

# Citologia, Istologia e Anatomia microscopica

# Citologia, Istologia e Anatomia microscopica

A cura di Damiano Zaccheo e Mario Pestarino

con il contributo di:

**Marco Biggiogera** (Università di Pavia)

**Simona Candiani** (Università di Genova)

**Patrizio Castagnola** (IRCCS Azienda Ospedale Università San Martino IST di Genova)

**Ermanno Ciccone** (Università di Genova)

**Antonio De Luca** (Università di Napoli)

**Marina Del Fiacco** (Università di Cagliari)

**Luciana Dini** (Università del Salento)

**Ezio Fulcheri** (Università di Genova)

**Fulvio Gandolfi** (Università di Milano)

**Carlo Maganza** (Università di Genova)

**Emanuela Marcenaro** (Università di Genova)

**Paola Mortola** (Università di Genova)

**Paola Perin** (Università di Pavia)

**Mario Pestarino** (Università di Genova)

**Alessandro Poggi** (IRCCS Azienda Ospedale Università San Martino IST di Genova)

**Marina Quartu** (Università di Cagliari)

**Edoardo Rossi** (IRCCS Azienda Ospedale Università San Martino IST di Genova)

**Francesca Sarocchi** (Università di Genova)

**Luciana Sola** (Università La Sapienza di Roma)

**Carlo Toncini** (IRCCS Azienda Ospedale Università San Martino IST di Genova)

**Alessandro Vercelli** (Università di Torino)

**Damiano Zaccheo** (Università di Genova)

© 2013 Pearson Italia, Milano-Torino

Le informazioni contenute in questo libro sono state verificate e documentate con la massima cura possibile. Nessuna responsabilità derivante dal loro utilizzo potrà venire imputata agli Autori, a Pearson Italia S.p.A. o a ogni persona e società coinvolta nella creazione, produzione e distribuzione di questo libro.

Per i passi antologici, per le citazioni, per le riproduzioni grafiche, cartografiche e fotografiche appartenenti alla proprietà di terzi, inseriti in quest'opera, l'editore è a disposizione degli aventi diritto non potuti reperire nonché per eventuali non volute omissioni e/o errori di attribuzione nei riferimenti.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail [autorizzazioni@clearedi.org](mailto:autorizzazioni@clearedi.org) e sito web [www.clearedi.org](http://www.clearedi.org).

Curatori: Damiano Zaccheo, Mario Pestarino  
Realizzazione editoriale: Alberto Portalupi  
Grafici e disegni: Giuseppe Maserati  
Grafica di copertina: Giulia Boffi  
Stampa: Arti Grafiche Dial - Mondovì (CN)

Tutti i marchi citati nel testo sono di proprietà dei loro detentori.

978-88-7192-944-6

Printed in Italy

1ª edizione: giugno 2013

Ristampa  
00 01 02 03 04

Anno  
13 14 15 16 17

# Indice

## CITOLOGIA E ISTOLOGIA

<i>Prefazione</i>	xv
<i>Guida alla lettura</i>	xvii
<b>Capitolo 1</b>	
<b>Introduzione allo studio della cellula</b>	<b>1</b>
<i>M. Pestarino</i>	
<b>1.1 Procarioti ed eucarioti</b>	<b>3</b>
<i>Approfondimento:</i> Ipotesi sull'origine della prima cellula	4
<b>1.2 Virus</b>	<b>8</b>
<b>Capitolo 2</b>	
<b>Tecniche per lo studio di cellule e tessuti</b>	<b>13</b>
<i>M. Pestarino</i>	
<b>2.1 Preparazione dei tessuti per la microscopia ottica</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Colorazioni istologiche</b>	<b>13</b>
<i>Approfondimento:</i> Microtomia	14
<b>2.3 Colorazioni istochimiche e citochimiche</b>	<b>18</b>
<b>2.4 Immunofluorescenza e immunocitochimica</b>	<b>18</b>
<b>2.5 Ibridazione <i>in situ</i></b>	<b>23</b>
<b>2.6 Istoautoradiografia</b>	<b>24</b>
<b>2.7 Microscopia ottica</b>	<b>24</b>
2.7.1 Microscopio ottico composto	24
2.7.2 Microscopia a contrasto di fase	25
2.7.3 Microscopia a contrasto interferenziale	27
2.7.4 Microscopia a fluorescenza	27
2.7.5 Microscopia confocale a scansione	31
<b>2.8 Microscopia elettronica</b>	<b>34</b>
2.8.1 Microscopia elettronica a trasmissione	34
2.8.2 Microscopia elettronica a scansione	36
<b>2.9 Microscopia a forza atomica</b>	<b>36</b>
<b>Capitolo 3</b>	
<b>Composizione chimica della cellula</b>	<b>41</b>
<i>M. Pestarino</i>	
<b>3.1 Legami chimici</b>	<b>41</b>
<b>3.2 Acqua: struttura e proprietà</b>	<b>44</b>
<b>3.3 Acidi e basi</b>	<b>44</b>
<b>3.4 Molecole organiche</b>	<b>45</b>
3.4.1 Glucidi	45
3.4.2 Monosaccaridi	45
3.4.3 Polisaccaridi	47
<b>3.5 Lipidi</b>	<b>48</b>
3.5.1 Fosfolipidi	53

3.5.2	Carotenoidi e steroidi	54
3.5.2	Vitamine	55
<b>3.6</b>	<b>Proteine</b>	<b>56</b>
3.6.1	Legame peptidico	58
3.6.2	Struttura di una proteina	58
<b>3.7</b>	<b>Acidi nucleici</b>	<b>64</b>
3.7.1	Struttura degli acidi nucleici	64
3.7.2	DNA circolari	71
3.7.3	Struttura delle molecole di RNA	72

