

Opinnäytetyö (AMK)

Bioanalytikkokoulutus

2021

Annika Luukkanen, Leevi Mikkola

HAVAINNOINTIOPPAAT VEP- JA ERG-TUTKIMUKSIIN

Annika Luukkanen, Leevi Mikkola

HAVAINNOINTIOPPAAT VEP- JA ERG-TUTKIMUKSIIN

VEP-tutkimus (eng. visually evoked potential, visuaalinen herätepotentiaali) on näkökykyä mittaava neurofysiologinen tutkimus, jolla saadaan tietoa verkkokalvon, näköhermon, keskushermoston näköratojen sekä näköaivokuoren toiminnasta. Tutkimus suoritetaan kliinisesti rekisteröimällä standardoitujen visuaalisten ärsykkeiden aiheuttamia vasteita näköaivokuorella pään takaosan iholle asetettavilla elektrodeilla.

ERG-tutkimus (eng. electroretinography, elektoretinografia) on menetelmä mitata verkkokalvon sähköistä toimintaa. Tutkimus suoritetaan viidessä eri vaiheessa standardoiduilla valonvälähdyksillä. Vasteet rekisteröidään silmiin asetettavilla piilolinssielektrodeilla, mutta vaihtoehtoisesti voidaan käyttää esimerkiksi lankaelektrodeja. Silmän pimeä- ja valoadaptaatiota hyödyntämällä saadaan erikseen tietoa silmän sauva- ja tappisolujen toiminnasta.

Havainnointioppas on opas, jossa neuvotaan, millä tavalla jokin asia voidaan tehdä tai ymmärtää. Opetusmateriaalina oppaan tarkoitus on herättää lukijan mielenkiinto, auttaa oppimaan uutta ja keskittymään olennaiseen. Havainnointioppas toimii itseopiskelumateriaalina silloin, kun suulliselle ohjaukselle ei ole tilaisuutta, tai aikaa on niukasti.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa havainnointioppaat VEP- ja ERG-tutkimuksiin Turun yliopistollisen keskussairaalan Kliinisen neurofysiologian yksikön käyttöön. Opinnäytetyön tuotoksena syntyvien havainnointioppaiden tavoitteena on toimia työvälineenä Kliinisen neurofysiologian yksikössä auttamalla opiskelijoita ja uusia perehtyjiä ymmärtämään tutkimusten teoriapohjaa, ja seuraamaan tutkimusten suorittamista. Osastolla on käytössä erilaisia perehdytysmateriaaleja, mutta havainnointioppaita VEP- ja ERG-tutkimuksista osastolla ei vielä ollut.

ASIASANAT:

VEP, ERG, havainnointioppas, näköhermosto, sauvasolut, tappisolut

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biomedical Laboratory Science

2021 | 22 pages

Annika Luukkanen, Leevi Mikkola

GUIDEBOOKS FOR VEP AND ERG TESTING

The VEP examination (Visually Evoked Potentials) is a neurophysiological test for eyesight and the visual system. The test provides information about the function of the retina, the optic nerve, visual pathway, and the visual cortex. The test is clinically performed by registering responses in the visual cortex evoked by standardized visual stimuli, using electrodes placed on top of the scalp on the back of the head.

The ERG examination (Electroretinography) is a method to measure the electrical activity of the retina. The test is performed in five phases via standardized flashes of light. The retinal responses are registered using a contact lens electrode, alternatively a thread electrode may also be used. The dark and light adaptivity of the eye is utilized to gain additional information about the cornea's cone and rod cell function.

A guidebook is a guide that gives the reader the most important information about a particular subject. As a study material a guide is meant to pique the reader's interest, help them learn something new, and focus on the essentials. A guidebook functions as a self-study material when there is no opportunity or sufficient time for oral guidance.

The purpose of this thesis is to create guidebooks for VEP and ERG testing for Turku University Hospital's Department of Clinical Neurophysiology. The goal of the thesis is for the produced guidebooks to function as a tool of study for the Department of Clinical Neurophysiology by aiding students and new trainees to understand the theoretical basis of the tests and to observe the execution. The department has utilized different types of study materials for other tests before, however guidebooks for VEP and ERG testing they didn't previously have.

KEYWORDS:

VEP, ERG, guidebook, visual pathway, rod cell, cone cell

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 VEP- JA ERG-TUTKIMUSTEN HAVAINNOINTIOPPAAT	2
2.1 Näköaisti	2
2.1.1 Näkörata ja näköaivokuori	2
2.2 Silmä	4
2.2.1 Silmän rakenne	4
2.2.2 Verkkokalvon solukerrokset	6
2.3 VEP, visuaalinen heräteväste	7
2.4 ERG, elektroretinografia	8
2.4.1 Pimeäadaptaatio	9
2.4.2 Valoadaptaatio	10
2.5 Havainnointiopas	10
2.6 Esimerkkejä VEP- ja ERG-menetelmien käytöstä tutkimuksissa	11
3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET	13
4 OPINNÄYTETYÖN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS	14
4.1 Opinnäytetyön toteutus	14
4.2 Metodologiset lähtökohdat	15
4.3 Eettiset lähtökohdat	16
5 POHDINTA	17
5.1 Opinnäytetyöprosessi	17
5.2 Johtopäätös	17
5.3 Ammatillinen kasvu	18
5.4 Jatkotutkimusehdotukset	19
LÄHTEET	20

KUVIOT

Kuvio 1. Näköhermoradasto (mukaillen kuvia Shutterstock, Inc ©2013–2021).	3
Kuvio 2. Näköaivokuoren sijainti (mukaillen kuvia Shutterstock, Inc ©2013–2021).	4
Kuvio 3. Silmän rakenne (mukaillen kuvia Kolb 2012, Shutterstock, Inc ©2013–2021).	5
Kuvio 4. Verkkokalvon solukerroksen rakenne (mukaillen kuvia Kolb 2012; Shutterstock, Inc ©2013–2021).	6

1 JOHDANTO

Aivojen näköjärjestelmässä syntyy sähköisiä ilmiöitä visuaalisten ärsykkeiden seurauksena. Näitä ilmiöitä voidaan rekisteröidä neurofysiologisesti sekä silmämunan päältä (elektroretinografia, ERG), että pään takaosasta ihon päältä (visuaalinen herätevaste, VEP). Rekisteröinneillä voidaan selvittää sairauksia ja vaurioita verkkokalvolla, näköhermossa, keskushermoston näköradoissa sekä näköaivokuorella. (Holder ym. 2010, 1395; Mervaala ym. 2019, 265.)

ERG-tutkimusta käytetään verkkokalvon elektrofysiologisen toiminnan tutkimiseen (McCulloch ym. 2015, 2). Epänormaaleja ERG-tuloksia aiheuttavat verkkokalvoa vaurioittavat sairaudet, kuten retinitis pigmentosa (Holder ym. 2010, 1397). Muutoksia VEP-vasteisiin aiheuttavat monet eri sairaudet niin näköhermossa, keskushermostossa, kuin muissakin elimissä. Esimerkiksi näköhermotulehdus eli optikusneuriitti löytyy sen tuoreessa vaiheessa kuvio-VEP-tutkimuksella 90–96 %:lla potilaista. Huomioitavaa on, että myös verkkokalvon sairaudet aiheuttavat poikkeavia VEP-vasteita. (Mervaala ym. 2019, 272; Robson 2018, 23.) Usein onkin hyödyllistä tehdä VEP- ja ERG-tutkimukset yhdessä, ja tarvittaessa edelleen jatkotutkimuksia. (Holder ym. 2010, 1394.)

Tämä opinnäytetyö on toiminnallinen opinnäytetyö, jonka toimeksiantajana on Tyks kuvantamisen Kliinisen neurofysiologian yksikkö. Tässä opinnäytetyössä käsitellään VEP- (visuaalinen herätevaste) ja ERG (elektroretinografia) -tutkimuksia sekä niiden suorittamista hoitajan näkökulmasta.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa havainnointioppaat Kliinisen neurofysiologian yksikössä tehtäviin herätetutkimuksiin VEP ja ERG. Havainnointioppaiden tavoitteena on tukea opiskelijan oppimista kliinisen neurofysiologian harjoittelujaksolla, ja toimia osana kyseisiin tutkimuksiin tutustumista. Havainnointioppaita voidaan myös hyödyntää esimerkiksi uuden työntekijän perehdytyksessä. Havainnointioppas antaa teoriapohjaa tutkimusten kannalta oleellisten anatomisten rakenteiden ja niiden toiminnan ymmärtämiseen. Havainnointioppaissa VEP- ja ERG-tutkimukset käydään vaiheittain läpi, niin kuin ne tutkimuksia suoritettaessa tyypillisesti etenevät. Oppaat ovat tarpeellisia, sillä vastaavaa materiaalia VEP- ja ERG-tutkimuksista toimeksi antavalla yksiköllä ei vielä ole.

