

Katri Jäntti, Otto Leino

Näkökenttä ja näköhavaintokenttä - kirjallisuuskatsaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi (AMK)

Optometrian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

25.9.2017

Tekijä(t) Otsikko	Katri Jäntti, Otto Leino Näkökenttä ja näköhavaintokenttä - kirjallisuuskatsaus
Sivumäärä Aika	35 sivua 25.9.2017
Tutkinto	Optometrismi (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Optometrian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Optometria
Ohjaaja(t)	Lehtori Satu Autio Lehtori Juha Päällysaho
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, mitä käsitteet näkökenttä ja näköhavaintokenttä tarkoittavat sekä mikä niiden välinen suhde on. Näkökenttätutkimus eli perimetria kuuluu nykyisin optometristin koulutukseen ja toimenkuvaan. Näkökenttä tarkoittaa aluetta, joka nähdään fiksoitaessa yhdellä silmällä vakaasti kohteeseen. Näkökenttiä tutkitaan joko silmälääkärin tai optikon toimesta optikkoliikkeissä ja muissa terveydenhuollon yksiköissä. Näkökenttätutkimus on tärkeä diagnostinen menetelmä ja etenemisen seurantatapa useiden silmään vaikuttavien sairauksien kannalta ja sitä varten on kehitetty monenlaisia tutkimustapoja. On kuitenkin ilmennyt, että varsinkin iäkkäät kokevat erilaisia kohteen havaitsemiseen liittyviä ongelmia, joita näön- tai näkökenttätutkimuksen kautta ei pystytä selvittämään. Tämän pohjalta on määritelty näköhavaintokenttä, tai toiminnallinen näkökenttä, joka tarkoittaa sitä näkökentän osa-aluetta, josta kerätään visuaalista informaatiota katseen kohdentamisen aikana.</p> <p>Opinnäytetyö on toteutukseltaan kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksen aineistona on käytetty vertaisarvioituja tieteellisiä artikkeleita, luotettavia verkkosivustoja ja tietokantoja. Kirjallisuuskatsauksen mukaan iäkkäiden kokemat arkielämän näkemisen ongelmat voivat liittyä näköhavaintokentän heikkouteen. Näköhavainnon muodostuminen vaatii monimutkaisen visuaalisen informaation prosessin, joka koostuu näkökentässä olevan kohteen havaitsemisesta, paikannuksesta ja tarkemmasta tunnistuksesta. Tämä prosessointikyky voi hidastua ikääntyessä aiheuttaen näkemiseen ja liikkumiseen liittyviä ongelmia. Näköhavaintokenttätutkimuksilla selvitetään tätä visuaalisen informaation prosessointikykyä. Kirjallisuuskatsauksen mukaan tutkimustulokset osoittavat, että iäkkäillä näköhavaintokentän heikkous ja puutokset liittyvät heidän arkielämässään kokemiin ongelmiin. Näköhavaintokentän heikkoudella on erityisen suuri merkitys liikenneturvallisuuden kannalta. Kirjallisuuskatsaus osoittaa, että olisi perusteltua ottaa näköhavaintokenttätutkimus osaksi iäkkäiden ajokyvyn arviointia. Näköhavaintokentän heikkoutta voidaan myös parantaa harjoituksia tekemällä.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena on antaa teoriapohjaa ja tuoda näköhavaintokenttä ilmiönä optometristeille tutuksi. Aiheen merkityksellisyys kasvaa ikääntyneen väestön määrän lisääntyessä.</p>	
Avainsanat	näkökenttä, näköhavaintokenttä, perimetria, visuaalinen attentio, ajokyky

Author(s) Title	Katri Jäntti, Otto Leino Field of vision and useful field of view – literature review
Number of Pages Date	35 pages 25 September 2017
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation option	Optometry
Instructor(s)	Satu Autio, Senior Lecturer Juha Päälyysaho, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to clarify the terms of the field of vision and the useful field of view (UFOV), and to determine the relationship of these topics. Perimetry measuring the field of vision is nowadays a part of optometrist's expertise. Field of vision means the entire area that a person is able to see when one eye is fixed on a target without moving the head or eyes. Perimetry tests are done by ophthalmologists or optometrists. Perimetry has an important part in diagnosing some eye diseases and in following the progression of diseases affecting the eye. But there are many older adults who complain of functional visual difficulties which cannot be explained by standard ophthalmologic exams. On the grounds of this the term of the useful field of view was defined to indicate the visual area over which information can be acquired in a brief glance without eye or head movements.</p> <p>This thesis was carried out as a descriptive literature review. We used scientific articles, reliable and well-known websites and databases as literature of the thesis. The review shows that there is an association between deficits in the useful field of view and difficulties in everyday visual activities experienced by older adults. The visual perception consists of a complicated process of visual information that includes the detection, localization and identification of visual targets. Slowing in this visual processing speed is a common characteristic of aging and it can cause negative implications in older adults' everyday life. The deficits in the useful field of view test have been associated with a higher risk of vehicle crash involvement and vision problems in everyday life. The literature shows that the useful field of view assessment is a valid index of driving performance and safety. The review also points out that the the performance within the useful field of view can be improved through training.</p> <p>The aim of the thesis was to introduce the concept of the useful field of view and its significance. It is a current topic, considering that the size of the older adult population is substantially increasing.</p>	
Keywords	field of vision, useful field of view, perimetry, visual attention, aging

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön toteutus	2
2.1	Kirjallisuuskatsaus	2
2.2	Opinnäytetyön toteutus ja tarkoitus	4
3	Näkökenttä	5
3.1	Näkökukkula (Island of vision tai hill of vision)	6
3.2	Näkökentän häiriöt	6
3.2.1	Glaukooma	8
3.2.2	MS-tauti	9
3.2.3	Makuladegeneraatio	9
3.2.4	Diabeettinen retinopatia	10
3.2.5	Anopsia	11
4	Näkökentän tutkiminen eli perimetria	13
4.1	Sormiperimetria	15
4.2	Kineettinen perimetria	16
4.3	Staattinen perimetria	16
4.3.1	Normaali mittausstrategia	17
4.3.2	Dynaaminen mittausstrategia	18
4.3.3	TOP-strategia	18
5	Näköhavaintokenttä (Useful field of vision/view)	19
5.1	Näköhavainto	20
5.2	Ventraalinen ja dorsaalinen näkörata	21
5.3	län vaikutus näköhavaintokenttään	22
6	Näköhavaintokentän tutkiminen	23
7	Näköhavaintokentän merkitys	25
8	Yhteenveto ja pohdinta	27
	Lähteet	30

1 Johdanto

Optikon ja optometristin työ on muuttunut laaja-alaisempaan suuntaan vuosien saatossa. Optometristien toimenkuvaan kuuluu nykyisin myös näkökenttätutkimusten suorittaminen. Näkökenttätutkimuksia tehdään silmäsairaaloissa ja optikkoliikkeissä sekä optikon että silmälääkärin toimesta. Nykyiset tietokoneavusteiset perimetrit nopeuttavat ja helpottavat näkökenttätutkimusten suorittamista. Näkökenttätutkimuksella on olennainen osa glaukooman diagnosoinnissa ja hoidossa. Se on merkityksellinen myös joidenkin neurologisten ja verkkokalvon sairauksien diagnosoinnin ja hoidon kannalta. Sen avulla voidaan lisäksi määritellä näkövammaisuuden aste ja arvioida ajokykyä. (Hejl – Patella – Bengtsson 2012: 1.)

Kliinisen näkökentän rinnalle määriteltiin näköhavaintokenttä, tai toiminnallinen näkökenttä, useful field of vision/view (UFOV), koska oli huomattu, että ikääntyneillä ilmenee monia vaikeuksia arkipäiväisissä näkötehtävissä, vaikka näöntarkkuudessa, silmien terveydentilassa tai näkökenttätutkimuksissa ei löydy mitään poikkeavaa. (Ball - Owsley - Beard 1990: 113–114.) Näköhavaintokentällä tarkoitetaan sitä näkökentän osa-aluetta, josta kerätään visuaalista informaatiota lyhytkestoisen katseen kohdentamisen aikana liikuttamatta silmiä tai päätä (Edwards – Ross – Wadley – Clay – Crowe – Roenker – Ball 2006: 275-276). Näköhavaintokentän käsite muodostuu sekä näköaistitoiminnoista että kognitiivisista kyvyistä sisältäen visuaalisen haun ja attention. Näköhavaintokentän laajuus ei riipu vain kontrastiherkkyydestä, vaan myös kyvystä prosessoida näköinformaatiota. (Edwards ym. 2006: 275-276; Wood – Owsley 2014: 315.) Sen mittaamista varten on kehitetty testejä, joilla pyritään arvioimaan näkökenttää realistisimmissa olosuhteissa kuin kliiniset näkökenttätutkimukset. Nämä testitehtävät vaativat kohteiden hakemista, paikallistamista ja tunnistamista monimutkaisesta visuaalisesta ympäristöstä häiriötekijöiden keskeltä sekä samanaikaista keskeisen ja perifeerisen näkökentän käyttöä. (Ball - Beard - Roenker - Miller - Griggs 1988: 2210.)

Opinnäytetyö on kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Työ vastaa aihealueesta olemassa olevan kirjallisuuden ja jo tehtyjen tutkimusten pohjalta kysymyksiin, mitä tarkoittavat käsitteet näkökenttä ja näköhavaintokenttä, mikä niiden suhde on toisiinsa ja mikä niiden merkitys on näkemisen kannalta. Työssä esitellään yleisiä näkökentän ja näköhavaintokentän tutkimustapoja. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, miksi

näköhavaintokenttä olisi merkityksellistä huomioida näkökenttätutkimuksen rinnalla. Tavoitteena on myös lisätä optometristien tietoisuutta näkökenttään liittyvistä osaluista ja tuoda näköhavaintokenttä sekä ilmiönä että terminä tutuksi. Englanninkielisissä tutkimusartikkeleissa on käytössä vakiintunut termi *useful field of vision tai view*, jolle ei vielä ole vakiintunut suomenkielistä vastinetta. Termin voisi suomentaa myös toiminnalliseksi näkökentäksi, mutta opinnäytetyössä käytetään termiä *näköhavaintokenttä*.

2 Opinnäytetyön toteutus

2.1 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus on menetelmä, jolla tutkitaan aiemmin tehtyä tutkimusta. Kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan rakentaa kokonaiskuva jostain tietystä ilmiöstä tai aiheesta kokoamalla siitä jo tehtyjen tutkimusten tuloksia. Kirjallisuuskatsauksessa tuodaan esille, millä tavoin ja millaisista näkökulmista aihealuetta on aikaisemmin tutkittu. Kirjallisuuskatsaus rakentuu lehtiartikkeleista, tutkimusselosteista ja muista olennaisesti aiheeseen liittyvistä tieteellisistä julkaisuista. Tarkoituksena on tuoda esille aihealueen kannalta keskeiset näkökulmat, tärkeimmät tutkimustulokset sekä johtavat tutkijanimet. Tällä tavoin aihealueeseen voidaan saada lisää syvyyttä. Kirjallisuuskatsaus on järjestelmällinen ja toistettavissa oleva menetelmä, jonka tulokset tulevat olla julkisia, objektiivisia ja kriittisesti arvioitavissa. Katsauksessa käytetyt alkuperäistutkimukset ovat löydettävissä lähdeviitteiden kautta. Kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan arvioida olemassa olevaa teoriaa sekä kehittää ja luoda uutta teoriaa. Sen kautta on myös mahdollista tunnistaa teorian ongelmia ja kuvata teorian historiallista kehitystä. (Salminen 2011: 1-5; Hirsjärvi – Remes – Sajavaara 2009: 108–109; Tuomi – Sarajärvi 2002: 109, 123.)

Kirjallisuuskatsauksen kaksi perustyyppiä ovat systemaattinen ja kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla seulotaan tutkimusaineistoa noudattaen tarkkaan asetettuja kriteereitä. Systemaattista kirjallisuuskatsausta käytettäessä asetetaan selkeä tutkimuskysymys ja valitaan kirjallisuus ja tietokannat, joita käytetään tutkimusaineistona. Lisäksi valitaan huolellisesti määritellyt hakutermit, joiden avulla pyritään löytämään tutkimusaineistosta

rajatusti tutkimuskysymykseen vastaavat materiaalit. Hakutulosten kautta löydetystä tutkimuksista valitaan tieteellisen laadun perusteella itse katsaukseen käytettävä materiaali. (Salminen 2011: 9-11.) Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa kuvataan tarkkaan, miten ja kuinka kattavasti tutkimusaineisto on haettu. Aineiston tieteellinen laatu arvioidaan ja kuvataan yksityiskohtaisesti. Tutkimuskysymys on muotoiltava huolellisesti ja tutkimussuunnitelmassa on päätettävä, minkä tyyppiset tutkimukset hyväksytään. Aineiston etsinnässä käytetyt sähköiset tietokannat, hakusanat ja hakustrategia tulee kuvata niin, että haun toistaminen on mahdollista. (Malmivaara – Komulainen 2014: 1635-41.)

