sovrintende a molte delle azioni riflesse mediate dall'SNA. Alla funzione omeostatica l'ipotalamo partecipa anche tramite la secrezione di diversi neuroormoni (☉ Cap. 6), come per esempio l'ormone antidiuretico, che aiuta a mantenere costante il contenuto idrico dell'organismo. Infine, l'ipotalamo comunica con i centri nervosi di controllo del respiro, localizzati nel tronco encefalico, che attuano in modo riflesso per mantenere costanti i valori dei gas respiratori nel sangue regolando la ventilazione polmonare.

Con il reclutamento della corteccia cerebrale, alla risposta riflessa si affianca quella volontaria comportamentale. Si noti, a questo proposito, l'interposizione, nella **risposta comportamentale**, del sistema limbico che, associando un'emozione (paura, rabbia) all'informazione sensoriale, aumenta l'intensità stessa della risposta. Arrossire per la vergogna, svenire per la paura alla vista di un ago di siringa, sudare freddo per la tensione sono tutti esempi di un'influenza corticale limbica sulle funzioni autonome (**componente emozionale**). La vista di un animale giudicato pericoloso (corteccia) genera paura (sistema limbico), aumento dell'attività cardiaca (ipotalamo-SNA) e incremento della ventilazione polmonare (tronco encefalico). Con l'attivazione della midollare della ghiandola surrenale da parte del simpatico, anche il sistema endocrino viene reclutato ai fini omeostatici (cfr. Fig. 10.6).

#### Controllo omeostatico

La variazione di un parametro ambientale o corporeo determina l'attivazione di recettori sensoriali che informano i centri nervosi superiori. Quando il segnale raggiunge la corteccia cerebrale, la percezione diventa cosciente, per cui la risposta omeostatica contiene un contributo volontario. Viceversa, la risposta è puramente riflessa, cioè involontaria. L'inclusione del sistema limbico associa una componente emozionale.

### Concetti chiave

Riportati a lato del testo, i concetti chiave riassumono le definizioni più importanti e consentono un rapido richiamo dell'argomento specifico.

### Riquadri di approfondimento

Proponendo argomenti particolari della Fisiologia umana, gli approfondimenti analizzano in dettaglio aspetti specifici di questa disciplina.



#### REGOLAZIONE DELLA VELOCITÀ DI FILTRAZIONE GLOMERULARE

La pressione arteriosa  $P_a$  e la pressione idrostatica all'interno del capillare glomerulare  $P_{ig}$  sono fortemente correlate tra loro, per cui, per esempio, a ogni aumento della  $P_a$  dovrebbe corrispondere un aumento della  $P_{ig}$  con conseguente incremento della velocità di filtrazione glomerulare VFG e progressiva disidratazione del soggetto. Questo, in realtà, non si verifica perché, entro un intervallo definito di valori di pressione arteriosa, compreso tra 80 e 180 mmHg, la VFG rimane costante grazie a due processi: l'**autoregolazione** e la **regolazione estrinseca**.

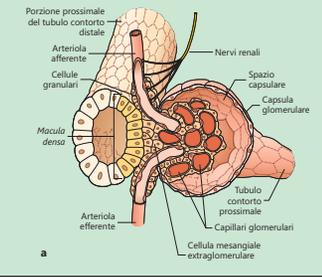
##### Autoregolazione

L'autoregolazione si basa su due meccanismi: la risposta miogena e il feedback tubuloglomerulare. La funzione di questi meccanismi è di disaccoppiare il processo di filtrazione renale dalla  $P_a$  e quindi di mantenere costante il carico di sostanze che giungono al tubulo contorto distale.

##### Risposta miogena: aumento della pressione arteriosa

In seguito all'aumento della  $P_a$ , le pareti dell'arteriola afferente si dilatano, stirando la muscolatura liscia di questi vasi. Ciò porta all'apertura di canali ionici sensibili allo stiramento, con conseguente depolarizzazione della cellula muscolare. La depolarizzazione favorisce l'ingresso degli ioni calcio, innescando il processo della contrazione muscolare che porta alla diminuzione del

dall'arteriola afferente con le cellule granulari contenenti la renina e dall'arteriola efferente (Fig. a).



#### ESERCIZI

- Le fibre pregangliari del sistema simpatico emergono a livello di:
  - tronco encefalico (nervi cranici II, VII, IX e X)
  - segmenti spinali toracolumbari (T1-L2)
  - midollo spinale sacrale (S2-S4)
- I gangli del sistema simpatico fanno parte di:
  - sistema nervoso centrale (SNC)
  - sistema nervoso periferico (SNP)

### Esercizi

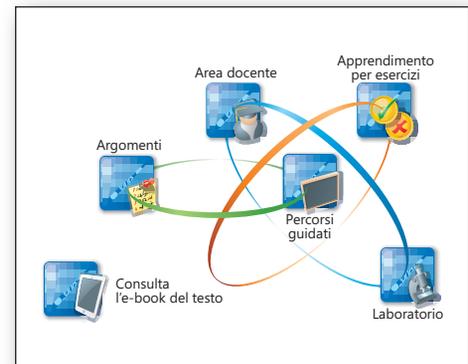
A fine capitolo il testo presenta numerosi esercizi con le relative soluzioni, utili a verificare il livello di comprensione e apprendimento della materia.



Il volume è arricchito da una piattaforma *on line* (**Virtual Campus**), accessibile attraverso il codice riportato nel frontespizio. Le risorse disponibili in quest'area virtuale sono: **lezioni online** che consentono un approccio visivo e coinvolgente agli argomenti di studio; **laboratori didattici** grazie ai quali si possono visualizzare meccanismi e fenomeni complessi; **test di autovalutazione** che consentono di valutare il proprio grado di conoscenza.

Il codice abilita anche il **download della versione digitale del libro**. Le istruzioni sono disponibili nella piattaforma.

Sia l'accesso alla piattaforma sia la consultazione del libro digitale sono disponibili per un periodo di tempo limitato a partire dalla registrazione del codice.



