

Bestseller



Riccardo Forlani
Catia Trevisani

Anatomia
e fisiologia
per operatori
della salute



EDIZIONI ENEA

Questo libro nasce dal desiderio di rendere disponibili e facilmente comprensibili i fondamenti dell'anatomia e della fisiologia non solo alle figure sanitarie, ma a chiunque si occupi di benessere. Prendersi cura dell'essere umano senza conoscere questi principi sarebbe come costruire una casa priva di fondamenta. Discipline naturali di ogni genere, comprese le più sottili ed energetiche, non possono essere praticate con successo e con la giusta consapevolezza senza una conoscenza appropriata del corpo umano.

Ecco quindi un compendio che integra le nozioni dell'anatomia alla descrizione dettagliata del funzionamento di apparati e sistemi, con lo scopo di formare operatori capaci ed esperti, in grado di dare consigli ponderati e fondati su una reale conoscenza dell'anatomia e della fisiologia umana.

Alle tematiche inerenti al sistema nervoso, endocrino e immunitario è stata rivolta un'attenzione particolare, in quanto da questi sistemi sovente nasce la soluzione a molti disturbi.

Fare Naturopatia

ANATOMIA E FISIOLOGIA
PER OPERATORI DELLA SALUTE

RICCARDO FORLANI

Con la collaborazione di
CATIA TREVISANI

Illustrazioni di
FEDERICA ARAGONE
CATERINA RICCA



EDIZIONI ENEA

© 2011 Edizioni Enea - S.I.R.I.E. srl

Prima edizione: luglio 2011

Prima ristampa: maggio 2016

ISBN 978-88-95572-51-2

Stampa: Graphicolor (Città di Castello)

Edizioni Enea

Ripa di Porta Ticinese 79, 20143 Milano

info@edizionienea.it - www.edizionienea.it

Tutti i diritti riservati. Nessuna parte di quest'opera può essere riprodotta in alcuna forma senza l'autorizzazione scritta dell'editore, a eccezione di brevi citazioni destinate alle recensioni.

*Rallegratevi dei vostri poteri interiori perché sono la
fonte della vostra salute e della vostra perfezione.*

Ippocrate

Indice

1 Capitolo 1 - LA CELLULA

- 1 1.1. *Il protoplasma*
- 2 1.2. *L'anatomia microscopica della cellula*
 - 2 1.2.1. *La membrana cellulare*
 - 4 1.2.2. *Il citoplasma e il citoscheletro*
 - 4 1.2.3. *Gli organuli cellulari*
- 8 1.3. *La fisiologia cellulare*
 - 8 1.3.1. *I processi metabolici passivi*
 - 9 1.3.2. *I processi metabolici attivi*
 - 10 1.3.3. *La pompa sodio-potassio*
- 10 1.4. *La sintesi proteica*
 - 12 1.4.1. *La sintesi proteica e la biologia molecolare*
- 15 1.5. *La riproduzione della cellula*
- 16 1.6. *Principi base di genetica*

19 Capitolo 2 - LE BASI DELL'EMBRIOLOGIA

- 19 2.1. *Generalità*
 - 21 2.1.1. *Il ciclo fisiologico della gravidanza*
- 22 2.2. *Embriologia dell'apparato digerente*
- 22 2.3. *Embriologia dell'apparato respiratorio*
- 23 2.4. *Embriologia dell'apparato urinario*
- 23 2.5. *Embriologia dell'apparato cardiovascolare*
- 23 2.6. *Embriologia del sistema endocrino*
- 24 2.7. *Embriologia del sistema nervoso*

25 Capitolo 3 - I TESSUTI

- 25 3.1. *Definizione*
- 25 3.2. *Il tessuto epiteliale*

28	3.3. <i>Il tessuto connettivale</i>
30	3.3.1. <i>I tessuti connettivi comuni</i>
31	3.3.2. <i>Il tessuto reticolo-endoteliale</i>
31	3.3.3. <i>Il tessuto cartilagineo</i>
32	3.3.4. <i>Il tessuto osseo</i>
32	3.3.5. <i>Il sangue e la linfa</i>
33	3.3.6. <i>Il tessuto muscolare</i>
34	3.3.7. <i>Il tessuto nervoso</i>
35	3.3.8. <i>Considerazioni conclusive sul tessuto connettivo come terreno delle medicine non convenzionali</i>

37 Capitolo 4 - PRINCIPI DI ANATOMIA GENERALE

37	4.1. <i>Introduzione</i>
37	4.2. <i>Gli organi cavi</i>
38	4.3. <i>Gli organi pieni</i>
39	4.4. <i>La terminologia in anatomia</i>
41	4.5. <i>Anatomia topografica</i>

45 Capitolo 5 - L'APPARATO MUSCOLO-SCHELETRICO

45	5.1. <i>Generalità</i>
45	5.2. <i>Il tessuto cartilagineo</i>
46	5.3. <i>Il tessuto osseo</i>
49	5.3.1. <i>Le funzioni del tessuto osseo</i>
50	5.4. <i>Il tessuto muscolare</i>
51	5.4.1. <i>Il muscolo striato</i>
56	5.4.2. <i>Il muscolo liscio</i>
57	5.5. <i>Le articolazioni</i>
60	5.6. <i>L'apparato muscolo-scheletrico: generalità</i>
64	5.7. <i>La testa</i>
67	5.7.1. <i>I muscoli della testa</i>
69	5.8. <i>Il tronco</i>
69	5.8.1. <i>Il rachide</i>
73	5.8.2. <i>I muscoli del rachide e del collo</i>
78	5.8.3. <i>Le ossa del torace</i>
80	5.8.4. <i>I muscoli del torace</i>
89	5.9. <i>L'addome</i>
92	5.10. <i>Il pavimento pelvico</i>
94	5.11. <i>L'arto superiore</i>
94	5.11.1. <i>Le articolazioni dell'arto superiore</i>

96	5.11.2. <i>I muscoli dell'arto superiore</i>
107	5.12. <i>L'arto inferiore</i>
107	5.12.1. <i>Le articolazioni dell'arto inferiore</i>
114	5.12.2. <i>I muscoli dell'arto inferiore</i>

125 Capitolo 6 - L'APPARATO TEGUMENTARIO

125	6.1. <i>La cute</i>
127	6.1.1. <i>Le unghie</i>
127	6.1.2. <i>I peli</i>
128	6.1.3. <i>Le ghiandole sebacee</i>
129	6.1.4. <i>Le ghiandole sudoripare eccrine</i>
130	6.1.5. <i>Le ghiandole sudoripare apocrine</i>
131	6.2. <i>Principi di fisiologia della cute</i>
133	6.3. <i>Le funzioni della cute</i>
134	6.4. <i>La flora cutanea</i>

135 Capitolo 7 - L'APPARATO RESPIRATORIO

135	7.1. <i>Generalità</i>
135	7.2. <i>Il naso</i>
137	7.3. <i>Le cavità nasali e paranasali</i>
137	7.3.1. <i>Il vestibolo del naso</i>
137	7.3.2. <i>Le cavità nasali propriamente dette</i>
139	7.3.3. <i>Le cavità paranasali</i>
140	7.4. <i>La faringe</i>
142	7.5. <i>La laringe</i>
145	7.6. <i>La trachea</i>
146	7.7. <i>I bronchi</i>
147	7.8. <i>I polmoni</i>
149	7.9. <i>Le pleure</i>
150	7.10. <i>Grandezze respiratorie</i>
152	7.11. <i>La meccanica respiratoria</i>
152	7.11.1. <i>La compliance polmonare</i>
155	7.12. <i>Gli scambi gassosi</i>
156	7.12.1. <i>Il trasporto di O₂ e CO₂ nel sangue</i>
157	7.12.2. <i>La regolazione nervosa e chimica della respirazione</i>

159 Capitolo 8 - L'APPARATO CARDIOVASCOLARE

159	8.1. <i>Il cuore</i>
-----	----------------------

160	8.1.1. <i>Il cuore destro</i>
161	8.1.2. <i>Il cuore sinistro</i>
161	8.2. <i>La struttura del cuore</i>
162	8.2.1. <i>Le valvole del cuore</i>
165	8.2.2. <i>Il sistema di conduzione del cuore</i>
165	8.2.3. <i>L'innervazione del cuore</i>
165	8.2.4. <i>Lo sviluppo del cuore</i>
166	8.2.5. <i>Le arterie del cuore</i>
167	8.3. <i>Principi di fisiologia generale del cuore</i>
168	8.3.1. <i>Relazione tra evento elettrico e contrattile</i>
168	8.3.2. <i>Fattori che influiscono sulla risposta contrattile</i>
171	8.3.3. <i>La regolazione della gittata cardiaca</i>
173	8.3.4. <i>La regolazione della pressione arteriosa</i>
175	8.4. <i>La funzione meccanica del cuore</i>
175	8.4.1. <i>Il ciclo cardiaco</i>
176	8.4.2. <i>Il piccolo circolo</i>
179	8.4.3. <i>Gli ormoni cardiaci</i>
179	8.4.4. <i>Il controllo nervoso cardiaco</i>
180	8.4.5. <i>I recettori del sistema cardiovascolare</i>
181	8.5. <i>La funzione elettrica del cuore</i>
182	8.6. <i>Le arterie e la grande circolazione</i>
183	8.6.1. <i>La grande circolazione</i>
185	8.6.2. <i>Le arterie dell'arto superiore</i>
186	8.6.3. <i>L'aorta toracica</i>
186	8.6.4. <i>L'aorta addominale</i>
187	8.6.5. <i>Le arterie degli arti inferiori</i>
188	8.7. <i>I vasi capillari</i>
188	8.8. <i>Le vene</i>
190	8.8.1. <i>Il sistema delle vene del cuore</i>
190	8.8.2. <i>Il sistema della vena cava superiore</i>
191	8.8.3. <i>Il sistema della vena cava inferiore</i>
194	8.8.4. <i>Il sistema della vena porta</i>

197 Capitolo 9 - L'APPARATO URINARIO

197	9.1. <i>Generalità</i>
197	9.2. <i>I reni</i>
200	9.2.1. <i>I vasi sanguigni dei reni</i>
200	9.2.2. <i>La struttura microscopica del nefrone</i>
202	9.2.3. <i>L'apparato iuxtaglomerulare</i>
204	9.2.4. <i>La struttura dei dotti escretori</i>

204	9.3. <i>Le funzioni del rene</i>
205	9.4. <i>Le vie urinarie</i>
205	9.4.1. <i>Gli ureteri</i>
206	9.4.2. <i>La vescica urinaria</i>
207	9.4.3. <i>L'uretra maschile</i>
208	9.4.4. <i>L'uretra femminile</i>

209 **Capitolo 10 - L'APPARATO DIGERENTE**

209	10.1. <i>Generalità</i>
209	10.2. <i>La bocca</i>
212	10.2.1. <i>La cavità buccale propriamente detta</i>
216	10.3. <i>Le ghiandole salivari maggiori</i>
217	10.3.1. <i>Le ghiandole parotidi</i>
217	10.3.2. <i>Le ghiandole sottomandibolari</i>
217	10.3.3. <i>Le ghiandole sottolinguali</i>
217	10.4. <i>L'istmo delle fauci</i>
218	10.5. <i>La faringe</i>
219	10.6. <i>L'esofago</i>
219	10.7. <i>Lo stomaco</i>
222	10.8. <i>L'intestino tenue</i>
222	10.8.1. <i>Il duodeno</i>
223	10.8.2. <i>Il digiuno e l'ileo: l'intestino mesenteriale</i>
223	10.8.3. <i>La configurazione interna dell'intestino tenue</i>
226	10.9. <i>L'intestino crasso</i>
227	10.10. <i>Le cellule endocrine dell'apparato digerente</i>
228	10.11. <i>Il fegato</i>
228	10.11.1. <i>L'anatomia zonale epatica</i>
229	10.11.2. <i>La struttura e l'organizzazione parenchimale</i>
232	10.11.3. <i>L'epatocita</i>
232	10.11.4. <i>La vascolarizzazione epatica</i>
234	10.11.5. <i>L'innervazione del fegato</i>
234	10.11.6. <i>I dotti biliari</i>
234	10.12. <i>Principi di fisiologia epatica</i>
234	10.12.1. <i>Il fegato e la bile</i>
235	10.12.2. <i>Il fegato e il metabolismo dei carboidrati</i>
235	10.12.3. <i>Il fegato e il metabolismo degli ormoni e delle proteine</i>
236	10.12.4. <i>Il fegato e il metabolismo dei lipidi</i>
237	10.12.5. <i>Il fegato e i fattori della coagulazione</i>
237	10.13. <i>La cistifellea</i>
238	10.14. <i>Il pancreas</i>

238	10.14.1. <i>La struttura del pancreas</i>
238	10.14.2. <i>La fisiologia del pancreas esocrino</i>
240	10.15. <i>Le fasi della digestione</i>
240	10.15.1. <i>La fase orale-buccale della digestione</i>
240	10.15.2. <i>La fase gastrica della digestione</i>
241	10.15.3. <i>La fase intestinale della digestione e dell'assorbimento</i>
242	10.16. <i>La flora batterica intestinale</i>
243	10.17. <i>Il peritoneo</i>

245 Capitolo 11 - GLI ORGANI LINFOLDI E IL SANGUE

245	11.1. <i>Generalità</i>
245	11.2. <i>Il timo</i>
247	11.3. <i>La milza</i>
248	11.4. <i>I linfonodi</i>
250	11.5. <i>Il sistema linfatico</i>
252	11.6. <i>Il midollo osseo</i>
254	11.6.1. <i>Gli aspetti generali dell'emopoiesi</i>
254	11.6.2. <i>L'eritropoiesi</i>
255	11.7. <i>Il sangue</i>
258	11.7.1. <i>Le funzioni del sangue</i>
258	11.7.2. <i>I globuli rossi</i>
258	11.7.3. <i>I globuli bianchi</i>
260	11.7.4. <i>Le piastrine</i>
261	11.8. <i>I gruppi sanguigni</i>

263 Capitolo 12 - L'APPARATO ENDOCRINO

263	12.1. <i>Generalità</i>
265	12.1.1. <i>Il sistema APUD</i>
266	12.2. <i>I nuclei ipotalamici neurosecernenti</i>
267	12.3. <i>L'ipofisi</i>
267	12.3.1. <i>La struttura della neuroipofisi</i>
268	12.3.2. <i>La struttura dell'adenipofisi</i>
271	12.4. <i>L'epifisi</i>
272	12.5. <i>La tiroide e le paratiroidi</i>
274	12.5.1. <i>Gli effetti degli ormoni tiroidei</i>
274	12.5.2. <i>Le paratiroidi</i>
275	12.6. <i>Le ghiandole surrenali</i>
277	12.6.1. <i>Le funzioni della midollare del surrenale</i>

278	12.6.2. <i>Le funzioni della corteccia surrenale</i>
279	12.7. <i>Il pancreas endocrino</i>
280	12.7.1. <i>Le funzioni dell'insulina</i>
281	12.8. <i>L'equilibrio acido-base</i>
283	12.9. <i>L'alcalosi tissutale e l'acidosi sanguigna</i>

285 Capitolo 13 - L'APPARATO GENITALE MASCHILE E FEMMINILE

285	13.1. <i>L'apparato genitale maschile</i>
285	13.1.1. <i>I testicoli</i>
288	13.1.2. <i>Gli spermatozoi</i>
289	13.1.3. <i>Le vie spermatiche</i>
289	13.1.4. <i>Le ghiandole annesse alle vie spermatiche</i>
290	13.1.5. <i>Il pene</i>
290	13.2. <i>L'apparato genitale femminile</i>
292	13.2.1. <i>Le ovaie</i>
293	13.2.2. <i>Il ciclo ovarico</i>
294	13.2.3. <i>Le vie genitali</i>
297	13.3. <i>Gli organi sessuali secondari: le mammelle</i>

299 Capitolo 14 - IL SISTEMA IMMUNITARIO

299	14.1. <i>Definizione di immunologia e immunità</i>
299	14.1.1. <i>Concetti di base di immunologia</i>
300	14.1.2. <i>I tipi di risposta immunitaria</i>
301	14.2. <i>L'immunità innata</i>
302	14.2.1. <i>Le cellule dell'immunità innata</i>
305	14.2.2. <i>Cooperazione tra meccanismi dell'immunità innata: l'infiammazione</i>
306	14.3. <i>L'immunità acquisita o adattativa</i>
306	14.3.1. <i>I linfociti T</i>
309	14.3.2. <i>I linfociti B</i>
309	14.3.3. <i>Le citochine</i>
310	14.4. <i>La difesa contro batteri e virus</i>
311	14.4.1. <i>Dialogo tra immunità innata e immunità acquisita</i>
311	14.5. <i>Il complemento</i>
313	14.6. <i>Il sistema MHC-HLA</i>
314	14.7. <i>Principi di fisiologia del sistema immunitario</i>
314	14.7.1. <i>Le immunoglobuline</i>
316	14.7.2. <i>Le differenti classi di linfociti</i>

319 Capitolo 15 - IL SISTEMA NERVOSO

319	15.1. <i>Generalità</i>
319	15.2. <i>Il neurone</i>
321	15.2.1. <i>L'anatomia della cellula neuronale</i>
324	15.3. <i>Il midollo spinale</i>
328	15.4. <i>L'encefalo</i>
329	15.4.1. <i>Il tronco cerebrale</i>
331	15.4.2. <i>Il cervelletto</i>
332	15.4.3. <i>Il cervello</i>
342	15.5. <i>I ventricoli cerebrali</i>
343	15.6. <i>I vasi sanguigni del nevrasse</i>
345	15.7. <i>Le meningi</i>
346	15.8. <i>Il sistema nervoso autonomo o vegetativo</i>
346	15.8.1. <i>L'ortosimpatico e il parasimpatico</i>
349	15.9. <i>Il sistema nervoso periferico</i>
351	15.10. <i>La neurogenesi nella corteccia adulta</i>
351	15.11. <i>La formazione dell'encefalo</i>

355 Capitolo 16 - GLI ORGANI DI SENSO

355	16.1. <i>Generalità</i>
355	16.2. <i>La vista e l'occhio</i>
356	16.2.1. <i>Il bulbo oculare</i>
359	16.2.2. <i>Il sistema diottrico dell'occhio</i>
360	16.2.3. <i>L'apparato motorio del bulbo oculare</i>
361	16.2.4. <i>L'apparato protettore del bulbo oculare</i>
361	16.3. <i>L'orecchio e l'udito</i>
362	16.3.1. <i>L'orecchio esterno</i>
363	16.3.2. <i>L'orecchio medio</i>
363	16.3.3. <i>L'orecchio interno</i>
369	16.4. <i>Il gusto e l'olfatto</i>
369	16.4.1. <i>Il gusto</i>
370	16.4.2. <i>L'olfatto</i>

373	Indice analitico
-----	------------------

381	Bibliografia
-----	--------------

Introduzione

Mesi fa, durante una piacevole serata con alcuni colleghi, si discuteva sulla necessità di spiegare facilmente i concetti di base dell'anatomia e della fisiologia umana. Tutti noi ricordammo come, ai tempi degli studi, avessimo perso decine di notti insonni su libri astrusi, nel tentativo di comprendere le basi dell'anatomia e di superare le oggettive difficoltà della fisiologia. Così ho sentito la necessità di mettermi al lavoro per proporre al pubblico un libro chiaro e di immediata comprensione.

