



Sure Prep menetelmän käytettävyys  
kliinisessä potilastilanteessa EEG-  
rekisteröinnin ihonkäsittelymenetelmänä

Bioanalytiikan koulutusohjelma,  
bioanalyttikko  
Opinnäytetyö  
10.11.2009

---

Laura Sinisalo

Koulutusohjelma		Suuntautumisvaihtoehto
Bioanalytiikan koulutusohjelma		-
Tekijä/Tekijät		
Laura Sinisalo		
Työn nimi		
Sure Prep-menetelmän käytettävyys kliinisessä potilastilanteessa EEG-rekisteröinnin ihonkäsittelymenetelmänä.		
Työn laji	Aika	Sivumäärä
Opinnäytetyö	Syksy 2009	34
<p>TIIVISTELMÄ</p> <p>HUSLAB:in Lastenlinnan kliinisen neurofysiologian laboratoriossa on kehitetty uusi SurePrep ihonkäsittelymenetelmä EEG rekisteröinnin yhteydessä tehtävää ihonkäsittelyä varten. Tarkoituksena on tulevaisuudessa siirtyä käyttämään SurePrep menetelmää ihonkäsittelynä perinteisen hohkakivipastalla hankaamisen sijasta.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin SurePrep-menetelmän toimivuutta käytännön potilastilanteessa verrattuna hohkakivipastalla hankaamiseen. Koemittaukset suoritettiin kahdentoista EEG-rekisteröinnin yhteydessä, otoskoko ollessa molemmilla menetelmillä 96 (N=96) elektrodipaikkaa. Sure Prep-menetelmää verrattiin hohkakivipastalla hankaamiseen esikäsitteilyyn kuluvaan ajan, käsittelystä aiheutuvien ihoilmentymien ja kontrolloitavien impedanssilukemien suhteen. Lisäksi selvitettiin, kuinka monta pistoa elektrodipaikkaa kohden Sure Prep-menetelmässä käytettiin, jotta kontrolloitava impedanssilukema saatiin pienemmäksi kuin 10 kΩ. Opinnäytetyössä selvitettiin, onko SurePrep-menetelmä verrattavissa ihonkäsittelymenetelmänä nykyisin käytössä olevaan hohkakivipastalla hankaamiseen.</p> <p>Koemittauksissa saatujen tulosten perusteella Sure Prep-menetelmä on verrattavissa hohkakivipastalla hankaamiseen käsittelyajan ja kontrolloitujen impedanssien suhteen. Ihoilmentymiä esiintyi Sure Prep-menetelmän yhteydessä hieman enemmän kuin hohkakivipastalla hankaamisessa. Ottaen huomioon SurePrep-menetelmän edut ihopotentiaaliin vaikuttamisessa, menetelmää voidaan pitää hyvänä vaihtoehtona hohkakivipastalla hankaamiselle.</p>		
Avainsanat		
EEG, ihonkäsittely, Sure Prep-menetelmä, hohkakivipasta		

Degree Programme in		Degree	
Biomedical Laboratory Science		Bachelor of Health Care	
Author/Authors			
Laura Sinisalo			
Title			
Clinical usability of skin pre-treatment method SurePrep in EEG recordings			
Type of Work	Date	Pages	
Final Project	Autum 2009	34	
<p>ABSTRACT</p> <p>HUSLAB's Children's Castle's Clinical Neurophysiology Laboratory has studied the option of using SurePrep method as a skin pre-treatment in EEG recordings instead of the conventional pumise paste abrasion. In this final projet we studied SurePrep method in authentic clinical EEG recordings with twelve patients. The number of electrode sites per method was 96 (N=96). The aim of this study was to compare SurePrep method to the pumice paste abrasion regarding application time, skin irritation produced by the skin pre-treatment and the controlled impedance values in the beginning and after the EEG recording. We also counted the amount of incisions per electrode site that was sufficient to reduce skin impedance below 10 kΩ.</p> <p>The results demonstrated that SurePrep method was comperable to pumice pase abrasion regardin application time and impedance measurements. The frequency of skin irritation was slightly higher with SurePrep. Considering the effects on the resistive and capacitive properties of the lower epithelian layers that are demonstrated in previous studies SurePrep is comparable to pumice paste abrasion as a skin pre-treatment method in EEG recordings.</p>			
Keywords			
skin pre-treatment, EEG, SurePrep, pumice paste			



## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	ELEKTROENKEFALOGRAFIA	2
3	ELIMISTÖN SÄHKÖINEN TOIMINTA	3
3.1	Resistanssi	4
3.2	Kapasitiivinen reaktanssi	4
4	IHON RAKENNE JA SEN SÄHKÖISET OMINAISUUDET	5
4.1	Epidermoksen rakenne ja solujen keratinisoituminen	6
4.2	Ihoimpedanssi ja marraskesi	7
4.3	Ihopotentiaali	7
5	IHON KEHITYS ENNEN JA JÄLKEEN SYNTYMÄN	8
6	IHON ESIKÄSITTELY EEG TUTKIMUKSESSA	9
6.1	Hohkakivipastalla hankaaminen	11
6.2	SurePrep menetelmä	12
7	TUTKIMUSKYSYMYKSET	13
7.1	Esikäsitteilyn vaikutus kontrolloitavaan impedanssiin	13
7.2	Esikäsitteilyn vaikutus ihon reaktioihin	14
7.3	Esikäsitteilyyn käytetty aika	14
8	KOEHENKILÖT	14
9	MITTAUKSISSA KÄYTETYT VÄLINEET	16
10	MITTAUKSEN TOTEUTUS	17
11	TULOKSET	18
11.1	Ihon käsittelyyn kulunut aika	18
11.2	SurePrep menetelmässä käytetyt pistomäärät elektrodipaikoittain	20
11.3	Impedanssimittausten tulokset	21
11.4	Koemittauksissa havaitut ihoilmentymät	28
12	JOHTOPÄÄTÖKSET	30
13	POHDINTA	33

## 1 JOHDANTO

EEG-pintarekisteröinnissä ihonkäsittely on tärkeä vaihe, jolla pyritään muodostamaan hyvä kontakti ihon ja elektrodin välille. Pääasiassa kontaktin laatua arvioidaan impedanssin avulla. Impedanssi muodostuu suurimmaksi osaksi ihon uloimpien kerrosten vaikutuksesta, jota pyritään pienentämään ihokäsittelyllä. Useimmissa laboratorioissa käytetään ihonkäsittelymenetelmänä ihon uloimpien kerrosten hankaamista kuorivalla hohkakivipastalla.

Rekisteröintilaitteiden kehittyessä ja internetin aikakautena on olemassa EEG-sovellutuksia, jotka mahdollistavat itse analysoijan esitulkitsevan EEG-rekisteröinnin tai sen, että päivystävä lääkäri tulkitsee EEG:n internetin välityksellä. Näiden mahdollisuuksien myötä pienemmissä yksiköissä olisi mahdollista tehdä EEG-rekisteröintejä myös päivystysluontoisesti. Ongelmana EEG-rekisteröintien saatavuudessa ei ole se, että rekisteröintilaitteita tai EEG:n tulkitsevia lääkäreitä ei olisi saatavilla, vaan EEG-rekisteröintiin liittyvien esikäsittelyjen monimutkaisuus. EEG-rekisteröinnin yhteydessä tehtävä, yleisimmin käytössä oleva ihoa kuoriva menetelmä vaatii harjaantuneisuutta laboratoriohoitajalta.

HUSLAB:in Lastenlinnan kliinisen neurofysiologian laboratoriossa on kehitetty niin kutsuttu SurePrep menetelmä, jossa ihon epiteeli lävistetään pienellä pistolla, sen sijaan että ihosta hangataan epiteeliä pois. Menetelmää on käytetty myös tutkimuspuolella jonkin verran. Lastenlinnan kliinisen neurofysiologian laboratorio harkitsee siirtyvänsä käyttämään SurePrep menetelmää, joten oli tärkeää selvittää sen toimintaa myös todellisessa, kliinisessä potilastilanteessa. Tästä tarpeesta syntyi idea opinnäytetyöksi, jossa SurePrep menetelmän toimivuutta tutkitaan verraten sen käyttöominaisuuksia käytössä olevaan hohkakivipastalla hankaamiseen.

Opinnäytetyön teoreettinen pohja perustuu ihon rakenteeseen ja sähköiseen toimintaan. Ihon rakenne on merkittävässä osassa EEG-pintarekisteröinneissä, sillä sähkönsä johtuvuus ihossa on lähes täysin riippuvaista sen rakenteesta. Koska koehenkilöt oli vastasyntyneitä, oli myös tärkeää huomioida aikuisen ja vastasyntyneen ihon eroavaisuudet.

## 2 ELEKTROENKEFALOGRAFIA

Elektroenkefalografian (EEG) avulla tutkitaan aivojen hermosolujen toimintaa. Ihon pinnalta rekisteröidään hermosolujen kalvojännitteen muutoksia. Kun muutokset tapahtuvat samanaikaisesti useassa hermosolussa ja hermosolujen dendriitit ovat samansuuntaisia, syntyy signaali, joka voidaan rekisteröidä ihon pinnalta. Solukalvoissa etenevän aktiopotentiaalin kesto on vain noin 1 ms, joten niiden summautuminen EEG signaaliksi on epätodennäköistä. Sen sijaan postsynaptisten potentiaalien kesto on useita kymmeniä millisekunteja, jolloin kalvojännitteen muutosten aiheuttamat muutokset ehtivät summautua mikrovolttien vahvuiseksi signaaliksi. Käytännössä rekisteröitävä signaali on peräisin aivokuoren pyramidisolujen postsynaptisten potentiaalien samanaikaisista muutoksista. Pyramidisolut välittävät signaaleja talamuksen ja aivokuoren välillä sekä aivokuoren alueelta toiselle (Soinila et al. 2007).

EEG mittauksessa rekisteröitävät biosähköiset signaalit ovat voimakkuudeltaan millivolttien luokkaa. Yleisesti käytössä olevat rekisteröintilaitteet rekisteröivät deltatoimintaa (alle 4 Hz), theetatoimintaa (4-8 Hz), alfatoimintaa (8-13 Hz) ja beetatoimintaa (yli 13 Hz). Yli 40 Hz toimintaa kutsutaan gammatoiminnaksi (Partanen jne). Täyskaistaisella EEG laitteella (Fb-EEG) on myös mahdollista rekisteröidä matalia taajuuksia  $>0,5$  Hz, jotka kuuluvat esimerkiksi keskosen normaaliin aivotoimintaan, sekä korkeita taajuuksia aina 600Hz saakka. Näin korkeataajuuksista aivojen rytmistä toimintaa esiintyy esimerkiksi status epileptikuksen yhteydessä (Vanhatalo 2006). Koska elimistön sähköiset signaalit ovat matalataajuisia vaihtovirtaa, ihon ja muiden elinten kyky vastustaa virran kulkua vaikuttaa huomattavasti rekisteröitävään signaaliin.

Mitä korkeampi rekisteröinnin yhteydessä kontrolloitava ihon impedanssi on, sitä herkemmin aivoperäinen signaali peittyy artefaktalla. EEG-mittauksen yhteydessä artefaktalla tarkoitetaan jännitevaihtelua, joka ei ole aivoperäistä. Artefakta voi olla peräisin potilaan kehon muista kudoksista, jolloin puhutaan biologisista artefaktoista. Elektromyografia (EMG) artefakta on peräisin potilaan pään alueen jännittyneistä lihaksista. EMG artefaktaa syntyy esimerkiksi puremisen, nielemisen ja kasvojen ilmeiden yhteydessä. Myös silmien räpyttely ja silmämunan liike aiheuttaa artefaktaa. Näitä kutsutaan silmänliikeartefaktoiksi. Liikeartefaktaa syntyy, kun potilas liikkuu rekisteröinnin aikana, jolloin elektrodit ja elektrodikaapelit liikkuvat. Pulssiartefakta ja

EKG- artefakta johtuvat potilaan sydämen toiminnasta (Hakalax et al. 2006). Usein fysiologisia artefaktoja on vaikea poistaa rekisteröinnin yhteydessä, sillä potilas ei tietoisesti pysty hallitsemaan esimerkiksi lihasjännitystään. Parhaiten fysiologisista syistä syntyvää artefaktaa pystyy eliminoimaan rauhoittelemalla potilasta ja tärkeintä on tunnistaa artefaktojen esiintyminen käyrillä rekisteröinnin aikana ja sitä tulkitessa.

Myös ulkoiset olosuhteet saattavat aiheuttaa artefaktaa rekisteröintiin, esim. verkkovirta aiheuttaa 50Hz häiriön käyriin. Elektrodiin huono kiinnittäminen ja elektrodiin välinen nestesilta, joka saattaa syntyä esimerkiksi potilaan hikoillessa aiheuttaa käyrälle hidasta aaltoilua (Hakalax et al. 2006). Ulkoisista olosuhteista syntyviin teknisiin artefaktoihin on yleensä helpompi vaikuttaa kuin fysiologisiin artefaktoihin. Nestesillat voi pyyhkiä sprillä pois ja esimerkiksi verkkovirtahäiriön lähteen voi etsiä ja sammuttaa sen. On kuitenkin otettava huomioon, että aina ulkoisia olosuhteita ei pysty muuttamaan, sillä esimerkiksi toinen potilaan hoidon kannalta tärkeä laite saattaa aiheuttaa häiriön.

