

Opinnäytetyö (AMK)

Bioanalytikkokoulutus

2023

Emmi Peltola

Ennakkomateriaali kliinisen neurofysiologian harjoitteluun bioanalytikko-opiskelijoille



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Bioanalytikkokoulutus

2023 | 26 sivua

Emmi Peltola

Ennakkomateriaali klinisen neurofysiologian harjoitteluun bioanalytikko-opiskelijoille

Tämän opinnäytetyön tavoite oli tukea Turun ammattikorkeakoulun bioanalytikko-opiskelijoiden oppimista klinisen neurofysiologian tutkimuksista klinisen laboriotyöosaamisen harjoittelujakson aikana. Työn tarkoitus oli luoda ennakkomateriaali klinisen neurofysiologian tutkimuksista ja hoidoista. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Turun ammattikorkeakoulu.

Klininen neurofysiologia on lääketieteen erikoisala, jossa tutkitaan hermostoa ja lihaksistoa sähköisesti. Klinisen neurofysiologian alaan kuuluvat muun muassa EEG-, ENMG-, uni- ja vireystila- ja herätevastetutkimukset sekä tuntokynnysmittaukset ja neuromodulaatiohoidot.

Tämä toiminnallinen opinnäytetyö sisälsi teoriaperustan ja sen pohjalta rakennetun ennakkomateriaalin. Ennakkomateriaalissa esiteltiin hermoston rakenteen perusteita ja klinisen neurofysiologian tutkimuksia ja hoitoja.

Asiasanat: klininen neurofysiologia, bioanalytikko, harjoittelu, oppimateriaali

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Degree programme in Biomedical Laboratory Science

2023 | 26 pages

Emmi Peltola

Clinical neurophysiology study material for biomedical laboratory science students

The purpose of this thesis was to support biomedical laboratory science students' learning of clinical neurophysiology tests in workplace learning environment. The objective was to create study material about clinical neurophysiology tests and treatments. The assignment for this thesis came from Turku University of Applied Sciences.

Clinical neurophysiology is a medical specialty that studies the nervous system. Clinical neurophysiology tests include EEG, ENMG, sleep tests, evoked potentials, quantitative sensory testing and neuromodulation.

Study material was created based on theoretical background. Basics of the human nervous system and clinical neurophysiology tests and treatments were presented in the study material.

Keywords:

clinical neurophysiology, biomedical laboratory science, practical training, study material

Sisältö

1 Johdanto	5
2 Kliininen neurofysiologia	6
2.1 Hermoston rakenteen perusteita	6
2.2 EEG	7
2.3 ENMG	9
2.4 Uni- ja vireystilatutkimukset	10
2.5 Herätevastetutkimukset	12
2.6 Neuromodulaatio	13
2.7 Tuntokynnysmittaukset	14
3 Kliinisen neurofysiologian opinnot ja työharjoittelu	16
3.1 Työharjoittelu	16
3.2 Kliinisen neurofysiologian opinnot ja harjoittelun tavoitteet	16
3.3 Oppimateriaali	17
4 Tavoite ja tarkoitus	18
5 Opinnäytetyön toteutus	19
5.1 Opinnäytetyön käytännön toteutus	19
5.2 Toiminnallinen opinnäytetyö	19
5.3 Eettisyys	19
6 Lopuksi	21
Lähteet	22

1 Johdanto

Ammattikorkeakoulututkintoihin kuuluu pakollisena osana työelämäharjoittelu. Harjoittelussa opiskelija oppii käyttämään opintojen aikana saamiaan tietoja käytännössä. (Turun ammattikorkeakoulu 2022.) Turun ammattikorkeakoulun bioanalytikkokoulutukseen sisältyy kolme harjoittelujaksoa: 5 opintopisteen laajuinen näytteenoton ja asiakaspalvelun harjoittelu, 20 opintopisteen kliinisen laboratoriotyöosaamisen harjoittelu ja 10 opintopisteen laajentava laboratoriotyöosaamisen harjoittelu (Turun ammattikorkeakoulu n.d.a). Kliinisen laboratoriotyöosaamisen jaksolla opiskelijat tutustuvat 13 viikon aikana lukuisiin eri erikoistumisaloihin (Turun ammattikorkeakoulu n.d.b). Harjoittelupaikat siis vaihtuvat usein ja opiskelijoiden tulee orientoitua viikon tai kahden viikon välein aina uuteen oppimisympäristöön ja uuteen erikoisalaan.

Kliininen neurofysiologia on lääketieteen erikoisala ja yksi bioanalytikko-opiskelijoiden erikoistumisvaihtoehtoista. Kliinisen neurofysiologian tutkimuksissa mitataan hermoston ja lihaksiston sähköistä toimintaa. Tutkimusvalikoimaan kuuluvat muun muassa aivosähkökäyrätutkimus eli EEG, hermoratutkimus eli ENMG ja herätevastetutkimukset. (Vanhatalo & Soinila 2015a.)

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa Turun ammattikorkeakoulun bioanalytikko-opiskelijoille orientoiva ennakkomateriaali kliinisen neurofysiologian osastolla tapahtuvaan kliinisen laboratoriotyöosaamisen harjoitteluun. Opinnäytetyön tavoitteena on tukea bioanalytikko-opiskelijoiden oppimista kliinisen neurofysiologian tutkimuksista harjoittelun aikana.

2 Kliininen neurofysiologia

Kliininen neurofysiologia on lääketieteen erikoisala, jonka tutkimukset perustuvat suoraan tai välillisesti hermoston toimintaan liittyvien biosignaalien mittaamiseen ja tulkintaan. Biosignaaleja ovat esimerkiksi aivojen, sydämen, lihasten ja ääreishermoston sähköinen toiminta. Lisäksi voidaan mitata esimerkiksi hengitystä ja kehon aktiivisuutta. Useimpien kliinisen neurofysiologian tutkimusten analyysi perustuu lääkärin silmämääräiseen arvioon tietokoneruudulta tutkimuksen teon jälkeen. Tutkimuksen tekijän tulee kuitenkin hallita tulosten tulkinnan perusteita, sillä laadun arviointi tapahtuu mittaustilanteessa. (Vanhatalo ym. 2019a, 36–38.)

