

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

Ruth Berkhof - ruth.berkhof@student.hu.nl

Linda ten Brinke - linda.tenbrinke@student.hu.nl

17-06-2013

Uitvoeren van Onderzoek, afstudeeropdracht Orthoptie

Hogeschool Utrecht

Doel: Bepalen of de PowerRef II gebruikt kan worden bij het meten van een accommodatie lag en vertraging bij verschillende refractiegroepen en de accommodatieve respons van de groepen vergelijken.

Materiaal&methode: Tijdens een niet-therapeutisch, cross-sectioneel accommodatieonderzoek werd van 13 t/m 23 mei 2013 data verzameld van myope ($SE \geq -0.75$) emmetrope ($SE -0.50$ tot $+1.25$) en hypermetrope ($SE \geq +1.50$) studenten in de Kliniek Oogzorg van de Hogeschool Utrecht. Rekrutering vond plaats via een email aan alle studenten van de opleidingen optometrie en orthoptie. Er werd een accommodatiemeting gedaan met de PowerRef II fotorefractormeter, op 25centimeter, 50centimeter, 1meter en 2,5meter waarbij gemiddelde- en vertraagde accommodatie werd gemeten. Daarnaast werd dynamische skiascopie uitgevoerd op 25centimeter en 50centimeter voor vergelijking en kalibratie van de PowerRef II.

Resultaten: Gegevens van 61 deelnemers met een gemiddelde leeftijd van 21,7 jaar ($SD 2,98$) werden gebruikt voor statistische analyse; 7 hypermetropen, 26 emmetropen en 31 myopen. Vanwege onvoldoende data werden 5 deelnemers geëxcludeerd. Er werd geen correlatie gevonden tussen dynamische skiascopie en de PowerRef II ($r=0.141/r=0.269$). Afzonderlijk waren beide methoden reproduceerbaar ($SD \leq 0.178$; $p \leq 0.022$). Op geen van de meetafstanden werd een significant verschillende gemiddelde accommodatie gevonden tussen de refractiegroepen ($p \geq 0.454$). De vertraging tussen de refractiegroepen was op 25centimeter significant verschillend ($p=0.001$). Hypermetropen accommodeerden het minst snel en myopen het snelst ($p=0.003$).

Conclusie: Bij hypermetropen werd een significant langere vertraging gevonden en myopen accommodeerden het snelst op 25 centimeter. Op geen van de afstanden werd tussen de refractiegroepen een verschil gevonden in gemiddelde accommodatie. De PowerRef II bleek goed reproduceerbaar en een geschikte methode om naast accommodatie respons ook de accommodatie vertraging vast te leggen.

Sleutelwoorden: *accommodatie, refractieafwijking, PowerRef II, dynamische skiascopie*

Purpose: Determine if the PowerRef II can be used in measuring accommodative lag and delay in groups with a different refractive status for comparison.

Methods: During a non-therapeutic, cross-sectional accommodation study from May 13 to May 22, 2013, data was collected on subjects with myopia ($SE \geq -0.75$), emmetropia ($SE -0.50$ to $+1.25$) and hypermetropia ($SE \geq +1.50$) at the Eye care clinic of the University of Applied Sciences Utrecht. Recruitment took place through an email to all optometric and orthoptic students. Accommodation measurement was done with the PowerRef II photorefractor at 25centimeter, 50centimeter, 1meter and 2,5meter, whereby mean accommodation and accommodation delay were measured. In addition, dynamic retinoscopy at 25centimeter and 50centimeter was performed for comparison and possible calibration of the PowerRef II.

Results: Data from 61 participants with a mean age of 21,7 year (SD 2,98) was analysed statistically; consisting of 7 hypermetropics, 26 emmetropics and 31 myopics. Because of insufficient data 5 participants were excluded. No correlation was found between dynamic retinoscopy and the PowerRef II ($r=0.141/r=0.269$). Separately both methods were reproducible ($SD \leq 0.178$; $p \leq 0.022$). On all four of the measuring distances there was no significant difference in average accommodation between the refractive groups ($p \geq 0.454$). The delay at 25centimeter was significantly different ($p=0.001$) between the groups. Hypermetropic subjects accommodate the slowest and myopic subjects the fastest ($p=0.003$).

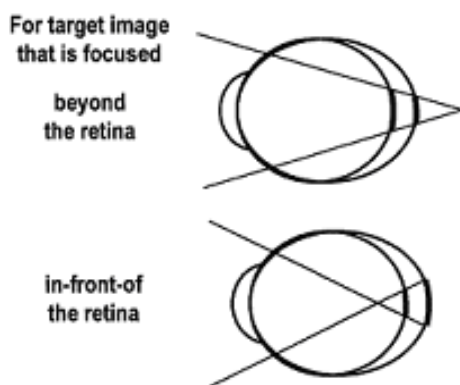
Conclusion: A significantly longer delay was found among hypermetropic subjects, myopic subjects were accommodating most rapidly at 25centimeter. At none of the distances a different accommodative response was found between the groups. The PowerRef II showed good reproducibility and was a suitable method to measure besides accommodative response also the accommodative delay.

Keywords: accommodation, refractive error, PowerRef II, dynamic retinoscopy

Inleiding

Tijdens de ontwikkeling van het oog in het eerste levensjaar is accommodatie één van de belangrijkste drijfveren voor veranderingen in de refractie van het oog. Het oog zal in lengte toenemen en emmetropiseren (Hung & Ciuffreda, 2007; Ansons & Davis, 2001). Studies naar onderliggende mechanismen en de invloed van omgevingsfactoren laten in wisselende mate betrokkenheid van accommodatie zien bij de ontwikkeling van refractie (Langaas *et al.*, 2008; Hung & Ciuffreda, 2007; Wildsoet, 1997).

Het oog is bij geboorte normaliter hypermetroop en zal door veranderingen in de breking van de cornea en lens en toename van de axiale lengte een nauwkeurig gefocust beeld op de retina moeten krijgen. Een belangrijke prikkel voor dit emmetropisatie proces is een retinale defocus, er valt geen scherp beeld op de retina (Hung & Ciuffreda, 2007; Hung & Ciuffreda, 2000). Afhankelijk van de refractiefout valt het beeld bij rusttoestand van de lens voor of achter de retina. Bij myopie valt het voor de retina en is er een myope retinale defocus. Bij hypermetropie valt het achter de retina en is er een hypermetrope retinale defocus (fig. 1).



Figuur 1: Hypermetrope en myope retinale defocus (Hung & Ciuffreda, 2007)

Zowel in dierlijke als humane studies wordt gesuggereerd dat een hypermetrope defocus een stimulans zou zijn voor toename van de axiale lengte van het oog (Hung & Ciuffreda, 2007; Mutti *et al.*, 2006; Hung & Ciuffreda, 2000). Diether & Wildsoet (2005) lieten dit zien in een onderzoek bij kuikens. Door middel van een negatieve lens werd een hypermetrope defocus opgewekt, wat leidde tot verdunning van de choroidea en versnelde toename van de axiale lengte. Bij opwekking van een myope defocus leidde dit tot het tegenovergestelde.

Accommodatie heeft invloed op de retinale defocus. Wanneer een voorwerp zich dichtbij bevindt en wazig is, valt het beeld achter het oog (hypermetrope defocus) en moet er geaccommodeerd worden om het beeld scherp op de retina afgebeeld te krijgen. Hierbij wordt de lens boller door contractie van de intraoculaire spieren (Gutter *et al.*, 2009). Indien

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

er sprake is van over- of onderaccommodatie geeft dit veranderingen in retinale defocus. In het geval van onderaccommodatie (lag) bij fixeren op een voorwerp dichtbij, zal een hypermetrope defocus aanwezig blijven en wordt het oog geprikkeld om toe te nemen in lengte (Hung & Ciuffreda, 2007).

