

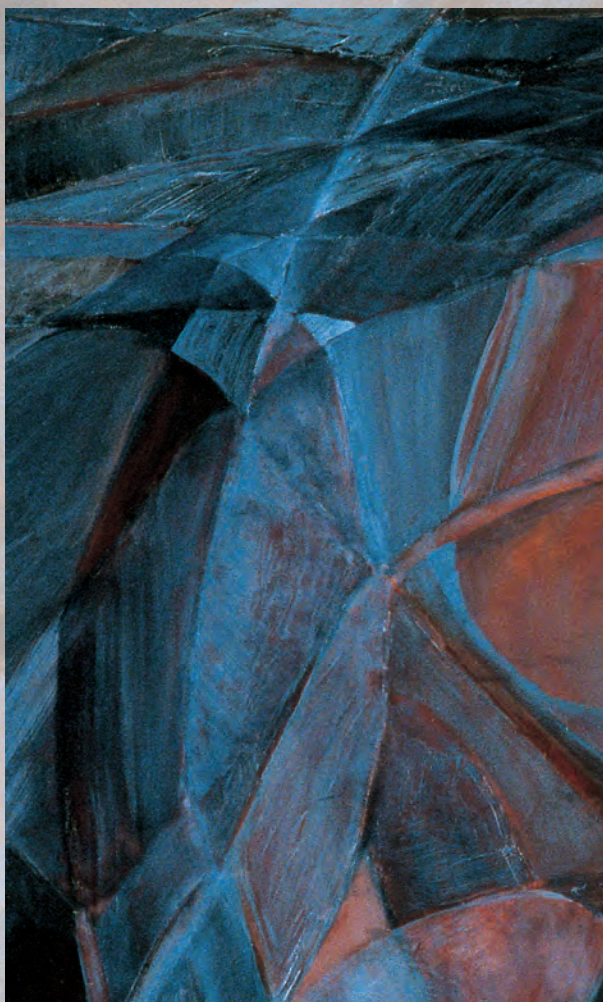
edi-ermes

Fiorenzo Conti

FISIOLOGIA MEDICA

Fisiologia della vita vegetativa

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 vegetativa

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 2

Fisiologia della vita vegetativa

SISTEMA ENDOCRINO

35 Principi generali di fisiologia endocrina 1

E. Palma

 35.1 Cenni storici sul sistema endocrino e sugli ormoni

Struttura e classificazione degli ormoni 4

 35.2 Ritmi circadiani e ormoni: la melatonina e la sindrome da jet lag

Modalità d'azione 4

Biosintesi, secrezione e trasporto 4

Recettori e meccanismi di trasduzione del segnale 7

Meccanismi di regolazione a feedback 8

 35.3 Metodi di misurazione degli ormoni

 35.4 Ormoni e assunzione di cibo

Concetti chiave 11

36 Asse ipotalamoipofisario e regolazione delle funzioni endocrine 13

E. Palma

Asse ipotalamo-ipofisi-ghiandola tiroide 13

Biosintesi degli ormoni tiroidei 13

Trasporto attivo dello ioduro attraverso la membrana basale 15

Trasporto passivo dello ioduro fino alla membrana apicale 15

Ossidazione dello ioduro a iodio molecolare 15

Organizzazione dello iodio sui residui tirosinici della tireoglobulina... 15

Reazione di accoppiamento con formazione di T_3 e T_4 16

Endocitosi e proteolisi della tireoglobulina con liberazione di T_3 e T_4 16

Trasporto degli ormoni tiroidei 16

Effetti biologici degli ormoni tiroidei 16

Metabolismo 17

Maturazione dei tessuti e crescita 17

Sistema cardiovascolare e respiratorio. 17

Altri effetti 18

Regolazione della secrezione

degli ormoni tiroidei 18

 36.1 Iper- e ipotiroidismo

Asse ipotalamo-ipofisi-ghiandola surrenale 20

Biosintesi degli ormoni surrenalici 20

Glucocorticoidi 21

Regolazione della secrezione dei glucocorticoidi 23

 36.2 Gli ormoni dello stress

Mineralcorticoidi 25

Regolazione della secrezione dell'aldosterone 26

 36.3 Ipo- e ipersecrezione della ghiandola surrenale

Asse ipotalamoipofisario: la prolattina 27

Ormoni della neuroipofisi 28

Ormone antidiuretico 29

Regolazione della secrezione dell'ormone antidiuretico 30

 36.4 Ipo- o ipersecrezione di ormone antidiuretico

Ossitocina 31

Regolazione della secrezione di ossitocina 31

 36.5 Ossitocina: l'ormone dell'amore

Concetti chiave 32

37 Regolazione endocrina dell'accrescimento 35

E. Palma

 37.1 Ormoni della crescita e dello sviluppo

Ormone della crescita 35

Effetti biologici diretti 35

 37.2 Ormone della crescita, sport e doping

Effetti biologici indiretti 38

Meccanismi d'azione 39

Regolazione della secrezione 39

 37.3 Fisiopatologia dell'ormone della crescita

Concetti chiave 42

SANGUE E SISTEMA CARDIOVASCOLARE

38 Sangue ed emostasi	43
U. Faraguna	
Funzioni del sangue	43
Struttura e composizione del sangue	43
Colore del sangue	45
Componente corpuscolata	45
Globuli rossi	45
🔗 38.1 Alterazioni morfologiche degli eritrociti	
Globuli bianchi	49
Piastrine	50
Plasma: composizione chimica e funzioni fisiologiche	51
Funzioni delle proteine plasmatiche	51
Gruppi sanguigni	53
Sistema ABO	53
Sistema Rh	53
🔗 38.2 Incompatibilità materno-fetale	
Trasfusione sanguigna	54
Considerazioni cliniche	54
Bilancio omeostatico del ferro nel sangue	55
Asse epcidina-ferroportina	56
Trasporto del ferro nel sangue da parte della transferrina	57
Deposito del ferro nella ferritina	57
Indici biochimici del ferro nell'organismo	57
Emostasi	58
Fase vascolare	59
Fase piastrinica o emostasi primaria	59
Ruolo dell'endotelio e risposta piastrinica	59
🔗 38.3 Acido acetilsalicilico	
Fase coagulativa o emostasi secondaria	63
Modello cellulare della coagulazione e inizio della cascata coagulativa	64
Via estrinseca	65
Via intrinseca	65
Via comune	66
Meccanismi di regolazione della coagulazione	67
Fibrinolisi: dissoluzione del coagulo	67
🔗 38.4 Disturbi dell'emostasi: sanguinamento e trombosi	
Concetti chiave	73
39 Principi generali di fisiologia cardiovascolare	75
C. Ferrantini, B. Colombini	
Funzioni del sistema cardiovascolare	75
Omeostasi del liquido interstiziale	76
Membrana plasmatica	77
Capillari di perfusione tissutale	77
Capillari di interfaccia con l'ambiente esterno	78