### Icone utilizzate nel testo



Concetti chiave



Note cliniche



Morfologia macroscopica e microscopica



Glossario



Fisiologia applicata



Esercizi



Approfondimenti

## FISIOLOGIA CELLULARE

<b>1</b>	<b>IL FISIOLOGO DI FRONTE AI SISTEMI VIVENTI E ALLA CELLULA</b> .....	1	 <i>Membrana plasmatica</i> .....	31
	<b>Generalità</b> .....	1	Diffusione semplice .....	35
	<b>Regolazione dei processi e delle funzioni</b> .....	4	Legge di Fick .....	36
	Sistemi di regolazione .....	4	 <i>Diffusione dell'acqua: l'osmosi</i> .....	37
	Regolazione tramite modificazioni delle proteine	5	 <i>Proprietà della diffusione semplice</i> .....	38
	Regolazione a livello di cellula e organismo .....	6	Trasporti mediati .....	38
	<b>Cellula: l'unità funzionale dell'organismo</b> .....	7	Diffusione regolata .....	38
	 <i>Cellula</i> .....	8	 <i>Acquaporine</i> .....	39
	Nucleo: duplicazione e trascrizione del DNA .....	8	Diffusione facilitata .....	39
	Ribosomi: traduzione e sintesi delle proteine .....	9	 <i>Proprietà della diffusione facilitata</i> .....	41
	Reticolo endoplasmatico e complesso di Golgi:		Trasporto attivo primario .....	41
	sintesi e traffico di proteine .....	10	Trasporto attivo secondario .....	44
	Membrane cellulari .....	13	 <i>Solute carrier</i> .....	46
	Membrana plasmatica: interfaccia		<b>Canali ionici</b> .....	47
	cellula-ambiente .....	15	 <i>Canali ionici</i> .....	48
	Lisosomi: idrolisi di molecole organiche .....	15	Tipi di canali ionici .....	48
	Mitocondri: metabolismo energetico della cellula	15	 <i>Depolarizzazione e iperpolarizzazione</i> .	48
	Proteasoma: degradazione di proteine		 <i>Molti veleni e tossine agiscono</i>	
	disfunzionali .....	18	<i>sui canali ionici</i> .....	49
	Citoscheletro: acquisizione e modulazione		Canali ionici voltaggio-dipendenti .....	49
	della forma cellulare .....	18	 <i>Canali Na<sub>v</sub></i> .....	50
	 <i>Citoscheletro</i> .....	18	 <i>Farmacologia dei canali ionici</i>	
	<b>Cellula: organizzazione e regolazione</b> .....	20	<i>voltaggio-dipendenti per il sodio</i> .....	51
	Organizzazione della cromatina .....	21	 <i>Farmacologia dei canali ionici</i>	
	Fattori di trascrizione .....	21	<i>voltaggio-dipendenti per il calcio</i> .....	53
	Quadro ribonucleico: il trascrittoma .....	22	Canali ionici di <i>leakage</i> .....	56
	Traduzione .....	22	Canali ionici meccano-attivati .....	56
	Regolatori del ciclo cellulare .....	23	Canali ionici ligando-dipendenti .....	57
	Stato funzionale .....	23	 <i>Agonisti e antagonisti del GABA</i> .....	59
	Recettori e meccanismi della trasduzione .....	23	Altri canali ionici .....	60
	Recettori canale .....	24	 <b>Esercizi</b> .....	61
	Recettori accoppiati a proteina G .....	24		
	Recettori ad attività enzimatica intrinseca .....	25	<b>3</b>	
	Recettori intracellulari .....	26	<b>POTENZIALE DI MEMBRANA</b>	
	Trasduzione e stato metabolico della cellula ..	26	<b>ED ECCITABILITÀ CELLULARE</b> .....	65
	 <b>Esercizi</b> .....	27	<b>Generalità</b> .....	65
<b>2</b>	<b>TRASPORTI DI MEMBRANA</b> .....	29	<b>Potenziale di membrana</b> .....	66
	<b>Generalità</b> .....	29	 <i>Come si misura il potenziale</i>	
	<b>Membrana plasmatica e movimenti di ioni</b>		<i>di membrana</i> .....	67
	e molecole .....	31	Genesi del potenziale di membrana .....	67
			Cella di concentrazione .....	68
			 <i>Equazione di Nernst</i> .....	70
			Sistema di Donnan .....	69

 <i>Equilibrio di Donnan</i> . . . . .	71
Potenziale di membrana e stato stazionario . . . . .	70
<b>Analogo elettrico della membrana plasmatica</b> . . . . .	75
 <i>La membrana plasmatica</i> <i>come condensatore</i> . . . . .	76
 <i>Tecniche elettrofisiologiche:</i> <i>current-clamp e voltage-clamp</i> . . . . .	77
 <i>Cinetica della risposta in voltaggio</i> . . . . .	78
<b>Potenziale d'azione</b> . . . . .	79
 <i>Lo studio dei canali ionici:</i> <i>la tecnica del patch-clamp</i> . . . . .	81
 <i>Proprietà delle correnti macroscopiche</i> . . . . .	84
 <i>Meccanismi ionici alla base</i> <i>del potenziale d'azione</i> . . . . .	86
Proprietà del potenziale d'azione nelle fibre nervose . . . . .	87
 <i>Accomodazione</i> . . . . .	89
Potenziale d'azione nelle diverse cellule eccitabili	90
Trasmissione del potenziale d'azione . . . . .	90
 <b>Esercizi</b> . . . . .	94
<b>4 SINAPSI</b> . . . . .	101
<b>Generalità</b> . . . . .	101
<b>Morfologia e proprietà delle sinapsi</b> . . . . .	103
Sinapsi elettriche . . . . .	104
Caratteristiche funzionali delle sinapsi elettriche . . . . .	105
Sinapsi chimiche . . . . .	106
<b>Sinapsi chimica: trasmissione del segnale</b> . . . . .	107
Sintesi e caricamento vescicolare del neurotrasmettitore . . . . .	108
Ciclo vescicolare . . . . .	109
Indirizzamento delle vescicole . . . . .	109
Ancoraggio . . . . .	110
Fusione delle vescicole con la membrana presinaptica . . . . .	111
 <i>Dal potenziale d'azione all'aumento</i> <i>di calcio nella terminazione</i> <i>presinaptica</i> . . . . .	112
 <i>Liberazione quantale</i> <i>di neurotrasmettitore</i> . . . . .	113
Riciclo delle vescicole . . . . .	115
Rimozione del neurotrasmettitore dalla fessura sinaptica . . . . .	115
Diffusione . . . . .	116
Scissione o degradazione enzimatica . . . . .	116
Ricaptazione o <i>reuptake</i> . . . . .	116
 <i>Neurotrasmettitori e farmaci</i> . . . . .	116
<b>Neurotrasmettitori</b> . . . . .	117
Neurotrasmettitori classici . . . . .	118
Neuropeptidi . . . . .	119
<b>Sinapsi chimica: ricezione del segnale</b> . . . . .	120