## Capitolo 4 **Struttura della cellula** **75**

*S. Candiani, E. Marcenaro*

<b>4.1</b>	<b>Membrana plasmatica</b>	<b>75</b>
<b>4.2</b>	<b>Membrane biologiche: organizzazione strutturale</b>	<b>76</b>
<b>4.3</b>	<b>Composizione chimica delle membrane</b>	<b>77</b>
4.3.1	Lipidi	77
<i>Approfondimento:</i>	Brevi cenni storici sulla struttura delle membrane cellulari	78
4.3.2	Proteine	82
4.3.3	Glucidi	87
<i>Approfondimento:</i>	Asimmetria di membrana	88
<b>4.4</b>	<b>Giunzioni cellulari</b>	<b>90</b>
4.4.1	Giunzione tight o occludente	90
4.4.2	Giunzione aderente o di adesione (o ancorante)	92
4.4.3	Giunzione gap	94
<i>Approfondimento:</i>	Le cellule epiteliali formano dei complessi giunzionali a livello della superficie basolaterale	96
<b>4.5</b>	<b>Compartimentazione della cellula: il citosol e il sistema membranoso interno</b>	<b>97</b>
4.5.1	Citosol	98
4.5.2	Sistema membranoso interno	98
<b>4.6</b>	<b>Trasporto intracellulare mediato da vescicole</b>	<b>113</b>
4.6.1	Ruolo delle vescicole di trasporto	113
4.6.2	Meccanismo di formazione e distacco delle vescicole	114
<i>Approfondimento:</i>	Rinnovo delle membrane	115
<i>Approfondimento:</i>	Adattine	116
<i>Approfondimento:</i>	Proteine che legano GTP	118
<b>4.7</b>	<b>Rivestimenti proteici delle vescicole di trasporto</b>	<b>118</b>
<b>4.8</b>	<b>Smistamento delle vescicole di trasporto</b>	<b>120</b>
<i>Approfondimento:</i>	Proteine Rab. Proteine SNARE	121
<b>4.9</b>	<b>Indirizzamento delle vescicole verso un compartimento bersaglio</b>	<b>121</b>
4.9.1	I movimenti delle vescicole sono diretti dai microtubuli	121
4.9.2	Riconoscimento di una membrana bersaglio	121
<i>Approfondimento:</i>	Proteine SNARE e “tossine”	123
<b>4.10</b>	<b>Trasporto di grandi molecole attraverso la membrana plasmatica</b>	<b>123</b>
4.10.1	Esocitosi	123
4.10.2	Endocitosi	125
<i>Approfondimento:</i>	Endosomi	127
<i>Approfondimento:</i>	Esempio di endocitosi mediata da recettore: il colesterolo	128
<i>Approfondimento:</i>	Recettori toll-like (TLR)	132
<i>Approfondimento:</i>	Exosomi	133
<b>4.11</b>	<b>Apparato del Golgi: morfologia e funzioni</b>	<b>135</b>
<b>4.12</b>	<b>Glicosilazione delle proteine nell'apparato del Golgi</b>	<b>136</b>
4.12.1	Differenze tra glicosilazione N-linked e O-linked	136

4.12.2	Proteine che hanno subito una glicosilazione N-linked nel RER	136
4.12.3	Smistamento delle glicoproteine	139
4.12.4	Glicoproteine destinate ai lisosomi	140
	<i>Approfondimento:</i> Proteoglicani e glicoproteine	141
<b>4.13</b>	<b>Orientamento delle glicoproteine destinate alla membrana plasmatica e sintesi di glicolipidi e di sfingomieline</b>	<b>142</b>
<b>4.14</b>	<b>Lisosomi</b>	<b>143</b>
	<i>Approfondimento:</i> Gruppi sanguigni A, B, 0 e glicosiltrasferasi	144
<b>4.15</b>	<b>Lisosomi secretori</b>	<b>147</b>
	<i>Approfondimento:</i> Malattie da accumulo lisosomiale	148
<b>4.16</b>	<b>Perossisomi</b>	<b>150</b>

## Capitolo 5

### **Mitocondri e cloroplasti** **153**

*S. Candiani, M. Pesatino*

<b>5.1</b>	<b>Mitocondrio</b>	<b>153</b>
5.1.1	Struttura del mitocondrio	153
<b>5.2</b>	<b>Metabolismo energetico dei mitocondri</b>	<b>157</b>
	<i>Approfondimento:</i> Fissione e fusione dei mitocondri	158
5.2.1	Glicolisi anaerobia	159
5.2.2	Il ciclo di Krebs o ciclo dell'acido citrico	159
5.2.3	Fosforilazione ossidativa	160
<b>5.3</b>	<b>Altre funzioni mitocondriali</b>	<b>164</b>
5.3.1	I mitocondri hanno la capacità di produrre calore	164
5.3.2	I mitocondri intervengono nell'omeostasi del calcio	164
<b>5.4</b>	<b>Cloroplasti</b>	<b>164</b>
	<i>Approfondimento:</i> Origine dei mitocondri e cloroplasti: teoria endosimbiontica	166
5.4.1	Fotosintesi	167

## Capitolo 6

### **Citoscheletro** **171**

*M. Pestarino*

<b>6.1</b>	<b>Microtubuli</b>	<b>172</b>
6.1.1	Centri organizzatori dei microtubuli	175
6.1.2	Proteine associate ai microtubuli	176
6.1.3	Orientamento dei microtubuli e forma della cellula	177
6.1.4	Flagelli e ciglia	177
<b>6.2</b>	<b>Microfilamenti</b>	<b>180</b>
6.2.1	Integrità della membrana sottoposta a stress	180
<b>6.3</b>	<b>Filamenti intermedi</b>	<b>183</b>
	<i>Approfondimento:</i> Farmaci che perturbano il citoscheletro	184

## Capitolo 7

### **Nucleo e ciclo cellulare** **185**

*M. Biggiogera, L. Sola*

<b>7.1</b>	<b>Involucro nucleare</b>	<b>185</b>
7.1.1	Struttura dell'involucro	185
7.1.2	Complesso del poro	186
7.1.3	Traffico nucleo-citoplasma, trasporto selettivo di proteine e RNA	186
<b>7.2</b>	<b>Organizzazione del nucleo interfascico</b>	<b>187</b>
7.2.1	DNA e struttura della cromatina	187
7.2.2	Cromosomi interfascici e territori cromosomici	188