Funzione di distribuzione	78
🔗 39.1 Vescicole extracellulari e loro distribuzione selettiva	
Relazione struttura-funzione	80
Cuore	80
Vasi	81
Principi di emodinamica ed emoreologia	84
Emodinamica	84
Numero di Reynolds: flusso laminare e flusso turbolento	87
Legge di Hagen-Poiseuille: determinanti della resistenza vascolare	88
Teorema di Bernoulli: conservazione del gradiente energetico complessivo	89
Emoreologia	90
Viscosità dei fluidi omogenei o newtoniani	90
Viscosità del sangue e suoi determinanti	91
Modellizzazione del sistema cardiovascolare	94
🔗 39.2 Dal preparato cuore-polmone di Starling agli attuali sistemi di circolazione extracorporea e Mock Circulatory Loop utilizzati in cardiocirurgia e chirurgia vascolare	
Pompa ventricolare	99
Serbatoio di pressione arterioso	100
🔗 39.3 Dalle pompe per spegnere gli incendi ai modelli equivalenti elettrici del cuore: il modello Windkessel	
Resistenza vascolare	100
Serbatoio di volume venoso	103
Concetti chiave	105
40 Vasi di scambio: microcircolo e sistema linfatico	107
C. Ferrantini, B. Colombini	
Arteriole terminali o precapillari	108
Vasomotilità arteriolare	109
Capillari	109
🔗 40.1 Eterogeneità e permeabilità dell'endotelio	
Vie di trasporto attraverso l'endotelio	112
Via paracellulare	112
Via transcellulare	113
Omeostasi del liquido interstiziale	114
Diffusione	114
Filtrazione e riassorbimento	115
Venule postcapillari e collettrici	118
Venule postcapillari	118
Venule collettrici	118
Sistema vascolare linfatico	118
Organizzazione morfofunzionale	119
Vasi linfatici iniziali	119
Vasi linfatici collettori	121

Linfonodi	121
Dotti linfatici principali	122
Funzioni del sistema linfatico	122
🔗 40.2 <i>Ruolo del sistema linfatico e della linfa nelle nuove prospettive diagnostiche e terapeutiche</i>	
Formazione e propulsione della linfa	122
Trasporto di liquidi e soluti dall'interstizio ai capillari linfatici	124
Meccanismi estrinseci e intrinseci	124
🔗 40.3 <i>Linfedema primario e secondario</i>	
Regolazione del flusso linfatico	125
Concetti chiave	127
41 Vasi di resistenza, vasi di conduzione e circolazioni distrettuali.	129
C. Ferrantini, B. Colombini	
Biomeccanica della parete vascolare.	129
Comportamento elastico e viscoelastico di un corpo o di una camera	129
Comportamento viscoelastico della parete vascolare e autoregolazione del flusso	130
Vasi di resistenza: arteriole	133
Funzioni della tonaca intima e ruolo attivo dell'endotelio	133
Funzioni della tonaca media e risposta miogena di Bayliss	135
Funzioni della tonaca avventizia e ruolo attivo dei fibroblasti	136
Meccanismi di controllo del tono arteriolare	137
🔗 41.1 <i>Ruolo dell'endotelio nel controllo del tono arteriolare</i>	
Controllo metabolico locale	139
Controllo nervoso	140
Controllo ormonale	141
Vasi di conduzione: arterie.	142
Organizzazione morfofunzionale e proprietà biomeccaniche della parete arteriosa	142
Emodinamica del sistema arterioso e pressione arteriosa	142
🔗 41.2 <i>Misura della pressione arteriosa e genesi dei suoni di Korotkoff</i>	
Effetti emodinamici della gravità	145
Vasi di conduzione: sistema venoso	147
Organizzazione morfofunzionale e proprietà biomeccaniche della parete venosa	148
Emodinamica del sistema venoso e pressione venosa centrale	149
🔗 41.3 <i>Misurazione della pressione venosa centrale e implicazioni cliniche delle sue variazioni</i>	
Meccanismi del ritorno venoso	150
Circolazioni distrettuali	152
Caratteristiche strutturali ed emodinamiche dei circoli distrettuali	152
Circolazione coronarica	154
Flusso ematico coronarico	154
Riserva coronarica	158
🔗 41.4 <i>Ipertrofia cardiaca e rimodellamento del circolo coronarico</i>	
Circolazione cutanea	161
Flusso ematico cutaneo	161
Concetti chiave	164
42 Attività elettrica del cuore.	165
C. Ferrantini	
🔗 42.1 <i>Origini dell'elettrocardiogramma</i>	
Potenziale d'azione cardiaco	168
Correnti di membrana nei cardiomiociti	170
Correnti entranti attivate dalla depolarizzazione della membrana	172
Corrente di sodio	172
Correnti di calcio	175
Correnti uscenti attivate dalla depolarizzazione della membrana	176
Correnti di potassio rapide	176
Correnti di potassio lente	177
Correnti di potassio rettificanti verso l'interno	181
Altre correnti di membrana dei cardiomiociti di lavoro	183
Correnti attivate dall'iperpolarizzazione: corrente funny	184
Refrattarietà e potenziali d'azione locoregionali.	186
Cardiomiociti di lavoro ventricolari e atriali	186
Cardiomiociti nodali	188
Fibre di Purkinje	190
Conduzione elettrica nel cuore	191
🔗 42.2 <i>Meccanismi alla base delle aritmie cardiache</i>	
Mappe di attivazione	195
Conduzione atriale	195
Conduzione attraverso il nodo atrioventricolare	195
Conduzione ventricolare	198
Elettrocardiografia	199
Dipolo cardiaco equivalente e vettore cardiaco istantaneo	200
Derivazioni dell'elettrocardiogramma	201
Relazione tra elettrocardiogramma e vettore cardiaco	202
Origine del segnale elettrocardiografico	203
🔗 42.3 <i>Informazioni fornite dall'elettrocardiogramma</i>	
Concetti chiave	209

