

Terhi Ylihärsilä

LASTEN UNISPINDELIT

Lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunta
Kliininen neurofysiologia
Syventävien opintojen kirjallinen työ
Syyskuu 2019

TIIVISTELMÄ

Terhi Ylihärtilä : Lasten unispindelit
Syventävien opintojen kirjallinen työ
Tampereen yliopisto
Lääketieteen lisensiaatin tutkinto-ohjelma
Syyskuu 2019

Lasten kohdalla spindelien synty ja niiden merkitys on vielä osittain epäselvää. Selvää kuitenkin on, että lasten ja aikuisten spindelien esiintyvyydessä sekä toiminnassa esiintyy eroja, eikä aikuisten kohdalla olevia oletuksia voida suoraan soveltaa lapsiin. Tieto terveiden lasten spindelien esiintyvyydestä eri unisykleissä on tämän vuoksi tärkeää ja sitä pyritään selvittämään tässä syventävien opintojen työssä.

Tutkimuksen aineisto koostui kymmenestä terveestä, kuorsaamattomasta 7 - 10-vuotiaasta lapsesta, jotka on valikoitu sattumanvaraisesti 32:sta Tampereen koulusta. Tarkoituksena oli tutkia 4 ensimmäisen unisyklin NREM-unen aikaisia spindeleitä. Jokaisesta NREM-unisyklistä valittiin visuaalisesti käytössä olevilta neljältä (C3, C4, Fp1 ja Fp2) EEG-kanavalta kaikki spindelit. Aineiston tilastollista merkitsevyyttä analysoitiin käyttäen SPSS-ohjelmaa. Friedmanin testiä käytettiin arvioimaan spindelien määrien eroja. Paritesteien arviointiin käytettiin Wilcoxon-testiä.

Spindelien esiintyvyys näytti sekä koko yön lukumäärän tarkastelussa että unisykliin 2-4 osalta painottuvan sentraalisesti. Ensimmäisen unisyklin osalta ei todettu tilastollisesti merkittävää eroa spindelien esiintymiskohdalla. Tulokset puoltavat ajatusta siitä, että frontaaliset spindelit esiintyvät useammin unen alussa ja vaihtuvat sitten sentraalisemmin esiintyviin spindeleihin. Normaalin spindelien lukumäärän voidaan tällä otoskoollla todeta vaihtelevan paljon yksilöiden välillä.

Avainsanat: NREM-uni, unisukkulat, normaali uni, unitutkimus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

1 JOHDANTO	1
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	4
3 TULOKSET	5
4 POHDINTA	10
LÄHTEET	12

1 JOHDANTO

Unen on osoitettu olevan eläimen hengissä säilymisen kannalta lähes yhtä tärkeää kuin ravinnon. Uni ei ole vain hereillä olon vastakohta vaan unella on paljon tärkeitä tehtäviä aktiivisena neurofysiologisena prosessina. Riittävä uni lapsena on tärkeää normaalin kasvun, kognitiivisen kehityksen ja jopa aikuisiän terveyden kannalta. Kuitenkin unen tärkein tehtävä on edelleen hämärän peitossa. (Bathory & Tomopoulos 2017)

Uni-valverytmiä säätelee kaksi prosessia: sirkadiaaninen ja homeostaattinen. Sirkadiaaninen prosessi on sisäsyntyinen ja siihen kuuluu vaihtelu kehon lämpötilassa, verenpaineessa sekä hormonien määrässä vuorokauden ajasta riippuen. Suprakiasmaattinen tumake ventraalisessa hypotalamuksessa ohjaa sirkadiaanista prosessia, joka toteuttaa noin 24-tunnin mittaisen kierron. Kiertoon vaikuttavat erilaiset ulkoiset tekijät. Esimerkiksi valo vaikuttaa kiertoon käpyrauhanen tuottaman melatoniinin kautta. Homeostaattinen prosessi rakentuu kehon sisäisestä neurofysiologisesta tilasta, joka pyrkii tasapainoon unen ja valveen välillä. Kun ihminen valvoo, keskushermostoon kertyy enemmän unta edistäviä aineita, kuten adenosiniä. Adenosini inhiboi heräämistä aktivoimalla hypotalamuksen ventrolateraalisen preoptisen tumakkeen neuroneita, jotka inhiboivat heräämistä tukevia keskuksia. Adenosini hajoaa unen aikana. (Bathory & Tomopoulos 2017)

Unen aikana esiintyy 4-5 unisykliä, joista noin 80% on nonREM- (NREM) unta ja 20% REM-unta. Unisykli alkaa REM-unesta ja palaa NREM-unen kautta takaisin REM-uneen, kestäen kerralla noin 90 min. (Lüthi 2014) Näillä unisykleillä on erilaisia, vielä jokseenkin tuntemattomia tehtäviä ja ne voidaan erottaa muun muassa elektroenkefalografian (EEG) avulla. NREM-unta on pidetty virkistävänä ja palauttavana ja sen aikana EEG:ssä havaitaan matala aktiivisuus. NREM jaetaan kolmeen vaiheeseen: N1-, N2- ja N3-uneen. (Bathory & Tomopoulos 2017) Aiemmin NREM-unen jako on tehty neljään vaiheeseen: S1-S4, joissa S1 vastaa N1-unta, S2 N2-unta ja S3-S4 N3-unta (Hublin & Partinen 2006, 585). N1-unta pidetään siirtymävaiheena valvesta uneen. Siinä valveen aikaiset alfa-aallot vaihtuvat hitaampi taajuisiin theta-aaltoihin. N2-unen aikana tietoisuus ympäristöstä laskee ja tälle univaiheelle tyypillisiä ilmiöitä esiintyy: spindeleitä sekä K-komplekseja. (Bathory & Tomopoulos 2017) Perinteisesti spindelien on ajateltu estävän sensorisen informaation pääsy aivokuorelle unen aikana, mikä mahdollistaa unen jatkumisen unta häiritsevistä tekijöistä