Kaikkien käyrillä esiintyvien artefaktojen suhteen on ensisijaisen tärkeää, että ne pystytään erottamaan aivoperäisestä toiminnasta. Mikäli artefaktaa ei kyetä poistamaan, sen olemassaolo on otettava huomioon rekisteröinnin tulkinnessa. Artefaktojen merkitys EEG-rekisteröinnissä on huomattavasti suurempi kuin esimerkiksi EKG-rekisteröinnissä, sillä rekisteröivät jännitteen muutokset ovat suuruudeltaan huomattavasti pienempiä kuin EKG-rekisteröinnissä, jolloin pieniamplitudinenkin artefakta voi peittää aivoperäisen signaalin alle. EEG-rekisteröinnissä esikäsittelyllä pyritään mahdollisimman samansuuruiseen ja mahdollisimman pieneen impedanssiin, jolloin rekisteröintiä haittaavan artefaktin määrä vähenee.

### 3 ELIMISTÖN SÄHKÖINEN TOIMINTA

EEG rekisteröinnin yhteydessä kontrolloitava impedanssi tarkoittaa kudosten kykyä vastustaa sinimuotoista vaihtovirtaa, joka ilmaistaan jännitteen ja sähkövirran osamääränä. Pyramidisoluista lähtevät signaalit vaimenevat kudosten vaikutuksesta matkalla ihon pinnalle eri kudosten vastustavista ominaisuuksista riippuen. Bioimpedanssin voidaan katsoa muodostuvan elimistön resistiivisistä ja kapasitiivisista ominaisuuksista.

### 3.1 Resistanssi

Resistanssi on seurausta johdinmateriaalin (kudoksen) lämpöliikkeestä, joka saa varauksen kuljettajat (ionit) törmäilemään toisiinsa ja väliaineen atomeihin. Törmäilyn seurauksena varauksen kuljettajat menettävät energiaa suhteessa väliaineessa kulkemaansa matkaan ja väliaineen tilavuuteen, jolloin virran voimakkuus heikkenee. Elimistössä tapahtuva johtuminen katsotaan olevan suurimmaksi osaksi ionien liikkeen välittämää. Koska elimistöstä on yli 80 % vettä, josta ionit tekevät elektrolyytin, soluvälitiloissa johtuvuus on yleensä hyvä. Natrium ja kloridi ovat solunulkoisessa johtumisessa tärkeimmät ionit. Vapaat plasman proteiinit vaikuttavat johtumiseen anionin tavoin. Koska ionit toimivat varauksen kuljettajina johtuvuuteen liittyy se, että ionikonsentraatiot muuttuvat sähkökentän mukaisesti (Grimnes – Martinsen 2000). Kudoksen konduktanssi on riippuvaista sen nestemäärästä sekä ionipermiabiliteetista eli siitä, miten vapaasti ionit pääsevät liikkumaan kudoksessa. Osittain tähän vaikuttaa myös solujen väliset liitokset, sillä ne määrittelevät solujen välisen etäisyyden ja siten solunulkoisen tilavuuden kudoksessa.

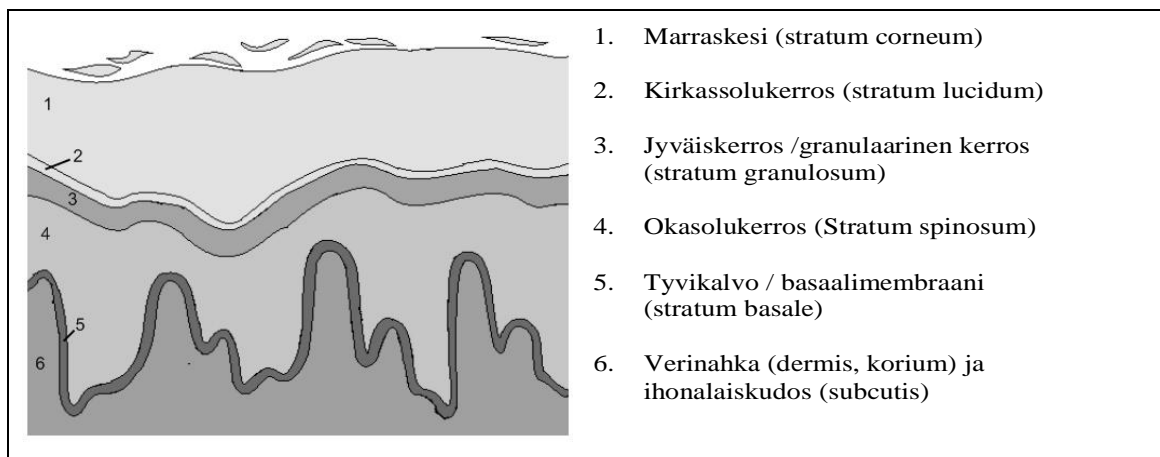
### 3.2 Kapasitiivinen reaktanssi

Koska biologiset signaalit ovat matalataajuisia vaihtovirtaa, resistanssin lisäksi (Edelberg 1977) biosähköisen signaalin etenemistä kudoksessa vaikeuttaa kudoksen kapasitiiviset ominaisuudet. Elävät solukalvot toimivat elimistössä kahden erilaisen ionikonsentraation erottajana. Solukalvot ovat koostuneet kaksikerroksisesta fosfolipidikalvosta, jonka sähköjohtavuus on hyvin matala ja joka toimii kondensaattorin tavoin. Solukalvo estää sekä tasavirran että matalataajuisen vaihtovirran kulun lävitseen, korkeilla vaihtovirran taajuuksilla solukalvon kapasitiiviset ominaisuudet heikentyvät.

Vaikka solun fosfolipidikaksoiskalvo itsessään on huonosti sähköä johtava, sen kalvoproteiinit toimivat ionipumppuina ja kanavina. Tärkeimmät solun ulkopuolella ja sisäpuolella olevan potentiaalieron tuottajat ovat Natrium-kaliumATPaasi, joka kuljettaa ioneja solun sähkökemiallista graditeettia vastaan ja ionikanavat, joissa kulkee epäorgaanisia ioneja sähkökemiallisen graditeetin mukaisesti. Solukalvon ylläpitämä jännite on elävässä solussa noin 10 mV- (-) 70 mV (Hiltunen et al. 2006). Solun kuollessa se menettää solukalvon pumppujen ja ionikanavien toiminnan ja solun sähköisissä ominaisuuksissa korostuu fosfolipidikalvon sähkönvastus.

#### 4 IHON RAKENNE JA SEN SÄHKÖISET OMINAISUUDET

Ihon uloin kerros epidermis on paksuudeltaan 0,05 – 0,20 mm. Se muodostuu marraskedestä, kirkassolukerroksesta, jyväiskerroksesta, okasolukerroksesta ja basaalimembraanista (Hiltunen et al. 2006). Epidermiksessä tavataan neljää eri solutyyppiä, joista keratinosyytit ovat vallitseva solutyyppi kaikissa kerroksissa. Ihon eri kerrokset muodostavat kerrostunutta epiteeliä. Basaalimembraanissa ja okasolukerroksessa on lisäksi melanosyyttejä, Merkelin soluja ja Langerhansin soluja. Melanosyytit tuottavat ihoa UV-säteilyltä suojaavaa melaniinia, Merkelin solut vastaavat kevyen ihokosketuksen aistimisesta ja Langerhansin solut ovat osa kehon immuunipuolustusta (Kierszenbaum 2007).



KUVIO 1. Yksinkertaistettu kaavakuva ihon rakenteesta ( Alatalo – Stjerna 2008)

Epidermiksiä alla on dermis eli verinahka. Se on paksuudeltaan 0,5-1,5 mm, kollageeni- ja kimmosyistä koostuvaa sidekudosta. Se antaa iholle mekaanista kestävyttä. Dermiksiä alla on ihonalaiskudos l. subkutis, joka muodostuu löyhästä sidekudoksesta ja rasvasta (Hiltunen et al. 2006). Ihon pinnalta suoritettavan EEG-rekisteröinnin ja sitä edeltävän ihon esikäsitteilyn kannalta ihon merkittävin rakenne on epidermis, sen solut ja solujen väliset liitokset, joten tässä yhteydessä dermiksiä ja subkutiksiä tarkempi rakenne jätetään käsittelemättä.

#### 4.1 Epidermiksen rakenne ja solujen keratinisoituminen

Elektroenkefalografian kannalta epidermis on olennaisin osa ihoa, sillä sen osuus sekä ihoimpedanssin että ihopotentiaalın osalta on suuri. Epidermiksen kolme sisintä kerrosta, basaalimembraani, okasolukerros ja jyväiskerros, sisältävät aineenvaihdunnaltaan aktiivisia soluja. Basaalimembraani muodostuu kuutiomaisista keratinosyyteistä, jotka ovat kiinnittyneet toisiinsa desmosomin kaltaisilla filamenteilla. Yhden solun paksuinen basaalimembraani on kiinnittyneenä tyvikalvoon hemidesmosomeilla (Kierszenbaum 2007).

Basaalimembraanin solujen jakautuessa osa soluista nousee epidermiksen ulompiin kerroksiin ja kuolee. Matkan varrella niiden aineenvaihdunta, muoto ja solujen väliset liitokset muuttuvat. Soluihin kertyy keratiinifilamentteja ja keratohyaliinia. Tätä prosessia kutsutaan keratinisoitumiseksi.

Epidermiksen uusiutuminen on jatkuvaa terveellä ihmisellä. Se uusiutuu kokonaan 45-75:ssä vuorokaudessa. Basaalimembraanissa sijaitsevat keratinosyytit jakautuvat ja tytär solu siirtyy okasolukerrokseen. Okasolukerros keratinosyytit ovat litistyneet verrattuna basaalimembraanin keratinosyytteihin ja niiden solulimassa on granuloita, jotka tuottavat glykolipidiä. Jyväissolukerrokseen päästessään keratinosyyttien granulaisuus on kasvanut huomattavasti. Granulat vapauttavat glykolipidiä solujen väliseen tilaan (Kierszenbaum 2007)

Desmosomit muuntuvat vähitellen tiiviksi liitoksiksi ennen kuin keratinosyytti yhtyy epidermiksen kahteen uloimpaan kerrokseen, jolloin solujen välinen tila pienenee entisestään. Solut päätyvät lopulta kirkassolukerros ja marraskeden keratinisoituneiksi kuolleiksi soluiksi (Kierszenbaum 2007). Marraskeden solut ovat menettäneet tumansa keratinisoitumisen yhteydessä. Niiden rakenne on litteä ja soluihin on kertynyt runsaasti keratiinifilamentteja ja keratohyaliinia. Osassa soluista on edelleen entsyymaattista toimintaa jäljellä. Keratinosyyttien erittämä lipideistä muodostunut väliaine ympäröi soluja, jotka vähitellen hilseilevät uloimmasta kerroksesta pois (Oikarinen – Tasanen-Määttä 2003).

## 4.2 Ihoimpedanssi ja marraskesi

Ihoimpedanssin muodostaa merkittävältä osilta marraskesi eli stratum corneum alle 10kHz taajuuksilla. Käsittelemättömällä, kuivalla iholla ihon pinnalta mitattu impedanssi on ihon kohdasta riippuen 150-500 k $\Omega$  (de Talhouet - Webster 1996). Erilaisilla ihon esikäsitteilytekniikoilla, joilla marraskeden solujen vaikutus ihoimpedanssiin eliminoidaan, saadaan impedanssi putoamaan alle 10 k $\Omega$ . Ihon alempien kerrosten, dermiksen ja subkutiksen, merkitys ihonimpedanssiin on pieni, sillä matalilla vaihtovirran taajuuksilla epidermiksen alaisilla kerroksilla impedanssi on vain 0,1-1 k $\Omega$ . Kun otetaan huomioon, että EEG:ssä mitattavat taajuudet ovat yleensä 1-30Hz luokkaa marraskeden vaikutus on dominoiva.

Marraskeden rakenteelliset ominaisuudet kuten tiiviit liitokset, lipidivaippa, joka ympäröi solut ja kuolleet keratinisoituneet epiteelisolut muodostavat vahvan esteen ionien liikkuvuuden kannalta. Kuitenkin marraskeden konduktiivisuuteen vaikuttaa myös hikirauhasten toiminta ja marraskeden kosteus. Hikitiehyet muodostavat poikittaisen kanavan ioneille marraskeden rakenteeseen nähden. Näin ollen käsittelemättömän, kuivan marraskeden sähkönjohtamiskyky on riippuvainen siitä, kuinka täydet ihon hikirauhaset ovat. Hikoilu kosteuttaa marraskeden ja luo hikirauhasista ihon pintaan ulottuvia nestekanavia (Edelberg 1977).