2.1 Hermoston rakenteen perusteita

Hermosto jaetaan rakenteellisesti keskus- ja ääreishermostoon. Keskushermosto säätelee lihasten ja sisäelinten toimintaa sekä saa tietoa kehon eri osista ääreishermoston välityksellä. (Koivu & Puhakka 2019, 51.) Keskushermostoon kuuluvat aivot ja selkäydin. Ääreishermosto muodostuu selkäydinhermoista ja autonomisesta hermostosta. Selkäydinhermot ovat motorisia liikekäskeyjiä välittäviä hermoja tai sensorisia aistihavaintoja välittäviä hermoja. Aivohermot kuuluvat toiminnallisesti ääreishermostoon, mutta niitä käsitellään yleensä omana ryhmänä. (Soinila 2015a.)

Aivojen kallonpuoleisin osa on kahdesta puoliskosta muodostuneet isoavot. Väliaivot liittyvät isoavot aivorunkoon. Aivorunko taas muodostuu keskiaivoista, taka-aivoista sekä ydinjatkeesta, joka kapenee alaosaan ja muuttuu selkäyttimeksi. (Soinila 2015a.) Isoaivojen pinnalla on harmaan aineen muodostama 2–7 mm paksuinen aivokuori. Poimuttunut aivokuori jaetaan pintarakenteiden perusteella otsa- eli frontaalilohkoon, ohimo- eli temporaalilohkoon, takaraivo- eli okkipitaalilohkoon ja päälaki- eli parietaalilohkoon. Aivokuori voidaan jakaa myös toiminnallisiin alueisiin. (Soinila 2015b.)

Ääreishermit muodostuvat hermosäikeistä eli aksoneista ja tukikudoksesta. Motorinen yksikkö muodostuu motorisesta hermosolusta ja sen hermottamista lihassyistä. Yksi hermosolu voi hermottaa muutamista lihassyistä pariin tuhanteen lihassyhyyn. Sensorisessa järjestelmässä on paksuija myeliinitupellisia tuntohermosäikeitä ja ohuita lämpöaistimuksia välittäviä hermosäikeitä. Myeliinitupet eristävät aksonin sähköisesti ja sähköimpulssi liikkuu hyppivästi myeliinituppien väleihin jäävästä kuroumasta seuraavaan. Tämän vuoksi myeliinitupellisessa solussa sähköimpulssi kulkee huomattavasti nopeammin kuin myeliinitupettomassa solussa. Lisäksi impulssi kulkee sitä nopeammin, mitä paksumpi aksoni on. (Koivu & Puhakka 2019, 49–52.)

2.2 EEG

EEG:llä (elektroenkefalografia) eli aivosähkökäyrällä mitataan aivokuoren jännitevaihtelua pään iholle asetettujen elektrodien avulla (Vanhatalo ym. 2019b, 126). Rekisteröitävä signaali syntyy aivokuorella pyramidisolujen solukalvon postsynaptisista potentiaaleista. Jotta signaali olisi rekisteröitävissä kallon pinnalta, tulee noin 10 cm² suuruinen alue aivokuoresta aktivoitua samanaikaisesti, synkronisesti. EEG-vahvistin mittaa elektrodien välistä sähköistä potentiaalieroja eli jännitettä. (Beniczky & Schomer 2020, 698, 701.)

Elektrodit sijoitetaan kansainvälisen standardin mukaisille paikoille. Elektrodit on nimetty aivoalueiden mukaan (esimerkiksi F4, Pz). F-alkuosa merkitsee, frontaalilohkoa, Fp frontaalilohkon etuosaa, P parietaalilohkoa, O okkipitaalilohkoa, T temporaalilohkoa ja C keskiuurretta (*central sulcus*). (Beniczky & Schomer 2020, 700.) Keskiuurre sijaitsee frontaali- ja parietaalilohkon välissä (Soinila 2015b). Elektrodit, joissa on parillinen numero, sijaitsevat oikealla puolella, parittomat numerot vasemmalla ja z-loppuliite merkitsee keskiliinjaa (Beniczky & Schomer 2020, 700). Aivosähkökäyrän lisäksi EEG-tutkimuksessa rekisteröidään yleensä EKG ja silmän liikkeet. Erityisesti vauvoilla rekisteröidään lisäksi leuanaluslihaksen jännitys sekä hengitysliike. Myös muita oheiskanavia voi olla käytössä. Lisäksi EEG-rekisteröinti yleensä videokuvataan. (Vanhatalo ym. 2019b, 130.)

EEG-käyrään syntyy helposti artefaktoja, sillä EEG-signaali on pään pinnalta mitattuna hyvin pientä. Ihon huolellinen käsittely onkin tärkeää hyvän sähköisen kontaktin saamiseksi elektrodin ja ihon väliin. Rekisteröinnin aikana artefaktaa syntyy potilaasta esimerkiksi lihasjännityksen, liikkeen ja silmän räpäytyksen vuoksi. Lisäksi voi syntyä potilaasta riippumattomia artefaktoja esimerkiksi vahvistimen sisäisestä häiriöstä tai ympäristön sähkölaitteista. Tutkimuksen tekijän tulee tunnistaa ja pyrkiä poistamaan erilaiset artefaktat rekisteröinnin aikana. (Vanhatalo ym. 2019b, 129–131.)

EEG:n tärkein käyttöaihe on kohtausoireiden ja epilepsian diagnostiikka. Epilepsia on aivojen sähkötoiminnan häiriö, joten EEG sopii muita kuvantamistutkimuksia paremmin juuri epilepsian diagnostiikkaan. (Lauronen ym. 2019b, 151.)

Suurin osa EEG-tutkimuksista on polikliinisiä (Lauronen ym. 2019b, 150.) EEG-tutkimuksen aikana potilaalle tehdään aktivaatioita. Silmien sulkemisen ja avaamisen avulla testataan aivojen taustatoiminnan eli spontaanin toiminnan reaktiivisuutta. Vilkkuvalo- ja hyperventilaatioaktivaatioilla tavoitellaan purkauksien tai tietynlaisten kohtauksien esiin tulemistä. (Lauronen ym. 2019a, 137–139.) Tavallisen lähinnä valvetta sisältävän EEG:n lisäksi käytetään unideprivaatio-EEG:tä, jota ennen potilas valvoo edeltävän yön tai osan siitä. Väsyneenä ja unessa epileptisiä ilmiöitä tulee esiin enemmän. (Lauronen ym. 2019b, 150.) Päivystys-EEG on akuutisti tarvittava rekisteröinti, jonka tärkein käyttöaihe on status epilepticuksen eli pitkittyneen epileptisen kohtauksen epäily tai poissulku (Muraja-Murro ym. 2019, 166). Status epilepticus vaatii välitöntä hoitoa. (Mervaala ym. 2019c, 171).

