



Prefazione v

## 1 Studio delle funzioni del corpo 1

- 1.1 Introduzione alla fisiologia** 2
  - Metodo scientifico 2
- 1.2 Omeostasi e controllo a feedback** 4
  - Storia della fisiologia 4
  - Circuito a feedback negativo 6
  - Feedback positivo 8
  - Regolazione nervosa ed endocrina 8
  - Controllo a feedback della secrezione ormonale 9
- 1.3 I tessuti primari** 10
  - Tessuto muscolare 10
  - Tessuto nervoso 12
  - Tessuto epiteliale 12
  - Tessuto connettivo 15
- 1.4 Organi e sistemi** 18
  - Un esempio di organo: la cute 18
  - I sistemi 20
  - Compartimenti fluidi corporei 20

*Sommario* 21

*Esercizi* 21

## 2 Composizione chimica dell'organismo 24

- 2.1 Atomi, ioni e legami chimici** 25
  - Atomi 25
  - Legami chimici, molecole e composti ionici 26
  - Acidi, basi e la scala pH 28
  - Molecole organiche 30
- 2.2 Carboidrati e lipidi** 33
  - Carboidrati 33
  - Lipidi 34
- 2.3 Proteine** 40
  - Struttura delle proteine 41
  - Funzione delle proteine 43

- 2.4 Acidi nucleici** 44
  - Acido deossiribonucleico 44
  - Acido ribonucleico 46

*Sommario* 46

*Esercizi* 47

## 3 Struttura cellulare e controllo genetico 49

- 3.1 Membrana plasmatica e strutture associate** 50
  - Struttura della membrana plasmatica 51
  - Fagocitosi 53
  - Endocitosi 53
  - Esocitosi 54
  - Ciglia e flagelli 54
  - Microvilli 55
- 3.2 Citoplasma e suoi organelli** 55
  - Citoplasma e citoscheletro 56
  - Lisosomi 57
  - Perossisomi 57
  - Mitocondri 58
  - Ribosomi 59
  - Reticolo endoplasmatico 59
  - Complesso del Golgi 60
- 3.3 Nucleo cellulare ed espressione genica** 61
  - Genoma e proteoma 62
  - Cromatina 63
  - Sintesi dell'RNA 63
  - RNA Interference 66
- 3.4 Sintesi proteica e secrezione** 67
  - RNA transfer 68
  - Formazione di un polipeptide 69
  - Funzioni del reticolo endoplasmatico e del complesso del Golgi 69
  - Degradazione proteica 69
- 3.5 Sintesi del DNA e divisione cellulare** 71
  - Replicazione del DNA 71
  - Il ciclo cellulare 72
  - Mitosi 75

Meiosi 77  
Eredità epigenetica 78

*Interazioni* 82  
*Sommario* 83  
*Esercizi* 84

## 4 Enzimi ed energia 87

- 4.1 Enzimi come catalizzatori** 88
  - Meccanismo d'azione di un enzima 88
  - Denominazione degli enzimi 90
- 4.2 Controllo dell'attività enzimatica** 91
  - Effetti di temperatura e pH 91
  - Cofattori e coenzimi 92
  - Attivazione enzimatica 92
  - Concentrazione del substrato e reazioni reversibili 93
  - Vie metaboliche 93
- 4.3 Bioenergetica** 96
  - Reazioni endoergoniche ed esoergoniche 97
  - Reazioni accoppiate: ATP 97
  - Reazioni accoppiate: ossido-riduzione 99

*Sommario* 101  
*Esercizi* 103

## 5 Respirazione e metabolismo cellulare 105

- 5.1 Glicolisi e via dell'acido lattico** 106
  - Glicolisi 106
  - Via dell'acido lattico 108
- 5.2 Respirazione aerobica** 110
  - Ciclo dell'acido citrico 110
  - Trasporto di elettroni e fosforilazione ossidativa 111
  - Accoppiamento del trasporto di elettroni alla produzione di ATP 111
  - Bilancio dell'ATP 113
- 5.3 Interconversione di glucosio, acido lattico e glicogeno** 115
  - Glicogenesi e glicogenolisi 115
  - Ciclo di Cori 116
- 5.4 Metabolismo dei lipidi e delle proteine** 118
  - Metabolismo dei lipidi 118
  - Metabolismo degli aminoacidi 121
  - Utilizzo di diverse fonti di energia 122