43 Attività meccanica del cuore	211
<i>C. Ferrantini</i>	
Contrattilità dei cardiomiociti	211
Dal potenziale d'azione al transiente	
di calcio	211
Funzione dei recettori sensibili	
alla rianodina	213
43.1 <i>Detubulazione e rimodellamento</i>	
<i>del sistema di tubuli TATS:</i>	
<i>un meccanismo di danno comune</i>	
<i>nelle malattie cardiache</i>	
Unità di rilascio del calcio	
e accoppiamento EC di tipo propagato ...	214
Controllo luminale dei RYR2	
e rilasci di calcio spontanei	
dal reticolo sarcoplasmatico.	218
Funzione della pompa SERCA2a	219
Bilancio dei flussi e omeostasi	
del calcio intracellulare	221
Dal transiente di calcio allo sviluppo	
della forza	222
Sensibilità al calcio dei miofilamenti	
e caratteristiche funzionali specifiche	
dei sarcomeri cardiaci.	223
Densità e organizzazione spaziale	
del materiale contrattile	225
Ciclo meccanico del cuore	227
43.2 <i>Dalla meccanica bidimensionale</i>	
<i>a quella tridimensionale:</i>	
<i>modalità di lavoro dei cardiomiociti</i>	
<i>e gradienti di tensione</i>	
<i>nelle diverse parti del cuore</i>	
Ciclo meccanico del ventricolo sinistro	233
Sistole del ventricolo sinistro	234
Diastole del ventricolo sinistro.	236
Ciclo meccanico del ventricolo destro	237
Peculiarità morfologiche	
del ventricolo destro	237
Caratteristiche del ciclo contrattile	
del ventricolo destro	238
Ciclo meccanico degli atri	239
Adattamenti del ciclo meccanico del cuore	
alle condizioni emodinamiche	241
Regolazione eterometrica e omeometrica	
della funzione del ventricolo sinistro.	241
Controllo eterometrico	241
43.3 <i>L'energia di contrazione</i>	
<i>del ventricolo aumenta con</i>	
<i>l'incremento del volume ventricolare</i>	
<i>telediastolico: tre esperimenti alla base</i>	
<i>della legge fondamentale del cuore</i>	
Controllo omeometrico	241
Integrazione tra controllo eterometrico	
e omeometrico	245

Regolazione eterometrica e omeometrica	
della funzione del ventricolo destro	247
Lavoro del cuore	248
Metabolismo miocardico	249
Fonti di energia nel miocardio	249
Concetti chiave	250

SISTEMA RESPIRATORIO

44 Principi generali di fisiologia respiratoria ...	251
<i>N. Fagoni, M. Pecchiari</i>	
Basi morfofunzionali del sistema respiratorio ...	251
Muscoli respiratori	251
Vie aeree	253
Vie aeree superiori	253
Vie aeree inferiori	253
Alveoli e capillari	254
Organizzazione dello studio	
del sistema respiratorio e fisica dei gas	256
Legge di Avogadro	256
Legge di Boyle	256
Legge di Dalton	256
Equazione di stato dei gas perfetti	256
Conversione dei volumi ATPS in BTPS.	256
Conversione dei volumi ATPS in STPD	257
Esempio di conversione	257
Concetti chiave	258
45 Meccanica respiratoria	259
<i>M. Pecchiari</i>	
Modelli pneumatici per lo studio	
della meccanica respiratoria	259
Statica del sistema respiratorio	263
Volumi polmonari	263
45.1 <i>Tecniche di misura</i>	
<i>dei volumi polmonari mobilizzabili</i>	
45.2 <i>Misura dei volumi</i>	
<i>non mobilizzabili</i>	
Statica del sistema respiratorio in toto	270
Statica di polmone e parete toracica.	271
Massime pressioni inspiratorie ed espiratorie	
in condizioni statiche	274
Determinanti delle caratteristiche	
della curva volume–pressione	
a rilasciamento muscolare	
della parete toracica.	276
Determinanti delle caratteristiche	
della curva volume–pressione del polmone ...	277
Fenomeni di superficie	277
45.3 <i>Surfattante polmonare</i>	
45.4 <i>Effetti dell'invecchiamento</i>	
<i>sui volumi polmonari</i>	
Interdipendenza polmonare	284

Distribuzione regionale della pressione pleurica.	285
Dinamica del sistema respiratorio.	286
Ciclo respiratorio a riposo	287
Meccanica respiratoria in diverse condizioni dinamiche	288
Compressione dinamica delle vie aeree e limitazione del flusso espiratorio.	290
Lavoro respiratorio	293
Fisiopatologia delle malattie respiratorie	295
Misura dei volumi polmonari dinamici	295
Sindromi ostruttive	296
Sindromi restrittive	297
Concetti chiave.	298
46 Scambi gassosi	299
<i>N. Fagoni</i>	
Ventilazione	299
Ventilazione totale, alveolare e dello spazio morto.	299
🔍 46.1 <i>Misura dello spazio morto</i>	
Flusso dei gas respiratori e quoziente respiratorio.	300
🔍 46.2 <i>Calcolo delle ventilazioni inspiratoria ed espiratoria quando QR è diverso da 1</i>	
Equazione dei gas alveolari	302
Diagramma O ₂ -CO ₂ per il gas	302
🔍 46.3 <i>Una rivoluzione in fisiologia respiratoria</i>	
Respirazione in ossigeno puro.	303
Respirazione con pressioni di ossigeno diverse rispetto all'aria ambiente.	305
Ventilazione alveolare e pressione parziale di anidride carbonica e ossigeno	306
Circuiti di iperventilazione e ipoventilazione.	308
🔍 46.4 <i>L'apnea come massima espressione di un circuito estremo di ipoventilazione</i>	
Circolazioni polmonare e bronchiale	310
Curve pressione-flusso della circolazione polmonare	310
Controllo passivo della resistenza vascolare polmonare	312
Controllo attivo della resistenza vascolare polmonare	312
Vasocostrizione ipossica	313
Idrodinamica polmonare	314
Edemi a livello polmonare.	314
Diffusione dei gas a livello polmonare e periferico	315
Capacità di diffusione dell'ossigeno e dell'anidride carbonica attraverso la membrana alveolocapillare.	316
🔍 46.5 <i>Interazione tra diffusione e perfusione nel trasferimento alveolocapillare</i>	
Diffusione dei gas inerti.	321
🔍 46.6 <i>Alterazioni della membrana alveolocapillare</i>	
Trasporto dei gas nel sangue	322
Flusso di ossigeno nel sangue arterioso	322
🔍 46.7 <i>Fisiologia molecolare dell'emoglobina</i>	
Trasporto dell'ossigeno nel sangue da parte dell'emoglobina.	323
🔍 46.8 <i>Anemia e policitemia</i>	
Fattori che influenzano il legame tra ossigeno ed emoglobina	328
🔍 46.9 <i>Modello di Hill</i>	
Trasporto dell'anidride carbonica.	330
Curva di dissociazione dell'anidride carbonica	331
Effetto del monossido di carbonio ed emoglobine inattivate	332
Equazione dei gas ematici	333
Respirazione tissutale	334
Cilindro di Krogh e disturbi dell'approvvigionamento di ossigeno	335
🔍 46.10 <i>La scuola italiana di fisiologia respiratoria: Angelo Mosso e Rodolfo Margaria</i>	
Respirazione placentare	340
Rapporto ventilazione-perfusione	341
Distribuzione della ventilazione e della perfusione e del loro rapporto.	342
Rapporto ventilazione-perfusione e diagramma O ₂ -CO ₂	343
🔍 46.11 <i>Equazione ventilazione-perfusione</i>	
Concetto di aria ideale.	345
Pressione parziale dell'ossigeno nel sangue arterioso e gradiente alveoloarterioso	347
Pressione parziale dell'anidride carbonica nel sangue arterioso.	349
Alterazioni del rapporto ventilazione-perfusione	350
Effetto shunt	350
Effetto spazio morto	350
Gradiente alveoloarterioso per l'azoto e significato in clinica	352
Gasometria arteriosa	352
Concetti chiave.	353
47 Controllo chimico e nervoso della respirazione	355
<i>M. Pecchiari, N. Fagoni</i>	
Pattern respiratorio.	356

