

# SISSEJUHATUS TEADVUSETEADUSESSE

JAAN ARU  
TALIS BACHMANN

Ärgates kerkib me silme ette ümbritsev tuba koos selle ebaõnnestunud tapeedi ja osaliselt õnnestunud mööblivalikuga. Jõuame teadvusele iseendast ja ümbritsevast maailmast. Kuigi see tundub loomulik ja igapäevane, vaevab teadlasi küsimus, kuidas teadvus tekib ja mis see on.

**T**eema on niivõrd põnev ja huvitav, et sellega on oma karjääri produktiivsetel aastatel tegelema hakanud mitmed teadlased, kes on teadusteel saavutanud kõrgeima võimaliku tunnustuse – Nobeli auhinna. Nendest ehk tuntuim on Francis Crick (1916–2004) – seesama, kes tegi kindlaks DNA dopeltheeliksi struktuuri. Cricki enda sõnul polnud „elu saladuse” uurimine tema ainus eesmärk. Pärast põhjapanevaid avastusi molekulaarbioloogias pöörduski Crick teise küsimuse juurde – mis on teadvus. 1990. aastate keskel avaldatud raamatus arvas Crick, et see küsimus leiab vastuse veel enne aastat 2000, olles kahtlemata liiga optimistlik, sest küsimus on lahenduseta ka pärast tema surma. Veel paar tundi enne oma lahkumist töötas Crick käsikirja kallal, milles käis välja hüpoteesi selle kohta, mis ajustruktuurid võiksid olla kesksed teadvuse tekitamisel.

Teadvuse temaatika põnevust ja olulisust on toonitanud ka mitmed teised teadlased, kes ise pole otseselt teadvuseuringutega seotud. Nii on näiteks 2000. aasta Nobeli meditsiini ja füsioloogia auhinna laureaat Eric Kandel arvanud: „Teadvuse mõistmine on kahtlemata teaduse kõige väljakutsuvam ülesanne.” Sir Andrew Huxley, nobelist aastast 1963, on öelnud, et teadvuse probleemi lahendaja teeniks teaduse ajaloos võrdväärse koha Newtoni või Darwiniga.

Milles seisneb teadvuse „probleem”? Miks üldse teadvust uurida? Kuidas seda teha? Milliste tulemusteni on tänaseks jõutud? Mitmed olulised küsimused on veel lahenduseta ning loodame siinkohal anda oma panuse, et teadvuseteadusest huvitatute ring Eestis kasvaks.

### Probleem

Milles on küsimus? Miks ei ole jõudnud vastuseni isegi tuntud ja Nobeli auhinna pärjatud teadlased, nagu Francis Crick, Roger Sperry, John Eccles ja Gerald Edelman? Miks peavad mitmed loodusteadlased, filosoofid, tehisintellekti uurijad ja teised teadvuse küsimust raskeks ning mõned isegi lahendamatuks?

Probleem on järgnev: kuidas on võimalik, et aju füüsikaliste ja keemiliste protsessidega kaasneb subjektiivne ja kvalitatiivne kogemus? Lihtsustatult: kuidas tekib lugeja aju töö tulemusena teadvustatud kujutis selle artikli tekstist? Aju mikroskoobiga vaadates näeme neuroneid, närviikiude, neuroglia rakke, virgatsaineid, vedelikke ja mõhnasid, kuid mitte mingit „pilti” ega pilti sellest, mida subjekt tajub või meenu tab.

Enne edasisi arutlusi vaatleme korras, miks me üldse arvame, et teadvus peaks olema seotud aju tegevusega. Põhjus on lihtne – muutes aju seisundit, muudame ka teadvuse kvalitatiivseid omadusi. Näiteks stimuleerides aju elektriliselt või magnetiliselt, saame esile kutsuda muutusi teadvuse sisus. Samuti võivad ajukoore kahjustuste tagajärjel tekkida kindlapiirilised puudujäägid teadvuses – inimene ei näe teadvuslikult enam nägusid, kuigi teadvustab nägemismeele kaudu selgelt kõike muud. Samas näevad und ja saavad endale midagi ette kujutada ka inimesed, kes on silmanägemise mingil hetkel kaotanud.

