

Norsk forord

Målgruppen for den nye udgave af Menneskets fysiologi (norsk titel) er studerende, som læser fysiologi på universitetsniveau. I forhold til den tidligere udgave, som var målrettet de mellemlange sundhedsuddannelser, er teksten udvidet betydeligt, og inkluderer også de senere års videnskabelige forskningsresultater.

Fysiologi er læren om, hvordan levende organismer normalt fungerer. Kendskab til de normale kropsfunktioner er en forudsætning for at kunne forstå udviklingen af sygelige tilstande. Det er også en forudsætning for at kunne vælge den rigtige behandling, når kroppen ikke længere fungerer normalt, og fysiologi er derfor et grundlæggende medicinsk fag.

Vi takker medicinsk illustratør Kari C. Toverud for inspirerende samarbejde. Vi takker også redaktionskonsulent Karin Ovesen, som har styret bogmaterialet på en venlig, bestemt og professionel måde. Vi takker vores studenter, som har givet os undervisningserfaring, interessante diskussioner og faglige udfordringer. Vi takker også vore kolleger for et stimulerende fagligt miljø. Specielt vil vi takke Knut Aukland, Jan G. Bjålie, Terje Lømo, Jon I. Medbø, Gunnar Nicolaysen, Helge Stormorken, Steinar M. Torød og Lars Walløe, som alle er kommet med værdifulde forslag til ændringer i teksten.

Oslo, marts 2001

Olav Sand

Øystein V. Sjaastad

Egil Haug

Dansk forord

For første gang i mange år foreligger der nu en lærebog i fysiologi på dansk, der retter sig mod undervisningen i fysiologi på de sundhedsvidenskabelige studier. Bogen vil være velegnet til introduktionsundervisningen i fysiologi på medicinstudiet, og med passende supplerende materiale skulle den også kunne finde anvendelse ved den senere undervisning i fysiologi på medicinstudiet. Bogen er ligeledes velegnet til brug i fysiologiundervisningen på tandlægestudiet, ved uddannelserne indenfor human biologi, folkesundhedsvidenskab, og ved flere af de nye overbygnings- og master uddannelser, der er etableret ved de tre sundhedsvidenskabelige fakulteter.

Der er ved oversættelsen fra den norske udgave taget hensyn til dansk praksis og tradition i fysiologiundervisningen. Bogen foreligger således i en lettere revideret form i forhold til den norske udgave. Ved den danske bearbejdning har det dog været et vigtigt mål ikke at ændre væsentligt ved stilen og niveauet af den originale tekst. For at gøre bogen tilgængelig for så mange læsere som muligt er der så vidt muligt benyttet danske betegnelser for fx anatomiske strukturer og sygdomme. I visse tilfælde er det danske navn dog så sjældent benyttet i klinisk praksis, at vi har valgt i stedet at benytte det latinske/græske navn.