2 VEP- JA ERG-TUTKIMUSTEN HAVAINNOINTIOPPAAT

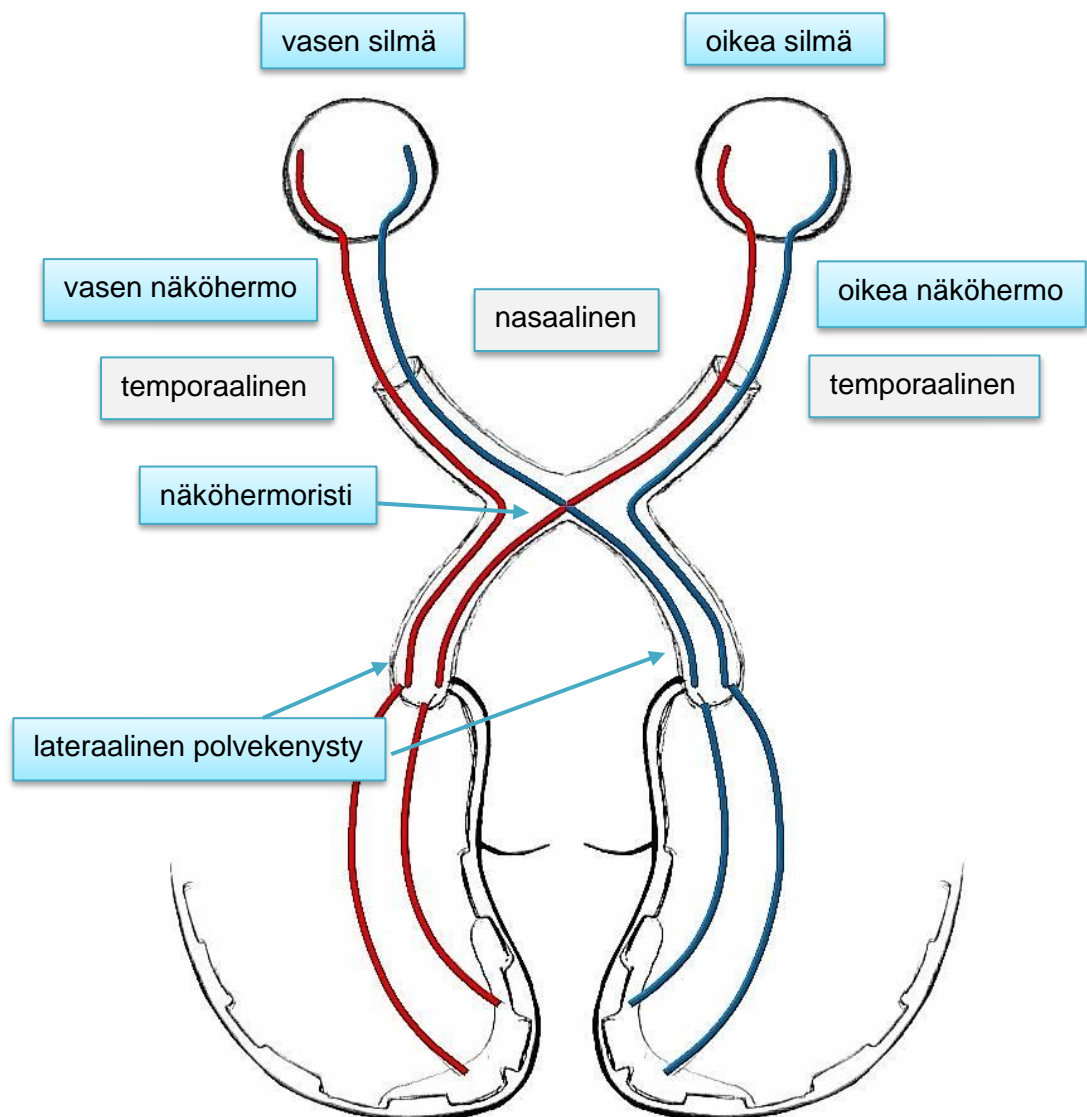
2.1 Näköaisti

Silmä on aistinelin, joka vastaanottaa informaatiota valosäteilynä. Valosäteily aiheuttaa muutoksia silmän verkkokalvon aistinsoluissa, ja tämä puolestaan käynnistää aivojen eri osien välillä vuorovaikutuksen. Havaittu tieto lähtee verkkokalvolta hermoimpulsseina näköhermoristin kautta lateraalsiin polvekenystyihin talamuksessa ja lopulta aivojen okkipitaali-, eli takaraivolohkossa sijaitsevalle näköaivokuorelle. Verkkokalvo koostuu kerroksista, joissa on erilaisia solutyyppejä mm. hyvin hämärässä toimivia sauvasoluja, sekä tappisoluja, jotka mahdollistavat värinäön. Näköaistinsa avulla ihminen pystyy erottamaan ja havainnoimaan erilaisia ärsykejä aina kromaattisesta (värinäöstä) liikkeeseen, sekä kaksikulotteisesta kolmiulotteiseen. (Schmolesky 2007; Purves ym. 2008, 253, 289; Holder ym. 2010; Leppäluoto ym. 2019, 396, 399.)

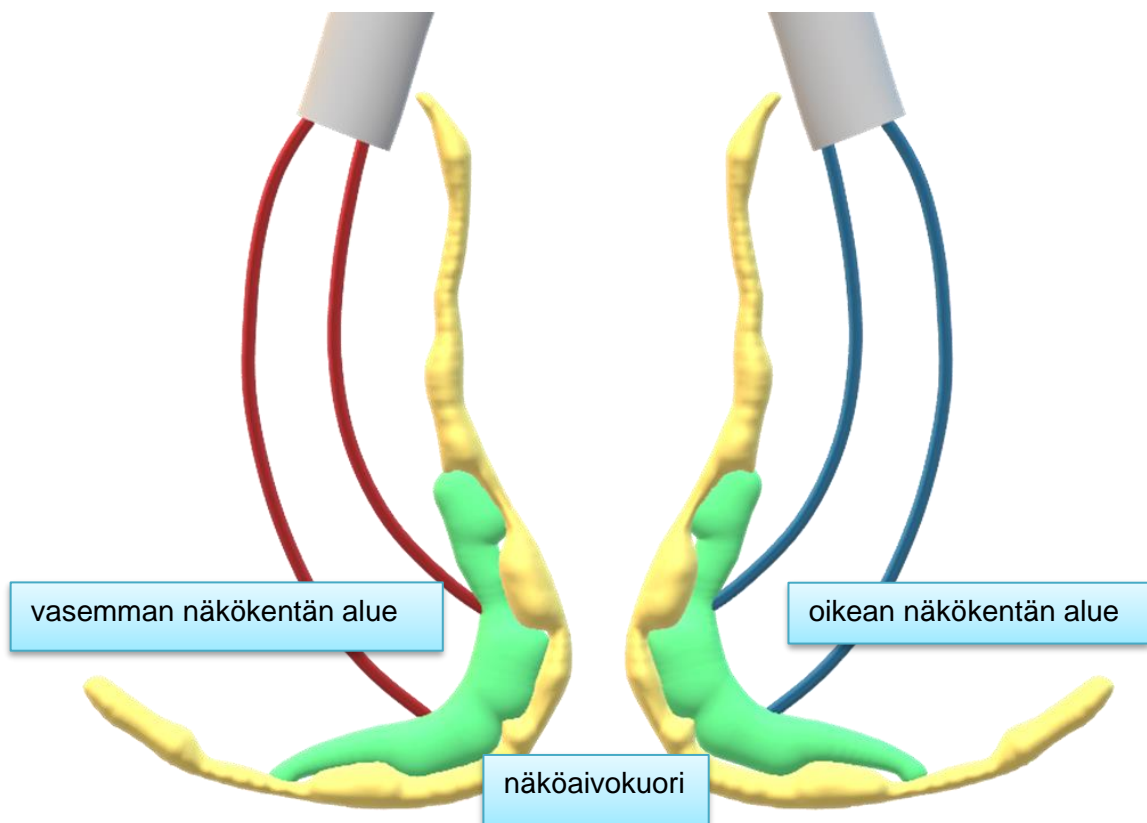
2.1.1 Näkörata ja näköaivokuori

Näköradan eri neuronit, näköreseptori-, bipolaari-, ganglio- ja polvekenystyn solut, mahdollistavat eri ärsykkeiden havaitsemisen. Gangliosolujen aksoneista muodostuvat näköhermot lähtevät molemmista silmistä (Kuvio 1.), ja ne yhtyvät aivolisäkkeen etupuolella muodostaen näköhermoristin. Näköhermoristissa nasaaliset eli nenän puolelta tulevat gangliosolujen aksonit risteävät toiselle puolelle, mutta temporaaliset eli ohimonpuoliset aksonit pysyvät samalla puolella. Näkörata jatkuu näköhermoristin jälkeen molemminpuolisena talamuksen lateraalsiin polvekenystyihin. (Purves ym. 2008, 289; Leppäluoto ym. 2019, 399, 404.) Polvekenystyissä aksonit muodostavat synapseja viimeisten näköradan neuronien kanssa. Talamuksesta näkörata jatkuu näköaivokuorelle, joka sijaitsee aivojen takaraivolohkossa (Kuvio 2.). Näköaivokuori jakautuu kahteen osaan: sekundaariseen ja primaariseen näköalueeseen. Näistä sekundaarisella alueella tunnistetaan mm. muodot ja värit, kun taas primaarinen näköalue on tarkan näön aluetta. (Purves ym. 2008, 289–290, 307–310; Leppäluoto ym. 2019, 371,404.)