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla kuvataan tutkittavaa ilmiötä laaja-alaisesti käyttäen tutkimusaineistoa laajemmin ilman tarkkoja metodisia sääntöjä. Sen avulla voidaan antaa laajempi kuva aihetta käsittelevästä aineistosta kuin systemaattisessa katsauksessa, koska siinä ei seulota tutkimusaineistoa yhtä tarkasti. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on tutkimusmenetelmä, jonka avulla voidaan koota aikaisempaa tietoa, kuvailla ja tarkastella sitä jäsentyneessä muodossa. Sen avulla voidaan saada tutkimusaineiston perusteella laadullinen eli kuvaileva vastaus tutkimuskysymykseen. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus kuitenkin etenee vaiheittain samoin kuin systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Tämän tutkimusmenetelmän vaiheet ovat tutkimuskysymyksen asettelu, aineiston hakeminen, arviointi ja analyysi eli kuvailun rakentaminen sekä tulkinta ja tulosten esittäminen. (Salminen 2011: 6-8; Kangasniemi – Utriainen – Ahonen – Pietilä – Jääskeläinen – Liikanen 2013: 291-294.) Toisin kuin systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa kuvailevalle katsaukselle on luonteenomaista, että vaiheet voivat edetä osittain päällekkäin koko tutkimusprosessin ajan. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen voidaan sanoa olevan tieteellisiä periaatteita noudattava tutkimusmenetelmä, jonka tarkoitus on aineistolähtöinen ja ymmärtämiseen tähtäävä ilmiön kuvaus rajatun ja perustellusti valitun aineiston avulla. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena usein on etsiä vastauksia kysymyksiin, mitä ilmiöstä tiedetään tai mitkä ovat ilmiön keskeiset käsitteet ja niiden väliset suhteet. Tarkoitus voi olla tutkia esimerkiksi sitä, millaista vallitseva keskustelu ilmiöstä on ja minkälaisia kehityssuuntia tai teorioita aiheeseen liittyy. Kuvailevan katsauksen avulla voidaan usein löytää erilainen näkökulma ilmiöön. (Kangasniemi ym. 2013: 291-294.)

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tutkimusprosessia ohjaa tutkimuskysymys. Sen on oltava täsmällinen, jotta syvälinen tarkastelu on mahdollista, mutta siinä voi olla väljyyttä, jotta tarkastelua voidaan tehdä monista näkökulmista. Tutkimusaineisto

valitaan suhteessa tutkimuskysymykseen niin, että se on tarkoituksenmukaista ja sen avulla voidaan tarkastella aihetta ilmiölähtöisesti. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus voi sisältää systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tavoin verrattain tarkan kuvauksen aineiston valinnasta, mutta toisin kuin systemaattisessa katsauksessa rajatuista hakusanoista ja aikarajoista voidaan poiketa. Aineiston kokoamisessa painotetaan sisältöä ja suhdetta muihin valittuihin tutkimuksiin enemmän kuin etukäteen asetettuja hakuehtoja. Näin tutkimuskysymystä reflektoidaan jatkuvasti aineiston valintaan. Aineistosta haetaan tutkimuskysymyksen kannalta merkityksellisiä seikkoja, joiden perusteella rakennetaan tutkittavan ilmiön kuvailu pyrkien jäsenytyneeseen aineistolähtöiseen kokonaisuuteen. On olennaista, että kuvaileva kirjallisuuskatsaus sisältää sisällöllisen ja menetelmällisen pohdinnan tuotetusta tuloksesta sekä tutkimuksen etiikan ja luotettavuuden arvioinnin. (Kangasniemi ym. 2013: 293-299.)

2.2 Opinnäytetyön toteutus ja tarkoitus

Opinnäytetyö on toteutukseltaan kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Työn tarkoituksena on etsiä vastauksia siihen, mitä aiheista näkökenttä ja näköhavaintokenttä tiedetään, mitkä ovat aihealueeseen liittyvät keskeiset käsitteet ja niiden väliset suhteet. Kuten kuvailevalle kirjallisuuskatsaukselle on luonteenomaista, prosessin vaiheet etenivät osittain päällekkäin niin, että työn aihe ja aineistohaku muotoutuivat ja tarkentuivat prosessin edetessä. Työn alussa käytetyt hakusanat olivat näkökenttä ja näköhavaintokenttä tai *useful field of vision*, mutta aineistohaun aikana jo luetuista artikkeleista nousi nopeasti esiin aiheen kannalta relevantteja uusia hakusanoja. Samoin kuin systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa, aineistohakua varten määriteltiin aiheeseen liittyvät hakusanat ja käytettävät tietokannat sekä pyrkimyksenä oli rajata materiaali ajallisesti mahdollisimman tuoreeksi, mutta aineiston valinnan ensisijainen kriteeri oli kuitenkin aiheen kannalta tieteellisesti relevantti sisältö kuvailevan kirjallisuuskatsauksen luonteen mukaisesti.

Aineistoa haettiin arvostetuista julkaisuista ja artikkeleista, joita Ammattikorkeakoulu Metropolian opiskelijoilla on mahdollista lukea ilman erillistä lisenssimaksua. Hakuun käytettiin kotimaisia ja kansainvälisiä tieteellisiä sähköisiä tietokantoja kuten *PubMed*, *OVID*, *Duodecim*, *Elektra* ja *ScienceDirect*. Käytettäväksi materiaaliksi rajattiin vain suomen- ja englanninkieliset artikkelit ja tutkimukset. Hakuun käytettiin aiheeseen liittyviä asiasanoja erikseen ja yhdistellen sekä suomeksi että englanniksi:

näköhavaintokenttä, näkökenttä, perimetria, näköhavainto, attentio, ajokyky, field of vision, useful field of view, perimetry, visual attention ja aging.

Opinnäytetyön tarkoitus on perehtyä valittuun aihealueeseen opinnäytetyön mittakaavassa mahdollisimman laajasti sekä kuvailevana kirjallisuuskatsauksena aineistolähtöisesti kuvata ja ymmärtää aiheena olevaa ilmiötä. Lukijalla on mahdollisuus tutustua aiheeseen tarkemmin lähdeviitteiden kautta.

3 Näkökenttä

Näkökentällä tarkoitetaan sitä kolmiulotteista aluetta, joka nähdään vakaasti yhteen kohteeseen fiksoivalla silmällä. Yhden silmän normaalit näkökentän äärirajat ovat 60° nasaalisesti, 90–100° temporaalisesti, 50–60° ylä- ja 70° alasuunnassa. Keskeinen näkökenttä sijoittuu 30° alueelle. (Setälä - Ihanamäki - Saari 2011: 365–366.) Kun katsotaan molemmilla silmillä samanaikaisesti, syntyy yhteisnäkökenttä, joka normaalisti on 180°. Yhteisnäkökentän keskeinen 120° on binokulaarisesti nähtyä aluetta, ja molemmilla temporaalireunoilla on noin 30°–40° sirppimäinen alue, ns. "monocular temporal crescent", joka nähdään vain yhdellä silmällä. Näkökenttä koetaan subjektiivisesti suurempana kuin se todellisuudessa on, sillä silmät liikkuvat jatkuvasti ja aivot rakentavat osittain muistin varassa kuvaa sen hetkisestä ympäristöstä. Silmän optisesti valoa taittavien väliaineiden takia valo osuu vastakkaiselle puolelle verkkokalvoa kuin missä kohde on. Tämän takia verkkokalvon alaosaan muodostuu ylhäältä olevasta kohteesta kuva ja yläpuoleen vastaavasti alhaalta tulevan kohteen kuva. (Setälä ym. 2011:366; Comer 2006: 549.)

Näkökentän kokoon vaikuttavat henkilön kasvopiirteet, kuten syvällä olevat silmät, riippuvat tai kovin ylhäällä olevat luomet ja nenän koko sekä muoto. Mitä syvemmällä silmät ovat, sitä enemmän näkökenttä kapenee reunoilta. Riippuluomet peittävät ylänäkökenttää ja henkilön on hankalampaa nähdä yläpuolella olevia kohteita liikuttamatta päätään. Korkeammalla olevat luomet vastaavasti antavat laajemman näkökentän. Kaikki nämä anatomiset tekijät vaikuttavat näkökentän laajuuteen ja ne saattavat muuttua iän myötä. (Weijland - Fankhauser - Bebie - Flammer 2004: 10, 13–14.) Näkökenttä kaventuu jonkin verran iän myötä terveilläkin aikuisilla ja voi olla 80-vuoden iässä jopa 20°-30° kapeampi kuin nuorempana. Tämä johtuu muun muassa kasvojen anatomian muutoksista ja pupillin koon pienenemisestä. (Weijland ym. 2004:

10, 13–14; Ball ym. 1988: 2210.) WHO luokittelee henkilön näkövammaiseksi, jos näkökenttä on kaventunut kahteenkymmeneen asteeseen. Tätä luokittelua käytetään yleisesti myös Suomessa esimerkiksi Kansaneläkelaitoksen etuuksien arvioinneissa. (Fletcher - Schuchard - Renninger 2012:1395; Kela n.d.; Priority eye diseases 2016.)

3.1 Näkökukkula (Island of vision tai hill of vision)

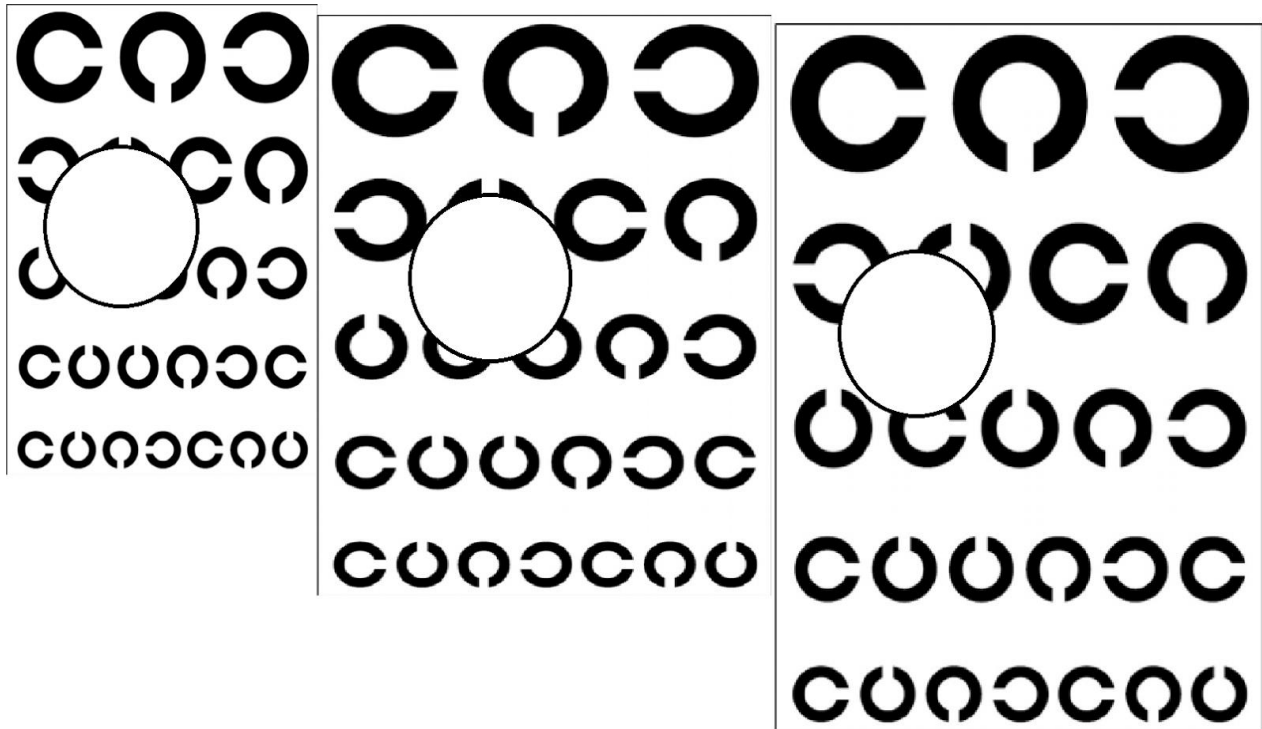
Näkökenttä ei ole taso, vaan kolmiulotteinen avaruudellinen osa, jota kuvataan näkökukkulana (island of vision tai hill of vision). Näkökentän rajojen sisäpuolella aistiherkkyys, eli kyky havaita ärsyke, vaihtelee riippuen useista tekijöistä. Näitä tekijöitä ovat eksentrisyys, kyseessä oleva ärsyke ja verkkokalvon adaptaatiokyky. (Setälä ym. 2011: 365-366; Comer 2006: 549.) Sensorisen verkkokalvon eri reseptorisolut aistivat valoa eri tavoin ja ovat hajaantuneet verkkokalvolle eri tiheydellä. Tappisolut toimivat valossa ja erottavat värejä, jolloin kyseessä on fotooppinen näkö. Skotooppinen eli hämäränäkö viittaa sauvasolujen erikoistuneeseen toimintaan heikommassa valaistuksessa. Mesooppinen näkö toimii puolihämärässä, jolloin molemmat reseptorisolut ovat toiminnassa. Tapit ovat keskittyneet tarkan näön makula-alueelle, kun taas sauvat ovat pääasiallinen aistinsolu muualla verkkokalvossa niin, että niiden lukumäärä laskee periferiaa kohden. (Immonen - Kivelä - Saari 2011: 234-236.) Näkökukkulan kolmiulotteisella muodolla kuvataan näkökentän eri herkkyysasteita verkkokalvon aistiherkkyiden muutosten mukaisesti: mitä korkeampi näkökukkulan pinta, sitä suurempi sen kohdan herkkyys. Näkökukkulan huippu kuvaa keskeistä makulan alueen näköä eli tappisolujen aluetta, jolla nähdään tarkasti pienimmätkin kohteet. Siirryttäessä siitä kauemmas kukkulan reunoja kohden perifeerisen verkkokalvon näköalueelle nähdään vain isot kohteet. Näkökukkulan muoto ei ole symmetrinen. Huippua ympäröi loiva tasanne, joka on laajempi temporaalisesti ja alasuuntaan. Tasanteelta kukkula lopulta jyrkkenee periferiaa kohden. Näkökentän reunoilla herkkyysaste siis laskee selvästi. (Setälä ym. 2011:365-366; Comer 2006: 549.)

