

Sommario

Capitolo 1

Introduzione allo studio della Fisiologia umana (<i>Gianluigi Monticelli</i>)	1
1.1 La cellula e i suoi componenti	2
1.1.1 I componenti cellulari	4
1.2 L'organismo: cellule, tessuti, organi e sistemi	5
1.3 L'organizzazione funzionale dell'organismo umano	10
1.4 L'ambiente interno e i processi omeostatici	13
1.5 Il contatto con il mondo esterno: cute e annessi cutanei	14
1.6 L'energia per l'organismo	17
1.7 I sistemi di comunicazione	18

Capitolo 2

I componenti dell'organismo umano (<i>Lucia Martinoli</i>)	23
2.1 Metodi di valutazione della composizione corporea	24
2.1.1 Metodi di riferimento tradizionali e recenti	25
2.1.1.1 Pesata idrostatica	25
2.1.1.2 Metodi a diluizione (idrometria): acqua totale corporea, intra- ed extracellulare	26
2.1.1.3 Potassio totale corporeo	26
2.1.1.4 Analisi dell'attivazione neutronica	26
2.1.1.5 DEXA (<i>Dual-energy X-ray Absorptiometry</i>)	27
2.1.1.6 Risonanza magnetica nucleare (RMN)	27
2.1.1.7 Tomografia computerizzata (TC)	27
2.1.1.8 Pletismografia a spostamento d'aria	27
2.1.2 Metodi indiretti	27
2.1.2.1 Plicometria	27
2.1.2.2 Bioimpedenziometria	27
2.1.2.3 Indici da misure antropometriche	28
2.2 Acqua e sua distribuzione nell'organismo	29
2.2.1 Il bilancio idrico dell'organismo	30
2.3 Componenti minerali: importanza e distribuzione	31
2.3.1 Calcio (Ca)	32

2.3.2	Fosforo (P)	32
2.3.3	Magnesio (Mg)	32
2.3.4	Sodio (Na)	33
2.3.5	Potassio (K)	33
2.3.6	Cloro (Cl)	33
2.3.7	Ferro (Fe)	33
2.3.8	Zinco (Zn)	33
2.3.9	Rame (Cu)	34
2.3.10	Selenio (Se)	34
2.3.11	Iodio (I)	34
2.3.12	Manganese (Mn)	34
2.3.13	Molibdeno (Mo)	34
2.3.14	Cromo (Cr)	34
2.3.15	Cobalto (Co)	34
2.3.16	Fluoro (F)	34

Capitolo 3

Meccanismi di trasporto e barriere biologiche

(Paola Marciari, Gianluigi Monticelli)

		37
3.1	La membrana cellulare: composizione, struttura e funzione	38
3.1.1	I costituenti di membrana	38
3.1.2	Asimmetria della membrana cellulare	40
3.2	Meccanismi di trasporto passivi e attivi	41
3.2.1	Filtrazione	41
3.2.2	Osmosi	41
	<i>Scheda 3.1 Pressione osmotica, osmosi e osmolarità</i>	42
	<i>Scheda 3.2 Diffusione e flussi unidirezionali</i>	43
3.2.3	Filtrazione e osmosi	45
	<i>Scheda 3.3 Il rapporto superficie/volume</i>	45
3.2.4	Osmosi e diffusione	46
3.2.5	Potenziale di flusso	47
3.2.6	Potenziale di diffusione	47
	<i>Scheda 3.4 Volume molare parziale</i>	47
3.2.7	Presenza di una d.d.p.	49
	<i>Scheda 3.5 Il potenziale elettrochimico e la legge di Nernst</i>	49
	<i>Scheda 3.6 Equilibrio di Gibbs-Donnan</i>	50
3.2.8	Flussi e forze	51
3.3	Diffusione delle molecole lipofile attraverso la membrana	51
3.4	Trasporto facilitato	52
3.4.1	Cinetica del trasporto facilitato	52
3.5	Trasporto attivo. Il caso della pompa $\text{Na}^+\text{-K}^+$	55
3.6	Endocitosi ed esocitosi	58
3.7	Gli epitelii: barriere complesse	58
3.7.1	Struttura dell'epitelio	60
	<i>Scheda 3.7 Il profilo elettrico degli epitelii</i>	61
	<i>Scheda 3.8 I canali per l'acqua, le acquaporine</i>	62

