

FISIOLOGIA MEDICA

Piano dell'opera

VOLUME 1

Fisiologia cellulare

Proprietà fondamentali delle cellule

Proprietà fondamentali delle cellule nervose

Proprietà fondamentali delle cellule muscolari

Fisiologia degli organi e dei sistemi

Sistema nervoso

VOLUME 2

Sistema endocrino

Sangue e sistema cardiovascolare

Sistema respiratorio

Sistema gastrointestinale e nutrizione umana

Compartimenti idrici e sistema renale

Funzioni omeostatiche e adattative integrate

FISIOLOGIA MEDICA

Terza edizione digitale

a cura di

Fiorenzo Conti

Maria Angela Bagni	Claudio Grassi
Alexandra Battaglia-Mayer	Flavio Keller
Piero Paolo Battaglini	Francesco Lacquaniti
Natale Belluardo	Giuseppe Luppino
Fabrizio Benedetti	Claudio Maioli
Fabio Benfenati	Antonio Malgaroli
Fulvia Bongiani	Diego Manzoni
Gianfranco Bosco	Marcello Massimini
Roberto Bottinelli	Anna Menini
Giovanni Buccino	Alberto Enrico Minetti
Roberto Caminiti	Claudio Molinari
Carlo Capelli	Pier Giorgio Montarolo
Alessandro Cellerino	Eleonora Palma
Enrico Cherubini	Mauro Pessia
Antonio Colantuoni	Vittorio Ricci
Barbara Colombini	Ilaria Rivolta
Fiorenzo Conti	Eugenio Scarnati
Gilberto Corbellini	Catia Sternini
Paola d'Ascanio	Virginia Tancredi
Andrea d'Avella	Giancarlo Tassinari
Dario DiFrancesco	Filippo Tempia
Guido Ferretti	Giulio Tononi
Riccardo Fesce	Antonio Zaza
Vittorio Gallese	Giovanna Zoccoli
Rosario Giuffrida	

edi-ermes

FISIOLOGIA MEDICA - Terza edizione - Volumi 1 e 2 - Autori vari
a cura di Fiorenzo Conti

Copyright © 2005, 2010, 2020 Edi.Ermes s.r.l. - Milano

Volume 1

ISBN 978-88-7051-545-9 – Edizione a stampa

ISBN 978-88-7051-727-9 – Edizione digitale

Volume 2

ISBN 978-88-7051-546-6 – Edizione a stampa

ISBN 978-88-7051-728-6 – Edizione digitale

Tutti i diritti letterari e artistici sono riservati.

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale, con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche) sono riservati per tutti i Paesi.

Un libro è il prodotto finale di una serie molto articolata di operazioni che esige numerose verifiche sui testi e sulle immagini.

È quasi impossibile pubblicare un volume senza errori.

Saremo grati a quanti, avendone riscontrato la presenza, vorranno comunicarci.

Per segnalazioni o suggerimenti relativi a questo volume vogliate utilizzare il seguente indirizzo:

Relazioni esterne - Edi.Ermes srl - Viale Enrico Forlanini, 65 - 20134 Milano

Tel. 02.70.21.121 - Fax 02.70.21.12.83

e-mail: redazione@eenet.it

L'Editore è a disposizione degli aventi diritto con i quali non è stato possibile comunicare, nonché per eventuali involontarie omissioni e inesattezze nella citazione delle fonti o dei brani riprodotti nel presente volume.

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

Immagine di copertina: ICPonline

Stampato nel mese di marzo 2020 da Faenza Printing Industries SpA
per conto della Edi.Ermes srl - viale Enrico Forlanini, 65 - 20134 Milano
<http://www.ediermes.it> - tel. 02.70.21.121 - fax 02.70.21.12.83

Prefazione alla terza edizione

A dieci anni dalla pubblicazione della seconda edizione, che ha riscosso un'accoglienza molto favorevole da parte degli Studenti e dei Docenti, proponiamo ora la terza edizione di Fisiologia Medica. Essa nasce, oltre che dalla ovvia necessità di aggiornare i contenuti dell'edizione 2010, dalla continua interazione con gli Autori, che in tutti questi anni hanno proposto migliorie e adeguamenti, e con l'Editore. Questa edizione è di fatto il frutto di un lungo lavoro di gruppo finalizzato a rendere l'opera più aggiornata e completa e, al contempo, più fruibile.

L'impianto generale è sostanzialmente invariato rispetto alle due edizioni precedenti, puntando ancora ad avere un testo ricco di illustrazioni, convinti come siamo che i meccanismi, a volte complessi, della Fisiologia possano essere compresi più facilmente attraverso immagini chiare e appropriate e utilizzare strumenti editoriali (parti in corsivo, riquadri eccetera) che permettano di differenziare ciò che lo Studente deve sapere per superare in maniera dignitosa l'esame da ciò che dovrebbe sapere ai fini di una preparazione che gli permetta di essere un Medico capace di pensiero critico e autonomo. Inoltre, siamo dell'idea che il libro di Fisiologia accompagni lo Studente per tutto il suo corso di studi e debba essere una risorsa di informazioni e di concetti anche dopo il completamento degli studi.

Abbiamo anche mantenuto fermo il concetto che non si può semplificare oltre un livello ragionevole o ridurre insanamente per compiacere le richieste. Sappiamo tutti che negli ultimi decenni il numero di scoperte è cresciuto esponenzialmente e che, 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. In altre parole, se coloro che appartengono alla generazione della maggior parte degli Autori di quest'opera hanno studiato la Fisiologia in due volumi, gli attuali Studenti dovrebbero studiarla in quattro. E questo rende arduo oggi 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, vivono un Corso di Laurea in cui le discipline di base – quelle cruciali per lo

sviluppo di un pensiero critico e autonomo – sono compresse in maniera imbarazzante e sono schiacciati da un numero insopportabile di lezioni e attività didattiche obbligatorie che rendono loro difficilissimo trovare il tempo necessario a comprendere la complessità e la bellezza dei meccanismi fisiologici e delle loro regolazioni. Abbiamo quindi cercato di coniugare queste diverse necessità, sforzandoci di essere aggiornati e completi senza pretendere di essere enciclopedici e di poter offrire agli Studenti un testo fruibile, tentando di ridurre o eliminare tutto ciò che era ridicibile o eliminabile. Il principio ispiratore potrebbe quindi essere definito come “ridurre senza snaturare”. Saranno soprattutto gli Studenti a dirci se ci siamo riusciti.

Seguendo questi principi, tutti i capitoli sono stati modificati in maniera importante e a volte riscritti *ex novo* e alcune sezioni sono totalmente nuove (come, per esempio, quelle dedicate al Sistema respiratorio e al Sistema cardiovascolare).

La maggior parte del folto gruppo di Autori, tutti esperti degli argomenti dei capitoli loro affidati, è quella delle due precedenti edizioni. Non pochi sono coloro che non fanno più parte, per ragioni diverse, della compagine, ma ancor più numerosi sono i nuovi Autori che sono stati coinvolti; ringrazio affettuosamente i primi e do un caloroso benvenuto ai secondi. A tutti, e soprattutto a quelli della prima e della seconda ora, va la mia gratitudine per l'impegno, la competenza, lo spirito di collaborazione, la pazienza e, soprattutto, per la loro amicizia.

