

Tartu Ülikool

# **INIMESE FÜSIOLOOGIA**

**Peet-Henn Kingisepp**

Seitsmes trükk

Tartu 2017

Tartu Ülikool  
Füsioloogia Instituut

© AS Atlex ja autor  
Esmatrükk: 2000  
Kordustrükk: 2001, 2003, 2006, 2009, 2013, 2017

Tehniline toimetaja ja küljendaja AAVO LANG

AS Atlex  
Kivi 23  
51009 Tartu  
Tel 734 9099  
Faks 734 8915  
e-post: [atlex@atlex.ee](mailto:atlex@atlex.ee)  
[www.atlex.ee](http://www.atlex.ee)

ISBN 9985-9669-5-3

## SAATEKS

Käesolev õppevahend on mõeldud Tartu Ülikooli arstiteaduskonna proviisoriõppe ja hambaarstiteaduse eriala ning sotsiaalteaduskonna psühholoogia ja eripedagoogika osakonna üliõpilastele. Samuti võivad saada siit tarvilikke teadmisi füüsika-keemiateaduskonna meditsiinifüüsika ja meditsiinitehnika ning avatud ülikooli üliõpilased, kelle õppekavades on füsioloogiakursus väiksema mahuga kui arstiteaduskonna arstiteaduse osakonnas. Kasulikuks võib väljaanne osutada ka nendele, kes õpivad füsioloogiat tervishoiu kõrgkoolides.

**Füsioloogia on õpetus elusorganismide talitlusest** ja nende seostest ümbritseva keskkonnaga. Talitlust ei saa mõista ilma organismide ehitust uuriva õpetuse – **anatomia** – aluseid teadmata. Seepärast eeldab ka järgnev füsioloogia põhitõdede käsitlus lugejalt inimkeha ehituse tundmist.

"Inimese füsioloogia" kuus esimest trükki (Atlex, Tartu, 2000, 2001, 2003, 2006, 2009, 2013) on praeguseks müügilt lõppenud. Käesolev on niisiis selle väljaande seitsmes trükk. Õppevahendi üldine ülesehitus ja formaat on jäänud samaks. Varasemaga võrreldes on lisatud materjali sisekeskkonna ja organismi funktsioonide reguleerimise kohta, on täiendatud vere, hingamise ja seedimise füsioloogia peatükke, pikendatud teadlaste nimekirja ja lisatud joonised 1, 2, 3, 20 ja 33.

Õppevahendi koostamisel ja jooniste valikul abiks olnud kirjanduse ning täiendava lugemisvara loetelu on toodud väljaande

lõpus. Olulisemad terminid ja mõisted on esile tõstetud poolpaksu kirjaga, võõrkeelsed terminid on esitatud kursiivis. Mõõtühikutena on esikohal SI-süsteem.

Käsikirja viimistlemisel ja trükikorda seadmisel osutatud tehnilise ning sisulise abi eest avaldan tänu Aavo Langile ja teistele kolleegidele TÜ füsioloogia instituudist, kes ühel või teisel viisil õppevahendi täiendamisele kaasa aitasid. Jooniste arvutivariandid tegid arvutigraafikud Alice Stokmann ja Anne Must, keda tänan meeldiva koostöö eest.

Peet-Henn Kingisepp

## SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	13
ORGANISMI SISEKESKKOND JA FUNKTSIOONIDE REGU- LEERIMINE .....	17
Sisekeskkonna mõiste ja homöostaas .....	17
Organismi funktsioonide reguleerimine, refleksikaar ja reguleerimiskontuur .....	18
VERI .....	23
Vere ülesanded .....	23
Transpordifunktsioon .....	23
Kaitsefunktsioon .....	23
Sisekeskkonna suhtelise püsivuse säilitamine .....	23
Vere hulk, koostis ja maht .....	24
Vereplasma, selle koostis ja füüsikalise-keemilised omadused .....	24
Vereplasma valgud, nende fraktsioonid ja hulk .....	25
Vereplasma valkude ülesanded .....	26
Vereplasma madalmolekulaarsed ained .....	27
Vere puhversüsteemid .....	28
Verelibled e vererakud e hemotsüüdid .....	29
Erütrotsüüdid .....	29
Leukotsüüdid .....	31
T- ja B-lümfotsüüdid .....	31
Trombotsüüdid .....	32
Vere hüübimine .....	32
Veregrupid .....	36
ABO-süsteem .....	36

