

## Monitieteellinen aivotutkimus

■ Synnöve Carlson

Viimeisten kolmen vuosikymmenen aikana aivotutkimus on noussut yhdeksi houkuttelevimmista tieteenaloista. Nopea teknologinen kehitys on antanut aivotutkimukselle menetelmiä, jollaisista puoli vuosisataa sitten ei osattu uneksiakaan. Tietämys aivojen toiminnosta on kasvanut huomasti. Nopea menetelmäkehitys on muuttanut aivotutkimuksen luonteeltaan monitieteelliseksi. Erityisesti teknisten alojen erityisosaajien tarve lisääntyy jatkuvasti. Menetelmien kehittyminen on herättänyt aivotutkimuksen tarpeen myös monilla sellaisilla tieteenaloilla, joissa aivotutkimusta ei aiemmin tehty. Tuloksena on monitieteellinen joukko tutkijoita, joiden yhteisenä päämääränä on kartuttaa tietoa ja ymmärrystä aivojen toiminnasta, mutta jonka päämäärän saavuttaminen voi yhteisen kielen puuttuessa olla vaikeaa.

Aivotutkimuksen eteneminen on aina ollut sidoksissa menetelmälliseen kehitykseen. Yksi historian vaikutusvaltaisimmista aivotutkijoista oli espanjalainen neuroanatomisti Santiago Ramón y Cajal, joka 1800-luvulla onnistui liittämään aikalaisensa Camillo Golgin kehittämän hopeavärjäysmenetelmän aivokudosta koskeviin mikroskooppitutkimuksiinsa. Golgin värjäysmenetelmän avulla oli mahdollista tarkastella yksittäisiä hermosoluja ulokkeineen. Vaikka Golgi oli kehittänyt värjäysmenetelmän jo vuosia aiemmin, vasta Cajal menetelmän käyttöön otettuaan havaitsi, että aivokudos ei ollutkaan yhtenäistä verkkomaista massaa – kuten siihen aikaan yleisesti otaksuttiin – vaan muodostui erillisistä hermosoluista.

Nyt – toista sataa vuotta myöhemmin – aivotutkimuksen käytössä on lukuisia uusia tutkimusmenetelmiä. Esimerkiksi positroniemissiotomografia (PET) ja toiminnallinen magneettikuvantaminen

(fMRI) tuottavat tietoa aivojen aktivaatioiden paikasta sekä aivosähkökäyrä (EEG) ja sähköiseen toimintaan liittyvien heikkojen magneettikenttien mittaamenetelmä, magnetoenkefalografia (MEG), aktivaation tarkasta ajoituksesta. Aivojen toimintaa voidaan tutkia myös stimuloimalla aivoja neurokirurgisessa leikkauksessa asetettujen elektrodien kautta tai noninvasiivisesti kallon läpi aivoihin kohdistettavan magneettistimulaation avulla. Myös farmakologiset ja molekyylibiologiset menetelmät antavat mahdollisuuden tutkia käyttäytymisen taustalla olevia neurobiologisia mekanismeja.

Vasta noin viisitoista vuotta sitten julkaistiin ensimmäinen työ, jossa ihmisaivojen toimintaa tutkittiin magneettikuvantamisen avulla. Tutkimuksessa näytettiin miten näköaivokuori aktivoitui näköstimulaation seurauksena. Toiminnallisesta magneettikuvantamisesta on kuluneina vuosina tullut valtavan suosittu, koska menetelmä on tutkittavalle harmiton ja voidaan tarvittaessa toistaa useita kertoja. Teknisesti tutkimuksen suorittaminen ei ole vaikeaa, mutta koeasetelmien luominen ja saatavan tiedon jälkikäsitteily vaativat hyvää perehtyneisyyttä sekä aivojen toimintaan että itse menetelmään. Tutkittava asetetaan magneettitutkimuslaitteeseen, jossa on voimakas magneettikenttä ja jossa sopivasti valittujen kuvaussekvenssien avulla saadaan esiin hermosolujen aktivoitumiseen liittyvän paikallisen verenkierron muutoksen aiheuttama signaali. Tutkimuslaitteen toiminnan ymmärtäminen edellyttää erityisosaamista ja niinpä kaikissa tätä menetelmää käyttävissä tutkimuslaboratorioissa toimii myös alaan erikoistuneita fyysikkoja. Tutkimuksesta saatavan signaalin ja kuvien jälkikäsitteily vaatii myös kouluttautumista ja useiden eri alojen edustajien yhteistyötä.