Video-EEG (VEEG) tehdään siihen suunnitellussa tutkimushuoneessa, jossa on jatkuva videovalvonta. Potilas saa liikkua huoneessa vapaasti, mutta ei poistua huoneesta. Henkilökunta monitoroi potilasta koko ajan. Henkilökunta tunnistaa kohtausoireet ja testaa potilasta kohtauksen aikana sekä huolehtii tämän turvallisuudesta. Tutkimus kestää lyhyimmillään muutamia tunteja, mutta aikuisilla yleensä 5–7 vuorokautta. VEEG-tutkimuksessa käytetään yleensä enemmän elektrodeja kuin polikliinisessä EEG:ssä. Tutkimuksen käyttöaiheita

epilepsioiden diagnostiikan lisäksi on esimerkiksi tyypillisten kohtausten selvittely ennen epilepsiakirurgiaa ja toiminnallisten eli psykologisista tekijöistä johtuvien kohtausten diagnostiikka. Video-EEG:n lisäksi on käytössä ambulatoirinen EEG, joka on pitkäaikainen rekisteröinti, jonka aikana potilas saa elää normaalisti tutkimusyksikön ulkopuolella. (Mervaala 2019a, 183–184, 187, 189–190.)

2.3 ENMG

Elektroneuromyografiaa eli ENMG-tutkimusta käytetään muun muassa ääreishermovaurioiden, hermolihaskuivituksen toimintahäiriöiden ja lihassairauksien diagnostiikassa. ENMG-tutkimuksella voidaan selvittää hermolihaskuivituksen vaurioiden tyyppiä, laajuutta ja sijaintia. (Koivu & Puhakka 2019, 51–52.) Tutkimus koostuu elektroneurografiasta, jossa tutkitaan hermoratojen toimintaa, ja elektromyografiasta eli lihassähkötutkimuksesta (Vanhatalo & Soinila 2015b).

Neurografiassa tutkittavaa hermoa stimuloidaan sähköisesti yleensä pintaelektrodien avulla. Stimuloinnista syntynyt negatiivinen varaus saa aikaan hermosäikeiden depolarisaation ja aktiopotentialin, joka etenee hermosäikeissä kumpaankin suuntaan. (Laaksonen ym. 2019, 56.) Mitattava vaste syntyy suuresta hermosolujoukosta. Neurografian avulla voidaan selvittää lähinnä paksujen myeliinitupellisten hermosäikeiden toimintaa, sillä niissä sähköinen impulssi kulkee riittävän samanaikaisesti, jotta selvä yhteisvaste olisi nähtävissä. (Vanhatalo & Soinila 2015b.) Sensorisessa eli tuntohermojen mittauksessa vaste rekisteröidään stimuloitavan hermon päältä, kun taas motorisessa eli liikehermojen mittauksessa vaste rekisteröidään hermon hermottaman lihaksen päältä. Neurografiassa mitataan hermon johtonopeus sekä syntyneen vasteen amplitudi, muoto ja kesto. Johtonopeus kertoo nopeimpien säikeiden johtumisesta ja myeliinin ehjyydestä. Vasteen amplitudi sekä muoto ja kesto kuvastavat toimivien hermosäikeiden määrää. Neurografiututkimuksessa voidaan tutkia myös esimerkiksi myöhäisvasteita, jotka syntyvät aktiopotentialien palautuessa selkäytimestä hermoja pitkin lihakseen. (Laaksonen ym. 2019, 56–57, 59.)

Elektromyografia tehdään neulaelektrodeilla neurografian jälkeen. Myografiassa tutkitaan lihaksen solukalvon sähköistä aktiviteettia levossa ja aktivaatiossa. (Laaksonen ym. 2019, 62.) Tutkimuksen tuloksena syntyy kuvaajia ja äänisignaaleja. Myografialla voidaan tutkia suurta joukkoa lihasyksiköitä mutta myös yksittäisiä lihassyitä. (Vanhatalo & Soinila 2015b.) ENMG-tutkimuksessa EMG-osuuden tekee lääkäri.

2.4 Uni- ja vireystilatutkimukset

Yöpolygrafiaa käytetään aikuisten unenaikaisten hengityshäiriöiden, erityisesti uniapnean, diagnostiikassa. Yöpolygrafiututkimuksessa rekisteröidään yön ajan potilaan hengitysilman virtausta termistorilla ja nenäpaineanturilla, hengitystyötä pallean ja rintakehän ympärille kiinnitettyjen venymävöiden avulla, kuorsausta mikrofoniilla sekä happisaturaation ja pulssin muutoksia pulssioksimetrillä. (Himanen ym. 2019a, 226–228). Lisäksi laite rekisteröi nukkumisasennon ja liikehdinnän. Myös jalkojen liike voidaan rekisteröidä. Lievässä uniapneassa yön aikana hengityskatkoja on 5–15, keskivaikeassa 15–30 ja vaikeassa yli 30. (Virtanen 2021, 605.)

PSG (polysomnografia) eli unipolygrafia on yöpolygrafiaa laajempi tutkimus, jossa rekisteröidään lisäksi aivosähkökäyrä EEG-elektrodien avulla, silmien liikkeet, EKG, leuanaluslihaksen ja jalkojen liike sekä mahdollisesti käsien liike. (Rundo & Downey 2019, 381–384.) Rekisteröinti voidaan tehdä ambulatorisesti tai sairaalassa, jolloin tutkimus yleensä myös videoidaan (Virtanen 2021, 607). EEG:n, EOG:n ja leuanaluslihas EMG:n avulla voidaan tehdä univaiheluokitus (Rundo & Downey 2019, 382). Uni jaetaan 30 sekunnin jaksoissa vilke- eli REM-uneen sekä perus- eli NREM-unen vaiheisiin: torke- eli N1-uneen, kevyeen eli N2-uneen ja syvään eli N3-uneen (Virtanen 2021, 607). PSG-tutkimusta käytetään esimerkiksi unenaikaisten kohtausoireiden, hengityshäiriöiden, narkolepsian ja REM-unen aikaisen käyttäytymishäiriön diagnostiikassa (Rundo & Downey 2019, 381).