*Niels-Henrik Holstein-Rathlou
Panuminstituttet
Januar 2004*

Indhold

Indledning 11

1 Grunnlæggende kemi og fysik 13

Stof, masse og kraft 14

Arbejde og energi 14

Energiomsætning 14

Atomere og elementarpartikler 15

Grundstoffer og isotoper 16

Atomernes elektronfordeling 16

Elektricitet 17

Kemiske bindinger 17

Kovalent binding 17

Ionbinding 19

Hydrogenbinding 20

Stofmængde og koncentration 20

Diffusion 20

Osmose og filtration 22

Kemiske reaktioner 23

Spontane reaktioner 24

Aktiveringsenergi 24

Vand 25

Vand som opløsningsmiddel 26

Elektrisk strøm i ionopløsninger 27

Syrer, baser og pH-skalaen 27

Organisk kemi 29

Organiske molekyler i kroppen 31

Opbygning og nedbrydning af makromolekyler 31

Kulhydrater 31

Lipider 33

Proteiner 35

Nukleinsyrer 41

ATP og energiomsætningen i cellerne 43

Glykolyse 44

Citronsyrecyklus 44

Elektrontransportkæden og oxidativ fosforylering 46

Kroppens samlede energiomsætning 49

2 Celler og væv 51

Hovedtræk 52

Væv 54

Epitelvæv 54

Støttevæv 56

Flydende væv 57

Muskelvæv 57

Nervevæv 57

Ekstracellulær matrix og ekstracellulærvæske 58

Kombination af væv 58

Huden 58

Cellernes opbygning og funktion 61

Cytoplasma 61

Celledeling 64

Cellemembranen 68

Kemisk kommunikation mellem celler 76

Membranpotentiale 89

3 Nervesystemet 103

Hovedtræk 104

Nervevæv 106

Nerveceller 106

Gliaceller 107

Nerveledning 107

Ledning i myelinerede axoner 108

Ledning i myelinerede axoner 109

Synapser 110

Neuromuskulære synapser 110

Synapser mellem nerveceller 112

Centralnervesystemets inddeling og udvikling 118

Hjernens modning 120

Hjerne- og rygmarvshinderne 121

Cerebrospinalvæsken og blod-hjernebarrieren 122

Rygmarven og spinalnerverne 124

Segmentær inddeling af rygmarven og

spinalnerverne 124

Rygmarvens indre opbygning 125

Spinalnerverne 126

Reflekser 126

Hjernen 131

Hjernestammen og hjernenerverne 131

Cerebellum 132

Diencephalon 133

<i>Cerebrum</i>	133
Det autonome nervesystem	143
<i>Det sympatiske og det parasympatiske nervesystem</i>	146
<i>Transmitterstoffer og receptorer i det autonome nervesystem</i>	147
<i>Samspillet mellem det sympatiske og det parasympatiske nervesystem</i>	149
<i>Kontrollen af det autonome nervesystem</i>	149
4 Sanserne	153
Hovedtræk	154
<i>Sanseceller og sansereceptorer</i>	154
<i>Signaloverførelse</i>	155
<i>Sanseoplevelse (perception)</i>	159
Kropssanserne	159
<i>Tryk- og berøringssansen</i>	159
<i>Temperatursansen</i>	160
<i>Stillingssansen</i>	160
Smertesansen	161
<i>Smertefibre og smertereceptorer</i>	162
<i>Forskellige typer smerte</i>	162
<i>Impulsledning i smertebanerne</i>	162
Lugtesansen	164
<i>Lugtecellerne</i>	165
<i>Lugtoplevelse</i>	167
Smagssansen	167
<i>Smagscellerne</i>	167
<i>Smagsoplevelse</i>	170
Hørelsen	171
<i>Lyd</i>	171
<i>Det ydre øre og mellemøret</i>	172
<i>Det indre øre</i>	174
Ligevægtssansen	177
<i>Buegangene</i>	179
<i>Otolitorganerne</i>	180
<i>Hjernens behandling af ligevægtsinformation</i>	180
Synet	181
<i>Lys og linser</i>	182
<i>Øjet</i>	183
<i>Nervesystemets behandling af synsinformation</i>	193
5 Det endokrine system	199
Hovedtræk	200
Hormonerne	201
<i>Kemisk struktur og produktion</i>	202
<i>Transport, omsætning og udskillelse</i>	205
Hypothalamus, hypofysen og det endokrine system	207
<i>Hormonerne fra hypofysens baglap</i>	208
<i>Hormoner fra hypofysens forlap</i>	210
Gl. thyreoidea	217
<i>Hormonsyntese, sekretion og metabolisme</i>	218
Binyrene	223
<i>Binyrebarkens hormoner</i>	223
<i>Binyremarvens hormoner</i>	229
<i>Binyrenes hormonsekretion ved stress</i>	231

Hormonel regulering af calciumomsætningen	232
<i>Calciumregulerende hormoner</i>	233
Hormonel regulering af kulhydrat-, protein- og fedtomsætning	237
<i>Absorption og omsætning af næringsstoffer</i>	237
<i>Hormoner, der regulerer energilagrene</i>	238
<i>Hormoner, der regulerer energiomsætningen</i>	238
Biologiske rytmer	243

6 Skelettet og musklerne 245

Hovedtræk	246
Knoglerne	247
<i>Skelettets ernæring, vækst og nydannelse</i>	248
<i>Indeling af knoglerne</i>	249
<i>Leddene</i>	251
Skeletmuskulatur	254
<i>Skeletmuskulernes opbygning og muskelcellernes struktur</i>	254
<i>Kontraktionsmekanismen</i>	256
<i>Skeletmuskulernes mekaniske egenskaber</i>	261
<i>Energiomsætningen i skeletmuskulcellerne</i>	264
<i>Samspillet mellem musklerne og skelettet</i>	269
Glat muskulatur	270
<i>De glatte muskelcellers struktur</i>	271
<i>Kontraktion af glatte muskelceller</i>	271
Hjertemuskulatur	274
<i>Hjertemuskelcellernes struktur</i>	274
<i>Kontraktion af hjertemuskulatur</i>	274

