

Miida Koponen, Heidi Kurkinen ja Emmi Vehola

# MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävä EEG- elektrodien digitoinnin toistettavuus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Bioanalyttikko

Bioanalytiikan ko

Opinnäytetyö

23.1.2015

|  |   |
|--|---|
| Tekijä(t)<br>Otsikko<br><br>Sivumäärä<br>Aika  | Miida Koponen, Heidi Kurkinen ja Emmi Vehola<br>MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävä EEG-elektrodien digitoinnin toistettavuus<br>42 sivua + 5 liitettä<br>23.01.2015 |
| Tutkinto   | Bioanalyttikko  |
| Koulutusohjelma  | Bioanalytiikan ko   |
| Ohjaaja(t)   | Riitta Lumme, yliopettaja, Terveys ja hoitaminen, Metropolia ammattikorkeakoulu<br><br>Jari Kainulainen, laboratoriohoitaja, HUSLAB                                 |
| <p>Magnetoenkefalografiatutkimuksen (MEG) yhteydessä potilaalta mitataan elektroenkefalografia (EEG). Ohjelmistokehityksen myötä EEG:n mallinnus MEG-tutkimusten yhteydessä on avautumassa kliiniseen käyttöön, minkä takia myös EEG-mittauksen laadunvarmistukselle on tullut tarvetta. Ennen varsinaista tutkimusta suoritetaan EEG-elektrodien digitointi, jonka avulla potilaan päästä luodaan malli tietokoneelle kolmiulotteiseen koordinaatistoon.</p> <p>Opinnäytetyön tilaajana toimi Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin kliinisen neurofysiologian osasto. Työ oli osa Meilahden sairaalan kliinisen neurofysiologian osastolla tapahtuvaa menetelmäkehitystä. MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävään EEG:hen ei ole olemassa varsinaista kirjallista työohjetta, jonka vuoksi työohjeen luominen kuului osaksi opinnäytetyötä.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko MEG:n yhteydessä tehtävän EEG:n digitointi toistettavissa. Lisäksi opinnäytetyössä haluttiin selvittää, muuttuuko EEG-elektrodien paikat merkittävästi MEG-tutkimuksen aikana sekä parantaako elektrodin sisältä tehty digitointi sen toistettavuutta.</p> <p>Käytännönsuuteen kuuluneet toistettavuusmittaukset suoritettiin Helsingin yliopistollisessa keskussairaalassa sijaitsevassa BioMag-laboratoriossa. Toistettavuusmittauksiin osallistui yhteensä 17 henkilöä, joista kahdeksan oli epilepsiaa sairastavaa potilasta ja yhdeksän perustervettä koehenkilöä. Toistettavuusmittaukset potilaille suoritti työelämäohjaaja Jari Kainulainen ja opinnäytetyöryhmä puolestaan suoritti kyseiset mittaukset koehenkilöille.</p> <p>Tulokset osoittivat, että potilaiden sekä koehenkilöiden digitointi on toistettavissa yli 80-prosenttisesti. Tässä opinnäytetyössä selvisi, että MEG-tutkimus ei muuttanut EEG-elektrodien paikkaa merkittävästi. Voidaan myös todeta, että digitointi elektrodien sisältä ei paranna sen toistettavuutta. Näin ollen opinnäytetyölle asetetut tavoitteet täyttyivät ja kaikkiin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset.</p> <p>Huolimatta siitä, että digitointi on saatujen tulosten perusteella toistettavissa, olisi potilaan edun kannalta tarpeellista, että digitointi suoritettaisiin myös MEG-tutkimuksen jälkeen. Tällä pystyttäisiin varmistamaan jokaisen potilaan kohdalla yksilöllisesti digitoinnin hyödynnettävyys.</p> |   |
| Avainsanat   | digitointi, toistettavuus, elektroenkefalografia, magnetoenkefalografia, epilepsia  |

|   |   |
|---|---|
| Author(s)<br>Title<br>Number of Pages<br>Date   | Miida Koponen, Heidi Kurkinen and Emmi Vehola<br>EEG-electrodes' digitization made in the context of MEG-examination<br>42 pages + 5 appendices<br>23.01.2015                         |
| Degree  | Bachelor of Healthcare  |
| Degree Programme  | Biomedical Laboratory Science   |
| Instructor(s)   | Riitta Lumme, Principal Lecturer, Faculty of Health Care and Nursing, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences<br>Jari Kainulainen, medical laboratory technologist, HUSLAB |
| <p>Electroencephalography (EEG) made in the context of magnetoencephalography (MEG) is opening up to clinical use, which is why quality assurance of the EEG-measurement is needed. Before the actual examination an EEG-electrodes' digitizing is made, which purpose is to create a model of a patients' head to the 3D-coordinate system.</p> <p>The final project was ordered by the department of clinical neurophysiology in The Hospital District of Helsinki and Uusimaa (HUS). The work was a part of development method taking place at this clinical neurophysiology department. At the moment there are no written work instructions for the EEG-examination made during the MEG-examination, which is why collecting this information was also part of this work.</p> <p>The purpose of this final project was to find out if EEG-electrodes' digitizing is repeatable or not. The purpose was also to find out if EEG-electrodes' places change during the MEG-examination and if the digitizing inside the electrode improves the repeatability.</p> <p>The practical part of this final project (repeatability measurements) was conducted in the Biomag-laboratory which is located in Helsinki University Central Hospital in Meilahti. Repeatability measurements involved a total of 17 people, including eight patients suffering from epilepsy and nine basic healthy subjects. The measurements to the patients were conducted by the final project's workplace supervisor Jari Kainulainen and measurements to the subjects by final project group.</p> <p>Based on the results it can be shown that digitization is repeatable more than 80 per cent for patients and subjects. This final project showed that EEG-electrodes' places do not change significantly during the MEG-examination. Furthermore it was discovered that the digitization inside the electrodes does not improve the reproducibility.</p> <p>Despite the results showed that digitization is repeatable, it would be for the patients' best interest if digitization was performed also after MEG-examination. This way it would be possible to ensure the recoverability of the digitization for each patient individually.</p> |   |
| Keywords  | digitizing, repeatability, electroencephalography, magnetoencephalography, epilepsy   |

## Sisällys

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Johdanto   | 1  |
| 2     | Epilepsia sairautena   | 2  |
| 2.1   | Etiologia  | 2  |
| 2.2   | Epileptiset kohtaukset                                       | 3  |
| 2.2.1 | Fokaaliset kohtaukset  | 4  |
| 2.2.2 | Generalisoituneet kohtaukset                                 | 5  |
| 2.3   | Lääkehoito ja epilepsiakirurgia                              | 6  |
| 3     | Elektroenkefalografia  | 8  |
| 3.1   | Indikaatiot  | 9  |
| 3.2   | Menetelmä  | 9  |
| 3.3   | EEG-laitteisto   | 10 |
| 3.3.1 | MEG-tutkimuksen yhteydessä käytettävä laitteisto             | 11 |
| 4     | Magnetoenkefalografia  | 12 |
| 4.1   | Indikaatiot  | 12 |
| 4.2   | Menetelmä  | 13 |
| 4.3   | MEG-laitteisto   | 13 |
| 5     | Digitointi   | 14 |
| 5.1   | Digitoinnin tarkoitus  | 14 |
| 5.2   | Digitoinnin suoritus   | 17 |
| 6     | Työohje  | 19 |
| 7     | Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet                        | 20 |
| 8     | Työn suoritus  | 21 |
| 8.1   | Aikataulu  | 21 |
| 8.2   | Aineiston keruu  | 22 |
| 8.3   | Aineiston käsittely  | 23 |
| 8.4   | Työohjeen laatiminen   | 24 |
| 9     | Tulokset   | 25 |
| 9.1   | Digitoinnin toistettavuus peräkkäisinä mittauskertoina       | 25 |
| 9.2   | EEG-elektrodien paikkojen muuttuminen MEG-tutkimuksen aikana | 29 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 9.3  | Digitoinnin toistettavuuden parantuminen digitoitaessa elektrodin sisältä | 31 |
| 9.4  | Työohje   | 32 |
| 10   | Johtopäätökset ja pohdinta  | 33 |
| 10.1 | Tulosten tarkastelu   | 33 |
| 10.2 | Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi                                   | 35 |
| 10.3 | Yhteenveto  | 36 |
|      | Lähteet   | 39 |
|      | Liitteet  |    |
|      | Liite 1. EEG-elektrodikartta  |    |
|      | Liite 2. Informaatiolomake  |    |
|      | Liite 3. Informaatiolomake englanti                                       |    |
|      | Liite 4. Työohje MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävään EEG:hen             |    |
|      | Liite 5. Ohjeistus työohjeen tekoon                                       |    |

Opinnäytetyöhön liittyvää sanastoa

**Degeneratiivinen sairaus** = Rappeuttava sairaus

**Digitointi** = Tutkittavan päästä muodostetaan malli tietokoneelle kolmiulotteiseen koordinaatistoon

**Digitointitiedot** = Koostuu digitoitujen pisteiden X-, Y- ja Z-koordinaateista

**Elektroenkefalografia (EEG)** = Aivosähkökäyrä

**Elektrokardiografia (EKG)** = Sydänsähkökäyrä

**Elektro-okulografia (EOG)** = Silmän liikkeitä mittaava tekniikka, jolla mitataan silmän verkkokalvon lepopotentiaalia

**Elektromyografia (EMG)** = Lihassähkökäyrä

**Enkefaliitti** = Aivotulehdus

**Frontaalinen** = Otsaan liittyvä, otsa-

**Frontosentraalinen** = Keskellä etuosissa /keskellä otsaelektrodien alueella

**Interiktaalinen** = Kohtausten välinen

**Kortiko-kortikaalinen** = Aivokuoren osien väliset hermoyhteydet

**Limbinen järjestelmä** = Aivoalueiden joukko, joka osallistuu esimerkiksi tunteiden säätelyyn

**Magnetoenkefalografia (MEG)** = Aivomagneetikäyrä

**Multifokaalinen** = Monipesäkkeinen = EEG-kuva, jossa useita eri lähteiden tuottamia paikallisia häiriöitä

**Nasion** = Anatominen piste nenän tyvessä, silmien välissä

**Noninvasiivinen** = Menetelmä, jossa potilaaseen ei kajota, vaan mittaus suoritetaan kehon ulkopuolelta

**Oskilloiva** = Aaltoileva

**Preaurikulaaripiste** = Ulkokorvassa sijaitseva anatominen piste

**Postsynaptinen** = Synapsin (kahden hermosolun liitospinta) jälkeinen

**Talamokortikaalinen** = Talamukseen ja aivokuoren väliset hermoyhteydet

**Temposentraalinen** = Keskellä ohimoalueella/ keskellä ohimoelektrodien alueella

## 1 Johdanto

Rekisteröidessä elektroenkefalografiaa (EEG) osana magnetoenkefalografiatutkimusta (MEG) saadaan mahdollisesti tarkempaa tietoa purkauksen todellisesta alkulähteestä ja sen sijainnista. Tämä perustuu siihen, että menetelmät ovat erilaisia ja toimivat täydentäen toisiaan. Pesäkkeen mahdollisimman tarkasta paikannuksesta on apua hoidon toteutuksessa ja epileptiskirurgisen leikkauksen suunnittelussa (Immonen – Kälviäinen - Gaily – Blomstedt 2008).

Opinnäytetyö oli osa Helsingin yliopistollisen keskussairaalan kliinisen neurofysiologian osastolla tapahtuvaa menetelmäkehitystä ja se toteutettiin Meilahden sairaalassa sijaitsevassa BioMag-laboratoriossa. Työssä paneuduttiin MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävään EEG:hen sekä sen elektrodien digitoinnin toistettavuuteen. Ohjelmistokehityksen myötä EEG:n mallinnus MEG-tutkimusten yhteydessä on avautumassa kliiniseen käyttöön, minkä takia myös EEG-mittauksen laadunvarmistukselle on tullut tarvetta.

Opinnäytetyö oli toiminnallinen ja sen käytännön osuuteen kuuluivat digitoinnin toistettavuusmittaukset, jotka suoritettiin koehenkilöille ja potilaille. Työhön osallistuneet potilaat sairastivat vaikeaa epilepsiaa ja suurimmalle osalle heistä oli suunniteltu tehtäväksi myös epileptiskirurginen leikkaus tulevaisuudessa. Potilasmittaukset suoritti eettisistä syistä työelämäohjaaja Jari Kainulainen. Koehenkilöt olivat puolestaan perusterveitä ja heidän mittauksista vastasi opinnäytetyöryhmä. Kaikki työhön osallistuneet henkilöt olivat vapaaehtoisesti tutkimuksessa mukana.

Mittauksista saatiin analysointia varten käyttöön digitoitiedot, jotka olivat lähtökohta toistettavuuden selvittämiseksi. Tällä hetkellä MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävään EEG:hen ei ole olemassa kirjallisia työohjeita ja työohjeen laatiminen olikin yksi osa opinnäytetyötä. Tästä tulee olemaan hyötyä tulevaisuudessa, mikäli EEG-mittaus otetaan käyttöön virallisena osana MEG-tutkimusta.

Opinnäytetyö toteutettiin kolmen opiskelijan ryhmänä. Ohjaavana opettajana toimi yliopettaja Riitta Lumme. Opinnäytetyön tilaajana oli Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin kliinisen neurofysiologian osasto. Työn pääasiallisena ohjaajana työelämän puolelta toimi Meilahden neurofysiologian osastolla työskentelevä laboratoriohoitaja

Jari Kainulainen. Apua saatiin tarvittaessa myös ylilääkäri Leena Lauroselta, jolta aiheen idea oli lähtöisin.

Raportti koostuu tietoperustasta, toteutusvaiheen esittelystä ja tulosten raportoinnista. Tietoperusta sisältää taustatietoa työtä koskevasta epilepsiasta sekä tarkemmin EEG:stä, MEG:stä ja EEG-elektrodien digitoinnista. Raportin lopussa esitetään pohdinta ja johtopäätökset, joiden tarkoituksena on koota yhteen opinnäytetyön tärkeimmät päätelmät ja tulokset.

## **2 Epilepsia sairautena**

### **2.1 Etiologia**

Epilepsia on aivojen sairaus, jossa potilaalla on taipumusta saada toistuvia kohtauksia ilman erityistä altistavaa tekijää. Epileptisen kohtauksen aikana aivoissa tapahtuu poikkeavan aivosähkötoiminnan seurauksena ohimenevä aivotoiminnan häiriö. (Atula 2013). Epilepsian alkaminen on yleisintä varhaislapsuudessa ja vastavuoroisesti ikäänntyvillä, yli 60-vuotiailla henkilöillä (Mumenthaler - Mattle 2004: 495). Periaatteessa se voi kuitenkin alkaa missä ikävaiheessa tahansa. Taudin syntyvät vaihtelevat hieman potilaan iän mukaan. Lapsuudessa alkaneessa epilepsiassa syynä on yleensä geneettinen virhe, synnytyksen yhteydessä saatu aivovamma, infektio tai päähän kohdistunut trauma. Nuorilla aikuisilla syynä on useimmiten esimerkiksi kaaduttaessa saatu aivovamma. Aikuisiässä alkaneen epilepsian syinä ovat yleisimmin aivokasvaimet ja -infarktut. (Ylinen - Sillanpää 2008.) Suurimmassa osassa tapauksista epilepsian syytä ei kuitenkaan saada selville (Mumenthaler - Mattle 2004: 494).

Vaihetta aivojen vaurioitumisen ja varsinaisten epileptisten oireiden alkamisen välissä kutsutaan epileptogeneesiksi. Tänä aikana aivojen hermosolut järjestäytyvät uudelleen. Hermosolujen uusi, poikkeuksellinen rakenne johtaa myös niiden poikkeukselliseen toimintaan. Epileptogeneesi voi jatkua vuosia ennen ensimmäisten oireiden syntyä. (Kälviäinen 2010: 6.)



## 2.2 Epileptiset kohtaukset

Epileptisellä kohtauksella tarkoitetaan aivojen sähköisen toiminnan ohimenevää häiriötilaa, joka voi kestää muutamista sekunneista useisiin minuutteihin (Epileptiakohtauksen oireet 2014). Kohtauksen takana oleva aivojen hermosolujen liiallinen purkautuminen voi johtua useista eri syistä. Taustalla voi olla esimerkiksi jokin aivojen rakenteellinen vika, kuten aivokasvain tai aivovaurio. (Ullmann 2009: 164.)

Joillain aivojen osilla on herkempi kynnys synnyttää epileptisiä kohtauksia kuin toisilla. Paikallista epileptistä toimintaa voi kehittyä isoavokuorella sekä limbisessä järjestelmässä, joista se voi mahdollisesti levitä koko aivoihin aiheuttaen yleistyneen kohtauksen. Erityisesti ohimolohkon sisäosissa ja otsalohkon liikeavokuorella kohtauskynnys on matalampi kuin muissa aivokuoren osissa. Kohtauksen aiheuttamat oireet riippuvat poikkeuksellisen sähköpurkauksen sijainnista ja levinneisyydestä aivoissa. Mahdollisia oireita on laidasta laitaan aistioireista rajuihin kouristuskohtauksiin. (Kälviäinen 2010: 5, 16.)

Yksittäinen epileptinen kohtaus voi sattua kenelle tahansa. Karkeasti arvioituna noin 8-10 % ihmisistä saa elämänsä aikana vähintään yhden epileptisen kohtauksen, mutta tämä ei kuitenkaan tarkoita, että he sairastaisivat epilepsiaa. (Keränen 2014.) Yleensä tällainen satunnainen kohtaus on seurausta liiallisesta valvomisesta, stressistä tai alkoholin liikakäytöstä. Sairaudeksi epilepsia luokitellaan vasta silloin, kun henkilöllä on taipumusta saada kohtauksia toistuvasti, ilman sen kummempia altistavia tekijöitä. Kohtausten lisäksi epileptikoilla saattaa esiintyä sairaudesta johtuvia kognitiivisia, psyykkisiä, neurologisia tai sosiaalisia toimintakyvyn ongelmia. (Mumenthaler - Mattle 2004: 494; Mitä epilepsia on. 2014.)

Epileptiset kohtaukset voidaan jakaa kolmeen ryhmään niiden kliinisten piirteiden ja EEG-löydösten perusteella: Paikallisalkuisiin eli fokaalisiin, yleistyneisiin eli generalisointuneisiin sekä luokittelemattomiin kohtauksiin. Luokittelemattomaksi kohtaus luetaan silloin, kun se ei sovi mihinkään alla kuvailluista kohtaustyypeistä. (Kälviäinen 2010: 15.) Luokittelu perustuu kansainvälisen epilepsian vastaisen liiton, ILAE:n, julkaisemiin suosituksiin (Commission on Classification and Terminology 2014).

Kohtauksen kestäessä 30 minuuttia tai vaihtoehtoisesti kohtausten toistuessa niin useasti, ettei potilas ehdi toipua niiden välissä, kutsutaan tilaa Status epilepticukseksi.

Kyseessä on neurologinen hätätilanne, joka vaatii välitöntä hoitoa. Status epilepticuksella on useita eri alaryhmiä, joista selvästi yleisin ilmenee toonis-kloonisina kohtauksina. (Bendeli - Jäkälä - Koivisto 2014.)

