

Virtual Reality als potentiële aanvulling op de huidige neuropsychologische diagnostiek

- ▶ Lauriane A. Spreij*
- ▶ Sjoerd W. Braaksma*
- ▶ David Sluiter
- ▶ Floor J.M. Verheul
- ▶ Anne Visser-Meily
- ▶ Tanja C.W. Nijboer

* Gedeeld eerste auteurschap

- **Samenvatting** — Het huidige neuropsychologisch onderzoek (NPO), grotendeels bestaande uit pen-en-papier tests, beoogt de specifieke cognitieve (*dis*)functies van patiënten in kaart te brengen. Neuropsychologen wordt vaak gevraagd om uitspraken te doen over het dagelijks functioneren. Virtual Reality (VR) kan hierbij mogelijk als aanvulling fungeren, waarbij VR-simulaties extra informatie verschaffen over het functioneren in een complexe en dynamische, maar nog telkens gecontroleerde omgeving. In dit artikel wordt een overzicht gegeven van onderzoek waarbij VR-simulaties zijn onderzocht en vergeleken met een NPO bij patiënten met hersenletsel. Dertien artikelen werden geïnccludeerd en getoetst op methodologische kwaliteit (laag tot matig: 77%). Uit alle studies blijkt dat VR-simulaties patiënten en gezonde participanten kunnen onderscheiden. Slechts enkele studies onderzoeken de meerwaarde en de ecologische validiteit. Op basis van dit literatuuronderzoek kan gesteld worden dat de studies veelbelovende resultaten laten zien, maar dat meer (replicatie)onderzoek nodig is voordat VR-simulaties ingezet kunnen worden in de klinische praktijk.

Inleiding

Naar schatting ervaart 3,8% van de Nederlandse bevolking een beperking als gevolg van hersenletsel (Zadoks, 2015). Traumatisch hersenletsel en beroerte zijn de meest voorkomende oorzaken (Cicerone, 2000). Hersen-

letsel kan leiden tot veranderingen in motoriek, emoties, gedrag en cognitie (Consortium Cognitieve Revalidatie, 2007). In het bijzonder zijn de cognitieve stoornissen van negatieve invloed op het (zelfstandig) dagelijks functioneren en op de maatschappelijke deelname zoals terugkeer naar werk (Van der Kemp e.a., 2017; Van Velzen e.a., 2009). Om een passende behandeling mogelijk te maken voor mensen met een cognitieve beperking is adequate en betrouwbare cognitieve diagnostiek van belang.

Het huidige neuropsychologisch onderzoek (NPO) bestaat naast een (hetero)anamnese grotendeels uit verschillende pen-en-papiertests en beoogt de specifieke cognitieve (dis)functies van patiënten in kaart te brengen. Het testonderzoek wordt doorgaans afgenomen in een rustige een-op-eensetting (neuropsycholoog en patiënt), met zo min mogelijk externe afleiding. De tests worden afzonderlijk van elkaar aangeboden en er wordt zonder (taakirrelevante) tijdsdruk gewerkt. Deze testsituatie maakt dat er een optimale prestatie kan worden geleverd door de patiënt. Aan de hand van de resultaten en de observaties van de neuropsycholoog wordt een cognitief profiel gevormd van de functies die relatief gespaard zijn gebleven en de functies die zijn aangedaan, een sterkte-zwakteanalyse.

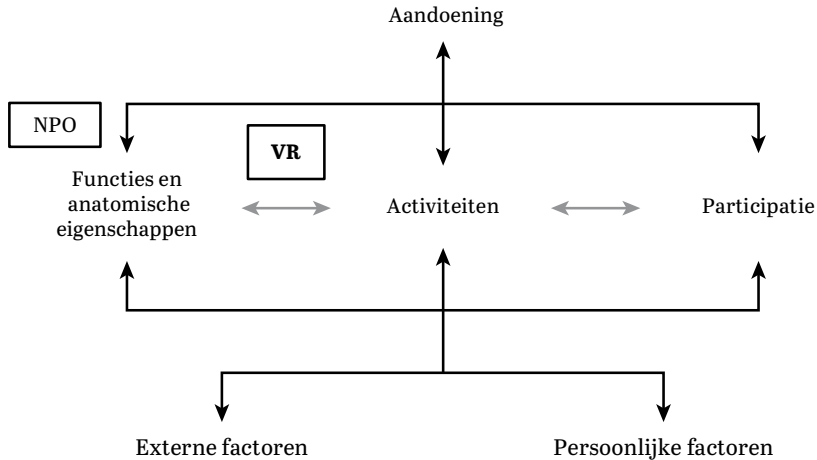
Neuropsychologen wordt vaak gevraagd om uitspraken te doen over het (dagelijks) functioneren van de patiënt. In veel gevallen wordt dan gebruikgemaakt van het cognitief profiel om deze uitspraken te onderbouwen. Uit eerder onderzoek is echter gebleken dat de ecologische validiteit (mate waarin onderzoeksresultaten overeenkomen met de alledaagse praktijk) en de prognostische waarde van het NPO gering is (Huisman e.a., 2013; Parsons e.a., 2013). Het verkregen cognitief profiel is in veel gevallen onvoldoende voorspellend voor het functioneren in het dagelijks leven. Omgekeerd worden klachten van patiënten met betrekking tot het cognitief functioneren in het dagelijks leven niet altijd geobjectiveerd met een NPO (een zogenaamd 'schoon NPO'). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de statische setting en de aard van het NPO niet overeenkomen met de dagelijks realiteit, waar multitasking (het verrichten van meerdere taken tegelijkertijd) de norm is en multisensorische afleidende factoren aanwezig zijn (zoals andere mensen) (Rizzo e.a., 2004).