Recettori ionotropici . . . . .	121
Recettori ionotropici colinergici nicotinici . . . . .	123
Recettori ionotropici glutammatergici . . . . .	124
Recettori ionotropici GABAergici . . . . .	127
Recettori ionotropici glicinergici . . . . .	129
Recettori ionotropici serotoninergici . . . . .	129
Recettori ionotropici purinergici . . . . .	129
Recettori metabotropici . . . . .	129
Meccanismi d'azione . . . . .	130
Bersagli molecolari . . . . .	132
Tipi di recettori metabotropici . . . . .	135
 <i>La desensitizzazione e i recettori</i> . . . . .	139
<b>Sinapsi eccitatorie e inibitorie e integrazione</b> <b>sinaptica</b> . . . . .	141
Integrazione sinaptica . . . . .	142
Sommazione spaziale . . . . .	143
Sommazione temporale . . . . .	144
 <b>Esercizi</b> . . . . .	146

## 5

**MUSCOLO E CONTRAZIONE**

<b>MUSCOLARE</b> . . . . .	149
<b>Generalità</b> . . . . .	149
<b>Unità funzionale del muscolo scheletrico:</b> <b>il sarcomero</b> . . . . .	150
 <i>Muscolo scheletrico</i> . . . . .	150
Proteine del sarcomero . . . . .	152
Proteine contrattili . . . . .	153
Proteine regolatorie . . . . .	154
 <i>Proteine regolatorie del sarcomero</i> . . . . .	154
Proteine strutturali . . . . .	154
 <i>Proteine strutturali del sarcomero</i> . . . . .	154
Meccanismo della contrazione . . . . .	155
Ciclo chemomeccanico o dei ponti trasversali . . . . .	155
 <i>Power stroke: l'oscillazione</i> <i>del braccio di leva</i> . . . . .	158
<b>Accoppiamento eccitazione-contrazione</b> . . . . .	159
Fasi della contrazione muscolare . . . . .	159
 <i>Farmaci e veleni della sinapsi</i> <i>neuromuscolare</i> . . . . .	161
Fasi del rilasciamento muscolare . . . . .	161
<b>Contrazione muscolare</b> . . . . .	162
Contrazione isometrica e forza muscolare . . . . .	164
Analisi dei determinanti della forza muscolare a livello della singola fibra . . . . .	165
 <i>Disposizione dei sarcomeri in serie</i> <i>o in parallelo e sviluppo</i> <i>della forza muscolare</i> . . . . .	167
Analisi dei determinanti della forza muscolare a livello del muscolo <i>in toto</i> . . . . .	171
 <i>Aree delle sezioni trasverse anatomiche</i> <i>e fisiologica</i> . . . . .	173

Contrazione isotonica, velocità di accorciamento e potenza .....	175
 <i>Precarico e postcarico</i> .....	175
Relazione tra tensione e lunghezza nella contrazione isotonica .....	176
Relazione tra tensione e velocità nella contrazione isotonica .....	176
Analisi dei determinanti della velocità muscolare .....	177
 <i>Modello muscolare: compliance in serie</i> .....	177
 <i>Velocità di accorciamento e ciclo chemomeccanico</i> .....	178
Potenza .....	178
Energetica muscolare .....	179

Fonti di energia .....	180
Glicolisi aerobica .....	180
Glicolisi anaerobica .....	180
Via della fosfocreatina .....	180
<b>Fatica muscolare</b> .....	181
 <i>Fatica periferica</i> .....	182
<b>Muscolo liscio</b> .....	183
Tipi di muscolo liscio .....	184
 <i>Muscolo liscio</i> .....	184
Muscolo liscio unitario .....	185
Muscolo liscio multiunitario .....	185
Accoppiamento eccitazione-contrazione .....	185
Attivazione, regolazione e controllo della contrazione .....	186
 <b>Esercizi</b> .....	188

## FISIOLOGIA DEI SISTEMI

<b>6 SISTEMA NERVOSO: ORGANIZZAZIONE MORFOFUNZIONALE</b> .....	193
<b>Generalità</b> .....	193
 <i>Sistema nervoso</i> .....	194
<b>Tessuto nervoso: funzioni delle popolazioni cellulari</b> .....	195
Neuroni: trasmissione ed elaborazione dell'informazione .....	195
 <i>Neuroni</i> .....	195
Neuroglia: supporto funzionale e strutturale .....	198
 <i>Sclerosi multipla e mielina</i> .....	199
<b>Microambiente neuronale</b> .....	200
Liquidi cerebrospinale e interstiziale cerebrale: stabilità del microambiente neuronale .....	200
Liquido cerebrospinale .....	201
Liquido interstiziale cerebrale .....	202
 <i>Matrice extracellulare neuronale</i> .....	203
Scambi di soluti e acqua e omeostasi .....	203
Microcircolo cerebrale e scambi microvascolari .....	203
Barriera ematoencefalica .....	203
 <i>Barriera ematoencefalica</i> .....	204
Comunicazione tra sistema nervoso e circolo sanguigno .....	205
Drenaggio del liquido interstiziale cerebrale .....	206
 <i>Sistema linfatico meningeo</i> .....	206
<b>Metabolismo cerebrale</b> .....	207
 <i>Circolo arterioso cerebrale</i> .....	208
 <i>Fenomeni ischemici</i> .....	209
Regolazione del flusso ematico cerebrale .....	209
<b>Organizzazione del sistema nervoso centrale</b> .....	210
Midollo spinale: crocevia di informazioni sensoriali e motorie .....	210
Encefalo: integrazione delle informazioni sensoriali e generazione di comandi motori .....	211

