



rijksuniversiteit
groningen

Verschillen in kijkgedrag richting het blinde veld
tussen mensen met adequaat compenserende
hemianopsie, gesimuleerde hemianopsie en een
intact gezichtsveld tijdens oversteken in Virtual
Reality

Frederique Houtzager

Master These – Klinische Neuropsychologie

S3166856

April 2023

Vakgroep Psychologie

Rijksuniversiteit Groningen

Supervisor: E.M.J.L. Postuma MSc

Examinator: prof. dr. J.H.C. Heutink

Een masterthese is een proeve van bekwaamheid voor studenten. De goedkeuring van de masterthese is het bewijs dat de student over voldoende onderzoeks- en rapportagevaardigheden beschikt om af te studeren, maar biedt geen garantie voor de kwaliteit van het onderzoek en de resultaten van het onderzoek als zodanig, en de masterthese is dan ook niet zonder meer geschikt om als academische bron te worden gebruikt om naar te verwijzen. Indien u meer wilt weten over het in deze masterthese besproken onderzoek en eventueel daarop gebaseerde publicaties, waarnaar u zou kunnen verwijzen, kunt u contact opnemen met de genoemde begeleider.

Abstract

Introduction. People with homonymous hemianopia (HH) can experience difficulties with mobility related activities such as street crossing. In this study, we investigate the differences in scanning behaviour towards the blind visual field between people with adequately compensated HH (AHH, n = 7), simulated HH (GHH, n = 7) and an intact visual field (IG, n = 7) as they cross a street. These outcomes give us more insight into the scanning behaviours towards the blind field that should be trained by people with HH.

Method. We conducted an experiment in virtual reality (VR) in which participants crossed a street, using eye- and headtracking data to calculate four parameters of scanning behaviour. The number of fixations on the blind side, the number of head movements and the amplitudes of saccades and head movements towards the blind field.

Results. We found that scanning behaviours toward the blind field did not differ between participants with AHH and an IG. Participants with GHH fixated their gaze less often on their blind side compared to participants with an IG. Lastly, participants with GHH made fewer fixations and more head movements toward their blind field compared to participants with AHH.

Conclusion. In conclusion, people with AHH did not appear to use a unique scanning strategy towards the blind field during street crossing. Furthermore, it seems that spontaneous adaptations of scanning behaviour towards the blind field occur in people with recently acquired HH, which are inadequate. Thus, scanning behaviour may need to be trained by people with recently acquired HH to improve street crossing. Therefore, the advice for occupational therapists based on this study is to train compensatory scanning in people with recently acquired HH, by increasing fixations towards the blind field.

Samenvatting

Introductie. Mensen met homonieme hemianopsie (HH) kunnen problemen ervaren tijdens mobiliteitstaken zoals oversteken. In deze studie wordt onderzocht hoe kijkgedrag richting het blinde gezichtsveld verschilt tussen mensen met adequaat compenserende HH (AHH, n = 7), met gesimuleerde HH (GHH, n = 7) en met een intact gezichtsveld (IG, n = 7) tijdens oversteken. Met deze uitkomsten kunnen we meer inzicht krijgen in welk kijkgedrag richting het blinde gezichtsveld getraind moet worden door mensen met HH.

Methode. Deelnemers staken in virtual reality (VR), waarna op basis van data van oog- en hoofdbewegingen vier scanparameters van kijkgedrag werden berekend. De proportie fixaties aan de blinde kant, de proportie hoofdbewegingen en de amplitudes van saccades en hoofdbewegingen richting het blinde veld.

Resultaten. Kijkgedrag richting het blinde veld verschilde niet tussen deelnemers met AHH en een IG. Deelnemers met GHH fixeerden hun blik minder vaak aan hun blinde kant in vergelijking met deelnemers met een IG. Ten slotte maakten deelnemers met GHH minder fixaties en meer hoofdbewegingen richting het blinde veld ten opzichte van deelnemers met AHH.

Conclusie. Het lijkt erop dat mensen met AHH geen unieke kijkstrategie richting het blinde veld gebruiken tijdens oversteken. Verder lijken er spontane adaptaties van kijkgedrag richting het blinde veld te ontstaan in mensen met recent HH die niet adequaat zijn. Dit kijkgedrag moet dus mogelijk getraind worden bij mensen met HH om het oversteken te verbeteren. Daarom adviseren we op basis van de huidige studie aan ergotherapeuten om meer fixaties aan de blinde kant te trainen bij mensen die recent HH hebben opgelopen.

Introductie

Homonieme hemianopsie (HH) is een gezichtsveldbeperking waarbij het linker of rechter gezichtsveld niet kan worden waargenomen door beide ogen vanwege een hersenaandoening (Shah & Khanna, 2020). Mensen met HH kunnen problemen ervaren tijdens mobiliteitstaken zoals oversteken, omdat ze door hun beperkte gezichtsveld vaak moeite hebben om een compleet overzicht van de omgeving te krijgen (Chen et al., 2009; de Haan, Heutink, et al., 2015). Deze mobiliteitsproblemen kunnen leiden tot onzekerheden. In een studie van de Haan, Heutink, et al. (2015) rapporteerde 35% van de deelnemers met HH dat zij zich onzeker voelen wanneer zij zich bevinden in onbekende of drukke omgevingen. Onzekerheden tijdens oversteken kunnen als gevolg hebben dat mensen met HH afhankelijker worden van anderen wanneer zij hun huis verlaten, wat de maatschappelijke betrokkenheid en kwaliteit van leven aanzienlijk kan verminderen (Gall et al., 2010; de Haan, Heutink, et al., 2015; Papageorgiou et al., 2007; Wagenbreth et al., 2010).

Om problemen met mobiliteitstaken, zoals oversteken, te verminderen kunnen mensen met HH een compensatietraining volgen. Een voorbeeld van zo'n training is de Inzicht in Hemianopsie (IH) kijktraining (de Haan, Melis-Dankers, et al., 2015). Een van de doelen van deze training is om de impact van het uitgevallen gezichtsveld te compenseren door een systematisch horizontaal kijkpatroon toe te passen, waarbij het maken van oogbewegingen richting het blinde gezichtsveld een belangrijk aspect is. Aan het begin van de training wordt er meer bewustzijn gecreëerd over de grootte en vorm van het uitgevallen gezichtsveld via uitleg en oefeningen. Daarnaast worden de mogelijke consequenties van de visuele beperking op het dagelijks functioneren besproken. Vervolgens wordt de horizontale kijkstrategie aangeleerd, waarbij eerst een grote oogbeweging richting het blinde veld wordt gemaakt, gevolgd door een oogbeweging richting het intacte veld. Ten slotte wordt er recht vooruit gekeken. Dit scanritme wordt eerst binnen en vervolgens buiten in de praktijk gebracht tijdens

verschillende mobiliteitstaken om de overdracht naar het dagelijks leven te vergroten. Na de IH-training zijn mensen met HH beter in het ontwijken van obstakels in een gang en voelen zij zich minder beperkt tijdens mobiliteitstaken.

Eerdere studies suggereren dat ook zonder kijktraining mensen met HH hun kijkgedrag aanpassen door vaker richting hun blinde gezichtsveld te kijken (Alberti et al., 2017; Reinhard et al., 2014). Dit is anders dan het kijkgedrag van mensen met een intact gezichtsveld (IG), die tijdens lezen of mobiliteitstaken zoals autorijden richting beide kanten van het gezichtsveld kijken (Papageorgiou et al., 2012; Schuett et al., 2009). Mensen waarbij HH werd gesimuleerd (GHH) toonden daarentegen vergelijkbare spontane adaptaties van kijkgedrag tijdens lezen en zoeken als mensen met HH (Nowakowska et al., 2019; Schuett et al., 2009; Tant et al., 2002). Dit impliceert dat spontane adaptaties van kijkgedrag in elk geval deels visueel worden uitgelokt door de gezichtsveldbeperking. Toch werd in eerdere onderzoeken gesuggereerd dat spontane adaptaties van kijkgedrag vaak op de lange termijn weer kunnen veranderen en inconsistent zijn tijdens verschillende taken (Foulsham, 2015; Reinhard et al., 2014). Daarnaast rapporteert een groot deel van de mensen met HH na vijf maanden nog steeds veel moeilijkheden in hun dagelijks functioneren (de Haan, Heutink, et al., 2015). Dit wekt de indruk dat spontane adaptaties van kijkgedrag op de lange termijn onvoldoende zijn om klachten in het dagelijks leven te voorkomen.

