

ISTOLOGIA

DI MONESI

ISTOLOGIA

DI MONESI

8^a edizione

A. FILIPPINI, F. ALVIANO, N. BERNARDINI, M. BOUCHÉ, P. BRUN, A. CAMAIONI, L. CAMPAGNOLO, F. CAPPELLO, R. CASTRICONI, P. CASTROGIOVANNI, A. CATIZONE, D. COLETTI, M. CORDENONSI, A. D'ALESSIO, M. DE FELICI, M. DE MATTEI, V. DESIDERIO, S. DI AGOSTINO, R. DI PIETRO, F. FAZI, N. GAGLIANO, M. GRANO, F. IACOPINO, R. IMBESI, G. LA ROCCA, M. LAURIOLA, E. MARCENARO, M. MATTIOLI BELMONTE, G. MORI, A. MUSARÒ, C. NERVI, G. NICOLINI, G. PAPACCIO, G. RICCI, A. RICCIOLI, N. RUCCI, A. SALUSTRI, M. SAMPAOLESI, B.M. SCICCHITANO, C. SETTEMBRE, S. SIVORI, V. SOGOS, L. TAMAGNONE, V. TIRINO, E. VICINI, D. VIRGINTINO, M. ZINGARIELLO

PICCIN

Opera coperta dal diritto d'autore - Tutti i diritti sono riservati, inclusi quelli relativi a TDM (text and data mining), al training dell'intelligenza artificiale e/o di tecnologie similari.

Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo, compreso l'uso per TDM, training dell'intelligenza artificiale e/o tecnologie similari, o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'Editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'Editore e dell'Autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

La traduzione del testo all'interno di immagini tratte da fonti terze è a cura degli Autori.

AVVERTENZA

Poiché le scienze mediche sono in continua evoluzione, benché siano stati compiuti tutti gli sforzi necessari per pubblicare dati e informazioni affidabili, l'Editore non si assume alcuna responsabilità legale per eventuali errori od omissioni contenuti in questo volume. Né l'Editore né gli Autori o Collaboratori possono ritenersi responsabili per qualsiasi conseguenza e/o per qualsiasi lesione o danno a persone, animali o cose derivanti dall'applicazione delle informazioni contenute in quest'opera. L'Editore desidera precisare che qualsiasi opinione espressa in questo libro dai singoli Autori o Collaboratori è personale e non riflette necessariamente il punto di vista/l'opinione dell'Editore.

1ª EDIZIONE © 1975 ad opera di V. Monesi

2ª EDIZIONE © 1980 ad opera di V. Monesi

3ª EDIZIONE © 1988 a cura di M. Molinaro, C. Rizzoli, G. Siracusa, M. Stefanini

4ª EDIZIONE © 1992 a cura di M. Molinaro, C. Rizzoli, G. Siracusa, M. Stefanini

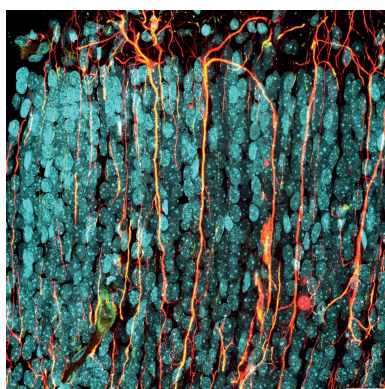
5ª EDIZIONE © 2002 a cura di S. Adamo, P. Carinci, M. Molinaro, G. Siracusa, M. Stefanini, E. Ziparo

6ª EDIZIONE © 2012 a cura di S. Adamo, P. Comoglio, A. Dolfi, M. Molinaro, G. Papaccio, G. Siracusa, M. Stefanini, E. Ziparo

7ª EDIZIONE © 2018 a cura di S. Adamo, M. De Felici, A. Dolfi, A. Filippini, M. Grano, A. Musarò, C. Nervi, G. Papaccio, A. Salustri, E. Ziparo, N. Bernardini, C. Boitani, L. Bonsi, M. Bouché, P. Brun, R. Canipari, R. Castriconi, P. Castrogiovanni, C. Ciccarelli, P. De Cesaris, M. De Mattei, V. Desiderio, S. Dupont, F. Fazi, N. Gagliano, R. Imbesi, E. Marcenaro, A. Riccioli, S. Sivori, V. Tirino, E. Vicini, D. Virgintino

In copertina:

Immagine in microscopia laser confocale di telencefalo di uomo nel corso dello sviluppo fetale. Colorazione in immunofluorescenza della GFAP (glial fibrillary acidic protein), in rosso, e della chemochina SDF1 (stromal cell derived factor-1), in verde. Colorazione nucleare di contrasto con Sytox® Green, in ciano. 630x. Il marker della astroglia, GFAP, evidenzia astrociti corticali il cui lungo processo radiale appare intercalato tra le file di neuroblasti (nuclei colorati in ciano) della futura corteccia cerebrale. Gli astrociti coesprimono l'SDF1, come dimostrato dalla colorazione in giallo. L'SDF1 agisce da fattore chemiotattico nella migrazione di neuroblasti ed angioblasti nel corso della neuroistogenesi e dell'angiogenesi corticale (Virgintino et al. 2013. *The CXCL12/CXCR4/CXCR7 ligand-receptor system regulates neuro-glio-vascular interactions and vessel growth during human brain development*. *J Inherit Metab Dis.* 36:455-466). Nella corteccia cerebrale di uomo adulto è stata descritta una sottoclasse di astrociti protoplasmatici "interlaminari", non presenti nei roditori, caratterizzati da un lungo processo che, come osservato durante lo sviluppo, attraversa radialmente le diverse lamine della corteccia (in questo volume). (Per gentile concessione di Daniela Virgintino, Gruppo di Studio della Barriera Emato-Encefalica, Dipartimento di Biomedicina Traslazionale e Neuroscienze, DiBraiN, Scuola di Medicina, Università degli Studi di Bari "Aldo Moro")



ISBN 978-88-299-3584-0

Copyright © 2026 by Piccin Nuova Libreria S.p.A., Padova

www.piccin.it

Autori

Antonio Filippini

Sezione di Istologia ed Embriologia Medica
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche,
Medico Legali e dell'Apparato Locomotore (SAIMLAL)
Sapienza Università di Roma

Francesco Alviano

Dipartimento di Scienze Biomediche e Neuromotorie
Sede Operativa di Anatomia Umana e Istologia
Centro di Anatomia Clinica Chirurgica Sperimentale e
Molecolare
Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Nunzia Bernardini

Sezione di Istologia ed Embriologia Umana
Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale
Università di Pisa

Marina Bouché

Sezione di Istologia ed Embriologia Medica
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche,
Medico Legali e dell'Apparato Locomotore (SAIMLAL)
Sapienza Università di Roma

Paola Brun

Sezione di Istologia ed Embriologia Umana
Dipartimento di Medicina Molecolare
Scuola di Medicina
Università degli Studi di Padova

Antonella Camaioni

Sezione di Istologia ed Embriologia Umana
Dipartimento di Biomedicina e Prevenzione
Facoltà di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”