Accommodatie bij myopie

Een hypermetrope retinale defocus ten gevolge van een accommodatie lag bij fixatie dichtbij is veelvoorkomend bij myopie en wordt in verschillende onderzoeken aangedragen als oorzaak voor groei van het oog tijdens de sensitieve periode bij kinderen, met progressieve myopie als gevolg (Hung & Ciuffreda, 2007; Hung & Ciuffreda, 2000; Norton, 1999; Wildsoet, 1997). Gwiazda *et al.* (2005) vonden in een longitudinale studie bij 80 kinderen een verminderde accommodatieve respons dichtbij bij myopen en bij kinderen die twee jaar later myoop werden, vergeleken met kinderen die emmetroop waren gebleven. Mutti *et al.* (2002) beschreven echter dat een accommodatie lag door myopie ontstond, in plaats van dat het tot myopie zou leiden. De CLEERE studiegroep vonden bij 592 myopen een gemiddelde accommodatie lag aan het begin van het jaar van 1.64 dioptrieën (dpt) en aan het einde van het jaar 1.59 dpt. Er werd geen associatie gevonden tussen een accommodatie lag en progressieve myopie (Berntsen *et al.*, 2011). Langaas *et al.* (2008) vergeleken de accommodatieve respons bij 18 emmetrope en 21 myope kinderen op 25centimeter, 50centimeter en 1meter. Voor beide groepen werd op alle afstanden een gelijke lag gevonden, met de hoogste lag op 50centimeter en een meer variabele lag bij myope kinderen.

Accommodatie bij hypermetropie

Verschillende onderzoekers zagen bij hypermetropen een accommodatieve lag (Candy *et al.*, 2012; Tarczy-Hornoch, 2012; Horwood & Riddell, 2011; Mutti *et al.*, 2009). De mate van accommodatie lag verschilt per onderzoek, maar ligt tussen minder dan 1.25 en 5 dpt. Tarczy-Hornoch (2012) vond bij 95% van de 189 onderzochte kinderen een accommodatieve lag van ≤ 1.25 dpt. In twee onderzoeken lijkt de mate van hypermetropie een relatie te hebben met de accommodatie lag. Tarczy-Hornoch (2012) vond met dynamische skiascopie volgens de Bell methode bij meer dan +2.25 dpt hypermetropie een hogere, meer variabele accommodatie lag. Horwood & Riddell (2011) vonden eveneens een hogere lag bij meer dan +2 dpt hypermetropie, gemeten bij 38 kinderen met een fotorefractometer, de PowerRef II.

Meetmethoden

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

Bij een accommodatiemeting kunnen de accommodatieamplitude en de accommodatieve respons op een fixatieobject bepaald worden (Gutter *et al.*, 2009). Hierbij geeft de amplitude informatie over de maximale capaciteit van de accommodatie, maar zegt niets over de werkelijke respons op een fixatieobject. Bij een normale amplitude kan er namelijk sprake zijn van onder- of overaccommodatie, een lag of lead (Edwards *et al.*, 2009). Een monoculaire accommodatiemeting geeft een verminderde accommodatie respons, de accommodatie kan daarom het beste binoculair bepaald worden (Horwood *et al.*, 2001, Horwood & Riddell, 2009).

Dynamische skiascopie is een objectieve methode om de accommodatieve respons op een bepaald fixatieobject te meten. Dit maakt het een geschikte methode om een betrouwbare meting te verrichten bij kinderen (Woodhouse *et al.*, 1993). De techniek vertoont een hogere reproduceerbaarheid in vergelijking met subjectieve onderzoeksmethoden (León *et al.*, 2012). Dynamische skiascopie blijkt het best uitvoerbaar volgens de Nott methode met behulp van de Ulster Cardiff Accommodation-cube (fig. 2) (Woodhouse *et al.*, 1993).



Figuur 2: Ulster Cardiff Accommodation-cube, ontworpen door Dr. Woodhouse als hulpmiddel bij dynamische skiascopie (<http://pavisionuk.com>)

Een andere manier om objectief de accommodatie te meten is fotorefractie, waarbij de refractie op verschillende afstanden te meten is. Deze techniek is in 1974 ontwikkeld door Howland & Howland (Ansons & Davis, 2001). Met behulp van een infrarode lichtbron kunnen refractie, pupilgrootte en blikrichting gedurende een bepaalde tijd dynamisch worden gemeten (Anderson *et al.*, 2010). Voorwaarden voor een goede meting zijn: donkeradaptatie voor grote pupillen en een korte fixatieduur (Berkhof & van Dijk, 2012; Horwood & Riddell, 2001). In de tijd dat de fotorefractor de refractie bepaald, kunnen fixatieobjecten op verschillende afstanden worden aangeboden. Horwood & Riddell (2009) maakten onderscheid in verschillende fixatiepatronen bij aanbieding van fixatieobjecten. Wanneer de fixatie verandert van een punt ver weg naar een punt dichtbij (looming) kan dat een andere accommodatieve respons geven dan een verandering van dichtbij naar ver weg (anti-

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

looming), omdat gevoel van dichtbijheid een prikkel is voor accommodatieve convergentie, wat bij het looming effect wordt opgewekt (Gutter *et al.*, 2009; Horwood & Riddell, 2009).

Fotorefractie werd commercieel beschikbaar als PowerRef II van PlusoptiX AG (Nürnberg, Duitsland) (Horwood & Riddell, 2009; Langaas *et al.*, 2008). Voor fixatie op verschillende afstanden met een tijdsopname, ontwikkelde Blinq Systems B.V. een opstelling om de PowerRef II heen en software om ruwe data bestanden te converteren naar een Excel bestanden (Berkhof & van Dijk, 2012; Horwood & Riddell, 2009).

Het is onbekend of de accommodatie lag onderdeel uitmaakt van hypoaccommodatie of een vertraagde accommodatie. Hier wordt in de literatuur geen onderscheid tussen gemaakt, omdat vertraagde accommodatie niet werd gemeten (Berntsen *et al.*, 2011; Horwood & Riddell, 2009; Langaas *et al.*, 2008; Hung & Ciuffreda, 2007). Blinq Systems B.V. maakte het met de nieuw ontwikkelde software mogelijk om ook de vertraging te meten door onderscheid te maken tussen de gemiddelde accommodatie op een fixatieobject en de tijd die het duurt om te accommoderen op dat fixatieobject.

Uit het bovenstaande blijkt dat er geen eenduidige onderzoeksresultaten zijn over accommodatiepatronen bij de verschillende refractieafwijkingen. Om de relatie tussen een bepaald accommodatiepatroon (lag of lead) en een bepaalde ontwikkeling in refractieafwijking te leren kennen, moeten hypermetropie, emmetropie en myopie met elkaar vergeleken worden. Het doel van dit onderzoek is om met de PowerRef II in een opstelling, de accommodatie in de tijd te meten en relatie tussen accommodatiepatronen en refractieafwijkingen te leren kennen. De centrale onderzoeksvraag hierbij is:

Kan een accommodatieve lag of lead gemeten met de PowerRef II geassocieerd worden met een bepaalde refractieafwijking bij oogzorg studenten van de Hogeschool Utrecht?

Materiaal en methode

Een uni-center pilot studie is uitgevoerd in de Kliniek Oogzorg van de Hogeschool Utrecht. Goedkeuring voor deze studie is gegeven door de medisch ethische toetsingscommissie van het Erasmus MC te Rotterdam. Voor benadering van de studenten is een email verstuurd, daarnaast zijn studenten geworven door persoonlijke benadering. Alle geïnformeerde studenten konden zich aanmelden voor een meting in de periode van 13 mei 2013 tot en met 22 mei 2013. Studenten werden op vrijwillige basis onderzocht. Exclusie criteria waren een

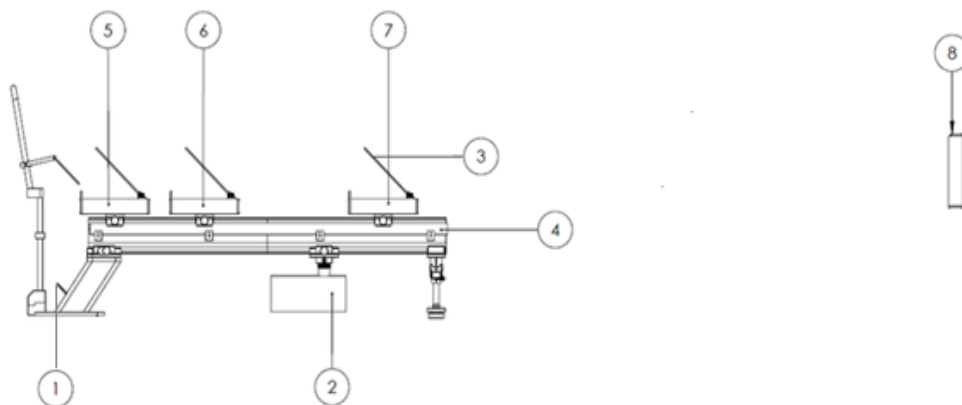
Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

best gecorrigeerde monoculaire visus van <0.7 en een niet getekend informed consent (bijlage 1).