Quest'opera non avrebbe visto la luce senza l'enorme e silenzioso lavoro di tutto lo staff Edi.Ermes, indipendentemente dalla fede calcistica dei singoli. Come nel 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 forte abbraccio pubblico e affettuoso ad Adriana Lombardi, senza la cui capacità, esperienza, sensibilità e ironia quest'impresa sarebbe stata molto, molto più difficile, se non impossibile.

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

Hanno collaborato alla terza edizione

Maria Angela Bagni

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università degli Studi, Firenze

Alexandra Battaglia-Mayer

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

Piero Paolo Battaglioni

Dipartimento di Scienze della Vita
Università degli Studi, Trieste

Natale Belluardo

Dipartimento di Discipline Chirurgiche, Oncologiche e Stomatologiche
Università degli Studi, Palermo

Fabrizio Benedetti

Dipartimento di Neuroscienze "Rita Levi Montalcini"
Università degli Studi, Torino

Fabio Benfenati

Dipartimento di Medicina Sperimentale
Università degli Studi, Genova

Fulvia Bongianni

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università degli Studi, Firenze

Gianfranco Bosco

Dipartimento di Medicina dei Sistemi
Università degli Studi "Tor Vergata", Roma

Roberto Bottinelli

Dipartimento di Medicina Molecolare
Università degli Studi, Pavia

Giovanni Buccino

Divisione di Neuroscienze
Università Vita-Salute San Raffaele, Milano

Roberto Caminiti

Neuroscience and Behavior Laboratory
Istituto Italiano di Tecnologia, Roma

Stefano Canali

Area di Neuroscienze
Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA), Trieste

Carlo Capelli

Dipartimento di Neuroscienze, Biomedicina e Movimento
Università degli Studi, Verona

Giovanni Cecchi

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università degli Studi, Firenze

Alessandro Cellerino

Scuola Normale Superiore, Pisa

Enrico Cherubini

European Brain Research Institute, Roma

Chiara Cirelli

Department of Psychiatry
University of Wisconsin Medical School, Madison (WI, USA)

Antonio Colantuoni

Dipartimento di Medicina Clinica e Chirurgia
Università degli Studi "Federico II", Napoli

Barbara Colombini

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università degli Studi, Firenze

Fiorenzo Conti

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

Gilberto Corbellini

Dipartimento di Medicina Molecolare
Sapienza, Università di Roma

Paola d'Ascanio

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

Andrea d'Avella

Dipartimento di Scienze Biomediche, Odontoiatriche
e delle Immagini Morfologiche e Funzionali
Università degli Studi, Messina

Roberto De Giorgio

Dipartimento di Scienze Mediche
Università degli Studi, Ferrara

Sabrina Diano

Dipartimento di Medicina Clinica e Chirurgia
Università degli Studi "Federico II", Napoli

Dario DiFrancesco

Dipartimento di Bioscienze
Università degli Studi, Milano

Guido Ferretti

Dipartimento di Medicina Molecolare e Traslazionale
Università degli Studi, Brescia

Riccardo Fesce

Dipartimento di Scienze Biomediche
Humanitas University, Milano

Vittorio Gallese

Dipartimento di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi, Parma

Rosario Giuffrida

Dipartimento di Scienze Biomediche e Biotecnologie
Università degli Studi, Catania

Claudio Grassi

Dipartimento di Neuroscienze
Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Iole Indovina

Dipartimento di Medicina e Chirurgia
Saint Camillus International University of Health and Medical Sciences
Roma

Flavio Keller

Laboratorio di Neuroscienze dello Sviluppo
Università Campus Bio-Medico, Roma

Francesco Lacquaniti

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

Giuseppe Luppino

Dipartimento di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi, Parma

Claudio Maioli

Dipartimento di Scienze Cliniche e Sperimentali
Università degli Studi, Brescia

Antonio Malgaroli

Centro Universitario per lo Studio del Comportamento
Università “Vita-Salute” San Raffaele, Milano

Diego Manzoni

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

Marcello Massimini

Dipartimento di Scienze Biomediche e Cliniche “L. Sacco”
Università degli Studi, Milano

Anna Menini

Area di Neuroscienze
Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA), Trieste

Alberto Enrico Minetti

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

Claudio Molinari

Dipartimento di Medicina Traslazionale
Università degli Studi del Piemonte Orientale, Novara

Pier Giorgio Montarolo

Dipartimento di Neuroscienze “Rita Levi Montalcini”
Università degli Studi, Torino

Eleonora Palma

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

Mauro Pessia

Dipartimento di Medicina Sperimentale
Università degli Studi, Perugia

Simone Pifferi

Area di Neuroscienze
Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA), Trieste

Vittorio Ricci

Dipartimento di Medicina Molecolare
Università degli Studi, Pavia

Ilaria Rivolta

Dipartimento di Medicina e Chirurgia
Università di Milano-Bicocca, Milano

Mariarosaria Santillo

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

Eugenio Scarnati

Dipartimento di Scienze Cliniche Applicate e Biotecnologiche
Università degli Studi, L'Aquila

Catia Sternini

Department of Medicine and Neurobiology
David Geffen School of Medicine
University of California, Los Angeles, CA (USA)

Virginia Tancredi

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

Giancarlo Tassinari

Dipartimento di Neuroscienze, Biomedicina e Movimento
Università degli Studi, Verona

Filippo Tempia

Dipartimento di Neuroscienze “Rita Levi Montalcini”
Università degli Studi, Torino

Giulio Tononi

Department of Psychiatry
University of Wisconsin Medical School, Madison (WI, USA)

Antonio Zaza

Dipartimento Biotecnologie e Bioscienze
Università di Milano-Bicocca, Milano

Giovanna Zoccoli

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

Autori delle precedenti edizioni

Alexandra Battaglia-Mayer - *Roma*; Piero Paolo Battaglini - *Trieste*; Natale Belluardo - *Palermo*; Fabrizio Benedetti - *Torino*; Fabio Benfenati - *Genova*; Fulvia Bongiani - *Firenze*; Roberto Bottinelli - *Pavia*; Roberto Burattini - *Ancona*; Roberto Caminiti - *Roma*; Carlo Capelli - *Udine*; Giovanni Cecchi - *Firenze*; Enrico Cherubini - *Trieste*; Antonio Colantuoni - *Napoli*; Fiorenzo Conti - *Ancona*; Gilberto Corbellini - *Roma*; Paola d'Ascanio - *Pisa*; Luciano Domenici - *L'Aquila*; Fabrizio Eusebi - *Roma*; Giorgio Fanò - *Chieti-Pescara*; Antonio Federici - *Bari*; Guido Ferretti - *Brescia*; Riccardo Fesce - *Varese*; Carlo Franzini - *Bologna*; Vittorio Gallese - *Parma*; Rosario Giuffrida - *Catania*; Claudio Grassi - *Roma*; Flavio Keller - *Roma*; Francesco Lacquaniti - *Roma*; Giuseppe Luppino - *Parma*; Pierre Magistretti - *Lausanne (CH)*; Claudio Maioli - *Brescia*; Antonio Malgaroli - *Milano*; Diego Manzoni - *Pisa*; Anna Menini - *Trieste*; Alberto Enrico Minetti - *Milano*; Claudio Molinari - *Novara*; Pier Giorgio Montarolo - *Torino*; Vito Enrico Pettorossi - *Perugia*; Vittorio Ricci - *Pavia*; Ferdinando Rossi - *Torino*; Eugenio Scarnati - *L'Aquila*; Catia Sternini - *Los Angeles (CA)*; Giancarlo Tassinari - *Verona*; Filippo Tempia - *Torino*; Giulio Tononi - *Madison (WI)*; Giovanni Vacca - *Novara*; Arsenio Veicsteinas - *Milano*; Francesco Vitiello - *Bari*; Giovanna Zoccoli - *Bologna*

Rappresentazioni iconiche utilizzate nel testo



Clinica

In questi riquadri sono presenti risvolti applicativi e pratici dedicati alla valutazione e 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.



