

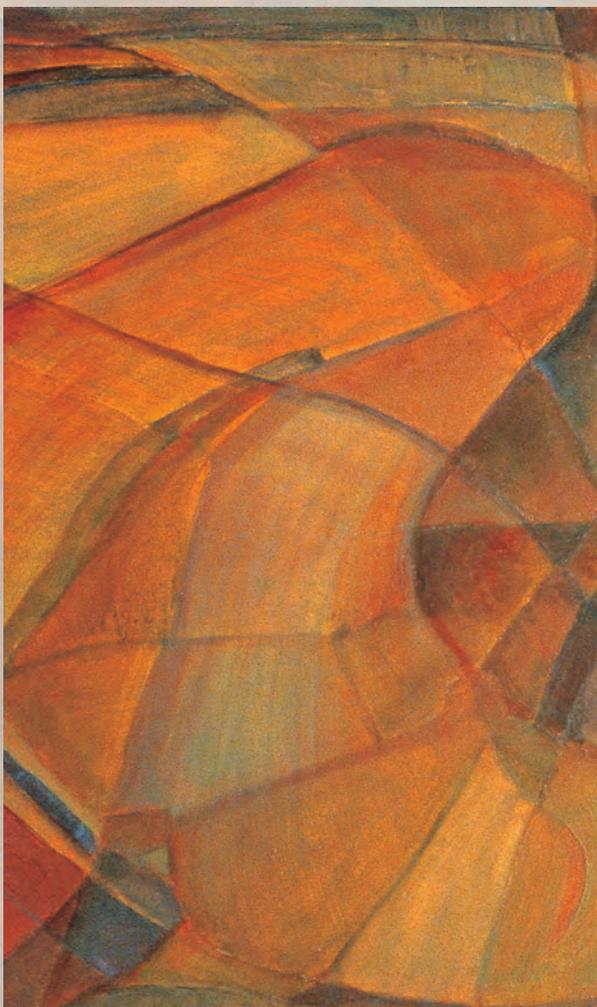
edi-ermes

Fiorenzo Conti

FISIOLOGIA MEDICA

Fisiologia della vita di relazione

4^a EDIZIONE



A. Battaglia-Mayer	C. Limatola
G. Bosco	M. Linari
S. Canali	M. Massimini
A. Cellerino	M. Melone
C. Cirelli	G. Messina
B. Colombini	E. Palma
G. Corbellini	M. Pecchiari
M. D'Amelio	S. Pifferi
F. Deriu	S. Pogliaghi
S. Diano	D. Puzzo
N. Fagoni	M. Reconditi
U. Faraguna	S. Sarasso
A. Fassio	A. Silvani
C. Ferrantini	C. Tesi
A. Frigeri	G. Tononi
S. Fusco	G. Zoccoli

Fiorenzo Conti

FISIOLOGIA MEDICA

Fisiologia della vita di relazione

4^a EDIZIONE

Alexandra Battaglia-Mayer
Gianfranco Bosco
Stefano Canali
Alessandro Cellerino
Chiara Cirelli
Barbara Colombini
Gilberto Corbellini
Marcello D'Amelio
Franca Deriu
Sabrina Diano
Nazzareno Fagoni
Ugo Faraguna
Anna Fassio
Cecilia Ferrantini
Antonio Frigeri
Salvatore Fusco

Cristina Limatola
Marco Linari
Marcello Massimini
Marcello Melone
Giovanni Messina
Eleonora Palma
Matteo Pecchiari
Simone Pifferi
Silvia Pogliaghi
Daniela Puzzo
Massimo Reconditi
Simone Sarasso
Alessandro Silvani
Chiara Tesi
Giulio Tononi
Giovanna Zoccoli

edi-ermes

FISIOLOGIA MEDICA – Quarta edizione • Volumi 1 e 2

Responsabile Redazione: Arianna Ribichesu

Editor: Duccio Canestri

Project manager: Chiara Cucinella

Responsabile Produzione: Eleonora Moroni

Redazione: Elena di Toma, Viviana D'Antona

Impaginazione: Luciano Rizzardi, Stefania Calefato

Progetto grafico: Roberta Venturieri

Illustrazioni: Daniele Gianni, Andrea Bellingeri, Marco Fanuli, Andrea Rossi Raccagni/Archivio Edi.Ermes

Cover: Laura Barzacca

Immagine di copertina: Arnold Chao, *Homeostasis* (particolare), olio su tela, cm 61×122, 2001
(per gentile concessione dell'Artista)

© 2005, 2010, 2020, 2026 Edi.Ermes s.r.l.* – Tutti i diritti riservati

Volume 1

ISBN 978-88-7051-867-2

Volume 2

ISBN 978-88-7051-868-9

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche), sono riservati per tutti i Paesi. Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org.

L'Editore ha compiuto ogni sforzo per ottenere e citare le fonti esatte delle illustrazioni. Qualora in qualche caso non fosse riuscito a reperire gli aventi diritto è a disposizione per rimediare a eventuali involontarie omissioni o errori nei riferimenti citati.

La medicina è una scienza in continua evoluzione. La ricerca e l'esperienza clinica ampliano costantemente le nostre conoscenze, soprattutto in relazione alle modalità terapeutiche e alla farmacologia. Qualora il testo faccia riferimento al dosaggio o alla posologia di farmaci, il lettore può essere certo che autori, curatori ed editore hanno fatto il possibile per garantire che tali riferimenti siano conformi allo stato delle conoscenze al momento della pubblicazione del libro. Tuttavia, si consiglia al lettore di leggere attentamente i foglietti illustrativi dei farmaci per verificare personalmente se i dosaggi raccomandati o le controindicazioni specificate differiscano da quanto indicato nel testo. Ciò è particolarmente importante nel caso di farmaci usati raramente o immessi di recente sul mercato.

Edi.Ermes s.r.l.

Via G. Spadolini, 7

20141 Milano

www.ediermes.it

Finito di stampare nel mese di settembre 2025 da “Galli & C.” S.r.l. Gavirate (VA)

(*) Edi.Ermes s.r.l. fa parte di LSWR GROUP

Prefazione alla quarta edizione

A cinque anni dalla pubblicazione della terza edizione (e a venti dalla prima) di *Fisiologia medica*, che ha riscosso un'accoglienza molto favorevole da parte degli studenti e dei docenti, sono lieto di presentare la quarta edizione.