Luisa Campagnolo

Sezione di Istologia ed Embriologia Umana
Dipartimento di Biomedicina e Prevenzione
Facoltà di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”

Francesco Cappello

Istituto di Anatomia Umana e Istologia
Dipartimento di Biomedicina, Neuroscienze e
Diagnostica avanzata
Università degli Studi di Palermo

Roberta Castriconi

Sezione di Istologia
Dipartimento di Medicina Sperimentale
Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche
Università degli Studi di Genova
IRCCS Istituto Giannina Gaslini, Genova

Paola Castrogiovanni

Sezione di Anatomia, Istologia e Scienze del Movimento
Dipartimento di Scienze Biomediche e Biotecnologiche
Università degli Studi di Catania

Angiolina Catizone

Sezione di Istologia ed Embriologia Medica
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche,
Medico Legali e dell'Apparato Locomotore (SAIMLAL)
Sapienza Università di Roma

Dario Coletti

Sezione di Istologia ed Embriologia Medica
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche,
Medico Legali e dell'Apparato Locomotore (SAIMLAL)
Sapienza Università di Roma

Michelangelo Cordenonsi

Dipartimento di Medicina Molecolare
Università degli Studi di Padova

Alessio D'Alessio

Sezione di Istologia ed Embriologia
Dipartimento di Scienze della Vita e Sanità Pubblica
Facoltà di Medicina e Chirurgia “A. Gemelli”
Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Massimo De Felici

Sezione di Istologia ed Embriologia Umana
Dipartimento di Biomedicina e Prevenzione
Facoltà di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi di Roma “Tor Vergata”

Monica De Mattei

Sezione di Medicina sperimentale
Dipartimento di Scienze Mediche
Università degli Studi di Ferrara

Vincenzo Desiderio

Sezione di Biotecnologie, Istologia Medica e Biologia
Molecolare
Dipartimento di Medicina Sperimentale
Università degli Studi della Campania “Luigi Vanvitelli”

Silvia Di Agostino

Dipartimento di Scienze della Salute
Università degli Studi Magna Græcia di Catanzaro

Roberta Di Pietro

Sezione di Biomorfologia
Dipartimento di Medicina e Scienze dell'Invecchiamento
Scuola di Medicina e Scienze della Salute
Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti-Pescara

Francesco Fazi

Sezione di Istologia ed Embriologia Medica
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche,
Medico Legali e dell'Apparato Locomotore (SAIMLAL)
e Dipartimento interdisciplinare di Benessere, Salute e
Sostenibilità Ambientale (BeSSA) – Polo di Rieti
Sapienza Università di Roma

Nicoletta Gagliano

Dipartimento di Scienze Biomediche per la Salute
Università degli Studi di Milano

Maria Grano

Sezione di Anatomia Umana e Istologia "Rodolfo
Amprino"
Dipartimento di Medicina di Precisione e Rigenerativa e
Area Jonica (DiMePRE-J)
Scuola di Medicina
Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"

Fortunata Iacopino

Sezione di Istologia ed Embriologia
Dipartimento di Scienze della Vita e Sanità Pubblica
Facoltà di Medicina e Chirurgia "A. Gemelli"
Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Rosa Imbesi

Sezione di Anatomia, Istologia e Scienze del Movimento
Dipartimento di Scienze Biomediche e Biotecnologiche
Università degli Studi di Catania

Giampiero La Rocca

Istituto di Anatomia Umana e Istologia
Dipartimento di Biomedicina, Neuroscienze e
Diagnostica avanzata
Università degli Studi di Palermo

Mattia Lauriola

Unità di Istologia, Embriologia e Biologia Applicata
Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche
(DIMEC)
Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Emanuela Marcenaro

Sezione di Istologia
Dipartimento di Medicina Sperimentale
Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche
Università degli Studi di Genova
IRCCS Azienda Ospedaliera Metropolitana, Genova

Monica Mattioli Belmonte

Dipartimento di Scienze Cliniche e Molecolari
(DISCLIMO)
Facoltà di Medicina
Università Politecnica delle Marche, Ancona

Giorgio Mori

Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale
Università di Foggia

Antonio Musarò

Sezione di Istologia ed Embriologia Medica
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche,
Medico Legali e dell'Apparato Locomotore (SAIMLAL)
Sapienza Università di Roma

Clara Nervi

Dipartimento di Scienze e Biotecnologie Medico-
Chirurgiche
Sapienza Università di Roma

Gabriella Nicolini

Dipartimento di Medicina e Chirurgia
Università degli Studi di Milano-Bicocca

Gianpaolo Papaccio

Sezione di Biotecnologie, Istologia Medica e Biologia
Molecolare
Dipartimento di Medicina Sperimentale
Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"

Giulia Ricci

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

Anna Riccioli

Sezione di Istologia ed Embriologia Medica
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche,
Medico Legali e dell'Apparato Locomotore (SAIMLAL)
Sapienza Università di Roma

Nadia Rucci

Dipartimento di Scienze Cliniche Applicate e
Biotecnologiche (DISCAB)
Università degli Studi dell'Aquila

Antonietta Salustri

Dipartimento di Scienze Mediche
Facoltà di Medicina e Chirurgia
Università Nostra Signora del Buon Consiglio di Tirana

Maurilio Sampaolesi

Sezione di Istologia ed Embriologia Medica
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche,
Medico Legali e dell'Apparato Locomotore (SAIMLAL)
Sapienza Università di Roma

Bianca Maria Scicchitano

Sezione di Istologia ed Embriologia
Dipartimento di Scienze della Vita e Sanità Pubblica
Facoltà di Medicina e Chirurgia "A. Gemelli"
Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Carmine Settembre

Dipartimento di Medicina Clinica e Chirurgia
Università degli Studi di Napoli Federico II
Telethon Institute of Genetics and Medicine (TIGEM)

Simona Sivori

Sezione di Istologia
Dipartimento di Medicina Sperimentale
Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche
Università degli Studi di Genova
IRCCS Azienda Ospedaliera Metropolitana, Genova

Valeria Sogos

Dipartimento di Scienze Biomediche
Università degli Studi di Cagliari

Luca Tamagnone

Sezione di Istologia ed Embriologia
Dipartimento di Scienze della Vita e Sanità Pubblica
Facoltà di Medicina e Chirurgia "A. Gemelli"
Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Virginia Tirino

Sezione di Biotecnologie, Istologia Medica e Biologia
Molecolare
Dipartimento di Medicina Sperimentale
Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"

Elena Vicini

Sezione di Istologia ed Embriologia Medica
Dipartimento di Scienze Anatomiche, Istologiche,
Medico Legali e dell'Apparato Locomotore (SAIMLAL)
Sapienza Università di Roma

Daniela Virgintino

Sezione di Anatomia Umana e Istologia "Rodolfo
Amprino"
Dipartimento di Biomedicina Traslazionale e
Neuroscienze (DiBraiN)
Scuola di Medicina
Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"

Maria Zingariello

Sezione di Istologia
Unità di Anatomia Microscopica ed Ultrastrutturale
Facoltà Dipartimentale di Medicina e Chirurgia
Università Campus Bio-Medico di Roma

Prefazione all'ottava edizione

*Doctrinae studium vitam producit et auget
immortalis eris si sapias iuvenis*

Alla sua prima edizione nel 1975, il *Monesi* rappresentò un'assoluta e prestigiosa novità nel panorama editoriale universitario italiano. *L'Istologia ed Embriologia Umana* infatti era stata da poco introdotta nell'ordinamento del Corso di Laurea in Medicina e Chirurgia come disciplina autonoma obbligatoria ed il Prof. Valerio Monesi, rientrato in Italia dopo una brillante attività di ricerca negli USA e successivamente presso i laboratori del Centro di Ricerche Casaccia dell'ENEA, fu chiamato a ricoprire l'incarico di Professore Ordinario di Istologia ed Embriologia presso la Facoltà di Medicina e Chirurgia dell'Università *La Sapienza* di Roma.