Tronco encefalico: comportamenti elementari e funzioni automatiche .....	211
 <i>Sistema nervoso centrale: piani e assi di riferimento</i> .....	212
Cervelletto: funzioni motorie .....	213
Diencefalo: funzioni autonome e controllo del flusso di informazioni .....	213
Telencefalo: funzioni cognitive superiori .....	214
Organizzazione funzionale del sistema nervoso centrale .....	217
 <b>Esercizi</b> .....	218
<b>7 SISTEMI SENSORIALI</b> .....	221
<b>Generalità</b> .....	221
 <i>La psicofisica</i> .....	223
<b>Trasduzione ed elaborazione del segnale sensoriale</b> .....	225
 <i>Recettori sensoriali</i> .....	225
Modalità di scarica .....	227
Modalità sensoriale dello stimolo .....	227
Localizzazione dello stimolo .....	228
 <i>Ascolto binaurale e localizzazione della sorgente sonora</i> .....	229
Intensità dello stimolo .....	231
Durata dello stimolo .....	231
<b>Sensibilità somatoviscerale</b> .....	233
Termocezione .....	233
Tatto .....	234
Corpuscolo lamellare .....	234
Corpuscolo tattile .....	235
Corpuscolo fusiforme .....	235
Disco tattile .....	236
Recettore del follicolo pilifero .....	236
Propriocezione .....	236

Fusi neuromuscolari . . . . .	236	Vie centrali dell'olfatto . . . . .	279
Organi tendinei . . . . .	237	 <i>Alterazioni del sistema olfattivo</i> . . . . .	280
Recettori articolari. . . . .	237	<b>Gusto</b> . . . . .	281
Nocicezione . . . . .	237	 <i>Papille gustative</i> . . . . .	282
 <i>Farmaci analgesici</i> . . . . .	238	Trasduzione del segnale gustativo. . . . .	283
Prurito . . . . .	238	Dolce, umami e amaro . . . . .	283
Vie centrali della sensibilità somatica . . . . .	239	Salato . . . . .	284
Sensibilità viscerale . . . . .	240	Acido . . . . .	284
<b>Visione</b> . . . . .	241	Elaborazione del segnale gustativo . . . . .	285
 <i>Occhio</i> . . . . .	242	 <b>Esercizi</b> . . . . .	286
 <i>Congiuntivite, tracoma, cataratta e glaucoma</i> . . . . .	243	<b>8 SISTEMA MOTORIO</b> . . . . .	293
Trasmissione del segnale visivo . . . . .	243	<b>Generalità</b> . . . . .	293
Formazione dell'immagine sulla retina . . . . .	245	<b>Riflessi</b> . . . . .	295
 <i>Diottrie</i> . . . . .	246	Classificazione dei riflessi . . . . .	295
 <i>Miopia, presbiopia, ipermetropia e astigmatismo</i> . . . . .	247	Proprietà generali dei riflessi . . . . .	296
Trasduzione del segnale visivo. . . . .	247	Legge di Bell-Magendie o della conduzione ortodromica . . . . .	296
 <i>Retina</i> . . . . .	247	Tempo riflesso totale . . . . .	297
Corrente al buio . . . . .	249	Soglia del riflesso. . . . .	297
Condizioni di luce . . . . .	250	Stimolo adeguato o specifico . . . . .	297
 <i>Retinite pigmentosa</i> . . . . .	251	Area riflessogena o principio della localizzazione . . . . .	297
Elaborazione retinica dell'informazione visiva . . . . .	251	Via finale comune . . . . .	297
Visione a colori. . . . .	252	Sommazione riflessa . . . . .	298
 <i>Spettrofotometria versus colorimetria</i> . . . . .	253	Stato eccitatorio e stato inibitorio centrale . . . . .	298
 <i>Daltonismo</i> . . . . .	254	Inibizione reciproca. . . . .	298
Vie centrali e visione binoculare . . . . .	254	Riflessi spinali . . . . .	299
<b>Udito ed equilibrio</b> . . . . .	256	Riflesso miotatico diretto fasico . . . . .	299
 <i>Orecchio interno</i> . . . . .	257	 <i>Fusi neuromuscolari</i> . . . . .	299
Sistema uditivo . . . . .	257	Riflesso miotatico inverso . . . . .	301
 <i>Audiogramma</i> . . . . .	258	Riflesso di evitamento . . . . .	302
Trasmissione del segnale acustico. . . . .	259	Riflesso posturale . . . . .	303
Trasduzione del segnale acustico . . . . .	259	 <i>Riflessi patologici</i> . . . . .	303
 <i>Organo spirale o di Corti</i> . . . . .	259	Riflessi cranici . . . . .	303
Ruolo delle cellule acustiche esterne. . . . .	263	Riflessi autonomici . . . . .	304
Tonotopia. . . . .	263	<b>Postura</b> . . . . .	306
Vie acustiche centrali . . . . .	264	<b>Movimenti ritmici e locomozione</b> . . . . .	310
Sistema vestibolare. . . . .	264	Cammino. . . . .	310
 <i>Sistema vestibolare</i> . . . . .	265	<b>Vie corticospinali e movimenti volontari</b> . . . . .	312
Membrana otolitica: accelerazioni lineari e inclinazione della testa . . . . .	267	 <i>Sistema laterale e sistema mediale</i> . . . . .	313
Cupola ampollare: rotazione della testa . . . . .	268	Ruolo della corteccia cerebrale. . . . .	316
Vie vestibolari centrali . . . . .	269	<b>Funzioni motorie dei nuclei della base</b> . . . . .	320
 <i>Disordini vestibolari</i> . . . . .	271	 <i>Nuclei della base</i> . . . . .	321
<b>Olfatto</b> . . . . .	272	<b>Circuito corteccia cerebrale-nuclei della base-talamo-corteccia cerebrale</b> . . . . .	322
 <i>Tonaca mucosa olfattiva</i> . . . . .	273	 <i>Via diretta e indiretta: patologie</i> . . . . .	324
Trasduzione del segnale olfattivo. . . . .	274	<b>Cervelletto e controllo dei movimenti</b> . . . . .	325
 <i>Genetica dell'olfatto</i> . . . . .	274	 <i>Cervelletto</i> . . . . .	326
Elaborazione del segnale olfattivo. . . . .	275	Circuiti nervosi cerebellari . . . . .	327
Codifica del segnale olfattivo. . . . .	277	 <i>Corteccia cerebellare</i> . . . . .	327
		 <b>Esercizi</b> . . . . .	330