L'impianto generale di questa edizione è sostanzialmente invariato rispetto alle precedenti e ne mantiene le caratteristiche fondamentali: i) la ricca iconografia, che permette di comprendere in modo chiaro ed efficace i complessi meccanismi della Fisiologia; ii) l'utilizzo di strumenti didattici ad hoc (box, tabelle, concetti chiave), che consentono di differenziare ciò che lo studente deve sapere per affrontare lo studio delle discipline degli anni successivi da ciò che dovrebbe conoscere ai fini di una preparazione che gli permetta di essere, nel giro di pochi anni, un medico capace di pensiero critico e autonomo; iii) l'idea che il libro di Fisiologia accompagnerà lo studente per tutto il suo percorso formativo e dovrà essere una risorsa anche dopo la laurea.

Abbiamo tenuto fede al principio cardine dell'opera che non si può semplificare oltre un ragionevole livello o ridurre drasticamente le informazioni e i concetti per soddisfare le richieste del mercato. Negli ultimi decenni il numero di scoperte è cresciuto esponenzialmente – per citare solo un esempio, di ogni segnale elettrochimico oggi sono noti i più fini dettagli delle correnti, delle basi ioniche, dei canali e della loro struttura molecolare, delle mutazioni e delle loro implicazioni fisiopatologiche – e questo rende arduo insegnare (e studiare) la Fisiologia e, ancor più, scrivere un libro di Fisiologia. Anche perché gli studenti sono cambiati per effetto dei mutamenti della società e dei sistemi educativi, sono iscritti a un Corso di Laurea in cui le discipline di base – cruciali per lo sviluppo di un pensiero critico – sono compresse in maniera abnorme e sono oberati da un gran numero di lezioni e attività didattiche obbligatorie che rendono difficilissimo trovare il tempo necessario a comprendere la

complessità e la bellezza dei meccanismi fisiologici e delle loro regolazioni. Abbiamo quindi cercato di coniugare le diverse istanze, sforzandoci di essere aggiornati e completi senza pretendere di essere enciclopedici e di offrire agli studenti un testo che rappresenti un ragionevole compromesso. Come sempre, saranno loro e i colleghi a dirci se abbiamo centrato l'obiettivo.

La maggior parte del folto gruppo di Autori, tutti esperti internazionali degli argomenti dei capitoli loro affidati, è stata totalmente rivista e questa è la novità più importante della quarta edizione. Quando l'Editore mi ha proposto di rifondare la squadra, il mio pensiero è andato a tutti i colleghi che hanno collaborato alle precedenti edizioni, in particolare a quelli della prima, ai quali va la mia infinita gratitudine per l'impegno, la competenza, lo spirito di collaborazione, la pazienza e, soprattutto, l'amicizia. La presenza di un'équipe di giovani fisiologi, ognuno leader nel proprio campo di ricerca, ha inevitabilmente portato a una riscrittura del testo e ha modificato in modo sostanziale l'impostazione di alcune sezioni e il contenuto della maggior parte dei capitoli. Siamo certi che la ventata di novità ed entusiasmo degli Autori sarà percepita e apprezzata dagli studenti.

Quest'opera non avrebbe visto la luce senza l'enorme e silenzioso lavoro dello staff della casa editrice. Come in passato, anche questa volta tutti hanno lavorato con grande professionalità, gentilezza e dedizione e sono stati una fonte (inconsapevole) di grandi insegnamenti. Un plauso particolare a Elena di Toma per il suo straordinario lavoro, degno di un certosino, e un sincero apprezzamento a Viviana D'Antona, Chiara Cucinella e Duccio Canestri, senza la cui capacità, esperienza, sensibilità e pazienza quest'impresa sarebbe stata molto più difficile, se non impossibile.

Ringrazio, infine, i colleghi che hanno generosamente fornito materiale illustrativo.

Serra de' Conti, 9 luglio 2025
Fiorenzo Conti

Rappresentazioni iconiche utilizzate nel testo



Clinica

Risvolti applicativi e pratici dedicati all'interpretazione delle condizioni funzionali nell'uomo, presupposto necessario alla corretta valutazione degli stati patologici.



Approfondimenti

Temi di particolare rilevanza in ambito fisiologico che permettono allo studente di migliorare la propria preparazione e la propria cultura.



Curiosità scientifiche

Come si è arrivati alla scoperta di alcuni meccanismi propri della scienza fisiologica? Quali sono state le metodologie? La fisiologia umana è una disciplina dinamica, in costante evoluzione, ma per sviluppare capacità critiche sono necessarie conoscenze in ambito storico e metodologico.

Autori

Alexandra Battaglia-Mayer

Dipartimento di Fisiologia e Farmacologia
“Vittorio Erspamer”
“Sapienza” Università di Roma

Gianfranco Bosco

Dipartimento di Medicina dei Sistemi
Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”

Stefano Canali

Dipartimento di Filosofia, Comunicazione e Spettacolo
Università degli Studi Roma Tre

Alessandro Cellerino

Classe di Scienze
Scuola Normale Superiore di Pisa

Leibniz Institute on Aging - Fritz Lipmann Institute
Jena, Germany

Chiara Cirelli

Department of Psychiatry
University of Wisconsin School of Medicine
and Public Health, Madison (WI, USA)

Barbara Colombini

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università degli Studi di Firenze

Fiorenzo Conti

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università Politecnica delle Marche, Ancona

Gilberto Corbellini

Dipartimento di Medicina Molecolare
“Sapienza” Università di Roma

Marcello D’Amelio

Dipartimento di Medicina e Chirurgia
Università Campus Bio-Medico di Roma

Franca Deriu

Dipartimento di Scienze Biomediche
Università degli Studi di Sassari

Sabrina Diano

Institute of Human Nutrition
Columbia University Irving Medical Center,
New York (NY, USA)

Dipartimento di Medicina Clinica e Chirurgia
Università degli Studi di Napoli “Federico II”

Nazzareno Fagoni

Dipartimento di Medicina Molecolare e Traslazionale
Università degli Studi di Brescia

Ugo Faraguna

Dipartimento di Ricerca Traslazionale
e delle Nuove Tecnologie in Medicina e Chirurgia
Università degli Studi di Pisa

Anna Fassio

Dipartimento di Medicina Sperimentale
Università degli Studi di Genova

Cecilia Ferrantini

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università degli Studi di Firenze

Antonio Frigeri

Dipartimento di Biomedicina Traslazionale
e Neuroscienze
Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”

Salvatore Fusco

Dipartimento di Neuroscienze
Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Cristina Limatola

Dipartimento di Fisiologia e Farmacologia
"Vittorio Erspamer"
"Sapienza" Università di Roma

Marco Linari

Dipartimento di Biologia
Università degli Studi di Firenze

Marcello Massimini

Dipartimento di Scienze Biomediche e Cliniche
Università degli Studi di Milano

Marcello Melone

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università Politecnica delle Marche, Ancona