Marraskeden kosteus riippuu myös ympäröivän ilman kosteudesta, sillä se ei itsessään välttämättä sisällä vettä. Ihon pinta pystyy imemään kosteutta ilmasta itseensä, jopa niin paljon, että sen paino kaksinkertaistuu (Grimnes – Martinsen 2000). Marraskeden kosteus vaikuttaa sen kykyyn johtaa sähköä. Edelberg oli tutkimuksessaan havainnut, että täysistä hikitiehyistä mitattujen konduktiivisuusarvojen yhteen laskettu arvo oli pienempi kuin kyseisen alueen kokonaisjohtavuus. Tutkimuksessa pääteltiin, että marraskeden konduktiivisuus ei siten ole riippuvainen vain hikirauhasten aktiivisuudesta, vaan myös itse marraskesi johtaa sähköä, riippuen sen kosteudesta (Edelberg 1977).

## 4.3 Ihopotentiaali

Ihon toinen sähköinen ominaisuus on ihopotentiaali (TEP, transepidermaalinen potentiaali). Se syntyy varauksellisten ionien epätasaisesta jakautumisesta aiheutuvista paikallisista jännite-eroista. Samoin kuin solukalvo, myös suurempi elimistön osa voi

toimina kondensaattorin kaltaisesti. Ihopotentiaali on riippuvainen ihon rakenteesta ja hikitiehyiden toiminnasta, mutta rakenteellisesti ihopotentialin synnyttävä kerros sijaitsee epidermoksen syvemmissä osissa ja on noin 2- 20 µm paksuinen (Tallgren 2005). Käytännössä tämä tarkoittaa joko basaalimembraania tai okasolukerrosta. Natiivi-ihon ihopotentiali on noin +10...-60 mV ja se vaihtelee ajallisesti ja alueellisesti. Ihon venyessä tai kun siihen kohdistuu painetta ihopotentialissa eli ihon ioniaktiivisuudessa tapahtuu muutoksia, jotka näkyvät matalataajuisina pieniamplitudisina häiriöinä rekisteröinnissä. Samansuuruisia ilmiöitä esiintyy EEG:ssä ihopotentialista johtuva artefakta saattaa peittää todellisen aivoperäisen ilmiön peittymiseen.

## 5 IHON KEHITYS ENNEN JA JÄLKEEN SYNTYMÄN

Vastasyntyneen täysiaikaisen vauvan ja aikuisen ihon epidermis ovat rakenteellisesti samanlaiset. Erot ihon rakenteessa vastasyntyneen ja aikuisen välillä sijaitsevat ihon syvemmissä kerroksissa. Dermoksen kehitys jatkuu syntymän jälkeen, sillä vastasyntyneen dermis on ohuempi, kollageenisyyt ovat pienempiä ja kimmosyyt eivät ole täysin kehittyneet (Atherton, Rook 1968). Raskauden loppuvaiheessa kehittynyt epidermis on yhtä paksu kuin aikuisen epidermis ja keratinisoituneiden solujen kerroksia on yhtä monta (Hoeger, Enzmann 2002). Tämä onkin tärkeää, sillä siirtyessään lapsivedestä ilmaan ihon täytyy kyetä suojaamaan elimistöä estämällä veden haihtuminen ihon läpi ja toisaalta estää myös ulkoapäin tulevien aineiden kulkeutuminen elimistöön. Varsinainen ihon rakenteellisen kehityksen tuntemus on peräisin eläinkokeista, sillä on ymmärrettävää, ettei varsinaista ihmisen ihon kehitystä pystytä tutkimaan elävien sikiöiden kohdalla (Hardman, Bryne 2003).

Lapsia, jotka syntyvät 37 - 42 viikon gestatioiässä (GI) eli 37 viikkoa siitä, kun äidin viimeiset kuukautiset loppuivat, kutsutaan täysiaikaiseksi. Alle 37 viikon gestatioiässä syntyviä vauvoja kutsutaan keskosiksi. Yksikerroksinen epiteeli peittää hedelmöittyneen munasolun jo alkiokehityksen gastrulaatiovaiheessa, mutta varsinaisen ihon kehityksen katsotaan alkavan 5-8 viikon gestatioiässä. Ihon kehitys on monimutkainen prosessi, johon vaikuttaa monien eri solujen yhteistoiminta ja useat entsyymit, joten sitä ei käydä tässä läpi. Lähinnä marraskeden kehitys ja kehityksen

aikataulu ovat olennaisia tämän opinnäytetyön kannalta, sillä se vaikuttaa ihoimpedanssiin ja siihen, mitä esikäsittelemenetelmiä vauvoilla voidaan käyttää.

Myöhäisessä sikiökehityksen vaiheessa, viikoilla 20-40 GI, muodostuu marraskesi ja sen kyky estää veden haihtuminen ihon läpi aktivoituu (barrier function). Marraskesi kehittyy paikallisesti, siten että kehitys on nopeinta päänahassa, kasvoissa ja jalkapohjien ihossa (Hardman, Bryne 2003). Samanaikaisesti epidermoksen ylempien kerrosten tiiviit liitokset kehittyvät valmiiksi. Viikoilla 32-34 marraskeden toiminnallinen kehitys on valmis (Sidbury, Darmstadt 2003). Tämä tarkoittaa, että iho on kykeneväinen suojaamaan elimistöä mikrobeilta ja estämään liiallisen veden haihtumisen.

Vaikka iho on rakenteellisesti ja toiminnaltaan valmis täysiaikaisen vauvan syntyessä, tapahtuu syntymän jälkeen ihon toiminnassa muutoksia. Kun iho pääsee kosketuksiin ilman kanssa alkaa adaptaatio uuteen ympäristöön. Kolmen ensimmäisen elinkuukauden aikana ihon pH-arvo laskee. Ihon kapillaarien kyky säädellä ihon lämpötilaa supistamalla ja laajenemalla ympäristön ja elimistön lämpötilan mukaan ei ole yhtä hyvä kuin aikuisella, se kehittyy vielä kolmisen kuukautta syntymän jälkeen. Sen myötä myös hien tuotanto ja marraskeden kosteus lisääntyy (Hoeger, Enzmann 2002).

Kuten aiemmin mainittiin, marraskedessä sijaitsevat hikitiehyet luovat poikittaisen kanavan ionien liikkeelle marraskeden lähes läpäisemättömän kerroksen poikki. Hien tuotannon myötä myös itse marraskesi kosteutuu. Vastasyntyneellä hientuotannon kasvun myötä myös marraskeden sähkönjohtavuus lisääntyy aina 90 päivää syntymän jälkeen, jonka jälkeen se pysyy suhteellisen samana (Hoeger, Enzmann 2002). Kääntäen ihoimpedanssi saattaa siis olla vastasyntyneellä jonkin verran suurempi kuin esimerkiksi aikuisella.

## 6 IHON ESIKÄSITTELY EEG TUTKIMUKSESSA

Ihokäsittelyn merkitys EEG-rekisteröinnin yhteydessä liittyy aivoperäisen, iholta rekisteröitävän, signaalin luonteeseen. Useat rekisteröitävät aivoperäiset jänniteenvaihtelut ovat voimakkuudeltaan hyvin pieniä. Edelleen, verratessa esimerkiksi EKG rekisteröinneissä mitattavaan millivolttien suuruisiin jännitteen

vaihteluihin, EEG rekisteröinneissä havaittavat jännitteen muutokset ovat mikrovolttien suuruusluokkaa amplitudiltaan. Tämä tekee rekisteröinnin erittäin alttiiksi artefaktoille, sillä pieniamplitudiset aivoperäiset signaalit peittyvät herkästi häiriön aiheuttaman jännitteenvaihtelun alle. Ihon käsittelyllä pyritään minimoimaan lähinnä marraskeden synnyttämän ihoimpedanssin vaikutus rekisteröintiin. Korkeilla impedanssilukemilla artefaktan vaikutus rekisteröitävään käyrään on suurempi, riippumatta siitä, mikä artefaktan synnyttää. Tästä syystä ihoimpedanssi pyritään saamaan mahdollisimman matalaksi ja samansuuruiseksi kaikissa elektrodipaikoissa. Yleensä rekisteröinnin yhteydessä kontrolloitava impedanssi pyritään saamaan vähintään alle 10 k $\Omega$ , mieluiten alle 5 k $\Omega$  ennen rekisteröinnin aloittamista.

Elimistön sähköisistä ominaisuuksista EEG-tutkimuksen yhteydessä keskitytään lähinnä ihoimpedanssin vähentämiseen, sillä ihon päältä rekisteröitävän EEG:n yhteydessä ei ole mahdollista, eikä tarkoituksenmukaista vaikuttaa muiden kudosten impedanssiin. Kuten aiemmin on mainittu, marraskeden vaikutus ihoimpedanssiin on dominoiva hikoilemattoman ihon tapauksessa. Esikäsittelyt kohdistuvatkin useimmiten nimenomaan marrasketeen. Esikäsittelymenetelmiä on erilaisia, riippuen siitä, millaisia elektrodeja ja johtuvuutta lisääviä pastoja tai geelejä käytetään. Tärkein tavoite kaikissa eri ihonkäsittelyn tavoissa on saada ihon impedanssi riittävän matalaksi ennen rekisteröinnin alkua. Kuitenkaan tapaa, jolla se saadaan aikaiseksi ei ole, esimerkiksi HUSLABin kliinisen neurofysiologian vastuualueen sisällä määritelty (menetelmäohje). Sama pätee alan kirjallisuuteen, jossa ihon esikäsittelymenetelmiä ei EEG-rekisteröinnin yhteydessä juurikaan käsitellä.

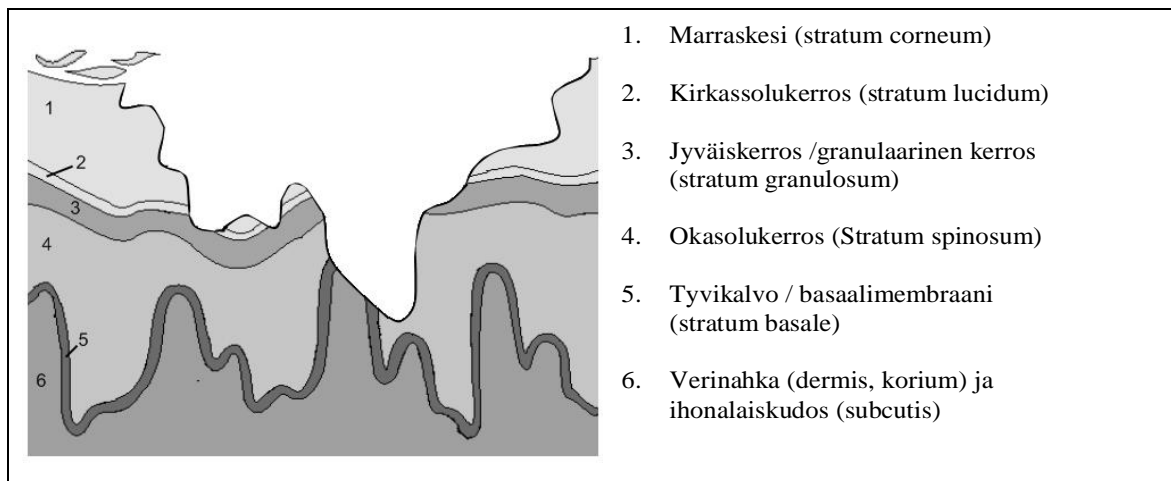
Yleisesti käytössä oleva EEG-rekisteröinnin ihonkäsittelymenetelmä on ihon kuorinta. Ihoa hangataan jollain kuorivalla pastalla, kuten esimerkiksi hohkakivipastalla. Tällä tavalla marraskeden solut ja niiden lipidiväliaine poistetaan elektrodin alta ja esille jää epidermoksen alemmat kerrokset. Toinen tapa esikäsitellä iho on raapimalla ihon pintaan neulan kärjellä pieniä viiltoja, jolloin syntyy nestekanavia marraskeden solujen väliin ja niiden muodostama este ionien liikkeelle rikkoutuu (Tallgren 2007). Uudempi tapa eliminoida ihon ylimmän kerroksen impedanssi on pistää asiaan soveltuvalla neulalla pieniä reikiä marraskeden läpi, jolloin syntyy samankaltaisia ionien liikkeen sallivia nestekanavia kuin neulalla raapimisesta. Ihoon aiheutuva vaurio syntyy pienemmälle pinta-alalle ja neulan pistosyvyyden pystyy paremmin määrittelemään kuin perinteisemmässä raapimisessa. Sekä neulalla raapiminen että marraskeden

oikosulkeminen pienillä pistoilla vaikuttaa myös ihoimpedanssin lisäksi ihopotentiaaliin (Tallgren). Ihoa kuorivilla esivalmistelumenetelmillä ei ihoa liikaa vaurioittamatta voi vaikuttaa transepidermaaliseen ihopotentiaaliin, sillä TEP syntyy epidermiksen alemmissa kerroksissa. Epidermiksen ylimpien kerrosten alla sijaitsee myös vapaita hermopäätteitä, jotka aistivat kipua. Ihon kuoriminen niin syväälle aiheuttaa laajahkon vaurion myös epidermiksen eläviin solukerroksiin.