Si circondò rapidamente di giovani ricercatori, anch'essi reduci da esperienze di ricerca biomedica in centri internazionali di alto livello ed avviò un processo di innovazione scientifica della disciplina, basato sull'aggiornamento dei contenuti di tipo morfologico, strutturale e ultrastrutturale e sugli aspetti molecolari alla base dell'organizzazione funzionale di specifici tessuti e organi.

L'Editore Dott. Massimo Piccin comprese immediatamente la rilevanza strategica dell'iniziativa accademica e propose al Prof. Monesi di realizzare un innovativo testo di Istologia rivolto agli studenti di Medicina e Chirurgia e di Scienze Biologiche e Naturali. L'iniziativa ebbe un immediato successo su scala nazionale e rappresentò il primo testo italiano di Istologia, impostato graficamente e strutturalmente sugli standard internazionali e ricco di informazioni aggiornate. Da allora, molte migliaia di futuri Medici e Biologi hanno appreso sul "*Monesi*" le basi dell'organizzazione molecolare, cellulare e tissutale dell'organismo umano.

La presente nuova 8^a edizione rappresenta un ennesimo salto qualitativo nell'insegnamento e nello studio dell'Istologia. Questa nuova edizione del testo di Istologia, pur mantenendo i fondamenti della precedente edizione, nasce dall'esigenza di aggiornarne profondamente i contenuti con le nuove conoscenze prodotte dal progresso medico-scientifico. A questo

fine il testo di tutti i Capitoli è stato completamente revisionato, aggiornato e arricchito nei contenuti, come nell'iconografia. Ogni capitolo dell'opera è corredato, inoltre, da una serie di Correlazioni cliniche che sottolineano il rapporto esistente tra la struttura e la funzione del tessuto nel contesto di specifiche patologie con un invito a riflettere sulla fondamentale rilevanza di comprendere la Medicina nell'ottica della Citologia e dell'Istologia.

In particolare, questa nuova edizione si potenzia con i seguenti miglioramenti:

- Completamento dell'opera con i Capitoli 25 e 26 interamente nuovi rispettivamente sul sistema riproduttivo maschile e sul sistema riproduttivo femminile e organi correlati, con una precipua trattazione dell'organizzazione istologica morfo-funzionale delle gonadi e delle vie genitali.
- Schemi sinottici alla fine di ogni capitolo.
- Aggiornamento dei contenuti di biologia molecolare e cellulare.
- Sono stati aggiunte molte nuove figure e schemi.

Il nuovo testo si arricchisce dell'ulteriore partecipazione di numerosi eminenti docenti in servizio presso prestigiose sedi universitarie nazionali, che hanno aderito con entusiasmo a questa ottava edizione, confermando il *Monesi* come il testo di studio di riferimento per l'Istologia e in grado di fornire innovativi e omogenei contenuti didattici per l'insegnamento e lo studio della disciplina. Nella realizzazione dei vari capitoli, gli Autori si sono impegnati a trasmettere la loro esperienza di ricerca e di didattica trattando le tematiche istologiche classiche non disgiunte dalle acquisizioni più innovative. La presente edizione del *Monesi* fornisce così aggiornamenti e proiezioni in nuovi campi quali l'ingegneria tissutale e la medicina rigenerativa, di grande rilevanza per la formazione dei futuri professionisti in ambito sanitario e nella ricerca biomedica. L'innovativa impostazione grafica, la ricca bibliografia e la ricchezza d'immagini e di schemi facilitano inoltre la comprensione del testo e ne rendono agile la consultazione.

Nel complesso, queste caratteristiche ci portano pertanto a ritenere che la nuova ottava edizione di *Istologia di Monesi* si consolidi come uno strumento cognitivo irrinunciabile per la formazione di altre future generazioni di Medici Chirurghi, Odontoiatri, Farmacisti, Biologi e Biotecnologi. Il *Monesi* è un libro di testo universitario con una guida ai concetti chiave delle cellule e dei tessuti di tutti gli organi del corpo, rappresentando le fondamenta su cui costru-

ire il proprio percorso accademico e le proprie competenze professionali.

Ringraziamo infine l'Editore Piccin per la fiducia dimostrata nell'affidarci la progettazione e il coordinamento (affidato al Prof. Antonio Filippini) di questo nuovo esaustivo trattato di Istologia nonché tutto lo staff editoriale per avere curato con passione, scrupolo, entusiasmo e grande qualità la stampa della presente edizione.

Gli Autori

Prefazione alla prima edizione

Questo libro nasce dalla necessità di offrire agli Studenti di Medicina e di Scienze biologiche e Scienze naturali una sintesi aggiornata degli aspetti più importanti della Citologia e dell'Istologia. Sebbene sia fondamentalmente destinato agli Studenti dei primi anni di Medicina e di Scienze biologiche e Scienze naturali per lo studio dell'Istologia e per la preparazione all'esame universitario, questo Trattato può essere utile anche agli Studenti degli anni più avanzati del corso di laurea come base per affrontare lo studio di altre discipline.

La cellula è l'unità fondamentale degli organismi e deve quindi essere considerata come la base di tutti i fenomeni biologici e patologici. Le Scienze biologiche e mediche sono state caratterizzate negli ultimi venti anni da un progresso straordinario della Biologia cellulare e dell'Istologia generale, grazie all'introduzione di nuove tecniche, quali la coltura dei tessuti, l'istochimica, l'autoradiografia, la microscopia elettronica, ed allo sviluppo di nuovi campi di studio come la citologia molecolare, l'immunologia, la citogenetica, l'endocrinologia cellulare. Tutte queste discipline si integrano tra loro in una visione coordinata della vita della cellula. La citologia e l'istologia, che erano tradizionalmente discipline morfologiche, non possono quindi prescindere dall'indagine di diversi livelli di organizzazione correlati tra loro ed interdipendenti e dall'applicazione di metodi di studio pertinenti a ciascuna disciplina.

L'Istologia che era nel passato essenzialmente una materia di studio introduttiva all'Anatomia è diventata, grazie agli sviluppi moderni, una disciplina di base ed il fondamento di numerose altre discipline biologiche e mediche.