Vireystilatutkimuksista univiivetutkimusta (MSLT, *multiple sleep latency test*) käytetään narkolepsian ja hypersomnian diagnostiikassa. Tutkimusta edeltävänä yönä tehdään potilaalle PSG-tutkimus. Seuraavana päivänä 1,5–3 tunnin kuluttua heräämisestä potilaalle tehdään PSG-rekisteröinti. Tutkimuksessa potilas makaa silmät kiinni pimeässä huoneessa ja yrittää nukahtaa. Rekisteröinti keskeytetään, jos potilas ei nukahda 20 minuutin kuluessa. Mikäli hän nukahtaa, annetaan hänen nukkua 15 minuuttia ensimmäisestä torkejaksosta alkaen, minkä jälkeen hänet herätetään. Rekisteröinti tehdään kahden tunnin välein yhteensä 4–5 kertaa. (Virtanen 2021, 608.) Liikaunisuuden rajana on alle 8 minuutin keskimääräinen nukahtamisviive. Narkolepsia on todennäköinen, jos tutkimuksen aikana nähdään kahdella rekisteröintikerralla REM-unta. (Himanen ym. 2019a, 237.)

Hereilläpysymistestiä (MWT, *maintenance of wakefulness test*) käytetään apuna selvitettäessä unihäiriöstä kärsivän potilaan kykyä tehdä työtä, joka vaatii hyvää päiväaikaista vireyttä. Myös MWT:ssä rekisteröinti tehdään 1,5–3 tunnin kuluttua heräämisestä, kahden tunnin välein ja yhteensä neljä kertaa. Tutkimuksessa potilas istuu rennossa asennossa liikkumatta hämärässä huoneessa silmät auki ja yrittää pysyä hereillä. Rekisteröinti kestää korkeintaan 40 minuuttia ja se keskeytetään, jos havaitaan kolme peräkkäistä 30 sekunnin torkejaksoa tai yksi jakso jotain toista univaihetta. Poikkeavana tuloksena pidetään yleensä alle 33 tai 20 minuutin nukahtamisviivettä. (Virtanen 2021, 608.)

Aktigrafi on aktiivisuusrannekkeen tapainen ranteeseen kiinnitettävä laite, jota käytetään erityisesti vuorokausirytmien häiriöiden diagnostiikassa. Rekisteröinti kestää yleensä 1–2 viikkoa. Laite mittaa valon määrää ja liikettä. Lisäksi laitteessa on merkinantopainike, jotta potilas voi merkitä vuoteeseen menon ja ylös nousemisen. Aktigrafiaa käytetään yleensä viivästyneen tai epäsäännöllisen unirytmien selvittelyyn, mutta sitä voidaan käyttää myös esimerkiksi ennen nukahtamisviivetestä varmistamaan unen määrää. (Virtanen 2021, 609.)

2.5 Herätevastetutkimukset

Herätevasteita mitataan antamalla tutkittavalle ulkoisia ärsykeitä, jotka synnyttävät vasteita hermostossa. Tietyissä tutkimuksissa herätevasteita mitataan ääreishermoston alueelta, mutta useimmissa tutkimuksissa vasteet rekisteröidään EEG-elektrodeilta pääläelä. EEG-rekisteröinnissä herätevasteet ovat siis herätteeseen liittyviä aivosähkötoiminnan muutoksia. Herätetutkimuksiin kuuluu visuaalisen, kuulo- ja somatosensorisen järjestelmän tutkimuksia sekä liikeradan, kognition ja tajunnan tutkimuksia. (Jääskeläinen ym. 2019b, 262–264.)

Herätevastetutkimuksessa tutkittavalle annetaan vakioituja ulkoisia ärsykeitä. Ärsyke voi olla esimerkiksi ääni tai visuaalinen ärsyke. Ärsykkeeseen liittyvän vasteen syntymiseen keskushermostossa kuuluu millisekunneista satoihin millisekunteihin tutkittavasta aistijärjestelmästä riippuen. Vaste on ajallisesti muuttumaton eli se syntyy tutkittavalle samalla nopeudella jokaisen samanlaisen ärsykeen kohdalla. (Jääskeläinen ym. 2019b, 262.)

Herätevasteet ovat noin 10–100 kertaa pienempiä kuin EEG:n taustatoiminta. EEG-mittauksessa pienet herätevasteet siis häviävät herätteeseen liittymättömän aivosähkötoiminnan sekaan. Herätevasteita rekisteröitäessä käytetäänkin yleensä keskiarvoistamista. Keskiarvoistettaessa ärsykkeeseen liittyviä vasteita rekisteröidään tutkimuksesta riippuen kymmenestä tuhanteen. Syntyneet ärsykkeet summataan, jolloin taustatoiminta saadaan vaimenemaan ja herätevaste näkymään selkeästi. (Jääskeläinen ym. 2019b, 262.)

Herätevastetutkimuksia ovat esimerkiksi VEP, SEP ja BAEP. Visuaalisessa herätevastetutkimuksessa (*visual evoked potential*, VEP) potilas katsoo tietokoneen ruudulta shakkilautakuviota, jossa mustat ja valkoiset ruudut vaihtavat paikkaansa monta kertaa sekunnissa. Vaste rekisteröidään EEG-elektrodeilla primäärin näköaivokuoren päältä takaraivolta. Tutkimuksen avulla selvitetään, kuinka nopeasti ärsyke siirtyy verkkokalvolta aivokuorelle. Tuntoherätevastetutkimuksessa (*somatosensory evoked potential*, SEP) stimuloidaan sähköisesti tuntohermoa. Vaste mitataan useasta kohdasta

tuntoradastolta. Tutkimuksen avulla voidaan selvittää, missä kohdassa tuntoradastoa vaurio tai poikkeama sijaitsee. (Vanhatalo & Soinila 2015c.) Aivorunkoherätevastetutkimuksessa (*brain stem auditory evoked potential*, BAEP) annetaan ääniärsyksiä kumpaankin korvaan. Vasteet rekisteröidään päälaen ja korvien väliltä. Vasteet ovat pieniä ja niitä rekisteröidään yleensä yli 1000. Tutkimusta käytetään esimerkiksi vastasyntyneiden kuuloseulonassa. (Vanhanen ym. 2019, 278–279.)