Ihon esikäsitelyn lisäksi kontrolloitaviin impedansseihin vaikuttaa suuresti se, että rekisteröinnin yhteydessä käytetään jotain johtavuutta lisäävää elektrodigeeliä tai pastaa. Hikitiehyiden toiminta on merkittävässä asemassa marraskeden sähkönjohtavuudessa, mikäli elektrodigeeliä tai pastaa ei käytetä elektrodin ja ihon välissä. Kuitenkin, kun marraskettä kosteuttavaa elektrodigeeliä käytetään, putoaa hikitiehyiden toiminnan merkitys huomattavasti, sillä iholla oleva elektrodipasta lisää ihon kosteutta paikallisesti elektrodin alla ja johtavuus lisääntyy merkittävästi verrattuna ihoon, jolla ei elektrodipastaa ole käytetty (Edelberg 1977). Yleisesti EEG-pintarekisteröinneissä käytetään joko elektrodipastaa tai geeliä johtavuuden lisäämiseksi.

### 6.1 Hohkakivipastalla hankaaminen

Ihoa voi esikäsitellä esimerkiksi hankaamalla sitä jollain kuorivalla pastalla, kuten tämän opinnäytetyön toisessa esikäsitelymenetelmässä. Hankaamalla hohkakivipastalla ihon pintaa, irrotetaan marraskeden kuolleen solukerroksen solut ja niiden välinen lipidiväliaine. Hankaamiseen käytetään usein puisen pumpulitikun puupäätä, mikäli kyseessä on elektrodimyssyllä tehtävä rekisteröinti tai vanupäällä, mikäli käytetään yksittäisiä elektrodeja. Tarkoituksena on siis kuoria marraskesi pois elektrodin alta. Ihon kuoriminen aiheuttaa marrasketeen rosoisen haavauman, sillä solut irrotetaan hankaamalla alemmasta solukerroksesta.



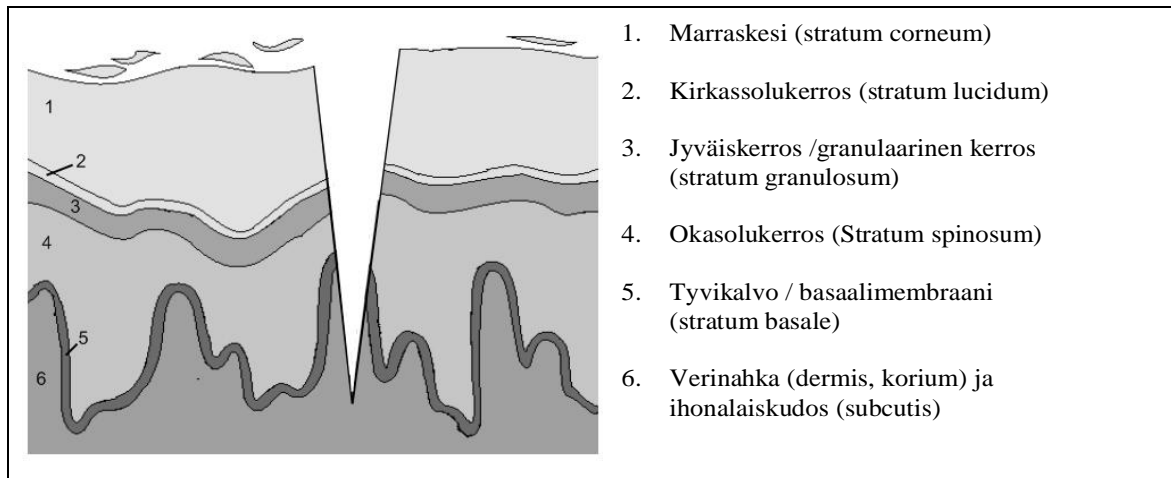
KUVIO 2. Hohkakivipastalla hankaamisen aiheuttama haavaumatyyppi (Alatalo – Stjerna 2009)

## 6.2 SurePrep menetelmä

SurePrep- menetelmässä ihon kuorimisen sijaan marraskeden impedanssi eliminoidaan pistämällä 0,5 mm syvyinen pisto kohtisuoraan epidermiksen läpi. Pisto jälkeen syntyy kudosten täyttämä kanava, jossa ionien liikkuminen ei ole estynyt. Tekemällä useampia saman syvyisiä pistoja vierekkäin elektrodin alle, saadaan ihon impedanssi riittävän matalaksi, jotta artefaktin vaikutus rekisteröintiin pienenee riittävästi.

Epidermiksen paksuus vaihtelee aina 600 mikrometriin saakka, ollen keskimäärin 75-105 mikrometrin paksuinen (Oikarinen - Tasanen-Määttä 2003). Kuten aiemmin on kerrottu, ihon impedanssiin vaikuttaa eniten marraskeden rakenne. Marraskesi itsessään on paksuudeltaan vain 10 – 40 mikrometriä. SurePrep menetelmää tai sitä vastaavaa menetelmää on käytetty kuitenkin myös ihopotentiaalien aiheuttamien artefaktien poistamiseen esimerkiksi transkraniaalisen magneettistimulaation yhteydessä tehtävästä EEG-rekisteröinnistä (Julkunen et al. 2007) sekä erittäin matalataajuisen aivoperäisen aktiviteetin lähteen paikantamiseksi, jolloin ihopotentiaalien eliminoiminen on erittäin tärkeää. Ihopotentiaali syntyy epidermiksen alimmissa kerroksissa, joten koko epidermiksen lävistäminen on tarpeellista. Lisähaasteen pistosyvyyden optimoimiseen tekee epidermiksen ja dermiksen välinen dermo-epidermaalisen juktin rakenne (KUVIO 1, myötäilee stratum basalea). Epidermis muodostaa ulokkeita dermiksen sisään, jolloin epidermiksen paksuutta tietyssä kohtaa ihoa ei varmuudella voi sanoa. Pistosyvyyteen 0,5 millimetriä on päädytty siis sen perusteella, että sillä pyritään

saamaan koko epidermis lävistettyä. SurePrep menetelmän aiheuttama haavauma on 0,5 millimetrin syvyinen ja tarkkarajainen.



KUVIO 3. SurePrep menetelmän aiheuttama haavaumatyyppi (Alatalo – Stjerna 2009).

## 7 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia SurePrep menetelmän toimivuutta kliinisessä potilastilanteessa EEG-rekisteröinnin ihon esikäsitelymenetelmänä. SurePrep menetelmää verrataan nykyisin yleisesti käytössä olevaan esikäsitelymenetelmään eli hohkakivipastalla hankaamiseen. Vertailemalla eri menetelmien suhteen ihonkäsitelyaikoja, niiden aiheuttamia ihoilmentymiä ja ihonkäsitelyn vaikutusta rekisteröinnin yhteydessä kontrolloitavaan ihoimpedanssiin, pyritään selvittämään onko SurePrep menetelmän käyttöönotolle potilastyössä esteitä. Lisäksi tutkitaan SurePrep menetelmän osalta, kuinka monta pistoa tarvitaan kuhunkin elektrodipaikkaan, jotta päästään alle 10 k $\Omega$  impedanssilukemaan ennen rekisteröinnin aloittamista sekä onko pistojen lukumäärällä vaikutusta rekisteröinnin lopussa mitattaviin impedanssilukemiin.

### 7.1 Esikäsitelyn vaikutus kontrolloitavaan impedanssiin

Kun tarkasteltavan menetelmän kaikkien elektrodipaikkojen impedanssilukema on saatu esikäsitelyssä alle 10k $\Omega$ , tarkastellaan kuinka suuret ovat aloitusimpedanssit ja

kyseisen menetelmän impedanssien hajonnat ennen rekisteröinnin aloittamista. Tutkitaan, onko menetelmien välillä eroa aloitusimpedanssien suuruudessa ja niiden hajonnoissa.

Rekisteröinnin vaikutusta impedanssilukemiin pyritään selvittämään mittaamalla rekisteröinnin lopussa ihoimpedanssilukemat ja niiden hajonnat elektrodipaikoittain sekä vertaamalla niitä aloitusimpedanssiin. Tutkitaan, onko menetelmien välillä olevia eroavuuksia siinä, miten impedanssi muuttuu rekisteröinnin aikana. Lisäksi selvitetään SurePrep menetelmän kohdalla, kuinka monta pistoa SurePrep menetelmässä tarvitaan, että aloitusimpedanssi laskee alle 10 k $\Omega$ .

## 7.2 Esikäsitteilyn vaikutus ihon reaktioihin

Esikäsitteilyn vaikutusta ihoon menetelmien välillä tarkastellaan kolmen osakysymyksen avulla. Rekisteröinnin jälkeen tarkastellaan, punoittaako iho käsitteilyn vaikutuksesta elektrodin alla ja onko käsitteilykohdassa havaittavissa verta. Lisäksi tarkastellaan SurePrep- menetelmän osalta, kuinka monta pistojälkeä iholla on havaittavissa rekisteröinnin lopussa.

## 7.3 Esikäsitteilyyn käytetty aika

Opinnäytetyössä pyritään selvittämään, kuinka pitkä aika kuluu ihonkäsitteilyn aloittamisesta siihen, kun jokaisen kyseisellä menetelmällä käsiteltävän elektrodin mittaama ihoimpedanssi on alle 10 k $\Omega$ . Pyritään selvittämään, onko SurePrep- menetelmä ja hohkakivipastalla hankaaminen verrattavissa ajankäytön kannalta toisiinsa.

# 8 KOEHENKILÖT

Mittaukset tehtiin 11.8.2009 – 20.10.2009 välisenä aikana Lastenklinikan vastasyntyneiden tehohoito-osastolla. Mittaukset suoritettiin potilaille pyydettyjen EEG-rekisteröintien yhteydessä. Nuorin koehenkilö oli gestatioiältään 37 viikkoa ja viisi päivää ja vanhin koehenkilö 41 viikkoa ja kaksi päivää. Koehenkilöiden valinta perustui siihen, että täysiaikaisen vauvan epidermis on kehittynyt rakenteeltaan ja suojaavilta

ominaisuuksiltaan samankaltaiseksi kuin aikuisen iho. Keskosien käyttö koehenkilöinä ei olisi tullut kysymykseen, sillä jo sähköisten ominaisuuksien kannalta saatu tieto ei olisi täysin verrattavissa täysiaikaisten tai aikuisten esikäsittelyissä saatavaan tietoon.

Mittauksissa tutkittiin esikäsittelyyn kuluvaan aikaan sekä impedanssiarvoja rekisteröinnin lopussa. Tärkeää on, että potilaasta johtuva mittausartefakta oli mahdollisimman vähäistä. Koska Lastenlinnan ja Lasten klinikan potilaat koostuvat pääasiassa lapsista ja nuorista, olivat vastasyntyneet paras vaihtoehto näistä suorittaa koemittaukset, sillä tunnettu tosiasia on, että vanhempien lasten EEG-rekisteröinneissä lisäkomponentteja tuo lasten vilkkaus. Vastasyntyneiden liikkuminen on vielä erittäin rajallista, jolloin impedanssin muutos rekisteröinnin aikana saadaan parhaalla mahdollisella tavalla erotettua impedanssin muutoksista, joita esimerkiksi elektrodimyssyn liikkuminen lapsen mukana saa aikaan. Lisäksi esimerkiksi hikoilun aiheuttama impedanssin lasku voidaan olettaa olevan erittäin pieni verrattuna isompiin lapsiin, sillä vastasyntyneiden ympäristön lämpötila on tarkoin säädelty.

Koemittausten suunnittelussa otettiin tarkasti huomioon se, että koemittauksiin liittyvät toimenpiteet eivät saaneet häiritä millään tavalla EEG-rekisteröintiä, eikä siihen saanut kuluu enempää aikaa kuin normaalisti. Mittaustoimenpiteet tehtiin EEG-rekisteröinnin normaalin toteutuksen ehdoilla. Ainoana erona oli, että osa elektrodeista käsiteltiin SurePrep menetelmällä.

HUSLABin vakiosopimuksen lisäksi ei koemittausten suorittamiseen tarvittu erityisiä lupia, koska EEG-rekisteröintiin liittyvää ihonkäsittelytapaa ei ole Lastenlinikalla määriteltä siten, että pitäisi käyttää jotain tiettyä menetelmää. Koemittaukset toteutettiin siten laboratorion sisäisenä menetelmävertailuna. Lisälupien tarpeellisuudesta kysyttiin suullisesti myös eettisen toimikunnan asiantuntijalta, jonka ohjeiden perusteella muita lupia ei tarvittu (Vanhatalo 2009).