3.2 Näkökentän häiriöt

Näkökentän luonnollinen puutos on fysiologinen sokea piste, joka sijaitsee 13-18° fiksaatiopisteestä temporaalisesti ja noin 1,5° horisontaalisen keskiviivan alapuolella (Setälä ym. 2011: 367; Comer 2006: 550). Sokea piste on näköhermon pää, jossa ei ole valoa aistivia fotoreseptoreja, vaan se on väylä gangliosoluille ja osalle silmän

verisuonista silmän eri kerrosten läpi. Hermosolut jatkavat kohti aivoja ja silmänpohjan verisuonet kulkevat kaulaa pitkin kohti rintakehää. (Anatomy and Physiology of the eye 2016.) Sokea piste on osa keskeistä näkökenttää, mutta sitä ei kuitenkaan havaita. Tämä johtuu aivojen tavasta käsitellä näköinformaatiota. Aivot korjaavat, lisäävät ja parantavat silmän kautta saatua kuvaa sekä yhdistävät molempien silmien kuvat yhdeksi, jos binokulariteetti on ihmisellä riittävä. Samankaltainen tilanne on muidenkin näkökentän puutosten eli skotoomien ja anopsian kanssa, kunhan puutokset eivät ole liian kookkaita. Tilanne on toinen, jos puutos ilmestyy yllättäen eikä vähitellen, jolloin aivoilla on aikaa tottua. (Friberg – Vesti - Tuulonen 2014; Seppänen 2013.) Nopeasti syntyneitä skotoomia voivat aiheuttaa esimerkiksi silmään kohdistuneet traumat, silmän verkkokalvolle päässeet partikkelit tai veri, leikkausarvet, verkkokalvon irtauma tai silmänpohjan äkillinen verenkierron katkeaminen. Tällaiset puutokset ovat yleensä helposti henkilön itsensä havaittavissa, mikä on merkityksellistä, koska nämä voivat aiheuttaa pahojakin vaurioita verkkokalvolla. Migreeni ja alhainen verenpaine saattavat aiheuttaa hetkellisiä ja ohimeneviä näkökentän vääristymiä. Toisinaan tervekin henkilö voi havaita hetkellistä huimausta ja näkökentän kaventumista, jos nousee nopeasti makuuasennosta pystyyn. Tällöin pään verenkierto hetkellisesti hidastuu, kunnes autonominen järjestelmä korjaa tilanteen ja verenkierto palautuu normaaliksi. (Gardner-Medwin 1981: 111–114; Ocular Migraines 2016.)

Keskeisen alueen näkökentän puutokset ovat haitallisempia kuin perifeerisen alueen puutokset. Keskeinen alue sisältää tiheästi tappisoluja varsinkin fovean alueella. Nämä solut mahdollistavat hyvän näöntarkkuuden. Jos fovean alue vaurioituu, näkeminen vaikeutuu merkittävästi. Pienten kohteiden tarkastelu muuttuu paljon hankalammaksi, mikä huomataan varsinkin lukiessa. Tällaisessa tilanteessa on opeteltava katselemaan hieman tarkasteltavan kohteen sivulle, jolloin terve verkkokalvon alue ottaa ärsykkeet vastaan. Silmänpohjan ikärappeuma on tyypillinen sairaus, jossa potilaat joutuvat käyttämään tällaista eksentristä katselutapaa. Näkökentän skotoomista aiheutuva haitta määräytyy myös katseltavien kohteiden mukaan. Mitä suurempi kohde, sitä pienemmän alueen kohteesta puutosalue peittää. (Nilsson – Frennesson - Nilsson 2003: 1777-1779.)



Kuvio 1: Demonstraatio kohteen koon suhteesta skotooman kokoon.

Näkökentän puutoksia aiheuttavat yleisimmät sairaudet ovat glaukooma, MS-tauti, silmänpohjan ikärappeuma ja diabeettinen retinopatia. Potilas ei välttämättä huomaa skotoomia ennen kuin sairaus on edennyt riittävän pitkälle, jolloin näkökenttäpuutosten lukumäärä ja koko ovat kasvaneet niin suureksi, että aivot eivät enää kykene korjaamaan niitä ilman virheitä. Näkökenttäpuutosten huomaamattomuus johtuu aivojen adaptaatiosta muuttuneeseen näköinformaatioon. (Seppänen 2013.)

3.2.1 Glaukooma

Glaukooma eli silmänpainetauti on krooninen näköhermon etenevä sairaus. Se on tyypillisesti molempien silmien sairaus, tosin tauti usein etenee niissä eri tahtiin. Taudinkuvaan kuuluu, että näkökenttään kehittyy perifeerisesti hitaasti eteneviä puutosalueita, mutta keskeinen näöntarkkuus säilyy normaalina. Glaukooma on vähäoireinen eivätkä sairastuneet aisti hitaasti kehittyviä näkökenttäpuutoksia, joten on arvioitu, että länsimaissa puolet glaukoomapotilaista ei tiedä sairastavansa glaukoomaa. Tautia on useita erilaisia muotoja, joista osa on todettu periytyviksi, mutta suureksi osaksi taudin syyt ovat epäselviä. Tärkeimmät tiedetyt riskitekijät ovat ikä ja

liian korkea silmänsisäinen paine, tosin puolella glaukoomapotilaista silmänpaine pysyy tilastollisesti normaalilla viitealueella. Riskitekijöiksi on myös todettu mykiön hilsetys, näköhermonpään verenvuoto ja diabetes. Taudin etenemistä voidaan hidastaa asianmukaisella hoidolla, mutta jo syntyneitä vaurioita ei pystytä korjaamaan. Hoitamattomana glaukooma voi johtaa sokeuteen ja se on yleisimpiä näkövammaisuuden syitä iäkkäillä. Glaukooman ainoa hoitokeino tällä hetkellä on alentaa silmänpainetta vähintään 25% matalammaksi kuin hoitamaton painetaso. (Vaajanen – Gielen – Tuulonen 2017: 1476-1478.)

3.2.2 MS-tauti

MS-tauti on autoimmuunisairaus, jossa elimistö vaurioittaa omia hermotukisoluihin tulehdusvälittäjäaineiden, kuten esimerkiksi sytokiinien tai prostaglandiinien, avulla. Hermotukisoluilla tarkoitetaan hermokudokseen kuuluvia soluja, jotka eivät kuitenkaan ole varsinaisia hermosoluja. Hermotukisoluja ovat Schwannin solut sekä oligodendrosyytit. Solujen vaurioituminen hidastaa hermostossa kulkevien viestien nopeutta ja hidastaa varsinaisten hermosolujen metaboliaa. MS-taudille tyypillistä on hermosolujen demyelinisaatio. MS-tauti on hyvin kokonaisvaltainen sairaus ja se vaikuttaa näön ohella motoriikkaan ja tuntoaistiin. MS-tauti vaurioittaa silmästä aivoihin kulkevia hermoja haitaten näköaistin toimintaa. (Atula 2015.)

3.2.3 Makuladegeneraatio

Silmänpohjan ikärappeuma eli makuladegeneraatio on yleisin näköä vakavasti heikentävä sairaus länsimaissa. Se on tarkan näkemisen alueeseen kohdistuva sairaus, jossa verkkokalvon rakenne vaurioituu osin vielä tuntemattomista syistä. Makuladegeneraatiota on olemassa kaksi muotoa: kuiva ja kostea. (Seppänen 2012.)

Kuiva rappeuma etenee hitaammin ja siinä on lievemmat oireet kuin kosteassa, mutta siihen ei ole hoitoa. Kuivan rappeuman tyypillisiä merkkejä ovat silmänpohjalle ilmestyvät drusenit. Kosteassa silmänpohjan ikärappeumassa verisuonet kasvavat voimakkaasti ja vuotavat verenpaineen kasvaessa ympäristöönsä. Voimakas kasvaminen saa silmänpohjan verkkokalvon irtautumaan muista silmänpohjan kalvoista. Kosteaa rappeumaa etenee nopeasti, mutta on tärkeää, että sairaus havaitaan aikaisessa vaiheessa. Sairaus aiheuttaa keskeisessä näkökentässä

viivojen vääristymää ja selkeitä puutosalueita hermosolujen vaurioituessa. Ikärappeuman riskitekijöinä ovat epäterveelliset elämäntavat kuten ylipaino, tupakointi ja yksipuolinen ruokavalio. Lisäksi perintötekijöillä on huomattu olevan merkitystä taudin esiintymisessä. Kostea silmänpohjan ikärappeumaa hoidetaan lasiaisinjektioilla, joiden avulla silmään saadaan verisuonten kasvutekijöiden estäjiä ja kortisonia. Hoitona käytetään myös valoaktivaatiohoitoa, jossa suonensisäisesti annostellaan lääkeainetta, joka aktivoidaan silmässä valolla. Näin saadaan aikaan täsmällisesti vaikuttava hoito. Sekä injektiohoitoa että valoaktivaatiohoitoa voidaan käyttää samaan aikaan. (Seppänen 2012; Kostea silmänpohjan ikärappeuma 2014.)

3.2.4 Diabeettinen retinopatia

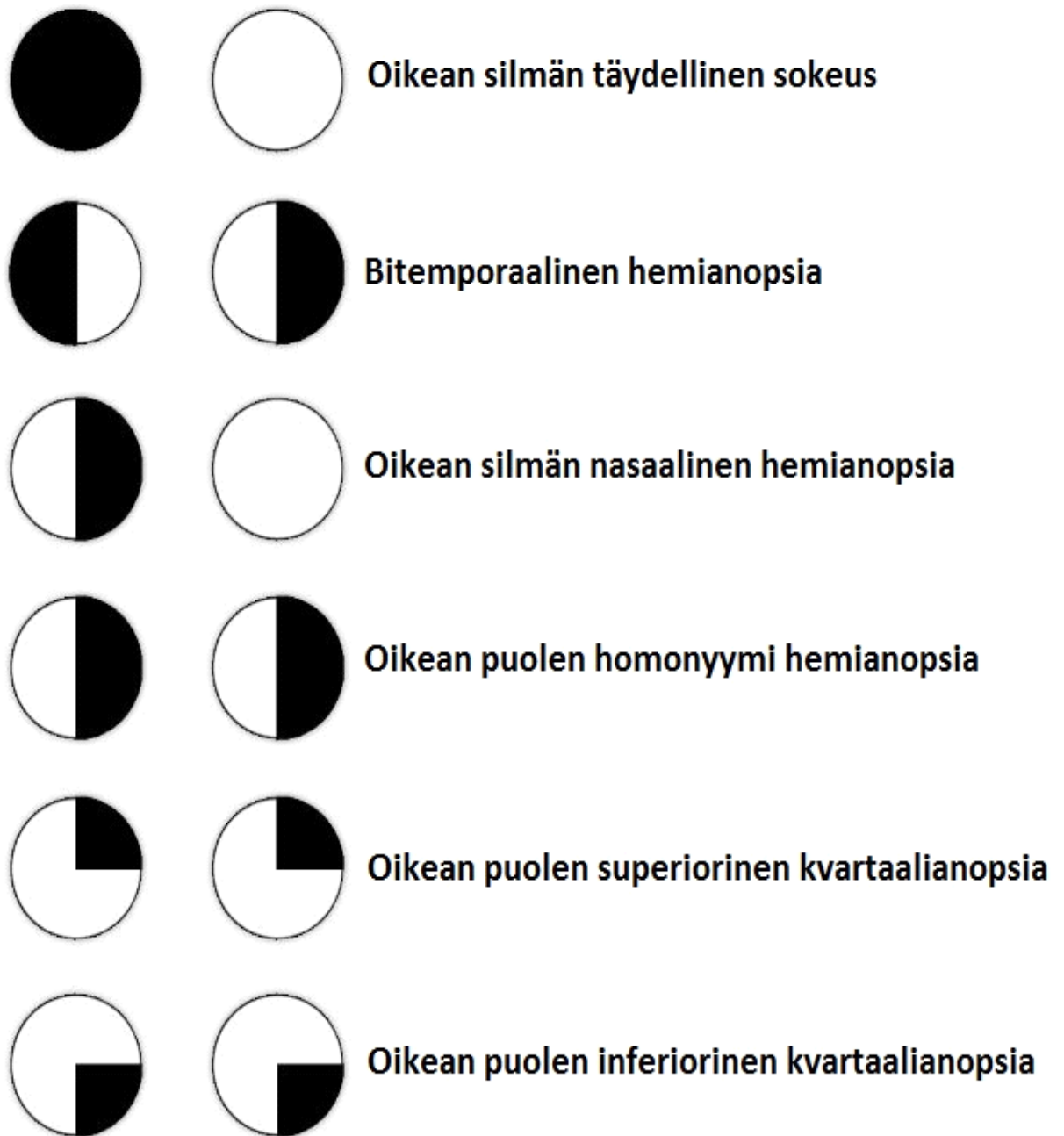
Diabetes on aineenvaihdunnallinen häiriö, joka johtuu insuliinin tuotannon muutoksista tai kehon reaktiosta insuliiniin. Insuliini on aminohapoista muodostuva peptidihormoni, joka vaikuttaa anabolisesti kehon aineenvaihduntaan postabsorptiovaiheessa eli heti ruokailun jälkeen, jolloin elimistö saa ravintoaineita suoraan suolen luumenista eikä omia kudoksiaan hajottamalla. Insuliinia tuotetaan haimassa Langerhansin saarekkeiden beetasoluissa. Insuliini on tärkeä tekijä glukoosin aineenvaihdunnassa ja se säätelee sitä kautta veren sokeritasapainoa. (Sonksen - Sonksen 2000: 69-79.)