7.2.3	Nucleolo e biogenesi dei ribosomi	189
7.2.4	Ricostituzione del nucleo e del nucleolo	190
7.2.5	Spazio intercromatinico e corpi nucleari	191
<b>7.3</b>	<b>Funzioni del nucleo</b>	<b>192</b>
7.3.1	Il nucleo come controllo delle attività cellulari	192
7.3.2	Controllo dell'espressione genica	192
7.3.3	Replicazione del DNA	193
7.3.4	Trascrizione	193
7.3.5	Riparazione	194
<b>7.4</b>	<b>Ciclo cellulare</b>	<b>195</b>
7.4.1	Generalità sulla divisione cellulare	195
7.4.2	DNA e cromosomi mitotici	195
7.4.3	Fasi del ciclo cellulare	197
7.4.4	Fase M: mitosi e citocinesi	199
7.4.5	Controllo del ciclo cellulare	205

## Capitolo 8 **Omeostasi tissutale** **211**

*L. Dini, F. Gandolfi*

<b>8.1</b>	<b>Morte cellulare</b>	<b>211</b>
8.1.1	Apoptosi o PCD di tipo I	212
8.1.2	Autofagia o PCD di tipo II	217
8.1.3	Necrosi e necroptosi	217
8.1.4	Riconoscimento e fagocitosi	219
<b>8.2</b>	<b>Cellule staminali</b>	<b>221</b>
8.2.1	Cellule staminali adulte	222
8.2.2	Cellule staminali embrionali: le cellule pluripotenti che sopravvivono solo in laboratorio	224
8.2.3	Cellule staminali pluripotenti indotte: le staminali artificiali	226
<i>Approfondimento:</i>	Cellule staminali e terapia	228
8.2.4	Oltre le cellule staminali: come trasformare una cellula di un tipo in una cellula di altro tipo	230
<i>Approfondimento:</i>	Omeostasi tissutale e tumore	231

## Capitolo 9 **Tessuti e organi** **235**

*S. Candiani*

<b>9.1</b>	<b>I tessuti derivano dai foglietti embrionali</b>	<b>236</b>
<b>9.2</b>	<b>Caratteristiche istologiche e funzionali dei tessuti</b>	<b>237</b>
9.2.1	Tessuto epiteliale	237
9.2.2	Tessuto connettivo	238
9.2.3	Tessuto nervoso	240
9.2.4	Tessuto muscolare	240
<b>9.3</b>	<b>Caratteristiche generali della struttura degli organi</b>	<b>240</b>

## Capitolo 10 **Tessuto epiteliale** **243**

*P. Perin*

<b>10.1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>243</b>
<b>10.2</b>	<b>Regolazione della polarizzazione</b>	<b>246</b>
<b>10.3</b>	<b>Citoscheletro e polarizzazione</b>	<b>248</b>
<b>10.4</b>	<b>Specializzazioni regionali delle cellule epiteliali</b>	<b>251</b>
<b>10.5</b>	<b>Riarrangiamenti cellulari negli epitelii e morfogenesi</b>	<b>260</b>

<b>10.6 Epiteli di rivestimento</b>	<b>265</b>
10.6.1 Epiteli semplici	265
10.6.2 Epiteli composti	273
<i>Approfondimento:</i> Cheratine ed epiteli	275
<i>Approfondimento:</i> Metaplasia epiteliale e oncogenesi	279

## Capitolo 11

### **Tessuti connettivi** **283**

*P. Castagnola*

<b>11.1 Introduzione</b>	<b>283</b>
<b>11.2 Matrice extracellulare (ECM)</b>	<b>283</b>
11.2.1 Principali macromolecole della ECM	285
<b>11.3 Principali fibre della ECM</b>	<b>303</b>
11.3.1 Fibre di collagene	303
11.3.2 Fibre reticolari	303
11.3.3 Fibre elastiche	304
<b>11.4 Cellule residenti del connettivo</b>	<b>305</b>
11.4.1 Fibroblasti e fibrociti	306
11.4.2 Fibroblasti embrionali e cellule staminali mesenchimali	306
11.4.3 Miofibroblasti	306
<i>Approfondimento:</i> Diversità funzionali tra fibroblasti	307
<i>Approfondimento:</i> Miofibroblasti	309
<b>11.5 Tipologie di connettivi</b>	<b>310</b>
11.5.1 Connettivo embrionale	310
11.5.2 Connettivo lasso	310
11.5.3 Connettivo denso	311
<i>Approfondimento:</i> Deficienza di fibrillina 1: sindrome di Marfan	312
11.5.4 Connettivo reticolare	312
11.5.5 Connettivo elastico	312
<b>11.6 Degradazione della ECM</b>	<b>312</b>
<i>Approfondimento:</i> Deficienza di $\alpha$ 1-antitripsina	313
<i>Approfondimento:</i> Scorbuto	313
<i>Approfondimento:</i> Metalloproteasi della matrice (MMP)	314

## Capitolo 12

### **Tessuto cartilagineo** **315**

*P. Castagnola*

<b>12.1 Introduzione</b>	<b>315</b>
<b>12.2 Cartilagine ialina</b>	<b>317</b>
<i>Approfondimento:</i> Cartilagini articolari del ginocchio	320
<b>12.3 Cartilagine elastica</b>	<b>321</b>
<i>Approfondimento:</i> Sindrome di Keutel e condrocalcosi 2	322
<b>12.4 Cartilagine fibrosa</b>	<b>322</b>
<b>12.5 Differenziamento dei condrociti e condroistogenesi</b>	<b>322</b>
<i>Approfondimento:</i> Riparazione della cartilagine	324

## Capitolo 13

### **Tessuto osseo** **325**

*P. Castagnola*

<b>13.1 Introduzione</b>	<b>325</b>
<b>13.2 Struttura dell'osso</b>	<b>325</b>
<b>13.3 Matrice extracellulare dell'osso</b>	<b>330</b>
<b>13.4 Periostio ed endostio</b>	<b>332</b>