<b>9</b>	<b>INTEGRAZIONI OMEOSTATICHE E FUNZIONI SUPERIORI</b> .....	333		
	<b>Generalità</b> .....	333		
	<b>Apprendimento e memoria</b> .....	335		
	Classificazione delle forme di apprendimento. ....	335		
	🔍 <i>Aplysia, apprendimento e memoria</i> ....	336		
	Condizionamento classico .....	336		
	Condizionamento operante .....	337		
	Classificazioni della memoria .....	338		
	Circuiti e strutture nervose della memoria .....	339		
	🔍 <i>Il paziente H.M., la memoria     e l'orientamento nello spazio</i> .....	339		
	Organizzazione della memoria. ....	340		
	🔍 <i>La legge di Hebb</i> .....	341		
	Processi cellulari e molecolari alla base della memoria .....	341		
	<b>Ciclo sonno-veglia</b> .....	344		
	🔍 <i>Filogenesi del sonno</i> .....	345		
	Stadi del sonno .....	347		
	Circuiti e strutture nervose del ciclo sonno-veglia	349		
	🔍 <i>Teoria passiva del sonno</i> .....	350		
	Ruolo del circuito talamocorticale .....	350		
	Caratteristiche circuitali della fase di sonno REM .....	352		
	Regolazione del sonno: <i>sleep factor</i> e spinta circadiana .....	352		
	🔍 <i>Disturbi del sonno</i> .....	354		
	🔍 <i>Ritmi circadiani</i> .....	354		
	<b>Controllo nervoso dell'assunzione di cibo</b> .....	355		
	🔍 <i>Food for brain</i> .....	356		
	Sistema omeostatico .....	356		
	Segnali di fame .....	356		
	Segnali di sazietà .....	357		
	🔍 <i>L'insulina è un importante fattore     di sazietà</i> .....	357		
	Circuiti e strutture nervose coinvolti nell'assunzione di cibo .....	358		
	🔍 <i>Ipotalamo</i> .....	358		
	Sistema della ricompensa: circuiti cognitivi-edonici .....	360		
	🔍 <i>Disturbi alimentari</i> .....	360		
	🔍 <i>Il sistema motivazionale dopaminergico</i> .....	360		
	<b>Controllo nervoso dell'assunzione di liquidi</b> .....	361		
	Sete .....	362		
	Fame di sale .....	362		
	<b>Comportamento sessuale</b> .....	363		
	Comportamento sessuale dimorfico .....	363		
	🔍 <i>Ipotesi dell'aromatizzazione: l'estradiolo     è necessario per la mascolinizzazione     e la defemminizzazione del cervello</i> ..	364		
	Comportamento sessuale nel maschio .....	364		
	Comportamento sessuale nella femmina .....	365		
	Basi del dimorfismo sessuale .....	365		
	🔍 <i>I feromoni</i> .....	366		
	Comportamento di cura della prole .....	366		
	<b>Lateralizzazione delle funzioni cerebrali</b> .....	367		
	🔍 <i>I pazienti dal cervello diviso</i> .....	368		
	🔍 <i>Corpo calloso</i> .....	369		
	Linguaggio .....	369		
	🔍 <i>Il linguaggio</i> .....	370		
	🔍 <i>Le afasie</i> .....	371		
	<b>Emozioni</b> .....	372		
	Comunicazione delle emozioni .....	373		
	Teorie sulla risposta emotiva .....	374		
	Circuiti cerebrali delle emozioni .....	374		
	Ruolo dell'amigdala .....	375		
	Ruolo della corteccia orbitofrontale .....	375		
	<b>Attenzione</b> .....	376		
	Processi attentivi e modalità dell'attenzione .....	377		
	🔍 <i>L'ipotesi di Posner: esistono tre sistemi     attentivi indipendenti tra loro</i> .....	378		
	Attenzione visiva o spaziale .....	379		
	🔍 <i>Disturbi dell'attenzione spaziale</i> .....	379		
	<b>Coscienza</b> .....	380		
	Valutazione della coscienza .....	382		
	Correlati neurali della coscienza .....	382		
	🔍 <b>Esercizi</b> .....	385		
<b>10</b>	<b>SISTEMA NERVOSO AUTONOMO</b> .....	389		
	<b>Generalità</b> .....	389		
	🔍 <i>Sistema nervoso autonomo</i> .....	389		
	<b>Funzioni: controllo omeostatico</b> .....	393		
	🔍 <i>La maledizione di Ondine</i> .....	395		
	<b>Meccanismo d'azione</b> .....	396		
	Azioni del simpatico e del parasimpatico .....	398		
	🔍 <i>Agonisti e antagonisti</i> .....	399		
	🔍 <b>Esercizi</b> .....	400		
<b>11</b>	<b>SISTEMA ENDOCRINO</b> .....	403		
	<b>Generalità</b> .....	403		
	🔍 <i>Metodi di valutazione degli ormoni</i> ....	404		
	🔍 <i>Ghiandole endocrine</i> .....	405		
	<b>Ormoni</b> .....	407		
	Meccanismi d'azione cellulare degli ormoni .....	408		
	🔍 <i>Costanti di associazione e dissociazione</i> .....	409		
	Neurotrasmettitori .....	410		
	Ormoni proteici e derivati aminoacidici: cascata di segnalazione .....	410		
	🔍 <i>Proteine G</i> .....	410		
	Ormoni lipofili: azione sui geni .....	411		
	Trasporto degli ormoni .....	412		
	🔍 <i>Alterazioni della funzione ormonale</i> ...	412		
	🔍 <i>Legame ormone-proteina di trasporto:     costante di associazione</i> .....	412		