huolimatta (Marshall & Born 2007). N3-unen eli syvän unen aikana ihminen on vähiten tietoinen ympäröivästä maailmasta ja EEG:tä hallitsevat hitaat delta-aallot. REM-uni on yhdistetty uusien synapsiyhteyksien rakentumiseen, muistojen vahvistumiseen ja oppimiseen. REM-unen aikana havaitaan vilkkaita silmänliikkeitä, vaihteleva syke, matala lihastonus sekä korkea aktiivisuus EEG:ssä. Nukahtamisen jälkeen aikuinen on normaalisti aluksi NREM-unessa ja siirtyä sitten REM-uneen. Tämän jälkeen univaiheet vaihtelevat N1, N2, N3 ja REM järjestyksessä. Aamua kohti NREM-unen osuus vähenee ja REM-unen osuus kasvaa. Lapsilla vaihtelu koko unen kestossa ja laadussa sekä unijaksojen kestossa ja määrässä vaihtelevat ensimmäisten viiden elinvuoden ajan enemmän kuin koko muun elämän aikana. Vähitellen lapsen uni muovautuu aikuisen unta vastaavaksi. (Bathory & Tomopoulos 2017)

Spindelit ovat NREM-unen aikana esiintyviä 10-15 Hz taajuisia, 0,5-3 sekuntia kestäviä sähköisiä rytmejä, joita purkautuu talamokortikaalisesta (TC) järjestelmästä. Enimmäkseen spindeleitä esiintyy kevyessä unessa aivojen frontaali- ja parietaalilohkojen alueella. EEG:ssä havaittavat spindelit muodostuvat aivokuoren neuronien sähköpurkauksista, vaikka spindelit saavat alkunsa ja niiden säätely tapahtuu syvemmällä aivojen eri osissa. Spindelien havainnoinnin EEG:ssä mahdollistavat useat eri yhteydet TC-solujen aksoneiden ja aivokuoren vastaanottavien alueiden välillä, jotka vahvistavat talamuksessa syntyneitä rytmistä purkausta. Spindelien esiintymiseen johtaa aktiopotentiaalin synty rebound discharge-mekanismilla, jossa muodostuu itseään vahvistava kierre. Useat talamuksen retikulaarimakeen (TRN) solut inhiboivat TC-soluja, jotka vuorostaan aktivoivat uudestaan TRN-soluja. Synkronoituun depolarisaatioon liittyy jokaisella kierroksella lisää TC-soluja vahvistaen spindeliä. Spindelien säätely tapahtuu TRN-solujen jänniteherkkien kalsiumkanavien avulla. Kun aktiivisuus hereillä oloa vahvistavissa rakenteissa vaikenee, laskee TRN-solujen kalvopotentiaali 10-12 mV. TRN-solujen jänniteherkät kalsiumkanavat reagoivat -65 mV jännitteessä ja saavat aikaan depolarisaation, joka vastaa natriumsyntyisen aktiopotentiaalin kynnyksarvoa. Tällä tavoin syntyvät aktiopotentiaalit ryhmittyvät suuritaajuuksiin purkauksiin, jotka ovat tärkeitä TRN-lähtöiselle säätelylle. Spindelit loppuvat vähitellen, kun TC- ja TRN-solujen aktivaatioherkkyys laskee toistuvien aktiopotentiaalien seurauksena. (Lüthi 2014)

Talamokortikaalisten solujen hyperpolarisaation tason on ajateltu määrittävän spindelien esiintyvyyttä. Hyperpolarisaation kestäessä noin 70 ms, spindelin taajuus on katsottu olevan 14-15 Hz. Pidempikestoinen hyperpolarisaatio johtaa hitaampaan spindeliin. Spindelien määrä vähenee unen syventyessä, samalla kun hyperpolarisaatio kasvaa, mikä näkyy syvän unen vähäisenä spindelien määränä. On huomattu, että aikuisilla NREM-unessa esiintyvät spindelit noudattavat taajuudeltaan U-kirjaimen muotoista kaavaa. Keskellä NREM-sykliä spindelien taajuus laskee ja

palaa loppua kohti samalle tasolle kuin alussa. Spindelien taajuuden U-kirjaimen muotoista kuviota voitaisiin mahdollisesti käyttää tulevaisuudessa selvittämään unen syvyyden vaihtelua S2-tason unessa. Hitaamman taajuuden spindelit kuvaisivat syvempää unta ja nopeamman taajuuden kevyempää unta. (Himanen ym. 2002)