Om betere voorspellingen te doen over het dagelijks functioneren worden vaak zelfrapportage- en/of vragenlijsten ingezet, die extra informatie kunnen opleveren. Een nadeel van dergelijke afgeleiden is dat er altijd enige mate van bias in zit (mogelijk zowel onder- als overrapportage) (Bouwens, 2010). Ook schetsen vragenlijsten vaak een algemeen

beeld van het dagelijks functioneren, zonder dat er specifieke nadruk ligt op de invloed van cognitieve problemen op het uitvoeren van activiteiten in het dagelijks leven. Een belangrijke toevoeging aan het NPO zouden ecologisch valide dubbeltaken zijn die in een alledaagse omgeving afgenomen kunnen worden, zoals de Multiple Errands Test (Shallice & Burgess, 1991), de Executive Secretarial Task (Lamberts e.a., 2010), de Mobility Assessment Course (Ten Brink e.a., in preparation) en de multitasking kooktaak (Chevignard e.a., 2008). Een nadeel van dit soort taken is dat ze worden uitgevoerd in een omgeving die niet volledig te controleren is.

De huidige technologische ontwikkelingen op het gebied van Virtual Reality (VR) kunnen mogelijk een uitkomst bieden (Rizzo e.a., 2004). VR-simulaties bieden de mogelijkheid mensen te testen in een virtuele omgeving die het dagelijks leven nabootst, zoals een supermarkt of een park. Er is volledige controle over de gesimuleerde omgeving en de taak kan in moeilijkheidsgraad aangepast worden door bijvoorbeeld het toevoegen van afleidende stimuli of complexere situaties. Bovendien kan elke handeling van de patiënt binnen de VR-simulatie worden geregistreerd (Rizzo e.a., 2004), waardoor nauwkeurige analyses kunnen worden uitgevoerd om momenten in de tijd en/of situationele triggers te achterhalen die leiden tot fluctuaties of zelfs achteruitgang in prestaties.

In Figuur 1 wordt de positionering van het NPO en VR-simulaties weergegeven aan de hand van het ICF-model (International Classification of Functioning) van de Wereld Gezondheidsorganisatie (World Health Organization, 2001). Het ICF-model onderscheidt drie niveaus die gerelateerd zijn aan het functioneren: het gaat hierbij om de *functie* van het lichaam (stoornis), de *activiteiten* (beperkingen) en *participatie* (restricties) (Bouwens, 2010). Het NPO beoogt de specifieke cognitieve (*dis*)*functies* van patiënten in kaart te brengen. Het inzetten van VR-simulaties als potentiële aanvulling op het NPO kan mogelijk niet alleen het functioneren of specifieke vaardigheden in kaart brengen, maar ook inzicht bieden in de invloed van cognitieve (*dis*)*functies* op *activiteiten* in complexe en dynamische situaties (Parsons, 2015). Wanneer de prestaties uit een VR-simulatie worden gecombineerd met de prestaties uit het NPO krijgt de neuropsycholoog zowel specifieke, geïsoleerde scores per cognitieve *functie*, als klinisch relevante en objectieve scores van het cognitief functioneren in een dagelijkse situatie (Parsons, 2015).



FIGUUR 1 De plaatsing van het neuropsychologisch onderzoek (NPO) en diagnostiek met VR-simulaties (VR) in het ICF-model

In dit artikel wordt een overzicht gegeven van onderzoek waarbij VR-simulaties zijn vergeleken met een NPO om cognitieve functies in kaart te brengen bij patiënten met hersenletsel. Het doel van dit literatuuronderzoek was om inzicht te krijgen (1) of VR-simulaties in staat zijn patiënten te onderscheiden van gezonde participanten; (2) of VR-simulaties van toegevoegde waarde kunnen zijn op het huidige NPO; en (3) wat er bekend is over de ecologische validiteit en prognostische waarde van VR-simulaties. Hiertoe wordt zowel gekeken naar de resultaten uit de wetenschappelijke studies, als naar de methodologische kwaliteit van deze studies. Op basis van de resultaten wordt beschreven welk vervolgonderzoek nodig is om VR in te kunnen zetten in de klinische praktijk.

