

Marc Dingman

**KUIDAS
INIMAJU
TÖÖTAB**

*Neuroteaduse selgitusi aju
ja selle veidruste kohta*



Originaali tiitel:

Marc Dingman

Your Brain, Explained

What Neuroscience Reveals about Your Brain And Its Quirks

First published in 2019 by Nicholas Brealey Publishing

An imprint of John Murray Press

An Hachette UK company

Copyright © Marc Dingman 2019

Toimetanud Tiia Penjam

Kujundanud Siiri Timmerman

Tõlge eesti keelde © Krista Kallis ja Tänapäev, 2020

ISBN 978-9949-85-711-1

www.tnp.ee

Trükitud AS Pakett trükikojas

*Kyle ja Fiale,
mu väikestele teadlastele*

Kiidusõnu raamatule „Kuidas aju töötab”

„Suurepärane ja kergesti loetav sissejuhatus aju keerulisuse ja imelisuse kohta kõigile, kes huvituvad teadusest, meditsiinist ja sellest, mis meid inimeseks teeb. Raamat, mis on loetav detektiivjuttude kogumikuna, ühendab neuroloogia ajaloost teadaolevad klassikalised haiguslood andmetega, mis on saadud aju saladuste uurimisel kõige moodsama tehnoloogia abil.”

Stanley Finger,
filosoofiadoktor, Washington University (St. Louis)
psühholoogia ja ajuteaduste emeriitprofessor,
raamatute „Origins of Neuroscience; Minds behind
the Brain” ja „Franz Joseph Gall: Naturalist of the
Mind, Visionary of the Brain” autor

„Informatiivne, hõlpsasti hoomatav ja põnev lugemine igäühele, kes veidigi huvitub viisist, kuidas aju toimib, kuid ei tea, kust alustada.”

Dean Burnett,
filosoofiadoktor, raamatute „The Happy Brain”
ja „The Idiot Brain” autor

„Raamat selgitab arusaadavalt, mida me selle kõige saladuslikuma elundi kohta teame. Dingman põimib klassikalised uurimused tänapäevastega hõlpsasti arusaadavateks osadeks ning see teeb raamatust suurepärase esmase lugemisvara, mille abil tutvuda kiiresti areneva neuroteadusega.”

Moheb Costandi,
raamatute „Neuroplasticity” ja „50 Human Brain
Ideas You Really Need to Know” autor

„[---] kütkestav ja arusaadav sissejuhatus aju toimimisse ja neuroteaduse tänapäevastesse probleemidesse [---] suurepärane sissejuhatus sellesse valdkonda.“

Frank Amthor,
filosoofiadoktor, University of Alabama
Birminghamis, raamatu „Neuroscience for Dummies”
autor

„Lõbus ja hariv lugemine [---]. Mina sain teada palju uut, teiegi saate!”

John E. Dowling, filosoofiadoktor, Gordon ja Llura
Gundi neuroteaduste professuuri hoidja, Harvard
University, raamatu „Understanding the Brain: From
Cells to Behavior to Cognition” autor

Sisukord

TÄNUSÕNAD	12
SISSEJUHATUS	15
1 HIRM	22
<i>Hirmuseose loomine</i>	29
<i>Mandelkeha kui ohu detektor</i>	30
<i>Hirmul enne, kui seda ise teate</i>	33
<i>Hirmukeskus</i>	38
<i>Rohkem kui hirmukeskus</i>	39
<i>Uus vaade hirmule</i>	42
<i>Käest ära läinud hirm</i>	43
2 MÄLU	50
<i>Mälu põhitoed</i>	52
<i>Seoste loomine, mälestuste moodustamine</i>	56
<i>Mälu ja ... meriteod</i>	59
<i>Merihobud ajal</i>	63
<i>Mälestuse elu</i>	66
<i>Kus talletatakse mälestused?</i>	69
<i>Loo lõpetuseks</i>	70
<i>Alzheimeri tõbi</i>	71
Sünge prognoos	73
Neurodegeneratsioon ja Alzheimeri tõbi	75
Naastud, kämbud ja hukuvad närvirakud	77
3 UNI	81
<i>Miks me magame?</i>	83
<i>Uneteaduse teke</i>	86
<i>Une mõõtmine EEG abil</i>	89
<i>Õised liigutused</i>	93
<i>Uinuv aju</i>	95