Spindeleillä on osoitettu olevan kaksi aloituskohtaa; toinen frontaalialueella ja toinen parietaalialueella. Frontaalialueella syntyvät hitaammat, frontaalisemmin esiintyvät spindelit ja parietaalialueella nopeamman taajuuden sentraalisemmin esiintyvät spindelit. (Anderer ym. 2001, Lennox & Coolidge 1949) Frontaalisen amplitudimaksimin omaavia spindeleitä on pidetty erittäin harvinaisina ainakin S2-tason unessa (Anderer ym. 2001). Himanen ym. (2002) tutkimus tukee näitä aikaisempia löydöksiä esittämällä kaikista frontaalisimpien spindelien esiintyvän ensimmäisen unijakson syvässä unessa kun hyperpolarisaation ja unipaineen katsotaan olevan suurimmillaan. Spindelien taajuuden muutokset ja niiden jakautuminen voivat olla tekijöitä uni-valverytmin säätelyssä. Voisi myös ajatella, että frontaalisten spindelien esiintyminen ihmisellä vaatii hyvin suuren hyperpolarisaatiotason. Yön loppua kohti syvän unen spindelit muuttuivat enemmän sentraalisiksi kuin S2-tason unessa. (Himanen ym. 2002)

Spindelien kokonaistaajuus on yhdistetty kognitiivisiin toimintoihin kuten työmuistin käyttö ja suunnittelu. Nopeat spindelit (13-15,9 Hz) saattavat olla tärkeä indikaattori arvioitaessa toiminnanohjausta ja sensorimotorisia kykyjä. Ne saattavat myös liittyä deklarativiseen muistiin (Chatburn ym. 2013). Spindelien taajuus vaihtelee suuresti ihmisten välillä, mutta vaihtelu on vähäistä samalla yksilöllä unisykleittäin. Spindelien taajuuden keskiarvon ja älykkyydosamäärän välillä on löydetty negatiivinen korrelaatio eli mitä hitaampia spindeleitä esiintyy sitä korkeammat ovat älykkyydosamäärä testin tulokset. (Geiger ym. 2011)

Aikuisilla spindelien esiintyminen on liitetty muistitoimintoihin ja oppimiseen; mitä enemmän spindeleitä esiintyy oppimisen jälkeisenä yönä sitä paremmin opitut asiat jäävät pitkäaikaismuistiin (Marshall & Born 2007). Lapsilla spindelien on osoitettu olevan merkki aivojen kuorikerroksen kehittymisestä ja niiden avulla voidaan mahdollisesti ennustaa kehitysvammaisuutta sekä epätavallista aivojen kypsymistä. Vaikuttaisi siltä, että lapsilla pienempi spindelien määrä korreloi parempia kognitiivisia tuloksia päinvastoin kuin aikuisilla. Spindelien muuttuminen lapsuudessa kuvaa talamokortikaalisten rakenteiden kehitystä, jotka ovat mukana spindelien tuottamisessa. (Urbain ym. 2013)

Spindelien aktiivisuuden ja lasten kognitiivisen suorituskyvyn yhteyttä tutkittaessa on huomattu, että spindelaktiivisuudella on yhteys useisiin erilaisiin kognitiivista suorituskykyä vaativiin tehtäviin. Näiden väliltä löydetyn negatiivisen korrelaation on arveltu johtuvan siitä, että korkeammat pisteet kognitiivista kykyä mittaavassa testissä saaneilla osallistujilla on kehittyneemmät ja tehokkaammat aivot. Tämä tulos tukee teoriaa heikompien synapsiyhteyksien poistumisesta. Kehittyneimmissä aivoissa synapsiyhteydet ovat harvempia mutta tehokkaampia. Toisaalta on esitetty, että spindelit saavat alkunsa eri neuroniryhmissä, jotka kaikki saavat aikaan eri taajuisia spindeleitä. Nopeampien spindelien on ajateltu syntyvän syvemmissä neuronikerroksissa. Siten nopeiden spindelien puutos voisi kertoa huonosti optimoidusta prosessista. Toisaalta spindelit voisivat saada alkunsa samassa neuroniryhmässä, jonka neuronit ovat erilaisissa aktivaatiotiloissa muodostaen eri taajuisia spindeleitä. Tällöin yksilöiden väliset erot kortikaalisten neuronien taustatason aktiivisuudessa johtaisivat eri taajuisiin spindeleihin sekä erilaiseen kognitiiviseen suorituskykyyn. (Chatburn ym. 2013)

Lasten kohdalla spindelien synty ja niiden merkitys on vielä osittain epäselvää. Selvää kuitenkin on, että lasten ja aikuisten spindelien esiintyvyydessä sekä toiminnassa esiintyy eroja, eikä aikuisten kohdalla olevia oletuksia voida suoraan soveltaa lapsiin. Tieto terveiden lasten spindelien esiintyvyydestä eri unisykleissä on tämän vuoksi tärkeää ja sitä pyritään selvittämään tässä syventävien opintojen työssä.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksen aineisto koostui kymmenestä terveestä 7 - 10-vuotiaasta lapsesta. Aineisto on kerätty ”Lasten kuorsaus” -tutkimuksesta (Eettisen koodi R06082) jakamalla 32:ssa sattumanvaraisesti valikoidussa tamperelaisessa koulussa ensimmäistä ja kolmatta luokkaa käyvien lasten vanhemmille suomalainen versio Sleep Disturbance Scale for Children (SDSC) kyselystä, joka arvioi uniongelmien esiintyvyyttä. Kyselyn pisteytys toimii viisi portaisella asteikolla: 1=ei koskaan, 2=harvoin (1-2 yönä kuukaudessa), 3=joskus (1-2 yönä viikossa), 4=usein (3-5 yönä viikossa), 5=aina (joka yö). Kaikkiaan 1538 kyselyä jaettiin ja 329 palautui. Yhteensä 259 lasta sai 1-2 SDSC pistettä kuorsauskysymyksestä. Näistä lapsista valikoitui kymmenen kuorsaamatonta ja muuten tervettä lasta vastaamaan kymmentä kuorsaavaa lasta. Tämä tutkimus keskittyi vain terveisiin lapsiin.