Capitolo 4

Eccitabilità cellulare (<i>Maria A. Mariggiò, Gianluigi Monticelli</i>)	65
4.1 Teoria ionica ed eccitabilità	65
<i>Scheda 4.1 La misura dei potenziali intracellulari</i>	67
4.1.1 Il potenziale di membrana e l'equazione di Goldman-Hodgkin-Katz	68
4.1.2 Generazione di potenziali elettrici	72
<i>Scheda 4.2 Correnti di membrana e conduttanze</i>	73
4.1.3 I potenziali graduati	74
4.1.3.1 Somministrazione	75
4.1.4 Il potenziale d'azione	77
4.1.4.1 L'assone gigante di calamaro e l'elettrofisiologia	79
<i>Scheda 4.3 Il voltage clamp</i>	80
4.1.4.2 Caratteristiche del potenziale d'azione	85
4.1.4.3 Curva intensità-durata	88
4.1.4.4 Conduzione del potenziale d'azione	88
4.1.4.5 Velocità di conduzione	89
4.1.4.6 Variazioni della risposta in base allo stimolo	91
4.1.4.7 Conduzione saltatoria	91
4.2 Le sinapsi	94
4.2.1 Sinapsi elettrica	94
4.2.2 Sinapsi chimica	97
4.2.2.1 Spegnimento delle sinapsi	99
4.2.2.2 I neurotrasmettitori	101
4.2.2.3 Decodificazione postsinaptica	112
4.2.2.4 Modulazione sinaptica	113
<i>Scheda 4.4 Il potenziamento a lungo termine (LTP)</i>	114

Capitolo 5

Fisiologia del muscolo (<i>Maristella Gussoni, Gianluigi Monticelli, Alessandra Vezzoli</i>)	117
5.1 Caratteristiche funzionali del tessuto muscolare	119
5.2 I diversi tipi di muscolo	119
5.3 Il muscolo scheletrico	120
5.3.1 Il tessuto connettivo	121
5.3.2 Struttura contrattile	122
5.4 Basi molecolari della contrazione	123
5.4.1 Filamenti spessi	125
5.4.2 Filamenti sottili	127
5.4.2.1 Actina	128
5.4.2.2 Tropomiosina	128
5.4.2.3 Troponina	129
<i>Scheda 5.1 Isoforme della miosina e contrattilità delle fibre</i>	129
5.4.2.4 Tropomodulina	130
5.4.3 Proteine strutturali	130
5.4.3.1 Titina	130
5.4.3.2 Nebulina	130
5.4.3.3 α -actinina	130
5.4.3.4 Distrofina	130

5.4.4	Tubuli trasversi e reticolo sarcoplasmatico	130
5.4.5	La contrazione del sarcomero: il modello dello scivolamento dei filamenti e il meccanismo molecolare	131
5.4.5.1	Le fasi del ciclo dei ponti	132
5.5	Accoppiamento eccitazione-contrazione. Contrazione e rilasciamento del muscolo	137
5.5.1	Il ruolo della giunzione neuromuscolare	137
5.5.2	Il ruolo del calcio	138
5.5.2.1	I canali	138
5.5.2.2	Interazione tra canali	140
5.5.2.3	Rilascio del calcio	140
5.5.2.4	La Ca^{2+} -ATPasi o SERCA	145
	<i>Scheda 5.2 Altri meccanismi di regolazione della concentrazione del calcio</i>	146
5.6	Le sorgenti di energia per la contrazione muscolare	147
5.7	La meccanica della contrazione muscolare	150
5.7.1	Scossa singola	150
5.7.2	Relazione tensione-lunghezza	151
5.7.3	Relazione frequenza-tensione	152
5.7.4	Contrazioni isotonica e isometrica: un confronto	154
5.8	Meccanica del muscolo <i>in toto</i>	155
5.8.1	I diversi tipi di fibre muscolari scheletriche	155
5.8.1.1	Accoppiamento EC nei muscoli rapidi e lenti	157
	<i>Scheda 5.3 Determinazione delle proprietà muscolari con metodi istochimici</i>	158
5.8.2	Architettura del muscolo	158
5.8.2.1	Effetti dell'architettura del muscolo sulla funzione	158
5.8.3	Biomeccanica del muscolo intero	159
5.8.3.1	Diagramma <i>stress-strain</i> ed elasticità del muscolo	160
5.8.3.2	Elasticità imperfetta dei tessuti e modulo di Young	161
5.8.3.3	Modello di sistema elastico	162
5.8.3.4	Diagramma tensione-lunghezza: il lavoro meccanico svolto	163
5.8.3.5	Diagramma forza-velocità: la potenza sviluppata	166
	<i>Scheda 5.4 Plasticità, invecchiamento e lesioni muscolari</i>	167
5.9	La fatica muscolare	168
5.10	Graduazione della forza generata dal muscolo <i>in toto</i>	169
5.11	Il muscolo liscio	172
5.11.1	Struttura	173
5.11.2	Tipi di muscolo liscio	175
5.11.2.1	Muscolo liscio unitario	175
5.11.2.2	Muscolo liscio multiunitario	176
5.11.3	Contrazione	176
5.11.4	Rilasciamento	180
5.11.5	Ruolo del calcio	182
5.11.6	Reticolo sarcoplasmatico (RS)	182
5.11.7	Calcio extracellulare	182
5.11.8	Il ruolo delle caveole	184
5.11.9	Attivazione della membrana	185
5.11.10	Attività elettrica spontanea	185
5.11.11	Nervi e ormoni	186