<b>13.5</b>	<b>Vascularizzazione dell'osso</b>	<b>332</b>
<b>13.6</b>	<b>Cellule residenti dell'osso e loro ruolo nel rimodellamento osseo</b>	<b>334</b>
13.6.1	Cellule endostali, periostali e osteoblasti	334
13.6.2	Osteoclasti	339
<b>13.7</b>	<b>Rimodellamento osseo nell'adulto e omeostasi scheletrica</b>	<b>343</b>
<b>13.8</b>	<b>Funzione ormonale dell'osso</b>	<b>346</b>
<b>13.9</b>	<b>Ossificazione e rimodellamento osseo durante lo sviluppo</b>	<b>348</b>
13.9.1	Ossificazione encondrale	349
13.9.2	Ossificazione intramembranosa	355
13.9.3	Rimodellamento osseo durante lo sviluppo	356
<b>13.10</b>	<b>Guarigione delle fratture</b>	<b>357</b>
	<i>Approfondimento:</i> Ossa degli uccelli	357
	<i>Approfondimento:</i> Ossificazione eterotopica	358
	<i>Approfondimento:</i> Acondroplasia	358
	<i>Approfondimento:</i> Osteogenesi imperfetta	359

## Capitolo 14

### **Tessuto adiposo** **361**

*P. Castagnola*

<b>14.1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>361</b>
<b>14.2</b>	<b>Tessuto adiposo bianco</b>	<b>362</b>
14.2.1	Morfologia	362
14.2.2	Fisiologia essenziale del tessuto adiposo bianco	362
14.2.3	Differenziamento degli adipociti bianchi	365
	<i>Approfondimento:</i> L'obesità	366
<b>14.3</b>	<b>Tessuto adiposo bruno</b>	<b>366</b>
14.3.1	Morfologia	366
14.3.2	Fisiologia essenziale del tessuto adiposo bruno	366
14.3.3	Differenziamento degli adipociti bruni/multiloculari	366

## Capitolo 15

### **Sangue** **371**

*A. Poggi, E. Rossi*

<b>15.1</b>	<b>Plasma sanguigno</b>	<b>371</b>
15.1.1	Mantenimento dell'equilibrio acido-basico	372
15.1.2	Pressioni osmotica e oncotica	372
15.1.3	Fattori della coagulazione, fibrinolisi e fattori anti-trombofilici	374
15.1.4	Attività del complemento	374
<b>15.2</b>	<b>Elementi figurati del sangue</b>	<b>374</b>
15.2.1	Reticolociti	375
	<i>Approfondimento:</i> Sistema del complemento	376
15.2.2	Eritrociti	378
15.2.3	Membrana eritrocitaria	380
15.2.4	Neutrofili "band"	380
15.2.5	Polimorfonucleati neutrofili	380
	<i>Approfondimento:</i> Pattern Recognition Receptors (PRR), cioè i recettori per i PAMP	383
	<i>Approfondimento:</i> FcR	385
15.2.6	Eosinofili maturi	385
15.2.7	Basofili	387
15.2.8	Linfociti	388
15.2.9	Monociti	396
15.2.10	Piastrine	396

<b>15.3</b>	<b>Midollo osseo</b>	<b>399</b>
15.3.1	Midollo rosso	399
15.3.2	Sinusoidi vascolari	399
15.3.3	Emigrazione delle cellule ematiche dal midollo osseo alla circolazione sanguinea	399
15.3.4	Cellularità midollare	400
15.3.5	Componente stromale midollare	401
15.3.6	Midollo giallo	402
<b>15.4</b>	<b>Cellularità emopoietica del midollo osseo</b>	<b>402</b>
15.4.1	Cellula staminale emopoietica	402
<i>Approfondimento:</i>	Cellule mesenchimali staminali (MSC)	403
15.4.2	Modelli emopoietici	405
<i>Approfondimento:</i>	Citofluorimetria e separazione di cellule mediante citofluorimetria	406
15.4.3	Citochine quali regolatori dell'emopoiesi	407
<b>15.5</b>	<b>Eritropoiesi</b>	<b>409</b>
15.5.1	Proeritroblasto	410
15.5.2	Eritroblasto basofilo	410
15.5.3	Eritroblasto policromatofilo	411
15.5.4	Eritroblasto ortocromatico	411
<b>15.6</b>	<b>Granulocitopoiesi</b>	<b>412</b>
15.6.1	Mieloblasto	413
15.6.2	Promielocito neutrofilo	414
15.6.3	Mielocito neutrofilo	414
15.6.4	Metamielocito neutrofilo	414
<b>15.7</b>	<b>Precursori eosinofili</b>	<b>415</b>
<b>15.8</b>	<b>Precursori basofili</b>	<b>415</b>
<b>15.9</b>	<b>Sistema monocito-macrofagico</b>	<b>415</b>
15.9.1	Monoblasti	416
15.9.2	Promonociti	416
15.9.3	Macrofagi	417
15.9.4	Cellule dendritiche	419
15.9.5	Funzione dei monociti, macrofagi e cellule dendritiche	419
<b>15.10</b>	<b>Megacariocitopoiesi</b>	<b>421</b>
15.10.1	Megacarioblasto	421
15.10.2	Promegacariocito	421
15.10.3	Megacariocito maturo	422

## Capitolo 16

### Tessuto linfoide

425

*E. Rossi*

<b>Organi linfopoietici</b>	<b>425</b>	
<b>16.1</b>	<b>Timo</b>	<b>425</b>
16.1.1	Anatomia macroscopica	425
16.1.2	Anatomia microscopica	426
16.1.3	Corticale e midollare timica	426
16.1.4	Timociti	428
16.1.5	Cellule epiteliali	430
16.1.6	Circolazione T linfocitaria	432
16.1.7	Timo e stress	434
<b>16.2</b>	<b>Milza</b>	<b>434</b>
16.2.1	Anatomia macroscopica	435
16.2.2	Anatomia microscopica	435
16.2.3	Tessuto vascolare splenico	435