*Interazioni* 125  
*Sommario* 126  
*Esercizi* 127

## 6 Interazioni tra le cellule e l'ambiente extracellulare 129

- 6.1 Ambiente extracellulare** 130
  - Fluidi corporei 130
  - Matrice extracellulare 130
  - Categorie di trasporto attraverso la membrana plasmatica 131
- 6.2 Diffusione e osmosi** 132
  - Diffusione attraverso la membrana plasmatica 134
  - Velocità di diffusione 135
  - Osmosi 135
  - Regolazione dell'osmolalità del sangue 140
- 6.3 Trasporto carrier-mediato** 141
  - Diffusione facilitata 142
  - Trasporto attivo 143
  - Trasporto di massa 147
- 6.4 Il potenziale di membrana** 148
  - Potenziale d'equilibrio 149
  - Potenziale di membrana a riposo 150
- 6.5 Comunicazione cellulare** 152
  - Secondi messengeri 153
  - Proteine G 154

*Interazioni* 156  
*Sommario* 157  
*Esercizi* 159

## 7 Sistema nervoso 161

- 7.1 Neuroni e cellule di supporto** 162
  - Neuroni 162
  - Classificazione dei neuroni e dei nervi 164
  - Neuroglia 165
  - Neurilemma e guaina mielinica 166
  - Funzioni degli astrociti 169
- 7.2 Attività elettrica degli assoni** 171
  - Canali a cancello negli assoni 172
  - Potenziali d'azione 173
  - Conduzione degli impulsi nervosi 178
- 7.3 La sinapsi** 180
  - Sinapsi elettriche: giunzioni comunicanti 181
  - Sinapsi chimiche 181
- 7.4 Acetilcolina come neurotrasmettitore** 184
  - Canali regolati chimicamente 185
  - Acetilcolinesterasi (AChE) 189
  - L'acetilcolina nel SNP 189

L'acetilcolina nel SNC 190

### 7.5 **Monoamine come neurotrasmettitori** 191

Serotonina come neurotrasmettitore 192

Dopamina come neurotrasmettitore 193

Noradrenalina come neurotrasmettitore 194

### 7.6 **Altri neurotrasmettitori** 194

Aminoacidi come neurotrasmettitori 194

Polipeptidi come neurotrasmettitori 196

Endocannabinoidi come neurotrasmettitori 197

Gas come neurotrasmettitori 198

ATP e adenosina come neurotrasmettitori 199

### 7.7 **Integrazione sinaptica** 199

Plasticità sinaptica 200

Inibizione sinaptica 201

*Sommario* 202

*Esercizi* 204

## 8 Sistema nervoso centrale 207

### 8.1 **Organizzazione strutturale dell'encefalo** 208

#### 8.2 **Encefalo** 210

Corteccia cerebrale 210

Nuclei della base 216

Lateralizzazione cerebrale 216

Il linguaggio 218

Sistema limbico ed emozioni 219

Memoria 221

Le emozioni e la memoria 225

#### 8.3 **Diencefalo** 227

Talamo ed epitalamo 227

Ipotalamo e ghiandola pituitaria 228

#### 8.4 **Mesencefalo e rombencefalo** 229

Mesencefalo 229

Rombencefalo 231

Sistema reticolare attivante nel sonno e nella veglia 232

#### 8.5 **Midollo spinale** 233

Tratti ascendenti 234

Tratti discendenti 234

#### 8.6 **Nervi cranici e spinali** 237

Nervi cranici 237

Nervi spinali 237

*Sommario* 240

*Esercizi* 241

## 9 Sistema nervoso autonomo 244

### 9.1 **Controllo neurale degli effettori involontari** 245

Neuroni del sistema nervoso autonomo 245

Organi effettori viscerali 246

### 9.2 **Divisioni del sistema nervoso autonomo** 246

Divisione simpatica 247

Divisione parasimpatica 248

### 9.3 **Funzioni del sistema nervoso autonomo** 252

Trasmissione sinaptica adrenergica e colinergica 252

Risposte alla stimolazione adrenergica 253

Risposte alla stimolazione colinergica 255

Altri neurotrasmettitori del sistema nervoso autonomo 258

Organi con doppia innervazione 259

Organi senza doppia innervazione 259

Controllo del sistema nervoso autonomo da parte di centri cerebrali superiori 261