De deelnemers werden aan de hand van hun refractieafwijking onderverdeeld in een emmetrope, hypermetrope of myope groep. Emmetropie werd gedefinieerd als een sferisch equivalent (SE) van -0.25 dioptrieën tot $+1.25$ dioptrieën, hypermetrope als een SE van $\geq +1.50$ dioptrieën en myopie als een SE van ≥ -0.50 dioptrieën.

Gebruikte apparatuur en meetmethoden

Studenten werden zonder interventie onderzocht zoals ze zich presenteerden. Door een onverwijde meting met een handheld automatische refractormeter en doormeten van de bril indien nodig werd er informatie verkregen over refractie. Indien onbekend werd de visus bepaald met de projector. Het sferisch equivalent werd bepaald met de formule: $S+(0.5 \times C)$. De binoculaire accommodatie werd met eventuele brilcorrectie gemeten met de eerder genoemde opstelling, de PowerRef II (fig. 3, fig. 4) en met dynamische skiascopie.



Figuur 3: Zijaanzicht PowerRef II in opstelling: 1. Hot mirror, 2. PowerRef II, 3. Half doorlaatbare spiegel, 4. Optische rails, 5-7. Lichtbronnen in afzonderlijke units, 8. Losstaande unit



Figuur 4: Foto zij aanzicht PowerRef II in opstelling

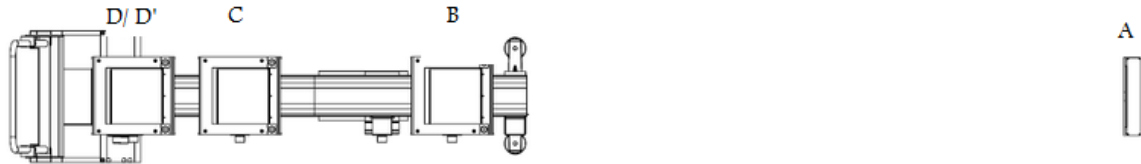


Figuur 5: Fixatieobject op 2,5 meter

Opstelling PowerRef II

De PowerRef II, die werd aangestuurd door software, was aan de onderkant van de rails bevestigd en weerkaatste infrarode lichtstralen via een hot mirror in de visuele as van de deelnemer. Aan het begin van de rails was een kin- en hoofdsteun bevestigd, waar de deelnemer stabiel op kon rusten en in een rechte lijn naar de fixatieobjecten kon kijken. De units die op de optische rails waren bevestigd, bestonden uit lichtbakken waar een diffuser plaat op was bevestigd. Op iedere unit was een schuine halfdoorlaatbare spiegel gemonteerd. Op iedere diffuser plaat werd een fixatieobject geplaatst, die bestond uit een glasplaat met daarop vier verschillende letters van het Sloan lettertype met op alle afstanden een spatiële frequentie van drie cycles per degree. Twee letters waren zwart, één geel en één groen (fig. 5). Voor pupildilatatie werd tijdens de uitleg, circa twee minuten voor de meting startte, het licht gedimd. Er werden twee metingen uitgevoerd bij iedere deelnemer. De ontwikkelde software maakte het mogelijk protocollen te programmeren voor een volgorde van fixatieafstanden waarop geacommodeerd moest worden. De fixatieafstanden werd als volgt gedefinieerd: $A/A2=2.5\text{meter}$, $B=1\text{meter}$, $C=0.5\text{meter}$ en $D/D2=0.25\text{meter}$ (fig. 6). Bij protocol 1 werd gebruik gemaakt van het looming effect, met de volgorde: A, D, C, B, D2, A2. Bij protocol 2 werd het anti-looming effect toegepast, met de volgorde: D, A, C, B, D2, A2. Alle deelnemers kregen de twee verschillende protocollen achter elkaar aangeboden. Iedere 5 seconden ging een volgende lichtbak aan en iedere 40 milliseconden vond er een meetmoment plaatst. Voor optimale fixatie op de objecten werden tijdens de meting vragen gesteld over de objecten.

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie



Figuur 6: Bovenaanzicht meetopstelling met fixatieafstanden. $D/D'=25$ centimeter, $C=50$ centimeter, $B=1$ m, $A=2,5$ m

Dynamische skiascopie

Dynamische skiascopie werd volgens de Nott methode op 25 en 50centimeter uitgevoerd met een Heine beta 200 skiascoop en de UC-cube. Het fixatieobject van de UC-cube was een verplaatsbaar lichtgevend blokje met cijfers en letters erop. Tijdens de meting werd de UC-cube vastgehouden door de deelnemer en steunde op de kin. Wanneer de deelnemer fixeerde op het fixatieobject, lette de onderzoeker op de reflexbeweging op de retina. De beweging van de reflex werd binoculair bepaald door snelle afwisseling van het ene naar het andere oog. Bij een meebeweging, werd achter het fixatieobject geaccommodeerd (lag). De onderzoeker bewoog naar achteren totdat er neutralisatie optrad (flits). Bij een tegenbeweging, werd voor het fixatieobject geaccommodeerd (lead) en bewoog de onderzoeker naar de deelnemer toe tot de neutralisatie. De meetafstand werd afgelezen op de UC-cube en omgerekend naar dioptrieën.

Kalibratie PowerRef II

Om betrouwbaar de accommodatie te kunnen bepalen was kalibratie van de PowerRef II nodig. Hiervoor werden de uitkomsten van de PowerRef II en dynamische skiascopie met elkaar vergeleken op 25 en 50centimeter. Om de intra-variabiliteit van beide meetmethoden in kaart te brengen werden twee trials van 10 metingen uitgevoerd bij beide onderzoekers en werd bepaald of de PowerRef II en dynamische skiascopie ook daadwerkelijk 10 gelijke metingen lieten zien. Wanneer dit het geval was kon voor het bepalen van de meetfout van de PowerRef II gekeken worden naar het verschil tussen de accommodatievraag en de werkelijk gemeten gemiddelde accommodatie voor de verschillende afstanden.

Analyse

De gegevens van de metingen met de PowerRef II werden als ruwe data weergegeven in een Excel bestand. Uit deze data werden van alle metingen per oog de vertraging en de gemiddelde accommodatie per afstand berekend en verwerkt in de database van het analyseprogramma SPSS 20 voor Windows. Significantie werd bereikt bij een betrouwbaarheidsniveau van 95% ($p < 0.05$).

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

Bij een normale verdeling werden de correlatie en significantie bepaald met behulp van de Pearson p-waarde test en werd gekeken naar een positief of negatief lineair verband aan de hand van een scatterplot. Wanneer er geen normale verdeling aangetoond kon worden, werden de Kurskal-Wallis test en de Mann-Whitney-U test uitgevoerd afhankelijk van het aantal te vergelijken groepen. Ook is er gebruikt gemaakt van logistische regressie om de uitkomsten van de PowerRef II en dynamische skiascopie tegen elkaar uit te zetten en te bepalen of de PowerRef II gekalibreerd kon worden met dynamische skiascopie.