### 2.2.1 Fokaaliset kohtaukset

Fokaalisella kohtauksella tarkoitetaan kohtausta, jossa purkaus alkaa rajoitetussa osassa toista aivopuoliskoaa. Fokaaliset kohtaukset voidaan jakaa kahteen alaryhmään sen mukaan vaikuttavatko ne potilaan tajuntaan vai eivät: Ilman tajunnan hämärtymistä tapahtuviin ja tajuntaa hämärtäviin kohtauksiin. (Hauser – Josephson 2013: 232.) Paikallisalkuiset kohtaukset saattavat joissain tapauksissa levitä alustavaa purkausta laajemmaksi tai kehittyä jopa yleistyneiksi kohtauksiksi (Lang – Häkkinen–Larsen – Partanen - Tolonen 1994: 194).

Kun kyseessä on paikallinen kohtaus, jossa tajunnan hämärtymistä ei tapahdu, kykenee potilas muistamaan jälkikäteen kohtauksen aikaisia asioita. Hän pystyy myös reagoimaan esitettäviin kysymyksiin. (Lang ym. 1994: 194.) Oireet riippuvat täysin siitä, missä kohtaa aivoja purkaus tapahtuu. Kohtauksen aikana voi ilmetä motorisia, psyykkisiä ja autonomisia oireita, sekä yllättäviä aistimuksia, kuten esimerkiksi makuja tai näkyjä. (Kälviäinen 2010: 14.)

Tajunnan häiriintyessä potilas ei muista kohtauksen aikaisia tapahtumia. Hän ei myöskään edellisestä poiketen kykene reagoimaan esitettäviin kysymyksiin tai muihin ulkoiisiin ärsykkeisiin. Kohtaus voi alkaa edellä mainituilla oireilla, jonka jälkeen tajunnan hämartyminen tapahtuu. On myös mahdollista, että tajunta hämärtyy heti kohtauksen alettua. Tajunnan hämärtymistä aiheuttaviin paikallisiin kohtauksiin liittyvät usein myös automatismit. Ne ovat monimutkaisia, osittain koordinoituja, ei tahdonalaisia liikkeitä, joita potilas tekee tiedostamattaan. Automatismit vaihtelevat nieleskelystä ja suun maiskuttelusta epämääräiseen kuljeskeluun. Yleensä kohtauksen päätyttyä potilaalla esiintyy joitakin jälkioireita, kuten sekavuutta. (Hauser – Josephson 2013: 232.)

Arvioitaessa potilaan tajunnan tasoa on oltava tarkka. Jos potilas ei pysty vastaamaan kysymykseen mielekkäästi, voi syynä olla muukin kuin tajunnan hämartyminen. Purkaus voi esimerkiksi häiritä puheen tuottamista, jonka takia potilas ei pysty vastaamaan. Tästä johtuen tärkein kriteeri kohtausten erottelussa on se, muistaako potilas mitä kohtauksen aikana on tapahtunut vai ei. (Lang ym. 1994: 194.)

## 2.2.2 Generalisoituneet kohtaukset

Generalisoituneessa eli yleistyneessä kohtauksessa aivosähkötoiminta häiriintyy monimmissa isoavopuoliskoissa yhtäaikaisesti ja tajunnan taso laskee välittömästi. Yleistyneet kohtaukset muodostavat monimuotoisen ryhmän, joka voidaan jakaa useampaan alakategoriaan. (Lang ym. 1994: 199.)

Tyypillisessä poissaolokohtauksessa oireena on lyhyt tajunnan alenema, joka tulee ilmi muun muassa tuijotuksena, reagoimattomuutena ulkoisiin ärsykkeisiin ja silmien räpytelynä. Usein potilaan silmät saattavat myös kääntyä ylöspäin sekä puhe ja muu toiminta hidastua tai keskeytyä kokonaan. Joissain tapauksissa lihasjännitys saattaa äkisti vähentyä. Lievimmillään tämä aiheuttaa vain pään retkahtamisen alas, kun taas vaikeammassa tilanteissa potilas saattaa kaatua. (Lang ym. 1994: 198.)

Kohtaukset tulevat ilman ennakko-oireita ja kestävät yleensä muutamasta sekunnista minuuttiin, jonka jälkeen henkilö jatkaa toimintojaan kuin mitään ei olisi tapahtunut. Niitä saattaa esiintyä jopa satoja kertoja päivässä. Poissaolokohtaukset ovat yleisimpiä lapsilla ja nuorilla, niitä esiintyykin harvoin yli 20-vuotiailla epileptikoilla (Kotila 2007). Epätyypillisessä poissaolokohtauksessa potilas puolestaan saattaa jatkaa toimintaansa kohtauksen aikana ja reagoida osittain ulkoisiin ärsykkeisiin (Lang ym. 1994: 199). Kohtaukset ovat tavallisesti pidempiä kuin tyypilliset poissaolokohtaukset ja sisältävät lähes aina motorisia oireita (Hauser – Josephson 2013: 232).

Myokloonisessa kohtauksessa potilaalla ilmenee lyhyitä, äkillisiä ja voimakkuudeltaan vaihtelevia lihasnykäyksiä. Nykäykset voivat olla yksittäisiä tai epäsäännöllisesti toistuvia ja esiintyvät vain yhdessä osassa kehoa, kuten esimerkiksi kasvoissa, tai kauttaaltaan koko vartalossa. Tajunta säilyy yleensä normaalina. (Kälviäinen 2010: 15.) Myklooniset kohtaukset esiintyvät usein muiden yleistyneiden kohtausten ohessa (Hauser – Josephson 2013: 234).

Klooniset kohtaukset ilmenevät useimmiten kasvoissa ja raajoissa tapahtuvina toistuvina, sekä rytmisinä lihasnykäyksinä. Kohtauksen jälkeen saattaa ilmetä sekavuutta, joskin tila pysyy yleensä lyhytkestoisena. Kohtaukset liittyvät useimmiten varhaislapsuudessa alkaneisiin epilepsioihin. (Lang ym. 1994: 199.)

Toonisessa kohtauksessa potilaalla esiintyy lisääntyneitä lihasjänteitä ja lihasten jäykistymistä (Kälviäinen 2010: 15). Ne ovat yleisimpiä nuorille epileptikoille. Tila on äkillinen ja tapahtuu joko jossain lihasryhmässä, raajassa tai koko kehossa. Kohtauksiin saattaa liittyä esimerkiksi pään, vartalon tai raajan ojentumista. (Lang ym. 1994: 199.)

Toonis-klooninen eli grand mal -kohtaus muodostuu nimensä mukaisesti kloonisesta ja toonisesta vaiheista. Se on yleistyneistä kohtauksista tavallisin ja dramaattisin muoto. (Lang ym. 1994: 199.) Useimmiten kohtaukset alkavat äkillisesti ja odottamatta. Kohtaus alkaa toonisella vaiheella, jolloin potilas menettää tajuntansa ja hänen lihaksensa jäykistyvät kauttaaltaan. Suusta saattaa karata kurkunpäänlihaksien kouristuksen seurauksena kirkaisu ja potilas saattaa purra itseään kieleen. (Kälviäinen 2010: 15.) Lisäksi potilaalla saattaa esiintyä muun muassa verenpaineen ja pulssin voimakasta nousua sekä pupillien laajenemista (Hauser – Josephson 2013: 234). Myös suoli ja rakko saattavat tyhjäntyä. Tooninen vaihe kestää yleensä noin 20 sekuntia, jonka jälkeen alkaa klooninen vaihe. (Kälviäinen 2010: 15.) Tällöin potilaan raajat ja usein koko vartalo nykii kouristellen. Muutaman minuutin kuluttua kouristelu yleensä vaimenee ja potilas vaipuu niin kutsuttuun jälkiuneen. Kohtauksen jälkioireena ilmenee useimmiten sekavuutta, lihaskipuja ja päänsärkyä. (Hauser – Josephson 2013: 234.)

Atoonisessa- eli lyyhistymiskohtauksessa potilas menettää äkillisesti lihasjännityksensä. Lyhemmässä kohtauksessa tämä saattaa ilmetä vain päin nyökähtämisenä, mutta pidemmässä kohtauksessa potilas saattaa lyyhistyä kokonaan. Tajunta saattaa kohtauksen aikana hetkellisesti heiketä, mutta jälkisekavuutta ei yleensä esiinny. (Hauser – Josephson 2013: 234; Lang ym. 1994: 199.)

### 2.3 Lääkehoito ja epilepsiakirurgia

Koska epilepsiat ovat erittäin monimuotoinen neurologinen sairausryhmä, on hyvän hoidon pohjana mahdollisimman tarkka diagnoosi. Hoidon tavoitteena on saavuttaa kohtauksettomuus ilman merkittäviä haittavaikutuksia. (Epilepsiat (aikuiset) 2014.)

Ensisijaisesti epilepsiaa hoidetaan säännöllisellä, pitkäaikaisella lääkityksellä, joka ehkäisee kohtauksien syntyä. Noin 70 %:lla potilaista kohtaukset pysyvät lääkityksen avulla kokonaan poissa tai niitä esiintyy vain harvoin. Lääkitys aloitetaan yleensä toisen epilepsiakohtauksen jälkeen ja se valitaan yksilöllisesti kohtaustyyppin mukaan. (Atula 2013.) Tavoitteena on löytää alin mahdollinen annoskoko, joka pitää kohtaukset kuris-

sa. Osa lääkkeitä on aloitettava porrastetusti, kasvattamalla pikku hiljaa annoskokoa lopullista annoskokoa kohti. Osa lääkkeitä voidaan puolestaan aloittaa suoraan sopivaksi arvioidulla annoksella. Jos kohtauksia ei saada loppumaan ensimmäisellä lääkkeellä, voidaan kokeilla eri vaikutusmekanismilla toimivaa lääkettä. On myös mahdollista käyttää kahta lääkettä samanaikaisesti. (Keränen 2014.) Jos kohtauksetonta tilaa ei useista lääkekokeiluista huolimatta saada aikaiseksi, on mietittävä muita hoitomahdollisuuksia, kuten leikkausta.

Osalla epileptikoista kohtausriski saattaa ajan myötä vähentyä olennaisesti. Jos kohtauksia ei ole esiintynyt lääkityksen vuoksi useampaan vuoteen, voidaan lääkityksen purkamista harkita. Tämä on kuitenkin tehtävä erittäin kärsivällisesti usean kuukauden aikana, sillä kohtausriski saattaa kasvaa, jos lääkitys lopetetaan nopeasti. (Atula 2013.) Lääkityksen lopettaminen on aina potilaan ja lääkärin yhteinen päätös. Päätökseen vaikuttavat potilaan ikä, ammatti, EEG-löydökset, epilepsian syy ja tyyppi sekä se kuinka kauan potilaalla oli kohtauksia ennen kun ne saatiin lääkityksellä hallintaan. Valitettavasti purku ei aina suju odotusten mukaisesti ja noin 30–60 %:lla lääkityksen lopettaneista kohtaukset uusiutuvat. Tällöin on palattava uudestaan lääkityksen pariin. (Kälviäinen 2010: 21–22.)

Kaikilla potilailla (20–30 %) kohtauksia ei kuitenkaan saada lukuisista lääkekokeiluista huolimatta kuriin. Tällöin epileptiskirurginen leikkaus saattaa olla aiheellinen. (Hauser – Josephson 2013: 251.) Leikkauksella pyritään poistamaan kohtauksia aiheuttava epileptogeeninen osa aivoista tai vaihtoehtoisesti estämään purkauksen leviäminen esimerkiksi aivopuoliskosta toiseen (Lang ym. 1994: 263). Kirurgisen hoidon edellytyksinä ovat selkeää haittaa aiheuttavat kohtaukset, potilaan hyvä terveydentila ja hänen halukkuutensa yhteistyöhön niin leikkausta edeltävien tutkimusten aikana kun myös niiden jälkeen (Epilepsiat (aikuiset) 2014). Leikkauksen esteiksi saattavat muodostua muun muassa riittämätön tieto epilepsiapesäkkeen paikasta, vaikea multifokaalinen tautimuoto ja potilaan korkea ikä (Immonen – Kälviäinen - Gaily – Blomstedt 2008).

Epileptiskirurgisia leikkauksia on useita erilaisia. Ennen leikkausta pyritään selvittämään erilaisin tutkimuksin mahdollisimman tarkasti mistä purkaus saa alkunsa ja onko kyseinen alue poistettavissa. Tarkka paikannus auttaa kirurgia leikkauksen suunnittelussa ja toteutuksessa. Vaihtoehtoisia leikkaustapoja on muun muassa yhden aivolohkon resektio osittain tai kokonaan, toisen aivopuoliskon poisto ja aivokurkiaisien halkaisu. Aivolohkon resektiota käytetään tilanteissa, jossa epileptogeenisen alueen sijainti

on pystytty tarkasti rajaamaan. Jos potilaan toinen aivopuolisko on laaja-alaisesti vaurioitunut tai potilaalla on vaikean epilepsian lisäksi jo ennestään toispuolinen halvaus ja jäljelle jäävä aivopuolisko on rakenteeltaan normaali, saatetaan päätyä tekemään toisen aivopuoliskon poisto eli hemisfärektomia. Aivokurkiaisien halkaisu puolestaan soveltuu hyvin potilaille joilla on esimerkiksi nopeasti yleistyvä epilepsia, sillä aivokurkiaisien halkaisu estää iritatiivisen purkaustoiminnan leviämisen aivopuoliskosta toiseen. (Immonen ym. 2008.)

### 3 Elektroenkefalografia

EEG eli elektroenkefalografialla tarkoitetaan aivosähkökäyrätutkimusta, jolla mitataan aivohermosolujen synkronisia kalvojännitteiden muutoksia. Rekisteröinti tapahtuu solun ulkoisessa tilassa mittaamalla kahden elektrodin välistä jännite-eroa. Kyseessä on yleensä noninvasiivinen menetelmä, jossa potilaan pään pinnalle kiinnitetään elektrodeja myssyn avulla. EEG:n lisäksi rekisteröidään silmänliikkeitä mittaava elektrookulografia (EOG) ja sydänsähkökäyrä eli elektrokardiografia (EKG). (Partanen ym. 2006: 50; Soinila–Kaste–Somer. 2006: 85.)

EEG:ssä näkyvä spontaani aivosähkötoiminta on suurimmaksi osaksi lähtöisin isoivoikuorelta. EEG-signaalia vaimentavat aivojen ulkopuoliset kudokset, etenkin aivo-selkäydinneste ja kallo. Aktivoituneen alueen laajuudella on merkitys signaalin vaimentumiseen. Mitä laajempi aktivoitumisalue, sitä vähemmän signaali vaimenee. EEG:ssä on erinomainen aikaerotuskyky (1-20 ms), mutta signaalit leviävät laajalle alueelle pään pinnalla, mikä huonontaa signaalin alkuperän arvioimista. (Partanen ym. 2006: 50–51; Soinila ym. 2006: 85.)

Aivosähkötoiminta muodostuu jänniteheilahteluista eli aalloista, jotka jaetaan taajuuskaistoihin: delta (alle 4 Hz), theeta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz) ja beeta (yli 13 Hz). Näiden lisäksi voi esiintyä gammatoimintaa, joka on taajuudeltaan yli 40 Hz. Aaltojen nopeus vaikuttaa signaalin vaimentumiseen. (Partanen ym. 2006: 50–51.)

Normaalitilanteessa vallitseva rytmi on alfarytmi (8-13 Hz), joka on valheen aikana parhaiten paljailla silmillä havaittavissa. Alfarytmi on suurimmillaan aivojen takaosissa henkilön ollessa rentoutuneena, valveilla ja silmät kiinni. Alfarytmillä on useita lähdealueita eri näköaivokuorilla. Muut sensoriset aivokuorialueet voivat värähdellä lepotilan-

teessa samalla taajuudella alfarytmin kanssa, mutta näistä värähtelyistä ei käytetä nimitystä alfatoiminta, vaan tällöin käytetään nimitystä alfajaksoinen toiminta. Alfarytmin kanssa samaa taajuutta värähtelevää aaltoa joka on peräisin tuntoaivokuorelta, kutsutaan myyrytmiksi. (Partanen ym. 2006: 51;Soinila ym. 2006: 86.)

Potilaan vireystilan laskiessa havaitaan hitaampi theetarytmi (4-8 Hz). Tätä esiintyy yleisesti lapsilla nukahtamisvaiheessa laajasti temporosentraalisesti. Aikuisillakin voi esiintyä normaalisti joskus theetarytmiä. Yleisimmin tätä havaitaan aivojen keskiviivassa frontaalisesti. (Partanen ym. 2006: 56.)

Syvässä eli hidasaaltouudessa havaittavissa on deltarytmi (1-4 Hz). Hitaan deltarytmin signaali tulee pään pinnalle lähes vaimentumatta. Terveellä aikuisella deltatoimintaa voidaan havaita ainoastaan henkilön ollessa unessa. (Partanen ym. 2006: 51,57;Soinila ym. 2006: 86.)

Näiden rytmien lisäksi voidaan havaita myös neljäs taajuuskaista, jota kutsutaan beetarytmiksi (13-30 Hz). Beetatoimintaa esiintyy runsaasti lepotilassa olevalla liikeaivokuorella, mutta myös kohtalaisessa määrin primaarilla tuntoaivokuorella. EEG:ssä ja MEG:ssä beetatoimintaa havaitaan selvimmin frontosentraalisilla alueilla. (Partanen ym. 2006: 56; Soinila ym. 2006: 86.)

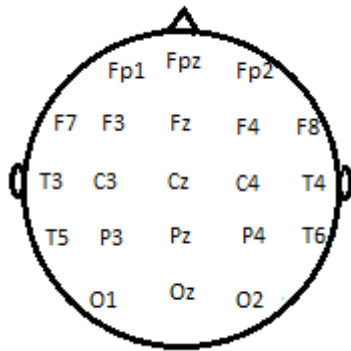
### 3.1 Indikaatiot

EEG-tutkimusta käytetään tutkimaan aivojen sähköisen toiminnan häiriöitä. Tutkimusta käytetään toimintahäiriöiden lisäksi erityisesti kohtauksellisten oireiden selvittämiseen. Muita käyttöalueita ovat esimerkiksi enkefaliitit, metaboliset tai vaskulaariset aivotuominnan häiriöt ja degeneratiiviset aivosairaudet. (Elektroenkefalografia (EEG), valveilla. 2013.) EEG on tärkein epilepsiadiagnostiikassa käytettävä tutkimus (Mumenthaler - Mattle 2004: 495).

### 3.2 Menetelmä

Rekisteröinti suoritetaan yleensä 19–21 päähän kiinnitetyn elektrodin avulla. Elektrodit sijoitetaan kansainvälisesti sovitulla tavalla ja niiden avulla saadaan samanaikaista tietoa useimpien aivokuoren alueiden toiminnasta. (Soinila ym. 2006: 85.) Elektrodit

numeroidaan, sekä ne saavat eteensä kirjaimen, mikä kuvaa niiden sijaintia aivokuorella: F=Frontaali-, P=Parietaali-, T=Temporaali-, O=Okkipitaali- tai C=sentraalilohko (Kuvio 1) (Purves ym. 2008: 715). EEG-tutkimuksessa voidaan käyttää myös pienempää elektrodimäärää. Useimmiten käytetään 10–20 -järjestelmää, mutta on olemassa myös suuremmalle elektrodimäärälle soveltuva 10–10 -järjestelmä. (Soinila ym. 2006: 85.)



Kuvio 1. EEG-elektrodien sijoittuminen 10–20 -järjestelmän mukaisesti. (Mukaillen: Soinila 2006:85)

EEG:ssä mitataan aivokuoren pyramidisolujen jaksottaista sähköistä aktiivisuutta. Tämä syntyy talamokortikaalisten ja kortiko-kortikaalisten hermoyhteyksien välittämästä viestinnästä. Yleensä normaalin EEG-rekisteröinnin tulos muodostuu jokaisen mittauskanavan tuottamasta oskilloivasta viivasta. Kun nämä kyseiset viivat kuvataan päällekkäin, niin voidaan erottaa samanaikaisesti useita eri taajuisia rytmejä. (Soinila ym. 2006: 85.)