Kijktraining lijkt dus belangrijk om moeilijkheden tijdens oversteken van mensen met HH te verbeteren, maar er is nog veel onduidelijkheid over welke aspecten van kijkgedrag richting het blinde veld getraind dienen te worden. Ten eerste is het van belang om vast te stellen of mensen met adequaat compenserende HH (AHH) een unieke kijkstrategie gebruiken tijdens oversteken. Papageorgiou et al. (2012) onderzochten kijkgedrag in deelnemers met een IG en met HH tijdens een rijsimulatie waarin zij meerdere kruisingen moesten oversteken. Mensen met HH die weinig botsingen maakten werden gezien als adequaat compenserende

deelnemers (AHH). Resultaten uit deze studie suggereren dat deelnemers met een IG en AHH een andere kijkstrategie richting het blinde veld gebruiken tijdens autorijden, waarbij mensen met AHH meer fixaties aan de blinde kant maakten dan mensen met een IG (Papageorgiou et al., 2012). Dit betekent dat mensen met AHH gebruik zouden maken van een unieke kijkstrategie richting het blinde veld. Hoewel autorijden ook een mobiliteitstaak is, is het onduidelijk of deze resultaten ook te vertalen zijn naar oversteken. Ten tweede is het relevant om te onderzoeken of mensen die recent HH hebben gekregen spontaan hun kijkgedrag richting het blinde veld aanpassen. Deze inzichten geven weer welke aspecten van kijkgedrag richting het blinde veld aan- of afgeleerd dienen te worden om een adequate compenserende kijkstrategie te ontwikkelen. Dit kan uiteindelijk bijdragen aan het verbeteren van compensatietrainingen.

Het doel van deze studie is om de verschillen in kijkgedrag richting het blinde gezichtsveld in kaart te brengen tussen mensen met AHH, met GHH en met een IG tijdens oversteken in virtual reality (VR). Daarnaast zijn er vier verschillende VR oversteekscenario's meegenomen om te controleren of verschillen tussen groepen constant blijven tijdens verschillende oversteeksituaties. Terugkomend op het doel wordt ten eerste gekeken of, in lijn met gemiddelden uit een rijssimulatie studie van Papageorgiou et al. (2012), deelnemers met AHH tijdens oversteken meer fixaties aan de blinde kant maken ten opzichte van deelnemers met een IG. Hiermee wordt gekeken of mensen met AHH een unieke compenserende kijkstrategie richting het blinde veld gebruiken. Daarnaast wordt kijkgedrag richting het blinde veld in mensen met een IG en GHH vergeleken, om de spontane adaptaties van dit kijkgedrag na HH in kaart te brengen. Ten slotte wordt kijkgedrag richting het blinde veld tussen mensen met GHH en AHH vergeleken, om te onderzoeken of er aspecten van kijkgedrag richting het blinde veld zijn die getraind dienen te worden bij iemand die recent HH heeft gekregen. Deze studie heeft een hoge mate van klinische relevantie, omdat de

resultaten kunnen bijdragen aan specifieke adviezen voor ergotherapeuten tijdens het geven van compensatietrainingen aan mensen met HH. Aan de hand van de huidige resultaten, kunnen vervolgstudies een indicatie geven over de mogelijkheden om compensatietrainingen te verbeteren, waardoor mensen met HH uiteindelijk zonder moeilijkheden de straat over kunnen steken.

Methode

Participanten

In totaal hebben 21 volwassenen deelgenomen aan de studie, in drie verschillende groepen. De groep met adequaat compenserende HH (AHH) bestond uit zeven participanten met HH die allemaal IH-training hebben afgerond. De gesimuleerde HH groep (GHH) bestond uit zeven participanten met een intact gezichtsveld waarbij één kant van het gezichtsveld werd geblindeerd, meebewegend met de ogen. De controlegroep bestond uit zeven participanten met een intact gezichtsveld (IG). De demografische factoren zijn samengevat in Tabel 1. Participanten met HH werden geworven via Stichting Koninklijke Visio en mensen met een IG of GHH werden geworven via advertenties op sociale media. Het experiment is goedgekeurd door de medisch ethische toetsingscommissie van het Universitair Medisch Centrum Groningen (NL72491.042.20) en alle participanten hebben een schriftelijke toestemming ondertekend. Inclusiecriteria voor deelnemers met HH waren: minimaal 3 maanden HH met een duidelijke neurologische oorzaak en minimaal quadrantanopsie zonder bijkomende gezichtsveldbeperking in het ipsilesionale gezichtsveld. Inclusiecriteria geldend voor alle deelnemers waren: 18 jaar of ouder, geen tekenen van neglect, geen andere visuele stoornissen, geen oog- of hoofdbeweging stoornissen, geen psychiatrische, visueel perceptuele of cognitieve aandoeningen, een goed gehoor, goede communicatieve vaardigheden, goede balans, oriëntatie, een goed begrip van gesproken taal, een MMSE-score groter of gelijk aan 24 en een visus van 0.5 of hoger.

Tabel 1. Demografische factoren

	AHH (n = 7)	IG (n = 7)	GHH (n = 7)
Geslacht (m/v)	5/2	1/6	4/3
Leeftijd (gemiddelde \pm SD, [Range])	49.0 \pm 21.4, [22, 68]	41.6 \pm 16.9 [24, 72]	39.3 \pm 18.6 [25, 66]
Zijde gezichtsuitval (rechts/links)	(1/6)	-	(0/7)
Tijd sinds HH in maanden (Gemiddelde \pm SD, [Range])	21.1 \pm 13.8 [5, 42]	-	-
Oorzaak van HH: CVA/THL	5/2	-	-

Note. AHH = Adequaat compenserende Homonieme Hemianopsie, IG = Intact Gezichtsveld, GHH = Gesimuleerde Homonieme Hemianopsie, CVA = Cerebrovasculair Accident, THL = traumatisch hersenletsel

Apparatus

Voor het experiment werd gebruik gemaakt van de HTC Vive Pro Eye VR-bril met een ingebouwde eye-tracker van Vive Business. Data werden opgeslagen met ‘VisioVR’ software, ontwikkeld door The Virtual Dutch Men (z.d). Er werd gebruik gemaakt van vier verschillende VR scenario’s die respectievelijk een tweebaansweg toonden met auto’s die 30 km/u of 50 km/u reden met constante gaten van acht seconden tussen auto’s of met oplopende gaten tussen auto’s beginnend vanaf drie seconden met telkens 0.5 seconden erbij (tabel 2). De hemianopsie simulatie werd gebaseerd op eye-tracker data, waardoor de simulatie met de ogen mee bewoog. Ook werd de *Misery Scale* gebruikt om tijdens het lopen symptomen van misselijkheid te screenen. Deze schaal bestaat uit een 11-punts schaal waarbij nul betekent dat er geen symptomen zijn en tien betekent dat de deelnemer overgeeft (Bos et al., 2015).

Tabel 2. Omschrijving van de vier verschillende VR oversteek scenario’s

Scenario (S)	Omschrijving
S1	Auto’s rijden 30 km/u met een constante afstand tussen auto’s van acht seconden.
S2	Auto’s rijden 30 km/u met een oplopende afstand tussen auto’s beginnend bij drie seconden met telkens 0.5 seconden erbij
S3	Auto’s rijden 50 km/u met een constante afstand tussen auto’s van acht seconden.
S4	Auto’s rijden 50 km/u met een oplopende afstand tussen auto’s beginnend bij drie seconden met telkens 0.5 seconden erbij

Protocol

De experimenten werden uitgevoerd in verschillende revalidatielocaties van Koninklijke Visio. Participanten droegen een VR bril met een ingebouwde eye-tracker waarin zij zich op een stoep naast een autoweg bevonden (figuur 1). Participanten oefenden eerst in een lege straat met oversteken tot zij zich comfortabel voelden in de VR omgeving. Hierna volgde een oefening waarin participanten twee keer een straat met voorbijrijdende auto's overstaken. Tijdens de oefening reden de auto's 30 km/u en de gaten tussen de auto's waren constant 11 seconden. Vervolgens begonnen de metingen waarbij alle participanten scenario 1 tot en met 4 doorliepen (tabel 2). Vanaf dit moment werd bij deelnemers in de GHH groep de linkerkant van de VR omgeving geblindeerd, meebewegend met de ogen. In elk scenario staken deelnemers in totaal vier keer over. Om de veiligheid van deelnemers te garanderen was er altijd een onderzoeker naast de deelnemer aanwezig tijdens het oversteken. Hiernaast werden misselijkheid- en duizeligheidsklachten gescreend met de *Misery scale* (Bos et al., 2005). Als iemand hoger dan een zes scoorde op de *Misery scale* werd het experiment gestopt.