Diabetes jaetaan karkeasti kahteen tyyppiin. Ykköstyypin eli nuoruusiän diabetes puhkeaa yleensä ennen aikuisikää. Sen epäillään johtuvan perintötekijöistä, viruksen aiheuttamasta haimavauriosta tai molemmista, mutta asiasta ei ole varmuutta. Ykköstyypin diabetes johtuu riittämättömästä insuliinituotannosta, koska haiman beetasolut ovat vaurioituneet. Riittämätön insuliinin määrä tekee veren glukoositasapainon säätelystä hankalaa. Sairauden hoidossa käytetäänkin insuliinipistoksia ja ruokavaliota tarkkaillaan erityisesti hiilihydraattien osalta. Suomessa ykköstyypin diabetestä esiintyy yleisemmin kuin missään muualla maailmassa. (Nathan – Clearly - Backlund - Saul - Lachin -Orchard - Raskin - Zinman 2005: 2643, 2653.) Tyypin 2 diabetes on maailmalla selvästi yleisempi. Haiman beetasolut erittävät riittämättömästi insuliinia ja glukoosia käyttävien solujen insuliiniresistenssi on kohonnut. Kakkostyypin diabeteksen riskitekijöitä ovat ikääntyminen, keskivartalolihavuus ja ylipaino, tupakointi ja perinnölliset tekijät. Tyypin 2 diabetestä hoidetaan ensisijaisesti muuttamalla elintapoja terveellisemmiksi ja tarvittaessa käytetään insuliinivalmisteita verensokerin tasapainotuksessa. (Nathan ym. 2005: 2643, 2653.)

Diabeettinen retinopatia on diabeteksen liitännäissairaus. Se on silmän verkkokalvon sairaus, joka voi johtaa voimakkaaseen näön heikkenemiseen, jos hoitoa ei aloiteta. Diabeetikkojen tulisikin säännöllisesti käydä silmälääkärin vastaanotolla. Sairauden aiheuttaa suurentunut glukoosin määrä veressä, joka saa aikaan proteiinien muutoksia verisuonissa ja pienet hiussuonet alkavat tämän seurauksena vuotaa. Silmänpohjalla tämä on erityisen haitallista, sillä veri ei läpäise valoa kovinkaan hyvin, joten sen pääsy verkkokalvolle estää valon kulun ja toisaalta silmän verihuolto on hyvin herkkä häiriöille, jolloin veren saannin häiriöt tuhoavat hermosoluja. Diabeettinen retinopatia on taudin alkuvaiheessa usein täysin oireeton ja hankaloittaa hoitoon hakeutumista. Taudin varhainen toteaminen ja hoito hidastavat taudin etenemistä. (Nathan ym. 2005: 2643, 2653; Diabeettinen retinopatia 2014.)

3.2.5 Anopsia

Näkökentän eri puutosalueita luokitellaan erilaisiksi anopsioiksi. Näkökenttä voidaan karkeasti luokitella neljään eri osaan ja näiden alueiden puutoksia voidaan luokitella eri termein. Täydellinen hemianopsia tarkoittaa, että toinen puoli näkökentästä on täysin sokea, mutta toinen puoli saattaa olla täysin terve. Bilateraalissa hemianopsiassa puutosalue on molemmissa silmissä. Tämä voidaan jakaa vielä homonyymiin hemianopsiaan, jolloin molemmissa silmissä puutosalue on samalla puolella tai heteronyymiin hemianopsiaan, jossa taas puutosalue on eri sivulla kuin toisessa silmässä. Anopsia voi sijaita näkökentän yläosassa, jolloin sitä sanotaan superioriseksi hemianopsiaksi tai alaosassa jolloin kyseessä on inferiorinen hemianopsia. Jos näkökenttäpuutos on vain neljännes näkökentästä, sanotaan sitä kvartaalianopsiaksi. Tämäkin puutos voidaan jakaa samalla tavalla kuin hemianopsia bilateraaliseen, homonyymiin, heteronyymiin, inferioriseen ja superioriseen kvartaalianopsiaan. (Basic concepts in visual field loss n.d.)



Kuvio 2. Eri anopsia-tyyppejä.

Tarkkarajaisten anopsioiden muodostuminen johtuu hermovauriosta. Hermovaurion sijainti määrittää anopsian tyypin. Näköradat risteävät optisessa kiasmassa aivojen etuosassa yhdistäen molempien silmien vasemman näkökentän toiselle puolelle ja molempien silmien oikean näkökentän toiselle puolelle. Tämän jälkeen näköradat jatkavat näköaivokuorelle niin, että näkökentässä lähekkäin olevat pisteet ovat lähellä toisiaan myös näköaivokuorella. (Basic concepts in visual field loss n.d.)

Kun tiedetään, missä hermosolukimpussa mikäkin näkökentän alue sijaitsee matkalla aivoihin, on mahdollista paikantaa vaurion sijainti aivoissa tai silmässä tutkimalla henkilön näkökenttää. Esimerkiksi bilateraalin homonyymi hemianopia on merkki optisen kiasman jälkeen olevasta hermovauriosta. Toisen silmän täydellinen sokeus voi taas johtua näköhermon vauriosta ennen optista kiasmaa, jolloin silmästä ei pääse mitään informaatiota kohti aivoja. (Basic concepts in visual field loss n.d.)

4 Näkökentän tutkiminen eli perimetria

Näkökenttätutkimuksia tehdään diagnostisena tutkimuksena, kun epäillään tai on todettu jokin sellainen sairaus, joka voi aiheuttaa näkökenttäpuutoksia. Tutkimuksia tehdään erityisesti silloin, kun näkökentässä on jo todettu puutoksia. Tällöin halutaan selvittää tarkemmin puutoksen syvyyssaste ja sijainti sekä seurata tilan kehittymistä. Näkökenttätutkimuksia voidaan tehdä myös seulontana vain osana kattavaa näöntutkimusta, mutta näin harvoin tehdään, ellei siihen ole anamneesin tai esitutkimuksen perusteella erityistä tarvetta. Näkökenttiä tutkitaan myös ajokorttitutkimusten yhteydessä. Näkökentän tutkimuksissa selvitetään siis näkökentän puutoksia tai mahdollisia näkökentän eri alueiden kontrastiherkkyden alentumia. Tutkimuksen kannalta on olennaista, että tutkija tietää silmän anatomian rakenteen ja silmän toiminnan perusteet. (Comer 2006: 544; Friberg ym. 2014.)

Kontrastiherkkyydellä tarkoitetaan näköjärjestelmän kykyä erottaa kahden eri alueen luminanssiero. Molempien alueiden tulee näkyä samalla hetkellä näkökentässä. Mitä pienempi luminanssiero eri alueiden välillä on mahdollista havaita, sitä parempi on näköjärjestelmän kontrastiherkkyys. Kontrastierotuskynnys on pienin kahden eri pisteen välinen luminanssiero, jonka ihminen vielä havaitsee. Kontrastiherkkyys on näöntarkkuuden kanssa tärkeä osa ihmisen toiminnallista näköä ja tulee esille esimerkiksi autoa ajaessa. (Suomen optinen toimiala 2013; Hyvärinen 2001.) Kontrastiherkkyys paranee valaistuksen lisääntyessä: himmeässä valaistuksessa ihminen ei näe yhtä helposti luminanssieroja kuin kirkkaassa. Kontrastinäkö on hyvin samankaltainen sekä keskeisen näön alueella että perifeerisesti, joten kohteiden kontrastia ei juurikaan tarvitse parantaa siirryttäessä näkökentän laita-alueille. (Hyvärinen 2001; Legge - Kersten 1987: 1594-1596; Kontrastiherkkyys n.d.) Ihmisen ikääntyessä kontrastiherkkyys perifeerisellä alueella heikkenee voimakkaammin kuin

keskeisen näkökentän herkkyys. Tämän takia kontrastiherkkyuden ikääntymiseen liittyvät muutokset huomataan helpommin perifeerisesti. Kohteiden kokoa täytyy suurentaa, jotta ne havaittaisiin tai tunnistettaisiin yhtä tarkasti. Mitä suurempi katseltava kohde on, sitä helpommin se näkyy, vaikka kohteen kontrasti taustaan olisikin heikompi. (Hyvärinen 2001; Legge ym. 1987: 1594-1596; Kontrastiherkkyys n.d.)

Perifeerinen näkökenttä on kooltaan noin viisinkertainen verrattuna keskeiseen 30° näkökenttään. Keskeinen näkökenttä kattaa kuitenkin 83% näköaivokuoresta. Käytännössä myös suurin osa patologisista poikkeavuuksista löytyy tältä keskeiseltä alueelta. Täten on perusteltua ensisijaisesti tutkia näkökenttää keskeiseltä alueelta. Perifeeristä näkökenttää yleensä tutkitaan vain tarkemmissa tutkimuksissa tai erityisistä syistä. Näkökentän tutkimisessa tarkastellaan näköratojen puutoksia. Tutkimuksessa mahdollisesti ilmenevät puutokset on mahdollista jäljittää eri kohtiin näköratoja. (Weijland ym. 2004: 13–14; Friberg ym. 2014.)

Näkökenttätutkimuksen tulos on riippuvainen useammasta muuttujasta. Tutkittavan vastaustapa, vireystila, arvausherakkyys ja reagointinopeus, valittu tutkimustapa ja sen kesto sekä tutkijan kokemus vaikuttavat tutkimustulokseen. Näkökentän tutkimisessa on huomioitava, että tutkimuskertojen välillä voi olla vaihtelua. Tutkimuksen luotettavuus laskee tutkimukseen kulutetun ajan kanssa, joten on syytä valita aina niin nopea tutkimusmenetelmä kuin tilanteen mukaan on mahdollista ilman, että tuloksen tarkkuus kärsii. (Friberg ym. 2014.)

Perimetria tarkastelee ihmisen kykyä havaita heikoin mahdollinen optinen ärsyke yhtäläisen tasaista taustaa vasten valvotuissa tutkimusolosuhteissa. Yksilön ärsykekyynnykset voivat osoittautua olevan normaalin hajonnan piirissä tai ne voivat poiketa normaaliarvoista, jolloin ne viittaavat patologiseen tilaan näköjärjestelmässä. (Weijland ym. 2004: 11.) Näkökenttää kuvaava vakiintunut mittayksikkö on ”differential light sensitivity” (DLS). Tämä määrittää objektin havaitsemisen kynnyksarvoksi suhteutettuna sen taustaan. Taustan luminanssi pidetään vakiona, ja sitä vasten kohdistetun objektin kokoa, kirkkautta ja sijaintia vaihdellaan. Objektin koko ja kirkkaus voidaan pitää vakaana ja sitä liikutetaan, jolloin on kyseessä kineettinen perimetria. Staattisessa perimetriassa objekti pysyy paikallaan, mutta sen kokoa ja kirkkautta vaihdellaan. Ärsykekyynnykseksi määritetään se tulos, jolla objekti havaitaan 50 % todennäköisyydellä. (Schiefer - Pätzold - Dannheim - Artes - Hart 2005: 1.)

Näkökenttää, sen kokoa sekä siinä ilmenevien puutteiden sijaintia ja kokoa ilmaistaan asteilla. Niiden sijainnit ilmaistaan asteilla suhteessa fiksaatiopisteeseen, samoin niiden ulottuvuudet määritellään käyttäen asteita. Näkökenttä on kuitenkin kolmiulotteinen. Muut dimensiot, syvyys eli herkkyys, ilmaistaan käyttäen yksikkönä desibeliä. Desibeli on logaritmi eli relatiivinen yksikkö, joka on suhteutettu perimetrin kirkkaimpaan käytettävissä olevaan ärsykkeeseen. Desibeliasteikko on kätevämpi käyttää kuin varsinaiset luminanssiarvot, koska silmä vaikuttaa havaitsevan eroavaisuudet logaritmisesti. (Comer 2006: 551.)

Näkökentän laajuutta ja siinä mahdollisesti olevia puutteita voidaan määrittää kolmella eri tekniikalla: konfrontaatiolla eli sormiperimetrialla, kineettisellä tai staattisella perimetrialla.

4.1 Sormiperimetria

Sormiperimetrian avulla voidaan saada arvio laajasta näkökenttäpuutoksesta. Se on nopea suorittaa eikä siinä välttämättä tarvita tutkimusvälineitä. Tutkimus suoritetaan niin, että tutkittava ja tutkija istuvat kasvot vastakkain, ja tutkittava fiksoi tutkijan silmään, jotta tutkijan ja tutkittavan näkökentät osuvat päällekkäin. Tutkimus tehdään monokulaarisesti niin, että tutkittava sulkee toisen silmänsä tai käyttää silmälapppua. Tutkija liikuttaa sormeaan tutkijan ja tutkittavan puolivälissä olevalla tasolla näkökentän reunalta kohti keskustaa ja tutkittavan tulee ilmoittaa, milloin hän näkee sormen tai liikkeen. Tutkija vertaa tutkittavan näkökentän laajuutta omaan näkökenttäänsä. Tutkimus voidaan myös suorittaa niin, että arvioidaan, mihin tutkittavan perifeerinen kenttä ulottuu ja verrataan tulosta normaalin perifeerisen kentän asterajoihin. Tällöin tutkittavan eteen kuvitellaan puolipallo, jonka keskipisteenä eli fiksaatiopisteenä on tutkijan nenä. Tutkija tuo liikkuvaa sormea tai kynää kuvitellun puolipallon sisäpintaa pitkin sivulta kahdeksasta eri suunnasta 45 asteen välein tutkittavan näkökenttään aloittaen alueelta, jota hän ei vielä näe, eli 90 asteen takaa. Näkökentän asteet arvioidaan vertikaali- ja horisontaalitasoon. Keskeisempää näkökenttää voidaan arvioida pyytämällä tutkittavaa laskemaan sormia kentän eri osissa. (Setälä ym. 2011: 367–369.) Tutkija tuo sormensa tutkittavan näkökentän ulkopuolelta kohti keskeistä näkökenttää ja tutkittavan tehtävä on kertoa, milloin hän havaitsee sormet näkökentässä. Sormet toimivat siis ärsykkeinä. Tutkimusta voidaan jatkaa tuomalla sormet taas tutkittavan näkökentän reunalta keskelle, mutta toisesta suunnasta.

Tutkimusta jatketaan, kunnes on saatu käsitys tutkittavan näkökentän laajuudesta ja sen mahdollisista puutteista. Tällä tutkimuksella ei ole mahdollista saada selville tarkasti skotoomia eli tutkimusta on järkevintä käyttää näkökentän kaventumisen mittaamiseen. (Visual field 2016; Näkökenttä n.d.)

