

Aivojen tutkimus TKK:ssa

■ Eeva Pitkälä

Kun ihminen ajattelee, kulkee aivojen neuroniverkossa heikkoja sähköimpulsseja. Sähkövirta puolestaan kehittää aina ympärilleen magneettikentän. Pään kuoren ulkopuolella nämä magneettikentät ovat äärimmäisen heikkoja, vain noin miljardisosaan magneettikentästä. Hyvin herkillä mittauslaitteilla magneettikentässä tapahtuvat muutokset voidaan kuitenkin havaita. Tässä on se linkki, joka aikoinaan johdatti Teknillisen korkeakoulun tutkijat kuvantamaan aivoja.

Päänulkopuolinen aivotutkimusmenetelmä EEG eli elektroenkefalografia, joka löydettiin 1920-luvulla ja joka edelleen on aktiivisessa tutkimuskäytössä, hyödyntää aivojen eri osien välisiä sähköisiä jännite-eroja. 1960-luvun alussa suprajohtamisen teoria johti hyvin heikkojen magneettikenttien mittauksiin soveltuvan SQUID-anturien keksimiseen (*Superconducting Quantum Interference Device*). 1970-luvun alussa fyysikot tutkivat TKK:n kylmälaboratoriossa magnetismia niiden avulla.

Alussa oli kylmäfysiikka

TKK:n kylmälaboratorion johtaja Olli Lounasmaa, joka tutustui maailmalla näiden ultraherkkien anturien avulla tehtävään aivotutkimukseen, magnetoenkefalografiaan (MEG), näki suomalaisen kylmäfysiikan osaamisen mahdollisuudet ja toi uuden kiinnostavan sovellusalan mukanaan Suomeen.

Vuodesta 1982 lähtien lääketieteen tutkija, professori Riitta Harin ja kylmälaboratorion tutkijoiden yhteistyönä kehittyi koko pään kattava MEG-kypärä. Se rakennettiin yhteistyössä professori Toivo Katilan perustaman spin off -yrityksen Neuromag Oy:n kanssa. Suomalaisen kehittämän 306-kanavaisen kypärän avulla eri aivoalueiden aktivoitumista voidaan seurata hyvinkin tarkasti. Potilaalle täysin harmitonta MEG:ää käytetään nykyisin terveydenhuollossa

muun muassa epilepsian tutkimiseen sekä aivosyöpäpesäkkeiden ja epilepsian paikallistamiseen ennen leikkausta.

MEG:in mahdollisuudet hyvin monenlaiseen tutkimukseen johtivat siihen, että TKK:lle laitteen ympärille syntyi nopeasti kansallisesti ja kansainvälisesti tunnettuja monitieteisiä huippututkimusryhmiä. Nykyään niissä työskentelee useita kymmeniä eri alojen tutkijoita.

MRI ja fMRI

Tärkeäksi lääketieteelliseksi kuvantamismenetelmäksi kehittynyt magneettikuvaus (*Magnetic Resonance Imaging*, MRI) on 1980-luvun jälkeen ollut myös maailman kaupallisesti suurin suprajohtamagneettien käyttökohde. Vuonna 1978 aloitettiin TKK:n kylmälaboratoriossa yhdessä VTT:n ja Instrumentariumin kanssa lääketieteelliseen kuvantamiseen tarkoitettun koko kehon kattavan suprajohtavan magneetin rakentaminen. Myöhemmin rakennettiin nykyinen voimakas magneettikuvauslaitteisto.

Tällä hetkellä TKK:n aivotutkimuksessa pääasiallisesti käytettävä tutkimuslaite on elektronikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunnan omistamassa AMI-keskuksessa sijaitseva kolmen teslan koko kehon MRI-skanneri (tesla on magneetin tiheyden yksikkö).

MRI:stä on kehitetty sovelluksena ns. toiminnallinen MRI eli fMRI, jonka avulla myös elävän kudoksen toimintoja voidaan seurata muutaman millimetrin tarkkuudella. fMRI perustuu aktivoituneilla aivoalueilla tapahtuvan veren happipitoisuuden muuttumisen seuraamiseen.

MEG:in ja fMRI:n kuvaustilanteessa mitauksia suoritetaan suuri määrä. Täydellisen kuvan muodostamiseksi mittaustulokset yhdistetään tietokoneella. Tietokoneanalyysin tuloksena aikaansaadan kaksi- tai kolmiulotteinen magneettikuva, joka koostuu kaksiulotteisista pikseleistä tai kolmiulotteisista vokseleista.