Tulkinta perustuu muodostuvien rytmien visuaaliseen erottamiseen ja arvioon siitä, onko niiden jakauma aivojen eri alueiden kesken normaalia potilaan ikä ja vireyden tila huomioiden. EEG:n tulkinta on subjektiivista ja tulkitsijoiden arviot ovat vain selvien poikkeavuuksien kohdalla yhteneväisiä. (Soinila ym. 2006: 87.)

### 3.3 EEG-laitteisto

EEG rekisteröidään yleensä noninvasiivisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että mittaus tapahtuu pään pinnalle asetettavien pintaelektrodien avulla. Elektrodit sijoitetaan standardeihin paikkoihin ja yleensä käytetään aiemmin mainittua kansainvälistä 10–20 -järjestelmää. Elektrodien kiinnitys ja sijoitus voivat erota erikoistilanteiden mukaan. (Partanen ym. 2006: 65.)



EEG:n mittaamiseen tarvitaan elektrodeja, joiden hyvä kontakti ihoon on erityisen tärkeää. Hyvä kontakti saadaan huolellisen ihon käsittelyn ja iholle levitettävän pastan avulla. Impedanssi kuvaa elektrodien ja ihon välistä kontaktia. Tällä tarkoitetaan vastusta ihon ja elektrodien välillä. Impedanssin kuuluu olla vähintään alle 10 k $\Omega$ :a, mutta mieluiten arvo tulisi kuitenkin olla alle 5 k $\Omega$ :a. Arvojen kuuluu olla toisiinsa nähden mahdollisimman sama suuruisia. Elektrodit ovat sähköä johtavia levyjä ja välittävät iholla vallitsevan potentiaalin mittauspiiriin. Elektrodien avulla kudoksen ionivirta muuntuu johtimissa kulkeväksi elektronivirraksi. Elektrodeja on erilaisia käyttötarkoituksen mukaan. (Partanen ym. 2006: 66,68.)

Laitteistoon kuuluu elektrodien lisäksi mittajohtimia, joiden avulla elektrodeista lähtevä potentiaali siirtyy mittajohdinta pitkin vahvistimeen. Vahvistimen tehtävänä on vahvistaa kehosta mitattuja jännitevaihteluja, että nämä pystytään esittämään kuvaruudulla tietokoneella. Laitteistoon kuuluu myös suotimia, joilla on oma tehtävänsä tiettyä taajuutta korkeamman tai matalamman vahvistumisessa kuvaruudulle. (Partanen ym. 2006: 69.)

### 3.3.1 MEG-tutkimuksen yhteydessä käytettävä laitteisto

Mitattaessa EEG:tä MEG-tutkimuksen yhteydessä toimintaperiaate on sama kuin edellä mainitussa "normaalissa" EEG:ssä. Erona edelliseen on, että MEG-tutkimuksen yhteydessä käytetään 10–10 -järjestelmää, jossa elektrodit sijaitsevat kaikki samalla etäisyydellä toisistaan. Mittaukseen käytetään yleensä 60 elektrodia sisältävää myssyä. Lisäksi tutkittavaan kiinnitetään silmänliike-, aktiivi- ja lihasjännityselektrodit. MEG-tutkimuksen yhteydessä ei voida tarkastaa impedansseja ennen kuin tutkittava on sisällä huoneessa ja tarvittaessa näitä voidaan joutua korjaamaan jälkeinpäin. Mittaus suoritetaan Vectorview<sup>TM</sup>EEG laitteella, joka on rakennettu osaksi Vectorview<sup>TM</sup>MEG laitteistoa. Laitteisto koostuu esivahvistimesta, erotusvahvistimesta, suodattimesta ja ns. tiedonkeruu yksiköstä. (Neuromag 1999: 5)

## 4 Magnetoenkefalografia

MEG eli magnetoenkefalografia on EEG:n tapaan noninvasiivinen menetelmä, jolla mitataan aivojen hermosolujen synnyttämiä magneettikenttiä pään ulkopuolelta. Magneettikentät eivät muutu juurikaan läpäistessään aivokuoren ja muut kudokset. Tästä johtuen tulosten tulkinta on selkeää. MEG:n paikan erottelukyky on jopa muutama millimetri ja aikatarkkuus alle yhden millisekunnin. (Forss 2013: 1645.)

MEG-tutkimuksia ei tehdä kuin muutamissa paikoissa sen monimutkaisuudesta ja kalleudesta johtuen. Tästä syystä Suomeen tulee tutkimuksiin potilaita myös muun muassa Norjasta. Suomessa on kaksi magnetoenkefalografialaitetta, toinen Meilahden BioMag-laboratoriosta ja toinen Aalto-yliopiston kylmälaboratorion aivotutkimusyksikössä.

### 4.1 Indikaatiot

MEG-tutkimusta käytetään pääasiassa epileptiskirurgisille potilaille. Tutkimusta on käytetty myös aivokasvainten kartoitukseen, aivojen keskusvaon tunnistamiseen leikkauksista edeltävästi sekä toiminnallisesti vaikuttavien aivokuoren alueiden paikantamiseen, joita ovat muun muassa tunto-, liike- ja puheaivokuoret. (Mumenthaler - Mattle 2004: 29.) Nykyään menetelmää on voitu käyttää myös aivosairauksien patofysiologian tutkimiseen sekä aivokuoren muovautuvuuden seuraamiseen (Forss 2013: 1645).

MEG auttaa paikantamaan esimerkiksi epilepsiapesäkkeen paikan, jolloin leikkaus voidaan suunnitella tarkasti etukäteen ja toteuttaa mahdollisimman hyvin varoen tärkeitä edellä mainittuja aivokuorialueita. Epilepsiapotilaita tutkittaessa pyritään selvittämään myös pesäkkeiden aktivoitumisjärjestys ja sitä kautta poistamaan primääripesäke. (Hari 2011: 688.)

MEG-tutkimukselle ei ole varsinaisia vasta-aiheita. Tutkimuksen onnistumiseen vaikuttaa kuitenkin muun muassa sydämentahdistin sekä potilaan huono ko-operaatio. Tutkimuksen pitkäkestoisuuden vuoksi ko-operaatio on tärkeä osa suoritusta. Metalliset esineet, kuten lävistyskorut tai vaatteiden metalliset yksityiskohdat tulisi poistaa tutkimuksen ajaksi ja sydämentahdistimesta tulisi ilmoittaa ajoissa, jotta siitä johtuvat mahdolliset häiriöt saataisiin minimoitua siihen soveltuvilla ohjelmilla. (Magnetoenkefalografia MEG, erikoistekniikka 2014.)

MEG-tutkimuksen aikana potilaalle voidaan tehdä magneettisia herätevastetutkimuksia, joilla mitataan keskushermoston hermoratojen toimintaa, sekä tutkitaan herätevästeiden syntypaikkoja. Herätevästeitä voidaan käyttää näin ollen haluttujen aivoalueiden toiminnan tutkimisessa. Herätevastetutkimus tarkoittaa sitä, että potilaille annetaan kuulo-, näkö-, tai tuntoärsykeitä, joita mitataan potilaaseen kiinnitetyillä antureilla. (Partanen ym. 2006: 369.)

#### 4.2 Menetelmä

MEG-menetelmä perustuu aivokuoren hermosoluvirtojen aiheuttamien magneettikenttien mittaamiseen. Mitattavat signaalit syntyvät postsynaptisista hermosoluvirroista, jotka muodostuvat aivokuoren pyramidisoluissa. Tyypillisesti aktivaatiopaikka löytyy aivokuoriuurteen seinämästä, sillä MEG havaitsee parhaiten uurteessa kulkevia virtoja. (Forss 2013: 1645.) Magneettikentät mitataan pään ulkopuolelta herkällä SQUID- magneettikenttäantureilla, joiden kautta tieto kulkeutuu tietokoneelle. Tämän magneettikenttäjakauman perusteella voidaan laskea ja sitä kautta selvittää aktivaatiopaikka. MEG:llä saavutetaan EEG:n tavoin alle millisekunnin aikatarkkuus. (Hari 2011: 681.)

#### 4.3 MEG-laitteisto

MEG-mittaus suoritetaan koko pään kattavalla Elekta Neuromag®:n valmistamalla Vectorview™ -laitteistolla. Laite sijaitsee magneettisesti suojatussa huoneessa (Kuvio 2), jonka seinät on rakennettu useista alumiini- ja myymetallikerroksista. Edellä mainitut metallit estävät ulkopuolelta tulevien magneettikenttien pääsyn huoneeseen. Tämä on tärkeää, etteivät ne peittäisi alleen aivojen tuottamia heikkoja magneettikenttiä. Seinien metallikerrosten lisäksi voidaan käyttää niin sanottua aktiivisuojauksista minimoimaan ulkopuolisia magneettikenttiä. Aktiivisuojauksessa ulkoista magneettikenttää monitoroidaan jatkuvasti kolmessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa, ja niiden perusteella kytketään huoneen ympärille aina vastakkaissuuntainen kenttä. (Partanen ym. 2006: 366.)



Kuvio 2. Magneettisesti suojattu huone sekä siellä sijaitseva MEG-laite.

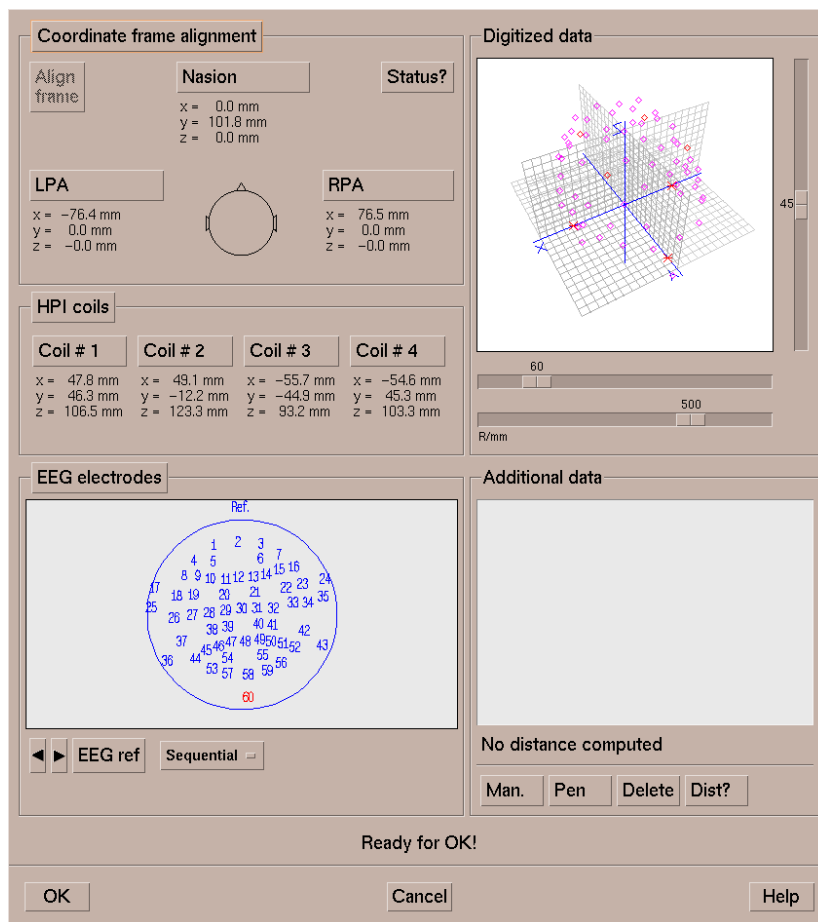
Potilas voi olla joko makuu- tai istuma-asennossa, riippuen tehtävistä tutkimuksista. Laitteistoon kuuluu 306 SQUID-anturia, jotka mittaavat magneettikenttiä. Anturit ovat muodoltaan renkaita, jotka on valmistettu suprajohtavasta metallista. Renkaassa on yksi tai kaksi heikkoa liitosta. Anturit tarvitsevat erittäin kylmän lämpötilan toimiakseen, jonka vuoksi ne upotettuina nestemäiseen heliumiin,  $-269\text{ °C}$ , joka pitää ne suprajohtavina. SQUID-anturit on sijoitettu yhteen kypärään, jonka sisään potilaan pää tulee. Kypärä koostuu 102:sta rakenteeltaan täysin samanlaisesta mittapisteestä, jotka pitävät sisällään kolme vuomuuntajaa, kaksi ortogonaalista planaaria, kahdeksikon muotoisen gradiometrin sekä magnetometrisilmukan. Magneettikenttä kulkee vuomuuntajan kautta SQUID-anturoihin, joiden tilaa seurataan takaisinkytkentäelektroniiikan avulla. (Partanen ym. 2006: 366.) MEG-laitteen sivuilla on paikat, joihin EEG-elektrodien johdot sekä muut elektrodit yhdistetään.

## 5 Digitointi

### 5.1 Digitoinnin tarkoitus

Ennen MEG-tutkimusta potilaalle tehdään aina digitointi. Digitoinnin voi tehdä useilla eri tavoilla. BioMagissa käytetään elektromagneettista digitointia, jonka avulla tutkittavan päästä saadaan muodostettua malli tietokoneelle kolmiulotteiseen koordinaatistoon

(Kuvio 3). Tämä malli voidaan yhdistää myöhemmässä vaiheessa muun muassa MRI-kuviin, jotta saadaan selville interiktaalisen piikin tai purkauksen lähde.



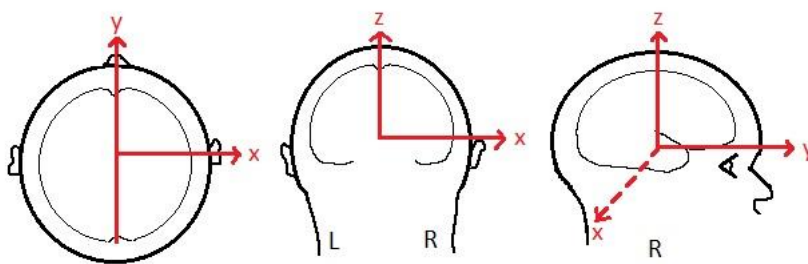
Kuvio 3. Digitoidut pisteet 3D-koordinaatistossa tietokoneen ruudulla. Vasemmassa yläkulmassa näkyy anatomisten maamerkkien digitointitiedot ja vasemmassa alakulmassa EEG-elektrodiin digitoidut pisteet. Oikeassa yläkulmassa samat edellä mainitut EEG-elektrodiin digitoidut pisteet 3D-koordinaatistossa.

Digitoinnissa määritetään aluksi kolme pään anatomista maamerkkiä: vasen (LPA) ja oikea preaurikulaaripiste (RPA) sekä nasion. Preaurikulaaripisteet sijaitsevat korvissa kahden ruston kohtauspisteessä (Kuvio 4) ja nasion silmien välissä nenän varressa. Lisäksi digitoidaan neljä HPI (head position indicator) -kelaa ja EEG-elektrodit. HPI -kelojen avulla pään tarkan asennon hahmotus MEG-laitteeseen nähden onnistuu tutkimuksen aikana. Vähintään kolmen kelan pitäisi tuottaa signaalia mittauksen aikana. (Neuromaq 1998: 24.)



Kuvio 4. Preaurikulaaripisteen paikka oikeassa korvassa.

Digitointitieto koostuu digitoitujen pisteiden koordinaateista. Kolmiulotteisessa koordinaatistossa yksi piste muodostuu kolmesta koordinaattista, jotka sijaitsevat X-, Y- ja Z-akseleilla. Kuvassa (Kuvio 5) on esitelty kunkin akselin suunta päähän nähden. Jos piste sijoittuu päässä kyseiseen akseliin nähden negatiiviselle puolelle, ilmoitetaan se negatiivisena arvona. Pidettäessä Cz-elektrodin sijaintia pääläen keskipisteenä, ikään kuin pohjoisnapana, suuntautuu X-akseli siitä suoraan oikealle korvaa kohti ja Y-akseli siitä suoraan eteenpäin, kohti Fpz- elektrodiä. Z-akseli puolestaan suuntautuu vertikaalisesti Cz-elektrodiin nähden. (Khosla - Don - Kwong 1999: s. 262–263.)



Kuvio 5. Kuviossa on esitetty X-, Y- ja Z-akselien suunnat päähän nähden. (Mukaihen: Khosla - Don - Kwong 1999: 263)

Taulukossa (Taulukko 1) on esimerkki yhden henkilön digitointitiedoista. Esimerkissä on esitelty vain kolmen ensimmäisen EEG-elektrodin koordinaatit, joten se on vain pieni osa kaikista tiedoista. Yksi vaakarivi vastaa yhtä digitoitua pistettä.

Taulukko 1. Esimerkki digitointitiedoista. Taulukossa näkyy kolme ensimmäistä elektrodiä järjestysnumeroineen sekä niille saadut koordinaattien X, Y ja Z arvot

|             |       |     | <b>Elektrodin jär-</b> | <b>X</b> | <b>Y</b> | <b>Z</b> |
|-------------|-------|-----|------------------------|----------|----------|----------|
|             |       |     | <b>jestysnumero</b>    |          |          |          |
| <b>dig.</b> | point | eeg | 0                      | 1,0      | 86,4     | -15,7    |
| <b>dig.</b> | point | eeg | 1                      | -25,6    | 92,0     | 42,8     |
| <b>dig.</b> | point | eeg | 2                      | 6,1      | 95,9     | 49,1     |

Digitoinnin tarkkuutta on tutkittu useassa eri tutkimuksessa erilaisin keinoin. Muun muassa eräs tutkijaryhmä (Ettl ym. 2013) on tutkimuksessaan vertaillut digitointikynällä suoritettua elektromagneettista digitointia vaihtoehtoiseen menetelmään, joka perustuu optiseen sensoriin. Menetelmiä vertailtiin keskenään määrittämällä EEG-elektrodien paikat kummallakin menetelmällä, käyttäen apuna oikean pääkallon kokoista mallia. Lopuksi laskettiin molempien menetelmien poikkeavuudet todellisista arvoista. Myös Koessler (Koessler ym. 2007) tutkijaryhmänsä kanssa on vertaillut kirjallisuudessa mainittuja erilaisia 3D-digitointimenetelmiä sekä niiden tarkkuutta määrittää digitoitavien pisteiden oikeat sijainnit. Tutkimuksessa vertailtiin keskenään manuaalista, käsin mitattavaa menetelmää, elektromagneettikenttiä, ultraääntä ja kuvamittausta hyödyntäviä menetelmiä, sekä menetelmää, jossa EEG-sensorit paikannetaan suoraan MRI kuvista. Molemmista tutkimuksista selvisi, että vaikkakin elektromagneettinen digitointi on laajalti käytössä, ei se suinkaan ole tarkin mahdollinen menetelmä. Digitoinnin toistettavuuden onnistumiseen liittyviä tutkimuksia ei kuitenkaan löydetty.

## 5.2 Digitoinnin suoritus

Digitointi suoritetaan tutkittavan istuessa puisessa tuolissa. Hänelle laitetaan päähän 60 elektrodiä sisältävä EEG-myssy, jonka koko valitaan pään ympärysmittan mukaan. Asetettaessa myssyä päähän on varmistettava vain Cz-elektrodin sijoittuminen oikealle paikalleen, jolloin muiden elektrodien paikkoja ei tarvitse erikseen mitata. Cz-elektrodin tarkka paikka saadaan mittaamalla nasion-inion -mitta sekä vasemman ja oikean preaurikulaaripisteen välinen mitta. Cz-elektrodi sijoittuu näiden mittojen leikkauspisteeseen. Tämän jälkeen myssy vedetään potilaan päähän ja kiinnitetään leuan alta.