16.2.4	Polpa bianca splenica	439
16.2.5	Centri germinativi	441
16.2.6	Polpa rossa	443
<b>16.3</b>	<b>Linfonodi</b>	<b>444</b>
16.3.1	Anatomia microscopica	444
16.3.2	Circolazione linfatica del linfonodo	444
16.3.3	Circolazione sanguigna del linfonodo	444
16.3.4	Parenchima del linfonodo	446

## Capitolo 17

### **Tessuto muscolare** **449**

*L. Dini*

<b>17.1</b>	<b>Tessuto muscolare striato</b>	<b>449</b>
17.1.1	Tessuto muscolare striato scheletrico	449
17.1.2	Tessuto muscolare striato cardiaco	467
<b>17.2</b>	<b>Tessuto muscolare liscio</b>	<b>473</b>
17.2.1	Struttura e ultrastruttura	473
17.2.2	Aspetti ultrastrutturali dei miofilamenti e meccanismo della contrazione	474
<b>17.3</b>	<b>Innervazione del muscolo liscio</b>	<b>476</b>
<b>17.4</b>	<b>Rigenerazione del muscolo</b>	<b>477</b>
	<i>Approfondimento:</i> Lesioni e malattie muscolari	477

## Capitolo 18

### **Tessuto nervoso** **479**

*A. Vercelli*

<b>18.1</b>	<b>Sistema nervoso</b>	<b>479</b>
<b>18.2</b>	<b>Neurone</b>	<b>479</b>
18.2.1	Citoscheletro dei neuroni	488
<b>18.3</b>	<b>Comunicazione intercellulare nel sistema nervoso</b>	<b>490</b>
18.3.1	Sinapsi chimica	490
<b>18.4</b>	<b>Cellule della glia</b>	<b>494</b>
18.4.1	Astrociti	494
18.4.2	Oligodendrociti	496
18.4.3	Cellule di Schwann	498
18.4.4	Microglia	498
	<i>Approfondimento:</i> Degenerazione e rigenerazione nel sistema nervoso	500
	<i>Approfondimento:</i> Neurotrofine	501

	<i>Crediti</i>	503
	<i>Indice analitico</i>	507

---

**DVD-ROM**

---

**ANATOMIA MICROSCOPICA****Capitolo 1****Apparato tegumentario***E. Ciccone*

- 1.1 Terminazioni nervose
- 1.2 Epidermide
- 1.3 Derma e ipoderma
- 1.4 Annessi della cute

**Capitolo 2****Apparato digerente***A. De Luca*

- 2.1 Vestibolo della bocca
- 2.2 Cavità buccale
- 2.3 Faringe
- 2.4 Struttura generale del canale digerente
- 2.5 Esofago
- 2.6 Stomaco
- 2.7 Intestino
- 2.8 Ghiandole salivari
- 2.9 Pancreas
- 2.10 Fegato

**Capitolo 3****Apparato respiratorio***A. De Luca*

- 3.1 Cavità nasali
- 3.2 Mucosa olfattiva
- 3.3 Mucosa respiratoria
- 3.4 Cavità paranasali
- 3.5 Trachea e bronchi
- 3.6 Polmoni

**Capitolo 4****Apparato urinario***E. Ciccone*

- 4.1 Reni
- 4.2 Vie urinarie

**Capitolo 5****Sistema riproduttivo**

- 5.1 Sistema riproduttivo maschile *di F. Sarocchi, C. Toncini*
- 5.2 Sistema riproduttivo femminile *di C. Maganza, P. Mortola*
- 5.3 Placenta a termine *di E. Fulcheri*

## Capitolo 6

### **Sistema cardiovascolare**

*A. Vercelli*

- 6.1 Generalità
- 6.2 Vasi sanguigni
- 6.3 Apparato linfatico

## Capitolo 7

### **Sistema endocrino**

*P. Perin*

- 7.1 Generalità
- 7.2 Complesso diencefalo-ipofisario
- 7.3 Epifisi
- 7.4 Ipotalamo endocrino
- 7.5 Ipofisi
- 7.6 Tiroide
- 7.7 Paratiroidi
- 7.8 Ghiandole surrenali

## Capitolo 8

### **Sistema nervoso**

*A. Vercelli*

- 8.1 Sistema nervoso centrale
- 8.2 Sistema nervoso periferico

## Capitolo 9

### **Organi di senso**

- 9.1 Sistema visivo *di M. Quartu*
- 9.2 Sistema acustico-vestibolare *di M. Del Fiacco*
- 9.3 Naso *di P. Perin*
- 9.4 Lingua *di P. Perin*

# Prefazione

Nel 1973, quando fu pubblicato il testo *L'anatomia microscopica degli organi dell'uomo* edito da UTET, a opera mia e di Cattaneo, Grossi, i tempi in cui l'anatomia era associata al solo corpo umano sezionato sul tavolo anatomico erano ormai lontani. Diversi strumenti e tecniche d'indagine, quali per esempio il microscopio elettronico, permettevano infatti un esame più preciso degli aspetti microstrutturali del corpo, ben più di quello che permetteva la visione a occhio nudo.

Tale testo costituì per molto tempo un solido punto di riferimento nella formazione medica. I quarant'anni ormai trascorsi da allora hanno visto però, da una parte, un enorme sviluppo delle tecnologie esistenti, in particolare nella microscopia ottica e in quella elettronica, dall'altra, l'affermarsi di altre metodologie sempre più raffinate, quali l'istochimica e la biologia molecolare, strumenti ormai irrinunciabili per lo studioso.

Lo sviluppo delle tecnologie nell'ambito dell'Anatomia microscopica compiuto in questi ultimi anni ha permesso di migliorare la qualità dell'immagine e ha consentito una maggiore comprensione dell'organizzazione dei tessuti e della morfologia e funzione delle cellule che li compongono. Un esempio è rappresentato dalle ultime generazioni di microscopi elettronici, ottici e a fluorescenza. Inoltre, le conoscenze acquisite in campo genetico e molecolare hanno in molti casi reso più evidenti le relazioni esistenti fra la morfologia e la funzione degli organi. Allo stesso modo una morfologia interpretata in senso moderno, cioè molecolare, aiuta a capire la patogenesi di molte malattie.