<b>Ipofisi e asse ipotalamo-ipofisi</b> . . . . .	413	 <i>Fisiopatologia del testicolo</i> . . . . .	453
 <i>Ipotalamo e ipofisi</i> . . . . .	413	<b>Regolazione del metabolismo del calcio</b>	
Funzioni endocrine dell'ipotalamo . . . . .	414	<b>e del fosfato</b> . . . . .	454
Adenoipofisi . . . . .	415	 <i>Calcio</i> . . . . .	455
 <i>Adenoipofisi</i> . . . . .	415	Paratormone . . . . .	456
Ormone della crescita . . . . .	416	 <i>Ghiandole paratiroidi</i> . . . . .	456
Prolattina . . . . .	419	Effetti sul metabolismo del calcio . . . . .	456
 <i>Fisiopatologia dell'adenoipofisi</i> . . . . .	421	Effetti sul metabolismo del fosfato . . . . .	457
Neuroipofisi . . . . .	422	Regolazione della secrezione . . . . .	457
 <i>Neuroipofisi</i> . . . . .	422	Vitamina D . . . . .	458
Ormone antidiuretico . . . . .	422	Effetti sul metabolismo del calcio . . . . .	458
Ossitocina . . . . .	423	Calcitonina . . . . .	459
 <i>Fisiopatologia della neuroipofisi</i> . . . . .	424	Effetti sul metabolismo di calcio e fosfato . . . . .	459
<b>Ghiandola tiroide e asse</b>		Regolazione della secrezione . . . . .	459
<b>ipotalamo-ipofisi-ghiandola tiroide</b> . . . . .	425	 <i>Fisiopatologia delle ghiandole</i>	
 <i>Ghiandola tiroide</i> . . . . .	426	<i>paratiroidi</i> . . . . .	460
Sintesi degli ormoni tiroidei . . . . .	427	<b>Pancreas endocrino e metabolismo glicemico</b> . . . . .	461
 <i>Iodio</i> . . . . .	427	 <i>Isole pancreatiche</i> . . . . .	462
Effetti biologici degli ormoni tiroidei . . . . .	428	Insulina . . . . .	463
Aumento del metabolismo . . . . .	429	Effetti biologici . . . . .	464
Stimolazione della crescita . . . . .	430	Regolazione della secrezione . . . . .	466
Altri effetti . . . . .	430	 <i>Trasportatori del glucosio</i> . . . . .	466
Regolazione della secrezione degli ormoni tiroidei . . . . .	431	Glucagone . . . . .	468
 <i>Come si valuta la funzionalità</i>		Effetti biologici . . . . .	468
<i>della ghiandola tiroide</i> . . . . .	432	Regolazione della secrezione . . . . .	468
 <i>Fisiopatologia della ghiandola tiroide</i> . . . . .	432	Somatostatina . . . . .	469
<b>Ghiandole surrenali e asse</b>		Effetti biologici . . . . .	469
<b>ipotalamo-ipofisi-ghiandola surrenale</b> . . . . .	434	Regolazione della secrezione . . . . .	470
 <i>Ghiandole surrenali</i> . . . . .	434	 <i>Fisiopatologia del pancreas endocrino</i> . . . . .	470
Ormoni della corticale surrenale: i corticosteroidi . . . . .	435	 <i>Insulina e terapie per il diabete</i> . . . . .	471
Effetti biologici . . . . .	437	<b>Funzioni endocrine di altri organi e tessuti</b> . . . . .	472
 <i>Recettori per gli ormoni steroidei</i> . . . . .	437	Funzioni ormonali della ghiandola pineale . . . . .	473
 <i>Corticosteroidi: iper- e iposecrezione</i>		 <i>Ghiandola pineale</i> . . . . .	473
<i>e farmacologia</i> . . . . .	440	Funzioni ormonali del timo . . . . .	473
Regolazione della secrezione . . . . .	440	Funzioni ormonali dei reni . . . . .	473
 <i>Fisiopatologia della ghiandola</i>		Funzioni ormonali del muscolo cardiaco . . . . .	474
<i>surrenale</i> . . . . .	442	Funzioni ormonali del sistema nervoso . . . . .	475
Ormoni della midollare surrenale:		Funzioni ormonali del tratto gastrointestinale . . . . .	475
le catecolamine . . . . .	443	Funzioni ormonali del tessuto adiposo . . . . .	476
Effetti biologici . . . . .	443	 <b>Esercizi</b> . . . . .	477
 <i>Dopamina</i> . . . . .	443		
<b>Ovaio, testicolo e asse ipotalamo-ipofisi-gonadi</b> . . . . .	444		
 <i>Ovaio e testicolo</i> . . . . .	444		
Differenziazione gonadica . . . . .	446		
Ormoni ovarici . . . . .	447		
Ciclo ovarico . . . . .	449		
Effetti biologici . . . . .	450		
Regolazione della secrezione . . . . .	451		
 <i>Fisiopatologia dell'ovaio</i> . . . . .	451		
Ormoni testicolari . . . . .	452		
Effetti biologici . . . . .	452		
Regolazione della secrezione . . . . .	453		
		<b>12 SISTEMA CARDIOCIRCOLATORIO</b> . . . . .	481
		<b>Generalità</b> . . . . .	481
		 <i>La scoperta dei vasi linfatici: le prime</i>	
		<i>osservazioni di Gaspare Aselli</i> . . . . .	482
		<b>Funzioni del sangue ed emostasi</b> . . . . .	483
		Composizione e caratteristiche del sangue . . . . .	484
		 <i>Come si misurano l'ematocrito</i>	
		<i>e il volume totale del sangue</i> . . . . .	485
		 <i>Valore dell'ematocrito</i> . . . . .	485
		Plasma . . . . .	485