7 Kredsløbet 277

Hovedtræk	278
Hjertet	281
<i>Hjertets makroskopiske opbygning</i>	282
<i>Myokardiets opbygning og egenskaber</i>	284
<i>Hjertets elektriske ledningssystem</i>	285
Elektrokardiografi (ekg)	290
<i>Bipolære afledninger</i>	293
<i>Unipolære afledninger</i>	297
<i>Hjertets elektriske akse</i>	297
Hjertets pumpefunktion	298
<i>Faserne i hjertets cyklus</i>	298
<i>Hjertelyde</i>	302
Hjertets minutvolumen	303
<i>Regulering af hjertefrekvensen</i>	303
<i>Regulering af hjertets slagvolumen</i>	304
<i>Samspillet mellem hjertets ydre og indre reguleringsmekanismer</i>	307
<i>Hjertets arbejde</i>	308
<i>Hjertets slagvolumen og det arterielle blodtryk</i>	309
Blodkarrene og blodtrykket	310
<i>Fysiske love for væskestrømme i rør</i>	310
<i>Sammenhæng mellem tryk, blodtransport og karmodstand i det systemiske kredsløb</i>	312
<i>Arterier og arterielt blodtryk</i>	312
<i>Arterioleer og regulering af deres diameter</i>	316

- Kapillærer 320
- Lymfekarsystemet 324
- Vener 325
- Regulering af det arterielle blodtryk 326
- Kredsløbet hos fostre og nyfødte 331
 - Kredsløbet hos fostre 331
 - Ændringer i kredsløbet ved fødslen 332
- Hjertemuskulaturens blodforsyning 333
- Lungekredsløbet 334
 - Sammenhængen mellem hjertets minutvolumen og kredsløbsforholdene i lungerne 335
- Hjernens blodforsyning 335
 - Blod-hjernebarrieren 336
- 8 Blodet** 339
- Hovedtræk 340
- Blodets sammensætning og egenskaber 340
- Erythrocytter 341
 - Hæmoglobin 342
 - Erythrocytternes dannelse 343
 - Tilintetgørelse af gamle erythrocytter 346
- Leukocyter 347
 - Leukocyttyper 348
 - Dannelse af leukocyter 349
 - Granulocytter 349
 - Monocyter 350
 - Lymfocytter 350
- Trombocyter 350
- Hæmostase 351
 - Kontraktion af skadet blodkar 351
 - Trombocytternes agglutination 351
 - Blodets koagulation 353
- 9 Immunsystemet** 359
- Hovedtræk 360
- Patogene agenser 361
- Uspecifikke forsvarsmekanismer 361
 - Det ydre forsvar 361
 - Det indre forsvar 362
 - Inflammation 365
- Specifikke forsvarsmekanismer 366
 - Det antistofafhængige, specifikke immunforsvar (B-celleforsvaret) 368
 - Det cellulære, specifikke immunforsvar (T-celleforsvaret) 370
- Blodtyper 375
 - ABO-systemet 375
 - Rh-systemet 376
- 10 Respirationssystemet** 377
- Hovedtræk 378
 - Respirationsprocessen 378
- De øvre luftveje 380
- De nedre luftveje 381
- Alveolerne 383
- Thorax, lunger og pleura 384
- Lungernes ventilation 385
 - Mekaniske forhold ved ventilationen 386
 - Trykforholdene i luftvejene og brystkassen 388
 - Forhold, der påvirker ventilationen 389
 - Lungevolumen 392
 - Alveoleventilationen 394
- Gasudvekslingen 395
 - Fysiske egenskaber ved gasser 395
 - Gastrykkene i lungealveolerne 396
 - Gasudvekslingen i lungerne 398
 - Gasudvekslingen i vævene 400
- Blodets transport af O₂ 401
 - Reaktionen mellem hæmoglobin og O₂ 402
- Blodets transport af CO₂ 404
- Regulering af respirationen 405
 - Respirationscenteret i medulla oblongata 406
 - Kemisk regulering af respirationen 407
 - Respirationsregulering ved fysisk aktivitet 409
 - Respiration under søvn 412
- 11 Fordøjelsessystemet** 415
- Hovedtræk 416
 - Fordøjelsesprocessen 416
- Fordøjelseskanalets væg og dens struktur 418
- Regulering af fordøjelseskanalets funktioner 420
 - Nervestyret regulering 420
 - Hormonstyret regulering 422
 - Faserne i sekretions- og motilitetsreguleringen 422
 - Appetitregulering 423
- Mundhulen 424
 - Tygning 424
 - Spytsekretion 424
- Pharynx og esophagus 426
 - Synkefunktionen 426
 - Madens passage gennem esophagus 427
- Ventriklen 428
 - Ventriklens funktioner 429
 - Muskelkontraktioner i ventriklen 429
 - Reguleringen af ventriklens tømning 431
 - Ventriklens sekreter 433
 - Ventriklens spaltning af næringsstoffer 437
- Pancreas 437
 - Pancreassekretets ionsammensætning 437
 - Pancreassekretets funktioner 437
 - Aktivering af pancreasenzymet 438
 - Regulering af pancreassekretionen 438
- Leveren, galdevejene og galdeblæren 441
 - Leverens funktioner 441
 - Produktion af galde 442
 - Samspelet mellem ventriklens aktivitet og udskillelsen af pancreassekret og galde 444
- Tyndtarmen 444
 - Tyndtarmens bevægelser 445
 - Tømning af tyndtarmen 446