A questo straordinario sviluppo delle tecniche e delle conoscenze non ha però corrisposto, nel nostro Paese, l'adeguamento dei testi scientifici a disposizione degli studenti, che troppo spesso si trovano a dover utilizzare testi ormai datati o traduzioni di Autori stranieri, che appaiono necessariamente qualche anno dopo l'edizione originale.

Tutte queste evoluzioni da una parte, e la mancanza di un'esauriente opera di riferimento per quanto riguarda l'Anatomia microscopica dall'altra, hanno pertanto ispirato un profondo e radicale lavoro di aggiornamento e revisione del testo originario. Il risultato è stato un'opera per molti versi nuova, completa, e soprattutto allineata allo stato dell'arte delle conoscenze scientifiche in ambito medico e caratterizzata da un'iconografia di grande rilevanza, ma in cui gli aspetti qualitativi vanno al contempo di pari passo con lo sforzo di rendere divulgativa l'opera.

Quest'ultimo aspetto è stato considerato fondamentale in relazione ai destinatari a cui il presente lavoro si rivolge: gli studenti dei corsi di laurea in Medicina e Chirurgia, in Scienze biologiche, in Biotecnologie, in Medicina veterinaria, oltre a tutti coloro che, in campo biomedico, necessitano di un testo per l'aggiornamento delle proprie conoscenze nell'ambito dell'Anatomia microscopica dell'Uomo.

L'opera che il prof. Pestarino e io presentiamo è stata interamente realizzata da studiosi italiani provenienti dall'ambito della biologia. A questo proposito colgo l'occasione per ringraziarlo per il sostanziale contributo offerto nella definizione del gruppo di studiosi che avessero la massima competenza degli argomenti da loro trattati e ringrazio vivamente anche loro per aver partecipato a questo importante progetto dimostrando grande impegno e affidabilità.

Il principio ispiratore dell'opera è infatti quello del lavoro di squadra e dell'unione di competenze, unica via per affrontare la vastità e la complessità dell'anatomia e della fisiologia umane. Si spiega così perché l'opera sia firmata da un numero cospicuo di specialisti, nella convinzione che solo attraverso la sinergia nel lavoro di diversi studiosi, a ognuno dei quali si chiede di illustrare nel modo migliore la materia a cui si dedica quotidianamente, si possano raggiungere i risultati di qualità e di completezza richiesti da un testo universitario.

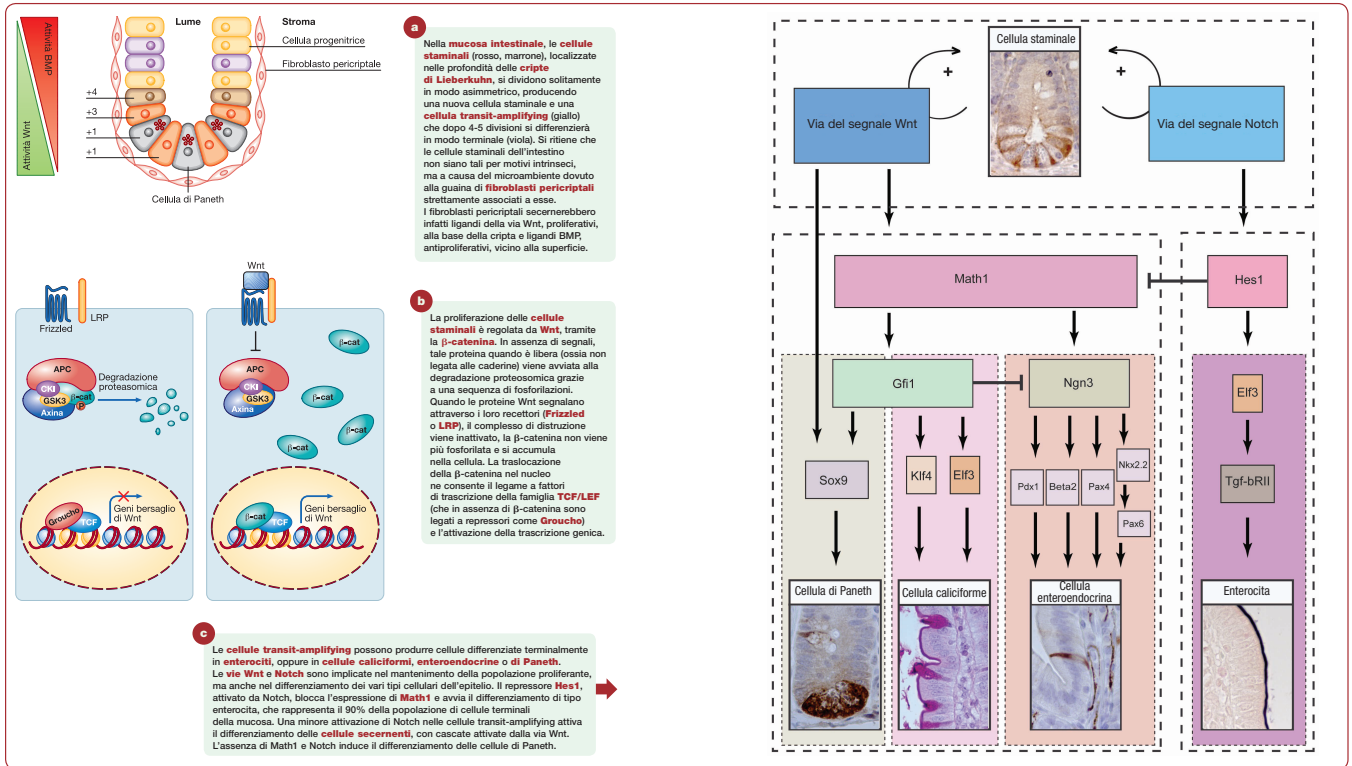
L'apparato iconografico, ricco e il più puntuale possibile, è fra l'altro costituito da immagini realizzate dagli Autori stessi o, dove è sembrato più opportuno, ottenute da prestigiosi archivi o istituti italiani ed esteri.

