

Irene Kontio

Kantaako siivet?

Katsaus lähiforiamittausten eroihin Graeffen menetelmällä ja Maddoxin siivellä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi (AMK)

Optometrian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

17.10.2016

Tekijä Otsikko	Irene Kontio Kantaako siivet?
Sivumäärä Aika	43 sivua + 1 liite 17.10.2016
Tutkinto	Optometrismi (AMK)
Koulutusohjelma	Optometrian koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Optometria
Ohjaajat	Yliopettaja Kaarina Pirilä Lehtori Kajsa Sten
<p>Nykyajan asettamat vaatimukset näköjärjestelmälle ovat korkeat yhä lisääntyvän tietotekniikan vuoksi. Esimerkiksi tietokonetablettien ja älypuhelimien vauhdilla kasvava käyttö rasittaa ihmisen näköä aivan uudella tavalla: katseluetaisyudet lyhenevät ja katseluajat pitenevät. Näköjärjestelmän kuormituttua tarpeeksi syntyy silmä- ja näköoireita, joiden osasyynä ovat usein silmien asentopoikkeamat. Perusteellinen näön tutkiminen viimeistään oireiden ilmettyä on tärkeää: haastavat olosuhteet edellyttävät optometristiltä menetelmien läpikotaista tuntemista, jotta ongelman syy ja laajuus saadaan selville ja se osataan hoitaa oikein.</p> <p>Maddoxin siipi on jossain määrin unohdettu väline foriatutkimuksessa. Läheskään jokaisesta optisen alan liikkeestä laitetta ei löydy. Vaikka Maddoxin siivellä on potentiaaliset heikkoutensa, sen nopea ja yksinkertainen tekniikka sekä automaattisesti sopiva mittausetaisyys nykypäivän katselutilanteisiin kyseenalaistavat syyt menetelmän käytön vähyydelle. Sen sijaan valtaosa työelämän optikoista käyttää forioiden mittaamiseen Von Graeffen prismamenetelmää. Se on etenkin tavanomaisesti foropterilla käytettynä epäluotettavin mekanismi asentopoikkeamien laajuuden määrittämiseen olemassaolevan tutkimustiedon mukaan. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää näiden menetelmien toimivuutta realistisissa käytännön olosuhteissa ja arvioida niiden luotettavuutta ja vertailukelpoisuutta.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä on tutkittu edellämäinuiluilla Von Graeffella ja Maddoxin siivellä horisontaalideviaatioita ja vertailtu saatuja tuloksia keskenään. Tutkimukset suoritettiin vakioituissa olosuhteissa helmi-maaliskuun 2016 aikana. Menetelmien välillä on voimakas korrelaatio ($r=0,86$, $p=0,000$), mutta mittausten vastaavuus on heikko etenkin yksittäisten tutkimushenkilöiden kohdalla. Tutkimustulokset kumoavat väitteen Maddoxin siiven suurempien testikuvioiden aiheuttamasta riittämättömästä akkommodaatiostimulaatiosta, mikä johtaisi todellista exoforisempaan arvioon foriasta. Sen sijaan on todennäköistä, että mekaaninen erottaja ei ole tarpeeksi tehokas fuusion estäjä ja näin ollen tulokset siivellä ovat epärealistisen esoforisia. Graeffe-mittaukset näyttäisivät vastaavan paremmin anamneesissa esillä tulleita oireita ja hoitohistoriaa. On mahdollista, että Graeffen epävalidit exoforiset tulokset aiemmissa tutkimuksissa johtuvat ylimääräisen base-in-mittaprisman käytöstä.</p>	
Avainsanat	Graeffe, Maddoxin siipi, foria, horisontaaliforia, konvergenssi

Author Title	Irene Kontio Von Graefe and Maddox Wing - Which Method to Rely on?
Number of Pages Date	43 pages + 1 appendix Autumn 2016
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Specialisation option	Optometry
Instructors	Kaarina Pirilä, Principal Lecturer Kajsa Sten, Senior Lecturer
<p>The modern society is setting high demands for our vision due to the digitalization. The widespread use of smart phones and tablets has set up whole new conditions for the eyes to adapt to: the modern devices require much shorter viewing distances in addition to the lengthened time spent looking near. Vision-related symptoms are present when the eyes are strained too much. One of the possible causes of these problems is heterophoria. Thorough examination is crucial to define the source of the problems in order to find a suitable solution to relieve the symptoms. An optometrist has to have knowledge of the methods used in the examination to be able to reliably determine the quality and exact magnitude of the cause.</p> <p>Maddox wing is a somewhat forgotten method when studying heterophoria. It is not uncommon to walk into a modern optical shop and not find this particular device there. Even though it has its potential weaknesses it is a relatively quick and simple method to measure one's subjective phoria, leaving no actual reason for the lack of its use. Maddox wing is also automatically set to measure the phoria at a distance more convenient to examine the vision problems caused by modern day lifestyle. Instead, most optometrists and opticians choose to measure the phorias with Von Graefe which, according to previous studies, tends to be the least reliable method for assessing one's heterophoria especially when measured with a phoropter. The purpose of this study is to evaluate these methods and their reliability, validity and correlation.</p> <p>Each test's results of horizontal heterophorias were analyzed and compared to each other after careful testing in standardized conditions taken place in February and March of 2016. The correlation between these tests is evident ($r=0,86$, $p=0,000$). However, the agreement between the methods is not strong especially among particular patients. The results conflict with the claim of Maddox Wing not providing adequate stimuli for accommodation and thus giving too exophoric estimate of one's phoria. Instead, it is more probable that the dissociation mechanism of Maddox Wing is not effective enough to block the fusional vergence and therefore the measurements are too esophoric. It seems that Von Graefe measurements are more realistic in respect of a patient's symptoms and previous examinations. Most likely the overly too exophoric measurement results seen in other studies were caused by the use of additional measuring base-in-prism.</p>	
Keywords	Von Graefe, Maddox Wing, heterophoria, horizontal phoria, convergence

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Binokulaarinen näkeminen	2
2.1	Sensorinen ja motorinen fuusio	2
2.1.1	Binokulaarinen kilpailu	3
2.1.2	Panumin alue ja fiksaatiodisparaatio	3
3	Konvergenssi ja sen jaottelu	4
3.1	Tahdonalainen konvergenssi	4
3.2	Refleksikonvergenssi	5
3.2.1	Tooninen konvergenssi	5
3.2.2	Proksimaalinen konvergenssi	5
3.2.3	Akkommodatiivinen konvergenssi	6
3.2.4	Fusionaalinen konvergenssi	7
4	Katselukohteen ominaisuuksien vaikutus akkommodaatioon ja vergenssiin	7
5	Heteroforia ja -tropia	9
5.1	Exoforia ja sen luokittelu	10
5.1.1	Liiallisen divergenssin exoforia	10
5.1.2	Konvergenssiheikkouden exoforia	11
5.1.3	Perusexoforia	11
5.2	Esoforia ja sen luokittelu	12
5.2.1	Heikon divergenssin esoforia	12
5.2.2	Liiallisen konvergenssin esoforia	12
5.2.3	Perusesoforia	13
6	Von Graeffen menetelmä foropterilla lähietäisyydelle	13
7	Maddoxin siipi	16
8	Tutkimustavoite	18
9	Olemassaoleva tutkimustieto foriamittausten luotettavuudesta	20
10	Tutkimusmenetelmät ja työn toteutus	26
10.1	Kvantitatiivinen empiirinen tutkimus	26

10.2	Tutkimusotos ja tutkimusmenetelmät	27
11	Tutkimustulokset	31
11.1	Menetelmien välinen korrelaatio koko tutkimusotannassa	31
11.2	Mittausten keskiarvot ja keskihajonnat koko tutkimusotannassa	32
11.3	Iän, sukupuolen ja vireystilan vaikutus foriamittauksiin	32
11.4	Foria ja refraktio	33
11.4.1	Tulokset mietojen voimakkuuksien ryhmässä	34
11.4.2	Tulokset keskisuurilla myoopeilla	34
11.4.3	Tulokset hyperoopeilla	35
11.4.4	Tulokset suurilla myoopeilla	36
11.5	Testijärjestys ja sen vaikutus mittauksiin	37
12	Pohdinta	37
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Tutkimuksen sisältö	

1 Johdanto

Nykyajan asettamat vaatimukset näköjärjestelmälle ovat korkeat yhä lisääntyvän tietotekniikan vuoksi (Suomen virallinen tilasto, 2014). Esimerkiksi tietokonetablettien ja älypuhelimien vauhdilla kasvava käyttö rasittaa ihmisen näköä aivan uudella tavalla: katseluetäisyydet lyhenevät ja katseluajat pitenevät. Näköjärjestelmän kuormituttua tarpeeksi syntyy silmä- ja näköoireita, joiden yhtenä syynä ovat usein silmien asentopoikkeamat. Perusteellinen näön tutkiminen viimeistään oireiden ilmettyä on tärkeää: haastavat olosuhteet edellyttävät optometristiltä menetelmien läpikotaista tuntemista, jotta ongelman syy ja laajuus saadaan selville ja se osataan hoitaa oikein.

Maddoxin siipi on jossain määrin unohdettu väline foriatutkimuksessa. Läheskään jokaisesta optisen alan liikkeestä laitetta ei löydy. Vaikka Maddoxin siivellä on potentiaaliset heikkoutensa, sen nopea ja yksinkertainen tekniikka sekä automaattisesti sopiva mittausetäisyys nykypäivän katselutilanteisiin kyseenalaistavat syyt menetelmän käytön vähyydelle. Sen sijaan valtaosa työelämän optikoista käyttää forioiden mittaamiseen Von Graeffen prismamenetelmää. Se on etenkin tavanomaisesti foropterilla tutkittaessa epäluotettavin mekanismi asentopoikkeamien laajuuden määrittämiseen olemassaolevan tutkimustiedon valossa (Elliot 2014: 160). Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää näiden menetelmien toimivuutta realistisissa käytännön olosuhteissa ja arvioida niiden luotettavuutta ja vertailu- ja käyttökelpoisuutta.

Maddoxin siiven ja Von Graeffen menetelmien keskinäisestä vertailusta ei juurikaan löydy luotettavaa tutkimustietoa ennestään. Kiinnostus aiheeseen syntyi aikaisemman tiedon puutteesta ja aihealueen ajankohtaisuudesta. Optometrian koulutusohjelmassa Metropolia Ammattikorkeakoulussa keskitytään tutkimisen opetteluun Von Graeffella. Maddoxin siiven tekniikka sivutaan vain ohimennen. Maddoxin siipi voisi kuitenkin olla toimiva laite esimerkiksi optikolle, jolla ei ole kiinteää toimipistettä ja joka tarvitsee helposti mukana kuljetettavan välineen.

Tässä opinnäytetyössä on tutkittu edellämainituilla Von Graeffella ja Maddoxin siivellä saatuja tuloksia horisontaalideviaatioista ja vertailtu niitä keskenään. Tutkimukset suoritettiin vakioituissa olosuhteissa helmi-maaliskuun 2016 aikana ja niihin osallistui 27 tutkittavaa, joilla oli toimiva binokulaarinen näkökyky.

Tutkimuksen teoriaosuudessa on käsitelty aiheen kannalta olennaista terminologiaa ja esitelty tutkimuskohteena olevat menetelmät. Myöhemmissä kappaleissa esitellään tutkimusaihe ja sen taustat, tutkimuksessa käytetyt menetelmät ja tutkimustulokset. Loppupohdinnassa on analysoitu saatua tilastotietoa ja sen merkitsevyyttä käytännön kannalta.

2 Binokulaarinen näkeminen

Binokulaarisessa näkemisessä molemmat silmät osallistuvat prosessiin yhtäläisesti ja molempien silmien näköakselit ovat suunnattuina haluttuun katselukohteeseen oikein. Tällöin sopivalla etäisyydellä oleva kohde kuvautuu vastaaville verkkokalvoalueille ja kahdesta erillisestä kuvasta muodostuu aivoissa yksi yhtenäinen kuva. Kun näköjärjestelmä toimii optimaalisesti, kyseiset kaksi kuvaa eivät poikkea toisistaan kirkkauden, värin tai koon suhteen. Tällöin ihminen ei oikeastaan kiinnitä huomiota siihen, että katseltava kohde koostuu kahdesta, fyysisesti erillisestä verkkokalvokuvasta. Binokulaarinen näkeminen on ihmiselle niin luontaista, että tietoisuus kuvien erillisyydestä herää vasta diplopan eli kahtena näkemisen myötä. (Von Noorden 1996: 8.)

2.1 Sensorinen ja motorinen fuusio

Sensorinen fuusio tarkoittaa kahden kuvan yhteensulautumista vastaavien verkkokalvoalueiden aktivoitumisen seurauksena. Tämä periferisten tai keskeisten verkkokalvoalueiden sensorinen vastaavuus selittää binokulaarisen yhtenä näkemisen. Jos ei-vastaavat alueet verkkokalvoilla stimuloituvat samanaikaisesti, kohde sijoittuu poikkeaville visuaalisille akseleille ja aiheuttaa sen havaitsemisen kahtena. Sensorinen fuusio edellyttää aikaisemmin kuvailtua verkkokalvokuvien samankaltaisuutta, jotta

niiden yhdistyminen on mahdollista. Jos silmien kuvat poikkeavat ominaisuuksiltaan toisistaan liikaa, sensorinen fuusio estyy ja johtaa binokulaariseen kilpailuun (*eng. binocular rivalry*). (Von Noorden 1996: 12-13.)

Motorisella fuusiolla tarkoitetaan kykyä muuttaa silmien asentoa katselukohteen mukaan niin, että näköakselit risteävät fiksaatiopisteessä. Tämä on välttämätöntä, jotta sensorinen fuusio pystyy sulauttamaan monokulaariset kuvat binokulaariseksi näkymäksi. Motorinen fuusio aktivoituu, kun verkkokalvokuvat eriävät toisistaan siinä määrin, että ne eivät ole enää Panumin alueella. Motorinen fuusio eli fuusionaaliset korjausliikkeet palauttavat silmien katselukulman sellaiseksi, että yhtenä näkeminen on jälleen mahdollista. (Von Noorden 1996: 13.)

2.1.1 Binokulaarinen kilpailu

Binokulaarisella kilpailulla viitataan visuaaliseen ilmiöön, joka aiheutuu tilanteesta, jossa silmien kuvat ovat väritykseltään, kooltaan, kirkkaudeltaan tai piirteiltään niin erilaiset, että niitä ei voida enää fuusioda yhdeksi. Verkkokalvoille tuleva informaatio kilpailee tällöin jatkuvasti keskenään, johtaen alati muuttuvaan näkövaikutelmaan: ihminen näkee joko yhden silmän kuvan kerrallaan, tai kuvat yhdistyvät vain osittain muodostaen näkymän jossa on molempien monokulaaristen kuvien piirteitä. Tällöin osa näköinformaatiosta jää kuitenkin havaitsematta. Monokulaaristen kuvien ominaisuudet eivät vaikuta siihen, kumman silmän kuva on voimakkaammin havaittavissa eli dominoiva. Silmien välinen dominanssisuhde määrittää monokulaaristen kuvien välisen hallitsevuuden. Binokulaarinen kilpailu on vahvasti yhteydessä suppressioon, jota käsitellään enemmän kappaleessa 5. (Von Noorden 1996: 13.)