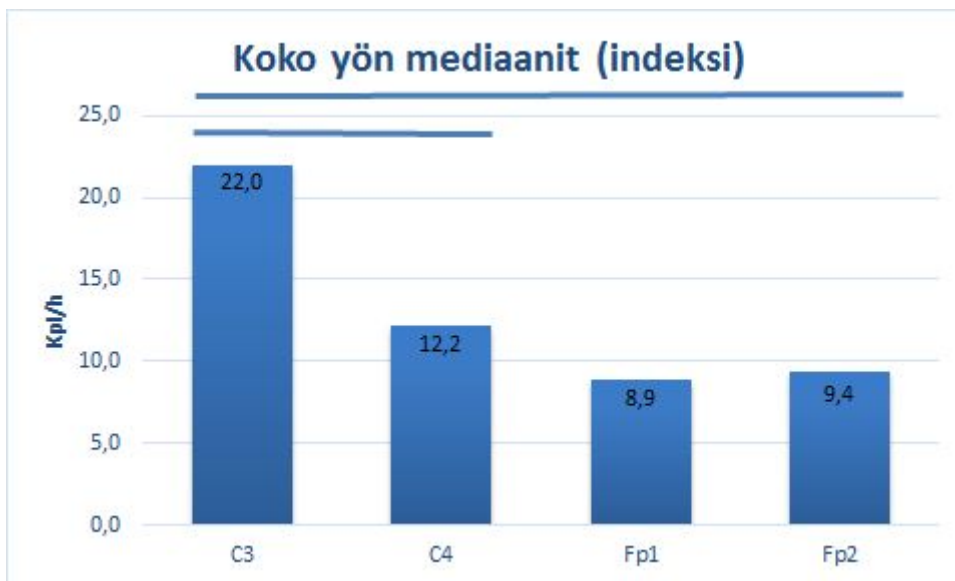
Tarkoituksena oli tutkia 4 ensimmäisen unisyklin NREM-unen aikaisia spindeleitä. Jokaisesta NREM-unisyklistä valittiin visuaalisesti käytössä olevilta neljältä (C3, C4, Fp1 ja Fp2) EEG-kanavalta kaikki spindelit. Kanava, jolla spindelin amplitudi oli suurin, merkittiin ylös ja laskettiin spindelien esiintyminen EEG-kanavittain. Spindelien kappalemäärä ja indeksi, eli kuinka monta spindeliä tuntia kohti esiintyi, tilastoitiin ja analysoitiin käyttäen Excel 2016 taulukkolaskentaohjelmaa. Aineiston tilastollista merkitsevyyttä analysoitiin käyttäen SPSS-ohjelmaa. Friedmanin testiä käytettiin arvioimaan spindelien määrien eroa ja paritesteissä käytettiin Wilcoxon-testiä.

Spindelit valittiin visuaalisesti kahden eri henkilön toimesta käyttäen samoja kriteereitä spindelien tunnistamiseen. Spindeleiden oli oltava kestoltaan 0,5-3 sekuntia pitkiä, kahden spindelin väli selkeästi erottuva, taajuus 10-15 Hz ja muoto sukkulamainen. Spindelien valinnan jälkeen arvioitiin jokaisen amplitudimaksimi sille EEG-kanavalle, jolla se silmämääräisesti oli suurin.

3 TULOKSET

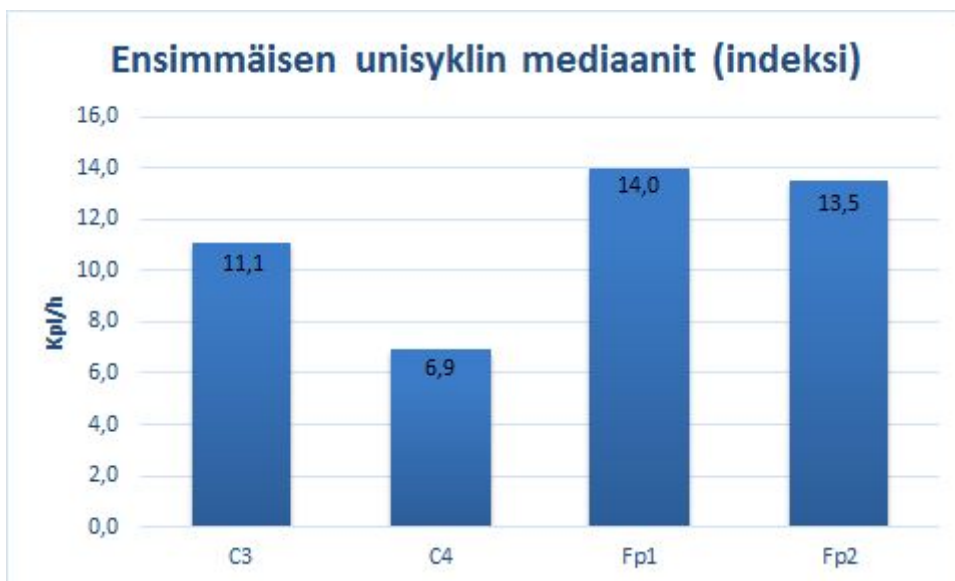
Tutkimuksessa tutkittiin neljässä ensimmäisessä unisyklissä esiintyvien spindelien amplitudimaksimin esiintymistä eri EEG-kanavilla sekä spindelien lukumäärää eri yksilöiden välillä koko yön osalta.