Anatomia e Fisiologia per operatori della salute nasce dunque con lo specifico intento di colmare un vuoto nell'editoria italiana, dal momento che sempre più vanno emergendo, nel nostro paese, oltre ai medici naturopati, anche altre figure professionali alternative e complementari.

Il proposito è quello di formare operatori capaci ed esperti, che dovranno essere in grado di dare consigli ponderati e fondati su una reale conoscenza dell'anatomia e della fisiologia umana.

Il libro è stato pensato come una sorta di compendio, dove vengono analizzati contestualmente sia i temi dell'anatomia che quelli inerenti il normale funzionamento di apparati e sistemi.

Dopo un'iniziale e doverosa introduzione ai temi della citologia e dell'istologia, tutto il libro si snoda nella trattazione sistematica dei vari apparati. Alle tematiche inerenti il sistema nervoso, quello endocrino e quello immunitario è stata rivolta un'attenzione particolare, in quanto da questi sistemi sovente nasce la soluzione a molti disturbi.

Troverete anche alcune annotazioni di carattere filosofico, frutto degli appunti raccolti durante le mie numerose lezioni, vera genesi di questo trattato, tenute in varie parti d'Italia, nelle quali non ho mai cercato di nascondere la mia anima filosofica.

Tutto ciò che è scritto in questo libro è stato da me verificato, ma va da sé che l'evoluzione della medicina è tale per cui potrebbe rendersi necessario, in futuro, aggiornare questo o quel particolare della presente trattazione. Perciò l'autore sarà grato a chiunque vorrà segnalargli, nel tempo, gli eventuali e necessari approfondimenti che sarà suo dovere accogliere. È mia personale speranza che questo manuale di anatomo-fisiologia si possa distinguere nel panorama letterario per la sua fluidità, semplicità e chiarezza nell'esposizione.

E ora i ringraziamenti. Chi mi conosce personalmente, sa bene la mia totale dedizione per mio figlio, Federico, cui dedico anche questo mio quarto libro. Lo ringrazio per l'amore e la tenerezza che è sempre stato in grado di offrirmi.

Un ringraziamento anche alla mia compagna, Daniela, che mi permette di dedicarmi alla ricerca, allo studio e alla scrittura, occupandosi di tutto il resto.

Un particolare ringraziamento a un gruppo di amici, i Forgiati del Legnano basket, di cui mi pregio di appartenere. A loro devo molte intuizioni e chiarimenti d'ordine filosofico, maturati durante il mitico terzo tempo al "Panacea".

Un altro gruppo di amici che mi è stato vicino in questo lavoro, è rappresentato dall'associazione dei medici omeopati dell'altomilanese (AMOA) a cui con fierezza appartengo fin dalla sua costituzione. Con loro condivido l'amore per il mestiere del medico causale.

Infine, un grazie di cuore alla Scuola di Naturopatia SIMO di Milano e a tutti coloro che vi lavorano, per la capacità di farmi sentire in famiglia e affrontare tranquillamente le fatiche della stesura di un manuale di anatomo-fisiologia. Alla dottoressa Catia Trevisani un plauso finale per la fiducia che ha riposto in me in tutti questi anni.

dott. Riccardo Forlani

Questo libro è nato dal desiderio di rendere disponibili e facilmente comprensibili, non solo a figure sanitarie, ma a chiunque si occupi di benessere, i fondamenti dell'Anatomia e della Fisiologia, senza i quali sarebbe come costruire una casa senza solide basi. Discipline naturali di ogni genere, comprese le più sottili ed energetiche, non possono, a mio parere, essere praticate con successo e con la giusta consapevolezza senza una conoscenza appropriata del corpo umano.

D'altra parte il viaggio all'interno del corpo è quanto mai affascinante e, nonostante gli studi in medicina mi abbiano occupata per molti anni, non smetto mai di stupirmi davanti all'incredibile meraviglia dell'architettura e del funzionamento del nostro corpo. Con piacere, dunque, ho collaborato con Riccardo Forlani, collega e amico, nella stesura di alcuni capitoli.

Il lavoro di studio con il cervello sinistro trova poi un valido sostegno nel cervello destro, quando immagini disegnate da artisti, offrono sfumature e colore all'occhio e al cuore.

Ringrazio dunque Caterina e Federica per il loro apporto artistico e auguro a tutti un tempo piacevole di studio e di stupore.

dott.ssa Catia Trevisani

1

La cellula

1.1. *Il protoplasma*

La materia vivente che costituisce il corpo umano e che forma ogni essere vivente in natura è denominata protoplasma. Esso è costituito da acqua e da numerosi elementi organici e inorganici che lo compongono e si organizzano in particelle di varie dimensioni. Tra i vari tipi di particelle possiamo individuare principalmente due diverse famiglie:

- le particelle più piccole che sono disciolte nell'acqua e prendono il nome di soluzioni vere;
- le particelle più grandi che sono invece in sospensione nell'acqua e prendono il nome di soluzioni colloidali.

L'acqua è il solvente universale nei tessuti, costituisce circa i 2/3 del peso corporeo e consente alle sostanze in essa disciolte o sospese di spostarsi nelle varie parti dell'organismo. Il protoplasma dunque è composto in parte da acqua ma anche e soprattutto da:

- sostanze organiche (glucidi, lipidi, protidi);
- sostanze inorganiche (sali minerali).

I glucidi rappresentano la principale fonte di energia per le cellule (monosaccaridi, disaccaridi, polisaccaridi), possono essere immagazzinati sotto forma di glicogeno, principalmente nel fegato, oppure possono essere trasformati in grassi neutri e depositati nel tessuto adiposo.

I lipidi o grassi rappresentano anch'essi una notevole fonte di energia e possono essere accumulati nel tessuto adiposo. I lipidi sono particolarmente concentrati nelle membrane (cellulare, nucleare, degli organuli), dove, combinati con le proteine, limitano e regolano il passaggio delle sostanze idrosolubili attraverso i processi osmotici (osmosi: legge biologica secondo la quale una stessa sostanza in diversa concentrazione, separata da una membrana semipermeabile, consente il passaggio della sostanza dalla zona a maggiore concentrazione, verso la zona in cui la stessa sostanza è a minore concentrazione).

Le proteine, o protidi, si presentano sotto forma di catene di amminoacidi con sequenze ben determinate e una volta assorbiti, all'interno del corpo umano possono disporsi in varie maniere:

- Proteine fibrillari, strutture proteiche che appaiono sotto forma di filamenti fibrosi e che svolgono prevalentemente funzioni strutturali.
- Proteine globulari, strutture proteiche che possono presentarsi ripiegate su loro stesse e operare funzioni di controllo metabolico (come gli enzimi o i biocatalizzatori).

- Le proteine possono presentarsi anche in forma combinata:
 - emoglobina, immunoglobuline, actina, miosina, tutte proteine combinate che svolgono diverse funzioni metaboliche;
 - nucleoproteine (trasmissione dei caratteri ereditari).

Tra le sostanze inorganiche presenti nel protoplasma sono considerate sicuramente tra le più importanti i sali minerali: i sali disciolti nell'acqua sono dissociati in particelle cariche elettricamente (ioni: cationi e anioni) che sono necessari per il funzionamento di alcuni meccanismi cellulari. Gli ioni più importanti sono:

- sodio, potassio, cloro, magnesio, calcio, fosfati, solfati e bicarbonati;
- altri elementi inorganici importanti per la fisiologia cellulare sono: ferro, rame, iodio, zinco, cobalto e altri oligoelementi, vale a dire minerali presenti in tracce.

1.2. L'anatomia microscopica della cellula

La cellula è l'unità funzionale dell'organismo e assume tutte le caratteristiche e le funzioni dell'organismo: essa infatti, come ogni essere vivente, nasce, vive, si riproduce e infine muore.

Solitamente presenta una forma rotondeggiante, è immersa nell'acqua e svolge una funzione finalizzata alla realizzazione di uno scopo comune e utile per tutto l'organismo al quale essa stessa appartiene. Qualunque sia il compito specifico della cellula, essa deve svolgerlo al meglio e con il minor dispendio possibile di energia. Il risparmio energetico è uno dei target fondamentali di una cellula umana ed essa, se trova delle soluzioni idonee e poco dispendiose, le ripete all'infinito in modo da ottenere il massimo rendimento.

La cellula viene definita come la più piccola parte di materia vivente non scomponibile in parti di ugual valore e ha dimensioni microscopiche dell'ordine di micron (1 micron = 0,001 mm).

L'organismo umano è composto da una società altamente organizzata di cellule, ciascuna delle quali è un microscopico organismo vivente.

La cellula è immersa in un liquido, definito extracellulare o interstiziale, costituito da acqua associata a un insieme ampio e vario di sostanze in essa disciolte o sospese, in grado di spostarsi o di farsi spostare nelle diverse parti dell'organismo. La cellula è delimitata esternamente da una membrana, definita membrana cellulare.

1.2.1. La membrana cellulare

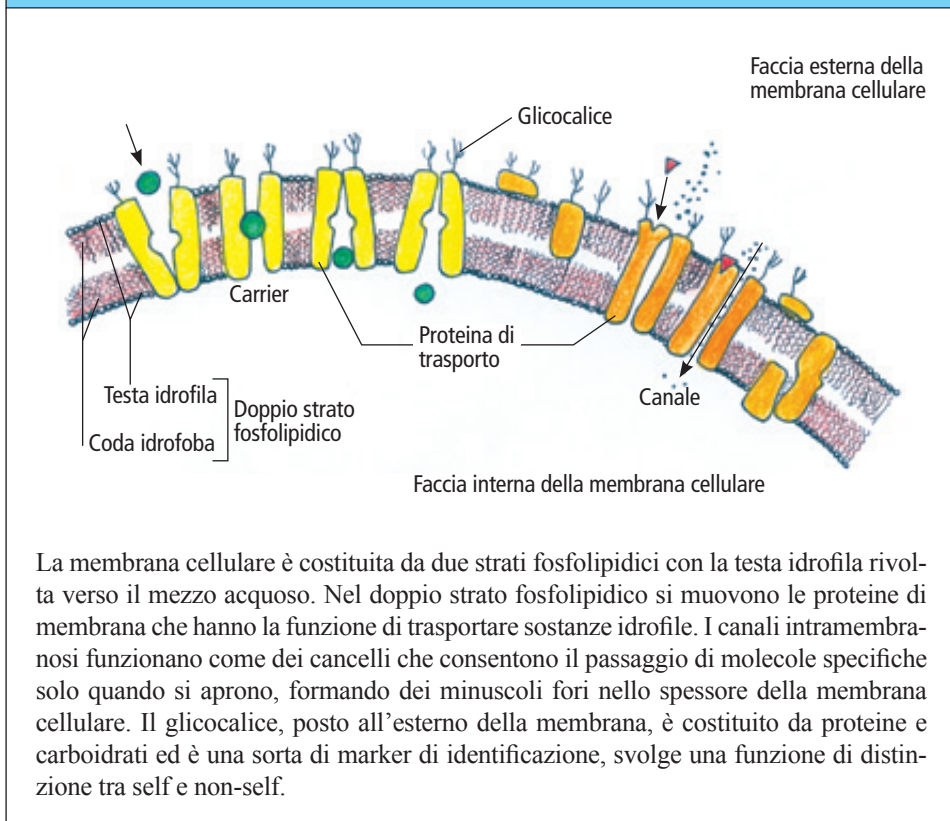
La membrana cellulare separa la cellula dall'ambiente esterno, ma mette anche in comunicazione interno ed esterno. È una membrana di tipo selettivo e recettivo, seleziona cioè quello che entra e quello che esce dalla cellula stessa. Impedisce tanto al citoplasma, composto al 75% di acqua, di fuoriuscire, quanto al liquido extracellulare di entrare. Fisiologicamente, dalla membrana cellulare escono solo i cataboliti, cioè i prodotti di scarto del metabolismo cellulare, ed entrano i metaboliti, vale a dire le sostanze utili all'organismo.

La membrana cellulare è costituita da un doppio strato fosfolipidico, formato dunque da una componente lipidica unita a molecole di fosforo. Più in dettaglio, essa è costituita da:

- un doppio strato di fosfolipidi con testa idrofila e una coda idrofoba;
- proteine di membrana, in particolare si distinguono: 1) carriers, che permettono il trasporto di sostanze sia dall'esterno che dall'interno, quando questo non avvenga con i fisiologici meccanismi di osmosi; 2) canali intramembranosi che anch'essi determinano il passaggio di molecole, cataboliti o metaboliti che siano;
- glicocalice; è posto all'esterno della membrana cellulare. È costituito da una catena di carboidrati e proteine, e svolge un'importante funzione di distinzione tra self e non-self; su di esso possono aderire anticorpi o cellule del sistema immunitario.

La membrana cellulare, definita anche membrana plasmatica, è morbida ed elastica grazie alla presenza al suo interno della componente lipidica. Al suo esterno sono presenti proteine che assolvono al compito di recettori al fine di ricevere ed elaborare messaggi chimici (e in parte fisici) per consentire lo stoccaggio e il metabolismo delle sostanze nutrienti. Il trasporto di ioni e metaboliti attraverso la membrana si svolge in genere con dispendio di energia (trasporto attivo) mediante delle proteine carriers di membrana.

Figura 1.1
La membrana fosfolipidica



Per inglobare le molecole di grosse dimensioni, le proteine endo-membrana (spendendo comunque una notevole quantità di energia) riescono a far incanalare tali macromolecole all'interno della cellula introducendo quanto occorre: questo mezzo di comunicazione e di passaggio di sostanze viene detto sistema dinamico.

La cellula può essere paragonata a una macchina a energia chimica che, per costruire e mantenere la propria organizzazione, utilizza l'energia e le sostanze organiche e inorganiche che sottrae all'ambiente circostante. La somma di tutte le reazioni che una cellula compie costituisce il metabolismo cellulare.

Altra struttura fondamentale della cellula, o meglio degli organuli endocellulari, è rappresentata dal reticolo endoplasmatico. Esso è un sistema di membrane che origina dalla membrana cellulare ed è con questa continuo. Attraverso una serie di introflessioni, di canali e di cisterne, il reticolo endoplasmatico forma un'estesa ramificazione che si sviluppa per tutta la cellula e che mette in contatto tra di loro varie parti della cellula stessa.

1.2.2. *Il citoplasma e il citoscheletro*

La composizione del liquido extracellulare è differente da quella del liquido intracellulare. La diversa ripartizione degli ioni: potassio (+), sodio (+) e cloro (-), determina a riposo una differenza di potenziale fra i due lati della membrana (potenziale di riposo). Il potenziale a riposo ha l'interno della cellula elettronegativo rispetto all'esterno, con una grandezza che varia a seconda dei tessuti, fra i 40 e 100 mV (millivolts).

All'interno della cellula è contenuto il citoplasma composto dal 75 all'80% d'acqua, in esso sono immersi i vari organuli necessari per vivere e per svolgere le funzioni principali della cellula stessa. Il citoplasma è costituito da una soluzione salina acquosa ricca di potassio e povera di sodio, contenente proteine sotto forma di enzimi solubili e gli organuli endocellulari. La sola componente liquida endocellulare prende il nome di citosol. La composizione del citoplasma e del citosol è nettamente distinta da quella dell'ambiente esterno della cellula, occupa lo spazio intorno agli organuli cellulari e funge da struttura di scambio.

Il citoscheletro, invece, è il vero e proprio scheletro della cellula. Esso è immerso nel citoplasma ed è formato da proteine che si spostano continuamente e si riuniscono a comporre una sorta di sostegno filamentoso che rappresenta la struttura scheletrica della cellula stessa.

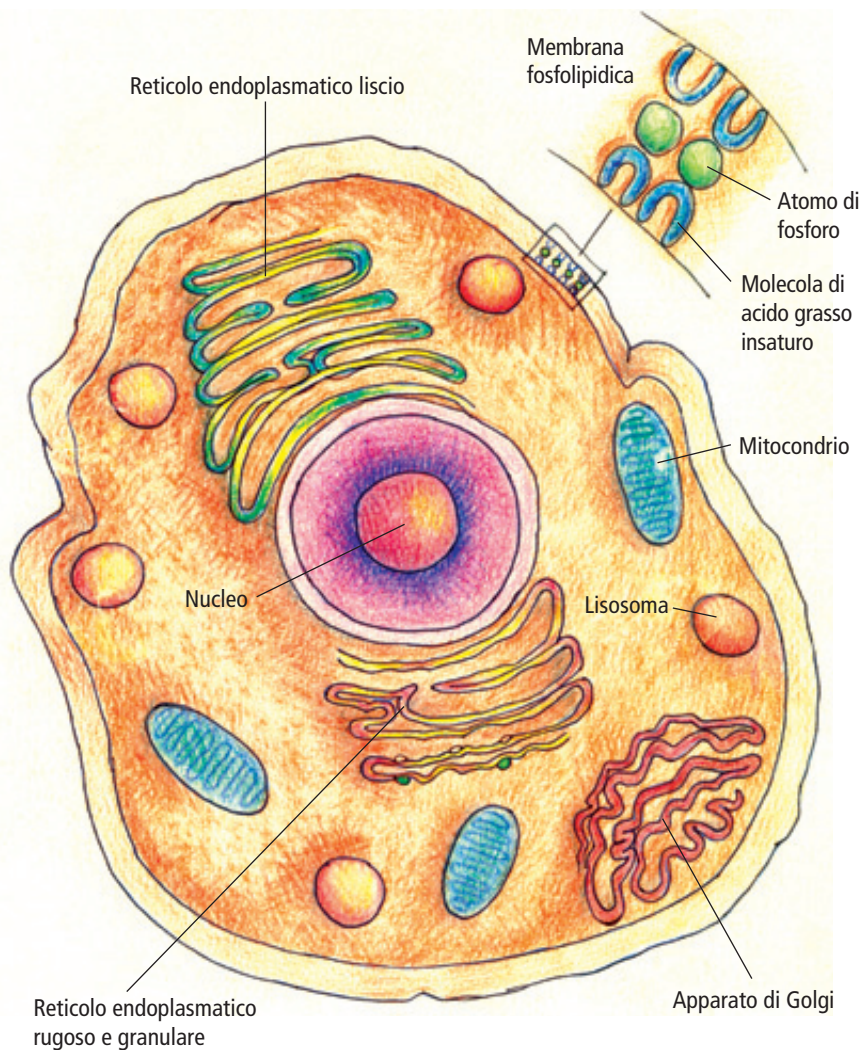
Tali filamenti proteici hanno funzioni di struttura e di locomozione e si distinguono principalmente in:

- microtubuli: estroflessioni cellulari quali ad esempio ciglia e flagelli;
- microfilamenti: tipici dei fagociti in grado di determinare il movimento ameboide;
- filamenti intermedi: strutture in grado di determinare e mantenere la forma della cellula.