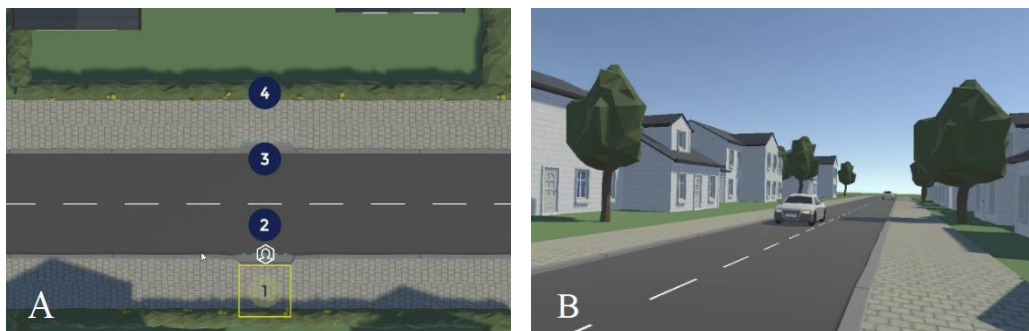
Data analyse

Om kijkgedrag richting het blinde gezichtsveld te analyseren is er gebruik gemaakt van MATLAB software (The Mathworks Inc., 2021). Data van oog- en hoofdbewegingen richting het blinde gezichtsveld werden meegenomen vanaf het begin van elk scenario tot het moment van oversteken, waarbij gecorrigeerd werd voor de gemiddelde afwijking. Om kijkgedrag richting het blinde veld te kwantificeren werden eerst fixaties en saccades geclassificeerd met behulp van een algoritme van Benjamins et al. (2018). Aan de hand van deze classificatie konden vier scanparameters worden berekend. Dit waren de gemiddelde amplitudes van saccades en hoofdbewegingen richting het blinde gezichtsveld (in graden) en de proportie fixaties en hoofdbewegingen richting het blinde gezichtsveld (in percentages). In

deelnemers met een IG werd kijkgedrag richting het linker gezichtsveld meegenomen in de analyse.

Statistische analyse

De statistische analyse is uitgevoerd in JASP (Jasp Team, 2020). Per scanparameter is een factoriale ANOVA uitgevoerd met twee factoren; groep (3 levels: AHH, GHH, IG) en scenario (4 levels: scenario 1 tot en met 4, zie tabel 2). De factor groep is meegenomen om te kijken of er een unieke kijkstrategie nodig is voor mensen met HH, of er spontane adaptaties van kijkgedrag ontstaan in iemand die recent HH heeft en welk kijkgedrag getraind dient te worden in iemand die recent HH heeft gekregen. De factor scenario en de interactie zijn meegenomen om te controleren of verschillen tussen groepen constant blijven tijdens verschillende oversteeksituaties. Effectgroottes zijn geïnterpreteerd als klein ($\eta^2 = 0.01$), middelgroot ($\eta^2 = 0.06$) of groot ($\eta^2 = 0.14$). Significante F-toetsen ($p < .05$) zijn verder geanalyseerd met post-hoc tests met een Bonferroni correctie, waarbij onderscheid werd gemaakt tussen kleine (Cohen's $d = 0.2$), middelgrote (Cohen's $d = 0.5$) en grote effectgroottes (Cohen's $d = 0.8$). De F-toetsen met een significantiewaarde van $p < .1$ zijn geïnterpreteerd als mogelijke trend.



Figuur 1. De virtual reality omgeving vanaf boven (A) en vanuit het perspectief van de deelnemer (B)

Resultaten

Proportie fixaties aan de blinde kant

In tabel 3 en figuur 2, 6a en 7a staat een overzicht van alle gemiddelde percentages fixaties aan de blinde kant en in tabel 4 staan de uitkomsten van de statistische toetsen.

Deelnemers met GHH fixeerden hun blik minder vaak aan hun blinde kant, in vergelijking met deelnemers met een IG en deelnemers met AHH (figuur 6A, tabel 3). Dit blijkt uit een significant hoofdeffect van groepen en vergelijkingen met grote effectgroottes (tabel 4).

Deelnemers met een IG en AHH maakten even veel fixaties aan hun blinde kant, wat blijkt uit een niet significante vergelijking tussen deze groepen. Verder verschilde de proportie fixaties aan de blinde kant niet tussen scenario's (figuur 7a, tabel 3), wat blijkt uit een niet significant hoofdeffect van scenario's (tabel 4). Ook zijn de verschillen tussen deelnemersgroepen in de proportie fixaties aan de blinde kant vergelijkbaar in ieder scenario (figuur 2), wat blijkt uit een niet significant interactie effect tussen scenario's en groepen (tabel 4).

Proportie hoofdbewegingen richting het blinde veld

In tabel 3 en figuur 3, 6b en 7b staat een overzicht van alle gemiddelde percentages hoofdbewegingen richting het blinde veld en in tabel 5 staan de uitkomsten van de statistische toetsen. Deelnemers met GHH bewogen hun hoofd vaker richting hun blinde veld vergeleken met deelnemers met AHH (figuur 6b, tabel 3), wat blijkt uit een significant hoofdeffect van groepen met een grote effectgrootte en een significante vergelijking met middelgroot tot grote effectgrootte (tabel 5). Daarnaast is er een trend te zien waarbij deelnemers met GHH mogelijk ook meer hoofdbewegingen richting hun blinde veld maken vergeleken met deelnemers met een IG. Verder maakten deelnemers met AHH en deelnemers met een IG even veel hoofdbewegingen richting hun blinde gezichtsveld, wat blijkt uit een niet significante vergelijking tussen AHH en IG. De proportie hoofdbewegingen richting het blinde veld verschilde niet tussen scenario's (figuur 7b en tabel 3), wat blijkt uit een niet

significant hoofdeffect van scenario's (tabel 5). Ten slotte zijn de verschillen tussen deelnemersgroepen in de proportie hoofdbewegingen richting het blinde veld vergelijkbaar in ieder scenario (figuur 3), wat blijkt uit een niet significant interactie effect tussen scenario's en groepen (tabel 5).

Amplitudes van saccades richting het blinde veld

In tabel 3 en figuur 4, 6c en 7c staat een overzicht van alle gemiddelde amplitudes van saccades richting het blinde veld en in tabel 6 staan de uitkomsten van de statistische toetsen. Deelnemers met GHH, AHH en een IG maakten saccades met vergelijkbare lengtes richting het blinde veld (figuur 6c, tabel 3), wat blijkt uit een niet significant effect van groepen (tabel 6). Tijdens scenario 2 maakten deelnemers kortere saccades richting het blinde veld in vergelijking met scenario 3 (figuur 7c), wat blijkt uit een significant hoofdeffect van scenario's met een middelgrote tot grote effectgrootte en een vergelijking met grote effectgrootte (tabel 6). Daarnaast zijn er trends te zien voor twee mogelijke effecten, waarbij deelnemers kortere saccades richting het blinde veld maakten tijdens scenario 1 en 4, in vergelijking met scenario 3 (figuur 7c). Ten slotte zijn de verschillen tussen deelnemersgroepen in de lengtes van saccades richting het blinde veld vergelijkbaar in ieder scenario (figuur 4), wat blijkt uit een niet significant interactie effect tussen scenario's en groepen (tabel 6).

Amplitudes van hoofdbewegingen richting het blinde veld

In tabel 3 en figuur 5, 6d en 7d staat een overzicht van alle gemiddelde amplitudes van hoofdbewegingen richting het blinde veld en in tabel 7 staan de uitkomsten van de statistische toetsen. Deelnemers met GHH, AHH en een IG maakten even grote hoofdbewegingen richting hun blinde veld (figuur 6d, tabel 3), wat blijkt uit een niet significant hoofdeffect van groepen (tabel 7). Verder verschilden de lengtes van hoofdbewegingen richting het blinde veld niet tussen scenario's (figuur 7d), wat blijkt uit een niet significant hoofdeffect van scenario's

(tabel 7). Ten slotte zijn de verschillen tussen deelnemersgroepen in de groottes van hoofdbewegingen richting het blinde veld vergelijkbaar in ieder scenario (figuur 5), wat blijkt uit een niet significant interactie effect tussen scenario's en groepen (tabel 7).

Tabel 3. Gemiddelden en standaarddeviaties van de scanparameters van deelnemers met HH, met een IG en met GHH richting het blinde gezichtsveld, gemeten in vier verschillende VR scenario's (S1 t/m S4).