Resultaten

Er namen 66 studenten deel aan dit onderzoek. Vijf studenten werden geëxcludeerd, door onvoldoende gegenereerde data tijdens de meting van de PowerRef II. Gegevens van 61 studenten werden gebruikt voor de statistische analyse. De onderzoekspopulatie bestond uit 54 vrouwen (88,5%) en 7 mannen (11,5%), met een gemiddelde leeftijd van 21,7 jaar (SD 2.975). De gemiddelde decimale visus van OD was 1,07 (SD 0.142) en van OS 1,06 (SD 0.154).

De emmetrope groep bestond uit 23 studenten, met een mediaan van het sferisch equivalent (SE) S+0 (range +0-+1). Zeven studenten behoorden tot de hypermetrope groep met een mediaan van het SE S+3 dpt (range +2-+5). De myope groep bestond uit 31 studenten, waarbij de mediaan van het SE S-3,13 was (range -9- -0,63). Basiskarakteristieken worden benoemd in tabel 1.

Tabel 1: Basiskarakteristieken onderzoekspopulatie

	Emmetropen (N=23)	Hypermetropen (N=7)	Myopen (N=31)
Geslacht M/V (%)	5/18 (22/78)	0/7 (0/100)	2/29 (7/93)
Gem. leeftijd (jr.) (SD)	21,8 (4.221)	21,4 (1.272)	21,7 (2.072)
Gem. SE (dpt) (range)	0,13 (0-+1)	3,14 (+2-+5)	-3,68 (-9- -0,63)

Gem.: gemiddelde, SD: standaard deviatie, SE (dpt): sferisch equivalent in dioptrie

Protocollen looming en anti-looming

Voor analyse van de metingen werd er gekeken of er een verschil bestond tussen de twee uitgevoerde protocollen met de Pearson p-waarde test. Per afstand werd de gemiddelde

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

accommodatie voor looming en anti-looming vergeleken en er werd voor alle afstanden een significante matig tot zeer sterke positieve correlatie gevonden tussen de beide protocollen. De r-waarden zijn in tabel 2 weergegeven ($p < 0.001$).

**Tabel 2: Correlatiecoëfficiënt
looming vs. anti-looming**

Afstand	r-waarde
25 cm (D/D2)	0.637 / 0.803
50 cm (C)	0.937
1 m (B)	0.906
2.5 m (A/A2)	0.889 / 0.877

**Tabel 3: Correlatiecoëfficiënt
lamp A vs. A2, D vs D2**

Afstand	r-waarde
25 cm (D/D2)	0.670
2.5 m (A/A2)	0.906

Hoe meer accommodatie er gemeten werd bij looming, hoe meer er ook bij anti-looming gemeten werd. Omdat er een statistisch significante samenhang werd gevonden, werd voor de analyses gebruik gemaakt van de metingen volgens het looming protocol. Tussen de dubbel aangeboden lampen in het looming protocol op 2,5meter (A) en 25centimeter (D) werd eveneens een statistisch significante correlatie gevonden in gemiddelde accommodatie ($p < 0.001$) (tabel 3). Lampen A en D werden gebruikt voor berekening van gemiddelde accommodatie en lampen A2 en D werden gebruikt voor berekening van vertraagde accommodatie, omdat het looming protocol geen vertraging heeft op de lamp A.

Kalibratie PowerRef II

Bij vergelijking van de meetmethoden met de PowerRef II en dynamische skiascopie werd op 25 en 50centimeter geen significante correlatie coëfficiënt gevonden ($r = 0.141$, $r = 0.269$). De PowerRef II mat constant een lagere accommodatieve respons vergeleken met dynamische skiascopie en het verschil tussen beide methoden werd groter bij een grotere accommodatievraag. Bij logistische regressie werd er een normale verdeling gezien met een grote spreiding rond de Y-as (0-lijn), waardoor geen uitspraak gedaan kon worden over het lineaire of niet-lineaire verband van de metingen met de PowerRef II in relatie tot dynamische skiascopie. Vanwege deze spreiding in meetresultaten en de afwezigheid van een lineair verband konden de twee meetmethoden niet met elkaar vergeleken worden.

De uitkomsten van de twee trials werden geanalyseerd voor bepaling van de intra-variabiliteit van de PowerRef II en dynamische skiascopie. Voor beide meetmethoden werd weinig spreiding gevonden (tabel 4, fig. 7). Dynamische skiascopie gaf op 25centimeter bij beide trials de meeste spreiding (SD 0.178; SD 0.175) en op 50 centimeter bij trial 1 minder

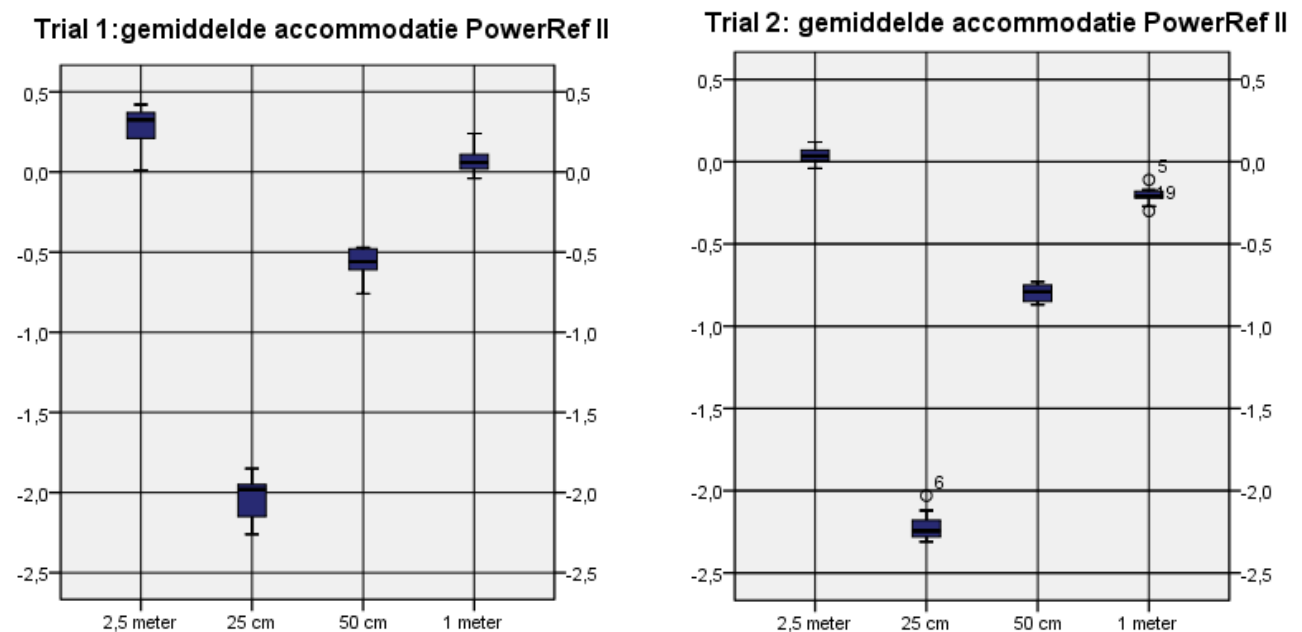
Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

spreiding dan de PowerRef II (SD 0.046 versus SD 0.090). Er werd geen significante correlatie gevonden tussen de gemiddelde accommodatie gemeten met de PowerRef II en dynamische skiascopie op 25 centimeter (trial 1: $r=0.257$, trial 2: $r=0.157$) en 50centimeter (trial 1: $r=0.517$, trial 2: $r=0.131$).

