

Mistä tietoisuus syntyy?

Vuosisatoja kysymystä pohtivat filosofit. Nyt vastausta hakevat neurotutkijat aivojemme toiminnasta. Hermostollinen työtila on löytynyt, mutta yksityiskohdissa riittää työtä.

TEKSTI **Lauri Nummenmaa** KUVA **Getty Images**

Mielen kantoaal-
lot täyttyvät
sisäisen ja
ulkoisen maail-
man tapahtu-
mien tasaisesta
virrasta, joka
keskeytyy ainoastaan syvän unen,
tajuttomuuden tai nukutuksen aikana
ja lakkaa lopullisesti vasta kuoleman
koittaessa. Tietoisuus itsestämme ja
ympäristöstämme on kiinni aivoissam-
me niin tiukasti, että sen irrottaminen
tahdonvoimalla on melkein pä mahdo-
tonta. Voit vaikka koettaa sulkea värit
pois viereisen sivun kuvasta ja huo-
maat, että se ei onnistu ponnisteluistasi
huolimatta.

Henkilökohtaisten kokemustemme
syntyminen keskushermoston sähkö-
kemiallisen toiminnan tuloksena on
edelleen tieteen suurimpia mysteerejä.

Kuinka on mahdollista, että aivot voivat
jatkuvasti esittää meille uskottavia
näytelmiä siitä, mitä kehomme sisä- ja
ulkopuolella tapahtuu – tai miksi aivo-
jen toiminta ylipäättään tuntuu meistä
joltakin?

Tietoisuuden mysteeri on kiehtonut
filosofia vuosisatoja, psykologejaakin
vuosisadan. Koska henkinen elämäm-
me kuitenkin kipunoi aivoissamme
biologisina prosesseina, ovat aivotutki-
jat viime vuosina nousseet avainase-
maan tietoisuuden salaisuuksien sel-
vittämisessä.

Tietoisuuden tutkimus ei olekaan
enää tieteen kurioositeetti tai filosofista
aivojumbppaa. Tietoisuuden ilmiöt ja
niihin liittyvät tuntemukset ja koke-
mukset ovat terveytemme ja hyvin-
vointimme kannalta keskeisiä tekijöitä.

Kuinka lääkäri voi esimerkiksi ar-
vioida pienen, vielä puhumattoman

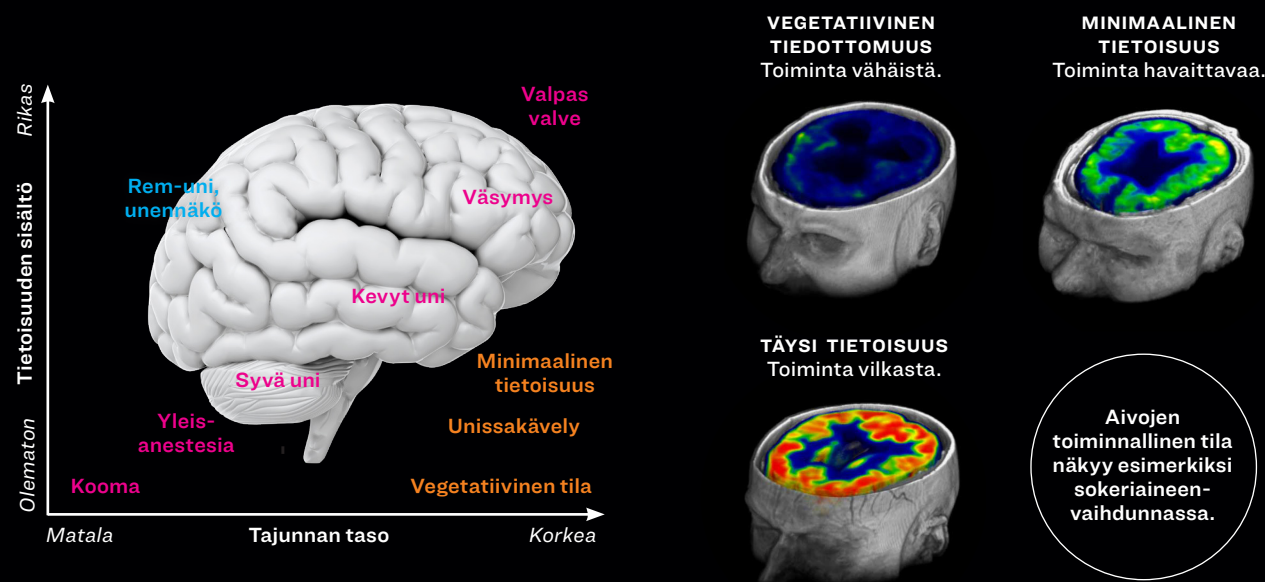
lapsen kipua? Kuinka anestesia-
lääkäri voi olla varma, että potilas on tiedotto-
massa tilassa leikkauksen aikana? Entä
kuinka voimme päätellä, että henkiset
toiminnot aivoissa ovat pysyvästi la-
kanneet ja ihminen voidaan julistaa
kuolleeksi, jos kehon muut toiminnot
vielä jatkuvat?

