
Liikeaivokuoren ja puhealueiden kartoitus (Navigoitu magneettistimulaatio, nTMS)

Lääketieteellinen perusta

Aivokuoren navigoitua magneettistimulaatiota (nTMS) käytetään leikkausta edeltävään liikeaivokuoren ja puhealueiden kartoitukseen esimerkiksi aivokasvainpotilailla ja epilepsiakirurgiassa. Näin voidaan jo etukäteen suunnitella leikkauksen yksityiskohtia, kuten kalloavauksen paikka ja laajuus, sekä määrittää toiminnan säilyttämisen kannalta välttämättömät aivokuorialueet, joihin kajoamista pyritään leikkauksessa välttämään. TMS-kartoituksen tulokset voidaan siirtää leikkausnavigaattoriin, jolloin neurokirurgi näkee kartoitetut liike- ja/tai puhealueet sekä alueet, jotka eivät ole toiminnallisesti oleellisia, värikoodattuina ja projisoituna leikkausmikroskoopin näkymään.

Navigoidussa magneettistimulaatiossa magneettipulssit kohdennetaan haluttuun aivokuoren osaan potilaan pään rakenne-MRI-kuvan mukaisesti; kohdennustarkkuus on muutamia 3-5 mm, mikä vastaa leikkauksenaikaisen suoran sähköstimulaation tarkkuutta. Magneettistimulaatio (TMS) on turvallinen, yleisesti käytössä oleva tutkimusmenetelmä, jossa aivoja voidaan aktivoida tai inhiboida pään ulkopuolelta vaihtuvan magneettikentän avulla.

Liikeaivokuoren kartoitus perustuu yksittäisillä magneettipulsseilla kohdelihaksista esiin saatavien liikevasteiden (MEP; motor evoked potential) rekisteröintiin ENMG-elektrodeilla ja -tekniikalla. Leikkausalueen seudussa sijaitsevan liikeaivokuoren kartoituksessa vaste-MEP on toistetuksi esiin saatava vähintään 50 μ V kokoinen vaste, joka merkitään valkoisella pisteellä. Kartoituksen tulosteessa harmaa piste tarkoittaa kohdetta, jonka stimulaatiolla ei ole saatu MEP-vastetta esiin. Laitteessa on kuusi etuvahvistinkanavaa, ja liikeaivokuoren kartoitus tehdään yleensä kuudesta kasvaimen sijainnin mukaan valitusta lihaksesta (kasvot, yläraaja, vartalo, alaraaja). Puhealueen kartoitus perustuu puheentuoton häirintään theta-jaksoisilla lyhyillä pulssisarjoilla; Tyksissä ei toistaiseksi ole käytössä puhealueiden kartoitukseen tarkoitettua ohjelmiston osaa.

Puhealueiden kartoituksessa aivoalueiden toimintaa häiritään lyhyellä TMS-pulssisarjalla potilaan tehdessä nimeämistehtävää. Puheen kannalta kriittisiä alueita häiritäessä voidaan havaita puheen viivästymistä, puheentuoton hetkellinen täydellinen häiriintyminen tai muita virheitä nimeämisessä. Virheitä verrataan potilaan perustasoon ja tutkimustuloksia arvioidaan yhdessä neuropsykologin kanssa puheen kannalta kriittisten aivoalueiden tunnistamiseksi.

Indikaatiot

Leikkausta edeltävä liikeaivokuoren ja puhealueiden kartoitus aivokasvain- ja epilepsiapotilailla.

Kontraindikaatiot

Tutkimukselle on sekä ehdottomia että suhteellisia kontraindikaatioita, jotka johtuvat magneettisen stimulaation käytöstä. Periaatteessa kaikki aivojen MRI-kuvauksen vasta-aiheet ovat vasta-aiheita myös navigoidulle TMS:lle, koska potilaiden pitää pystyä käymään pään rakenne-MRI-kuvauksessa. nTMS:n aiheuttama magneettikenttä heikkenee 30 cm päässä kelasta nolnaan (0 V/m); hammaspaikkoja lukuun ottamatta pään alueella sijaitsevat magnetisoituvat metallivierasesineet ovat ehdoton vasta-aihe nTMS-tutkimukselle.