Seega ei ole teadvus „seal väljas”, vaid on ajus tekkiv ja „kokkupandav”

tõlgendus välisest maailmast. Seda tõendavad ka mitmed visuaalsed illusioonid. Vaadates joonisel 1 toodud pilte, tundub, et mõlemal juhul on alumine horisontaalne joon lühem kui ülemine. Tegelikult on mõlemad jooned sama pikkusega – skeptilisemad lugejad võivad üle mõõta. Välismaailmas, objektiivselt, on asjalood teised, kui nad meie subjektiivses teadvuses esituvad. See „pilt” ümbritsevast, mis on me silme ees, ei kajasta mitte tegelikkust, vaid on aju rekonstruktsioon, nii-öelda virtuaalne tegelikkus.



Niisiis, teadvuslik kogemus on vahetult seotud aju tegevusega. Probleem seisneb selles, et pole selge, kuidas täpselt need omavahel seotud on ja kuidas üldse kokku sobivad. Aju ja teadvuse vahel valitseb nii-öelda seletuslik lõhe. Miks? Aju on midagi materiaalset – suur hulk neuroneid, mis suhtlevad omavahel füüsikaliste ja keemiliste seaduste kohaselt. Teadvus seevastu on midagi subjektiivset ja kogemuslik-kvalitatiivset – istudes kohvikus, näeme siblivaid ettekandjaid, tunneme mõnusat kohvi või tee aroomi ja kuuleme kaaslaste jutuvada. Teadvus erineb kõigest muust, mida füüsikaline maailmapilt kirjeldab. Võib minna kaugemale ja öelda, et kui kehtivad kõik füüsikaseadused ja ei midagi muud, siis polegi teadvust, sest teadvus pole ühestki füüsikalise seadusest otseselt järelduv. Mõni filosoof on siinkohal isegi valinud nii ekstreemse positsiooni teadvuse temaatikas, et eitab üldse teadvuse olemust – teadvus olevat vaid illusioon. (Teie tagasihoidlikud autorid küsivad nüüd kiuslikult, mis asi see illusioon ise on.)

Ilmselt on mõistetav, miks teadvuse

## Teadvus pole ühestki füüsikalise seadusest otseselt järelduv.

küsimus tundub keeruline ja olemasolu ehk isegi võimatu. Kui ei, siis küünistage end kuskilt sobivast kohast, vaadake meditsiiniõpikust järele, kuidas valu tekib, ja küsige endalt, kas sealt loetu tegi teile selgeks, miks ja kuidas füsioloogilise seletuse järgi te valu tundsite. Huvitav, mida tunnevad teadvuse eitajad, kui nad endale naela kanda astuvad?

Austraalia vaimufilosoof David Chalmers nimetab küsimust, kuidas ajukuded töö tulemusena teadvuslik kogemus tekib, suisa raskeks probleemiks. Teadvuseteaduse eesmärk on see probleem lahendada, kuid esmane ülesanne on leida teadvuse neuronalsed korrelaadid ehk teha kindlaks, millised ajuprotsessid käivad kaas teadvus seisundiga (võrreldes teadvustamata olekuga) või ühe või teise objekti teadvustamisega.

### Kuidas seda uurida?

Kui teadvuse probleem on nõnda raske, siis miks seda üldse uurida? Eks ühelt poolt kannustavad kõikide nende nimekate teadlaste tsitaadid, kes kutsuvad teadvuse mõistatust suurimaks veel lahendamata teadusprobleemiks, ning nende turgutatud põletav uudishimu. Teisalt on teadvus meie igapäevaelu lahutamatu osa. Me kogeme maailma ja iseennast teadvustatult, teadvuseta poleks me enam meie ise – seega on selle mitterõõmõistmine motivatsioon omaette. Pealegi on mõned rakendusprobleemidki kinni „teadvusekännu” taga – näiteks üldanesteesia (üldnarkoosi) optimeerimine meditsiinis. Niisiis, ajendid teadvuse uurimiseks on leitud, nüüd tuleb pead murda, kuidas seda murdmatut probleemi teaduslikult uurida.

Esimese sammuna tuleb selgeks teha, millisest teadvuse aspektist on kõige lihtsam ja mõttekam alustada. Teadvuseteadlased on ühel meelel, et esimesena tuleb käsile võtta visuaalse fenomenoloogilise teadvuse uurimine.

Seega huvitab meid järgnev küsimus: kui avame silmad, siis millised ajuprotsessid tekitavad nähtava teadvustatud kujutise ümbritsevast. On mitu põhjust, miks tegeleda just nägemismeelega. Esiteks on põhjalikult

## See „pilt“ ümbritsevast, mis on me silme ees, ei kajasta mitte tegelikkust, vaid on aju rekonstruktsioon, nii-öelda virtuaalne tegelikkus.