5.11.12 Fattori locali	187
5.11.13 Adattamento alle richieste fisiologiche	188
5.11.14 Aspetti patologici	188
5.12 Il muscolo cardiaco	188

Capitolo 6

Il sistema nervoso: organizzazione e funzione (Maria A. Mariggì)	193
6.1 Il sistema nervoso	194
6.1.1 Il sistema somatosensoriale	194
6.1.2 Il sistema nervoso autonomo	196
6.1.3 Le cellule del sistema nervoso	197
6.1.3.1 Il neurone	198
6.1.3.2 Le cellule di supporto nel SNC	200
6.1.3.3 Le cellule di supporto nel SNP	204
6.1.4 Il sistema nervoso durante lo sviluppo	205
6.1.4.1 Fattori trofici durante lo sviluppo del sistema nervoso	205
<i>Scheda 6.1 Neurotrofine</i>	207
<i>Scheda 6.2 Degenerazione neuronale in seguito ad assotomia</i>	208
6.2 Il sistema nervoso centrale	209
6.2.1 Encefalo e midollo spinale	209
6.2.1.1 Cervello e cervelletto	210
6.2.1.2 Il tronco encefalico	217
6.2.1.3 Midollo spinale	219
6.3 Il sistema nervoso periferico	222

Capitolo 7

Il sistema nervoso centrale: le funzioni sensoriali	
(Maristella Gussoni, Gianluigi Monticelli, Alessandra Vezzoli)	227
<i>Scheda 7.1 Qual è l'affidabilità dei nostri sensi? Sensazione e percezione</i>	229
7.1 Fisiologia dei recettori	230
7.2 La codifica del segnale nervoso	233
7.2.1 Qual è l'intensità dello stimolo? La codifica temporale	233
7.2.2 Qual è la natura dello stimolo? Le "vie marcate"	233
7.2.3 Qual è la provenienza dello stimolo? Il codice spaziale e l'organizzazione dei campi recettivi	234
7.3 L'adattamento recettoriale	235
7.4 La psicofisica: analisi quantitativa dei processi sensoriali	236
7.4.1 La psicofisica diretta o legge di Stevens	237
7.5 Il sistema della sensibilità somatica	238
7.5.1 Meccanocettori cutanei	238
7.5.1.1 La soglia per la sensazione tattile	240
7.5.2 I propriocettori e la sensibilità cinestesica	240
7.5.2.1 I fusi neuromuscolari	241
7.5.2.2 Gli organi tendinei del Golgi	244
7.5.3 I termocettori e la sensibilità termica	244

7.5.4	I nocicettori e la sensibilità dolorifica	245
7.5.5	Vie della sensibilità somatica	246
7.5.6	La corteccia somatosensoriale	247
7.5.6.1	<i>L'homunculus sensitivo</i>	247
7.6	Udito	247
7.6.1	Anatomia dell'apparato uditivo	247
7.6.2	Amplificazione del suono nell'orecchio medio	249
	<i>Scheda 7.2 La natura delle onde sonore</i>	250
7.6.3	La trasduzione del suono	252
7.6.3.1	Anatomia funzionale della coclea	252
7.6.3.2	La nascita del potenziale microfónico cocleare	253
7.6.3.3	La trasduzione delle caratteristiche del suono	255
7.6.4	Le vie uditive	257
7.6.5	Il campo uditivo e l'audiogramma	259
	<i>Scheda 7.3 Il rumore</i>	260
7.7	Il sistema vestibolare	261
7.7.1	I canali semicircolari rilevano i movimenti di rotazione della testa	263
7.7.2	Gli organi otolitici rilevano i movimenti lineari della testa	263
7.7.3	Vie vestibolari	266
7.8	Visione	266
	<i>Scheda 7.4 La luce</i>	267
7.8.1	Anatomia dell'occhio	269
7.8.2	Rifrazione statica e dinamica	270
7.8.2.1	Vizi di rifrazione statica e dinamica	272
7.8.3	Regolazione della quantità di luce che incide sulla retina	274
7.8.4	I fotorecettori	274
7.8.4.1	Diverse caratteristiche funzionali dei coni e dei bastoncelli	275
7.8.5	Le tappe per la costruzione del messaggio visivo	276
7.8.5.1	Fototrasduzione	276
7.8.5.2	Risposta delle cellule gangliari: vie M e vie P. Elaborazione in parallelo di forma, colore e movimento	278
7.8.5.3	Vie ottiche	280
7.8.6	Psicofisica della visione	282
7.8.6.1	Adattamento al buio e alla luce	282
7.8.6.2	L'acuità visiva	283
7.8.6.3	Il campo visivo e la visione stereoscopica	284
7.9	Sensi chimici	285
7.9.1	Il gusto	285
7.9.1.1	Cenni anatomici	286
7.9.1.2	La trasduzione dei sapori fondamentali	288
7.9.1.3	Psicofisica del gusto	289
7.9.2	L'olfatto	290
7.9.2.1	Le molecole odorose	290
7.9.2.2	Organizzazione dell'epitelio olfattivo	291
7.9.2.3	La trasduzione dei segnali olfattivi: genesi del potenziale di recettore	292
7.9.2.4	La codifica del segnale olfattivo a livello centrale	293
	<i>Scheda 7.5 Percezione e persuasione subliminali</i>	296