Verkkokalvon tai näköhermon vaurioituminen ennen näköhermoristiä johtaa näön menetykseen siitä silmästä, josta hermo on lähtenyt, koska verkkokalvon ohimonpuoleiselta osalta lähteneet aksonit eivät risteidy, mutta nenäpuoleiselta alueelta risteytyvät. Mikäli vaurio on keskellä näköhermoristiä, se aiheuttaa kummankin ohimonpuoleisen näkökentän puutoksen eli bitemporaalisen hemianopian. Molempien silmien keskeinen näkö kuitenkin säilyy. Näköhermoristin jälkeinen vaurio näköradan yhdellä puolella aiheuttaa taas näkökenttäpuutoksen vastakkaisella puolella. (Purves ym. 2008, 295–296; Leppäluoto ym. 2019, 405.)



Kuvio 1. Näköhermoradasto (mukaillen kuvia Shutterstock, Inc ©2013–2021).



Kuvio 2. Näköaivokuoren sijainti (mukaillen kuvia Shutterstock, Inc ©2013–2021).

2.2 Silmä

Silmä on aistinelin, ja ihmisen näköjärjestelmän ensimmäinen osa, joka vastaanottaa informaatiota valosäteilynä. Valo aiheuttaa muutoksia silmän verkkokalvon aistinso- luissa, joista sauvasolut toimivat hyvin hämärässä, ja tappisolut mahdollistavat värinäön. Verkkokalvon soluilta visuaalinen informaatio kulkee hermoimpulsseina näkörataa pitkin aivojen okkipitaali- eli takaraivolohkossa sijaitsevalle näköaivokuorelle. (Leppäluoto ym. 2019, 396–397; Innerbody Research 1999–2021.)

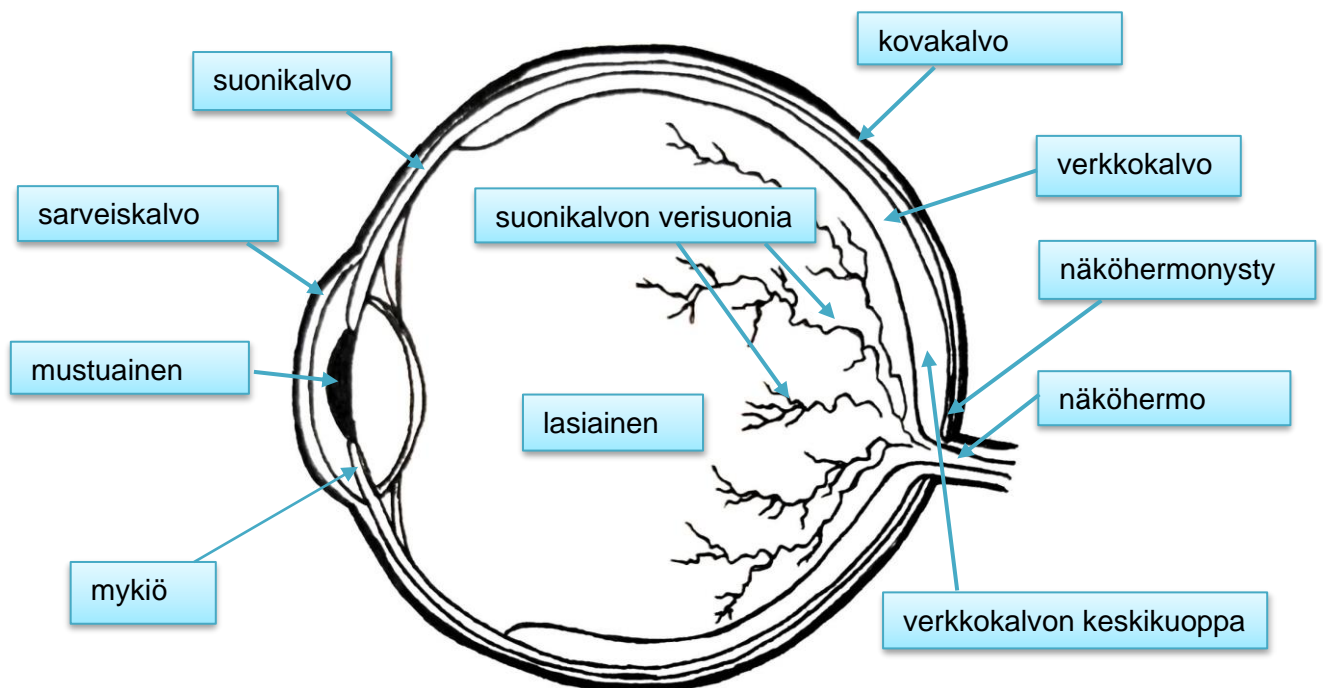
2.2.1 Silmän rakenne

Silmä on kolmesta kalvokerroksesta koostuva pallo (Kuvio 3.). Kovakalvo on silmämu- nan seinämän uloin kerros, joka muuttuu silmän etupuolella valoa läpäiseväksi sarveis-

kalvoksi. Kovakalvo suojaa silmää, ylläpitää sen muotoa, ja siihen on kiinnittyneenä silmänliikuttajalihakset. (Purves ym. 2008, 253; Kolb 2012; Leppäluoto ym. 2019, 396–397.)

Kovakalvon sisäpuolella, silmämunan sivuilla ja takana, on verisuonia sisältävä suonikalvo. Suonikalvo huolehtii sarveiskalvon ja silmän linssin aineenvaihdunnasta, sillä niissä ei ole verisuonia. Suonikalvon sisäpuolella on myös pigmenttiepiteelikerros, joka absorboi valoa ja estää haitallista heijastumista. (Purves ym. 2008, 253–254; Leppäluoto ym. 2019, 397.)

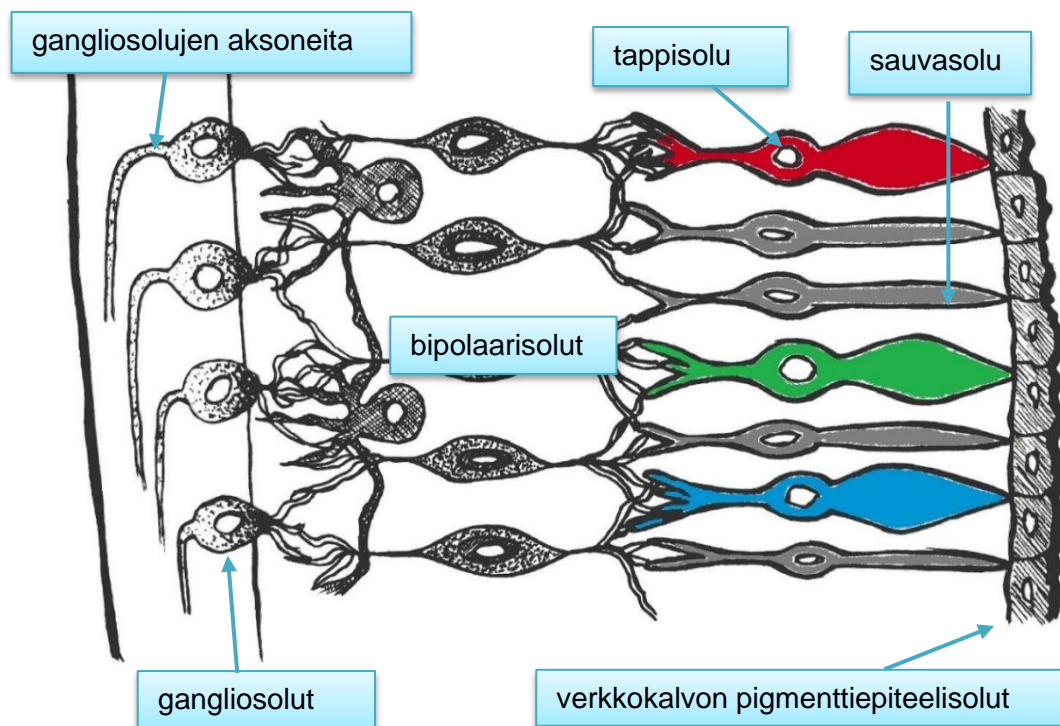
Suonikalvon sisäpuolella on verkkokalvo, jossa valoon reagoivat näköreseptorisolut sijaitsevat. Näköreseptorisoluja on kahta tyyppiä, sauvoja ja tappeja, ja näissä tapahtuu valoenergian muuttuminen hermoimpulsseiksi eli fototransduktio. Sauvasolut ovat erittäin valoherkkiä ja ne toimivat myös hämärässä, mutta ne eivät osallistu värien näkemiseen. Tappisolut saavat aikaan värien havaitsemisen, mutta ne eivät toimi heikossa valaistuksessa. (Purves ym. 2008, 253; Leppäluoto ym. 2019, 399.)