Giovanni Messina

Dipartimento di Medicina Sperimentale
Università degli Studi della Campania
"Luigi Vanvitelli", Napoli

Eleonora Palma

Dipartimento di Fisiologia e Farmacologia
"Vittorio Erspamer"
"Sapienza" Università di Roma

Matteo Pecchiari

Dipartimento di Fisiopatologia Medico-Chirurgica
e dei Trapianti
Università degli Studi di Milano

Simone Pifferi

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università Politecnica delle Marche, Ancona

Silvia Pogliaghi

Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale
Università degli Studi di Foggia

Daniela Puzzo

Dipartimento di Scienze Biomediche e Biotecnologiche
Università degli Studi di Catania

Massimo Reconditi

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università degli Studi di Firenze

Simone Sarasso

Dipartimento di Scienze Biomediche e Cliniche
Università degli Studi di Milano

Alessandro Silvani

Dipartimento di Scienze Biomediche e Neuromotorie
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Chiara Tesi

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università degli Studi di Firenze

Giulio Tononi

Department of Psychiatry
University of Wisconsin School of Medicine
and Public Health, Madison (WI, USA)

Giovanna Zoccoli

Dipartimento di Scienze Biomediche e Neuromotorie
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Indice del volume 1

Fisiologia della vita di relazione

STORIA DELLA FISIOLOGIA

1 Evoluzione del pensiero fisiologico	1	
<i>G. Corbellini, S. Canali</i>		
Dalla teoria umorale alla concezione		
meccanicistica	1	
Inizi della fisiologia come scienza sperimentale		
del vivente.	3	
Trionfo della fisiologia nell'ottocento		4
Sfide della ricerca fisiologica		7
Regolazioni cardiovascolari e funzione renale. . .	7	
Biochimica e controllo della respirazione	8	
Fisiologia dei sistemi tampone		
e olismo chimico-fisico.	9	
Funzioni endocrine: la nuova scienza		
dell'endocrinologia	9	
Basi fisiologiche del sistema nervoso	12	
Dottrina del neurone		
e studi della trasmissione nervosa.	14	
Ipotesi dell'integrazione funzionale		
del sistema nervoso.	16	
Fisiologia della plasticità nervosa.	17	
Frontiera chimico-fisica e molecolare		
dell'integrazione fisiologica:		
la membrana plasmatica	18	
Conclusioni	19	
Concetti chiave	20	

PROPRIETÀ FONDAMENTALI DELLE CELLULE

2 La cellula come sistema biologico integrato . . .	21	
<i>S. Fusco</i>		
Equilibrio dinamico e omeostasi		21
Sistemi di controllo dell'omeostasi.	22	
Energia, direzionalità e velocità		
dei processi fisiologici	22	
Organizzazione funzionale della cellula.		23
Nucleo e organelli cellulari	24	
Membrana plasmatica: una linea di confine		
tra autonomia e integrazione	24	

Trasferimento di substrati		
attraverso membrane cellulari		25
Diffusione semplice	25	
Diffusione facilitata	26	
🔗 2.1 <i>Trasportatori del glucosio</i>		
Diffusione regolata.	29	
Trasporto attivo primario	29	
Trasporto attivo secondario.	30	
Trasporto vescicolare.	31	
🔗 2.2 <i>Vescicole extracellulari:</i>		
<i>la nuova frontiera</i>		
<i>della comunicazione intercellulare</i>		
<i>e della diagnostica</i>		
Trasduzione del segnale		
e regolazione dell'espressione genica		34
Recettori e secondi messaggeri	34	
Modificazioni post traduzionali	38	
Fattori di trascrizione		
e meccanismi epigenetici	39	
Conclusioni		40
Concetti chiave		41
3 Canali ionici	43	
<i>D. Puzzo, A. Fassio</i>		
Caratteristiche dei canali ionici		43
Struttura	43	
🔗 3.1 <i>Studio della struttura</i>		
<i>e della funzione di canali ionici</i>		
Selettività ionica	46	
Canali passivi e ad accesso variabile	46	
🔗 3.2 <i>Canali ionici attivati dalla luce</i>		
<i>e optogenetica</i>		
Stati del canale.	48	
Tipi di canali ionici		49
Canali voltaggio-dipendenti.	49	
Canali ligando-dipendenti	50	
Canali da stiramento	51	
Canali attivati dalla temperatura	51	
Canali permeabili al sodio		52
Canali voltaggio-dipendenti per il sodio	52	
Canali epiteliali per il sodio	54	
Canali di leakage per il sodio	54	

Recettori nicotinici	135	Neuroni serotoninergici	167
Recettori muscarinici	137	Serotonina: sintesi, rilascio e clearance sinaptica	168
Trasmissione colinergica: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	137	Recettori serotoninergici	169
🔗 7.1 Effetti della nicotina sul sistema nervoso centrale		Trasmissione serotoninergica: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	169
Glutammato	141	Istamina	172
Neuroni glutamatergici	141	Neuroni istaminergici	173
Glutammato: sintesi, rilascio e clearance	142	Istamina: sintesi, rilascio e clearance sinaptica	173
Recettori glutamatergici	143	Recettori istaminergici	173
Recettori ionotropici per il glutammato	143	Trasmissione istaminergica: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	173
Recettori metabotropici per il glutammato	147	Purine	174
Trasmissione glutamatergica: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	148	Recettori purinergici	174
Acido γ-aminobutirrico	149	Trasmissione purinergica: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	175
Neuroni GABAergici	149	Neuropeptidi	175
Acido γ -aminobutirrico: sintesi, rilascio e clearance	150	Neuroni che rilasciano neuropeptidi	175
Recettori GABAergici	152	Neuropeptidi: sintesi, rilascio e clearance	175
Recettori GABA _A	152	Recettori dei neuropeptidi	176
Recettori GABA _B	153	Oppioidi endogeni	177
Inibizione fasica e tonica	153	Oppioidi: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	177
GABA inibitorio ed eccitatorio	154	Sostanza P	178
Trasmissione GABAergica: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	155	Somatostatina	179
Glicina	156	Colecistochina	179
Neuroni glicinergici	156	Neuropeptide Y	180
Glicina: sintesi, rilascio e clearance	157	Peptide intestinale vasoattivo	180
Recettori della glicina	157	Neurotrasmettitori non convenzionali	180
Trasmissione glicinergica: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	158	Endocannabinoidi	180
Monoamine	158	Endocannabinoidi: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	181
Dopamina	158	Monossido d'azoto	182
Neuroni dopaminergici	158	Sintesi del monossido d'azoto	183
Dopamina: sintesi, rilascio e clearance sinaptica	159	Meccanismo d'azione del monossido d'azoto	183
Recettori dopaminergici	160	Trasmissione nittrinergica: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	184
Trasmissione dopaminergica: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	161	Concetti chiave	185
Noradrenalina	163	8 Plasticità sinaptica	187
Neuroni noradrenergici	163	D. Puzzo, A. Fassio	
Noradrenalina: sintesi, rilascio e clearance sinaptica	163	Modelli teorici della plasticità sinaptica	187
Recettori adrenergici	164	🔗 8.1 <i>Apprendimento non supervisionato e supervisionato</i>	
Trasmissione noradrenergica: cenni di farmacologia e implicazioni fisiopatologiche	166	🔗 8.2 <i>Metaplasticità</i>	
Serotonina	167	Forza della sinapsi	192
		Plasticità sinaptica a breve termine	193