<ul style="list-style-type: none"> <li> Alterazioni della concentrazione degli elettroliti plasmatici ..... 489</li> <li> Alterazioni della concentrazione di alcune sostanze contenute nel plasma ..... 490</li> <li>Componente corpuscolata ..... 490</li> <li> Globuli rossi ..... 491</li> <li> Piastrine ..... 494</li> <li>Gruppi sanguigni ..... 495</li> <li>Emopoiesi ..... 496</li> <li>Fattori di crescita del sistema emopoietico .... 498</li> <li>Fasi dell'emopoiesi ..... 498</li> <li> Lo studio dell'emopoiesi midollare: l'aspirato midollare e la biopsia osteomidollare ..... 499</li> <li>Emostasi ..... 499</li> <li>Fase vascolare ..... 500</li> <li>Fase piastrinica ..... 501</li> <li>Fase coagulativa ..... 502</li> <li> Patologie del processo emocoagulativo .. 505</li> <li>Fase fibrinolitica ..... 505</li> <li> Dissanguamento ..... 505</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capillari e microcircolo ..... 546</li> <li> Microcircolo ..... 546</li> <li>Scambi microvascolari ..... 548</li> <li>Vene: emodinamica e meccanismi del ritorno venoso ..... 550</li> <li> Sistema venoso ..... 550</li> <li> Pompa muscolare e patologie ..... 552</li> <li>Vasi linfatici e drenaggio linfatico ..... 552</li> <li> Sistema linfatico ..... 552</li> <li> Linfedema ..... 553</li> <li>Regolazione della pressione arteriosa ..... 554</li> <li>Ruolo dei barocettori ..... 554</li> <li> Ipertensione ..... 554</li> <li>Meccanismi nervosi di controllo ..... 555</li> <li>Coordinazione dei meccanismi di controllo ... 557</li> <li>Circolazioni distrettuali ..... 558</li> <li> I circoli portali ..... 561</li> <li>Circolazione coronarica ..... 561</li> <li> Circolazione coronarica ..... 561</li> <li>Circolazione cerebrale ..... 564</li> <li> Circolazione cerebrale ..... 564</li> <li> Esercizi ..... 567</li> </ul>
<p><b>Funzioni del cuore: pompa emodinamica aspirante e premente ..... 506</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Cuore ..... 507</li> <li>Attività elettrica del cuore ..... 508</li> <li>Potenziale d'azione cardiaco ..... 509</li> <li>Regolazione nervosa ed endocrina dell'attività elettrica del cuore ..... 513</li> <li> L'aritmia sinusale respiratoria ..... 516</li> <li>Registrazione dell'attività elettrica: l'elettrocardiogramma ..... 516</li> <li> Alterazioni dell'attività elettrica del cuore ..... 518</li> <li> Come si calcola l'asse elettrico cardiaco medio ..... 521</li> <li> L'elettrogramma del fascio di His ..... 522</li> <li>Attività meccanica del cuore ..... 523</li> <li>Accoppiamento eccitazione-contrazione nel cardiomiocito ..... 523</li> <li>Ciclo cardiaco ..... 525</li> <li> I toni cardiaci ..... 532</li> <li>Gittata cardiaca e la sua regolazione ..... 533</li> <li> Come si misura la gittata cardiaca ..... 534</li> </ul>	<p><b>13 SISTEMA RESPIRATORIO ..... 573</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Generalità ..... 573</b></li> <li>Struttura e funzione ..... 575</li> <li> Vie aeree ..... 576</li> <li><b>Ventilazione ..... 578</b></li> <li>Volumi polmonari ..... 578</li> <li> Volumi e capacità polmonari: definizioni ..... 579</li> <li>Parametri ventilatori ..... 579</li> <li> Come si misura il volume residuo ..... 580</li> <li>Spazio morto ..... 582</li> <li>Misura dello spazio morto anatomico con il metodo di Fowler ..... 583</li> <li>Misura dello spazio morto fisiologico con il metodo di Bohr ..... 583</li> <li> Lo spazio morto in condizioni patologiche ..... 583</li> <li><b>Meccanica respiratoria ..... 584</b></li> <li> Sistema respiratorio ..... 585</li> <li>Curve pressione-volume ..... 586</li> <li> Pressioni respiratorie ..... 587</li> <li> Leggi dei gas ..... 588</li> <li> Come costruire le curve pressione-volume dovute solo alle proprietà elastiche dei polmoni e del torace ..... 590</li> <li> Pneumotorace ..... 593</li> <li>Tensione superficiale ..... 593</li> <li> Surfattante e tensione superficiale ..... 594</li> </ul>
<p><b>Sistema circolatorio: emodinamica e scambi microvascolari ..... 536</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Vasi ..... 536</li> <li>Arterie ..... 538</li> <li>Pressione arteriosa ..... 538</li> <li> Come si misura la pressione arteriosa .. 539</li> <li>Onda sfigmica ..... 541</li> <li>Regolazione del calibro vasale ..... 542</li> </ul>	

Assenza di surfattante . . . . .	595	Come si misura il flusso ematico negli shunt venoarteriosi . . . . .	627
Differenze regionali della ventilazione . . . . .	595	Polmonite lobare franca . . . . .	629
Ventilazione insufficiente: chiusura delle vie aeree . . . . .	595	 <b>Esercizi</b> . . . . .	630
Tipi di flusso e resistenza delle vie aeree . . . . .	595	<b>14 SISTEMA RENALE</b> . . . . .	635
La resistenza delle vie aeree in condizioni fisiopatologiche . . . . .	599	Generalità . . . . .	635
La compressione dinamica delle vie aeree . . . . .	600	Sistema renale . . . . .	636
Lavoro respiratorio . . . . .	601	<b>Proprietà emuntorie o depurative del rene</b> . . . . .	637
<b>Circolazione polmonare</b> . . . . .	603	Funzioni del nefrone . . . . .	638
Emodinamica della circolazione polmonare . . . . .	603	Nefrone . . . . .	638
Vasocostrizione polmonare ipossica . . . . .	604	Ultrafiltrazione glomerulare . . . . .	638
Flusso ematico polmonare e gittata cardiaca . . . . .	604	Parametri fondamentali della funzionalità renale . . . . .	640
La circolazione polmonare . . . . .	605	Variazioni della velocità di filtrazione glomerulare in situazioni patologiche . . . . .	642
Differenze regionali nella circolazione polmonare . . . . .	606	Riassorbimento e secrezione nei tubuli renali . . . . .	642
Formazione e riassorbimento del liquido interstiziale . . . . .	606	Regolazione della velocità di filtrazione glomerulare . . . . .	643
<b>Trasporto dei gas nel sangue</b> . . . . .	607	Escrezione e produzione di urina . . . . .	648
Scambi gassosi: diffusione e legge di Fick . . . . .	609	Come si calcola la clearance renale . . . . .	649
Edema polmonare . . . . .	610	Stima della velocità di filtrazione glomerulare: clearance dell'inulina o della creatinina . . . . .	650
Trasporto dell'ossigeno . . . . .	610	La clearance del glucosio . . . . .	651
Ossigeno disciolto nel plasma . . . . .	610	Stima del flusso plasmatico renale con la clearance dell'acido para-aminoippurico . . . . .	652
Ossigeno legato all'emoglobina . . . . .	611	Alterazioni della funzionalità renale . . . . .	653
Forme patologiche di emoglobina . . . . .	611	<b>Omeostasi idroelettrolitica</b> . . . . .	654
Curva di dissociazione dell'emoglobina per l'ossigeno . . . . .	611	Osmolalità dei fluidi corporei extracellulari . . . . .	654
Avvelenamento da monossido di carbonio . . . . .	612	Come si misurano i volumi dei liquidi corporei . . . . .	656
Trasporto dell'anidride carbonica . . . . .	614	Equilibrio idroelettrolitico: regolazione renale . . . . .	656
Anidride carbonica disciolta nel plasma . . . . .	614	Alterazioni dell'osmolalità e del volume dei fluidi extracellulari . . . . .	658
Anidride carbonica legata alle proteine del sangue . . . . .	614	Riassorbimento d'acqua: azione dell'ormone antidiuretico . . . . .	658
Trasporto di anidride carbonica sotto forma di bicarbonato . . . . .	615	Il meccanismo di moltiplicazione per controcorrente . . . . .	659
Curva di dissociazione del sangue per l'anidride carbonica . . . . .	616	Riassorbimento di sodio: azione dell'ormone steroideo aldosterone . . . . .	663
Controllo dell'equilibrio acido-base . . . . .	616	Diabete insipido . . . . .	663
<b>Controllo della respirazione</b> . . . . .	617	Il sistema RAAS: renina, angiotensina e aldosterone . . . . .	663
Centri respiratori . . . . .	618	<b>Equilibrio acido-base</b> . . . . .	664
Recettori . . . . .	618	Regolazione dell'equilibrio acido-base . . . . .	665
Chemiocettori centrali . . . . .	618	Ruolo dei sistemi tampone . . . . .	665
Chemiocettori periferici . . . . .	619	L'anidride carbonica è una fonte inesauribile di protoni: il sistema tampone bicarbonato . . . . .	666
Recettori polmonari . . . . .	619	Ruolo del sistema respiratorio . . . . .	666
Controllo integrato della ventilazione . . . . .	620		
<b>Scambi gassosi e relazioni ventilazione-perfusione</b> . . . . .	622		
Rapporto ventilazione-perfusione . . . . .	623		
La cascata dell'ossigeno . . . . .	624		
Maldistribuzione del rapporto ventilazione-perfusione . . . . .	625		