Koko yötä tarkasteltaessa spindelien amplitudimaksimin suurin kappalemäärä oli C3-kanavalla 953 kpl (mediaani 193). Vähiten spindelien amplitudimaksimeja esiintyi Fp2-kanavalla (7 kpl, mediaani 81,5 kpl). Koko yötä tarkasteltaessa eniten spindelien amplitudimaksimeja tuntia kohden oli C3-kanavalla (22,0 kpl/h) kuvan 1 mukaisesti. Vähiten spindeleitä esiintyi Fp1-kanavalla (8,9 kpl/h). Koko yön indekseissä tilastollisesti merkittävä ero on kanavien C4-C3 ($p=0,037$) ja Fp2-C3 ($p=0,037$) välillä.



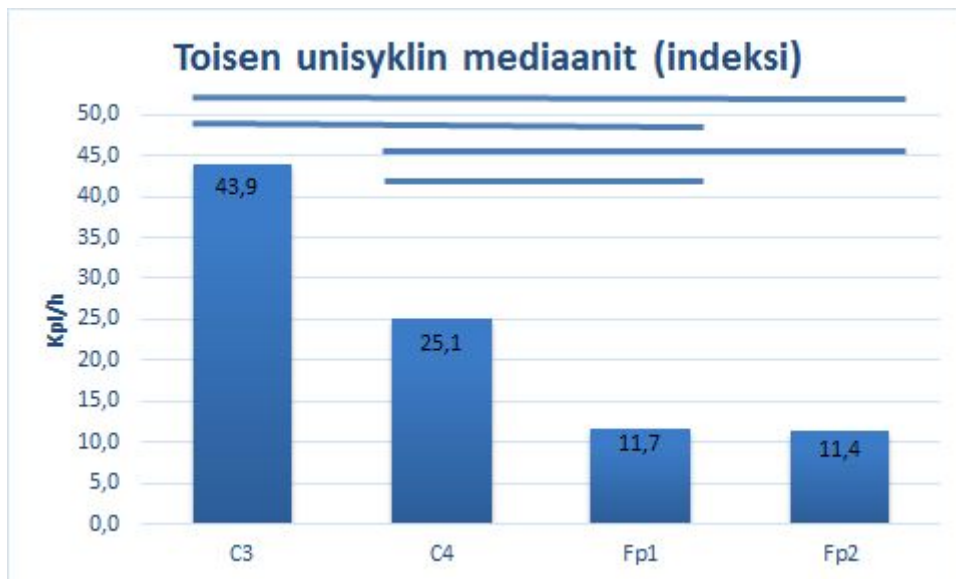
Kuva 1. Spindelien amplitudimaksimien määrät tuntia kohden eri EEG-kanavilla (mediaanit). Tilastollisesti merkittävät erot on merkitty viivalla (molemmissa p-arvo 0,037).

Ensimmäisen unisyklin aikana spindelien amplitudimaksimeita vaikuttaa olevan vähiten C4-kanavalla (6,9 kpl/h) ja eniten Fp1-kanavalla (14,0 kpl/h) kuvan 2 mukaisesti. Näissä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävää eroa.



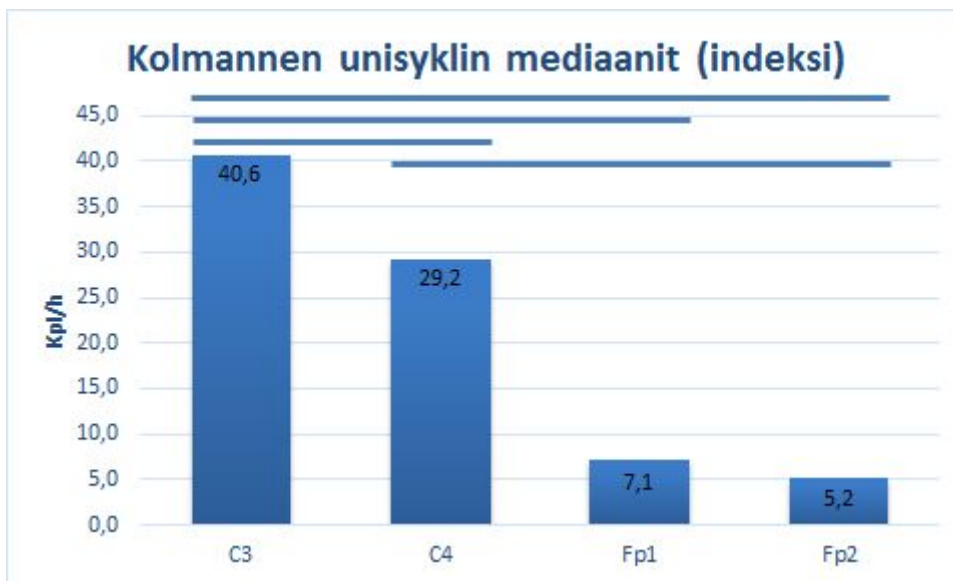
Kuva 2. Spindelien amplitudimaksimien määrät tuntia kohden eri EEG-kanavilla (mediaanit) ensimmäisessä unisyklissä.