Jokainen EEG-elektrodi käydään vuorotellen läpi tehden hiuksiin jakausta ja hankaamalla ihoa kontaktiaineeseen (OL-elektrodipasta) kostutetulla vanutikulla hyvän kontaktin

saavuttamiseksi. Lopuksi elektrodit täytetään Grassin pastalla (EC2® Genuine Grass Electrode Cream).

Tämän jälkeen myssy teipataan napakaksi niin, että kaikki elektrodit asettuvat pään myötäisesti. Tämän lisäksi hattuun teipataan HPI-kelat ja korviin tehdään mahdollisesti tussimerkinnot ilmaisemaan preaurikulaaripisteiden paikkoja. Tutkittavan päähän asetetaan silmälasikehykset, joiden sivuun on kiinnitetty yhtenä vastaanottimena toimiva anturi. Näiden lisäksi potilaan kaulalle asetetaan Ground-elektrodi, kasvoille elektrookulografielektrodit (EOG), rinnalle elektrokardiografielektrodit (EKG) sekä molempiin käsiin elektromyografielektrodit (EMG).

Ensimmäisenä digitoidaan pään anatomiset maamerkit. Oikean ja vasemman preaurikulaaripisteiden X-koordinaattien erotuksen itseisarvo tulisi olla maksimissaan viisi millimetriä. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista kallojen yksilöllisistä eroista johtuen. Anatomiset maamerkit mitataan seuraavassa järjestyksessä: LPA, nasion, RPA. Tämän jälkeen digitoidaan HPI-kelat sovitussa järjestyksessä aloittaen oikealta ja digitoiden takakautta vasemmalle. Viimeiseksi digitoidaan EEG-elektrodit -elektrodikartassa (Liite 1) esitetyssä järjestyksessä, nenän varresta mitattavasta referenssielektrodista aloittaen. (EEG Cap Instructions: 4-5.) Mikäli digitoinnin tulokset eivät ole toivotuissa rajoissa, tehdään digitointi uudestaan (Neuromaq 1998: 24).

Digitointi suoritetaan Fastrak-laitteistolla (POLHEMUS 3Space Fastrak), jossa kynän muotoinen laite sekä digitointisilmälasikehyksiin kiinnitetty anturi toimivat vastaanottimena ja digitointituoliin kiinnitetty anturi lähettimenä. Laitteisto on esitelty kuvassa (Kuvio 6) Digitointikynän kärjen ollessa halutun digitoitavan pisteen kohdalla, painetaan kynän sivussa olevaa nappia, jolloin vastaanotin mittaa pisteen geometrisen paikan ja orientaation. (Kainulainen 2014.) Laite rekisteröi kyseisen pisteen tietokoneelle annettuun koordinaatistoon. Pisteiden avulla päästä muodostuu tietokoneelle malli, joka on verrattavissa alkuperäiseen kappaleeseen. Fastrak-laitteiston etuja ovat sen nopeus ja suhteellisen hyvä tarkkuus. Toisaalta se on kovin herkkä ympäristöolosuhteille, kuten lämpötiloille, magneettisuudelle sekä sähkökentille. (Koessler ym. 2007: 99.)





Kuvio 6. POLHEMUS 3Space Fastrak -laitteisto. Vasemmalta oikealle: Vastaanottimina toimivat silmälasikehyksiin kiinnitetty anturi ja digitointikynä, lähettimenä toimiva anturi sekä vahvistin.

## 6 Työohje

Yhtenä tämän opinnäytetyön osana oli muodostaa työohje MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävään EEG:hen, sillä HUS:lla ei kyseiseen tutkimukseen ole tällä hetkellä kirjallisia ohjeita. Työohje kirjoitettiin opinnäytetyön empiirisen osan päätyttyä kerättyjen tietojen pohjalta. Ohjeen voi jatkossa lukea MEG-tutkimuksen työohjeesta löytyvästä erillisestä linkistä.

HUS Kuvantamisella ei ole laadukkaan työohjeen tekoon ohjeita. On kuitenkin olemassa akkreditointistandardin (SFS-EN ISO 15189) alakohtia (5.5.3 ja 5.4.2), joissa on lueteltu ne asiat, jotka tulisi löytyä työohjeesta. Standardissa on esitelty erityisvaatimukset laadulle ja pätevyydelle. Kyseinen standardi on tehty lääketieteellisille laboratorioille lähinnä analyysilaboratorioon, mutta sitä voi käyttää soveltavin osin myös muiden laboratorioiden työohjeisiin.

Standardin lisäksi kliinisen neurofysiologian osaston toimintakäsikirjasta löytyy luettelo työohjeen sisällöstä (Liite 5). Molemmista ohjeista löytyy listattuna pääasiassa samat asiat, joita ovat muun muassa tilat, laitteet ja tarvikkeet, potilaan valmistautuminen kotoon, tutkimuksen kesto ja kulku sekä tilojen ja laitteiden jälkikäsittely sekä siivous. Hyvä työohje takaa, että tutkimus suoritetaan laadukkaasti ja samalla tavalla jokaisella suorituskerralla. Työohjeen tulee olla niin yksityiskohtainen, että myös tutkimukseen perehtymätön pystyisi suorittamaan tutkimuksen laadukkaasti ja virheettömästi.

## 7 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet

Tällä hetkellä käytössä oleva analyysiohjelma (Elekta Neuromagin omat ohjelmat) painottuu MEG-rekisteröinnin käsittelyyn, eikä siinä ole varsinaisia valmiuksia EEG:n läpikäyntiin. Tämä on osasyynä siihen, ettei MEG-lausunnossa ole erillistä analyysia EEG-rekisteröinnille, josta johtuen sillä ei ole suurta diagnostista painoarvoa. Ohjelmistokehityksen myötä EEG:n mallinnus MEG-tutkimusten yhteydessä on kuitenkin avautumassa kliiniseen käyttöön, jonka takia myös EEG-mittauksen tarkkuuden laadunvarmistukselle on tullut tarvetta. Tähän mennessä EEG-elektrodien digitointi on pyritty suorittamaan mahdollisimman tarkasti EEG-elektrodikarttaa apuna käyttäen, mutta virallisia laadunvarmistusmenetelmiä ei ole. Tämän hetkisen käytännön mukaisesti digitointi suoritetaan yhden kerran ennen MEG-tutkimusta elektrodien päältä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kuinka hyvin EEG-elektrodien digitointi on toistettavissa suorittamalla potilaille ja koehenkilöille digitoinnin toistettavuusmittauksia. Mittausten perusteella tehtiin päätelmiä digitoinnin toistettavuuden onnistumisesta. Opinnäytetyön konkreettisena lopputuloksena oli tuottaa HUS:n käyttöön työohje MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävän EEG:n suoritukseen. Työohjeen ja saatujen tulosten perusteella pidemmän ajan tavoitteena on kehittää MEG:n yhteydessä tehtävän EEG:n laadunvarmistusmenetelmiä ja saada EEG diagnostisesti merkittäväksi osaksi MEG-tutkimusta. Työn tarkoitus on tiivistetty kolmeen tutkimuskysymykseen, joihin lähdettiin hakemaan vastauksia analysoimalla digitointitietoja. Tutkimuskysymykset olivat:

- Minkälainen on digitoinnin toistettavuus?
- Miten elektrodien paikat muuttuvat edelliseen digitointiin verrattuna MEG-tutkimuksen aikana?
- Miten digitointi EEG-elektrodin sisältä parantaa sen toistettavuutta?

Opinnäytetyöryhmän tärkein henkilökohtainen tavoite oli kehittyä laadukkaan innovatiivisen projektin suunnittelussa ja työstämisessä. Pyrkimyksenä oli myös syventää taitoja tieteellisen tekstin kirjoittamisessa ja lähteiden sekä oman tekstin kriittisessä arvioinnissa.

## 8 Työn suoritus

Opinnäytetyön projektipäällikkönä toimi Miida Koponen, joka vastasi aikataulun toteutumisesta ja työn valmistumisesta. Hänen vastuullaan oli myös numeraalisten tulosten käsittely. Heidi Kurkinen toimi viestintävastaavana, joka oli yhteydessä sidosryhmien kanssa ja varmisti, että kaikki tieto saavutti myös muut ryhmäläiset. Heidi vastasi myös työohjeen kirjoittamisesta, vaikka ryhmä laati sen yhdessä. Ryhmä suoritti yhdessä käytännön osuuden, johon kuului toistettavuusmittauksia koehenkilöille. Kirjoitimme kirjallisen osuuden yhdessä, mutta lopullisesta tekstin oikeinkirjoituksesta ja ulkomuodosta vastasi Emmi Vehola.

### 8.1 Aikataulu

Opinnäytetyön aihe saatiin syksyllä 2014. Työ lähti käyntiin tutustumisella digitoinnin suorittamiseen. Tutkimuslupa hyväksyttiin lokakuun lopussa, jolloin käytännön osuus aloitettiin. Työn käytännönosuus suoritettiin loka- ja joulukuun välisenä aikana. Digitointitietoja analysoitiin sitä mukaan kun mittauksia saatiin suoritettua. Käytännön osuuden päätyttyä alettiin työstää kirjallista työohjetta MEG-tutkimuksen EEG -osuuteen. Valmiin työn palautus oli 23.1.2015 ja loppuseminaari 3.2.2015. Taulukossa (Taulukko 2) on esitettynä opinnäytetyön aikataulu.

Työ julkaistiin opintonsa aloittavalle bioanalyttikko -ryhmälle 23.1.2015 esimerkkinä bioanalytiikan alan opinnäytetyöstä. Julkaisun pohjana toimi PowerPoint -esitys. Työn toteutuksen ja tulosten lisäksi painotimme esityksessä opinnäytetyön merkitystä osana opintoja sekä kliinisen neurofysiologian alaa.

Taulukko 2. Opinnäytetyön aikataulu

| Mitä?  | Milloin?                                |
|--|---|
| Tutkimuksen seuraaminen                            | 13.10.2014                              |
| Digitoinnin toistettavuusmittaukset koehenkilöille | 10.11,11.11,18.11,20.11, 27.11, 4.12.14 |
| Digitoinnin toistettavuusmittaukset potilaille     | Viikot 44-51                            |
| Suunnitelman palautus                              | 19.10.2014                              |
| Tutkimuslupa hyväksytty                            | 29.10.2014                              |
| Suunnitelmaseminaari                               | 5.11.2014                               |
| Työohjeen palautus                                 | 21.12.2014                              |
| Raportin palautus                                  | 23.1.2015                               |
| Opinnäytetyön julkaisu                             | 23.1.2015                               |
| Loppuseminaari ja kypsyysnäyte                     | 3.2.2015                                |

## 8.2 Aineiston keruu

Koehenkilöille tehdyt toistettavuusmittaukset kuuluivat opinnäytetyön käytännön osuuteen ja opinnäytetyöryhmä suoritti ne itse. Työhön osallistui kymmenen vapaaehtoista koehenkilöä, joista yhden digitointitietoja ei voitu hyödyntää niiden puutteellisuuden vuoksi. Kaikki toistettavuusmittauksiin osallistuneet henkilöt olivat perusterveitä. Toistettavuutta tutkittaessa digitointi tehtiin kahdesti peräkkäin, digitoiden elektrodien päältä. Lisäksi haluttiin selvittää, onko EEG-elektrodien sisältä tehty digitointi paremmin toistettavissa kuin digitoitaessa elektrodien päältä. Tästä syystä mittaus suoritettiin myös kahdesti elektrodien sisältä. Tähän asti HUS:ssa digitointi on suoritettu aina pelkästään elektrodien päältä.

Opinnäytetyön potilasmittaukset tehtiin BioMag-laboratorioon tutkittaviksi tulleille epileptikoille, joilla oli huono hoitovaste lääkkeisiin. Opinnäytetyöhön osallistui yhteensä yhdeksän potilasta, joista yhden digitointitietoja ei voitu hyödyntää tuloksissa niiden puutteellisuuden vuoksi. Potilaat ilmaisivat suostumuksensa osallistua opinnäytetyöhön allekirjoittamalla informaatiolomakkeen (Liite 2 ja liite 3). Potilasmittaukset suoritti opinnäytetyön työelämäohjaaja Jari Kainulainen eettisistä syistä. Mikäli opinnäytetyöryhmä olisi suorittanut ne itse, tutkimukseen olisi tarvittu eettisen toimikunnan lupa. Luvan saamisessa olisi saattanut kestää monta kuukautta eikä tämä ollut opinnäytetyöryhmän aikatauluihin nähden mahdollista.

Potilasmittauksissa digitointi tehtiin kaksi kertaa ennen MEG-tutkimusta sekä kaksi kertaa sen jälkeen. Kahta ensimmäistä mittausta käytettiin toistettavuuden selvittämiseen. Selvitettäessä muuttuuko EEG-elektrodien sijainti yli sallittujen rajojen tutkimuksen aikana, käytettiin ensimmäistä digitointia ennen MEG-tutkimusta ja ensimmäistä sen jälkeen. Käyttöön ei saatu mitään potilaiden henkilötietoja, ainoastaan digitointeja koskevat tiedot. Näin ollen tutkimukseen osallistujien anonymiteetti säilyi.

### 8.3 Aineiston käsittely

Toistettavuusmittausten erotusten itseisarvon raja-arvoksi sovittiin viisi millimetriä, joka on myös preaurikulaaripisteiden suurin sallittu ero. Tavoitteena oli, että vähintään 80 % kyseisistä erotuksista pysyisi sallituissa rajoissa. Edellä mainitut arvot ja tavoitteelliset prosenttiosuudet sovittiin ryhmän kesken tulosten arvioinnin helpottamiseksi, vaikka opinnäytetyön pääasiallisena tarkoituksena oli juuri selvittää kuinka hyvin digitointi on toistettavissa. Koska aikaisempia tutkimustuloksia ei ollut saatavilla, ei ollut varmaa tietoa siitä kuinka korkeaan onnistumisprosenttiin olisi käytännössä mahdollista päästä.

Yhden henkilön digitointitieto koostui kolmesta pään anatomisesta maamerkistä, neljästä HPI-kelasta ja 61:sta EEG-elektrodista, jolloin digitoitavia pisteitä kertyi yhteensä 68 kappaletta. Käsittelyvaiheessa digitointitiedoista poistettiin jokaisen henkilön kohdalta T9- ja T10 -elektrodien mittaustulokset. Kyseiset elektrodit sijaitsivat myssyssä korvien kohdalla, eivätkä tämän takia osuneet kunnolla ihoon. Huonon kontaktinsa ja liikkuvuutensa takia elektrodit olisivat saattaneet aiheuttaa vääriä tutkimustuloksia. Näin ollen lopullinen digitoitujen pisteiden määrä oli 66 kappaletta. Digitointitiedot siirtyivät automaattisesti tekstitiedostona käsittelyohjelmaan, josta ne siirrettiin Exceliin analy-

sointia varten. Suurin osa tuloksista myös jatko käsiteltiin Excelillä, mutta muun muassa diagrammit tehtiin SPSS Statistics -ohjelman avulla.

Tietojen käsittely aloitettiin laskemalla rinnakkaismittausten erotukset jokaiselle digitoitulle pisteelle (Taulukko 3). Näistä erotuksista saatiin selville, kuinka hyvin digitointi on toistettavissa ja sijoittuivatko tulokset toivotun viiden millimetrin rajan sisään. Tämän lisäksi edellä mainittuja erotuksia hyväksikäyttäen laskettiin keskiarvo sekä keskihajonta jokaiselle potilaalle ja koehenkilölle erikseen. Keskiarvot havainnollistivat, kuinka paljon eri henkilöiden mittaukset keskimäärin erosivat toisistaan. Keskihajonnat sen sijaan kertoivat, kuinka suurta vaihtelua keskiarvojen ympärillä tapahtui. Sekä koehenkilöiden, että potilaiden erotuksista tehtiin myös ympyräkaaviot, jotta olisi helpompi hahmottaa sitä, kuinka suuri prosenttiosuus tuloksista on pysynyt halutuissa rajoissa.

Taulukko 3. Esimerkki digitoititietojen käsittelystä Excelillä. Taulukossa on esiteltynä rinnakkaiset mittaukset vierekkäin sekä kyseisten mittausten erotukset. Punaisella merkityt erotukset ovat ylittäneet viiden millimetrin sallitun rajan

| Elektrodin järjestysnumero | X1    | Y1   | Z1    | X2    | Y2   | Z2    | X:n erotus | Y:n erotus | Z:n erotus |       |
|----------------------------|-------|------|-------|-------|------|-------|------------|------------|------------|-------|
| 29                         | -32,8 | 12,2 | 121,9 | -26,1 | 9,8  | 116,6 | -6,7       | 2,4        | 5,3        | EI OK |
| 30                         | -6,9  | 12,5 | 125,0 | -5,8  | 9,5  | 123,7 | -1,1       | 3,0        | 1,3        | OK    |
| 31                         | 22,4  | 12,3 | 121,9 | 23,0  | 10,8 | 120,0 | -0,6       | 1,5        | 1,9        | OK    |

#### 8.4 Työohjeen laatiminen

Tässä opinnäytetyössä työohjeen teko toteutettiin standardin (SFS-EN ISO 15189) ja toimintakäsikirjan tietojen perusteella. Valmis työohjepohja saatiin työelämäohjaajalta. Ohjeen sisältö käytiin tarkasti läpi ohjaajan kanssa ennen aloittamista. Ohjeita saatiin muun muassa siihen, mitä asioita työohjeen tulisi sisältää sekä miten siitä saataisiin mahdollisimman johdonmukainen ja selkeä. Työohje kirjoitettiin opinnäytetyöprosessin aikana kerättyjen tietojen perusteella. Ohje palautettiin useamman kerran työelämäohjaajalle luettavaksi ja kommentoitavaksi, jonka jälkeen sitä korjailtiin lopulliseen muotoonsa.

Työelämäohjaaja Jari Kainulainen tarkasti työohjeen. Työohjeen hyväksymistä ei odotettu, koska siihen olisi saattanut mennä aikaa. Jo opinnäytetyöprosessin alussa sovittiin työelämän kanssa, että työohjeen tarkastus riittää. Työohje menee tarkistettavaksi myös laatuvaastavalle, jonka jälkeen se hyväksytään asiakirjaksi. Tämän jälkeen työohje tulee käyttöön sellaisenaan MEG-työohjeen yhteyteen. Ohjeen oikeudet annettiin HUS Kuvantamiselle, jotta he voisivat päivittää ja laajentaa ohjetta tulevaisuudessa tarpeen vaatiessa.