1.2.3. *Gli organuli cellulari*

Nel citoscheletro sono inseriti gli organuli cellulari, i quali sono di vario tipo e ognuno con una funzione diversa. Essi potrebbero essere paragonati agli apparati del corpo umano. Gli organuli endo-cellulari sono tutti rivestiti da una membrana di tipo fosfo-lipidico.

Figura 1.2
La cellula e gli organuli



Sezione di cellula che rappresenta i principali organuli contenuti all'interno di una cellula qualunque del corpo umano. La cellula è costituita dal nucleo, dal citoplasma e dalla membrana cellulare. Nel citoplasma si trovano gli organuli cellulari: reticolo endoplasmatico liscio e rugoso, mitocondri, lisosomi, apparato di Golgi.

Reticolo endoplasmatico

All'interno del citosol troviamo il reticolo endoplasmatico che è costituito da spazi tubulari delimitati da una membrana; esso si distingue in:

- reticolo endoplasmatico rugoso (contiene i ribosomi ed è addetto alla produzione di proteine che vengono espulse dalla cellula e vengono esportate nelle diverse parti dell'organismo);
- reticolo endoplasmatico liscio che permette il transito di sostanze all'interno della cellula e svolge inoltre funzione di sintesi ed elaborazione di lipidi (non contiene ribosomi, serve per la detossificazione cellulare e regola altre vie metaboliche).

Apparato di Golgi

Un altro organulo intra-citoplasmatico fondamentale per la vita delle cellule è rappresentato dall'apparato di Golgi, una sorta di sistema di stoccaggio che assolve al compito di imballare e inviare, ad altri organuli o ad altre cellule, il materiale prodotto. L'apparato di Golgi si occupa della "rifinitura" e dello "smistamento" delle proteine da "esportazione". Esso è costituito fondamentalmente da un agglomerato di cisterne appiattite e sovrapposte.

Mitocondri

I mitocondri, che hanno un proprio DNA ed RNA, si possono paragonare all'apparato respiratorio della cellula; nella preistoria erano dei batteri in simbiosi con l'organismo umano e poi, durante l'evoluzione filogenetica, sono stati inglobati. Essi rappresentano il sistema energetico della cellula e sono dotati di un metabolismo prevalentemente di tipo aerobico che genera ATP (adenosintrifosfato) e calore. Gli organi a elevato fabbisogno energetico dispongono di cellule ricche di mitocondri che garantiscono un'estrema ricchezza di catene enzimatiche.

Lisosoma

Un altro organulo molto utile è il lisosoma, una sorta di apparato digerente della cellula. I lisosomi sono vescicole di varie dimensioni delimitate da una membrana, contengono enzimi litici in grado di distruggere le principali strutture delle cellule dopo la loro morte, oltre che le particelle estranee che vengono incorporate nelle cellule stesse.

Nucleo

La struttura più evidente nel citoplasma della cellula eucariote umana è il nucleo, nel quale è contenuto quasi tutto il DNA della cellula. Il DNA da una parte controlla l'organizzazione e lo sviluppo della cellula dando l'informazione genetica per tutte le proteine che costituiscono la cellula stessa e, dall'altra, conserva e passa da generazione a generazione l'informazione genetica in esso codificata. Il nucleo è separato dall'ambiente cellulare da una membrana fosfolipidica detta membrana nucleare. Nel nucleo è facilmente distinguibile il nucleolo, un organulo sferoidale, composto da DNA, proteine ed RNA. All'interno del nucleo sono immerse delle piccole masse di cromatina, la quale è costituita da DNA, cui sono legate varie proteine, tra cui quelle basiche dette istoni. Durante la mitosi o la meiosi (eventi riproduttivi), quando il nucleo si sta dividendo, il materiale cromatinico si condensa assumendo la configurazione di filamenti o bastoncelli, i cromosomi. Le dimensioni e il numero dei cromosomi variano da specie a specie, ma sono costanti in ogni specie. Ciascun cromosoma è a sua volta diviso in geni (se ne contano circa 23-24 mila).

Dunque, l'insieme di tutto il DNA, detto anche genoma, può presentarsi con due aspetti: uno nebuloso che prende il nome di eterocromatina e uno ben chiaro e visibile che prende il nome di eucromatina. La differenza tra questi due stati diversi è dovuta al fatto che la cromatina cambia densità, grazie ad alcune proteine, quando il DNA si sta duplicando, o quando lo stesso viene letto dall'RNA (acido ribonucleico).

La superficie del nucleo è delimitata da una membrana a doppio strato lipidico detta membrana nucleare. Su di essa sono disposti i pori nucleari: aperture della membrana nella quale sono presenti proteine in grado di regolare il transito di materiale dall'esterno all'interno e viceversa.

Il DNA è composto da zucchero e acqua, è formato da una catena doppia legata da quattro molecole: adenina-timina e guanina-citosina. Tali molecole si uniscono tra loro a coppie che sono estremamente stabili.

Il DNA è solitamente compresso e attorcigliato a formare un'elica per risparmiare spazio nel nucleo, si srotola solo quando deve consentire la lettura delle sue informazioni. Il DNA è composto da 23 coppie di cromosomi, 22 delle quali vengono dette autosomi e indicano le caratteristiche funzionali, mentre due cromosomi, definiti eterosomi, derivano uno dalla madre e uno dal padre. Gli eterosomi, dunque, sono la ventitreesima coppia, e sono quelli che distinguono e determinano il sesso. Possono essere differenti tra loro XY, determinando il sesso maschile; se sono uguali invece XX determinano il sesso femminile.

L'acido ribonucleico, o RNA, entra ed esce dal nucleo dando informazioni e direttive per conto del DNA, copia le basi e rispetta gli ordini codificati all'interno del DNA stesso. L'RNA può essere distinto in vari tipi, quali ad esempio l'RNA messaggero, l'RNA ribosomiale o l'RNA di trasporto. Le molecole che compongono l'RNA sono uracile-adenina e citosina-guanina.

Figura 1.3
Il DNA



Citosina Guanina



Adenina Timina

Il DNA è formato da una doppia catena. Ciascuna catena è congiunta a quella che le sta di fronte per mezzo di una coppia di basi azotate: guanina-citosina e adenina-timina.

10

L'apparato digerente

10.1. Generalità

L'uomo consuma giornalmente una grande quantità di energia attraverso il lavoro fisico e intellettuale e attraverso il lavoro dei suoi diversi organi nello svolgimento delle funzioni che a questi competono. Proliferazione cellulare, crescita e rinnovo di parti vecchie e usurate, secrezione, escrezione, assorbimento, immagazzinamento di riserve, mantenimento delle condizioni omeostatiche dell'ambiente intra ed extracellulare: sono tutti esempi di funzioni che si svolgono con consumo d'energia.

L'energia è ricavata dall'apporto nutritizio che ha luogo giornalmente con l'alimentazione. Gli alimenti svolgono la loro funzione energetica soltanto dopo che sono stati opportunamente trasformati.

L'apparato digerente assolve alle funzioni di assunzione del cibo, masticazione e digestione che rappresentano le tappe preliminari di queste trasformazioni; esse portano alla disponibilità di metaboliti che, insieme ad acqua e sali minerali, possono essere assorbiti dall'organismo. Con l'assorbimento, ulteriore funzione dell'apparato digerente, una serie di composti relativamente semplici viene immessa nella circolazione sanguigna e linfatica e si rende così utilizzabile da tutte le cellule.

Allo stabilirsi delle condizioni ideali nell'ambiente interno del canale alimentare concorrono anche le secrezioni di strutture ghiandolari annesse. Tra le più significative citiamo:

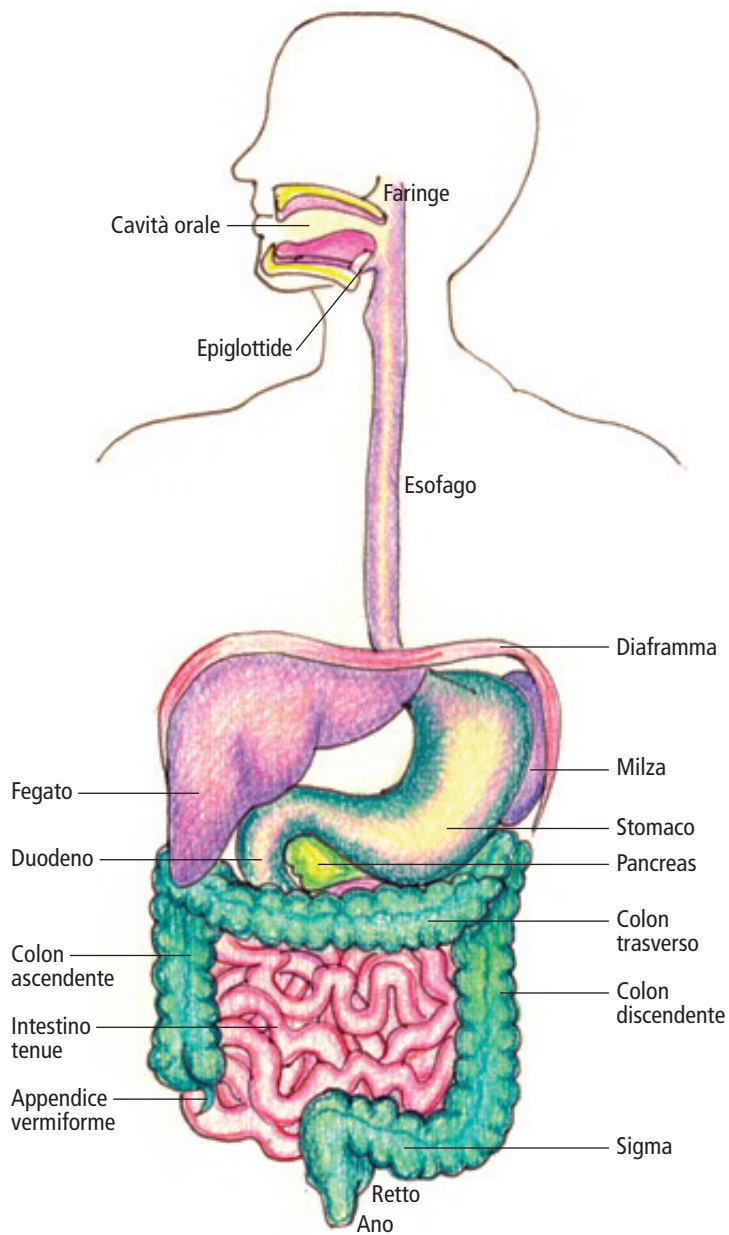
- ghiandole salivari maggiori: parotidi, ghiandole sottomandibolari, ghiandole sottolinguali;
- fegato;
- cistifellea;
- pancreas.

10.2. La bocca

La bocca è la prima parte del canale alimentare cui si accede attraverso la rima buccale. Nella bocca si costituisce, a seguito dell'attività masticatoria, il bolo alimentare che, con la deglutizione, viene immesso attraverso l'istmo delle fauci nella faringe e procede direttamente, attraverso l'esofago, fino allo stomaco.

La bocca, denominata anche cavità orale, è composta dalle labbra che formano i confini anteriori, le guance che costituiscono le pareti laterali, la lingua e i muscoli che formano

Figura 10.1
Gli organi dell'apparato digerente



il pavimento, il palato duro e molle che costituiscono la volta. Il vestibolo della bocca è la parte compresa tra le labbra, le guance e le arcate alveolo-dentarie.

Le labbra sono distinte in superiore e inferiore e quando sono chiuse la linea di contatto è chiamata rima buccale. Svolgono una funzione nell'assunzione del cibo solido e liquido, inoltre cooperano alla fonazione e in particolare all'emissione del linguaggio articolato. Le labbra sono vascolarizzate dalle arterie labiali, sottomentale, buccinatoria e trasversa della faccia, mentre le vene principali sono la vena sottomentale e la vena faciale anteriore. I nervi motori per la muscolatura labiale sono rami del nervo faciale, mentre la componente sensibile è trasportata dai nervi infraorbitario, mentale e buccinatorio, rami del nervo trigemino. Le labbra sono rivestite esternamente dalla cute e internamente da una mucosa. Tra questi due strati è compreso un insieme di muscoli striati che conferiscono grande mobilità alle labbra stesse. La cute delle labbra presenta un sottile epitelio pavimentoso stratificato cornificato con abbondanti follicoli piliferi, ghiandole sebacee e ghiandole sudoripare. A livello della parte rosea delle labbra, l'epitelio è ancora più sottile e le papille del derma diventano numerose e alte e i loro capillari traspaiono attraverso l'epitelio determinando il colore roseo della zona.

Le guance presentano una costituzione simile a quella delle labbra e delimitano lateralmente il vestibolo della bocca. Nello spessore della parte posteriore delle guance si trova la bolla di Bichat, che è un accumulo di grasso avvolto in una capsula fibrosa che svolge funzione di materiale di riempimento. Le arterie delle guance provengono dall'arteria faciale e da alcuni rami dell'arteria mascellare interna. Le vene sono affluenti della vena faciale anteriore e dei plessi pterigoideo e masseterino. I nervi somatici e viscerali hanno la stessa origine e distribuzione visti nelle labbra. Come le labbra, le guance sono formate da una lamina di muscolatura striata rivestita all'esterno da cute e all'interno da una mucosa che accoglie numerose ghiandole salivari.

Le arcate gengivodentali delimitano con la loro faccia esterna la parete interna del vestibolo della bocca, durante l'occlusione isolano ampiamente il vestibolo della bocca dalla cavità buccale propriamente detta. Le arcate gengivodentali sono formate dai denti e dai processi alveolari delle ossa mascellari (le superiori) e della mandibola (le inferiori) ricoperti da una tonaca mucosa che costituisce le gengive.

Le gengive sono formate da quella parte ispessita, consistente e non mobile della mucosa del vestibolo e della cavità buccale propriamente detta che si dispone a rivestire la faccia esterna (vestibolare) e interna (buccale) dei processi alveolari. Il loro colorito roseo-biancastro si accentua in direzione di quelle regioni (sottolinguali) dove la mucosa presenta minore aderenza ai piani profondi.

Nel soggetto adulto i denti sono 32, impiantati in altrettante cavità (alveoli) della mandibola (inferiormente) e delle ossa mascellari (superiormente). I denti presentano le stesse caratteristiche delle ossa. Sino a trenta mesi si dispone solo di venti denti decidui, destinati, cioè, a cadere per essere rimpiazzati.

All'interno dell'osso, nell'alveolo, è presente la radice del dente; gli incisivi e i canini hanno una o due radici, i molari e i premolari ne hanno due o tre. I denti del giudizio erompono più tardi di tutti gli altri (dai diciassette ai venticinque anni in genere, ma ci sono delle eccezioni), si ritrovano, così, a doversi fare spazio nella mascella o nella mandibola e per questo motivo spesso presentano radici molto contorte.

I denti possono avere varie forme per potere svolgere svariate funzioni: i denti che tagliano hanno l'apicale molto sottile, come gli incisivi; i canini sono appuntiti per strap-

pare; per tritare, invece, i denti debbono avere la superficie piatta come i molari o premolari. Dei 32 denti dell'adulto, 8 sono gli incisivi, 4 i canini, 8 i premolari e 12 i molari.

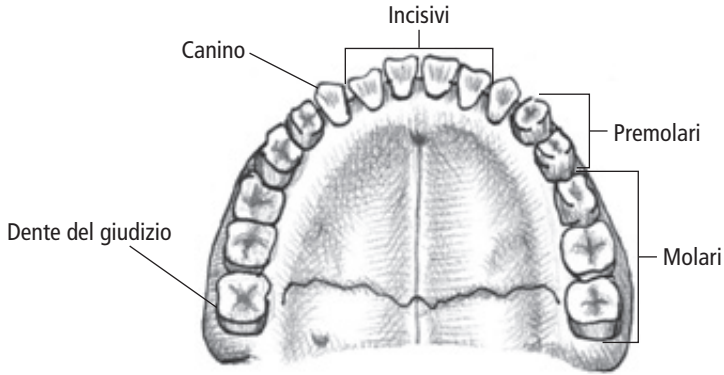
In ciascun dente si distinguono la parte visibile del dente (corona) e la parte non visibile (radice); il limite tra corona e radice è detta colletto. La cavità del dente è detta cavità della polpa in quanto contiene la polpa del dente, un tessuto connettivo mucoso ricco di vasi sanguigni e nervi. La cavità della polpa è delimitata dal più interno dei tessuti duri del dente, cioè la dentina. La superficie esterna della dentina è rivestita dallo smalto a livello della corona e dal cemento a livello della radice. Lo smalto è formato quasi esclusivamente da sostanze organiche depositate sotto forma di cristalli di idrossiapatite. La dentina è formata dagli odontoblasti che elaborano la dentina al loro polo apicale e quindi in direzione dello smalto. Ha una struttura più simile alle ossa sia nella percentuale di sostanze organiche e inorganiche che la compongono, sia nella struttura. Infine, una importante componente strutturale del dente è rappresentata dal parodonto. Esso è costituito da un insieme di formazioni che si mettono in relazione con la radice e con il colletto del dente e che svolgono funzioni trofiche e di supporto del dente stesso. Il parodonto è costituito da: legamento alveolo dentale, osso alveolare, cemento e gengiva.