Kuvio 3. Silmän rakenne (mukaillen kuvia Kolb 2012, Shutterstock, Inc ©2013–2021).

2.2.2 Verkkokalvon solukerrokset

Näköreseptorisoluja (Kuvio 4.) on kahta tyyppiä, sauvasoluja ja tappisoluja. Ne sijaitsevat verkkokalvossa ja niissä tapahtuu valoenergian muuttuminen hermoimpulsseiksi. Sauva- ja tappisolujen kalvopusseissa sijaitsevat näköpigmentit reagoivat valoon ja hajovat sen vaikutuksesta. Sauvasoluja on silmässä yli kymmenkertainen määrä verrattuna tappisoluihin, joita on noin 6 miljoonaa. Sauvasolut eivät havaitse värejä, mutta ne ovat erittäin herkkiä valolle, ja reagoivat jo pelkästään yhteen fotoniiin. (Purves ym. 2008, 261, 269–270; Uusitalo & Seppänen 2018; Leppäluoto ym. 2019, 399, 401, 403–404; Innerbody Research 1999–2021.) Sauvasoluilla on tästä syystä suuri merkitys ihmisen hämäränäön kannalta. Tappisolut taas ovat erikoistuneet värien näkemiseen, eivätkä ne toimi pimeässä, jolloin värinäkö katoaa. Tappisolut jaetaan kolmeen eri tyyppiin proteiinisensa perusteella (S, M ja L), jotka ovat herkistyneet valon eri aallonpituuksille. Vaikka kukin tappisolu absorboi tiettyä aallonpituutta, menevät aallonpituudet myös päällekkäin, jolloin tietty aallonpituus vaikuttaa eri määrin useampaan tappityyppiin. Tämä mahdollistaa ihmisen kyvyn nähdä useita eri värejä ja niiden sävyjä. (Purves ym. 2008, 273; Uusitalo & Seppänen 2018; Leppäluoto ym. 2019, 399, 401, 403–404.)



Kuvio 4. Verkkokalvon solukerroksen rakenne (mukaillen kuvia Kolb 2012; Shutterstock, Inc ©2013–2021).

Näköreseptorisolut sijaitsevat verkkokalvolla, lähes suonikalvoa vasten. Ennen kuin valo saavuttaa ne, on sen aiheuttaman hermoimpulssin kuljettava muiden solukerrosten lävitse. Valoärsyksen käynnistämä hermoimpulssi välittyy verkkokalvon bipolaarisolujen kautta gangliosoluihin, joiden aksoneista muodostuu näköhermo. Gangliosolut välittävät hermoimpulssin uloimpaan polvitumakkeeseen, ja sieltä primaariselle näköaivokuorelle. (Uusitalo & Seppänen 2018; Leppäluoto ym. 2019, 399–401.)

2.3 VEP, visuaalinen heräteväste

VEP-tutkimuksessa eli visuaalisessa herätevastetutkimuksessa mitataan näköärsyksen kulkua silmästä näköaivokuorelle. Tämä tapahtuu rekisteröimällä visuaalisen ärsyksen, ruudukkokuvioiden, seurauksena syntyvää sähköistä vastetta pään takaosan iholta. Rekisteröitävä väste syntyy pääasiassa aivojen takaraivolohkolla sijaitsevalla näköaivokuorella, jossa visuaalinen ärsyke stimuloi niin primäärisiä, kuin sekundaarisia alueita. (Sand ym. 2013; Odom ym. 2016, 2.)

Tutkimuksella saadaan tietoa verkkokalvon, näköhermon, keskushermoston näköratojen sekä näköaivokuoren toiminnasta. Poikkeavia VEP-vasteita aiheuttavat monet eri sairaudet niin näköhermostossa, keskushermostossa, kuin muissakin elimissä. VEP-tutkimuksen indikaatioina ovat epäselvän näön huononemisen selvittely, näkökenttäpuutosten, silmän valoilmioiden ja silmänsäryn selvittely. Optikusneuriitti eli näköhermotulehdus, jota ilmenee MS-taudissa, aiheuttaa viivästyneitä tai mahdollisesti vaimentuneita VEP-vasteita. VEP-vasteen poikkeava koko ja muoto saattavat aiheutua esimerkiksi näköhermoa painavasta kasvaimesta. (Mervaala ym. 2019, 272; Robson 2018, 8, 23.)

Tutkimuksessa pään takaosan iholle asetetaan mittaavat EEG-elektrodit (T5, O1, Oz, O2, T6 ja Pz, vertailuelektrodi Fz, sekä maadoituselektrodi otsalle). Potilas istuu tutkimustuolissa mahdollisimman rentona mutta virkeänä, jotta rekisteröitävät västeet saataisiin rekisteröityä mahdollisimman häiriöttöminä ja toistettavina. (Epstein 2006, 139.) Potilaan etäisyys kuvaruudusta, josta visuaalinen ärsyke tuotetaan, on 50–150 cm (Odom ym. 2016, 4). Tavallisin kliinisessä käytössä oleva VEP-ärsyke (kuvio-VEP, kVEP) on vaihtuva mustavalkoinen shakkiruudukko. Tämä kuvioärsyke on helposti standardoitava visuaalinen ärsyke. (Epstein 2006, 138.) Potilas kohdistaa katseensa ruudun keskellä olevaan fiksaatiopisteeseen, kun västeitä rekisteröidään. Västeitä keskiarvoistetaan 100–200kpl, jotta ne saadaan erottumaan EEG:n taustakohinasta. Normaalitilan-

teessa rekisteröity kokokenttä-VEP-vasteen pääkomponentti näkyy parhaiten Oz-elektrodin kohdalla keskiviivassa noin 100ms:a stimulaatiosta positiivisena aaltona (P100), ja sitä edeltää 75ms:n kohdalla negatiivinen N75-komponentti. (Mervaala ym. 2019, 266, 270.) Saatuihin VEP-vasteisiin tutkimusta suorittava hoitaja merkitsee kohdat: peruslinja, N75-komponentin (ylöspäin lähtevä negatiivinen aalto) ja P100-komponentin (alaspäin lähtevä positiivinen aalto) latenssit (Epstein 2006, 139). Kliininen neurofysiologi arvioi vasteiden latensseja eli viipymiä, amplitudeja ja muotoja (Mervaala ym. 2019, 272–275).

VEP-tutkimuksessa molemmat silmät tutkitaan erikseen toisen ollessa peitettynä. Tarvittaessa voidaan tehdä myös puolikenttästimulaatiot, jolloin stimuloidaan molempien silmien oikeaa tai vasenta näkökenttää erikseen. Tällä saadaan lisätietoa esimerkiksi näköradan vaurion tarkemmasta sijainnista. (Holder 2010, 403.) Mikäli potilaan yhteistyökyky on heikko (kyseessä on esimerkiksi pikkulapsi tai sekava vanhus), tai potilaan näöntarkkuus on voimakkaasti alentunut, voidaan kuvio-VEP:n sijaan tehdä välke-VEP-tutkimus (flash-VEP, fVEP). (Epstein 2006, 151; Odom 2016, 2.) Tällä saadaan tietoa siitä, onko verkkokalvolta yhteys näköaivokuorelle. Ärsykkeenä fVEP:ssä toimii valonvälähdykset. (Mervaala ym. 2019, 266.)