2.1.2 Panumin alue ja fiksaatiopiste

Panumin alueella viitataan kuvitteelliseen geometriseen alueeseen, jolle sijoitettuna katselukohteet nähdään yhtenä eli fuusio on mahdollinen, vaikka kaikki stimuloituvat verkkokalvoalueet eivät olisikaan sensorisesti toisiaan vastaavia. Panumin alue koostuu horopterista ja sitä ympäröivästä tilasta. Horopteri on vertikaalinen tai horisontaalinen linja, joka muodostaa yhtenäisen meridiaanin verkkokalvolla. Kun fiksaatiopiste poikkeaa liikaa horopterista syvyys suunnassa ja on siten Panumin alueen

ulkopuolella, kohde nähdään kahtena. Panumin alue kapenee huomattavasti horisontaalisen horopterin keskeisen näön alueella ja on leveimmillään periferiassa: näköjärjestelmä sietää paremmin fiksaatioeroja näkökentän laita-alueilla. Panumin alue ei mahdollista ainoastaan binokulaarista yhtenä näkemistä vaan luo syvyysvaikutelman, stereonäön. (Von Noorden 1996: 21-22.)

Binokulaarinen näkeminen ja fuusio on mahdollista, vaikka katselinjat eivät kohtaisikaan horopterilla. Kun fiksaatiopisteet ovat edelleen Panumin alueella, kuvat voidaan yhdistää niiden eriävyydestä huolimatta. Tätä yli- tai alikonvergoinnista johtuvaa poikkeavien fiksaatiopisteiden fuusiota kutsutaan fiksaatiodisparaatioksi. Fiksaatiodisparaatio sallii tietyn virhemarginaalin näköakseleiden suuntautumisen ja estää siten diploian ilmenemisen kun katselukulma poikkeaa vain pienissä määrin optimaalisesta näköakselien risteämispisteestä. (Von Noorden 1996: 22.)

3 Konvergenssi ja sen jaottelu

Lähietäisyydellä olevan kohteen katselu aiheuttaa samanaikaisesti kolme erilaista, toisiinsa linkittyntä prosessia näköjärjestelmässä: pupillit supistuvat, silmät konvergoivat ja akkommodoivat. Konvergoinnilla tarkoitetaan silmien sisäänpäin kääntymistä, jonka tavoitteena on säilyttää molempien silmien näköakselit suunnattuna samaan kohteeseen, fiksaatiopisteeseen, jotta silmiin tulevasta näköinformaatiosta muodostuva binokulaarinen kuva pysyy yhtenä kaikilla katseluetäisyyksillä. (Elliot 2014: 171; Khurana 2008: 107-108.)

3.1 Tahdonalainen konvergenssi

Eri tekijät voivat synnyttää konvergenssia. Vaikka konvergenssi on automaattinen, akkommodaatioon, kohteen etäisyyteen ja fuusioon linkittynyt prosessi, voi konvergoinnin stimulointi ja ylläpitäminen tapahtua myös täysin tahdonalaisesti. Ihminen kykenee tietoisesti kääntämään silmiään sisäänpäin ja samalla aktivoimaan akkommodaatiotaan. Tahdonalainen konvergenssi ja akkommodaatio johtavat automaattiseen pupillien pienenemisreaktioon. Vaikka prosessin tiedetään olevan tietoisesti hallittavissa, on epäselvää, ovatko molemmat komponentit, akkommodaatio ja konvergenssi, tahdonalaisia vai vain jompikumpi, johtaen toisen automaattiseen

aktivaatioon. (Benjamin 1998: 143-144; Driggers 2003: 502-503; Khurana 2008: 107-108.)

3.2 Refleksikonvergenssi

Automaattinen, refleksinomaisesti tapahtuva konvergenssi jaetaan perinteisesti neljään eri alalajiin, jotka ovat kaikki lähes täysin tahdosta riippumattomia (Khurana 2008: 107-108).

3.2.1 Tooninen konvergenssi

Tooninen konvergenssi tarkoittaa lepotilassa tapahtuvaa fysiologista konvergenssia. Se perustuu synnyntäiseen silmälihasten hermotuksen ylläpitämään konvergenssiin hereillä ollessa ja on kokonaan riippumaton fuusiosta ja kohteen läheisyydestä. Kun vain tooninen konvergenssi on stimuloituna on silmien asento lähes paralleeli. Silmien asento on sisäänpäinkääntynyt täydelliseen lepotilaan nähden, mutta divergentimpi kuin muiden konvergenssikomponenttien vaikuttaessa. Tooninen konvergenssi aiheuttaa keskimäärin 23-25 prisman muutoksen noin 17 prisman divergenttiin anatomiseen lepotilaan, jolloin katselinja on 6-8 astetta konvergoitunut. (Benjamin 1998: 140; Khurana 2008: 107-108.)

Tooninen konvergenssi voidaan määrittää kaukokatselutilanteessa subjektiivisella refraktiolla mitatusta foriasta. Sen merkitys on voimakkain lapsuudessa vähentyen hiljalleen ikääntymisen myötä. Myös emotionaaliset rasitustekijät voivat vaikuttaa tooniseen konvergenssiin. (Benjamin 1998: 140; Khurana 2008: 107-108.)

3.2.2 Proksimaalinen konvergenssi

Kun ihmisen lähettyville tuodaan potentiaalinen katselukohde, tietoisuus sen läheisyydestä aktivoi proksimaalista konvergenssia. Proksimaalisen konvergenssin stimulaatio perustuu havaitsemisen sijaan ennemminkin psykologiseen tietoisuuteen lähellä olevasta kohteesta: sen on todettu vaikuttavan samassa määrin myös tilanteissa, joissa tutkittava ei todellisuudessa näe lähietäisyydellä katselukohdetta vaikka luuleekin niin. Proksimaalisen konvergenssin tarkoituksena on estää kuvan

sumeneminen ja fiksaation eriävyys lähikatselussa. Sen stimulaation voimakkuus on lineaarisesti yhteydessä kohteen etäisyyteen. Toisin sanoen proksimaalista konvergenssia ei ole lainkaan, kun katselukohde on äärettömydessä. Sitä vastoin se on voimakkaimmillaan mitä lähempänä katseltava, tai pikemminkin tiedostettu kohde sijaitsee. (Benjamin 1998: 143; Khurana 2008: 107-108.)

Proksimaalisen konvergenssin vaikutus vergenssiin on suuri siirrettäessä fiksaatio kaukaa lähietäisyydelle. Se toimii kuitenkin myös tasaisesti stimuloituen, kun vähitellen lähelle siirtyvä kohde on fiksaatiokohteena. Proksimaalinen konvergenssi on tärkeä, suuria vergenssimuutoksia mahdollistava komponentti, joihin pelkillä akkommodatiivisilla ja fuusionaalisilla tekijöillä ei näköjärjestelmä kykenisi. Sen osuus lähikatselussa ei kuitenkaan ole merkittävä silloin, kun muiden komponenttien toimintaa laukaisevia tekijöitä, kuten epätarkkuutta tai kuvien eroavaisuutta on havaittavissa. (Benjamin 1998: 143; Khurana 2008: 107-108.)

3.2.3 Akkommodatiivinen konvergenssi

Akkommodatiivinen konvergenssi on aikaisemmin kuvattu mioosiin eli pupillin pienenemiseen sidottu konvergenssin laji, joka on yhteydessä myös akkommodaation aktivoitumiseen. Kuvan epätarkkuus stimuloi akkommodatiivista konvergenssia. Sen avulla silmien katselinja suuntautuu oikein katselukohteeseen nähden, jotta refleksiakkommodaatio kykenee estämään kuvan sumentumisen. (Benjamin 1998: 139-140.)

Akkommodatiivisen konvergenssin ja akkommodaation välistä lineaarista suhdetta kuvataan AC/A-arvolla. Se on lähes muuttumaton ominaisuus eliniän aikana. Sen ilmaisema luku kertoo, kuinka monta prismadioptriaa konvergenssi muuttuu, kun akkommodaation määrä muuttuu yhden dioptrian verran ($\text{prdp}/1\text{dpt}$). Normaali AC/A-arvo on noin 3-5 prismadioptriaa. Emmetrooppisiin silmiin verrattuna myoopeilla AC/A-arvo on tavallisesti korkea, hyperoopeilla päinvastoin matala. Taittovirheen laajuudella ei sen sijaan ole todettu yhteyttä AC/A-arvon suuruuteen. Liian korkea AC/A-arvo eli voimakas akkommodatiivinen konvergenssi voi aiheuttaa lähikatselussa esotropiaa. Pieni AC/A-arvo eli heikko akkommodatiivinen konvergenssi saattaa puolestaan johtaa exotropian syntyyn. (Benjamin 1998: 139-140; Khurana 2008: 107-108.)

3.2.4 Fuusionaalinen konvergenssi

Näköjärjestelmä varmistaa samankaltaisten kuvien muodostumisen vastaaville verkkokalvoalueille fuusionaalisella konvergenssilla. Sillä ei ole vaikutusta silmän taittovoimaan vaan se perustuu täysin toisistaan poikkeavien kuvien synnyttämän eriparisuuden aiheuttamaan stimulaatioon. Fuusionaalinen konvergenssi on tahdosta riippumaton motorisen fuusion refleksi, jonka ansiosta binokulaarinen kuva pysyy yhtenä ja näköjärjestelmä pystyy tuottamaan maksimaalisen stereoskooppisen näkövaikutelman. Diploopia ei ole edellytys fuusionaalisen konvergenssin aktivoitumiselle, vaan pienikin eriävyys saa aikaan muutoksen vergenssissä. (Benjamin 1998: 136; Khurana 2008: 107-108.)

Keskimäärin fuusionaalisen konvergenssin aiheuttama muutos vergenssiin on 18 prismadioptriaa kauas ja 35 prismadioptriaa lähietäisyydelle. Sen voimakkuutta saattaa kuitenkin heikentää keskittyminen vain toisen silmän kuvaan (supressio). Myös väsymys, rasittuneisuus tai sairaus voi vähentää fuusionaalisen konvergenssin tehokkuutta ja siten heikentää exoforian hallintaa mahdollisesti johtaen exotropiaan. Fuusionaalisen konvergenssin toimintaa voidaan tehostaa ortoptisilla harjoitteilla. Sen merkitys eri konvergenssin muodoista on tärkein konvergenssipoikkeavuuksien tutkimisessa. (Benjamin 1998: 136; Khurana 2008: 107-108.)

4 Katselukohteen ominaisuuksien vaikutus akkommodaatioon ja vergenssiin

Kuten edellä on kuvattu, akkommodaatio ja konvergenssi ovat melko tiukasti keskenään sidonnaisia näköjärjestelmän prosesseja. Toisin sanoen muutokset akkommodaatiossa aiheuttavat myös muutoksen konvergenssissä ja päinvastoin. Vaikka kuvan epätarkkuus onkin merkittävin akkommodaatiota stimuloiva tekijä, on muiden vaikuttavien elementtien olemassaolosta näyttöä (Benjamin 1998: 84-85). Vergenssihäiriöiden ja silmien asentovirheiden eli deviaatioiden tutkimisessa on näin ollen huomioitava seuraavaksi esiteltyjä tekijöitä, jotka vaikuttavat akkommodaatiotasoon eriävissä määrin ja siten epäsuorasti konvergenssiin eli näköakselien suuntautumiseen. Siitä huolimatta, että ohessa esiteltyjen komponenttien merkitys konvergenssin kannalta ei välttämättä ole yhtä suuri kuin muiden, on

katselukohteen ominaisuuksien yhteys akkommodaatioon pantava merkille eri menetelmiä käytettäessä. Näin voidaan muodostaa luotettavampi arvio tutkimustilanteesta ja -menetelmistä.

Fiksaatiokohteen luminanssi on yksi merkittävimmistä akkommodaatiota säätelevistä tekijöistä epätarkkuuden jälkeen. Akkommodaatiotaso on sitä matalampi, mitä pienempi luminanssi kohteella on eli mitä vähemmän kohde heijastaa tai säteilee valoa. Suuren luminanssin kohde stimuloi akkommodaatiota voimakkaammin; hämärässä valaistuksessa akkommodaatio siirtyy lepotilaan. Luminanssilla on lineaarinen korrelaationsuhde akkommodaatiiovasteeseen. (Benjamin 1998: 84-85; Driggers 2003: 502-503; Eskridge ym. 1991: 678.)

Muita jossain määrin akkommodaatiotasoon sidonnaisia katselukohteen ominaisuuksia ovat kontrasti ja spatiaalinen frekvenssi eli yksityiskohtaisuus. Periaatteessa korkean kontrastin kohde stimuloi akkommodaatiota voimakkaammin kuin heikon kontrastin kohde. Näiden tekijöiden suhde ei kuitenkaan ole täysin lineaarinen tai yksiselitteinen. Kontrastieron aiheuttama muutos akkommodaatioon ei ole merkittävä keskitason spatiaalisen frekvenssin kuvan ollessa fiksaatiokohteena. Tällöin kohteen kontrasti voi heikentyä yli 50 prosenttiyksikköä ennen kuin akkommodaatioissa havaitaan merkittävä muutos. Sen sijaan korkean ja matalan spatiaalisen frekvenssin fiksaatiokohteessa pienikin kontrastiero aiheuttaa muutoksen akkommodaatioon. (Benjamin 1998: 84-85; Driggers 2003: 502-503.) Yleisesti näöntutkimuskäytössä olevat fiksaatiomerkit ovat spatiaaliselta frekvenssiltään hyvin matalaksi luokiteltavia: kuviot ovat äärimmäisen pelkistettyjä. Näin ollen eri tutkimusmetodien testikuvien kontrastierot saattavat vaikuttaa testituloksiin.

Myös katseltavan kohteen koolla ja värillä on todettu yhteys akkommodaatiiovasteeseen. Pienempi kohde stimuloi akkommodaatiota voimakkaammin, sillä se edellyttää tarkempaa akkommodaation hallintaa. Suurikokoisen optotyypin tiedetään yliarvioivan akkommodaatiolaajuutta. Fiksaatio suurehkoon kohteeseen ei synnytä etäisyydelle todellisuudessa tarvittavaa akkommodaatiostimulaatiota. (Rosenfield ym. 2009: 231-232.) Kohteen kromaattisilla ominaisuuksilla on myös mahdollisesti vaikutus akkommodaatioon. Akromaattisuus laskee akkommodaatiiovastetta, eli mitä rikkaampi fiksaatiokohde on väritykseltään, sitä voimakkaammin se stimuloi akkommodaatiota. (Benjamin 1998: 85; Driggers 2003: 502-503.)

5 Heteroforia ja -tropia

Heteroforia eli piilokarsastus tarkoittaa silmien näköakseleiden latenttia eli piilevää poikkeamaa normaaliasennosta, orthoforiasta. Orthoforiassa katselinjat ovat paralleelit katselukohteeseen nähden. Heteroforiassa silmien katselinjat risteävät fiksaatiopisteessä mutta fuusio on häiriintynyt, ja näköakseliä asento lepotilassa on epänormaali. (Eskridge ym. 1991: 72; Von Noorden 1996: 150.)

Kun binokulaarinen näkeminen eli fuusio estetään, silmä kääntyy lepoasentoonsa, määrittäen heteroforian suunnan ja laajuuden. Forian määrä ilmaistaan prismadioptreina. Orthoforia, näköakseliä ideaalinen kohdistuminen lepotilassa ilman asentopoikkeamaa on suhteellisen harvinaisen heteroforioiden verrattuna. Vaikka lähes kaikilla on jonkinasteinen silmien asentopoikkeama, vain harvoille heteroforia aiheuttaa oireita. (Ansons ym. 2008: 312; Eskridge ym. 1991: 72; Stidwill ym. 2011: 127; Von Noorden 1996: 150.)