Capitolo 8

Il sistema nervoso: le funzioni motorie (Maria A. Marigiò)	301
8.1 Cos'è il movimento?	301
8.2 Le strutture del sistema motorio	304
8.2.1 Strutture periferiche	304
8.2.2 Strutture centrali	309
8.3 I riflessi spinali	310
8.4 Il controllo del tono muscolare e della postura	315
8.5 La locomozione	321
8.6 Il movimento volontario	326

Capitolo 9

Il sistema nervoso autonomo (Maria A. Marigiò)	341
9.1 Organizzazione del sistema nervoso autonomo e funzioni vegetative	341
9.2 Sistema nervoso simpatico	345
9.2.1 Neurotrasmettitori e recettori del sistema nervoso simpatico	347
9.3 Sistema nervoso parasimpatico	349
9.3.1 Neurotrasmettitori del SNA parasimpatico	349
9.4 Sinapsi del SNA con l'organo bersaglio	350

Capitolo 10

Le funzioni nervose integrate (Maria A. Marigiò)	353
10.1 Il comportamento alimentare	354
10.2 Sonno e veglia	362
10.3 L'apprendimento e la memoria	372
10.4 Il linguaggio	386
10.5 Capacità cognitive ed emozioni	390
<i>Scheda 10.1 Tecniche di indagine in neurofisiologia</i>	396

Capitolo 11

Il sistema endocrino (Maristella Gussoni, Gianluigi Monticelli)	399
11.1 Gli ormoni	401
11.1.1 Definizione operativa di ormone	401
11.1.2 Specificità d'azione	401
11.1.3 Regolazione del sistema di controllo endocrino	402
11.1.3.1 Il <i>feedback</i>	402
11.1.3.2 L'amplificazione del segnale	402
11.1.3.3 L'effetto pleiotropico	403
11.1.4 Classificazione degli ormoni	404
11.1.4.1 Differenze nella produzione ormonale	405
11.1.5 Trasporto degli ormoni con la circolazione	406
11.1.6 Meccanismi d'azione degli ormoni	407
11.1.6.1 Legame ormone-recettore	407
11.1.6.2 Curva dose-risposta	408
11.1.6.3 Azione degli ormoni	409

11.1.6.4	Recettori per gli ormoni steroidei e tiroidei	411
11.1.6.5	Meccanismo di azione di un ormone steroideo	411
11.1.7	Degradazione degli ormoni	412
11.1.7.1	Degradazione degli ormoni proteici e peptidici	414
11.1.7.2	Metabolismo e degradazione degli ormoni steroidei	414
11.2	L'asse ipotalamo-ipofisario	414
11.2.1	Relazione ipotalamo-adenipofisi	416
11.2.1.1	Ormoni dell'adenipofisi (lobo anteriore)	417
11.2.2	Relazione ipotalamo-neuroipofisi	425
11.2.2.1	Ormoni della neuroipofisi (lobo posteriore)	426
11.3	La tiroide	428
11.3.1	Anatomia funzionale della tiroide	429
11.3.2	Sintesi, secrezione e metabolismo degli ormoni tiroidei	430
11.3.2.1	Sintesi della tireoglobulina iodinata	430
11.3.2.2	Formazione dei residui di iodotironina	432
11.3.2.3	Formazione e secrezione degli ormoni tiroidei	432
11.3.2.4	Legame di T ₃ e T ₄ alle proteine plasmatiche	432
11.3.2.5	Metabolismo degli ormoni tiroidei	432
11.3.2.6	Il gozzo: ipotiroidismo e ipertiroidismo	433
11.3.3	Meccanismi d'azione degli ormoni tiroidei	434
11.4	Le ghiandole paratiroidi	435
11.5	Le ghiandole surrenali	438
11.5.1	La corticale del surrene	438
11.5.1.1	Glucocorticoidi	438
11.5.1.2	Mineralcorticoidi	442
11.5.1.3	Androgeni ed estrogeni	444
11.5.2	Gli ormoni della midollare del surrene	444
11.5.2.1	Regolazione della secrezione midollare surrenale	445
11.5.2.2	Meccanismi d'azione cellulari degli ormoni midollari	446
11.6	Ormoni del pancreas	448
11.6.1	Le isole del Langerhans: unità funzionali del pancreas endocrino	448
11.6.2	Insulina	450
11.6.2.1	Regolazione della secrezione dell'insulina	451
11.6.2.2	Azioni dell'insulina	452
11.6.3	Glucagone	456
11.6.3.1	Azioni del glucagone	457
11.6.3.2	Rapporto insulina/glucagone	457
11.6.4	Somatostatina	458
11.7	L'epifisi (ghiandola pineale)	459
11.8	Il timo	459