I capitoli si snodano seguendo un percorso che parte dall'elemento basilare del corpo umano, la cellula, per analizzarne poi gli aggregati a livelli successivi, ossia i tessuti, infine i sistemi, combinazioni funzionali di diversi organi e tessuti con frequenti riferimenti, laddove necessario, a fenomeni chimici o fisici importanti ai fini della comprensione.

Un ultimo ringraziamento va all'Editore Pearson per il positivo apporto dato alla realizzazione dell'opera e per la continua assistenza nelle fasi di redazione, di correzione e di reperimento delle immagini e al Dipartimento di Medicina sperimentale (DIMES) dell'Università di Genova, cui devo ancora una volta la possibilità e gli strumenti per portare avanti progetti di largo respiro, come questo di cui avete tra le mani il frutto.

*Damiano Zaccheo*  
Università di Genova

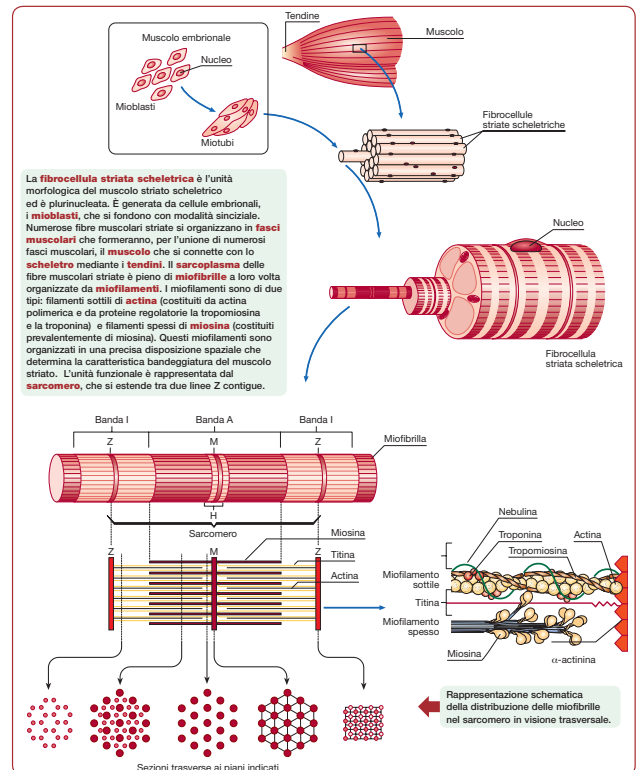
# Guida alla lettura



▲ Figura 10.16 Produzione nelle cellule della mucosa intestinale

## Schemi e figure

Il testo è contraddistinto da una ricca iconografia: più di 800 immagini. Queste ultime sono state elaborate a schemi con utili didascalie, con l'intento di favorire l'apprendimento visuale di strutture e processi.

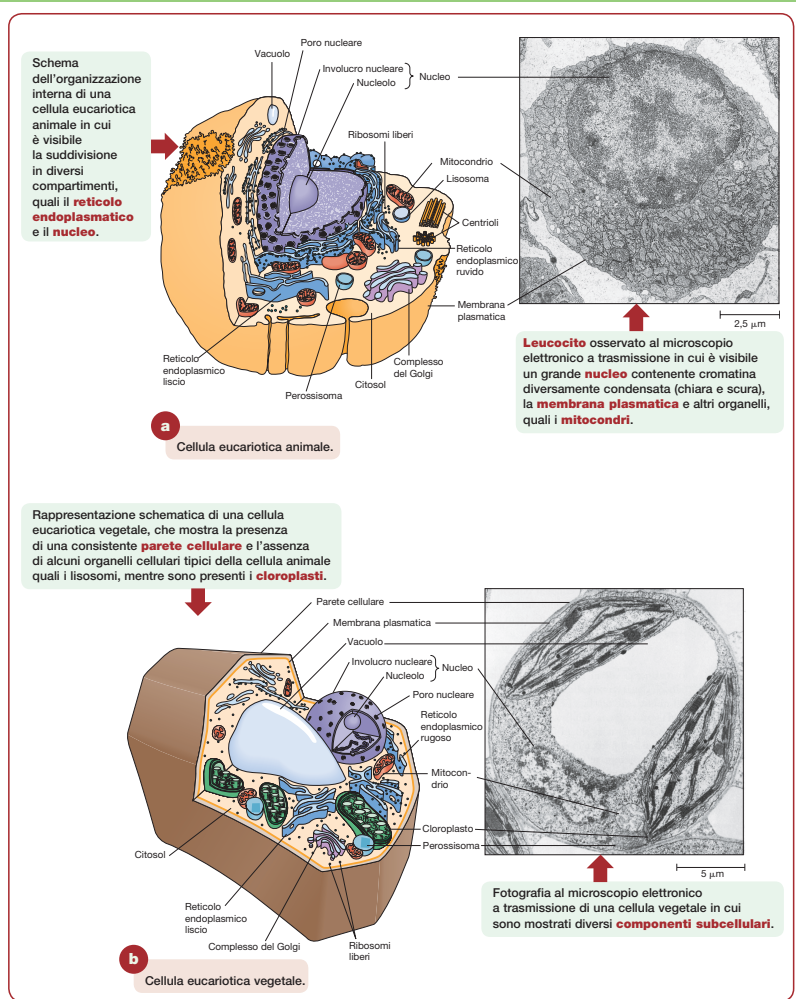


▲ Figura 17.17 Sommario dell'organizzazione dell'unità morfologica e dell'unità funzionale del muscolo striato scheletrico in rappresentazione gerarchica.