10.2.1. *La cavità buccale propriamente detta*

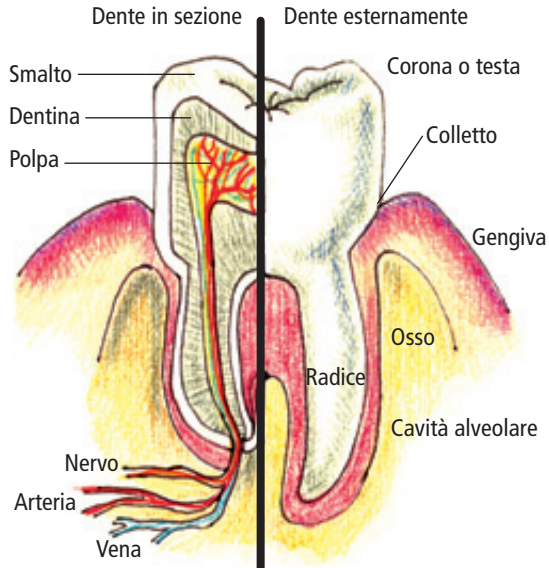
La cavità interna della bocca viene definita cavità buccale propriamente detta. È situata tra il vestibolo della bocca e l'istmo delle fauci, che è l'apertura posteriore che immette nell'orofaringe. Si presenta come una cavità ovoidale con l'asse maggiore a direzione antero-posteriore, più allargata posteriormente che anteriormente. La cavità buccale propriamente detta è costituita da:

- **Palato duro:** è anche denominato palato osseo in quanto provvisto di uno scheletro formato dai processi palatini delle due ossa mascellari e dalle due lamine orizzontali delle due ossa palatine. È formato in superficie da una mucosa, costituita da un epitelio di rivestimento e da una lamina propria. Le arterie che lo irrorano sono rami dell'arteria palatina maggiore e dell'arteria sfenopalatina. Le vene sono tutte tributarie della vena facciale posteriore. I nervi di senso derivano tutti dal nervo mascellare (seconda branca del nervo trigemino).
- **Palato molle:** fa seguito, indietro, al palato duro e si presenta come una lamina muscolare rivestita sulle sue due facce da mucosa. Ha la funzione di isolare la rinofaringe rispetto alla cavità orale durante la deglutizione. Nervi, vene e arterie sono rami analoghi alle strutture relative del palato duro.
- **Solco sottolinguale:** è una parte ristretta del pavimento della cavità buccale propriamente detta ed è in rapporto con la faccia inferiore della lingua. Al centro del solco si trova il frenulo della lingua, una piega della mucosa situata sulla superficie inferiore della lingua che provvede ad ancorarla al pavimento della bocca.
- **Lingua:** è un organo molto mobile in quanto costituito da una consistente massa muscolare che è rivestita alla superficie da una tonaca mucosa. Svolge compiti essenziali nell'assunzione di cibo, nella masticazione, nella formazione del bolo alimentare e nella deglutizione. La lingua inoltre è la sede principale della sensibilità gustativa ed è provvista di una squisita sensibilità tattile.

Figura 10.2
I denti



La figura mostra il corredo dentale dell'arcata superiore di un adulto dopo l'eruzione dei denti del giudizio.



Ogni dente è costituito da una corona (esterna) e da un colletto e una radice (ricoperti dalla gengiva). Il periodonto, grazie ai robusti legamenti delle radici, assicura una fissazione elastica del dente all'interno dell'alveolo.

Nella lingua si distinguono una parte buccale o corpo, un apice e una base. All'irrigazione della lingua provvede in gran parte l'arteria linguale. Le vene principali sono la vena sottolinguale e le vene linguali profonde. Il corredo nervoso motore è dato dal nervo ipoglosso, mentre quello sensitivo è garantito dal ramo linguale del nervo mandibolare (del trigemino).

I calici gustativi sono innervati da un ramo del nervo faciale, la base della lingua invece è fornita dal nervo glossofaringeo. La lingua è costituita internamente da uno scheletro fibroso formato da due lamine (membrana ioglossa e setto linguale) al quale prendono attacco i muscoli che si distinguono in intrinseci ed estrinseci. I primi hanno origine e terminano nel contesto della lingua, ne consentono le modificazioni di forma e dimensioni e concorrono a posizionare il materiale alimentare tra le arcate dentali durante la masticazione; essi sono:

- muscoli longitudinali superiore e inferiore;
- muscolo trasverso;
- muscolo verticale.

I muscoli estrinseci sono quelli che terminano nella lingua ma hanno le inserzioni di origine al di fuori di quest'organo e sono:

- muscolo genioglosso;
- muscolo ioglosso;
- muscolo condroglosso;
- muscolo stiloglosso;
- muscolo glossopalatino;
- muscolo faringoglosso;
- muscolo amigdaloglosso.

In corrispondenza della faccia superiore del corpo della lingua, la mucosa ha un aspetto vellutato per la presenza di diversi tipi di papille:

- papille filiformi, con funzione meccanica;
- papille fungiformi;
- papille vallate;
- papille foliate.

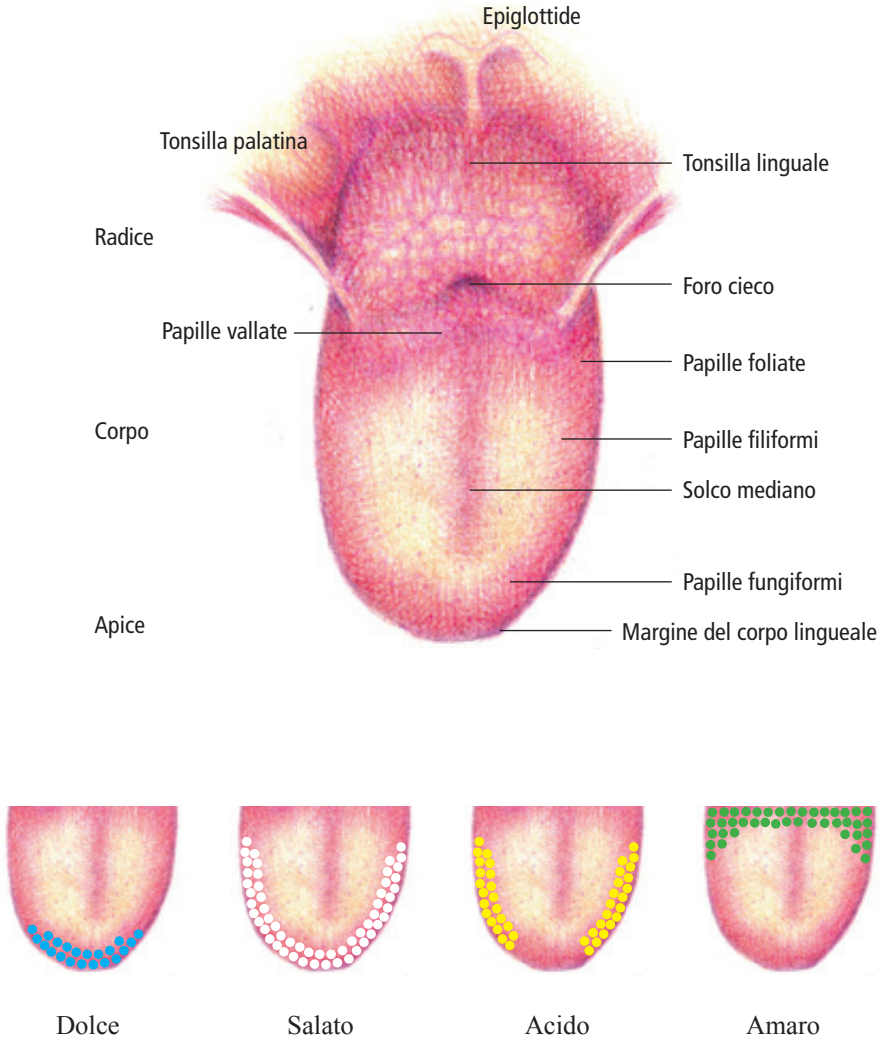
I calici gustativi sono organuli del gusto annidati nell'epitelio pavimentoso che tappezza la lingua. Sono presenti prevalentemente nelle papille foliate e vallate. I recettori gustativi presenti sulla lingua rilevano segnali chimici e generano, a loro volta, segnali elettrochimici elaborati successivamente dal ponte di Varolio, dall'area limbica. Una volta elaborati, gli impulsi vengono dirottati al talamo e alle zone gustative cerebrali.

Proprio a causa della presenza di papille specializzate, disposte in vari settori della lingua, si avvertono maggiormente determinati gusti in determinate aree.

Il gusto dolce è maggiormente recepito sull'apice della lingua, l'amaro sulla parte posteriore. Il gusto acido è sentito maggiormente su entrambi i lati, mentre il salato corre lungo tutto il bordo esterno.

Il gusto acido è dato da un'eccessiva concentrazione di ioni idrogeno presente nel cibo, mentre il salato dal sodio; entrambi lavorano con la pompa calcio che funziona analogamente a quella sodio-potassio.

Figura 10.3
La lingua e le aree di suddivisione dei sapori



Nella parte anteriore della superficie dorsale della lingua sono presenti quasi esclusivamente papille filiformi e fungiformi, dietro le quali sono disposte alcune papille vallate. Nella radice linguale si trova tessuto linfoide (la tonsilla linguale).

Bisogna ricordare che il senso del gusto è accompagnato indispensabilmente dall'olfatto. La percezione del gusto è incrementata dalle molecole aromatiche che risalgono nel naso tramite la rinofaringe grazie al processo di masticazione. La percezione del gusto non potrebbe fare a meno dell'olfatto.

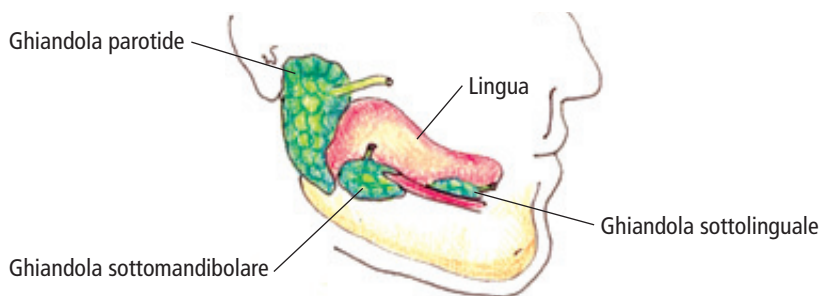
10.3. Le ghiandole salivari maggiori

La parotide, la sottomandibolare e la sottomandibolare sono tre grosse ghiandole pari extra-murali, annesse alla bocca, deputate alla produzione di saliva.

La saliva è un misto di secrezioni mucose e sierose. Le secrezioni di tipo mucoso consentono di lubrificare le pareti della bocca e di dare consistenza al bolo alimentare, mentre le secrezioni sierose sono ricche di proteine enzimatiche (principalmente l'amilasi salivare) che operano una prima digestione dei polisaccaridi.

Da tutte le ghiandole salivari viene dunque secreta la saliva che risulta principalmente composta da: acqua, bicarbonato ed enzimi litici, quali la ptialina. La ptialina è un enzima che degrada gli amidi, li separa, impasta bene il cibo e inizia a predigerirlo. Nella saliva sono anche presenti anticorpi Ig A, urea, albumina, muco e lisozima. Il lisozima è un ulteriore sistema difensivo poiché in grado di proteggerci, almeno parzialmente, da alcuni batteri, rompendo la loro membrana esterna e inducendo un processo iperosmotico che determina un enorme incremento di acqua al loro interno, portandoli a morte. La saliva fisiologicamente ha un pH acido, compreso tra 6,3 e 6,8, ottimo per attivare la ptialina e tenere sotto controllo i microrganismi.

Figura 10.4
Le ghiandole salivari



La ghiandola parotide immette nel vestibolo della bocca una secrezione fluida (sierosa). Le ghiandole sottomandibolari e quelle sottomandibolari sboccano nella cavità orale, nei pressi del frenulo linguale.

10.3.1. *Le ghiandole parotidi*

Le ghiandole parotidi sono le più voluminose delle ghiandole salivari maggiori e si trovano nelle regioni parotidee, al di sotto del padiglione auricolare, dietro al ramo della mandibola e innanzi al muscolo sternocleidomastoideo. La parotide si presenta lobulata, ha un volume variabile e un peso di circa 25-30 g. Per la sua posizione contrae importanti rapporti vascolari e nervosi con:

- arteria carotide esterna;
- vena giugulare esterna;
- nervo faciale;
- nervo auricolotemporale.

Il dotto escretore della parotide, dotto di Stenone, emerge dalla ghiandola in corrispondenza della faccia esterna e si apre nella parete laterale del vestibolo della bocca di fronte al colletto del secondo dente molare superiore.

Le arterie che irrorano la parotide derivano dall'arteria carotide esterna, mentre le vene sono tributarie della vena faciale anteriore e della vena giugulare esterna. Infine, l'innervazione eccitosecretrice (parasimpatica) è data dal nervo glossofaringeo, mentre l'innervazione sensitiva è data dal nervo auricolare.

10.3.2. *Le ghiandole sottomandibolari*

Le ghiandole sottomandibolari si trovano nelle regioni sopraioidee e sono accolte entro le logge sottomandibolari, avvolte in una sottile capsula connettivale. Hanno forma di prisma triangolare e pesano 7-8 g. Il dotto escretore, dotto di Wharton, ha una lunghezza di 4-5 cm, emerge dalla faccia mediale della ghiandola e sbocca nel solco sottolinguale, sull'apice della caruncola sottolinguale. Le arterie provengono dall'arteria faciale e le vene sono affluenti della vena sottomentale e della vena faciale anteriore. Le fibre nervose eccitosecrettrici decorrono attraverso il nervo faciale e il nervo linguale.

10.3.3. *Le ghiandole sottolinguali*

Le ghiandole sottolinguali sono poste nella loggia sottolinguale e si presentano come un agglomerato di piccoli lobuli che nell'insieme hanno una forma ovoidale e un peso di 2-3 g. Le arterie sono rami della sottolinguale e della sottomentale, mentre le vene sono affluenti della vena sottomentale e della vena sottolinguale. L'innervazione è analoga alle ghiandole sottomandibolari.

10.4. *L'istmo delle fauci*

È un breve tratto del canale alimentare che pone in comunicazione la bocca con la faringe. Vi si distinguono tre zone fondamentali:

- archi palatini: costituiscono le pareti laterali dell'istmo delle fauci e si distinguono in arco glossopalatino e arco faringopalatino;

- fosse tonsillari: sono profonde depressioni, di forma triangolare, che sono occupate dalle tonsille palatine;
- tonsille palatine: sono due organi linfoidi accolti nelle fosse palatine. Insieme alla tonsilla linguale, alle tonsille faringee, alle tonsille tubariche e alle tonsille laringee, costituiscono l'anello linfatico di Waldeyer, un complesso linfoide che svolge funzioni difensive nel primo tratto delle vie digerenti e aeree. La faccia mediale della tonsilla, prospiciente l'istmo delle fauci, è ricoperta da una tonaca mucosa formata da un epitelio pavimentoso stratificato che penetra in profondità dando origine a 10-20 profonde cripte occupate completamente da tessuto linfoide diffuso.

10.5. *La faringe*

La faringe è un tratto del canale alimentare che fa seguito all'istmo delle fauci e prosegue nell'esofago. Costituisce anche una porzione delle vie aeree in quanto riceve aria dalle cavità nasali immettendola nella laringe. Nella faringe si aprono inoltre le tube uditive che stabiliscono una comunicazione tra la cavità della faringe stessa e la cassa timpanica.

La faringe si trova nella testa e nel collo e si presenta come un condotto che decorre verticalmente dalla base cranica fino a un livello corrispondente alla sesta vertebra cervicale, per una lunghezza di 14-15 cm.

Si divide in tre parti:

- rinofaringe: appartiene all'apparato respiratorio, è la parte superiore della faringe ed è posta tra la volta faringea e la faccia superiore del palato molle;
- orofaringe: è limitata superiormente dal velo pendulo e inferiormente arriva fino all'osso ioide, è in comune con l'apparato respiratorio;
- ipofaringe: è posta dietro alla laringe e continua con l'esofago.

La principale arteria che irrorla la faringe è l'arteria ascendente, ramo dell'arteria carotidea esterna, mentre le vene sono organizzate in due plessi intramurali di cui uno superficiale e uno profondo.

I nervi presenti provengono dal plesso faringeo, alla cui costituzione prendono parte i nervi glossofaringeo, il nervo vago, il nervo accessorio oltre a rami provenienti dal ganglio superiore dell'ortosimpatico.

La struttura della faringe è costituita, dall'esterno verso l'interno da:

- Tonaca avventizia, connettivale lassa che avvolge esternamente i muscoli.
- Tonaca muscolare, formata da una serie di muscoli striati che formano, intorno al condotto, un involucro pressoché continuo:
 - muscolo costrittore superiore;
 - muscolo costrittore medio;
 - muscolo costrittore inferiore;
 - muscolo stilofaringeo.
- Tonaca mucosa, nella porzione superiore della faringe essa ha caratteristiche della mucosa delle vie respiratorie.

10.6. *L'esofago*

L'esofago è un tratto del canale alimentare che decorre quasi verticalmente, dall'alto in basso, facendo seguito alla faringe e proseguendo nello stomaco. L'estremità superiore dell'esofago, al limite con la faringe, si trova nel collo, all'altezza della sesta vertebra cervicale.

L'esofago è lungo circa 25-26 cm e termina, inferiormente, all'altezza della decima vertebra cervicale.

L'esofago viene didatticamente diviso in quattro distinte porzioni:

- parte cervicale: compresa fra il corpo della sesta vertebra cervicale e il margine superiore della seconda vertebra toracica;
- parte toracica: decorre nel mediastino posteriore e si mette in rapporto con l'arco aortico e il tratto iniziale dell'aorta discendente;
- parte diaframmatica: corrisponde al breve tratto che si impegna nell'orifizio esofageo del diaframma;
- parte addominale: è ricoperto dal peritoneo sulla sua faccia anteriore ed è in rapporto di contiguità con i lobi epatici.

Le arterie che irrorano l'esofago provengono, dall'alto verso il basso, da:

- arteria tiroidea inferiore;
- arterie bronchiali;
- arterie intercostali;
- arterie freniche inferiori;
- arteria gastrica sinistra.

Le vene dell'esofago sono drenate da un plesso periesofageo tributario della vena cava superiore. I nervi provengono dal vago e dal nervo ricorrente.

La struttura dell'esofago è organizzata in tonache sovrapposte come tutta la struttura del tubo digerente. Nell'esofago, dall'interno all'esterno, troviamo:

- tonaca mucosa: è sollevata in pieghe ed è costituita da un epitelio di rivestimento pavimentoso stratificato non corneificato, da una lamina propria connettivale densa, e da una muscolaris mucosae con fascette longitudinali;
- tonaca sottomucosa: struttura connettivale lassa in cui si trovano lobuli di ghiandole esofagee a secrezione mucosa;
- tonaca muscolare: formata da fibre striate, continuazione di quelle faringee, e da fibrocellule lisce;
- tonaca avventizia: di tipo connettivale con un ricco contingente di tessuto elastico;
- tonaca sierosa: reperibile soltanto nel tratto addominale dove si reperta la presenza del peritoneo.

10.7. *Lo stomaco*

Lo stomaco è un tratto dilatato del tubo digerente interposto tra l'esofago e l'intestino tenue. È situato nella cavità addominale subito al di sotto del diaframma e occupa l'epiga-

strio e parzialmente l'ipocondrio sinistro. In esso gli alimenti si accumulano e sostano temporaneamente per essere sottoposti all'azione digestiva del succo gastrico. La sua capacità media nell'adulto è di circa 1200 ml, ma può variare a seconda delle abitudini alimentari.