Capitolo 12

Il sangue e la linfa (Gianluigi Monticelli, Stefano Vassanelli) 461

12.1	Il sangue	461
12.1.1	L'ematocrito	461

12.1.2	La velocità di eritrosedimentazione	462
12.1.3	Plasma e siero	462
	12.1.3.1 Le proteine plasmatiche	463
	12.1.3.2 Soluti di basso peso molecolare	464
12.1.4	Gli eritrociti	464
	12.1.4.1 Il globulo rosso	464
	12.1.4.2 L'emoglobina	465
	12.1.4.3 Il trasporto dell'anidride carbonica	466
12.1.5	I leucociti	466
	12.1.5.1 Granulociti	467
	12.1.5.2 Monociti	468
	12.1.5.3 Linfociti e immunità	468
12.1.6	Le piastrine e la coagulazione del sangue	476
12.1.7	I gruppi sanguigni	478
12.2	La linfa	479

Capitolo 13

Il sistema cardiovascolare	<i>(Gianluigi Monticelli, Giovanna Traina, Stefano Vassanelli)</i>	481
13.1	Il cuore	483
13.2	I vasi sanguigni	486
	13.2.1 Tipologie e funzioni dei diversi vasi nel sistema circolatorio	486
	<i>Scheda 13.1 Le vene</i>	487
	13.2.2 Idrodinamica e sistema circolatorio	488
	13.2.3 La legge della continuità	490
	13.2.4 Controllo del flusso sanguigno: gli sfinteri	491
	13.2.5 Circolazioni speciali	492
	<i>Scheda 13.2 La circolazione coronarica</i>	493
13.3	Principi di base della meccanica cardiaca	494
	13.3.1 La pompa cardiaca	494
	13.3.2 Il ciclo cardiaco	495
	13.3.3 Meccanica valvolare	497
	13.3.4 Efficienza del cuore	498
	13.3.5 Il principio di Bernoulli	499
	13.3.6 La gettata cardiaca	500
	13.3.6.1 Misura della gettata cardiaca	501
	13.3.6.2 Controllo della gettata cardiaca	501
	13.3.7 La legge di Starling del cuore	503
	13.3.7.1 Il preparato cuore-polmone di Starling	503
	13.3.7.2 Misurazioni dell'esperimento nella variazione del preload e dell'afterload	504
13.4	Elettrofisiologia cardiaca	505
	13.4.1 Potenziale di azione nei cardiomiociti - peculiarità	505
	13.4.1.1 Durata del periodo refrattario	507
	13.4.2 Meccanismo di contrazione e rilasciamento del cardiomiocita. Accoppiamento eccitazione-contrazione	507
	13.4.3 Il sistema di conduzione	509

13.4.3.1	Caratteristiche del potenziale d'azione dei cardiomiociti del sistema di conduzione	509
13.4.3.2	Caratteristiche del sistema di conduzione	514
13.4.4	Azione dell'innervazione simpatica e parasimpatica	514
13.4.5	Effetti del sistema nervoso su velocità, automaticità e contrattilità	516
13.5	Meccanismi di regolazione della circolazione	517
13.5.1	Riflesso dei barocettori	518
13.5.2	Volocettori	520
13.5.3	Riflesso chemiocettivo	521
13.5.4	Regolazione locale del flusso	521
13.5.5	Sistema renina-angiotensina-aldosterone	522
13.5.6	Conclusioni	523
13.6	Il microcircolo	524
13.6.1	Gli scambi capillari	528
13.7	Il sistema linfatico	529
	<i>Scheda 13.3 Il riflesso trigemino-cardiaco</i>	531
13.8	Applicazioni pratiche	532
13.8.1	Polso arterioso e polso venoso	532
13.8.2	I toni cardiaci	533
13.8.3	Misurazione della pressione arteriosa mediante sfigmomanometro	535
13.8.4	Elettrocardiografia	537
13.8.5	Vettorcardiografia	541