Heterotropia eli ilmeinen karsastus tarkoittaa silmien asentovirhettä, joka on todettavissa myös binokulaarisissa katseluolosuhteissa. Toisen silmän näköakseli on suuntautunut tarkoituksenmukaiseen kohteeseen ja toisen jonkin muulle. (Eskridge ym. 1991: 72.)

Ero heterotropian ja heteroforian välillä ei aina ole selkeä: ilmeistä karsastusta voi esiintyä jatkuvasti tai vain ajoittain tietyissä tilanteissa tai olosuhteissa. Heteroforian muuttuminen satunnaisesti heterotropiaksi voi johtua esimerkiksi väsymyksestä, sairaudesta tai stressistä. On myös mahdollista, että asentopoikkeama on latentti joko kauas tai lähelle, mutta muuttuu ilmeiseksi karsastukseksi katseluetäisyyden vaihtuessa. (Von Noorden 1996: 129.)

Näköjärjestelmä pyrkii binokulaarisissa katseluolosuhteissa korjaamaan asentovirheen jatkuvalla vergenssiliikkeellä, jotta kahden silmän kuva pysyy yhtenä. Tämä tapahtuu joko konvergoimalla tai divergoimalla deviaation suunnasta riippuen. Kyseistä ilmiötä kutsutaan fuusionaaliseksi vergenssiksi. Kompensoivan vergenssiliikkeen suuruus ilmaistaan fuusionaalisenä reservinä. Kun heteroforian määrä on liian suuri suhteessa korjaavaan reserviin, syntyy näköoireita kuten silmien rasittumista, päänsärkyä, ajoittaista kahtena näkemistä ja näön sumenemista ja epätarkkuutta. Kyseisiä vaivoja kutsutaan astenooppisiksi oireiksi. Fuusiokyvyn riittämättömyys saattaa myös johtaa

forian muuttumiseen ilmeiseksi karsastukseksi. Joskus kompensoimaton heteroforia ei oireile edelläkuvatulla tavalla, vaan oireiden puuttuminen voidaan selittää näköjärjestelmässä tapahtuvalla toisen silmän keskeisen näön poissulkemisella, supressiolla. Supressio on kaikista yleisintä heterotropisissa näköjärjestelmissä. (Beech ym. 1997: 107; Stidwill ym. 2011: 127; Von Noorden 1996: 150-151.)

Astenooppisia oireita esiintyy huomattavasti enemmän lähelle kuin kauas: lähikatselu rasittaa sensorimotorista järjestelmää enemmän. Pitkäaikainen lähityö yhtäjaksoisella fiksaatiolla samalle katseluetäisyydelle on yleinen astenooppisten oireiden aiheuttaja, sillä lähikatselu vaatii näköjärjestelmältä jatkuvaa näköakselien asennon ylläpitämistä. Vaikkakin myös tarkka kaukaisten kohteiden seuraaminen voi rasittaa näköjärjestelmää, kaukokatselu ei edellytä samanlaista näköakselien staattisen asennon ylläpitämistä vaan sallii jonkin verran katselukulman vaihtelua. (Von Noorden 1996: 150-151.)

Kappaleissa 5.1 ja 5.2 ja niiden alakappaleissa on esitelty horisontaalisuunnan heteroforia- ja tropiatyypit ja niiden alalajit. Vertikaalisuunnan asentovirheet on jätetty tarkoituksellisesti pois tästä opinnäytetyöstä, sillä ne eivät ole tutkimusaiheen ja viitekehysten kannalta olennaista teoriatietaoa.

5.1 Exoforia ja sen luokittelu

Exodeviaatiolla tarkoitetaan näköakselien divergenttistä poikkeamaa. Divergenttisessä poikkeamassa näköakselit kohtaavat katselukohteen takana. Exodeviaatio voi olla joko latentti, jolloin sitä kutsutaan exoforiaksi, tai ilmeinen uloskarsastus eli exotropia. (Stidwill ym. 2011: 128.)

5.1.1 Liiallisen divergenssin exoforia

Kun exoforian määrä on selvästi suurempi kauas kuin lähelle puhutaan liiallisen divergenssin exodeviaatiosta. Kaukoforia on tällöin vähintään 10 prismadioptriaa divergentimpi kuin lähiforia. Liiallisen divergenssin exoforiassa deviaatiota ei välttämättä ole lainkaan lähelle tai lähietäisyydellä asentopoikkeama muuttuu esoforiseksi. Tämän tyypin exoforia oireilee ihmisen katsoessa kauas: kaukokohde

saattaa olla sumea tai jopa kahdentunut. Sumeus voi olla seurausta yliakkommodoinnista, kun silmät yrittävät kompensoida forian konvergoimalla pitääkseen katselinjan paralleelina. Kaukokohteen kirkkaus tekee näkemisestä epämiellyttävää. Konvergenssin lähipiste on tavallisesti tässä tapauksessa normaali ja korjaava reservi lähelle riittävä. Binokulariteetti ja stereonäkö toimivat lähietäisyydelle. Liiallisen divergenssin exodeviaatiossa AC/A-arvo on korkea: akkommodaatiostimulaatio lisää tehokkaasti konvergenssia. (Benjamin 1998: 815; Scheiman ym. 2008: 301, 304.)

5.1.2 Konvergenssiheikkouden exoforia

Konvergenssiheikkouden exoforiassa kaukoforia saattaa olla lievä tai jopa orthoforinen. Lähietäisyydelle mitataan kuitenkin merkittävä exoforinen asentopoikkeama. AC/A-arvo on matala, alle 4 prismadioptriaa: lähietäisyydelle akkommodointi ei tuota tarvittavaa konvergenssia. Konvergenssin lisäämiseksi ja siten asentopoikkeaman korjaamiseksi ihminen pyrkii usein tämän tyyppin exoforiassa yliakkommodoimaan, jolloin lähikatselu on epätarkkaa. Konvergenssiheikkoudesta kärsivän henkilön astenooppiset oireet liittyvätkin yleensä pitkäkestoiseen lähityöhön. Ongelma ei aina ole suoranaisesti pelkästään konvergenssissa, vaan osalla henkilöistä todetaan myös heikko akkommodaatiiovaste vaaditulle katseluetäisyydelle. Tällöin konvergenssikaan ei aktivoidu riittävästi ja oireiden hoidossa on syytä keskittyä lisäksi akkommodaation harjoittamiseen. (Benjamin 1998. 815-816; Grosvenor 2007: 103.)

5.1.3 Perusexoforia

Perustyyppin exoforiassa exodeviaatio on laajuudeltaan samankaltainen sekä kauas että lähelle. Diplopiaa saattaa ilmetä ajoittain joko kauas tai lähelle tai kaikille etäisyyksille, ja pitkittynyt lähikatselu aiheuttaa astenooppisia oireita. Perusexoforiassa kanta sisään-prismakorjaus on usein toimiva hoitovaihtoehto, sillä se vähentää fuusionaalisen konvergoinnin tarvetta ja poistaa siitä aiheutuvat astenooppiset oireet. (Grosvenor 2007: 103.)

5.2 Esoforia ja sen luokittelu

Kun silmien asentopoikkeama on paralleeliin nähden konvergentti, puhutaan esodeviaatioista. Tällöin näköakselit risteävät katselukohteen edessä. Kuten exodeviaatio, esodeviaatio voi olla piilevä, jolloin kyseessä on esoforia tai ilmeinen sisäänkarsastus, eli esotropia. (Eskridge ym. 1991: 72.)

5.2.1 Heikon divergenssin esoforia

Kun divergenssi on heikentynyt, esoforia on todettavissa sekä lähietäisyydelle että etenkin kauas. Kaukoesoforia on tällöin vähintään kolme prismadioptriaa. AC/A-arvo on joko normaali tai korkeahko. Negatiivinen fuusionaalinen reservi on yleensä heikko kaukoetäisyydelle ja foria saattaa muuttua ajoittain ilmeiseksi sisäänpäinkarsastukseksi kauas katsoessa. Kahtena näkemistä esiintyy välillä, ja astenooppiset oireet pahenevat päivän mittaan. Pitkään jatkuessaan hoitamaton heikon divergenssin esoforia huonontaa merkittävästi stereonäköä ja voi johtaa toisen silmän kuvan suppressioniin. (Benjamin 1998: 811; Grosvenor 2007: 103.)

5.2.2 Liiallisen konvergenssin esoforia

Liiallisen konvergenssin esoforiassa negatiivinen fuusionaalinen reservi ei ole riittävä kompensoimaan heteroforiaa lähietäisyydelle. Konvergenttinen asentopoikkeama lähelle aiheuttaa ongelmia lukiessa: diplopijaa, astenooppisia oireita, kuten silmien väsymistä, ja vaikeuksia keskittyä pitkäjaksoiseen lähityöhön. Liiallisen konvergenssin ominaispiirteitä ovat korkea AC/A-arvo (yli kuusi prismadioptriaa), orthoforia tai esoforia kauas riittävällä korjaavalla reservillä sekä merkittävä esoforia lähelle. Lähiforia saattaa ajoittain muuttua esotropiaksi tai aiheuttaa suppressiota. Akkommodaatiiovaste on usein liian voimakas etäisyyteen nähden. Tällöin akkommodaation rentouttaminen esimerkiksi lukulasein on hyvä hoitovaihtoehto esoforian korjaamiseksi. (Benjamin 1998: 811-813; Grosvenor 2007: 103.)

5.2.3 Perusesoforia

Perusesoforia muistuttaa heikon divergenssin muotoa. Lähietäisyydelle asentopoikkeama on kuitenkin suurempi, ja asiakas kertoo näköongelmista sekä kauko- että lähikatselutilanteissa. Koska esoforia oireilee tässä tapauksessa kaikille etäisyyksille, toimivin hoitomuoto on usein kanta ulos-prismakorjaus. (Grosvenor 2007: 103.)

6 Von Graeffen menetelmä forofterilla lähietäisyydelle

Von Graeffesta on muotoutunut standardimenetelmä heteroforioiden tutkimisessa. Se on subjektiivinen mittaamenetelmä, eli se perustuu tutkittavan omaan arvioon näköakselien suuntautumisesta. (Eskridge ym. 1991: 76, 81.)

Koska heteroforia ilmenee silmien ollessa lepotilassa, sen suunnan ja suuruuden arvioimisen edellytyksenä on yhteisnäön hajottaminen ja fuusion estäminen. Näin silmät asettuvat luontaiseen lepotilaansa. Kun silmät katselevat keskenään niin erilaisia kuvia että niiden fuusioiminen yhdeksi on mahdotonta, seurauksena on diplopia eli kahden erillisen kuvan havaitseminen. Subjektiiviset foriatestit saavat diplopian aikaan eri tavoin: joko voimakkaalla prismalla jonka kompensoiminen on näköjärjestelmälle mahdotonta; näyttämällä keskenään eriparisia kuvia silmien edessä tai mekaanisella erottimella. Von Graeffe-menetelmä perustuu vahvan prisman aiheuttamaan diplopiaan. (Elliot 2014: 159.)

Kun asentopoikkeama on esoforinen dissosioitu katselukohde nähdään kahtena risteämättömästi: oikean silmän kuva on oikealla ja vasemman silmän kuva vasemmalla puolella. Exoforisessa asentopoikkeamassa syntyy risteävä diplopia: vasemman silmän kuva näkyy oikealla puolella ja oikean silmän kuva puolestaan vasemmalla. Forian määrittäminen esimerkiksi Von Graeffella pohjautuu tutkittavan subjektiiviseen arvioon näiden kahden kuvan keskinäisestä sijainnista. (Elliot 2014: 159; Rosenfield ym. 2009: 246-247.)

Von Graeffe-testi voidaan suorittaa joko forofterilla tai koekehyksillä. Tosin se on huomattavasti helpompi toteuttaa forofterilla projektorin ja lähitaulun avulla. (Elliot

2014: 160.) Seuraavaksi on esitelty teoreettinen näkemys siitä, kuinka Graeffe-mittaus tulisi tehdä foropterilla lähietäisyydelle. Graeffen huono käyttökelpoisuus ja vähäinen suosio koekehyksillä tutkittaessa sekä siten heikko yhteys opinnäytetyön viitekehykseen on syynä siihen, että mittaustekniikka koekehyksillä on jätetty tästä opinnäytetyöstä pois.

Graeffe-menetelmällä lähiforiamittaus ei poikkea juurikaan kaukoforian määrittämisestä. Tavanomaisesti lähitaulu asetetaan 40 senttimetrin etäisyydelle tutkittavasta. Kuitenkin tutkittavan lähityötottumuksista riippuen tutkimus voidaan tehdä myös muulle tarpeelliselle etäisyydelle. Katselukohteena käytetään joko pientä optotyyppiä, kirjainriviä tai -palkkia. Sopivan pieni ja yksityiskohtainen kuvio vakauttaa akkommodaation ja toimii siten hyvänä kohdistuskohteena. Kohde ei kuitenkaan saisi olla liian pieni näöntarkkuuteen nähden: optimaalisin koko on noin yhtä riviä huonomman silmän lähinäöntarkkuutta suurempi optotyyppi. Näin varmistetaan, että molemmat silmät näkevät kuvion. (Elliot 2014: 164-165.; Eskridge ym. 1991: 81.)

Tutkimustilanteen valmistelu aloitetaan laittamalla foropteriin tutkittavan paras mahdollinen lasikorjaus lähietäisyydelle, tarvittaessa lähiläsän kanssa. Foropterin kuuluu olla kunnolla aseteltuna kasvojen eteen, keskiöväli säädettynä tutkittavan pupillivälimitan mukaiseksi. Katselukohde valitaan edellä kuvatulla tavalla ja valaistus säädetään lähikatseluun riittäväksi. Valaistus ei kuitenkaan saisi olla liian voimakas, jottei kohteen kontrasti heikkene. (Eskridge ym. 1991: 81-82.)

Horisontaalisuunnan heteroforia määritetään asettamalla foropterista toisen silmän eteen vertikaaliprismalinssi, joka toimii dissosiaatioprismana. Usein kyseessä on 6 prismaa kanta ylös-linssi sijoitettuna oikean silmän eteen. Tutkittavan tulisi pitää silmät aluksi suljettuina, sillä prisman aiheuttama kuvien etäänntyminen toisistaan voidaan kokea joskus epämiellyttävänä. Ennen kuin asiakkaan annetaan avata silmät lisätään saman silmän eteen prismakompensaattorilla 10-12 prisman kanta sisään- vaikutus, joka toimii mittaprismana. Tutkittavan kuuluisi silmät avattuaan nähdä fiksaatiokohde kahtena. Aina diplopian tuottaminen ei kuitenkaan onnistu. Syy voi olla tekninen tai tutkittavan näköjärjestelmästä johtuva. Ensimmäiseksi kannattaa poissulkea mittaustekniikkaan liittyvät tekijät, kuten tutkittavan vääränlainen asento foropterin takana tai väärin etulinssien käyttö. Joskus kaksoiskuvat ovat niin erillään, että tutkittavalla saattaa olla vaikeuksia huomata toista kuvaa. On siis hyvä pyytää

asiakasta katselemaan hieman eri suuntiin diplopian tunnistamiseksi. (Elliot 2014: 164; Eskridge ym. 1991: 81.)