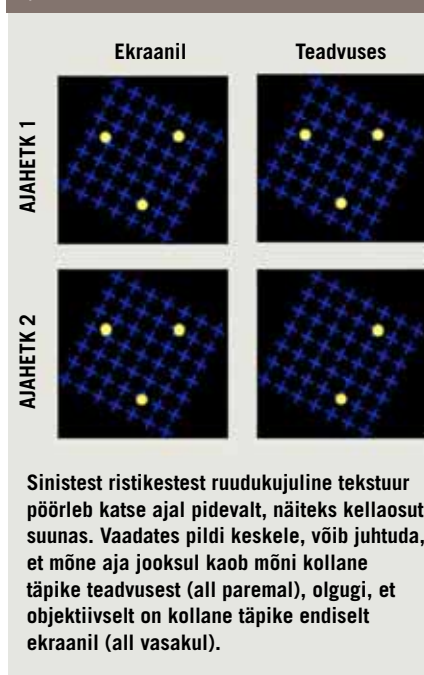
uuritud, kuidas ajus silma võrkkestalt tulevat informatsiooni analüüsitakse (Nobelgi juba saadud – Hubel, Wiesel jt). Teiseks on nägemistaju petetav ja manipuleeritav mitmete teada-tuntud illusioonide ja psühholoogiateaduses välja arendatud katsetehnikatega. Seega on nägemismeel justkui loodud eksperimentide jaoks, kuna eksperimentaator saab teatud parameetreid muutes kergesti kontrollida katseisiku teadvuse sisu. Näiteks võib arvutimonitoril esitada kolm kollast punktikest, mille taustal keerleb suur hulk siniseid ristikesi, nagu joonisel 2. Kui katseisik vaatab piisavalt kaua ekraani, kaob mõni kollane punktike teadvusest (kaduda võivad ka kõik punktid), mis sest, et tegelikult on kõik punktid endiselt ekraanil. Teadvuse sisu muutub, olgugi et välisstimulatsioon jääb samaks.

Selliseid katselisi situatsioone on veelgi. Nii võib katseisiku kumbagi silma esitada erineva pildi – näiteks lillepoti ühte, presidendi näo teise. Huvitaval kombel ei sulandu teatud tingimustes pildid ühte ega näe katseisikud korraka mõlemat objekti, vaid tekib olukord, kus vahel on teadvuses lillepott, vahel presidendi nägu, hoolimata sellest, et tegelikult on ekraanil esitatud kogu aeg mõlemad objektid.

Just sellised katseparadigmad ongi teadvuseteaduses väga armastatud, sest need võimaldavad võrrelda olukordi, mis on väliselt täpselt samasugused, kuid millega vahel kaasneb teadvus ja vahel mitte või siis vahel on vaimusilmas üks teadvusesisu, vahel teine. Niisugust strateegiat kutsutakse kontrastiivanalüüsiks: omavahel vastandatakse tingimused, kus eesmärksid objektid teadvustatakse ja kus mitte. Aga kuidas me teame, mida katseisik parajasti teadvustab? Lihtne – katseisik ise ütleb meile, kui mõni kollane punkt ta teadvusest kaob, või annab märku, kas ta teadvuses on parajasti lillepott või presidendi nägu.

Nagu juba mainitud, on teadvuse-

## 2 | LIIKUMISE ABIL INDUTSEERITUD PIMEDUS



teadvuse esmane ülesanne leida ajuprotsessid, mis korreleeruvad teadvustamisega. Selleks kasutatakse lisaks katseparadigmale ka meetodeid, mis võimaldavad uurida ajus toimuvaid protsesse, et pärast vastandada aju töö kohta saadud andmetes need katsekordad, kus objekti teadvustati, nende katsekordadega, kus objekt samade välisingimuste juures teadvusesse ei jõudnud. Inimestest katsealuseid uurides on hetkel enimkasutatavad meetodid funktsionaalne magnetresonantstomograafia, elektroentsefalograafia, magnetoentsefalograafia ja transkraniaalne magnetstimulatsioon.

### Mida me teame? Väljavõtteid teadvustamata tööluse kohta

Niisiis, meetodid ja katseparadigmad on olemas. Mida on teadvuseteadus nende abil viimasel kahekümnel aastal teada saanud? Ülevaadet saadud tulemuste kohta pakub kirjastuses Tänapäev ilmunud raamat „Tähelepanu ja teadvus”, praegu keskendume aga ühele intrigeerivale küsimusele – kas informatsioonitöötlus saab toimuda ka teadvuse osavõtuta?