Aivot simuloivat maailmaa

Arkipuheessa rinnastamme usein
tietoisuuden ja tajunnan, mutta neuro-
fysiologisesti ne ovat eri ilmiöitä, joskin
liittyvät toisiinsa.

Tajunta on tila, joka mahdollistaa
tietoisten kokemusten eli tajunnan
sisältöjen esiintymisen aivoissa. Se
toimii aivojen taustatilana, joka kytkee
meidät ympäröivään maailmaan. Ta-
junnan tila voi muuttua radikaalistikin.
Alkoholin tai muiden päihteiden käyttö
voi sekoittaa tajunnan, ajantaju voi

Mielen toiminta
on aivotoimintaa
– mutta miten aivot
säättävät, mitkä asiat
pääsevät tietoisuu-
teemme, mitkä
jäävät alitajuntaan?



TAJUNTA MAHDOLLISTAA TIETOISUUDEN

► Tajunnan taso voi vaihdella koomasta valppaaseen valveilla oloon ja sen mukana tietoisuuden sisällöt muunnella olemattomista äärimmäisen rikkaisiin. Aivovauriokaan ei välttämättä aina tuhoa koko tietoisuutta.

hämärtyä tai ihminen voi nähdä erilaisia hallusinaatioita.

Tietoisuus on osittain riippumaton tajunnasta. Voimme olla täysin valveilla ja tajuissamme, mutta emme silti välttämättä tiedosta ympäristön tai kehomme muutoksia, kuten ulkona alkanutta sadetta tai lukemamme jännittävän kirjan aiheuttamaa sydämensykkeen kiihtymistä. Kun havahdumme näihin sisäisiin ja ulkoihin tapahtumiin, ne nousevat tietoisuuteemme ja tiedostamme ne.

Usein ajatellaan, että aivojen tärkein tehtävä on ajattelu ja tiedon tallentaminen muistiin. Niiden tärkein tehtävä on kuitenkin kehon toiminnan säätelminen ja tulevaisuuden ennustaminen menneisyyden perusteella. Tätä varten aivot tarvitsevat sekä kehon sisäistä että ulkoista tietoa. Niistä syntyy tietoinen kokemus, joka ei kuitenkaan ole kopio todellisuudesta vaan todellisuuden simulaatio, joskaan ei mitenkään sattumanvarainen.

Aistit ja aivot yhdessä muuntavat ulkoisen ja sisäisen maailmamme muotoon, joka parhaalla mahdollisella tavalla palvelee hengissä pysymistämme. Siksi emme hahmota ympäristöä atomeina tai fotoneina vaan ihmisinä, eläiminä ja esineinä. Tällä tarkkuudella

tallentuva tieto auttaa meitä parhaiten selviytymään ympäristössämme.

Emme siis koskaan havaitse maailmaa suoraan vaan tulkitsemme sitä aivojen luoman mallin perusteella. On hämmästyttävää, kuinka saamme sananmukaisesti koko maailman matkimaan tietoisuuteemme! Tämä tekee kuitenkin tietoisuuden tutkimisesta vaikeaa – tällöinhän tutkijan aivot joutuvat simuloimaan omaa toimintaansa.

Keho ja tunne rakentavat

Tietoisuuden apuna toimii tarkkaavaisuus. Se valitsee kehon ja ympäristön sisältöjä tietoiseen tarkasteluun, minkä ansiosta voimme esimerkiksi arvioida, kuinka nopeasti sydämemme sykkii juuri nyt tai kuinka onnelliseksi tuntemme itsemme juuri tällä hetkellä. Tietoisuus toimii puolestaan ”kuudentena aistina”, joka yhdistelee ja havainnoi tarkkaavaisuuden keräämää tietoa.

Tietoisuus onkin suurelta osin aistimuksiin ja niiden piirteisiin liittyvää tietoisuutta, ei niinkään sisäistä puhetta tai ajatuskuplia. Valtaosan aistitiedostakin aivot käsittelevät tietoisuuden ulkopuolella, sillä yleensä tulemme tietoiseksi vain murto-osasta aistimiamme asioita.

Omissa tutkimuksissamme Turun yliopistossa olemme osoittaneet, että erityisesti kehollisuus ja tunteet ovat tietoisuuden tärkeitä rakennuspalikoita: mitä enemmän jokin asia välittyy kehon kautta ja mitä voimakkaampia tunteita siihen liittyy, sitä todennäköisemmin se päättyy tietoisuuteemme.

On mahdollista, että tietoisuus alun perin jopa kehittyi kehollisuuden ja tunteiden perustalle. Oman sisäisen tilan havainnointi on voinut auttaa varhaisia ihmisiä arvioimaan tarpeitaan ja samalla edistämään hyvinvointiaan. Esimerkiksi kivun kokemus on voinut ohjata lepuuttamaan vammautunutta raajaa ja välttämään liikkuamista. Samalla tavoin ympäristön vaaroista kertovat tunteet, kuten sydämen kiivaasti sykkimään saava pelko, ovat voineet olla niin tärkeitä, että tieto niistä on alkanut hiljalleen hiipiä tajuntaan. Meille tutummat tietoisuuden sisällöt, kuten ajattelu ja kieli, saattoivat kehittyä myöhemmin tämän tunnetietoisuuden päälle.