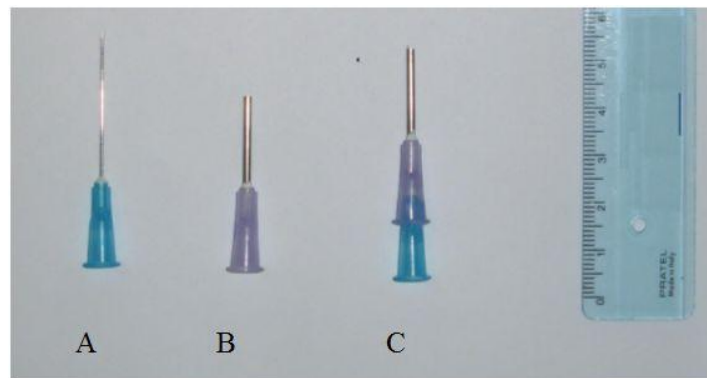
Opinnäytteessä ilmi käyvien koemittauksien lisäksi suoritettiin kaksi koemittausta, jotka jouduttiin kuitenkin keskeyttämään potilaista johtuvista syistä, jolloin EEG-rekisteröintiä ei jatkettu loppuun saakka. Ennen koemittauksen aloittamista arvioitiin, onko vastasyntyneen terveydentilassa jokin sellainen asia, jonka takia koemittauksien suorittaminen olisi eettisesti kyseenalaista. Myös paikalla olleiden vanhempien tunteet otettiin rekisteröintitilanteessa tarkasti huomioon, siinä henkisesti erittäin vaikeassa tilanteessa, johon perhe syntyneen lapsensa vaikean terveydentilan vuoksi oli joutunut.

## 9 MITTAUKSISSA KÄYTETYT VÄLINEET

Mittauksessa käytettiin joko verkkomyssyä tai elektrodimyssyä, riippuen siitä oliko potilaalla päähän kiinnitettynä tippa tai muu vastaava, joka esti elektrodimyssyn käytön. Elektrodimyssyä käytettiin kahdeksassa mittauksessa kun taas verkkomyssyä ja irtoelektrodeja neljässä mittauksessa. Verkkomyssyn kanssa käytettiin In Vivo Metric Biomedical Products:n SlimTrode –elektrodeja. Elektrodeihin lisättiin ennen iholle asettamista Weaver and Companyn Ten20® Conductive paste- elektrodipastaa.

Elektrodimyssynä käytettiin Advanced Neuro Technologyn WaveGuard EEG cap for neonatal- myssyä. Myssyn elektrodeihin lisättiin Electro-Cap International Inc. (Eci) Electro-gel™ -geeliä.

Sure Prep menetelmässä käytetyt neulat koottiin kahdesta neulasta. Becton Dickinson PrecisionGlide® 16 G ¾ Blunt Square Grind katkaistun neulan sisään työnnettiin Becton Dickinson Microlance™ 23G x 1 ¼ (0,6 mm x 30 mm) neula. Katkaistun neulan sisään työnnettävän normaalin neulan kärki tuli ulos katkaistun neulan sisältä. Mittanauhan avulla määritettiin silmämääräisesti ulostulevan terän pituus 0,5 millimetriin.



KUVIO 4. Sure Prep neulan valmistukseen käytettävät neulat. Neula A PrecisionGlide® 16 G ¾ Blunt Square Grind, neula B Microlance™ 23G x 1 ¼ (0,6 mm x 30 mm) neula ja neula C valmis Sure Prep neula (Alatalo – Stjerna 2009).

Hohkakivipastana käytettiin Berner OL –hohkakivipastaa. Pasta hangattiin joko myssyn elektrodien reikien läpi vanutikun puupäällä ihoon tai vanupäällä, jos käytössä oli verkkomyssy.

Mittauksissa käytetty laitteisto ja ohjelma olivat VIASYS Healthcare Inc. Nicolet vEEG – Recorder (versio 5.11.979) ja Nicolet vEEG –Study Room.

## 10 MITTAUKSEN TOTEUTUS

Ihon esikäsitteilyt toteutti kokenut kliiniseen neurofysiologiaan erikoistunut laboratoriohoitaja, jolla on kokemusta EEG-rekisteröinnistä yli kymmenen vuotta. Tällä pyrittiin vakioimaan se, ettei koemittausten tuloksiin vaikuta ylimääräiset kokemuksen puutteesta johtuvat ilmiöt. Esimerkiksi koemittausten tulosten kannalta oli olennaista ymmärtää, milloin impedanssin laskun puute johtuu esimerkiksi viallisesta elektrodista tai huonosta kosketuksesta vahvistimeen, eikä siitä, että jompikumpi esikäsitteilymenetelmä ei ole riittävä impedanssin laskemiseksi. Tästä johtuen koemittauksissa pystyttiin reagoimaan nopeasti erikoistilanteisiin esimerkiksi lopettamalla ajanotto ja poistamaan kyseisten elektrodien antamat tulokset lopullisista tuloksista.

Ennen opinnäytetyöhön liittyviä mittauksia potilaalle asetettiin verkkomyssy tai elektrodimyssy. Mikäli kyseessä oli verkkomyssy, Slim Throde elektrodit, joihin oli lisätty Ten20 elektrodipasta valmiiksi, asetettiin iholle 10-20-järjestelmän mukaisesti.. ANT:n myssyn kaikkiin elektrodeihin lisättiin geeli ennen ihokäsittelyiden aloittamista. Elektrodit liitettiin valmiiksi vahvistimeen. Myös muut rekisteröintiin liittyvät elektrodit, kuten EMG:tä ja EKG:tä mittavat elektrodit asetettiin paikoilleen ennen ihokäsittelyn aloittamista.

Keskilinjän elektrodit (Pz, Cz, Fz) päätettiin esikäsitellä hohkakivipastalla, sillä hohkakivipastalla hankaaminen on menetelmä, joka on yleisimmin käytössä Lasten- ja nuorten sairaalassa. Jos oltaisiin haluttu käyttää menetelmää, joka olisi tehokas laskemaan ihon impedanssia, eikä olisi käytetty kumpaakaan menetelmää, joita tässä opinnäytetyössä on käytössä, olisi vaihtoehto ollut ihon raapiminen neulalla. Menetelmän toteutus on kuitenkin vaikea standardisoida ja se koettiin ylimääräiseksi osaksi rekisteröinnissä, sillä tarkoitus oli, että normaaliin EEG-rekisteröintiin ei tuoda mitään normaalia rekisteröintiä haittaavaa tai hidastavaa. Hohkakivipastalla hankaaminen oli siten perusteltua, sillä menetelmä toimii eikä oletettavasti muuta tuloksia kummankaan menetelmän kohdalla.

Ihonkäsittelyt tehtiin menetelmä kerrallaan siten, että pään vasemman puolen elektrodit Fp1, F7, F3, T3, C3, T5, P3 ja O1 käsiteltiin hohkakivipastalla. Pään oikean puolen elektrodit Fp2, F4, F8, C4, T4, P4, T6 ja O2 käsiteltiin Sure Prep-menetelmällä. Riippuen potilaan asennosta ja lääkintälaitteiden käytöstä, valittiin kumpi ihonkäsittely suoritettiin ensin. Olennaista oli se, että potilasta ei liikuteltu turhaan.

Ihon käsittelyajalla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä aikaa, joka kului siitä, kun ensimmäisen elektrodin alaista ihoa alettiin käsitellä. Ajanotto jatkui siihen saakka, kunnes viimeinen kyseisellä menetelmällä valmistellun elektrodin impedanssi putosi alle 10 k $\Omega$ . Aika mitattiin sekuntikellolla ja merkittiin ylös. Kun kaikkien elektrodien impedanssit olivat alle 10 k $\Omega$  rekisteröinti aloitettiin. Rekisteröinti kesti keskimäärin 60 minuuttia.

Kun rekisteröinti oli ohi, merkittiin ylös lopetusimpedanssit. Myssy tai verkkomyssy elektrodeineen poistettiin potilaan päästä ja iho pyyhittiin elektrodipastasta tai geelistä. Tässä vaiheessa tarkastettiin, näkyikö pastassa tai geelissä absorboitunutta verta ja merkittiin ylös, mikäli verta oli näkyvissä. Tämä siitä syystä, että veri ei jäisi havaitsematta, kun iho pyyhittiin. Ihon pyyhinnän jälkeen tarkastettiin ihoilmentymät. Ihoilmentymät eli näkyvä veri ja punoitus merkittiin elektrodipaikoittain ylös. Sen lisäksi laskettiin näkyvät pistojäljet elektrodipaikoittain SurePrep menetelmällä esikäsitellyistä elektrodipaikoista.

## 11 TULOKSET

### 11.1 Ihon käsittelyyn kulunut aika

TAULUKKO 1. Esikäsitelyyn kuluneen ajan lyhyin ja pisin kesto, sekä koemittausten keskiarvo ja hajonta sekunneissa menetelmittäin. Hohkakivipastalla esikäsiteltyjä mittauksia 12 (N=12), SurePrep menetelmällä esikäsiteltyjä mittauksia 11 (N=11).

Menetelmä	N	Minimiaiika	Maksimiaiika	Keskiarvo	Keskihajonta
Hohkakivi	12	37,89	175,22	73,08	38,34
SurePrep	11	40,66	89,00	56,90	14,45

Hohkakivipastalla hankaamalla saavutettiin haluttu alle 10 k $\Omega$  impedanssilukema kaikilla kahdeksalla elektrodipaikalla nopeimmillaan 38 sekunnissa. Pisin aika impedanssien laskemiseen alle halutun arvon oli kaksi minuuttia ja 56 sekuntia. Keskiarvo ajasta oli minuutti ja 13 sekuntia. Keskihajonta mittausten välillä oli 38, 34.

SurePrep menetelmällä saavutettiin haluttu alle 10 k $\Omega$  impedanssilukema kaikilla kahdeksalla elektrodipaikalla nopeimmillaan 41 sekunnissa ja hitaimmillaan yhdessä minuutissa ja 13 sekunnissa. Keskimääräinen valmistelu-aika oli 56 sekuntia. Keskihajonta mittausten välillä oli 14,45.

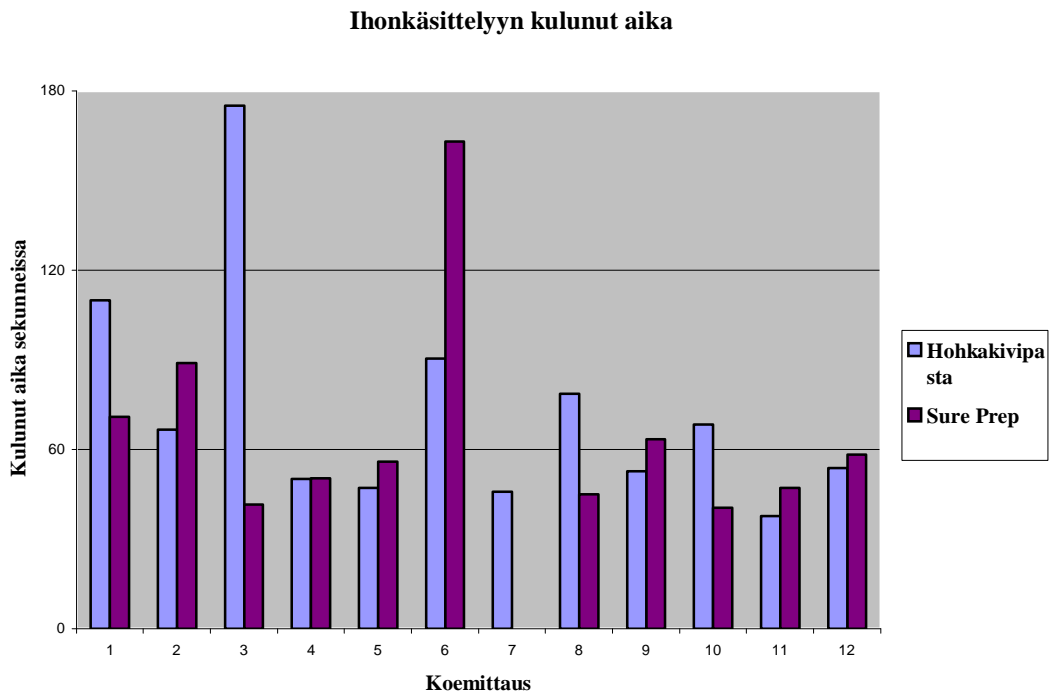
TAULUKKO 2. Koemittausten ajat ihonkäsittelymenetelmittäin ja niiden välinen erotus. Harmaalla pohjustetut erotusarvot merkitsevät sitä, että hohkakivipastalla hankaamisessa on kulunut vähemmän aikaa kuin SurePrep menetelmässä.