Questo libro è suddiviso in tre parti. La prima parte tratta succintamente dell'organizzazione generale del protoplasma, della composizione chimica delle cellule e dei tessuti e dei metodi di studio in citologia ed istologia. In essa sono esposti soltanto i concetti generali indispensabili per la comprensione dell'organizzazione della cellula e dei tessuti; per una trattazione più completa lo studente dovrà consultare i testi specializzati. La seconda parte è ri-

volta allo studio della organizzazione generale delle cellule superiori. La descrizione della struttura e dell'ultrastruttura della cellula e dei suoi organuli è presentata criticamente alla luce delle recenti conoscenze di biologia cellulare, di citochimica, di citologia molecolare e di citogenetica che, come si è detto, sono parte integrante della citologia moderna. La terza parte, è dedicata allo studio dei tessuti. Vi sono esposte e discusse le proprietà strutturali e funzionali di cellule differenziate e sono descritte le modalità di associazione delle cellule nei diversi tessuti.

I vari capitoli sono corredati di una vasta bibliografia che può essere utile allo studente che voglia approfondire argomenti particolari o allo studioso come guida per uno studio specializzato. La descrizione delle strutture e delle ultrastrutture della cellula e dei tessuti è integrata da una ricca iconografia che si spera possa facilitare la comprensione dei vari argomenti trattati.

Desidero esprimere la mia profonda gratitudine ed i miei ringraziamenti a tutti coloro, Amici e Colleghi, che mi hanno aiutato ed incoraggiato nella preparazione di questo testo.

I suggerimenti dei Proff. Carlo Baroni, Ermano Bonucci, Vittorio Marinozzi, Mario Molinaro, Gregorio Siracusa e Mario Stefanini mi sono stati particolarmente utili nella preparazione di alcuni capitoli. Ad essi ed ai Sigg. Alvaro Agrestini e Marcello Coletta va il mio ringraziamento per l'allestimento di una parte del materiale iconografico. Una particolare espressione di viva gratitudine per la sua preziosa collaborazione è rivolta alla Dott.ssa Angela D'Agostino che con infaticabile impegno ha contribuito alla realizzazione di questo Trattato; alla sua competente collaborazione debbo la ricerca di risultati recenti nella letteratura scientifica corrente nonché molti utili consigli sui vari argomenti trattati nel libro e sulla selezione critica del materiale iconografico; a lei debbo inoltre l'intera compilazione dell'indice analitico e la correzione delle bozze di stampa. Desidero inoltre ringraziare la Sig.ra Anita Ponzi per aver dattiloscritto parte del testo e per la preziosa assistenza nella raccolta del materiale

iconografico e nella sistemazione delle indicazioni bibliografiche, la Sig.na Ignazia Weigert e la Sig.ra Maria Pia Cristante che hanno con competenza e abilità eseguito i disegni riprodotti nel testo.

Debbo infine ringraziare i numerosi Colleghi italiani e stranieri che mi hanno cortesemente con-

sentito di riprodurre le figure di alcune loro pubblicazioni mettendomi a disposizione il materiale iconografico originale. Sono inoltre grato all'Editore Piccin per l'impegno e la cura con cui è stato preparato questo Trattato.

Roma, Ottobre 1975

VALERIO MONESI

Indice generale

Capitolo 1

Metodologie e approcci sperimentali per lo studio di cellule e tessuti

D. Coletti, A. Filippini, L. Tamagnone, F. Iacopino, F. Cappello, M. Cordenonsi

La cellula è l'unità morfologica e fisiologica	
di base degli organismi viventi	2
La cellula rappresenta l'unità fondamentale degli organismi	2
Le cellule hanno forme e dimensioni disparate	4
Le cellule e i tessuti si possono mantenere in vita fuori dell'organismo di origine	6
Le cellule si possono coltivare in vitro	6
Problemi da affrontare per allestire una coltura in vitro	6
Allestimento della coltura in vitro	8
Colture tridimensionali	10
Gli organoidi rappresentano un modello funzionale di organo in vitro	12
Cellule, tessuti ed animali geneticamente modificati consentono studi funzionali dei geni e del destino differenziativo delle cellule	14
Manipolazione genetica mediante trasfezione, trasduzione virale o elettroporazione	14
La generazione di animali transgenici per geni reporter consente lo studio di attività geniche e del destino differenziativo delle cellule	19
L'allestimento del preparato istologico rende possibile l'osservazione dei tessuti al microscopio	21
Lo studio morfologico dei tessuti	21
Raccolta di un tessuto	21
Trasformazione del campione: fissazione, inclusione, sezionamento	22
Colorazione delle sezioni istologiche: come rendere visibili cellule trasparenti	23
Metodi istochimici di colorazione: evidenziare un particolare tipo di molecola	25
Gli artefatti e le altre difficoltà nell'interpretazione di sezioni istologiche	31
L'istologia si basa su un approccio morfologico, ma anche molecolare	34
Tecniche di localizzazione molecolare: immunolocalizzazione	34
Tecniche di localizzazione molecolare: ibridazione in situ	37
Le tecniche FRET e PLA evidenziano rapporti funzionali tra molecole	40
Visualizzazione e misurazione di concentrazioni ioniche intracellulari	42
La citometria a flusso o citofluorimetria permette l'analisi di milioni di cellule	42
L'istologia come omica: analisi molecolare a singola cellula	44

L'istologia come omica: analisi trascrittomica e proteomica su sezioni	46
Gli strumenti per l'analisi microscopica e ultrastrutturale di cellule e tessuti	48
Caratteri generali della microscopia	48
La microscopia ottica consente l'osservazione globale di una popolazione di cellule	49
Sistemi ottici speciali aumentano il contrasto ed evidenziano regolarità di struttura: contrasto di fase, campo oscuro, luce polarizzata	50
La microscopia a fluorescenza è versatile e ideale per un'analisi molecolare	52
La microscopia confocale consente immagini nette e ricostruzioni 3D	53
La microscopia elettronica mostra dettagli subcellulari con alta risoluzione	56
La microscopia a forza atomica consente lo studio di campioni biologici nel loro stato nativo e su scala molecolare	58
La microscopia di Brillouin è informativa in studi di biomeccanica	59
Tomografia e microscopia correlativa	60
L'integrazione dell'istologia con altre discipline	60
Breve inquadramento storico e culturale	60
L'integrazione con l'Embriologia medica	64
Integrazione con altre discipline di base	64
Integrazione con discipline sanitarie	67
Conclusioni	67
Schema sinottico	68
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	68

Capitolo 2

Struttura della cellula: membrana plasmatica e matrice pericellulare	71
<i>M. Grano, D. Virgintino, V. Sogos, M. Sampaolesi, E. Vicini, G. Mori</i>	
Generalità	71
La membrana plasmatica	72
Struttura della membrana plasmatica	72
Le molteplici funzioni dei lipidi di membrana	72
Le glicoproteine di membrana possono svolgere funzione recettoriale	76
Le membrane della cellula hanno differente composizione	77
La membrana appare costituita da tre strati se osservata al microscopio elettronico	77
Trasporto di membrana	79
Il trasporto passivo	79

Il trasporto attivo 81
 Trasporto mediante endocitosi ed esocitosi 82
 Endocitosi 82
 Esocitosi 84
Correlazioni cliniche 84
 Difetti genetici nel recettore per le LDL (lipoproteine a bassa densità) 84
La matrice pericellulare o glicocalice 84
 Matrice pericellulare 84
 Alterazioni del glicocalice e malattie cardiovascolari 85
Schema sinottico 86
Bibliografia, letture consigliate e sitografia 86