Capitolo 14

La respirazione	<i>(Patrizia Ambrogini, Riccardo Cuppini, Andrea Minelli)</i>	547
14.1	La meccanica respiratoria	548
14.1.1	Anatomia funzionale dell'apparato respiratorio	548
14.1.1.1	Vie aeree superiori	548
14.1.1.2	Vie aeree inferiori	548
14.1.1.3	Strutture toraciche	551
14.1.2	La fisica dei gas	553
14.1.2.1	La legge di Boyle e la legge di Dalton	553
14.1.2.2	L'aria atmosferica è una miscela di gas	554
14.1.2.3	Aria umidificata e aria alveolare	555
14.1.2.4	Flussi di gas	556
14.1.2.5	Solubilità e pressione parziale dei gas disciolti nell'acqua e nei tessuti	556
14.1.3	La ventilazione	557
14.1.3.1	Le pressioni respiratorie e i gradienti pressori che favoriscono la ventilazione	557
14.1.3.2	Il ciclo respiratorio	560
14.1.3.3	Volumi e capacità polmonari	562
14.1.3.4	Proprietà elastiche e distensibilità dell'apparato respiratorio	564
	<i>Scheda 14.1 La spirometria può fornirci alcune utili informazioni di carattere clinico</i>	565
14.1.3.5	Le basi fisiche della <i>compliance</i> polmonare	568
14.1.3.6	Le resistenze delle vie respiratorie al flusso aereo	571

<i>Scheda 14.2 Il surfactante e la sindrome da distress respiratorio del neonato</i>	572
<i>Scheda 14.3 Asma bronchiale e farmaci antiasmatici</i>	574
14.1.3.7 Il lavoro respiratorio	574
14.1.4 Relazioni ventilazione-perfusione	576
14.1.4.1 Volume-minuto respiratorio e ventilazione alveolare	576
14.1.4.2 Distribuzione della ventilazione	578
14.1.4.3 La circolazione polmonare	580
14.1.4.4 Regolazione del flusso ematico polmonare	581
14.1.4.5 Rapporto ventilazione/perfusione	583
14.2 Lo scambio e il trasporto dei gas	586
14.2.1 Diffusione dei gas attraverso la membrana respiratoria	586
14.2.1.1 Pressione alveolare dei gas respiratori	587
14.2.1.2 Scambio dei gas respiratori nei polmoni e nei tessuti	588
14.2.2 Trasporto dei gas respiratori nel sangue	591
14.2.2.1 Trasporto di ossigeno nel sangue	591
14.2.3 Trasporto dell'anidride carbonica nel sangue	598
14.2.3.1 Curva di equilibrio della CO ₂	601
<i>Scheda 14.4 Ruolo del sistema respiratorio nella regolazione dell'equilibrio acido-base</i>	601
14.3 La regolazione del respiro	602
14.3.1 Il controllo nervoso del respiro	603
14.3.1.1 Anatomia funzionale dei centri del respiro	603
14.3.1.2 Il ritmo respiratorio	605
<i>Scheda 14.5 I generatori centrali di pattern motori (GPM)</i>	608
<i>Scheda 14.6 Comportamento oscillatorio dei sistemi di retroazione negativa</i>	609
14.3.2 Il controllo chimico del respiro	611
<i>Scheda 14.7 L'apnea notturna centrale</i>	611
14.3.2.1 Controllo da parte della CO ₂ e del pH	612
14.3.2.2 Controllo da parte dell'O ₂	613
14.3.2.3 Meccanismi di regolazione chimica del respiro	613

Capitolo 15

Le funzioni renali (Antonio Caretta, Carla Mucignat)	617
15.1 Richiami di anatomia	620
15.1.1 Struttura macroscopica	620
15.1.2 Apparato circolatorio	620
15.1.3 Il nefrone	621
15.2 La formazione dell'urina	624
15.2.1 Filtrazione glomerulare	624
15.2.1.1 Regolazione del flusso di filtrazione glomerulare	627
15.2.2 I fenomeni di riassorbimento e secrezione	628
15.2.3 Clearance	630
15.2.4 Riassorbimento e secrezione	630
15.2.4.1 Tubulo contorto prossimale	630