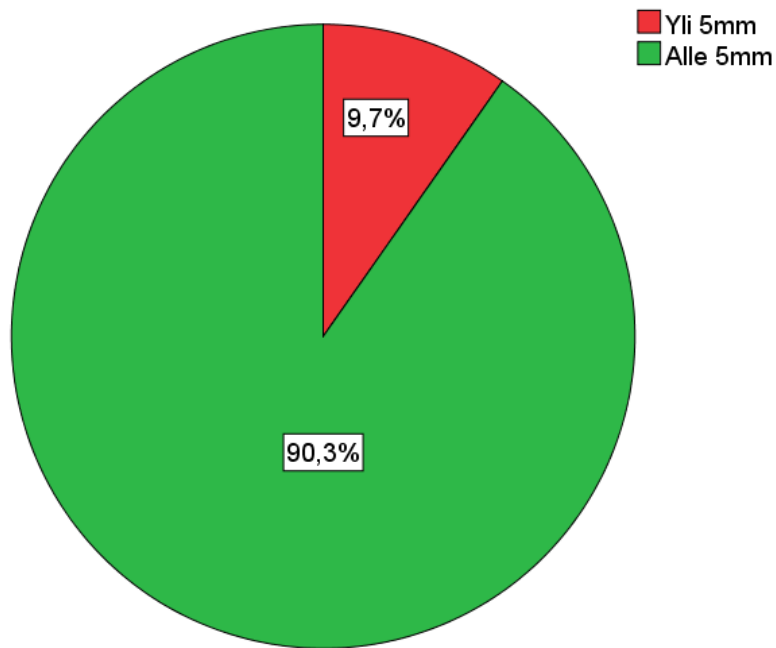
## 9 Tulokset

Tässä kappaleessa esitellään opinnäytetyön tulokset. Digitoititiedoista saatuja tuloksia havainnollistettiin taulukoin ja kuvioin. Tulokset eriteltiin tutkimuskysymyksittäin omien alaotsikoiden alle.

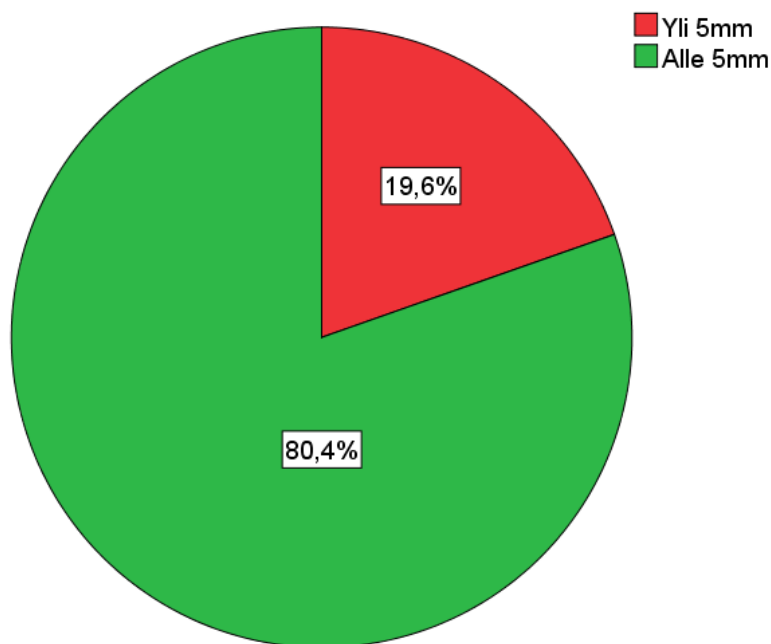
### 9.1 Digitoinnin toistettavuus peräkkäisinä mittauksina

Digitoinnin toistettavuutta tutkiessa hyödynnettiin koehenkilöille ja potilaille tehtyjä ensimmäisiä peräkkäisiä mittauksia. Kaikki mittaukset tehtiin elektrodien päältä. Aluksi tehtiin ympyrädiagrammit, jotka kuvaavat koehenkilöiden ja potilaiden digitoinnin toistettavuuden onnistumista (Kuvio 7 ja kuvio 8). Kyseiset diagrammit muodostettiin käymällä läpi kaikkien koehenkilöiden ja potilaiden kaikki digitoitipisteet ja laskemalla, kuinka suuri osa peräkkäisten mittausten erotuksista pysyy alle viiden millimetrin ja kuinka moni menee tämän rajan yli. Tutkittavat käsiteltiin lisäksi myös itsenäisinä tapauksina, koska jokainen digitoititilanne on yksilöllinen. Kunkin koehenkilön ja potilaan henkilökohtaiset tulokset eriteltiin taulukoihin (Taulukko 4 ja taulukko 5). Tuloksista selvisi, että potilaiden ja koehenkilöiden yli viiden millimetrin menneet erot jakaantuivat tasaisesti kaikille elektrodeille.

Koehenkilöitä koskevasta diagrammista (Kuvio 7) selviää, että 90,3 % (n=528) jokaisen digitoidun pisteen peräkkäisistä mittauksista erosi toisistaan alle viisi millimetriä ja vain 9,7 % (n=57) meni yli sallitun rajan. Koepotilaiden tuloksista koostuva diagrammi (Kuvio 8) puolestaan kertoo, että 80,4 %:ssa (n=418) tapauksista päästiin toivottuun alle viiden millimetrin eroon, kun taas 19,6 % (n=102) ylitti tämän rajan.



Kuvio 7. Koehenkilöiden toistettavuusmittausten erotusten prosentuaaliset tulokset. Alle 5mm tulokset vihreällä ja yli 5mm punaisella.



Kuvio 8. Potilaiden toistettavuusmittausten erotusten prosentuaaliset tulokset. Alle 5mm tulokset vihreällä ja yli 5mm punaisella.

Taulukoista (Taulukko 4 ja taulukko 5) selviää, että kymmenessä tapauksessa seitsemästätoista peräkkäisistä digitointipisteiden toistettavuusmittauksista yli 90 % pysyi hyväksytyissä rajoissa eli alle viiden millimetrin.



Taulukko 4. Koehenkilöiden prosentuaaliset ja numeraaliset arvot hyväksyttävistä tuloksista (alle 5mm)

| Koehenkilö      | 1             | 2             | 3             | 4              | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Alle 5mm</b> | 97,0%<br>n=64 | 84,8%<br>n=56 | 89,4%<br>n=59 | 100,0%<br>n=66 | 81,8%<br>n=54 | 69,7%<br>n=46 | 98,5%<br>n=65 | 98,5%<br>n=65 | 93,9%<br>n=62 |

Taulukko 5. Potilaiden prosentuaaliset ja numeraaliset arvot hyväksyttävistä tuloksista (alle 5mm)

| Koepotilas      | 1              | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <b>Alle 5mm</b> | 100,0%<br>n=66 | 93,9%<br>n=62 | 97,0%<br>n=64 | 81,8%<br>n=54 | 31,8%<br>n=21 | 97,0%<br>n=64 | 97,0%<br>n=64 | 47,0%<br>n=31 |

Taulukoihin (Taulukko 6 ja taulukko 7) koottiin koehenkilöiden ja potilaiden toistettavuusmittausten erotusten keskiarvot ja -hajonnat kaikista digitoitipisteistä. Keskiarvot ja -hajonnat on laskettu erikseen X-, Y- ja Z-koordinaateille.

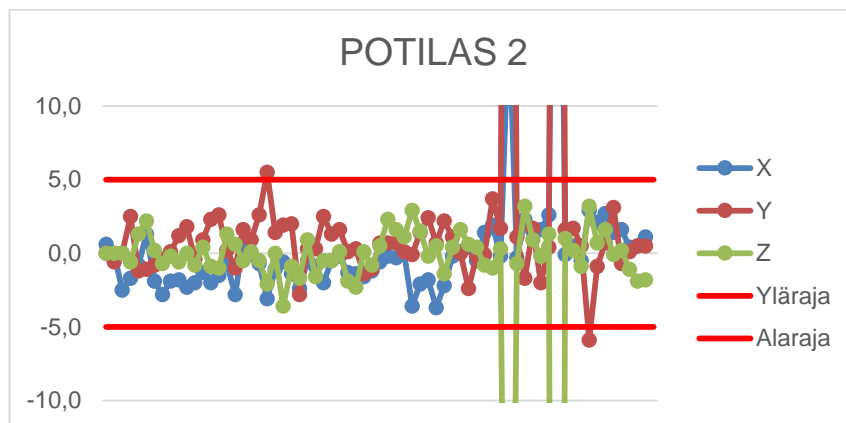
Taulukko 6. Koehenkilöiden X-,Y-,Z-koordinaattien keskiarvot ja -hajonnat. Arvot millimetreinä

| Koehenkilö              | 1         | 2     | 3     | 4    | 5     | 6    | 7     | 8     | 9     |
|-------------------------|-----------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| <b>X:n keskiarvo</b>    | -<br>0,91 | -0,94 | 0,65  | 1,31 | 0,00  | 1,11 | 0,66  | -1,05 | 0,10  |
| <b>Y:n keskiarvo</b>    | 0,02      | -1,82 | -1,96 | 0,29 | -2,02 | 0,74 | -0,26 | -0,82 | 0,63  |
| <b>Z:n keskiarvo</b>    | -<br>2,02 | -2,68 | -1,20 | 0,62 | -0,94 | 2,18 | -0,62 | -0,62 | -0,27 |
| <b>X:n keskihajonta</b> | 1,31      | 1,73  | 1,88  | 0,78 | 2,01  | 2,87 | 1,24  | 1,29  | 3,07  |
| <b>Y:n keskihajonta</b> | 1,26      | 1,55  | 1,81  | 0,84 | 3,30  | 1,88 | 1,27  | 1,45  | 1,54  |
| <b>Z:n keskihajonta</b> | 1,30      | 1,95  | 2,39  | 1,13 | 2,24  | 3,36 | 1,09  | 1,14  | 1,31  |

Taulukko 7. Koepotilaiden X-,Y- ja Z-koordinaattien keskiarvot ja -hajonnat. Arvot millimetreinä

| Koepotilas       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8     |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| X:n keskiarvo    | 0,03  | 0,64  | 2,08  | -3,06 | 5,37  | -1,10 | 0,68 | 0,18  |
| Y:n keskiarvo    | -1,78 | 2,22  | -0,49 | 0,32  | 0,44  | 1,77  | 0,48 | -0,48 |
| Z:n keskiarvo    | 0,17  | 3,39  | 1,36  | -0,37 | -1,35 | 0,10  | 0,16 | -3,05 |
| X:n keskihajonta | 1,27  | 6,87  | 1,18  | 2,22  | 2,42  | 1,14  | 1,56 | 5,23  |
| Y:n keskihajonta | 1,22  | 17,22 | 1,10  | 1,43  | 3,42  | 1,60  | 1,40 | 4,24  |
| Z:n keskihajonta | 1,31  | 20,69 | 1,48  | 2,40  | 2,91  | 1,89  | 1,82 | 6,89  |

Kuvio (Kuvio 9) havainnollistaa yhden potilaan kaikkien digitoitujen pisteiden toistettavuusmittausten erotusten sijoittumisen raja-arvoihin nähden. Siitä huomataan, että muutama reilusti yli raja-arvon mennyt piste aiheuttaa suuria keskihajontoja, mutta ei vaikuta keskiarvoon tai kyseisen potilaan toistettavuuden kokonaistulokseen.

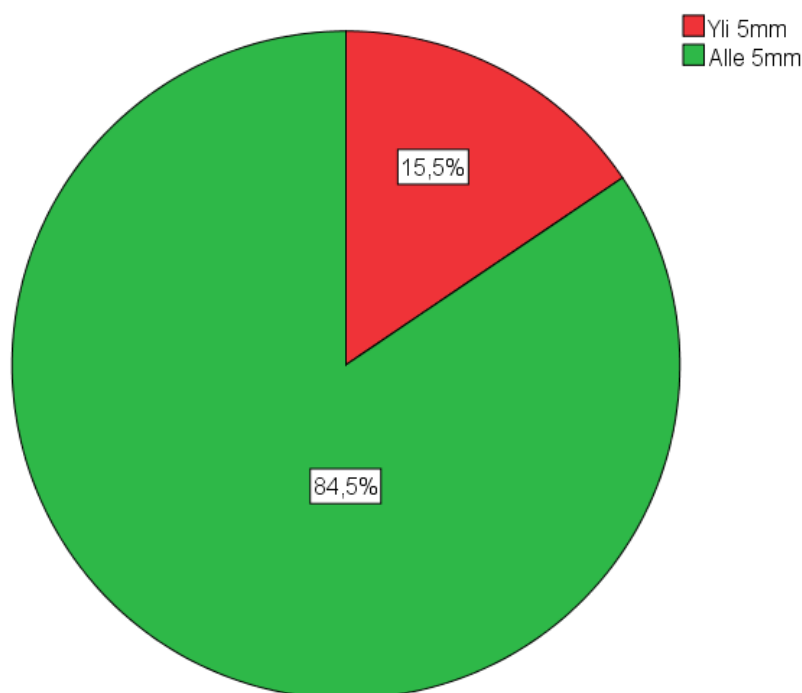


Kuvio 9. Yhden potilaan digitoitien toistettavuusmittausten erotukset havainnollistettuna kuvioon.

## 9.2 EEG-elektrodien paikkojen muuttuminen MEG-tutkimuksen aikana

Työssä selvitettiin, miten elektrodien paikat muuttuvat MEG-tutkimuksen aikana verrattaessa ennen ja jälkeen tutkimuksen tehtyjä digitointeja. Kysymykseen lähdettiin etsimään vastausta vertailemalla ensimmäistä digitointia ennen MEG-tutkimusta sekä ensimmäistä sen jälkeen. Koska kyseessä oli oikea tutkimustilanne, mittaukset tehtiin HUS:n tämän hetkisen käytännön mukaisesti elektrodien päältä. Digitointitiedoista selvisi, että eniten muutosta tapahtui elektrodeilla, jotka sijaittivat parietaali- ja okkipitaali-alueilla.

Arvoista tehtiin ympyrädiagrammi (Kuvio 10), josta selviää muuttaako MEG-tutkimus EEG-elektrodien paikkoja. Diagrammi kertoo, että 84,5 % näistä tuloksista oli toistettavissa, eli elektrodien paikkojen muutos MEG-tutkimuksen aikana oli alle viisi millimetriä. Yli sallitun rajan mittaustuloksista ylitti yhteensä 15,5 %.



Kuvio 10. Elektrodien paikkojen muutos verratessa mittauksia ennen ja jälkeen MEG-tutkimuksen esitettyinä prosentteina. Vihreällä on alle 5mm digitoinnit ja punaisella sen yli menneet.

Potilaat eriteltiin taulukkoon (Taulukko 8) myös yksittäisinä tapauksina, sillä jokainen tutkimuskerta on erilainen. Taulukko kuvaa, kuinka monta prosenttia digitointipisteiden toistettavuusmittausten erotuksista pysyy sallituissa rajoissa vertaillaessa digitointeja ennen ja jälkeen MEG-tutkimuksen. Taulukossa ovat prosentuaaliset ja numeraaliset arvot. Siitä selviää, että digitointi on toistettavissa seitsemällä potilaalla kahdeksasta yli 80-prosenttisesti.

Taulukko 8. Potilaiden prosentuaaliset ja numeraaliset tulokset eriteltynä taulukkoon. Luvut kertovat kuinka monta prosenttia ja kappaletta kunkin potilaan toistettavuusmittausten erotuksista pysyi sallituissa rajoissa (alle 5mm)

| Koepotilas      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Alle 5mm</b> | 81,8% | 93,9% | 84,8% | 93,9% | 89,4% | 80,3% | 84,8% | 66,7% |
|                 | n=54  | n=62  | n=56  | n=62  | n=59  | n=53  | n=56  | n=44  |

Kyseisten toistettavuusmittausten erotusten keskiarvot ja -hajonnat on laskettu erikseen X-, Y- ja Z-koordinaateille (Taulukko 9).

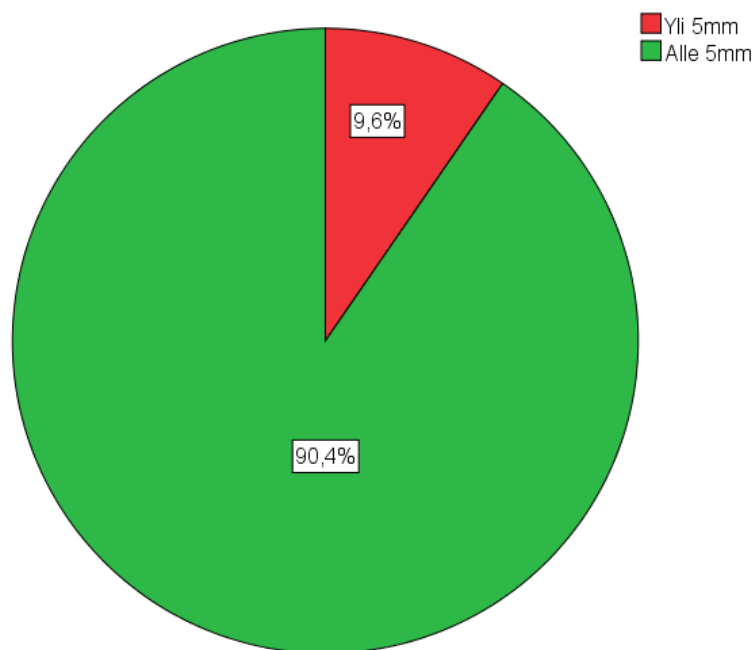
Taulukko 9. Koepotilaiden X-,Y- ja Z-koordinaattien keskiarvot sekä -hajonnat. Arvot millimetreinä

| Koepotilas              | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    | 8     |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| <b>X:n keskiarvo</b>    | -4,57 | 0,54  | -0,31 | -2,03 | -1,78 | -1,87 | 1,44 | 2,63  |
| <b>Y:n keskiarvo</b>    | -0,68 | 3,58  | 2,75  | 0,58  | -0,41 | 1,53  | 1,96 | -0,30 |
| <b>Z:n keskiarvo</b>    | 2,55  | -3,21 | 1,16  | -0,11 | -0,77 | 0,48  | 0,33 | -0,99 |
| <b>X:n keskihajonta</b> | 13,54 | 7,07  | 1,32  | 2,83  | 2,07  | 1,60  | 1,71 | 4,37  |
| <b>Y:n keskihajonta</b> | 2,85  | 17,63 | 1,81  | 1,85  | 2,23  | 2,20  | 2,12 | 3,77  |
| <b>Z:n keskihajonta</b> | 21,01 | 20,61 | 2,70  | 1,95  | 3,28  | 3,45  | 2,74 | 6,13  |

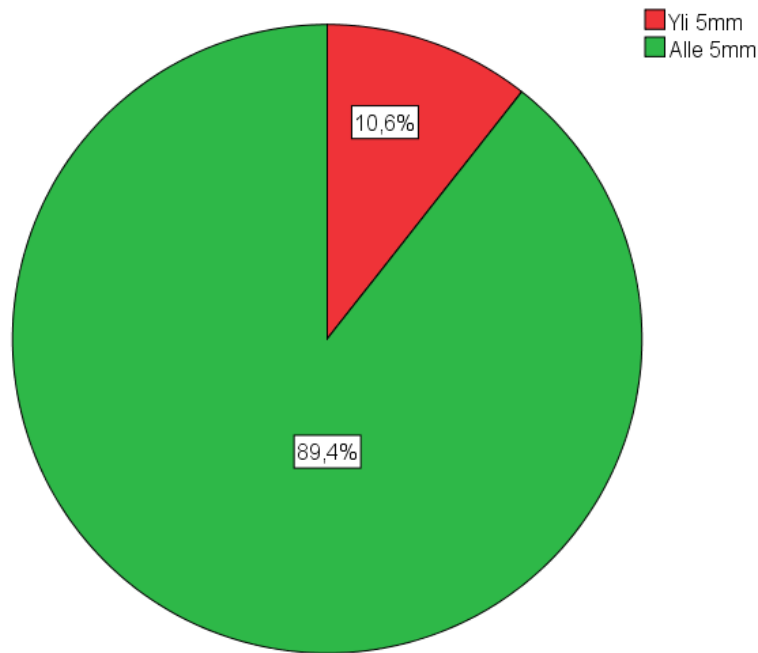
### 9.3 Digitoinnin toistettavuuden parantuminen digitoitaessa elektrodin sisältä

Kolmantena tutkimuskysymyksenä oli selvittää parantaako digitointi EEG-elektrodin sisältä sen toistettavuutta. Vastausta lähdettiin hakemaan koehenkilöiden digitoititiedoista. Työssä vertailtiin elektrodien päältä ja sisältä tehtyjä mittauksia ja niiden toistettavuuksien onnistumisia keskenään. Elektrodien päältä ja sisältä digitoituille arvoille muodostettiin erilliset ympyrädiagrammit (Kuvio 11 ja kuvio 12).