Koemittaus	Hohkakivipasta, aika sekunneissa	SurePrep, aika sekunneissa	Menetelmien välinen erotus sekunneissa
1	110	71	39
2	67	89	-22
3	175	42	133
4	50	51	-1
5	47	56	-9
6	91	163	-72
7	46		
8	79	45	34
9	53	63	-10
10	68	41	27
11	38	47	-9
12	54	58	-4

Suurin ero ajassa yhden koemittauksen aikana hohkakivipasta- ja SurePrep menetelmien välillä oli 2 minuuttia ja 13 sekuntia, jolloin SurePrep menetelmä oli nopeampi. Pienin ero mittausten välillä oli neljä sekuntia ja hohkakivipastalla hankaaminen nopeampaa. Seitsemässä mittauksessa hohkakivipastalla hankaaminen oli nopeampi menetelmä, neljässä mittauksessa taas SurePrep oli nopeampi menetelmä. Yhden mittauksen

SurePrep menetelmän aikaa ei saatu, sillä esivalmistelu keskeytyi hetkellisesti ja ajanotto oli lopetettava.

Molemmissa ryhmissä vain yksi esivalmistelu kesti yli kaksi minuuttia. SurePrep menetelmässä alle yhden minuutin kestäviä esivalmisteluja oli seitsemän kappaletta kun taas hohkakivipastalla hankaamisessa alle minuutin kestäneitä valmisteluja oli kuusi kappaletta.



KUVIO 5. Käsittelyaikojen vertailu eri koemittauksilla.

### 11.2 SurePrep menetelmässä käytetyt pistomäärät elektrodipaikoittain

SurePrep menetelmän pistomäärät kirjattiin ylös esikäsittelyn yhteydessä. 60,7 % elektrodipaikoista tarvitsi kolme pistoa, ennen kuin mitattu impedanssi putosi vaadittuun alle 10 kΩ:n. 17,9 % elektrodipaikoista vaati 4 pistoa saavuttaakseen vaaditun impedanssilukeman. 2,4 % elektrodipaikoista tarvitsi 5 pistoa. 6 pistoa käytettiin 15,5 % tapauksista ja 9 pistoa 3,6 % elektrodeista. 78,6 prosenttia elektrodeista siis saavutti halutun impedanssilukeman alle neljällä pistolla.

TAULUKKO 3. Tarvittujen pistomäärien frekvenssit elektrodeittain (N=84)

<b>SurePrep-menetelmän pistojen lukumäärä/elektrodi</b>			
	Frekvenssi	Frekvenssi %	Kumulatiivinen %
3 pistoa	51	60,7	60,7
4 pistoa	15	17,9	78,6
5 pistoa	2	2,4	81,0
6 pistoa	13	15,5	96,4
9 pistoa	3	3,6	100,0
Yhteensä	84	100,0	

### 11.3 Impedanssimittausten tulokset

Ennen rekisteröinnin aloitusta saavutetut impedanssilukemat merkittiin ylös elektrodipaikoittain. Hohkakivipastalla hangatessa korkein impedanssilukema oli 9,8 k $\Omega$ . Matalin saavutettu impedanssi arvo oli 0,1 k $\Omega$ . Keskimääräinen impedanssi oli 2,93 k $\Omega$ . Keskihajonta aloitusimpedansseille hohkakivipastalla hankaamisen yhteydessä oli 2,52. Yhdessätoista koemittauksessa tarkasteltiin aloitusimpedanssia (N=88).

TAULUKKO 4. Kaikkien (N=88) hohkakivipastalla esikäsiteltyjen elektrodipaikkojen aloitusimpedanssien tunnusluvut.

<b>Aloitusimpedanssit hohkakivipastan käytön yhteydessä</b>					
	N	Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Keskihajonta
	88	,10	9,80	2,9300	2,52000
Yhteensä	88				

SurePrep menetelmän matalin aloitusimpedanssi oli myös 0,1 k $\Omega$ . Korkein aloitusimpedanssi oli 9,90 k $\Omega$ . Keskimääräinen aloitusimpedanssi oli 3,95 k $\Omega$  ja impedanssien hajonta oli 2,47. Aloitusimpedanssia tarkasteltiin yhdessätoista koemittauksista, jonka lisäksi kuuden elektrodin arvot jouduttiin hylkäämään, sillä

impedanssilukema laski vasta elektrodin irrottamisen ja uudelleen kiinnittämisen jälkeen alle 10 k $\Omega$ . Yhteensä aloitusimpedanssit rekisteröitiin 82 elektrodista (N=82).

TAULUKKO 5. Kaikkien (N=82) SurePrep-menetelmällä esikäsiteltyjen elektrodipaikkojen aloitusimpedanssien tunnusluvut.

**Aloitusimpedanssit SurePrep-menetelmän käytön yhteydessä**

	N	Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Keskihajonta
	82	,10	9,90	3,9537	2,46898
Yhteensä	82				

Hohkakivipastalla hankaamisen aloitusimpedanssien pienin-, suurin- ja keskiarvo käyvät ilmi alla olevasta taulukosta 5. Menetelmän impedanssiarvoissa ei ole suurta eroa keskenään. Suurin ero pienimmässä aloitusimpedanssissa on elektrodien Fp1, P3, O1 sekä elektrodin F7 välillä. Fp1, P3 ja O1 saavat pienimmillään 0,1 k $\Omega$  arvon, kun taas F7 saa pienimmäksi arvokseen 0,6 k $\Omega$ . Suurin ero korkeimmassa aloitusimpedanssissa on elektrodien C3 ja F7 välillä, C3 elektrodin saadessa suurimmaksi aloitusimpedanssiseen 4,30 k $\Omega$  ja F7 taas 9,8 k $\Omega$ . Keskiarvoissa suurin ero on elektrodien T3 ja F7 välillä. T3 elektrodi saa keskiarvokseen 2,0 k $\Omega$  kun taas F7 saa keskiarvokseen 4,19 k $\Omega$ . Keskihajonnat vaihtelevat 1,37 - 3,21 välillä.

TAULUKKO 6. Hohkakivipastalla hankaamisen yhteydessä rekisteröidyt aloitusimpedanssien tunnusluvut elektrodipaikoittain.

**Aloituseroimpedanssien tunnusluvut elektrodipaikoittain,  
ihonkäsittelymenetelmä hohkakivipastalla hankaaminen**

	N	Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Keskihajonta
Fp1	11	,10	8,40	2,2364	2,90388
F7	11	,20	9,80	4,3364	2,96084
F3	11	,60	9,30	4,1909	3,21137
T3	11	,20	3,70	2,0000	1,40428
C3	11	,20	4,30	2,4182	1,36515
T5	11	,30	8,60	3,5364	2,96859
P3	11	,10	4,70	2,4909	1,81684
O1	11	,10	7,70	2,2636	2,28179

SurePrep menetelmän aloituseroimpedanssien tunnusluvut käyvät ilmi alla olevasta taulukosta elektrodipaikoittain. Pienimmässä aloituseroimpedanssissa suurin ero on elektrodien T6 ja F4 välillä. T6 saa pienimmäksi aloituseroimpedanssikseen 0,1 k $\Omega$  kun taas elektrodi F4:n pienin impedanssi on 1,50 k $\Omega$ . Suurimmissa aloituseroimpedansseissa eniten ero on elektrodien T4 ja Fp2 sekä O2 välillä. T4 elektrodi saa suurimmaksi aloituseroimpedanssikseen 6,80 k $\Omega$  kun taas Fp2 ja O2 impedanssilukeman 9,90 k $\Omega$ . Keskiarvoissa suurin ero on elektrodipaikkojen P4 ja O2 välillä. Elektrodin P4 keskiarvoimpedanssi on 3,2 k $\Omega$  kun taas O2 elektrodin on 4,61 k $\Omega$ . Aloituseroimpedanssien keskihajonnat vaihtelevat 2,06 – 3,33 välillä.

TAULUKKO 7. SurePrep menetelmän yhteydessä rekisteröidyt aloitusimpedanssien tunnusluvut elektrodipaikoittain.

**Aloitusimpedanssien tunnusluvut elektrodipaikoittain,  
ihonkäsittelymenetelmä SurePrep**

	N	Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Keskihajonta
Fp2	11	,70	9,90	3,59	2,81
F4	10	1,50	8,10	4,03	2,29
F8	10	1,20	7,70	3,89	2,40
C4	11	1,10	7,90	4,06	2,45
T4	11	1,00	6,80	4,19	2,07
P4	9	1,00	6,90	3,22	2,11
T6	10	,10	7,60	3,96	2,71
O2	10	,20	9,90	4,61	3,33

Lopetusimpedanssit mitattiin EEG-rekisteröinnin lopetuksen yhteydessä. Hohkakivipastalla hankaamalla esikäsiteltyjen elektrodien lopetusimpedanssien pienin arvo oli 0,0 k $\Omega$  kun taas suurin arvo oli 40,70 k $\Omega$ . Keskiarvo mittauksissa lopetusimpedanssille oli 5,04 k $\Omega$  ja keskihajonta 8,18 k $\Omega$ .

TAULUKKO 8. Kaikkien (N=73) SurePrep-menetelmällä esikäsiteltyjen elektrodipaikkojen lopetusimpedanssien tunnusluvut.

**Lopetusimpedanssit hohkakivipastan käytön yhteydessä**

	N	Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Keskihajonta
	73	,00	40,70	5,04	8,18
Yhteensä	73				

SurePrep menetelmällä käsiteltyjen elektrodipaikkojen lopetusimpedansseista pienin oli 0,1 k $\Omega$  ja suurin arvo oli 60,40 k $\Omega$ . Keskiarvo mittauksissa lopetusimpedanssille oli 5,13 k $\Omega$  ja keskihajonta 7,81 k $\Omega$ .

TAULUKKO 9. Kaikkien (N=71) SurePrep-menetelmällä esikäsiteltyjen elektrodipaikkojen lopetusimpedanssien tunnusluvut.

**Lopetusimpedanssit SurePrep-menetelmän käytön yhteydessä**

	N	Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Keskihajonta
	71	,10	60,40	5,13	7,81
Yhteensä	71				

Lopetusimpedansseissa oli suurempia eroja hohkakivipastakäsittelyllä valmisteltujen elektrodipaikkojen välillä kuin aloitusimpedansseissa. Suurin keskihajonnan ero oli elektrodipaikkojen T3 ja C3 välillä. Elektrodipaikassa T3 keskihajonta oli 2,93 ja C3 elektrodipaikalla vastaava luku oli 13,02. Suurin ero pienimmän lopetusimpedanssin kohdalla oli elektrodeissa Fp1, O1 ja elektrodin P3 välillä. Fp1 ja O1 saivat minimiarvokseen 0,0 kΩ. Suurin ero korkeimman lopetusimpedanssin kohdalla oli T3 ja C3 elektrodien välillä. T3 korkein lopetusimpedanssi oli 9,70 kΩ kun taas C3 korkein lopetusimpedanssi oli 40,70 kΩ. Keskiarvo oli pienimmillään elektrodipaikassa T3, 2,09 kΩ. Suurin keskiarvo lopetusimpedansseissa oli elektrodipaikassa C3 eli 13,02 kΩ.

TAULUKKO 10. Hohkakivipastalla hankaamisen yhteydessä rekisteröidyt lopetusimpedanssien tunnusluvut elektrodipaikoittain.

**Lopetusimpedanssien tunnusluvut,  
menetelmänä hohkakivipastalla hankaaminen**

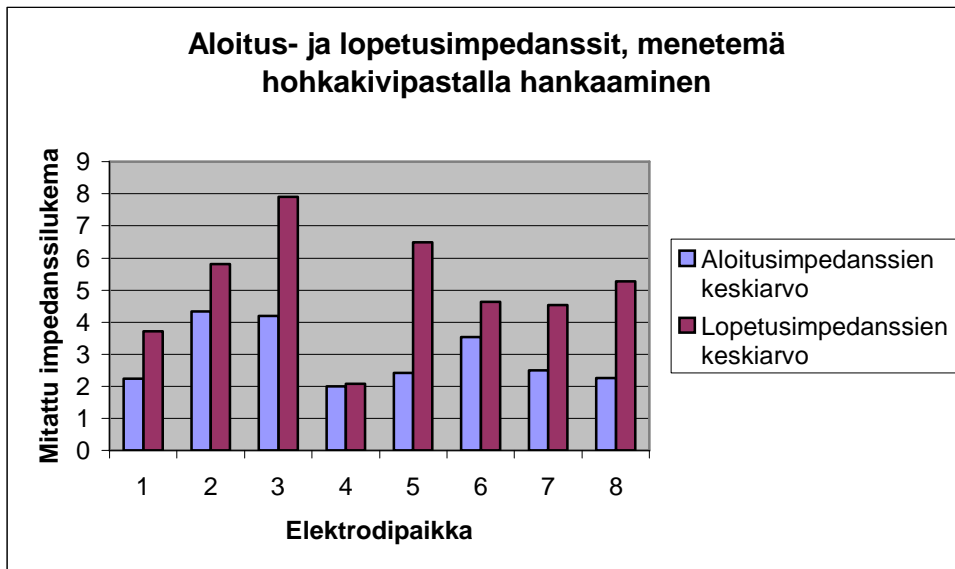
	N	Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Keskihajonta
Fp1	10	,00	16,50	3,72	5,76
F7	9	,20	17,00	5,82	6,15
F3	9	,10	36,30	7,91	11,75
T3	9	,30	9,70	2,09	2,93
C3	9	,10	40,70	6,49	13,02
T5	9	,50	16,80	4,64	5,53
P3	9	,60	11,50	4,53	4,46
O1	9	,00	36,20	5,28	11,64

SurePrep menetelmässä matalimman lopetusimpedanssin ero elektrodipaikoittain oli elektrodien T6 ja F8 välillä. Elektrodi T6 pienin lopetusimpedanssi oli 0,10 k $\Omega$  kun elektrodin F8 pienin lopetusimpedanssi oli 0,80 k $\Omega$ . Korkeimman lopetusimpedanssin kohdalla suurin ero oli elektrodien P4 ja C4 välillä. P4 elektrodin korkein lopetusimpedanssi oli 10,30 k $\Omega$  ja elektrodin C4 korkein lopetusimpedanssi oli 60,40 k $\Omega$ . Keskiarvot vaihtelivat 3,73 k $\Omega$ :n ja 10,78 k $\Omega$  välillä. Matalimman keskiarvon sai elektrodi Fp2 ja korkeimman elektrodi C4. Keskihajonnassa suurin ero oli elektrodien T4 ja C4 välillä. Elektrodi T4 keskihajonta oli 3,44 ja elektrodin C4 oli 19,01.