Generatore centrale del pattern respiratorio	357
Metodi sperimentali nello studio	
del GCP respiratorio.	357
🔗 47.1 <i>Esperimenti di lesione</i>	
Identificazione e distribuzione dei neuroni	
respiratori nel ponte e nel bulbo.	359
Neuroni respiratori pontini.	359
Neuroni respiratori bulbari.	360
Ritmogenesi respiratoria	361
🔗 47.2 <i>Attività respiratoria patologica</i>	
Fattori che stimolano o depressono	
la ventilazione	364
Stimoli chimici della ventilazione	364
Chemocettori	364
Risposte ventilatorie agli stimoli chimici.	367
Dispnea indotta da ipercapnia o da ipossia.	369
Risposta ventilatoria ad altri stimoli	369
Lavoro muscolare	370
Temperatura.	370
Stimoli dolorifici	370
Ipoperfusione dei glomi	370
Stimolazione dei barocettori arteriosi	370
Ormoni.	370
Farmaci.	370
Sonno	371
Fonazione.	371
Relazione tra ventilazione	
e pressione parziale di anidride carbonica	
in diversi stati metabolici	371
Afferenze ai centri del respiro e relativi riflessi	372
Recettori delle vie aeree inferiori e dei polmoni	372
Recettori a lento adattamento	372
Recettori a rapido adattamento	372
Terminazioni delle fibre C.	374
Corpi neuroepiteliali	375
Recettori delle vie aeree superiori	375
Naso	375
Faringe	375
Laringe	375
Atti respiratori modificati o anomali	376
Meccanismo della tosse	376
Starnuto, singhiozzo, sospiro, sbadiglio,	
pianto e riso.	376
Concetti chiave	377

SISTEMA GASTROINTESTINALE E NUTRIZIONE UMANA

48 Principi generali	
di fisiologia gastrointestinale	379
<i>M. D'Amelio</i>	
Sistema nervoso enterico:	
sviluppo e organizzazione generale	379

Plessi	380
Neuroni enterici	381
Neuroni sensoriali	381
Interneuroni.	383
🔗 48.1 <i>Codice chimico</i>	
e segnalazione neurochimica	
Neuroni motori	387
Ruolo dei neuroni enterici nel controllo	
immunoregolatorio intestinale	390
🔗 48.2 <i>Ruolo fisiologico</i>	
del microbiota intestinale	
Ruolo dei neuroni enterici	
nella motilità gastrointestinale	394
🔗 48.3 <i>Neuropatologia</i>	
del sistema nervoso enterico	
Glia enterica	396
Trasduzione degli stimoli sensoriali chimici	
e meccanici	396
Concetti chiave	398
49 Motilità del sistema gastrointestinale	399
<i>M. D'Amelio</i>	
Motilità gastrointestinale	399
Meccanismi cellulari	400
Frequenza delle onde elettriche lente	402
Modulazione estrinseca.	403
🔗 49.1 <i>Modulazione della motilità</i>	
gastrointestinale	
da parte di ormoni sessuali	
Tipi di motilità	404
Peristalsi.	404
🔗 49.2 <i>Retroperistalsi e vomito</i>	
Assenza di motilità	405
Sfinteri	406
🔗 49.3 <i>Malattia da reflusso gastroesofageo</i>	
Masticazione e deglutizione	407
Motilità esofagea	408
Motilità gastrica	409
Stomaco prossimale: serbatoio gastrico	409
Modulazione nervosa	409
Stomaco distale: pompa antrale	410
Modello di accoppiamento bidirezionale.	411
Modulazione nervosa	412
Svuotamento gastrico	412
Velocità di svuotamento	412
Motilità dell'intestino tenue	413
Tipi di motilità	413
Motilità interdigestiva.	413
Motilità digestiva.	416
Propulsione di massa.	416
🔗 49.4 <i>Movimenti di massa:</i>	
un meccanismo difensivo	
Motilità dell'intestino crasso	417
Cieco e colon ascendente.	417