4.2 Kineettinen perimetria

Kineettinen perimetria kuvaa horisontaalista leikettä näkökukulasta. Näkökentän rajat saadaan määritettyä tuomalla liikkuva kohde eri puolilta tutkittavan näkökenttään ja yhdistämällä ne pisteet, joissa kohde tuli näkyviin. (Setälä ym. 2011: 366.) Goldmannin perimetri on puolipallon muotoinen laite, jolla voidaan tehdä kineettinen näkökenttätutkimus. Tutkittava istuu himmeästi valaistun puolipallon edessä ja tutkija liikuttaa näkökentän perifeeriseltä alueelta eri suunnista kohti keskustaa valopistettä, joka pysyy liikkeen aikana kooltaan ja kirkkaudeltaan samana. Tutkittava ilmoittaa, kun näkee objektin. Tutkimuksen eri vaiheissa voidaan objektin kokoa ja kirkkautta muuttaa. Perimetrillä voidaan tutkia perifeerinen näkökenttä käyttäen isoa ja kirkasta objektia sekä keskeinen näkökenttä käyttäen pientä ja himmeää objektia. Tutkija liikuttaa valo-objektia vipusysteemillä, jonka avulla hän voi myös piirtää tutkittavan ilmoitusten perusteella pisteet, jolloin objekti tuli näkyviin. Pisteet yhdistämällä saadaan kyseisen objektin isopteri eli näkökentän rajat. Keskikenttä tutkitaan kineettisesti niin pienellä ja himmeällä objektilla, että se näkyy vasta noin 30 asteen seudulla. (Setälä ym. 2011: 369.) Kineettinen perimetria on hyödyllinen tapa selvittää nopeasti perifeerisen näkökentän selvärajaiset ja laajemmat puutosalueet. Sillä on vaikea määrittää suhteellisia puutoksia ja pienempiä skotoomia. (Comer 2006: 553.) Yleisesti on tiedossa, että kineettisen perimetrian tutkimustuloksiin voi kuitenkin vaikuttaa myös tutkijan kokeneisuus tutkimuksen suorittamisessa (Wejland ym. 2004: 3).

4.3 Staattinen perimetria

Staattista perimetriä käytettäessä näkökukulasta saadaan vertikaalisia leikkeitä. Staattisessa perimetriassa käytetään paikallaan olevaa kohdetta, jonka valointensiteettiä portaittain vahvistamalla saadaan esille näkökentän eri osissa ne kynnysarvot, joilla kohde tulee näkyviin. Keskeisellä näkökentällä nähdään himmeätkin kohteet, mutta periferiassa vain kirkkaat kohteet. (Setälä ym. 2011: 366.) Staattiseen perimetriaan käytetään tietokoneavusteisia perimetrejä, joilla mitataan DLS

(differentiaalinen valoherkkyys) eli kynnyсарvo verkkokalvon eri kohdilta, jotta havaitaan poikkeamat suhteessa normaaliarvoihin (Wejland ym. 2004: 8-9). Tutkiminen tapahtuu asettamalla alkuarvot ja ohjeistamalla tutkittavaa, mutta varsinaisen tutkimuksen laite suorittaa ilman apua. Tutkittavan tulee painaa vastauspainiketta ärsykkeeseen nähtyään ja kone rekisteröi painalluksen ja analysoi tuloksen. Esimerkkeinä tällaisista laitteista ovat Octopus-sarja Haag-Streit -yhtiöltä ja Humphrey-perimetrit Zeiss-yhtiöltä. (Visual field testing 2016.) Olemassa on myös kotitietokoneille ja laitteille saatavia sovelluksia kuten kokeellisen psykologian dosentin Risto Näsänen kehittämä Applen laitteilla toimiva Cortical Perimeter -sovellus (Näsänen 2015). Automaattisilla perimetreillä siis selvitetään yksilöllinen näkökenttä tai näkökukkula tietokonealgoritmien avulla. Yksilöllisiä tuloksia verrataan ikäluokkaa vastaaviin normaaliarvoihin, jotka on saatu keräämällä tutkimusaineistoa laajasta tutkimusjoukosta. Normaaliarvot on määritetty tutkimusjoukon tulosten paikallisten ärsykekyynysten keskiarvojen perusteella. Määritelmässä on huomioitu ärsykkeeseen sijainti, tutkimusolosuhteet ja ikäryhmä. 20-ikävuoden jälkeen ärsykeherkkyys laskee noin 0.065 dB vuosittain. (Wejland ym. 2004: 15-17.) Automaattinen perimetria on subjektiivinen tutkimus, joten tulos riippuu tutkittavan yhteistyökyyvystä ja vastausten tarkkuudesta (Wejland ym. 2004: 8). Automaattisissa perimetreissä on käytettävissä erilaisia mittausstrategioita.

4.3.1 Normaali mittausstrategia

Normaali mittausstrategia hyödyntää tekniikkaa, jossa luminanssia muutetaan ylös ja alas, jotta löydetään kynnyсарvo, jolla tutkittava havaitsee kohteen 50 % todennäköisyydellä. Tutkittavalle esitetään himmeitä ja kirkkaita ärsykeitä kaikissa mitattavissa pisteissä satunnaisessa järjestyksessä. (Wejland ym. 2004: 25.) Ärsykkeeseen luminanssitaso, jolla testaus kussakin pisteessä aloitetaan, määräytyy aiemmin testattujen lähellä sijaitsevien pisteiden tulosten perusteella. Paikallinen kynnyсарvo määritetään ensin neljän desibelin hypyillä ja sen jälkeen tarkemmin kahden desibelin hypyillä. Ajan säästämiseksi tutkimus aloitetaan neljän "ankkuripisteen" mittaamisella. Kyseiset pisteet sijaitsevat keskeisen näkökentän neljänneksien keskikohtien lähellä. Niiden kohdalla mitatut arvot antavat summittaisen arvion näkökentän tasosta ennen kuin siirrytään mittaamaan muita pisteitä. Summittainen arvio säästää jälleen aikaa. Mittaukset aloitetaan ankkuripisteitä tutkittaessa saaduilla luminanssitasoilla. (Wejland ym. 2004: 25.)

4.3.2 Dynaaminen mittausstrategia

Dynaaminen mittausstrategia perustuu "frequency-of-seeing curven" (FOSC) hyödyntämiseen (Weijland ym. 2004: 32). Käyrä kuvaa ärsykkeen havaitsemisen todennäköisyyttä sen luminanssin funktiona. Mikäli herkkyys, jolla tutkittava aistii ärsykkeen, on alentunut, saavutetut kynnyksarvot ovat epämääräisempiä; normaali herkkyys taas johtaa pienempään hajontaan. Näin ollen alentunut herkkyys näkyy loivempuna FOSC:na. (Weijland ym. 2004: 13.) Dynaamisessa strategiassa ärsykkeen luminanssin hyppyt mukautuvat FOSC:n mukaan: alentuneen herkkyyden kohdalla ne kasvavat kahdesta desibelistä kymmeneen. Lopullinen tulos on kahden viimeisen ärsykkeen keskiarvo. Mittausaikaa saadaan lyhennettyä myös siten, että haettava kynnyksarvo ylitetään vain kerran. (Weijland ym. 2004: 32.) Verrattuna normaaliin mittausstrategiaan dynaamisella strategialla säästetään testaamiseen kuluvaa aikaa noin 40–50% alueilla, joissa herkkyys on alentunut selkeästi. Normaalin herkkyyden alueilla säästö on noin 30–40%. Dynaamisella mittausstrategialla saavutettujen tulosten tarkkuus heikkenee alentuneen herkkyyden alueilla, mutta se on verrattavissa normaaliin strategiaan tutkittaessa normaalin herkkyyden raja-alueita, jotka ovat kaikkein olennaisimpia. Strategia on siis tehokas esimerkiksi näönseulonnessa. (Weijland ym. 2004: 32-33.)

4.3.3 TOP-strategia

"Tendency oriented perimetry" (TOP) on menetelmä, jossa huomioidaan vierekkäisten alueiden tulosten korreloiminen keskenään. Jokainen mitattava piste testataan siis vain kerran, mutta sen kynnyksarvon määrittelyssä huomioidaan neljän ympäröivän pisteen tulos. TOP-strategia hyödyntää ärsykkeen luminanssin hyppyjen määrittelyssä iänmukaisia normaaliarvoja. Kuten dynaamisessa strategiassa, myös tässä mittaustavassa kynnyksarvo ylitetään vain kerran, jonka jälkeen kahden viimeisen vastauksen väliltä lasketaan keskiarvo säästään jälleen kerran aikaa. (Weijland ym. 2004: 33-35.)

TOP-strategian suurin etu on erittäin lyhyt tutkimusaika: mittaus voidaan suorittaa reilussa kahdessa minuutissa. Sen luotettavuus verrattuna normaaliin mittausstrategiaan on hyvä, mutta näkökenttäpuutosten syvyys ja vakavuus aste on usein vähäisempi verrattuna muilla mittaustavoilla saatuihin tuloksiin. (Weijland ym. 2004: 33, 36.)

5 Näköhavaintokenttä (Useful field of vision/view)

Näköhavaintokenttä, tai toiminnallinen näkökenttä, *useful field of vision/view* (UFOV), tarkoittaa sitä näkökentän osa-aluetta, josta kerätään visuaalista informaatiota katseen kohdentamisen aikana liikuttamatta silmiä tai päätä (Edwards ym. 2006: 275-276). Näköhavaintokentän voidaan sanoa olevan näkökentän toiminnallinen osa-alue eli näkökentän sisällä oleva dynaaminen näköhavaintoalue.

Visuaalinen informaatio muodostuu kontrasteista eli kohteet erottuvat taustastaan niiden ja taustan välisen vaaleuseron tai värieron perusteella. Tämä informaatio välitetään aivoihin, jossa useat eri alueet osallistuvat tiedon käsittelyyn ja tulkintaan. (Näsänen 2007: 4.) Näköhavaintokentän laajuus ei riipu vain kontrastiherkkydestä, vaan myös yksilön kyvystä prosessoida visuaalista informaatiota. Menetelmät näköhavaintokentän tutkimiseen kehitettiin osittain visuaalisen attentionon ja hakuun liittyvien tutkimusten perusteella. (Edwards ym. 2006: 275–276.) Näköhavaintokenttään liittyy kyky havaita ja paikallistaa kohteet nopeasti, jakaa visuaalinen attentiono näkökentän keskeisten ja perifeeristen sijaintien välillä sekä löytää olennaiset kohteet visuaalisesti monimutkaisessa ympäristössä. Näköhavaintokenttä liittyy sekä näköaistitoimintoihin että korkeamman tason kognitiivisiin kykyihin sisältäen visuaalisen haun ja attention. (Wood ym. 2014: 315.)

Perinteisen kliinisen näkökentän rinnalle määriteltiin toiminnallinen näkökenttä eli näköhavaintokenttä, koska ikääntyneiden parissa ilmenee monia vaikeuksia näkemistä vaativissa toiminnoissa ilman, että näöntarkkuudessa, silmien terveydentilassa tai näkökenttätutkimuksissa löytyy mitään ikään nähden poikkeavaa. Kuitenkin ikääntyneet valittavat usein, että heillä on vaikeuksia katseen kohteen löytämisessä, autolla ajamisessa tai liikkumisessa. He myös saattavat kuvailla, että kohteet ilmestyvät yllättäen näkökenttään. Tämä ristiriita kliinisten tulosten ja ihmisten omien kokemusten välillä selittyy sillä, että perimetrejä ei ole suunniteltu arvioimaan toiminnallista näköä. (Ball ym. 1990: 113–114.) Kliininen perimetria mittaa ärsykkeen luminanssin havaitsemiskykyä eristettynä ja tasaista taustaa vasten. Jokapäiväiset toiminnot kuitenkin yleensä vaativat kohteiden paikallistamista ja tunnistamista visuaalisesti monimutkaisissa ympäristöissä, joissa myös joutuu käyttämään samanaikaisesti sekä keskeistä että perifeeristä näkökenttää. (Ball ym. 1988: 2210.)

5.1 Näköhavainto

Näköaisti välittää aivoihin samanaikaisesti suuren määrän kontrasteista muodostuvaa informaatiota visuaalisesta ympäristöstä. Aivot eivät pysty tulkitsemaan kaikkea tehokkaasti kerralla, vaan käsiteltävän informaation määrää rajataan valikoinnin avulla. Valikointi tapahtuu usean mekanismin avulla aivojen tiedonkäsittelyn eri tasoilla. Ensimmäinen valikointi tapahtuu siinä, että tarkkaa tietoa saadaan vain silmän fiksaatiopisteen läheisyydessä. Verkkokalvon solutiheys vähenee näkökentän keskiosasta kohti periferiaa. Samalla solujen reseptiiviset kentät eli alueet, joista ne keräävät näköinformaatiota, kasvavat. Tarkkaa ja yksityiskohtaista näköinformaatiota voidaan havaita vain fiksaatiopisteessä, joten katsetta on kohdistettava eri suuntiin, jotta eri puolilta ympäristöä pystytään havaitsemaan pieniä yksityiskohtia. Liikkuvia kohteita katsottaessa silmät seuraavat kohdetta tasaisella liikkeellä eli seurantaliikkeellä. Katsottaessa paikallaan pysyviä kohteita silmät liikkuvat nykäyksittäin eli sakkadisesti. Nykäysten välillä silmät ovat lyhyen hetken lähes liikkumattomina. Näköaisti vastaanottaa visuaalisen tiedon näiden pysähdysten eli fiksaatioiden aikana. Pysähdysten kestoajkaan vaikuttavat kyseessä oleva havaintotehtävä sekä ärsykkeen ominaisuudet. (Näsänen 2007: 6-8.)