Concetti chiave

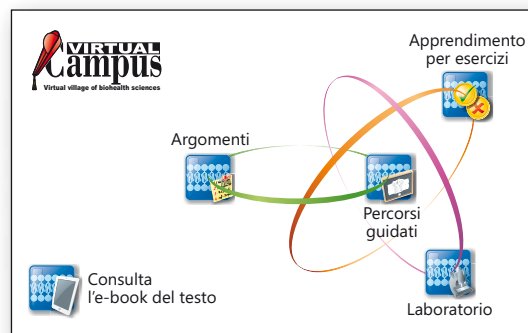
Riassumono i contenuti più importanti e consentono un rapido richiamo e ripasso dell'argomento specifico.

Virtual Campus

Edi.Ermes mette a disposizione risorse digitali supplementari attraverso la piattaforma *on line* (**Virtual Campus**) cui si accede utilizzando il codice riportato nella prima pagina. Le risorse disponibili in quest'area virtuale sono: **Argomenti** e **Percorsi guidati** che consentono un approccio visivo e coinvolgente agli argomenti di studio; **Laboratori didattici** grazie ai quali si possono visualizzare meccanismi e fenomeni complessi; **test di autovalutazione** (*Apprendimento per esercizi*) che consentono di valutare il proprio grado di conoscenza.

Il codice abilita anche il **download della versione digitale del libro** (*e-book*). Le istruzioni sono disponibili nella piattaforma.

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



Indice del volume 2

Sezione II SISTEMA ENDOCRINO

39 Principi generali di fisiologia endocrina	3
<i>E. Palma</i>	
Struttura e classificazione degli ormoni	3
Modalità d'azione	4
Biosintesi, secrezione e trasporto	4
🔗 <i>Cenni storici sul sistema endocrino e sugli ormoni</i>	5
🔗 <i>Prostaglandine</i>	6
Recettori e meccanismi di trasduzione del segnale	8
🔗 <i>Ritmi circadiani e ormoni: la melatonina e la sindrome da jet lag</i> ...	10
Meccanismi di regolazione a feedback	10
Appendice Metodi di misurazione degli ormoni	11
Concetti chiave	12
Lecture consigliate	12
40 Asse ipotalamoipofisario e regolazione delle funzioni endocrine	13
<i>E. Palma</i>	
Asse ipotalamo-ipofisi-ghiandola tiroide	14
Biosintesi degli ormoni tiroidei	14
Trasporto attivo dello ioduro attraverso la membrana basale	14
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	15
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	17
Regolazione della secrezione degli ormoni tiroidei	17
🔗 <i>Iper- e ipotiroidismo</i>	18
Asse ipotalamo-ipofisi-ghiandola surrenale	19

Biosintesi degli ormoni surrenalici	19
Glucocorticoidi	20
Regolazione della secrezione dei glucocorticoidi	22
Mineralcorticoidi	23
Regolazione della secrezione dell'aldosterone	23
🔗 <i>Ipo- e ipersecrezione della ghiandola surrenale</i>	24
Asse ipotalamoipofisario: la prolattina	24
Ormoni della neuroipofisi	25
Ormone antidiuretico	26
Regolazione della secrezione di ADH	26
🔗 <i>Ipo- o ipersecrezione di ormone antidiuretico</i>	27
Ossitocina	28
Regolazione della secrezione di ossitocina ...	28
🔗 <i>L'ormone dell'amore</i>	28
Concetti chiave	29
Lecture consigliate	30

41 Regolazione endocrina della crescita e dello sviluppo	31
<i>V. Tancredi</i>	
Regolazione della crescita	31
Ormone della crescita	33
🔗 <i>Ormone della crescita e sport</i>	33
Biosintesi e catabolismo	33
Effetti biologici	33
Effetti diretti	33
Effetti indiretti	34
Meccanismi d'azione	34
Regolazione della secrezione	35
🔗 <i>Alterazioni dei livelli ematici di ormone della crescita</i>	37
Concetti chiave	38
Lecture consigliate	38

Sezione III SANGUE E SISTEMA CARDIOVASCOLARE


42 Sangue ed emostasi	41
<i>P. d'Ascanio (con la collaborazione di Ugo Faraguna)</i>	
Sangue	41
Funzioni del sangue	41

Caratteristiche del sangue	42	Correnti cardiache.	79
Plasma	42	Periodo refrattario	79
Proteine	43	Correnti entranti attivate in depolarizzazione ..	80
Enzimi	44	Canali permeabili al sodio	80
🔴 <i>Enzimi e patologie</i>	44	🔴 <i>Farmacologia del canale Na_v1.5</i>	80
Elettroliti	44	Canali permeabili al calcio	80
Lipidi	45	Correnti uscenti	81
Glucidi	45	Canali voltaggio-dipendenti permeabili	
Azoto	45	al potassio attivati in depolarizzazione ...	81
Globuli rossi	45	🔴 <i>Farmacologia dei canali per il potassio</i> ..	81
Gruppo sanguigno e fattore Rh	46	Canali permeabili al potassio	
🔴 <i>Fattore Rh</i>	47	rettificanti verso l'interno	81
Emopoiesi	48	Corrente entrante attivata	
Eritropoiesi	48	in iperpolarizzazione: la corrente <i>funny</i>	82
🔴 <i>Emoglobine anomale</i>	49	Proprietà di modulazione	
🔴 <i>Bilancio omeostatico dei livelli marziali</i> ..	49	della corrente <i>funny</i>	83
🔴 <i>Indici biochimici del ferro nell'organismo</i>	50	Modulazione dell'attività del cuore da parte	
Emocateresi	51	del sistema nervoso autonomo	84
Globuli bianchi	52	Modulazione del cronotropismo	84
Funzioni	52	Azione della stimolazione vagale	
Granulociti	53	sul cuore: rallentamento	84
Cellule linfoidi	53	Modulazione dell'inotropismo	85
Emostasi	54	🔴 <i>Aritimie</i>	86
🔴 <i>Manifestazioni cliniche</i>		Appendice La scoperta della corrente <i>funny</i> ...	89
<i>di alterazioni dell'emostasi</i>	55	Concetti chiave	92
Fase vascolare	55	Lecture consigliate	92
Fase piastrinica	55	44 Attività meccanica del cuore	93
Caratteristiche delle piastrine	55	A. Zaza	
Ruolo dell'endotelio e risposta piastrinica ...	56	Meccanismi di accoppiamento	
🔴 <i>Inibitori della ciclossigenasi</i>	60	eccitazione-contrazione	93
Fase coagulativa	60	Dal potenziale d'azione al transiente di calcio ..	93
Fattori della coagulazione	60	Modulazione del transiente di calcio	95
🔴 <i>Anticoagulanti</i>	62	Bilancio dei flussi e omeostasi	
Meccanismi della coagulazione	62	del calcio intracellulare	98
Controllo della coagulazione	66	🔴 <i>Effetti della disfunzione delle componenti</i>	
Fase fibrinolitica	67	<i>del sistema di accoppiamento</i>	
Bilancia emostatica endoteliale	69	<i>eccitazione-contrazione</i>	98
Attività antitrombotiche	69	Meccanismi cellulari di modulazione	
Attività protrombotiche	69	della forza di contrazione	98
Concetti chiave	70	Modulazione intrinseca o autoregolazione ...	99
Lecture consigliate	70	Modulazione estrinseca	100
43 Attività elettrica del cuore	71	Ciclo meccanico del cuore	101
D. DiFrancesco		Sistole atriale	101
Accoppiamento eccitazione-contrazione		Sistole ventricolare	102
nel muscolo cardiaco	71	Diastole ventricolare	103
Attività elettrica cardiaca	72	🔴 <i>Edema</i>	103
Elettrocardiografia		Rilasciamento isovolumico	103
e potenziale d'azione cardiaco	73	Riempimento rapido	103
Vettore dipolo	74	Diastasi	103
Derivazioni dell'elettrocardiogramma	75	Riempimento da sistole atriale	104
Relazione tra elettrocardiogramma		🔴 <i>Toni cardiaci</i>	104
e vettore dipolo	76	Lavoro del cuore	104
Sequenza di attivazione cardiaca e formazione		Metabolismo miocardico	104
del segnale elettrocardiografico	77	Fonti di energia nel miocardio	105