2.4 ERG, elektroretinografia

ERG-tutkimuksella eli elektroretinografialla mitataan verkkokalvon sähköistä toimintaa. Tutkimuksen perustana on valoenergian muuntuminen sähköiseen muotoon verkkokalvon valoherkissä soluissa, sekä silmämunan etu- ja takaosan välillä vallitseva jänniteero eli retinokorneaalinen potentiaali. Ärsykkeenä toimii tavallisimmin nopeat valonvälähdykset (flash-ERG, fERG). (Mervaala ym. 2019, 267; Robson 2018, 2.) Tutkimus tehdään viidessä vaiheessa standardoiduilla valonvälähdyksillä, jolloin saadaan selville, onko sauva- ja tappisolujen toiminnassa muutoksia. Tutkimuksessa käytetään useimmiten silmän pinnalle asetettavaa, piilolinssin kaltaista linssiä, johon on kiinnitetty rengaselektrodi. (Holder 2010, 1395; Mervaala ym. 2019, 270.) Tutkimuksen tärkeimpänä käyttöaiheena on selvittää, onko näköhäiriön syy verkkokalvolla. ERG-tutkimus voidaan suorittaa VEP-tutkimuksen lisäksi, jolloin saadaan paikannettua näköhäiriön syy verkkokalvon soluihin. Poikkeavat VEP-vasteet voivat johtua verkkokalvon sairaudesta, mutta myös vauriosta muualla näköradastossa. (Mervaala ym. 2019, 272.) ERG-tutkimusta

voidaan hyödyntää esimerkiksi perinnöllisen verkkokalvon pigmenttirappeuman eli retinitis pigmentosaa sairastavalla ERG todetaan usein sammuneeksi. (Mervaala ym. 2019, 274.)

Tutkimuksessa käytetään kokokenttästimulaattoria eli Ganzfeld-stimulaattoria, joka mahdollistaa tasaisen valoärsyksen antamisen koko näkökentälle. Tutkimusta varten potilaan pupillit laajennetaan. Maadoituselektrodi kiinnitetään otsalle, ja referenssielektrodit kulmaluiden yläpuolelle. Mittaavana elektrodina toimii silmän sarveiskalvolle asetettava piilolinssielektrodi, tai hiilikuitulankaelektrodi, mikäli linssielektrodien käytölle on vasta-aiheita. (Holder 2010, 1398–1399; Mervaala ym. 2019, 270.) Ennen mittauksien alkua potilaan silmien pitää adaption tulla pimeään vähintään 30 minuutin ajan, jotta saadaan tutkittua skotooppista näköä eli verkkokalvon sauvasolujen toimintaa (Purves ym. 2008, 270). Pimeäadaptaation jälkeen silmän pinta vielä puudutetaan silmätippoilla. ERG-tutkimuksessa ensimmäiset annettavat valoärsykkeet ovat himmeimpiä, sillä niillä rekisteröivät vasteet ovat sauvasolujen aktivaation seurausta. (Jääskeläinen 2010, 6; McCulloch 2015, 9.) Tämän jälkeen mitataan niin kutsuttu sekavaste, joka kertoo sauvasolujen yhteistoiminnasta, eli mesooppisesta näöstä. Ennen valoadaptaatiota rekisteröidään oskilloivat potentiaalit. Fotooppisen näön selvittämistä varten stimulaattoriin asetetaan päivänvalon kirkkaus, johon potilaan silmät totutetaan 10 minuutin ajan. (Purves ym. 2008, 270.) Valoadaptointuneista silmistä rekisteröidään tappivasteet ja vilkkuvalovasteet. Rekisteröityihin käyriin merkitään peruslinja, alaspäin lähtevä negatiivinen a-aalto ja ylöspäin lähtevä positiivinen b-aalto, sekä oskilloivien potentiaalien aallot (OP1-OP4). (McCulloch 2015, 10–11.) ERG-vasteista kliinisen neurofysiologian lääkäri arvioi aaltojen latensseja, amplitudeja, ja tuleeko aaltoja esiin tiettyjen aktivaatioiden yhteydessä (Mervaala ym. 2019, 268, 270).

2.4.1 Pimeäadaptaatio

Pimeäadaptaatiolla tarkoitetaan silmän näkökyvyn palautumista pimeässä valolle altistumisen jälkeen (Kalloniatis & Luu 2007). Silmässä tapahtuvien muutosten myötä näkökyvyn palautuminen pimeässä kestää n. 30 minuuttia. Kun valoa ei ole tarpeeksi, pupillit laajenevat silmän värikanvun laajentajalihaksen supistuessa. Samalla silmien näköreseptorisoluissa alkaa tapahtua kemiallisia muutoksia, kun tappi- ja sauvasolut alkavat tuottaa valossa hajonneita näköpigmenttejä uudelleen. Päivänvalossa näköpigmenttien va-

rastot ovat vähäiset, ja etenkin sauvasolujen näköpurppura- eli rodopsiinivaraston täydentyminen on hidasta. Pimeänäölle merkityksellisempiä ovatkin juuri sauvasolujen näköpigmentit. Sauvasolut reagoivat heikosti punaiseen valoon, eikä punainen valo kuluta juurikaan näköpigmenttejä. (Kalloniatis & Luu 2007; Leppäluoto ym. 2019, 397, 401–403.) ERG-tutkimuksen aikaisessa pimeäadaptaatiossa voidaankin käyttää punaista valoa apuna työskenneltäessä pimeässä huoneessa. Pimeäadaptaation jälkeen käytetään heikkoja valoärsykeitä, jotta saadaan rekisteröityä yksinomaan sauvavasteet. (Jääskeläinen 2010; McCulloch 2015, 9–10.)

2.4.2 Valoadaptaatio

Valon osuessa silmään mustuainen pienenee kurojalihaksen supistuessa, jolloin vähemmän valoa pääsee verkkokalvolle. Toisin kuin pimeäadaptaatiossa, valoadaptaatiossa näkö palautuu normaaliksi kymmenissä sekunneissa valon määrän lisääntyessä, sillä näköpigmentit hajoavat nopeasti valon vaikutuksesta. ERG-tutkimuksen aikana valoadaptaatio kestää n. 10 minuuttia. Tällöin saadaan maksimoitua tappisolujen antama vaste, ja minimoitua sauvasolujen toiminta. Silmän on pystyttävä erottamaan taustan kohteet tarkasti, joten valoadaptaatiossa odotetaan taustavaloon sopeutumista. (Kalloniatis & Luu 2007; Jääskeläinen 2010, 7; McCulloch 2015, 10–11; Leppäluoto ym. 2019, 403.)

2.5 Havainnointiopas

Sanalla opas (eng. guide/guidebook) tarkoitetaan käsikirjaa tai jotain muuta tietopakettia, jossa neuvotaan, kuinka jokin tietty asia voidaan tehdä tai ymmärtää (Jussila ym. 2006, 92; Opetushallitus 2012, 8,16; Cambridge Dictionary 2020). Siten se eroaa tietolähteestä, joka taas antaa yleistä tietoa jostain kohdennetusta asiasta (Opetushallitus 2012, 16). Oppaassa voidaan käyttää muun muassa tekstiä ja kuvia eri työvaiheiden suorittamisen ja havainnoimiseen. Oppaita ovat muun muassa eri laitteiden käyttöohjeet ja erilaiset toimintaohjeet. (Jussila ym. 2006, 102; Kyngäs ym. 2007, 124; Opetushallitus 2012, 8, 16.)

Opetusmateriaalina oppaan tarkoitus on herättää lukijan mielenkiinto, auttaa oppimaan uutta ja keskittymään olennaiseen. Kirjoittaessa opetusmateriaalia on tärkeää tietää, ke-

nelle opas on suunnattu, sekä lukijan tarpeet. Kieli ja sanasto on siten valittava kohde-ryhmän mukaan, mutta sen on kuitenkin oltava selkeästi ymmärrettävissä. (Jussila ym. 2006, 92–94, 96–97; Kyngäs ym. 2007, 125–127; Opetushallitus 2012, 16.) Hyvin suunniteltuna ja toteutettuna kirjallinen materiaali huomioi lukijan oppimiskyvyn, toimien myös itseopiskelumateriaalina silloin, kun suulliselle ohjaukselle ei ole paljoa aikaa (Kyngäs ym. 2007, 125).