Capitolo 3

Struttura della cellula: nucleo e ciclo cellulare

F. Fazi, C. Nervi, M. Cordenonsi

Generalità sul nucleo 87
Struttura del nucleo interfascio 89
 Morfologia del nucleo interfascio 89
 L'involucro nucleare 89
 La lamina nucleare 90
 I pori nucleari 91
 L'importanza dell'integrità dell'involucro nucleare 93
 Il nucleolo 93
 I granuli intercromatinici 94
 Il corpo di Cajal 94
 La matrice nucleare 95
Correlazioni cliniche 96
 Le mutazioni nel gene delle lamine nucleari 96
Organizzazione del genoma eucariotico 96
 I cromosomi 96
 La cromatina 96
 Eterocromatina inattiva e con duplicazione tardiva del DNA: il caso del cromosoma X 97
 Eterocromatina come mezzo del mantenimento dell'integrità genomica: DNA satellite, centromeri, telomeri ed elementi trasponibili 99
 Il rimodellamento della cromatina 100
Correlazioni cliniche 101
 Il cariotipo e altre metodiche "genome-wide" 101
La regolazione dell'espressione genica 103
 La regolazione trascrizionale 103
 I fattori generali della trascrizione 103
 I fattori di trascrizione 104
 Struttura cromatinica e trascrizione 105
 Lo splicing e le altre modificazioni degli mRNA eucariotici 106
 Le modifiche epitrascrittomiche dell'RNA 107
Correlazioni cliniche 108
 Regolazione trascrizionale dell'ematopoiesi: le leucemie acute mieloidi 108
RNA non-codificanti proteine e loro ruolo nella regolazione dell'espressione genica 110
La divisione cellulare 113
 Le fasi della vita di una cellula: il ciclo cellulare 114
 Variazioni del contenuto di DNA durante il ciclo cellulare 115
La mitosi 116
 Le fasi della mitosi 116
 Il fuso mitotico 118

La distribuzione del materiale non genetico tra le cellule figlie può essere regolata 120
Il controllo del ciclo cellulare 120
 I checkpoint del ciclo cellulare 120
 I complessi ciclina/CDK 122
Le cellule germinali o della linea germinale: la meiosi 124
Correlazioni cliniche 125
 Oncogeni e oncosoppressori 125
 La senescenza cellulare: invecchiamento e cancro 127
Schema sinottico 129
Bibliografia, letture consigliate e sitografia 130

Capitolo 4

Reticolo endoplasmatico, apparato di Golgi, traffico vescicolare e lisosomi

131

M. De Felici, M. Bouché, A. Salustri, A. Camaioni, L. Campagnolo, C. Settembre, A. Riccioli

Introduzione 131
Reticolo endoplasmatico liscio 132
 Identificazione e struttura del REL 132
 Funzioni del REL 134
Reticolo endoplasmatico granulare 137
 Identificazione e struttura del REG 137
 Funzioni del REG 139
Correlazioni cliniche 147
 Patologie associate a difetti del RE 147
Struttura e funzione dei ribosomi 148
Apparato di Golgi 152
 Struttura e organizzazione 152
 Funzioni 155
Modelli di movimento delle molecole attraverso l'apparato di Golgi 157
Correlazioni cliniche 159
 Difetti congeniti della glicosilazione 159
Traffico vescicolare 159
 Origine delle vescicole di trasporto 159
 Endocitosi 160
 Formazione di vescicole da membrane endocellulari 164
Lisosomi 167
 Le idrolasi acide 167
 Proteine della membrana lisosomiale 168
 Formazione dei lisosomi 170
 Lo studio del traffico vescicolare 173
Correlazioni cliniche 174
 Il recettore LDL 174
 Curare lisosomi malati 174
Autofagia: la cellula che mangia sé stessa 176
Nuovi tipi di vescicole: microvescicole ed esosomi 177
Schema sinottico 178
Bibliografia, letture consigliate e sitografia 179

Capitolo 5

Bioenergetica e metabolismo: mitocondri e perossisomi

181

A. Filippini, F. Alviano

Generalità 181
Organizzazione strutturale e funzione dei mitocondri 183
Trasferimento intercellulare di mitocondri 184
Fissione e fusione dei mitocondri 185

Fusione mitocondriale	185	Giunzioni occludenti	234
Fissione mitocondriale	186	Zonule occludenti	234
Rimodellamento delle creste	187	Struttura molecolare	235
L'ATP costituisce la più importante fonte di energia per la cellula e viene principalmente prodotto nei mitocondri	188	Funzioni	237
Produzione di ATP in assenza di ossigeno:		Fasce occludenti	237
la glicolisi anaerobia	189	Alcuni tipi di barriere vascolari	238
Produzione di ATP in presenza di ossigeno:		Correlazioni cliniche per le giunzioni occludenti	239
la respirazione cellulare	190	Apparato gastro-enterico	239
La teoria chemiosmotica	193	Apparato respiratorio	239
I mitocondri sono coinvolti anche nel metabolismo dei lipidi e degli steroidi	193	Cute	239
Il sistema genetico dei mitocondri	194	Rene	239
Eredità mitocondriale	195	Vasi sanguigni	240
La teoria endosimbiontica sull'origine dei mitocondri	196	Tumori	240
Import di proteine e assemblaggio mitocondriale	196	Giunzioni ancoranti	240
Correlazioni cliniche	197	Struttura generale	240
Malattie mitocondriali	197	Giunzioni ancoranti cellula-cellula	241
Generalità e struttura dei perossisomi	197	Zonule aderenti e struttura molecolare	241
Funzione dei perossisomi	199	Desmosomi	242
Biogenesi dei perossisomi	199	Zonule aderenti e desmosomi presentano differenze morfologiche e funzionali	245
Correlazioni cliniche	202	Complesso di giunzione	245
Patologie associate ai perossisomi	202	Giunzioni ancoranti cellula-matrice	245
Schema sinottico	202	Emidesmosomi	245
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	203	Adesioni focali	246
		Adesione non giunzionale	248
		Correlazioni cliniche per le giunzioni ancoranti	249
		Alterazioni dei desmosomi sono responsabili di diverse condizioni patologiche	249
Capitolo 6		Giunzioni comunicanti	250
Citoscheletro	205	Struttura della giunzione	251
<i>A. Riccioli, A. Filippini, G. Nicolini</i>		Funzioni delle giunzioni comunicanti	253
Generalità	205	Correlazioni cliniche per le giunzioni comunicanti	253
Microfilamenti	206	Giunzioni comunicanti e tumori cerebrali	253
Struttura e assemblaggio	207	Transizione epitelio-mesenchimale	254
Proteine associate all'actina e organizzazione dei microfilamenti	208	Schema sinottico	256
Microfilamenti, cortex cellulare e matrice extracellulare	210	Bibliografia, letture consigliate e sitografia	256
Microvilli	211		
Microfilamenti e movimento cellulare	212	Capitolo 8	
Microfilamenti e movimenti intracellulari	215	Generalità e classificazione dei tessuti	259
Microfilamenti e differenziamento cellulare	215	<i>G. Papaccio, V. Tirino</i>	
Microtubuli	216	Premessa	259
Struttura, assemblaggio e instabilità dinamica	216	Dalla classificazione morfologica allo studio funzionale e "clinically oriented"	259
Proteine associate ai microtubuli	218	L'istologia è essenziale per comprendere la patologia	261
Ciglia e flagelli	220	I tessuti formano organi e sistemi	261
Ciglio primario	222	Caratteristiche istologiche e funzionali dei tessuti	261
Centrioli e corpi basali	223	Come si riconoscono i vari tessuti nei preparati istologici	261
Filamenti intermedi	223	Schema sinottico	264
Eterogeneità delle proteine dei filamenti intermedi	225	Bibliografia, letture consigliate e sitografia	264
Struttura e assemblaggio	227		
Correlazioni cliniche	229	Capitolo 9	
Sostanze che interferiscono con il citoscheletro	229	Istogenesi, differenziamento e omeostasi tissutale	265
Patologie associate ai costituenti del citoscheletro	229	<i>A. Musarò, M. Cordenonsi, N. Bernardini, F. Alviano, G. La Rocca, L. Tamagnone, F. Iacopino</i>	
Schema sinottico	231	Il differenziamento cellulare	265
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	231	La formazione dei tessuti è basata su processi di differenziamento cellulare	265
		Meccanismi del differenziamento cellulare	267
		Le fasi del differenziamento cellulare	267
Capitolo 7			
Giunzioni cellulari	233		
<i>N. Gagliano, N. Bernardini, M. Cordenonsi</i>			
Generalità	233		
Classificazione dei dispositivi di giunzione	234		