*Interazioni* 263

*Sommario* 264

*Esercizi* 265

## 10 Fisiologia sensoriale 267

### 10.1 **Caratteristiche dei recettori sensoriali** 268

Categorie di recettori sensoriali 268

Legge delle energie specifiche delle sensazioni 269

Potenziale generatore (di recettore) 270

### 10.2 **Sensazioni cutanee** 271

Percorsi neurali per le sensazioni somestetiche 272

Campi recettivi e acuità sensoriale 273

Inibizione laterale 274

### 10.3 **Gusto e olfatto** 275

Gusto 275

Olfatto 277

### 10.4 **Apparato vestibolare ed equilibrio** 279

Cellule sensoriali ciliate dell'apparato vestibolare 280

Utricolo e sacculo 281

Canali semicircolari 282

### 10.5 **Orecchie e udito** 283

Orecchio esterno 284

Orecchio medio 284

Coclea 286

Organo spirale (organo di Corti) 287

## 10.6 Occhio e visione 291

Rifrazione 294

Accomodazione 295

Acuità visiva 296

## 10.7 Retina 299

Effetto della luce sui bastoncelli 300

Attività elettrica delle cellule retiniche 302

Coni e visione a colori 302

Acuità visiva e sensibilità 305

Percorsi neurali dalla retina 305

## 10.8 Elaborazione neurale delle informazioni visive 308

Campi ricettivi delle cellule gangliari 309

Nucleo genicolato laterale 309

Corteccia cerebrale 309

*Interazioni* 311

*Sommario* 312

*Esercizi* 315

# 11 Ghiandole endocrine 318

## 11.1 Ghiandole endocrine e ormoni 319

Aspetti comuni della regolazione neurale ed endocrina 319

Classificazione chimica degli ormoni 321

Proormoni e preormoni 322

Interazioni tra ormoni 323

Effetti della concentrazione degli ormoni sulla risposta dei tessuti 324

## 11.2 Meccanismi d'azione degli ormoni 325

Ormoni che si legano a recettori nucleari 326

Ormoni che utilizzano secondi messaggeri 328

## 11.3 Ghiandola pituitaria 333

Ormoni della ghiandola pituitaria 333

Controllo ipotalamico dell'ipofisi posteriore 335

Controllo ipotalamico dell'ipofisi anteriore 336

Controllo a feedback dell'attività della ghiandola pituitaria 337

Funzioni cerebrali superiori e secrezione ipofisaria 338

## 11.4 Ghiandole surrenali 339

Funzioni della corteccia surrenale 340

Funzioni della midollare del surrene 341

Lo stress e la ghiandola surrenale 341

## 11.5 Ghiandole tiroidee e paratiroidi 343

Produzione e azione degli ormoni tiroidei 344

Ghiandole paratiroidi 346

## 11.6 Pancreas e altre ghiandole endocrine 347

Isole pancreatiche 347

Ghiandola pineale 349

Tratto gastrointestinale 351

Gonadi e placenta 351

## 11.7 Regolazione paracrina e autocrina 351

Esempi di regolazione paracrina e autocrina 352

Prostaglandine 353

*Interazioni* 356

*Sommario* 357

*Esercizi* 358

# 12 Il muscolo 361

## 12.1 I muscoli scheletrici 362

Struttura dei muscoli scheletrici 362

La placca motrice e l'unità motoria 363

## 12.2 I meccanismi della contrazione 366

Teoria dello scorrimento dei filamenti 368

La regolazione della contrazione 371

## 12.3 Contrazione dei muscoli scheletrici 376

Scossa muscolare singola, sommazione e tetano 376

Tipi di contrazioni muscolari 378

La componente elastica in serie 378

Relazione lunghezza - tensione 379

## 12.4 Necessità energetiche del muscolo scheletrico 380

Metabolismo dei muscoli scheletrici 381

Fibre muscolari a contrazione rapida e lenta 383

Affaticamento muscolare 384

Adattamenti dei muscoli all'allenamento 385

Danno muscolare e recupero funzionale 387

## 12.5 Controllo nervoso dei muscoli scheletrici 388

Fuso muscolare 389

Motoneuroni alfa e gamma 390

Coattivazione dei motoneuroni alfa e gamma 390