Methodie

Zoekstrategie en selectie

Een systematisch literatuuronderzoek is uitgevoerd in Pubmed, PsycINFO en Web of Science. Er is gezocht naar artikelen die gepubliceerd zijn tussen 2005 tot mei 2016, om een overzicht te bieden van de recente ontwikkeling van VR binnen de neuropsychologische diagnostiek. De gebruikte zoektermen waren 'cognition', 'cognitive ability', 'cognitive assessment' of 'neuropsychological assessment' in combinatie met 'virtual reality' of 'VR'. Deze zoektermen werden stapsgewijs gecombineerd.

De literatuur werd binnen de zoekmachines beperkt door alleen te zoeken op Engelstalige studies (alle zoekmachines) met mensen (Pubmed).

Alle artikelen werden door de eerste auteurs (LS en SB) onafhankelijk van elkaar geselecteerd op basis van titel en abstract en vervolgens geselecteerd op de volgende criteria: het onderzoek (1) richtte zich op neuropsychologische diagnostiek; (2) hanteerde een VR-omgeving die voldeed aan de door ons geformuleerde definitie: 'Een computer gegenereerde, interactieve 3D-omgeving, waarin een natuurlijke manier van interactie gefaciliteerd wordt. Een persoon kan in deze omgeving om zich heen kijken, navigeren en/of interacteren met personen of objecten in de omgeving'; (3) bevatte uitkomstmaten van zowel traditionele neuropsychologische tests als uitkomstmaten uit een VR-simulatie; en (4) richtte zich op patiënten met hersenletsel (jonger dan achttien jaar).

Kwaliteitsbeoordeling

Voor de beoordeling van de methodologische kwaliteit van de geselecteerde studies werd gebruikgemaakt van voorgestelde criteria van Tijssen en Assendelft (2003), zoals het gebruik van een controlegroep, vergelijkbare groepen (op basis van demografische gegevens) en blindering (zie Tabel 1).

Er werden drie criteria toegevoegd aan de checklist: groepsgrootte, rapportage-effectgrootte en rapportagetijd na ontstaan letsel. Deze gegevens kunnen meer duidelijkheid geven over de effectiviteit en de klinische toepasbaarheid van VR als diagnostisch instrument. Er werd één punt toegekend wanneer voldaan was aan een criterium betreffende de methodologische kwaliteit. De toekenning van de punten was gebaseerd op eerder literatuuronderzoek (Maher e.a., 2003) en beoogde op een betrouwbare manier de consensus van meerdere beoordelaars te meten. In dit onderzoek resulteerde de som van deze scores in een kwaliteitsscore voor elke studie, waarbij ≤ 3 een lage score weergeeft, 4 of 5 een matige score en ≥ 6 een hoge score. De kwaliteitsbeoordeling werd eveneens onafhankelijk van elkaar uitgevoerd door de eerste auteurs.

TABEL 1 Beoordeling van de interne validiteit

<i>Artikel</i>	<i>Counter-balancing</i>	<i>Experimenteel vs. controle-groep</i>	<i>Vergelijk-bare groepen</i>	<i>Blinding onderzoekers</i>
Banville & Nolin (2012)	0	1	1	0
Canty e.a. (2014)	1	1	1	0
Broeren e.a. (2007)	0	1	0	1
Kim e.a. (2009)	0	1	1	0
Peskine e.a. (2010)	0	1	1	0
Fordell e.a. (2011)	0	1	0	1
Pallavicini e.a. (2015)	1	1	1	0
Jovanovski e.a. (2012)	1	0	0	0
Raspelli e.a. (2012)	1	1	0	0
Renison e.a. (2012)	1	1	1	0
Livingstone & Skelton (2007)	0	1	1	0
Okahashi e.a. (2013)	0	1	1	0
Oliveira e.a. (2014)	0	1	0	0

(1) Counterbalancing (volgorde van condities); (2) Inclusie van controlegroep of groep die alternatieve behandeling ontvangt; (3) Vergelijkbare groepen o.b.v. demografische gegevens; (4) Blinding effectbeoordelaars;

Gestopte deelnemers	Groepsgrootte ≥ 10	Effectgrootte	Tijd na ontstaan letsel	Totaal	Kwaliteit
0	1	0	1	4	Matig
0	1	1	1	6	Hoog
1	0	0	1	4	Matig
0	1	0	1	4	Matig
1	0	0	1	4	Matig
1	0	0	1	4	Matig
1	0	1	1	6	Hoog
0	1	0	0	2	Laag
0	0	0	0	2	Laag
0	1	1	1	6	Hoog
1	1	1	0	5	Matig
0	1	0	1	4	Matig
0	1	1	1	4	Matig

(5) Gestopte deelnemers (drop-outs); (6) Groepsgrootte (≥ 10 per groep); (7) Rapportage-effectgrootte; (8) Rapportagetijd na ontstaan letsel. Scoring: laag (≤ 3); matig (4 of 5); en hoog (≥ 6)

Dataextractie

De volgende informatie werd verzameld uit de artikelen: patiëntkarakteristieken (diagnose, participanten, leeftijd, geslacht, tijd na ontstaan letsel), VR-karakteristieken (omgeving en opstelling, inhoud opdracht, uitkomstmaten) en de uitkomstkarakteristieken (uitkomstmaten NPO, resultaten) (zie Tabel 2 en 3).