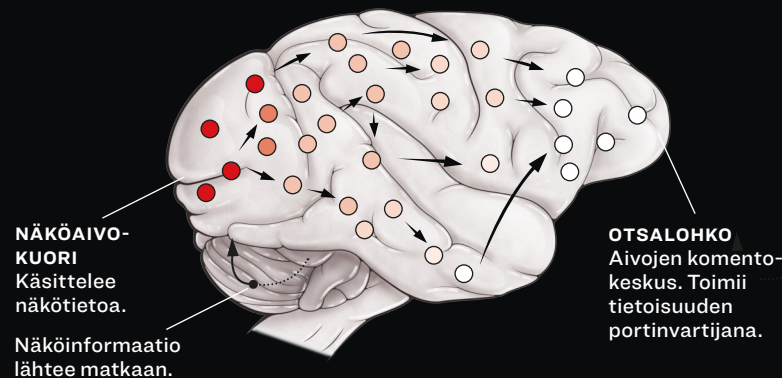
Tietoiset havainnot ovat usein välttämättömiä, sillä ne auttavat meitä toimimaan ympäristössä. Tämä tiedetään aivovaurioiden seurauksista.

Esimerkiksi oikeanpuoleisen pää-

Kuvat: Getty Images ja Johan Stender et al. Lähteet: Laureys et al., Brain function in coma, vegetative state, and related disorders. The Lancet Neurology, September 2, 2004; Stender et al., The minimal energetic requirement of sustained awareness after brain injury. Current Biology, May 27, 2016.

Kuva: SPL/MVPhotos, grafiikka Riku Koskela/Tiede. Lähde: Mashour G.A., The controversial correlates of consciousness. Science, 4 May 2018.

PYYHKÄISY OTSALOHKON PÄIN
Aistimus siirtyy esitietoisuuteen muttei vielä muiden kognitiivisten toimintojen käyttöön.

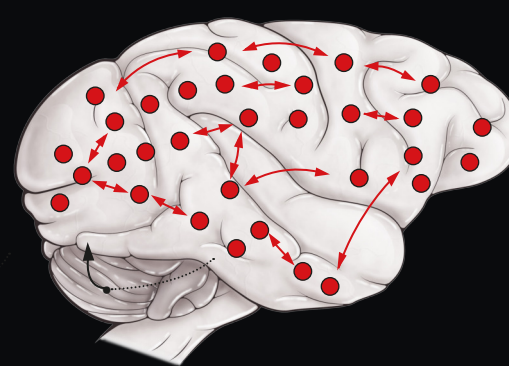


NÄKÖAIVO-KUORI
Käsittelee näkö tietoa.

Näköinformaatio lähtee matkaan.

OTSALOHKO
Aivojen komento-keskus. Toimii tietoisuuden portinvartijana.

PYYHKÄISY OTSALOHKOSTA TAKAISINPÄIN
Tietoisuuden työtila aktivoituu, ja havainto pääsee tarkkaavaisuuden ja muistin käyttöön.



TIETOISUUS TARVITSEE MENO-PALUUN

► Aistialueilta lähtee jatkuvasti hermoimpulsseja kohti otsalohkoa, aivojen komentokeskusta. Jos impulssi tavoittaa otsalohkon riittävän voimakkaana, se viestii takaisin, ja tietoisuudelle muodostuu hermostollinen työtila.

laenlohkon vaurio voi aiheuttaa tarkkaavaisuuspuutoksen, niin kutsutun neglect-oireyhtymän, jossa ihminen ei kiinnitä huomiota vasemmassa näkökentässään oleviin asioihin. Hän törmäilee jatkuvasti vasemmalla oleviin esteisiin ja jättää vaikkapa paidan vasemman hihan pukematta.

Neglect-potilaalla ei kuitenkaan ole välttämättä näkökenttäpuutosta. Aivo-

eliiniin saapuvan tiedon määrää säädellään esimerkiksi lisäämällä puheäänien satunnaista kohinaa tai väläyttämällä kuvia katsottavaksi äärimmäisen nopeasti.

Kun aivoihin pääsee tietoa rajallisesti, tietoista kokemusta ei synny. Ihmiset sanovat, että he eivät ole kuulleet tai nähneet yhtään mitään. Kun tietomäärä kasvaa, ihmisille syntyy ensin koke-

aivotoimintaa takaosasta näköaivokuorelta ja etuosasta otsalohkosta.

Kokeita varten apinat opetettiin liikuttamaan silmiään silloin, kun ne havaitsivat kuvan, joka vain käväisi näytöllä. Jos apina ei huomannut kuvaa, näköaivokuoren aktivaatio hiipui melkein saman tien kuin alkoi ja otsalohkossa syntyi vain heikko vaste. Kun apina ilmoitti havainneensa kuvan, aktivaatio aaltoili aistinalueelta otsalohkoon, minkä jälkeen otsalohko viritti kytkennät takaisinpäin. Kaksisuuntainen silmukointi synnytti aivoihin hermostollisen työtilan, joka todennäköisesti tekee tietoisuuden kokemuksen mahdolliseksi.