Tabel 4: Gemiddelde accommodatie van beide trials per methode en afstand

	Trial 1	Trial 2
	Gem acc in dpt (SD)	Gem acc in dpt (SD)
PR 25 cm	2.026 (SD 0.128)	2.216 (SD 0.089)
DS 25 cm	4.617 (SD 0.178)	3.106 (SD 0.175)
PR 50 cm	0.564 (SD 0.090)	0.798 (SD 0.052)
DS 50 cm	1.445 (SD 0.046)	1.410 (SD 0.065)

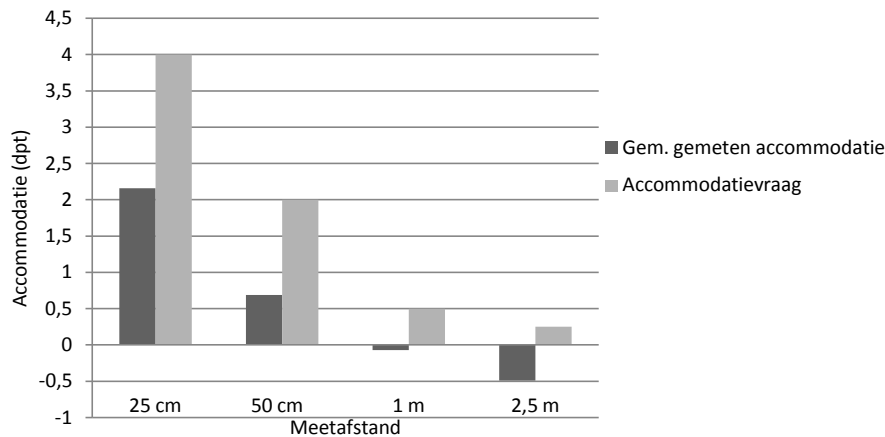
PR: PowerRef II, DS: dynamische skiascopie, gem acc in dpt: gemiddelde accommodatie in dioptrie, SD: standaarddeviatie



Figuur 7: Boxplots met weergave spreiding van de gemiddeld gemeten accommodatie per trial, op 4 afstanden gemeten met de PowerRef II.

Om de systematische meetfout van de PowerRef II te bepalen werden de gemiddelde accommodatie van de hele onderzoeksgroep ($n=61$) en de accommodatievraag per afstand met elkaar vergeleken. Om de daadwerkelijke accommodatie per afstand te bepalen werd als omrekenformule het verschil opgeteld bij de gemiddeld gemeten accommodatie met de PowerRef II. De systematische meetfout voor de afstanden 25centimeter, 50centimeter, 1meter en 2,5meter was respectievelijk 1.84, 1.31, 0.57 en 0.74 dpt (figuur 8).

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie



Figuur 8: Weergave verschil in accommodatievraag en gemiddeld gemeten accommodatie in dioptrie met de PowerRef II op 4 meetafstanden voor bepaling systematische fout (N=61).

Accommodatie

Na correctie van de systematische fout van de PowerRef II werd de gemiddelde accommodatie op de verschillende afstanden bepaald. Significantie tussen de drie refractiegroepen werd bepaald met de Kurskal-Wallis Test. Er werd geen significant verschillende gemiddelde accommodatie gevonden tussen de groepen voor alle meetafstanden (tabel 4), wel werd een trend waargenomen waarbij er op 25centimeter en 50centimeter minder verschil in accommodatie tussen de groepen werd gevonden vergeleken met 1meter en 2,5meter. Op 1meter en 2,5meter accommodeerden de hypermetropen gemiddeld meer (0.58/ 0.42 dpt) en de myopen gemiddeld minder (0.44/0.17 dpt) dan de emmetropen (0.56/0.25 dpt). Bij vergelijking van het gemiddelde zou er op deze afstanden bij de hypermetropen over een milde lead gesproken kunnen worden en bij de myopen een over een milde lag ten opzichte van de emmetropen. Na toetsing met de Mann-Whitney-U Test voor significantie bepaling tussen de verschillende groepen werd er eveneens een trend waargenomen waarbij de emmetropen en hypermetropen op 1meter en 2,5meter minder van elkaar verschilden dan de myopen. Op 25centimeter werd er meer gelijkheid gevonden bij de hypermetropen versus myopen. De accommodatie op 1meter ging tussen de emmetropen versus hypermetropen minder gelijk op dan op 50centimeter.

Tabel 4: Gemiddelde accommodatie in dioptrie met PowerRef II per afstand en per groep

	Totaal	Emmetropen	Hypermetropen	Myopen	p-waarde*
25 cm	N= 58	23	6	29	p=0.712

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

50 cm	Gem. acc.	4.00	4.08	3.96	3.95	p=0.936
	SD	0.682	0.802	0.293	0.647	
	N=	59	23	6	30	
	Gem. acc.	2.00	2.00	2.02	2.00	
1 m	SD	0.509	0.479	0.267	0.576	p=0.486
	N=	58	22	7	29	
	Gem. acc.	0.51	0.56	0.58	0.44	
	SD	0.574	0.455	0.397	0.689	
2,5 m	N=	57	22	7	28	p=0.454
	Gem. acc.	0.25	0.28	0.42	0.17	
	SD	0.687	0.704	0.525	0.720	

Gem. acc.: gemiddelde accommodatie, SD: standaard deviatie, *=Kurskal-Wallis

Er werd vertraging in accommodatie waargenomen bij het omschakelen naar verschillende afstanden. Op 25centimeter duurde het langer voordat er goed op het fixatieobject werd geaccommodeerd vergeleken met de andere afstanden (tabel 5). Hoe verder de lamp van de deelnemer vandaan was, hoe meer significantie in vertraging tussen de refractiegroepen ontstond. Op 25centimeter werd een significant verschillende vertraging gevonden tussen de verschillende refractiegroepen samen ($p=0.001$) en tussen de refractiegroepen afzonderlijk (emmetropen versus hypermetropen: $p=0.038$; emmetropen versus myopen: $p=0.011$; hypermetropen versus myopen: $p=0.003$). De hypermetropen deden er gemiddeld langer over dan de myopen en de emmetropen om op 25centimeter te kunnen accommoderen, respectievelijk 1.25, 0.88 en 1.03 seconden. De myopen accommodeerden op deze afstand het snelst. Op 2,5meter werd er weinig verschil gevonden tussen de refractiegroepen ($p=0.778$). Tussen de hypermetropen en myopen werd op 1meter een significant verschillende vertraging gevonden (0.62 en 0.52 seconden, $p=0.038$), ook hier accommodeerden de hypermetropen langzamer. Op 50centimeter werd een trend waargenomen waarbij de myopen en emmetropen een hogere vertraging hadden dan de hypermetropen, respectievelijk 0.63, 0.64 en 0.54 seconden.

Tabel 5: Gemiddelde vertraging in seconden op de verschillende afstanden per groep

		Totaal	Emmetropen	Hypermetropen	Myopen	p-waarde*
25 cm	N=	58	23	6	29	p=0.001
	Gem. vertr.	0.98	1.03	1.25	0.88	
	SD	0.288	0.302	0.197	0.249	
50 cm	N=	59	23	6	30	p=0.305

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

1 m	Gem. vertr.	0.62	0.64	0.54	0.63	p=0.105
	SD	0.137	0.162	0.235	0.079	
	N=	57	22	7	28	
	Gem. vertr.	0.56	0.58	0.62	0.52	
	SD	0.164	0.170	0.108	0.166	
	N=	54	23	6	25	
2,5 m	Gem. vertr.	0.83	0.83	0.86	0.82	p=0.778
	SD	0.242	0.314	0.161	0.183	
	N=	54	23	6	25	

Gem. acc.: gemiddelde accommodatie, SD: standaard deviatie, *=Kurskal-Wallis

Discussie

Er is literatuur beschikbaar waarin de relatie tussen een accommodatieve respons en de refractie status bij kinderen wordt beschreven (Candy *et al.*, 2012; Tarczy-Hornoch, 2012; Berntsen *et al.*, 2011; Horwood & Riddell, 2011; Mutti *et al.*, 2009; Langaas *et al.*, 2008; Gwiazda *et al.*, 2005; Mutti *et al.*, 2002). Er is echter weinig bekend over de accommodatie lag bij gezonde volwassenen, tevens is er weinig bekend over het fenomeen vertraagde accommodatie (Anderson *et al.*, 2010; Horwood & Riddell, 2009). Met behulp van infrarode fotorefractie (PowerRef II) in een vaste opstelling met fixatieobjecten en een speciaal ontwikkelde tijdsregistratie werd het mogelijk zowel accommodatieve respons als vertraging te meten.