2.6 Neuromodulaatio

Transkraniaalinen magneettistimulaatio (TMS) on menetelmä, jolla voidaan kajoamattomasti muovata aivotoimintaa. TMS:ssä luodaan stimulaattorin ja stimulaatiokelan avulla magneettikenttä, jonka avulla voidaan aktivoida aivokuoren hermosoluja. Menetelmää käytetään esimerkiksi paikantamaan aivokuoren liike- ja puhealueita ennen leikkausta. Sarja-TMS:llä (*repetitive TMS*, rTMS) voidaan muovata aivotoimintaa pitkäaikaisesti. Se on tehokas hoitomenetelmä erityisesti masennuksessa ja hermovauriokivussa. (Vaalto ym. 2019, 354–355.)

Sarja-TMS:n vaikutus perustuu hermoverkkojen muovautuvuuteen. Potilaan pään magneettikuvan avulla magneettipulssit saadaan kohdennettua halutulle alueelle aivokuorella. Korkealla taajuudella (5–20 Hz) annetut magneettipulssit aktivoivat aivokuorta ja siihen liittyneitä hermoverkkoja, kun taas matalalla (≤ 1 Hz) taajuudella annetut jarruttavat aivokuoren toimintaa. Perinteisen rTMS:n lisäksi on käytössä hoitokerran kestolta lyhyempi theetapurskestimulaatio (TBS), jossa magneettipulsseja annetaan kolmen pulssin sarjassa 50 Hz taajuudella sarjojen toistuessa 5 Hz taajuudella. Jatkuva TBS (*continuous TBS*, cTBS) jarruttaa aivokuoren toimintaa ja jaksoittainen TBS (*intermittent TBS*, iTBS) kiihdyttää. rTMS:n avulla voidaan siis aktivoida vaimentuneen aivoalueen toimintaa tai vaimentaa yliaktiivisen alueen toimintaa. Ensin mainittua käytetään esimerkiksi kivun ja masennuksen hoidossa ja jälkimmäistä masennuksen ja tinnituksen hoidossa. Aivokuoren aktivoimisen lisäksi korkeataajuuksinen rTMS saa aikaan välittäjäaineiden vapautumista aivojen syvemmistä rakenteista, minkä

uskotaan vaikuttavan hoidon tehokuuteen masennuksen ja kivun hoidossa. (Vaalto ym. 2019, 361.)

Hoitovaste tulee usein ilmi tuntien tai päivien kuluessa hoidosta ja vaste voi kestää viikoista kuukausiin. Lääkäri on aina mukana hoidon aloituksessa ja esimerkiksi suunnittelee hoitoprotokollan, mutta hoidot antaa hoitaja. rTMS hoitoa annetaan aluksi viikon tai jopa kuukauden ajan joka arkipäivä. Tämän jälkeen hoidon tehoa arvioidaan ja hoito lopetetaan tai sitä jatketaan harvempana ylläpitohoitona. rTMS-hoidon sivuvaikutuksia ovat esimerkiksi päänsärky ja epämiellyttävä tunne hoitoalueella hoidon aikana. Aivoissa olevat metallikappaleet ja erilaiset sähköiset stimulaattorit kuten sydämentahdistin ovat vasta-aiheita hoidolle. (Vaalto ym. 2019, 361–362, 373.)

rTMS:n lisäksi neuromodulaatiohoitona voidaan käyttää heikkoa tasavirtastimulaatiota (*transcranial direct current stimulation*, tDCS). Potilas voi tehdä tDCS-hoidon itse kotona saatuaan ohjeistuksen laitteen käyttöön ja hoidon suorittamiseen. Hoito kestää 20–30 minuuttia. Heikko tasavirta (1–2 mA) aiheuttaa muutosta aivohermojen spontaanissa aktivaatiossa kiihdyttämällä tai jarruttamalla sitä. tDCS:ää käytetään samoihin hoitoaiheisiin kuin rTMS:ää, mutta hoidon tehon ei ole todettu olevan yhtä hyvä. (Vaalto ym. 2019, 362–363.)

Neuromodulaatiohoidoista hyötyy noin 50–70 % potilaista ja yksilökohtainen vaihtelu hoidon tehossa potilaiden välillä on hyvin suurta. Hoidon tehoon vaikuttaa moni tekijä, mutta tärkeimpänä mahdollisesti geneettinen alttius hermoverkkojen muovautuvuuteen ja välittäjäaineiden vapautumisesta vastaavan alueen aktivoitumiseen. (Vaalto ym. 2019, 362–363.)

2.7 Tuntokynnysmittaukset

Kvantitatiivisen tuntokynnysmittauksen (QST, *quantitative sensory testing*) avulla selvitetään tutkittavan kykyä havaita tutkittavalta alueelta, esimerkiksi käsiltä tai kasvoilta, tiettyjä aistiärsyksiä kuten värinää tai lämpötilan vaihtelua. Tuntokynnysmittauksia käytetään yleensä tutkittaessa alentunutta aistiherkkyyttä. Sen avulla voidaan lisäksi saada selville myös muita aistimuksen

poikkeamia kuten kylmän tuntuminen kuumalta, tuntemuksen leviäminen tai poikkeavat jälkituntemukset. Tutkimusta voidaan käyttää esimerkiksi ohutsäieneuropatian ja hermovauriokivun diagnostiikassa. Termisellä tuntokynnysmittauksella selvitetään ohuiden myelinoitujen ja myeliinitupettomien hermojen toimintaa. Tuntokynnysmittaus ei ole täysin objektiivinen tutkimus sillä se perustuu tutkittavan ilmoittamaan aistimukseen. Tutkimuksen avulla ei myöskään voida selvittää, missä ihon ja tuntoaivokuoren välillä mahdollinen häiriö sijaitsee. Tutkimuksen viitearvot kerätään laboratoriokohtaisesti samoilla laitteilla, asetuksilla ja samoja potilasohjeistuksia käyttäen. (Jääskeläinen ym. 2019a, 400–402, 404, 406.)