Vereülekanne e hemotransfusioon .....	37
Veregruppide määramine .....	38
Reesusüsteem .....	39
Vereloom e hemopoees .....	40
SÜDAME TALITLUS .....	43
Südame erutustekke- ja erutusjuhtesüsteem .....	43
Elektrokardiogramm .....	46
Vere liikumine südames. Südamsükkel .....	47
Kodade tsükkel .....	47
Vatsakeste tsükkel .....	48
Südametoonid .....	50
Südame poolt tehtav töö .....	51
Südametegevuse regulatsioon .....	53
VERESONKONNA TALITLUS .....	59
Vere liikumine veresoones .....	59
Vere voolamise üldised seaduspärasused .....	59
Vererõhk .....	62
Vererõhu regulatsioon .....	64
Arteripulss .....	66
Veenipulss .....	66
Vererõhu mõõtmine .....	68
Veresoonte jaotus funktsiooni järgi .....	70
Ainete vahetus vere ja kudede vahel .....	72
LÜMF JA LÜMFIVOOL .....	75
HINGAMISELUNDITE TALITLUS .....	77
Enamkasutatavad sümbolid hingamisfüsioloogias .....	78

Daltoni seadus ja gaasi osarõhu arvutamine gaasisegus .....	79
Henry seadus .....	79
Grahami seadus .....	80
Boyle'i seadus .....	80
Dondersi mudeli skeem hingamismehaanika iseloomustamiseks .....	80
Gaasivahetus kopsudes, kopsude ventilatsioon .....	83
Kopsude üld- ja alveolaarventilatsioon. Surnud ruumid .....	85
Kopsude mahud ja mahtuvused .....	89
Hingamisgaaside difusioon .....	91
Alveolaarventilatsiooni ja kopsude verevoolutuse suhe .....	93
Hapniku transport verega .....	94
Süsinikdioksiidi transport verega .....	99
Hingamisgaaside vahetus kudedes .....	102
Hingamise regulatsioon .....	103
Hingamise muutused füüsilise töö ajal .....	104
Hingamine merepinnal olevast õhurõhust madalama ja kõrgema rõhu juures .....	105
 AINE- JA ENERGIAVAHETUS .....	 108
Toitainete bioloogiline oksüdatsioon .....	108
Süivesikute, lipiidide ja valkude bioloogilise oksüdatsiooni reaktsioonid .....	109
Ainevahetuse määramise meetodid .....	113
Põhiainevahetuse mõiste .....	115
Valkude ainevahetus .....	116
Lipiidide ainevahetus .....	118
Süivesikute ainevahetus .....	119
Lipiidide ja süivesikute ainevahetuse regulatsioon .....	120
Mineraalainete ainevahetus .....	121

Veetasakaal .....	123
<b>TERMOREGULATSIOON. SOOJUSTASAKAAL .....</b>	<b>125</b>
Soojusteke .....	125
Soojuse äraandmine .....	126
Energiakulu erinevate elukutsete puhul .....	128
<b>SEEDEELUNDITE TALITLUS .....</b>	<b>131</b>
Seedimine suus .....	131
Neelamine .....	132
Seedimine maos .....	132
Seedimine peensooles .....	135
Maksa osa seedimises .....	138
Seedimine tühi- ja niudesooles .....	140
Seedimine jämesooles .....	143
Kokkuvõtlikult toitainete lõhustamisest ja imendumisest .....	144
Seedeelundite talitluse regulatsioon .....	149
Seedeelundite talitluse uurimine .....	150
<b>ERITUSELUNDITE TALITLUS .....</b>	<b>155</b>
Uriini moodustumine .....	156
Neerude talitluse regulatsioon .....	161
Uriini hulk ja koostis. Urineerimine .....	164
<b>NÄRVIKOE TALITLUS .....</b>	<b>167</b>
Membraani puhkepotentsiaal .....	168
Membraani tegevus- e aktsioonipotentsiaal .....	171
Erutuvuse muutused erutuse ajal .....	173
Erutuse levik närvis .....	175
Närvikiudude jaotus .....	176