Lo stomaco ha la forma di una sacca allungata con l'estremo prossimale espanso a cupola e l'estremo distale, irregolarmente conico, posto in basso e a destra. L'organo si presenta complessivamente incurvato con la concavità rivolta a destra, in alto e posteriormente. Lo stomaco presenta due orifizi, uno superiore o cardias, e uno inferiore o piloro.

I margini dello stomaco sono curvilinei e di estensione diversa. Il margine destro, concavo o piccola curvatura, è lungo circa 15 cm, mentre il margine sinistro, o grande curvatura, è lungo circa 40 cm.

Si distinguono nello stomaco tre parti principali:

- il fondo, è la parte più alta dello stomaco, a forma di cupola, si adatta alla concavità del diaframma;
- il corpo, rappresenta la porzione più estesa dell'organo, fa seguito direttamente al fondo e ha forma cilindrico-conica;
- la parte pilorica, di aspetto irregolarmente conico, che è a sua volta divisa in due distinte porzioni: l'antro pilorico e il canale pilorico.

Il peritoneo avvolge quasi completamente lo stomaco mediante due lamine, una anteriore e una posteriore. Solamente il cardias, la faccia posteriore dell'esofago e una parte del fondo dello stomaco rimangono sprovvisti di rivestimento peritoneale.

Lungo la parte orizzontale della grande curvatura, le due lamine peritoneali, sempre accolte l'una all'altra, costituiscono il legamento gastrocolico. Mentre lungo la piccola curvatura le due lamine si applicano ancora l'una all'altra per formare il legamento epato-gastrico, il quale continuando verso destra con il legamento epatoduodenale, costituisce il piccolo omento che si fissa al fegato.

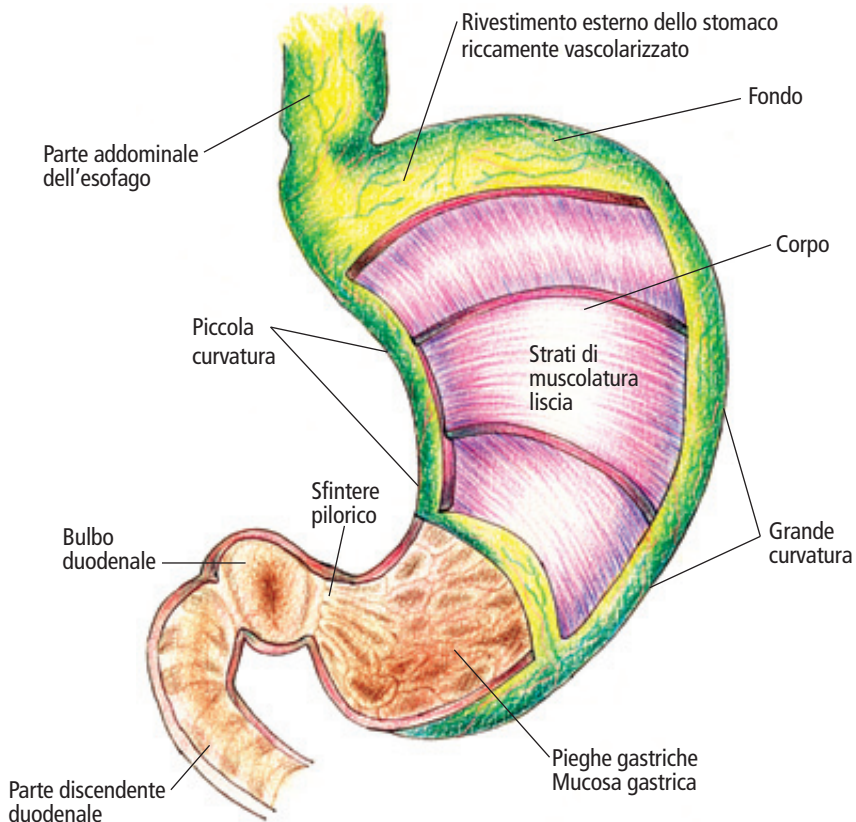
La superficie interna dello stomaco ha colore grigio-roseo e diventa di un colore rosso intenso durante le fasi della digestione.

La digestione inizia nella cavità buccale, dove la saliva contiene un enzima, l'amilasi salivare o ptialina, in grado di digerire parzialmente gli idrati di carbonio. Tale enzima, pervenuto nello stomaco, mantiene la propria attività per circa 30 minuti prima di essere inattivata dalle proteasi gastriche. In tale maniera, la demolizione dei polisaccaridi continua per breve tempo anche all'interno dello stomaco. Il succo gastrico, elaborato dalla mucosa gastrica (1,5-2 litri al giorno), contiene altri enzimi capaci di demolire proteine (come la pepsina) e lipidi (lipasi). Questi enzimi presentano la loro attività ottimale in ambiente acido; la mucosa gastrica crea tale ambiente (pH 2) producendo acido cloridrico la cui secrezione è iniziata e mantenuta dalla gastrina, ormone prodotto dalle cellule G della mucosa gastrica. Un altro prodotto della secrezione della mucosa gastrica è il fattore intrinseco, una glicoproteina che si combina con la vitamina B12 degli alimenti permettendone l'assorbimento.

La parete dello stomaco è formata da una tonaca mucosa, una sottomucosa, una muscolare e una sierosa (peritoneo).

- La tonaca mucosa è formata, dall'interno verso l'esterno, da:
 - epitelio di rivestimento, costituito da cellule alte, prismatiche, provviste di rari microvilli alla loro superficie libera;

Figura 10.5
Lo stomaco



Situato nella cavità addominale subito sotto il diaframma, lo stomaco di un adulto ha una capacità media di 1200 cm³, anche se si può dilatare molto conformemente alle abitudini di ciascun soggetto.

Lo stomaco funziona da deposito di circa un litro e mezzo di cibo, che viene impastato con i succhi gastrici per circa 3 ore, diventando una massa semiliquida che prende il nome di chimo. Appena lo stomaco si riempie, la parete inizia a contrarsi in modo ondulatorio verso il basso. Quando il chimo è digerito a sufficienza, lo sfintere che chiude distalmente lo stomaco (piloro) si apre e il chimo passa al duodeno.

14

Il sistema immunitario

14.1. Definizione di immunologia e immunità

L'immunologia è lo studio dei meccanismi biologici alla base delle caratteristiche cellulari, molecolari e funzionali del sistema immunitario.

Il ruolo fisiologico principale del sistema immunitario è quello di proteggerci nei confronti delle infezioni microbiche. Per raggiungere un tale obiettivo, il sistema immunitario produce mediatori molecolari e cellulari in grado di eliminare i microrganismi patogeni. Il termine utilizzato per definire questo tipo di protezione, immunità, deriva dal latino *immunis* (immune).

Il riconoscimento del ruolo dell'immunità è datato poco più di un secolo fa, sebbene già nell'antichità si era evidenziato come individui contraessero la malattia un'unica volta e diventassero dunque immuni da attacchi successivi.

Senza ancora conoscere come funzionasse il sistema immunitario, Edward Jenner sviluppò nel 1796 le osservazioni fatte da alcuni allevatori: le donne addette alla mungitura che avevano avuto il vaiolo vaccinico, una malattia lieve, non contraevano una malattia molto più seria, il vaiolo. Jenner raccolse il materiale da una pustola di una donna malata di vaiolo vaccinico e lo inoculò in un ragazzo, a cui in seguito somministrò il materiale di pustole di un paziente affetto da vaiolo. Il ragazzo non contrasse la malattia e Jenner diffuse questa sua scoperta tra i medici del tempo, aprendo così la strada alla nascita dell'immunologia moderna.

14.1.1. Concetti di base di immunologia

Se l'immunità è definita come protezione nei confronti delle malattie infettive, allora il sistema immunitario è costituito da molecole, cellule, tessuti e organi che mediano e attuano questa protezione. I principali organi primari del sistema immunitario sono il midollo osseo e il timo, dove le cellule immunitarie maturano e acquisiscono le loro capacità funzionali. Dal momento che il sistema immunitario deve essere pronto a rispondere a un agente infettivo in ogni distretto dell'organismo, esso deve potere essere veicolato dal sangue e dalla linfa in ogni parte del corpo.

La maggior parte delle cellule del sangue completa l'intero processo di maturazione nel midollo osseo. Una di queste, è una cellula che svolge un ruolo centrale nel sistema immunitario, il linfocita B. Questa cellula produce molecole anticorpali in seguito ad attivazione da parte di un antigene. L'altro tipo di cellula linfoide, denominato linfocita T, inizia il suo

sviluppo a livello del midollo osseo, ma completa la maturazione a livello del timo. Gli stadi finali della maturazione dei linfociti avvengono sia nel midollo osseo che nel timo e pertanto questi tessuti vengono denominati tessuti linfoidei primari. L'attivazione del linfocita da parte dell'antigene avviene in distretti dell'organismo denominati organi linfoidei secondari. Essi comprendono la milza, i linfonodi e il tessuto linfoide associato alla mucosa che è localizzata nel tratto respiratorio, nel tratto gastrointestinale e nel tratto urogenitale.

Anche i linfociti T riconoscono gli antigeni estranei in maniera specifica, ma in modo diverso da come si comportano i linfociti B. Le cellule T, infatti, presentano sulla membrana cellulare una struttura specializzata al riconoscimento, nota come recettore per l'antigene dei linfociti T (*T cell receptor*, TCR). Ma perché il TCR possa legare un antigene, esso deve essere stato digerito in piccoli peptidi da parte di enzimi proteolitici. Questi piccoli peptidi sono generati all'interno di cellule specializzate denominate *antigen-presenting cells* (APC). Una volta che il peptide è stato prodotto dalla cellula APC, esso si associa a un'altra molecola sintetizzata dall'APC denominata antigene di istocompatibilità di classe II (MHC). L'associazione tra il peptide antigenico e la molecola MHC di classe II avviene in vescicole presenti all'interno della cellula APC; successivamente il complesso peptide-MHC è trasportato sulla membrana della cellula APC. Il TCR non riconosce singolarmente la molecola MHC di classe II o il peptide, ma il loro complesso.

Anche le cellule che non sono APC producono piccoli peptidi; essi tuttavia si associano a una molecola MHC diversa, denominata antigene di istocompatibilità di classe I, e sono così riconosciuti dal TCR.

Le cellule T che riconoscono il peptide antigenico in associazione con gli antigeni d'istocompatibilità di classe II presentano sulla membrana una molecola denominata CD4 e vengono dunque definiti linfociti T CD4 helper. Le cellule T che riconoscono il peptide antigenico in associazione con gli antigeni di istocompatibilità di classe I presentano sulla membrana una molecola denominata CD8 e vengono dunque definiti linfociti T CD8 suppressor.

14.1.2. I tipi di risposta immunitaria

Le risposte del sistema immunitario sono classificate in due categorie: immunità innata e immunità acquisita. I meccanismi dell'immunità innata non sono specifici, intendendo con ciò che le cellule e le molecole che costituiscono l'immunità innata rispondono in modo simile a una varietà di stimoli estranei, quali le proteine, gli acidi nucleici, i carboidrati e alcune strutture dei microrganismi.

Molti componenti dell'immunità innata possono aumentare nel numero e nella concentrazione nelle fasi iniziali della risposta, ma ritornano ai livelli basali quando lo stimolo antigenico non è più presente. I componenti dell'immunità innata sono efficaci nei confronti di vari tipi di infezione in quanto sono in grado di riconoscere e di rispondere attivamente nei confronti di molecole e strutture prodotte da microrganismi patogeni. Essi svolgono la loro funzione in maniera non specifica, nel senso che riconoscono strutture comuni a microrganismi diversi.

Al contrario, i meccanismi dell'immunità acquisita o adattativa sono quiescenti fino a quando non vengono a contatto con un particolare antigene. L'immunità adattativa può essere suddivisa in immunità umorale e cellulare. L'immunità umorale implica l'attivazione dei linfociti B e la conseguente produzione di molecole anticorpali specifiche. L'immunità

adattativa cellulare implica l'attivazione dei linfociti T in seguito al riconoscimento dei complessi MHC-peptide. I linfociti T possono attivare altri tipi cellulari potenziando la loro capacità di uccidere ed eliminare i microrganismi, o più direttamente uccidono le cellule dell'organismo infettate da microrganismi; questa capacità viene detta citotossicità.

Le risposte immunitarie adattative sono generalmente rivolte nei confronti di qualsiasi antigene estraneo, sia esso un costituente o meno di un microrganismo. Inoltre le risposte immunitarie adattative possono essere dirette nei confronti delle cellule tumorali e contribuire potenzialmente alla resistenza alle neoplasie.

14.2. *L'immunità innata*

L'immunità innata impedisce ai microrganismi patogeni di stabilirsi in un organismo ospite, in questo caso, nel corpo umano. Questo obiettivo viene raggiunto mediante strategie diverse che sono riassunte nella seguente tabella.

Meccanismi	Esempi
Barriere anatomiche	Cute, mucose, muco
Meccanismi di eliminazione	Fagocitosi
Componenti fisiologiche variabili	pH, temperatura, proteine leganti il ferro
Proteine ad azione enzimatica	Lisozima, complemento
Difese di natura chimica	Anione superossido, ossido nitrico
Peptidi antimicrobici	Defensine
Proteine antivirali	Interferone

Oltre alle fisiologiche barriere anatomiche, i meccanismi dell'immunità innata sono rappresentati dalla capacità della stessa di uccidere microrganismi grazie a proteine con attività enzimatica. Uno di questi enzimi è il lisozima, presente nelle secrezioni delle mucose, nelle lacrime e nella saliva, il quale è in grado di digerire una porzione della parete di molti microrganismi (il peptidoglicano) danneggiando l'integrità della cellula batterica.

L'uccisione dei microrganismi da parte di mediatori chimici può avvenire sia all'esterno che all'interno della cellula. I fagociti, importanti mediatori della risposta immunitaria innata, rilasciano composti di natura chimica (ossido nitrico, acido ipocloroso e anione superossido) nel fagosoma dove vengono così distrutti i batteri fagocitati. I macrofagi, forma specializzata di fagocita, una volta attivati possono liberare questi mediatori chimici nell'ambiente extracellulare uccidendo i batteri ivi presenti.

I peptidi antimicrobici sono invece piccole proteine presenti sulle mucose e dotati di una potente attività microbica. Uno di questi peptidi è denominato defensina. Si tratta in realtà di una famiglia di piccoli peptidi sintetizzati dai fagociti e immagazzinati in organelli subcellulari che, una volta attivata la cellula immunitaria, vengono messi nello spazio extracellulare danneggiando le pareti dei batteri con cui vengono a contatto. Le defensine sono prodotte anche nell'intestino dalle cellule delle cripte intestinali e sono denominate criptidine.

Un altro componente con un ruolo centrale nell'immunità innata è rappresentato da una famiglia di circa venti enzimi sierici inattivi denominata sistema del complemento. Le

proteine del complemento sono sintetizzate in forma inattiva e sono attivate in una cascata di reazioni chimiche fatte scattare da meccanismi sia specifici che aspecifici. Dunque, nonostante il complemento sia attivato in seguito al legame dell'anticorpo con l'antigene, esso può anche essere attivato direttamente da alcuni antigeni e innescare una reazione a catena in grado di determinare la formazione del complesso di attacco alla membrana (*membrane attack complex*, MAC) sulla superficie della cellula microbica, identificando e presentando tale cellula come fortemente indesiderata e dunque innescando gli altri meccanismi umorali già descritti.

In definitiva la cascata del complemento determina la lisi delle cellule estranee che ne hanno provocato la reazione.

14.2.1. *Le cellule dell'immunità innata*

Sorvegliando l'organismo, particolarmente a livello delle mucose e del sangue, i fagociti sono le cellule che riconoscono prontamente gli antigeni estranei. Tali antigeni sono sovente associati alle proteine del sistema del complemento che li preparano e predispongono all'azione dei fagociti stessi, i quali attuano dunque la lisi dell'antigene mediante il processo della fagocitosi.

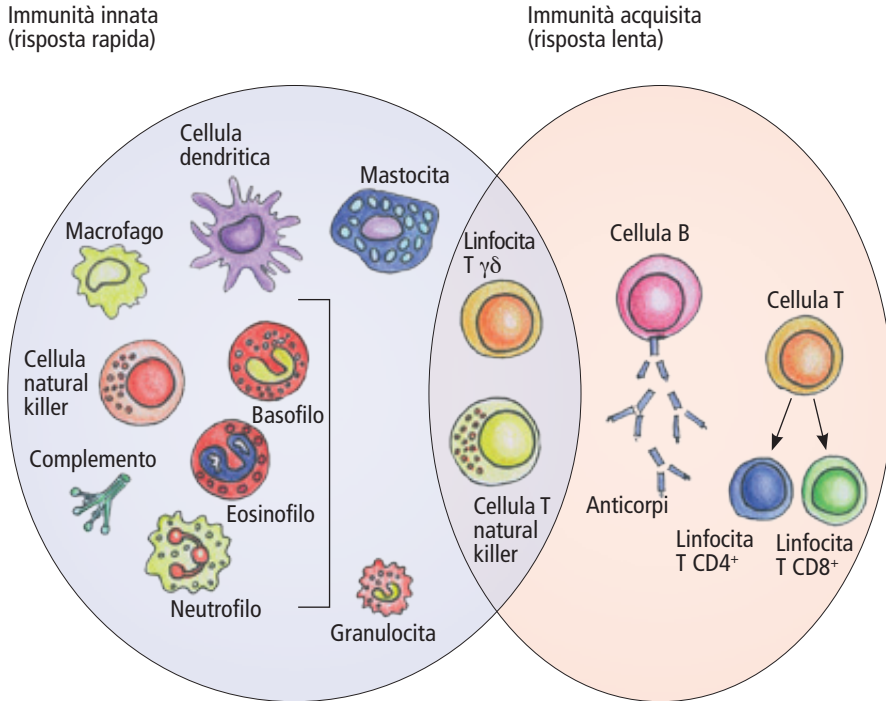
La fagocitosi è un processo mediante il quale vengono eliminati e distrutti i microrganismi patogeni che hanno invaso i tessuti dell'ospite, i fagociti riconoscono i microrganismi estranei e li digeriscono. Il microrganismo viene inglobato all'interno del fagocita in un compartimento subcellulare denominato fagosoma. La cellula rilascia nel fagosoma i mediatori tossici che digeriscono e uccidono il microrganismo.