Processi di facilitazione a breve termine	193
PPF: facilitazione sinaptica	
per impulsi accoppiati	193
Incremento sinaptico transitorio	
o augmentation	194
PTP: potenziamento post tetanico	194
STD: processi di depressione a breve termine	195
Plasticità sinaptica a lungo termine	196
Potenziamento a lungo termine ippocampale	
dipendente da NMDA	196
Meccanismi di induzione	197
Meccanismi di mantenimento	198
Teoria del synaptic tagging and capture	202
Potenziamento a lungo termine ippocampale	
non dipendente da NMDA	203
Potenziamento a lungo termine	
in altre aree cerebrali	204
Depressione a lungo termine	205
Depressione a lungo termine dipendente	
da NMDA	205
Altre forme di depressione	
a lungo termine	206
🔗 8.3 <i>Alterazioni del potenziamento</i>	
<i>e della depressione a lungo termine</i>	
<i>nelle patologie</i>	
Plasticità strutturale	206
Plasticità omeostatica	209
Concetti chiave	211

PROPRIETÀ FONDAMENTALI DELLE CELLULE MUSCOLARI

9 Contrazione muscolare	213
<i>M. Linari, M. Reconditi, C. Tesi</i>	
Muscolo scheletrico	213
Sarcomero	215
Teoria dello scorrimento dei filamenti	215
Filamento sottile	217
Filamento spesso	218
🔗 9.1 <i>Isoforme del motore miosinico</i>	
<i>e tipologie muscolari</i>	
Trasmissione della forza	222
🔗 9.2 <i>Patologie legate alla distrofina</i>	
Meccanismo molecolare	
della generazione di forza	223
Ciclo dei cross bridge	223
Meccanica della contrazione	225
Condizioni di stimolazione	
e di registrazione dell'attività	
meccanica	225
🔗 9.3 <i>Metodi per lo studio</i>	
<i>della meccanica muscolare</i>	
Scossa semplice e tetano	225

Caratteristiche della contrazione	
isometrica	230
Relazione tra tensione isometrica	
e lunghezza nel muscolo	230
Relazione tra tensione isometrica	
e lunghezza del sarcomero	
nella singola fibra muscolare	231
Caratteristiche della contrazione	
isotonica	232
Curva forza-velocità e potenza	235
Risposta a un allungamento forzato	236
Accoppiamento eccitazione-contrazione	236
Potenziale d'azione	
e propagazione dell'eccitazione	237
🔗 9.4 <i>Distruzione dei tubuli T</i>	
Ruolo del calcio	
e meccanismi di liberazione	237
Recupero del calcio e rilasciamento	241
Regolazione della contrazione	241
Energetica della contrazione muscolare	243
Metabolismo energetico	244
Muscolo cardiaco	245
Proprietà meccaniche dei cardiomiociti	247
Relazione tensione-lunghezza	248
🔗 9.5 <i>Mutazioni della miosina</i>	
Muscolo liscio	249
Tipi di muscoli lisci	252
Attività elettrica e meccanica	253
Relazione tensione-lunghezza	253
Relazione forza-velocità	254
Regolazione della contrazione	255
Attivazione della contrazione	256
🔗 9.6 <i>Canale SOC ORAI1 e proteina STIM</i>	
Ciclo dei cross bridge	258
Concetti chiave	259

MECCANISMI DI REGOLAZIONE E CONTROLLO

10 Omeostasi e sistemi fisiologici	
di regolazione e controllo	261
<i>F. Conti</i>	
🔗 10.1 <i>Claude Bernard</i>	
🔗 10.2 <i>Omeostasi e stato stazionario</i>	
Sistemi di controllo in fisiologia	263
Cenni di teoria dei sistemi	
e di teoria del controllo	263
🔗 10.3 <i>Sintesi matematica</i>	
Sistemi di controllo fisiologici a feedback	266
Sistemi di controllo a feedback negativo	267
Interazioni tra meccanismi omeostatici	269
Omeostasi e controllo adattativo	270
Concetti chiave	271

SISTEMA NERVOSO

11 Sistema nervoso: componenti

e organizzazione	273
F. Conti	
📖 11.1 <i>Sir Charles Scott Sherrington e l'incipit di "The integrative action of the nervous system"</i>	
Cellule del sistema nervoso	273
Neuroni	273
Domini funzionali	273
📖 11.2 <i>Spine dendritiche</i>	
📖 11.3 <i>L'introduzione del termine sinapsi</i>	
Trasporto assonico	276
📖 11.4 <i>Trasporto assonico e studio delle connessioni del sistema nervoso</i>	
Tipi di neuroni	278
Dottrina del neurone	281
📖 11.5 <i>Dalla teoria cellulare alla dottrina del neurone</i>	
Livelli organizzativi del sistema nervoso ...	283
Cellule gliali	284
📖 11.6 <i>Nervenkitt, νεύρο-γλία e l'identificazione delle cellule gliali</i>	
Astrociti	284
📖 11.7 <i>Cellule staminali nervose</i>	
📖 11.8 <i>Trasportatori del glutammato e malattie neuropsichiatriche</i>	
Oligodendrociti	290
📖 11.9 <i>Malattie genetiche della mielina</i>	
Cellule di Schwann	290
Cellule della microglia	292
Microambiente neuronale	294
Liquido cefalorachidiano	294
📖 11.10 <i>Meningi e diffusione di sostanze tra liquido cefalorachidiano e liquido extracellulare</i>	
Composizione del liquido cefalorachidiano	294
Secrezione del liquido cefalorachidiano da parte dei plessi corioidei	295
Diffusione e riassorbimento del liquido cefalorachidiano	296
📖 11.11 <i>Edema cerebrale</i>	
Relazioni tra liquido cefalorachidiano e liquido extracellulare	297
Barriera ematoencefalica	297
Costituenti e funzione della barriera ematoencefalica	298
Distribuzione della barriera ematoencefalica	299
Concetti chiave	299