Erutuse ülekanne sünap sis. Sünap si ehitus .....	177
Erutuse ülekanne keemilises sünap sis .....	177
Erutuse ülekanne elektrilises sünap sis .....	179
LIHASKOE TALITLUS .....	181
Silelihased .....	181
Vöötlihased .....	183
Lihaskontraktsiooni molekulaarne mehhanism .....	185
Lihase üksik- ja tetaaniline kontraktsioon .....	187
MEELEELUNDITE TALITLUS .....	191
Nägemismeel .....	192
Silma refraktsioonianaaliad .....	195
Silma kaitseaparaat .....	197
Fotokeemilised protsessid võrkkestas .....	197
Ganglionirakud, nende retseptiivsed väljad ja visuaalse signaali edastamine .....	198
Värvuste nägemine .....	199
Nägemismeele tsentraalsed teed .....	200
Kuulmismeel .....	202
Tasakaalumeel .....	206
Haistmismeel .....	210
Haistmistaju teke .....	212
Maitsemismeel .....	213
Maitsemistaju teke .....	214
Puutemeel .....	214
Temperatuurimeel .....	218
Lihasmeel .....	219

SISESEKRETOORSETE e ENDOKRIINSETE	
NÄÄRMETE TALITLUS .....	223
Ajuripats e hüpofüüs .....	225
Hüpofüüsi eessagar e adenohüpofüüs .....	225
Mitteglantotroopsed hormoonid .....	226
Glandotroopsed hormoonid .....	226
Hüpofüüsi tagasagar e neurohüpofüüs .....	227
Kilpnääre .....	227
Kõrvalkilpnäärmed .....	228
Käbinääre e epifüüs .....	229
Harknääre e tüümus .....	230
Kõhunäärme Langerhansi saared .....	230
Neerupealised .....	231
Neerupealisekoor .....	231
Mineraalkortikoidid .....	232
Glükokortikoidid .....	232
Neerupealisesäsi .....	233
Sugunäärmed .....	235
Meessugunäärmed .....	235
Naissugunäärmed .....	236
KESKNÄRVISÜSTEEMI TALITLUS .....	
Erutuse juhtimine närvikeskustes .....	240
Pidurdusnähud närvikeskustes .....	242
Kesknärvisüsteemi talitluse eriosa .....	243
Seljaaju .....	243
Peaaju .....	248
Piklikaju .....	249
Tagaaju .....	249
Väikeaju .....	249

Keskaju .....	250
Vaheaju .....	251
Retikulaarformatsioon .....	251
Limiline süsteem .....	253
Ajupõhimiku tuumad e basaalganglionid .....	255
Suurajukoor .....	256
Elektroentsefalograafia .....	260
Vegetatiivse närvisüsteemi talitus .....	261
Organismi käitumisreaktsioonide kujunemine. Mälu .....	267
ANDMEID TEKSTIS MAINITUD TEADLASTE KOHTA .....	273
KASUTATUD JA SOOVITATAV KIRJANDUS .....	277



## SISSEJUHATUS

Eluavaldused on äärmiselt keerukad ja mitmekesised. Olulisemate, juba ainuraksetel eristatavate **elu iseloomustavate tunnustena võib nimetada ainevahetust, liikumist, erutuvust ja paljunemist**. Neid funktsioone täidavad **ainuraksetel** ensüümsüsteemid ja molekulaarstruktuurid. **Lihtsamatel hulkraksetel** on juba erinevate ülesannetega, näiteks toitumise, liikumise ja paljunemisega seotud rakud spetsialiseerunud **kudedeks**.

**Keerukamate hulkraksete** organismis on rakkudevaheline spetsialiseerumine veelgi suurem, siin on erinevaid funktsioone täitvad rakukogumikud koondunud mitmetest kudedest koosnevateks **elunditeks**, mis moodustavad ühiseid ülesandeid täitvaid **elundsüsteeme**.

Terviklikus organismis töötavad elundsüsteemid kooskõlastatult **funktsionaalsete süsteemidena** ja teenivad ühiseid antud isendi ja liigi säilitamise huvisid. Näiteks kuuluvad **organismi hapnikuga varustavasse funktsionaalsesse süsteemi veri, hingamis-, ja vereringeelundid**. **Lihaste ja skeletisüsteem** moodustab organismis tugi- ja liikumisaparaadi. Väliskeskkonnast toiduga saadavate, eluks vajalike toitainete muutmine organismile vastuvõetavateks toimub **seedeelundites**.