3 Kliinisen neurofysiologian opinnot ja työharjoittelu

3.1 Työharjoittelu

Ammattikorkeakoulututkintoihin sisältyy pakollisena osana harjoittelu. Harjoittelussa opiskelija perehtyy ammatin työtehtäviin ja oppii soveltamaan oppittuja tietoja ja taitoja käytännössä. (Turun ammattikorkeakoulu 2022.) Kyky soveltaa teoreettista tietoa käytännössä on olennaista ammattitaidon kehittämisen kannalta hoitolan opinnoissa (Logue 2017, 131).

3.2 Kliinisen neurofysiologian opinnot ja harjoittelun tavoitteet

Turun ammattikorkeakoulun opinto-oppaan mukaan kliinisen neurofysiologian opintoja on bioanalyytikko-opiskelijoille pakollisena yksi kahden opintopisteen kurssi. Opintojakson tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää kliinisen neurofysiologian perustutkimusten yleisperiaatteet ja käyttöindikaatiot. Opintojakson tavoitteissa tutkimuksista mainitaan nimeltä EEG ja neurografia. EEG:n kohdalla tavoitteena on yleisimpien artefaktien ja selkeiden epileptisten ilmiöiden tunnistaminen sekä 10-20-järjestelmän mukainen elektrodien kytkeminen. Neurografiassa tavoitteena on ääreishermoston toiminnan tutkimisen periaatteiden ymmärtäminen. (Turun ammattikorkeakoulu n.d.a.)

Neurofysiologia-kurssin opintojakson sisältönä Turun ammattikorkeakoulun opinto-oppaan mukaan on tavallisimmat kliinisen neurofysiologian tutkimusmenetelmät, niiden vakiointi ja laadunhallinta. Tutkimuksista mainitaan EEG:n ja neurografian lisäksi herätevastetutkimukset VEP, BAEP ja SEP sekä yöpolygrafiututkimukset. Opintojakson sisällöksi nimetään myös EEG- ja unirytmien sekä EEG-provokaatiot. (Turun ammattikorkeakoulu n.d.a.)

Opinnäytetyön toimeksiantajan mukaan kliinisen neurofysiologian harjoittelun tavoitteena on, että opiskelija tietää yleisimmät kliinisen neurofysiologian tutkimukset ja hoidot, osaa ohjattuna avustaa EEG-tutkimuksessa, tietää EEG elektrodien mittauksen ja nimeämisen sekä yöpolygrafiututkimuksen toteutuksen

perusperiaatteen. Näiden lisäksi on tavoitteena, että opiskelija pääsee seuraamaan yöpolygrafiatutkimuksen esianalyysia, uni- ja vireystilatutkimuksia (PSG, MSLT, MWT), heräte-, tuntokynnys- ja ENMG-tutkimuksia sekä neuromodulaatiohoitoja (rTMS, tDCS) ja lisäksi mahdollisuuksien mukaan VEEG ja päivystys EEG:tä.

Turun ammattikorkeakoulun opinto-oppaassa ei siis nimetä kaikkia harjoittelun tavoitteissa mainittuja seurattavia tutkimuksia ja hoitoja, kuten PSG, MSLT, MWT ja neuromodulaatiohoidot. Vaikka opintojakson tavoitteissa mainitaan kliinisen neurofysiologian perustutkimusten yleisperiaatteet, ei opinto-oppaassa tarkemmin määritellä, mitkä ovat perustutkimuksia. On siis mahdollista, että edellä mainituista tutkimuksista ja hoidosta ei kliinisen neurofysiologian harjoitteluun menevillä opiskelijoilla ole opintojen perusteella ennakkotietoa. Koska lyhyen harjoittelun tavoitteena on useimpien tutkimusten ja hoitojen kohdalla vain tutkimuksen seuraaminen, ei laaja teoriapohja tutkimuksista lienekään tarpeen. Lyhyen harjoittelun kohdalla oppimista helpottanee kuitenkin se, että opiskelijoilla on edes jonkinlainen käsitys seurattavista tutkimuksista.

3.3 Oppimateriaali

Pedagogisesti laadukas materiaali soveltuu hyvin opiskelukäyttöön ja tukee oppimista. Hyvää materiaalia pystyy käyttämään joustavasti erilaisissa oppimistavoissa. (Opetushallitus n.d.) Opiskelijoiden kiinnostuksen herättävässä materiaalissa on usein esimerkiksi yllätyksellisiä ja konkreettisia elementtejä. Myös esteettiset ominaisuudet voivat saada kiinnostuksen heräämään. Materiaalin mukauttaminen ja yksilöllinen eteneminen voivat auttaa kiinnostuksen ylläpitämisessä. (Tapola ym. 2012, 75.) Ennakkomateriaalin lukeminen ennen luentoja voi parantaa oppimistuloksia (Gammerdinger 2018) ja helpottaa ymmärtämistä ja keskittymiskykyä sekä vuorovaikutusta luennoilla (Beg ym. 2020, 1371).

4 Tavoite ja tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tukea Turun ammattikorkeakoulun bioanalyttikko-opiskelijoiden oppimista kliinisen neurofysiologian tutkimuksista kliinisen laboratoriotyöosaamisen harjoittelun aikana.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa Turun ammattikorkeakoulun bioanalyttikko-opiskelijoille ennakkomateriaali kliinisen neurofysiologian osastolla tapahtuvaan kliinisen laboratoriotyöosaamisen harjoitteluun. Materiaalin on tarkoitus kerrata opintojen sisältöjä ja esitellä teoriaa tutkimuksista, joihin opiskelijat tutustuvat harjoittelun aikana.

5 Opinnäytetyön toteutus

5.1 Opinnäytetyön käytännön toteutus

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyön tekemiselle laadittiin opinnäytetyösopimus Turun ammattikorkeakoulun kanssa 2022 syksyllä. Opinnäytetyö valmistui 2023 keväällä. Työstä ei aiheutunut kustannuksia toimeksiantajalle.

Työn tekeminen aloitettiin tutustumalla harjoittelun tavoitteisiin ja Neurofysiologia-kurssin sisältöön, joiden perusteella valittiin materiaalissa käsiteltävät aiheet. Pääasialliseksi lähteeksi valikoitui 2019 julkaistu Duodecimin Kliininen neurofysiologia -teos, jossa käsitellään laajasti kaikkia opinnäytetyöhön valittuja tutkimuksia ja hoitoja. Opinnäytetyön raportin teoriaosuuden valmistuttua luotiin sen pohjalta ennakkomateriaali PowerPoint-esityksen muodossa.