Jos kuvia ei edelleenkään ole kuin yksi ja kaikki on teknisesti oikein, tutkittava todennäköisesti supressoi toisen kuvan. Tällöin diploopia voidaan aiheuttaa muuttamalla hajottavan prisman suuntaa tai määrää tai näyttämällä tutkittavalle vuorotellen oikean ja vasemman silmän kuvaa. Näin helpotetaan erillisten kuvien havaitsemista ja fysiologisen diplopian tunnistamista, mikä saattaa poistaa supression ainakin hetkellisesti. Toisinaan kyse ei ole supressiosta vaan vertikaalisuunnan deviaatiosta, prisma-adaptaatiosta tai poikkeuksellisen suuresta vertikaalivergenssistä. Kanta ylös-prisma saattaa diplopian aiheuttamisen sijaan korjata olemassaolevaa vertikaaliforiaa. Kun erottavan prisman suunta muutetaan deviaatiolle epäedulliseen suuntaan, haluttu diploopia saadaan aikaan. Jos epäillään prisma-adaptaatiota tai voimakasta vertikaalisuunnan vergenssiä, ongelman korjaamiseksi voidaan lisätä prisman määrää niin, että sen aiheuttama fiksaatiodisparaatio muuttuu näköjärjestelmälle mahdottomaksi kompensoida. (Elliot 2014: 164; Eskridge ym. 1991: 81.)

Kun tutkittava katselee kahta erillistä kuvaa häntä ohjeistetaan kertomaan alemman kuvan sijainti suhteessa ylempään. On suositeltavaa neuvoa asiakasta pitämään molemmat kuvat tarkkoina akkommodaation ja siten akkommodatiivisen konvergenssin stabiloimiseksi. Tavanomaisesti erottava kanta ylös-prisma on oikean silmän edessä, jolloin alempi kuva näkyy oikealla silmällä ja ylempi vasemmalla. Jos alempi eli oikean silmän kuva on oikealla suhteessa ylempään, diploopia on risteämätön eli deviaatio on esoforinen. Jos tutkittava kertoo alemman kuvan olevan ylempään kuvan vasemmalla puolella, diploopia on risteävä ja deviaatio on exoforinen. (Elliot 2014: 165.)

Tavoitteena on saada erilliset kuvat samaan pystylinjaan horisontaalisuunnan prismakompensaattorilla. Tarvittava prisman määrä kertoo karsastuskulman. Foriaa mitatessa on hyvä antaa asiakkaan katsoa oikean silmän kuvaa vain lyhyen aikaa prisma-adaptaation estämiseksi. Näin minimoidaan myös akkommodaatiovaihtelun ja siten akkommodatiivisen vergenssin ja fuusionaalisten vergenssilikkeiden vaikutus tuloksiin. Silmä peitetään hetkellisesti esimerkiksi kädellä ja kysytään heti peiton poistamisen jälkeen, missä alempi kuva näyttää aluksi sijaitsevan. Esimerkiksi asiakas, joka on kuvailut alemman optotyypin olevan ylempään nähden vasemmalla, huomaa alemman kuvan lähestyvän ylempään kuvan vertikaalilinjaa kun prisman kantaa käännetään sisäänpäin oikean silmän edessä. Tutkittava ilmoittaa kohteiden olevan

samassa linjassa, kun prismakompensaattoriin on säädetty 3 prismaa kanta sisäänvahvuus. Tällöin deviaatio on 3 prismaa exoforinen. (Elliot 2014: 165; Eskridge ym. 1991: 81.)

Von Graeffe-mittauksesta tulee kirjata ylös tutkimusetäisyys, testin suorittamiseen käytetty lasikorjaus ja deviaation suunta ja suuruus prismadioptreina. Mittauksen perusteella ei voida määrittellä, onko asentopikkeama heterotropinen vai heteroforinen vaan saatu tulos kuvaa yksinomaan subjektiivista karsastuskulmaa. (Elliot 2014: 165; Eskridge ym. 1991: 82.)

7 Maddoxin siipi

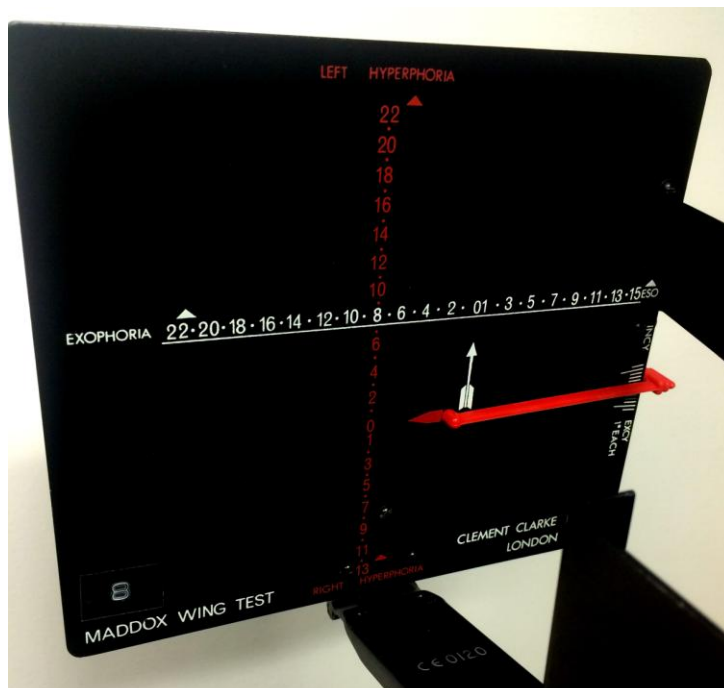
Maddoxin siipi on lähiforian tutkimiseen soveltuva laite jolla mittaaminen on yksinkertaista ja verrattain nopeaa. Markkinoilla on olemassa tutkimusetäisyyden suhteen hieman toisistaan poikkeavia versioita, mutta vakioetäisyys on yleensä noin 30 senttimetriä. Maddoxin siiven toimintaperiaate pohjautuu mekaaniseen erottajaan, joka estää kahden kuvan fuusioimisen yhdeksi. Väliseinän vuoksi silmät näkevät samanaikaisesti erilaiset kuvat, tehden binokulaarisen katselun mahdottomaksi: mittaasteikot ovat nähtävissä ainoastaan vasemmalla silmällä ja vertikaali- ja horisontaalinoilet vain oikealla. (Ansons ym. 2008: 86; Elliot 2014: 159-160.)



Kuvio 1. Maddoxin siipi.

Mittaaminen suoritetaan ilman foropteria. Tutkittava pitää laitetta kasvojensa edessä lukuasennossa niin, että molemmat silmät katselevat asteikkotaulua linssiaukkojen läpi. Tutkimustilaan tulisi säätää hyvä valaistustaso, jotta asteikko on miellyttävästi ja selkeästi nähtävissä. Näin ylläpidetään akkommodaatiostimulaatiota ja estetään virheellisen akkommodatiivisen vergenssin vaikutus tuloksiin. Mittaamiseen käytetään tutkittavan parasta lähikorjausta; mikäli käytössä olevat lasit ovat monitehot tai bifokaalit tai poikkeavat tarvittavasta lähivoimakkuudesta voidaan laitteen linssipidikkeisiin asettaa tutkimusetaisyydelle vaadittava korjaus. (Ansons ym. 2008: 86; Elliot 2014: 160, 163.)

Horisontaalideviaation määrittämiseen käytetään vertikaalinoolta ja valkoista horisontaalisuunnan asteikkoa. Tutkittavaa pyydetään kertomaan, mitä lukua tai pistettä pystysuuntainen nuoli osoittaa vaakasuoralla linjalla. Nuoli on todellisuudessa nollan kohdalla, mutta kuvien dissosiaation seurauksena poikkeama orthoforiasta ilmenee nuolen siirtymisenä asteikolla. Vasemmalla puolella oleva nuoli kertoo deviaation olevan exoforinen, oikealle asteikolla sijoittuva nuoli merkitsee asentopoikkeaman olevan esofoorinen. Ilmiö perustuu samaan risteävän ja risteämättömän diplopian periaatteeseen jota on käsitelty edellisessä luvussa. Nuolen näyttämä lukema kertoo suoraan forian määrän prismadioptreina. (Ansons ym. 2008: 86; Elliot 2014: 163-164.)



Kuvio 2. Maddoxin siiven mitta-asteikko ja horisontaali- ja vertikaalinoolet.

Laitteen ehjyys kannattaa tarkistaa, jos vaikuttaa siltä, että binokulariteetti ei ole täysin hajotettu. Väliseinä on saattanut taipua, jolloin mitta-asteikko ja nuolet ovat nähtävissä samalla silmällä. Tutkittavalle on myös annettava aikaa, sillä kuvien eriytyminen voi viedä hetken. Nuoli saattaa koko ajan liikkua suurempaan lukemaan. Lopullinen tulos määritetään, kun nuolen siirtyminen on lakannut. Jos nuoli ei jää paikoilleen vaan liikkuu edestakaisin, tulos otetaan pienimmän ja suurimman lukeman keskipisteestä. Joskus tutkittava ei kykene näkemään nuolia ja asteikkoa samanaikaisesti. Tällöin on epäiltävä supressiota. Kuten Von Graeffen tekniikalla, kuvien esittäminen vuorotellen yksittäin asiakkaalle saattaa mahdollistaa diploian hetkellisesti. (Ansons ym. 2008: 86; Elliot 2014: 163-164.)

8 Tutkimustavoite

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää millaisia tuloksia eri foriamittausmenetelmät antavat lähiforioista ja tutkia niiden validiteettia ja keskinäistä korrelaatiota. Tavoitteena on määrittää miten erilaiset tekijät, kuten tutkittavan refraktio, ikä ja vireystila vaikuttavat tuloksiin ja millaisissa tilanteissa eri menetelmät olisivat päteviä ja käyttökelpoisia. Tutkimusaihe on rajattu horisontaaliforioihin, koska niitä koskevaa olemassaolevaa tutkimustietoa on saatavilla riittävästi teoreettisen viitekehyksen muodostamiseksi.

Horisontaalideviaatiot ovat myös yleisempiä kuin vertikaalideviaatiot. Konvergenssiongelmat liittyvät vahvasti lähikatseluun ja lähikatselun tuottamiin näkemisen haasteisiin. Vertikaaliforioiden esiintyvyys ei tosin ole harvinaista; Scheimanin ja Wickin mukaan vertikaalideviaatioiden ilmenevyys viimeisen sadan vuoden aikana tehtyjen tutkimusten perusteella on keskimäärin noin 20 prosenttia. Arviot kirjallisuudessa vaihtelevat seitsemän ja 52 prosentin välillä. Vaikka vertikaaliforiat ovat tärkeä tutkimuskohde näöntarkastuksessa, niillä ei ole olennaista yhteyttä tutkimuksen viitekehykseen: vertikaaliforiat ovat tavallisesti riippumattomia katseluetäisyydestä eli toisin kuin horisontaalideviaatiot, ne ovat melko samankaltaisia kauas ja lähelle. Niiden tutkimisen arviointi ei siksi tunnu korostetun mielekkäältä tai ensisijaiselta modernin ajan lisääntyneiden ja raskaampien lähinäkövaatimusten aiheuttamien oireiden selvittämisessä. (Scheiman - Wick 2014: 390-391.)

Tutkimuksen kohteeksi valitut menetelmät ovat Maddoxin siipi ja Von Graeffe. Maddoxin siipi ei ole tänä päivänä kovin suosittu tapa tutkia forioita ja on melko tavallista, ettei koko laitetta löydy yksittäisestä optikkoliikkeestä lainkaan. Metropolia Ammattikorkeakoulussa Maddoxin siipi saattaa jäädä optometristiopiskelijalle etäiseksi tai jopa lähes tuntemattomaksi tutkimusvaihtoehdoksi. Sillä on kuitenkin monia etuja suhteessa muihin menetelmiin: tutkimus on nopea ja tutkittavalle yksinkertainen ymmärtää. Testin vähäinen suosio tuntuu olevan ristiriidassa sen toimivuuden kanssa, sillä Maddoxin siipi vie ajallisesti suhteellisen vähän resursseja ja on helppo sekä toteuttaa että selittää asiakkaalle. Lisäksi se on helposti mukana kuljetettava, toisin kuin moni muu testi, ja sen sallima lyhyt tutkimusetäisyys vastaa monessa tapauksessa paremmin nykypäivän todellisia katseluolosuhteita. Tutkimuksen tekeminen noin 30 senttimetriin on toki mahdollista muillakin testeillä, mutta Maddoxin siipi eroaa esimerkiksi Von Graeffesta siinä, että tutkimusetäisyys on automaattinen ja vakio eikä tutkimuksen suorittaminen vaadi muita erillisiä toimenpiteitä tai välineitä koelinssien tai asiakkaan oman silmälasikorjauksen lisäksi.

Von Graeffe on jo pitkään ollut suosituin tapa tutkia forioita, ja se tuntuu tälläkin hetkellä olevan optikon ensisijainen testivalinta ja standardimetodi johon muita tutkimusmenetelmiä peilataan (Elliot 2014: 160; Eskridge ym. 1991: 81). Graeffe on suhteessa Maddoxiin verrattain hidas ja monimutkainen testi, joka saattaa asiakkaan kannalta olla liian raskas tai haastava ymmärtää. Testin vaikeus korostuu mm. lapsiasiakkaita tutkiessa.

Graeffe tehdään tavallisesti foropterilla, mikä rajoittaa testin käytettävyyttä erilaisissa tilanteissa ja erilaisilla asiakkailla. Tutkimus on mahdollinen toteuttaa myös koekehysillä mutta se on huomattavasti vaikeampaa. Tällöin muiden testien, kuten Maddoxin siiven, käyttö voi osoittautua selvästi nopeammaksi ja helpommaksi tavaksi selvittää asiakkaan forioiden suunta ja laajuus (Elliot 2014: 160).

Silmien asentovirheiden tutkimisen tarkkuus on nykypäivänä entistä tärkeämpää digitalisaation takia. Ihmiset viettävät yhä enemmän aikaa internetissä erilaisten palveluiden lisääntyessä ja jo olemassaolevien siirtyessä verkkoon. Esimerkiksi sosiaalisen median, kuten yhteisöpalvelujen käyttö on yleistynyt lähes koko väestössä. Merkittäväksi ja ajankohtaiseksi ilmiöksi digitalisoituminen muodostuu näkemisen kannalta siksi, että tavanomainen tietokone ei ole enää ainoa laite jolla nettiä selataan. Älypuhelimien ja etenkin tablettien suosio on kiihtynyt huimaan kasvuun viime vuosina.

Vuosina 2013-2014 älypuhelimien käyttö kasvoi Suomessa jopa 10 prosenttiyksikköä, tablettitietokoneiden osalta muutos oli vieläkin merkittävämpi. (Suomen virallinen tilasto 2014).

Katseluetäisyys kannettaville laitteille, joiden näyttökoko on huomattavasti pienempi kuin kotikoneen, jää käytännössä lyhyemmäksi kuin perinteisellä tietokoneella työskenneltäessä. Mitä lähempänä kohde on sitä enemmän fuusion ylläpitäminen edellyttää konvergenssia. Voimakas konvergointi työllistää näköjärjestelmää johtaen mahdollisiin näköoireisiin, kun silmien potentiaalinen lihasvoima ei enää vastaakaan kuormituksen määrää. On oletettavaa, että näkemisen ongelmat lähikatselussa niin työ- kuin vapaa-ajan olosuhteissa tulevat lisääntymään ja ovat jo jossain määrin lisääntyneet. Näin ollen optometristin näöntutkimisen asiantuntijana on hallittava ne menetelmät, joilla kyseisten oireiden syitä selvitetään ja kuinka silmien asentovirheet määritetään.