Riflessi dei muscoli scheletrici 391

Controllo dei muscoli scheletrici a opera dei motoneuroni superiori 393

## 12.6 I muscoli cardiaci e lisci 395

Muscolo cardiaco 395

Muscolo liscio 397

*Interazioni* 402

*Sommario* 403

*Esercizi* 406

## 13 Sangue, cuore e circolazione 408

### 13.1 Funzioni e componenti del sistema circolatorio 409

Funzioni del sistema circolatorio 409

Componenti principali del sistema circolatorio 409

### 13.2 Composizione del sangue 410

Plasma sanguigno 411

Gli elementi corpuscolati del sangue 412

Ematopoiesi 414

Antigeni eritrocitari e tipizzazione del sangue 416

La coagulazione 418

Fibrinolisi 422

### 13.3 Struttura del cuore 423

Circolazioni polmonare e sistemica 423

Valvole atrio-ventricolari e semilunari 424

Toni cardiaci 425

### 13.4 Ciclo cardiaco 427

Variazioni di pressione durante il ciclo cardiaco 428

### 13.5 Attività elettrica del cuore e elettrocardiogramma 430

Attività elettrica del cuore 430

L'elettrocardiogramma 433

### 13.6 Vasi sanguigni 436

Arterie 437

Capillari 438

Vene 440

### 13.7 Aterosclerosi e aritmie cardiache 441

Aterosclerosi 442

Aritmie rilevate dall'elettrocardiografo 446

### 13.8 Sistema linfatico 448

*Sommario* 451

*Esercizi* 453

## 14 Gittata cardiaca, flusso sanguigno e pressione sanguigna 456

### 14.1 Gittata cardiaca 457

Regolazione della frequenza cardiaca 457

Regolazione della gittata sistolica 458

Ritorno venoso 461

### 14.2 Volume ematico 462

Scambio di fluido tra capillari e tessuti 462

Regolazione del volume ematico ad opera dei reni 465

### 14.3 Resistenza vascolare al flusso sanguigno 469

Leggi fisiche che descrivono il flusso sanguigno 470

Regolazione estrinseca del flusso sanguigno 472

Regolazione paracrina del flusso sanguigno 473

Regolazione intrinseca del flusso sanguigno 474

### 14.4 Flusso sanguigno al cuore e muscoli scheletrici 475

Necessità aerobiche del cuore 475

Regolazione del flusso sanguigno coronarico 476

Regolazione del flusso sanguigno nei muscoli scheletrici 477

Variazioni della circolazione sanguigna durante l'esercizio fisico 477

### 14.5 Flusso ematico cerebrale e cutaneo 480

Circolazione cerebrale 481

Flusso sanguigno cutaneo 482

### 14.6 Pressione sanguigna 483

Riflesso barocettivo 484

Riflessi da stiramento atriale 486

Misurazione della pressione sanguigna 487

Pressione differenziale e pressione arteriosa media 489

### 14.7 Ipertensione, shock e insufficienza cardiaca congestizia 490

Ipertensione 490

Shock circolatorio 493

Insufficienza cardiaca congestizia 495

*Interazioni* 496

*Sommario* 497

*Esercizi* 499

## 15 Sistema immunitario 502

### 15.1 Meccanismi di difesa 503

Immunità innata (aspecifica) 503

Immunità adattativa (specifica) 507

Linfociti e organi linfoidi 508

Infiammazione locale 510

### 15.2 Funzioni dei linfociti B 512

Anticorpi 513

Sistema del complemento 515

### 15.3 Funzioni dei linfociti T 516

Linfociti T citotossici, helper e regolatori 516

Interazioni tra cellule presentanti l'antigene e linfociti T 520

- 15.4 Immunità attiva e passiva** 523
    - Immunità attiva e teoria della selezione clonale 524
    - Tolleranza immunologica 526
    - Immunità passiva 527
  - 15.5 Immunologia tumorale** 528
    - Cellule linfoidi innate 530
    - Effetti dell'invecchiamento e dello stress 530
  - 15.6 Malattie causate dal sistema immunitario** 531
    - Autoimmunità 531
    - Malattie da immunocomplessi 532
    - Allergia 533
- Interazioni* 537  
*Sommario* 538  
*Esercizi* 539