12 Circolazione cerebrale

e metabolismo energetico del cervello	301
G. Zoccoli	
Specificità della circolazione cerebrale	301
📖 12.1 <i>Sistema glinfatico</i>	
Regolazione del flusso ematico cerebrale	303
Accoppiamento neurovascolare	303
Autoregolazione cerebrale	304
📖 12.2 <i>Iperensione</i>	
Regolazione chimica	305
Anidride carbonica	305
Ossigeno	306
Fattori endoteliali	306
Metabolismo energetico cerebrale	306
📖 12.3 <i>Misure del flusso ematico e del metabolismo energetico nel cervello umano in vivo</i>	307
Riserve energetiche cerebrali	308
Costo energetico delle funzioni neuronali e gliali	308
Accoppiamento tra attività sinaptica e consumo di glucosio	309
Shuttle di lattato tra astrociti e neuroni	310
Astrocito-neurone: unità metabolica delle sinapsi eccitatorie	310
Concetti chiave	311

13 Organizzazione funzionale della corteccia cerebrale

.....	313
F. Conti	
Suddivisioni della corteccia cerebrale	313
Il problema della fisiologia della corteccia cerebrale	313
Basi neurobiologiche delle funzioni corticali ...	315
Laminazione e architettura della corteccia cerebrale	315
📖 13.1 <i>Nascita, sviluppo e limiti della citoarchitettura</i>	
Tipi cellulari	318
Neuroni piramidali	318
Neuroni non piramidali	320
Connessioni afferenti della corteccia cerebrale	322
📖 13.2 <i>Studio delle connessioni della corteccia cerebrale nell'uomo</i>	
Afferenze talamocorticali	322
Afferenze extratalamiche	324
📖 13.3 <i>Una singolare malattia della corteccia cerebrale</i>	
Connessioni efferenti della corteccia cerebrale ...	328
Connessioni corticocorticali	330
Organizzazione intrinseca della corteccia cerebrale	330
Circuiti intracorticali	332

Integrazione corticale:	
organizzazione gerarchica e sistemi distribuiti	333
Aree associative della corteccia cerebrale	333
🔗 13.4 <i>Il concetto di area associativa</i>	
Organizzazione delle connessioni corticocorticali	336
Plasticità della corteccia cerebrale	337
Attività elettrica della corteccia cerebrale	339
🔗 13.5 <i>Elettroencefalografia e magnetoencefalografia</i>	
🔗 13.6 <i>Potenziali evocati</i>	
Natura e origine delle onde elettroencefalografiche	343
Concetti chiave	344
14 Sonno	347
<i>C. Cirelli, G. Tononi</i>	
Stadi del sonno e ciclo NREM-REM	347
Registrazioni elettrofisiologiche	347
🔗 14.1 <i>Monitoraggio del sonno umano mediante polisonnografia</i>	
Ciclo NREM-REM	347
🔗 14.2 <i>Definizione e quantificazione del sonno</i>	
🔗 14.3 <i>Modificazioni del sonno nel corso della vita</i>	
Correlati nervosi del sonno e della veglia	351
Attività nervosa spontanea	351
Metabolismo cerebrale	352
Capacità di rispondere agli stimoli	353
Modificazioni molecolari	354
Centri nervosi che regolano sonno e veglia	355
Sistemi attivanti e veglia	355
🔗 14.4 <i>Alcune tappe fondamentali della ricerca sul sonno</i>	
Sistemi che inducono il sonno	358
Sistema generatore del sonno REM	358
Orologio circadiano soprachiasmatico	360
🔗 14.5 <i>Basi molecolari del pacemaker circadiano</i>	
Regolazione del sonno	360
Funzioni del sonno	361
🔗 14.6 <i>Filogenesi del sonno</i>	
🔗 14.7 <i>Deprivazione di sonno</i>	
Sonno e recupero cerebrale	365
Sonno e memoria	365
Sonno e omeostasi sinaptica	366
Concetti chiave	367
15 Principi generali di fisiologia sensoriale	369
<i>S. Pifferi</i>	
Sensazione e percezione	369
Psicofisica	370
Classificazione dei sistemi sensoriali	371
Processo di trasduzione	373
Codifica dell'informazione sensoriale	373
Modalità	374
Intensità	374
Durata e adattamento	375
Localizzazione	376
Densità d'innervazione periferica e acuità sensoriale	376
Soglia sensoriale	377
Principi organizzativi comuni ai diversi sistemi sensoriali	377
Concetti chiave	379
16 Somestesia	381
<i>S. Pifferi</i>	
Modalità sensoriali del sistema somestesico	381
Meccanocezione	381
Propriocezione	383
Termocezione	383
Interocezione	384
Meccanismi periferici della somestesia	385
Meccanocettori	386
Meccanocettori della cute glabra	386
Meccanocettori della cute villosa	388
Propriocettori	388
Termocettori	388
Meccanismo di trasduzione	389
Trasduzione sensoriale dei meccanoceettori e dei propriocettori	390
Trasduzione sensoriale dei termocettori	391
Meccanismi centrali della somestesia	392
Componenti pretalamiche	393
Territorio orofacciale	396
Componenti talamocorticali	397
Organizzazione delle aree corticali somestesiche	398
Organizzazione della corteccia somestesica prima	398
Organizzazione delle cortecce somestesiche superiori	400
Ruolo delle cortecce frontali nella percezione tattile	401
Concetti chiave	403
17 Dolore	405
<i>F. Conti</i>	
Natura del dolore	405
🔗 17.1 <i>La (cosiddetta) insensibilità congenita al dolore</i>	
🔗 17.2 <i>Come si misura il dolore</i>	
Classificazione del dolore	409
🔗 17.3 <i>Glossario</i>	
Nocicezione	410