Otsalohko toimii siis tietoisuuden portinvartijana ja ratkaisee, tulemmeko havainnosta tietoiseksi vai emme. Vielä ei kuitenkaan ole selvää, miten tämä prosessi toimii esimerkiksi sisäsyntyisten kokemusten, kuten unennäön tai vaikkapa haaveilun aikana – aivothan voivat luoda kokemuksia myös ulkoisesta maailmasta riippumatta.

Tällaiset kokeet eivät kerro sitäkään, millä mekanismilla kokemukselliset tietoisuuden sisällöt tallentuvat aivoihin. Kokeet ainoastaan kertovat, mitä tapahtuu, kun aivot muuttavat aistitiedon sellaiseksi hermostolliseksi koo-

Tietoisuus toimii kuin kuudentena aistina, joka kokoa tarkkaavaisuuden keräämää tietoa ja käsittää enimmäkseen aistimuksia, ei niinkään sisäistä puhetta tai ajatuskuplia.

toiminnan mittaukset osoittavat, että aivot käsittelevät esineet, jotka esitetään vasempaan näkökenttään, mutta ne eivät synnytä tietoista havaintoa. Vaikka potilas on täysin tajuissaan ja hänen kokemuksestaan puuttuu sananmukaisesti puolet, hän ei itse huomaa puutosta lainkaan.

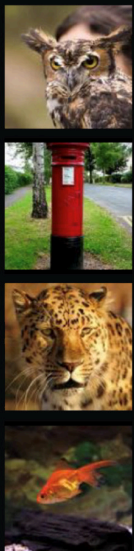
Tieto pyyhkäisee läpi

Mitä aivoissa pitää tapahtua, että tietoinen havainto syntyy? Tätä voidaan tutkia laboratoriokeinoilla, joissa aistin-

mus, että he ovat kuulleet tai nähneet ”jotain” mutta eivät tiedä varmasti mitä. Tietomäärän kasvaessa edelleen tietoinen kokemus voimistuu, ja lopulta muodostuu havainto esimerkiksi naurusta tai ihmiskasvoista.

Tietoinen havainto syntyy siis asteittain, ja se edellyttää aivojen takaosasta etuosaan ja takaisin tapahtuvaa tietopyyhkäisyä. Tämä on paljastunut apinoilla tehdyissä tutkimuksissa, joissa eläimille on esitetty kuvia tietokoneen näytöllä ja samanaikaisesti mitattu

Katsotut kuvat



Rekonstruktioita eri ihmisten aivotoiminnan perusteella



Näkö-järjestelmää jäljittelevä algoritmi tulostaa aivotoiminnasta melko tarkkoja kuvia.

SISÄLTÖ KODAUTUU TOIMINTAAN

► Jokainen tapahtuma synnyttää omanlaistaan aivotoimintaa, josta oppiva tietokonealgoritmi kykenee nykyään lukemaan ja luomaan toiminnan aiheuttajan, kuten tunteen, kuvan, unen tai sanan.

diksi, että se pääsee tietoisuuteen asti. Nykyään näitä koodeja osataan myös tulkita.

Algoritmi lukee tunteita

Ajatusten ja tietoisuuden sisältöjen lukeminen oli pitkään tieteiskirjallisuutta – ja monien ihmisten haave. Kukapa ei olisi joskus halunnut esimerkiksi tietää, mitä joku toinen meistä ajattelee. Aivotoiminnan kuvaaminen ja koneoppiminen ovat nyt tehneet ajatustenluvun mahdolliseksi – tosin toistaiseksi vasta laboratoriossa.

Ajatustenlukukokeiden pohjaksi ihmisten aivotoimintaa mitataan magneettikuvauslaitteella samaan aikaan, kun heille esimerkiksi tuotetaan erilaisia tunteita. Sen jälkeen tietokonealgoritmi opetetaan yhdistämään koettu tunne, kuten pelko, ilo tai inho, sen aikaan saamaan aivotoimintaan. Opetusvaiheen jälkeen testataan, pystyykö algoritmi arvaamaan uusien ihmisten aivotoiminnasta, millaisia tunteita he ovat kokeneet.

Olemme osoittaneet, että voimme purkaa eli dekoodata ihmisten tunnetiloja heidän aivotoiminnastaan. Ulkoisen todellisuuden ja sitä heijastelevan aivotoiminnan välillä on siis järjestelmällisiä lainalaisuuksia, ja tietoisuuden

sisällöt perustuvat yhtäläiseen hermostolliseen koodiin – muutenhan sama algoritmi ei toimisi ihmisestä toiseen.

Tällainen ajatustenluku voi tulevaisuudessa auttaa esimerkiksi lääkäreitä kivun määrittämisessä.

Kivun mittaaminen on edelleen lääketieteen suuria ongelmia. Moni sairaus tai vamma aiheuttaa kipua, joka usein haittaa potilaan elämää enemmän kuin mikään muu tautitilan tai vaurion oire. Kipu on kuitenkin subjektiivinen kokemus, jonka mittaamiseen ei ole ollut minkäänlaista objektiivista mittaria.