TABEL 2 Overzicht van de geïncludeerde studies, ingedeeld naar cognitieve domeinen: de patiëntkarakteristieken

Cognitie	Auteurs	Diagnose	Participanten (N)		Gemiddelde leeftijd (in jaren)	Geslacht (man)	Tijd na ontstaan letsel (in maanden)
Prospectief geheugen	Banville & Nolin (2012)	THL	31	patiënten	27	23	46
			31	controle	27	23	
	Canty e.a. (2014)	THL	30	patiënten	32	25	> 24
			24	controle	30	20	
Neglect	Broeren e.a. (2007)	CVA	4	neglect	52	2	6
			4	hersteld neglect	56	2	16
			8	controle	53	4	
	Kim e.a. (2009)	CVA	16	neglect	53	10	4
			16	geen neglect	60	11	2
	Pesquine e.a. (2010)	CVA	9	neglect	50	5	16
			9	controle	51	5	
	Fordell e.a. (2011)	CVA	9	neglect	73	6	1-5
			22	geen neglect	74	16	NG
	Pallavicini e.a. (2015)	CVA	8	neglect	70	5	3-71
			8	geen neglect	63	7	4-26

Cognitie	Auteurs	Diagnose	Participanten (N)		Gemiddelde leeftijd (in jaren)	Geslacht (man)	Tijd na ontstaan letsel (in maanden)
Executief functioneren	Jovanovski e.a. (2012)	CVA + THL	13	patiënten	58	11	NG
	Raspelli e.a. (2012)	CVA	9	patiënten	62	NG	NG
			10	oudere controle	55	NG	
			10	jongere controle	26	NG	
	Renison e.a. (2012)	THL	30	patiënten	38	NG	12-336
			30	controle	32	NG	
Navigatie	Livingstone & Skelton (2007)	THL	11	patiënten	22-55	9	NG
			12	controle	20-50	10	
Combinatie van cognitieve domeinen	Okahashi e.a. (2013)	CVA + THL	10	patiënten	44	6	21-144
			10	oudere controle	69	1	
			10	jongere controle	25	5	
	Oliveira e.a. (2014)	CVA	15 15	patiënten controle	46 46	9 NG	3-12

THL = traumatisch hersenletsel; CVA = Cerebro Vasculair Accident; NG = niet gerapporteerd

TABEL 3A Overzicht van de geïncludeerde studies, ingedeeld naar cognitieve domeinen: de VR-karakteristieken en uitkomstkarakteristieken

Cognitie	Auteurs	VR: omgeving en opstelling, opdracht, uitkomstmaten
Prospectief geheugen	Banville & Nolin (2012)	Stad en VR-bril
		Het bezoeken van twee woningen om hier 3 prospectieve geheugentaken uit te voeren
		Score per geheugentaak: correcte uitvoer, juiste plek, juiste moment, algemene precisie score, totale tijd score
	Canty e.a. (2014)	Winkelcentrum en computermonitor
		Binnen de tijd 12 producten kopen. Daarnaast moesten twee prospectieve geheugentaken uitgevoerd worden.
		Totale tijd, geheugentaken op tijd uitgevoerd, controlegedrag
Neglect	Broeren e.a. (2007)	Cluster aan bolletjes en projectiescherm + 3D-bril
		Cancellation taak met distractors: alle nummers 1 moesten aangetikt worden met digitale pen binnen een cluster.
		Zoekpatroon analyse, startpunt zoekpatroon, aantal targets herhaald, handbeweging
	Kim e.a. (2009)	Straatbeeld met zebrapad en VR-bril
		Veilig oversteken van de virtuele weg. Een auto verscheen links of rechts die de participant aanreed als deze niet oplette.
		Kijkhoek in graden, reactietijd, % visuele cue nodig, % auditieve cue nodig, % aanrijding, ratio links-rechts
	Pesquine e.a. (2010)	Dorp en VR-bril
		Participanten moesten de schommels in een park vinden en de bushaltes tellen aan beide kanten van de weg.
		Aantal bushaltes geteld, ratio bushaltes links/rechts, schommel gevonden, totale tijd
	Fordell e.a. (2011)	Traditionele neglecttests en computermonitor + 3D-bril
		VR-versie van de baking tray task, line bisection task, star cancellation task en visual extinction task
		VR-BBT, VR-LB, VR-SCT, VR-EXT
	Pallavicini e.a. (2015)	Neglect-App: 3D-wegstreektaken en CDT en tabletcomputer
		Wegstrepen van gereedschap in 3D met/zonder distractors en 3D-CDT
		Aantal omissies, aantal kaarten correct verdeeld, aantal kaarten vergeten