Diagrammista (Kuvio 11) selviää, että digitoitaessa elektrodien päältä 90,4 % toistettavuusmittausten erotuksista oli alle viisi millimetriä ja tämän sallitun rajan ylittää 9,6 %. Elektrodien sisältä digitoitaessa 89,4 % arvoista sijoittuu sallittuihin rajoihin, kun taas 10,6 % ylittää sen (Kuvio 12).



Kuvio 11. Elektrodien päältä digitoitujen toistettavuusmittausten erotusten onnistuminen esitettyinä prosentteina. Hyväksytyissä rajoissa pysyneet erotukset vihreällä, yli rajan menneet erotukset punaisella.



Kuvio 12. Elektrodiin sisältä digitoitujen toistettavuusmittausten erotusten onnistuminen esitettyinä prosentteina. Hyväksytyissä rajoissa pysyneet erotukset vihreällä, yli rajan menneet erotukset punaisella.

#### 9.4 Työohje

Digitointien toistettavuuksien pohjalta saatujen tuloksien lisäksi opinnäytetyöprosessissa syntyi tuotoksena myös työohje MEG-tutkimuksen EEG-osuuteen. Työohjeen kirjoittaminen aloitettiin vasta empiirisen osan päätteeksi, koska toistettavuusmittausten tuloksilla oli merkitystä myös digitoinnin käytännön suoritukseen.

Opinnäytetyön tulosten perusteella huomattiin, että nykyinen käytäntö, jossa digitointi suoritetaan EEG-elektrodiin päältä, on paremmin toistettavissa kuin digitointi elektrodin sisältä. Näin ollen nykyistä käytäntöä ei ollut tarpeellista muuttaa ja se säilytettiin myös työohjeessa sellaisenaan. Sen sijaan huomattiin, että MEG-tutkimus aiheutti joidenkin potilaiden kohdalla muutosta digitointiin. Tästä syystä sovittiin työelämäohjaajan kanssa, että jatkossa digitointi myös MEG-tutkimuksen jälkeen otettaisiin käyttöön osaksi normaalia tutkimusta. Tämä ohjeistus lisättiin myös työohjeeseen. Valmis työohje löytyy opinnäytetyön liitteenä.

## 10 Johtopäätökset ja pohdinta

### 10.1 Tulosten tarkastelu

Tavoitteeksi asetettiin, että 80 % jokaisen opinnäytetyöhön osallistuneen koehenkilön ja potilaan digitointipisteiden eri mittauskertojen erotuksista sijoittuisi alle sallitun rajan eli alle viiden millimetrin. Tavoitearvo perusteltiin sillä, että digitointi on ihmisen tekemä mittaus, joten yksilöllisiä eroja muodostuu väistämättä. Diagrammeista (Kuvio 8 ja kuvio 9) selvisi, että tämä tavoite täyttyi. Koehenkilöiden digitoiduista pisteistä 90.3 % sijoittuu sallitun rajan sisäpuolelle. Potilaiden kohdalla toistettavuus oli 80.4 % eli hie- man koehenkilöiden tulosta alhaisempi. Tilanne saattoi osittain selittyä tutkimuksen tiukalla aikataulutuksella. Samaa kiirettä ei esiintynyt suoritettaessa digitointia koehenkilöille, koska kyseessä ei ollut todellinen tutkimustilanne. Oli kuitenkin huomioitava, että kuudella kahdeksasta potilaasta yli 90 % digitointien toistettavuusmittausten erotuksista pysyi alle viiden millimetrin. Kahden potilaan kohdalla mittaus ei kuitenkaan erinäisistä syistä ollut onnistunut kovin hyvin, mikä vaikutti kokonaistulokseen sitä selvästi madaltaen.

Keskiarvot ja -hajonnat laskettiin erikseen X-, Y- ja Z-akseleille, jotta nähtäisiin onko akselien tulosten välillä eroavaisuutta. Taulukosta (Taulukko 5 ja taulukko 6) nähtiin, jos toistettavuuden keskiarvo olisi ollut jatkuvasti suurin yhdellä tietyllä akselilla. Tällöin olisi voitu pohtia muun muassa digitointitekniikan vaikutusta mittaukseen ja sen parantamista. Saaduista tuloksista voitiin kuitenkin todeta, etteivät akselien tulokset poikenneet merkittävästi toisistaan.

Koehenkilöiden kohdalla keskiarvot ja -hajonnat olivat lähes samansuuruisia, keskiarvojen liikuessa millimetrin 0,00 ja 2,68 millimetrin välillä sekä keskihajontojen ollessa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta alle kahden millimetrin luokkaa. Tästä voitiin päätellä, että vaikka koehenkilöiden digitoinnin suorittivat eri tekijät, ei se kuitenkaan aiheuttanut vaihtelua tuloksiin. Yhden potilaan kohdalla akselien keskihajonnat poikkesivat muiden potilaiden tuloksista huomattavasti. Kyseisen potilaan kohdalla digitoinnin toistettavuus oli 93,9-prosenttisesti onnistunut ja keskiarvot olivat sallituissa rajoissa, joten voitiin päätellä, että suuret keskihajonnat olivat vain muutaman digitointipisteen aiheuttamia vääristymiä.

Potilaiden kohdalla esiintyi myös suurempaa vaihtelua keskiarvojen kesken koehenkilöiden tuloksiin verrattuna. Viidennen potilaan kohdalla huomattiin, että X-akselin keskiarvo ylitti sallitun viiden millimetrin rajan arvolla 5,37 millimetriä. Kyseisen potilaan digitointi oli toistettavissa vain 31,8-prosenttisesti.

Saatujen tulosten perusteella huomattiin, että MEG-tutkimus ei aiheuta huomattavaa muutosta EEG-elektrodien paikkoihin. Kaikkien opinnäytetyöhön osallistuneiden potilaiden kaikista digitointipisteistä 84,5 % oli alle sallitun viiden millimetrin rajan. Näin ollen voidaan todeta, että digitoinnin toistettavuus MEG-tutkimuksen aikana onnistui paremmin kuin kahden peräkkäisen digitoinnin toistaminen. Tämä saattaa selittyä esimerkiksi sillä, että tutkimuksen alussa oli kiire potilaan mahdollisen valvottamisen vuoksi ja digitointi piti tehdä nopeasti. Tulosten erottelusta nähdään, että seitsemällä kahdeksasta potilaista digitoinnin muuttuminen on pysynyt sallituissa rajoissa, joten yhden potilaan tulokset alentavat kokonaisprosenttia.

Keskiarvot ja -hajonnat olivat melkein yhtä suuria, lukuun ottamatta muutamien keskihajontojen poikkeuksia, joissa oli eroa muihin nähden. Keskiarvot liikkuvat 0,11 millimetristä hieman yli neljään millimetriin, eli kaikki niistä sijoituivat alle halutun viiden millimetrin rajan. Keskihajonnat vaihtelivat hieman yli yhdestä millimetristä jopa yli 20 millimetriin. Muiden keskihajontojen sijoituessa lähelle viittä millimetriä tai sen alle, ensimmäisellä ja toisella potilaalla keskihajonnat olivat huomattavasti korkeampia. Ensimmäisen koepotilaan keskihajonta X-akselilla oli 13,54 ja Z-akselilla jopa 21,01 ja toisen potilaan oli Y-akselilla 17,63 sekä Z-akselilla 20,61. Edellä mainitut keskihajonnat eivät kuitenkaan vaikuttaneet kyseisten potilaiden kohdalla digitoinnin toistettavuuden onnistumisprosentteihin, vaan ne pysyivät yli 80 prosentissa saaden arvot 81,8 % ja 93,9 %.

Keskihajontojen erot ovat aiheutuneet muutamista digitoiduista pisteistä, joiden paikat suhteessa akseliin ovat muuttuneet merkittävästi digitointikertojen välillä. Tämän on saattanut aiheuttaa esimerkiksi digitointikynän napin painaminen hieman liian aikaisin tai liian myöhään, jolloin laite tallentaa koneelle virheelliset koordinaatit. Tällaiset inhimilliset virheet ovat väistämättömiä, mutta entistä tarkemmalla työllä ja keskittymisellä ne ovat mahdollisesti poistettavissa.

Digitointitiedoista selvisi, että eniten muuttuivat niiden elektrodien sijainnit, mitkä sijaitsivat parietaali- ja okkipitaalialueilla. Kyseiset alueet sijaitsevat EEG-myssyn takaosas-



sa. Digitointeja koehenkilöille tehdessä opinnäytetyö ryhmä huomasi, että myssy istuu takaosista useimmille ihmisille hieman huonommin, minkä takia sitä jouduttiin teippaamaan myös enemmän. Tämä saattaa olla yksi syy kyseiselle vaihtelulle. On otettava kuitenkin huomioon, että potilaita osallistui tutkimukseen suhteellisen pieni joukko. Suuremmalla otoksella yli viiden millimetrin menneet toistettavuusmittausten erot olisivat saattaneet jakautua selkeämmin, joko korostaen tästä työstä saatua havaintoa tai vastavaroisesti vähentäen sen merkitystä.

Tuloksista selvisi, että digitointi elektrodin sisältä ei paranna toistettavuutta. Sen sijaan tulokset osoittavat, että digitoitaessa elektrodien päältä toistettavuus on parempi, vaikkakin vain yhden prosentin erolla. Tämä ero saattaa johtua muun muassa yksilöllisistä eroista mittaustilanteissa, esimerkiksi kiireestä. EEG-myssyn teippaus on saattanut vaikuttaa elektrodin sisältä suoritettujen digitoinnin toistettavuuteen, koska tällöin kynän kärki piti työntää paksun teippikerroksen läpi. Teippaus oli kuitenkin välttämätöntä myssyn istuvuuden ja paikalla pysymisen varmistamiseksi. Tulosten perusteella voidaan todeta, että tämänhetkinen mittaustyyli elektrodin päältä voidaan säilyttää jatkossakin. Paremman toistettavuuden lisäksi elektrodin päältä digitoiminen on helpompaa ja nopeampaa kuin elektrodin sisältä.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että digitoinnin toistettavuus pysyi halutuissa rajoissa, eli yli 80 % digitointipisteiden erotuksista muuttui alle viisi millimetriä. Elektrodien paikat eivät myöskään muuttuneet merkittävästi MEG-tutkimuksen aikana, vaan muutokset pysyivät sallittujen rajojen sisäpuolella. Tuloksista selvisi myös, että digitointi elektrodin sisältä ei paranna toistettavuutta, vaan nykyinen digitointitekniikka on paremmin toistettavissa. Näin ollen kaikkiin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset.

## 10.2 Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi

Opinnäytetyön alussa käytiin läpi työelämän odotukset työltä sekä sen lähtökohta. Työelämäohjaajan kanssa myös suunniteltiin etukäteen itse prosessi ja mitä se pitäisi sisällään. Työtä varten haettiin tutkimuslupaa, jotta opinnäyte pystyttiin aloittamaan HUS:n tiloissa. Eettistä lupaa ei haettu, koska se olisi saattanut viedä monta kuukautta. Tästä syystä työelämäohjaaja Jari Kainulainen suoritti kaikki potilasmittaukset.

Jokaiselle opinnäytetyöhön osallistuvalla potilaalla annettiin luettavaksi ja allekirjoitettavaksi informaatiolomake, jonka allekirjoittaessaan he antoivat suostumuksensa tutki-

mukseen osallistumisesta. Hyväksytyt informaatiolomakkeet jäivät työelämäohjaajalle, joten nimet tai henkilötunnukset eivät tulleet opinnäytetyöryhmälle asti. Käsittelemällä pelkästään digitointitietoja potilaiden anonymiteetti säilyi. Koordinaatit saatiin siirrettyä digitointitietojen käsittelyohjelmasta suoraan Exceliin ja sitä kautta SPSS Statistics ohjelmaan, joten inhimillisiltä näppäilyvirheiltä vältyttiin. Myös ryhmän koosta oli hyötyä, koska näin ollen kaikki tulokset sekä myös mahdolliset virheet käytiin läpi kolmesti.

Tutkimusta aloitettaessa ei ollut tarkkaa tietoa siitä, kuinka hyvin digitointi on toistettavissa. Tämä vaikutti siihen, että varsinaisia mittareita oli työlle vaikea asettaa. Kyseessä on ihmisen käsin suorittama mittausta, joten eroja syntyy väistämättä digitointitilanteiden muuttuessa. Tavoitteeksi opinnäytetyössä asetettiin, että 80 % digitoiduista pisteistä asetuu sallittuihin rajoihin.

Opinnäytetyöryhmällä ei ollut aiempaa kokemusta digitoinnista, joten työelämäohjaaja oli kaikkien koehenkilöiden kohdalla mukana seuraamassa digitoinnin tekemistä. Tällä varmistettiin, että käytännön suoritus tapahtuu oikein, eikä virheellisiä tuloksia synny esimerkiksi väärästä digitointitekniikasta johtuen. Kokemuksen puute ei näkynyt tuloksissa, sillä opinnäytetyöryhmän tekemien digitointien toistettavuus oli samaa luokkaa kuin työelämäohjaajan tekemien mittausten.

Digitoinnin toistokertoja olisi voinut tehdä enemmän, sillä suurempi otos takaisi luotettavampia sekä paremmin yleistettävissä olevia tuloksia. Näin muun muassa keskiarvoista olisi voinut saada tarkempia ja suuremmat heilahdukset olisi saatu minimoitua. Suuremmasta digitointimäärästä olisi voinut olla hyötyä myös selvittäessä ovatko jotkut tietyt elektrodit heikommin toistettavissa kuin toiset. Tässä työssä ei kuitenkaan ollut resursseja suuremman digitointitietomäärän läpikäyntiin.

### 10.3 Yhteenveto

Opinnäytetyön aihe oli tärkeä, koska digitoinnin toistettavuutta ei ole HUS:lla aikaisemmin tutkittu. Aikaisempia tutkimuksia aiheesta ei löydetty. Näin ollen ei voitu olla varmoja, onko digitointi toistettavissa peräkkäisillä mittauseroilla sekä muuttuuko EEG-elektrodien paikat MEG-tutkimuksen aikana. Elektrodien paikkojen muuttumattomuus MEG-tutkimuksen aikana on tärkeää, sillä digitoidut pisteet voidaan myöhemmin liittää esimerkiksi MRI-kuviin epileptisen purkauksen tarkan paikan löytämiseksi.

Opinnäytetyön tarkoitus tiivistettiin kolmeen tutkimuskysymykseen, joiden avulla selvitettiin onko MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävän EEG:n digitointi toistettavissa, miten digitointi muuttuu MEG-tutkimuksen aikana sekä parantaako elektrodin sisältä tehty digitointi sen toistettavuutta. Opinnäytetyössä saaduista tuloksista selvisi, että tavoitteisiin päästiin ja tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset.

Jos EEG-elektrodien paikat muuttuvat selkeästi MEG-tutkimuksen aikana, ei digitoinnista ole enää hyötyä purkauksen todellisen lähtöpaikan paikannuksessa. Myöskään MEG-tutkimuksen alussa tehdyt herätevastetutkimukset eivät tällöin ole luotettavia. Opinnäytetyöstä saatujen tulosten perusteella digitointi MEG-tutkimuksen jälkeen otettiin käyttöön osaksi normaalia käytäntöä. Jos selviää, että EEG-elektrodien paikat ovat muuttuneet merkittävästi MEG-tutkimuksen aikana, voidaan digitoinnin teknistä suoritusta pitää epäonnistuneena. Tämä vaikuttaa siihen, voidaanko EEG:stä saatuja tuloksia käyttää osana virallista lausuntoa.

Opinnäytetyön työstämisvaiheessa MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävään EEG:hen ei ollut olemassa kirjallisia työohjeita, jonka vuoksi ohjeiden laatiminen oli osa opinnäytetyötä. Työohjeen sisältö käytiin alussa tarkasti läpi työelämänohjaajan kanssa, mikä helpottikin loogisen ja johdonmukaisen ohjeen laatimista. Taustatukea saatiin ohjaajalta myös läpi koko kirjoitusprosessin, koska ryhmällä ei ollut tutkimuksen suorittamisesta aikaisempaa käytännön kokemusta.

Ohjeen työstäminen oli haastavaa, mutta mielenkiintoista. Haasteita työohjeen kirjoittamiseen toi muun muassa se, että opinnäytetyön empiirisessä vaiheessa digitointien yhteydessä EEG-myssy laitettiin koehenkilöille ilman pastoja ja kontaktiaineita. Tutkimuksen kannalta se olisi ollut turhaa ja aikaa vievää, sillä koehenkilöiltä ei kuitenkaan rekisteröity EEG:tä. Näin ollen EEG:n alkuvaiheita koskeva osa työohjeesta kirjoitettiin työelämänohjaajan neuvojen sekä aikaisemmin opittujen tietojen perusteella. Koska työohjeet ja laatu ovat tärkeässä osassa bioanalytiikan työnkuvaa, oli hyödyllistä päästä miettimään tarkemmin, mistä hyvä työohje koostuu.

Tulokset pyrittiin esittämään mahdollisimman selkeästi ja yksinkertaisesti. Lopulta päädyttiin havainnollistamaan saatuja tuloksia ympyrädiagrammeihin ja taulukoihin. Jokaiseen tutkimuskysymykseen vastattiin samalla tyylillä johdonmukaisuuden säilyttämiseksi. Tulokset analysoitiin pääosin Excel -ohjelmalla mutta esimerkiksi diagrammit tehtiin

käyttäen SPSS Statistics ohjelmaa. Tulosten esittelyyn valitut menetelmät antoivat vastaukset tutkimuskysymyksiin.

Opinnäytetyötä työstettiin tavallista nopeammassa aikataulussa, joka olikin työn yksi suurimmista haasteista. Päätöksiä jouduttiin tekemään nopeasti, jonka pelättiin heijastuvan monipuolisten näkökulmien suppeutena. Tutkimuksen kannalta olisi ollut kannattavaa, että potilaita ja koehenkilöitä olisi ollut vielä enemmän. Valitettavasti aikataulusta johtuen työhön ei saatu enempää osallistujia. Myös aikaisempien tutkimusten puute muodostui yhdeksi haasteeksi tuloksia tulkitessa, sillä ei ollut mitään mihin niitä olisi voinut verrata. Työn etenemistä helpottamaan pyrittiin suunnittelemaan olosuhteisiin nähden mahdollisimman tarkka aikataulu ja työnjako. Kattavan tiedonhaun ja työelämästä saadun asiantuntevan tuen avulla opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin.

Opinnäytetyö oli opettava prosessi, jonka aikana päästiin syventämään taitoja tieteellisen tekstin kirjoittamisessa sekä kriittisessä arvioinnissa. Prosessi antoi mahdollisuuden syvempään perehtymiseen kliinisen neurofysiologian osa-alueella. Aihe on kuitenkin hyvin laaja ja monimuotoinen, joten opittavaa on vielä paljon. Ryhmä kokee saavuttaneensa työlle asetetut henkilökohtaiset tavoitteet, joita oli muun muassa projektin suunnittelussa ja työstämisessä kehittyminen.