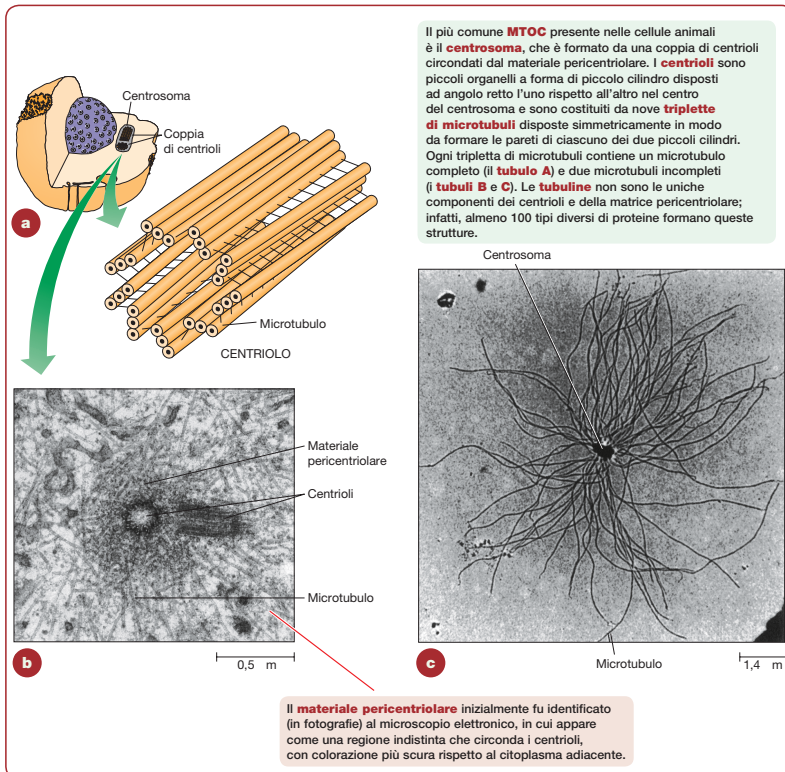


## Immagini al microscopio

Agli schemi sono spesso affiancate le immagini delle sezioni riprese al microscopio elettronico.



▲ Figura 1.4 Cellula eucariotica animale e vegetale.



▲ Figura 6.6 Schema e immagini al ME del centrosoma, MTOC delle cellule animali.

## Approfondimento

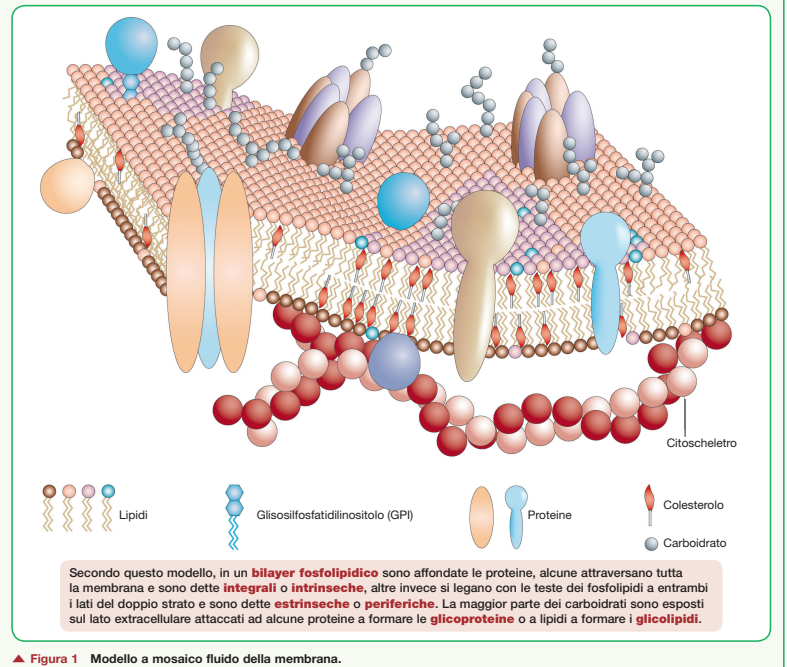
Gli approfondimenti vogliono fornire ulteriori informazioni ai lettori su aspetti metodologici innovativi e sulla loro storia, oltretché su alcuni aspetti clinici correlati con alcuni temi fondamentali di anatomia microscopica e biologia di cellule e tessuti.

### APPROFONDIMENTO

#### Brevi cenni storici sulla struttura delle membrane cellulari

Il doppio strato fosfolipidico noto anche come *bilayer fosfolipidico* non era noto fino a quando Gorter e Grendel pubblicarono i loro risultati nel 1925. In tale lavoro essi estrassero i lipidi da un numero noto di eritrociti e trovarono che l'area totale di questi lipidi disposti in monostrato risultava circa il doppio dell'area totale delle superfici cellulari dei globuli rossi usati per l'estrazione. Il doppio strato lipidico è stato accolto come una caratteristica fondamentale in molti successivi modelli sia della struttura della membrana plasmatica, sia di quelle intracellulari, che si conclude con il modello a mosaico fluido di Singer e Nicholson, proposto nel 1972, nel quale si può considerare la membra-

na plasmatica come un mosaico di proteine immerse in un doppio strato lipidico fluido. In tale modello le proteine non sono presenti a formare foglietti uniformemente distribuiti, come suggerito inizialmente da Davidson e Danielli nel 1935 e poi da Robertson nel 1950, ma come entità separate che prendono contatto con i lipidi di membrana in maniera differente a seconda della loro affinità con la componente lipidica. Secondo il **modello a mosaico fluido**, la struttura delle membrane è costituita da un doppio strato di molecole lipidiche (Figura 1). I lipidi del doppio strato sono *anfipatici*, cioè sono molecole con caratteristiche sia idrofobe sia idrofile. In condizioni fisiologiche il doppio strato è fluido, nel senso che le molecole lipidiche sono libere di cambiare posizione e di effettuare determinati movimenti. Le proteine di membrana galleggiano nel doppio strato lipidico. La



## DVD-ROM allegato

Al volume è allegato un DVD-ROM contenente un file in formato eText con i 9 capitoli che riguardano la parte di Anatomia microscopica. In questa modalità lo studente potrà visualizzare le immagini in maniera più puntuale, inserire note e commenti propri nel testo.