Toisessa unisyklissä kuvan 3 mukaisesti eniten spindelien amplitudimaksimeja oli C3-kanavalla (43,9 kpl/h) ja pienin indeksin mediaani 11,4 kpl/h Fp2-kanavalla. Tilastollisesti merkitseviä eroja kanavien välillä on kanavien C4-Fp1 ($p=0,028$), C3-Fp1 ($p=0,009$), C3-Fp2 ($p=0,017$) ja C4-Fp2 ($p=0,047$) indeksien mediaanien välillä.



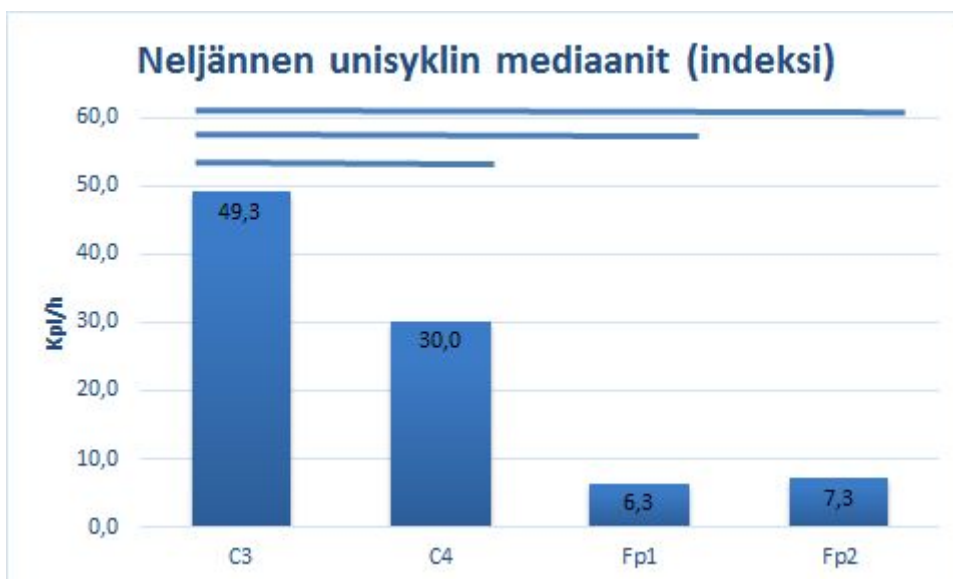
Kuva 3. Spindelien amplitudimaksimien määrät tuntia kohden eri EEG-kanavilla (mediaanit) toisessa unisyklissä. Tilastollisesti merkittävät erot on merkitty viivalla, p-arvot on esitetty tekstissä.

Spindelien amplitudimaksimien määrät kolmannen unisyklin osalta on esitetty kuvassa 4. Eniten amplitudimaksimeita on C3-kanavalla 40,6 kpl/h ja vähiten niitä vaikuttaa olevan kanavalla Fp2 (5,2 kpl/h). Tilastollisesti merkittävä ero on kanavien C3-Fp1 ($p=0,047$), C4-C3 ($p=0,047$), C3-Fp2 ($p=0,005$) sekä C4-Fp2 ($p=0,017$) indeksien mediaanien välillä.



Kuva 4. Spindelin amplitudimaksimien määrät tuntia kohden eri EEG-kanavilla (mediaanit) kolmannessa unisyklissä. Tilastollisesti merkittävät erot on merkitty viivalla, p-arvot on esitetty tekstissä.

Neljännessä unisyklissä tilastollisesti eniten spindelien amplitudimaksimeja tuntia kohden oli C3-kanavalla (49,3 kpl/h) esiintyi kuvan 5 mukaisesti (C3-C4, $p = 0,037$, C3-Fp1, $p = 0,037$ ja C3-Fp2, $p = 0,005$). Muiden kanavien spindelimäärissä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.