<i>Läheme spetsiifilisemaks</i>	96
<i>Narkolepsia ja unekontrolli keskus</i>	99
<i>Unele lülitumine</i>	102
<i>Uni võtab võimust</i>	103
Adenosiin ja uni	104
24/7	106
<i>Ameerika lemmikdroog</i>	108
<i>Kofeiini pikaajaline mõju</i>	109
4 KEEL	113
<i>Broca kohtub Taniga</i>	117
<i>Wernicke saab endale eraldi ala</i>	120
<i>Kahevõitlust pidavad ajupoolkerad</i>	122
<i>Parema ajupoolkera roll, mis jääb tihti tähelepanuta</i>	126
<i>Klassikaline keelemudel</i>	127
<i>Keerulisem pilt</i>	129
<i>Kui keel puudub</i>	131
<i>Kriitilised perioodid</i>	134
5 KURBUS	137
<i>Broca ja „suur limbiline sagar“</i>	139
<i>Uus sagar</i>	141
<i>Siseneme limbilisse süsteemi</i>	143
<i>Edasimineku ühtse emotsioonisüsteemi arusaamalt</i>	144
<i>Kurbuse asukoha leidmine ajus</i>	145
<i>Mõhnkeha põlvealune vöökäär depressiooni korral</i>	147
<i>Depressiooniga seonduv võrgustik</i>	152
<i>Serotoniinihüpotees</i>	155
<i>Infokildude kokkupanek</i>	157
<i>Tagasihaare ja virgatsainete taaskasutus</i>	158

<i>Balli iludus</i>	160
<i>Serotoniinhüpoteesi puudused</i>	161
<i>Vastuste otsinguil</i>	163
6 LIIKUMINE	167
<i>Liikumise otsing ajus</i>	170
<i>Motoorne korteks</i>	174
<i>Motoorne korteks tegevuses</i>	177
<i>Liikumise peenhäälestamine</i>	179
„Väike aju”	180
Basaalganglionid	183
<i>Parkinsoni tõbi</i>	186
Aegluubis liikumine	187
Dopamiinipuudus	189
Levodopa Parkinsoni tõve vastu: kas umeravim? ..	192
7 NÄGEMINE	197
<i>Silmad tähelepanu keskmes</i>	200
<i>Hämmastav rakukiht</i>	201
<i>Värvipimedus: müüdid ja tõde</i>	204
<i>Võrkkesta mitmekesine maastik</i>	206
<i>Silmast väljapoole</i>	208
<i>Nägemine ajukoores</i>	210
<i>Visuaalse taju hämmastav spetsiifilisus</i>	213
<i>Nägemine on ebatäiuslik rekonstruktsioon</i> ...	216
<i>Pimedus</i>	218
<i>Väga eriline oskuste kogum</i>	220
<i>Ilmse eitamine</i>	223
8 MÕNUTUNNE	225
<i>Kustumatud mälestused</i>	228
<i>Tasustamissüsteemi otsing</i>	229
<i>Dopamiin ja tasustamine</i>	231
<i>Mõnu virgatsaine</i>	233

<i>Uued dopamiiniga seonduvad väljavaated</i> . . .	235
<i>Kuidas on lood mõnutundega?</i>	239
Sõltuvus	241
Paheline tsükkel	243
Uus vaade sõltuvusele	249
9 VALU	253
<i>Valu tee: retseptoritest ajuni</i>	256
<i>Puudutuse ja valu keskus</i>	258
<i>Valu ärahõõrumine</i>	261
<i>Kõrgemad mehhanismid</i>	263
<i>Tähtis avastus</i>	266
<i>Looduslikud valuvaigistid</i>	267
<i>Kroonilise valu probleem</i>	270
<i>Valu ravimine: kahe teraga mõök</i>	272
10 TÄHELEPANU	279
<i>Kokteilipeod ja tähelepanu</i>	282
<i>Tähelepanu ajus</i>	285
<i>Tähelepanu piiratud ressurss</i>	288
<i>Rööprähklemine</i>	291
<i>Supertegijad</i>	295
<i>Aktiivsus- ja tähelepanuhäire (ATH)</i>	297
ATH-aju	299
ATH, dopamiin ja edasine lugu	301
JÄRELSÕNA	304
LÕPUMÄRKUSED	306
AUTORIST	327