Näköhavainnon perustoimintoja on visuaalinen haku, jossa haetaan tiettyä kohdetta ympäristöstä. Visuaalinen haku vaikeutuu sitä mukaa, mitä enemmän ja mitä samankaltaisempia kohteita sijaitsee haetun kohteen lähistöllä. (Näsänen 2007: 8.) Visuaalinen attentio eli huomion kohdistaminen ohjaa näköinformaation valikointia. Attentio-mekanismit osallistuvat silmänliikkeiden ohjaamiseen sekä vaikuttavat siihen, minkälaista ja minkä kokoista informaatiota käsitellään. Ne myös osittain vaikuttavat siihen, kuinka laajalta näkökentän alueelta informaatiota kerätään yksittäisellä katseen kohdistuksella. Ympäristöstään poikkeavat ja ääreisnäköön yllättäen ilmestyvät ärsykkeet vetävät automaattisesti huomion ja silmänliikkeen puoleensa. Tällaiset ärsykkeet voivat siten estää tai häiritä huomion kohdistumista työn tai näkötehtävän kannalta oleelliseen informaatioon ja täten hidastaa visuaalista hakua. (Näsänen 2007: 9-10.)

5.2 Ventraalinen ja dorsaalinen näkörata

Näköhavainto syntyy, kun silmistä tuleva informaatio saapuu näköhermon kautta ensin optiseen kiasmaan, jossa molempien silmien saman alueen näkökentät yhdistetään. Siitä se siirretään näköaivokuorelle ja sieltä edelleen aivojen eri osiin tarpeen mukaan. Kohteen tunnistaminen ja monimutkaisempi tulkitseminen vaativat näköinformaation jatkokäsittelyä, jolloin tieto jatkaa niin sanottua mahanpuoleista eli ventraalista rataa tai selänpuoleista eli dorsaalista rataa pitkin. (Ferreira - Ceccaldi - Giusiano - Poncet 1998: 382; Goodale 2011: 1567.)

Dorsaalista rataa sanotaan "missä"-radaksi, koska se vastaa kohteen liikkeen tunnistamisesta ja paikan määrittämisestä. Se kertoo, missä kohde on, minne kohde on menossa ja mitä vauhtia. Dorsaalisella radalla on tärkeä tehtävä motoristen tehtävien suorittamisessa. Se käyttää koko verkkokalvolta saatavaa informaatiota liikkeiden määrittämiseen, kun taas ventraalinen rata keskittyy enemmän fovean tarkan näkemisen alueelta tulevan informaation tulkitsemiseen. Dorsaalinen rata laskee esimerkiksi käden etäisyyden tartuttavaan esineeseen ja korjaa näköinformaation avulla mahdollisia virheliikkeitä ilmoittamalla niistä isoavokuorelle. Dorsaalinen rata on ventraalista rataa nopeampi käsittelemään ja tulkitsemaan näköinformaatiota. (Ferreira ym. 1998: 382; Goodale 2011: 1567.)

Ventraalinen rata taas kertoo, millainen kohde on kysymyksessä. Se käyttää lähinnä fovean aluetta tähän tehtävään, sillä fovea sisältää suuren määrän tappisoluja ja mahdollistaa näin korkean näöntarkkuuden tällä verkkokalvon alueella. Kohteiden tunnistus vaatii usein hyvää näöntarkkuutta: on esimerkiksi hankalaa tunnistaa kasvoja, jos niitä ei erota. Ventraalinen rata on dorsaalista rataa hitaampi. Mitä pidemmälle näköinformaatiota käsitellään, sitä enemmän siitä saadaan irti. Ensimmäiseksi tunnistetaan vain näkökentässä olevat viivat ja näiden orientaatio, sekä liike. Tämän jälkeen toisiinsa liittyvät viivat voidaan yhdistää ja kohteiden muoto aletaan hahmottaa. Viimeisenä ketjun huipulla on kohteen varsinainen tunnistaminen. Tunnistamiseen osallistuvat useat aivojen eri osat sekä muiden aistien lähettämä tieto. (Ferreira ym. 1998: 382.) Tämä prosessi on monimutkainen ja energiaa kuluttava, joten on tarkoituksenmukaista, että aivot eivät prosessoivat kaikkea näkökentän sisältämää informaatiota. Olennaista on kyky suodattaa kyseisellä hetkellä tarvittava tieto ja jättää muut ärsykkeet huomioimatta. Ympäristöstä on löydettävä kiinnostavat kohteet ja

käsiteltävä ne nopeasti. (Itti - Koch - Niebur 1998:1254; Tsuchitani 2016; Bertera 1988: 470.)

5.3 Iän vaikutus näköhavaintokenttään

Yksilöiden välillä eri ikäryhmissä on suuria eroja kyvyssä tulkita ja hyödyntää toiminnassaan ympäristön visuaalista informaatiota oikein. Tällainen toiminnallinen näkö koostuu useista eri tekijöistä, joita ovat mm. kontrastiherkkyys, näöntarkkuus, kyky havaita liikettä, syvyysnäkö, havaintonopeus, huomion kohdistamiskyky sekä toiminnallisen näkökentän herkkyys ja laajuus. (Näsänen 2007: 11.) Iän myötä näköaistissa tapahtuu fysiologisia ja anatomisia muutoksia. Vanhetessa näkökyvyn eri osa-alueet heikkenevät yleisesti. Kontrastien ja värien erotuskyky, hämäränäkö sekä silmien yhteisnäkö heikkenee. Samoin näöntarkkuudet useimmilla laskevat 70–80 -vuoden iässä normaalista vähintään 1.0 visuksesta 0.6-0.7 tasolle, ilman silmäsairauttakin. (Kun näkö heikkenee n.d.)

Myös hermojärjestelmän visuaalisen näköinformaation prosessoinnin hyötysuhde pienenee, eli käytettävissä olevasta informaatiosta pienempi osa pystytään siirtämään aivoihin tai kyetään tulkitsemaan. Havaintonopeus hidastuu jossain määrin iän myötä. Havaintonopeutta on mitattu visuaaliseen hakuun kuluvana aikana. Hakuajat ovat keskimäärin kaksinkertaiset 60–70 –vuotiailla verrattuna 20–30 -vuotiaisiin. (Näsänen 2007: 15.) Kohteen löytäminen, paikallistaminen ja tunnistaminen monitahoisessa visuaalisessa ympäristössä voi olla hyvinkin monimutkainen prosessi. Vanhemmiten nämä näkötehtävät voivat muuttua hankalammaksi kuin nuorempana. Ikääntyneet kokevat jopa viisi kertaa nuorempia enemmän vaikeuksia päivittäisissä toiminnoissa, jotka vaativat perifeeristä näköä ja visuaalista hakua monimutkaisissa visuaalisissa ympäristöissä. (Ball ym. 1988:2210.) Owsleyn ym. (1995) tutkimusten mukaan iäkkäämpien heikentynyt näkökentän herkkyys vaikuttaa visuaaliseen hakukykyyn heikentävästi. Tutkimustulokset myös osoittivat, että monille iäkkäille visuaalisen haun ongelmat liittyivät visuaalisen informaation prosessointikyvyn hidastumiseen ja heikentymiseen. (Owsley – Ball – Keeton 1995: 586.)

Ball ym. (1990) päättelivät tutkimustulostensa perusteella, että näköhavaintokenttä supistuu ikääntyneillä. Heidän mukaansa nuoret aikuiset pystyvät prosessoimaan näköinformaatiota laajemmalla alueella yhden katseen kohdistuksen aikana kuin ikääntyneet. (Ball ym. 1990: 122-123.) Myöhemmät tutkimustulokset ovat kuitenkin

kumonneet tämän päätelmän. Seiplen ym. (1996) tutkimustulosten mukaan iäkkäämmillä on huonompi näköhavaintokentän suorituskyky kuin nuoremmilla, mutta siihen ei vaikuta havaittavan kohteen eksentrisyys. Eksentrisyyden vaikutus heikentävästi suoritukseen on sama kaikissa ikäryhmissä, joten näköhavaintokenttä ei supistu ikääntyessä. (Seiple – Szlyk – Yang – Holopigian 1996: 1864-1865.) Sekuler ym. (2000) päätyivät tutkimuksessaan myös siihen loppupäätelmään, että näköhavaintokentän koko ei muutu iän myötä, mutta kentän sisällä iäkkäillä näköinformaation prosessoinnin tehokkuus ja hyötysuhde heikentyvät. Ikääntyneillä siis heikentyy kyky tehokkaasti poimia tietoa monimutkaisesta visuaalisesta ympäristöstä. Tämä ero suurenee ikäryhmien välillä, kun olosuhteet vaativat attention jakamista keskeisen ja perifeerisen alueen näkötehtävän kesken. Iäkkäiden suorituskyky heikkenee ympäristössä, jossa attentio jakautuu. (Sekuler – Bennett – Mamelak 2000: 118–119.) Iäkkäät esimerkiksi tarvitsevat kahden visuaalisen tapahtuman välillä pidempää viivettä kuin nuoret, jotta he pystyvät havaitsemaan siinä olevan kaksi erillistä tapahtumaa. Monet kognitiiviset kokeet on tästä johtuen säädely ikäluokittain, jotta erot prosessoinnin nopeudessa otetaan huomioon. Hidastuminen voi johtua siitä, että iäkkäät palautuvat hitaammin ärsykkeiden vaikutuksesta sekä siitä, että hermoston välitysnopeus hidastuu. Näitä hidastumisia pidetään yhtenä olennaisena syynä siihen, että kognitiivinen toimintakyky heikkenee ikääntyessä. Ympäristön moninaisuus ja erilaiset häiriötekijät voivat vaikeuttaa iäkkäillä hahmottamista ja erilaisia toimintoja. Nopeus, jolla arkiaskareita pystytään suorittamaan, voi vaihdella sen mukaan, kuinka paljon ympäristössä on erilaisia häiriötekijöitä kilpailemassa attentionista. (UFOV User's Guide 2009: 11-12.)

Visuaalisen informaation prosessointikyvyn hidastuminen on yleinen ikääntymiseen liittyvä piirre, mutta se ei ole välttämätön vanhenemiseen liittyvä tapahtuma. Prosessointikyvyssä on suuria yksilöllisiä eroja ja ikä on vain yksi osatekijä. (Owsley 2011: 1617; Näsänen 2007: 15.)

6 Näköhavaintokentän tutkiminen

Normaalit kliiniset perimetrit mittaavat näkökenttää hyvin yksinkertaisissa olosuhteissa. Tutkimus tehdään yhtenäisen tasaista taustaa vasten ja tutkittavan täytyy havaita yksi eristetty ärsyke. Jokapäiväisissä toiminnoissa kuitenkin vaaditaan usein kohteiden paikallistamista ja tunnistamista sekavissa visuaalisissa ympäristöissä sekä

samanaikaista keskeisen ja perifeerisen näkökentän käyttöä. Näköhavaintokentän mittaamista varten on siksi kehitetty menetelmiä, joilla pyritään arvioimaan perifeeristä näköä realistisimmissa olosuhteissa. Nämä tutkimustavat sisältävät kohteen hakemisen, paikallistamisen ja tunnistamisen monimutkaiselta visuaaliselta taustalta. (Ball ym. 1988: 2210.)

Näköhavaintokentän tutkimustapa kehitettiin osittain visuaalisen attention ja haun tutkimusten perusteella. Visuaaliseen attentioniin vaikuttavia tekijöitä ovat ärsykkeiden keston vaihtelu, silmäänpistävyys, keskeisen tehtävän vaikeus, toissijaisten tehtävien lisääminen ja häiriötekijöiden läsnäolo. Näiden muuttujien vaikutus on suurempi iäkkäillä, siksi näköhavaintokenttää arvioidaan iän mukaisena funktiona. (Edwards ym. 2006: 276.) Näköhavaintokenttätutkimus suoritetaan binokulaarisesti ja se mittaa kykyä prosessoida yhden katseenkohdennuksen aikana nopeasti esitettyä näköinformaatiota, jonka sisältö monimutkaistuu tutkimuksen aikana. Se koostuu kolmesta testistä, joiden vaikeustaso kasvaa liittyen ärsykkeen tunnistamiseen, attention jakamiseen ja valikoituun attentioniin. Ensimmäisessä testissä tulee tunnistaa kohde, joka esitetään keskeisellä fiksaatioalueella. Toisessa testissä mitataan attention jakamisen kykyä niin, että keskeisen kohteen tunnistamisen lisäksi vaaditaan samanaikaisesti perifeerisesti esitetyn kohteen paikallistamista. Kolmas testi sisältää kahden ensimmäisen testin näkötehtävien, keskeisen tunnistamistehtävän ja samanaikaisen perifeerisen paikallistamistehtävän. Tehtävää vaikeuttavat ympäri näkökenttää olevat visuaaliset häiriötekijät, jotka ovat kooltaan ja luminanssiltaan samantasoisia kuin ärsykkeet. Perifeeriset ärsykkeet esitetään sattumanvaraisesti 24 eri sijainnissa kahdeksassa eri suunnassa. Alkuvaiheessa testit suoritettiin ”Visual Attention Analyzer” –laitteella, mutta vuosien mittaan testiä on muokattu ja nykyisin se suoritetaan tietokonepääteillä. (Clay – Wadley – Edwards – Roth – Roenker – Ball 2005: 725.)