Esiteks selgus eelnevast, et vahel katseisikud (ja ka lugeja) objekte ei teadvusta. See on loomulik siis, kui magame või mujale vaatame. Ent katsetes on korduvalt näidatud, et isegi kui katseisik kogu oma tähelepanu ekraanile

keskendab, ei pruugi ta seal esitatud eesmärksid objektid teadvustatult näha.

Üks niisugune katseparadigma on ka maskeerimine. Kui esitada ekraanil üksik pildike näiteks 20 millisekundiks (0,02 sekundiks), siis näeb iga katseisik seda küllaltki selgelt. Kui aga sellele pildikesele järgneb samast kohast teine pildike, siis ei pruugi katseisik esimest objekti teadvustada, mis sest, et too kindlasti ekraanil esitati. Tegelikult teadvustame me vaid väikese osa sellest, mida arvame selgelt nägevat – see, kui heidame pilgu restorani aknast tegevust täis tänavale ja arvame, et näeme kõike selgelt, on illusioon. Kui meil palutakse heita tänavale ka järgnev pilk ja öeldakse, et ainult üks asi kogu nähtava vaate juures on muutunud, siis tõenäoliselt me seda muutust ei näe, isegi kui tegu oleks suure erinevusega, näiteks kui oleks vahetunud aknale kõige lähema auto värv. (Lugeja vaadaku palun demonstratsioone, olles „guugeldanud” märksõnaga *change blindness*.) On isegi tehtud katse, kus juhusliku möödakäija juurde läinud ja kaardil juhatus palunud näitleja on vestluse ajal triki abil välja vahetatud teise näitleja vastu, ja tuvastatud, et peaaegu pooled katseisikud vahetust ei märka. Seega võime julgelt väita, et suur osa meie võrkkestale ja ajju jõudvast informatsioonist ei jõua teadvusesse või siis vähemalt kaob sealt väga kiiresti.

Järgmine huvitav küsimus on muidugi, mis juhtub teabega, mis teadvusesse ei jõua. Kas see siiski mõjutab meie käitumist? Jah, selle väite paikapitavust on näidanud paljud katsed. Üks humoorikamatest on Yale'i ülikooli teadlaste katse, kus umbes ühevanuseid katseisikuid mõjutati neile teadmatult kas „noore” või „vana” inimese stereotüübiga, andes neile ülesande moodustada lauseid reas suvalises järjekorras paiknevatest sõnadest. Ühe grupi sõnade hulgas oli rohkem „noorusega” seotud sõnu, nagu nukk, mängupüstol jms. Teisel grupil rohkem „vanadusega” seotud sõnu, nagu jalutuskepp, prillid jms. Katse mõõtetfaas algas tegelikult aga alles pärast katseisiku laborist lahkumist, sest näidati, et „vana” mõjutusi saanud inimesed kondisid labori uksest liftini aeglasemalt kui „noore” sõnadega mõjutatud grupi liikmed.

Samuti võib maskeerimisparadigma abil katseisikule teadmatult esitada tal le sõnu „kaks” või „kaheksa”, millele järgneb põhiülesandena kiire reageerimine numbrile „7”, instruksiooniga

vajutada paremat nuppu, kui esitatud number on suurem kui viis (ja vasakut, kui väiksem viiest). Kui numbrile „7” eelneb teadvustamatult sõna „kaheksa”, siis on reaktsiooniaeg numbrile „7” kiirem, võrreldes olukorraga, kus sellele eelneb teadvustamatult sõna „kaks”. Veel enamgi – funktsionaalse magnetresonantsomograafia abil võib näha, et teadvustamata sõna „kaks” või „kaheksa” aktiveerib need aju piirkonnad, mis on tarvilikud kas vastavalt vasaku või parema nupu vajutamiseks.

Seega suudavad ka teadvustamata objektid meie käitumist tõepoolest mõjutada. Kõigile manipuleerimishuvilistele ja reklaamimeestele on meil varuks siiski väike pettumus: üldjuhul on teadvustamata objektide mõju mõõdetav vaid siis, kui need objektid on katseisiku jaoks hetkel olulised, st kui need sobivad katseisiku tegevusplaani ja kui vastavad toimingud ei lähe vastuollu inimese põhiväärtustega. Seega mõjub alalävine reklaam sotsiaalteaduskonda kandideerimise kohta ainult siis, kui katseisik juba otsustab sotsiaalteaduskonna ja õigusteaduskonna vahel ja vastupidi.