Uitkomstmaten NPO	Resultaten
RBMT, Prospective time-based task SSQ, IPQ	Combinatie VR en traditionele tests differentieert het beste tussen patiëntgroep en controlegroep (succesratio 75%).
LDPMT, TMT A&B, HVLT-R, COWAT, HSCT, WAIS-III LNS, UFS, SPRS	LDPMT en VR differentiëren de patiëntgroep en controlegroep even goed. VR-taak hangt samen met LDPMT, TMT, COWAT en scores voor psychosociaal functioneren.
SCT, BTT, CT-scan, MRI-scan	Patiëntgroep laat afwijkende zoekprestatie zien. VR-taak is sensitiever dan NPO-taken.
LBT, Lin.CT, MBI, FAC	Neglectgroep liet meer neglectgedrag zien (foutratio links-rechts, meer cues nodig) in VR-taak dan non-neglectgroep.
Bells test, CBS	De VR-taak is sensitiever in het onderscheiden van neglectpatiënten dan NPO.
SCT, LBT, BTT, VE, UQ	VR-BTT en VR-VE tonen hoge sensitiviteit (100%) en specificiteit (82%). De VR-SCT en VR-LB hebben een lagere sensitiviteit (33-54%) en specificiteit (96-100%). De VR-tests en NPO kwamen gemiddeld tot perfect overeen.
MMSE, Lin.CT, SCT, TCDT, SUS, TSA	Neglect-App even sensitief als NPO. VR-kaart-verdeeltaak sensitiever dan TDCT.

TABEL 3B Overzicht van de geïncludeerde studies, ingedeeld naar cognitieve domeinen: de VR-karakteristieken en uitkomstkarakteristieken (vervolg)

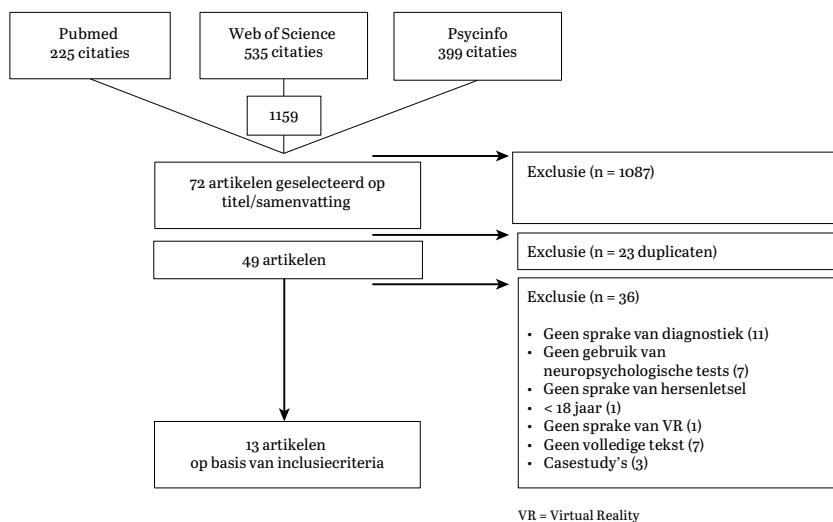
Cognitie	Auteurs	VR: omgeving en opstelling, opdracht, uitkomstmaten	Uitkomstmaten NPO	Resultaten
Executief functioneren	Jovanovski e.a. (2012)	Stad en computermonitor	WTAR, COWAT, SF, WCST, MSET, TMT, JLO, RCF, CVLT, WMS, BDI, BAI, FrSBe, CSQ, WAIS-III: Dsym, BD, DSprn.	Patiëntgroep volbracht minder taken in VR en maakte meer fouten dan controlegroep. VR-taak hangt samen met FrSBe en SF.
		Verscheidene opdrachten moesten binnen een tijdslimiet vervuld worden. De volgorde moesten participanten zelf structureren.		
	Raspelli e.a. (2012)	Plannings tijd, totale tijd, aantal fouten, aantal taken vervuld, aantal taakspecifieke fouten, inefficiëntie		
		Supermarkt en computermonitor	MMSE, SCT, TT, CT, TEA, Stroop, IGT, DEX, ADL test, IADL test, STAI, BDI, CKQ, UQ	Patiëntgroep presteerde slechter op VR-taak dan controlegroep. De jongere controlegroep ook beter dan de ouderen. VR-taak correleert met 3/10 EF tests.
		Uitvoeren van verschillende relevante taken binnen een VR-supermarkt a.d.h.v. verscheidene regels		
	Renison e.a. (2012)	Totale tijd, aantal taken fout, inefficiënte planning/ uitvoer, niet gebruiken van strategie, foutieve interpretatie taak		
		Bibliotheek en computermonitor	RLT, VF, WCST, Brix, Zoo test, MSET, WTAR, LM-II, WAIS-III: DSprn., DEX, zelf-rapportage VR	Patiëntgroep presteert slechter op VLT en MSET. VLT is een goede voorspeller voor alledaags EF. VR-taak hangt samen met 'real-life'-versie.
		7 verschillende opdrachten die de participant moest oplossen en 2 prospectieve geheugentaken.		
Navigatie	Livingstone & Skelton (2007)	Correcte uitvoer van de subtaak (0-2), totale subtaakscore (0-8)		
		Arena en computermonitor	RBMT, CDT, ESQ	Met oriëntatiepunt was de patiëntgroep even goed als de controlegroep. Zonder oriëntatiepunt presteerde patiëntgroep slechter dan controlegroep.
		Vinden van een platform in een virtuele arena, met telkens verschillende vormen van aanwijzingen		
		Totale tijd, tijd om platform te vinden, afgelegde afstand, loop snelheid, tijd binnen arena, spatiale somscore		