Alkuperäinen toiminnallista näkökenttää mittaava testi arvioi näköhavaintokentän laajuuden suhteellista supistumista 30 asteen eksentrisyydellä. Nykyinen kaupallinen tietokonepohjainen UFOV-testi tehdään noin 10 asteen eksentrisyydellä, joten menetelmä ei oikeastaan mittaa perifeerisen visuaalisen informaation prosessoinnin laajuutta. Tulokset kuvaavat siis enemmän visuaalisen prosessoinnin nopeutta kuin näköhavaintokentän kokoa. (Wood ym. 2014: 316.) Tietokoneella tehtävä UFOV-testi voidaan suorittaa noin 15 minuutissa, ja se voidaan tehdä joko kosketusnäytöllä tai hiirtä käyttäen. Suositeltu katseluetäisyys näytölle on noin 45–60 cm. Tilan, jossa testi suoritetaan, tulisi olla pimeä tai mahdollisimman hämärä varmistuen, että näytölle ei

tule heijastuksia. Tilassa tulisi myös olla hiljaista, sillä taustahäly häiritsee testiin keskittymistä. Ohjelma muuttaa tarvittaessa automaattisesti ärsykkeen esitysaikaa millisekunneittain. Kahden oikean vastauksen jälkeen seuraavan ärsykkeen esitysaika lyhenee, kun taas väärän vastauksen jälkeen se pitenee. Tätä havaintokynnyksen tutkimista jatketaan, kunnes saadaan määriteltyä 75 % tarkkuudella ärsykkeen havaitsemiseen tarvittava aika. Ohjelma laskee tulokset ja määrittää niiden mukaan mikä viidestä eri tason riskiluokasta on kyseessä. (UFOV User's Guide 2009: 4-10.) Nykyisin näköhavaintokentän tutkimuksen pääasiallinen tarkoitus on määrittää lyhin kesto, jolloin keskeisesti esitetty ärsyke havaitaan. Tehtävää siis vaikeutetaan muuttelemalla ärsykkeen visuaalista erottumista. Menetelmä hyödyntää monia visuaalisen hahmottamisen ja kognitiivisten toimintojen alueita, jotka ovat olennaisia autolla ajamisen kannalta. (Wood ym. 2014: 316-317.)

7 Näköhavaintokentän merkitys

Arkielämässä on tärkeää kyetä arvioimaan liikkuvien kohteiden nopeus, suunta ja koko suhteessa katsojaan. Tämä prosessointi tapahtuu näkökentän osa-alueella, joka on näköhavaintokenttä. Jokapäiväisessä toiminnassa näkeminen on hyvin erilaista kuin tutkimustilassa: kohteet, kohteen ja ympäristön kontrasti sekä tausta vaihtuvat nopeasti yleensä ilman katsojan kontrollia. Lisäksi tausta ei ole tasainen vaan kolmiulotteinen maisema, jossa saattaa olla myös muuta olennaista informaatiota, johon huomio voi kiinnittyä. Näkemisen tilanteisiin saattaa myös liittyä hankaloittavia tekijöitä, esimerkiksi liikenteessä huonot sääolosuhteet, kuten vesisade tai lumipyry. Lisäksi vastaantulevien autojen valot muodostavat vastavaloilmion mikä hankaloittaa näkemistä entisestään. Näköhavaintokentän merkitys tulee hyvin ilmi liikenteessä, kun maisema vaihtuu jatkuvasti ja nopeasti auton tai muun kulkuneuvon liikkuessa eteenpäin. Tämän takia liikennemerkit, vastaantulevat autot, liikennevalot ja ympäristö täytyy pystyä havainnoimaan ja prosessoimaan nopeasti sekä tarkasti, jotta onnettomuuksilta vältytään. (Ball ym. 1988: 2210-2212.) Ympäristössä voi lisäksi olla muitakin ärsykejä, kuten ääniä tai hajuja, jotka vievät huomiota pois olennaisista näköhavainnoista. Näköhavaintokenttä ei siis ole staattinen vaan sen laajuus vaihtelee ympäristöstä riippuen. Näköhavaintokentällä on olennainen merkitys jokapäiväisen toiminnan kannalta yhdessä näöntarkkuuden ja kontrastiherkkyuden kanssa. (Ball ym. 1988: 2210–2212; Ikeda - Takeuchi 1975: 255.)

Näköhavaintokentän mittauksissa saatujen heikkojen tulosten on todettu liittyvän ongelmien kokemiseen monissa arkipäivän toiminnoissa. Ne viittaavat lisääntyneeseen kaatumisen riskiin sekä ongelmiin liikkumista ja tasapainoa vaativissa toiminnoissa. (Wood ym. 2014: 317.) Clayn ym. (2005) tekemän meta-analyysin mukaan tutkimusaineistot osoittavat yhteyden näköhavaintokentän tutkimustulosten ja ajokyvyn välillä iäkkäillä ajajilla. Iäkkäillä autoilijoilla, joiden näköhavaintokenttä on merkittävästi heikentynyt, on yli kaksinkertainen riski joutua auto-onnettomuuteen. Tutkimuksen perusteella näköhavaintokentän arviointi on pätevä ja luotettava mittari arvioitaessa ajokykyä ja turvallisuustekijöitä. (Clay ym. 2005: 729–730.) Suomen tilastoissa iäkkäät ovat väestöosuuteensa suhteutettuna ylliedustettuina vakavissa liikenneonnettomuuksissa. Onnettomuusriski alkaa nousta 70 vuoden iästä alkaen. Yleisimpiä syitä kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa iäkkäillä kuljettajilla ovat havainto- ja ajovirheet. Vakavimmat onnettomuudet tapahtuvat risteyksissä, varsinkin vasemmalle kääntyessä, sillä kuljettajan on silloin tarkkailtava kaikista suunnista tulevaa liikennettä ja lähestyvän auton nopeuden arvioiminen on vaikeaa. (Iäkkäät liikenteessä 2016.)

Ball ym. (1988) osoittivat tutkimuksessaan, että näköhavaintokentän suorituskykyä voidaan parantaa harjoitusten avulla. Tekemällä näköhavaintokentän mittaustulokset paranivat. Jo lyhytaikaisenkin harjoittelun todettiin hyödyttävän kaikenikäisiä ja harjoittelun vaikutuksen todettiin jatkotutkimusten perusteella kestävän vähintään kuuden kuukauden ajan harjoittelemattakin. (Ball ym. 1988: 2217.) Samoin Richardsin ym. (2006) tutkimustulosten mukaan harjoittelu parantaa näköhavaintokentän suorituskykyä kaikissa ikäluokissa. Riittäväällä harjoittelulla iäkkäiden todettiin pystyvän saavuttamaan saman suorituskyvyn tason kuin nuoremmat. Tämän tutkimuksen mukaan harjoittelun kautta saavutetut vaikutukset kestivät vähintään kolme kuukautta. (Richards – Bennett – Sekuler 2006: 4217.) Näköhavaintokenttää mittaavalla tietokoneohjelmalla voidaan suorittaa myös harjoituksia. Harjoittelulla voidaan parantaa visuaalisen prosessoinnin nopeutta, mikä parantaa näköhavaintokentän toimintakykyä. Näköhavaintokentän suorituskyvyn parantumisen on todettu pienentävän auto-onnettomuusriskiä sekä vaikuttavan positiivisesti iäkkäiden yleiseen hyvinvointiin. (Wood ym. 2014: 315; Edwards ym. 2006: 276.)

8 Yhteenveto ja pohdinta

Vanhemmiten näköhavaintoon liittyvä visuaalisen informaation prosessointi voi hidastua merkittävästi. Kohteen paikallistaminen ja tunnistaminen häiriötekijöiden keskeltä arkipäivän monimutkaisissa visuaalisissa ympäristöissä voi ikääntyneille muuttua vaikeaksi. Läkät saattavat valittaa optikoille ja silmälääkäreille näkemiseen liittyviä ongelmia arkipäivän toiminnoissa, kuten liikkumisessa, ajamisessa ja visuaalista hakua vaativissa tilanteissa. Näille vaikeuksille ei kuitenkaan aina löydy selitystä normaalien näöntutkimusten tai näkökenttätutkimusten perusteella. Näköhavaintokenttätutkimus kehitettiin mittaamaan ja kuvaamaan näitä jokapäiväisiin näkötehtäviin liittyviä vaikeuksia.

Näkökenttätutkimus on tärkeä diagnostinen menetelmä, jota käytetään usean eri sairauden tutkimisessa ja hoidossa. Erytisen suuri merkitys sillä on glaukooman diagnosoinnissa ja seuraamisessa. Vaikka näkökenttätutkimuksessa käytetyt menetelmät arvioivat kontrastiherkkyyttä ja näkökentän herkkyyttä, jotka liittyvät myös näköhavaintokentän toimintakykyyn, näkökentän mittaaminen ei kuitenkaan arvioi suoraan näköhavaintokenttää, vaan jättää sen suurelta osin huomioimatta. Näköhavaintokentän toimintakyvyn taso liittyy visuaalisen aistitoiminnan lisäksi oleellisesti näköhavainnon muodostumisen eli visuaalisen informaation prosessoinnin nopeuteen. Ikääntyessä tämä prosessointikyky hidastuu. Läkällä olennaisen kohteen löytäminen monien muiden joukosta voi olla hidasta ja huomion jakaminen näkökentän eri osissa sijaitsevien kohteiden välillä voi olla vaikeaa. Näköhavaintokenttään liittyvät ongelmat huomataan ensisijaisesti liikenteessä, jossa nopeasti vaihtuva ja paljon erilaista näköinformaatiota sisältävä ympäristö asettaa kovat vaatimukset näölle ja näköinformaation prosessoinnille. Näkökentän herkkyys ja näköhavaintokenttä voivat heikentyä ikääntyessä, vaikka henkilö olisikin muuten täysin terve. Siksi molemmat tutkitaan iän funktiona. Yksilöiden välinen vaihtelu on kuitenkin suurempaa kuin iän vaikutus: ikä on vain yksi osatekijä.

Aktiivisesti toimivien ikääntyneiden osuus väestöstä kasvaa huomattavasti. Täten myös lisääntyvät ikääntyneiden kokemat erilaiset näkemisen ongelmat arkipäivän toiminnoissa. Olisi tärkeää lisätä tietoisuutta siitä, että aina nämä ongelmat eivät liity itse silmään ja näöntarkkuuteen, vaan kyseessä voi olla puutteet visuaalisen informaation prosessoinnissa. Siksi on olennaista ymmärtää, että ikääntyneillä näköinformaation prosessointi voi hidastua vaikuttaen näkötehtäviin. Olisi

tarkoituksenmukaista lisätä optikoiden ja silmälääkäreiden tietoisuutta näköhavaintokentän määritelmästä ja merkityksestä. Tämä voisi hyödyttää niitä iäkkäitä asiakkaita, jotka kärsivät näkemisen ongelmista, joihin ei löydy selitystä muilla näöntutkimusmenetelmillä.

Huomioimalla heikentynyt näköhavaintokenttä voitaisiin mahdollisesti vaikuttaa iäkkäiden liikenneturvallisuuteen ja suorituskykyyn. Näköhavaintokentän mittauksissa ilmenneen iäkkäiden näköhavaintokentän heikkouden ja lisääntyneen liikenneonnettomuuksien riskin välillä on osoitettu olevan yhteys. Voisi olla perusteltua ottaa näköhavaintokentän mittaaminen näkökenttätutkimusten rinnalle iäkkäiden ajokykyä arvioitaessa. Näköhavaintokentän heikkoutta voidaan parantaa tietokoneohjelmalla tehtävillä harjoituksilla, joilla kehitetään näköinformaation prosessointia. Tämä oletettavasti lisää iäkkäiden suorituskykyä, itsenäistä toimintakykyä ja elämänlaatua, mikä on myös yhteiskunnallisesti merkittävä näkökulma.

Näkökentästä on olemassa enemmän vertaisarvioituja tieteellisiä julkaisuja kuin näköhavaintokentästä. Näkökenttä on aiheena yleisesti tunnetumpi ja sillä on vakiintuneet tutkimuskäytännöt. Kiinnostus näköhavaintokenttätutkimusta kohtaan on kasvanut maailmalla, kun ikääntyneiden osuus väestöstä suurenee jatkuvasti. Sen merkitys varmasti kasvaa vielä, koska kirjallisuuskatsauksessa käytettyjen tutkimusartikkelien perusteella on osoitettu sen huomioimisen tarpeellisuus liikenneturvallisuuden ja ikääntyneiden elämänlaadun kannalta. Tässä opinnäytetyössä käytettiin aiheen kannalta relevantteja ja mahdollisimman tuoreita tietolähteitä. Työn lähteinä ovat vertaisarvioidut tieteellisissä julkaisuissa ilmestyneet artikkelit sekä optometrian tai silmälääketieteen alalla tunnetut ja luotettavana pidetyt internetlähteet ja kirjat. Lähteet arvioitiin luotettavaksi sen perusteella, että ne ovat arvostettuja tieteellisiä julkaisuja, tekijät ovat tunnettuja ja tutkimusartikkelit oli laadittu hyvän tieteellisen toimintakäytännön mukaisesti.

Suurimmiksi haasteiksi työtä tehdessä osoittautui aiheen kannalta relevanttien monitieteisten artikkelien, sivustojen ja tietokantojen löytäminen. Lisäksi näköhavaintokenttään liittyvän suomenkielisen termistön määrittäminen oli haasteellista, sillä tutkimustietoa löytyy lähinnä englanniksi eikä sanoille useimmiten ollut suomenkielisiä vastineita.

Tämän opinnäytetyön perusteella mielenkiintoinen ja ajankohtainen jatkotutkimuskohde olisi iäkkäiden seulonta kaupallisen näköhavaintokenttää mittaavan tietokoneohjelman UFOV avulla. Aiheeseen liittyvä jatkotutkimus olisi myös kvantitatiivinen tutkimus tai tapaustutkimus, jossa selvitettäisiin näkökenttämittauksen yleisyyttä optikon vastaanotolla tai optikkoliikkeessä olevan silmälääkärin vastaanotolla. Näkökenttämittauksiin voisi myös liittää kyselyn iäkkäiden asiakkaiden kokemista arkielämän näkemiseen liittyvistä vaikeuksista. Myös näkökenttäpuutosten seulonnan kehittäminen tai siihen liittyvä tutkimus olisi kiinnostava.

Lähteet

Anatomy and physiology of the eye 2016. Medicinehealth. Verkkodokumentti <http://www.emedicinehealth.com/anatomy_of_the_eye/article_em.htm>. Luettu 18.10.2016.