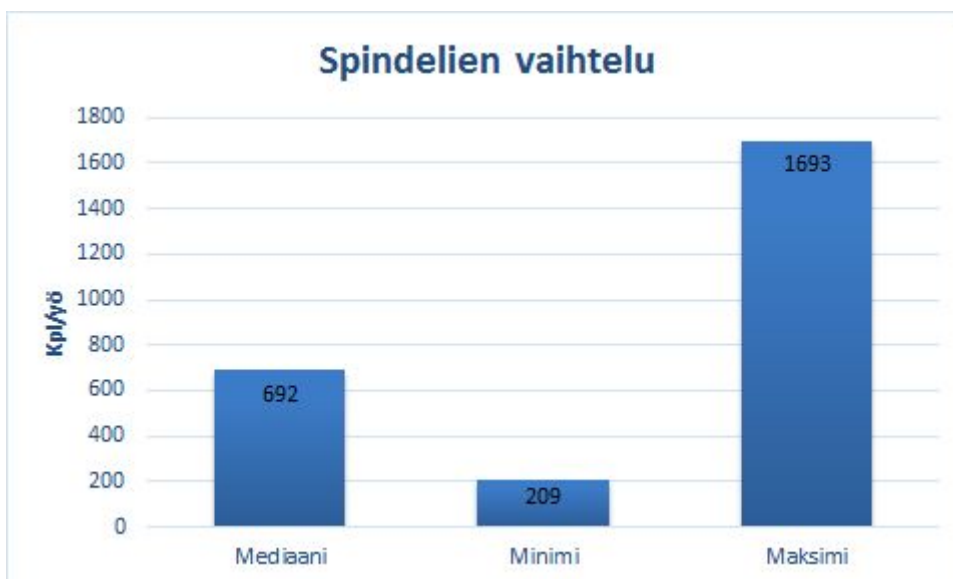


Kuva 5. Spindelien amplitudimaksimien määrät tuntia kohden eri EEG-kanavilla (mediaanit) neljännessä unisyklissä. Tilastollisesti merkittävät erot on merkitty viivalla, p-arvot on esitetty tekstissä.

Koko yön ja kaikkien unisykliä spindelien amplitudimaksimien määrät on esitetty liitteessä 1. Spindelien koko yön kappalemäärä eri tutkimushenkilöillä on esitetty kuvassa 6. Spindelimäärät vaihtelevat paljon (maksimi 1693, minimi 209 kappaletta) kuvan 7 mukaisesti. Keskimäärin spindeleitä oli yötä kohti 691,5 kappaletta.



Kuva 6. Koko yön spindelien määrä eri koehenkilöillä.



Kuva 7. Koehenkilöjoukon spindelien keskiluku (mediaani) sekä spindelien minimi- ja maksimimäärät.

4 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia spindelien esiintyvyyttä ja määrää terveillä kouluikäisillä lapsilla. Spindelien esiintyvyyteen keskityttiin neljän ensimmäisen unisyklin ja koko yön osalta.

Spindelien esiintyvyys näytti sekä koko yön lukumäärän tarkastelussa että unisykliin 2-4 osalta painottuvan sentraalisesti. Tilastollinen merkitsevyys todettiin koko yön lukumäärän perusteella C4-C3 ja Fp2-C3 välillä. C3-kanavalla todettiin suurin lukumäärä spindeleitä. Tilastollisesti merkittävää eroa ei kuitenkaan osoitettu Fp1-kanavan ja sentraalisten (C3 ja C4) kanavien välillä. Tämä on linjassa odotettujen tuloksien kanssa aikaisempien tutkimusten perusteella. Alkuyön spindeleiden on todettu esiintyvän frontaalisesti (Himänen yms. 2002) ja ensimmäisessä unisyklissä spindelit vaikuttivatkin esiintyvän enemmän frontaalisesti, mutta erot eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. On mahdollista, että suuremmassa aineistossa ero olisi saavuttanut tilastollisen merkitsevyyden. Frontaalisia spindeleitä esiintyy, kun unipaine ja hyperpolarisaatio ovat suurimmillaan. Unipaineen ja hyperpolarisaation hellittäessä seuraavia unisyklejä kohti, esiintyvät spindelit todennäköisesti sentraalisemmin. Unipainetta ei ole kuitenkaan tässä tai Himänen yms. (2002) tutkimuksessa tutkittu tai vakioitu.

Toisen, kolmannen ja neljännen unisyklin osalta on osoitettavissa tilastollisesti merkittävä ero spindelien esiintymisessä. Spindeleitä esiintyi indeksien perusteella kaikissa edellä mainituissa sykleissä enemmän sentraalisesti. Tulos on samansuuntainen aiempien tutkimusten kanssa.

Lasten välillä oli huomattavia eroja spindelien määrässä: 271-1693 kappaletta/yö. Tämän tutkimuksen perusteella ei voida kuitenkaan selvittää vaikuttaako spindelien määrä lasten kognitiiviseen kykyyn kuten monessa tutkimuksessa viitataan. Kognitiiviseen arvioon tarvitsisi seurantaan lasten koulumenestyksen yms. seikkojen osalta. Voidaan kuitenkin olettaa, että kaikilla lapsilla oli normaalit kognitiiviset kyvyt sillä perusteella, että tutkimukseen valikoituneet lapset olivat normaalista peruskoulusta. Näin pienellä aineistolla ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöksiä lasten normaalista spindelien määrästä.

Yhtenä virhelähteenä tutkimuksessa voidaan pitää spindelien silmämääräistä tulkintaa. Tästä johtuvaa virhettä ollaan kuitenkin pyritty poistamaan käyttämällä kahta eri spindelien arvioijaa, sekä yhteisiä, selviä spindelikriteereitä. Toinen arvioija on suhteellisen kokematon spindelien tunnistaja ja toinen kokenut EEG:n tulkitsija. Spindelien tunnistukseen ei myöskään ole käytössä virheetöntä

automaattista ohjelmistoa, vaan muut EEG:ssä esiintyvät saman taajuiset ilmiöt voivat aiheuttaa virheitä.