PowerRef II en dynamische accommodatie meting

Voor goede analyse van de onderzoeksresultaten was het noodzakelijk de PowerRef II te kalibreren. Tijdens het onderzoek bleek het niet mogelijk de kalibratie met dynamische skiascopie te doen. De PowerRef II mat constant een lagere accommodatieve respons dan dynamische skiascopie, er werd geen correlatie gevonden en er was geen lineair verband aantoonbaar (25centimeter: $r=0.141$, 50centimeter: $r=0.269$). Beide meetmethoden bleken afzonderlijk goede methoden, maar konden dus niet met elkaar vergeleken worden. Horwood & Riddell (2008) vonden bij 59 kinderen ook een constant lagere meting met de PowerRef II in eigen ontworpen opstelling dan met dynamische skiascopie volgens de MEM-methode en moesten de PowerRef II kalibreren. Ze vonden wel een lineair verband en kalibreerden de PowerRef II met een lineaire formule. Het huidige onderzoek gebruikte twee verschillende meetmethoden beide in een andere setting, terwijl Horwood & Riddell (2008) de twee methoden in dezelfde setting uitvoerden. Kalibratie kan dus alleen met dezelfde fixatieobjecten in dezelfde setting. Na twee trials van tien accommodatiemetingen bleek de PowerRef II goed reproduceerbaar voor alle afstanden. Per afstand werd er een eigen Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

systematische meetfout gevonden, die per afstand werd aangepast ter kalibratie van de PowerRef II. Na deze kalibratie bleek de PowerRef II in de huidige setting een betrouwbare en goede meetmethode om de accommodatieve respons in de tijd te meten op een fixatieobject. Horwood & Riddell (2009) vonden door het gevoel van nabijheid bij het looming protocol een hogere hypermetrope fout bij hypermetrope kinderen, dan wanneer het gevoel van nabijheid niet werd opgewekt (anti-looming protocol), bij de huidige volwassen onderzoekspopulatie bleek er geen verschil in accommodatieve respons tussen wel of niet opwekken van het gevoel van nabijheid.

Accommodatie respons en vertraging

In dit onderzoek werden de accommodatieve respons en de vertraging bij gezonde volwassen hypermetropen, myopen en emmetropen gemeten met de PowerRef II op 25centimeter, 50centimeter, 1meter en 2,5meter. Tussen hypermetropen, myopen en emmetropen werd er bij de gemiddelde accommodatie respons op geen van de verschillende afstanden een significant verschil gevonden (25centimeter $p=0.712$, 50centimeter $p=0.936$, 1meter $p=0.486$, 2,5meter $p=0.454$). Bij accommodatie vertraging op 25centimeter bleek het langer te duren voordat er goed geaccommodeerd werd dan op alle andere afstanden (0.98 seconden versus 0.63, 0.52 en 0.83 seconden). Eerdere literatuur maakte bij het gebruik van de term 'lag' geen onderscheid tussen vertraagde accommodatie en hypoaccommodatie (Berntsen *et al.*, 2011; Horwood & Riddell, 2008; Langaas *et al.*, 2008; Hung & Ciuffreda, 2007; Gwiazda *et al.*, 2005). Het huidige onderzoek deed dit wel en toont ook aan dat er bij volwassenen verschil in gevonden wordt. In de literatuur is het niet duidelijk of de vertraging mee werd berekend in de lag. Indien de vertraging werd meeberekend, kon de gemiddelde respons verminderen. Vergelijking met bestaande literatuur is om deze reden moeilijk. Er kan afgevraagd worden of de vertraagde accommodatie of de onderaccommodatie deel uitmaakt van de hypermetrope retinale defocus bij fixatie op een object dichtbij.

Verskil tussen refractie status en defocus

De retinale defocus theorie wordt als belangrijke bijdrage gezien voor de ontwikkeling van de refractie (Hung & Ciuffreda, 2007; Mutti *et al.*, 2006; Diether & Wildsoet, 2005). Zowel bij emmetropisatie als bij myopisatie zouden bepaalde accommodatie patronen een indicator kunnen zijn voor progressie of stabilisatie (Hung & Ciuffreda, 2007; Gwiazda *et al.*, 2005; Wildsoet, 1997).

In het huidige onderzoek met volwassenen hadden alle refractiegroepen dichtbij (25centimeter) een langere retinale defocus dan op alle andere afstanden. Dit wordt Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

bevestigd in eerdere literatuur die beschreef dat een hogere accommodatievraag een lagere accommodatie respons liet zien (Langaas *et al.*, 2008). Bij vergelijking van de vertraging bij hypermetropen, myopen en emmetropen op 25centimeter (respectievelijk 1.25, 0.88 en 1.03 seconden) bleek deze tussen de refractiegroepen significant te verschillen ($p=0.001$). De hypermetropen hadden een langere accommodatie vertraging op 25centimeter en 1meter dan de myopen ($p=0.003$, $p=0.038$) en op 25centimeter dan de emmetropen ($p=0.038$), dus bij volwassen hypermetropen werd dichtbij de langste retinale defocus gevonden. Wat ook in eerdere literatuur terug te vinden is. Tarczy-Hornoch (2012) vond een accommodatie lag van ≤ 1.25 dpt met dynamische skiascopie op 33, 50 en 67 centimeter bij 95% van de hypermetrope kinderen, die meer variabel werd bij >2.25 dpt hypermetropie (Tarczy-Hornoch, 2012). Het huidige onderzoek maakte echter geen onderscheid tussen hoge en lage hypermetropie.

Dat in het huidige onderzoek de myopen de kortste accommodatie vertraging op 25centimeter hadden en zo ook de kortste retinale defocus, wordt niet in eerdere onderzoeken ondersteund. Langaas *et al.* (2008) vonden een accommodatie lag, gemeten met de PowerRef II, op 25 en 50centimeter bij emmetrope (gemiddelde leeftijd 13.51 jaar, SD 0.07) en myope kinderen (gemiddelde leeftijd 14.14 jaar, SD 0.37). Gwiazda *et al.* (2005) vonden bij de myope kinderen een accommodatie lag en niet bij de emmetropen. Deze onderzoeken werden gedaan bij kinderen en het huidige onderzoek bij volwassenen, wat mogelijk een verschillend resultaat geeft. Anderson *et al.* (2010) vonden namelijk een grotere meer variabele accommodatieve respons bij kinderen in vergelijking met volwassenen.

In bestaande literatuur worden niet alle refractiegroepen met elkaar vergeleken, maar enkel emmetropen met myopen (Langaas *et al.*, 2008; Mutti *et al.*, 2006; Gwiazda *et al.*, 2005), of er wordt slechts gekeken naar één enkele refractiegroep (Tarczy-Hornoch, 2012; Berntsen *et al.*, 2011; Horwood & Riddell, 2008). In het huidige onderzoek werd duidelijk dat juist deze refractiegroepen bij volwassenen van elkaar verschilden. Vergeleken met andere onderzoeken met dezelfde meetmethode was het aantal deelnemers in dit onderzoek vergelijkbaar (Horwood & Riddell, 2008; Langaas *et al.*, 2008). Met behulp van unieke apparatuur, de nieuw ontwikkelde opstelling en software, werd het mogelijk goede betrouwbare metingen te verrichten en een nauwkeurige tijdsmeting te doen, wat geeft dat er beter uitspraak gedaan kan worden over de aanwezigheid van accommodatie vertraging, een lag of een lead. De gelijktijdige meting van beide ogen apart is een voordeel van de PowerRef II (Abrahamsson *et al.*, 2003). Bij dynamische skiascopie wordt binoculair gemeten en kan een verschil tussen beide ogen minder betrouwbaar vastgelegd worden.

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

Gwiazda *et al.* (2005) vonden bij kinderen een verschil in accommodatieve lag over de tijd. In dit cross-sectionele onderzoek kan geen uitspraak gedaan worden over gevolgen voor de toekomst, hiervoor is longitudinaal onderzoek nodig. Deelnemers werden gemeten zoals ze binnen kwamen, er werd geen objectieve of subjectieve refractie uitgevoerd. Grote fouten in de refractie worden echter niet verwacht, omdat de deelnemers oogzorg studenten waren die inzicht hebben in de eigen refractie. De deelnemers waren allen volwassen, zodat de resultaten niet te vergelijken zijn met onderzoeksresultaten van kinderen.