Adattamenti del ciclo meccanico del cuore alle condizioni emodinamiche	106	Sistema venoso	136
Appendice Misure di funzione ventricolare <i>in vivo</i>	107	Organizzazione morfofunzionale	136
Concetti chiave	110	Emodinamica del sistema venoso	137
Lecture consigliate	110	Meccanismi del ritorno venoso.	137
45 Circolazione sistemica: principi di emodinamica e proprietà fisiche del sistema arterioso	111	🔴 <i>Misurazione della pressione venosa</i> <i>centrale</i>	138
A. Zaza		Sistema linfatico	138
Proprietà meccaniche della parete vascolare.	111	🔴 <i>La scoperta dei linfatici: le prime osservazioni di Gaspare Aselli</i>	139
Principi di fluidodinamica	111	Organizzazione morfofunzionale	139
Relazione flusso-pressione in un condotto rigido.	111	Capillari linfatici.	139
Relazione flusso-pressione in un condotto elastico	112	Vasi linfatici precollettori e collettori	140
Flusso turbolento	112	Circolazione nei linfonodi	141
Componente cinetica dell'energia di flusso	112	Dotti linfatici	142
Elasticità vascolare ed effetto <i>windkessel</i>	113	Linfa.	143
Resistenze idrauliche del sistema vascolare.	113	Trasporto della linfa.	143
Volume di sangue nel sistema vascolare	114	Composizione della linfa.	144
Viscosità del sangue	115	Innervazione.	144
🔴 <i>Alterazioni della reologia del microcircolo</i>	116	🔴 <i>Linfedema</i>	145
Regime emodinamico		Emoreologia	145
nel circolo arterioso sistemico	116	Determinanti della viscosità ematica	145
Regime di pressione.	116	🔴 <i>Misurazione della viscosità</i>	145
Regime di flusso	117	Numero e deformabilità delle cellule.	145
Effetti emodinamici della gravità	117	Diametro dei vasi	146
Concetti chiave	119	Velocità del flusso.	147
Lecture consigliate	119	Viscosità ematica nei capillari	147
46 Circolazione sistemica: microcircolazione, sistemi venoso e linfatico ed emoreologia	121	🔴 <i>Viscosità, ematocrito e piccoli vasi</i>	148
A. Colantuoni (con la collaborazione di Dominga Lapi)		Appendice Peptidi natriuretici atriali	149
Microcircolazione	121	Concetti chiave	151
Organizzazione morfofunzionale	122	Lecture consigliate	152
Cellule endoteliali.	122	47 Circolazioni distrettuali	153
🔴 <i>Biforcazioni terminali</i>	123	C. Molinari	
Scambi microvascolari	125	Circolazione coronarica	153
Vie di trasporto cellulare.	125	Flusso ematico coronarico	154
Meccanismi di trasporto cellulare	126	Meccanismi di regolazione del flusso ematico coronarico	155
🔴 <i>Michel e la rivisitazione dell'equazione di Starling</i>	127	🔴 <i>Flussimetria coronarica</i>	155
Regolazione della microcircolazione.	129	🔴 <i>Misurazione della pressione tessutale miocardica</i>	156
🔴 <i>Alla scoperta del reclutamento dei capillari muscolari</i>	130	🔴 <i>Ischemia miocardica</i>	158
Stimolazione pressoria.	131	🔴 <i>Studio del controllo nervoso riflesso</i>	159
Stimolazione nervosa	131	🔴 <i>Contropulsatore aortico</i>	160
Stimolazione ormonale	132	Riserva coronarica.	161
Stimolazione metabolica locale.	133	🔴 <i>Stenosi dei grossi vasi coronarici</i>	161
Stimolazione di origine endoteliale	134	Circolazione muscolare	162
Stimolazione dipendente dal flusso	136	🔴 <i>Sarcopenia</i>	162
		Flusso ematico muscolare.	162
		Meccanismi di regolazione del flusso ematico muscolare	162
		🔴 <i>Arteriopatie periferiche e claudicatio intermittens</i>	165
		Circolazione cutanea	165
		Flusso ematico cutaneo.	165

Meccanismi di regolazione del flusso ematico cutaneo	166
Flusso ematico cutaneo e termoregolazione..	166
Circolazione splancnica	167
Circolazione intestinale	168
Flusso ematico intestinale	169
Circolazione epatica	170
Flusso ematico epatico	171
Concetti chiave	172
Lecture consigliate	172

Sezione IV SISTEMA RESPIRATORIO

48 Organizzazione generale del sistema respiratorio	175
<i>G. Ferretti</i>	
Cascata dell'ossigeno	175
Basi morfofunzionali del sistema respiratorio ...	177
Polmoni e gabbia toracica	177
Vie aeree	178
Alveoli e capillari	180
Organizzazione dello studio della funzione respiratoria	181
Appendice Evoluzione del sistema respiratorio con le dimensioni degli organismi viventi	182
Appendice Gomez, Weibel e la morfometria polmonare	183
Concetti chiave	185
Lecture consigliate	185
49 Meccanica respiratoria	187
<i>G. Ferretti</i>	
Statica del sistema toraco-polmonare	188
Volumi polmonari	188
 <i>Spirometro</i>	189
Pressioni polmonari	190
Curve pressione-volume statiche	191
Polmone	191
Torace	192
Sistema toraco-polmonare	192
Volume al punto di equilibrio del sistema toraco-polmonare	194
Compliance del sistema toraco-polmonare	195
Effetti della postura	195
Effetti dell'elasticità polmonare	195
Concetto di restrizione	196
Effetti della contrazione dei muscoli respiratori	196
Lavoro contro le forze elastiche	197
Effetto della tensione superficiale e isteresi polmonare	198
Legge di Laplace	199