Kuvantamisessa saadun valtavan tietomäärän käsittely ja raskaiden laskentatehtävien suorittaminen kehittyivät huomasti tietotekniikan kehityksen ja laskennallisen kapasiteetin lisääntymisen myötä 1990-luvun loppuun mennessä.

MRI:n ja fMRI:n käytön suuria ongelmia ovat laitteen aikaansaama melu ja tutkimustilanteen kömpelyys, kun tutkittava työnnetään koetilanteessa suuren, meluisan laitteen sisään. Taus-takohinan vähentämiseksi mittaukset tehdään magneettisuudelta suojatussa huoneessa.

Kylmälaboratorion aivotutkimusyksikkö

Aivotutkimusta tehdään TKK:ssa jo kolmatta vuosikymmentä, ja nykyään noin puolet kylmälaboratorion resursseista kuluu aivotutkimukseen. Siellä aivotutkimusta tehdään systeemisen neurotieteen ja aivokuvantamisen huippuyksikössä (2006–11) professori Riitta Harin johdolla. Monitieteisen tutkimuksen piiriin kuuluu kymmeniä fyysikoita, lääkäreitä, kognitiotieteilijöitä, psykiatreja ja psykologeja eri yliopistoista niin Suomesta kuin maailmaltakin.

Harin omassa tutkimusryhmässä työskentelee kolmattakymmentä eri alojen jatko-opiskelijaa ja tutkijaa. Ryhmässä yhdistyy monelta eri tieteenalalta tulevaa, mm. aivotutkimuksesta, psykologiasta, sosiaalipsykologiasta, neurologiasta, psykiatriasta ja jopa taloustieteestä saatavaa käyttäytymiseen liittyvä tietoa.

Tutkijoita kiinnostavat erityisesti vuorovai-kutuksessa käynnistyvät, sosiaalisesti tarkoituk-senmukaiset liikkeen ja aistimusten peilaussysteemit. Aistinjärjestelmien, erityisesti samanaikaisen kosketus- ja näköaistimuksen tutkimista varten ollaan kehittämässä uusia menetelmiä mahdollisimman luonnollisten ärsykkeiden aikaansaamiseksi. Myös akuutin ja kroonisen kivun hermostollista perustaa tutkitaan. Harin ryhmän tutkimuksen kohteena on myös uusi aivokuvan-tamisenmenetelmä, diffuusiotensorikuvantaminen, jonka avulla voidaan tutkia mm. hermoratojen mittasuhteita.

Hari toimii myös poikkitieteellisen Mieli-foorumin johtajana. Tämä Suomen Kulttuuri-

rahaston rahoittama kaksivuotinen (2007–08) hanke kokoaa yhteen ihmismielen rakennetta, kehitystä ja toimintaa tutkivia eri tieteenalojen edustajia.

Toinen aivotutkimusyksikön professoreista, Riitta Salmelin, johtaa 14 tutkijan ja jatko-opis-kelijan muodostamaa ryhmää, jossa tutkitaan puheen tuoton ja havaitsemisen aivomekanis-meja. Tuloksia hyödynnetään mm. lukihäiriön ja kieltenoppimisen ymmärtämisessä.

Lääketieteen tohtori Simo Vannin johtama kuuden tutkijan ryhmä tutkii näköjärjestelmien fysiologiaa. Ryhmä tutkii tiedon kulkua näkö-aistinjärjestelmässä. Tutkimus kohdistuu näke-mistapahtuman alkuvaiheisiin ja pyrkii selvit-tämään saatujen mittaustulosten, näkö-tiedon prosessoinnin sekä aivojen ja aistien yhteistyö-nä tapahtuvan kuvanmuodostuksen yhteyksiä.

Laitteisiin sidotut, vaativaa tekniikkaa käyt-tävät kuvantamisenmenetelmät asettavat kaikelle aivotutkimukselle monenlaisia rajoituksia. Yksi kylmälaboratorion tutkimusryhmien tehtävis-tä onkin suunnitella erilaisia mahdollisimman luonnollisia koetilanteita. Samalla kehitetään erilaisia laskennallisia ja kuvan tuottoon liittyviä analyysimenetelmiä.

Lääketieteellistä ja laskennallista tekniikkaa

TKK:ssa aivotutkimusta hyödyttävää tai sen tuloksia hyödyntävää tutkimusta tehdään myös mm. lääketieteellisen tekniikan ja laskennallisen tieteen sekä tietotekniikan laitoksilla.