Tulevaisuudessa voisi tutkia toistettavuutta suuremmilla potilasmäärillä. Tutkimuksen voisi esimerkiksi rajata koskemaan vain MEG-tutkimuksen yhteyttä toistettavuuteen. Vaihtoehtoisesti myös peräkkäisten mittausten toistettavuutta voisi tutkia lisää tekemällä useampia toistettavuusmittauksia kuin mitä tässä työssä tehtiin. Näin yksittäiset suuremmat arvot eivät pääsisi vääristämään kokonaisarvoja. Tämän opinnäytetyön tulokset antavat kuitenkin hyvän käsityksen digitoinnin toistettavuudesta. Hyvä tutkimusalue olisi myös digitointisilmälasikehysten liikkumisen vaikutus tuloksiin. Digitointitilanteessa silmälasikehykset oli teipattava tiukasti paikoilleen, etteivät ne liikkuisi mittauksen aikana. Pientä liikettä kuitenkin väistämättä tapahtui, sillä osa elektrodeista jäi sankojen alle ja olivat tästä syystä vaikeasti digitoitavissa. Heräsikin ajatus, olisiko silmälasikehyksiin kiinnitetylle vastaanottimelle jokin parempi kiinnitysvaihtoehto.

## Lähteet

Abou-Khalil, Bassel – Misulis, Karl E. 2006. Atlas of EEG & Seizure Semiology. Elsevier, Inc. USA.

Aivosähkökäyrä EEG. HUS Yhtymähallinnon viestintäosasto. 2014. Verkkodokumentti. <[www.hus.fi](http://www.hus.fi)>. Luettu 22.9.2014

Aivotutkimusyksikkö 2008. Kylmälaboratorio. Teknillinen korkeakoulu. Aivotutkimuksen menetelmiä. Verkkodokumentti.<<http://neuro.hut.fi/aivokummit/index.html>>. Luettu 22.9.2014.

Atula, Sari 2013. Epilepsia aikuisella. Lääkärikirja Duodecim. Kustannus Oy Duodecim. Verkkodokumentti. <[http://www.terveyskirjasto.fi/terveysportti/tk.koti?p\\_artikkeli=dlk00012](http://www.terveyskirjasto.fi/terveysportti/tk.koti?p_artikkeli=dlk00012)>. Luettu 23.9.2014

Bendel, Stepani - Jäkälä, Pekka - Koivisto, Timo 2014. Status epilepticus. Anestesiologia ja tehohoito. Kustannus Oy Duodecim. Verkkodokumentti. <[http://www.terveysportti.fi.ezproxy.metropolia.fi/dtk/oppi/koti?p\\_artikkeli=inf04495&p\\_selaus=15355](http://www.terveysportti.fi.ezproxy.metropolia.fi/dtk/oppi/koti?p_artikkeli=inf04495&p_selaus=15355)>. Luettu 24.9.2014

Commission on Classification and Terminology 2014. International League Against Epilepsy. Verkkodokumentti. <<http://www.ilae.org>>. Luettu 1.10.2014

EEG Cap Instructions.

<[http://www.martinos.org/meg/manuals/EEG\\_Cap\\_Instructions.pdf](http://www.martinos.org/meg/manuals/EEG_Cap_Instructions.pdf)> Luettu 30.9.2014

Elektroenkefalografia (EEG), valveilla 2013. Tutkimusohjekirja. HUSLAB, Hus kuvantaminen. Päivitetty 18.12.2013. <<http://huslab.fi/ohjekirja/1287.html>>. Luettu 12.10.2014

Epilepsia-kohtauksen oireet 2014. Epilepsia liitto. Verkkodokumentti. <[http://www.epilepsia.fi/epilepsialiitto/epilepsialiiton\\_ajankohtaista/tietoa\\_epilepsiaasta/epilepsia-kohtausten\\_oireet](http://www.epilepsia.fi/epilepsialiitto/epilepsialiiton_ajankohtaista/tietoa_epilepsiaasta/epilepsia-kohtausten_oireet)> . Luettu 23.9.2014

Epilepsiat (aikuiset) 2014. Suomalainen lääkäriseura Duodecim. Käypähoito-suositus. <<http://www.kaypahoito.fi>>. Luettu 23.9.2014

Ettl, Svenja - Ramppb, Stefan - Fouladi-Movahedb, Sarah - S. Dalalc, Sarang - Willo-mitzera, Florian - Arolda, Oliver - Stefanb, Hermann - Häuslera, Gerd 2013. Improved EEG source localization employing 3D sensing by "Flying Triangulation". Saksa.

Forss, Nina 2003. Magnetoencefalografia kliinikon apuna. Katsausartikkeli. Duodecim 119 (17). 1645–1653. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.ebm-guidelines.com/xmedia/duo/duo93760.pdf>>. Luettu 26.9.2014

Hari, Riitta 2001. Magnetoencefalografia aivotutkijan työkaluna. Äyräpää-luento. Duodecim. 117 (7), 681–688. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.ebm-guidelines.com/xmedia/duo/duo92164.pdf>>. Luettu 26.9.2014

Hauser, Stephen L. - Josephson S. Andrew 2013. Harrison's neurology in clinical medicine (3rd Edition). McGraw-Hill Education. Kiina

Immonen, Arto – Kälviäinen, Reetta - Gaily, Eija – Blomstedt, Göran 2008. Kuka hyötyy epilepsiakirurgiasta? Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. 124 (20), 2383-2391. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/uusinnumero;jsessionid=610D4ED55DD9356D35D68558DE0B4598?p\\_p\\_id=Article\\_WAR\\_DL6\\_Articleportlet&\\_Article\\_WAR\\_DL6\\_Articleportlet\\_viewType=viewArticle&\\_Article\\_WAR\\_DL6\\_Articleportlet\\_tunnus=duo97584](http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/uusinnumero;jsessionid=610D4ED55DD9356D35D68558DE0B4598?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_viewType=viewArticle&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_tunnus=duo97584)>. Luettu 16.10.2014

Kainulainen, Jari 2014. Suullinen ja kirjallinen tiedonanto. Helsinki.

Keränen, Tapani 2014. Epilepsia sairautena. Lääketieteellinen farmakologia ja toksikologia. Kustannus Oy Duodecim. Verkkodokumentti. <[http://www.terveysportti.fi.ezproxy.metropolia.fi/dtk/oppi/avaa?p\\_artikkeli=lft00102&p\\_haku=epilepsia](http://www.terveysportti.fi.ezproxy.metropolia.fi/dtk/oppi/avaa?p_artikkeli=lft00102&p_haku=epilepsia)>. Luettu 17.9.2014

Khosla, Deepak - Don, Manuel - Kwong, Betty 1999. Spatial mislocalization of EEG electrodes – effects on accuracy of dipole estimation. Clinical Neurophysiology. 110, 261-271. Elsevier. USA.

Koessler, L. - Maillard, L. - Benhadid, A. - Vignal, J.-P. - Braun, M. - Vespianani, H. 2007. Spatial localization of EEG electrodes. Clinical Neurophysiology. 37, 97-102 Elsevier Masson SAS. Ranska.

Kotila, Mervi 2007. Epilepsia. TherapiaFennica.fi. Verkkodokumentti.  
<<http://www.therapiafennica.fi/wiki/index.php?title=Epilepsia>>. Luettu 5.9.2014

Kälviäinen, Reetta 2010. Aikuinen ja epilepsia. Epilepsialiitto. Verkkodokumentti  
<[http://www.epilepsia.fi/files/1239/Aikuisenepilepsia\\_21122010\\_valmis.pdf](http://www.epilepsia.fi/files/1239/Aikuisenepilepsia_21122010_valmis.pdf)>. Luettu 2.10.2014

Lang, Heikki – Häkkinen, Veikko – Larsen, T.Andreo – Partanen, Juhani - Tolonen, Uolevi 1994. Sähköiset aivomme. Painokiila Ky. Turku.

Magnetoencefalografia MEG. 2014. HUS Yhtymähallinnon viestintäosasto. Verkkodokumentti. <[www.hus.fi](http://www.hus.fi)> Luettu 22.9.2014

Magnetoencefalografia MEG, erikoistutkimus. 2014. HUS Kuvantaminen. Tutkimusohjekirja. <<http://huslab.fi/ohjekirja/4917.html>> Luettu 22.9.2014

Mitä epilepsia on 2014. Epilepsia liitto. Verkkodokumentti.  
<[http://www.epilepsia.fi/epilepsialiitto/yhdistykset\\_ja\\_aluetoiminta/epilepsiyhdistykset/rauman\\_seudun\\_epilepsiyhdistys/keita\\_olemme/mita\\_epilepsia\\_on](http://www.epilepsia.fi/epilepsialiitto/yhdistykset_ja_aluetoiminta/epilepsiyhdistykset/rauman_seudun_epilepsiyhdistys/keita_olemme/mita_epilepsia_on)> Luettu 23.9.2014

Mumenthaler, Mark – Mattle, Heinrich 2004. Neurology. Georg Thieme. New York

Neuromaq 1998. Data acquisition. User's manual, Version 4.1. Luettu 30.9.2014

Neuromaq 1999. VECTORVIEW™EEG User's manual. Luettu 16.10.2014

Partanen, Juhani – Falck, Björn – Hasan, Joel – Jäntti, Ville – Salmi, Tapani – Tolonen, Uolevi (toim.) 2006. Kliininen Neurofysiologia. Kustannus Oy Duodecim. Helsinki.

Purves, Dale - Augustine, George J. - Fitzpatrick, David - Hall, William J. - LaMantia, Anthony-Samuel - McNamara, James O. - White, Leonard E. 2008. Neuroscience. Fourth edition. Sinauer Associates, Inc. U.S.A.

Soinila, Seppo–Kaste, Markku–Somer, Hannu (toim.) 2006. Neurologia. Duodecim. Helsinki.

Ullmann, H.F. 2009. Opas anatomiaan. Elsevier GmbH. München.

Ylinen, Aarne - Sillanpää, Matti 2008. Epilepsia ja kuntoutus. Kuntoutus. Kustannus Oy Duodecim. Verkkodokumentti.  
<[http://www.terveysportti.fi.ezproxy.metropolia.fi/dtk/oppi/avaa?p\\_artikkeli=kun00301&p\\_haku=neurologia](http://www.terveysportti.fi.ezproxy.metropolia.fi/dtk/oppi/avaa?p_artikkeli=kun00301&p_haku=neurologia)>. Luettu 17.9.2014



EEG-elektrodi kartta

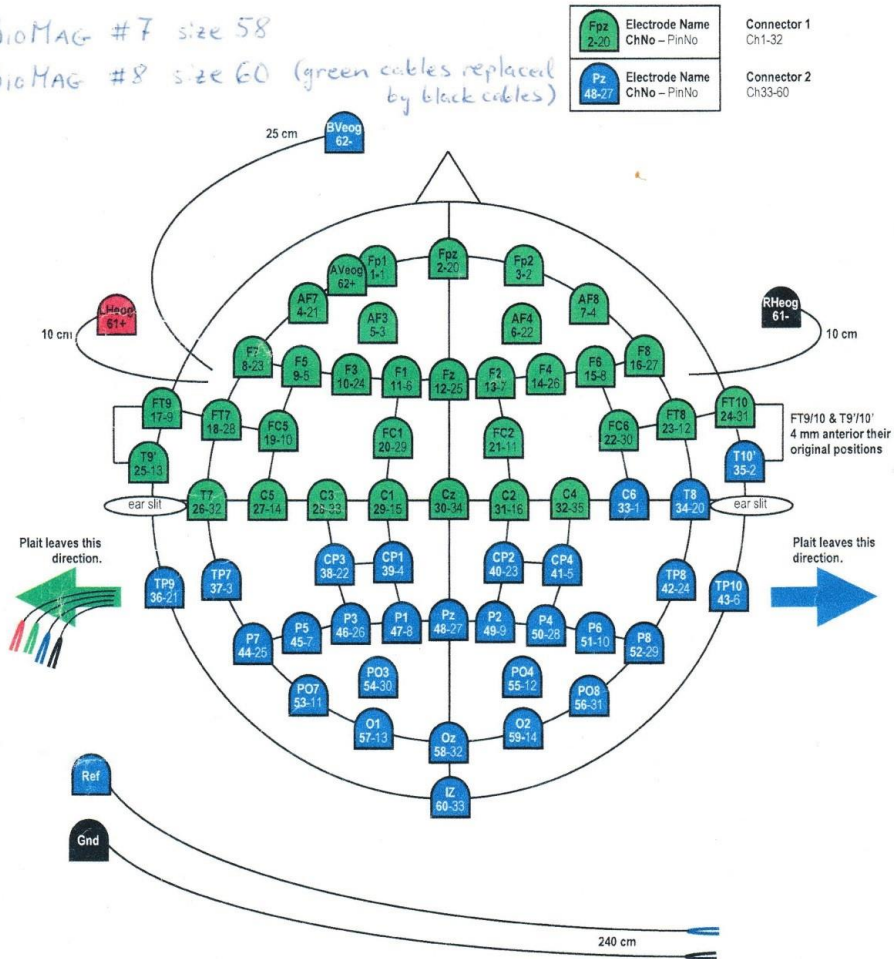


MEG-Compatible Fast'n Easy EEG Recording Cap, 60 Channels, 2 Bipolar Channels, Ref, Gnd for BioMag Laboratory, HUSLAB, Helsinki University Central Hospital, February 2011

Catalogue Number FE60-#-MEG-X4 (please replace "#" by cap size)

BIO-MAG #7 size 58

BIO-MAG #8 size 60 (green cables replaced by black cables)



## Informaatiolomake

### Suostumus tutkimukseen osallistumisesta

Arvoisa MEG-tutkimukseen saapuva

Olette olleet hoidossa Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirissä (HUS). Hoitoon perustuen otamme teihin yhteyttä tutkimustarkoituksessa.

Olemme kolmihenkinen ryhmä bioanalyttikko-opiskelijoita Metropolia ammattikorkeakoulusta. Ryhmäämme kuuluu Miida Koponen, Heidi Kurkinen ja Emmi Vehola. HUS:ssa on annettu lupa suorittaa terveydenhuollon ammattikorkeakouluopintoihin kuuluva opinnäytetyöksi tarkoitettu tutkimus: MEG-tutkimuksen yhteydessä tehtävän EEG:n digitointi. Työssä paneudumme magnetoenkefalografian (MEG) yhteydessä tehtävään elektroenkefalografiaan (EEG), sekä sen teknisen suorituksen laatuun.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä digitoinnin rinnakkaismittauksia ennen ja jälkeen MEG – tutkimuksen ja sitä kautta tehdä päätelmiä digitoinnin onnistumisesta. Digitoinnilla tarkoitetaan pään asennon tarkkaa hahmottamista suhteessa MEG-laitteeseen. Tuloksilla on merkitystä opinnäytetyön tuotoksena syntyvään työohjeeseen koskien MEG – tutkimuksen EEG-osuutta. Tutkimuksen suorittajana toimii laboratoriohoitaja Jari Kainulainen.

Aiomme suorittaa kaksi digitointia ennen MEG-tutkimustanne ja kaksi sen jälkeen. Digitoinnin rinnakkaismittaukset eivät vaikuta tutkimukseenne kulkuun, sillä digitointi on yksi osa MEG-tutkimuksen valmistelua. Näin ollen tutkimuksemme vie vain muutaman minuutin teidän ajastanne normaalin tutkimuksen lisäksi. Keräämme opinnäytetyötämme varten noin 10 potilaan digitointitiedot. Kaikki teiltä tutkimuksen aikana kerättävät tiedot käsitellään luottamuksellisina ilman nimeänne tai muita tietoja henkilöllisyydestänne.

Tähän tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista. Osallistuminen tai osallistumatta jättäminen ei vaikuta hoitoon HUS:ssa nyt tai tulevaisuudessa.

Halutessanne voitte pyytää lisätietoja tutkimuksen suorittajalta Jari Kainulaiselta ([jari.kainulainen@hus.fi](mailto:jari.kainulainen@hus.fi)) tai opinnäytetyömme projektipäälliköltä Miida Kopolalta ([miida.koponen@metropolia.fi](mailto:miida.koponen@metropolia.fi)).

Olen perehtynyt tämän lomakkeen sisältöön, joka koskee suostumustani tutkimukseen osallistumisesta. Olen ymmärtänyt lomakkeen asiasisällön ja hyväksyn tutkimukseeni liitettävät ylimääräiset digitointikerrat.

Paikka ja päiväys

Allekirjoitus ja nimenselvennys

---

## Informaatiolomake englanniksi

### Consent to participation to the Thesis

You have been treated by The Hospital District of Helsinki and Uusimaa (HUS). We are contacting you in regards to this examination.

We are three-person group of biomedical laboratory science-students from Helsinki Metropolia University of Applied Sciences. Our group consists of Miida Koponen, Heidi Kurkinen and Emmi Vehola. HUS has given us the permission to do this examination which is part of our studies. In this project we are digitizing the EEG made during the MEG-examination. In our study we focus electroencephalography (EEG) which is made in the context of magnetoencephalography (MEG) and to the quality of its technical performance.

The meaning of this project is to make digitizing measurements before and after the MEG examination and that way make conclusions about the success of the digitizing. The purpose of digitizing is to perceive heads position to MEG-equipment. The results are important and they are used for the work instruction which is also part of our Thesis. Medical laboratory technologist Jari Kainulainen is performing this examination.

We are planning to perform 2 digitizings before and 2 after your examination. The digitizing measurements do not affect significantly to your examination itself since digitizing is a part of the MEG preparation. Hence our examination will only take an extra couple of minutes on top of your normal examination. We will collect the digital data of 10 patients for this project. All information collected from you will be highly confidential and anonymous.

Participating in this research is voluntary. Whether you decide to participate or not it will not affect your future treatments in HUS

In case you need further information please contact Jari Kainulainen ([jari.kainulainen@hus.fi](mailto:jari.kainulainen@hus.fi)) or the project manager Miida koponen ([miida.koponen@metropolia.fi](mailto:miida.koponen@metropolia.fi)).

I have read this form which is about my consent to be part of this study. I have understood the content of this form and I approve extra digitizing in my examination.

Place and date  
signature

Signature and clarification of

---

## Työohje

# MEG:n yhteydessä tehtävän EEG:n työohje

## Sisällysluettelo

|       |                                  |   |
|-------|----------------------------------|---|
| 1     | Valmistautuminen tutkimukseen    | 2 |
| 1.1   | Tilat ja laitteet                | 2 |
| 1.2   | Henkilökunta                     | 2 |
| 2     | Tutkimuksen suorittaminen        | 2 |
| 2.1   | Laitteasetukset                  | 2 |
| 2.2   | Mitattavat muuttujat             | 2 |
| 2.3   | Käytännön suoritus               | 3 |
| 2.3.1 | EEG-myssyn laitto                | 3 |
| 2.3.2 | HPI-kelat ja muut elektrodit     | 3 |
| 2.3.3 | Digitointi                       | 4 |
| 2.4   | Mittausvälineiden jälkikäsittely | 6 |
|       | Liite 1                          |   |
|       | Liite 2                          |   |
|       | Liite 3                          |   |

## 1 Valmistautuminen tutkimukseen

### 1.1 Tilat ja laitteet

[\\husnasabe\yhteiset\7440\\_Lablaatu\lablaatu\\_kl\\_neurofysiologia\Ohjeet\\_ja\\_kuvaukset\Työpistekuvaukset\Yksikkökoht\\_Työpistekuvaukset\Meilahti\MEG\\_työpistekuvaus\\_KNF.doc](\\husnasabe\yhteiset\7440_Lablaatu\lablaatu_kl_neurofysiologia\Ohjeet_ja_kuvaukset\Työpistekuvaukset\Yksikkökoht_Työpistekuvaukset\Meilahti\MEG_työpistekuvaus_KNF.doc)

### 1.2 Henkilökunta

Tutkimuksen suorittaa yleensä yksi hoitaja. Toinen hoitaja voi avustaa, mikäli potilas on levoton, yhteistyökyvytön tai huonokuntoinen. Mahdollisissa ongelmatilanteissa konsultoidaan KNF -lääkärinä tai KNF -osaston fyysikköä, joka on käytettävissä arkisin virka-aikaan.