Ehdottomia kontraindikaatioita:

- aivojen metalliset vierasesineet (esim. magneettisesti aktiivisesti klipsit)
- sydäntahdistin
- metallinen keinoläppä
- sisäkorvaproteesi
- kaulaytimen alueella sijaitseva takajuostestimulaattori

Suhteellisia kontraindikaatioita:

- muut magnetoituvat metallivierasesineet pään alueella
- insuliinipumppu
- epilepsia (huom. kuitenkin epilepsiakirurgiaa harkittaessa nTMS-kartoitus kuuluu yleensä hoidonsuunnitteluun)
- sairaudet, joissa kouristuskyynys voi olla alentunut (tuore aivoinfarkti, aivokontuusio yms.)
- raskauden loppuaika
- metalliset keidonivelet
- infuusioportit ylävartalolla

Hoitolaitteistoa ei voida käyttää:

- syttyvien kaasujen ja nesteiden läheisyydessä
- teho-osastolla
- elämää ylläpitävien laitteiden tai muiden herkkien laitteiden läheisyydessä
- kirurgisen toimenpiteen aikana

Magneettistimulaation periaatteet

Aivojen magneettistimulaatio perustuu siihen, että magneettikelassa kulkeva, nopeasti suuntaa vaihtava sähkövirta synnyttää vaihtuvan magneettikentän. Magneettivuo taas indusoi siihen nähden kohtisuoran sähkökentän alla oleviin kudoksiin. Riittävän voimakas magneettipulssi

aiheuttaa näin hermosolujen aktivaation (depolarisaation) kelan alla olevissa kudoksissa. Magneettistimulaatiolla pyramidisolujen aktivaatio on yleensä epäsuora ja tapahtuu aivokuoren muiden solujen välityksellä.

Yksilöllinen lepoliikekynnys mitataan tutkimuksen aluksi pintaelektrodeilla lihaksen päältä, tavallisimmin käden thenar-lihaksiston kohdalta. Ensin kartoitetaan käden liikeaivokuoren edustusalue, jolla optimaalisesta stimulaatiopaikasta määritetään lepoliikekynnys (resting motor threshold, RMT) yksittäisillä magneettipulsseilla. RMT on se magneettispulssin voimakkuus %:ina laitteen maksimista, jolla saadaan vähintään 50 μV kokoinen vaste viidellä kymmenestä ärsykkeestä.

Liikeaivokuoren sijainti ja laajuus saadaan määritettyä käyttämällä lepomotoriseen kynnykseen suhteutettuja stimulaatiointensiteettejä ja rekisteröimällä miltä alueilta saadaan kynnyksen (50 μV) ylittäviä vasteita. Käden alueen edustusalue saadaan määritettyä tarkimmin, mutta myös kasvojen ja jalan edustusalueet pyritään määrittämään kliinisen tarpeen mukaan.

Puheen kannalta kriittisiä alueita voidaan tunnistaa useammasta aivolohkosta. Alueet jotka ovat negatiivisia TMS-kartoituksessa (stimulaatio ei tuota puhehäiriöitä) korreloivat myös valvekraniotomiassa tehtävän kortikaalisen stimulaation negatiivisten tulosten kanssa. Kaikki pisteet, jotka TMS-kartoituksessa vaikuttavat olevan kriittisiä puheen kannalta eivät osoittaudu olevan herkkiä kortikaalisen stimulaation aiheuttamalle puheen häiriölle. Erityisesti näiden alueiden kortikaalinen stimulointi on oleellista resektion laajuuden suunnittelussa.

Tutkimuksen tilaus ja lausunto

Tutkimusnimikkeet:

TMS-Et 4918	Magneettistimulaatio, MRI-kuvan avulla navigoiden kohdistettu aivojen stimulaatio (liikeaivokuoren kartoitus)
Pt-nTMS-Pu 6526	Navigoitu magneettistimulaatio aivokuoren puhealueiden määrittämiseksi

Liikeaivokuoren kartoitusta varten tilaava yksikkö kirjoittaa sekä TMS-Et että pään rakenne-MRI lähetteet RADU:un. Lähetteeseen pyydetään kirjaamaan tutkimuksen tarpeen ja mahdollisten vasta-aiheiden arvioinnin kannalta oleelliset tiedot. KNF-lääkäri antaa KNF:n osastonsihteerille ohjeet nTMS-tutkimuksen sekä tarvittaessa edeltävän EEG-Ud (Unideprivaatio EEG) tutkimuksen ajoittamiseksi. KNF:n osastonsihteerin varaa ajat Tyksin ajanvarausjärjestelmästä. Potilas käy MRI- kuvauksessa ennen nTMS –tutkimuksen tekoa. Tutkimusajanvarauskirje potilasohjeineen lähetetään suoraan potilaalle. Puhealueiden kartoitukseen osallistuu lähettävän yksikön (Tyks Neurokeskus) neuropsykologit, jotka tekevät jälkianalyysin yhdessä KNF-lääkärin kanssa.

KNF-lääkäri tekee lausunnon RADU-lähete-lausunto-ohjelmaan. Kuvat stimulaatiopisteistä skannataan potilaan sairaskertomukseen. Aivokartoituksen tuloksena syntyvät DICOM-tiedostot

siirretään suoraan neurokirurgian yksikön leikkausnavigaattoriin. Värikoodatut kuvakartat skannataan lisäksi potilaan sairaskertomukseen (KNF/Kuvat).

Potilaan esivalmistelu

Potilasohjeet: Liikeaivokuoren kartoitus (Navigoitu magneettistimulaatio, nTMS)

Ohje tarkastettu 11/2023