Combinatie van cognitieve domeinen	Okahashi e.a. (2013)	Winkelcentrum en computermonitor (LCD Touch) Vooraf plannen van VR opdracht. Participanten moesten vier producten in vier verschillende winkels kopen. Aantal keer lijstje bekeken, correcte aankopen, totale tijd, tijd in winkels, tijd buiten winkels, gem. tijd per winkel	MMSE, SDMT, SRT, SCT, Let.CT, RBMT, EMC, Zoo test, DEX	Patiëntgroep bekeek vaker lijstje en deed langer over de taak dan de controlegroep. Jongere controlegroep was sneller dan ouderen. VR-taak correleerde met NPO voor aandacht en geheugen.
	Oliveira e.a. (2014)	Kledingkast, keuken, supermarkt, memory Kaartspel en tabletcomputer Uitvoeren van verscheidene dagelijkse activiteiten in de virtuele opstellingen. Totale tijd, aantal fouten per taak	WMS, RCF, CT, FAB, CDT, TMT, MMSE	Patiëntgroep presteerde slechter in VR en NPO dan controlegroep. VR-taken hingen samen met dezelfde dimensies van NPO.

ADL = Activities Of Daily Living; CDT = Card Dealing Task; BTT = Baking Tray Task; BAI = Beck Anxiety Inventory; BDI = Beck Depression Inventory; Brix = Brixton Spatial Anticipation; CVLT = California Verbal Learning Test; CT = Cancellation Test; CBS = Catherine Bergego Scale; CDT Clock Drawing Test; CKQ = Computer Knowledge Questionnaire; CSQ = Computer Skill Questionnaire; COWAT = Controlled Oral Word Association Test; DEX = Dysexecutive Questionnaire; EF = Executive Functioneren; EMC = Everyday Memory Checklist; ESQ = Everyday Spatial Questionnaire; FAB = Frontal Assessment Battery; Frsbe = Frontal Systems Behavior Scale; FAC = Functional Ambulatory Category; HSCT = Hayling Sentence Completion Test; HVLT-R = Hopkins Verbal Learning Test-Revised; IPQ = Igroup Presence Questionnaire; IADL = Instrumental Activities Of Daily Living; IGT = Iowa Gambling Task; JLO = Judgment Of Line Orientation; LCD = Liquid crystal display; Let.CT = Letter Cancellation Test; LDPMT = Lexical Decision Prospective Memory Task; LBT = Line Bisection Task; Lin.CT = Line Cancellation Test; LM-II = Logical Memory Subtest; MMSE = Mini Mental State Examination; MBI = Modified Barthel Index; MSET = Modified Six Elements Test; NPO = Neuropsychologisch Onderzoek; RLT = Real Library Task; RCF = Rey Complex Figure; RBMT = Rivermead Behavioral Memory Test; SF = Semantic Fluency; SRT = Simple Reaction Time Task; SSQ = Simulator Sickness Questionnaire; SCT = Star Cancellation Test; STAI = State And Trait Anxiety Index; Streets CT = Streets Completion Test; SPRS = Sydney Psychosocial Reintegration Scale; SDMT = Symbol Digit Modalities Test; SUS = System Usability Scale; TSA = Technological Skill Assessment; TEA = Test Of Attentional Performance; TCDDT = Traditional Card Dealing Task; TMT = Trail Making Task; TT = Token test; UQ = Usability Questionnaire; UFS = User Friendliness Scale; VF = Verbal Fluency; VR = Virtual Reality; VR-bril = Virtual Reality-bril; VE = Visual Extinction Test; WAIS-III; LNS = Wechsler Adult Intelligence Scale-III; Letter Number Sequencing; WAIS-III; BD = Block Design; WAIS-III; Dspn. = Digit Span; WAIS-III; Dsym. = Digit Symbol; WMS = Wechsler Memory Scale; WTAR = Wechsler Test Of Adult Reading; WCST = Wisconsin Card-Sorting Test, 3D = driedimensionaal

Resultaten

Er werden in totaal 1159 artikelen gevonden, waarvan 72 artikelen geselecteerd werden op basis van titel en abstract (zie Figuur 2). 49 artikelen bleven over na de verwijdering van duplicaten en werden volledig gelezen. Beide auteurs selecteerden afzonderlijk van elkaar elf overeenkomende artikelen op basis van de inclusiecriteria. Een auteur selecteerde twee additionele artikelen, die door de ander gemist waren. Uiteindelijk werden dertien artikelen geïncludeerd voor dit literatuuroverzicht.



FIGUUR 2 Flowchart van de geselecteerde artikelen

Met betrekking tot de kwaliteitsbeoordeling was er 98% overeenkomst in de toekenning van de punten. De auteurs bereikten 100% overeenstemming na overleg. Op basis van de kwaliteitsbeoordeling waren er twee artikelen van lage kwaliteit, acht van matige en drie van hoge kwaliteit (zie Tabel 1). In de onderzoeken die laag scoorden op methodologische kwaliteit, werd er geen gebruikgemaakt van een controlegroep (Jovanovski e.a., 2012) of werd groepsinformatie niet gerapporteerd (zoals de tijd na letsel, aantal gestopte deelnemers et cetera (Jovanovski e.a., 2012; Raspelli e.a., 2012). Een meerderheid van de studies (62%) maakte gebruik van groepsgroottes met meer dan tien participanten. In slechts twee onderzoeken (van matige kwaliteit) werd aandacht besteed aan de blinding van de effectbeoordelaars (Broeren e.a., 2007; Fordell e.a., 2011). In de drie studies van hoge methodologische kwaliteit werd de ef-

fectgrootte gerapporteerd en werd er gebruikgemaakt van counterbalancing van de condities (Canty e.a., 2014, Pallavicini e.a., 2015; Renison e.a., 2012).

In drie studies werd er gebruikgemaakt van *immersive* VR (presentatie van de omgeving in een VR-bril waardoor de persoon volledig is opgenomen in de omgeving; Banville & Nolin., 2012; Kim e.a., 2009; Peskine e.a., 2010) en in tien studies van *non-immersive*-technieken (presentatie van de omgeving op een computermonitor, tabletcomputer of projectiescherm; Canty e.a., 2014; Jovanovski e.a., 2012; Livingstone & Skelton, 2007; Okahashi e.a., 2013; Oliveira e.a., 2014; Pallavicini e.a., 2015; Raspelli e.a., 2012; Renison e.a., 2012), eventueel gecombineerd met een 3D-bril om diepte te simuleren (Broeren e.a., 2007; Fordell e.a., 2011). In geen van de studies werd een vergelijking gemaakt tussen de wijze van aanbidding.

Alle studies waren experimenteel van aard en hadden als primaire doel het vermogen van een VR-simulatie te toetsen om patiënten en gezonde participanten van elkaar te onderscheiden. Dit onderscheidingsvermogen werd in alle onderzoeken gevonden. In tien studies was het secundaire doel de relatie in kaart te brengen tussen de VR-simulatie en traditionele neuropsychologische tests (Banville & Nolin., 2012; Broeren e.a., 2007; Canty e.a., 2014; Fordell e.a., 2011; Jovanovski e.a., 2012; Okahashi e.a., 2013; Oliveira e.a., 2014; Pallavicini e.a., 2015; Raspelli e.a., 2012; Renison e.a., 2012;). In drie onderzoeken was het doel om de toegevoegde waarde van de VR-simulatie vast te stellen (Broeren e.a., 2007; Kim e.a., 2009; Peskine e.a., 2010). Uit deze onderzoeken bleek dat de VR-simulatie extra informatie verschafte en/of sensitiever was vergeleken met traditionele neuropsychologische tests. Daarnaast was in vier studies het secundaire doel om de ecologische validiteit van een VR-simulatie te evalueren door prestaties in VR te vergelijken met een gedragsvragenlijst over aspecten van het dagelijks functioneren. In drie studies werd de ecologische validiteit van de betreffende VR-simulatie vastgesteld. In het onderzoek van Canty e.a. (2014) bleek de VR-simulatie samen te hangen met een vragenlijst die het psychosociaal functioneren beoogt te meten (Sydney Psychosocial Reintegration Scale). Eveneens vonden Jovanovski e.a. (2012) dat de VR-simulatie samenhang met een gedragsvragenlijst die de frontale functies meet (Frontal Systems Behavior Scale). Tot slot, vonden Renison e.a. (2012) een sterke correlatie tussen de VR-simulatie en de Dysexecutive Questionnaire (DEX) ingevuld door de mantelzorgers van de patiënt, en hing de VR-simulatie samen met dezelfde taak in 'real life'. Deze bevindingen ondersteunen de gesuggereerde ecologische validiteit van VR-simulaties: de vragenlijsten geven

de *subjectieve* klachten van patiënten en mantelzorgers weer en hangen samen met de *objectieve* prestatiescores uit de VR-simulatie. Door het gebruik van een objectief testinstrument kunnen de subjectieve klachten nader onderzocht worden in een gecontroleerde testomgeving die een dagelijkse situatie nabootst.