Conclusie

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat er geen verschil bestaat in gemiddelde accommodatie op verschillende afstanden tussen hypermetropen, myopen en emmetropen bij studenten oogzorg van de Hogeschool Utrecht met een gemiddelde leeftijd van 21,7 jaar. Wel is er een verschil te vinden in de tijdsduur om tot de gevraagde accommodatie te komen. Verder is aangetoond dat er niet meer accommodatie wordt opgewekt wanneer er gebruik wordt gemaakt van het gevoel van nabijheid voor alle refractiegroepen. De hypermetropen doen er in dit onderzoek langer over om op de gevraagde accommodatie te komen, myopen accommoderen sneller dan hypermetropen en emmetropen. Wanneer er gesproken wordt over de term 'lag' moet er dus onderscheid gemaakt worden tussen de accommodatieve respons en de vertraagde accommodatie.

Uit dit onderzoek blijkt dat de PowerRef II in huidige setting na kalibratie een goede meetmethode is om de accommodatie en de vertraging op verschillende afstanden te bepalen, maar vergelijking met dynamische skiascopie is niet mogelijk. Ten opzichte van andere meetmethoden heeft deze meetmethode als voordeel dat het mogelijk is om de vertraagde accommodatie te meten, want de software maakt het mogelijk om een nauwkeurige tijdsmeting te doen. Dynamische skiascopie blijkt voor de orthoptische praktijk een goede meetmethode om aan te tonen of er teveel of tekort aan accommodatie is, voor wetenschappelijk onderzoek is het echter een minder goede methode, want er wordt minder secuur en uitgebreid gemeten.

Aanbevelingen

Om te kunnen bepalen of een bepaald accommodatiepatroon een risicofactor is voor het verloop van een refractie afwijking, is een langere follow-up en een grotere onderzoekspopulatie nodig. Met de PowerRef II in huidige opstelling kan er onderscheid worden gemaakt tussen accommodatievertraging en hypoaccommodatie in verschillende. Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

refractie statussen. Er wordt een prospectief onderzoek aanbevolen met als onderzoekspopulatie kinderen van 5-12 jaar in de sensitieve periode, omdat de refractie nog in ontwikkeling is. De gemiddelde accommodatie en vertraagde accommodatie kunnen bepaald worden en het verschil in accommodatieve respons bij een hoge versus lage refractieafwijking.

Wanneer er ter kalibratie gekeken wordt naar het verschil in gemiddelde accommodatieve respons van de onderzoeksgroep ten opzichte van de accommodatievraag zal dit het meest betrouwbaar zijn wanneer er sprake is van een grotere onderzoekspopulatie met normaal verdeelde groepen.

Literatuurlijst

- Abrahamsson, M., Ohlsson, J., Björndahl, M., Abrahamsson, H. (2003) Clinical evaluation of an eccentric infrared photorefractor: the PowerRefractor. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 81, 605-610.
- Anderson, H.A., Glasser, A., Manny, R.E., Stuebing, K.K. (2010) Age-related changes in accommodative dynamics from preschool to adulthood. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 51(1), 614-622.
- Ansons, A.M., Davis, H. (2001) *Diagnosis and Management of Ocular Motility Disorders*. 3rd edition. Oxford, Blackwell Science. p. 28.
- Berntsen, Sinnott, L.T., D.A., Mutti, D.O., Zadnik K. (2011) Accommodative Lag and Juvenile-Onset Myopia Progression in Children Wearing Refractive Correction. *Vision Research*, 51(9), 1039–1046.
- Candy, T.R., Gray, K.H., Hohenbary, C.C., Lyon, D.W. (2012) The Accommodative Lag of the Young Hyperopic Patient. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 53(1), 143-149.
- Diether, S., Wildsoet, C.F. (2005) Stimulus Requirements for the Decoding of Myopic and Hyperopic Defocus under Single and Competing Defocus Conditions in the Chicken. *Ophthalmology & Visual Science*, 46(7), 2242-2252.
- Edwards, K., Logan, N., Rosenfield, M. (2009) *Optometry, science techniques and clinical management*. 2e druk. Oxford, Butterworth-Heinemann. p 229-239;520.
- Gutter, M., Jellema, H.M., Petegem-Hellemans, J., van Wijnen-Segeren, I. (2009) *Handleiding praktische vaardigheden orthoptie*. 3^e druk. Ridderkerk, Uitgeverij Luiten. p 340-344.

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

- Gwiazda, J., Thorn, F., Held, R. (2005) Accommodation, Accommodative Convergence, and Response AC/A Ratios Before and at the Onset of Myopia in Children. *Optometry and Vision Science*, 82(4), 273-278
- Hogeschool Utrecht (2012) *portfolio Berkhof, R. en Dijk, van, K.*. Utrecht
- Horwood, A.M., Riddell, P.M. (2001) Variations in accommodation and convergence responses in a minimally controlled photorefractive setting. *Optometry and Vision Science*, 78(11), 791-804.
- Horwood, A.M., Riddell, P.M. (2008) The use of cues to convergence and accommodation in naïve, uninstructed participants. *Vision Research*, 48, 1613-1624.
- Horwood, A.M., Riddell, P.M. (2009) Receding and disparity cues aid relaxation of accommodation. *Optometry and Vision Science*, 86(11), 1276-1286.
- Horwood, A.M., Riddell, P.M. (2011) Hypo-accommodation responses in hypermetropic infants and children. *British Journal of Ophthalmology*, 95, 231-237.
- Hung, G.K., Ciuffreda, K.J. (2000) A Unifying Theory of Refractive Error Development. *Bulletin of Mathematical Biology*, 62(6), 1087-1108.
- Hung, G.K., Ciuffreda, K.J. (2007) Incremental retinal-defocus theory of myopia development, schematic analysis and computer simulation. *Computers in Biology and Medicine*, 37(7), 930-946.
- Langaas, T., Riddell, P.M., Svarverud, E., Ystenaes, A.E., Langeeggen, I., Bruenech, J.R.(2008) Variability of the Accommodation Response in Early Onset Myopia. *Optometry and Vision Science*, 85(1), 37-48.
- León, A.Á., Medrano, S.M., Rosenfield, M. (2012) A comparison of the reliability of dynamic retinoscopy and subjective measurements of amplitude of accommodation. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 32, 133-141.
- Mutti, D.O., Mitchell, G.L., Hayes, J.R., Jones, L.A., Moeschberger, M.L., Cotter, S.A., Kleinstein, R.N., Manny, R.E., Twelker, J.D., Zadnik, K. (2006) Accommodative Lag before and after the Onset of Myopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 47(3), 837-845.
- Mutti, D.O., Mitchell, G.L., Jones, L.A., Friedman, N.E., Frane, S.L., Lin, W.K., Moeschberger, M.L., Zadnik, K. (2009) Accommodation, Acuity, and their Relationship to Emmetropization in Infants. *Optometry and Vision Science*, 86(6), 666-676.
- Mutti, D.O., Mitchell, G.L., Moeschberger, M.L., Jones, L.A., Zadnik, K. (2002) Parental Myopia, Near Work, School Achievement, and Children's Refractive Error. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 43(12), 3633-3640.
- Norton, T.T. (1999) Animal Models of Myopia: Learning How Vision Controls the Size of the Eye. *Institute for Laboratory Animal Research Journal*, 40(2), 59-77.

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

- Tarchy-Hornoch, K. (2012) Accommodative lag and refractive error in infants and toddlers. *Journal of AAPOS*, 16(2), 112-117
- Wildsoet, C.F. (1997) Active emmetropization, evidence for its existence and ramifications for clinical practice. *Ophthalmic & Physiological Optics*. 17(4), 279-290
- Woodhouse, J.M., Meades, J.S., Leat, S.J., Saunders, K.J. (1993) Reduced Accommodation in Children With Down Syndrome. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 34(7), 2382-2387.