Parameter	AHH (n = 7)				IG (n = 7)				GHH (n = 7)				Totaal Groepen			Totaal Scenario's			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	AHH	IG	GHH	S1	S2	S3	S4
Proportie fixaties (%) (M (SD))	47.8 (12.4)	50.7 (13.4)	49.4 (6.5)	52.7 (12.5)	51.4 (5.9)	49.5 (9.9)	45.0 (10.5)	51.6 (7.5)	31.5 (15.1)	36.3 (14.4)	34.7 (9.7)	36.7 (10.6)	50.1 (11.1)	49.4 (8.6)	34.8 (12.1)	43.6 (14.3)	45.5 (13.8)	42.7 (10.8)	46.7 (12.3)
Proportie hoofdbewegingen (%) (M (SD))	52.1 (8.7)	47.3 (6.7)	49.0 (4.3)	48.0 (4.1)	48.4 (4.3)	49.7 (2.6)	52.0 (4.2)	52.0 (3.9)	56.9 (6.1)	51.8 (3.5)	53.0 (4.2)	51.2 (4.2)	49.2 (6.3)	50.5 (4.0)	53.4 (4.9)	52.5 (7.2)	49.6 (4.8)	51.8 (4.5)	50.5 (4.2)
Amplitudes van saccades (°) M (SD))	5.9 (2.9)	6.3 (3.9)	7.5 (3.6)	5.7 (4.0)	5.8 (1.4)	5.6 (1.5)	8.7 (2.4)	6.1 (1.7)	7.0 (1.8)	5.5 (2.0)	8.4 (3.0)	6.2 (2.4)	6.3 (3.5)	6.6 (2.1)	6.8 (2.5)	6.2 (2.1)	5.8 (2.6)	8.2 (2.9)	6.0 (2.6)
Amplitudes van hoofdbewegingen (°) (M (SD))	93.6 (18.7)	107.2 (17.5)	96.6 (18.0)	100.3 (8.2)	107.5 (24.0)	113.2 (27.5)	100.2 (29.1)	113.0 (27.5)	83.0 (25.4)	97.6 (29.1)	94.7 (27.0)	107.9 (25.5)	99.52 (16.2)	108.5 (26.1)	95.8 (26.8)	94.7 (24.0)	106.0 (24.8)	97.2 (24.2)	107.4 (22.1)

Notes. AHH = Adequaat compenserende Homonieme Hemianopsie, IG = Intact Gezichtsveld, GHH = Gesimuleerde Homonieme Hemianopsie, S1 = Scenario 1; 30 km/u met constante snelheid, S2 = Scenario 2; 30 km/u met oplopende snelheid, S3 = Scenario 3; 50 km/u met constante snelheid, S4 = Scenario 4; 50 km/u met oplopende snelheid. M = Gemiddelde; SD = Standaarddeviatie.

Tabel 4. Anova test scores en post-hoc tests van de proportie fixaties aan de blinde kant

Anova test scores			
	F(df)	<i>p</i>	η^2
Groepen	16.729(2,70)	< .001	.314
Scenario's	0.550(3,70)	.650	.015
Interactie	0.265(6,70)	.951	.015
Post hoc tests – Groepen			
Vergelijkingen groepen	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Cohen's d</i>
AHH - IG	0.250	1.00	.077
IG - GHH	4.916	<.001	1.389
AHH- GHH	5.066	<.001	1.319

Notes. AHH = Adequaat compenserende Homonieme Hemianopsie, IG = Intact Gezichtsveld, GHH = Gesimuleerde Homonieme Hemianopsie.

Tabel 6. Anova test scores en post-hoc tests van de amplitudes van saccades richting het blinde gezichtsveld

Anova test scores			
	F(df)	<i>p</i>	η^2
Groepen	0.171(2,70)	.843	.004
Scenario's	3.460(3,70)	.021	.126
Interactie	0.296(6,70)	.937	.022
Post hoc tests - scenario's			
Vergelijkingen scenario's	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Cohen's d</i>
S1 – S2	0.527	.952	.184
S1 – S3	-2.347	.097	-.778
S1 – S4	0.294	.991	.103
S2 – S3	-2.867	.027	-.875
S2 – S4	-0.226	.996	-.072
S3 – S4	0.884	.053	.797

Notes. S1 = Scenario 1; 30 km/u met constante snelheid, S2 = Scenario 2; 30 km/u met oplopende snelheid, S3 = Scenario 3; 50 km/u met constante snelheid, S4 = Scenario 4; 50 km/u met oplopende snelheid (tabel 2).

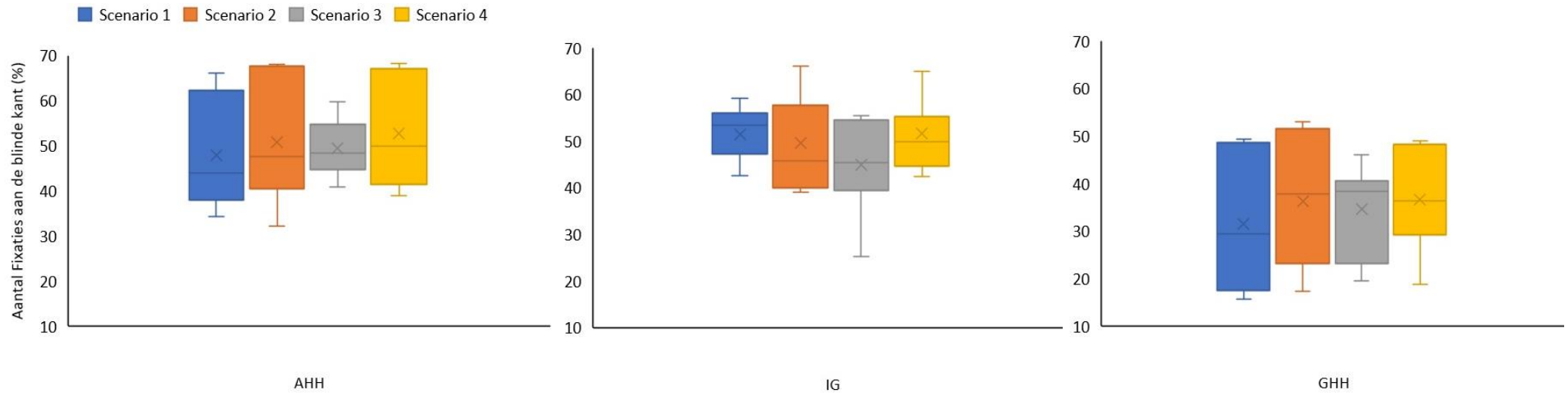
Tabel 5. Anova test scores en post-hoc tests van de proportie hoofdbewegingen richting het blinde gezichtsveld

Anova test scores			
	F(df)	<i>p</i>	η^2
Groepen	5.277(2,70)	.007	.114
Scenario's	1.359(3,70)	.263	.044
Interactie	1.306(6,70)	.266	.085
Post hoc tests - Groepen			
Vergelijkingen groepen	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Cohen's d</i>
AHH - IG	-1.014	.942	-.267
IG - GHH	-2.194	.095	-.661
AHH - GHH	-3.163	.007	-.770

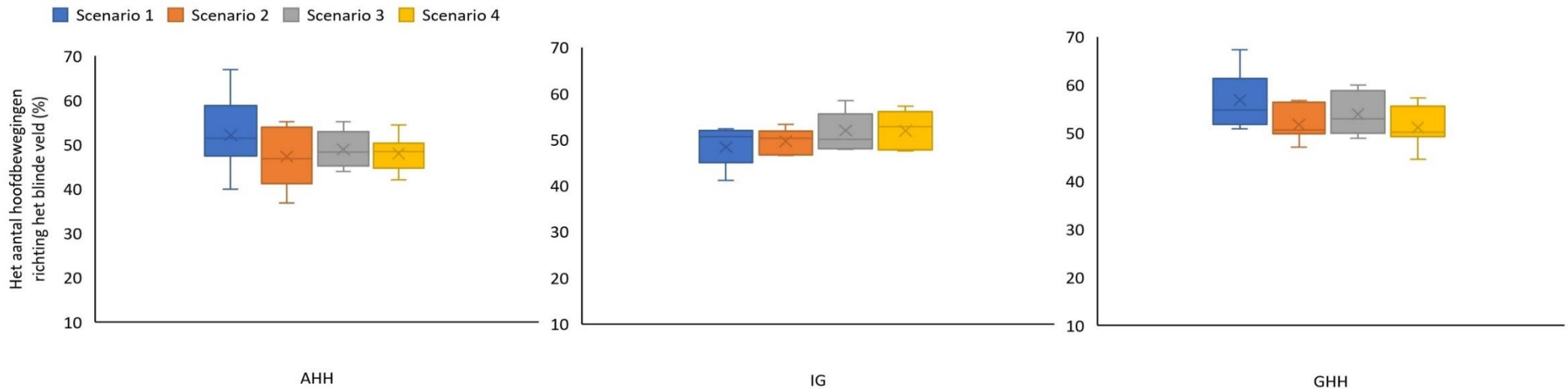
Notes. AHH = Adequaat compenserende Homonieme Hemianopsie, IG = Intact Gezichtsveld, GHH = Gesimuleerde Homonieme Hemianopsie.

