

löydöksemme on vapaa ja kompleksin antigeeni (PSA). PSA:n rutiinimääräysnäyte, jossa oli hyvin suuri pitoisuus. -muotoa, joista toinen oli PSA ja toinen PSA on proteaasi, veikkasin, että isompi nestäjä, joka veressä sitoutuu PSA:han. ja sandwich-menetelmiä, joissa "kaapare" ja leimana vasta-aineita eri proteaasien ja -l-antikymotrypsiinille (ACT) tunnetun. Osoitimme, että PSA-ACT:n osuus on suuri eturauhassyövässä kuin terveillä. ns Lilja julkaisi pian meidän jälkeemme. nme yhdessä kehittää määritysmenetelmä menetelmä on nykyään käytössä ican Urological Association -ammattilalta 2002 vapaan PSA:n käyttö syöpäeräänä vuosikymmenen tärkeimmistä

PSA-pitoisuus veressä nousee jo yli 10 uuhkaa potilaan henkeä, joten se voisi etelmä. Ehdottamani eturauhassyövän in Helsingin ja Tampereen seuduilla

uolakkainen PA, ym. Rapid measurement of reening test for acute pancreatitis. N Engl J

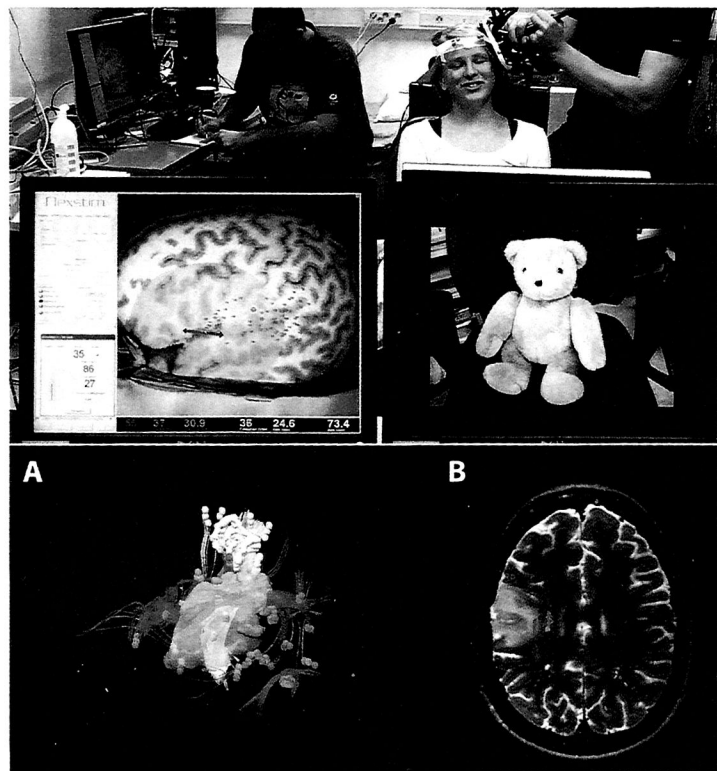
: P, ym. Serum concentrations of prostate lex with α_1 -antichymotrypsin before Lancet 1994;344:1594-8.
tinen R, ym. Immunochemical demonstration d urinary peptide. Int J Cancer 1982;30:53-7.

Aivojen puhealueiden paikannus pään ulkopuolelta neurokirurgian suunnittelussa

J Y R K I P. M Ä K E L Ä

HUSin BioMag-laboratoriossa kehitetty transkraniaalisen eli kal- lon läpi kulkevan magneettistimulaation navigaatiojärjestelmä (nTMS) on mahdollistanut aivokuoren toiminnallisten alueiden yksilöllisen paikannuksen. Leikkaussuunnittelussa paikannus on perinteisesti tehty suoralla sähköisellä aivokuoristimulaatiolla leikkauksen aikana tai asettamalla elektrodihila aivokuorelle muutamia päiviä ennen leikkausta ja sitä stimuloimalla. TMS synnyttää aivokuorelle samanlaisen sähkökentän kuin suora sti- mulaatiokin ja soveltuu periaatteessa hyvin leikkauksen suunnit- teluun jo ennen kallon avaamista. Vertasimme liikeaivokuoren nTMS-paikannusta suoraan aivokuoristimulaatioon epilepsiaki- rurgiapotilailla. Paikannustarkkuus riitti leikkaussuunnitteluun.

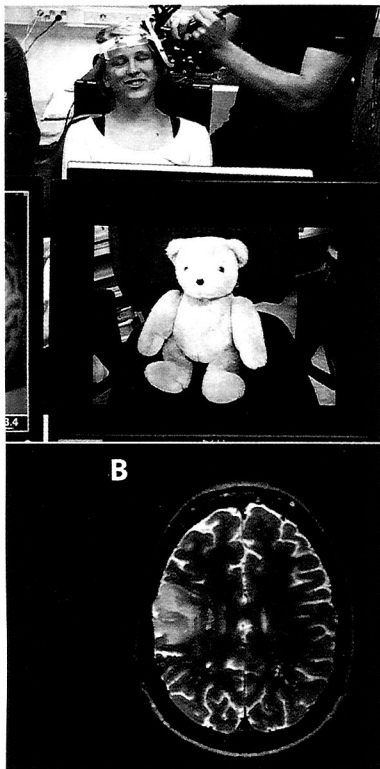
Myös aivojen puhealueiden paikannus on hyödyllistä neuro- kirurgisessa suunnittelussa (**Kuva 36**). Puheen aivokuoriedus- tus on vaihtelevampi kuin raajojen liikealueiden edustukset, joita voidaan usein arvioida myös aivojen rakenteellisten piirteiden avulla. Puhealueita paikannetaan herättämällä potilas kesken leikkauksen sähköstimulaatiota varten (valvekraniotomia) tai stimuloimalla aivokuorelle asennettua elektrodihilaa ennen leik- kausta. Puheen tuottoa säätelevät aivoalueet ovat osoittautuneet hyvin yksilöllisiksi. Kehitimme BioMag-laboratoriossa nTMS- paikannuksen myös puhealueiden löytämiseksi. Aiempi kokemus MEG-mittauksista osoitti, että neurokirurgien vakuuttaminen leikkausta edeltävien löydösten merkityksestä on ajoin haastavaa,