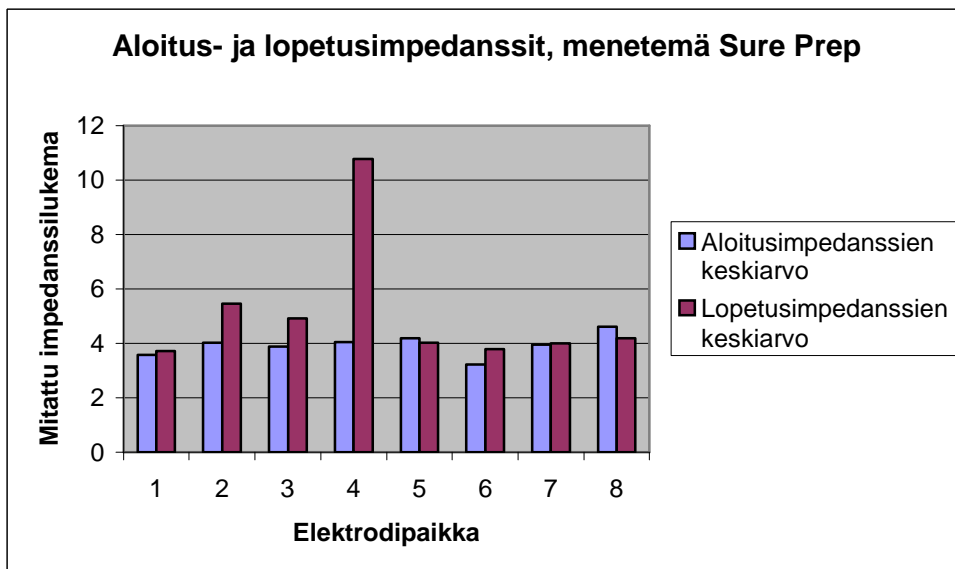
**Lopetusimpedanssien tunnusluvut elektrodipaikoittain,  
menetelmänä SurePrep**

	N	Minimiarvo	Maksimiarvo	Keskiarvo	Keskihajonta
Fp2	9	,20	12,70	3,73	4,19
F4	9	,70	14,70	5,46	4,72
F8	9	,80	13,90	4,92	4,88
C4	9	,20	60,40	10,78	19,01
T4	9	,30	11,20	4,02	3,44
P4	8	,20	10,30	3,79	3,95
T6	9	,10	12,00	4,00	4,36
O2	9	,30	13,90	4,19	4,47

TAULUKKO 11. SurePrep-menetelmän yhteydessä rekisteröidyt lopetusimpedanssien tunnusluvut elektrodipaikoittain.



KUVIO 6. Hohkakivipastalla tehty ihonkäsittely; aloitus- ja lopetusimpedanssien keskiarvot rinnakkain elektrodipaikoittain. Elektrodit 1=Fp1, 2=F7, 3=F3, 4=T3, 5=C3, 6=T5, 7=P3 ja 8=O1.



KUVIO 7. Sure Prep-menetelmällä tehty ihonkäsittely; aloitus- ja lopetusimpedanssien keskiarvot rinnakkain elektrodipaikoittain. Elektrodit 1=Fp2, 2=F4, 3=F8, 4=C4, 5=T4, 6=P4, 7=T6 ja 8=O2.

#### 11.4 Koemittauksissa havaitut ihoilmentymät

Ihoilmentymiä tarkasteltiin rekisteröinnin jälkeen kolmella eri tavalla. Ihon käsittelyn aiheuttama punoitus, näkyvä veri ja SurePrep menetelmän aiheuttamat pistojäljet elektrodin alapuolisessa ihossa kirjattiin elektrodipaikoittain ylös.

SurePrep menetelmän käytön yhteydessä iho punoitti vain yhdessä tapauksessa kaikista 96 elektrodipaikasta (N=96). Hohkakivipastalla hankaamisessa iho punoitti kolmen elektrodin alla kun kokonaismäärä elektrodeja oli 96 (N=96). Vastaavat prosenttilukemat ovat hohkakivipastalla hankaamisen yhteydessä 3,1 % punoittavia ihoalueita ja SurePrepin osalta 1 %.

TAULUKKO 12. Ihon punoitus rekisteröinnin jälkeen SurePrep menetelmässä (N=96).

##### SurePrep-menetelmän käytön jälkeen näkyvä punoitus

	Frekvenssi	Frekvenssi %	Kumulatiivinen %
Ei näkyvää punoitusta	95	99,0	99,0
Iho punottaa	1	1,0	100,0
Yhteensä	96	100,0	

TAULUKKO 13. Ihon punoitus rekisteröinnin jälkeen hohkakivipastalla hankaamisen yhteydessä (N=96).

##### Hohkakivipastalla hankaamisen jälkeen näkyvä punoitus

	Frekvenssi	Frekvenssi%	Kumulatiivinen %
Ei näkyvää punoitusta	93	96,9	96,9
Iho punottaa	3	3,1	100,0
Yhteensä	96	100,0	

Verta ilmeni hohkakivipastalla hankaamisen yhteydessä 4,2 % elektrodipaikoista. 95,8% ei verta ollut havaittavissa (N=96). SurePrep menetelmän yhteydessä verta havaittiin 27,1 % elektrodipaikoista. 72,9 % verta ei ollut havaittavissa (N=96).

TAULUKKO 14. Hohkakivipastalla hankaamisen yhteydessä havaittu veri eri elektrodipaikoissa (N=96).

**Hohkakivipastalla hankaamisen jälkeen havaittava näkyvä veri**

	Frekvenssi	Frekvenssi %	Kumulatiivinen %
Ei näkyvää verta	92	95,8	95,8
Verta näkyvissä	4	4,2	100,0
Yhteensä	96	100,0	

TAULUKKO 15. SurePrep menetelmän käytön yhteydessä havaittu veri eri elektrodipaikoissa (N=96).

**SurePrep menetelmän käytön jälkeen havaittava näkyvä veri**

	Frekvenssi	Frekvenssi %	Kumulatiivinen %
Ei näkyvää verta	70	72,9	72,9
Verta näkyvissä	26	27,1	100,0
Yhteensä	96	100,0	

SurePrep menetelmän yhteydessä pistojälkiä oli nähtävissä 31,2 % tapauksia. Yksi pistojälki näkyi 19,8 % tapauksista, kaksi pistojälkeä 8,3 % tapauksista ja kolme pistojälkeä 3,1 % tapauksista. 68,8 prosentissa tapauksista ei ollut pisto jättänyt silmin havaittavaa jälkeä elektrodin alle.

## TAULUKKO 16. Pistojätkien lukumäärä

## SurePrep menetelmän käytön jälkeen havaittavien pistojälkien lukumäärä

	Frekvenssi	Frekvenssi %	Kumulatiivinen %
0 pistojälkeä	66	68,8	68,8
1 pistojälki	19	19,8	88,5
2 pistojälkeä	8	8,3	96,9
3 pistojälkeä	3	3,1	100,0
Yhteensä	96	100,0	

## 12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Käsittelyajan suhteen molemmat menetelmät olivat pienimmältä kestoaltaan samaa luokkaa. Hohkakivipastan käytössä lyhyin käsittelyaika oli noin 38 sekuntia ja SurePrep menetelmässä lyhyin käsittelyaika oli noin 41 sekuntia. Pisimmät käsittelyajat olivat hohkakivipastalla hankaamisessa 2 minuuttia ja 56 sekuntia kun taas SurePrep menetelmässä pisin esikäsitteilyyn käytetty aika oli 1 minuutti ja 13 sekuntia. Ottaen kuitenkin huomioon, että EEG-rekisteröinti itsessään on vähintään tunnin mittainen, jonka lisäksi kaikki esikäsitteilyyn liittyvä toiminta vie helposti toisen puoli tuntia, on erot triviaaleja menetelmien välillä.

Sen sijaan esikäsitteilyyn kuluneen ajan keskihajonnoissa oli suuri ero. Hohkakivipastalla hankaamiseen kuluneen ajan keskihajonta oli 38,34, kun taas SurePrep menetelmän keskihajonta oli 14,45. Aikojen keskihajontojen ero sen sijaan saattaa viitata siihen, että vaikka hohkakivipastalla hankaamalla saa yleisesti ottaen nopeasti elektrodipaikan valmisteltua, hankalissa tilanteissa, kun impedanssi ei putoa alle 10 k $\Omega$ :n, se on mahdollisesti jonkin verran hitaampi menetelmä kuin Sure Prep.

Esikäsitteilyyn käytetyn ajan suhteen SurePrep menetelmä on verrattavissa hohkakivipastalla hankaamiseen.

SurePrep menetelmän yhteydessä merkittiin ylös esivalmistelun aikana pistomäärät elektrodeittain, jotka laskivat kyseisen elektrodin mittaaman impedanssin alle 10 k $\Omega$ :n. Kolme pistoa riitti pudottamaan impedanssin halutun rajan alle 60,7 %:ssa elektrodeista. 4 pistoa taas 17,9 %:ssa. Tämän jälkeen viiden piston elektrodeja ei ollut kuin 2,4 %

elektrodeista, kun taas 6 pistoa vaati 15,5 %. Viisi pistoa vaativien elektrodipaikkojen lukumäärä on erikoinen pudotus tilastossa, sillä oletettavaa olisi, että prosenttiosuudet pienenevät tasaisesti pistojen lukumäärän kasvaessa. Tässä opinnäytetyössä jää siis avoimeksi optimaalinen pistomäärä, mutta tulokset ovat suuntaa antavia. Kenties 84 elektrodia ei ole riittävästi, jotta esimerkiksi vinosti ihoon kohdistuvien pistojen vaikutus ei aiheuttaisi erikoisia poikkeamia tuloksiin.

Aloitussympedanssit olivat molemmissa menetelmissä hyvin samankaltaiset. Tietenkin aloitussympedanssien korkeimmat ja matalimmat arvot saavat saman kaltaisia tuloksia sillä aloitussympedanssi määriteltiin molemmissa ihonkäsittelymenetelmissä siten, että impedanssi mitataan heti, kun kaikkien elektrodien impedanssit ovat pudonneet alle 10 k $\Omega$ . Alin mahdollinen tulos oli luonnollisesti 0,0 k $\Omega$ :a. Matalin aloitussympedanssi oli molemmilla menetelmillä 0,10 k $\Omega$  ja korkeimman impedanssin ero oli vain 0,1 k $\Omega$ . Keskiarvossa oli yhden k $\Omega$ :n ero ja hajonnat olivat samaa luokkaa keskenään. Aloitussympedanssin määrittelyminen kuten on määritelty rajoittaa jonkin verran eroavaisuuksien ilmaantumista, mutta siitä huolimatta molempien menetelmien kohdalla tulokset ovat hyvin samankaltaisia.

Lopetusympedansseissa oli menetelmien välillä jonkin verran eroa. Hohkakivipastalla hankaamalla esikäsiteltyjen elektrodipaikkojen korkein lopetusympedanssi oli 40,10 k $\Omega$  kun taas SurePrep menetelmässä korkein impedanssi oli 60,40 k $\Omega$ . Keskiarvoltaan molemmat menetelmät olivat parin k $\Omega$ :n sisällä toisistaan ja pienin arvo oli lähes identtinen. Tuloksissa pitää ottaa huomioon, että yhden tai parin elektrodin mitaaman korkeaksi noussut impedanssi muuttaa hajontaa huomattavasti, eikä se välttämättä ole todellinen, menetelmästä riippuva hajonta. Jokin rekisteröinnin aikana tapahtunut korjaus on saattanut liikauttaa elektrodia riittävästi, jotta sen impedanssi nousee korkeaksi. Hajonta hohkakivipastalla hankaamisessa oli noin 8,2 kun taas SurePrep menetelmässä hajonta oli noin 2,5.