I principali tipi di cellule fagocitarie sono:

- i monociti, che sono presenti nel sangue e migrano nei tessuti dove si differenziano ulteriormente e diventano macrofagi tissutali. Secondo una vecchia nomenclatura di tipo anatomico essi sono denominati: macrofagi alveolari presenti nei polmoni, cellule di Kupffer quando sono presenti nel fegato e cellule mesangiali quando sono presenti nel rene. I macrofagi presenti nei tessuti costituiscono il sistema dei fagociti mononucleati che un tempo era descritto come sistema reticolo-endoteliale;
- i granulociti neutrofili o polimorfo nucleati (PMN) sono cellule presenti in numero maggiore nel sangue, con una vita media di 12-24 ore. Un individuo quindi produce un numero enorme di PMN al giorno. Non appena i PMN riconoscono uno stimolo antigenico, lasciano il torrente circolatorio e migrano nel sito d'infezione, pronti a ingerire ed eliminare l'antigene. Sulla membrana cellulare dei PMN sono espressi alcuni recettori in grado di legare molecole, quali gli anticorpi o alcuni componenti della cascata complementare capaci di interagire con un antigene esterno. Questi complessi contenenti l'antigene sono fagocitati più prontamente e nel caso sono uccisi dai PMN.

Oltre ai fagociti, nell'immunità innata, grande importanza rivestono i linfociti natural killer (NK). Le cellule NK agiscono principalmente come sentinelle in grado di riconoscere cellule con un'espressione alterata di molecole MHC di classe I e di avere un'azione citotossica su di esse. Le cellule NK distruggono soprattutto cellule neoplastiche e cellule infettate da virus.

Figura 14.1
Le cellule coinvolte nell'immunità innata e nell'immunità acquisita



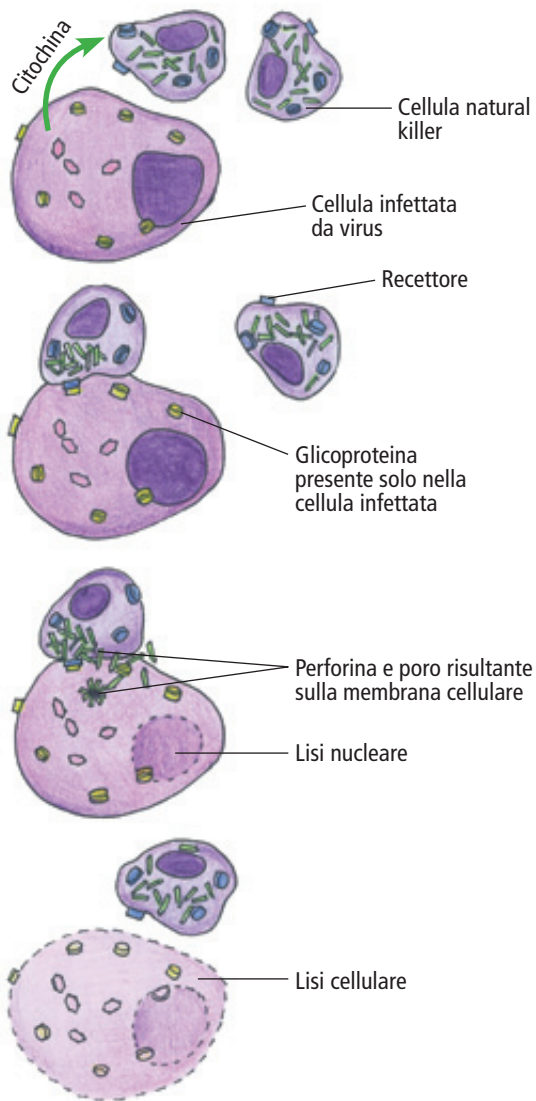
L'immunità innata, aspecifica, comprende cellule responsabili di una prima linea di difesa contro le aggressioni, oltre che mediatori chimici responsabili dell'infiammazione. È evolutivamente antica e consente il riconoscimento di un repertorio limitato di antigeni. Riconosce una generica condizione di pericolo e pone il sistema immunitario in una condizione di "allarme" che favorisce lo sviluppo dell'immunità specifica, la quale poggia su di essa per molte funzioni di presentazione e distruzione degli antigeni.

Le cellule coinvolte nell'immunità innata sono: i granulociti neutrofili, basofili ed eosinofili, i macrofagi che derivano dai monociti del sangue e le cellule dendritiche, i mastociti, le cellule natural killer, i linfociti innati: linfociti T $\gamma\delta$, linfociti T NK.

L'immunità specifica o adattativa comprende mediatori chimici e cellulari responsabili di una risposta difensiva più potente e mirata (virtualmente in grado di riconoscere qualunque forma di antigene), ma più lenta. È evolutivamente più recente e poggia sulla risposta aspecifica per numerose funzioni di presentazione e distruzione degli antigeni.

Le cellule coinvolte nell'immunità specifica sono: linfociti T e linfociti B.

Figura 14.2
Le cellule natural killer



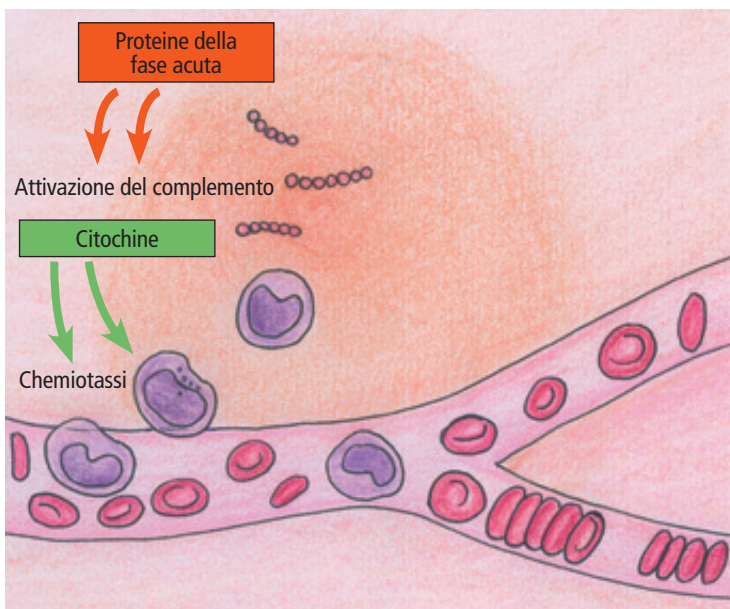
Le cellule natural killer sono richiamate da una cellula infettata tramite citochine, per esempio l'interferone gamma. Dopo essere state attratte rilasciano la proteina perforina che determina la formazione di fori nella membrana cellulare e infine si ha la lisi della cellula infettata.

14.2.2. Cooperazione tra meccanismi dell'immunità innata: l'infiammazione

Il primo evento in una risposta infiammatoria è la liberazione di mediatori vasoattivi. L'istamina è il principale mediatore con azione vasodilatatoria. Essa induce un aumento del diametro dei capillari e delle venule e incrementa la permeabilità vasale. Un altro mediatore vasoattivo importante è la chinina, piccolo peptide prodotto in seguito a danno tissutale, che incrementa notevolmente la permeabilità vascolare favorendo l'ingresso di fluido (essudato) e di cellule nel tessuto infiammato. L'essudato contiene i fattori della coagulazione e altri enzimi e il suo accumulo determina un rigonfiamento dei tessuti (edema).

Nel sito dell'infiammazione i fagociti fuoriescono dal torrente circolatorio e migrano verso il tessuto danneggiato per controllare l'infezione. Dapprima i fagociti aderiscono alle cellule endoteliali dei vasi sanguigni ed entrano nel tessuto migrando tra le cellule epiteliali (diapedesi). Infine i fagociti migrano nel sito dell'infiammazione (chemiotassi) e non appena lo raggiungono fagocitano i microrganismi ivi presenti. I detriti cellulari che si accumulano e il materiale che viene digerito provocano la formazione di un fluido denominato pus.

Figura 14.3
La chemiotassi



In caso di infiammazione vengono liberate citochine che richiamano i globuli bianchi dal sangue nei tessuti. Il processo prende il nome di chemiotassi.

L'essudato contiene gli enzimi della coagulazione del sangue che vengono attivati formando una rete di fibrina con lo scopo di contenere l'area danneggiata e impedire la diffusione dell'edema.

Gli eventi più tardivi della risposta infiammatoria avvengono a distanza dal sito del processo infiammatorio attivo. Ad esempio il fegato sintetizza la proteina C reattiva che è in grado di legarsi ad una struttura antigenica presente sulla parete di numerosi batteri e funghi, denominata polisaccaride C. Il legame della proteina C reattiva, attiva il sistema del complemento favorendo l'eliminazione dei microrganismi mediante lisi o fagocitosi.

I fenomeni di riparazione e di rigenerazione del tessuto precedentemente affetto da infiammazione, iniziano quando i fagociti hanno eliminato la maggior parte dei detriti e si è attenuata la risposta infiammatoria. Crescono i capillari nel coagulo del sangue e non appena il coagulo si scioglie, i fibroblasti connettivali rimpiazzano la fibrina con la matrice costituita principalmente da collagene e glucosaminoglicani (GAG).

14.3. *L'immunità acquisita o adattativa*

Il sistema immunitario deve essere in grado di distinguere tra ciò che è proprio dell'organismo (self) da ciò che gli è estraneo (non self). Le proteine MHC, che sono espresse su tutte le cellule dell'organismo, forniscono al sistema immunitario quelle informazioni necessarie per la discriminazione tra self e non self. Esistono due tipi di proteine MHC: le proteine di classe I, che sono espresse su tutte le cellule, e le proteine di classe II, che sono espresse solo sulle cellule APC, quali macrofagi, linfociti B e le cellule dendritiche.

La capacità del sistema dell'immunità acquisita di rispondere a qualsiasi microrganismo invasore, dipende da una rete estremamente raffinata di cellule e dai loro prodotti. I linfociti maturi lasciano il midollo osseo o il timo dopo avere acquisito la capacità di rispondere a un solo antigene estraneo. Queste cellule, prima di incontrare l'antigene, sono denominate vergini (naïve). Quando il linfocita incontra l'antigene specifico, viene attivato e diventa così capace di svolgere le sue funzioni immunitarie. I linfociti attivati proliferano e poi si differenziano in cellule effettrici o in cellule della memoria le quali sono posizionate strategicamente nell'organismo e sono pronte a rispondere e ad attivarsi in seguito a un incontro successivo con lo stesso antigene. Le cellule della memoria sono cellule a lunga vita e ciò spiega in parte perché non ci ammaliemo due volte della stessa malattia.

Le cellule più rappresentative dell'immunità acquisita o adattativa sono sicuramente i linfociti T e i linfociti B.

14.3.1. *I linfociti T*

I linfociti T vengono prodotti inizialmente nel midollo osseo e migrano nel timo per completare la loro maturazione. Essi esprimono sulla membrana cellulare una proteina denominata TCR (recettore delle cellule T) che permette l'interazione con l'antigene specifico. Perché avvenga la presentazione antigenica, l'antigene deve essere dapprima processato da una cellula APC. L'antigene, di solito una proteina, viene tagliato in piccoli frammenti peptidici e si associa alla molecola MHC mediante un legame non covalente. Una porzione della molecola MHC contiene una "tasca" in cui vengono alloggiati i fram-

Figura 14.4
La formazione dei linfociti B e dei linfociti T

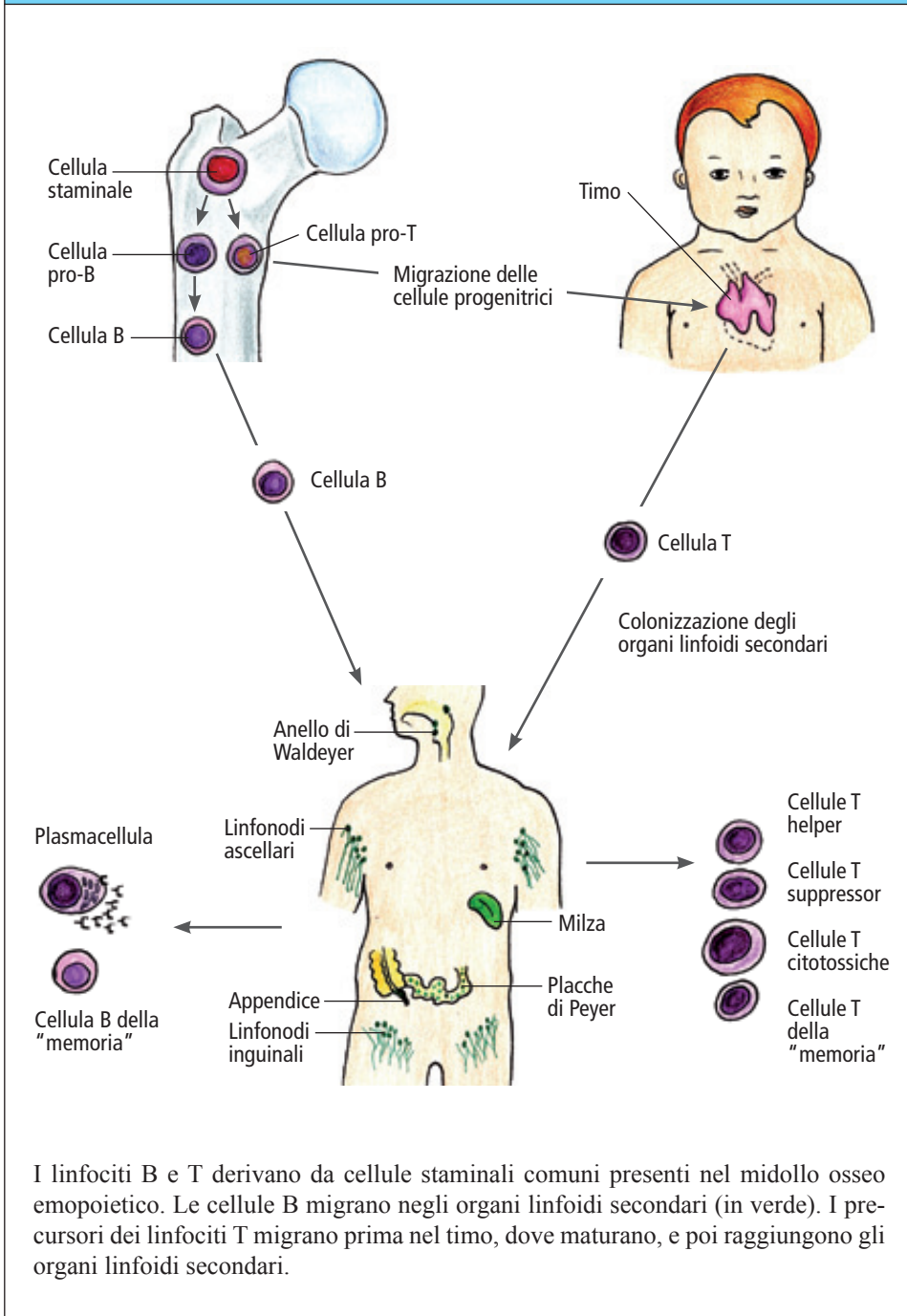
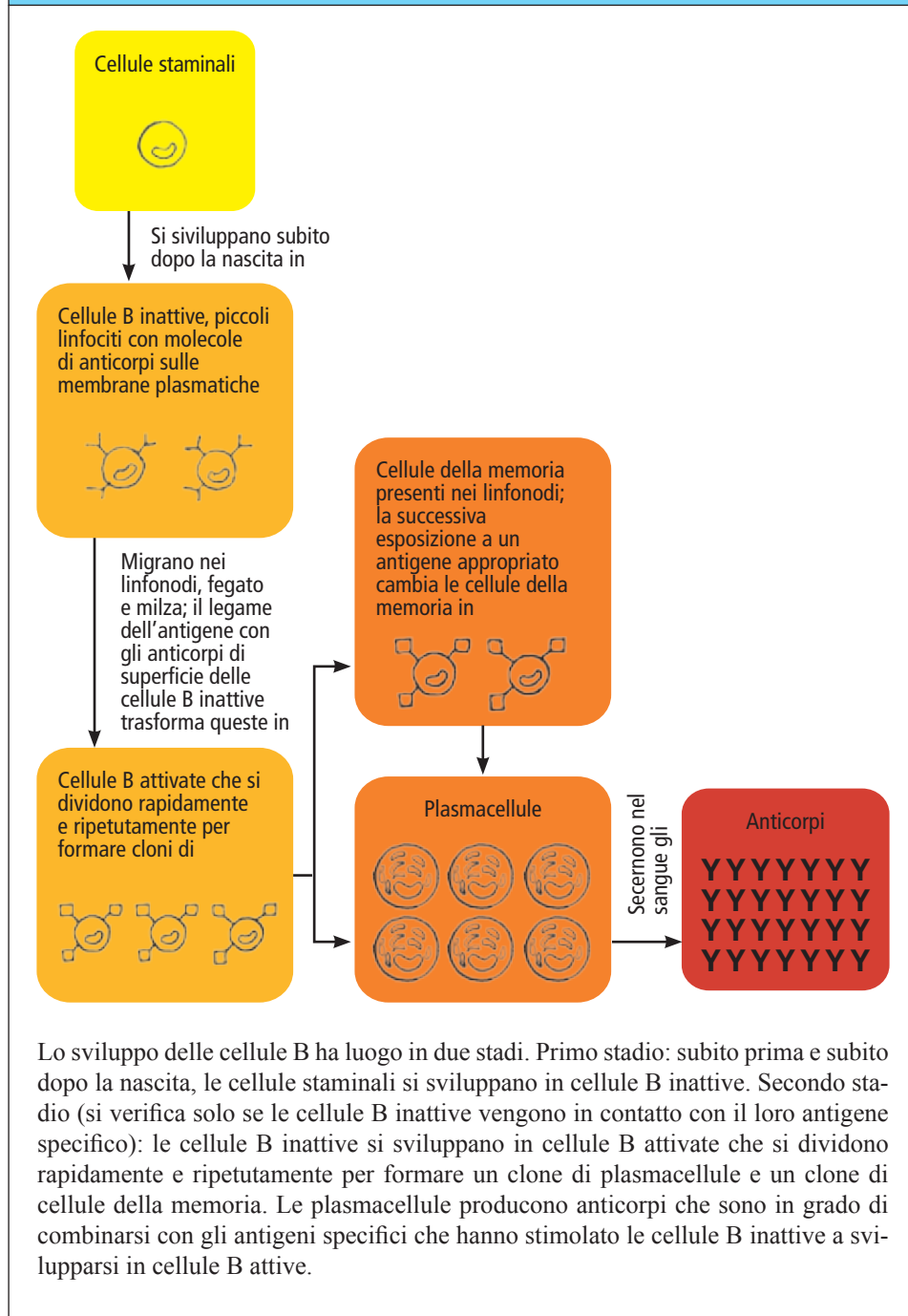


Figura 14.5
Schema di sviluppo e di attivazione delle cellule B



menti peptidici. Il TCR riconosce il complesso MHC-peptide antigenico, non il solo peptide né la sola molecola MHC.