Nyt yhdysvaltalainen neurotieteilijä **Tor Wager** tutkimusryhmineen on kuitenkin kehittänyt neurologisen mallin, jonka avulla koetun kivun voimakkuutta voidaan seurata tarkasti dekoodaamalla ihmisten aivotoimintaa. Näin objektiivinen kivun mittaaminen on mahdollista ensimmäisen kerran lääketieteen historiassa. Menetelmä avaa aivan uusia tilaisuuksia erityisesti puhekyvyttömiä potilaiden, kuten pienten lasten, kivun mittaamiseen ja lievittämiseen.

Kuvia mielen sisällöistä

Jos tietokonealgoritmi oppii aivotoiminnan ja sen tuottaneiden aistiärsy-

keiden väliset lainalaisuudet riittävän tarkasti, voidaan pelkästä aivotoiminnasta myös palauttaa eli enkoodata siihen johtaneet tekijät, olivat ne sitten tunteita, kuvia tai vaikkapa unia.

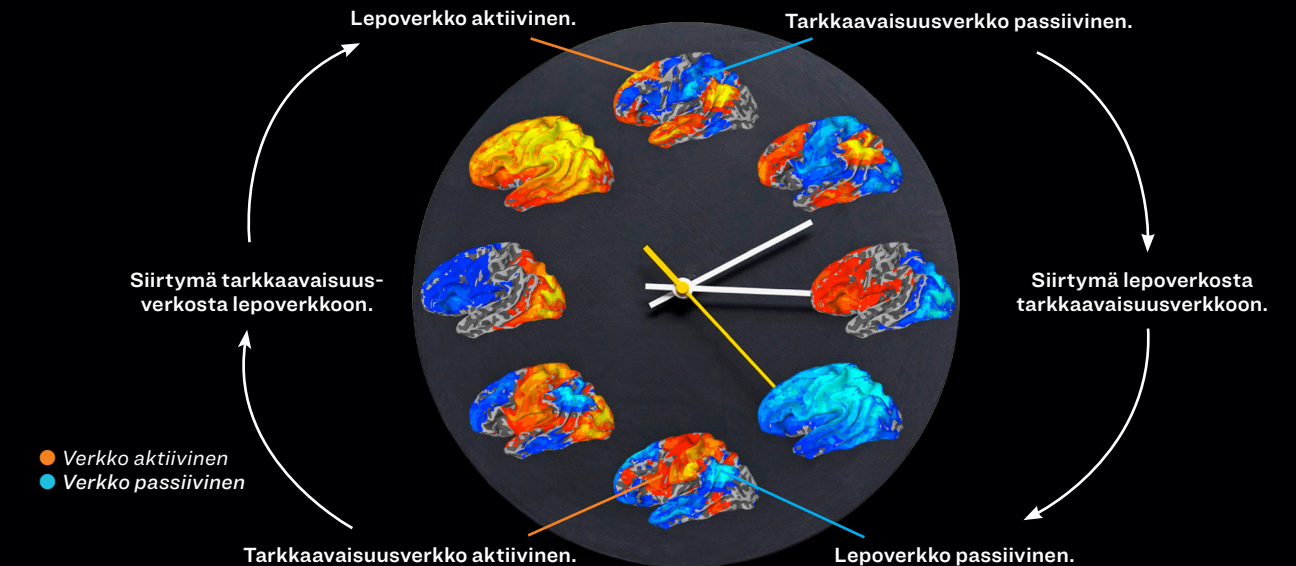
Kioto yliopiston tutkija **Yukiasu Kamitani** on jo rakentanut algoritmien avulla ihmisten näkemiä kuvia heidän aivotoimintansa perusteella. Vaikka algoritmin muodostamat kuvat eivät vielä vastaa täydellisesti alkuperäisiä mallejaan, on yhdennäköisyys jo nyt hämmästyttävä.

Menetelmän avulla Kamitani on pystynyt myös lukemaan ihmisten unia. Kun neuroverkko on opetettu tuottamaan aivotoiminnasta mielen sisältöihin perustuvia kuvia, voidaan niitä muodostaa myös unen aikaisesta aivotoiminnasta.

Näissä kokeissa ihminen herätetään kesken unennäköä ja häntä pyydetään kertomaan, millaista unta hän näki. Kertomusta verrataan kuvaan, jonka algoritmi tuotti hetki ennen herättämistä. Jälleen mallin laatimat kuvat vastasivat hämmästyttävän tarkasti ihmisten kertomia unikuvajaisia.

Tällainen tutkimus auttaa meitä ymmärtämään aivotoiminnan ja tietoisuuden lainalaisuuksia, mutta sekään ei vielä paljasta tietoisuuden tarkkaa

Kuva ja lähde: G. Shen et al., Deep image reconstruction from human brain activity, PLOS Computational Biology, January 14, 2019.



KAKSI VERKKOA VUOROTTELEE

► Erotamme sisäisen ja ulkoisen maailman, koska aivoissamme on niille omat, eri aikaan toimivat verkot. Lepoverkko käsittelee kehon ja mielen sisäisiä tapahtumia, tarkkaavaisuusverkko kiinnittää huomion ulkoisiin.