**Energia vabaneb** kudedes toimuval **bioloogilisel oksüdatsioonil**. Ainevahetuses tekkinud jäägid eemaldatakse **erituselundite** – neerude, kopsude ja naha kaudu. Organismi võime reageerida välis- ja sisekeskkonnast pärinevatele ärritajatele on **ärrituvus**, kudedes tekkinud funktsionaalne muutus on **ärritus**. Ärrituvuse avaldumise vorm ja kestus oleneb koe liigist ja tema funktsionaalsest seisundist. Funktsionaalse seisundi muutus

närvikoel avaldub erutusena, lihasel kokkutõmbe e kontraktsioonina ja närmerakkudel nõre eritumisena. **Paljunemisfunktsioon** säilitab antud liigi püsivuse.

**Kõikide elundsüsteemide omavaheline kooskõlastatud tegevus on võimalik tänu reguleerivatele süsteemidele (sisenõrenäärmed ja kesknärvisüsteem).** Organismi kui terviku eksisteerimine on võimalik ainult siis, kui ta saab pidevalt informatsiooni väliskeskkonna muutuste kohta ja kohanemisel nendega säilitab optimaalsed tingimused rakkude elutegevuseks. Organismi sise- ja väliskeskkonnast pärinevatele mõjudele – **ärritajatele** e ärrititele reageerivad siseelundite ja **meesüsteemide** tundlikud **sensorid**, mis **võtavad vastu, töötlevad ja edastavad informatsiooni** sisenõrenäärmetele ja kesknärvisüsteemile. Nende nn reguleerivate süsteemide vahendusel kujunevad **sisekeskkonna püsivuse – homöostaasi** – säilitamisele ja elu alalhoidmisele suunatud käitumisreaktsioonid.

**Organismi sisekeskkonna** moodustab rakkude siseruum ja rakuväline vedelik, millest suurem osa asub rakkude ja kudede vahelises ruumis, ülejäänud osa esineb lümfi ja vereplasmana. Verekapillaaridest difundeeruvad rakkudevahelisse vedelikku ning sealt edasi rakkudesse toitained ja hapnik; koevedelike kaudu jõuavad ainevahetuses tekkinud jääkained rakkudest verre ja verega kantakse need erituselunditesse, kus nad organismist eemaldatakse. Täpsete regulatsioonimehhanismidega hoitakse organismi sisekeskkonda nii keemiliselt koostiselt kui füüsikaliste omaduste poolest suhteliselt stabiilsena. XIX sajandi keskpaigas võttis Claude Bernard kasutusele **organismi sisekeskkonna** mõiste, rõhutades eriti selle suhtelise püsivuse vajalikkust normaalseks elutegevuseks. Möödunud sajandi kahekümnendate aastate lõpus

iseloomustas Walter B. Cannon organismi sisekeskkonna suhtelist püsivust terminiga **homöostaas**. Ta tõstis eriti esile rakkude elutegevuse sõltuvust **koevedelike osmootsest rõhust ja vesinikioonide kontsentratsioonist** ning **kehatemperatuurist**. Nende suuruste suhtelise püsivuse hoidmine ümbritseva ruumi (väliskeskkonna) muutlikes tingimustes toimub organismis tänu nende ja paljude teiste füsioloogiliste näitajate täpsele regulatsioonile.

Inimese kohastumist ümbritseva ruumi tingimustega iseloomustab veel ka see, et bioloogilistele faktoritele lisanduvad sotsiaalsed, ainult inimühiskonnale omased tegurid. Inimene saab meid ümbritsevast keskkonnast vahetute ärritajate kõrval mõjustusi ka kuulnud ja loetud sõna abil. Inimene, nagu teisedki elusorganismid, on teda ümbritsevast keskkonnast lahutamatu, sellepärast tuleb ka tema eluavaldusi vaadelda organismi ja keskkonna vaheliste kahepoolsete seoste koosmõju keerukais avaldusis. Selleks, et neid seoseid mõista ja suunata, peab teadma inimkeha ehitust ja tema funktsioone.