9 Olemassaoleva tutkimustieto foriamittausten luotettavuudesta

Suoraan tutkimuskysymykseen vastaavaa tietoa ei juurikaan ole saatavilla. Koska Graeffe on ottanut paikkansa ns. standardimittarina, sen luotettavuutta ja suhdetta muihin menetelmiin on tutkittu melko paljon vuosikymmenien ajan sekä kauko- että lähiforiamittauksissa ja eri testeihin rinnastettuna. Sen sijaan Maddoxin siipeä koskevaa luotettavaa tutkimustietoa ei samalla lailla ole olemassa. On siis luonnollista, ettei näiden kahden keskinäisestä vertailukelpoisuudesta ole merkittävästi näyttöä.

Scobee ja Green (1947) vertailivat erilaisia kauko- ja lähiforian määrittämiseen käytettyjä menetelmiä, mm. Von Graeffea ja Maddoxin siipeä, ja viidenkymmenen tutkittavan keskiarvot näiden testien tuloksista olivat samankaltaiset. Tutkimus on kuitenkin ainoa laatuaan ja sen julkaisemisesta on kulunut jo lähes 70 vuotta, estäen varmojen johtopäätösten tekemisen kyseisten testien välisestä korrelaatiosta. Scobeen ja Greenin tutkimustulokset sotiivat lisäksi myöhempien tutkimusten kanssa Thoringtonin ja Graeffen yhteneväisyyden osalta, joten tutkimukseen on suhtauduttava kokonaisuutena kriittisesti.

Oletetusti yleisemmässä käytössä olevia testimenetelmiä, kuten mm. juuri Thorington-menettelmiä, Maddoxin sylinterilinssiä ja peittokoetta on vertailtu Graeffeen useammassa tutkimuksessa (Calvin ym. 1996; Casillas - Rosenfield 2006; Hirsch - Bing 1948; Sanker ym. 2012).

Hirsch ja Bing (1948) tutkivat Thorington- ja Graeffe-mittausten luotettavuutta neljäänkymmeneen senttimetriin. Kolme erilaista menetelmää arvioitiin: Thorington sekä Graeffe kahdella erilaisella testikuvilla, isohkolla E-kirjaimella (0.1) ja pienemmällä, kunkin tutkittavan maksimaalista näöntarkkuusarvoa vastaavalla optotyypillä. Graeffe-mittauksissa käytettiin kanta sisään-mittaprismaa noin 20 prismadioptrian verran, ja tutkittavan annettiin katsoa fiksaatiokohdetta tauotta testauksen ajan. Tutkimusjoukko koostui 38 optometrian opiskelijasta joiden ikää tai sukupuolta ei erikseen määritetty. Tutkimuksesta ei myöskään käy ilmi valaistusolosuhteita tai tutkittavien seulomiseen käytettyjä kriteereitä esimerkiksi näöntarkkuuden ja binokulariteetin suhteen. Testaaminen tapahtui foropterilla ja tulosten korrelaatiota ja keskiarvoja kartoitettiin paitsi tutkijoiden ja eri menetelmien kesken myös saman tutkijan kohdalla erillisten tutkimuskertojen välillä. Testit suoritettiin jokaisen vaiheen osalta samalla tavalla tutkijasta riippumatta ja samassa järjestyksessä.

Tutkimuksen mukaan testikuvion koolla ei ollut vaikutusta tuloksiin; pienempi optotyyppi ei kontrolloinut akkommodaatiota sen enempää kuin isompi. Tutkimuksessa havaittiin myös, että Graeffe antaa merkittävästi exoforisemman arvion foriasta kuin Thorington, ollen ristiriidassa Scobeen ja Greenin tutkimustulosten kanssa. Myös Daum (1983) teki myöhemmin saman havainnon Von Graeffen tulosten exoforisuudesta mm. Maddoxin sylinterilinssiin verrattuna, erityisesti karsastuspotilaiden kohdalla.

Hirsch ja Bing eivät löytäneet suurta eroa eri menetelmien toistettavuuden suhteen, mutta Thorington oli tutkimuksen mukaan testeistä luotettavin 0.88-0.93 korrelaatiolla. Suuremman testikuvion Graeffe oli puolestaan toistettavuudeltaan heikoin ($r=0.76-0.88$). Vaikka tulokset ovat samassa linjassa tutkimuksista valtaosan kanssa ja sopivat teoreettiseen tietoon siitä, että suuri fiksaatiokohde aiheuttaa enemmän akkommodaatio- ja vergenssivaihtelua, on pidettävä mielessä, että tutkimusjoukko ei ollut laaja ja kuten artikkelissa todetaan, 0.76-korrelaatiokerroin on matala yhden tutkimushenkilön tulosten takia. Hirschin ja Bingin tutkimusta voidaan pitää

pohjatietona ja yleiskatsauksena foriatestien toistettavuuteen mutta sen luotettavuutta heikentävät epäselvät tutkimusmenetelmät, tutkimusjoukon määrittelemättömyys, vakio testausjärjestys ja tutkimuksen ikä, jolla on mahdollisesti vaikutus paitsi tutkimusteknologiaan myös testaustapoihin.

Calvin, Rupnow ja Grosvenor (1996) mittasivat kauko- ja lähiforiat 53:lta tutkittavalta peittokokeella ja Von Graeffella. Tutkimusjoukko koostui kahdesta ryhmästä: optometreriopiskelijoista, jotka olivat tottuneet näöntutkimusolosuhteisiin, ja Indianan yliopiston silmäklinikan asiakkaita, jotka olivat alunperin hakeutuneet rutiinitutkimuksiin ja joille samat tilanteet eivät olleet yhtä tuttuja. Kaksi neljän vuoden optometristiharjoittelijaa mittasi erikseen foriat näillä menetelmillä kultakin tutkittavalta samalla käynnillä.

Tutkimusryhmien välillä ei ollut eroa peittokokeen ja Graeffen korrelaation suhteen; tutkimuksen mukaan menetelmät ovat yhtä johdonmukaisia ja luotettavia riippumatta siitä, tuntee tutkittava testiolosuhteet vai ei. Tulokset kuitenkin viittaavat Calvinin ym. mielestä siihen, että peittokokeen avulla ei luotettavasti voida arvioida Graeffe-forian määrää etenkin lähelle. Calvin ym. mukaan peittokoe aliarvioi sekä exoforian että esoforian laajuuden; 12-18% tutkuseroista oli suurempia kuin 4 prismadioptriaa. Erojen merkittävyys korostui isojen forioiden kohdalla, joiden diagnosoiminen on kaikista tärkeintä. Tutkimuksen lähtöasetelma poikkeaa muista siinä, että Graeffe on esitelty validina standardimenetelmänä johon muita testejä tulisi verrata, ja tavoitteeksi on asetettu sen luotettavuuden arvioinnin sijaan ottaa kantaa peittokokeen tarkkuuteen.

Tutkimuksessa ei ole kuitenkaan kyseenalaistettu Graeffen tulosten oikeellisuutta vaan tutkimusasettelu perustuu täysin pelkkään olettamukseen. Tutkimusta on kritisoitu mm. siitä, että Graeffe-tulosten vaihtelevuudesta ja toisaalta peittokokeen luotettavuudesta on paljon näyttöä, ja peittokokeen kyseenalaistamisen sijaan tutkimustulokset olisi ennemminkin pitänyt tulkita Graeffe-menetelmän rajoitteisuutena (Elliot 2014: 1). Toisin sanoen on todennäköisempää, että Calvinin ym. tutkimuksen tulokset kertovat pikemmin siitä, että Graeffe-mittaukset saattavat antaa virheellisen suuren arvion horisontaalideviaatioista.

Rainey, Schroeder, Grosvenor ja Goss (1998) vertailivat Graeffen toistettavuutta Thoringtoniin ja peittokokeeseen. Tutkimuksessa kartoitettiin hieman toisistaan poikkeavien mittaustekniikoiden luotettavuutta näiden testien osalta, esimerkiksi

Graeffe-menetelmästä tarkastelun kohteeksi oli valittu jatkuvan katselun ja ns. peittotekniikan tutkimustavat. Tutkimuksessa käytettiin molemmilla Graeffe-mittaustekniikoilla 20 prisman kanta sisään-mittaprismaa. Tutkimusjoukko oli laaja 72:lla tutkittavalla ja lähtökriteerit tutkittavien suhteen melko tiukat mm. näöntarkkuusvaatimusten kannalta. Seitsemän erilaista testiä suoritettiin satunnaisessa järjestyksessä kahden kokeneen optometristin toimesta. Tutkimuksessa keskityttiin poissulkemaan eriävistä mittaustavoista johtuvat virheet: tutkijat suorittivat testit täysin samalla tavalla.

Saadut keskiarvoerot tukevat väitettä, että Graeffen tulokset ovat muihin testeihin verrattuna exoforisemmat huolimatta tutkimuksessa käytetystä pienestä testikuviosta (0.8), jonka tulisi kontrolloida akkommodaatiota. Tieto on yhtenevä Hirschin ja Bingin (1948) tutkimustulosten kanssa myös sen suhteen, että optotyypin koolla ei ollut suurta merkitystä akkommodaatioon ja siten vergenssiin Graeffella mitatessa. Rainey ym. kyseenalaistavat Graeffen luotettavuuden kliinisenä testinä: korrelaatiokerroin tutkimuskertojen tulosten välillä oli molemmilla Graeffe-tekniikoilla kaikista heikoin koko tutkimuksessa (0.74 ja 0.75), ja sen tuottamissa mittaustuloksissa esiintyi keskimäärin eniten vaihtelua, erityisesti kun tutkittavan annettiin katsoa testikuviota tauotta. Rainey ym. epäilee huonojen tulosten johtuvan mahdollisesti foropterin aikaansaamasta epäluonnollisesta katselutilanteesta ja tutkimuksen kestosta: tutkittavan fuusionaalinen vergenssi ehtii vaihdella testauksen aikana paljon, joten mittauksetkin ovat keskenään erilaisia.

Rouse, Borsting ja Deland (2002) tutkivat konvergenssiheikkouden diagnosoinnissa käytettyjä metodeja ja niiden luotettavuutta 10-11-vuotiailla koululaisilla. Tutkimuksessa mitattiin 20 lapselta lähiforia kolmeenkymmeneen senttimetriin Graeffella. Tutkiminen tapahtui kahden tutkijan toimesta kahdella eri tutkimuskäynnillä, kullakin kolmella erillisellä mittauksella. Toteutustapana käytettiin horisontaalisuunnan kanta sisään-mittaprismaa (12 prdpt) ja peittotekniikkaa.

Graeffe-mittausten toistettavuus tutkimuskäyntien sisällä oli parempi kuin Raineyn ym. (1998) tutkimuksessa testikertojen välillä, tutkijoiden omien mittausten ollessa äärimmäisen samansuuntaisia (0.95-0.99 korrelaatiokerroin). Tutkimuskäyntien välillä samalla tutkijalla mittaukset olivat luotettavia (0.81 korrelaatio), vastaten aiempien tutkimusten tuloksia suhteellisen pienestä tutkimusjoukosta huolimatta. Tutkijoiden väliset korrelaatiokertoimet olivat 0.91 ja 0.72 tukien aiempaa tutkimustietoa (0.75-

0.94). Graeffen tulokset ovat siis tutkimuksen perusteella samansuuntaisia riippumatta siitä, onko tutkittava aikuinen vai lapsi.

Rousen ym. tutkimustuloksista käy ilmi sama Graeffe-tulosten suuri vaihtelevuus; pahimmassa tapauksessa erot Graeffe-mittauksissa voivat olla kliinisesti hyvinkin merkittäviä (7-8 prismadioptriaa) asettaen menetelmän luotettavuuden kyseenalaiseksi. Rouse ym. kuitenkin toteaa, että maksimivirhemahdollisuus on harvinainen ja suurin osa Graeffe-eroista jää alle kahteen prismadioptriaan. Tutkimusta koskevassa artikkelissa myönnetään, että tulokset eivät ole välttämättä jokaisen tutkijan mielestä kliinisesti hyväksyttävät. Graeffea voidaan silti yhä pitää pätevänä menetelmänä Rousen ym. mukaan, kunhan maksimivirhemahdollisuus tiedostetaan ja tutkittava käsitellään kokonaisuutena anamneesissa esille tulevat oireet huomioiden. Näin varmistetaan, ettei oireettomalle potilaalle määrätä turhaa ortoptista hoitoa ja toisaalta oirehtivalle asiakkaalle, jonka tulokset Graeffella saattavat olla kliinisesti lievät, tehdään jatkotutkimuksia ja määritetään hoitosuunnitelma niiden mukaan.

Casillas ja Rosenfield (2006) vertailivat Maddoxin sylinterilinssin, Graeffen ja Thoringtonin luotettavuutta sekä foropterilla että koekehyksillä kauko- ja lähietäisyydelle. 60 tutkittavan foriat määritettiin jokaisella menetelmällä kahdesti ja uusintamittaukset otettiin aikaisintaan vuorokauden tauon jälkeen. Tutkimuksessa käytettiin satunnaista testijärjestystä mahdollisen fuusiohäiriön poissulkemiseksi ja kuten muissakin tutkimuksissa, testikäytäntöihin kuului kanta sisään-mittaprisma (12 prdpt).

Tutkimuksen mukaan koekehyksen käyttö testauksessa antaa luotettavamman arvion foriasta kuin foropteri. Graeffe oli menetelmistä epäluotettavin erityisesti foropterilla, vahvistaen muiden tutkijoiden tekemää huomiota paitsi sen heikosta toistettavuudesta ja foriamittausten vaihtelevuudesta, myös taipumuksesta yliarvioida exoforian määrää jopa koekehyksellä mitatessa. Pienellä fiksaatiokohteella ei tässäkään tutkimuksessa ollut vaikutusta voimakkaasti exoforisiin tuloksiin, joten Casillas ja Rosenfield toteavat, ettei akkommodatiivisella vergenssillä ole todennäköisesti yhteyttä ilmiöön. He sulkevat myös pois toonisen ja proksimaalisen vergenssin vaikutuksen, sillä erot menetelmien vertailussa ovat merkittävät sekä kuuteen metriin että 40 senttimetriin. He esittävät hypoteesin, että exoforisuus johtuu dissosiaatiosta huolimatta stimuloituvasta negatiivisesta fuusionaalisesta vergenssistä, jonka tarkoituksena on helpottaa kanta sisään-mittaprisman vahvistamaa kuvien erillisyyttä.

Koska suurin osa foropterimittauksista johti keskimäärin exoforisempiin tuloksiin, Casillas ja Rosenfield kyseenalaistavat kirjallisuudessa esitetyn väitteen foropterin aiheuttamasta proksimaalisesta akkommodaatiosta ja siten konvergenssista. He myös kumoavat teorian siitä, että Graeffen - ja muiden foropteritestien - epäluotettavuus johtuisi tutkittavan kontrolloimattomasta pää- tai silmien asennosta foropterin takana; tiukasti valvotuista tutkimusolosuhteista huolimatta tuloksissa ilmeni suurta vaihtelua. Sen sijaan Casillas ja Rosenfield esittävät, että koekehysmittausten luotettavuus johtuu kehysreunan sallimasta periferisestä fuusiosta, joka vakauttaa vergenssistimulaatiota jopa silloin, kun keskeinen fuusio on estetty.