TÄNUSÕNAD

Terve aju igasuguse toimimise määrab – nagu minu puhul, kes ma neid sõnu kirjutan, või teie puhul, kes te neid loete – funktsioneerimisse panustavate ajupiirkondade pikk nimekiri. Kui jätta ära vaid üks piirkond, võivad asjad üsna viltu vedada ning mõnel juhul ei pruugi kogu masinavärk enam üldse toimida. Selles on rohkesti suurepärast analoogiat käesoleva raamatuga, millesse panustasid nii otseselt kui ka kaudselt paljud. Ilma nende kõigita poleks see raamat võib-olla kunagi trükimusta näinud. Ja isegi kui oleks, kannatanuks oluliselt lõpptoote kvaliteet.

Kirjastuse Nicholas Brealey Publishing meeskonnal oli ilmselgelt otsustav osa selles, et käesolev raamat minu peast lehekülgedele maandus. Tänuõnad kuuluvad Alison Hankeyle, kes nägi mu käsikirjas potentsiaali isegi selle väga varajases variandis; Michell Morganile, kes aitas algusest lõpuni suunata trükkimisprotsessi; Brett Halbleibile kasulike ettepanekute eest toimetamisel ja kõigile teistele meeskonnaliikmetele, kellega ma nii hästi tuttavaks ei saanud, kuid kelle tagaplaanile jäänud töö raamatu ilmumise võimalikuks tegi.

Soovin tänada ka oma agentuuri Linda Konnerit, esimest inimest, kes pani mu uskuma, et keegi võib minu kirjapandust ehk huvitatud olla.

Erilise tänu võlgnen Tom Gouldile selle eest, et

ta luges käsikirja ja kontrollis selles leiduvaid fakte; tema napisõnaline tagasiside muutis raamatu oluliselt paremaks. Olen väga tänulik ka teistele, kes lugesid raamatu eri osi ning tulid välja kriitiliste märkuste ja komplimentidega, iseäranis Frank Amthorile, Dean Burnettile, Moheb Costandile, John Dowlingile ja Stanley Fingerile. Nende suuremeelsus, kes olid valmis leidma aega mu töö lugemiseks ja kommenteerimiseks – saamata tasuks midagi muud peale ühise söömaaja ja raamatu eksemplari –, hämmastab mind ikka veel.

Olen äärmiselt tänulik oma vanematele nende kõigutamatu toetuse, kannatlikkuse ja vankumatu usu eest minusse – isegi aegadel, mil see ei paistnud olevat põhjendatud. Teie usaldus aitas mul lõpuks iseendasse uskuda ja oli mulle hädavajalik, et selle projektiga tegelema hakata. Teieta (nii sõnasõnaliselt kui ka kujundlikult mõttes) poleks kõne all olev raamat kunagi võimalikuks saanud.

Mul vedas erakordselt, et kogu ettevõtmise vältel oli mu kõrval minu naine Michelle. Ta toetas mind päris algusest peale. Isegi siis, kui polnud kindel, kas mõtetest, mis mul juhuslikult peas uitasid, kunagi midagi saab. Täna sind, et talusid mu varaseid magaminekuid, et saaksin tõusta enne koitu ja iga päev kirjutada (ning ka mu muid veidrusi), ning täna sind kõige muu eest, mida sa teed ja mida on liialt palju, et see siinkohal kirja panna. Teadmine, et oled alati minu

poolel, teeb kõik, millega tegelen, veidi kergemaks.

Kyle ja Fiale olen tänulik naeratuste ja naeru eest ning selle eest, et nad aitavad mul mõista, mis mu elus on tõeliselt tähtis. Püüan iga päev teha asju, mis panevad teid mind uhkusega oma isaks kutsuma, ja loodan, et see raamat on üks neist asjust.