Segnali e fattori del differenziamento cellulare..... 269
 La regolazione del differenziamento cellulare 269
 I segnali cellulari raggiungono le cellule bersaglio attraverso numerose vie 269
Dinamicità dei tessuti..... 270
 I tessuti sono strutture dinamiche 270
Morte cellulare e differenziamento cellulare..... 270
 Il rinnovamento dei tessuti implica la morte continua di alcune cellule 270
Il rinnovamento dei tessuti 273
 I tessuti si possono rinnovare con modalità diverse 273
Cellule staminali..... 274
 Origine del concetto e definizione 274
 Cellule staminali e differenziamento cellulare 275
 Significato di determinazione o commitment e di plasticità differenziativa 276
 Cellule staminali tra proliferazione e quiescenza 277
Meccanismi di mantenimento dell'equilibrio tra autorinnovamento e differenziamento 278
 Le cellule staminali possono dividersi per mitosi simmetrica o asimmetrica 278
Rigenerazione in seguito a danno e cellule staminali di riserva..... 280
Il concetto di nicchia delle cellule staminali 281
 Ruolo del microambiente nell'attività delle cellule staminali 281
Meccanismi di controllo della dimensione di tessuti e organi..... 283
 La crescita degli organi e dei tessuti è un processo finemente controllato 283
Cellule staminali e cancro 283
 Cellule staminali possono subire mutazioni e contribuire all'insorgenza e crescita tumorale 283
Cellule staminali derivate dai tessuti perinatali..... 285
Cellule staminali pluripotenti indotte..... 287
Il futuro della medicina rigenerativa: stampare organi e tessuti utilizzando come inchiostro cellule staminali..... 288
Schema sinottico..... 290
Bibliografia, letture consigliate e sitografia..... 290

Capitolo 10

Epiteli di rivestimento 293
G. Papaccio, V. Tirino, A. Riccioli, E. Vicini, S. Di Agostino, V. Sogos
Generalità sui tessuti epiteliali..... 293
Generalità sugli epiteli di rivestimento 293
Classificazione e tipologia degli epiteli di rivestimento 296
Epiteli monostratificati o semplici..... 299
 Epitelio pavimentoso semplice 299
 Vasi sanguigni, endotelio e capillari 300
 Eterogeneità del fenotipo delle cellule endoteliali 303
 I periciti sono associati ai capillari continui 305
 Epitelio cubico (o isoprismatico) semplice 306
 Epitelio cilindrico (o batiprismatico) semplice 306
 Caratteristiche morfo-funzionali dell'intestino tenue 307
Epiteli pluristratificati o composti..... 313
 Epitelio pavimentoso pluristratificato 313
 Epiteli pluristratificati cubico e cilindrico 314
 Epitelio pavimentoso pluristratificato corneificato: epidermide 314

I cheratinociti 316
 I melanociti 321
 Le cellule di Langerhans 325
 Le cellule di Merkel: i recettori sensoriali nell'epidermide 325
Epitelio cilindrico pseudostratificato o pluriseriato..... 326
Epitelio di transizione o urotelio 327
Caratteri citologici degli epiteli..... 329
 Polarità delle cellule 330
 Specializzazioni della superficie laterale: giunzioni intercellulari 330
 Specializzazioni della superficie libera 333
 Specializzazioni della superficie basale:
 la membrana basale 334
Processi di rinnovamento degli epiteli di rivestimento..... 337
 Meccanismi cellulari e molecolari del riparo delle ferite cutanee 338
 Alterazioni epiteliali e medicina rigenerativa 340
Correlazioni cliniche 341
 Epiteli e cancro 341
 Microbiota intestinale e patologia 342
 Trasformazione "epitelioide" 343
 Patologie dell'epidermide 343
Innervazioni degli epiteli 344
Schema sinottico 344
Bibliografia, letture consigliate e sitografia..... 345

Capitolo 11

Epiteli ghiandolari esocri 347
G. Papaccio, V. Desiderio, V. Tirino
Generalità sulle ghiandole 347
Ghiandole esocrine ed endocrine 348
Sviluppo delle ghiandole e organizzazione morfofunzionale 348
Classificazione delle ghiandole esocrine 348
 Ghiandole unicellulari 350
 Ghiandole pluricellulari 350
 Ghiandole esocrine semplici 354
Ghiandole esocrine composte..... 354
 Il fegato è una ghiandola labirintica 359
Le ghiandole esocrine si possono classificare sulla base delle modalità di secrezione 362
 Ghiandole eccrine, merocrine, apocrine e oocrine 362
Le ghiandole esocrine si possono classificare anche in base alla natura chimica del loro secreto 363
 Ghiandole sierose, mucose, miste, a secrezione lipidica ed elettrolitica 363
 Le mucine 366
Prostata..... 369
Correlazioni cliniche 370
 La sindrome di Sjögren 370
 Idrosadenite 370
 La miliaria 370
 Calcoli salivari o scialoliti (scialolitiasi) 371
 Infiammazione delle ghiandole salivari o scialoadenite 371
 Infezioni 371
 Cisti 371
 Tumori delle ghiandole 371
Schema sinottico 372
Bibliografia, letture consigliate e sitografia..... 373