Tabel 7. Anova test scores van de amplitudes van hoofdbewegingen richting het blinde gezichtsveld

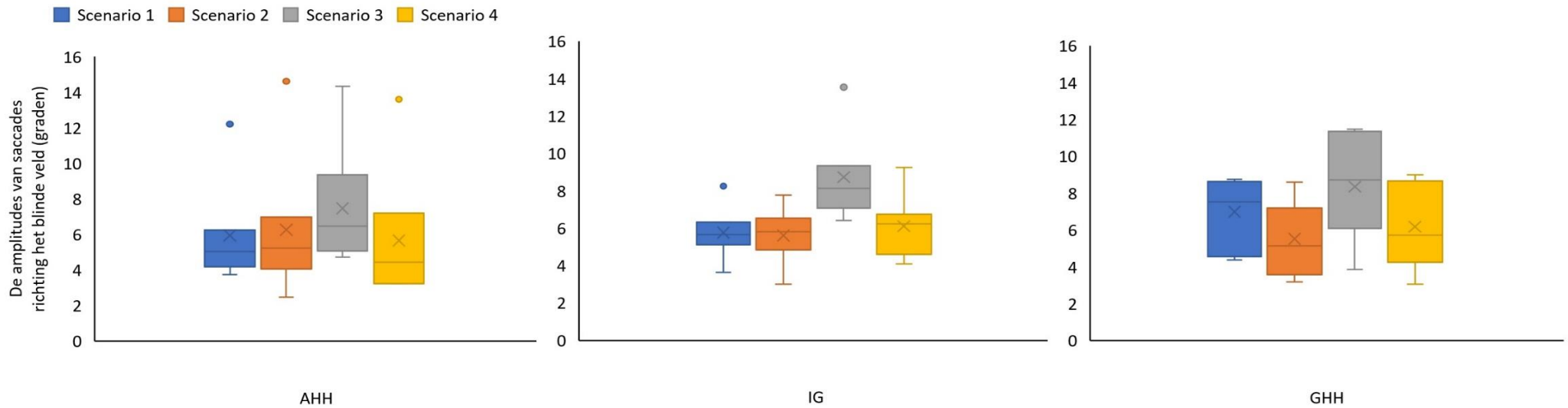
Anova test scores			
	F(df)	<i>p</i>	η^2
Groepen	2.054(2,70)	.136	.051
Scenario's	1.372(3,70)	.258	.051
Interactie	0.357(6,70)	.904	.027



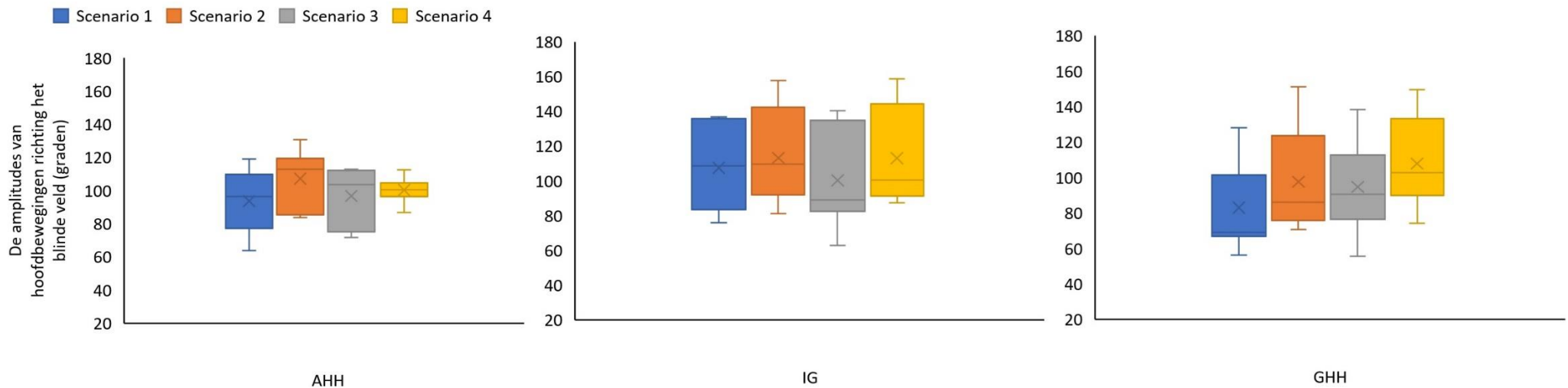
Figuur 2. De proportie fixaties aan de blinde kant (%) bij deelnemers met adequaat compenserende homonieme hemianopsie (AHH), een intact gezichtsveld (IG) en gesimuleerde homonieme hemianopsie (GHH), tijdens scenario 1 (blauw), scenario 2 (oranje), scenario 3 (grijs), en scenario 4 (geel). Het gemiddelde staat in elk boxplot weergegeven met een kruis. De zwarte horizontale lijn representeert de mediaan.



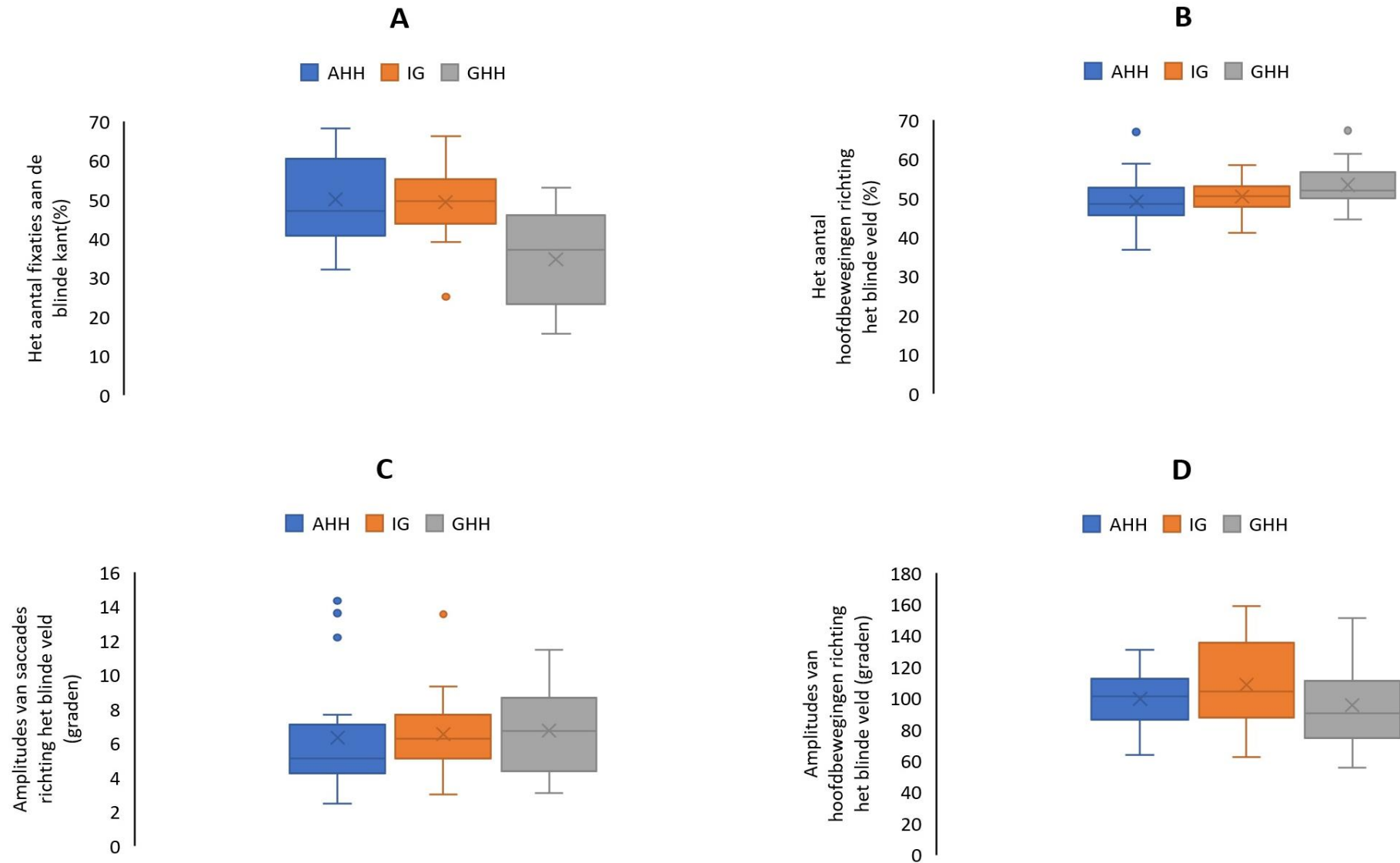
Figuur 3. De proportie hoofdbewegingen richting het blinde veld (%) bij deelnemers met adequaat compenserende homonieme hemianopsie (AHH), een intact gezichtsveld (IG) en gesimuleerde homonieme hemianopsie (GHH), tijdens scenario 1 (blauw), scenario 2 (oranje), scenario 3 (grijs), en scenario 4 (geel). Het gemiddelde staat in elk boxplot weergegeven met een kruis. De zwarte horizontale lijn representeert de mediaan.