Niisiis leidub palju näiteid selle kohta, et teadvustamata informatsioon mõjutab käitumist ja otsustusprotsesse, kuid tegelikult võib teadvustamata töötuse mõju ulatuda veelgi kaugemale. Nimelt leidub patsiente, kes ei näe visuaalseid objekte teadvustatult, kuid suudavad igapäevaelus nende samade esemetega vabalt hakkama saada. Nad küll ei suuda öelda, mis kujuga on tohtrihärra käes olev objekt, kuid suudavad seda vabalt ja tervele inimesele äravahetamiseni sarnase käeliigutusega haarata.

Seegi pole veel kõik. On võimalik

teaduslikult näidata, et teatud olukordades on otsused, mis on tehtud „kõhutunde” abil, paremad kui valikud, mis on langetatud teadvustatud mõtlemise abil. Sellist kontraintuitiivset tulemust näidanud eksperimendis pandi katseisikud elulise valiku ette: alternatiiviks oli neli maja, millest iga kohta oli teada kaksteist omadust, kusjuures nende omaduste põhjal oli objektiivselt otsustades üks maja teistest selgelt parem. Need kokku 48 infoühikut esitati katseisikule suvalises järjekorras ning seejärel lasti katseisikul valida parim maja. Katseisikud olid jaotatud kolme gruppi. Ühele loeti majade omadused ette ja paluti kohe langetada otsus ühe maja kasuks. Teisele grupile anti pärast

omaduste esitamist kolm minutit aega teadvustatult probleemi üle järele mõelda ja valik langetada. Kolmandale grupile anti pärast informatsiooni esitamist kolmeks minutiks segav ülesanne ning seejärel pidid ka nemad enda arvates parima maja kasuks otsustama. Tulemused olid üllatavad, kuid kooskõlas eelnevalt mainituga: kõige rohkem õigeid otsuseid tuli mitte nende katseisikute poolt, kes teadvustatult probleemi kallal pead murdsid, vaid hoopis grupist, kes kasutas teadvustamata mõttetöö eeliseid.

Eelmainitu põhjal võib järeldada, et teadvust ei olegi kõikideks toiminguteks tarvis ja kohati võib see olla suisa ebaotstarbekas. See teeb teadvuse uurimise hoopiski keerukaks, aga õnneks ka huvitavaks, sest tekib küsimus, miks meile üldse teadvus. Mille poolest on teadvustatud protsessid teistmoodi (paremad?) kui teadvustamata protsessid? Oleme tagasi algse küsimuse juures (aga nüüd loodetavasti mõneti targemana) – mis see teadvus siis ikkagi on.

## Mis on teadvus?

Olemisõpetuse ehk ontoloogia seisukohalt on see küsimus (veel) kindla vastuseteta. Küll leidub rohkesti teooriaid, mis pakuvad välja hüpoteese, aitamaks seletada, millistel tingimustel saame rääkida teadvuslikus seisundis subjektist võrrelduna sellesama subjekti teadvusetu – ehkki elusa – olekuga. Need teooriad on mõttekad siis, kui nende toetuseks on võimalik tuua empiiriliste psühholoogiliste uurimuste ja neurobioloogiliste (sh kognitiivse neuroteaduse) tööde andmeid, mis vastava teooriaga ilusasti kooskõlas on.

Wisconsini ülikooli teadlane Giulio Tononi, kes on teinud tõhusat koostööd ka Nobeli laureaadi Gerald Edelmaniga, on üllitanud teadvuse informatsiooni-integratsiooni (integreeritud informatsiooni) teooria. Informatsiooniteoreetiliste valemite baasil püüab Tononi mudeldada peamisi teadvuse teadaolevaid omadusi, nende hulgas olulise mana järgmisi.

1. **Informatsioonilist võimsust** – igal hetkel valdava teadvusesisu puhul on tegemist äärmiselt suure hulga liase info taandamisega konkreetseks võimalikuks üheks kogemuslikuks elamuskompleksiks, mis omakorda sisaldab korraga tohutul hulgal bitte informatsiooni. Igaüks saab põhimõtteliselt esile manada oma teadvuses miljoneid teadvuslikke kogemusi, kuid igal konkreetsel hetkel on selliseks aktualiseerunud

## MIS ON MIS ?

**FUNKTSIONAALNE MAGNETRESONANTSTOMOGRAAFIA (fMRT, ingl fMRI)** on meetod, mille abil saab kenad pildid sellest, millised ajupiirkonnad millistes tingimustes (näiteks teadvustamine või mitte) aktiivsed on.