## 2 Tutkimuksen suorittaminen

### 2.1 Laitteasetukset

**Linkki menetelmäohjeisiin**

### 2.2 Mitattavat muuttujat

LPA (vasen preaurikulaaripiste)

RPA (oikea preaurikulaaripiste)

Nasion

HPI-kelat                      4 kappaletta

EEG- elektrodit              1-32 tai 1-60 (Mikäli EEG –myssy mahtuu MEG-kypärään)

Referenssi-elektrodi        REF

Ground-elektrodi            GND

Bipolaarikanavat:

|            |                    |
|------------|--------------------|
| EOG-kanava | EEG061- ja EEG061+ |
| EKG        | EEG062- ja EEG062+ |
| EMG (DX)   | EEG063- ja EEG063+ |
| EMG (SN)   | EEG064- ja EEG064+ |

### 2.3 Käytännön suoritus

Aluksi täytetään MEG-tutkimukseen liittyvä mittauspöytäkirja potilaan haastattelun ja muiden tutkimukseen liittyvien tietojen perusteella.

#### 2.3.1 EEG-myssyn laitto

Potilas istuu suorituksen ajan tuolissa. EEG-myssy valitaan pään ympärysmittan mukaan. Mahdollisia kokoja on 52 senttimetristä 60 senttimetriin (Koot kahden cm välein). Asetettaessa myssyä päähän on varmistettava vain Cz-elektro-

din sijoittuminen oikealle paikalleen, jolloin muiden elektrodien paikkoja ei tarvitse erikseen mitata. Tämän jälkeen myssy vedetään potilaan päähän ja kiinnitetään leuan alta. Cz-elektrodin tarkka paikka saadaan mittaamalla nasion-inion –mitta sekä vasemman- ja oikean preaurikulaaripisteen välinen mitta. Cz-elektrodi sijoittuu näiden mittojen leikkauspisteen. Leukaremmiin ja leuan väliin asetetaan taitos estämään hankaumia. Jokainen EEG-elektrodi käydään vuorotellen läpi tehden hiuksiin jakausta ja hankaamalla ihoa kontaktiaineeseen (OL-elektrodipasta) kostutetulla vanutikulla hyvän kontaktin saavuttamiseksi. Lopuksi elektrodit täytetään Grassin pastalla (EC2® Genuine Grass Electrode Cream).

#### 2.3.2 HPI-kelat ja muut elektrodit

Potilaan kasvoille asetetaan silmänliikkeitä mittaavat EOG-elektrodit, toinen oikeaan ohimoon kulmakarvan viereen ja toinen vasempaan poskipäähän. Lisäksi solisluiden



korkeudelle laitetaan EKG:tä mittaamaan kaksi elektrodiä: Aktiivielektrodi (positiivinen) vasemmalle puolelle ja referenssi (negatiivinen) oikealle puolelle. (poistetaan kuolleet epiteelisolukko ensin ihonkarhentimella). Potilaan molempiin käsiin laitetaan EMG-elektrodit. EMG-aktiivielektrodi (+) thenariin opponens pollicis lihaksen päälle ja EMG-referenssielektrodi (-) peukalon varteen (phalanx proximalis). Ground-elektrodi asetetaan kaulan vasemmalle puolelle. Myöhemmässä vaiheessa edellä mainittujen lisäksi potilaan nenään laitetaan vielä referenssi-elektrodi potilaan ollessa jo MEG-huoneessa.

Kun kaikki elektrodit ovat paikallaan, myssy teipataan napakaksi niin, ettei se pääse liikkumaan tutkimuksen aikana. Potilaalta varmistetaan, että myssy ei ole (kuitenkaan) liian kireällä. Kun myssy on päässä, teipataan siihen kiinni neljä HPI-kelaa. Kelojen avulla onnistuu pään asennon tarkka mittaaminen suhteessa MEG-laitteeseen. Kelat asetellaan kiertämään päätä oikealta vasemmalle sovitussa järjestyksessä (sininen, valkoinen, punainen, musta). Kelat eivät saa olla liian symmetrisesti toisiinsa nähden.

### 2.3.3 Digitointi

Ennen digitoinnin aloittamista potilaalle laitetaan vielä päähän digitointisilmälasikehykset (goggles), joissa on kiinni yhtenä vastaanottimena toimiva anturi. Kehykset voidaan tarvittaessa teipata otsaan kiinni, jotta ne eivät liikkuisi digitoinnin aikana. Seuraavaksi suoritetaan digitointi, jonka tarkoituksena on muodostaa tutkittavan päästä malli tietokoneelle kolmiulotteiseen koordinaatistoon. Digitoinnin ajan tutkittava istuu puisessa tuolissa, johon on kiinnitetty digitointilaitteiston lähetin. Itse digitointi suoritetaan kynän muotoisella laitteella, joka toimii silmälasikehyksiin kiinnitetyn anturin lisäksi vastaanottimena.

Ensiksi digitoidaan pään anatomiset maamerkit seuraavassa järjestyksessä: LPA, Nasion, RPA. Vasemman ja oikean preaurikulaaripisteen ero saa olla enintään 5mm. Tämän jälkeen digitoidaan kelat edellä mainitussa järjestyksessä lähtien liikkeelle pään oikealta puolelta. Lopuksi digitoidaan EEG-elektrodit aloittaen referenssielektrodista (mitataan nenän varresta, ei varsinaista elektrodiä vielä tässä vaiheessa) ja jatkaen elekt-

rodikartan (Liite 1) mukaisessa järjestyksessä. Kuvassa (Kuvio 1) on esimerkki siitä, miltä digitoidut pisteet näyttävät tietokoneen ruudulla. Ohjeet digitointitietojen tallennuksesta löytyy liitteistä (Liite 2).

Digitointi toistetaan MEG –mittauksen jälkeen, jotta saadaan selville, onko elektrodien paikat liikkuneet tutkimuksen aikana.

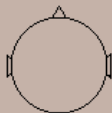
### Coordinate frame alignment

Align frame

**Nasion**  
x = 0.0 mm  
y = 101.8 mm  
z = 0.0 mm

Status?

**LPA**  
x = -76.4 mm  
y = 0.0 mm  
z = -0.0 mm

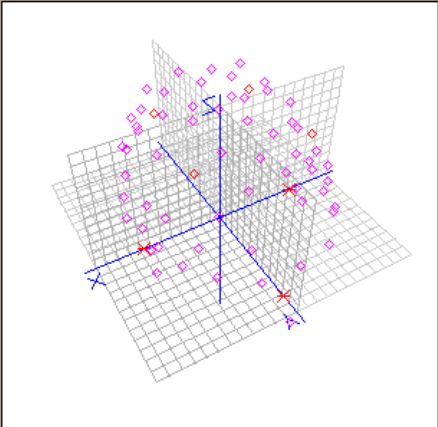


**RPA**  
x = 76.5 mm  
y = 0.0 mm  
z = -0.0 mm

### HPI coils

| Coil # 1     | Coil # 2     | Coil # 3     | Coil # 4     |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| x = 47.8 mm  | x = 49.1 mm  | x = -55.7 mm | x = -54.6 mm |
| y = 46.3 mm  | y = -12.2 mm | y = -44.9 mm | y = 45.3 mm  |
| z = 106.5 mm | z = 123.3 mm | z = 93.2 mm  | z = 103.3 mm |

### Digitized data

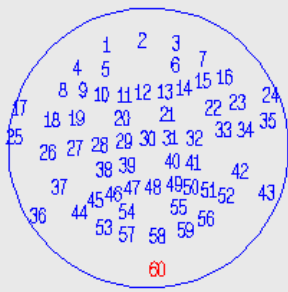


60
500

R/mm

### EEG electrodes

Ref.



◀ ▶
EEG ref
Sequential ▾

### Additional data

No distance computed

Man.
Pen
Delete
Dist?

Ready for OK!

OK
Cancel
Help

Kuvio 1. Digitoidut pisteet 3D-koordinaatistossa tietokoneella

#### 2.4 Mittausvälineiden jälkikäsittely

Elektrodimyssy ja HPI -kelat pestään lämpimällä yleispesuaineliuoksella ja harjalla. Mikäli HPI-kehoihin tarttunut liima ei lähde pelkällä yleispesuaineliuoksella, voidaan se poistaa esimerkiksi asetonin avulla. Potilaaseen kiinnitetyt kertakäyttöelektrodit hävitetään sekajätteen mukana. Digitointilasit ja digitointikynä pyyhitään desinfektioaineella. Eristyspotilaan kohdalla noudatetaan välinedesinfektio-ohjeita HUS:n hygieniakansios-  
ta.

# Työohjeen liitteet

(Liite 1)



EASYCAP GmbH  
Steingrabenstrasse 14  
DE-82211 Herrsching  
Germany  
Delivery Address: Walchstadter Strasse 8a, 82266 Inning a. A.

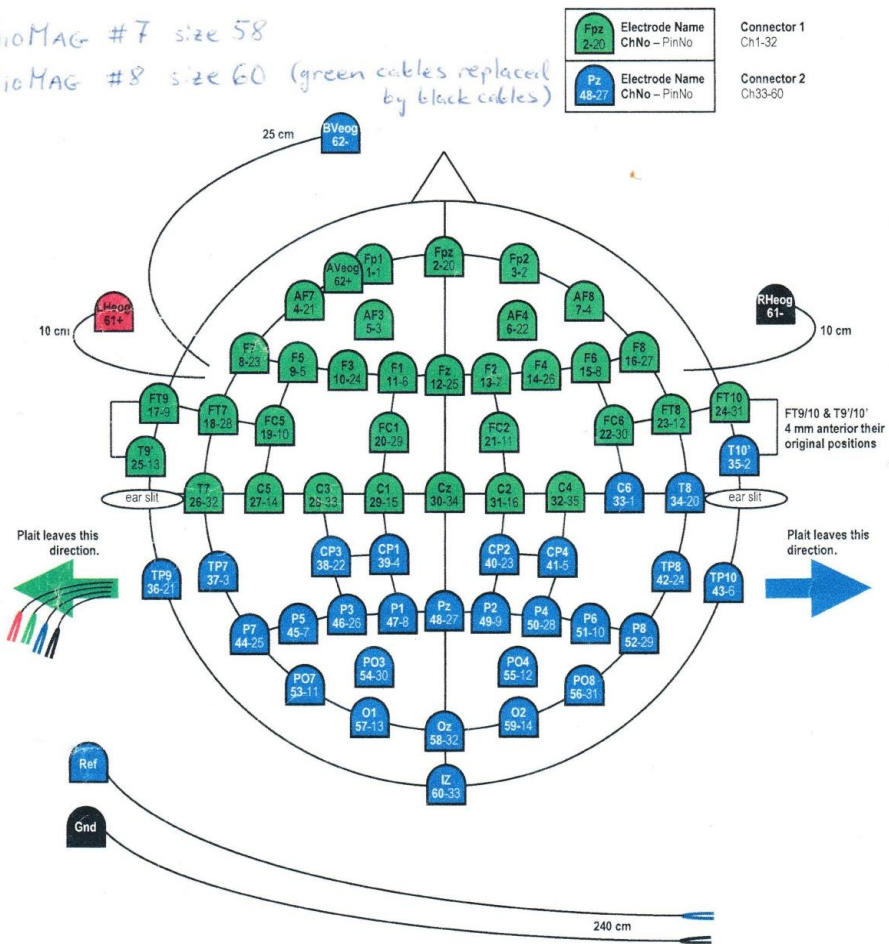
Tel +49 (0) 8143 992-977  
Fax +49 (0) 8143 992-979  
www.easycap.de  
info@easycap.de

MEG-Compatible Fast'n Easy EEG Recording Cap, 60 Channels, 2 Bipolar Channels, Ref, Gnd for BioMag Laboratory, HUSLAB, Helsinki University Central Hospital, February 2011

Catalogue Number FE60-#-MEG-X4 (please replace "#" by cap size)

BioMAG #7 size 58

BioMAG #8 size 60 (green cables replaced by black cables)



(Liite 2)

## EEG –elektrodien digitointikoordinaattien tallennus

### 1. Digitointi tavalliseen tapaan

- LPA, Nasion, RPA, EEG –elektrodit (REF – EEG1-60)
- Save Preparation

### 2. Rekisteröi tyhjä huonetta noin 5 sekunnin ajan

- Rekisteröidään noin 5 sekuntia ja tallennetaan rekisteröinti esimerkiksi nimellä NN\_EEG\_digit01A.fif

### 3. Tee digitointi uudestaan

#### Rekisteröi tyhjä huonetta noin 5 sekunnin ajan

- Rekisteröidään noin 5 sekuntia ja tallennetaan rekisteröinti esimerkiksi nimellä NN\_EEG\_digit01B.fif

### 4. Avaa komentorivi-ikkuna (terminal) ja mene koehenkilön/potilaan kansioon jonne rekisteröinnit tallennettu

- esim. /neuro/teradata/epilepsia/case\_0000/yymdd/

### 5. Tulosta digitointikoordinaatit näytölle

- esim. /neuro/bin/util/show\_fiff -bvTt 213 NN\_EEG\_digit01A.fif

- näytölle tulostuu listaus HPI –measurement- ja Isotrak- koordinaateista
- listan alussa on neljä riviä rekisteröinnin alussa tehtävän HPI - measurement koordinaatteja (voidaan jättää myös tekemättä jolloin nämä puuttuvat)
- seuraavat kolme riviä ovat anatomisten maamerkkien (cardinal 1 - 3) Isotrak-koordinaatit
- lopuksi EEG -elektrodien Isotrak-koordinaatit (EEG 0 – 60)

### 6. Kopioidaan listaus ja liitetään se tekstitiedostoon

- Rinnakkaisten mittausten digitointitiedot voidaan tallentaa esim. NN\_EEG\_digit01A.txt, NN\_EEG\_digit01B.txt, NN\_EEG\_digit01C, NN\_EEG\_digit02A.txt, jne.

### 7. Rekisteröinnin lopussa tehtävä digitointi tehdään samoin kuin alussa

- Tee digitointi tavalliseen tapaan ja tallenna se (save preparation)

### 8. Rekisteröi tyhjä huonetta noin 5 sekunnin ajan

- Rekisteröidään noin 5 sekuntia ja tallennetaan rekisteröinti esimerkiksi nimellä NN\_EEG\_digit01C.fif

## Masterosa

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Tiedostonimi              | EEG –elektrodien digitointikoordinaattien tallennus   |
| Tallennus-<br>paikka      | \\husnasabe\Yhteiset\HUS-<br>Rönt-<br>gen\7440_Lablaatu\lablaatu_kl_neurofysiologia\Ohjeet_ ja_kuvaukset\Lisäohj<br>eet |
| Jakelu                    | Vastuualueen levyasema  |
| Vastuualue                | 1817 Kliininen neurofysiologia  |
| Vastuuyksikkö             |   |
| Modaliteetti              |   |
| Liittyy tutki-<br>muksiin |   |
| Kieliversiot              | suomi   |
| Laatijat, pvm             | Jari Kainulainen, 2.1.2015  |
| Tarkastaja,<br>pvm        |   |
| Hyväksyjä,<br>pvm         |   |
| Lisätiedot                |   |
| Tarkistettava             |   |

## Tarvikkeet

- Spiritus fortis 96% (931881)
- Vanutikkuja (ohut 100/pussi: 120788)
- Pieniä taitoksia 5x5 (157000)
- Isoja taitoksia 10 x 10 (157300)
- Elektrodipasta comp. (833000000)
- Yleispuhdistusaine (11151/)
- Desinfektiopuhdistusaine Easydes (332098)
- Kertakäyttöiset käsiaineet (XS: 4303979, S: 4303971, M: 4303972, L: 4303973, XL: 4303974)
- Teippi-Transpore (15271)
- Mittanauha (282121)
- Kampa (1021)
- ihon karhennin
- kertakäyttöisiä tarraelektrodeja, 5 kpl, Ambu® Neuroline 720 (koodi: 72015-K/10)
- tussi (non-permanent)
- Teippiä
- Myssyt:
  - Koko nro
  - 54 #14
  - 56 #15
  - 58 #7
  - 60 #8

## Masterosa

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Tiedostonimi              | MEGn_yhteydessä_tehtävä_EEG_työohje_Mei   |
| Tallennuspaikka           | \\husnasabe\Yhteiset\HUS-Röntgen\7440_Lablaatu\lablaatu_kl_neurofysiologia\Ohjeet_ ja_kuvaukset\Työohjeet\Yksikkökoht_Työohjeet\Meilahti  |
| Jakelu                    | Vastuualueen levyasema  |
| Vastuualue                | 1817 Kliininen neurofysiologia  |
| Vastuuyksikkö             | 7453 KNF, Meilahden sairaala  |
| Modaliteetti              |   |
| Liittyy tutkimuksiin      | 4917 Pt-MEG-Et Magnetoencefalografia (MEG), erikoistekniikka<br>4916 Pt-MEG-3 Magnetoencefalografia (MEG), laaja<br>4914 Pt-MEG-1 Magnetoencefalografia (MEG), suppea<br>4915 Pt-MEG-2 Magnetoencefalografia (MEG), tavallinen<br>20682 Pt-MEGEtIL Magnetoencefalografia erikoistekniikka ilman lausuntoa |
| Kieliversiot              | suomi   |
|                           |   |
| Alkuperäinen laatija, pvm |   |
| Päivittäjä, pvm           |   |
| Tarkastaja, pvm           |   |
| Hyväksyjä, pvm            |   |
| Lisätiedot                |   |
| Tarkistettava             |   |



## Ohjeistus työohjeen tekoon

Työohjeet kuvaavat tutkimuksen käytännön suorituksen menetelmäohjeita yksityiskohtaisemmin. Työohje voi olla joko vastuualue- tai yksikkökohtainen. Työohjeissa voidaan viitata useisiin tutkimusnimekkeisiin (tutkimuskoodeihin).

Työohjeiden sisältö soveltuvin osin:

- a) Valmistautuminen tutkimukseen
  - o Tilat
  - o Tarvikkeet
  - o Laitteet (tutkimuslaitenimikkeet listattuna suluissa inventaariokodeilla, täydelliset tiedot työpistekuvauksessa)
  - o Henkilökunta
  - o Varattu aika
- b) Potilaan valmistaminen tutkimukseen
  - o Kutsumenettely
  - o Potilasohje
  - o Esivalmistelut kotona
  - o Esivalmistelut osastolla
- c) Tutkimuksen suorittaminen
  - o Käytännön suoritus
  - o Rekisteröinnin lopetus
  - o Tutkimuksen arkistointi
  - o Mittausvälineiden jälkikäsitteily
  - o Tilan siivous