Colon trasverso e colon discendente	418
Regione rettosigmoidea e canale anale	419
Defecazione	419
Concetti chiave	421
50 Secrezioni del sistema gastrointestinale	423
<i>M. D'Amelio</i>	
🔗 50.1 <i>Circolazione splancnica</i>	
Secrezione salivare	424
Organizzazione morfofunzionale	424
Composizione della saliva	425
Componenti organici.	426
Componenti inorganici: acqua ed elettroliti. . .	426
Funzioni della saliva	427
Lubrificazione	427
Protezione	427
Digestione	428
Controllo della secrezione salivare	428
🔗 50.2 <i>Fisiopatologia della secrezione salivare</i>	
Secrezione gastrica	430
Organizzazione morfofunzionale	430
Tipi cellulari.	430
Secrezione acida.	432
Barriera mucosale gastrica	433
Elettroliti del succo gastrico.	433
Regolazione della secrezione acida	434
🔗 50.3 <i>Pavlov e la regolazione vagale della secrezione gastrica</i>	
🔗 50.4 <i>Bayliss e Starling e la scoperta della secretina</i>	
Lipasi gastrica.	439
Pepsina	439
Protezione della mucosa gastrica	441
Muco.	441
Secrezione di ioni bicarbonato	441
🔗 50.5 <i>Barriera mucosale gastrica danneggiata</i>	
Fattore intrinseco.	444
🔗 50.6 <i>Avitaminosi B₁₂</i>	
Secrezione pancreatica	444
Organizzazione morfofunzionale	444
Secrezione della componente acquosa	445
🔗 50.7 <i>Fibrosi cistica</i>	
Secrezione della componente proteica.	446
Regolazione della secrezione pancreatica . . .	447
Fasi della stimolazione	447
Risposta al pasto	449
Secrezione biliare	449
Composizione della bile.	450
🔗 50.8 <i>Litiasi biliare</i>	
Acidi biliari	450
Fosfolipidi	452
Colesterolo	452
Pigmenti biliari	453
Ioni inorganici	453
Produzione della bile	453
Secrezione di acidi biliari	454
Secrezione di fosfolipidi e colesterolo	455
Secrezione di pigmenti biliari.	455
Secrezione biliare totale	455
Trasporto e immagazzinamento della bile. . .	457
Trasformazione in bile cistica.	457
Liberazione della bile nel duodeno.	457
Sostanze colagoghe	458
Ruolo dello sfintere di Oddi, del duodeno e del dotto biliare comune	458
Secrezione intestinale	459
Secrezione dell'intestino tenue.	459
Ghiandole duodenali.	459
Cripte intestinali	459
🔗 50.9 <i>Ipersecrezione</i>	
Secrezione dell'intestino crasso	459
Circolazione epatica e funzioni del fegato	460
Circolazione epatica.	460
Flusso ematico epatico	460
Funzione metabolica	462
Funzione di deposito	462
Funzione di detossicazione ed escrezione degli xenobiotici	463
Funzione endocrina.	463
Funzione emopoietica	464
Concetti chiave	464
51 Digestione e assorbimento	467
<i>M. D'Amelio</i>	
Organizzazione morfofunzionale	468
🔗 51.1 <i>Sindromi da malassorbimento</i>	
Digestione e assorbimento dei carboidrati	470
Digestione intraluminale	471
Digestione sulla membrana microvillare	472
Trasporto transepiteliale	473
Assorbimento di glucosio e galattosio	473
🔗 51.2 <i>Fenomeno dell'adattamento</i>	
Assorbimento di fruttosio.	475
Digestione e assorbimento delle proteine	475
🔗 51.3 <i>Assorbimento di proteine intatte</i>	
Digestione intraluminale	476
Digestione sulla membrana microvillare e nel citoplasma	477
Trasporto transepiteliale	479
Assorbimento di dipeptidi e tripeptidi . . .	479
Assorbimento di aminoacidi.	479
Controllo dell'assorbimento	481
Digestione e assorbimento dei lipidi	481
Digestione dei trigliceridi	483
Emulsione dei lipidi alimentari	483
Attività lipasica intestinale.	483

Formazione delle micelle miste	484	Metabolismo energetico	511
Digestione dei fosfolipidi e degli esteri del colesterolo	485	Fabbisogno energetico: produzione e dispersione dell'energia	511
Attraversamento della membrana microvillare	485	Bilancio energetico	511
Fasi intracellulari dell'assorbimento	486	Misurazione del dispendio energetico	512
Uscita dall'enterocito	487	Calorimetria diretta	512
Digestione e assorbimento delle vitamine	488	Calorimetria indiretta	512
Vitamine idrosolubili	488	 52.1 <i>Digiuno e digiuno intermittente: meccanismi e impatto sulla salute</i>	
Vitamina B ₁₂	489	Metabolismo basale	514
 51.4 <i>Quando la patologia aiuta a capire la fisiologia: il caso dell'assorbimento della vitamina B₁₂</i>		Spesa energetica giornaliera o fabbisogno energetico giornaliero	514
Vitamine liposolubili	490	Dispendio energetico da attività fisica	515
Vitamina A	491	Termogenesi adattativa e termogenesi indotta dalla dieta	516
Vitamina D	491	Calcolo del fabbisogno energetico giornaliero e contributo percentuale delle componenti	516
Vitamina E	492	Razione alimentare	517
Vitamina K	492	Dieta equilibrata	517
Assorbimento degli elettroliti e dell'acqua	493	Dieta mediterranea	517
Flussi bidirezionali di liquido	493	 52.2 <i>Ancel Keys alla scoperta dei segreti del Mediterraneo</i>	
Contenuto ionico del liquido luminale	494	Fabbisogno proteico	519
Trasporto del sodio	494	Fabbisogno lipidico	520
Assorbimento accoppiato di sodio e principi nutritivi	494	Fabbisogno glucidico	520
Trasporto mediato dall'antiporto sodio/idrogeno	495	Fibre alimentari	521
Trasporto accoppiato di sodio e cloro	495	Acqua e bevande	521
Trasporto del cloro	495	Alcol	521
Ruolo del cloro nella secrezione intestinale di liquido	495	Sostanze edulcoranti	522
Trasporto del potassio	496	Vitamine	522
Trasporto del bicarbonato	496	Vitamine liposolubili	522
Trasporto degli acidi grassi a catena corta	497	Vitamine idrosolubili	523
Trasporto dell'acqua	497	Sali minerali	525
Assorbimento dei minerali e degli oligoelementi	498	Macroelementi	525
Calcio	498	Microelementi	526
Trasporto attivo transcellulare	498	Stato nutrizionale	528
Ferro	499	Valutazione della composizione corporea	529
Assorbimento a livello microvillare	500	Antropometria	529
Fasi intracellulari dell'assorbimento e uscita dall'enterocito	500	 52.3 <i>Santorio Santorio e la stadera medica</i>	
Magnesio	501	 52.4 <i>Calcolo delle aree muscolari e adipose del braccio</i>	
Rame	501	Bioimpedenziometria	531
Circolazione intestinale	501	Concetti chiave	532
Flusso ematico intestinale	502		
Meccanismi di regolazione del flusso ematico intestinale	502		
Concetti chiave	504		
52 Fisiologia della nutrizione	507		
G. Messina			
Equilibrio omeostatico e alimentazione	507		
Alimenti	508		
Valore energetico e funzionale degli alimenti	508		
Gruppi alimentari	510		
53 Principi generali di fisiologia renale	535		
A. Frigeri			
 53.1 <i>Il rene dalla filosofia antica alla scienza moderna</i>			
Anatomia funzionale dei reni e del tratto urinario	536		