**ELEKTROENTSEFALOGRAAFIA (EEG)** on meetod, mis annab paremat infot selle kohta, millal teadvustamine ajus toimub, ning võimaldab samuti hinnata aju neurofüsioloogiliste rütmide panust teadvustamisesse.

**MAGNETOENTSEFALOGRAAFIA (MEG)** on meetod, milles ühenduvad ruumiline ja ajaline ajuprotsesside kuvamise täpsus.

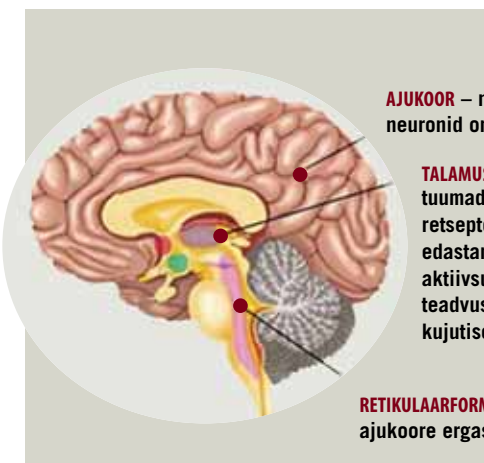
**TRANSKRANIAALNE MAGNETSTIMULATSIOON – (TMS)** on meetod, mis võimaldab selektiivselt mõjutada ajukoore piirkondade tööd, uurimaks nende panust teadvustamisprotsessi.

## ... JA KUS ASUB ?

**AJUKOOR** – närvisüsteemi kõrgeim ja noorim osa, mille neuronid on seotud teadvuse sisude esindamisega.

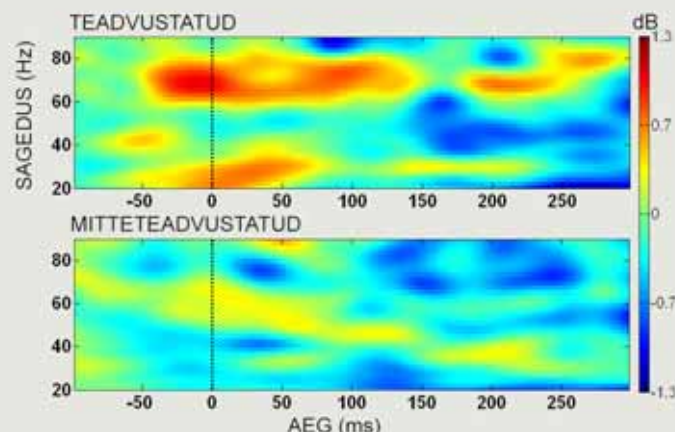
**TALAMUS** – struktuur vaheajus, mis koosneb mitmetest tuumadest; osa tuumadest toimivad vahejaamana retseptoritelt tulevate informatsiooni kesknärvisüsteemi edastamisel, osa tuumadest moduleerivad ajukoore aktiivsust mittespetsiifiliselt ja omavad mõnede teadvusetooriate kohaselt kesksel rollil teadvustatud kujutise tekkimisel.

**RETIKULAARFORMATSIOON** – ajutüve võrkjas moodustis, oluline ajukoore ergastaja ja pidurdaja.





### 3 | GAMMAVÕNKUMISED JA TEADVUSTAMINE



Pildil esitatud salvestis ilmestab aju EEG gammavõnkumiste tugevamat väljendumist juhtudel, kui katseisik teadvustab talle näidatud testkujutist, võrrelduna juhtudega, kus täpselt samasuguse stimulatsiooni korral katseisik testkujutist ei teadvusta. Andmed pärinevad Jaan Aru ja Talis Bachmanni eksperimentidest. Gammasedus oma sünkroniseerival moel sõlmib tajuelemendid ühtseks teadvuslikuks tervikuks. Kriipsukestest koosneva testobjekti teadvustatud nägemisega seostub tugevam gammaaktiivsus, mis algab juba enne testobjekti esitamist ekraanil (0-punkt ajas).

elamuseks vaid üks. Isegi niisuguse lihtsa tajumuse kogemine, nagu seda on kollase ketta nägemine, välistab miljonid muud võimalused, milles kombineeruvad värvid, kujud, suurused, intensiivsused, rääkimata tähendusekandvuse erinevatest variantidest.