Oltre al TCR, il linfocita T esprime altre proteine note con il nome di CD4 e CD8 che interagiscono con le molecole MHC sulla superficie della cellula APC. Tuttavia il CD4 presente sulle membrane dei linfociti T helper (TH), lega la molecola MHC di classe II mentre il CD8, tipico dei linfociti T suppressor (cytotoxic T lymphocyte, CTL), lega la molecola MHC di classe I.

Una sottoclasse dei linfociti TH, i linfociti TH1, produce un repertorio di glicoproteine, definite citochine, che inducono lo sviluppo di una risposta immunitaria nei confronti di agenti patogeni intracellulari che spesso risiedono nelle cellule fagocitiche dell'ospite e così non vengono uccisi. Le citochine prodotte dai linfociti TH1 favoriscono l'uccisione intracellulare dei patogeni che invadono i fagociti. Al contrario, le cellule TH2 producono un repertorio di citochine che stimolano la produzione di anticorpi efficaci nel mediare l'opsonizzazione (processo attraverso il quale i fagociti più facilmente si legano all'antigene sfruttando delle proteine di membrana) e la lisi di patogeni extracellulari che in condizioni normali non vivono all'interno dell'ospite. Spesso i linfociti TH1 producono citochine che inibiscono le risposte mediate dai linfociti TH2 e viceversa.

14.3.2. *I linfociti B*

I linfociti B esprimono sulla membrana cellulare una proteina specifica in grado di legare l'antigene (B cell receptor, BCR). A differenza dei linfociti T, le cellule B producono il BCR in forma solubile denominata anticorpo o immunoglobulina (Ig). L'anticorpo in forma monomerica è un tetramero costituito da due catene pesanti e da due catene leggere; entrambe possiedono alcune regioni simili in molti anticorpi (regioni costanti) e una regione che è propria di ciascuna molecola di anticorpo (regione variabile). Le regioni variabili conferiscono all'anticorpo la specificità per l'antigene e legano direttamente l'antigene.

I linfociti B attivati si differenziano ulteriormente dando luogo a due tipi di cellule:

- le plasmacellule, che sono specializzate nella sintesi e secrezione di grandi quantità di anticorpi in forma solubile. Il primo anticorpo che è sintetizzato da una plasmacellula appartiene alla classe Ig M;
- le cellule B della memoria si sviluppano dai linfociti B maturi in risposta ad una prima stimolazione antigenica, e producono rapidamente, in risposta ad una stimolazione antigenica successiva, livelli elevati di anticorpi.

14.3.3. *Le citochine*

In molti casi, la regolazione della risposta immunitaria è mediata dalle citochine, proteine di piccole dimensioni che sono prodotte da una cellula ed hanno un'azione biologica su un'altra cellula.

Le citochine esercitano numerosi effetti che causano stimolazione, soppressione e modificazione della risposta immunitaria. Ad esempio, l'interleuchina-2 (IL-2) è una citochina generalmente prodotta dai linfociti TH che lega un recettore espresso di linfociti T citotossici. Tra le citochine con attività soppressiva possiamo ricordare l'IL-10 e il fattore di crescita trasformante beta. Citochine quali l'interferone-gamma e l'IL-4 possono guidare lo sviluppo di una risposta immunitaria adattativa, determinando se la risposta dell'ospite

Indice analitico

A

- Acetabolo, 107-108, 111
Acetilcolina, 52, 180-181, 322
Acidi grassi, 21, 55, 128-129, 236, 277, 280
Acido cloridrico, 220-221, 241
- desossiribonucleico (DNA), **6-7**, 10-12, 14-16, 35, 256, 265, 270, 310
- folico, 254, 256
- nucleico, 12, 14-15, 300, 310
- ribonucleico (RNA), **6-7**, 10, 12-14, 270, 310
Acquedotto di Silvio, 329, 333, 342
Acromion, 94-95, 99
ACTH (corticotropina), 266, **269-270**, 277-278
Actina filamenti, 54
Acustico nervo, 329, 368
Adenina, 7, 12
Adenoipofisi, **265-268**, 277, 292, 332
Adenosindifosfato (ADP), 11, 51
Adenosintrifosfato (ATP), 6, 8-9, 11, 50-51, 55, 320
ADH (ormone antidiuretico), 205, 266, 270, 333
Adrenalina, 180-181, 235, **277-278**, 280, 322
Adrenergiche, 130-131, 181, 346
Albumina, 216, 232, 235, 258, 361
Aldosterone, **203**, 205, 236, 270, 275-276, 278
Allattamento, 266, 298
Alveolo polmonare, 147-149
Amebeoide, 4, 28
Amigdala, 337, **340-341**, 352
Ampolla rettale, 242, 289
Anca, 42, **109**
Androgeni, 270, 276, 285, 288, 292
Anello faringeo di Waldeyer, 218, 307
Angiotensina, **203**, 205
Anidride carbonica, 21, 176, 178-179, 282
Annessi cutanei, 125, 127
Ano (canale anale), 22, 92, 210, 224, 291
Ansa di Henle, **200-202**, 204, 282, 361
Anticorpi, 3, 21, 33, 259-260, 261, 302-303, 308-310, 312, 314-318
Antigeni, 250, 259, 261, 300, 302-303, 306, 308-309, 311, 313-316, 318
Aorta, 22, 146, 148, 159, **160-164**, 166-167, 172, 175, 177, 179, 182-183, 186-187, 192, 197-198, 200, 219, 275, 279, 287
Aponeurosi, 80, 89, 124
Appendice vermiforme, 210, 224, 226-227, 242, 251, 285, 307, 356
Aracnoide, 345-346
Arcata dentaria, 66, 68
Arco aortico, 180-181, 183, 219
Area del linguaggio, 340
Area di Broca, 341, 353
Areola mammaria, 130
Arteria, 182-187, 192
Arteriola, 200, 203, 225
Articolazione, 57-59
Assone, 34-35, 52, 266-267, 320, **321**, 322, 323, 325, 333, 336, 349, 359, 371
Astragalo, 107, 112-113
Atlante, 70, 72
ATP (Adenosintrifosfato), 6, 8-9, 11, 50-51, 55, 320
Atrio, 159, 161-163, 175-176, 180-181
Avambraccio, 42, 60-61, 94, 100
Avventizia, 38, 182, 188, 206, 218-219, 227

B

Bacinetto renale, 26, 197, 204
 Bacino, 107, 110-111
 Barocettore, 183
 Bastoncelli, 358-359
 Batteri, 6, 131, 259, 301, 306, **310**, 312, 316-318
 - intestinali, 242-243
 Battito cardiaco, 173, 175
 Bicuspide valvola, 161, 163-164
 Bile, 228-229, 231-232, **234-238**, 241, 316
 Bilirubina, 234-236
 Bocca, 209
 Bolo, 145, 209, 212, 216, 240-241
 Bottone sinaptico, 324
 Broca area di, 341, 353
 Buccinatore, 67-69
 Bronchi, 22, 135-136, **146-148**, 153, 240, 277
 Bronchioli, 147-148
 Bulbo oculare, 355-358, 360-361
 - olfattivo, 138, 352, 370-371
 - pilifero, 132

C

Calcagno, 107, 112-113
 Calice, 199, 204, 369
 Capezzolo, 298
 Capillare vaso, 188
 Cardias, 196, 220, 224, 240
 Carotide, 180-181, 183-185, 190, 192, 217-218, 267, 272, 344
 Carpo, 95
 Carrier, 3, 266
 Cartilagine, 31-32, 45, 47-48, 57-58, 137, 142, 269
 Caruncola, 217
 Cauda equina, 349-350
 Cava vena, 160, 163, 167, 181, **190-191**, 193-198, 200, 219, 228-232, 275, 279, 292
 Cavernoso corpo, 207-208, 290
 CCK (Colecistochinina), 322
 Cefalica vena, 193
 Cervelletto, 271, 328-329, **331-332**, 334-335, 342, 344, 364

Cervello, 133, 183, 320, 329, **332**, 340, 344, 351-353, 358, 364
 Chemiotassi, 259, **305**, 313
 Chemocettori, 180-181, 370-371
 Cheratina, 127, 131
 Chiasma ottico, 332, 356
 Chilo, 241-242
 Chimo, 221, 235, 238, 241-242
 Cieco intestino, 226-227, 242, 289
 Cingolo scapolare, 60-61
 - pelvico, 44, 60-61
 Circonvoluzione, 336-339
 Cisterna, 184, 252
 Cistifellea, 194, 209, 229-230, 234, **237-238**
 Citochine, 35, 254, 260, 304-305, 309-311, 317
 Citoplasma, 2, 4-6, 13-14, 19, 27, 33-34, 51, 53, 127, 129, 131, 147, 232, 235, 254, 259, 265-266, 277, 320
 Citoscheletro, 4, 11, 15, 25, 35
 Citosina, 7, 12
 Clavicola, 60-61, 78-79, 84, 94-95, 297
 Clitoride, 92-93, 129, 290-291, 296
 Coclea, 362-365, 368
 Coledoco, 222, 234, 238
 Colesterolo, 129, 232, 234, 236-237, 278
 Colletto, 212-213, 217
 Collettore dotto, 201-202, 204
 Colon, 210, 224, 226, 242
 Colonna renale, 199
 - vertebrale, 44, 45, 69-73, 78, 81, 91-92, 147, 197, 252, 324, 346
 Complesso antigene-anticorpo, 312-313
 Condilo, 58
 Congiuntiva, 361
 Cono, 358
 Contrazione muscolare, 34, 49, 55, 57, 63
 Coracoideo, 99
 Corda vocale, 142, 144
 Cordone ombelicale, 20
 Cornea, 356-357, 359-361
 Corneo strato, 25, 126-127, 129, 131, 137
 Cornetti nasali o turbinati o conche, 139
 Coronarie arteria, 166-167, 183
 Corpo albicans, 293
 Corpo calloso, 271, 334, 340, 342
 Corpo striato, 329, 340
 Corpuscoli di Meissner, 132

- di Ruffini, 132
- di Pacini, 131-132
- Corti organo, 365, 368
- Cortisolo, 269, 275-276, 278
- Cranio, 57, 60-61, **64-67**, 70, 73
- Crasso intestino, 26, 194-195, 222, **226-228**, 242
- Cremastere, 89-91, 286, 289
- Cresta ampollare, 367
- CRH (corticoliberina), 266
- Cribrosa lamina, 137-138, 370-371
- Cricotide, 143, 272
- Cripte intestinali, 301
- Cristallino, 356-357, 359-360
- Cromosoma, 6, 16
- Crossing over, 16
- Cuboide, 107, 112-113
- Cuore, 23, 34, 37-38, 43, 156, **159-162**, 165-173, 175-183, 188-190, 347-348
- Cute, 26, 29, 44, 49, 67, **125-131**, 133-134, 137, 205, 211, 259, 265, 269, 277, 297-298, 301, 355

D

Deferente dotto, 207, 286-287, 289

Deglutizione, **145**, 209, 212, 240, 333

Dendriti, 320-321, 323

Denti, 64, 211-213, 338

Dentina, 212-213

Depolarizzazione, 55, 168, 170, 181-182, 320-321

Derma, 125-126, 128-129, 131-132, 211

Diafisi, **48**, 61, 253-254

Diaframma, 42, 80, **88-89**, 92, 135, 152-155, 159, 210, 219-221, 228, 240, 247, 275

Diapedesi, 305

Diastole, 169-172, 174-177, 179, 181-183

Diencefalo, 267, 271, 329, 332-334, 336, 340, 344, 356

Digiuno, 133, 222-223, 241-242, 256

Diidrossicolecalciferolo, 49, 205

Disco intervertebrale, 45, 70

DNA (Acido desossiribonucleico), **6-7**, 10-12, 14-16, 35, 256, 265, 270, 310

Dotto cistico, 234

- cocleare, 364-365, 368
- collettore, 201-202, 204
- deferente, 207, 287, 289
- toracico, 223, 251-252
- Duodeno, 210, **221-224**, 228, 234-236, 238-239, 241-242, 254-256, 279
- Dura madre, 191, 267, 344-345, 350

E

Ectoderma, 19-21, 24

Eminenza tenar e ipotenar, 97, 106

Encefalo, 319, 345

Endocardio, 38, 160-164

Endolinfia, 365, 368

Endometrio, 295-296

Endomisio, 52

Endorfine, 132-133, 323

Endostio, 32

Endotelio, 38, 161, 182

Entoderma (o endoderma), 19-20

Enzimi pancreatici, 241

Eosinofili, 33, 222, 259, 303

Epicardio, 38, 161-162

Epicondilo, 96

Epidermide, 26, 125-126, 129

Epididimo, 286-287

Epifisi, 48, 107, 253, 263, 265, 271, 334

Epigastrio, 41

Epiglottide, 143-145, 210, 215

Epimisio, 52

Epistrofeo, 72

Epitelio, 26, 38, 125-127, 139, 144, 147, 202, 206, 208, 211-212, 218-220, 225, 285, 288, 294, 359, 363-365, 369

Eritrociti o globuli rossi, 32-33, 49, 156-157, 205, 247-248, 250, 253-258, 260-261

Eritropoiesi, 256

Eritropoietina, 254

Esofago, 26, 144-145, 195, 210, 224, 240, 273, 347

Espirazione, 150-154

Estrogeni, 270, 278, 288, 292-293, 295

Etmoide, 64-65, 139

Eustachio tromba di, 362-363

F

Faccetta articolare, 107
 Fagocitosi, 9-10, 229, 259, 301-302, 306, 311-312
 Falange, 112
 Falloppio tube di, 294
 Faringe, 22, 26, 66, 135-137, 140-142, 209-210, **217-219**, 240, 338-339, 363
 Fegato, 1, 20, 29, 31, 43, 49-50, 55, 133, 159, 194-196, 203, 209-210, 220, 222, 226, **228-238**, 247, 252, 258-260, 269-270, 275, 277-280, 283, 302, 306, 308, 311, 316, 347-348
 Femore, 60-61, 107-109, 114-118, 120-121, 187, 194
 Fenotipo, 16
 Fibra muscolare, 51-53, 167
 Fibula, 107-108
 Filamenti di actina e miosina, 54
 Flora batterica, 131, 242-243
 Fonazione, 135, 140, 144, 211
 Formazione reticolare, 278, 327, 33
 Fovea, 357-358
 Frenulo, 212, 216, 332
 FSH (ormone follicolo stimolante), 267, 269, 270
 Funicolo spermatico, 89, 91, 289

G

Gabbia toracica, 45, 60-61, **78-81**, 135, 152-155
 Gastrocnemio, 62-63, 114, 118-120, 123
 GH (somatostatina), 49, 266, 268, **269**, 274
 GH-RH (somatoliberina), 266
 Gittata cardiaca, 169-174, 177, 179, 277
 Glia, 31, 34, 227, 267, 334
 Glicocalice, 3
 Globuli bianchi o leucociti, 28, 32-33, 49, 247, 253-255, 258-260, 305
 Globuli rossi o eritrociti, 32-33, 49, 156-157, 205, 247-248, 250, 253-258, 260-261
 Glomerulo, 129-130, 200, 202-203
 Glucagone, 235-236, 238, 280
 Golgi apparato del, 5-6, 9-10, 12, 232, 337
 Granulociti, 33, 222, 253-254, 258-259, 302-303, 311, 316

Gruppi sanguigni, 261-262
 Guaina mielinica, 35

I

Ileo, 107, **110-111**, 222, 226
 Ilo, 198, 342
 Immunoglobuline, 2, 258, **314-317**
 Incudine, 362
 Insulina, 236, 238, 280
 Interferone, 301, 310-311
 Ipofaringe, 140, 218
 Ipofisi o ghiandola pituitaria, 263-264, 267-268, 271, 332, 334
 Ipotalamo, 138, 263-264, 268, 271, 333-334, 352
 Ippocampo, 138, 337, 340-342, 352
 Iride, 357
 Ischio, 60-61, 93, 107, 110-111
 Isole di Langerhans, 238, 279

L

Labirinto, 363-365, 368
 Lamina cribrosa, 137-138, 370-371
 Laringe, 26, 135-136, **142-146**, 218, 240, 272-273
 LDL, 237
 Lecitina, 234
 Legge di Frank-Starling, 169, 173
 Leucociti o globuli bianchi, 28, 32-33, 49, 247, 253-255, 258-260, 305
 Linfa, 28, 30, 32-33, 38, 245, 250-252, 299, 346
 Linfociti, 28, 31, 33, 139, 144, 245-247, 249-250, 253-254, 258-260, 300-303, 306-311, 313-314, 316-317
 Linfonodi, 29, 31, 145, 228, 245, 248-252, 259-260, 300, 307-308, 317
 Limbico sistema, 138-139, 227, 333, 336-337, 340-341, 352, 371
 Lipoproteine, 147, 229, 232, 236-237
 Liquor, 343
 Lisosoma, 5-6, 9-10
 Lisozima, 216, 301
 Lobuli epatici, 195, 229-231
 - polmonari, 148

M

Macrofagi, 28, 31, 222, 229, 247, 250, 260, 301-303, 306, 310-311, 313-314, 318
 Malleolo, 107
 Mammella, 298
 Manubrio sternale, 78, 94, 183
 Martello, 362-363
 Mascella, 60, 65, 211
 Massetere, 67
 Meato, 125, 206-208, 286, 363
 Mediastino, 78, 145, 147, 159, 186, 219, 245
 Meiosi, 6, 15-17
 Melanociti, 127, 270
 Meningi, 328, 345
 Menisco, 58
 Mesencefalo, 327-329, 333-334, 340, 342, 344, 347
 Mesentere, 223
 Mesogastrio, 41-42
 Metacarpo, 60-61, 95
 Metatarso, 60, 107, 109, 112-113
 Midollare del surrene, 265, 277
 Midollo allungato, 157, 180, 191, 324, 327-329, 331, 340, 342, 344, 347, 370
 - osseo, 29, 31-33, 49, 205, 229, 245, 247, 252-254, 256-257, 259-260, 299-300, 306-307, 310, 316
 - spinale, 20, 52, 66, 179, 223, 319, 324-329, 337, 342-343, 345-347, 349
 Milza, 29, 31, 43, 194-196, 210, 226, 228, 233, 238, 243, 245, **247-248**, 251-252, 258-260, 300, 307-308, 347
 Mineralcorticoidi, 275
 Miocardio, 38, **161-163**, 167-169, 277
 Miofibrille, 34, 51, 53, 55, 181
 Miometrio, 270, 295-296
 Mitochondri, 5-6, 9, 14, 35, 156, 232, 272, 295
 Mitosi, 6, 15
 Modiolo, 368
 Monociti, 31, 33, 254, 258, 260, 302-303
 mRNA, 10, 14
 Muscolo, 50-57