Organizzazione morfofunzionale	536
Vascolarizzazione renale	536
Nefrone: l'unità funzionale del rene	538
Innervazione del rene	539
Trasporto dell'urina dal rene	
alla vescica urinaria	541
Anatomia funzionale della vescica urinaria	541
Innervazione della vescica urinaria	542
Trasporto dell'urina alla vescica urinaria	542
Riempimento e svuotamento della vescica urinaria: il riflesso della minzione	543
🔗 53.2 <i>Fisiopatologia della minzione</i>	
Formazione dell'urina: filtrazione glomerulare, riassorbimento e secrezione tubulare	545
Concetti chiave	546
54 Formazione della preurina	547
A. Frigeri	
Filtrazione glomerulare	548
Selettività del filtro	549
Fattori che determinano il processo di filtrazione glomerulare	551
🔗 54.1 <i>Velocità di filtrazione glomerulare in singoli nefroni: storia e sviluppo</i>	
Fattori che modificano la velocità di filtrazione glomerulare	552
Clearance	562
Clearance dell'inulina	563
Clearance della creatinina	563
Clearance di sostanze riassorbibili	564
Clearance di sostanze secrete: PAI e flusso plasmatico renale	565
Concetti chiave	566
55 Riassorbimento e secrezione nei tubuli renali	567
A. Frigeri	
Funzioni tubulari	569
Trasporti nel tubulo contorto prossimale	571
Principali trasporti guidati dal sodio	572
Riassorbimento di aminoacidi e proteine	576
Riassorbimento di cloruro di sodio	577
🔗 55.1 <i>Difetti del riassorbimento di sodio</i>	
Riassorbimento d'acqua	579
Riassorbimento di urea e altri soluti	581
Variazioni della composizione del fluido tubulare	581
Secrezione di anioni e cationi organici	582
🔗 55.2 <i>Regolazione dell'uricemia: meccanismi e implicazioni cliniche</i>	
🔗 55.3 <i>Alterazioni della funzionalità del tubulo contorto prossimale</i>	
Trasporti nell'ansa di Henle	584
Tratto discendente: riassorbimento d'acqua	584
Tratto ascendente: riassorbimento di elettroliti	584
🔗 55.4 <i>Alterazioni della funzionalità del segmento ascendente spesso dell'ansa di Henle</i>	
Trasporti nel tubulo contorto distale e nel dotto collettore corticale	586
Cellule principali	587
Cellule intercalate	588
Trasporto nel dotto collettore midollare	590
Variazioni della composizione e dell'osmolarità della preurina	591
🔗 55.5 <i>Farmaci diuretici: meccanismi, applicazioni cliniche e nuove frontiere</i>	
Concetti chiave	593
56 Concentrazione dell'urina e diuresi	595
A. Frigeri	
Meccanismi di concentrazione	
e diluizione urinaria	595
Sistemi di scambio a controcorrente	596
Meccanismo di moltiplicazione per controcorrente	597
Contributo del ricircolo dell'urea	600
Meccanismo di scambio a controcorrente nei vasa recta	601
Regolazione del passaggio dell'acqua e ruolo delle acquaporine	602
🔗 56.1 <i>La scoperta dei canali per l'acqua</i>	
Regolazione mediante l'ormone antidiuretico	603
Regolazione della secrezione di ormone antidiuretico	604
Azioni dell'ormone antidiuretico sul rene	606
Altri stimoli per la secrezione di ormone antidiuretico	608
Interazioni con altri sistemi ormonali	609
🔗 56.2 <i>Nuovi ruoli e funzioni dell'ormone antidiuretico: oltre la regolazione dell'acqua</i>	
Quantificazione della concentrazione e della diluizione dell'urina	610
🔗 56.3 <i>Alterazioni della capacità di concentrare le urine</i>	
Ruolo della sete nell'equilibrio idrico e del sodio	612
Centri neurali della sete nel sistema nervoso centrale	612
Fattori che stimolano la sete	612
Soglia della sete e stimolo osmotico	613
🔗 56.4 <i>Disturbi della sete e dell'assunzione d'acqua</i>	
Concetti chiave	614

57 Regolazione dei liquidi corporei: bilancio idrosalino,olemia e omeostasi elettrolitica	615
<i>A. Frigeri</i>	
Bilancio dell'acqua corporea	615
Assunzione giornaliera d'acqua	616
Perdita giornaliera d'acqua	616
Bilancio complessivo dell'acqua	616
Compartimenti liquidi corporei	616
Misurazione del volume dei compartimenti liquidi	617
Scambi tra compartimenti	617
57.1 Osmolarità, tonicità, pressione colloidosmotica ed equilibrio di Gibbs-Donnan	
Composizione dei principali compartimenti liquidi	618
Controllo dell'osmolarità dei liquidi extracellulari	621
Regolazione del volume del liquido extracellulare	623
57.2 Fisiopatologia del controllo del volume dei liquidi extracellulari	
Regolazione della natriuresi	626
Natriuresi e diuresi pressoria	627
57.3 Disturbi del bilancio idrico e sodico: iponatriemia e ipernatriemia nelle alterazioni dell'osmolarità plasmatica	
57.4 Regolazione del volume cellulare	
57.5 Edema: un eccesso di liquido nei tessuti	
Omeostasi degli elettroliti	632
Regolazione del bilancio del potassio	632
Meccanismi di regolazione del potassio	632
Regolazione del bilancio del calcio	634
Regolazione del bilancio del fosfato	634
Regolazione del bilancio del magnesio	635
Concetti chiave	636

FUNZIONI OMEOSTATICHE E ADATTATIVE INTEGRATE

58 Regolazione del pH	637
<i>A. Frigeri</i>	
Acidi, basi, protoni e pH	637
Acidi e basi: definizioni e relazioni	637
pH e concentrazione protonica	637
Controllo del pH	638
Bilancio dei protoni nell'organismo	638
Assorbimento e produzione di equivalenti acidi	638
Sistemi di difesa contro le variazioni di pH: tamponi, respirazione e funzione renale	639

Sistemi tampone chimici	639
Sistema tampone del bicarbonato	640
58.1 pH e attività respiratoria	
Azione tampone delle proteine	642
Sistema tampone del fosfato	642
Principio isodrico	643
Bicarbonato e riserva alcalina	643
Caratteristiche generali del sistema tampone del bicarbonato	644
Alterazioni dell'equilibrio acido-base	646
58.2 Acidosi e alcalosi nella pratica clinica	
Concetti chiave	653
59 Regolazione della temperatura corporea	655
<i>A. Silvani</i>	
Temperatura corporea: variazioni spaziali e temporali	655
Bilancio dell'energia termica del corpo umano	657
Flusso di calore dovuto al metabolismo energetico	658
Flussi di calore verso l'ambiente	658
Flusso di calore per irraggiamento	659
Flussi di calore per conduzione e per convezione	659
Flusso di calore per evaporazione	660
Sensori della termoregolazione	661
Effettori della termoregolazione	661
Risposte comportamentali	661
Termogenesi facoltativa	661
Circolazione cutanea	661
Sudorazione	663
Regolazione integrata della temperatura corporea	664
Valore di equilibrio della temperatura corporea	664
Soglie di attivazione degli effettori della termoregolazione	664
59.1 Termoregolazione durante esercizio fisico in soggetti affetti da lesioni spinali	
Zona di termoneutralità	665
Risposte termoregolatrici a variazioni della temperatura corporea	666
59.2 Regolazione proattiva della temperatura corporea	
Processi di adattamento alle variazioni della temperatura corporea	669
59.3 Circuiti nervosi centrali della termoregolazione	
Febbre	670
59.4 Ipertermia maligna	
Anapiressia	670
Concetti chiave	672