2.6 Esimerkkejä VEP- ja ERG-menetelmien käytöstä tutkimuksissa

Kuze, Morita, Fukuda, Konda, Tsubota ja Ayaki (2016) kirjoittivat artikkelissaan verkkokalvon valoherkkien gangliosolujen elektrofysiologisten vasteiden vaimenemisesta glaukoomapotilailla. Tutkimukseen osallistui 15 glaukoomaa (silmänpainetautia) sairastavaa potilasta, ja verrokkiryhmänä oli 10 tervettä henkilöä. Tutkimusmenetelmänä käytettiin elektoretinografiaa. Verrattaessa koehenkilöiden gangliosolujen on- ja off-vasteiden amplitudien eroja selvisi, että glaukoomapotilaiden gangliosolujen reaktioherkkyys oli huomattavasti alhaisempi kuin terveillä koehenkilöillä. Tulokset antoivat viitteitä siitä, että ERG olisi lupaava menetelmä erilaisten silmän gangliosolujen toimintahäiriöiden tutkimisessa. Lisää tutkimusta aiheesta kuitenkin kaivataan.

Corduneanu, Chișca, Ciobanu ja Groppa (2019) kirjoittivat artikkelissaan VEP-tutkimuksen käytöstä näköradaston toiminnan arvioinnissa sekä diabeettisen retinopatian diagnosoinnissa potilailla, joilla on diabetes mellitus. Diabeettinen retinopatia on diabetesta sairastavien verkkokalvosairaus, joka vahingoittaa verkkokalvon verisuonia ja aiheuttaa etenevää näön heikentymistä. Tutkimuksessa oli verrattu kahta ryhmää, joista toisessa (G1) kaikki yksilöt sairastivat eriasteista diabeettista retinopatiaa, ja toinen (G0) oli terve kontrolliryhmä. Kumpaankin ryhmään kuului 78 koehenkilöä. Tutkimustulokset osoittivat diabeetikoilla olevan näköhermon säikeiden rakenteellisia vaurioita, mikä näkyi P100-aallon latenssin pidentymisenä rekisteröinneissä. Tuloksissa oli myös mainittu P100-aallon amplitudin madaltuminen diabeetikoilla verrattuna terveisiin koehenkilöihin. Aiemmissä tutkimuksissa on saatu ristiriitaisia tuloksia diabetespotilaiden VEP-muutosten laadusta, mutta muutoksia kuitenkin on, ja erityisesti P100-aallon latenssin selvittäminen VEP-tutkimusta käyttäen on herkkä menetelmä näköhermon demyelinaatioasteen arvioinnissa.

Fong, Law, Braithwaite ja Mazaheri (2019) kirjoittivat artikkelissaan aikaisin ja myöhään puhjenneiden visuaalisten herätevasteiden eroista itseilmoitettujen migreenipotilaiden ja

kontrolliryhmän välillä. Tutkimuksella oli tarkoitus saada tukea hypoteesille, jossa raidallisten kuvioiden aiheuttamat epätavalliset visuaaliset oireet liittyvät migreenipotilaiden näköaivokuoren yliherkkyyteen. Tutkimukseen osallistui 29 migreenikkaa ja 31 ei-migreeniin taipuvaista henkilöä. Tutkimuksessa verrattiin myös VEP-vasteita näköaivokuoreltaan yliherkiksi ja ei-yliherkiksi luokiteltujen ei-migreenikkojen välillä, käyttäen nk. pattern glare -testiä, jossa mustavalkoiset raidalliset kuviot saavat aikaan häiriötä visuaalisessa hahmotuskyvyssä. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu migreenipotilaiden herkkyys tiettytyyppisille juovallisille kuvioille, joiden katselu on aiheuttanut epämiellyttäviä oireita, kuten päänsärkyä ja näköhäiriötä. Tämän on ehdotettu johtuvan näköaivokuoren yliherkkyydestä. Tulokseksi saatiin, että migreenipotilailla VEP-tutkimuksessa N2-aallon amplitudi oli suurentunut, mikä tukee hypoteesia. Lisäksi tutkimuksessa huomattiin ero aurallisesta ja ei-aurallisesta migreenistä kärsivien välillä, jälkimmäisellä ryhmällä N2-aallon amplitudi oli korkeampi. N2-aallon katsottiin mahdollisesti kuvastavan parvosellulaarisen ja magnosellulaarisen näköradan toiminnan tasapainohäiriötä.

3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa havainnointioppaat VEP- ja ERG-tutkimuksiin Turun yliopistollisen keskussairaalan Kliinisen neurofysiologian yksikön käyttöön. Syntyneiden havainnointioppaiden tavoitteena on toimia työvälineenä Kliinisen neurofysiologian yksikössä, ja auttaa opiskelijoita, sekä uusia perehtyjä ymmärtämään tutkimusten teoriapohjaa ja havainnoimaan tutkimusten kulkua.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tukea ja kehittää yksilön perehdytystä Kliinisen neurofysiologian yksikössä. Oppaissa käydään läpi näihin elektrofysiologisiin tutkimuksiin tarvittavat välineet, tutkimusten eteneminen esivalmisteluista mittauksiin, ja mittausaikana tapahtuvat toimenpiteet. Lopuksi käydään läpi hieman tulosten esitarkastelua. Syvempää perehtymistä tutkimusten tuloksiin tai niiden tulkitsemiseen ei tässä opinnäytetyössä ole. Opinnäytetyöraportin teoreettinen viitekehys toimii yhdessä havainnointioppaiden kanssa osana perehdytysmateriaalia. Tämä teoriaosuus käsittelee omina kokonaisuuksinaan silmän rakenteen, sauva- ja tappisolujen toiminnan, sekä näköhermojen ja näköaivokuoren rakenteen ja toiminnan. Keskeisimpiä käsitteitä ovat mm. sauva- ja tappisolut, näköhermosto ja näköaivokuori. Käsiteltäviä aiheita ovat myös VEP- ja ERG-tutkimukset sekä havainnointiopas.

4 OPINNÄYTETYÖN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

4.1 Opinnäytetyön toteutus

Aineistoa kerättiin kirjallisuudesta, tutkimuksista, sähköisistä tietokannoista, standardeista, osastolta saaduista työtoimintaohjeista, sekä käytännön havainnoinnilla. Aineistona toimivat myös kuvat, valokuvat välineistä ja piirretyt havainnointikuvat.

Opinnäytetyön tuotoksena syntyvien havainnointioppaiden sisältö jakautui seuraavasti:

VEP-havainnointipas

- Johdanto
 - Tutkimuksen tarkoitus
 - Näköaisti, näköradaston rakenne ja toiminta
- Tutkimuksen kulku
 - Valmistautuminen tutkimukseen
 - Tutkimuksen suoritus

ERG-havainnointiopas

- Johdanto
 - Tutkimuksen tarkoitus
 - Silmän rakenne
- Tutkimuksen kulku
 - Tutkimukseen valmistautuminen
 - Tutkimuksen suoritus

Havainnointioppaisiin sisällytettävä teoria oli tiivis, mutta kokonaisuutta täydentävä. Itse tutkimuksen kulkuun liittyvän osion taas täytyi aktivoida lukijaa havainnoimaan, ja herättämään tämän mielenkiinto. Tutkimusten kannalta oleelliset teoria-asiat, niin silmän rakennetta, sauva- ja tappisolujen toimintaa, kuin näköhermojen ja näköaivokuoren rakennetta sekä toimintaa käsittelevä sisältö tuli osaksi valmiin opinnäytetyön raporttia. Tämä raportti tulee myös toimeksiantajan käyttöön itse opinnäytetyön tuotoksen ohella.

Luonteeltaan opinnäytetyö on toiminnallinen opinnäytetyö. Aihe rajattiin käsittämään tarpeelliset tiedot silmän ja näköhermojen rakenteesta ja toiminnasta, sekä VEP- ja ERG-

tutkimusten eri työvaiheista. Syvempi tutkimusten tulosten tulkinta rajattiin pois. Viestintäsuunnitelman osalta keskustelua toimeksiantajan kanssa käytiin pääasiallisesti sähköpostin kautta, ja tarvittaessa sovittiin tapaamisesta.

Opinnäytetyön aikataulus:

- Opinnäytetyösopimus tehdään TurkuCRC T12/022/19 mukaisesti syksyllä 2020
- Aineiston keruu ja käsikirjoitus kevät 2020–2021
- Tuotoksen kirjoittaminen kevät 2020–syksy 2021
- Tuotoksen testaus sekä tarvittavien korjausten ja muutosten teko syksy 2021
- Valmiin työn palautus syksy 2021

Opinnäytetyö on osatutkimus Turun AMK bioanalytikkokoulutuksen Työelämäyhteistyön ja opetusmenetelmien kehittäminen bioanalytikkokoulutuksessa -hanketta (TurkuCRC T12/022/19).