Maddoxin siiven luotettavuudesta ei ole ennestään merkittävästi tutkimustietoa; Scobeen ja Greenin tutkimuksessa on omat heikkoutensa jotka on esitelty edellä. Howarth ja Heron (2000) tutkivat siiven toistettavuutta 31 tutkittavalla, joilta kaikilta mitattiin horisontaaliforiat viidesti, aikaisintaan yhden viikon ja korkeintaan neljän viikon välein. Vertailukohteena oli Maddoxin sylinterilinssi kaukoforian määrittämisessä. Vaikka tutkimusolosuhteet olivat äärimmäisen kontrolloidut, testiväli ja siitä potentiaalisesti aiheutuva tutkimuksen kokonaiskesto heikentää tulosten luotettavuutta: useamman kuukauden aikana tutkimushenkilöiden elämäntilanteet ja olosuhteet voivat muuttua merkittävästi johtaen mahdollisiin muutoksiin näköjärjestelmässä, kyseenalaistaen tulosten pätevyyden. Lisäksi tutkimusasetelmaa, jonka tavoitteena on vertailla eri asioita mittaavia menetelmiä, voidaan pitää hieman erikoisena kliinisestä näkökulmasta.

Howarth ja Heron kuitenkin esittivät, että Maddoxin siiven toistettavuus on heikko, ja sen tuloksiin vaikuttavat herkemmin tutkittavan senhetkisen olotilan muutokset, kuten väsymys. Maddoxin siivellä tulokset vaihtelivat jopa kaksinkertaisesti sylinterilinssi-menetelmään verrattuna. Tavanomaisten mittausten lisäksi tutkimuksessa oli analysoitu foriatuloksia Maddoxin siivellä +3.0 dioptrian lähilisällä. Tulokset eivät olleet sen yhtäläisempiä kuin ilman lähilinssejä, sulkien pois akkommodaatiovaihtelun mahdollisen vaikutuksen tuloksiin. Howarth ja Heron uskovat, että siiven tulosten merkittävä epäjohdonmukaisuus on seurausta testitaulukon suurista numeroista, jotka sallivat syvyysnäön käytön eivätkä kontrolloi akkommodaatiota ja siten vergenssiä riittävästi.

Etenkin Graeffen laaja käyttö rutiinitutkimuksessa jakaa selkeästi tutkijoiden mielipiteitä edellä kuvatun tutkimustiedon valossa. Erilaiset analysointimenetelmät ja -kriteerit aiheuttavat erityyppisiä johtopäätöksiä samansuuntaisista tuloksista, ja tutkijoiden henkilökohtaiset mieltymykset heijastuvat jossain määrin tutkimusraportteihin. Kuitenkin näyttäisi siltä, että jonkin toisen testin, kuten Thoringtonin, valinta johtaisi tarkempiin mittaustuloksiin ja siten varmempaan diagnoosiin kuin standardina pidetyn Graeffen. Graeffen luotettavuus ei olemassaolevien tutkimusten perusteella ole aivan samalla tasolla etenkään tavanomaisesti foropterilla tutkittaessa. Tutkimustiedon puute Maddoxin siiven luotettavuudesta ja sen suhteesta Graeffeen korostaa tämän työn tärkeyttä ja estää samankaltaisten päätelmien tekemistä kuin mitä Graeffen suhteen voidaan jo ennakkoon ajatella.

10 Tutkimusmenetelmät ja työn toteutus

10.1 Kvantitatiivinen empiirinen tutkimus

Tämä opinnäytetyö on empiirinen kvantitatiivinen tutkimus. Empiirinen eli havainnoiva tutkimus käyttää hyväksi teoreettisesta tutkimuksesta johdettua tietoa. Sen tarkoituksena on testata teoriaan perustuvan hypoteesin toimivuutta käytännössä; tavoitteena voi olla myös ilmiön selittäminen tai ratkaisun löytäminen käytännön ongelmaan. Kvantitatiivisella eli määrällisellä tutkimuksella tarkoitetaan tilastollista tutkimusta, jonka avulla selvitetään lukumääriin liittyviä kysymyksiä. Kvantitatiivisen tutkimuksen sisältö on esitettävissä numeerisina suureina, ja sillä tutkitaan usein eri asioiden välisiä riippuvuuksia. Sen tulosten perusteella ei kuitenkaan yleensä voida perustavanlaatuisesti selittää ilmiöiden syy-seuraussuhteita. (Heikkilä 2014; 12, 15.)

Kvantitatiivisessa tutkimuksessa tarvittava tieto hankitaan joko jo olemassaolevista aineistoista tai itse. Yleensä päädytään itse kerätyn aineiston käyttämiseen, sillä valmiiden tilastojen aineisto ei sellaisenaan ole käyttökelpoista tai se ei yksinkertaisesti riitä tutkimuksen tekemiseen. Aikaisempaa aineistoa saatetaan tällöin hyödyntää omien tulosten vertailutietona. (Heikkilä 2014; 16-17.) Tässä opinnäytetyössä on käytetty olemassaolevaa tutkimusaineistoa pohjatietona ja vertailukohteena, mutta koska tutkimuskysymyksiin vastaavaa luotettavaa tietoa ei ennestään ole saatavilla, on aineisto hankittu itse käytännön olosuhteissa tutkimalla.

Näöntutkimukseen liittyvän tutkimusongelman luonnollinen tiedonkeruumenetelmä on kokeellinen tutkimus. Kokeellisessa tutkimuksessa testataan hypoteesin paikkansapitävyys käytännön koetilanteessa, joka voi olla esimerkiksi laboratorio tai muu tutkimusympäristö. Sen tarkoitus on vain tietyn tai tiettyjen haluttujen tekijöiden vaikutuksen tutkiminen; tämä tapahtuu vakioimalla kaikki muut mahdolliset muuttujat. (Heikkilä 2014; 19.)

Tutkimuskysymyksestä "Kuinka hyvin Graeffella saadut tulokset lähiforioista vastaavat tuloksia Maddoxin siivellä" saadaan kaksi muuttujaa, joiden välistä vuorovaikutusta on tutkittu tässä opinnäytetyössä. Muut potentiaaliset muuttujat, jotka on tarkemmin esitelty alaluvussa 10.2, on vakioitu jotta saadut mittaukset kertoisivat ainoastaan tutkittujen muuttujien käyttäytymisestä.

Hyvän foriamittausmenetelmän tulisi olla sekä luotettava että validi. Luotettavuus (tai toistettavuus) kertoo kuinka tarkasti useammat mittaukset samalla menetelmällä vastaavat toisiaan. Validiteetti kuvaa testitulosten suhdetta tutkittavan ominaisuuden todelliseen tilaan. Foriatesti voi olla luotettava olematta kuitenkaan validi, ja toisaalta se voi keskimääräisesti antaa valideja tuloksia kuitenkaan olematta luotettava. (Schroeder ym. 1996.)

Tutkimuksen hypoteesina voidaan olemassaolevan teoria-aineiston perusteella ajatella, että tulokset Graeffella ovat todennäköisesti hyvin exoforiaa. On myös odotettavaa, että sama toistuu Maddoxin siiven kohdalla suurten testikuvioiden takia, jotka eivät välttämättä stimuloi akkommodatiivista vergenssiä riittävästi. Koska Maddoxin siipi ei ole foropterilla tehtävä testi, voidaan lisäksi olettaa, että huolimatta Howarthin ja Heronin yksittäisestä tutkimuksesta tulokset kyseisellä menetelmällä ovat luotettavampia periferisen fuusion vaikutuksesta johtuen (Casillas - Rosenfield 2006).

10.2 Tutkimusotos ja tutkimusmenetelmät

Tämän opinnäytetyön tutkittavat on valittu itsevalikoituneen otantatutkimuksen periaattein: tiedonkeruuseen varattu aika ja resurssit ovat olleet rajallisia eikä ilmiön selvittäminen vaadi strukturoitua tai hyvin laajaa tutkimusjoukkoa. Tutkimusjoukko koostui vapaaehtoisista tuttavista, joilla ei ole erityisemmin kokemusta näöntutkimusolosuhteista, ja optometrian opiskelijoista joille tutkimusolosuhteet ovat

sen sijaan valmiiksi hyvin tutut. Calvin ym. (1996) osoitti, ettei näöntutkimuskäytäntöjen ennestään tunteminen vaikuta foriatestien tuloksiin, ja kyseisen aineiston perusteella on tehty oletamus, että nämä ryhmät voidaan sulauttaa yhteen ilman virhemahdollisuutta. Koska tämä opinnäyteyö on kliinisiä faktoja kartoittava tutkimus, itsevalikoituneen näytteen ei pitäisi aiheuttaa osaltaan virhemahdollisuutta samalla lailla kuin esimerkiksi mielipiteitä tai asenteita selittävässä tutkimuksessa. On kuitenkin mahdollista, että tällainen otantatapa lisää tutkittavien homogeenisyyttä tutkittaviin tekijöihin potentiaalisesti vuorovaikutuksessa olevien muuttujien kannalta. Otantatavasta riippumatta tällainen virhe on kuitenkin aina mahdollinen. (Heikkilä 2014: 31-32, 39.)

Mittaukset tehtiin helmi-maaliskuun aikana 2016 ja tutkimustulokset syötettiin SPSS-järjestelmään huhtikuussa 2016 tarkempaa analyysia varten. Kokonaisuudessaan tutkimukseen osallistui 27 henkilöä, joista 22 (81%) oli naisia ja 5 (19%) miehiä. Tutkittavat olivat 21-59-vuotiaita ja tutkimusjoukon keski-ikä oli 28 vuotta.

Tutkimusotoksen kriteeriksi määriteltiin toimiva yhteisnäkö; esimerkiksi vuorotteleva näkö ja toisen silmän supressio olivat poissulkevia tekijöitä. Ne vaikeuttavat tai tekevät mahdottomaksi horisontaalideviaation tarkan määrittämisen. Näkökykyä ja binokulariteettia rajoittavat ja näköjärjestelmän normaalin toiminnan estävät sairaudet tai vammat olivat myös esteenä osallistumiselle.

Tutkittavien yleis- ja silmän terveystekijät kartoitettiin ja otettiin tarvittaessa huomioon tutkimustulosten analyysissa. Tutkimuksissa käytetyt testikuviot edellyttivät hyvää näöntarkkuutta, mutta toisin kuin joissakin aikaisemmissa tutkimuksissa, tarkkoja näöntarkkuuskriteerejä ei määritelty etukäteen. Sen sijaan tutkittavilla täytyi olla ajan tasalla oleva lasikorjaus tai tuore näöntutkimus (korkeintaan 6 kuukautta viimeisimmästä tutkimuskerrasta). Refraktion paikkansapitävyys testattiin lähelle sfäärisen voimakkuuden osalta ja tarkat refraktiotiedot kirjattiin ylös muuttujan tutkimista varten.

Suurimmalla osalla tutkittavista oli hiljattain tarkastettu refraktio tai voimakkuudet varmistettiin itse tutkimusajankohtana. Kuitenkin esimerkiksi binokulaarisen tasapainon ja sylinterivoimakkuuden epäsystemaattinen tarkistaminen voi teoriassa aiheuttaa virhettä tuloksiin, etenkin kun tutkimusotos ei ole kovin suuri. Mahdollinen virhe on silti asetettujen kriteerien vuoksi melko pieni, erityisesti kun vergenssvaihtelu epävakaaan

akkommodaation takia on minimoitu sfäärisen voimakkuuden tarkentamisella tutkimusetäisyydelle.

Jokaiselta tutkittavalta mitattiin horisontaaliforia kerran Maddoxin siivellä ja Graeffella foropterin avulla. Koska mittauksia tehtiin vain yksi molemmilla menetelmillä, tulokset eivät kerro testien toistettavuudesta vaan niiden keskinäisestä korrelaatiosta. Graeffen toistettavuudesta on kuitenkin melko paljon tutkimustietoa, ja yhdistettynä saatuihin tuloksiin voidaan arvioida molempien testien luotettavuutta sekä validiteettia.

Tutkittavat jaettiin tutkimusjärjestyksen mukaan kahteen eri ryhmään: ryhmältä A tutkittiin foria ensin Graeffella, ryhmältä B Maddoxin siivellä. Tällä järjestelyllä pyrittiin estämään testausjärjestyksen vaikutus tuloksiin: ensimmäiseksi suoritetun testin dissosiaatiomekanismi voi aiheuttaa muutoksia fuusionaaliseen vergenssiin.

Mittaukset suoritettiin lähes identtisissä olosuhteissa, samassa tutkimuhuoneessa Metropolia Ammattikorkeakoulun Ruskeasuon toimipisteen tiloissa. Näin estettiin ulkoisten muuttujien vaikutus tuloksiin. Esimerkiksi valon määrä ja kohteen kontrasti vaikuttavat akkommodaatioon ja vergenssiin; kirkkaampi kohde stimuloi akkommodaatiota ja akkommodatiivista vergenssiä enemmän kuin heikon luminanssin kohde. Tällaisten muuttujien aiheuttama virhe poistettiin vakioimalla valaistus, joka säädettiin riittäväksi muttei liian kirkkaaksi kontrastin heikkenemisen estämiseksi.

Tutkimusajankohdan vakioiminen ei ollut mahdollista olemassaolevilla resursseilla, joten tutkimusaika kirjattiin tarkasti jokaisen tutkittavan osalta. Lisäksi tutkittavat saivat itse arvioida omaa vireystasoaan asteikolla 1-5, jossa 5 merkitsi hyvin virkeää ja 1 hyvin uupunutta. Väsymyksen tiedetään vaikuttavan vergenssiin ja siten foriamittauksiin enemmän tai vähemmän, ja kyseisen muuttujan vaikutus haluttiin kontrolloida tulosten analyysissa.

Kaikilta tutkittavilta, tutkimusryhmästä riippumatta, tarkastettiin lähilisan tarve tutkimusetäisyydelle foropterilla dynaamisen ristisylinterin avulla. Näin estettiin virheellisen refraktion aiheuttama akkommodaatio- ja vergenssivaikutus. Maddoxin siiven määrittelemä 29 senttimetrin tutkimusetäisyys koski kaikkia käytettyjä testejä ylimääräisten muunnosten ja siten myös muunnoksista syntyvän virheen välttämiseksi.

Graeffe-mittaus tehtiin huolellisesti säätämällä ensin forofteri oikein mm. tutkittavan pupillivälimitan mukaan ja niin, että päänasento oli kontrolloitu ja ideaali. Fiksaatiokohteena käytettiin pientä testikuviota akkommodaation vakauttamiseksi. Dynaamisella ristisylinterillä varmistettu lähivoimakkuus laitettuna forofteriin, tutkittavan fuusio hajotettiin oikean silmän eteen valitulla 6 prismaa-kanta ylös linssillä. Vakaa akkommodaatiostimulaatio ja siten vergenssi varmistettiin ohjeistamalla pitämään molemmat kuvat tarkkana koko testauksen ajan. Oikean silmän kuvaa siirrettiin haluttuun suuntaan noin kahden prisman jaksoissa, välillä peittäen, kunnes tutkittava kertoi kuvien olevan pystysuunnassa kohdikkain.