60 Regolazione dell'omeostasi energetica	673
<i>S. Diano</i>	
Sistema nervoso centrale	673
Ipotalamo	673
Regolazione ipotalamica del metabolismo . . .	675
Nucleo arcuato	675
Nucleo ventromediale	677
Ipotalamo laterale	677
Circuiti neuronali extraipotalamici	678
Sistema della ricompensa mesolimbico . . .	678
Circuiti romboencefalici e nucleo parabrachiale	678
Segnali circolanti: ormoni	679
Leptina	679
Insulina	679
Grelina	680
Ormoni tiroidei	680
Glucocorticoidi	681
Peptide glucagone-simile 1	681
Peptide insulinotropico glucosio-dipendente . .	681
Concetti chiave	682
 61 Regolazione endocrina del metabolismo glucidico	683
<i>S. Fusco</i>	
Organizzazione funzionale dell'omeostasi metabolica	683
Ormoni delle isole pancreatiche di Langerhans	683
Immagazzinamento dell'energia	684
Insulina e fase digestiva	684
🔍 61.1 <i>La scoperta dell'insulina</i>	
Sintesi e secrezione dell'insulina	684
Degradazione epatica e renale dell'insulina . .	689
Meccanismo d'azione dell'insulina	689
🔍 61.2 <i>Insulina e cervello</i>	
Adattamenti metabolici durante la fase digestiva	692
Metabolismo epatico durante la digestione . .	692
Metabolismo del muscolo scheletrico e del tessuto adiposo durante la digestione . .	693
Glucagone e fase di digiuno	694
Sintesi e secrezione del glucagone	694
Degradazione del glucagone	696
Meccanismo d'azione del glucagone	696
Adattamenti metabolici durante la fase di digiuno	697
Metabolismo del tessuto adiposo durante il digiuno	698
Metabolismo del muscolo scheletrico durante il digiuno	698
Metabolismo epatico durante il digiuno	698
Altri ormoni coinvolti nella regolazione del metabolismo	699
Somatostatina	700
Poliptide pancreatico	700
Grelina	701
Interazioni reciproche e complementarità d'azione degli ormoni pancreatici	701
Adipochine	701
Concetti chiave	704
 62 Regolazione endocrina del metabolismo di calcio e fosforo	705
<i>S. Fusco</i>	
Metabolismo del calcio e del fosforo	705
Omeostasi del calcio	705
🔍 62.1 <i>Dosaggio del calcio nel sangue</i>	
Omeostasi del fosforo	706
Regolazione dei livelli ematici di calcio e fosforo	707
Recettori sensibili al calcio	707
Vitamina D	708
Biosintesi e trasporto	708
Effetti biologici	709
Meccanismo d'azione	712
Paratormone	712
🔍 62.2 <i>Paratormone, ambiente ed evoluzione</i>	
Biosintesi e catabolismo	713
Effetti biologici	713
🔍 62.3 <i>Ipo- e iperparatiroidismo</i>	
Meccanismo d'azione	715
Regolazione della secrezione	715
Peptide correlato al paratormone	716
Calcitonina	717
Effetti biologici	718
Meccanismo d'azione	718
Regolazione della secrezione	718
Regolazione integrata del metabolismo del calcio e del fosforo	718
Concetti chiave	720
 63 Regolazione delle funzioni sessuali e riproduttive	721
<i>E. Palma</i>	
Ovaio	721
Ormoni ovarici	722
Biosintesi	722
Estrogeni	723
Progestinici	723
Androgeni femminili	724
🔍 63.1 <i>Iperandrogenismo femminile</i>	
Regolazione della funzione ovarica	725
Fasi del ciclo ovarico	725
🔍 63.2 <i>Amenorrea</i>	
Meccanismi di feedback	726

Testicolo	727	Processi ossidativi	761
Ormoni testicolari	728	Stato stazionario.	761
Biosintesi, trasporto e catabolismo	728	Substrati energetici durante esercizio	761
Effetti biologici	728	Tempo di esaurimento.	762
Meccanismo d'azione	729	Fasi transienti e deficit di ossigeno.	763
Regolazione della funzione testicolare.	729	Inizio dell'esercizio e transiente.	763
Cenni sulle funzioni sessuali		Termine dell'esercizio e ristoro	764
e della riproduzione	730	 65.1 Quantificazione dei componenti	
Pubertà	730	del debito di ossigeno:	
 63.3 Alterazioni della pubertà		il contributo di Rodolfo Margaria	
Funzione sessuale nel maschio.	732	Massimo consumo di ossigeno	
Funzione sessuale nella femmina.	733	e massima potenza aerobica	764
Gravidanza	734	Variazioni interindividuali	
Ormoni placentari.	734	e determinanti genetici	766
Ormoni materni durante la gravidanza.	735	Differenze tra sessi e fasce di età	766
Meccanismi ormonali del parto	735	Meccanismi lattacidi	766
Lattazione e allattamento	736	Equivalente energetico del lattato	767
Menopausa	736	 65.2 Equivalente energetico del lattato	
Concetti chiave	737	in vivo	
64 Regolazione della pressione arteriosa		Esercizio sottomassimale	769
sistemica e dei suoi determinanti	739	Squilibrio fra produzione	
C. Ferrantini, B. Colombini		ed eliminazione di lattato.	770
 64.1 Analogia del sistema		Meccanismi alattacidi	771
cardiovascolare con un acquedotto		Adattamenti cardiorespiratori	
e supporto cardiocircolatorio		all'esercizio fisico	773
 64.2 Adattamenti fisiologici e patologici		Trasporto convettivo dell'ossigeno	
del polso arterioso		nell'aria inspirata.	773
Regolazione della pressione arteriosa		Controllo della ventilazione	
a breve termine: il riflesso barocettivo	743	durante l'esercizio	773
Anatomia funzionale dell'innervazione		Cinetica delle modificazioni	
autonomica vascolare	743	ventilatorie	775
Regolazione omeostatica	744	Flusso di ossigeno attraverso	
Barocettori arteriosi	744	la barriera alveolocapillare	775
 64.3 Sindrome del nodo del seno		Trasporto di ossigeno e anidride carbonica	
Sede di integrazione:		da parte del sistema cardiovascolare	776
il centro cardiovascolare bulbare.	747	Variazioni della gittata cardiaca.	776
Effettori del controllo nervoso		Differenza arterovenosa	
della pressione.	748	della concentrazione di ossigeno.	778
Ruolo dei chemocettori nel controllo		Variazioni della pressione arteriosa	779
pressorio: risposta all'ipossia	749	Controllo della risposta cardiovascolare	
Regolazione comportamentale		all'esercizio.	780
della pressione arteriosa	750	Adattamenti indotti dall'allenamento	782
Riflesso pressorio da esercizio	752	Concetti chiave	784
Sincope vasovagale	752	66 Adattamenti all'altitudine,	
Controllo pressorio a medio e lungo termine ...	753	alle profondità marine	
Sistema renina-angiotensina-aldosterone.	754	e all'assenza di gravità	787
Sistema dei peptidi natriuretici	755	S. Pogliaghi	
Concetti chiave	757	Variazioni di composizione	
65 Adattamenti metabolici e cardiorespiratori		e pressione dell'atmosfera	787
all'esercizio fisico	759	Adattamento all'altitudine	787
S. Pogliaghi		Ipossia e ipossiemia.	787
Sorgenti energetiche della contrazione.	759	Ambiente fisico	787
		Meccanica respiratoria	788