## 16 Fisiologia della respirazione 542

- 16.1 Il sistema respiratorio** 543
  - Struttura del sistema respiratorio 543
  - Cavità toracica 546
- 16.2 Aspetti fisici della ventilazione** 546
  - Pressioni intrapolmonari e intrapleuriche 547
  - Proprietà fisiche dei polmoni 548
  - Surfactante e sindrome da stress respiratorio 550
- 16.3 Meccanica respiratoria** 551
  - Inspirazione ed espirazione 551
  - Test di funzionalità polmonare 552
  - Patologie polmonari 555
- 16.4 Scambio di gas nei polmoni** 557
  - Calcolo della  $P_{O_2}$  557
  - Significato delle misurazioni di  $P_{CO_2}$  di  $P_{O_2}$  ematici 560
  - Circolazione polmonare e rapporti di ventilazione/perfusione 561
  - Disfunzioni causate da elevate pressioni parziali dei gas 562
- 16.5 Regolazione della respirazione** 564
  - Centri respiratori del tronco encefalico 564
  - Effetti della  $P_{CO_2}$  e del pH ematici sulla ventilazione 565
  - Effetti della  $P_{O_2}$  ematica sulla ventilazione 567
  - Effetti dei recettori polmonari sulla ventilazione 568
- 16.6 Emoglobina e trasporto di ossigeno** 569
  - Emoglobina 570

- La curva di dissociazione dell'ossiemoglobina 571
  - Effetto del pH e della temperatura sul trasporto di ossigeno 572
  - Effetto del 2,3-DPG sul trasporto di ossigeno 573
  - Difetti ereditari della struttura e della funzione dell'emoglobina 574
  - Mioglobina muscolare 575
- 16.7 Trasporto di anidride carbonica** 576
    - Lo Shift di Hamburger 576
    - Effetto Haldane 577
  - 16.8 Equilibrio acido-base del sangue** 578
    - Principi di equilibrio acido-base 578
    - Respirazione ed equilibrio acido-base 580
  - 16.9 Effetto dell'esercizio fisico e dell'altitudine elevata sulle funzioni respiratorie** 581
    - Ventilazione durante l'esercizio fisico 581
    - Acclimatazione alla vita in alta quota 582

*Interazioni* 586  
*Sommario* 587  
*Esercizi* 590

## 17 Fisiologia renale 593

- 17.1 Struttura e funzione dei reni** 594
  - Struttura macroscopica del sistema urinario 594
  - Controllo della minzione 594
  - Struttura microscopica del rene 597
- 17.2 Filtrazione glomerulare** 599
  - Ultrafiltrato glomerulare 600
  - Regolazione della velocità di filtrazione glomerulare 601
- 17.3 Riassorbimento di sale e acqua** 602
  - Riassorbimento nel tubulo prossimale 603
  - Sistema moltiplicatore controcorrente 604
  - Dotto collettore: effetto dell'ormone antidiuretico (ADH) 607
- 17.4 Clearance plasmatica renale** 610
  - Fenomeni di trasporto coinvolti nella clearance renale 610
  - Clearance renale dell'inulina: misurazione della GFR 612
  - Misure della clearance renale 613
  - Riassorbimento di glucosio 614
- 17.5 Controllo renale dell'equilibrio elettrolitico e acido-base** 616
  - Ruolo dell'aldosterone nell'equilibrio  $Na^+/K^+$  616
  - Controllo della secrezione di aldosterone 618
  - Peptidi natriuretici 620