Toisena virhelähteenä voidaan pitää unimäärän vakioimattomuutta. Rekisteröityjen unitutkimusten pituudet vaihtelevat ja lapsilla esiintyy eri määrä unisyklejä rekisteröinneissä. Tämä vaikuttaa mahdollisesti jonkin verran koko yön aikaisten spindelien lukumäärien vertailuun. Vaikutusta on kuitenkin vaikea arvioida. Oletettavasti suuret erot lukumäärässä johtuvat yksilöllisistä eroista. Jos oletetaan, että spindelit korreloivat oppimiseen ja muistijäljen vahvistamiseen, on myös edellisen päivän aktiivisuudella ja oppimistilanteilla varmasti vaikutusta spindelien lukumäärään. Tätä tutkimuksessa ei ole onnistuttu vakioimaan.

Tulokset puoltavat ajatusta siitä, että frontaaliset spindelit esiintyvät useammin unen alussa ja vaihtuvat sitten sentraalisemmin esiintyviin spindeleihin. Normaalista spindelien lukumäärästä voidaan tällaisella otoskoolla todeta lukumäärän vaihtelevan paljon yksilöiden välillä.

LÄHTEET

- Anderer, Klösch, Gruber, Trenker, Pascual-Marqui, Zeitlhofer, Barbanoj, Rappelsberger & Saletu (2001). Low-resolution brain electromagnetic tomography (Loreta) revealed simultaneously active frontal and parietal sleep spindle sources in human cortex. *Neuroscience*, 103:581-592
- Bathory & Tomopoulos (2017). Sleep Regulation, Physiology and Development, Sleep Duration and Patterns, and Sleep Hygiene in Infants, Toddlers, and Preschool-Age Children. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*, 47:29-42
- Chatburn, Coussens, Lushington, Kennedy, Baumert & Kohler (2013). Sleep Spindle Activity and Cognitive Performance in Healthy Children. *Sleep*, 36(2):237-243
- Geiger, Huber, Kurth, Ringli, Jenni & Achermann (2011). The sleep EEG as a marker of intellectual ability in school age children. *Sleep* vol.34:181-189
- Himanen, Virkkala, Huhtala & Hasan (2002). Spindle frequencies in sleep EEG show U-shape within first four NREM sleep episodes. *European Sleep Research Society*, 11:3542
- Hublin & Partinen. Uni- ja vireystilahäiriöt, unen ja valveen fysiologiaa. Kirjassa: Soinila, Kaste & Somer, toim. *Neurologia*. Helsinki: Duodecim 2006, s.585.
- Lennox & Coolidge (1949). Electroencephalographic changes after prefrontal lobotomy. *Archives of neurology and Psychiatry*, 62:150-161
- Lüthi (2014). Sleep spindles: Where They Come From, What They Do. *The Neuroscientist*, Vol. 20(3): 243256.
- Marshall & Born (2007). The contribution of sleep to hippocampus-dependent memory consolidation. *Trends Cogn Sci*, 11:442-50
- Urbain, Galer, Van Bogaert & Peigneux (2013). Pathophysiology of sleep dependent memory consolidation processes in children. *International Journal of Psychophysiology*, 89:273283.

Liite 1.

	Kokoyö määrä, kpl				Indeksi, kpl/h			
Kanava	C3	C4	Fp1	Fp2	C3	C4	Fp1	Fp2
Mediaani	193	112	79	81,5	21,95	12,2	8,9	9,35
Minimi	75	58	17	7	8	6,3	1,9	0,8
Maksimi	953	428	645	314	108	48,7	76	34,9
	1.sykli määrä, kpl				Indeksi, kpl/h			
Kanava	C3	C4	Fp1	Fp2	C3	C4	Fp1	Fp2
Mediaani	26,5	19	36	27	11,1	6,9	13,95	13,5
Minimi	3	3	2	3	2,8	1,8	1,9	1
Maksimi	162	73	235	132	52,1	23,5	90,8	58,5
	2.sykli määrä, kpl				Indeksi, kpl/h			
Kanava	C3	C4	Fp1	Fp2	C3	C4	Fp1	Fp2
Mediaani	49	29,5	13	13,5	43,85	25,05	11,7	11,4
Minimi	5	5	1	0	3,5	4,3	0,8	0
Maksimi	193	78	53	45	189	65,3	45,9	39,2
	3.sykli määrä, kpl				Indeksi, kpl/h			
Kanava	C3	C4	Fp1	Fp2	C3	C4	Fp1	Fp2
Mediaani	52	36	11	8	40,6	29,15	7,1	5,2
Minimi	8	11	1	1	8,7	6	1,1	0
Maksimi	189	86	209	53	149,3	71,9	191,5	48,6
	4.sykli määrä, kpl				Indeksi, kpl/h			
Kanava	C3	C4	Fp1	Fp2	C3	C4	Fp1	Fp2
Mediaani	46	25	5,5	6	49,3	30	6,3	7,25
Minimi	6	9	3	1	5,3	7,9	3	1,1
Maksimi	171	89	142	46	180,4	94,5	179,5	58,2