5.2 Toiminnallinen opinnäytetyö

Toiminnallisessa opinnäytetyössä tavoitteena ei ole uuden tiedon syntyminen vaan toiminnallisessa opinnäytetyössä tuotetaan työelämälähtöisesti esimerkiksi oppaita tai tapahtumia (Salonen 2013, 19). Toiminnallisessa opinnäytetyössä ei aina käytetä tutkimuksellisia menetelmiä tai kerätä aineistoa. Sen sijaa tutkimuksellinen selvitys voi olla tarpeen hankittaessa materiaalia opinnäytetyön tuotokseen. (Vilkkä 2003, 9, 56–57.) Tässä opinnäytetyössä käytetään valmista aineistoa ja tuotetaan sähköinen kirjallinen ennakkomateriaali.

5.3 Eettisyys

Tutkimuksen eettisessä ennakkoarvioinnissa ennakoidaan tutkimuksesta tai sen tuloksista tutkittavalle mahdollisesti koituvaa haittaa (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2021). Tutkimuksen eettisyyttä tulee tarkastella myös sen valmistuttua. Hyvä tieteellinen käytäntö tarkoittaa, että tiedonhankinta- ja

tutkimusmenetelmät ovat eettisesti kestäviä (Vilkkä 2015, 41.) Tässä opinnäytetyössä ei tehdä varsinaista tutkimusta, eikä opinnäytetyön tuotoksesta tai opinnäytetyöprosessista aiheudu haittaa. Opinnäytetyössä ei käsitellä potilastietoja. Opinnäytetyössä tekijänoikeuksia kunnioitetaan hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti ja lähteinä pyritään käyttämään vertaisarvoituja alan julkaisuja ja alan oppikirjoja. Opinnäytetyön tuotoksena syntyneessä ennakkomateriaalissa käytetään vain sellaisia kuvia, joiden tekijänoikeudet sallivat käytön oppimateriaalissa. Kuvien alkuperä tuodaan materiaalissa ilmi tekijänoikeuksia kunnioittaen.

6 Lopuksi

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli bioanalyttikko-opiskelijoiden oppimisen tukeminen harjoittelun aikana. Koska tuotettu materiaali ei ole vielä tämän raportin kirjoitushetkellä ollut käytössä, ei tavoitteen toteutumisesta voi antaa arviota. Toivon kuitenkin, että materiaalista on hyötyä tulevaisuudessa.

Omien harjoittelukokemusten perusteella harjoittelu voi olla kognitiivisesti kuormittavaa ja teorian kertaaminen ennen harjoittelua aikaa vievää, sillä materiaaleja pitää etsiä esimerkiksi vanhoilta kurssisivustoilta. Saman materiaalin lukeminen uudelleen ei myöskään ole oppimistapana välttämättä kovinkaan tehokas (Dunlosky ym. 2013). Koin siis, että tälle opinnäytetyölle on tarvetta.

Kirjoitusprosessi tuntui aluksi hankalalta selvien sisältötoivomusten puutteen vuoksi. Käytin myös turhaan paljon aikaa sopivan kuvituksen etsimiseen elävöittämään materiaalia. Tekijänoikeuksia kunnioittavasti kuvia oli kuitenkin mielestäni vaikea löytää kliinisen neurofysiologian tutkimuksista, joten valmiissa materiaalissa ei ole nähdäkseni riittävästi kuvitusta.

Koin paikoin haastavaksi ymmärtää ja yksinkertaistaa kliinisen neurofysiologian tutkimuksia ja poimia bioanalyttikolle olennaisia tietoja. Onneksi saatavilla oli suomenkielinen Mervaaan ym. toimittama Kliininen neurofysiologia -oppikirja. Koska teos on suunnattu lääkäreille, käsitellään tutkimuksia kuitenkin hyvin yksityiskohtaisesti ja lukijalla myös mahdollisesti odotetaan olevan sellaista tietoa, jota itselläni ei ole.

Ennakkomateriaalista olisi vielä hyvä kerätä palautetta opiskelijoilta harjoittelun jälkeen. Palautteen perusteella ennakkomateriaalia voisi muokata palvelemaan paremmin oppimista. Myös esimerkiksi tietotestejä voisi lisätä materiaaliin, mikäli tälle nähdään tarvetta.

Lähteet

Beg, M. A.; Bawa, S.; Singh, A. & Kumar, H. 2020. Pre-reading material as a teaching tool in Pharmacology for Second Professional MBBS students. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 12(11). 1371–1374.

Beniczky, S. & Schomer, D. L. 2020. Electroencephalography: basic biophysical and technological aspects important for clinical applications. *Epileptic disorders* 22 (6). 697–715.

Dunlosky, J.; Rawson, K. A.; Marsh, E. J.; Nathan, M. J. & Willingham, D. T. 2013. Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1). 4–58.

Gammerdinger, W. J., & Kocher, T. D. 2018. Understanding Student Perceptions and Practices for Pre-Lecture Content Reading in the Genetics Classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 19(2).

Himanen, S.-L.; Alakujala, A.; Rauhala, E.; Tenhunen, E.; Myllymaa, K.; Huuskonen, U.; Muraja-Murro, A.; Satomaa, A.-L.; Mäkinen, R. & Virtanen, I. 2019a. Uni- ja vireystilatutkimukset KNF-alalla. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) *Klininen neurofysiologia*. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 225–238.

Jääskeläinen, S.; Hyppönen, J.; Kallio, M.; Toppila, J. & Laaksonen, S. 2019a. Tuntokynnysmittaukset. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) *Klininen neurofysiologia*. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 400–407.

Jääskeläinen, S.; Lauronen, L. & Määttä, S. 2019b. Johdanto: herätevasterekisteröintien yleiset periaatteet. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) *Klininen neurofysiologia*. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 262–264.

Koivu, M. & Puhakka, A. 2019. Perifeerinen neuromuskulaarijärjestelmä – anatomia ja fysiologia, ENMG-tutkimuksen perusteet. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.;

Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 49–55.