Nocicettori	410	Nucleo genicolato laterale	468
Terminazione delle fibre afferenti primarie nel corno dorsale e neuroni nocicettivi spinali	415	Corteccia visiva primaria	468
🔗 17.4 <i>Il dolore riferito e il dolore irradiato</i>		Proprietà dei neuroni della corteccia visiva primaria	469
Vie ascendenti nocicettive	421	Organizzazione funzionale della corteccia visiva primaria	471
Talamo	425	Cortecce visive superiori	472
Corteccia cerebrale	425	Fusione e percezione della profondità	473
Una visione d'insieme	427	Via dorsale e via ventrale.	475
🔗 17.5 <i>Significato clinico dei sistemi nocicettivi laterale e mediale</i>		🔗 18.5 <i>Percezione dei volti</i>	
Una matrice del dolore?	429	Concetti chiave	477
Meccanismi endogeni antinocicettivi.	429	19 Udito	479
🔗 17.6 <i>L'effetto placebo</i>		<i>S. Pifferi</i>	
🔗 17.7 <i>Medicina e terapia del dolore</i>		Suono	479
Prurito	438	Intensità del suono	479
Appendice <i>Differenze di genere nella percezione del dolore.</i>	439	Spettri sonori	481
Concetti chiave	440	Trasmissione meccanica dell'energia sonora	481
18 Visione	441	🔗 19.1 <i>Ipoacusia e iperacusia</i>	
<i>S. Pifferi</i>		Meccanotrasduzione	484
Percezione visiva	441	Amplificazione cocleare delle onde sonore	490
Ottica	442	Trasmissione dei segnali sonori attraverso il nervo cocleare.	492
Luce visibile e interazione luce-materia	442	Vie acustiche centrali	494
Lenti	444	Ruolo delle strutture sottocorticali nella localizzazione della sorgente sonora.	494
Occhio	445	Aree corticali uditive	497
Mezzi diottrici dell'occhio	445	Concetti chiave	499
Cornea	445	20 Olfatto e gusto	501
Umore acqueo.	446	<i>S. Pifferi</i>	
Cristallino.	446	Olfatto	501
Corpo vitreo	448	Epitelio olfattivo.	501
Formazione delle immagini sulla retina	448	Recettori olfattivi	502
Acuità visiva	449	Trasduzione degli stimoli olfattivi	504
Campo visivo.	451	Adattamento	504
Retina	451	Bulbo olfattivo	505
Epitelio pigmentato	452	Tipi di neuroni e struttura laminare	505
Fotorecettori.	452	Elaborazione dell'informazione sensoriale.	506
🔗 18.1 <i>Cellule gangliari intrinsecamente fotosensibili</i>		Corteccia olfattiva	506
Fototrasduzione	455	Corteccia olfattiva primaria	506
Adattamento.	457	Centri superiori	508
Visione fotopica e scotopica	458	Gusto	508
Elaborazione dell'informazione nella retina.	460	🔗 20.1 <i>Sapore</i>	
Elaborazione retinica dell'informazione cromatica	462	Papille, gemme e cellule gustative	509
🔗 18.2 <i>Difetti della percezione dei colori</i>		Recettori gustativi e trasduzione degli stimoli.	511
Proiezioni centrali	464	Recettori per il dolce, l'umami e l'amaro.	512
🔗 18.3 <i>Lesioni delle vie visive centrali</i>		Trasduzione gustativa per il dolce, l'umami e l'amaro	513
Controllo della motilità intrinseca dell'occhio.	465	Trasduzione gustativa per il salato.	513
Riflessi pupillari.	465	Trasduzione gustativa per l'acido.	513
🔗 18.4 <i>Miosi e midriasi nella pratica clinica</i>		Vie centrali del sistema gustativo.	513
Accomodazione	466	Concetti chiave	515

21	Organizzazione generale dei sistemi motori . . .	517		
	<i>G. Bosco, A. Battaglia-Mayer</i>			
	Organizzazione dei sistemi motori	517		
	Controllo dei movimenti volontari	518		
	Pianificazione e leggi di controllo			
	dei movimenti volontari	519		
	Anticipazione motoria e modelli interni			
	del movimento	521		
	Controllo a retroazione e correzione			
	degli errori	521		
	Controllo cognitivomotorio	522		
	Concetti chiave	522		
22	Funzioni motorie del midollo spinale	523		
	<i>G. Bosco</i>			
	Organizzazione anatomofunzionale			
	del midollo spinale	523		
	Motoneuroni spinali	523		
	Interneuroni spinali	524		
	Riflessi	526		
	🔗 22.1 <i>Shock spinale</i>			
	Riflesso da stiramento o miotatico	526		
	Fusi neuromuscolari	527		
	Circuito del riflesso da stiramento	529		
	Riflesso miotatico inverso	531		
	Organi tendinei di Golgi	531		
	Circuito del riflesso miotatico inverso	531		
	Riflessi da recettori articolari	533		
	Riflessi da meccanocettori cutanei	533		
	Riflesso flessorio o di retrazione	533		
	🔗 22.2 <i>Valutazione clinica dell'attività riflessa</i>			
	Funzioni ritmiche: la locomozione	534		
	🔗 22.3 <i>Disturbi della deambulazione in alcune malattie neurologiche</i>			
	Caratteristiche generali	534		
	Generazione dello schema del passo	537		
	Integrazione dei segnali afferenti	539		
	Controllo soprasspinale	540		
	Concetti chiave	542		
23	Sistema vestibolare e controllo della postura	543		
	<i>G. Bosco</i>			
	Sistema vestibolare	543		
	Morfologia degli organi vestibolari	543		
	Cellule ciliate vestibolari e trasduzione			
	degli stimoli vestibolari	543		
	Organi otolitici	544		
	Canali semicircolari	545		
	Elaborazione centrale			
	dell'informazione vestibolare	547		
	🔗 23.1 <i>Metodiche di stimolazione vestibolare</i>			
	Controllo della postura	550		
	Equilibrio posturale	551		
	🔗 23.2 <i>Valutazione funzionale della postura</i>			
	Orientamento posturale	551		
	Tono posturale	553		
	Strategie e sinergie neuromuscolari			
	per il mantenimento dell'equilibrio	553		
	Controllo anticipatorio	555		
	Contributo delle informazioni sensitive			
	e schema corporeo	555		
	Informazioni somestetiche	555		
	Informazioni vestibolari	556		
	Informazioni visive	556		
	Schema corporeo	557		
	Strutture del sistema nervoso centrale			
	coinvolte nel controllo posturale	557		
	Strutture sottocorticali	557		
	Corteccia cerebrale	558		
	🔗 23.3 <i>Disturbi della postura nelle lesioni neurologiche</i>			
	Concetti chiave	560		
24	Movimenti oculari	561		
	<i>G. Bosco</i>			
	Caratteristiche generali dei movimenti oculari . . .	561		
	Muscoli estrinseci dell'occhio	562		
	Innervazione dei muscoli estrinseci			
	dell'occhio e segnali motori	562		
	Tipi di movimenti oculari	564		
	🔗 24.1 <i>Valutazione funzionale dei movimenti oculari</i>			
	Movimenti oculari per la stabilizzazione			
	visiva	564		
	Riflesso vestibolo-oculare	565		
	Riflesso optocinetico	566		
	Movimenti oculari per il direzionamento			
	dello sguardo	567		
	Movimenti saccadici	567		
	Movimenti lenti d'inseguimento	568		
	Ruolo dei centri troncoencefalici	568		
	Ruolo del collicolo superiore	569		
	Ruolo della corteccia cerebrale	569		
	🔗 24.2 <i>Disturbi oculomotori nelle lesioni neurologiche</i>			
	Movimenti di vergenza	570		
	Concetti chiave	572		
25	Cervelletto	573		
	<i>G. Bosco</i>			
	Morfologia del cervelletto	573		
	Corteccia cerebellare	573		
	🔗 25.1 <i>Contributo di John Eccles alla fisiologia cerebellare</i>			

