

Käden tahdonalainen aktivaatio voimistaa liikeaistipalautteen käsittelyä aivokuorella

Kirjoittajat: Maija Siltala ¹; Timo Nurmi ^{1,2}; Maria Hakonen ^{3,4}; Harri Piitulainen ¹

Kirjoittajien taustayhteisö(t):

1 Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä, Suomi

2 Neurotieteen ja lääketieteellisen tekniikan laitos, Aalto-yliopisto Perustieteiden korkeakoulu, Espoo, Suomi

3 Athinoula A. Martinos Center for Biomedical Imaging, Department of Radiology, Massachusetts General Hospital Charlestown, Boston, MA, USA

4 Department of Radiology, Harvard Medical School, Boston, MA, USA

Asiasanat: toiminnallinen magneettikuvaus, propioseptiikka, sormien edustusalueet

Tausta: Proprioseptiikalla tarkoitetaan kehon liikeaistia. Ihmisen sormien tuntoaistiin liittyvät aivokuoren edustusalueet tunnetaan melko hyvin, mutta vastaavat liikeaistin edustusalueet ovat huonosti tunnettuja. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa sormien liikeaistin edustusalueet aivokuorella ja tutkia, kuinka tahdonalainen sormien aktivaatio vaikuttaa niihin käyttäen toiminnallista magneettikuvausta (fMRI).

Menetelmät: Tutkimukseen osallistui 27 oikeakätistä, 20–45-vuotiasta tervettä aikuista, joiden oikean käden etusormea ja nimetöntä liikuteltiin liikeaististimulaattorilla passiivisesti fMRI-kuvantamisen aikana. Aluksi aivojen rakenne kuvattiin MRI:llä ja sitä seurasi kaksi fMRI-mittaus, joissa vuorottelivat viisi eri tilannetta: lepo (ei liikutusta), etusormen tai nimettömän passiivinen liikutus tai aktiivinen liikkeen vastustus (kevyt sormien koukistus). Aivoaktiivisuutta tarkasteltiin vasemman aivopuoliskon primäärisessä motorisessa (M1) ja somatosensorisessa (S1) aivokuoressa. Päämuuttujat olivat aktivaatioiden laajuus, huippuarvo sekä aktivaatioiden päällekkäisyyttä kuvaava muokattu Dice-kerroin sormien välillä. Näitä muuttujia verrattiin passiivi- ja aktiivitilanteissa Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testillä.

Tulokset: Aktiivinen tilanne näkyi laajempina aktivaatioalueina kuin passiivinen tilanne, vaikka liikestimulus oli muuten sama, sekä etusormelle (S1: $p=0,002$, M1: $p=0,002$) että nimettömälle (S1: $p=0,001$, M1: $p=0,001$). Aivokuori myös aktivoitui voimakkaammin aktiivisessa kuin passiivisessa tilanteessa etusormelle (S1: $p=0,00009$, M1: $p=0,0002$) ja nimettömälle (S1: $p=0,00009$, M1: $p=0,00009$). Etusormen ja nimettömän edustusalueet olivat muokatun Dice-kertoimen perusteella erillisempiä passiivi- kuin aktiivitilanteessa (S1: $p=0,0002$, M1: $p=0,003$).

Johtopäätökset: Tulokset osoittavat, että käden tahdonalainen aktivaatio vahvistaa ja laajentaa liikeaistipalautteen neuraalista käsittelyä aivokuorella. Tämä voi johtua siitä, että aivojen hermoverkostot ovat aktiivitilanteessa virittyneemmässä tilassa, kuin passiivitilanteessa. Myös lihaksen pituutta aistiva propioseptori, lihassukkula, virittyy aktiivitilanteessa hermostollisesti, mikä voi johtaa voimakkaampaan liikeaistipalautteeseen aivoihin. Passiivisessa tilanteessa sormien edustusalueet olivat erillisempiä, mahdollisesti sormien itsenäisemmän liikkeen vuoksi, kun taas aktiivisessa tilanteessa käsi toimii osittain yhtenä kokonaisuutena, mikä voi lisätä edustusalueiden päällekkäisyyttä.

Sovellettavuus: Tutkimus tuottaa perustietoa sormien liikeaistin aivoperustasta, etenkin siitä, miten aivot hyödyntävät kehon liikeaistipalautetta sujuvassa liikeohjauksessa. Uutta tietoa voidaan tulevaisuudessa hyödyntää esimerkiksi motorisoitujen proteesien ja aivokäyttöliittymien kehityksessä.