N

Naso, 22, 32, **135-137**, 140, 184, 216, 240, 338, 355, 371
 Nefrone, 200-201
 Nervo cranico 174, 329, 347, **349**
 - spinale 44, 46, 325, 326, **349**
 Neurocranio, 64
 Neurone, **319-324**, 328, 351, 370-371
 Neuripofisi, 265-268, 270, 332-333
 Nevrasse, 319, 343, 345-346, 355
 Nodo atrioventricolare, 165-166, 175, 181
 - del seno, 165
 Noradrenalina, 180, 277, 322

O

Oddi sfintere di, 234, 238, 279
 Olecrano, 96
 Olfatto, 369
 Omento, 194, 196, 220, 247
 Omero, 60-61, 95-96, 99
 Organuli cellulari, 4-5
 Orofaringe, 136, 140-141, 218
 Ossicini, 363, 368
 Ossificazione, 47-48
 Osteoblasti, 30, 32, 46-48
 Osteociti, 28, 32, 46-47
 Osteoclasti, 32, 46
 Osteone, 46-47
 Otoliti, 364-366
 Ovaio, 292, 296
 Ovocita, 293

P

Padiglione auricolare, 29, 32, 45, 129, 217, 362-363
 Palato, 64, 66, 138, 140, 145, **211-212**, 218, 240
 Paleocerebello, 332
 Palpebra, 360
 Pancreas, 20-21, 24, 194, 196, 209-210, 222, 228, **238-239**, 241, 247, 264, **278-279**, 347-348
 Pannicolo adiposo, 125-126, 131

Parasimpatico, 179, 223, 234, **346-348**
 Paratiroide, 263, 273-274
 Parotide, 216-217, 238, 347
 Peduncolo ipofisario, 332
 Pelo, 127-128
 Pene, 92, 207, 285-286, **290**
 Pepsina, 220, 240-241
 Pepsinogeno, 240
 Pericardio, 38, 159, 161-163
 Perimio, 52
 Perineo, 42, 92-93, 130, 227, 290
 Peritoneo, 197, 206, 219-220, 222-223, 225, 228, 238, **243**, 247, 294-295
 Perone, 60-61, 107, 109
 Pia madre, 271, **345-346**
 Piastrine o trombociti, 32-33, 49, 253-255, 260
 Piccolo circolo, 176, 178
 Pilo, 220-221, 224, 241
 Pineale, 271, 334
 Pirenoforo, 34, 320-321, 323
 Plasma, **32-33**, 57, 156-157, 200, 204-205, 243, **255**, 256, 258
 Plasmacellule, 28, 31, 222, 247, 250, 308-309, 314, 316-318
 Pleura, 147, 149-150
 Podociti, 200
 Polmone, 22, 43, 80, 88, 135-136, **147-156**, 159, 175-176, 178-179, 260, 278, 281-283, 302, 347-348
 Polpa bianca e rossa, 247-248
 Pompa sodio-potassio, 8, **10-11**, 320
 Ponte di Varolio, 214, 340
 Potenziale d'azione, 168, 170, 181-182, 320-322, 358
 Prepuzio, 129, 290-291
 Pressione osmotica, 170, 204
 Pressocettori, 180, 203
 Processo coracoideo, 99
 - spinoso, 72
 Progesterone, 270, 292, 294
 Prolattina, 22, 267, 269
 Prolattostatina (PIH), 267
 Prostaglandine, 295
 Prostata, 206-207, 285-286, 289
 Psoas, 92, 114-115
 Pupilla, 347, 357

R

Rachide, 44, 45, 69-73, 78, 81, 91-92, 147, 197, 252, 324, 346
 Radio, 59-61, 94-96
 Recettori, 3, 9, 52, 131-133, 139, 156-157, 174, 180, 214, 237, 256, 260, 265, 277, 302, 313, 316, 319, 322-324, 332, 339, 355, 364-366, 369-371
 Rene, 23, 29, 49-50, 179, **197-208**, 254, 256, 270, 275-277, 280, 282-283, 302, 347-348
 Respirazione, 37, 80, 133, 152-154, 157, 180, 323
 Retina, 184, 356-360
 Riassorbimento, 32, 130, 188, 202-205, 270, 275, 278
 Ribosomi, 6, 12-13, 232, 254, 280
 Rinofaringe, 136-137, 140-141, 145, 212, 216, 218, 363
 Ripolarizzazione, 170
 RNA (Acido ribonucleico), **6-7**, 10, 12-14, 270, 310
 Rodopsina, 358
 Rotula, 60, 107-109

S

Sacculo, 323-364, 366
 Safena, 193-194
 Sali biliari, 235
 Saliva, **216**, 220, 301, 316, 370
 Sarcolemma, 51-53, 55
 Sarcoplasma, 34, 51-53, 44
 Sarcomero, 51-54
 Scheletro osseo, 46-50, 60-61
 Scissure, 147, 334-336
 Sclera, 356-357, 360-361
 Scroto, 130, 285, 289
 Sebo, 128, 131, 134
 Secretina, 227, 239
 Secrezione apocrina, 27, 131
 - esocrina, 27, 229
 - gastrica, 240-241
 - merocrina, 27
 - olocrina, 27
 Sella turcica, 267, 332
 Siero, 255, 258, 311, 313-314, 316

Sigma, 210, 224, 226-227, 242
 Sinapsi, 35, 320, 322, 324
 Simpatico, 173, 179, 234, 346
 Sinapsi, 35, 320, 322, 324
 Sinusoidi, 229, 231-232, 268, 276, 279
 Sistema nervoso centrale (SNC), 24, 50, 240, 319, 323, 349, 355
 Sistema nervoso periferico (SNP), 319, 349
 Sistema nervoso autonomo o vegetativo (SNA), 21, 34, 50, 57, 171, 179, 278, 340, **346**, 348
 Smalto, 212-213
 Somatoliberina (GH-RH), 266
 Somatostatina (GH-IH), 227, 238, 265-266, 280, 322
 Somatotropina (GH), 269
 Sperma, 288
 Spermatozoo, 19, 288
 Staffa, 362-363, 365
 Stomaco, 26, 43, 159, 194-196, 209-210, **219-224**, 228, 233, 235, 238, 240-241, 247, 254, 347-348
 Succhi gastrici, 221, 241
 Sudore, 49, 130-131, 134
 Surrene, 186-187, 203, 205, 265, **275-278**
 Suture, 57, 64

T

Talamo, 138-139, 214, 271, 332-334, 340, 342, 352, 370
 Tatto, 132
 Telencefalo, 51, 329, 332, **334-336**, 339-340, 342
 Tenue intestino, 26, 194-195, 210, 219, **222-228**, 233, 235-236, 241-242, 256, 358
 Testicolo, 91, 207, 263, 280, **285-289**
 Testosterone, 236, 278, 288
 Timo, 159, **245-246**, 251, 299-300, 306-307
 Timpano, 362-363, 368
 Tireoglobulina, 272, 274
 Tiroide, 24, 77, 263-265, 270, **272-275**, 278
 Tirosina, 277
 Tono cardiaco, 176-177

Tonsilla, 140-141, 144, 215, 218
 Trachea, 135-136, **142-147**, 159, 273, 347
 Tripsina, 239
 Tripsinogeno, 239
 t-RNA, 12-14
 Troclea, 59, 96, 108
 Trombociti o piastrine, 32-33, 49, 253-255, 260
 Tubulo renale, 49, 200, **202**, 270

U

Ulna, 59-61, 95-96
 Unghia, 127
 Uracile, 7
 Urea, 21, 130, 133, 204, 216
 Uretere, 26, 198-199, 207-208, 286
 Uretra, 26, 198, 206-208, 285-286, 290
 Utero, 208, 290, 292, 294, 296
 Utricolo, 364, 366
 Uvea, 356

V

Vagina, 26, 92, 206, 208, 243, 290-291, **294-296**
 Vasopressina (ormone antidiuretico), 205, 266, 270, 333
 Vena, 188-191, 193
 Venere monte di, 130, 290, 296
 Ventricolo, 159-164, 166, 169-170, 172-179, 183, 271, 329, 331, 336, 342-343, 347
 Verme cerebellare, 331
 Vescica, 23, 26, 43, 197-198, **204-208**, 242, 286, 348
 Vescichetta seminale, 286, 289
 Villi intestinali, 223, **225**, 227, 241-242
 Vulva, 26

W

Waldeyer anello linfatico di, 218, 307
 Wharton dotto di, 217
 Willis circolo arterioso di, 184-185, 267, 344
 Wirsung dotto pancreatico di, 222, 238, 279

Bibliografia

- Adams e Victor, *Principi di neurologia*, McGraw Hill, Milano, 2006.
- Andreoli e Carpenter's, *Cecil Essentials of Medicine*, Elsevier, Oxford, 2007.
- Balboni et al., *Anatomia umana*, Edi Ermes, Milano, 1984.
- Bear M.F., Connors B.W., Paradiso M.A., *Neuroscienze, esplorando il cervello*, Masson, Milano, 2002.
- Cattaneo L., *Anatomia del sistema nervoso*, Monduzzi Editore, Bologna, 1984.
- Firestein G.S., Panayi G.S., Wollheim F.A., *Artrite reumatoide*, Masson, Milano, 2002.
- Forlani R., *Fondamenti di Patologia per operatori della salute*, Edizioni Enea, Milano, 2010.
- Forlani R., *Analisi di laboratorio per operatori della salute*, Edizioni Enea, Milano, 2011.
- Goldman L., Bennet J.C., *Trattato di medicina interna*, Verducci, Roma, 2001.
- Hagi A., *Antibradykinin active material in Aloe Saponaria*, J. Pharm. Sci., 1982; 71:1172-4.
- Hahnemann C.F.S., *Organon. Dell'Arte di Guarire*, Edizioni Red, Como, 1985.
- Harrison, *Principi di medicina interna*, McGraw Hill, Milano, 1995.
- Hart L.A., *Effects of low molecular constituents from Aloe Vera gel on oxidative metabolism and Cytotoxic and bactericidal activities of human neutrophils*, Int. J. Immunopharmacol., 1990; 12, ISS 4:727-434.
- Hart L.A., *Two functionally and chemically distinct immunomodulatory compounds in the gel of Aloe*, J. Ethnopharmacol., 1988; 23:61-71.
- Hartmuzz F., Jordan E., Wagner H., Feil B., *Mistletoe: Pharmacologically relevant components of Viscum Album*, Oncology, 1986; 43 suppl. 1:1-70.
- Heggers J.P., *Beneficial effects of Aloe in wound healing*, Phytotherapy Research, 1993; Vol.7:S48-S52.
- Hutter J.A., *Anti-inflammatory C-Glucosyl Chromone from Aloe Barbadensis*, J. Nat. Prod., 1996; 59, ISS 5:541-543.
- Ken'ichi Imanishi, *Aloctin A, an active substance of Aloe Arborescens Miller as an immunomodulator*, Phytotherapy Research, 1993; 7:S20-22.
- Klein A.D., *Aloe Vera*, J.Am. Acad. Dermatol., 1988; 18:714-720.
- La Placa M., *Principi di microbiologia medica*, Società editrice Esculapio, Bologna, 1988.
- Lorenzetti, *Bateriostatic Property of Aloe Vera*, Journal of Pharmaceutical Sciences, 1964, Vol. 53:1287.
- Mastrodonato F., *Medicina biointegrata*, Tecniche Nuove, Milano, 2001.
- Micozzi A., *Le infiammazioni in immunofarmacologia omeopatica*, Edi-Lombardo, Roma, 2009.

- Pier G.B., Lyczack J.B., Wetzler L.M., *Immunologia Infezione Immunità*, Piccin Editore, Padova, 2006.
- Raven P.H., Johnson J.B., *Biologia*, Edises, Napoli, 1992.
- Rindi G., Manni E., *Fisiologia umana*, UTET, Torino, 1987.
- Schmidt, Thews, *Fisiologia umana*, Edizioni Idelson, Napoli, 1985.
- Schneider A., Shah K., *The role of vitamins in the etiology of cervical neoplasia: an epidemiological*, Arch Gynecol Obstet., 1989; 246:1-13.
- Schorah C.J., *Ascorbic acid metabolism and cancer in the human stomach*, Acta Gastroent. Belg., 1997; 60:217-9.
- Schorah C.J., *Micronutrients, antioxidants and risk of cancer*, Bibl. Nutr. Dieta, 1995:92-107.
- Schwartz J.L., *The dual roles of nutrients as antioxidants and prooxidants: their effects on tumor cell growth*, Journal Nutr., 1996; 126(4 Suppl):1221S-7S.
- Schwartz L.H., Urban T., Hercberg S., *Antioxidant minerals and vitamins. Role in cancer prevention. Vitamines et minéraux anti-oxydants. Role dans la prevention du cancer*, Presse Med. 1994; 23:1826-30.
- Spaggiari P., Trebbia C., *Medicina quantistica*, Tecniche Nuove, Milano, 2005.
- Vander A.J., *Fisiologia renale*, Il pensiero scientifico, Roma, 1986.
- White E., Shannon J.S., Patterson R.E., *Relationship between vitamin and calcium supplement use and colon cancer*, Cancer Epidemiol Biomarkers Prev., 1997; 6:769-74.
- Widmann, *Interpretazione clinica degli esami di laboratorio*, McGraw Hill, Milano, 2001.
- Yamanaka W.K., *Vitamin C and cancer. How convincing a connection?*, Postgrad. Med., 1985;78:47-9, 52-3.
- Ziegler R.G., Byers T., *Health claims about vitamin C and cancer*, J. Natl. Cancer Inst. 1994; 86:871-2.

Illustrazioni

Le illustrazioni di questo volume sono state realizzate da:

Federica Aragone

Nasce a Genova nel 1983. Dopo essersi laureata in Comunicazione Interculturale comincia a dedicarsi al disegno. Ha frequentato corsi di pittura, illustrazione e incisione presso la Rome University of Fine Arts, la Fabbrica delle Favole di Macerata e a Sarmede.

Per le Edizioni Enea ha scritto *Spring* e *Imparare con le mappe mentali*.

Per questo volume ha realizzato le illustrazioni presenti alle pagine: 3, 7, 8, 9, 11, 13, 16, 20, 27, 39, 40, 41, 43, 47, 52, 53, 54, 58, 59, 60, 61, 64, 66 (in basso), 71, 72 (in alto), 76, 77, 78, 79, 81, 82, 84 (in alto), 87, 90, 91, 92, 93, 100, 102, 103, 104, 105, 109, 110, 111, 112, 113, 124, 126, 132, 138, 140, 141, 143, 144, 145, 146, 148, 150, 153, 154, 156, 162, 164, 166, 167, 177, 178, 189 (in basso), 192, 193, 195, 202, 203, 225, 231, 249, 251, 257, 291 (in basso), 293, 303, 304, 305, 307, 308, 313, 318, 321, 324, 338, 339, 341, 343, 348, 350, 357, 359, 362, 366, 367, 368, 369, 370.

Caterina Ricca

Nasce a San Remo (Imperia) nel 1978. Si è diplomata all'Istituto Statale d'Arte di Imperia e successivamente ha frequentato l'Accademia di Belle Arti Isadora Duncan di San Remo dove nel 2001 ha conseguito il diploma di pittura.

Ha lavorato come decoratrice-restauratrice fino a quando non si è iscritta all'Istituto Rudy Lanza. Ha terminato gli studi in Naturopatia nel 2009 con una tesi sull'anatomia. Sta ultimando gli studi per diventare anche floriterapeuta. Ha frequentato corsi di riflessologia, auricoloterapia, moxa e coppettazione, metodo dorn, tecniche di massaggio.

Ha uno studio di discipline naturali a San Lorenzo (IM). Vive immersa nella campagna con il figlio, il marito e due cani.

Per questo volume ha realizzato le illustrazioni presenti alle pagine: 5, 42, 48, 56, 62, 63, 65, 66 (in alto), 68, 69, 72 (in basso), 75, 83, 84 (in basso), 85, 86, 88, 95, 96, 98, 99, 101, 106, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 128, 129, 136, 149, 160, 163, 185, 189 (in alto), 198, 199, 201, 207, 208, 210, 213, 215, 216, 221, 224, 226, 230, 233, 239, 246, 248, 252, 253, 264, 268, 271, 273, 276, 279, 286, 287, 288, 291 (in alto), 296, 297, 323, 326, 328, 330, 331, 334, 335, 345, 360.

Dal 2005 Edizioni Enea collabora insieme a Scuola SIMO con un obiettivo preciso: fornire contenuti di qualità per promuovere la salute di corpo, mente e spirito.

Pubblichiamo libri destinati a naturopati e operatori della salute, ma anche a semplici appassionati e curiosi.

Ci occupiamo di scienza ma anche di spiritualità, integrando i più grandi insegnamenti di Oriente e Occidente.

Guardiamo alle grandi tradizioni mediche del passato e ci apriamo alle più innovative proposte nel campo della medicina olistica.

www.edizionienea.it

www.scuolasimo.it

Riccardo Forlani si laurea in medicina presso l'Università degli Studi di Milano. Si occupa di bioterapie quali l'omeopatia, l'omotossicologia, la fitoterapia, la oligometalloterapia e la litoterapia, e da oltre dieci anni di neuroimmunologia funzionale (PNEI). Tra le sue pubblicazioni ricordiamo *Fondamenti di patologia per operatori della salute* (Edizioni Enea), *Analisi di laboratorio per operatori della salute* (Edizioni Enea).

Catia Trevisani si laurea in medicina nel 1988 presso l'Università degli Studi di Milano; contemporaneamente approfondisce e pratica la medicina olistica. Ha fondato e dirige dal 1995 la Scuola SIMO (Scuola Italiana di Medicina Olistica). Da oltre vent'anni si occupa della formazione di naturopati con un approccio olistico e globale alla persona e alla salute. Pratica come medico naturopata e promuove la medicina olistica attraverso corsi e libri. Tra le sue pubblicazioni ricordiamo *Curarsi con il cibo* (Terra Nuova), *Fiori di Bach e naturopatia* (Edizioni Enea), *Reflessologia naturopatica* (Edizioni Enea), *Scegli di splendere* (Edizioni Enea).

Non smettiamo mai di stupirci davanti
all'incredibile architettura del nostro organismo
e al suo perfetto funzionamento.

Anatomia e fisiologia per operatori della salute
si distingue per la fluidità, la semplicità e la chiarezza
dell'esposizione, e insieme per il rigore scientifico
e la precisione delle informazioni fornite.

Il libro contiene oltre 200 immagini a colori
(disegni, tabelle e schede di approfondimento)
per facilitare l'apprendimento e la
memorizzazione dei concetti.

ISBN 978-88-95572-51-2



9 788895 572512 >