Bibliografie:

- Atkinson, J. (2000) *The Developing Visual Brain*. Oxford Psychology Series no. 32. Oxford, University Press. p. 58-60
- Atkinson, J., Anker, S., Bobier, W., Braddick, O., Durden, K., Nardini, M., Watson, P. (2000) Normal Emmetropization in Infants with Spectacle Correction for Hyperopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 41(12), 3726-3731.
- Atkinson, J., Braddick, O., Nardini, M., Anker, S. (2007) Infant Hyperopia: Detection, Distribution, Changes and Correlates – Outcomes From the Cambridge Infant Screening Programs. *Optometry and Vision Science*, 84(2), 84-96.
- Bear, J.C., Richler, A., Burke, G. (1981) Nearwork and familial resemblances in ocular refraction: A population study in Newfoundland. *Clinical Genetics*, 19(6), 462-472.
- Choi, M., Weiss, S., Schaeffel, F., Seidemann, A., Howland, H.C., Wilhelm, B., Wilhelm, H. (2000) Laboratory, Clinical, and Kindergarten Test of a New Eccentric Infrared Photorefractor (PowerRefractor). *Optometry and Vision Science*, 77(10), 537-548.
- Ciuffreda, K.J., Vasudevan, B. (2010) Effect of nearwork-induced transient myopia on distance retinal defocus patterns. *Optometry*, 81(3), 153-156.
- Correction of Myopia Evaluation Trial 2 Study Group for the Pediatric Eye Disease Investigator Group (2009) Accommodative Lag by Autorefraction and Two Dynamic Retinoscopy Methods. *Optometry and Vision Science*, 86(3), 233-243.
- Curtin, B.J., (1985) *The myopias: basic science and clinical management*. Philadelphia: Harper & Row. p 277-385
- Day, M., Gray, L.S., Seidel, D., Strang, N.C. (2009) The relationship between object spatial profile and accommodation microfluctuations in emmetropes and myopes. *Journal of Vision*, 9(10), 1-13.
- Daw, N.W. (2006) *Visual Development*. 2^e druk. New York, Springer. p. 59,60, 255.
- Hyman, L., Gwiazda, J., Hussein, M., Norton, T.T., Wang, Y., Marsh-Tootle, W., Everett, D. (2005) Relationship of Age, Sex, and Ethnicity With Myopia Progression and Axial

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

Elongation in the Correction of Myopia Evaluation Trial. *Archives of Ophthalmology*, 123, 977-987.

- Jainta, S., Janschinski, W., Hoormann, J. (2004) Measurement of refractive error and accommodation with the photorefractor PowerRef II. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 24(6), 520-527.
- Jenny, M., Saw, S.M., Rose, K.A., Morgan, I.G., Kifley, A., Wang, J.J., Mitchell, P. (2008) Role of Near Work in Myopia: Findings in a Sample of Australian School Children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 49(7), 2903-2910.
- Jones, L.A., Sinnott, L.T., Mutti, D.O., Mitchell, G.L., Moeschberger, M.L., Zadnik, K. (2007) Parental History of Myopia, Sports and Outdoor Activities, and Future Myopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 48(8), 3524-3524.
- Maaijwee, K.J.M., Meulensdijks, C.F.M., Radner, W., Meurs, J.C., Hoyng, C.B. (2007) De Nederlandse versie van de Radner-leeskaart voor het beoordelen van de functionele visus. *Nederlands Tijdschrift Geneeskunde*, 151(45), 2494-2497.
- Maaijwee, K., Mulder, P., Radner, W., Meurs, J.C. (2008) Reliability Testing of the Dutch Version of the Radner Reading Cards. *Optometry and Vision Science*, 85(5), 353-358.
- Millodot, M. (2009) *Dictionary of Optometry and Visual Science*. 7th edition. Oxford, Butterworth-Heinemann Elsevier Science. p. 5.
- Pertile, K.K., Schäche, M., Islam, F.M.A., Chen, C.Y., Dirani, M., Mitchell, P., Baird, P.N. (2008) Assesment of TGIF as a Candidate Gene for Myopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 49(1), 49-54.
- Plainis, S., Tzatzala, P., Orphanos, Y., Tsilimbaris, MK. (2007) A modified ETDRS visual acuity chart for European-wide use. *Optometry and Vision Science*, 84(7), 647-653.
- Thorn, F., Gwiazda, J., Held, R. (2005) Myopia Progression Is Specified by a Double Exponential Growth Function. *Optometry and Vision Science*, 82(4), 286-297.
- Tong, L., Huang, X.L., Koh, A.L., Zhang, X., Tan, D.T., Chua, W.H. (2009) atropine for the treatment of childhood myopia, effect on myopia progression after cessation of atropine. *Ophthalmology*, 116(3), 572-579.
- Walline, J.J., Lindsley, K., Vedula, S.S., Cotter, S.A., Mutti, D.D., Twelker, J.D. (2011) Interventions to slow progression of myopia in children. *Cochrane Database systematic reviews*, (12), CD004916.
- Wessemann, W., Norcia, A.M., Allen, D. (1991) Theory of eccentric photorefraction (photoretinoscopy): astigmatic eyes. *Optical Society of America*, 8(12), 2038-2047.
- Wildsoet, C.F., Schmid, K.L. (2001) Emmetropization in chicks uses optical vergence and relative distance cues to decode defocus. *Vision Research*. 41, 3197-3204.

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

Auteursrechten

De auteurs verklaren het volledige auteursrecht op hun werk te bezitten. Zij vrijwaarden de Opleiding Oogzorg van de Hogeschool Utrecht voor alle vorderingen van derden betreffende de inhoud en vorm van het artikel. Vermenigvuldiging en verspreiding van dit artikel is, zonder toestemming van de Opleiding Oogzorg, Hogeschool Utrecht, niet toegestaan. De auteurs zullen bij eventuele publicatie, gebaseerd op het artikel, de Opleiding Oogzorg slechts vermelden na verleende toestemming.

Bijlagen

1. Informed consent
2. Notatieformulier

Toestemmingsformulier; gericht aan studenten orthoptie/ optometrie

Ik ben gevraagd toestemming te verlenen om de gemeten gegevens te laten gebruiken voor wetenschappelijk onderzoek. Ik heb de voorafgaande informatie doorgenomen of dit is aan mij voorgelezen. Ik heb de mogelijkheid gehad om vragen te stellen over het onderzoek en alle vragen die ik had zijn naar tevredenheid beantwoord. Ik verklaar hierbij dat ik vrijwillig toestemming geef mij de gemeten gegevens te laten gebruiken voor deze studie. Ik weet dat deelname op vrijwillige basis is en dat ik ieder moment kan besluiten om te stoppen met deelname, zonder daar een reden voor te geven.

Naam student:

Handtekening student:

Datum: __/__/__

Wij, de onderzoekers, verklaren dat we de deelnemende student de informatie duidelijk hebben uitgelegd. Wij verklaren dat we naar ons beste kunnen hebben proberen uit te leggen dat het volgende zal gebeuren:

1. de verkregen informatie vertrouwelijk en in anonimiteit blijft
3. de gevonden resultaten gebruikt worden voor de wetenschap en mogelijk gepubliceerd worden

Ruth Berkhof

Handtekening:

Datum: __/__/__

Linda ten Brinke

Handtekening: Datum: __/__/__

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie

Notatieformulier accommodatieonderzoek

Datum:
 Proefpersoon:
 Geboortedatum:
 Refractie groep:
 Excelnummer:

m/v

Brilsterkte

OD			OS		
S	C	X	S	C	X
SE			SE		

AR onverwijd

OD			OS		
S	C	X	S	C	X
SE			SE		

Visus veraf

VOD	VOS	VODS
-----	-----	------

Accommodatie

Power Ref II	NOTT 25 centimeter		NOTT 50 centimeter	
Gemeten: JA / NEE	CENTIMETER	DPT	CENTIMETER	DPT

Nauwkeurigheid van accommodatie in jong volwassen proefpersonen en de relatie met refractie