Graeffe-mittauksissa hyödynnettiin peittotekniikkaa vähentämään prisma-adaptaatiota tarkemman tuloksen saamiseksi. Kanta sisään-mittaprismaa ei käytetty lainkaan: horisontaalisuunnan ylimääräinen prisma monimutkaistaa toimenpidettä. Se mahdollisesti hämmentää tutkittavaa enemmän sekä saattaa lisätä tutkimuksen kestoa. On huomionarvoista, että kaikissa Graeffen luotettavuutta koskevissa tutkimuksissa mittaukset on tehty ylimääräisellä kanta sisään-mittaprismalla ja tulokset eivät ole olleet johdonmukaisia. Jättämällä horisontaalisuunnan mittaprisma pois testataan myös Casillasin ja Rosenfieldin teoriaa siitä, että Graeffen todellisuutta exoforisemmat tulokset johtuvat kanta sisään-prisman aiheuttamasta fuusionaalisesta divergenttisestä korjausliikkeestä.

Maddoxin siivellä foriamittaus tehtiin tavanomaiseen tapaan. Jos tutkittavalla oli olemassa oikeaa lähivoimakkuutta vastaavat, prismattomat silmälasit, niitä käytettiin tutkimisessa. Mikäli silmälasivoimakkuuksiin jouduttiin tekemään muutoksia 29 senttimetriin, silmälasissa oli prismat, ne olivat monitehot tai tutkittavalla ei ollut laseja lainkaan, tarvittavat koelinssit asetettiin siiven linssipidikkeisiin. Tutkittavan annettiin rauhassa fiksoida testikuviota ja kun nuolen liike oli pysähtynyt, tutkittavaa pyydettiin kertomaan vertikaalinuolen osoittama luku tai lukujen välinen piste vaakasuoralla mitta-asteikolla.

Tulosten analysoinnissa käytettiin SPSS-ohjelmaa. Maddoxin siiven ja Graeffen antamia foriatuloksia vertailtiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla, joka osoittaa lineaarisen riippuvuuden suuruutta. Korrelaatiokerroin kuvaa kahden muuttujan yhteyttä toisiinsa, joka esitetään numeraalisena $-1:n$ ja $+1:n$ välisenä arvona. Korrelaatiokertoimen etumerkki osoittaa muuttujien välisen riippuvuuden suunnan:

pieneneekö vai suureneeko toinen kun toinen kasvaa. Korrelaatiokerroin 0 ilmoittaa, ettei lineaarista riippuvuutta ole. (Heikkilä 2014: 192-193.)

Kuitenkin riippuvuutta muuttujien välillä voidaan sanoa olevan vain, jos siitä on tarpeeksi vahvaa näyttöä. Korrelaatiokertoimen kuvaavaa riippuvuutta voidaan arvioida merkitsevyydestä. Merkitsevyydestä kertoo, kuinka suuri riski on, että saatu korrelaatio johtuu sattumasta eli toisin sanoen se mittaa riskiä tehdyn johtopäätöksen virheellisyydestä. Merkitsevyydestä käytetään esimerkiksi lyhenteitä p-arvo tai Sig.-arvo. Mitä pienempi merkitsevyyssarvo on, sitä merkitsevempi tulos on. Yleisesti p-arvot jaetaan viiteen ryhmään: tilastollisesti merkitsemättömiin ($p > 0,1$ eli yli 10%), suuntaa antaviin (p -arvo yli 0,05-0,1 eli 5-10%), melkein merkitseviin (p -arvo yli 0,01-0,05 eli 1-5%), merkitseviin (p -arvo yli 0,001-0,01 eli 0,1-1%) ja erittäin merkitseviin (p -arvo 0,001 tai vähemmän eli alle 0,1%). (Heikkilä 2014: 184-185.)

11 Tutkimustulokset

11.1 Menetelmien välinen korrelaatio koko tutkimusotannassa

Näyttäisi siltä, että yhteys Maddoxin siiven ja Von Graeffen foriamittausten välillä on voimakas: koko tutkimusjoukon korrelaatiokerroin menetelmien välisistä mittauksista on 0,86, p -arvon ollessa alle 0,001. Yleisesti ottaen voidaan turvallisesti sanoa, että menetelmät mittaavat hyvin samansuuntaisesti lähiforiaa. Korrelaatio ei kuitenkaan kerro varsinaisesti yksittäisten tulosten pätevyydestä tai niiden luotettavuudesta. Kyseinen korrelaatiokerroin kuitenkin todistaa, että menetelmät mittaavat samaa asiaa lineaarisesti.

Von Graeffe ja Maddoxin siipi	
Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	0,860**
Merkitsevyys (p)	0,000
Tutkittavat (N)	27

Taulukko 1. Lähiforiamittausten korrelaatiokerroin ja sen merkitsevyydestä koko tutkimusjoukon osalta.

11.2 Mittausten keskiarvot ja keskihajonnat koko tutkimusotannassa

Foriatulokset olivat keskimäärin selkeästi exoforisempia Von Graeffella: Graeffe mittasi keskimäärin 8,2 prdpt ja Maddox 3,4 prdpt exoforiaa. Maddoxin siipi ei mitannut keneltäkään enempää exoforiaa kuin Graeffe vaan tulokset olivat siivellä joko samanlaisia tai esoforisempia. Vaikka menetelmien välinen korrelaatio on voimakas, on silti huomioitava, että vain puolella tutkittavista (52%) tulosten välinen ero oli alle 4 prismadioptriaa. Toisin sanoen lineaarisesta riippuvuudesta huolimatta tulokset eivät ole yhteneviä yksittäisten tutkittavien kohdalla, mikä kyseenalaistaa jomman kumman menetelmän validiteetin. Jopa kahdeksalla 27:stä tutkittavasta (30%) ero kahden eri menetelmän välillä oli yli 6 prismadioptriaa. Graeffen tuloksissa esiintyi hieman enemmän hajontaa Maddoxiin nähden. Ero ei kuitenkaan ole suuri, kuten ei tutkimuksen otankaan.

	Von Graeffe	Maddoxin siipi
Foria, keskiarvo	-8,2037	-3,4074
Tutkittavat (N)	27	27
Foria, keskihajonta	6,32799	5,73290

Taulukko 2. Graeffe- ja Maddoxin siipi-tulosten keskiarvot ja keskihajonnat.

*miinusmerkkinen (-) etumerkki kuvaa exoforiaa, plusmerkkinen (+) esoforiaa.

11.3 Iän, sukupuolen ja vireystilan vaikutus foriamittauksiin

Tutkittavan iällä tai sukupuolella ei ollut vaikutusta foriamittauksiin kummallakaan menetelmällä ($p=0,124-0,864$). Myöskään tutkittavan subjektiivinen arvio omasta vireystilasta ei korreloinut tulosten kanssa ($p=0,823$). Sen sijaan refraktiolla oli vahva yhteys menetelmien väliseen korrelaatioon ja tulosten keskiarvoihin.

		Graeffe	Maddoxin siipi
Vireystilan subjektiivinen arvio	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	-0,045	-0,005
	Merkitsevyystaso (p)	0,823	0,981
	Tutkittavat (N)	27	27
Ikä	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	-0,303	-0,062
	Merkitsevyystaso (p)	0,124	0,760
	Tutkittavat (N)	27	27
Sukupuoli	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	0,085	0,035
	Merkitsevyystaso (p)	0,674	0,864
	Tutkittavat (N)	27	27

Taulukko 3. Vireystilan, iän ja sukupuolen suhde Graeffe- ja Maddoxin siipi-mittauksiin. Mikään taulukossa esitetyistä muuttujista ei osoita merkitsevää korrelaatiota tuloksiin.

11.4 Foria ja refraktio

Tutkittavat jaettiin kaukorefraktion perusteella neljään eri ryhmään sfäärisen ekvivalentti-voimakkuuden mukaan. Jos tutkittavalla oli keskenään toisistaan poikkeavat voimakkuudet silmien välillä, luokitteluun käytettiin oikean ja vasemman silmän refraktion keskiarvoa. Ryhmä 1 koostui emmetroopeista ja miedoista voimakkuuksista (+0,5--0,5dpt), ryhmä 2 keskisuurista myoopeista (-0,75--3,75dpt), ryhmä 3 hyperoopeista (+0,75dpt tai yli) ja ryhmä 4 voimakkaista myoopeista (-4,0dpt tai enemmän).

11.4.1 Tulokset mietojen voimakkuuksien ryhmässä

Ryhmän 1 (10 tutkittavaa) tulokset siivellä ja Graeffella korreloivat vahvasti (0,86) p-arvon ollessa 0,001. Voimakkaan yhteyden lisäksi on huomattava kokonaisjoukkoon verrattuna selkeästi pienempi keskiarvoero ja keskihajonta tulosten välillä. Voidaan todeta, että emmetrooppien ja lähes emmetrooppien kohdalla tulokset testeillä ovat hyvin samansuuntaisia ja yhtenevämpiä kuin kokonaisjoukolla.

Ryhmä 1. Miedot voimakkuudet	Maddoxin siiven ja Graeffen korrelaatio
Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	0,858**
Merkitsevyystaso (p)	0,001
Tutkittavat (N)	10

Taulukko 4. Maddoxin siiven ja Graeffen korrelaatiokerroin ja sen merkitsevyys ryhmällä 1.

	Von Graeffe	Maddoxin siipi
Keskiarvo	-5,8000	-2,5500
Tutkittavat (N)	10	10
Keskihajonta	4,62000	3,94722

Taulukko 5. Ryhmän 1 keskiarvot ja keskihajonnat testeillä.

11.4.2 Tulokset keskisuurilla myoopeilla

Maddoxin siiven ja Graeffen välillä näyttäisi olevan vahva korrelaatio ($r=0,89$) myös myooppien kohdalla (10 tutkittavaa). Löydös on merkittävä p-arvon ollessa 0,001. Keskiarvoerot menetelmien välillä ovat kuitenkin koko tutkimusjoukkoon nähden suuremmat.

Ryhmä 2. Keskisuuret myoopot	Maddoxin siiven ja Graeffen korrelaatio
Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	0,891**
Merkitsevyytaso (p)	0,001
Tutkittavat (N)	10

Taulukko 6. Menetelmien välinen korrelaatio ja merkitsevyys ryhmällä 2.

	Von Graeffe	Maddoxin siipi
Keskiarvo	-12,3500	-5,8000
Tutkittavat (N)	10	10
Keskihajonta	7,18815	7,49148

Taulukko 7. Keskisuurten myooppien (ryhmä 2) keskiarvot ja keskihajonnat Graeffella ja Maddoxin siivellä.

11.4.3 Tulokset hyperoopeilla

Hyperooppien (4 tutkittavaa) kohdalla korrelaatio ei toteudu. Korrelaatiokerroin on 0,81, mutta sillä ei ole merkitsevyyttä p-arvon ollessa 0,188. On mahdollista, että näytteen pieni koko vaikuttaa korkeaan merkitsevyyks- eli riskitasoon eikä varmaa johtopäätöstä voida siksi muodostaa. Voidaan myös epäillä, että hyperoopeilla testeillä ei saada samansuuntaisia tuloksia ja mittausten validiteetti on myös epävarma ainakin jommalla kummalla menetelmällä.

Ryhmä 3. Hyperoopot	Maddoxin siiven ja Graeffen korrelaatio
Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	0,812
Merkitsevyytaso (p)	0,188
Tutkittavat (N)	4

Taulukko 8. Ryhmän 3 (hyperoopot) korrelaatiokerroin ja merkitsevyys testituloksien välillä.

	Graeffe	Maddoxin siipi
Keskiarvo	-7,0000	-3,3750
Tutkittavat (N)	4	4
Keskihajonta	4,60072	3,77216

Taulukko 9. Tulosten keskiarvot ja keskihajonnat hyperooppi-ryhmällä.

11.4.4 Tulokset suurilla myoopeilla

Kuten hyperooppien kohdalla, suurten miinusvoimakkuuksienkaan osalta ei voida varmuudella väittää, että menetelmät antaisivat samansuuntaisia tuloksia ($r=0,43$, $p=0,719$). Pienen otoksen vuoksi tarvitaan lisää tutkimustietoa mittausten korrelaatiosta voimakkailla myoopeilla.

Ryhmä 4. Suuret myoopit	Maddoxin siiven ja Graeffen korrelaatio
Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	0,427
Merkitsevyystaso (p)	0,719
Tutkittavat (N)	3

Taulukko 10. Ryhmän 4 tulosten korrelaatio testien välillä.

	Von Graeffe	Maddoxin siipi
Keskiarvo	-4,0000	1,6667
Tutkittavat (N)	3	3
Keskihajonta	4,00000	3,51188

Taulukko 11. Suurten myooppien keskiarvot ja keskihajonnat Graeffe- ja Maddox-mittauksista.

11.5 Testijärjestys ja sen vaikutus mittauksiin

Testijärjestyksellä ei ollut yhteyttä Graeffe-tuloksiin ($r= 0,27$, $p=0,173$) eikä merkittävää korrelaatiota siivellä tehtyihin mittauksiin ($r=0,41$, $p=0,033$). Näyttäisi siltä, että tulokset olivat selkesti exoforisempia ryhmällä jolta mitattiin foria ensin Graeffella. Syynä voi kuitenkin olla tutkimusotoksen suppeus eikä niinkään yleistettävissä oleva taipumus, joten varmojen johtopäätösten tekemistä tulee välttää.

Testijärjestys		Graeffe	Maddoxin siipi
Ryhmä A (Graeffe ensin)	Keskiarvo	-9,8214	-5,6429
	Tutkittavat (N)	14	14
	Keskihajonta	7,10798	6,60253
Ryhmä B (Maddoxin siipi ensin)	Keskiarvo	-6,4615	-1,0000
	Tutkittavat (N)	13	13
	Keskihajonta	5,06813	3,44601

Taulukko 12. Testijärjestyksen vaikutus keskiarvoihin ja keskihajontaan.

Testijärjestys	Graeffe	Maddoxin siipi
Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	0,270	0,412*
Merkitsevyystaso (p)	0,173	0,033
Tutkittavat (N)	27	27

Taulukko 13. Testijärjestyksen korrelaatio tuloksiin.

12 Pohdinta

Maddoxin siiven ja Graeffen välinen vahva korrelaatio (0,86) ilmoittaa, että menetelmät mittaavat lähiforiaa hyvin samansuuntaisesti, muttei sinänsä kerro tulosten samankaltaisuudesta tai kummankaan validiteetista. Korrelaatio voi olla voimakas vaikka tulokset olisivat hyvinkin erilaisia keskenään kuten tässä tutkimuksessa; vain 6

tutkittavaa (22%) sai menetelmillä alle 2 prismadioptrian tarkkuudella samankaltaiset tulokset. Keskiarvoista on nähtävissä, että mittaukset olivat voimakkaasti esoforisempia Maddoxin siivellä, kumoten ennen tutkimista tehdyn hypoteesin sen exoforisuudesta. Tulokset ovat ristiriidassa mm. Scobeen ja Greenin (1947) tutkimuksen kanssa Graeffen ja siiven yhteneväisyydestä; ne eivät käy myöskään yhteen teorian kanssa, että Maddoxin siipi ei stimuloi akkommodaatiota riittävästi. Sen sijaan Graeffe-tulosten exoforisuus näyttäisi olevan toistuva trendi, joka voidaan todeta myös tässä tutkimuksessa vaikka base-in-mittaprisma-tekniikka on hylätty.

Kun kahden menetelmän mittaukset ovat toisistaan näin poikkeavia, huolimatta keskinäisestä lineaarisesta yhteydestä, korkeintaan vain toinen voi olla validi. Validiteetin arviointi yleisellä tasolla tulosten perusteella on vaikeaa, ja tutkimuksen otos (N=27) ei ole laaja, mutta yksittäisten tutkittavien kohdalla testien eriyvyys tuli voimakkaasti esiin.