Lõpuks tahan tänada enam kui 3500 üliõpilast, keda mul on olnud au õpetada alates ajast, mil minust sai õppejõud Penn State'is. Ma ei suuda välja mõelda midagi muud, mis oleks virgutanud minus soovi saada rohkem teadmisi neuroteadusest, kui selle õpetamine ja teie silmis samasuguse uudishimu nägemine, nagu oli minul, kui aju uurimisega algust tegin.

SISSEJUHATUS

Aastal 1908 oli Kurt Goldstein lõpetamas residentuuri Saksamaa psühhiaatria haiglas, kui ta sattus äärmiselt ebaharilikule haigusloole. Goldsteini meditsiiniõpingutest oli möödas vaid viis aastat ja ta oli just alustamas oma erakordselt edukaks osutunud karjääri. Paari järgneva aastakümnega sai temast väga hinnatud neuropsühholoog ja mõjukas kirjutaja. Ta oli üks esimesi, kes neuroloogiliste haigustega patsientide ravimisel propageeris holistlikku lähenemist, rõhutades vajadust käsitada patsienti kui indiviidi – tegelikult nagu üht organismi –, selle asemel et näha teda lihtsalt sümptomite koguna. Esimese maailmasõja ajal rajas ta holistliku filosoofia põhimõttel tegutseva haigla, kus raviti ajukahjustustega sõdureid; tuhanded sõdurid said seal seda ravi, enne kui natsid Goldsteini ta juudi päritolu tõttu Saksamaalt lahkuma sundisid. Kuid juba oma residentuuriaja alguses sattus Goldstein vastamisi tõenäoliselt kõige veidrama juhtumiga, millega tal tegelda tuli.

Patsient oli 57aastane naine, kes oli kaks aastat varem läbi teinud insuldi. Algselt oli see halvanud ta vasaku käe. Aja möödudes käe liikuvus taastus, kuid tekkis veider komplikatsioon: naise vasakul käel näis olevat eraldi teadvus. Mõnikord liigutas käsi ennast silmanähtava kavatsusega – patsiendi tahte vastaselt – ,

teistel kordadel sekkus kangekaelselt liigutustesse, mida naine sooritas oma parema käega. Patsient kirjeldas seda nii: „Teeb, mida iganes soovib, ja teeb seda ise.”¹ Kui naine hakkas parema käega võtma jooki, haaras vasak käsi tassi ja tühjendas selle. Kui naine õhtul magama heitis, rebis käsi tal linad pealt. Kord haaras isegi kõrist ja hakkas teda kägistama!

Goldstein oli teadlik muudest juhtudest, kus vasaku ja parema käe tegevus ei paistnud teineteisega kokku sobivat, kuid mitte millestki nii äärmuslikust. Patsiendi vasak käsi tegutses tema soovidest sedavõrd sõltumatult, et naine oli hakanud uskuma kurja vaimu, kes kätt juhib.

Goldstein nägi nähtuse selgitamisega vaeva. Lõpuks otsustas ta, et naise käitumine pidi olema tingitud mingitest kommunikatsioonikatkestustest aju – võimalik, et aju parema poole (selle, mis tavaliselt kontrollib vasaku käe liikumist) sensoorse ja motoorse ala mittetoimimisest vasaku jäseme tegevuse koordineerimisel. Ent üldiselt oli noor arst juhtumist hämmingus.

Goldsteini ajast saati on ilmsiks tulnud sadu toorkordsega sarnanevaid juhtumeid. Paljude selliste patsientide puhul näib üks käsi eriliselt vastu töötavat – nagu partner õnnetus abielus, kes vaidlustab teise poole öeldu lihtsalt pahatahtlikkusest. Kui patsient hakkab ühe käega särki kinni nõõpima, asub teine käsi otsustavalt nõõpe lahti tegema. Kui inimene võtab lugemiseks kätte raamatu, haarab vaba käsi äkitselt sellest kinni

ja virutab lauale. Kui inimene tõstab suu juurde kahvli toiduga, haarab pahatahtlik käsi kahvli ja tõukab suu eest minema. Mõnikord muutub käsi vägivaldseks, lüües kas patsienti ennast või kedagi tema läheduses.