Capitolo 12

Epiteli ghiandolari endocrini – il sistema endocrino

375

M. Bouché, P. Castrogiovanni, R. Imbesi, M. Lauriola, F. Fazi

Generalità	375
Il sistema endocrino	375
Ormoni e loro recettori	378
Caratteristiche citologiche e ultrastrutturali delle cellule a secrezione endocrina	380
Le ghiandole endocrine: classificazione	382
Asse ipotalamo-ipofisario	383
Ipotalamo	384
Ipofisi	385
Struttura generale e sviluppo	385
Vascolarizzazione dell'ipofisi	387
Ipofisi anteriore: struttura e funzioni	388
Ipofisi posteriore: struttura e funzioni	393
Correlazioni cliniche	395
Tumori ipofisari (adenomi)	395
Diabete insipido	396
Sindrome da secrezione inappropriata di ormone antidiuretico (SIADH)	396
Ghiandola pineale	396
Correlazioni cliniche	399
Ritmo circadiano e patologie correlate	399
Tiroide	400
Struttura generale e sviluppo	400
Le cellule follicolari (tireociti)	403
Le cellule parafollicolari (cellule chiare, cellule C)	408
Correlazioni cliniche	410
Patologie della tiroide	410
Le ghiandole paratiroidi	410
Le cellule principali	411
Le cellule ossifile	412
Correlazioni cliniche	412
Patologie delle paratiroidi	412
La ghiandola surrenale	413
Struttura generale e sviluppo	413
La corticale del surrene	415
La midollare del surrene	418
Vascolarizzazione e conversione della norepinefrina in epinefrina nella regione midollare	420
Correlazioni cliniche	422
Patologie della ghiandola surrenale	422
Il pancreas endocrino	423
La regolazione della glicemia	426
Correlazioni cliniche	427
Diabete mellito	427
Il sistema neuroendocrino diffuso (SNED)	427
Schema sinottico	428
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	429

Capitolo 13

Epiteli sensoriali

431

P. Brun, G. Papaccio, L. Tamagnone, F. Iacopino

Generalità sugli epiteli sensoriali	431
Epitelio olfattivo	432
Epitelio gustativo	433

Epiteli sensoriali dell'udito e dell'equilibrio	436
Epitelio sensoriale dell'udito	438
Epitelio sensoriale dell'equilibrio	439
Epitelio sensoriale della vista	439
Sinapsi retiniche e brevi cenni sul meccanismo della visione	445
Correlazioni cliniche	446
Anosmie congenite e acquisite	446
Anomalie del gusto	447
Anomalie dell'udito e dell'equilibrio	447
Patologie e anomalie della vista	447
Schema sinottico	449
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	450

Capitolo 14

Generalità sui tessuti connettivi

451

N. Gagliano, A. Filippini

Tessuti connettivi: caratteristiche generali	451
Origine del tessuto connettivo	451
Struttura generale del tessuto connettivo	453
Il tessuto connettivo svolge molteplici funzioni	454
La matrice extracellulare è altamente dinamica e viene continuamente rimodellata	456
Istologia applicata	457
Tecniche morfologiche	457
Spettroscopia Raman	458
Tecniche proteomiche	458
SDS-zimografia	458
Le interazioni fra cellule e ECM sono reciproche	459
Alterazioni della matrice extracellulare sono alla base di numerose patologie	459
Schema sinottico	460
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	461

Capitolo 15

Tessuto connettivo propriamente detto

463

P. Brun, R. Castriconi, E. Marcenaro, S. Sivori, S. Di Agostino, G. La Rocca, M. Mattioli Belmonte

Generalità sul tessuto connettivo p.d.	463
Classificazione del tessuto connettivo p.d.	464
Le fibre del tessuto connettivo p.d.	465
Le fibre collagene	465
Organizzazione molecolare del tropocollagene	467
Biosintesi del procollagene e fibrillogenesi	471
Modificazioni post-traduzionali del procollagene	471
Maturazione delle fibrille collagene	473
Le fibre reticolari	475
Le fibre elastiche	476
La sostanza fondamentale o amorfa	480
Il liquido interstiziale	480
Glicoproteine della matrice amorfa	482
Glicosaminoglicani e proteoglicani	483
La membrana basale	487
Meccanosensibilità e meccano-trasduzione	488
Le cellule del tessuto connettivo	491
I fibroblasti	492
Gli adipociti	494
I macrofagi	495
Il sistema dei macrofagi	498

Correlazioni cliniche	621
Ipoplasia dello smalto	622
Anomalie dello smalto	622
La dentina può essere prodotta in modo imperfetto	622
Alterazioni del cemento	622
Alterazioni del parodonto	622
Istologia applicata	623
Cellule staminali e ingegneria tissutale applicata al dente	623
Alterazioni della polpa dentaria	623
Applicazioni chirurgiche rigenerative sul parodonto	623
Schema sinottico	626
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	627

Capitolo 19

Tessuto adiposo	629
<i>A. Filippini, M. Grano, A. Riccioli</i>	
Generalità sul tessuto adiposo	629
Tessuto adiposo bianco (uniloculare)	632
Regolazione del metabolismo del tessuto adiposo	632
Tessuto adiposo bruno (multiloculare)	634
Plasticità dell'organo adiposo (transdifferenziamento)	636
Adipochine	639
Leptina	639
Adiponectina e altri ormoni	640
Adipogenesi	641
Tessuto adiposo midollare	643
Le cellule staminali del tessuto adiposo nella medicina rigenerativa	644
Tessuto adiposo viscerale epicardico	645
Correlazioni cliniche	646
Obesità e ruolo delle adipochine nei tumori correlati all'obesità	646
Sindrome metabolica	648
Tumori	648
Schema sinottico	649
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	649

Capitolo 20

Il sangue e la linfa	651
<i>C. Nervi, F. Fazi</i>	
Generalità sul sangue	651
Metodiche per lo studio del sangue	652
Plasma	654
Correlazioni cliniche	655
Elettroforesi delle proteine plasmatiche o protidogramma	655
Eritrociti o globuli rossi	657
Morfologia e caratteri funzionali degli eritrociti	657
Reticolociti	659
Membrana plasmatica eritrocitaria	659
Anomalie degli eritrociti	661
I gruppi sanguigni	661
Emoglobina	663
Correlazioni cliniche	666
Emoglobine patologiche	666
L'eritroblastosi fetale	667
Leucociti o globuli bianchi	667
Granulociti o leucociti polimorfonucleati	669
Granulociti neutrofili	670
Granulociti eosinofili o acidofili	675

Granulociti basofili	677
Correlazioni cliniche	678
La sindrome da deficit dei granuli specifici	678
Linfociti	679
Monociti	681
Piastrine	682
Struttura delle piastrine	682
Emostasi	685
Correlazioni cliniche	690
L'emofilia e la malattia di von Willebrand	690
Emocomponenti nella riparazione del danno tissutale	690
Linfa e sistema vascolare linfatico	692
Schema sinottico	695
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	695