Suurten myooppien ryhmästä voidaan poimia kaksi tutkittavaa joiden tapauksessa testien pätevyys oli ilmeistä. Tutkimushenkilö 1 oli 22-vuotias naishenkilö, jolla ei ollut astenooppisia oireita ja jolta oli aikaisemmin tutkittu orthoforia tai korkeintaan lievää exoforiaa lähelle. Graeffe mittasi häneltä orthoforian ja Maddoxin siipi 5 prismadioptrian esoforiaa.

Tutkimushenkilö 2 oli myös nuori, 27-vuotias nainen, jolta oli aiemmin diagnosoitu oireileva exoforia. Tulokset olivat henkilöllä 2 Graeffella 8 prismadioptrian exoforiaa ja Maddoxin siivellä 2 prismadioptrian esoforiaa. Tutkittavien anamneesi huomioiden on selvää, että näiden yksittäisten tapauksien kohdalla Maddoxin siipi ei ole lainkaan validi testi lähiforian määrittämiseen. On mahdollista, että Maddoxin siipi ei anna luotettavaa tulosta kun tutkittava on voimakkaasti myooppi, mutta väite jää hypoteesiksi eikä varmaksi johtopäätökseksi näytteen suppeuden vuoksi.

Esimerkki 3. kuului hyperooppien ryhmään. Kyseessä oli 57-vuotias nainen jolla oli noin +2,0dpt kaukorefraktio. Kuten tutkittavalla 2, henkilöllä 3 oli ennestään todettu lähelle exoforia, josta aiheutuvat oireet oli hoidettu kanta sisään- lukulasiprismoilla. Graeffe mittasi häneltä 7,5prdpdpt exoforiaa kun tulos Maddoxin siivellä oli vain 1prdpdpt exoforiaa. Myös tämän yksittäisen hyperooppi-tapauksen kohdalla voidaan todeta, että Maddoxin siiven antama tulos ei todennäköisesti ole validi tutkittavan oireiden ja tutkimushistorian perusteella. Kuten suurten myooppienkin suhteen, menetelmien

pätevyys ja keskinäinen korrelaatio jää epäselväksi hyperoopeilla ja siitä tarvitaan lisää näyttöä.

Voimakas korrelaatio ja tulosten suurempi yhteneväisyys on puolestaan ilmeistä emmetroopeilla ja miedoilla voimakkuuksilla, jossain määrin myös keskisuurilla myyopeilla, joilla molemmat menetelmät antavat todennäköisemmin validit tulokset. Kuitenkin Maddoxin siiven esoforinen trendi on selkeä koko tutkimusjoukossa ja esiteltujen esimerkkien valossa on hyvin mahdollista, että siipi arvioi forian vähemmän exoforiseksi tai liian esoforiseksi. Vaikka Graeffen epävalidista exoforisuudesta on näyttöä on otettava huomioon ylimääräisen mittaprisman vaikutus aiempaan tutkimusaineistoon, joka on todennäköisesti suurennellut Graeffella saatuja exoforisia mittauksia. Tässä tutkimuksessa mitattujen forioiden exoforisuus ei vaikuttaisi olevan virheellistä vaan keskiarvoero johtuu ennemminkin Maddoxin siiven heikosta validiteetista.

Esimerkiksi periferinen fuusio, vakio keskiövälimitta tai mitta-asteikon voimakas kontrasti voivat olla syynä Maddoxin siiven tulosten esoforisuudelle. Vaikka periferisen fuusion on todettu vakauttavan vergenssimulaatiota, on mahdollista, että mekaaninen erottaja ei ole tarpeeksi tehokas mekanismi fuusion estämiseen. Kun fuusio ei ole kokonaan hajotettu, korjaava reserviliike pääsee toimimaan vapaammin ja forian määrittämiselle välttämätön silmien lepotila ei toteudu. Tällöin tulokset ovat orthoforisempia tai jopa esoforisia jos korjaava lihasreservi on voimakas exoforisella henkilöllä. Myös linssiapertuurien vakioetäisyys saattaa aiheuttaa häiriötä tuloksiin: linssiaukkojen etäisyys ei ole säädeltävissä asiakkaan pupillivälimittaan mukaan, mahdollisesti heikentäen dissosiaatiota. Testitaulukon vahva väryys ja kontrasti voivat toisaalta aiheuttaa katseluetäisyyteen nähden liian voimakkaan akkommodaatiiovasteen, joka on riippumaton henkilön todellisesta akkommodaatiolaajuudesta, ja lisätä samalla akkommodatiivista konvergenssia.

Vaikka vireystilalla ja foriatuloksilla ei tässä tutkimuksessa ollut yhteyttä toisiinsa on huomioitava, että virkeyttä arvioitiin täysin subjektiivisesti tutkittavan omasta näkökulmasta. Asteikko 1-5 saattaa tarkoittaa eri asioita eri henkilöille vaikka sanalliset määritelmät niiden merkityksestä onkin kerrottu tutkittavalle. Tutkittavat myös tulkitsevat ja määrittelevät omaa virkeyttään eri tavalla; toiselle 5 (hyvin virkeä) saattaa tarkoittaa riittävää, "normaalial" olotilaa, kun toiselle taas tavanomaisesta poikkeavan energistä.

Testijärjestys ei vaikuttaisi olevan yhteydessä saatuihin tuloksiin. Käytännössä tämä tarkoittaa, että esimerkiksi kaukoforian ja -reservien mittaaminen ensin Graeffe-prismoilla ei vähentäisi Maddoxin siiven pätevyyttä, jos kyseistä testiä halutaan hyödyntää heti jälkeenpäin lähideviaatioiden tutkimisessa. Testijärjestyksen ja dissosiaatiomekanismien vaikutuksesta tarvitaan kuitenkin lisää tilastollisesti pätevää tietoa ilmiön varmistamiseksi.

Tutkimustulokset tukevat Graeffen käyttöä standardimenetelmänä silloin kun base-in-mittaprismaa ei oteta yhdeksi testivaiheeksi. Tarvitaan silti enemmän aineistoa jotta Graeffen käyttöä ilman ylimääräistä mittaprismaa voidaan pitää luotettavana ja validina testinä. Aiemmat tutkimukset on otettava huomioon, mutta mittaustekniikan erilaisuus estää suoraan sen väittämän hyväksymistä, että Graeffe olisi epäluotettava ja epävalidi tapa määrittää (lähi)foria. Graeffe-mekanismien monimutkaisuus ja prismadissosiaation voimakkuus ja siten mahdolliset vaikutukset näköjärjestelmään edellyttävät tutkijalta suoraviivaista ja selkeää lähestymistapaa ja tutkimusolosuhteiden huolellista hallintaa. Huolimatta Maddoxin siiven automaattisesta lyhyestä tutkimusetaisyydestä forioiden tutkiminen lähinäön ongelmia selvittäessä on todennäköisesti luotettavampaa Von Graeffe-menetelmällä; tällöin on hyvä määrittää etenkin horisontaaliforia (myös) noin 30 senttimetriin, erityisesti jos tutkittava ei ole pitkä ihminen ja lähityö ei rajoitu vain näyttöpäätte-etäisyydelle.

Graeffella on edelleen omat rajoituksensa käytettävyyden suhteen joiden osalta Maddoxin siipi voi olla kätevämpi testivalinta. Esimerkiksi lapsen päänasennon kontrollointi foropterin takana tai prismatestin ohjeistaminen voi olla haastavaa ja tehdä Graeffesta merkittävästi epäluotettavamman testin kuin kontrolloidusti aikuisella tutkiessa. Tällöin Maddoxin siipi on parempi vaihtoehto. Lapsen pään mittasuhteisiin Maddoxin siipi saattaaakin käydä paremmin kuin esimerkiksi aikuisen miehen, jolla apertuurit ovat liian lähekkäin suhteessa pupillivälimittaan ja dissosiaatio ei siten toteudu täysin.

Tämän tutkimuksen vahvuutena voidaan pitää hyvin vakioituja tutkimusolosuhteita ja -menetelmiä. Testit suoritettiin täysin samalla tavalla jokaisen vaiheen osalta kaikilla tutkittavilla, mikä olisi ollut vaikeampaa toteuttaa jos tutkijoita olisi ollut useampia. Kuitenkin subjektiivisten testien kohdalla on aina olemassa molemminpuolinen virhemahdollisuus: testien ohjeistaminen ei välttämättä ole ollut identtistä tai tutkittavat

ovat ehkä ymmärtäneet samat ohjeet eri tavalla. Kuten vireystilan suhteen, tutkittavan oma arvio foriasta testikuvioiden sijainnin perusteella voi vaihdella vaikka foria olisikin samanlainen. Subjektiiivinen tapa arvioida ja kuvailla asioita poikkeavat toisistaan eri ihmisten välillä. Erityisesti pitkäkestoisten testien (Graeffe) kohdalla erilaiset havainnointi- ja kommunikointitavat saattavat vaikuttaa tuloksiin. Tulosten käsittely oli huolellista ja myös eettisesti tarkkaa; tutkittavia ei ole mahdollista tunnistaa työn tai sen tuloksien perusteella. Tarkempien ja laajalti pätevien johtopäätösten tekemiseksi tarvittaisiin suurempi otos sekä strukturoidummat tutkimuskriteerit ja -menetelmät, jotka eivät käytössä olevilla resursseilla olleet mahdollisia tässä tutkimuksessa.

Lähteet

Ansons, Alec M.; Davis, Helen. 2008. *Diagnosis and Management of Ocular Motility Disorders*. Kolmas painos. Blackwell Publishing. 86, 312.

Beech, John R.; Singleton, Chris. 1997. *The Psychological Assessment of Reading*. Routledge, Lontoo. 107.

Benjamin, William J. 1998. *Borish's Clinical Refraction*. Ensimmäinen painos. W.B. Saunders's Company. 84-85, 136, 139-140, 143-144, 811-813, 815-816.

Calvin, Helen; Grosvenor, Theodore; Rupnow, Pamela. 1996. How good is the estimated cover test at predicting the Von Graefe phoria measurement? Artikkel. *Optometry & Vision Science*, Vol. 73, No.11. 701-706.

Casillas, Elizabeth; Rosenfield, Mark. 2016. Comparison of Subjective Heterophoria Testing With a Phoropter and Trial Frame. Artikkel. *Optometry and Vision Science*, Vol. 83, No. 4. 287-241.

Daum, Kent M. 1983. Analysis of Seven Methods of Measuring the Angle of Deviation. Artikkel. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*. Vol. 60, No.1. 46-51.

Driggers, Ronald G. 2003. *Encyclopedia of Optical Engineering*. Volume 1. Marcel Dekker. Inc. New York. 502-503.

Elliot, David B. 2014. *Clinical Procedures in Primary Eye Care*. Neljäs painos. Elsevier Saunders Ltd. 1, 159-160, 163-165, 171.

Eskridge, J. Boyd; Amos, John F.; Bartlett, Jimmy D. 1991. *Clinical Procedures in Optometry*. Ensimmäinen painos. J.B. Lippincott Company. 72, 76, 81-82, 678.

Grosvenor, Theodore. 2007. *Primary Care Optometry*. Viides painos. Elsevier Health Sciences. 103.

Heikkilä, Tarja. 2014. *Tilastollinen tutkimus*. Yhdeksäs painos. Edita Publishing, Porvoo. 12, 15-17, 19, 31-32, 39, 184-185, 192-193.

Hirsch, Monroe J; Bing, Lois B. 1948. Clinical investigation of a method of testing phoria at forty centimeters. Artikkel. *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*. Columbus, Ohio.

Howarth, Peter A.; Heron, Gordon. 2000. Repeated Measures of Horizontal Heterophoria. Artikkel. *Optometry and Vision Science*, Vol. 77, No. 11. 616-619.

Khurana, A.K. 2008. *Theory And Practice Of Optics And Refraction*. Toinen painos. Elsevier India. 107-108.

Rainey, Bill B.; Schroeder, Tracy L; Goss, David A.; Grosvenor, Theodore P. 1998. Inter-examiner repeatability of heterophoria tests. Artikkel. *Optometry and Vision Science*, Vol. 75, No. 10. 719-726.

Rosenfield, Mark; Logan, Nicola; Edwards, Keith H. 2009. Optometry: Science, Techniques and Clinical Management. Toinen painos. Elsevier Health Sciences. 231-232. 246-247.

Rouse, Michael W; Borsting, Eric; Deland, Paul N. 2002. Reliability of Binocular Vision Measurements Used in the Classification of Convergence Insufficiency. Artikkel. Optometry and Vision Science, Vol. 79, No 4. 254-264.

Sanker, Nijil; Prabhu, Avinash; Ray, Avik. 2012. A comparison of near-dissociated heterophoria tests in free space. Verkkojulkaisu. Clinical and Experimental Optometry. Ilmestynyt myös paperiversiona 95. julkaisunumerossa 11/2012.
<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1444-0938.2012.00785.x/pdf>>

Scheiman, Mitchell; Wick, Bruce. 2008. Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders. Kolmas painos. Lippincott Williams & Wilkins. 301, 304.

Scheiman, Mitchell; Wick, Bruce. 2014. Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders. Neljäs painos. Lippincott Williams & Wilkins. 390-391.

Schroeder, Tracy L.; Rainey, Bill B.; Goss, David A.; Grosvenor, Theodore P. 1996. Reliability of and comparisons among methods of measuring dissociated phoria. Artikkel. Optometry and Vision Science, Vol. 73, No. 6. 389-397.

Scobee RG; Green EL. 1947. Tests for heterophoria; reliability of tests, comparisons between tests, and effect of changing testing conditions. Artikkel. American Journal of Ophthalmology. Vol 51. 179-197.

Stidwill, David; Fletcher, Robert. 2011. Normal Binocular Vision: Theory, Investigation and Practical Aspects. Blackwell Publishing Ltd. 127-128.

Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttö. 2014. Verkkojulkaisu. ISSN=2341-8699. Helsinki: Tilastokeskus.<http://www.stat.fi/til/sutivi/2014/sutivi_2014_2014-11-06_tie_001_fi.html> Luettu 12.2.2016.

Suomen virallinen tilasto (SVT): Puolet suomalaisista yhteisöpalveluissa (korjattu). 2014. Verkkojulkaisu. ISSN=2341-8699. Helsinki: Tilastokeskus.
<http://www.stat.fi/til/sutivi/2014/sutivi_2014_2014-11-06_kat_004_fi.html> Luettu 23.4.2016

Von Noorden, Gunter K. 1996. Binocular Vision and Ocular Motility - Theory and Management of Strabismus. Viides painos. Mosby-Year Book Inc. 8. 12-13. 21-22. 129. 150-151.

Tutkimuksen sisältö**Ryhmä A**

Kellonaika _____
Ikä _____
Sukupuoli _____
Yleissairaudet/-lääkitykset _____
Silmäsairaudet/-lääkitykset _____
Muuta _____
Refraktio ja pvm. _____
Lähilisä 29 cm _____
Foria (Graeffe) _____
Foria (Maddoxin siipi) _____
Vireystilan arvio (1-5)* _____

Ryhmä B

Kellonaika _____
Ikä _____
Sukupuoli _____
Yleissairaudet/-lääkitykset _____
Silmäsairaudet/-lääkitykset _____
Muuta _____
Refraktio ja pvm. _____
Lähilisä 29 cm _____
Foria (Maddoxin siipi) _____
Foria (Graeffe) _____
Vireystilan arvio (1-5)* _____

*5=hyvin virkeä, 4=virkeä, 3=ei erityisen uupunut muttei virkeäkään, 2=uupunut, 1=hyvin uupunut.