Surfattante polmonare	200
 <i>Sindrome da distress respiratorio del neonato</i>	201
Dinamica del sistema toraco-polmonare	201
Flussi d'aria nelle vie aeree	201
Resistenza delle vie aeree al flusso d'aria	201
 <i>Il numero di Reynolds</i>	202
Dinamica del ciclo respiratorio	203
Lavoro nel corso di un ciclo respiratorio	204
Effetti del volume polmonare sulla resistenza delle vie aeree	205
Espirazione forzata e spirometria dinamica	206
 <i>Pneumopatie ostruttive e restrittive</i>	206
Curve flusso-volume	207
Curve flusso-pressione	209
Compressione dinamica dei bronchi	209
 <i>Curve flusso-volume in pneumopatie ostruttive</i>	211
Conclusioni	211
Appendice Misura dei volumi polmonari non mobilizzabili	213
Appendice Surfattante polmonare	215
Concetti chiave	218
Lecture consigliate	218
50 Scambi gassosi	219
<i>G. Ferretti</i>	
Ventilazione	219
Ventilazione totale e ventilazione alveolare	219
 <i>Misura dello spazio morto</i>	220
Flussi di ossigeno e di anidride carbonica	220
Standardizzazione delle misure di flusso e volume	220
Quoziente respiratorio e gas alveolari	221
Respirazione in ossigeno puro e correzione per l'azoto	222
Ventilazione alveolare e pressione parziale di anidride carbonica	223
Stato non stazionario	224
 <i>Una rivoluzione in fisiologia respiratoria</i> ..	225
Effetto di variare la pressione inspirata di ossigeno	226
Diffusione	226
Capacità di diffusione	228
Diffusione di gas inerti	229
 <i>Alterazioni della membrana alveolo-capillare</i>	229
Circolazione polmonare	230
Controllo attivo della resistenza vascolare polmonare	231
Effetto del volume polmonare sulla resistenza vascolare	232
Idrodinamica polmonare	232
 <i>Edemi a livello polmonare</i>	233
Flusso di ossigeno nel sangue arterioso	233

🔴 <i>Il digiuno: definizione e conseguenze</i>	303	Recettori di neurotrasmettitori	
Fabbisogno lipidico	303	e neuromodulatori	330
Fabbisogno glucidico	304	Trasmissione chemiosensoriale	332
Fibra alimentare	304	Concetti chiave	334
🔴 <i>Le fibre nella dieta</i>	304	Lecture consigliate	334
Bevande	304	55 Motilità del sistema gastrointestinale	335
🔴 <i>L'alcol nella dieta</i>	305	V. Ricci	
Sostanze edulcoranti	305	Attività muscolare	335
Vitamine	305	Modulazione nervosa	335
Vitamine liposolubili	305	Contrazione e rilassamento	335
Vitamine idrosolubili	306	Onde elettriche lente	336
🔴 <i>Carenza di vitamina B₁</i>	306	Frequenza	337
🔴 <i>Carenza di vitamina B₃</i>	306	Innervazione estrinseca	338
🔴 <i>Carenza di vitamina B₈</i>	307	Funzioni motorie	338
🔴 <i>Carenza di vitamina B₁₂</i>	307	Tipi di motilità	338
🔴 <i>Carenza di vitamina C</i>	307	🔴 <i>Retroperistalsi e vomito</i>	339
Minerali	307	Ileo fisiologico	340
Minerali principali	307	🔴 <i>Da ileo fisiologico a ileo patologico</i>	340
Oligoelementi	308	Sfinteri	340
Acqua	308	🔴 <i>Malattia da reflusso gastroesofageo</i>	341
Appendice Valutazione		Masticazione e deglutizione	341
della composizione corporea	309	Motilità esofagea	341
<i>Mariarosaria Santillo</i>		Motilità gastrica	342
Appendice Regolazione ipotalamica		Serbatoio gastrico	342
del metabolismo	313	Pompa antrale	344
<i>Sabrina Diano</i>		Svuotamento gastrico	345
🔴 <i>Scoperta delle strutture cerebrali</i>		Velocità di svuotamento	345
<i>coinvolte nella regolazione</i>		Motilità dell'intestino tenue	346
<i>del metabolismo</i>	313	Tipi di motilità	346
🔴 <i>Dinamica mitocondriale</i>		Motilità interdigestiva	
<i>nei neuroni ipotalamici</i>	315	e complesso motorio migrante	346
🔴 <i>Un nuovo circuito cerebrale</i>		Motilità digestiva	
<i>nel controllo dell'alimentazione</i>	319	e movimenti di segmentazione	348
Concetti chiave	320	🔴 <i>Movimenti di massa:</i>	
Lecture consigliate	321	<i>un meccanismo difensivo</i>	348
54 Sistema nervoso enterico	323	Motilità dell'intestino crasso	349
C. Sternini, R. De Giorgio		Cieco e colon ascendente	349
🔴 <i>Cenni storici sul sistema nervoso enterico</i>	323	Colon trasverso e colon discendente	349
Organizzazione generale		Regione rettosigmoidea e canale anale	350
del sistema nervoso enterico	323	Defecazione	351
Plessi	324	Concetti chiave	352
Glia enterica	324	Lecture consigliate	352
Neuroni enterici	324	56 Secrezioni del sistema gastrointestinale	353
Neuroni sensoriali	325	V. Ricci	
Interneuroni	326	Secrezione salivare	353
Neuroni motorî	326	Organizzazione morfofunzionale	353
🔴 <i>Neuropatologia</i>		Funzioni della saliva	354
<i>del sistema nervoso enterico</i>	328	Lubrificazione	354
Meccanismi di trasmissione neuronale	328	Protezione	354
Codice chimico	329	Digestione	355
Trasmissione plurichimica	329	Composizione della saliva	355
Peristalsi	329	Acqua ed elettroliti	355
Equilibrio tra assorbimento		Composti organici	356
e secrezione d'acqua ed elettroliti	330		