Todellisuuden ja aivotoiminnan välillä vallitsee järjestelmällisiä lainalaisuuksia, ja mielen sisällöt pohjautuvat meillä kaikilla yhtäläisiin hermostollisiin koodeihin.

Tietoisuuden hermostollisen perustan jäljitykseen tarvitaan lisää tutkimusta. Yhden mahdollisuuden tarjoavat leikkauspotilaat.

Tajuttomuus tutkimusapuna

Leikkauksia ei voida suorittaa pelkästään lihaksistoa lamauttamalla. Kipukokemus on tajunnallisten mekanismien tuote, joten se voidaan torjua vain vaikuttamalla tajuntaan anestesialla, jota on harjoitettu kohta 175 vuotta.

Ensimmäisen julkisen anestesian toteutti yhdysvaltalainen hammaslää-

käri **William G.T. Morton** Harvardissa vuonna 1846 eetterillä. Toisin kuin leikkauskivun estoon aikaisemmin käytetyt oopiumi ja ilokaasu, eetteri sai potilaan menettämään tajuntansa eikä pelkästään kipuherkkyyttään. Termi anestesia vakiintui käyttöön kreikan kielestä, jossa se alun perin tarkoitti tunnottomuutta.

Anestesian avulla tajuntaa voidaan tilapäisesti alentaa ja jälkeensä palauttaa hallitusti. Tavoitteena on pitää ihminen liikkumattomana, häivyttää tietoisuudesta ympäristö, välttää mui-
tietäjien syntyä ja heikentää stressi- ja kipuvasteita. Näin potilas pystyy sietämään kivuliaita kirurgisia toimenpiteitä.

Yleisanestesia ei ”sammu” aivoja kokonaisuudessaan tai johda täydelliseen tiedottomuuteen. Potilaan muistiin voi esimerkiksi tallentua tietoa leikkauksen aikaisista tapahtumista,

vaikka kyky reagoida on kadonnut. Mittaamalla nukutetun aivotoimintaa ja vertaamalla vasteita reaktiokykyyn, kuten kykyyn noteerata puhetta, voidaan tarkastella anestesian vaikutuksia tietoisuuden mekanismeihin.

Yksinkertaisimmillaan tajunnan tilaa seurataan elektroenkefalografian eli eeg:n avulla. Kun riittävän moni hermosolu viestii samanaikaisesti, voidaan toiminnasta syntyvä jännitemuutos mitata päähän kiinnitettyjen elektrodien avulla. Hermosolujen toiminta on rytmistä, ja aivojen taustarytmissä tapahtuu muutoksia sen mukaan, onko ihminen esimerkiksi val-
veilla, unessa tai anestesian vaikutuksen alaisena.

Eeg-signaalista ei voida kuitenkaan tarkasti paikantaa, miltä aivojen alueelta signaali tulee. Tämän vuoksi anestesiaturkimuksissa aivotoimintaa seurataan magneettikuvauksella. Silloin saadaan tietoa aivojen kaikkien osien toiminnasta. Tällaisissa tutkimuksissa on huomattu, että aivojen tavallisesti tarkkaan säännelty toiminta ”hajoaa” nukutuksessa.

Aivojemme toimintaa säätää kaksi tärkeää verkkoa: lepoverkko ja tarkkaavaisuusverkko. Aivojen keskilinjassa sijaitseva lepoverkko käsittelee kehon

ja mielen sisäisiä tapahtumia, kun taas päälaenlohkoissa toimiva tarkkaavaisuusverkko säätelee huomion kiinnittymistä ulkoisen maailman tapahtumiin.

Kun ihminen on tajuissaan, nämä verkot toimivat vuorotellen, mikä tekee sisäisen ja ulkoisen maailman erottelemisen ylipäättään mahdolliseksi. Nukutuksen aikana verkkojen riippumattomuus häviää, ja ihmisen voidaan kuvainnollisesti ajatella sulautuvan ympäröivään maailmaan.

Turussa anestesiaa tutkivan **Harry Scheininin** ryhmä on selvittänyt, miten aivot heräävät nukutuksesta.