4.2 Metodologiset lähtökohdat

Opinnäytetyö on toiminnallinen, sillä se perustuu jo olemassa olevaan tietoon, tutkimukseen ja menetelmäkuvaukseen, toisin sanoen jo olemassa olevaan tietoperustaan (Salonen 2013). Opinnäytetyössä ei siis ollut tarpeellista käyttää tutkimuksellisia menetelmiä, eikä siinä etsitä vastauksia tutkimuskysymyksiin, vaan pyritään luomaan käytännönläheinen ja työelämälähtöinen tuotos (Vilka & Airaksinen 2003). Tuotoksen avulla on tarkoitus tukea ammatillisten tapojen oppimista sekä kehittämistä esimerkiksi uuden toimintatavan tai oppaan muodossa (Salonen 2013).

Tämä opinnäytetyö on toiminnallinen opinnäytetyö, koska prosessin tuloksena on niin opiskelijoille, kuin uusille työhön perehtyjille tarkoitettu oppimista tukeva havainnointiopas. Tarkoituksena on, että oppaiden avulla tutustutaan VEP- ja ERG-tutkimuksiin ja niiden suorittamiseen silloin, kun suulliselle ohjaukselle ei ole aikaa tai mahdollisuutta. Oppaat myös tukevat suullista ohjausta. Havainnointioppaista pyydettiin palautetta niiden kirjoittamisen eri vaiheissa. Alustava tuotos kehitettiin lopulliseen muotoonsa toimeksi antavasta yksiköstä saatujen palautteiden perusteella.

4.3 Eettiset lähtökohdat

Opinnäytetyötä tehtäessä tulee noudattaa hyviä tieteellisiä käytäntöjä, noudattaen huolellisuutta ja rehellisyyttä sen kaikissa työvaiheissa suunnittelusta lähtien. Tutkimusaineiston keruussa ja käsittelyssä noudatetaan hyviä ja kestäviä eettisiä toimintatapoja sekä käytäntöjä. Lähdemateriaalin tekijöihin viitataan siihen kuuluvalla tavalla ja käytettyjen lähteiden luotettavuutta arvioidaan kriittisesti. Aineiston keräämiselle haetaan tutkimusluvut organisaation tutkimuslupamenettelyn mukaisesti. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012.) Opinnäytetyöraportti julkaistaan Theseus-portaalissa.

Havainnointioppaisiin sekä teoreettisiin lähtökohtiin käytettiin osaston työohjeita, standardeja, kirjallisuutta, sekä tutkimusartikkeleita. Molemmat osallistuivat aineiston keruuseen, analyysiin ja kirjoittamiseen, mikä lisää opinnäytetyön luotettavuutta. Aineiston keruussa ei käsitelty henkilötietoja, eikä potilaita esiinny kuvissa. Havainnointioppaiden toimivuuden tarkistaa hoitohenkilöstö, eikä tutkimus tuolloin vaadi eettistä ennakoarviointia ihmistieteiden eettiseltä toimikunnalta. (Turku CRC, 2020.)

Aineiston haku ja lopullisten materiaalien valinta raportoitiin ja listattiin. Useammasta lähteestä saman tiedon löytyminen lisää teoriapohjan toistettavuutta. Laajensimme aikaikkunamme, sillä sopivaa ja tuoretta lähdemateriaalia oli vaikeasti saatavilla etenkin VEP- ja ERG-tutkimuksista. Toisaalta tämä osoittaa, että tutkimuskäytännöt eivät ole muuttuneet, eikä muita tutkimustapoja ole tullut näiden tilalle.

5 POHDINTA

5.1 Opinnäytetyöprosessi

Tämän opinnäytetyön aihe saatiin toimeksiantajalta eli Tyksin Kliinisen neurofysiologian yksiköltä. Havainnointioppaat VEP- ja ERG-tutkimuksiin olivat osastolle tarpeen, sillä vastaavia materiaaleja heillä ei ennestään ollut. Opinnäytetyön tuotokset ovat toimeksi antavalle taholle hyödyksi esimerkiksi vähentämällä tarvetta opiskelijan henkilökohtaiselle ohjaamiselle, jota voi tekemillämme havainnointioppailla korvata.

Havainnointioppaita oli tarkoitus testata harjoittelua suorittavilla opiskelijoilla, mutta tämä osoittautui aikataulullisesti mahdottomaksi toteuttaa COVID-19-pandemian aiheuttamien haasteiden vuoksi. Oppaita kuitenkin testasivat ohjaajamme, joiden antamien palautteiden perusteella oppaita muokattiin halutunlaisiksi. Seurasimme myös tutkimusten suoritusta, ja omien havaintojemme perusteella teimme oppaisiin tarvittavia lisäyksiä ja tarkennuksia. Työprosessin haasteita oli löytää sopivaa materiaalia viitekehyksiin ja aiempiin tutkimuksiin. Perustutkimusta aiheeseemme liittyen ei enää oikeastaan tehdä, ainakaan siinä muodossa, jossa olisimme voineet sitä tässä opinnäytetyössä hyödyntää. Opinnäytetyömme ”Aikaisemmat tutkimukset” -osioon valikoituikin tuoreita tutkimuksia, joissa VEP- ja ERG-menetelmiä oli, yleensä soveltaen, käytetty. Saatavilla oleva kirjallisuus oli myöskin rajallista, keskittyen lähinnä VEP- ja ERG-tutkimusten tulosten tulkitaan, eikä niinkään itse tutkimusten periaatteisiin tai suoritukseen, mihin tässä opinnäytetyössä keskityimme. Materiaalia oli niukasti englanniksi, saati sitten suomeksi.

Valmiit havainnointioppaat sisältävät yhteensä 21 sivua, ja ne ovat sähköisessä tiedostomuodossa. Oppaissa on tiiviin teoriapaketin lisäksi tutkimuksia vaihe vaiheelta käsittelevät osiot. Osiot sisältävät myös lukijan aktivointilaatikoita otsikoin ’Havainnoi’ ja ’Mieti ja selvitä’, jotka ohjaavat kiinnittämään huomiota tutkimuksen kannalta merkityksellisiin asioihin, sekä miettimään aihetta laajemmin.

5.2 Johtopäätös

Turun yliopistollisen keskussairaalan Kliinisen neurofysiologian yksikössä on käytetty erilaisia perehdytysmateriaaleja osana opiskelijoiden ja uusien työntekijöiden perehdy-

tystä. Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli luoda osaston tarpeita vastaavat havainnointioppaat VEP- ja ERG-tutkimuksiin. Valmiit havainnointioppaat tulevat harjoittelua suorittavien opiskelijoiden käyttöön, ja tutkimusten suoritustapojen ja käytäntöjen muuttuessa ne ovat helposti muokattavissa.

5.3 Ammatillinen kasvu

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia havainnointioppaat VEP- ja ERG-tutkimuksiin Turun yliopistollisen keskussairaalan kliinisen neurofysiologian yksikön käyttöön. Tavoitteet saavutettiin ja lopputuloksena saatiin kaksi opasta työvälaineiksi, joiden avulla opiskelija voi perehtyä kyseisiin tutkimuksiin. Materiaalien löytäminen työohjeiden ja standardien lisäksi oli haastavaa. Oppiessamme tuntemaan käsitteitä materiaalien löytäminen helpottui. Aineisto oli suurilta osin englanninkielistä, mikä toi haasteita, sillä termistö oli aluksi meille vierasta myös suomeksi. Mitä pidemmälle opinnäytetyön teko eteni, kasvoi myös ymmärrys ja tietämys aiheista. Sen myötä myös vieraskielisen tekstin ymmärtäminen helpottui. Opimme myös arvioimaan lähteitä kriittisesti.

Aloitimme koko prosessin pohtimalla vastausta tulevaan tuotokseemme liittyvään kysymykseen: millainen on hyvä havainnointiopas? Kuten lähteissämme Tieto kirjaksi (2006), ja Ohjaaminen hoitotyössä (2007) mainitaan, opas kertoo, kuinka jokin asia voidaan tehdä ja ymmärtää. Tämän jälkeen oli hyvä aloittaa muun materiaalin kerääminen, ja miettiä sopivan keskitien löytämistä tekstisisällön tasolle ja laajuudelle. Havainnointioppaiden tulisi olla sopivia niin aloittelijoille, kuin jo edistyneemmille tekijöille. Tähän saimme näkökulmaa niin omalta puoleltamme, kuin ohjaavalta taholta neurofysiologian yksiköstä.

Opimme koko työprosessin aikana paljon uutta kirjallisen oppimateriaalin tuottamisesta, anatomiasta ja fysiologiasta, sekä itse tutkimusten toteutuksesta. Prosessin aikana huomasimme myös, kuinka paljon fysiologian ja anatomisten rakenteiden ymmärtäminen avasi VEP- ja ERG-tutkimusten periaatteita. Tämän vuoksi halusimme tuoda esille myös teoriaa tutkimuskäytäntöjen ulkopuolelta.