<i>Scheda 15.1 La clearance in pratica</i>	631
<i>Scheda 15.2 I meccanismi di trasporto nel tubulo renale</i>	634
15.2.4.2 Ansa di Henle e midollare del rene	638
15.2.4.3 Come viene creata e mantenuta l'iperosmolarità della midollare	640
15.2.4.4 Tubulo contorto distale	640
15.3 Regolazione delle funzioni renali	642
15.4 Bilancio Idrico	642
15.5 Regolazione del contenuto in sali	645
15.5.1 Sistema renina-angiotensina-aldosterone	645
15.5.2 Regolazione del sistema renina-angiotensina-aldosterone	647
15.5.3 Significato fisiologico del sistema renina-angiotensina-aldosterone	648
15.5.4 Altri fattori che regolano l'escrezione di sodio	649
15.5.5 Regolazione dell'escrezione del potassio	649
15.5.6 Escrezione di calcio e fosfati	651
15.5.7 Escrezione di magnesio	652
15.6 Possibili interferenze col funzionamento del rene	652
15.7 La minzione	654
15.7.1 Possibili cause di alterazione della minzione	657

Capitolo 16

La regolazione del pH ematico (<i>Antonio Caretta, Carla Mucignat</i>)	659
16.1 Meccanismi renali	661
<i>Scheda 16.1 Richiami di chimica</i>	661
16.1.1 Regolazione della secrezione di H ⁺	663
16.1.2 Alterazioni dell'equilibrio acido-base	663
16.1.2.1 Acidosi metabolica da eccessiva produzione di acidi	663
16.1.2.2 Acidosi metabolica da insufficiente escrezione renale	664
16.1.2.3 Acidosi respiratoria	664
16.1.2.4 Alcalosi metabolica	664
16.1.2.5 Alcalosi respiratoria	665

Capitolo 17

La funzione gastrointestinale (<i>Paola Marciani, Gianluigi Monticelli</i>)	667
17.1 La struttura del tubo digerente	668
17.2 Il controllo delle funzioni gastrointestinali	670
17.2.1 Il sistema nervoso	670
17.2.1.1 Il sistema nervoso enterico	670
17.2.2 Il sistema endocrino enterico	673
17.2.3 La peristalsi e la segmentazione	673
17.2.3.1 L'attività elettrica della muscolatura liscia gastrointestinale	674
17.3 La motilità dell'apparato gastrointestinale	675
17.3.1 Masticazione e deglutizione	675
17.3.2 La motilità gastrica	675
17.3.3 Movimenti dell'intestino tenue	677

17.3.4	Movimenti dell'intestino crasso	677
17.4	Le secrezioni del canale alimentare	678
17.4.1	Le ghiandole salivari	678
17.4.1.1	Modificazioni del secreto acinoso	681
	<i>Scheda 17.1 Il muco</i>	681
17.4.2	Le secrezioni gastriche	682
17.4.2.1	Il meccanismo di secrezione acida	683
17.4.2.2	La produzione di muco	684
17.4.2.3	Le proteasi	684
17.4.2.4	La chimosina e la coagulazione del latte	685
	<i>Scheda 17.2 Ulcere gastriche e duodenali</i>	685
17.4.2.5	Gli ormoni	686
17.4.3	La funzione esocrina del pancreas	686
17.4.3.1	Struttura del pancreas	687
17.4.3.2	Il succo pancreatico	687
17.4.3.3	Controllo della secrezione pancreatico	690
17.4.4	Il fegato e la produzione di bile	691
17.4.4.1	Il sistema vascolare epatico	692
17.4.4.2	Il sistema biliare e la bile	693
17.4.4.3	Regolazione della secrezione biliare	696
17.4.4.4	Le funzioni metaboliche del fegato	696
17.4.5	Le secrezioni intestinali	697
17.5	Digestione e assorbimento	698
17.5.1	L'enterocita e la superficie di assorbimento	699
17.5.2	Assorbimento di acqua ed elettroliti	700
17.5.2.1	Assorbimento di acqua	700
17.5.2.2	Assorbimento di Na ⁺ , K ⁺ , Cl ⁻ e HCO ₃ ⁻	701
17.5.2.3	Assorbimento del calcio	702
17.5.2.4	Assorbimento di ferro	703
17.5.3	Digestione e assorbimento dei carboidrati	704
	<i>Scheda 17.3 Intolleranza al lattosio</i>	707
	<i>Scheda 17.4 Terapia orale di idratazione (ORT)</i>	708
17.5.4	Digestione e assorbimento delle proteine	708
17.5.4.1	Assorbimento di proteine e peptidi	709
17.5.5	Digestione e assorbimento dei lipidi	712
	<i>Scheda 17.5 Celiachia, una patologia da riconoscere</i>	713
17.5.5.1	Riassorbimento degli acidi biliari	714
17.5.6	Assorbimento delle vitamine	715
17.5.6.1	Assorbimento della vitamina B ₁₂	715
17.6	Il sistema immunitario gastrointestinale	716
17.7	L'attività microbica nel canale alimentare	718
	<i>Scheda 17.6 Il microbiota intestinale (Giovanna Traina)</i>	719