Monitieteisyys on ollut aivotutkimuksen nopean kehityksen edellytys, mutta on vienyt vuosia, että eri alojen edustajat ovat oppineet ymmärtämään toisiaan. Fyysikkojen käyttämä kieli on hyvin erilaista kuin neurotieteilijöiden tai kliiniseen työskentelyyn osallistuvien lääkäreiden. Eri tieteenalojen edustajien on perehdyttävä myös itselleen vieraampiin aloihin pysyäkseen ymmärtämään, mitä kysymyksiä eri menetelmillä voidaan tutkia ja toisaalta miten menetelmiä tulisi kehittää, jotta tärkeisiin aivotutkimukseen liittyviin kysymyksiin saataisiin vastauksia.

Merkittävä osa aivotutkimuksesta tehdään edelleenkin terveillä henkilöillä, jolloin tarkoituksena on oppia ymmärtämään terveiden aivojen toimintaa ja normaalin käyttäytymisen taustalla olevia hermostollisia mekanismeja. On tavallista, että tietystä kognitiivisesta toiminnasta halutaan saada monipuolisesti tietoa useiden eri menetelmien avulla ja jopa yhtä aikaa näitä menetelmiä käyttäen. Tutkittavalle voidaan suorittaa samanaikaisesti esim. toiminnallinen magneettikuvaus ja EEG-mittaus. Kahden menetelmän yhdistäminen on haasteellista. Sähköisen signaalin mittaaminen magneettitutkimuslaitteessa edellyttää tarkoitusta varten kehitettyjä EEG-mittauslaitteita ja sähköfysiologisten mittausmenetelmien erityisosaamista. Myös mitattujen sähköisten signaalien jälkikäsitteilyyn ja tulkintaan tarvitaan perehtyneisyyttä, jota ei välttämättä ole magneettitutkimuksiin erikoistuneella tutkijalla. Onkin tavallista, että aivotutkimusryhmässä työskentelee neurotieteen edustajien (lääkärit, neuropsykologit, neurobiologit) lisäksi eri mittausmenetelmiin ja signaalin- ja kuvankäsittelyyn perehtyneitä fyysikkoja ja matemaatikkoja.

Menetelmäkehitys ja kasvava kiinnostus aivotutkimuksen mahdollisuuksiin on johtanut myös siihen, että aivojen toimintaan liittyviä kysymyksiä halutaan selvittää sellaisillakin tieteen aloilla, jotka eivät aiemmin ole olleet juurikaan kosketuksissa aivotutkimuksen kanssa. Aivotutkimuksen monipuoliset menetelmät on otettu käyttöön esimerkiksi selvitettyä kysymyksiä ympäristön ja geneettisten tekijöiden

vaikutuksista yksilön kehitykseen, käyttäytymiseen ja sairauksien puhkeamiseen, syömishäiriötutkimuksessa, musiikkiin ja kuvataiteisiin liittyvien kysymysten selvittämisessä jne.

Monien neurologisten ja psykiatristen sairauksien mekanismeja ei vielä tunneta ja on ymmärrettävää, että aivotutkimuksen nopea kehitys on herättänyt suuria odotuksia myös potilaiden hoidosta vastaavien keskuudessa. Uusia menetelmiä soveltava kliininen aivotutkimus on kuitenkin vasta tiensä alussa eikä aivotutkimuksen monitieteisyys ja menetelmien nopea kehitystahti tee tämän tien kulkemista helpoksi.

Parhaatkaan menetelmät ja niiden antamat tulokset eivät vie tutkimusta eteenpäin ilman oivaltavaa havainnoijaa. Ilman Cajalia olisi voinut kulua vielä vuosia tai kenties vuosikymmeniä ennen kuin Golgin hopeavärjäysmenetelmällä käsitellyn aivoleikkkeen välittämän näkymän merkitys olisi oivallettu. Huippuhavaintoihin tarvitaan asianmukaiset laitteet ja menetelmät, mutta ei välttämättä ulkonaisesti komeita tutkimuslaboratorioita. Golgi kehitti värjäysmenetelmiään keittiöön rakennetussa laboratoriossa, ja myös Cajal sovelsi menetelmää keittiössään. Aivotutkimuksen rajoitteena ei tällä hetkellä ole menetelmien puute. Ehkä suurin haaste liittyy menetelmien moninaisuuteen, niiden korkeaan teknologian asteeseen ja eri alojen korkeasti koulutettujen henkilöiden kykyyn kommunikoida keskenään. Onneksi useat teknilliset korkeakoulut tarjoavat nykyisin koulutusta bioinformaatioteknologiaan, jossa opiskelijat jo varhaisessa vaiheessa tutustuvat luonnontieteiden ja lääketieteen eri alueisiin sekä niissä tehtävän tutkimuksen tietoteknisiin haasteisiin. Kasvamassa on uusi teknisten alojen taitajien sukupolvi, jonka tuella monitieteellisen aivotutkimuksen voi odottaa johtavan aivojen normaalin ja poikkeavan toiminnan yhä syvempään ymmärrykseen.

**Kirjoittaja on johtava tutkija Teknillisen korkeakoulun kylmälaboratoriossa ja fysiologian professori Tampereen yliopistossa.**