Teimme opinnäytetyölle toteutussuunnitelman, jonka aikataulu ei kuitenkaan lopulta pitänyt. Hyvin tehty suunnitelma kuitenkin auttoi opinnäytetyön eri vaiheiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Yhteistyö ja kommunikointi toimeksi antavan tahon kanssa auttoi myös havainnointioppaiden ulkoasun muodostamisen kanssa. Ajankäytön olisi voinut

suunnitella vielä paremmin, tosin vallitseva pandemiatilanne vaikutti suunnitelmien hyvinkin nopeaan muuttumiseen. Tehtävät kuitenkin jakautuivat tasaisesti ja yhteistyö sujui erinomaisesti.

5.4 Jatkotutkimusehdotukset

Havainnointioppaat on tehty vastaamaan toimeksi antavan osapuolen toiveita ja tarpeita opinnäytetyön valmistumishetkellä. Menetelmät, työskentelytavat, ja käytettävät välineet kuitenkin muuttuvat ja kehittyvät jatkuvasti, joten näitä havainnointioppaita tullaan muokkaamaan tarpeen mukaan. Emme valitettavasti päässeet esitestaamaan tekemiämme oppaita, joten on todennäköistä, että käyttöönoton jälkeen niihin tehdään muokkauksia ja täydennyksiä, jotta ne vastaisivat parhaalla mahdollisella tavalla käyttäjiensä tarpeisiin.

LÄHTEET

Cambridge University Press. Cambridge Dictionary. © Cambridge University Press 2020. Viitattu 11.5.2020 <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/guide>

Corduneanu, A.; Chișca, V.; Ciobanu, N. & Groppa, S. 2019. Evaluation of visual pathways using visual evoked potential in patients with diabetic retinopathy. Romanian journal of ophthalmology. Viitattu 19.4.2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6943291/>

Epstein, C.M. ym. 2006. American Clinical Neurophysiology Society Guideline 9B: Guidelines on Visual Evoked Potentials. Journal of Clinical Neurophysiology. Vol 26 (2)

Fong, C. Y.; Law, W.; Braithwaite, J. J., & Mazaheri, A. 2020. Differences in early and late pattern-onset visual-evoked potentials between self-reported migraineurs and controls. Neuroimage Clinical. Viitattu 19.4.2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6957816/>

Holder, G.E.; Celesia, G.G.; Miyake, Y.; Tobimatsu, S. & Weleber, R.G. 2010. International Federation for General Neurophysiology: Recommendations for Visual System Testing. Clinical Neurophysiology 121

Ilomäki Liisa, 2012. Laatus e-oppimateriaaleihin. Oppaat ja käsikirjat 2012. Opetushallitus. Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy, Tampere. Viitattu 11.5.2020. https://www.opi.fi/sites/default/files/documents/144415_laatus_e-oppimateriaaleihin_2.pdf

Innerbody Research, 1999-2021, Viitattu 25.3.2021 www.innerbody.com >Anatomy> Nervous>Eyes and Vision

Innerbody Research, 1999-2021, Viitattu 25.3.2021 www.innerbody.com >Anatomy> Nervous>Eye's Rods and Cones

Jääskeläinen, S. 2000. Visuaalinen heräteaste (VEP) -tutkimus. Menetelmäkuvaus. Versio 3.2. Julkaisematon lähde. TYKS Kliinisen neurofysiologian yksikkö.

Jääskeläinen, S. 2010. Elektroretinografia (ERG) -tutkimus, kokokenttä. Menetelmäkuvaus. Versio 4.0. Julkaisematon lähde. TYKS Kliinisen neurofysiologian yksikkö.

Jääskeläinen, S.; Mikola, H.; Lauronen, L. & Sompa, U. 2018. Visuaalisen järjestelmän tutkimukset: VEP, ERG ja EOG. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 29.3.2020. <https://www.opiportti.fi/op/knf02200/do>

Kalloniatis, M. & Luu, C. 2007, Light and Dark Adaptation, Part VIII: Psychophysics of Vision, Webvision, The Organization of the Retina and Visual System. University of Utah Health Sciences Center. Viitattu 15.5.2021 <https://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-psychophysics-of-vision/light-and-dark-adaptation/>

Kolb, H. 2012 Gross Anatomy of The Eye, Webvision, The Organization of the Retina and Visual System. University of Utah Health Sciences Center. Viitattu 6.6.2020. <https://webvision.med.utah.edu/>

Kuze, M.; Morita, T.; Fukuda, Y.; Kondo, M.; Tsubota, K. & Ayaki, M. 2017. Electrophysiological responses from intrinsically photosensitive retinal ganglion cells are diminished in glaucoma patients. Journal of optometry. Viitattu 19.4.2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5595262/>

- Kyngäs, H.; Kääriäinen, M.; Poskiparta, M.; Johansson, K.; Hirvonen, E. ja Renfors, T. 2007. Ohjaaminen hoitotyössä. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy
- Leppäluoto, J.; Rintamäki, H.; Vakkuri, O.; Vierimaa, H. & Lauri, T. 2019. Anatomia ja fysiologia: Rakenteesta toimintaan. Sanoma Pro Oy 9., uudistettu painos 2019.
- McCulloch, D.L.; Marmor, M.F. & Brigell, M.G. ym. 2015. ISCEV Standard for full-field clinical electroretinography. Doc Ophthalmol, Vol 130
- Mervaala, E.; Haaksiluoto, E.; Himanen, S.; Jääskeläinen, S.; Kallio, M. & Vanhatalo, S. 2019. Kliininen neurofysiologia. 1. painos. Kustannus Oy Duodecim.
- Odom, J.V.; Bach, M. & Brigell, M. ym. 2016. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials: (2016 update). Doc Ophthalmol Vol 133
- Purves, D.; Augustine, G.J.; Fitzpatrick, D.; Hall, W.C.; LaMantia, A.; McNamara, J.O. & White, L.E. 2008. Neuroscience, Fourth Edition. Sunderland, Massachusetts U.S.A. Sinauer Associates, Inc.
- Jussila, R.; Ojanen, E. & Tuominen, T. 2006. Tieto kirjaksi. Helsinki: Kansanvalistusseura.
- Robson, A.G.; Nilsson, J. & Li, S. ym. 2018. ISCEV guide to visual electrodiagnostic procedures. Doc Ophthalmol Vol 136
- Salonen K. 2013. Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Opas opiskelijoille, opettajille ja TKI-henkilöstölle. Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja 72. Viitattu 11.4.2020. <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163738.pdf>
- Sand, T.; Bu Kvaløy, M.; Wader, T. & Hovdal, H. 2013. Evoked potential tests in clinical diagnosis. Tidsskriftet den norske legeforening. Viitattu 05.03.2021 <https://tidsskriftet.no/en/2013/05/evoked-potential-tests-clinical-diagnosis>
- Schmolesky, M. 2007, The Primary Visual Cortex, Webvision. The Organization of the Retina and Visual System. Viitattu 12.10.2021. <https://webvision.med.utah.edu/book/part-ix-brain-visual-areas/the-primary-visual-cortex/>
- Seppänen, M.; Kaarniranta, K.; Setälä, N. & Uusitalo, H. 2018. Silmätautien käsikirja. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 8.4.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/sil00257/do>
- Shutterstock, Inc. © 2003–2021. Viitattu 24.3.2021 <https://www.shutterstock.com/fi/image-vector/visual-projection-pathway-78253603>
- Shutterstock, Inc. © 2003–2021. Viitattu 24.3.2021 <https://www.shutterstock.com/image-vector/visual-pathway-medical-vector-illustration-diagram-165858551>
- Shutterstock, Inc. © 2003–2021. Viitattu 24.3.2021 <https://www.shutterstock.com/fi/image-illustration/retina-structure-147789383>
- Shutterstock, Inc. © 2003–2021. Viitattu 24.3.2021 <https://www.shutterstock.com/fi/image-vector/illustrator-human-eye-anatomy-1193543890>
- Shutterstock, Inc. © 2003–2021. Viitattu 24.3.2021 <https://www.shutterstock.com/fi/image-vector/human-eye-structure-scheme-medical-vector-338502887>
- Shutterstock, Inc. © 2003–2021. Viitattu 24.3.2021 <https://www.shutterstock.com/fi/image-vector/structure-human-eye-organization-retina-optic-1135203455>

Soinila, S. & Kaste, M. 2015. Neurologia. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 8.4.2020. <https://www.oppiportti.fi/op/neu00002/do>

Tutkimuseettinen Neuvottelulautakunta (TENK). 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK). Viitattu 29.3.2020. <https://www.tenk.fi/> >Tiedetilppi> Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK)