

**Grotere kijkspan resulteert in veilige oversteek te voet voor mensen met homonieme
hemianopsie**

Iris de Weerd

S4349946

Afdeling Psychologie, Rijksuniversiteit Groningen

PSB3E-BT15: Bachelor thesis

2223_2a_20 NL/EN

E.M.J.L. Postuma & A. Stuiver

30 juni 2023

Abstract

Introductie. Mensen met homonieme hemianopsie (HH) ervaren moeilijkheden tijdens verkeersituaties, waaronder oversteken, vanwege hun verkleinde gezichtsveld. Het doel van deze scriptie was om algemene en adequate compensatiestrategieën in kijkgedrag van mensen met HH te identificeren wanneer zij te voet een straat oversteken. De meest adequate compensatiestrategieën zullen gebruikt worden om revalidatie te optimaliseren en oversteken veiliger te maken voor mensen met HH.

Methode. Het kijkgedrag van 18 mensen met HH en 18 mensen zonder visuele aandoening (UN) is bestudeerd tijdens oversteken in een virtuele omgeving. Algemene compensatiestrategieën zijn geïdentificeerd door mensen met HH te vergelijken met de UN-groep. Adequate compensatiestrategieën zijn geïdentificeerd door hoog (HPH) en laag (LPH) presterende mensen met HH met elkaar te vergelijken. De groepen zijn vergeleken op veiligheidsmarge, kijkspan, aantal saccades en kijken in de richting van auto's.

Resultaten. Participanten met HH staken gemiddeld gezien niet onveiliger een straat over en lieten geen compensatiestrategieën in kijkgedrag zien. Het hanteren van een grote kijkspan is geïdentificeerd als adequate kijkstrategie tijdens te voet oversteken. Een hoger aantal saccades draagt niet bij aan een veilige oversteek en kan niet beschouwd worden als adequate kijkstrategie. Het effect van kijken richting auto's op een veilige oversteek is onduidelijk.

Conclusie. Mensen met HH kunnen tijdens het revalidatieproces leren een grotere kijkspan te hanteren om oversteken veiliger te maken. Het gebruik van virtual reality (VR) en de moeilijkheidsgraad van de oversteektaak zijn echter beperkingen van deze studie en hebben mogelijk invloed gehad op het kijk- en oversteekgedrag van de participanten.

Trefwoorden: homonieme hemianopsie, oversteken, kijkgedrag, compensatiestrategieën, virtual reality

Abstract

Introduction. People with homonymous hemianopia (HH) experience difficulties in traffic situations, such as street crossing, because of their limited visual field. The aim of the present study was to identify general and adequate compensation strategies in gaze patterns applied by people with HH when crossing a street. Adequate compensation strategies will be used to optimise rehabilitation and improve the safety of street crossing done by people with HH.

Method. 18 people with HH and 18 people without visual impairments (UN) took part in this study. Their gaze patterns were studied while crossing a street in a virtual environment. General compensation strategies were determined by comparing people with HH to the UN-group. Adequate compensation strategies were identified by comparing high (HPH) and low (LPH) performing people with HH on the street crossing task. We examined the variables: safety margin, scanning span, amount of saccades and gaze directed at cars.

Results. Participants with HH were on average not more unsafe while crossing the street and did not show general compensation strategies in gaze patterns. A larger scanning span can be seen as an adequate compensation strategy during street crossing. A higher amount of saccades did not result in safer crossings and is therefore not identified as an adequate compensation strategy. The effect of gaze directed at cars to improve the safety of street crossing remains unclear.

Conclusion. During rehabilitation, people with HH could learn to increase their scanning span to make street crossing safer for them. However, the use of virtual reality (VR) and the level of difficulty of the street crossing task are limitations of this study and could have influenced the gaze and street crossing behaviours of the participants.

Keywords: homonymous hemianopia, street crossing, gaze patterns, compensation strategies, virtual reality

Grotere kijkspan resulteert in veilige overstek te voet voor mensen met homonieme hemianopsie

Homonieme hemianopsie (HH) is een visuele beperking waarbij een gedeelte van de linker- of rechterkant van het gezichtsveld in beide ogen niet wordt waargenomen. Deze visuele beperking ontstaat als gevolg van schade aan het post-optisch chiasma, dat onderdeel is van het visuele systeem (Swinton & Thomas, 2014). De meest voorkomende oorzaak voor schade aan dit visuele systeem is een beroerte, zoals een TIA, een herseninfarct of een hersenbloeding (Smith, 1962). Ook traumatisch hersenletsel kan in veel gevallen leiden tot HH, net zoals schade door een operatie en verschillende neurologische aandoeningen, waaronder Multiple Sclerosis en de ziekte van Alzheimer (Smith, 1962). Mensen met HH ervaren vanwege hun verkleinde gezichtsveld moeilijkheden in het dagelijks leven, onder meer met mobiliteitstaken (De Haan et al., 2015). Zo geven zij aan moeite te hebben met het op tijd waarnemen van objecten en personen in de omgeving. Daarnaast voelen zij een verminderde onafhankelijkheid en een vergrote onzekerheid tijdens lopen, voornamelijk in onbekende en drukke omgevingen (De Haan et al., 2015). Deze moeilijkheden resulteren voor veel mensen met HH in een verminderde levenskwaliteit (De Haan et al., 2015).

Mensen met perifeer gezichtsveldverlies kunnen moeilijkheden ervaren wanneer zij te voet oversteken in het verkeer (Cheong et al., 2008). Mensen met perifeer gezichtsveldverlies veroorzaakt door retinitis pigmentosa of een glaucoom hebben bijvoorbeeld moeite met het inschatten van ruimtes tussen voertuigen (Cheong et al., 2008). Hierdoor zijn zij minder adequaat in staat aan te geven wat veilige en onveilige momenten zijn om over te steken (Cheong et al., 2008). Vanwege hun perifere gezichtsveldverlies is het mogelijk dat mensen met HH tijdens te voet oversteken ook moeite ondervinden met het identificeren van veilige overstek momenten.

Wat al wel vastgesteld is, is dat het verkleinde gezichtsveld voor sommige mensen met HH voor problemen zorgt tijdens deelname aan verkeerssituaties in de auto (Xu et al., 2022; Bahnemann et al., 2015; Swan et al., 2021; Papageorgiou et al., 2012; Bowers et al., 2014; Kasneci et al., 2014; Kubler et al., 2015). Sommige mensen met HH zijn vaker betrokken bij botsingen, nemen meer onveilige beslissingen en zijn minder in staat relevante objecten in de omgeving waar te nemen (Xu et al., 2022; Bahnemann et al., 2015; Swan et al., 2021; Papageorgiou et al., 2012; Bowers et al., 2014; Kasneci et al., 2014; Kubler et al., 2015). Onveilige beslissingen worden niet alleen genomen op basis van informatie die aanwezig is aan de blinde kant van het gezichtsveld, maar ook op basis van informatie aan de niet-blinde kant (Xu et al., 2022). Mogelijk ervaren mensen met HH deze problemen ook tijdens het te voet oversteken.

Sommige mensen met HH lijken tijdens mobiliteitstaken, zoals autorijden, compensatiestrategieën in kijkgedrag in te zetten om te compenseren voor hun verminderde gezichtsveld (Postuma et al., 2023; Papageorgiou et al., 2012; Xu et al., 2022; Kubler et al., 2015; Bowers et al., 2014; Bahnemann et al., 2015; Kasneci et al., 2014; Swan et al., 2021). Niet al deze compensatiestrategieën lijken adequaat. Mogelijk kijken sommige mensen met HH gemiddeld minder ver naar de linker- en rechterkant van hun gezichtsveld in vergelijking tot mensen zonder visuele aandoening (UN) (Papageorgiou et al., 2012; Bahnemann et al., 2015; Kubler et al., 2015). Hierdoor nemen deze mensen met HH mogelijk minder van de omgeving tot zich en kan belangrijke informatie gemist worden (Bowers et al., 2014; Papageorgiou et al., 2012; Bahnemann et al., 2015; Kubler et al., 2015). Daarnaast laten sommige mensen met HH minder exploratie van de omgeving zien, aangeduid door het aantal saccades dat zij maken (Papageorgiou et al., 2012). Tot slot kijken verschillende mensen met HH minder vaak en korter in de richting van relevante objecten in de omgeving, wat leidt tot verminderde objectdetectie (Xu et al., 2022; Bahnemann et al., 2015; Swan et al., 2021;

Bowers et al., 2014). Deze inadequate compensatiestrategieën kunnen leiden tot onveilige verkeerssituaties en botsingen. Mogelijk worden deze compensatiestrategieën ook ingezet tijdens te voet oversteken.

Tijdens het revalidatieproces van mensen met HH kan aandacht besteed worden aan het aanleren van adequate compensatiestrategieën in kijkgedrag. De Inzicht in Hemianopsie Kijktraining (IH-training) van Koninklijk Visio Nederland is hier een voorbeeld van en focust op het aanleren van grote horizontale scans richting de linker- en rechterkant van het gezichtsveld (De Haan et al., 2015). Het aangeleerde kijkpatroon begint met een lange scan richting het blinde gezichtsveld, gevolgd door een lange scan richting het niet-blinde gezichtsveld, om vervolgens terug te keren richting het midden van het gezichtsveld (De Haan et al., 2015). Na afloop van de training worden verbeteringen in mobiliteit, het opmerken van objecten in de periferie en het vermijden van obstakels gerapporteerd door deelnemers zelf (De Haan et al., 2015). Deze compensatiestrategie zou mogelijk ook effectief kunnen zijn in het vergroten van het gezichtsveld.

Het blijkt dat mensen met HH die hoog presteren op mobiliteitstaken (HPH) andere en meer adequate kijkstrategieën inzetten in vergelijking met mensen met HH die lager presteren (LPH) (Papageorgiou et al., 2012; Bahnemann et al., 2015; Kubler et al., 2015; Kasneci et al., 2014). HPH-mensen die minder gevaarlijke situaties veroorzaken tijdens autorijden, maken grotere scans richting de linker- en rechterkant van hun gezichtsveld (Papageorgiou et al., 2012; Bahnemann et al., 2015; Kubler et al., 2015). Daarnaast hebben zij betere objectdetectie door meer in de richting van taakrelevante objecten in de omgeving te kijken (Papageorgiou et al., 2012; Bahnemann et al., 2015). Ook maken HPH-mensen die veilig deelnemen aan het verkeer meer saccades in vergelijking met LPH-mensen, wat meer exploratie van de omgeving aanduidt (Papageorgiou et al., 2012; Bahnemann et al., 2015; Kubler et al., 2015).

Deze kijkstrategieën zouden kunnen duiden op adequate compensatiestrategieën, omdat ze resulteren in betere prestaties op mobiliteitstaken.

Om het kijk- en oversteekgedrag van mensen in kaart te brengen, kan gebruikgemaakt worden van virtual reality (VR). Het gebruik van VR brengt verschillende voordelen met zich mee, waaronder vergrote mogelijkheden om stimuli te creëren en controleren, het uitvoeren van het onderzoek in een veilige omgeving, hoge ecologische validiteit en het creëren van een volledig gestandaardiseerde omgeving (Wilson et al., 2015; Hakim & Hammad, 2022; Rizzo et al., 2003). Door het gebruik van VR kunnen participanten meer realistisch en complexer gedrag tonen dan mogelijk is buiten een virtuele omgeving. Het gebruik van VR brengt echter ook nadelen met zich mee, zoals de onzekerheid of stimuli natuurlijke reacties uitlokken, monetaire kosten, technologische complexiteit van de apparatuur en negatieve bijwerkingen, zoals misselijkheid (Wilson et al., 2015; Hakim & Hammad, 2022; Rizzo et al., 2003).

In deze scriptie worden algemene compensatiestrategieën in kijkgedrag van mensen met HH in kaart gebracht wanneer zij te voet oversteken. Daarnaast zal onderzocht worden welke van deze strategieën adequaat zijn en resulteren in een veilige oversteek. De variabelen waar op gefocust zal worden, zijn: de veiligheidsmarge, kijkspan, het aantal saccades en het kijken richting auto's. Om te bepalen welke compenserende kijkstrategieën mensen met HH toepassen, zal deze groep vergeleken worden met de UN-groep. Om vervolgens te bepalen welke compensatiestrategieën adequaat zijn, zal binnen de groep mensen met HH een vergelijking gemaakt worden tussen HPH- en LPH-mensen op de oversteektaak. Het verzamelen van data wordt gedaan door middel van VR. De compensatiestrategieën die uiteindelijk op basis van deze scriptie adequaat geacht worden, kunnen tijdens revalidatie aangeleerd worden aan mensen met HH om hun deelname aan het verkeer, en specifiek te voet oversteken, veiliger te maken. Uiteindelijk is de hoop dat door het aanbevelen van

adequate compensatiestrategieën en het optimaliseren van het revalidatieproces, de levenskwaliteit van mensen met HH zal toenemen.

Methode

Participanten

In totaal zijn voor deze scriptie gegevens verzameld over 36 participanten, waarvan 18 met HH en 18 mensen zonder visuele aandoening (UN). De mensen met HH zijn geworven via Koninklijke Visio, waar zij onder behandeling staan voor hun visuele beperking. De UN-groep fungeert als controlegroep en is geworven op basis van *convenience sampling* via eigen netwerken van betrokkenen bij de studie. De UN-groep is gematcht aan de groep mensen met HH op basis van leeftijd, met als richtlijn 5 jaar boven of onder de leeftijd van de persoon met HH waar de UN-groep participant aan gematcht is. Demografische gegevens over participanten zijn terug te vinden in Tabel 1.

Tabel 1 *Demografische gegevens participanten*

	HH	UN
Gem. leeftijd (jaar)	62	61
Geslacht (m) (%)	83,3	83,3
Oorzaak HH (%) ^a		
CVA	77,8	
TH	16,6	
Tumor	5,6	
HH rechts (%)	33,3	
HH kwadrant (%)	38,9	
Macula aangetast (%)	61,1	
Gem. tijd symptomen HH en deelname studie (maand) ^b	18,5	
Compensatietraining (%) ^c		

Afgerond	38,9
Stage 0	11,1
Stage 2	11,1
Stage 3	5,6
Stage 4	5,6
Geen training nodig	27,8

HH: participanten met homonieme hemianopsie

UN: participanten zonder visuele aandoening

a. CVA: beroerte, TH: traumatisch hersenletsel

b. Gegevens van 1 participant ontbreken

c. Compensatietraining IH-CST Koninklijk Visio, Stage 0: geen training, Stage 2: wandelen binnen, Stage 3: wandelen buiten, Stage 4: fietsen.

Alle deelnemers aan de studie moesten ten minste 18 jaar oud zijn, mochten geen (andere) visuele of neurologische stoornissen hebben, geen beperkingen hebben in oog- en/of hoofdbewegingen, geen ernstige psychiatrisch, cognitieve, balans- of oriëntatiestoornissen of beperkingen hebben, geen taal- of communicatieproblemen hebben, geen MMSE score van <25 hebben, geen afwijkende score op de *Trailmaking Test* hebben (TMT A >79s; TMT B >273s) en moesten het consentformulier getekend hebben. Inclusiecriteria specifiek voor de groep mensen met HH betroffen geen aanwijzingen van neglect – o.a. gemeten aan de hand van de Kloktekentest –, een visueel defect met een neurologische oorzaak van ten minste kwadrantopisch niveau dat niet aanwezig is aan de ipsilaesionele kant, meer dan drie maanden tussen deelname aan de studie en symptomen van HH en een visuele acuïteit boven 0.5. Participanten van deze studie hebben deelgenomen aan een groter onderzoeksproject waar deze scriptie onderdeel van uitmaakt.

Apparaten en materialen

Voor het gebruik van VR is de HTC Vive Pro Eye ingezet (HTC Corporation Taoyuan, Taiwan), bestaande uit een headset met twee controllers. De headset had een visueel

veld van ongeveer 90° horizontaal en verticaal, een sampling frequentie van 90 Hz en een resolutie van 1440 x 1600 pixels. Daarnaast bevatte de headset een ingebouwde eye-tracker (Tobii XR). De software die gebruikt is om deze data te verzamelen is Vive SRanpial SDK (HTC Corporation, Taoyuan, Taiwan) en betrof een sampling frequentie van 90 Hz. De eye-tracker had een nauwkeurigheid van 0.5 – 1.1 graden en hanteerde een 5-punts kalibratiemechanisme.

De VR-omgeving waarin het onderzoek zich heeft afgespeeld, is gebouwd in de software Unity en ontworpen door The Virtual Dutch Man (TVDM Corporation, Almelo, Nederland). Deze omgeving bestond uit een rechte straat met twee rijstroken. Langs beide zijden van de straat liep een stoep met aangrenzend stukken gras, bomen, struiken en huizen (zie Figuur 1).



Figuur 1. Onderzoeksomgeving in Virtual Reality. De virtuele omgeving waarin de participant zich bevond, bestond uit twee rijstroken met auto's komende vanuit beide rijrichtingen, een stoep langs beide kanten van de straat met aangrenzend gras, bomen, struiken en huizen. Andere weggebruikers of verkeersdeelnemers, los van de auto's, waren niet aanwezig.

Auto's reden in beide rijrichtingen over de straat. Het onderzoek bestond uit vier verschillende scenario's, elk met verschillen in snelheid van de auto's en verschillen in ruimte tussen de auto's (zie Tabel 2).

Tabel 2 *Scenario's in Virtual Reality*

Scenario	Snelheid auto	Ruimte tussen auto's
1	30km/uur	Constant ^a
2	50km/uur	Constant ^a
3	30km/uur	Oplopend ^b
4	50km/uur	Oplopend ^b

- a. Constante ruimte tussen auto's: 8 seconden. Bij weigering oversteken: +1 seconde tot oversteek.
b. Oplopende ruimte tussen auto's: 3 seconden + 0.5 seconde na iedere auto die voorbij gaat.

De *Misery Scale* (MISC) is een vragenlijst die gebruikt wordt om gevoelens van ziekte, zoals duizeligheid en misselijkheid waar te nemen tijdens aanwezigheid in de virtuele omgeving (Chang et al., 2020). De scores op deze schaal lopen van 0 (geen klachten) tot 10 (overgeven). Bij een score op de *Misery Scale* van 6 of hoger werd het onderzoek in VR stopgezet.

Procedure

Als eerste stap van het onderzoek werden de VR-headset en ingebouwde eye-tracker gekalibreerd. Vervolgens werd de gelegenheid gegeven aan de participanten om te oefenen met oversteken in de virtuele ruimte, zodat zij konden wennen aan de virtuele omgeving en konden oefenen met de oversteek-taak. Er werd net zo vaak overgestoken totdat een gevoel van vertrouwen ervaren werd in de virtuele omgeving. Tot slot werd als laatste oefening tweemaal overgestoken in VR met auto's met een snelheid van 30km/u en gaten tussen de auto's van 11 seconden. Hierna werd het daadwerkelijke onderzoek gestart. Elke participant doorliep de vier scenario's (zie Tabel 2), beginnend met scenario 1 en eindigend met scenario 4, waarbij zij twee keer heen en weer hebben overgestoken. Bij elke oversteek die gemaakt

werd, liep een onderzoeker mee om de veiligheid van de participanten te garanderen, zodat er geen botsing met de muren plaatsvond. De *Misery Scale (MISC)* vragenlijst werd bij participanten afgenomen na voltooiën van scenario 1 en 3 (zie Tabel 2). De participanten werd voorafgaand of tijdens het oversteken niet verteld welke strategieën zij het beste konden inzetten om de omgeving zo adequaat mogelijk te scannen.

Data-analyse

De verkregen data is verwerkt en geanalyseerd in Matlab versie 2022b. Allereerst vond een signaalanalyse plaats, waarbij onbetrouwbare en ongeldige data is verwijderd op basis van validiteit data van de eye-tracker. Vervolgens is ontbrekende data in de set opgevuld door middel van de pchip formule (*shape-preserving piecewise cubic spline interpolation*). Hierbij is een maximaal gat gehanteerd van 0.1s. Grotere gaten konden niet opgevuld worden en hebben geleid tot permanent dataverlies. Oogoriëntatie is tot slot omgezet in graden eenheid en samengevoegd met hoofdoriëntatie ($^{\circ}$), om de kijkrichting in graden te bepalen..

Na voltooiën van de signaalanalyse zijn de variabelen die meegenomen zijn in dit onderzoek berekend. De veiligheidsmarge en de kijkgedrag variabelen kijkspan en kijken in de richting van auto's zijn berekend op basis van kijkrichtingdata. Het aantal saccades is berekend op basis van oogoriëntatiedata alleen. De veiligheidsmarge was de prestatie maat binnen dit onderzoek en gaf aan welke participanten wel en niet een veilige oversteek hebben gemaakt. Deze variabele is berekend door de tijd te nemen die zat tussen een gemaakte oversteek en de eerstvolgende auto die de locatie van oversteken passeerde. Het identificeren van een veilige oversteek is gedaan op basis van een cutoffscore van 2s (veiligheidsmarge van $>2s$ is veilig). Deze score is gebaseerd op adviezen van Veilig Verkeer Nederland met betrekking tot veilige afstanden tussen weggebruikers (VVN, z.d.) en gegevens over veiligheidsmarge, remweg en remsystemen met betrekking tot auto-en-voetganger-interacties

(Yang et al., 2019; Deveaux et al., 2021; Giuffrè et al., 2016). Op basis van de veiligheidsmarge en deze cutoffscore van 2s is een verdeling gemaakt in een hoog presterende groep mensen met HH (HPH) en een laag presterende groep mensen met HH (LPH). Op basis van de uitkomsten van de vergelijkingen tussen HPH- en LPH-mensen zijn adequate scanstrategieën geïdentificeerd voor mensen met HH tijdens te voet oversteken.

Kijkspan betrof de gemiddelde afstand in kijkrichting vanaf de middenlijn van het gezichtsveld richting ofwel de linker- of rechterkant van het gezichtsveld en toont hoe ver participanten richting de linker- en rechterkant van de omgeving gescand hebben. Negatieve waarden verwezen naar kijken richting de linkerkant van het gezichtsveld, positieve waarden naar kijken richting de rechterkant. Elke negatieve waarde is omgezet in een positieve waarde om zo de gemiddelde afstand vanaf de middenlijn te kunnen berekenen. Hoe groter de gemiddelde afstand vanaf de middenlijn, hoe verder naar links en naar rechts gekeken is.

Om de mate van exploratie van de omgeving door participanten waar te kunnen nemen, is het aantal saccades per minuut meegenomen als variabele. Saccades zijn geïdentificeerd binnen de oogoriëntatiedata op basis van snelheidsalgoritme met een drempelwaarde van Hooge en Camps (2013). Om te kunnen meten of mensen met HH daarbij daadwerkelijk minder taakrelevante objecten in de omgeving hebben waargenomen tijdens oversteken, is de variabele 'Kijken richting auto's' meegenomen. Het kijken in de richting van auto's is gemeten als het percentage van kijkrichting samples die gelijk staan aan de hoek van de auto's in de virtuele omgeving.

Binnen deze scriptie is enkel gefocust op scenario 3 (zie Tabel 2), vanwege de beperkte grootte van de bachelorscriptie. Dit scenario is gekozen, omdat de oplopende afstanden tussen auto's binnen dit scenario inzicht geven in de veiligheidsmarge die mensen gehanteerd hebben tijdens oversteken. Daarnaast is gekozen voor een snelheid van auto's van

30km/uur, omdat deze snelheid de standaard is op de meeste wegen binnen de bebouwde kom en daar het meeste te voet overgestoken zal worden. Vanwege deze redenen was scenario 3 het meest relevant om mee te nemen in deze studie.

Statistische analyse

De statistische analyse is uitgevoerd in het programma JASP (The JASP Team 2018). Om te kunnen achterhalen of en welke compensatiestrategieën mensen met HH hebben gebruikt tijdens het oversteken, is deze groep vergeleken met de UN-groep door middel van Welch onafhankelijke T-toetsen. De groepen zijn vergeleken op basis van de prestatie maat veiligheidsmarge (i.e. tijd tussen oversteek en voorbijkomende auto), de kijkvariabelen kijkspan (i.e. gemiddelde afstand vanaf middenlijn richting links/rechts), aantal saccades (i.e. aantal snelle saccades) en kijken richting auto's (i.e. percentage kijkrichtingen gelijk aan positie van auto's). Om vervolgens de meest adequate compensatiestrategieën te identificeren, is een vergelijking gemaakt tussen HPH- en LPH- mensen (veiligheidsmarge van $>2s$ was veilig). Deze twee groepen zijn met elkaar vergeleken door middel van Welch onafhankelijke T-toetsen op de kijkvariabelen kijkspan, aantal saccades en kijken richting auto's. Alle T-toetsen zijn uitgevoerd op basis van een Alfa van 0.05. De grootte van de gevonden effecten is afgelezen aan de hand van Cohen's d, waarbij de volgende interpretaties gehanteerd zijn: grote effectgrootte: 0.8; medium effectgrootte: 0.5; kleine effectgrootte: 0.2. Voor schendingen van normaliteit en gelijke varianties is gecontroleerd door de vergelijkingen uit te voeren op basis van gemiddelden van alle participanten over 4 trials. Waar aannames van normaliteit en gelijke varianties alsnog geschonden waren, is de non-parametrische Mann-Whitney U Test uitgevoerd.

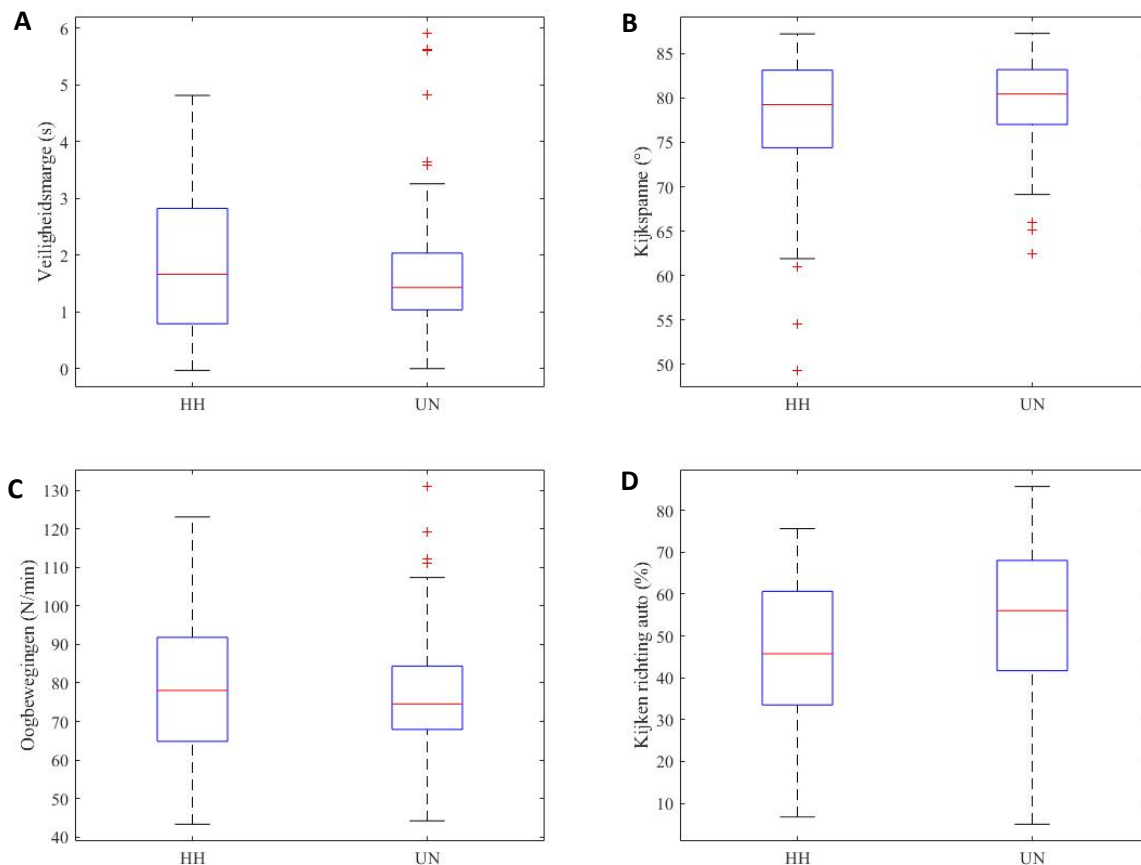
Resultaten

Veiligheidsmarge

Vergeleken met de UN-groep staken mensen met HH binnen deze scriptie gemiddeld gezien niet onveiliger een straat over (Figuur 2A). Dit blijkt uit een niet-significant verschil op de prestatie maat van dit onderzoek, de veiligheidsmarge (Tabel 3).

Algemene compensatiestrategieën

Mensen met HH laten gemiddeld gezien ook geen compensatiestrategieën in kijkgedrag zien met betrekking tot de grootte van de kijkspan, exploratie van de omgeving (aantal saccades) en het kijken in de richting van taak-relevante objecten (auto's) (Figuur 2B, 2C, 2D). Dit wordt aangeduid door het niet vinden van significante verschillen tussen de groepen op de kijkvariabelen kijkspan, aantal saccades en kijken in de richting van auto's (Tabel 3).



Figuur 2. Veiligheidsmarge en kijkvariabelen voor te voet oversteken in VR bij een snelheid van 30km/uur en oplopende ruimtes tussen auto's. Vergelijkingen zijn uitgevoerd tussen de groep mensen met HH (HH) en de groep mensen zonder visuele aandoening (UN). De groepen zijn vergeleken op de prestatie maat veiligheidsmarge (A) en kijkvariabelen kijkspan (B), aantal saccades (C) en kijken richting auto's (D). De rode horizontale lijn in de boxplot vertegenwoordigt de mediaan. De verticale zwarte lijnen van de boxplots geven de spreiding binnen elke groep weer. De rode plustekens betreffen outliers. Geen significante verschillen zijn gevonden tussen beide groepen, resulterend in de uitkomst dat mensen met HH gemiddeld gezien geen compensatiestrategieën hebben ingezet binnen deze studie en niet onveiliger oversteken in vergelijking met de UN-groep.

Tabel 3 Oversteekprestatie en kijkgedrag in HH (N=18) vergeleken met UN (N=18)

	Descriptives		Statistiek		
	HH	UN	t(df)	p	Effectgrootte(SE)
	M(SD)	M(SD)			
Veiligheidsmarge (s)	1.8(0.97)	1.7(1.19)	0.28(32.7) ^a	0.78 ^a	0.09(0.33) ^a
			178 ^b	0.63 ^b	0.1(0.19) ^b
Kijkspan (°)	77.4(6.8)	79.3(4.36)	-1(28.9) ^a	0.33 ^a	-0.33(0.34) ^a
			143 ^b	0.56 ^b	-0.12(0.19) ^b

Saccades (N/m)	78.6(17.3)	77.2(13.9)	0.27(32.5) ^a	0.79 ^a	0.09(0.33) ^a
			176 ^b	0.67 ^b	0.09(0.19) ^b
Kijken auto (%) ^a	45.3(16.7)	54.3(16.9)	-1.6(34)	0.12	-0.53(0.35)

HH: participanten met homonieme hemianopsie

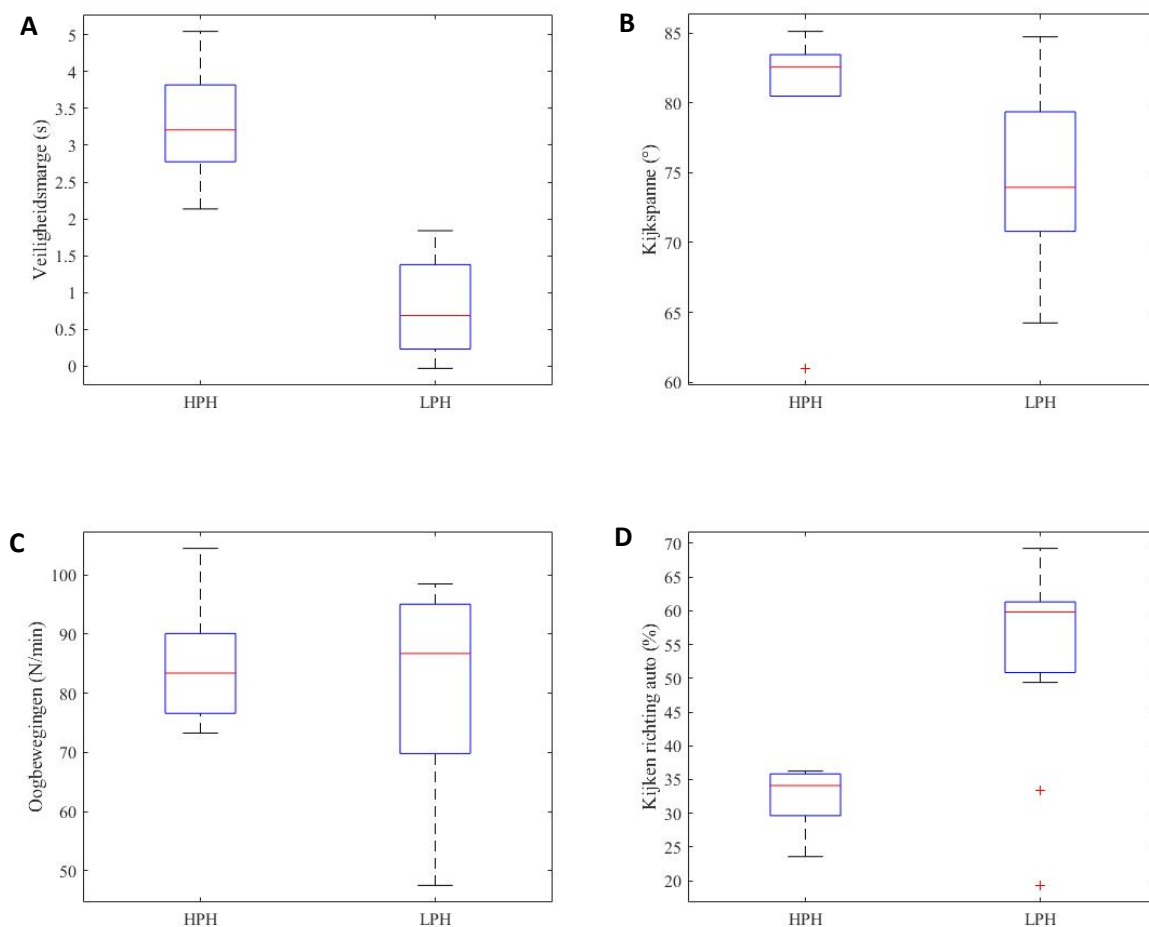
UN: participanten zonder visuele aandoening

a. Welch onafhankelijke T-testen

b. Mann-Whitney U Test

Adequate compensatiestrategieën

De manier waarop de groep mensen met HH opgedeeld is in een HPH- en LPH-groep op basis van de veiligheidsmarge is afgebeeld in Figuur 3A. Door middel van deze vergelijking is gebleken dat verder door kijken richting de linker- en rechterkant van het gezichtsveld gerelateerd is aan een veilige oversteek. Dit blijkt uit een significant verschil tussen de HPH- en LPH-groepen op de variabele kijkspan (Figuur 3B, Tabel 4), waarbij de HPH-groep een grotere kijkspan hanteert. Een adequate compensatiestrategie is niet geïdentificeerd met betrekking tot de mate van exploratie van de omgeving. Gemiddeld gezien verschilden de groepen niet significant van elkaar met betrekking tot het aantal gemaakte saccades (Figuur 3C, Tabel 4). Een significant verschil werd ook niet gevonden met betrekking tot het kijken in de richting van taak-relevante objecten, auto's in dit geval (Figuur 3D, Tabel 4). Dit niet-significante resultaat wordt echter veroorzaakt door twee participanten in de LPH-groep die een andere kijkstrategie hanteren dan de rest van de groep (aangeduid als outliers in figuur 3D). Daarnaast is de effectgrootte gerelateerd aan deze vergelijking groot (Tabel 4), waardoor een verschil tussen beide groepen niet uitgesloten kan worden.



Figuur 3. Veiligheidsmarge en kijkvariabelen voor te voet oversteken in VR bij een snelheid van 30km/uur en oplopende ruimtes tussen auto's. Vergelijkingen zijn uitgevoerd binnen de groep mensen met HH, waarbij een scheiding gemaakt is tussen hoog presterende mensen met HH (HPH) en laag presterende mensen met HH (LPH) op basis van de prestatie maat veiligheidsmarge (A). De groepen zijn vergeleken op de kijkvariabelen kijkspan (B), aantal saccades (C) en kijken richting auto's (D). De rode horizontale lijn in de boxplot vertegenwoordigt de mediaan. De verticale zwarte lijnen van de boxplots geven de spreiding binnen elke groep weer. De rode plustekens betreffen outliers. Na controleren voor outliers is enkel een significant verschil gevonden in kijkspan, resulterend in de conclusie dat een grotere kijkspan bijdraagt aan een veilige oversteek. Het zichtbare significante verschil met betrekking tot de variabele kijken in de richting van auto's wordt veroorzaakt door outliers en is na controleren voor deze outliers niet significant gebleken (Tabel 4).

Tabel 4 Oversteekprestatie en kijkgedrag in HPH (N=7) vergeleken met LPH (N=11)

	Descriptives		Statistiek		
	HPH M(SD)	LPH M(SD)	t(df)	p	Effectgrootte(SE)
Veiligheidsmarge (s) ^a	2.83(0.45)	1.15(0.51)	7.35(14.1)	<.001*	3.51(1.1)
Kijkspan (°) ^a	81.1(2.66)	75(7.64)	2.45(13.4)	0.029*	1.07(0.56)
Saccades (N/m)	81.3(25.4)	76.8(10.8)	0.44(7.4) ^a	0.67 ^a	0.23(0.49) ^a

			45 ^b	0.6 ^b	0.17(0.28) ^b
Kijken auto (%) ^a	36.5(20)	50.9(12.6)	-1.73(9.22)	0.12	-0.87(0.54)

*Significant op basis van Alfa <0.05

HPH: hoog presterende mensen met hemianopsie (veiligheidsmarge)

LPH: laag presterende mensen met hemianopsie (veiligheidsmarge)

a. Welch onafhankelijke T-testen

b. Mann-Whitney U Test

Discussie

Door middel van dit onderzoek is een poging gedaan adequate compensatiestrategieën in kijkgedrag te identificeren voor mensen met HH die zij kunnen inzetten wanneer zij te voet oversteken in het verkeer. Gebleken is dat participanten met HH gemiddeld gezien niet onveiliger te voet oversteken en geen compensatiestrategieën inzetten met betrekking tot grootte van de kijkspan, exploratie van de omgeving (saccades) en kijken in de richting van taak-relevante objecten (auto's) tijdens oversteken in VR. Daarentegen is wel gebleken dat een grotere kijkspan resulteert in een veilige oversteek. Niet gevonden is dat een groter aantal saccades positief bijdraagt aan een veilige oversteek en meer exploratie van de omgeving door middel van saccades kan dus niet beschouwd worden als adequate compensatiestrategie. Onduidelijkheid heerst nog over of meer kijken in de richting van auto's bijdraagt aan een veilige oversteek en dus beschouwd kan worden als adequate compensatiestrategie.

Verrassend genoeg staken mensen met HH binnen deze studie gemiddeld gezien niet onveiliger over in vergelijking met de UN-groep. In ander onderzoek naar te voet oversteken werd wel gevonden dat mensen met perifeer gezichtsveldverlies vaker betrokken zijn bij botsingen, doordat zij moeite ondervinden met het identificeren van veilige oversteekmomenten (Cheong et al., 2008). Mensen met HH ervaren ook perifeer gezichtsveldverlies en verwacht werd dan ook dat participanten met HH binnen deze studie hierdoor onveiliger zouden oversteken. Daarnaast komen mensen met HH tijdens onderzoeken naar oversteken in de auto ook vaker terecht in botsingen in vergelijking met UN-mensen (Xu et al., 2022; Bowers et al., 2014). Verwacht werd dat dit ook het geval zou zijn tijdens te voet oversteken.

Het is mogelijk dat mensen met HH simpelweg geen moeilijkheden ervaren met te voet oversteken. In onderzoek wordt gevonden dat mensen met een visuele beperking accurate en betrouwbare beslissingen maken tijdens oversteken, die niet afwijken van de

beslissingen die UN-mensen maken (Hassan, 2012). Ook tijdens autorijden worden geen verschillen in prestatie gevonden tussen sommige mensen met HH en UN-mensen (Papageorgiou et al., 2012). Deze studies geven ondersteuning voor het idee dat mensen met HH oversteken mogelijk niet moeilijk vinden. Daarnaast is oversteken iets wat men regelmatig doet in het dagelijks leven. Hierdoor is het mogelijk dat mensen met HH adequaat getraind zijn in deze vaardigheid, een gelijke hoeveelheid aan ervaring bezitten als UN-mensen en dat hierdoor geen verschillen tussen de groepen te onderscheiden zijn.

Het is daarentegen ook mogelijk dat de gebruikte oversteektaak in deze scriptie te makkelijk is geweest voor participanten. Oversteken in alledaagse situaties gaat gepaard met andere weggebruikers en afleiders in de omgeving. Dit zijn zaken die extra aandacht vragen van participanten en wanneer deze toegevoegd worden aan een oversteektaak, resulteert dit in een dual taak-situatie. Het blijkt dat het toevoegen van een dual taak negatieve effecten heeft op de oversteekprestatie van mensen met HH (Iorizzo et al., 2011; De Haan et al., 2015). Het ontbreken van de dual taak binnen deze scriptie kan ervoor gezorgd hebben dat het gedrag van participanten afgeweken heeft van hun gedrag in alledaagse situaties en heeft zo mogelijk geresulteerd in de afwezigheid van verschillen tussen de groepen.

Ook kan gevolgde compensatietraining tijdens het revalidatieproces door mensen met HH een verklaring zijn voor het vinden van geen verschillen in prestatie tussen beide groepen. Deze compensatietraining resulteert in een verbetering in opmerken van objecten in de periferie (De Haan et al., 2016) en vergroot mogelijk de grootte van scans. De adequate kijkstrategie die aangeleerd wordt tijdens revalidatie compenseert zo mogelijk voor het verlies in gezichtsveld van mensen met HH, waardoor de gemiddelde prestatie op mobiliteitstaken niet afwijkt van de UN-groep.

Mensen met HH lieten tijdens oversteken gemiddeld gezien ook geen compensatiestrategieën in kijkgedrag zien met betrekking tot de grootte van de kijkspan, exploratie van de omgeving (aantal saccades) en kijken in de richting van taak-relevante objecten (auto's). Deze verschillen tussen beide groepen worden wel gevonden in andere onderzoeken naar rijgedrag van mensen met HH. Zo blijkt dat in vergelijking met UN-mensen, sommige mensen met HH een minder grote kijkspan hanteren, minder saccades maken en minder relevante objecten in de omgeving waarnemen (Postuma et al., 2023; Bowers et al., 2014; Papageorgiou et al., 2012; Bahnemann et al., 2015; Kubler et al., 2015; Xu et al., 2022; Swan et al., 2021). Verwacht werd dat deze uitkomsten ook gevonden zouden worden tijdens oversteken te voet.

Het is mogelijk dat mensen met HH en UN-mensen gemiddeld gezien niet van elkaar verschillen met betrekking tot kijkspan, aantal saccades en kijken richting auto's tijdens te voet oversteken en dat mensen met HH geen alternatieve kijkstrategie hanteren. De moeilijkheidsgraad van de oversteektaak binnen deze scriptie kan echter ook een verklaring geven voor het niet vinden van verschillen die in alledaagse situaties mogelijk wel aanwezig zijn. Het toevoegen van een dual taak heeft een negatief effect op de kijkstrategieën van mensen met HH, waarbij grootte van de kijkspan minder wordt, het aantal saccades afneemt en minder taak-relevante objecten in de omgeving worden waargenomen (Iorizzo et al., 2012; De Haan et al., 2015). Het ontbreken van afleiders en andere weggebruikers in de omgeving van de VR-taak in deze scriptie kan geresulteerd hebben in kijkgedrag van participanten dat afwijkt van kijkgedrag in sommige alledaagse situaties.

Ook kan gevolgde compensatietraining tijdens revalidatie door mensen met HH een effect gehad hebben op het niet vinden van verschillen tussen de groepen in kijkstrategieën. Deze compensatietraining heeft tot gevolg dat mensen met HH meer taak-relevante objecten in de omgeving waarnemen (De Haan et al., 2016). Volgens deelnemers aan de studie zijn de

effecten van het opmerken en ontwijken van objecten in de omgeving van lange duur (De Haan et al., 2016). Ook kan ervaring met oversteken van invloed zijn geweest op het niet vinden van verschillen. Het is mogelijk dat mensen met HH zichzelf door ervaring hebben aangeleerd ver richting de linker- en rechterkant van hun gezichtsveld te kijken, de omgeving adequaat te exploreren door middel van saccades en gericht te kijken in de richting van auto's. De VR-headset kan daarnaast ook het kijkgedrag van de participanten beïnvloed hebben. Deze headset beperkt het gezichtsveld van participanten tot 90°, waardoor minder van de omgeving waargenomen kon worden.

Het vergroten van de kijkspan lijkt een adequate compensatiestrategie in kijkgedrag te zijn tijdens te voet oversteken voor mensen met HH. Deze uitkomst komt ook naar voren in andere onderzoeken, waar gevonden wordt dat HPH-mensen grotere scans maken richting de linker- en rechterkant van hun gezichtsveld (Papageorigou et al., 2012; Bahnemann et al., 2015; Kubler et al., 2015). Door ver naar links en naar rechts te scannen, wordt een groter deel van de omgeving zichtbaar en kan meer informatie uit de omgeving meegenomen worden om een veilige oversteek te maken. Het is dus mogelijk dat de grootte van de kijkspan de meest belangrijke kijkstrategie is met betrekking tot het maken van een veilige oversteek voor mensen met HH.

In deze scriptie is niet gevonden dat HPH-mensen meer saccades maken. Om deze reden is het maken van meer saccades om de omgeving te exploreren niet geïdentificeerd als adequate compensatiestrategie die leidt tot een veilige oversteek. Dit werd wel verwacht op basis van andere onderzoeken, waar gevonden is dat HPH-mensen tijdens mobiliteitstaken de omgeving meer exploreren door middel van saccades (Papageorgiou et al., 2012; Kubler et al., 2015). Een verklaring voor het niet vinden van deze uitkomst zou kunnen zijn dat het vergroten van het aantal saccades simpelweg niet bijdraagt aan een hoge prestatie op mobiliteitstaken en een veilige oversteek. Daarnaast is het mogelijk dat de oversteektaak te

gemakkelijk is geweest voor de participanten, waardoor hun scangedrag in de VR-omgeving heeft afgeweken van scangedrag in alledaagse situaties en realistische verschillen tussen de groepen niet opgemerkt zijn die buiten de VR-omgeving mogelijk wel bestaan. Tot slot kan ook het beperkte gezichtsveld veroorzaakt door de VR-headset effect gehad hebben op het aantal saccades van participanten.

Tegen de verwachting in is binnen deze scriptie niet definitief gevonden dat meer kijken in de richting van auto's bijdraagt aan een veilige overstek. Een trend in de data is binnen deze scriptie wel gevonden. Papageorgiou en collega's (2012) vonden in hun onderzoek dat HPH-mensen meer kijken in de richting van taak-relevante objecten en hierdoor minder vaak betrokken zijn bij botsingen. Het is daarentegen ook mogelijk dat HPH-mensen juist meer kijken richting de weg. Dit kan verklaard worden door veiligheidsgedrag, waarbij veel gekeken wordt richting het wegdek (Authié et al., 2017), om zo gaten in het verkeer te identificeren die veilig zijn om te gebruiken als oversteekmoment (Cheong et al., 2008). Daarentegen vonden Geruschat en collega's (2006) en Authié en collega's (2017) dat mensen met perifeer gezichtsveldverlies uit veiligheidsgedrag juist veel kijken in de richting van auto's tijdens oversteken. Het blijft dus onduidelijk of meer of minder kijken in de richting van auto's beschouwd kan worden als adequate compensatiestrategie.

Het doel van deze scriptie was om algemene en adequate compensatiestrategieën in kijkgedrag van mensen met HH te identificeren wanneer zij te voet een straat oversteken, om vervolgens adequate compensatiestrategieën te gebruiken om revalidatie te optimaliseren. Kijkspan heeft volgens deze scriptie de meeste invloed op het maken van een veilige overstek en wordt om deze reden geadviseerd als focuspunt tijdens het revalidatieproces. Geadviseerd wordt om mensen met HH aan te leren grote saccades te maken richting de linker- en rechterkant van het gezichtsveld. Dit kan gedaan worden door participanten tijdens een oversteektaak op een stoep te plaatsen, waarbij ze grote saccades moeten maken naar

links en rechts. Pas wanneer de stoep zowel in het linker- als rechtergezichtsveld te zien is geweest, mogen zij oversteken. Op deze manier leren mensen met HH een grote kijkspan te hanteren die vervolgens bijdraagt aan een veilige oversteek.

Het gebruik van VR in deze scriptie brengt verschillende nadelen met zich mee die gezien kunnen worden als beperkingen van de studie. Het uitvoeren van de taak in VR resulteert mogelijk in gedrag van participanten dat niet overeenkomt met het gedrag dat zij zouden vertonen in alledaagse situaties. Zo is het mogelijk dat de VR-omgeving als niet-realistisch ervaren wordt, waardoor onnatuurlijk gedrag uitgelokt wordt en onveilige beslissingen genomen worden tijdens oversteken (Wilson et al., 2015). Tot slot waren er geen andere verkeersdeelnemers aanwezig in de VR-omgeving, wat invloed gehad kan hebben op kijk- en oversteekgedrag van de participanten (Wilson et al., 2015).

Binnen deze scriptie is niet gevonden dat mensen met HH gemiddeld gezien onveiligere te voet oversteken. Ook zetten mensen met HH tijdens oversteken geen compensatiestrategieën in kijkgedrag in met betrekking tot kijkspan, aantal saccades en kijken richting auto's. Mogelijk hebben mensen met HH geen moeite met oversteken en gebruiken zij geen compensatiestrategieën. Het vinden van geen verschillen kan echter ook het gevolg zijn van compensatietraining, ervaring met oversteken, een te makkelijke taak en VR. Het hanteren van een grote kijkspan is geïdentificeerd als adequate compensatiestrategie, terwijl het aantal saccades geen effect lijkt te hebben op een veilige oversteek. Het effect van kijken richting auto's op een veilige oversteek blijft onduidelijk. Deze variabelen hebben mogelijk geen effect op de veiligheid van een oversteek, of compensatietraining, ervaring met oversteken, een te makkelijke taak en VR hebben invloed gehad op gedrag. Op basis van deze scriptie wordt aanbevolen dat mensen met HH tijdens revalidatie aanleren hun kijkspan te vergroten om oversteken veiliger te maken. Toekomstig onderzoek kan de effectiviteit van het

vergroten van de kijkspan en het effect van kijken richting auto's op oversteekveiligheid onderzoeken, bijvoorbeeld door de effecten te testen in een experimentele setting.

Literatuurlijst

- Authié, C. N., Berthoz, A., Sahel, J., & Safran, A. B. (2017). Adaptive gaze strategies for locomotion with constricted visual field. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00387>
- Bahnemann, M., Hamel, J., De Beukelaar, S., Ohl, S., Kehrler, S., Audebert, H., Kraft, A., & Brandt, S. A. (2015). Compensatory eye and head movements of patients with homonymous hemianopia in the naturalistic setting of a driving simulation. *Journal of Neurology, 262*, 316-325. <https://doi.org/10.1007/s00415-014-7554-x>
- Bowers, A. R., Ananyev, E., Mandel, A. J., Goldstein, R. B., & Peli, E. (2014). Driving with hemianopia: IV. Head scanning and detection at intersections in a simulator. *Investigative Ophthalmology Visual Science, 55*(3), 1540-1548.
<https://doi.org/10.1167/iovs.13-12748>
- Chang, E., Kim, H. T., & Yoo, B. (2020). Virtual reality sickness: A review of causes and measurements. *International Journal of Human – Computer Interaction, 36*(17), 1658-1682. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>
- Cheong, A. M. Y., Geruschat, D. R., & Congdon, N. (2008). Traffic gap judgment in people with significant peripheral field loss. *Optometry and Vision Science: Official publication of the American Academy of Optometry, 85*(1), 26–36.
<https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e31815ed6fd>
- De Haan, G. A., Heutink, J., Melis-Dankers, B. J. M., 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. M., 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). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134459>

De Haan, G. A., Melis-Dankers, B. J. M., Brouwer, W. H., Tucha, O., & Heutink, J. (2016).

The effects of compensatory scanning training on mobility in patients with homonymous visual field defects: Further support, predictive variables and follow-up. *PLoS One*, 11(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166310>

Deveaux, D., Higuchi, T., Uçar, S., Wang, C., Härrä, J., & Altintas, O. (2021, September 19-

22). *Extraction of risk knowledge from time to collision variation in roundabouts* [Paper presentation]. IEEE International Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), Indianapolis, IN, USA.

<https://doi.org/10.1109/ITSC48978.2021.9564570>

Geruschat, D. R., Hassan, S. E., Turano, K. A., Quigley, H. A., & Congdon, N. G. (2006).

Gaze behavior of the visually impaired during street crossing. *Journal of the American Academy of Optometry*, 83(8), 550-558.

<https://doi.org/10.1097/01.opx.0000232219.23362.a6>

Giuffrè, T., Campisi, T., & Tesoriere, G. (2016). Implications of adaptive traffic light

operations on pedestrian safety. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 13(6), 58-63. <https://doi.org/10.9790/1684-1306045863>

- Hakim, A., & Hammad, S. (2022). Use of virtual reality in psychology. *Digital Interaction and Machine Intelligence*, 440, 208-217.
- Hassan, S. E. (2012). Are normally sighted, visually impaired, and blind pedestrians accurate and reliable at making street crossing decisions? *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 53(6), 2593-2600.
- Hooge, I., & Camps, G. (2013). Scan path entropy and arrow plots: Capturing scanning behavior of multiple observers. *Frontiers in Psychology*, 4.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00996>
- Iorizzo, D. B., Riley, M. E., Hayhoe, M., & Huxlin, K. R. (2011). Differential impact of partial cortical blindness on gaze strategies when sitting and walking – An immersive virtual reality study. *Vision Research*, 51(10), 1173-1184.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2011.03.006>
- Kasneci, E., Sippel, K., Aehling, K., Heister, M., Rosenstiel, W., Schiefer, U., & Papageorgiou, E. (2014). Driving with binocular visual field loss? A study on a supervised on-road parcours with simultaneous eye and head tracking. *PloS one*, 9(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087470>
- Kubler, T. C., Kasneci, E., Rosenstiel, W., Nagel, K., Aehling, K., Heister, M., & Schiefer, U. (2015). Driving with homonymous visual field defects: Driving performance and compensatory gaze movements. *Journal of Eye Movement Research*, 8(5), 1-11.
<https://doi.org/10.16910/jemr.8.5.5>
- 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. <http://dx.doi.org.proxy-ub.rug.nl/10.1016/j.visres.2012.06.004>

Postuma, E. M. J. L., Heutink, J., Tol, S., Jansen, J. L., Koopman, J., Cornelissen, F. W., & De Haan, G. A. (2023). *Task-specific visual scanning in hemianopia: A systematic review*. [Ongepubliceerd manuscript]. Faculteit Gedrags- en Maatschappijwetenschappen, Rijksuniversiteit Groningen.

Rizzo, A., Schultheis, M. T., & Rothbaum, B. O. (2003). Ethical issues for the use of virtual reality in the psychological sciences. *Ethical Issues in Clinical Neuropsychology*, 243-280.

Smith, J. L. (1962). Homonymous hemianopia: A review of one hundred cases. *American Journal of Ophthalmology*, 54(4), 616-623. [https://doi.org/10.1016/0002-9394\(62\)92192-X](https://doi.org/10.1016/0002-9394(62)92192-X)

Swan, G., Savage, S. W., Zhang, L., & Bowers, A. R. (2021). Driving with hemianopia VII: Predicting hazard detection with gaze and head scan magnitude. *Translational Vision Science & Technology*, 10(1), 20. <https://doi.org/10.1167/tvst.10.1.20>

Swienton, D. J., & Thomas, A. G. (2014). The visual pathway – Functional anatomy and pathology. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, 35(5), 487-503. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2014.06.007>

Veilig Verkeer Nederland. (z.d.). *Verkeersregels, Afstand houden*. Veilig Verkeer. <https://verkeersregels.vvn.nl/situatie/afstand-houden>

Wilson, C. J., & Soranzo, A. (2015). The use of virtual reality in psychology: A case study in visual perception. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. <https://doi.org/10.1155/2015/151702>

Xu, J., Baliutaviciute, V., Swan, G., & Bowers, A. R. (2022). Driving with hemianopia X: Effects of cross traffic on gaze behaviors and pedestrian responses at intersections. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.938140>

Yang, W., Zhang, X., Lei, Q., & Cheng, X. (2019). Research on longitudinal active collision avoidance of Autonomous Emergency Braking Pedestrian system (AEB-P). *Sensors and Sensor's Fusion in Autonomous Vehicles*, 19(21), 4671. <https://doi.org/10.3390/s19214671>