2. Teadvus esineb viisil, mis võimaldab suurt hulka infot **integreerida ühtse isikliku teadvusmulje raames**. Igas konkreetses teadvustatud kogemuses – isegi niisuguses, mis kestab murdosa sekundist – on üles ehitatud väga suurest hulgast teabest koosnev sidus, subjekti jaoks katkematu tervik. Et selliseid integreeritud teadvuskogemuse tervikuid saab olla praktiliselt lõpmatul hulgal, siis iga üksiku konkreetse tervikelamuse puhul on tegemist äärmiselt suure infovahendusaktiga.

3. Teadvuslik seisund, mis evib kvalitatiivset sisu ja on koondanud tervikuks äärmiselt suure infosaldusega kompleksse dünaamilise aju neuronisüsteemide aktiivsuse, on võimalik juhul, kui aju paljud erinevad, üksteisest kaugel paiknevad allsüsteemid on aktiivselt sidusad, ühendatud. Teadvuseta olekut (vaikne uni, üldnarkoos) iseloomustab aju päris hea ja enamasti adekvaatne reageerivus üksikärritajatele, kuid terviklik globaalne ühendatud aktiivsüsteem on asendunud

## Teaduslikult on võimalik näidata, et teatud olukordades on „kõhutunde“ abil tehtud otsused paremad kui valikud, mis on langetatud teadvustatud mõtlemise abil.

fragmenteerunud ja omavahel „mittekõnelevate“ aktiivsusaarekestega.

Hollandlane Victor Lamme koos kolleegidega, kanadalased James Enns ja Vincent Di Lollo, iisraellane Shaul Hochstein ja mitmed teised seostavad teadvusliku tajuseisundi teket ajukoore toimiva tagasisiduga, või täpsemini öeldes tagasisuunatud uuestisisestusega. Kui tajuobjekti elementide (detailide asukohad, värvid, servad, liikumised jne) kodeerimise eest vastutavad ajukoore närvirakud objekti ilmumisel esialgu kiiresti aktiveeruvad, ei kaasne sellega nende objektide teadvuslikku taju. Nende objektide teadvustatus tekib alles siis, kui detailtasemelt kõrgemale ajukoore keskustele (mis analüüsivad tähendusi ja loovad kontekstintundlikke kategooria-assotsiatsioone) saadetud signaalid on need kõrgemad keskused ergastanud ja kui sealt tulev tagasisidustus jõuab uuesti esmaste elementide tasemele (ja kui selline tsüklik üles-alla-protsess on saanud toimida piisavalt, mitte vähem kui umbes 0,1–0,2 sekundit). Lamme uurimisrüh-

mas on saanud sellele printsibiile kinnitust nii ahvide kui ka inimestega tehtud katsetes, kus registreeritakse vastavalt kas mikroelektroodide abil üksikneuronite aktiivsust või elektroentsefalograafia abil inimaju vastuseid stiimulitele.

Juba üle poole sajandi on hästi teada tõsiasi, et teadvuseta olekust teadvuslikku seisundisse üleminekuks peab retikulaarformatsioon koostöös talamuses asuvate närvirakutuumadega saatma ajukoorele piisavalt ergastavaid närvimpulsse. Alles siis tekib seisund, mis näiteks Tononi järgi võimaldabki teadvuslikku ülivõimsat info-integratsiooni. Sakslased Christof von der Malsburg, Wolf Singer, USAs töötav kolumbialane Rodolfo Llinás, ameeriklane E. Roy John, rumeenlasest Kanada neuroloog Mircea Steriade ja mitmed teised on kirjeldanud, kuidas infosidusid mittekodeerivate ehk nn mittespetsiifiliste talamuse neuronite kaasabil hakkavad ajukoore neuronid laenglema gamma-sageduslikku rütmis, kord suurendades oma impulsside sagedust, kord seda

jälle vähendades, kusjuures selle „laine-tuse” sagedus on üpris suur – 30–90 Hz. Huvitaval kombel näib olevat teadvustamiseks tarvis just sellist gammavõnkumist, mis sünkroniseerib sama teadvusvälja osaks olevate elementaarseid tajusisusid esindavate ajukoore neuronite töö, jättes sellisest sünkroonsest ansamblist välja parajasti mitteteadvustatavat teavet kodeerivad neuronid (vt joonis 3). On tähelepanuväärne, et üldanestetikumid, mis inimesel teadvuse ajutiselt ära võtavad, toimivad just mittespetsiifilisele talamusele, pärssides selle tegevust ja lõhkudes ajukoort tervikuna sünkroniseeriva koherentse gammasagedusliku aktiivsuse.