Kuva 36. Kuvan yläosa: nTMS-puhealueiden paikannus terveellä koehenkilöllä. Tutkittava nimeää näyttöruudulla esitettyjä kuvia (oik.) samalla kun hänen aivoihinsa kohdistetaan navigoitu magneettistimulaatio. Stimulaation synnyttämä virta esitetään tutkittavan kolmiulotteisessa aivorekonstruktiossa (vas.). Koehenkilö hymyilee huomattuaan tehneensä virheen nimeämisessä. Kuvakaappaus videosta. Kuvan alaos: A) Potilaan tutkimuksessa puhehäiriöitä tai lihasaktivaatioita aiheuttaneet nTMS-alueet (pallot), niitä hyödyntäen lasketut aivokuorialueiden väliset puheradat (violetti) ja pyramidirata (keltainen) aivokasvaimen (harmaa) suhteen. B) Kasvain ja nTMS:n avulla lasketut aivokuoren alaiset ratayhteydet horisontaalisessa MRI-leikkeessä neuronavigaattorissa.

ja rakensimmekin mittausasetelman, jossa sekä stimulaatio, sen kohdentuminen aivoihin että potilaan vaste videoitiin.

Menetelmän kliinisen merkityksen osoittamiseksi nTMS-löydöksiä tuli verrata valvekraniotomiaan. Niinpä ryhdyimme yhteistyöhön kahden sellaisen saksalaisen neurokirurgian yksi-



puhealueiden paikannus terveellä koehenkilöllä esitettyjä kuvia (oik.) samalla tavalla navigoitu magneettistimulaatio. Nämä tutkimuksen kolmiulotteisissa aivoissa henkilö hymyilee huomattuaan tehneensä oikein. Kuvan alaosaa: A) Potilaan tai lihasaktivaatioita aiheuttaneet keltaiset alueet lasketut aivokuorialueiden väliset erot (keltainen) aivokasvaimen (harmaa) ja lasketut aivokuoren alaiset ratayhteydet neuronavigaattorissa.

menetelmän, jossa sekä stimulaatio, sen seurauksena potilaan vaste videoitiin. Menetelmän osoittamiseksi nTMS-levinotomiaan. Niinpä ryhdyimme saksalaisen neurokirurgian yksi-

kön kanssa, joissa näitä tutkimuksia tehtiin runsaasti. Suoraan aivokuoristimulaatioon verrattuna nTMS osoittautui varsin herkäksi mutta epäspesifiksi. Sen sijaan todettiin, että niiltä alueilta, joilta ei löydetä TMS:lle herkkiä aivokuoren puhealueita, niitä ei löydetä myöskään valvekraniotomiassa. Näitä ”negatiivisia karttoja” on menestyksellisesti hyödynnetty leikkaussuunnittelussa. Menetelmälle on hankittu FDA:n ja EU:n hyväksyntä ja se on BioMag-laboratorion spinoff-yrityksen Nexstim Oy:n kaupallistamana käytössä yli 60 neurokirurgiakeskuksessa eri puolilla maailmaa.

Puhealueiden nTMS-paikannusta käytetään nykyään rutiinimaisesti leikkaussuunnittelussa potilailla, joiden leikkauskohde sijaitsee anatomisen arvion perusteella lähellä puheen kannalta tärkeitä aivoalueita. Paikannustulokset siirretään HUSin data-arkistoon laboratoriossa kehitetyn ohjelmistopakettin avulla. Puhealueiden nTMS-paikannus auttaa valvekraniotomian suunnittelussa ja nopeuttaa sen toteutusta. Kallon avaukset TMS-kartoitetuilla potilailla ovat pienempiä, ja heillä on vähemmän leikkauksen jälkeisiä puhevaikeuksia.

Käyttämällä TMS-paikannettuja aivokuoren puhealueita aivojen valkean aineen ratojen kartoituksen lähdealueina voidaan magneettikuvista tehdä toiminnallisesti järkeviä karttoja aivokuoren alaisista hermoradoista, joita ei tule vahingoittaa leikkauksen aikana. Jatkotutkimusten mukaan puhealueiden nTMS-paikannus yhdistettynä valkean aineen ratojen kuvantamiseen parantaa merkittävästi leikkaustuloksia myös potilailla, joilla ei ole mahdollisuutta valvekraniotomiaan.

VIITTEET

- Lioumis P, Zhdanov A, Mäkelä N, ym. A novel approach for documenting naming errors induced by navigated transcranial magnetic stimulation. *J Neurosci Meth* 2012;204:349–54.
- Picht T, Krieg SM, Sollmann N, ym. A comparison of language mapping by presurgical navigated transcranial magnetic stimulation and direct cortical stimulation during awake surgery. *Neurosurgery* 2013;72:808–19.
- Raffa G, Marzano G, Curcio A, ym. Personalized surgery of brain tumors in language areas: the role of preoperative brain mapping in patients not eligible for awake surgery. *Neurosurg Focus* 2022;53(6):E3.