Laaksonen, S.; Westerén-Punnonen, S.; Toppila, J.; Kallio, M.; Öun, A.; Sandell, S.; Heinonen, H.; Lauronen, L.; Jääskeläinen, S. & Koivu, M. 2019. ENMG-tutkimukset. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 56–85.

Lauronen, L.; Toppila, J.; Müller, M.; Heinonen, H.; Kallio, M. & Mervaala, E. 2019b. EEG:n kliininen käyttö ja tulkinta – polikliiniset tutkimukset. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 150–165.

Lauronen, L.; Vanhatalo, S.; Heinonen, H.; Kallio, M. & Mervaala, E. 2019a. Normaali ja poikkeava EEG. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 132–149.

Logue, N. C. 2017. Evaluating Practice-Based Learning. *Journal of Nursing Education*, 56(3). 131–138.

Mervaala, E.; Lauronen, L.; Peltola, M.; Mäkinen, R. & Müller, M. 2019b. EEG ja epilepsiakirurgia. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 192–196.

Mervaala, E.; Lauronen, L.; Peltola, M.; Mäkinen, R. & Müller, M. 2019a. Video-EEG ja EEG:n pitkäaikaisrekistetoiminnit. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 183–191.

Mervaala, E.; Lauronen, L.; Toppila, J.; Heinonen, H.; Kallio, M. & Müller, M. 2019c. Status epilepticus ja EEG: diagnostiikka ja hoidon monitorointi. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.;

Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 171–175.

Muraja-Murro, A.; Lauronen, L.; Toppila, J.; Heinonen, H.; Mikola, H. & Kallio, M. 2019. Päivystys EEG. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 166–170.

Opetushallitus n.d. E-oppimateriaalin laatukriteerit.

<https://www.oph.fi/fi/julkaisut/e-oppimateriaalin-laatukriteerit>.

Rundo, J. V. & Downey, R, III. 2019. Polysomnography. Teoksessa Levin, K. H. & Chauvel, P. (toim.) Handbook of Clinical Neurology, Vol. 160. Elsevier. 381–392.

Salonen, K. 2013. Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Opas opiskelijoille, opettajille ja TKI-henkilöstölle. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Soinila, S. 2015a. Kliininen neuroanatomia; Johdanto. Teoksessa Soinila, S.; Kaste, M.; Somer, H. & Alaranta, H. (toim.) Neurologia. Helsinki: Duodecim.

Soinila, S. 2015b. Aivokuori. Teoksessa Soinila, S.; Kaste, M.; Somer, H. & Alaranta, H. (toim.) Neurologia. Helsinki: Duodecim.

Tapola, A. & Veermans, M. 2012. Herätä ja tue kiinnostusta ja motivaatiota. Teoksessa Iomäki, L. (toim.) Laatua e-oppimateriaaleihin: e-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa. Helsinki: Opetushallitus. s. 74–81.

Turun ammattikorkeakoulu 2022. Rekrytointipalvelut. Viitattu 13.3.2023.

<https://www.turkuamk.fi/fi/tyoelamapalvelut/rekrytointipalvelut/>.

Turun ammattikorkeakoulu n.d.a. Bioanalyttikko (AMK), S23B. Opinto-opas.

<https://opinto-opas.turkuamk.fi/fi/21632/fi/21700/PBIOS23B/year/2023>.

Turun ammattikorkeakoulu n.d.b. Kliininen laboratoriotyöosaaminen, 20 op.

Viitattu 18.3.2023. [https://opinto-](https://opinto-opas.turkuamk.fi/index.php/fi/PBIOS23B/course_unit/3852)

[opas.turkuamk.fi/index.php/fi/PBIOS23B/course_unit/3852](https://opinto-opas.turkuamk.fi/index.php/fi/PBIOS23B/course_unit/3852).

Turun ammattikorkeakoulu n.d.c. Neurofysiologia, 2 op. Viitattu 13.3.2023.

https://opinto-opas.turkuamk.fi/index.php/fi/PBIOS23B/course_unit/7881.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2021. Eettinen ennakkoarvointi. Viitattu 12.11.2022. <https://tenk.fi/fi/eettinen-ennakkoarvointi>.

Vaalto, S.; Jullkunen, P.; Säisänen, L.; Jääskeläinen, S.; Hyppönen, J.; Paavola, J.; Starck, T.; Huuskonen, U.; Kallio, M.; Määttä, S.; Heinonen, H.; Himanen, S.-L.; Kallioniemi, E.; Shulga, A. & Ilmoniemi, R. 2019. Navigoitu TMS (nTMS) ja neuromodulaatio. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 354–376.

Vanhanen, J.; Lauronen, L. & Valkonen-Korhonen, M. 2019. Kuulojärjestelmän tutkimukset (BAEP, aivorunkoaudiometria). Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 278–284.

Vanhatalo, S. & Soinila, S. 2015a. Kliinisen neurofysiologian tutkimukset; Johdanto. Teoksessa Soinila, S.; Kaste, M.; Somer, H. & Alaranta, H. (toim.) Neurologia. Helsinki: Duodecim.

Vanhatalo, S. & Soinila, S. 2015b. Elektroneuromyografia. Teoksessa Soinila, S.; Kaste, M.; Somer, H. & Alaranta, H. (toim.) Neurologia. Helsinki: Duodecim.

Vanhatalo, S. & Soinila, S. 2015c. Herätevastetutkimukset. Teoksessa Soinila, S.; Kaste, M.; Somer, H. & Alaranta, H. (toim.) Neurologia. Helsinki: Duodecim.

Vanhatalo, S.; Kortelainen, J.; Parkkonen, L. & Könönen, M. 2019a. Biosignaalit. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 36–46.

Vanhatalo, S.; Lauronen, L.; Heinonen, H.; Kallio, M. & Mervaala, E. 2019b. EEG:n perusta: synty, rekisteröinti ja tulkinta. Teoksessa Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.-L.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M.; Vanhatalo, S.; Ahtola, E. & Rusanen, S. (toim.) Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 126–131.

Vilkka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi.

Vilkka, H. 2015. Tutki ja kehitä. 4. uud. p. Jyväskylä: PS-kustannus.

Virtanen, I. 2021. Unirekisteröinnit avattuina. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 137(6). 605–610. <https://www.duodecimlehti.fi/duo16126>.