<i>Sekretion i tyndtarmen</i>	446
<i>Fordøjelse og absorption af næringsstoffer i tyndtarmen</i>	447
Tyktarmen	455
<i>Tyktarmens bevægelser</i>	456
<i>Tømning af endetarmen</i>	456
<i>Regulering af tyktarmens kontraktioner</i>	457
Omsætning og lagring af kulhydrater, proteiner og fedt	457
<i>Absorptionsfasen</i>	457
<i>Postabsorptionsfasen</i>	460
<i>Regulering af næringsstofomsætningen</i>	462
12 Temperaturreguleringen	465
Normal legemstemperatur	466
Balancen mellem varmeproduktion og varmetab	467
<i>Varmeproduktion</i>	468
<i>Varmetab</i>	469
Regulering af legemstemperaturen	472
<i>Reguleringsprocesserne</i>	473
<i>Den termoneutrale zone</i>	474
<i>Tilpasning til varme</i>	474
<i>Tilpasning til kulde</i>	474
<i>Legemstemperatur og adfærd</i>	474
<i>Feber</i>	475
13 Nyrerne og urinvejene	477
Hovedtræk	478
<i>Nyrernes arbejdsmåde</i>	479
<i>Urinen</i>	480
Opbygningen af nyrerne og urinvejene	481
<i>Nyrerne</i>	481
<i>Urinvejene</i>	484
Gennemblødning og trykforhold i nyrernes blodkar	484
Glomerulusfunktionen	485
<i>Faktorer, der påvirker filtrationshastigheden</i>	486
<i>Glomerulusfiltrationens størrelse</i>	487
<i>Regulering af filtrationshastigheden</i>	487
Tubulusfunktionen	491
<i>Reabsorption fra tubulussystemet</i>	491
<i>Sammenhængen mellem cellestruktur og cellefunktion</i>	491
<i>Reabsorptionsmekanismerne</i>	492
<i>Sekretion</i>	495
<i>Tubulussystemets behandling af vigtige stoffer</i>	495
<i>Antidiuretisk hormon (ADH)</i>	499
<i>Nyrernes produktion af koncentreret og fortyndet urin</i>	499
Regulering af kropsvæskernes volumen og osmolaritet	505
<i>Reguleringen af ekstracellulærvæskens volumen</i>	506

<i>Reguleringen af ekstracellulærvæskens osmolaritet</i>	508
<i>Urinvolumen</i>	510
Syre-basereguleringen	512
<i>Dannelse af hydrogenioner</i>	512
<i>Buffere</i>	513
<i>Forstyrrelser i syre-basebalancen</i>	514
<i>Kroppens forsvar mod forstyrrelser i syre-basebalancen (sammendrag)</i>	517
Vandladningen	518
Nyrefunktionen hos ældre	519
Nyrefunktionen hos nyfødte	519

14 Forplantningen og seksuallfysiologien 523

Hovedtræk	524
<i>Forplantningsorganerne</i>	524
<i>Graviditet og fødsel</i>	525
Mandens reproduktionsfysiologi	525
<i>Testiklerne</i>	526
<i>Regulering af spermie- og hormonproduktionen</i>	532
Kvindens reproduktionsfysiologi	533
<i>Ovarierne</i>	535
<i>Produktion af østrogen og progesteron</i>	539
<i>Menstruationscyklus</i>	542
<i>Regulering af ægcellernes modning og af hormonproduktionen</i>	543
Befrugtning, graviditet og fødsel	545
<i>Befrugtningen</i>	545
<i>Graviditeten</i>	550
<i>Fosterets udvikling</i>	552
<i>Fødslen</i>	553
<i>Mælkeproduktion og amning</i>	555
Kønsmodningen	557
<i>Puberteten</i>	557
Aldersforandringer i forplantningsfunktionen	560
<i>Aldersforandringer hos kvinden</i>	560
<i>Aldersforandringer hos manden</i>	562
Samlivets fysiologi	562
<i>Samleje</i>	563
<i>Erogene zoner</i>	564
<i>Prævention</i>	564

15 Kroppen som en enhed 567

Sygehistorie 1	568
Sygehistorie 2	571

Målenheder og størrelser 577

Stikord	579
----------------	-----