Cascata dell'ossigeno.....	788
Risposta ventilatoria all'ipossia.....	788
Risposta ventilatoria all'anidride carbonica ed equilibrio acido-base.....	789
Funzione cardiovascolare e risposta ematologica.....	789
Massimo consumo d'ossigeno.....	790
Deterioramento muscolare.....	791
Metabolismo anaerobico.....	792
Popolazioni residenti in altitudine.....	792
Adattamento alle immersioni in apnea.....	793
🔍 66.1 <i>Apnea ostruttiva notturna</i>	
Ambiente fisico.....	793
Volumi polmonari.....	794
🔍 66.2 <i>Le Ama</i>	
Gas alveolari al termine di apnee.....	794
Energistica delle immersioni profonde in apnea.....	797
Massima profondità raggiungibile in apnea.....	797
🔍 66.3 <i>Haggi Statti e l'ancora del "Regina Margherita"</i>	
Adattamento alle immersioni con autorespiratore.....	798
Effetti della compressione dei gas.....	800
Sistema cardiovascolare.....	800
Rapporto ventilazione-perfusione.....	801
Formazione di bolle.....	801
🔍 66.4 <i>Malattia da decompressione</i>	
Assenza di gravità.....	802
🔍 66.5 <i>Gravità e microgravità</i>	
Osso e metabolismo minerale.....	802
Muscolo.....	804
Sistema cardiovascolare.....	806
Sistema polmonare.....	808
Sistema vestibolare.....	808
🔍 66.6 <i>Space Motion Sickness</i>	
Sistema immunitario.....	810
Sistema neuroendocrino.....	810
Ritmi biologici e ciclo sonno-veglia.....	810
Conclusioni.....	811
Concetti chiave.....	811
67 Fisiologia dell'invecchiamento e della longevità.....	813
A. Cellerino	
🔍 67.1 <i>Evoluzione della longevità e modelli sperimentali di invecchiamento</i>	
Invecchiamento.....	814
Meccanismi dell'invecchiamento:	
livello molecolare.....	816
Danni molecolari.....	816
Corruzione dell'informazione genetica....	816
Ridotta biosintesi di RNA e proteine.....	816
Meccanismi dell'invecchiamento:	
livello cellulare.....	816
Meccanismi dell'invecchiamento:	
livello sistemico.....	818
Sistema immunitario.....	818
Ipotalamo.....	818
Metabolismo ed equilibrio ormonale.....	818
Meccanismi dell'invecchiamento:	
livello della funzione di organi e sistemi....	819
Cute.....	820
Sistema cardiovascolare.....	820
Muscolo scheletrico.....	823
Sistema nervoso centrale.....	823
Interazione multiorgano durante l'invecchiamento.....	826
Centenari e basi della longevità.....	827
Modulazione dell'invecchiamento.....	828
🔍 67.2 <i>Genetica della longevità, studi longitudinali e biomarcatori</i>	
Nutrizione.....	828
Esercizio fisico.....	830
Modulazioni neuroendocrine.....	831
Meccanismi molecolari della longevità e interventi farmacologici.....	831
Conclusioni.....	833
Concetti chiave.....	833



Indice del volume 1

Fisiologia della vita di relazione

STORIA DELLA FISIOLOGIA

- 1 Evoluzione del pensiero fisiologico** 1
G. Corbellini, S. Canali

PROPRIETÀ FONDAMENTALI DELLE CELLULE

- 2 La cellula come sistema biologico integrato** 21
S. Fusco
- 3 Canali ionici** 43
D. Puzzo, A. Fassio
- 4 Potenziale di membrana** 73
D. Puzzo

PROPRIETÀ FONDAMENTALI DELLE CELLULE NERVOSE

- 5 Potenziale d'azione** 87
D. Puzzo
- 6 Trasmissione sinaptica** 109
A. Fassio
- 7 Neurotrasmettitori** 131
D. Puzzo, A. Fassio
- 8 Plasticità sinaptica** 187
D. Puzzo, A. Fassio

PROPRIETÀ FONDAMENTALI DELLE CELLULE MUSCOLARI

- 9 Contrazione muscolare** 213
M. Linari, M. Reconditi, C. Tesi

MECCANISMI DI REGOLAZIONE E CONTROLLO

- 10 Omeostasi e sistemi fisiologici di regolazione e controllo** 261
F. Conti

SISTEMA NERVOSO

- 11 Sistema nervoso: componenti e organizzazione** . 273
F. Conti
- 12 Circolazione cerebrale e metabolismo energetico del cervello** 301
G. Zoccoli
- 13 Organizzazione funzionale della corteccia cerebrale** 313
F. Conti
- 14 Sonno** 347
C. Cirelli, G. Tononi
- 15 Principi generali di fisiologia sensoriale** 369
S. Pifferi
- 16 Somestesia** 381
S. Pifferi

17 Dolore	405	26 Nuclei della base	587
<i>F. Conti</i>		<i>G. Bosco</i>	
18 Visione	441	27 Controllo corticale del movimento	599
<i>S. Pifferi</i>		<i>A. Battaglia-Mayer</i>	
19 Udito	479	28 Apprendimento e memoria	623
<i>S. Pifferi</i>		<i>D. Puzzo</i>	
20 Olfatto e gusto	501	29 Dominanza emisferica e corpo calloso	643
<i>S. Pifferi</i>		<i>M. Massimini, S. Sarasso</i>	
21 Organizzazione generale dei sistemi motori	517	30 Fisiologia delle emozioni	657
<i>G. Bosco, A. Battaglia-Mayer</i>		<i>F. Deriu</i>	
22 Funzioni motorie del midollo spinale	523	31 Coscienza	679
<i>G. Bosco</i>		<i>M. Massimini, G. Tononi</i>	
23 Sistema vestibolare e controllo della postura	543	32 Linguaggio	691
<i>G. Bosco</i>		<i>M. Massimini</i>	
24 Movimenti oculari	561	33 Sistema nervoso autonomo	703
<i>G. Bosco</i>		<i>M. Melone</i>	
25 Cervelletto	573	34 Interazioni tra il sistema nervoso e il sistema immunitario	729
<i>G. Bosco</i>		<i>C. Limatola</i>	