Relazione tra  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{H}^+$  620

Regolazione renale dell'equilibrio acido-base 621

### 17.6 Diuretici e test di funzionalità renale 623

Uso dei diuretici 623

Test di funzionalità renale e patologie renali 625

*Interazioni* 627

*Sommario* 628

*Esercizi* 629

## 18 Sistema digerente 632

### 18.1 Introduzione al sistema digerente 633

Rivestimenti del canale alimentare 634

Regolazione del tratto alimentare 636

### 18.2 Dalla bocca allo stomaco 636

Esofago 637

Stomaco 637

Secrezione di pepsina e acido cloridrico 638

### 18.3 Intestino tenue 642

Villi e microvilli 642

Enzimi intestinali 643

Contrazioni intestinali e motilità 644

### 18.4 Intestino crasso 645

Microbiota intestinale 646

Assorbimento di liquidi ed elettroliti nell'intestino 649

Defecazione 649

### 18.5 Fegato, cistifellea e pancreas 649

Struttura del fegato 650

Funzioni del fegato 652

Cistifellea 655

Pancreas 656

### 18.6 Regolazione del sistema digerente 658

Regolazione della funzione gastrica 659

Regolazione della funzione intestinale 662

Regolazione della secrezione di succo pancreatico e di bile 663

Effetti trofici degli ormoni gastrointestinali 664

### 18.7 Digestione e assorbimento del cibo 664

Digestione e assorbimento dei carboidrati 665

Digestione e assorbimento delle proteine 666

Digestione e assorbimento dei lipidi 666

*Interazioni* 670

*Sommario* 671

*Esercizi* 672

## 19 Regolazione del metabolismo 675

### 19.1 Richieste nutrizionali 676

Tasso metabolico e richieste caloriche 676

Richieste anaboliche 678

Vitamine e minerali 680

Radicali liberi e antiossidanti 682

### 19.2 Regolazione del metabolismo energetico 683

Funzioni regolatorie del tessuto adiposo 684

Regolazione della fame e del metabolismo 686

Dispendio calorico 688

Regolazione ormonale del metabolismo 690

### 19.3 Regolazione energetica delle isole pancreatiche 690

Regolazione della secrezione di insulina e glucagone 691

Insulina e glucagone: stato di assorbimento 693

Insulina e glucagone: stato di post-assorbimento 694

### 19.4 Diabete mellito e ipoglicemia 695

Diabete mellito di tipo 1 696

Diabete mellito di tipo 2 697

Ipoglicemia 699

### 19.5 Regolazione metabolica da ormoni surrenali, tiroxina e ormone della crescita 701

Ormoni surrenali 701

Tiroxina 701

Ormone della crescita 703

### 19.6 Regolazione del bilancio di calcio e fosfato 705

Deposizione e riassorbimento osseo 706

Regolazione ormonale dell'osso 707

1,25-Diidrossivitamina  $\text{D}_3$  709

Controllo a feedback negativo dell'equilibrio di calcio e fosfato 710

*Sommario* 712

*Esercizi* 714

## 20 Riproduzione 717

### 20.1 Riproduzione sessuale 718

Determinazione sessuale 718

Sviluppo degli organi sessuali accessori e dei genitali esterni 721

Disturbi dello sviluppo sessuale embrionale 722

### 20.2 Regolazione endocrina della riproduzione 724



Interazione tra ipotalamo, ipofisi e gonadi 725

Insorgenza della pubertà 726

Epifisi 728

Risposta sessuale umana 728

### **20.3 Sistema riproduttivo maschile** 729

Controllo della secrezione della gonadotropina 729

Funzioni endocrine dei testicoli 731

Spermatogenesi 732

Organi sessuali maschili accessori 735

Erezione, emissione ed eiaculazione 736

Fertilità maschile 736

### **20.4 Sistema riproduttivo femminile** 739

Ciclo ovarico 740

Ovulazione 742

Asse ipotalamo-ipofisi-ovaio 743

### **20.5 Ciclo mestruale** 744

Fasi del ciclo mestruale: cambiamenti ciclici nelle ovaie 745

Cambiamenti ciclici nell'endometrio 747

Effetti di feromoni, stress e grasso corporeo 747

Metodi contraccettivi 748

Menopausa 750

### **20.6 Fecondazione, gravidanza e parto** 751

Fecondazione 751

Clivaggio e formazione della blastocisti 754

Impianto della blastocisti e formazione della placenta 757

Scambio di molecole attraverso la placenta 760

Funzioni endocrine della placenta 760

Travaglio e parto 762

Allattamento 762

*Note conclusive* 766

*Interazioni* 767

*Sommario* 768

*Esercizi* 770

## **Appendice**

**Risposte alle domande *Metti alla prova la tua conoscenza*** A-1

**Glossario** G-1

**Indice analitico** I-1