Struttura della corteccia cerebellare	574
Fibre afferenti alla corteccia cerebellare	574
Architettura dei circuiti della corteccia cerebellare	577
Plasticità dei circuiti cerebellari	578
Suddivisione funzionale del cervelletto	581
Vestibolocerebello	581
👉 25.2 <i>Effetti delle lesioni cerebellari</i>	
Spinocerebello	581
Cerebrocerebello	584
Contributo cerebellare all'apprendimento motorio	584
Concetti chiave	586
26 Nuclei della base	587
<i>G. Bosco</i>	
Organizzazione morfofunzionale dei nuclei della base	587
Strutture di ingresso	587
Strutture di uscita	588
👉 26.1 <i>Stimolazione intracranica profonda</i>	
Segmento esterno del globo pallido	589
Circuiti intrinseci	589
👉 26.2 <i>Effetti delle disfunzioni dei nuclei della base</i>	
Circuiti paralleli corticostriatali	593
Circuito motorio	593
Circuito oculomotorio	594
Circuiti prefrontali	595
Circuito limbico	595
Ruolo dei circuiti corticostriatali nella selezione dei comportamenti	595
Apprendimento per rinforzo	596
Contributo dei nuclei della base al ciclo sonno-veglia	597
Concetti chiave	597
27 Controllo corticale del movimento	599
<i>A. Battaglia-Mayer</i>	
Organizzazione generale e vie efferenti	599
Aree frontali	599
Aree parietali	600
Aree cingolate	601
Connessioni corticocorticali e corticospinali del network parietofrontale: definizione di modulo funzionale	601
Vie corticospinali	601
Moduli paralleli corticospinali	602
Modulo motorio-premotorio dorsale spinale	602
Area motoria primaria	602
👉 27.1 <i>Lesioni dell'area motoria primaria</i>	
👉 27.2 <i>Brain-machine interface</i>	
Area premotoria dorsale	608
Modulo premotorio mediale spinale	611
👉 27.3 <i>Lesioni dell'area premotoria dorsale</i>	
Aree supplementare motoria e presupplementare motoria	611
👉 27.4 <i>Lesioni dell'area supplementare motoria</i>	
Modulo parietofrontale dorsale spinale	613
👉 27.5 <i>Lesioni del lobulo parietale superiore</i>	
Movimenti direzionali del braccio e coordinazione occhio-mano	614
Modulo parietofrontale laterale spinale	615
Afferramento degli oggetti	616
Osservazione delle azioni: il meccanismo mirror	616
👉 27.6 <i>Lesioni del modulo parietofrontale laterale spinale</i>	
Modulo parietopremotorio ventrale spinale	618
👉 27.7 <i>Lesioni del modulo parietopremotorio ventrale spinale</i>	
Modulo ippocampo-parieto-cingolo-spinale	620
Corteccia retrospleniale	620
Formazione ippocampale	621
Interazione tra moduli: un nuovo ruolo per la corteccia motoria primaria	621
Concetti chiave	622
28 Apprendimento e memoria	623
<i>D. Puzzo</i>	
Stadi della memoria	623
Codifica, immagazzinamento e recupero	623
👉 28.1 <i>Tecniche di memorizzazione</i>	
Engramma e basi neuronali degli stadi della memoria	625
Classificazioni della memoria	626
Classificazione temporale	626
Classificazione in relazione al contenuto	628
Memoria non dichiarativa o implicita	628
Apprendimento non associativo	628
Apprendimento associativo	629
Condizionamento classico o pavloviano	629
Condizionamento operante	630
Imprinting	631
Memoria procedurale	631
Memoria emotiva	631
👉 28.2 <i>Test per lo studio della memoria</i>	
Aree cerebrali coinvolte nella memoria non dichiarativa	635
Memoria dichiarativa	635
Memoria episodica	635
Memoria semantica	635

Aree cerebrali coinvolte nella memoria	
dichiarativa	636
Ippocampo	636
Concetti chiave	641
29 Dominanza emisferica e corpo calloso	643
M. Massimini, S. Sarasso	
Asimmetrie cerebrali	643
Asimmetrie strutturali	644
Differenze a livello microscopico	646
Differenze a livello molecolare	646
Asimmetrie funzionali	646
Connessioni e disconnessioni tra gli emisferi cerebrali	647
Effetti della disconnessione emisferica	650
🔗 29.1 <i>Un caso di disconnessione emisferica funzionale: il sonno uniemisferico</i>	
Integrazione semplice	651
Integrazione complessa	651
🔗 29.2 <i>Funzioni cognitive complesse e split-brain</i>	
Dimostrazioni di asimmetria emisferica in soggetti sani	651
🔗 29.3 <i>Asimmetrie e patologie psichiatriche</i>	
Sistema visivo	653
Sistema uditivo	654
Sistema somestesico	654
Natura e origine della specializzazione emisferica	654
Preferenza manuale	655
Concetti chiave	656
30 Fisiologia delle emozioni	657
F. Deriu	
Definizione e componenti delle emozioni	657
Parametri fisiologici come indici degli stati affettivi	658
🔗 30.1 <i>Riconoscimento e classificazione delle emozioni</i>	
Espressioni facciali delle emozioni	659
🔗 30.2 <i>Espressione delle emozioni con il volto</i>	
Relazione tra emozioni e alterazioni corporee	664
Controversia James-Cannon	664
Nascita delle teorie connessioniste	666
🔗 30.3 <i>Disturbi affettivi</i>	
Neuroanatomia funzionale delle emozioni	666
Organizzazione delle risposte somatiche e viscerali a uno stimolo emotivo	667
Ipotalamo	667
Sostanza grigia periacqueductale	667
Valenza emotiva degli stimoli: riconoscimento delle emozioni ed elaborazione cognitiva	668
Amigdala	668
Corteccia temporale e giro fusiforme	669
Corteccia motoria, nuclei della base e cervelletto	672
Rappresentazione del valore affettivo di uno stimolo, regolazione delle emozioni e cognizione sociale	673
Corteccia prefrontale e orbitofrontale	673
🔗 30.4 <i>Studi di correlazione lesione-deficit: pazienti famosi</i>	
Insula	674
Concetti chiave	678
31 Coscienza	679
M. Massimini, G. Tononi	
🔗 31.1 <i>Fatti e paradossi riguardanti i rapporti tra cervello e coscienza</i>	
Un cambio di paradigma scientifico	679
Teoria dell'informazione integrata	680
Informazione	681
Integrazione	681
Misurare la coscienza	682
Verso una comprensione dei rapporti tra coscienza e cervello	682
Sistema talamocorticale	682
Cervelletto	684
Sistemi attivanti	684
Vie sensoriali	685
Vie motorie	685
Nuclei della base e circuiti corticosottocorticali	685
Circuiti intracorticali	686
Disconnessioni anatomiche e funzionali	686
Sonno senza sogni	687
Qualità della coscienza	687
Conclusioni	688
🔗 31.2 <i>Misurare la coscienza dopo il coma</i>	
Concetti chiave	690
32 Linguaggio	691
M. Massimini	
Produzione del linguaggio	691
Fonazione	691
Fonetica	692
Cenni di psicolinguistica e neurolinguistica	693
Organizzazione nervosa del linguaggio	693
🔗 32.1 <i>Schema classico delle afasie</i>	
Localizzazione delle componenti del linguaggio	695
Livello fonologico	696