Ruolo dei reni .....	667
🔍 <i>Diagrammi di Davenport</i> .....	668
🔍 <i>Disfunzioni dell'equilibrio acido-base</i> ..	669
<b>Minzione</b> .....	670
🔍 <i>Vie urinarie, vescica e uretra</i> .....	670
Fase di riempimento .....	672
Fase di svuotamento .....	673
🔍 <b>Esercizi</b> .....	674
<b>15 SISTEMA DIGERENTE</b> .....	676
<b>Generalità</b> .....	676
<b>Motilità</b> .....	679
Onde elettriche lente .....	680
Frequenza delle onde elettriche lente .....	682
Tipi di motilità .....	682
🔍 <i>Retroperistalsi e vomito</i> .....	682
Masticazione e deglutizione .....	683
Motilità esofagea .....	684
Motilità gastrica .....	685
Parte prossimale dello stomaco: serbatoio .....	685
Parte distale dello stomaco: pompa antrale .....	686
Svuotamento gastrico .....	687
🔍 <i>Velocità di svuotamento gastrico</i> .....	687
Motilità dell'intestino tenue .....	687
🔍 <i>Intestino tenue</i> .....	688
Motilità interdigestiva .....	688
Motilità digestiva .....	688
Propulsione di massa .....	689
Motilità dell'intestino crasso .....	689
🔍 <i>Intestino crasso</i> .....	690
Regioni funzionali .....	690
Defecazione .....	691
<b>Secrezione</b> .....	692
Secrezione salivare .....	693
🔍 <i>Ghiandole salivari maggiori</i> .....	693
Funzioni della saliva .....	694
🔍 <i>Fattore di crescita dell'epidermide</i> .....	695
Composizione della saliva .....	695
Regolazione della secrezione salivare .....	697
Secrezione gastrica .....	697
🔍 <i>Tonaca mucosa gastrica</i> .....	698
🔍 <i>Cellule parietali</i> .....	699
Secrezione acida .....	699
🔍 <i>Barriera mucosale gastrica</i> .....	701
Pepsina .....	704
Lipasi gastrica .....	704
Muco .....	704
Fattore intrinseco .....	704
Secrezione pancreatico .....	705
🔍 <i>Pancreas esocrino</i> .....	705
Secrezione della componente acquosa .....	706

Secrezione della componente proteica .....	707
Regolazione della secrezione pancreatico .....	707
Fasi della stimolazione della secrezione	
pancreatica .....	707
Secrezione biliare .....	709
🔍 <i>Fegato, cistifellea e vie biliari</i> .....	709
Composizione della bile .....	710
🔍 <i>Altre funzioni del fegato</i> .....	711
Produzione della bile .....	713
Trasporto e immagazzinamento	
della bile nella cistifellea .....	715
Contrazione della cistifellea e liberazione	
della bile nel duodeno .....	716
Secrezione intestinale .....	716
<b>Digestione e assorbimento</b> .....	717
🔍 <i>Intestino</i> .....	718
Digestione e assorbimento dei carboidrati .....	720
Digestione intraluminale .....	720
Digestione sulla membrana microvillare .....	721
Trasporto transepiteliale .....	722
🔍 <i>Ruolo protettivo delle fibre alimentari</i> ..	723
Digestione e assorbimento delle proteine .....	723
Digestione intraluminale .....	724
Digestione sulla membrana microvillare	
e nel citoplasma .....	725
🔍 <i>Peptidasi microvillari</i>	
e citoplasmatiche .....	725
Trasporto transepiteliale .....	726
🔍 <i>Stomaco e digestione proteica</i> .....	726
🔍 <i>Assorbimento di proteine intatte</i> .....	727
Digestione e assorbimento dei lipidi .....	728
Digestione dei trigliceridi .....	728
Digestione di fosfolipidi ed esteri	
del colesterolo .....	731
Attraversamento della membrana microvillare .....	731
Fasi intracellulari dell'assorbimento .....	732
Uscita dall'enterocito .....	732
Digestione e assorbimento delle vitamine .....	733
Assorbimento degli elettroliti e dell'acqua .....	734
Flussi di liquido bidirezionali .....	734
Trasporto del sodio .....	734
🔍 <i>Assorbimento della vitamina B<sub>12</sub></i> .....	735
🔍 <i>Assorbimento di calcio</i> .....	737
Trasporto del cloro .....	737
Trasporto del potassio .....	737
Trasporto dell'acqua .....	738
🔍 <i>Diarrea</i> .....	738
🔍 <i>Assorbimento di ferro</i> .....	739
🔍 <b>Esercizi</b> .....	740

<b>INDICE ANALITICO</b> .....	743
-------------------------------	-----