TKK:n lääketieteellisen tekniikan yksikössä tutkitaan solutason biofysiikkaa, mm. aivojen uloimman osan, verkkokalvon näköaistinsolu-jen, toimintaa. Helsingin yliopistollisen keskus-sairaalan yhteydessä toimivassa BioMag Labo-ratoriossa aivojen ja lihasten yhteistoimintaa tutkitaan ärsyttämällä aivoja magneettikentän avulla (transkraniaalinen stimulaatio TMS).

Laskennallisissa kompleksisten systeemien tutkimuksen huippuyksikössä (2006–11) keski-tytään monimutkaisten fysikaalisten, biologis-ten ja sosiaalisten järjestelmien sekä niiden käyt-täytymisen tutkimiseen. Tähän käytetään apuna

tietotekniikkaa, laskennallista mallinnusta sekä simulointia. Huippuyksikössä kehitetään teoreettisia malleja ja menetelmiä kompleksisten systeemien tutkimukseen sekä sovelluksia mm. systeembilogiaan ja kognitiotutkimukseen.

Kognitiivisen teknologian tutkimus kohdistuu professori Mikko Samsin johdolla moniaistiseen havaitsemiseen ja erityisesti kuulohavaintoilmioihin. Tutkimuksessa käytettävät tiedot saadaan kuvantamalla aivoja sekä kokeellisen psykologian avulla.

Matemaattisen mallinnuksen tutkijat ovat kehittäneet ratkaisua aivotutkimuksen sähkömagneettiseen käänteisongelmaan eli inversio-ongelmaan mallintamalla aivoja mittaus-tuloksista saatujen tietojen perusteella. (Inversio-ongelmalla tarkoitetaan sitä, että aivojen sähköisten aktivaatioiden paikantaminen tapahtuu aina epäsuorasti, pään ulkopuolelta tapahtuvien mittausten perusteella.)

Rakennettujen ja keinotekoisien järjestelmien tutkimusryhmässä kehitetään mm. oppimisen ja havaitsemisen malleja. Tuloksia sovelletaan esim. konenäkö tutkimukseen ja robotiikkaan.

Adaptiivista informatiikkaa ja neuroverkkoja

Aivokuvantamisesta saatavan valtavan datamäärän käsittelyyn on suuri tarve saada uutta tietoa ja uusia metodologisia menetelmiä. TKK:n tietotekniikan laitoksella sijaitsevan adaptiivisen informatiikan huippututkimusryhmän tutkimuksessa pyritään tiivistämään suurissa tietojoukoissa olevaa tietoa ja käsitteitä sekä tuomaan ne helpommin käyttäjän saataville. Tietomassojen käsittelyyn käytetään automaattisia tilastollisia koneoppimismenetelmiä.

Tutkimuksen päämääränä on kehittää mm. järjestelmiä, jotka käsittelevät monimuotoista, samaan yhteyteen liittyvää tietoa, kuten tekstiä, videota, puhetta ja esim. käyttäjän palautetta. Tällaisen tiedon jalostaminen vaatii paitsi hahmontunnistusta, kuvankäsittelyä ja puheentunnistusta myös kognitiotieteellisiä menetelmiä.

Erytyisesti neuroverkkoja käytetään paljon hahmontunnistus- ja kielikyvyn mallinnuksissa. Keinotekoiset hermoverkot tarkoittavat sellaisia signaalien ja informaation käsittelyperiaatteita, joita mahdollisesti esiintyy hermostossa, mutta joita voidaan käyttää mitä erilaisimpiin tietojenkäsittelysovellutuksiin. Keinotekoisien neuroverkkojen teoriaa ja sovellutuksia on tutkittu TKK:n informaatiotekniikan laboratoriossa jo 1970-luvulta alkaen.

KIRJALLISUUTTA

Hämäläinen, Heikki, Laine, Matti, Aaltonen, Olli ja Revonsuo, Antti (toim.): *Mieli ja aivot. Kognitiivisen neurotieteen oppikirja*. Turun yliopisto 2006.

Lounasmaa, Olli V. (toim. Müller, Kiti): *Täällä ei näperrellä! Kylmäfyysikon kuumat paikat*. Suomen Tiedeseura, Helsinki 2008.

Polysteekki 2/2007. Theme: Brain in focus. Helsinki University of Technology.

Kirjoittaja on filosofian maisteri, joka työskentelee toimittajana Teknillisen korkeakoulun viestintäyksikössä.