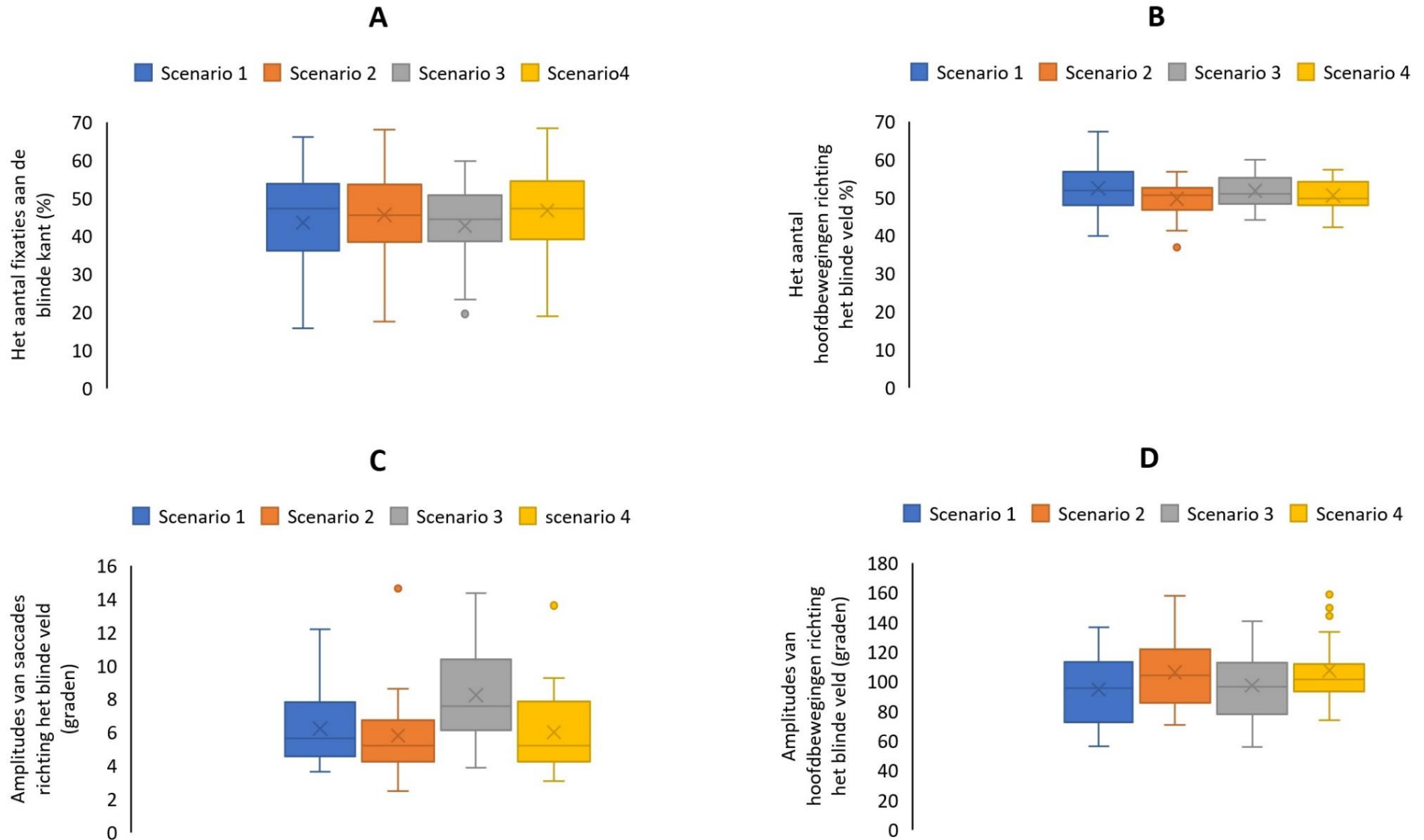
Figuur 4. De amplitudes van saccades richting het blinde veld in graden bij deelnemers met adequaat compenserende homonieme hemianopsie (AHH), een intact gezichtsveld (IG) en gesimuleerde homonieme hemianopsie (GHH), tijdens scenario 1 (blauw), scenario 2 (oranje), scenario 3 (grijs), en scenario 4 (geel). Het gemiddelde staat in elk boxplot weergegeven met een kruis. De zwarte horizontale lijn representeert de mediaan.



Figuur 5. De amplitudes van hoofdbewegingen richting het blinde veld in graden bij deelnemers met adequaat compenserende homonieme hemianopsie (AHH), een intact gezichtsveld (IG) en gesimuleerde homonieme hemianopsie (GHH), tijdens scenario 1 (blauw), scenario 2 (oranje), scenario 3 (grijs), en scenario 4 (geel). Het gemiddelde staat in elk boxplot weergegeven met een kruis. De zwarte horizontale lijn representeert de mediaan.



Figuur 6. De gemiddelde proportie fixaties in percentages (A), de gemiddelde proportie hoofdbewegingen in percentages (B), de gemiddelde amplitudes van saccades in graden (C) en de gemiddelde amplitudes van hoofdbewegingen in graden (D) richting het blinde gezichtsveld, in deelnemers met adequaat compenserende hemianopsie (AHH: blauw), een intact gezichtsveld (IG, oranje) en gesimuleerde hemianopsie (GHH, grijs). Het gemiddelde staat in elk boxplot weergegeven met een kruis. De zwarte horizontale lijn representeert de mediaan. Deelnemers met GHH maakten minder fixaties aan hun blinde kant (A) vergeleken met deelnemers met AHH ($p < .001$) en een IG ($p < .001$). Deelnemers met GHH maakten meer hoofdbewegingen (B) richting hun blinde veld dan deelnemers met AHH ($p = .007$). Er is een trend aanwezig tussen de proportie hoofdbewegingen richting het blinde veld (B) tussen deelnemers met een IG en GHH ($p = .095$). Alle andere vergelijkingen tussen groepen waren niet significant ($p > 0.1$).



Figuur 7. De gemiddelde proportie fixaties in percentages (A), de gemiddelde proportie hoofdbewegingen in percentages (B), de gemiddelde van amplitudes van saccades in graden (C) en de gemiddelde amplitudes van hoofdbewegingen in graden (D) richting het blinde gezichtsveld, tijdens scenario 1 (blauw), scenario 2 (oranje), scenario 3 (grijs) en scenario 4 (geel). Het gemiddelde staat in elk boxplot weergegeven met een kruis. De zwarte horizontale lijn representeert de mediaan. Amplitudes van saccades richting het blinde veld (C) waren groter in scenario 3, vergeleken met scenario 2 ($p = .027$). Trends zijn aanwezig tussen scenario 3 en scenario 1 ($p = .097$) en scenario 4 ($p = .053$). Alle andere vergelijkingen tussen scenario's waren niet significant ($p > 0.1$).

Discussie

Het doel van deze studie is om de verschillen in kijkgedrag richting het blinde gezichtsveld in kaart te brengen tussen mensen met AHH, GHH en een IG tijdens oversteken in VR. Ten eerste lijken mensen met AHH geen unieke kijkstrategie richting het blinde veld te gebruiken om over te steken, omdat het kijkgedrag van de AHH groep richting het blinde veld niet verschilde van de IG groep. Ten tweede lijken mensen die recent HH hebben gekregen hun kijkgedrag richting het blinde veld spontaan aan te passen, omdat deelnemers met GHH hun blik minder vaak fixeerden aan hun blinde kant in vergelijking met deelnemers met een IG tijdens oversteken. Ten slotte suggereert onze data dat mensen met recent opgelopen HH hun kijkgedrag richting het blinde veld dienen te trainen, omdat deelnemers met GHH minder fixaties aan de blinde kant en meer hoofdbewegingen richting het blinde veld maakten ten opzichte van deelnemers met AHH.