Üks siinkirjutajatest tugines just talamuse ja ajukoore vaheliste protsesside teadaolevatele parameetritele, kui ta modelleeris mitmeid ebatavalisi teadvusenähtusi, nagu maskeerimine, mahajääva sähvatuse efekt, tähelepanu „silmapilgutusi”, kahe silma võistlus. Selles pertseptiivse retušeerimise teooriaks nimetatud kontseptsioonis saavad ühe ja sama mehhanismi töö alusel seletuse paljud teadvusefenomenid, mis rulluvad lahti üsna kiiresti – umbes 0,15–0,25 sekundiga.

Objektide ja stseenide teadvustamine on justkui foto ilmutamine ilmutivannis. Esialgu, väga kiiresti, sisestatakse konkreetne (spetsiifiline) teave mõjunud kujutisest fotokilele, aga kuni ilmutamiseni (mille analoogiks on tala-

muse mittespetsiifiline modulatsioon) jääb see informatsioon peidetuks, mittekommunikeeritavaks edasistele töötlusastmetele. Alles ilmutivannis ilmutiainete toimele koorub lahti seni peidus olnud pilt, mis on nüüd kommunikeeritav kaugemalegi fotopaberi emulsioonikihist. Kuna ilmutamisprotsessid jäävad ajas maha sisestamisprotsessist ja võtavad suhteliselt palju aega, tekivad ebatavalistes tajumistingimustes, nagu kiiresti vahelduvad kujutised, suur hulk muutlikku teavet, omavahel vastuolulise teabe korruga esitamine jmt, mitmed illusioonid ja paradoksaalsed tajueffektid.

### Lõppsõna lõpuni jutustamata jutule

Teadvusenähtus on endiselt salapärane, ehkki aju töös vajalikke ilminguid, mis kaasnevad teadvusega või teisipidi öeldes, millega kaasneb teadvus, tuntakse järjest paremini. Selle teadussuuna magistraaltee on praegu olnud psühho-

#### LOE VEEL

- Aru, J., Bachmann, T. 2009. Tähelepanu ja teadvus. Tallinn: Tänapäev.
- Mölder, B. 2004. Füüsilismi kvalitatiivsest komistuskivist. Akadeemia, nr 4, 763–805.
- Soosaar, A. 2005. Teadvuse probleem: igihaljas ja taas moes. Eesti Arst, 84(10), 729–736.
- Eestikeelne teadusblogi teadvusega seotud uurimistööde kohta internetis: <http://www.teadvus.wordpress.com>

loogiakatsete kombineerimine neuroteaduse meetoditega aju aktiivsuse uurimiseks tingimustes, kus sama füüsikaline mõjutus võib teadvuses erinevalt ilmned. Nii saame teadvuse tajumuse-na kogetava sisu ajukorrelaadid kätte enam-vähem puhtal kujul.

Teaduse Suur Lahendamata Probleem (TSLP) ootab uusi uudishimulikke ja talendikaid ajusid, miks ka mitte Maarjamaalt. Vivat TSLP ründajate leegion! ●

#### AUTORITEST

**JAAN ARU (1984)** asus pärast Hugo Treffneri Gümnaasiumi lõpetamist 2004. aasta sügisel õppima psühholoogiat Berliini Humboldti ülikoolis. Juba esimesel õppesemestril hakkas teda huvitama teadvuse temaatika ning peagi algas ka koostöö Eesti kõrgelt hinnatud teadvuseuringute eksperdi Talis Bachmanniga. Hetkel töötab ta Saksamaal Max Plancki Aju-uuringute Instituudis, kus uurib oma doktoritöö raames teadvust ja teadvusega seotud ajuprotsesse.

**TALIS BACHMANN (1951)** on Tartu Ülikooli Avaliku õiguse instituudi kognitiiv- ja õiguspsühholoogia professor ning ühtlasi psühholoogia instituudi õppeülesannete täitja, Eesti Käitumis- ja Terviseteaduste Keskuse nõukogu liige, taju ja teadvuse grupi juht. Riigi teaduspreemia laureaat sotsiaalteadustes 2001 ja 2006. Peamised uurimisvaldkonnad: taju ja tähelepanu eksperimentaalpsühholoogia; teadvuse mikrogeeneesi uurimine kognitiiv-psühholoogiliste ja neuroteaduslike meetoditega; valetamise avastamine ajukuva meetoditega; nägude ja objektide kujutiste äratundmine, reklaamipsühholoogia.

horisont ☺



TOOMAS PÄÄSUKE