Regolazione della secrezione salivare	356	Secrezione dell'intestino crasso.	383
Ruolo del sistema nervoso autonomo	357	Appendice Funzioni del fegato.	384
Modulazione della secrezione	358	Concetti chiave	387
🔗 <i>Fisiopatologia della secrezione salivare</i>	358	Lecture consigliate	388
Secrezione gastrica	358	57 Digestione e assorbimento	389
Organizzazione morfofunzionale	358	V. Ricci	
Tipi cellulari.	359	Organizzazione morfofunzionale	389
Secrezione acida.	360	🔗 <i>Sindromi da malassorbimento.</i>	391
Barriera mucosale gastrica	361	Digestione e assorbimento dei carboidrati	391
🔗 <i>Barriera mucosale gastrica danneggiata</i>	361	Digestione intraluminale	392
Elettroliti del succo gastrico	363	Digestione sulla membrana microvillare.	392
Regolazione della secrezione acida	363	Trasporto transepiteliale.	393
Fattori stimolanti	363	Assorbimento di glucosio e galattosio	393
Fasi della stimolazione.	364	Assorbimento di fruttosio	394
🔗 <i>Pavlov e la regolazione vagale della secrezione gastrica.</i>	365	Digestione e assorbimento delle proteine.	394
Inibizione della secrezione	367	🔗 <i>Fenomeno dell'adattamento</i>	395
🔗 <i>Bayliss e Starling e la scoperta della secretina</i>	368	Digestione intraluminale	396
Pepsina	368	Digestione sulla membrana microvillare e nel citoplasma	397
Lipasi gastrica.	369	Trasporto transepiteliale.	398
Muco	369	Assorbimento di di- e tripeptidi.	398
Fattore intrinseco.	369	Assorbimento di aminoacidi.	398
🔗 <i>Avitaminosi B₁₂</i>	369	🔗 <i>Assorbimento di proteine intatte.</i>	400
Secrezione pancreatica.	369	Digestione e assorbimento dei lipidi	400
Organizzazione morfofunzionale	370	Digestione dei trigliceridi.	401
Secrezione della componente acquosa	370	Emulsione dei lipidi alimentari	402
🔗 <i>Fibrosi cistica</i>	371	Attività lipasica intestinale	402
Secrezione della componente proteica	371	Formazione delle micelle miste	402
Regolazione della secrezione pancreatica.	372	Digestione di fosfolipidi ed esteri del colesterolo	403
Fasi della stimolazione.	372	Attraversamento della membrana microvillare	404
Risposta al pasto	373	Fasi intracellulari dell'assorbimento.	405
Secrezione biliare	374	Uscita dall'enterocito.	405
Composizione della bile	375	Digestione e assorbimento delle vitamine	406
Acidi biliari	375	Vitamine idrosolubili	406
Fosfolipidi	376	Vitamina B ₁₂	406
Colesterolo	377	🔗 <i>Malassorbimento di vitamina B₁₂</i>	408
Pigmenti biliari.	377	Vitamine liposolubili.	408
Ioni inorganici.	377	🔗 <i>Quando la patologia aiuta a capire la fisiologia: il caso dell'assorbimento della vitamina B₁₂</i>	409
🔗 <i>Litiasi biliare</i>	377	Vitamina A	409
Produzione della bile.	377	Vitamina D	409
Secrezione di acidi biliari	377	Vitamina E.	409
Secrezione di fosfolipidi e colesterolo	379	Vitamina K.	410
Secrezione di pigmenti biliari.	379	Assorbimento degli elettroliti e dell'acqua.	410
Secrezione biliare totale.	380	Flussi bidirezionali di liquido	410
Trasporto e immagazzinamento della bile.	381	Contenuto ionico del liquido luminale.	411
Trasformazione in bile cistica.	381	Trasporto del sodio	411
Contrazione della cistifellea e liberazione della bile nel duodeno	381	Assorbimento accoppiato di sodio e principi nutritivi	412
Sostanze colagoghe.	382	Trasporto mediato dall'antiporto sodio/idrogeno	412
Secrezione intestinale.	382	Trasporto accoppiato di sodio e cloro	412
Secrezione dell'intestino tenue	382		
Ghiandole duodenali	382		
Cripte intestinali.	382		
🔗 <i>Ipersecrezione.</i>	383		

Trasporto del cloro	412
Ruolo del cloro nella secrezione intestinale di liquido	413
Trasporto del potassio.....	413
Trasporto del bicarbonato	413
Trasporto degli acidi grassi a catena corta	414
Trasporto dell'acqua	414
Assorbimento dei minerali e degli oligoelementi.	415
Calcio.....	415
Trasporto attivo transcellulare.....	415
Ferro	416
Assorbimento a livello microvillare.....	416
Fasi intracellulari dell'assorbimento e uscita dall'enterocito	417
Magnesio.....	417
Rame	417
Concetti chiave	418
Lecture consigliate	418

Sezione VI COMPARTIMENTI IDRICI E SISTEMA RENALE

58 Introduzione alla funzione renale e al bilancio idrosalinico	421
<i>R. Fesce, F. Benfenati</i>	
🔍 <i>Il rene: un organo misterioso che si svela al microscopio</i>	422
Organizzazione morfofunzionale	422
Vascolarizzazione	423
Nefrone	423
Meccanismi di funzionamento del rene	424
Regolazioni operate dal rene	425
Ruolo del nefrone.....	425
Ruolo del sodio.....	425
🔍 <i>I movimenti ionici nel tubulo renale</i>	426
Bilancio dell'acqua corporea	426
Compartimenti liquidi corporei	427
Misurazione del volume dei compartimenti liquidi.....	427
Scambi tra compartimenti	427
Composizione dei principali compartimenti liquidi	428
🔍 <i>Osmolarità, tonicità, pressione colloidosmotica ed equilibrio di Gibbs-Donnan</i>	429
Ruolo del rene nel bilancio idrosalinico	431
Controllo dell'osmolarità dei liquidi extracellulari	431
Produzione d'acqua libera	432
Controllo del volume dei liquidi extracellulari ..	433
🔍 <i>Fisiopatologia del controllo del volume dei liquidi extracellulari</i>	433
Appendice Vescica urinaria	434
Concetti chiave	436
Lecture consigliate	436
59 Funzioni glomerulari	437
<i>R. Fesce, F. Benfenati</i>	
Filtrazione	438
Selettività del filtro	438
Flussi	439
Velocità di filtrazione glomerulare	439
Tono delle arteriole.....	439
Flusso ematico glomerulare	440
🔍 <i>La velocità di filtrazione glomerulare in singoli nefroni: una scoperta solitaria</i> ..	440
Fattori che modificano la velocità di filtrazione glomerulare	441
Autoregolazione della filtrazione	442
Flusso urinario.....	442
Clearance	443
Clearance dell'inulina	443
Clearance della creatinina	443
🔍 <i>Uso della creatininemia per valutare la velocità di filtrazione glomerulare</i>	444
Clearance di sostanze riassorbibili	444
Clearance di sostanze secrete:	
PAI e flusso plasmatico renale.....	445
🔍 <i>Dialisi</i>	446
🔍 <i>Cinetiche di eliminazione</i>	446
Concetti chiave	448
Lecture consigliate	448
60 Funzioni tubulari	449
<i>R. Fesce, F. Benfenati</i>	
Soluti e volume dei liquidi corporei	449
Trasporto del sodio	450
Pompa sodio/potassio.....	450
Fattori limitanti il trasporto di sodio	451
Sistema renina-angiotensina-aldosterone....	451
Regolazione della natriuresi	452
🔍 <i>Natriuresi e alterazioni del sistema cardiovascolare</i>	453
Trasporti tubulari	453
Trasporti nel tubulo contorto prossimale	453
Trasporti guidati dal sodio	454
🔍 <i>Difetti del riassorbimento di bicarbonato</i> ..	455
Flussi d'acqua e riassorbimenti passivi	455
Riassorbimento paracellulare di cloruro di sodio.....	456
Variazioni della composizione del fluido tubulare	456
🔍 <i>Difetti del riassorbimento di sodio</i>	457
Secrezione di anioni e cationi organici	457
Riassorbimento di peptidi e piccole proteine ..	458
🔍 <i>Alterazioni della funzionalità del tubulo contorto prossimale</i>	458
Trasporti nell'ansa di Henle.....	458