Selline nähtus on saanud tuntuks *võõra käe sündroomina*, sest sageli on pahelise käe kavatsus patsiendile niivõrd võõras, et tal on raske uskuda, nagu võiksid seda kontrollivad käsklused pärineda tema enda ajust. Patsiendid hakkavad end tundma veidralt eraldatuna mõjutatud jäsemest ning mõnikord on ainus, mis vee-nab neid, et tegemist on siiski nende enda keha osaga, see, kui nad oma silmaga näevad, et jäse on ikka veel nende küljes. Tegelikult, kui katta patsiendi silmad kinni ajal, mil tema n-ö võõras käsi takistab ta tegevusi eelpool kirjeldatud viisil, arvab inimene sageli, et sekkub keegi teine, mitte et nii ulakal moel tegutseb ta enda käsi.

Võõra käe sündroom on haruldane ja tavaliselt seotud mingi ajukahjustusega – kas äkilisega, nagu näiteks insuldi tagajärjel, või progresseeruva taandarenguga, nagu see avaldub Alzheimeri tõve korral. Nende kahjustuste puhul on tüüpiline, et nad seonduvad aju osadega, mis takistavad tahtmatuid liigutusi või võimaldavad aju kahel poolkeral olla omavahel ühenduses, et kooskõlastada jäsemete tegevust (kumbki aju osa kontrollib peamiselt ühe käe liigutusi). Seega, ehkki Goldstein ei saanud neuroloogilisele küsimusele selgelt pihta, oli tema järeldus üsna tõelähedane.

Esimest korda võõra käe sündroomist lugedes olin üliõpilane ja kuulasin psühholoogiakursust, mis käsitles neuroteaduse põhialuseid. See kursus oli mu esimene kokkupuude aju-uuringutega ning võõra käe sündroom avaldas mulle sügavat mõju. Muidugi polnud ma sellest midagi kuulnud, kuid enamgi veel – ma polnud kunagi osanud ette kujutada, et niisugune ebaharilik ja ootustele mittevastav käitumine võiks tuleneda ajust. Olin rabatud. Ma ei saa öelda, et võõra käe sündroomi kohta lugemine oli *see* hetk, mil otsustasin hakata tegelema aju uurimisega, kuid kindlasti motiveeris see soovi saada selle uskumatult saladusliku elundi kohta rohkem teada ning ei võtnud just palju aega, kuni otsustasin hakata taotlema doktorikraadi neuroteaduses. Aga oma äsja leitud kinnismõttega aju toimimisest polnud ma sugugi üksi. Umbes samal ajal, mil mina hakkasin täiel rinnal uurimistööga tegelema, oli neuroteadus jõudmas oma populaarsuse tippu.

Elanikkonna väikest alarühma – nagu teadusfännid, neuroteadlased jms – on alati vaimustanud just aju, kuid üldine huvi neuroteaduse vastu levis varasemast hoopis rohkem 1990. ja 2000. aastatel. 1990. aastatel võimaldasid uued *ajukuva* meetodid – termin viitab erisugustele lähenemistele, mis lubavad inimestel esmakordselt luua ajust pilte – visualiseerida aju tegevust ning sellest saadud värvikad kujutised äratasid huvi nii teadlastes kui ka tavainimestes. 1990. aastatel said tavameditsiinis erakordselt populaarseks

ajutegevuse mõjutamiseks loodud antidepressandid, tekitades optimismi, et meie aju saab manipuleerida problemaatiliste vaimsete häirete ravimiseks – või siis lihtsalt selleks, et tagada meile võimalikult õnnelik vaimne elu. Ja uued tehnoloogilised saavutused töötasid veelgi hämmastavamaid edusamme tulevikus.