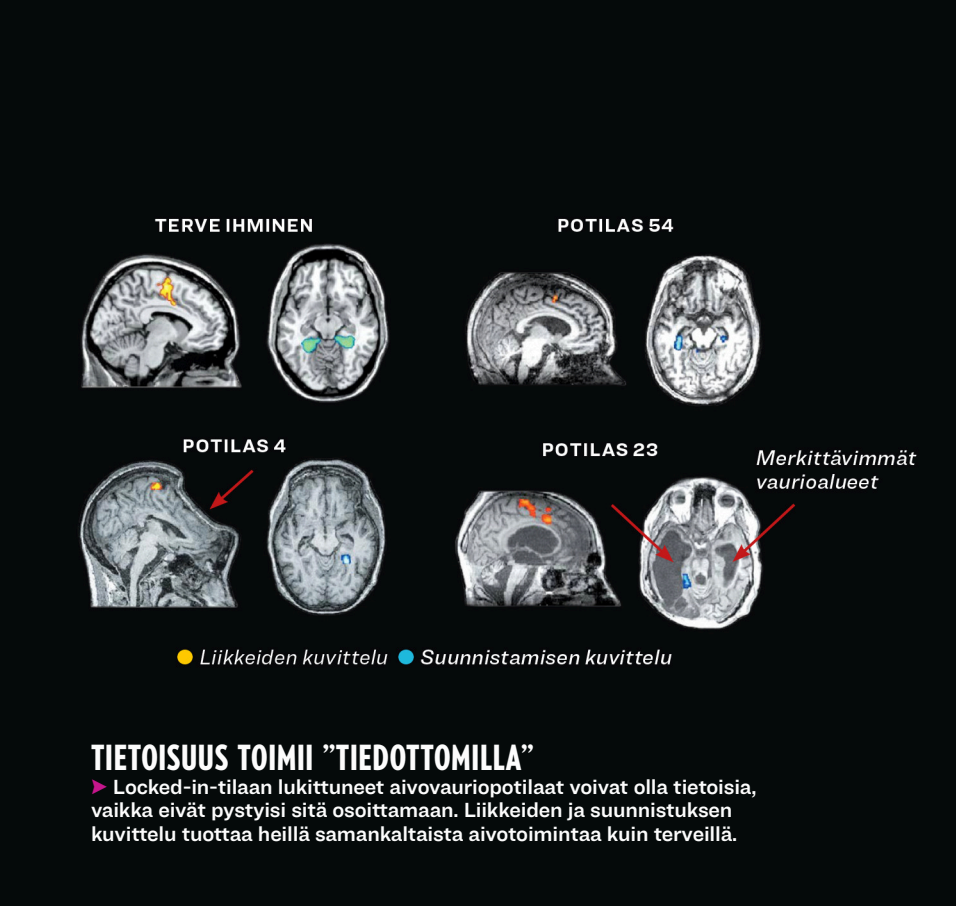
Kokeissa osallistujat nukutettiin deksmedetomidini-nimisellä lääkkeellä. Tavanomaisista anestesia-lääkkeistä poiketen potilas voidaan sitä käytettäessä herättää tilapäisesti tajuttomuudesta esimerkiksi ravistamalla tai kovalla äänellä. Kun osallistujat havahdutettiin hereille, tutkijat mittasivat positroniemissiotomografilla eli pet-laitteella, millä aivoalueilla toiminta muuttui.

Voisi kuvitella, että aivojen korkeamista toiminnoista, kuten ajattelusta, kielestä ja toiminnanohjauksesta, huolehtivan aivokuoren toimintojen palautuminen olisi selvän merkki tajunnan palautumisesta. Tutkijat kuitenkin huomasivat, että ensimmäiseksi palautui aivojen syvien rakenteiden toiminta ja aivokuori virkosi vasta myöhemmin. Havainto korostaa, että tajuissaan oleminen ja tietoisuus itsestä ja ympäristöstä ovat erillisiä, joskin toisiinsa kytkeytyviä keskushermoston mekanismeja.

Vaikka tutkijat pystyvät nyt paikantamaan anestesian tuottamat tajunnan muutokset, edelleenkin ei tarkalleen tiedetä, mikä neurokemiallinen tai neurofysiologinen tapahtuma aiheuttaa tajunnan menetyksen anestesian aikana – tai mikä sen palauttaa.

Kuinka tunnistaa tietoisuus?

Tietoisuus on vaikea tutkimuskohde, koska se on itsessään tieteellisten mitalaitteidemme tavoittamattomissa. Voimme kuitenkin havainnoida tietoisuuteen liittyvää käyttäytymistä, ja



tiedämme, että tajuissaan olevat ihmiset toimivat eri tavalla kuin tajuttomat. He reagoivat esimerkiksi ääniin ja kipuun, liikkuvat ja pyrkivät kanssamme vuorovaikutukseen.

Meillä onkin tapana arvioida niin toisten ihmisten kuin eläinten tietoisuutta sen perusteella, pystyvätkö

lutoiminnot ovat ennallaan ja he saattavat jopa ilmaista sen.

Potilaat, jotka pystyvät liikkuttamaan silmiään, kykenevät esimerkiksi vastaamaan kyllä tai ei -kysymyksiin muuttamalla katseensa suuntaa. Ne, joilla edes silmät eivät liiku, vaikuttavat olevan täysin eristyksissä ulkomaailmasta,

Aistinnan, muistin ja tarkkaavaisuuden mekanismit tunnemme jo verrattain hyvin, mutta tietoisuuden neurobiologinen perusta avautuu ponnisteluista huolimatta hitaasti.

nämä kokemaan asioita ja vaikuttamaan omaan toimintaansa. Mutta miten voimme arvioida sellaisen olennon tietoisuutta, joka ei pysty liikkumaan eikä mitenkään viestimään kanssamme?

Aivovaurio voi joskus johtaa niin sanottuun locked-in-tilaan, jossa ihminen ei pysty liikkuttamaan lihaksiaan, puhumaan eikä nielemään. Lukitustila on usein pysyvä ja johtaa usein kuolemaan.