Gradiente termico fra nucleo e involucro	513	☞ <i>Diabete mellito</i>	548
Bilancio termico	514	Glucagone	548
Termogenesi	514	☞ <i>Ipoglicemia acuta</i>	550
Termogenesi con brivido	515	Somatostatina	550
Termogenesi senza brivido	515	Polipeptide pancreatico	551
Termodispersione	515	Interazioni reciproche e complementarietà d'azione degli ormoni pancreatici	552
Irraggiamento	515	Concetti chiave	553
Conduzione	516	Lecture consigliate	554
Convezione	516		
Evaporazione	517		
Flusso ematico cutaneo	517	66 Regolazione della pressione arteriosa e della distribuzione del volume ematico	555
Regolazione nervosa	517	<i>I. Rivolta</i>	
Influenza della temperatura	518	Pressione arteriosa: ruolo	
Meccanismo		di fattori anatomici e fisiologici	555
di scambio termico controcorrente	518	Sistema cardiovascolare in condizioni di arresto del battito cardiaco	555
Sudorazione	519	Sistema cardiovascolare in condizioni di contrazione cardiaca	556
Regolazione nervosa	520	Equilibrio fra afflusso e deflusso di sangue nel sistema arterioso	557
Influenza delle condizioni ambientali	520	Regolazione nervosa della pressione arteriosa	557
Meccanismi centrali della termoregolazione	520	Cenni di anatomia funzionale	558
Meccanismi di risposta al caldo	520	☞ <i>Regolazione della pressione arteriosa nei deficit di pompa</i>	559
☞ <i>Innalzamento</i>		Regolazione omeostatica	
della temperatura corporea	520	della pressione arteriosa	559
☞ <i>Termoregolazione</i>		Componente afferente	559
durante l'esercizio fisico	521	Sede di integrazione	559
Meccanismi di risposta al freddo	522	Componente efferente	559
☞ <i>Abbassamento</i>		Curva di risposta dei barocettori arteriosi	561
della temperatura corporea	523	Regolazione comportamentale	
Risposte comportamentali	523	della pressione arteriosa	562
Regolazione integrata	523	Modulazione del <i>set point</i> del controllo barocettivo	562
Influenze dei recettori periferici	524	Schemi particolari	
☞ <i>Aumento della temperatura corporea: la febbre</i>	525	di regolazione comportamentale	563
Meccanismi locali	525	Regolazione della distribuzione del volume ematico	564
Concetti chiave	526	Mantenimento del precarico	564
Lecture consigliate	526	Controllo della vasomotilità arteriolare	564
		Modulazione meccanica	564
65 Regolazione endocrina del metabolismo di calcio, fosforo e glucosio	527	Modulazione umorale	565
<i>A. Colantuoni</i>		Modulazione nervosa	567
Regolazione del metabolismo del calcio e del fosforo	527	Modulazione metabolica locale	567
Distribuzione e metabolismo del calcio	527	Interazione fra i sistemi	
Distribuzione e metabolismo del fosforo	528	di controllo cardiocircolatorio	568
Regolazione dei livelli ematici		Concetti chiave	568
di calcio e fosforo	528	Lecture consigliate	568
Vitamina D	529		
Paratormone	532	67 Regolazione delle funzioni sessuali e riproduttiva	569
☞ <i>Ipo- e iperparatiroidismo</i>	536	<i>A. Colantuoni</i>	
Calcitonina	537	Ovaio	569
Regolazione integrata del metabolismo		Ormoni ovarici	570
del calcio e del fosforo	538		
Regolazione del metabolismo del glucosio	539		
Ormoni delle isole di Langerhans	539		
Insulina	539		
☞ <i>La scoperta dell'insulina</i>	545		

Biosintesi	570	Stato stazionario	602
Estrogeni	571	Substrati energetici durante esercizio.....	603
Progestinici	572	Tempo di esaurimento	603
Androgeni	573	Fasi transienti e <i>deficit</i> di ossigeno.....	604
🔴 <i>Iperandrogenismo</i>	573	Inizio dell'esercizio e transiente.....	604
Regolazione della funzione ovarica.....	573	Termine dell'esercizio e ristoro.....	605
Fasi dell'attività ovarica.....	573	🔴 <i>La quantificazione dei componenti</i>	
🔴 <i>Amenorrea</i>	574	<i>del debito di ossigeno:</i>	
Meccanismi di <i>feedback</i>	574	<i>il contributo di Rodolfo Margaria</i>	606
Testicolo	576	Massimo consumo di ossigeno	
Ormoni testicolari	576	e massima potenza aerobica.....	606
Biosintesi, trasporto e catabolismo	576	Variazioni interindividuali	
Effetti biologici	577	e determinanti genetici	607
Meccanismo d'azione.....	578	Differenze tra sessi e fasce di età	607
Regolazione della funzione testicolare	578	Meccanismi lattacidi	608
Funzioni sessuali e riproduttiva	579	Esercizio sopramassimale	
Pubertà	579	ed equivalente energetico del lattato.....	608
🔴 <i>Alterazioni puberali</i>	581	🔴 <i>Equivalente energetico</i>	
Funzione sessuale nel maschio	581	<i>del lattato in vivo</i>	609
Funzione sessuale nella femmina	582	Esercizio sottomassimale	610
Gravidanza	582	Squilibrio fra produzione	
Ormoni placentari	583	ed eliminazione di lattato	611
Variazioni ormonali materne		Meccanismi alattacidi	612
durante la gravidanza.....	584	Concetti chiave	614
Parto	584	Lecture consigliate	614
Lattazione e allattamento.....	585		
Menopausa	585	70 Fisiologia dell'esercizio fisico:	
Concetti chiave	587	adattamenti cardiorespiratori	615
Lecture consigliate	587	<i>C. Capelli</i>	
		Trasporto convettivo	
II. Fisiologia degli adattamenti		dell'ossigeno nell'aria inspirata.....	615
		Controllo della ventilazione durante l'esercizio ..	616
68 Fisiologia e biomeccanica della locomozione ...	589	Fasi delle modificazioni ventilatorie.....	617
<i>A.E. Minetti</i>		Flusso di ossigeno attraverso	
Andature naturali	589	la barriera alveolo-capillare	618
Forme di locomozione acquisite.....	590	Trasporto di ossigeno e anidride carbonica	
Fisiologia e biomeccanica delle andature bipedi .	590	da parte del sistema cardiovascolare.....	619
Energetica ed economia della locomozione....	591	Variazioni della gittata cardiaca	619
🔴 <i>Economia della marcia negli anziani</i>	592	Frequenza cardiaca.....	619
Biomeccanica essenziale delle diverse andature.	592	Volume di eiezione ventricolare.....	619
🔴 <i>Pendenza ottimale della marcia</i>		Differenza arterovenosa	
<i>e della corsa</i>	593	della concentrazione di ossigeno.....	620
Paradigmi meccanici.....	594	Variazioni della pressione arteriosa	622
Efficienza o rendimento della locomozione....	595	Controllo della risposta cardiovascolare	
Fenomeni di ottimizzazione	597	all'esercizio	623
Prospettive	597	Adattamenti indotti dall'allenamento	
Appendice Locomozione a gravità differenti....	597	e dall'inattività	624
Concetti chiave	599	Concetti chiave	626
Lecture consigliate	599	Lecture consigliate	626
69 Fisiologia dell'esercizio fisico:		71 Fisiologia dell'esercizio fisico:	
adattamenti metabolici	601	adattamenti muscolari	627
<i>C. Capelli</i>		<i>R. Bottinelli</i>	
Sorgenti energetiche della contrazione	601	Fibre muscolari scheletriche	627
Processi ossidativi	602	Isoforme delle proteine miofibrillari	628