Atula, Sari 2015. MS-tauti (multippeliskleroosi). Lääkärikirja Duodecim. Verkkodokumentti. <http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00048>. Luettu 23.10.2016.

Ball, Karlene K. - Beard, Bettina L. – Roenker, Daniel L. – Miller, Richard L.- Griggs, David S. 1988. Age and visual search: expanding the useful field of view. Journal of the Optical Society of America 5 (12). 2210-2219. Verkkodokumentti. <<http://crag.uab.edu/VAI/PDF%20Pubs/age%20and%20visual%20search.pdf>>. Luettu 15.9.2016.

Ball, Karlene K. - Owsley, Cynthia - Beard, Bettina 1990. Clinical visual perimetry underestimates peripheral field problems in older adults. Clinical. Vision Science. 5 (2). 113-125. Verkkodokumentti. <<http://crag.uab.edu/VAI/PDF%20Pubs/clinical%20visual%20perimetry%20underestimates%20peripheral%20field%20problems%20in%20older%20adults.pdf>>. Luettu 19.10.2016.

Basic concepts in visual field loss n.d. Hemianopsia.net. Verkkodokumentti. <<http://www.hemianopsia.net/visual-fields-in-brain-injury/>>. Luettu 27.10.2016.

Bertera, James H. 1988. The effect of simulated scotomas on visual search in normal subjects. Investigative Ophthalmology and Visual Science 29 (3). 470-475. Verkkodokumentti. <<http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2160114>>. Luettu 5.10.2016.

Clay, Olivio J. – Wadley, Virginia G. – Edwards, Jerri D. – Roth, David L. – Roenker, Daniel L. – Ball, Karlene K. 2005. Cumulative meta-analysis of the relationship between useful field of view and driving performance in older adults: Current and future implications. Optometry and Vision Science. 82 (8). 724-731. Verkkodokumentti.

<http://crag.uab.edu/VAI/PDF%20Pubs/Clay_UFOV_Meta-analysis.pdf>. Luettu 12.10.2016.

Comer, George W. 2006. Visual-field screening and analysis. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.). Borish's Clinical Refraction. 2. uudistettu painos. Missouri: Butterworth-Heinemann.

Diabeettinen retinopatia 2014. Käypä hoito. Verkkodokumentti.

<<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus;jsessionid=55342D06264451A5252605BD111BCDEF?id=hoi50043>>. Luettu 10.10.2016.

Edwards, Jerri D. – Ross, Lesley A. – Wadley, Virginia G. – Clay, Olivio J. – Crowe, Michael – Roenker, Daniel L. – Ball, Karlene K. 2006. The useful field of view test: Normative data for older adults. Archives of Clinical Neuropsychology 21 (4). 275-286. Verkkodokumentti.

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0887617706000382>>. Luettu 17.4.2017.

Ferreira, C. Teixeira - Ceccaldi, Mathieu - Giusiano, Bernard – Poncet, Michel 1998. Separate visual pathways for perception of actions and objects: evidence from a case of apperceptive agnosia. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 65 (3). 382–385. Verkkodokumentti. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9728957>>. Luettu 20.10.2016.

Fletcher, D.C. - Schuchard, R.A. – Renninger, L.W. 2012. Patient awareness of binocular central scotoma in age-related macular degeneration. Optometry and Vision Science 89 (9). 1395-1398. Verkkodokumentti. <<https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=22863789>>. Luettu 12.10.2016.

Friberg, Kalevi – Vesti, Eija – Tuulonen, Anja 2014. Näkökenttätutkimuksen toistettavuus ja luotettavuus. Käypä hoito. Verkkodokumentti.

<<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=nak03908>>. Luettu 18.10.2016.

Gardner - Medwin A. R 1981. Possible roles of vertebrate neuroglia in potassium dynamics, spreading depression and migraine, Journal of Experimental Biology 95. 111-

127. Verkkodokumentti. <<http://jeb.biologists.org/content/95/1/111.long>>. Luettu 13.10.2016.

Goodale, Melvyn A. 2011. Transforming vision into action. *Vision Research* 51 (13). 1567–1587. Verkkodokumentti. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20691202>>. Luettu 17.10.2016.

Hejl – Patella – Bengtsson 2012. *Effective Perimetry*. Zeiss Visual Field Primer. 4.painos. 10-15.

Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko – Sajavaara, Paula 2009. *Tutki ja kirjoita*. 15. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Hyvärinen, Lea 2001. Näkeminen. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/su/silmat/nakemine.html>>. Luettu 31.1.2016.

Ikeda, Mitsuo - Takeuchi, Tetsiji 1975. Influence of foveal load on the functional visual field. *Perception and Psychophysics* 18 (4). 255-260. Verkkodokumentti. <<https://link.springer.com/content/pdf/10.3758/BF03199371.pdf>>. Luettu 25.10.2016.

Immonen, Ilkka - Kivelä, Tero – Saari, Matti K. 2011. *Verkkokalvo ja sen sairaudet*. Teoksessa Saari, Matti K. (toim.). *Silmätautioppi*. 6. uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy.

Itti, Laurent – Koch, Christof – Niebur, Ernst 1998. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *Transactions on pattern analysis and machine intelligence* 20 (11). 1254-1259. Verkkodokumentti. <http://www.lira.dist.unige.it/teaching/SINA_08-09/papers/itti98model.pdf>. Luettu 24.10.2016.

lääkkäät liikenteessä 2016. Liikenneturva. Verkkodokumentti. <<https://www.liikenneturva.fi/fi/eri-ikaisena/iakkaat-1>>. Luettu 25.10.2016.

Kangasniemi, Mari – Utriainen, Kati – Ahonen, Sanna-Mari – Pietilä, Anna-Maija – Jääskeläinen, Petri – Liikanen, Eeva. 2013. Kuvailuva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsenettyyn tietoon. *Hoitotiede* 25 (4) 291-301.

Verkkodokumentti. <<http://elektra.helsinki.fi/se/h/0786-5686/25/4/kuvailev.pdf>>. Luettu 28.8.2017.

Kela n.d. Näkövammaisen toimintakyvyn arvioiminen Kelan etuuksissa. Näkövammaisten keskusliitto ry. Verkkodokumentti. <http://www.nkl.fi/fi/etusivu/palvelut_nakovammaisille/sosiaaliturva_ja_neuvonta/materiaalit/toimintakyvyn_arviointi_kelan_etuuksissa>. Luettu 26.10.2016.

Kontrastiherkkyys n.d. Lea-test.fi. Verkkodokumentti. <<http://www.lea-test.fi/su/tyonako/tutkimin/kontrast.html>>. Luettu 28.10.2016.

Kostea silmämöjan ikärappeuma 2014. Käypä hoito. Verkkodokumentti. <<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50107>>. Luettu 28.10.2016.

Kun näkö heikkenee n.d. Näkövammaisten liitto ry. Verkkodokumentti. <<https://www.nkl.fi/fi/etusivu/nakeminen/julkaisu/esitteet/heikkenee>>. Luettu 20.10.2016.

Legge, G. E. - Kersten, D. 1987. Contrast discrimination in peripheral vision. Journal of the Optical Society of America A 4 (8). 1594-1598. Verkkodokumentti. <<https://www.osapublishing.org/josaa/abstract.cfm?uri=josaa-4-8-1594>>. Luettu 17.10.2016.

Malmivaara, Antti – Komulainen, Jorma 2014. Luotettavaa vaikuttavuustietoa järjestelmällisistä katsauksista. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 130 (16). 1635-41. Verkkodokumentti. <<http://www.duodecimlehti.fi/lehti/2014/16/duo11791>>. Luettu 15.3.2017.

Nathan, David – Clearly, Patricia - Backlund, Hye-Yu – Saul, Genuth – Lachin, John – Orchard, Trevor – Raskin, Philip – Zinman, Bernard 2005. Intensive diabetes treatment and cardiovascular disease in patients with type 1 diabetes. The New England Journal of Medicine 353 (25). 2643-2653. Verkkodokumentti. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16371630>>. Luettu 20.10.2016.

Nilsson, Ulla L. - Frennesson, Christina – Nilsson, G. Sven Erik 2003. Patients with AMD and a large absolute central scotoma can be trained successfully to use eccentric viewing, as demonstrated in a scanning laser ophthalmoscope. Vision Research 43 (16). 1777–1787. Verkkodokumentti.
<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12818347>>. Luettu 17.10.2016.

Näkökenttä n.d. Lea-test.fi. Verkkodokumentti.
<<http://www.lea-test.fi/su/naonarv/toimin/osa1/nakokent.html>>. Luettu 19.10.2016.

Näsänen, Risto 2015. Cortical Perimeter. Verkkodokumentti.
<<http://nasanen.info/CorticalPerimeterApp.html>>. Luettu 19.1.2016.

Näsänen, Risto. 2007. Visuaalisen käytettävyyden opas. Verkkodokumentti.
<<http://nasanen.info/Opas2007.pdf>>. Luettu 12.10.2016.

Ocular migraines 2016. All about vision. Verkkodokumentti.
<<http://www.allaboutvision.com/conditions/ocular-migraine.htm>>. Luettu 2.10.2016.

Owsley, Cynthia 2011. Aging and vision. Vision Research 51 (13). 1610-1622. Verkkodokumentti.
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698910005110?via%3Dihub>>. Luettu 18.5.2017.

Owsley, Cynthia – Ball, Karlene – Keeton, Dewanna M. 1995. Relationship between visual sensitivity and target localization in older adults. Vision Research 35 (4). 579-587. Verkkodokumentti.
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004269899400166J>>. Luettu 20.5.2017.

Priority eye diseases 2016. World Health Organization. Verkkodokumentti.
<<http://www.who.int/blindness/causes/priority/en/index4.html>>. Luettu 26.10.2016.

Richards, Eric – Bennett, Patrick J. – Sekuler, Allison B. 2006. Age related differences in learning with the useful field of view. Vision Research 46 (25). 4217-4231. Verkkodokumentti.

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698906003828>>. Luettu 6.5.2017.

Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja 62. Julkisjohtaminen 4. Verkkodokumentti. <http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf>. Luettu 15.11.2016.

Schiefer, U. – Pätzold, J. – Dannheim, F. – Artes, P. – Hart, W. 2005. Conventional perimetry. Part 1: Introduction – Basic terms. Verkkodokumentti. <<http://webeye.ophth.uiowa.edu/IPS/articles/Conventional-Perimetry-Part-I.pdf>>. Luettu 28.9.2016.

Seiple, William – Szlyk, Janet P. – Yang, Sherry – Holopigian, Karen 1996. Age-related functional field losses are not eccentricity dependent. Vision Research 36 (12). 1859-1866. Verkkodokumentti. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004269899500288X>>. Luettu 25.10.2016.

Sekuler, A. – Bennett, P. – Mamelak, M. 2000. Effects of aging on the useful field of view. Experimental aging research 26 (2). 103-123. Verkkodokumentti. <http://www.utm.utoronto.ca/hcl/sites/files/hcl/public/faculty-staff-profile/publication/full-text/sekuler_etal_ufov_2000.pdf>. Luettu 15.10.2016.

Seppänen, Matti 2013. Näköhäiriö. Lääkirikirja Duodecim. Verkkodokumentti. <http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00687#s6>. Luettu 18.10.2016.

Seppänen, Matti 2012. Silmämpöjen ikärappeuma (makuladegeneraatio). Lääkirikirja Duodecim. Verkkodokumentti. <http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00922>. Luettu 1.10.2016.

Setälä, Kirsi - Ihanamäki, Tapio - Saari, Matti K. 2011. Verkkokalvo ja sen sairaudet. Teoksessa Saari Matti K. (toim.). Silmätautioppi. 6. Uudistettu painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy.

Sonksen, P. – Sonksen, J. 2000. Insulin: understanding its action in health and disease. British Journal of Anaesthesia 85 (1). 69-79. Verkkodokumentti. <<https://academic.oup.com/bja/article/85/1/69/263650/Insulin-understanding-its-action-in-health-and>>. Luettu 27.9.2016.

Suomen Optinen Toimiala 2013. Optikot ovat huolestuneita autonkuljettajien näöntutkimisesta. <<https://www.optometria.fi/medialle/tiedotteet/optikot-ovat-huolestuneita-autonkuljettajien-naontutkimisesta.html>>. Verkkodokumentti. Luettu 31.1.2016.

Tsuchitani, Chieyeko 2016. Visual processing. Neuroscience online 2016. University of Texas. Verkkodokumentti. <<http://neuroscience.uth.tmc.edu/s2/chapter15.html>>. Luettu 10.10.2016.

Tuomi, Jouni – Sarajärvi, Anneli 2002. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi.

UFOV User's Guide 2009. Visual awareness. Verkkodokumentti. <http://www.visualawareness.com/Pages/UFOV_Manual_V6.1.4.pdf>. Luettu 1.9.2016.

Vaajanen, Anu – Gielen, Fabian – Tuulonen, Anja 2017. Glaukooma ja vaihtoehdot. Duodecim 133 (16). 1476-1483. Verkkodokumentti. <<http://www.duodecimlehti.fi/lehti/2017/16/duo13857>>. Luettu 4.9.2017.

Visual field 2016. MedilinePlus. Verkkodokumentti. <<https://medlineplus.gov/ency/article/003879.htm>>. Luettu 18.10.2016.

Visual field testing 2016. All about vision. Verkkodokumentti. <<http://www.allaboutvision.com/eye-exam/visual-field.htm>>. Luettu 28.10.2016.

Wejland, A - Fankhauser, F - Bebie, H - Flammer, J 2004-2006. Automated Perimetry. Haag-Streit. 5th Edition.

Wood J.M - Owsley C.B 2014. Gerontology viewpoint: Useful field of view test. Gerontology 60 (4). 315-318. Verkkodokumentti. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4410269/>>. Luettu 18.10.2016