Need arengud toitsid põnevust neuroteaduse ümber. Inimesed hakkasid mõistma, et kui ajus võib saada jälile meie isiksuse alusele ja käitumise põhjustele, võiks parim võimalus endast arusaamiseks olla suurema teadmispagasi omandamine aju toimimise kohta. Äkitselt oli neuroteaduse õppimisest saanud moeasi.

Ent tulevased ajuentusiastid taipasid peagi, et täpset informatsiooni aju toimimise kohta pole kerge hankida. Paljud neuroteadust käsitlevad raamatud on kirjutatud keskmise inimese või ehk isegi neuroteaduse uustulnuka jaoks liialt raskesti mõistetaval tasemel. Probleemi süvendab veelgi asjaolu, et avalikkusele mõeldud materjal läheb vahel liiga kaugele vastupidises suunas: lihtsustab aju kirjeldusi ülemäära palju, kuni selleni välja, et elundist või tema funktsioonidest ei räägita korrektselt. Ja populaarses meedias muudetakse informatsioon liialt sageli sensatsiooniliseks, andes lugejatele moonutatud pildi sellest, milleks neuroteadus tegelikult võimeline on.

Loodan, et käesolev raamat rahuldab teie huvi saada teadmisi aju kohta ja väldib samal ajal kirjeldatud äärmusi. Raamat on mõeldud lugejatele, kel pole

neuroteaduse tagapõhja (või õigupoolest üldse mitte mingisugust teadusega seonduvat tausta). Samal ajal olen püüdnud vältida igasugust liigset lihtsustamist, mis viiks ebatäpse või puuduliku arusaamani ajast. Ja olen püüdnud esitada põnevat tõde neuroteaduse praeguse olukorra kohta, ilma et hindaksin üle seniseid saavutusi – või neid, milleni võiksime tulevikus jõuda.

Raamat on jaotatud kümneks peatükiks, millest igaüks tegeleb aju eri funktsiooniga. Nende funktsioonide selgitamise käigus aitan teil edasi jõuda põhimõttelises arusaamises aju toimimisest ja teen teid tuttavaks aju piirkondade, mehhanismide ja muude asjade pika loendiga. Raamatut lõpetades peaks teil olema piisavalt teadmisi, et lugeda selle ala uute arengute kohta, rääkida sõbraga aju funktsioonidest ning ehk isegi mõista oma mõnede tegemiste põhjuseid.

Kuid ometigi on neuroteadus avar teema, ja ehki oleme aju kohta saanud palju teada, on ikka veel märksa rohkem seda, mis jääb seni seletusetu. Niisiis, olukorrast tulenevalt on see raamat hoolimata oma pealkirjast ikkagi vaid sissejuhatus, mitte kõikehõlmav käsiraamat, mis tutvustab aju kogu tegevust. Tegelikult loodan, et raamat paneb teid piisaval määral mõtlema kõikidele nendele huvitavatele, omapärastele ja suisa hämmastavatele asjadele, mida aju teeb, nii et raamatut lõpetades on teil rohkem küsimusi, kui oli lugemist alustades – sest loodan, et need küsimused võivad teid jätkuvalt neuroteaduse vastu huvi tekitada. Ent isegi

kui olete leidnud vastused kõigile oma küsimustele, on nende aspektide hulk, mida te aju toimimise kohta ei mõista, mõõtmatus suurem neist, mida mõistate. Tõtt-öelda on aju toimimise täielik selgitus selline vägitegu, millega me oma eluaja jooksul tõenäoliselt toime ei tule. Isegi meie suurimad ajuteadlased mõistavad vaid murdosa sellest, kuidas aju toimib.

Ent loodetavasti aitab raamat teil paremini hoomata meie kolju sisemuses paikneva alla pooleteise kilo kaaluva veidralt kortsus koemassi iseloomu ja veidrusi. Aju on kaugel täiuslikkusest, kuid ta on konkurentsitult võimekas täitma paljusid talle määratud ülesandeid. See on üks neist loendamatumest põhjustest, miks keegi minutaoline pühendab oma elu sellele, et jagada õpetust aju kohta – ma lihtsalt ei suuda välja mõelda midagi muud niisama huvitavat, millele rääkides ja kirjutades oma aega pühendada.