Capitolo 21

Tessuto mieloide e sistema emopoietico	697
<i>N. Bernardini, F. Alviano, F. Fazi, A. Filippini</i>	
Generalità	697
Sedi dell'emopoiesi	698
Il midollo osseo	699
Architettura del midollo osseo	699
Il compartimento vascolare	701
Il compartimento di sostegno	701
Il compartimento emopoietico	701
Il sistema emopoietico	703
Cellule staminali emopoietiche	704
Progenitori e precursori	704
Il microambiente	706
Le linee differenziative	708
Eritropoiesi (eritrocitopoiesi)	708
Controllo dell'eritropoiesi	710
Granulocitopoiesi	710
Monocitopoiesi	713
Sistema dei monociti-macrofagi	713
Regolazione della granulocitopoiesi e della monocitopoiesi	714
Linfocitopoiesi	715
Piastrinopoiesi o trombocitopoiesi	716
Meccanismi di formazione e rilascio delle piastrine	718
Schema sinottico	719
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	719

Capitolo 22

Tessuto linfoide e sistema immunitario	723
<i>S. Sivori, R. Castriconi, E. Marcenaro, N. Bernardini</i>	
Tessuto linfoide	723
Organi linfoidi primari o centrali	723
Midollo osseo	723
Timo	724
Organi linfoidi secondari o periferici	726
Organizzazione strutturale del tessuto linfoide	726
Linfonodi	727
Milza	728
Tessuto linfoide diffuso o associato alle mucose	732
Tessuto linfoide terziario	733
Il sistema immunitario	733
Immunità innata o naturale	734

Riconoscimento di pattern molecolari associati ai patogeni	734	Istogenesi del muscolo liscio	836
Sistema del complemento	735	Rigenerazione del tessuto muscolare liscio	836
Cellule dell'immunità innata	736	Correlazioni cliniche	837
Immunità adattativa o acquisita	748	Miastenia grave	837
Immunità umorale	749	Disfunzione multisistemica della muscolatura liscia	838
Immunità cellulo-mediata	753	Schema sinottico	839
Differenziamento dei linfociti B e T	755	Bibliografia, letture consigliate e sitografia	839
Schema sinottico	773		
Bibliografia, letture consigliate e sitografia	774		
Capitolo 23		Capitolo 24	
Tessuti muscolari		Tessuto nervoso	
777		843	
<i>A. Musarò, P. Castrogiovanni, R. Imbesi, M. Lauriola</i>		<i>M. De Felici, D. Virgintino, A. Salustri, A. Camaioni, L. Campagnolo</i>	
Generalità	777	Generalità sul tessuto nervoso	844
Tessuto muscolare striato scheletrico	779	Suddivisione del sistema nervoso	844
Organizzazione istologica del muscolo scheletrico	779	Sistema nervoso cerebro-spinale	844
Struttura generale della fibra muscolare	779	Sistema nervoso autonomo	847
Eterogeneità delle fibre muscolari scheletriche	782	Il neurone	849
Organizzazione strutturale e molecolare delle miofibrille	784	Corpo cellulare	850
Rapporti tra miofibrilla e citoscheletro, ruolo della distrofina	792	Prolungamenti citoplasmatici	853
Organizzazione molecolare delle miofibrille: i miofilamenti spessi	796	Dendriti	853
Organizzazione molecolare delle miofibrille: i miofilamenti sottili	798	Assone	855
Il reticolo sarcoplasmatico	799	Trasporto assonico e dendritico	859
Meccanismo della contrazione: il ciclo del ponte acto-miosinico	802	Meccanismi del trasporto neuronale	860
Giunzione neuromuscolare o placca motrice	804	Classificazione dei neuroni	862
Rigenerazione muscolare	814	Neuroni neurosecretori	864
Le cellule satelliti	816	Sinapsi interneuronali	865
L'impatto del microambiente sulla rigenerazione muscolare	817	Sinapsi elettriche	865
L'invecchiamento muscolare influenza negativamente triadi e mitocondri e il loro accoppiamento funzionale	819	Sinapsi chimiche	865
Rimodellamento del sistema sarcotubulare in seguito ad esercizio: una strategia che il muscolo usa per limitare la fatica	820	Ultrastruttura delle sinapsi chimiche	866
Tessuto muscolare striato cardiaco	821	Vescicole sinaptiche e neurotrasmettitori	867
Organizzazione istologica del muscolo cardiaco	821	Formazione e maturazione delle sinapsi: sinaptogenesi	870
Reticolo sarcoplasmatico e tubuli T	823	Organizzazione molecolare delle densità sinaptiche	870
Dischi intercalari	823	Funzionamento di una sinapsi chimica	871
Innervazione del miocardio e tessuto specifico di conduzione	825	Recettori ionotropici e metabotropici	874
Differenze tra le cellule muscolari cardiache	828	Recupero e riciclo della membrana delle vescicole sinaptiche	874
Il miocardio svolge un'importante funzione endocrina	828	Rilascio, rimozione, idrolisi o recupero dei neurotrasmettitori	874
Istogenesi, rinnovamento e omeostasi del muscolo cardiaco	829	Plasticità sinaptica	875
Tessuto muscolare liscio	830	Come funziona un neurone	876
Generalità, morfologia e distribuzione	830	La neuroglia	878
Organizzazione ultrastrutturale delle cellule muscolari lisce	831	Astrociti o glia astrocitaria	878
Apparato contrattile nel muscolo liscio	832	Origine e differenziamento	884
Corpi densi intracitoplasmatici e placche dense subsarcolemmali	833	Funzioni degli astrociti	885
Il citoscheletro nella cellula muscolare liscia	833	Rapporti astrociti-neuroni	886
Meccanismo della contrazione nel tessuto muscolare liscio	834	Rapporti astrociti-sinapsi	887
Istofisiologia della muscolatura liscia	835	Rapporti con i nodi di Ranvier e con i vasi	889
		Rapporti con le meningi	890
		Astrociti "reattivi"	891
		Oligodendrociti	891
		Origine e differenziamento	891
		Oligodendrociti interfascicolari	892
		Glia NG2	893
		Origine e funzioni	894
		Ependimociti	895
		Epitelio dei plessi corioidei	897
		Tanociti	897
		Microglia	897
		Origine e differenziamento	899
		Microglia M1 e M2 e sue funzioni	900

Correlazioni cliniche	1017	Correlazioni cliniche	1027
Test di Papanicolau o Pap-test	1017	Tumore mammario e imaging diagnostico	1027
Procreazione medicalmente assistita (PMA)	1018	La placenta è un organo transitorio e condiviso	
Struttura e funzione della ghiandola mammaria	1020	tra due individui diversi	1029
Modificazioni cicliche ed età correlate della ghiandola		Struttura e funzione della placenta	1029
mammaria	1021	Struttura e funzione della membrana amniotica	1033
Morfogenesi e sviluppo prepuberale	1021	Correlazioni cliniche	1036
Periodo puberale e fase adulta	1022	I derivati perinatali e la medicina rigenerativa	1036
Periodo gestazionale e lattazione	1023	Schema sinottico	1038
Caratteristiche molecolari e regolazione dello sviluppo		Bibliografia, letture consigliate e sitografia	1038
della ghiandola mammaria	1026	Indice analitico	1041
Cambiamenti della ghiandola mammaria dopo la fase			
di allattamento e in menopausa	1026		

A. D'Alessio, B.M. Scicchitano e M. Zingariello hanno contribuito alla realizzazione degli Schemi sinottici.