De huidige resultaten suggereren dat mensen met HH geen unieke kijkstrategie richting het blinde veld nodig hebben om goed te kunnen compenseren, omdat dit kijkgedrag tussen deelnemers met een IG en AHH niet van elkaar verschilde. Dit komt niet overeen met de resultaten uit de rijssimulatie studie van Papageorgiou et al. (2012), waarin mensen met AHH meer fixaties maakten aan hun blinde kant vergeleken met mensen met een IG. De huidige resultaten komen wel overeen met resultaten van Hardiess et al. (2010). Zij onderzochten onder andere de verschillen in kijkgedrag tussen deelnemers met een IG en AHH tijdens twee zoektaken, namelijk de *dot-counting* taak en *comparative visual search* taak. De *dot-counting* taak is een simpelere visuele zoektaak waarbij deelnemers gestippelde patronen zien, die zij vervolgens zo snel mogelijk moeten optellen. De *comparative visual search* taak is een cognitief complexere zoektaak, waarbij deelnemers visuele stimuli dienen te detecteren tussen afleidende visuele stimuli. Deelnemers met AHH en een IG maakten even veel fixaties aan de blinde kant tijdens beide zoektaken. Hoewel dit statische zoektaken zijn

die minder cognitief uitdagend zijn dan een oversteektaak, gebruikten deelnemers met AHH op deze taken geen unieke kijkstrategie richting het blinde veld om te compenseren.

Desalniettemin gebruiken mensen met HH misschien wel een unieke kijkstrategie als gekeken wordt naar het totale kijkgedrag richting beide gezichtsvelden, maar dit is niet vast te stellen op basis van het huidige onderzoek. In elk geval geven de huidige resultaten in combinatie met de resultaten van Hardiess et al. (2010) en Papageorgiou et al. (2012) de indicatie dat een kijkstrategie richting het blinde veld waarschijnlijk taakafhankelijk is. Het is dus aannemelijk dat het per taak verschilt of mensen met HH een unieke kijkstrategie richting het blinde veld gebruiken om te compenseren voor hun gezichtsveldverlies.

Verder suggereren de resultaten dat er spontane adaptaties van kijkgedrag richting het blinde veld ontstaan in mensen die recent HH hebben gekregen. Deelnemers met GHH maakten immers minder fixaties aan hun blinde kant en naar schatting (trend) meer hoofdbewegingen richting hun blinde veld in vergelijking met deelnemers met een IG. Deelnemers met GHH maakten ook minder fixaties en meer hoofdbewegingen richting hun blinde veld vergeleken met deelnemers met AHH. Deze bevindingen komen overeen met het feit dat compensatietrainingen, zoals de IH-training, vaak gefocust zijn op het maken van oogbewegingen in plaats van hoofdbewegingen richting het blinde veld (de Haan, Melis-Dankers et al., 2015). Dit is mogelijk het geval omdat oogbewegingen sneller zijn dan hoofdbewegingen en overmatige hoofdbewegingen tot nekklachten kunnen leiden. Bovendien rapporteerden Kerkhoff et al. (1992) dat hoofdbewegingen een negatief effect hadden op training, omdat deelnemers met HH die veel hoofdbewegingen maakten meer training sessies nodig hadden om adequaat te leren compenseren. Meer fixaties aan de blinde kant zijn dus wellicht adequaat voor compensatie van HH. Op basis van de huidige resultaten lijken mensen met recent verworven HH onvoldoende hun blik te fixeren aan hun blinde kant. Daarentegen lijken hoofdbewegingen richting het blinde veld iets meer aanwezig in mensen

met recent HH vergeleken met mensen met AHH of een IG. Het is daarbij wel belangrijk om te vermelden dat in de huidige studie de verschillen tussen groepen in hoofdbewegingen aan de blinde kant klein waren. Ondanks statistische significantie, maakten alle groepen ongeveer 50% van hun hoofdbewegingen richting het blinde veld. Op basis van het huidige onderzoek is het daarom niet zeker of overmatige hoofdbewegingen tijdens training daadwerkelijk afgeleerd dienen te worden in mensen die recent HH hebben. Al met al lijken mensen met recent verworven HH wel adaptaties van kijkgedrag te ontwikkelen richting het blinde veld, die zij mogelijk het best kunnen trainen door hun blik vaker te fixeren aan de blinde kant.

Een opmerkelijke bevinding is dat saccades van oogbewegingen richting het blinde veld niet constant bleven tijdens verschillende oversteeksituaties. Deelnemers maakten in scenario 3 grotere saccades richting het blinde veld dan in scenario 1. Verder liet een trend zien dat in scenario 3 mogelijk ook grotere saccades werden gemaakt dan in scenario 2, en 4. In scenario 3 reden auto's 50 km/u, met een constante afstand tussen auto's van acht seconden. In andere scenario's reden auto's met een andere snelheid en/of afstand tot elkaar (tabel 2). Een mogelijke verklaring voor een verschil in scenario's is dat kijkgedrag niet alleen taakafhankelijk is (Foulsham, 2015), maar dat verschillende omstandigheden binnen eenzelfde taak ook om een andere kijkstrategie vragen. Het is moeilijk om vast te stellen waarom saccades van oogbewegingen richting het blinde veld niet constant bleven in alle scenario's. Ondanks deze uitzondering bleven fixaties en (saccades van) hoofdbewegingen richting het blinde veld wel constant tussen scenario's, wat betekent dat kijkgedrag richting het blinde veld grotendeels constant bleef tussen verschillende oversteeksituaties. Dit betekent dat tijdens compensatietraining verwacht kan worden dat kijkgedrag van mensen met HH grotendeels vergelijkbaar is in verschillende oversteeksituaties.

Mensen met recent verworven HH hebben soms ook niet-visuele cognitieve beperkingen die kijkgedrag richting het blinde veld tijdens oversteken kunnen beïnvloeden.

Het werkgeheugen werd aangekaart als belangrijke factor voor adequaat oversteken met HH in een rijsimulatiestudie van Hardiess et al. (2013), mede omdat hiermee de visuele perceptie (bv. objectherkenning of diepteperceptie) en geheugen-gestuurde saccades worden ondersteund (Hardiess et al., 2010; Martin et al., 2007; Machner et al., 2009). Daarnaast maken mensen tijdens oversteken continu een inschatting van de posities van bewegende auto's en potentiële botsingsituaties, waarbij representatie in het werkgeheugen van essentieel belang is (Hardiess et al., 2010). Mensen met HH compenseren mogelijk met hun werkgeheugen, door doelgerichte geheugen-gestuurde saccades te maken richting het blinde veld. Dit scheelt onnodige saccades en tijd (Hardiess et al., 2010; Martin et al., 2007; Papageorgiou et al., 2012). In de huidige studie hadden deelnemers met AHH mogelijk geen werkgeheugenstoornissen. Dit betekent dat een ongedaan werkgeheugen wellicht kan verklaren waarom deelnemers met AHH dezelfde kijkstrategie richting het blinde veld hadden als deelnemers met een IG. Al met al is er nog veel onduidelijk over de invloed van het werkgeheugen op kijkgedrag tijdens oversteken met HH.

Deze studie geeft een aantal klinische implicaties die kunnen bijdragen aan het verbeteren van compensatietrainingen. Zo kunnen ergotherapeuten aan het begin van de training verwachten dat mensen met recent verworven HH minder vaak hun blik zullen fixeren aan hun blinde kant en meer hoofdbewegingen richting het blinde veld maken. Overmatige hoofdbewegingen lijken daarbij niet adequaat voor compensatie aangezien hoofdbewegingen trager zijn dan oogbewegingen en tot nekklachten kunnen leiden. Desondanks kan op basis van de huidige studie niet met zekerheid vastgesteld worden dat hoofdbewegingen ook daadwerkelijk afgeleerd moeten worden tijdens training. Het advies aan ergotherapeuten is om mensen met HH te leren om meer fixaties aan de blinde kant te maken. Dit kunnen zij trainen door een scanritme aan te leren waarbij mensen met HH hun

blik vaker aan hun blinde kant fixeren, vergelijkbaar met IH-training (de Haan, Melis-Dankers et al., 2015).