Isoforme della miosina.	628	Energetica delle immersioni profonde in apnea .	654
Tipi cellulari.	629	<i>Diving response</i>	654
Proprietà dei tipi cellulari	630	Massima profondità raggiungibile in apnea	655
Eterogeneità e plasticità muscolare	632	Immersione con autorespiratore	655
Meccanismo qualitativo	632	📖 <i>Haggi Statti e l'ancora</i>	
Meccanismo quantitativo	633	del "Regina Margherita".	656
Architettura muscolare.	633	Effetti della compressione dei gas	657
📖 <i>Eterogeneità funzionale:</i>		Sistema cardiovascolare	658
<i>tipi cellulari diversi o uno spettro</i>		Rapporto ventilazione-perfusione	658
<i>continuo di proprietà?</i>	634	Formazione di bolle	658
Sezione anatomica e sezione fisiologica	634	📖 <i>Malattia da decompressione</i>	659
Forza sviluppata e forza efficace	635	Conclusioni	659
Velocità di accorciamento	636	Concetti chiave	660
Modificazioni strutturali e funzionali		Lecture consigliate	660
del muscolo scheletrico	636	73 Adattamenti all'assenza di gravità	661
Effetti dell'allenamento all'esercizio fisico	636	P. d'Ascanio	
Effetti sul volume muscolare	636	Effetti dell'assenza della forza di gravità	662
Effetti sul metabolismo cellulare	636	Osso e metabolismo minerale	662
Effetti sulla distribuzione dei tipi cellulari ...	637	📖 <i>Gravità e microgravità</i>	663
Effetti della diminuzione dell'attività motoria ..	638	Muscolo	664
Effetti sul volume muscolare	639	Sistema cardiovascolare	665
📖 <i>Sindrome metabolica</i>	639	Sistema polmonare	666
Effetti sulla distribuzione dei tipi cellulari ...	639	Sistema vestibolare	667
Appendice Plasticità muscolare:		📖 <i>Space Motion Sickness</i>	668
adattamenti funzionali		Relazione tra sistemi vestibolare	
delle fibre muscolari indipendenti		e cardiovascolare	669
dal tipo di miosina	640	📖 <i>Navicella Columbia: il primo laboratorio</i>	
Concetti chiave	642	di ricerca biologica nello spazio	670
Lecture consigliate	642	Sistema immunitario	670
72 Adattamento all'altitudine		Sistema neuroendocrino	671
e alle profondità marine	643	Ritmi biologici e ciclo sonno-veglia	671
G. Ferretti		Osservazioni fisiologiche in condizioni	
Adattamento all'altitudine	643	di microgravità: limiti	671
Ipossia e ipossiemia	643	Concetti chiave	672
Ambiente fisico	643	Lecture consigliate	672
Meccanica respiratoria	644	74 Fisiologia dell'invecchiamento	673
Cascata dell'ossigeno	644	A. Cellerino	
Risposta ventilatoria all'ipossia	645	Invecchiamento	673
📖 <i>Glomo carotideo</i>	645	Meccanismi dell'invecchiamento:	
Risposta ventilatoria all'anidride carbonica		livello molecolare	674
ed equilibrio acido-base	646	📖 <i>Teorie evuzionistiche</i>	
Funzione cardiovascolare		e modelli di invecchiamento	675
e risposta ematologica	647	Meccanismi dell'invecchiamento:	
📖 <i>Conseguenze</i>		livello cellulare	676
<i>dell'ipertensione polmonare</i>	648	Meccanismi dell'invecchiamento:	
Massimo consumo d'ossigeno	648	livello sistemico	677
Deterioramento muscolare	649	Sistema immunitario	677
Metabolismo anaerobico	649	Ipotalamo	678
Popolazioni residenti in altitudine	649	Metabolismo ed equilibrio ormonale	678
Adattamento alle immersioni in apnea	650	Meccanismi dell'invecchiamento:	
Ambiente fisico	650	livello della funzione di organi e sistemi	678
Volumi polmonari	651	Cute	679
Gas alveolari al termine di apnee	651	Sistema cardiovascolare	679
📖 <i>Le Ama</i>	653		

Muscolo scheletrico	682	
Sistema respiratorio	683	
Sistema renale	683	
Sistema gastrointestinale	684	
🔴 <i>Malattie neurodegenerative</i>	684	
Sistema nervoso centrale	684	
Organi di senso	687	
Sistema nervoso periferico	688	
Modulazione dell'invecchiamento	688	
Nutrizione	688	
		🔴 <i>Genetica della longevità, studi longitudinali e biomarcatori</i>
		Esercizio fisico
		Modulazioni neuroendocrine
		Piccole molecole
		Conclusioni
		Concetti chiave
		Lettere consigliate
		Indice analitico

Indice del volume 1

1 Il pensiero fisiologico

G. Corbellini, S. Canali

PARTE PRIMA FISIOLOGIA CELLULARE

Sezione I PROPRIETÀ FONDAMENTALI DELLE CELLULE

2 La cellula come sistema biologico integrato

R. Fesce

3 Canali ionici

C. Grassi

4 Potenziale di membrana

C. Grassi

Sezione II PROPRIETÀ FONDAMENTALI DELLE CELLULE NERVOSE

5 Potenziale d'azione: genesi e propagazione

A. Malgaroli

6 Trasmissione sinaptica: generalità, meccanismi e integrazione

E. Cherubini, R. Fesce, F. Benfenati

7 Trasmissione sinaptica: liberazione dei neurotrasmettitori

F. Benfenati, R. Fesce

8 Trasmissione sinaptica: recettori e trasportatori dei neurotrasmettitori

E. Cherubini, F. Conti

9 Plasticità sinaptica

A. Malgaroli

Sezione III PROPRIETÀ FONDAMENTALI DELLE CELLULE MUSCOLARI

10 Contrazione muscolare

B. Colombini, G. Cecchi, M.A. Bagni

PARTE SECONDA FISIOLOGIA DEGLI ORGANI E DEI SISTEMI

11 Omeostasi e sistemi fisiologici di regolazione e controllo

F. Conti

Sezione I SISTEMA NERVOSO

12 Sistema nervoso: componenti e organizzazione

F. Conti

13 Circolazione cerebrale e metabolismo energetico del cervello

G. Zoccoli

14 Organizzazione funzionale della corteccia cerebrale

F. Conti

15 Sonno

G. Tononi, C. Cirelli

16 Fisiologia generale della sensibilità

F. Benedetti

17 Somestesia

F. Benedetti, F. Conti

18 Dolore

F. Benedetti

19 Visione

P.P. Battaglini

20 Udito

M. Pessia

21 Olfatto e gusto

A. Menini, S. Pifferi

22 Organizzazione generale dei sistemi motori

F. Lacquaniti, G. Bosco

23 Midollo spinale: pool motoneuronali e riflessi spinali

G. Luppino, D. Manzoni

- 24 **Vie discendenti motorie**
G. Luppino
- 25 **Controllo della postura e dell'equilibrio**
D. Manzoni
- 26 **Locomozione**
F. Lacquaniti, G. Bosco
- 27 **Sistema vestibolare**
A. d'Avella, I. Indovina
- 28 **Movimenti oculari**
C. Maioli
- 29 **Cervelletto**
F. Tempia
- 30 **Gangli della base**
E. Scarnati
- 31 **Controllo corticale del movimento**
R. Caminiti, A. Battaglia-Mayer, V. Gallese
- 32 **Apprendimento e memoria**
P.G. Montarolo
- 33 **Dominanza emisferica e corpo calloso**
G. Tassinari
- 34 **Fisiologia delle emozioni**
F. Keller
- 35 **Coscienza**
G. Tononi, M. Massimini
- 36 **Linguaggio**
G. Tassinari, G. Buccino
- 37 **Sistema nervoso autonomo**
R. Giuffrida (con la collaborazione di Debora Lo Furno)
- 38 **Interazioni tra sistema nervoso
e sistema immunitario**
N. Belluardo
- Indice analitico**