Aloitussympedanssien ja lopetusympedanssien vertaamalla elektrodipaikoittain huomataan, että SurePrep menetelmän aloitussympedanssit ja lopetusympedanssit ovat keskimäärin pysyneet enemmän samalla tasolla kuin hohkakivipastalla hankaamisessa. Kaikkien arvojen keskiarvojen taso on luokkaa alle 6 k $\Omega$ , lukuun ottamatta yhtä lopetusympedanssia, joka on korkeampi. Tämä viittaisi hyvin kestäväseen impedanssin tasoon mittauksen aikana. Hohkakivipastalla hankaamisen yhteydessä erot aloitussympedanssin ja lopetusympedanssin välillä

ovat jonkin verran suuremman, mutta eivät kuitenkaan 4 k $\Omega$ :a suurempia. Menetelmänä SurePrep on verrattavissa hohkakivipastalla hankaamiseen tässäkin kysymyksessä, lisäselvittelyä vaatisi se, onko SurePrep menetelmässä etuja hohkakivipastalla hankaamiseen nähden impedanssien pitempiaikaisessa pysymisessä halutulla tasolla.

Ihoilmentymistä silmiin pistävin oli veren esiintyminen SurePrep menetelmän yhteydessä. Prosenttiosuus elektrodipaikoista, joissa verta havaittiin rekisteröinnin jälkeen, oli 27,1 %, joka tarkoitti 26:tta elektrodia. Rekisteröinnin jälkeen kuivunutta verta oli piste kohdassa, johon pisto oli tehty. Verenvuotoa ei esiintynyt. 12 kappaletta elektrodeista, joissa verta havaittiin, oli kahden koemittauksen yhteydessä havaittuja. Toisessa koemittauksessa seitsemässä kahdeksasta elektrodista havaittiin verta ja toisessa taas viidessä kahdeksasta elektrodista. Molemmat koehenkilöt olivat voimakkaasti turvoksissa. Toisessa näistä mittauksista myös hohkakivipastalla hankaaminen aiheutti verijäljen. Veren esiintyminen iholla pistokohdassa ei ole poissuljettua SurePrep menetelmän käytössä, sillä dermo-epidermaalisenjunktio aaltoileva muoto tekee mahdottomaksi arvioida yksittäisen elektrodin kohdalla, ulottuuko neulan kärki vain juuri ja juuri epidermiksen alimman kerroksen alla vai hieman syvemmälle dermikseen, jossa on hiussuonia.

Tarkoituksen mukaista ei ole, että lähes kaikissa elektrodipaikoissa on verta. SurePrep menetelmän käyttöä potilailla, jotka ovat vahvasti turvoksissa olisi siis harkittava. Mikäli ajatellaan, että menetelmä ei ensisijaisena ihonkäsittelymenetelmänä ole paras mahdollinen menetelmä normaalin EEG-mittauksen yhteydessä turvoksissa oleville potilaille ja nämä kaksi koemittausta käsiteltäisiin omana ryhmänään, saadaan tuloksista poistettua niiden aiheuttaman harhan. Tällöin verenvuotoa olisi esiintynyt 12 elektrodin yhteydessä kahdeksastakymmenestä elektrodista. Prosenttiosuus elektrodeille, joiden alla verta havaittiin olisi silloin 15 %. Tämän tulkinnan mahdollisuus veren esiintymisen yleisyydestä on otettava huomioon tuloksia tarkasteltaessa.

Muiden ihoilmentymien osalta tulokset olivat odotetun kaltaisia. Punoitus liittyy lähinnä hohkakivipastalla hankaamiseen, sillä soluja irrotetaan mekaanisesti alemmista epidermiksen kerroksista. Elektrodeja, joiden alla iho punoitti rekisteröinnin jälkeen oli hohkakivipastalla hankaamisen yhteydessä vain 3,1 % tapauksista, SurePrepin kohdalla prosenttiosuus oli 1 %. Pistojälkiä havaittiin SurePrep menetelmän yhteydessä

vähemmän kuin pistoja oli tehty. Pistojäljet olivat siistejä rajoiltaan eivätkä punoittaneet.

Tulosten perusteella SurePrep menetelmää voidaan pitää verrattavana vaihtoehtona hohkakivipastalla hankaamiselle, mikäli menetelmää ei käytetä vahvasti turvoksissa olevien potilaiden ihon ensisijaisena esikäsittelymenetelmänä, jos kyseessä on rekisteröinti, jossa ihopotentiali ei vaikuta merkittävän häiritsevästi.

### 13 POHDINTA

Tehohoidossa olevien vauvojen ollessa koehenkilöinä, oli kaikkien koemittausten toimittava potilaan normaalin hoito-ohjelman puitteissa. Tämä teki haasteelliseksi tutkimuksen teknisen toteuttamisen, sillä aikaa ei saanut kulua enempää kuin normaalissa EEG-mittauksessa. Tavoitteeseen päästiin hyvin, sillä koemittaukset oli tarkasti suunniteltuja ja alun haparoinnin jälkeen päästiin mittaamaan hyvinkin kontrolloidusti haluttuja asioita. Erona tarkkaan, standardoituun mittaustilanteeseen oli kuitenkin kaikki potilaiden hoitoon kuuluvat, osin yllättävätkin tilanteet, joiden kanssa oli vain parhaan mukaan pyrittävä vakioimaan mittaus, jotta tuloksista tulisi luotettavia. Osittain siitä syystä tuloksissa ei kaikkien tutkimuskysymysten kohdalla ole esimerkiksi esitetty samoja määriä tuloksia.

Ihoilmentymien tarkempi mittaus, esimerkiksi punoituksen laajuuden suhteen olisi ollut jossain määrin informatiivisempaa kuin vastaus näkykö punoitusta vai ei, mutta rekisteröinnin jälkeen ei ollut mahdollista liikutella potilaan päätä niin paljon, että tarkkoja mittauksia olisi voinut tehdä. Ihoilmentymien arviointi tapahtui siis silmämääräisesti kyllä-ei-periaatteella. Riittävän selkeä kuva kuitenkin ihoilmentymien esiintyvyydestä kuitenkin saatiin.

Alun perin tämän opinnäytetyön suunnittelussa kiinnitin paljon huomiota siihen, ettei potilaille, joille koemittaukset suoritettiin aiheudu minkään näköistä lisävaivaa tai haittaa mittausten johdosta. Nyt kun mittaukset on suoritettu, voi todeta, että tavoite täyttyi hienosti. Potilaiden EEG-tutkimukset sujuivat juuri niin kuin aina. Siihen nähden opinnäytteeseen saatiin hienosti materiaalia, joka valottaa SurePrep menetelmän käyttöä todellisissa potilastilanteissa.

Opinnäytetyön aikataulu siirtyi kuukaudella eteenpäin, sillä aikana, jolloin koemittauksia oli tarkoitus aiemman aikataulun pohjalta tehdä, kyseisiltä osastoilta ei pyydetty riittävän useaa EEG-rekisteröintiä sopivan ikäisille potilaille. Katsoin kuitenkin järkevämmäksi odottaa lopulliset tulokset, kuin palauttaa työn liian pienellä vertailumateriaalilla. Opinnäytetyön ohjaamisesta vastasi lähes yksinomaan Lastenlinnan kliinisen neurofysiologian laboratorion henkilökunta, erityisesti Jarmo Mäki ja Sampsa Vanhatalo. Koska suurin osa esiin nousseista kysymyksistä liittyi lähinnä opinnäytetyön teoreettiseen puoleen ja mittausten käytännön toteuttamiseen, olivat he juuri oikeita ohjaajia, enkä kokenut koulun puolelta saatavaa ohjausta yhtä tärkeänä. Se saattaa tietysti vaikuttaa opinnäytetyön tekniseen laatuun jonkin verran.

Kaiken kaikkiaan työ kuitenkin täyttää sille asetetut tavoitteet.

## LÄHTEET

- Alatalo, Päivi – Stjerna, Susanna 2008: Mini-puncturen ja hohkakivipastalla hankaamisen vertailu ihonkäsittelymenetelmänä EEG rekisteröintiä varten. Opinnäytetyöstä käytetty kuvia.
- Alatalo, Päivi – Stjerna, Susanna – Mäki, Jarmo – Vanhatalo, Sampsu 2008: Evaluation on an easy, standardized and clinically practical method (SurePrep) for the preparation of electrode-skin contact in EEG recordings.
- Atherton, D. J. – Rook, Arthur 1986: The Newborn. Teoksessa Rook, Arthur – Wilkinson, D.S. – Ebling, F.J.G. – Champion, R.H. – Burton, J.L. (toim.): Textbook on Dermatology. Vol 1. neljäs painos. Lontoo: Blackwell Scientific Publications.
- Edelberg, Robert 1977: Relation of Electrical Properties of Skin to Structure And Physiologic State. The Journal of Investigative Dermatology, 69: 324-327.
- Eskola, Hannu 2006: Elimistön biosähköiset ominaisuudet. Teoksessa Falck, Björn - Hasan, Joel - Jäntti, Ville - Partanen, Juhani - Salmi, Tapani - Tolonen, Uolevi (toim.): Kliininen neurofysiologia. Helsinki: Duodecim.
- Grimnes, S. – Martinsen O.G 2000: Bioimpedance & Bioelectricity Basics. Lontoo: Academic Press.
- Hakalax, Nita – Sainio, Kimmo – Tolonen, Uolevi 2006: EEG:n artefaktit ja valvonta. Teoksessa Partanen, Juhani – Falck, Björn - Hasan, Joel – Jäntti, Ville – Salmi, Tapani – Tolonen, Uolevi (toim.) : Kliininen neurofysiologia. Helsinki: Duodecim.
- Hiltunen, Erkki – Holmberg, Peter – Kaikkonen, Matti – Lindblom-Yläne, Sari – Nienstedt, Walter – Wähälä, Kristiina (toim.) 2006: Galenos, ihmiselimistö kohtaa ympäristön. 6.-7. painos. Helsinki: WSOY.
- Hardman, Matthew J – Bryne, Carolyn: Skin Structural development Teoksessa Hoath, Steven B. - Maibach, Howard I. (toim.)2003: Neonatal Skin: Structure and Function. Informa Healthcare
- Hoeger, Peter – Enzmann, Christine C: Skin Physiology of the Neonate and Young Infant 2002: A Prospective Study of Functional Skin Parameters During Early Infancy. Fetal and Neonatal Investigations. Pediatric Dermatology Vol 19 No.3 256-262.
- Huttunen, Juha – Tolonen, Uolevi – Partanen, Juhani: EEG:n fysiologiaa ja patofysiologiaa 2006: Teoksessa Partanen, Juhani – Falck, Björn - Hasan, Joel – Jäntti, Ville – Salmi, Tapani – Tolonen, Uolevi (toim.) : Kliininen neurofysiologia. Helsinki: Duodecim.

- Julkunen, P. – Pääkkönen, A – Hukkanen, T. – Könönen, M. – Tiihonen, P. - Vanhatalo, S. – Karhu, J. 2007: Efficient reduction on stimulus artefact in TMS-EEG by epithelial short-circuiting by mini-punctures. *Clinical Neurophysiology* 119 (2008) 475-481.
- Kierszenbaum, Abraham L, 2007: *Histology and Cell Biology*. 2<sup>nd</sup> edition. Canada: Mosby Elsevier.
- Nienstedt, Walter – Hänninen, Osmo – Arstila, Antti – Björkqvist, Stig-Erik 2000: *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. 12.-13. painos. Porvoo: WSOY.
- Oikarinen, Aarne – Tasanen-Määttä, Kaisa 2003: *Ihon rakenne, tehtävät ja toiminta*. Teoksessa Hannuksela, Matti – Karvonen, Jaakko – Reunala, Timo – Suhonen, Raimo (toim.): *Ihotaudit*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Sidbury, Robert – Darmstadt, Gary L.: *Microbiology*. Teoksessa Hoath, Steven B. - Maibach, Howard I. (toim.)2003: *Neonatal Skin: Structure and Function*. Informa Healthcare
- Soinila, Seppo - Kaste, Markku - Somer, Hannu 2007: *Neurologia*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Vanhatalo, Sampsa 2006: *Täysikaistainen EEG*. Teoksessa Partanen, Juhani – Falck, Björn - Hasan, Joel – Jäntti, Ville – Salmi, Tapani – Tolonen, Uolevi (toim.), 2006: *Kliininen neurofysiologia*. Helsinki: Duodecim.
- Vanhatalo, Sampsa 2009: *Suullinen tiedonanto koskien lupamenettelyä*.
- de Talhouet, Huges – Webster, John G. 1996: The origin of skin-stretch-caused motion artifacts under electrodes. *Physiological Measurements*. 17. 18-03
- Tallgren, Pekka 2005: *DC-stable electrode-skin interface for huma EEG recordings*. Helsinki University of Technology. Department of Electrical and Communications Engineering. Applied Electronics Laboratory. Series E: Electronic Publications E5. Espoo.