Tällaisia potilaita tutkittaessa on huomattu, että monilla tunteet ja ajatte-

eivätkä he reagoi esimerkiksi puheeseen tai kipuun.

Onko tällaisten potilaiden tietoisuus tallella ja pystyvätkö he ajattelemaan, vaikka eivät pysty sitä mitenkään ilmaisemaan? Brittiläinen neurotutkija **Adrian Owen** tutkimusryhmineen keksi nerokkaan keinon selvittää heidän tietoisuutensa tilaa.

Tutkijat antoivat potilaille mahdollisuuden vastata kyllä tai ei -kysymyksiin pelkästään ajattelemalla. Jos vastaus oli "ei", potilaiden piti kuvitella kulkevasa kodissaan huoneesta toi-

seen. Jos vastaus oli "kyllä", heidän piti ajatella pelaavansa tennistä. Potilaiden aivojen toimintaa seurattiin koko ajan magneettikuvaslaitteella.

Tutkijat eivät voineet etukäteen tietää, ymmärsivätkö potilaat edes ohjeita, mutta osan aivoissa tapahtui kyselyn aikana samanlaisia toiminnan muutoksia kuin terveillä verrokeilla. Esivalmisteluistaan tutkijat tiesivät, että mielikuvat kotona vaeltelusta ja tenniksen peluusta tuottavat aivan erilaista aivotoimintaa, joten he saattoivat lukea potilaidenkin aivoista, kumpaa vastausta nämä tarkoittivat. Potilaat pystyivät ajatuksen voimalla vastaamaan myös tietokysymyksiin ja omaa elämäänsä koskeviin henkilökohtaisiin kysymyksiin.

Myöhemmissä tutkimuksissaan Owenin ryhmä huomasi, että mitä paremmin vastaaminen onnistui eli mitä paremmin ajatustoiminnot peläsivät, sitä todennäköisemmin potilas toipui tilastaan. Tulokset olivat tieteellinen läpimurto. Ne osoittivat ensimmäistä kertaa, että tietoisuutta voidaan mitata luotettavasti, vaikka ihminen ei edes silmäänsä räpäyttäisi.

Toisaalta tutkimus herättää vaikeita eettisiä kysymyksiä. Pitääkö locked-in-

potilaiden tajunta testata järjestelmällisesti? Mitä tehdä, jos testi ei anna merkejä tajunnan olemassaolosta tai jos potilas viestii olevansa tuskissaan ja haluavansa elämänsä päättyvän? Entä jos tutkimus syystä tai toisesta epäonnistuu ja lääkärit päättävät potilaan toivovan eutanasiaa, vaikka hän itse asiassa vastustaisi sitä?

Kokemus tuottaa pulmia

Ymmärrys mielen toiminnoista on parantunut viime vuosina nopeasti. Aistitiedon käsittelyn, muistin ja tarkkaavaisuuden taustalla olevat mekanismit tunnetaan jo verrattain hyvin, mutta tajunnan ja tietoisuuden hermostollinen perusta avautuu ponnisteluista huolimatta hitaasti.

Erityisesti aivotoiminnan ja kokemuksellisten tajunnan ilmiöiden välinen suhde on vaikea ratkaista: yksi ja sama ulkomaailman tapahtuma voi johtaa täysin erilaisiin aivotoiminnan muutoksiin sen mukaan, millaisen tietoisien kokemuksen se aiheuttaa. Emme myöskään tiedä, mitä "kokemus" tarkalleen ottaen aivojen toiminnan tasolla tarkoittaa, vaikka tiedämme, millaista toimintaa tietoisuus edellyttää aivoissa.

Tämä voi johtua siitä, että on vaikea määritellä, mitä tietoinen kokemus ylipäättään tarkoittaa. Meidän on esimerkiksi mahdotonta kertoa värisekealle, miltä punainen väri "tuntuu", jos hän ei ole itse koskaan punaista nähnyt ja kokenut.

Tässä voi kuitenkin olla kyse pelkästään kielemme rajoituksista. Ajatuksen tasolla on mahdollista, että pystyisimme tallentamaan tiettyyn kokemukseen liittyvän aivojen toimintakuvion ja siirtämään sen kokemukseksi toisen ihmisen mieleen.

Nykyiset aivojen stimulointilaitteet eivät tähän vielä pysty, mutta samalla tavalla aivotoiminnan mittaaminen magneettikenttien avulla kuulosti vain 50 vuotta sitten tieteiskirjallisuudelta. Kenties tulevaisuuden teknologia saa kokemukset ja ajatukset virtaamaan maapallon puolelta toiselle samaan tapaan kuin yhdysvaltalaisen **Samuel Morsen** keksintö siirsi 1800-luvun alussa puheen lennätinkaapeleihin. ●

Lauri Nummenmaa

on lääketieteellisen kuvantamisen ja mallintamisen professori Turun yliopistossa ja Turun PET-keskuksen tunnelaboration johtaja.

Kuva: Getty Images

Kuva ja lähde: M.M. Monti et al., Willful modulation of brain activity in disorders of consciousness. New England Journal of Medicine, February 18, 2010.