Capitolo 18

Nutrizione e metabolismo (Lucia Martinoli) 723

18.1 Le proteine 724

18.2	I lipidi	728
18.3	I carboidrati	730
18.4	Le vitamine	732
18.4.1	Vitamine liposolubili	733
18.4.1.1	Vitamina A (retinolo)	733
18.4.1.2	Vitamina D	733
18.4.1.3	Vitamina E	734
18.4.1.4	Vitamina K	734
18.4.2	Vitamine idrosolubili	735
18.4.2.1	Tiamina (vitamina B ₁)	735
18.4.2.2	Riboflavina (vitamina B ₂)	735
18.4.2.3	Vitamina PP	735
18.4.2.4	Acido pantotenico	736
18.4.2.5	Piridossina (vitamina B ₆)	736
18.4.2.6	Biotina	737
18.4.2.7	Acido folico (o folacina)	737
18.4.2.8	Vitamina B ₁₂	738
18.4.2.9	Vitamina C (acido ascorbico)	738
18.5	I minerali	739
18.6	L'assunzione di alcol	740

Capitolo 19

Il controllo della temperatura: metabolismo e ambiente

(Maristella Gussoni, Gianluigi Monticelli, Alessandra Vezzoli)	743	
19.1	La temperatura dell'organismo	745
19.1.1	Condizioni normali	745
19.1.2	Limiti di sopravvivenza	746
19.1.3	La temperatura corporea media	747
19.2	Meccanismi fisici di scambio di calore con l'ambiente	747
19.2.1	Conduzione e convezione	748
19.2.2	Irraggiamento	749
19.2.3	Evaporazione	750
19.3	Energia metabolica e produzione di calore	751
19.3.1	Scambi di energia tra organismo e ambiente	752
19.3.2	Lavoro meccanico esterno e rendimento termodinamico	754
19.3.3	Ruolo dei composti altamente energetici: il sistema ATP-ADP	755
19.3.4	Utilizzo dell'energia libera: lavoro meccanico interno ed esterno	756
19.3.4.1	Lavoro meccanico interno	756
19.3.4.2	Lavoro meccanico esterno	757
19.4	Misura del metabolismo: il consumo di ossigeno	757
19.4.1	Metabolismo basale	758
19.4.2	Metabolismo energetico	758
19.5	Il bilancio termico	759
	<i>Scheda 19.1 Bilancio termico e indumenti</i>	760
19.5.1	Bilancio termico e dimensioni corporee	761
19.5.2	Bilancio termico e capacità termica dell'organismo: le fasi transienti	763
19.5.3	Modalità di scambio di calore all'interno dell'organismo	764

19.6 Il controllo della temperatura	765
19.6.1 Meccanismi comportamentali di termoregolazione	766
19.6.2 Meccanismi fisiologici di termoregolazione	766
19.6.2.1 Il controllo centrale della temperatura	767
19.6.2.2 Il <i>feedback</i> della temperatura cutanea	768
19.6.2.3 La risposta vasomotoria	769
<i>Scheda 19.2 Microclima e benessere termico</i>	770
19.6.2.4 La risposta metabolica	770
19.6.2.5 La sudorazione	771

Capitolo 20

L'apparato riproduttore (<i>Antonio Caretta, Carla Mucignat</i>)	773
20.1 Apparato genitale maschile	773
20.1.1 Gli androgeni	774
20.1.2 Effetti degli ormoni androgeni nell'adulto	777
20.1.3 Controllo della funzione del testicolo	778
20.1.4 Atto sessuale maschile	779
20.2 Apparato genitale femminile	780
20.2.1 Gli ormoni sessuali femminili	780
20.2.2 Il ciclo mestruale	784
20.2.3 Menopausa	786
20.2.4 Atto sessuale femminile	787
20.2.5 Gravidanza	787
<i>Scheda 20.1 Alcuni problemi nel ciclo mestruale</i>	787
20.2.5.1 Progesterone	789
20.2.5.2 Estrogeni	790
20.2.6 Modificazioni fisiologiche in gravidanza e parto	790
20.2.6.1 Consumo energetico	791
20.2.6.2 Ulteriori modificazioni	791
20.2.6.3 Il parto	792
20.2.7 Allattamento	793
<i>Scheda 20.2 Considerazioni pratiche sull'allattamento</i>	793
Appendice (<i>Gianluigi Monticelli</i>)	795
Le unità di misura	795
Indice analitico	798