Een aantal theoretische en praktische limitaties moeten overwogen worden bij de interpretatie van de huidige resultaten. De deelnemersgroepen waren niet gematcht op geslacht en leeftijd, waardoor niet gecontroleerd is voor deze variabelen. Daarnaast bestond de AHH groep uit mensen met HH die IH-training hebben afgerond en werden deelnemers dus niet specifiek geselecteerd op basis van oversteekprestaties. Desondanks is wel aangetoond dat deze training de mobiliteit aanzienlijk verbetert waardoor dit een indicatie geeft over de adequaatheid van kijkgedrag bij mensen met HH (de Haan, Melis-Dankers et al., 2015). Verder moet overwogen worden dat kijkgedrag mogelijk meer fluctueert in een artificiële VR omgeving dan in echte oversteeksituaties. Hierop aansluitend staat ook ter discussie in welke mate GHH geloofwaardig gesimuleerd kan worden in VR. Deelnemers met GHH zagen hun linker gezichtsveld als een grijs vlak. Mensen met HH zien geen grijs vlak, maar een half beeld van de wereld. De hersenen kunnen de visuele informatie niet verwerken, waardoor de uitval zich bijvoorbeeld kan uiten in een troebel beeld. Soms vullen de hersenen zelf een deel van het gezichtsveld in op basis van verwachtingen en aannames (Lugtmeijer & van der Stoep, 2022). Daarnaast heeft de VR software een iets smallere kijkbreedte dan een werkelijk gezichtsveld, wat een beperking is voor de ecologische validiteit. Mogelijk zijn hierdoor kleinere saccades en grotere hoofdbewegingen waargenomen dan in werkelijkheid aanwezig waren. Al met al moet bij de interpretatie van de huidige data rekening gehouden worden met beperkingen ten aanzien van interne en ecologische validiteit.

Het doel van deze studie was om de verschillen in kijkgedrag richting het blinde gezichtsveld in kaart te brengen tussen mensen met AHH, met GHH en met een IG tijdens oversteken in VR. Op basis van de huidige resultaten lijkt het erop dat voor adequate compensatie geen unieke kijkstrategie richting het blinde veld nodig is voor oversteken met

HH. Wel lijken er spontane adaptaties van kijkgedrag richting het blinde veld te ontstaan in mensen met recent gezichtsveldverlies die getraind dienen te worden. Op basis van de huidige resultaten wordt aan ergotherapeuten geadviseerd om meer fixaties aan de blinde kant te trainen bij mensen die recent HH hebben, wat in overeenstemming is met resultaten over mobiliteitsverbetering na IH-training (de Haan, Melis-Dankers et al., 2015). Om compensatietrainingen verder te verbeteren, wordt aanbevolen om vervolgonderzoek te doen naar de invloed van het werkgeheugen op kijkgedrag. Bijvoorbeeld door de verschillen tussen kijkgedrag in mensen met GHH, HH én/of werkgeheugenstoornissen tijdens oversteken in kaart te brengen. Daarmee kunnen de huidige resultaten in een bredere relevante klinische context geplaatst worden, met nog gerichtere adviezen aan ergotherapeuten om compensatietrainingen te verbeteren.

Referenties

- Alberti, C. F., Goldstein, R. B., Peli, E., & Bowers, A. R. (2017). Driving with Hemianopia V: Do Individuals with Hemianopia Spontaneously Adapt Their Gaze Scanning to Differing Hazard Detection Demands? *Translational vision science & technology*, 6(5), 11. <https://doi.org/10.1167/tvst.6.5.11>
- Benjamins, J. S., Hessels, R. S., & Hooge, I. T. C. (2018). Gazecode: open-source software for manual mapping of mobile eye-tracking data. *Association for Computing Machinery*, 54, 1-4. <https://doi.org/10.1145/3204493.3204568>
- Bos, J. E., MacKinnon, S. N., & Patterson, A. (2005). Motion sickness symptoms in a ship motion simulator: effects of inside, outside, and no view. *Aviation, space, and environmental medicine*, 76(12), 1111–1118.
- Chen, C. S., Lee, A. W., Clarke, G., Hayes, A., George, S., Vincent, R., Thompson, A., Centrella, L., Johnson, K., Daly, A., & Crotty, M. (2009). Vision-related quality of life in patients with complete homonymous hemianopia post stroke. *Topics in stroke rehabilitation*, 16(6), 445–453. <https://doi.org/10.1310/tsr1606-445>
- Foulsham T. (2015). Eye movements and their functions in everyday tasks. *Eye (London, England)*, 29(2), 196–199. <https://doi.org/10.1038/eye.2014.275>
- Gall, C., Franke, G. H., & Sabel, B. A. (2010). Vision-related quality of life in first stroke patients with homonymous visual field defects. *Health and quality of life outcomes*, 8, 33. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-8-33>
- de Haan, G. A., Heutink, J., Melis-Dankers, B. J., Brouwer, W. H., & Tucha, O. (2015). Difficulties in Daily Life Reported by Patients With Homonymous Visual Field Defects. *Journal of Neuro-Ophthalmology : The Official Journal of the North American Neuro-Ophthalmology Society*, 35(3), 259-264. <https://doi.org/10.1097/WNO.0000000000000244>
- de Haan, G. A., Melis-Dankers, B. J., Brouwer, W. H., Tucha, O., & Heutink, J. (2015). The Effects of Compensatory Scanning Training on Mobility in Patients with Homonymous Visual Field Defects: A Randomized Controlled Trial. *PloS One*, 10(8), e0134459. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134459>
- Hardiess, G., Hansmann-Roth, S., & Mallot, H. A. (2013). Gaze movements and spatial working memory in collision avoidance: a traffic intersection task. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 7, 62. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2013.00062>

- Hardiess, G., Papageorgiou, E., Schiefer, U., & Mallot, H. A. (2010). Functional compensation of visual field deficits in hemianopic patients under the influence of different task demands. *Vision research*, *50*(12), 1158–1172. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2010.04.004>
- JASP Team. (2020). JASP [computer software]
- Kerkhoff, G., Münßinger, U., Haaf, E., Eberle-Strauss, G., & Stögerer, E. (1992). Rehabilitation of homonymous scotomata in patients with postgeniculate damage of the visual system: saccadic compensation training. *Restorative neurology and neuroscience*, *4*(4), 245–254. <https://doi.org/10.3233/RNN-1992-4402>
- Lugtmeijer, S. & van der Stoep, N. (2022). Waarneming. In Kessels, R., van den Berg, E., Ponds, R., Spikman, J., & van Zandvoort, M. (red.), *Klinische neuropsychologie* (pp. 153-179). Boom Uitgevers.
- Machner, B., Sprenger, A., Kömpf, D., Sander, T., Heide, W., Kimmig, H., & Helmchen, C. (2009). Visual search disorders beyond pure sensory failure in patients with acute homonymous visual field defects. *Neuropsychologia*, *47*(13), 2704–2711. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.05.016>
- Martin, T., Riley, M. E., Kelly, K. N., Hayhoe, M., & Huxlin, K. R. (2007). Visually-guided behavior of homonymous hemianopes in a naturalistic task. *Vision research*, *47*(28), 3434–3446. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.09.021>
- The MathWorks Inc. (2021). MATLAB and Simulink (Version r2021b) [Computer software]. <https://nl.mathworks.com/products/rf-pcb.html>
- Nowakowska, A., Clarke, A., Sahraie, A., & Hunt, A. R. (2019). Practice-related changes in eye movement strategy in healthy adults with simulated hemianopia. *Neuropsychologia*, *128*, 232–240. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.01.020>
- Papageorgiou, E., Hardiess, G., Mallot, H. A., & Schiefer, U. (2012). Gaze patterns predicting successful collision avoidance in patients with homonymous visual field defects. *Vision research*, *65*, 25–37. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2012.06.004>
- Papageorgiou, E., Hardiess, G., Schaeffel, F., Wiethoelter, H., Karnath, H. O., Mallot, H., Schoenfish, B., & Schiefer, U. (2007). Assessment of vision-related quality of life in patients with homonymous visual field defects. *Graefes archive for clinical and experimental ophthalmology*, *245*(12), 1749–1758. <https://doi.org/10.1007/s00417-007-0644-z>
- Reinhard, J. I., Damm, I., Ivanov, I. V., Trauzettel-Klosinski, S. Eye movements during saccadic and fixation tasks in patients with homonymous hemianopia. *J Neuro-Ophthalmol*. 2014;34(4):354–61. <https://doi.org/10.1097/WNO.0000000000000146>

- Schuett, S., Kentridge, R. W., Zihl, J., & Heywood, C. A. (2009). Are hemianopic reading and visual exploration impairments visually elicited? New insights from eye movements in simulated hemianopia. *Neuropsychologia*, 47(3), 733–746. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.12.004>
- Shah, S. M., & Khanna, C. L. (2020). Ophthalmic Emergencies for the Clinician. *Mayo Clinic proceedings*, 95(5), 1050–1058. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2020.03.018>
- Tant, M. L., Cornelissen, F. W., Kooijman, A. C., & Brouwer, W. H. (2002). Hemianopic visual field defects elicit hemianopic scanning. *Vision research*, 42(10), 1339–1348. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(02\)00044-5](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(02)00044-5)
- Wagenbreth, C., Franke, G. H., Sabel, B. A., & Gall, C. (2010). Impairments of vision- and health-related quality of life in stroke patients with homonymous visual field defects depend on severity of visual function loss. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, 227(2), 138–148. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1109655>