Livello semantico	696
Livello morfosintattico	697
Una visione a livello di network	697
Linguaggio e dominanza emisferica	698
Sviluppo del linguaggio	699
Come avviene lo sviluppo del linguaggio nell'individuo	700
🔗 32.2 <i>Secondo linguaggio</i>	
Concetti chiave	701
33 Sistema nervoso autonomo	703
<i>M. Melone</i>	
🔗 33.1 <i>John Newport Langley: il padre del sistema nervoso autonomo</i>	
Rilevanza fisiologica e aspetti distintivi del SNA . . .	705
Organizzazione topografica del SNA	706
Efferenze autonome	706
Topografia delle efferenze simpatiche	706
Topografia delle efferenze parasimpatiche craniali e sacrali	707
Afferenze autonome	709
Topografia delle afferenze autonome e aspetti funzionali dei neuroni afferenti viscerali	710
Rete cerebrale del SNA	712
Trasmissione sinaptica del SNA	713
Sinapsi autonome gangliari	713
Sinapsi autonome postgangliari	715
Aspetti funzionali dell'innervazione autonomica	716
Effetti della trasmissione postgangliare sugli effettori	716
Antagonismo e cooperazione tra le divisioni del SNA nella regolazione delle funzioni viscerali	721
🔗 33.2 <i>Sincope neurogena: un esempio di disfunzione transitoria del sistema nervoso autonomo</i>	
Attività tonica del SNA e influenza dei ritmi circadiani sulla funzione autonoma	721
Meccanismi di controllo centrale del SNA	725
Concetti chiave	727
34 Interazioni tra il sistema nervoso e il sistema immunitario	729
<i>C. Limatola</i>	
Influenze del sistema nervoso sul sistema immunitario	729
🔗 34.1 <i>Il nervo vago come "hub" infiammatorio per la comunicazione tra corpo e cervello</i>	
Influenze del sistema immunitario sul sistema nervoso	732
🔗 34.2 <i>La neuroimmunologia moderna</i>	
Asse intestino-cervello	736
Concetti chiave	737



Indice analitico

Indice del volume 2

Fisiologia della vita vegetativa

SISTEMA ENDOCRINO

- 35 **Principi generali di fisiologia endocrina** 1
E. Palma
- 36 **Asse ipotalamoipofisario e regolazione delle funzioni endocrine** 13
E. Palma
- 37 **Regolazione endocrina dell'accrescimento** 35
E. Palma

SANGUE E SISTEMA CARDIOVASCOLARE

- 38 **Sangue ed emostasi** 43
U. Faraguna
- 39 **Principi generali di fisiologia cardiovascolare** 75
C. Ferrantini, B. Colombini
- 40 **Vasi di scambio: microcircolo e sistema linfatico** 107
C. Ferrantini, B. Colombini
- 41 **Vasi di resistenza, vasi di conduzione e circolazioni distrettuali** 129
C. Ferrantini, B. Colombini
- 42 **Attività elettrica del cuore** 165
C. Ferrantini
- 43 **Attività meccanica del cuore** 211
C. Ferrantini

SISTEMA RESPIRATORIO

- 44 **Principi generali di fisiologia respiratoria** 251
N. Fagoni, M. Pecchiari
- 45 **Meccanica respiratoria** 259
M. Pecchiari
- 46 **Scambi gassosi** 299
N. Fagoni
- 47 **Controllo chimico e nervoso della respirazione** 355
M. Pecchiari, N. Fagoni

SISTEMA GASTROINTESTINALE E NUTRIZIONE UMANA

- 48 **Principi generali di fisiologia gastrointestinale** 379
M. D'Amelio
- 49 **Motilità del sistema gastrointestinale** 399
M. D'Amelio
- 50 **Secrezioni del sistema gastrointestinale** 423
M. D'Amelio
- 51 **Digestione e assorbimento** 467
M. D'Amelio
- 52 **Fisiologia della nutrizione** 507
G. Messina

COMPARTIMENTI IDRICI E SISTEMA RENALE

- 53 **Principi generali di fisiologia renale** 535
A. Frigeri
- 54 **Formazione della preurina** 547
A. Frigeri
- 55 **Riassorbimento e secrezione nei tubuli renali** 567
A. Frigeri
- 56 **Concentrazione dell'urina e diuresi** 595
A. Frigeri
- 57 **Regolazione dei liquidi corporei:
bilancio idrosalino, volemia
e omeostasi elettrolitica** 615
A. Frigeri

FUNZIONI OMEOSTATICHE E ADATTATIVE INTEGRATE

- 58 **Regolazione del pH** 637
A. Frigeri
- 59 **Regolazione della temperatura corporea** 655
A. Silvani

- 60 **Regolazione dell'omeostasi energetica** 673
S. Diano
- 61 **Regolazione endocrina
del metabolismo glucidico** 683
S. Fusco
- 62 **Regolazione endocrina
del metabolismo di calcio e fosforo** 705
S. Fusco
- 63 **Regolazione delle funzioni sessuali
e riproduttive** 721
E. Palma
- 64 **Regolazione della pressione arteriosa sistemica
e dei suoi determinanti** 739
C. Ferrantini, B. Colombini
- 65 **Adattamenti metabolici e cardiorespiratori
all'esercizio fisico** 759
S. Pogliaghi
- 66 **Adattamenti all'altitudine,
alle profondità marine
e all'assenza di gravità** 787
S. Pogliaghi
- 67 **Fisiologia dell'invecchiamento
e della longevità** 813
A. Cellerino