In twee studies werd de VR-simulatie als diagnostisch middel onderzocht bij het meten van het prospectief geheugen (Banville & Nolin, 2012; Canty e.a., 2014), in vijf studies bij het meten van neglect (Broeren e.a., 2007; Fordell e.a., 2011; Kim e.a., 2009; Pallavicini e.a., 2015; Peskine e.a., 2010), in drie studies het executief functioneren (het vermogen te initiëren, plannen, uit te voeren en te controleren van doelgericht gedrag in nieuwe situaties) (Jovanovski e.a., 2012; Raspelli e.a., 2012; Renison e.a., 2012;), en één studie bij het meten van navigatievaardigheden (Livingstone & Skelton, 2007). Twee studies hebben zich op meerdere cognitieve domeinen naast elkaar gericht (planning, geheugen, visuospatieel vaardigheid, aandacht) (Okahashi e.a., 2013; Oliveira e.a., 2014). Zij vergeleken de uitkomstmaten van de VR-simulatie met die van een neuropsychologische testbatterij om te verkennen welke uitkomstmaten van de VR-simulatie indicatief waren voor een bepaald cognitief domein. Hierna worden de studies los van elkaar beschreven per cognitief domein (zie voor verdere details Tabel 2 en 3).

Twee studies richtten zich op het *prospectieve geheugen* (het vermogen om zich te herinneren een voorgenomen actie in de toekomst uit te voeren). Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen een actie op een specifiek tijdstip (*time-based*) of bij een specifieke gebeurtenis (*event-based*). In de studie van Canty e.a. (2014) werd gevonden dat de patiëntgroep slechter presteerde dan gezonde participanten wanneer zij een taak voor prospectief geheugen uitvoerden in een virtueel winkelcentrum: de patiëntgroep controleerde minder regelmatig de tijd en voerde de opdrachten niet op tijd of bij de juiste gebeurtenis uit vergeleken met de controlegroep. De patiëntgroep presteerde ook slechter op de traditionele geheugentest. De VR-taak bleek samen te hangen met traditionele tests die (deel)functies van het prospectief geheugen meten zoals mentale flexibiliteit, taalvermogen, werkgeheugen en aandacht. Bovendien werd de VR-simulatie als meer representatief beoordeeld door de patiëntgroep voor een dagelijkse activiteit dan de traditionele test. De feedback over hun prestaties werd om deze reden beter begrepen. In het onderzoek van Banville en Nolin (2012) deden patiënten langer over de opdracht in een virtuele stad (met twee appartementen) dan de gezonde participanten. Bovendien hielden de patiënten zich bij de uitvoer van

opdrachten niet aan gedetailleerde instructies (bijvoorbeeld hardop aangeven wanneer zij de vis eten gaven, een geluid maken wanneer zij de ventilatie uitzetten). De totaalscore op de prospectieve geheugentaak in VR verschilde niet significant tussen groepen, dit was echter ook het geval bij de traditionele test. Banville en Nolin (2012) concludeerden dat de specifieke uitkomstmaten van VR nodig waren om de subtiele verschillen tussen de groepen te kunnen waarnemen, en dat de combinatie van de VR-simulatie en het traditioneel NPO meer patiënten van gezonde participanten kon onderscheiden (75,4%), dan enkel het traditioneel NPO (59%).

In twee van de studies gericht op *neglect* werd de effectiviteit onderzocht van een aantal traditionele neglecttests, die doorontwikkeld zijn in VR, en tevens vergeleken met hun traditionele neuropsychologische tegenhangers (Fordell e.a., 2011; Pallavicini e.a., 2015). In een literatuuroverzicht van Tsirlin en collega's (2009) wordt de doorontwikkeling van de pen-en-papiertests naar een 3D virtuele omgeving voorgesteld om de ruimtelijke verkenning van patiënten met neglect in kaart te brengen. Uit het onderzoek van Fordell e.a. (2011) bleken de VR Baking Tray Test en de VR Extinctie Test zowel een hogere sensitiviteit (100%) als specificiteit (82%) te hebben dan de meest aanbevolen neglecttests (Line Bisection, Star Cancellation Test), die een sensitiviteit en specificiteit hebben van 38 tot 52%. Doordat de VR-simulatie volledig automatisch verliep, was de afname sneller en meer gestandaardiseerd dan de traditionele tests. Bovendien konden de prestaties in de VR-simulatie grafisch weergegeven worden in figuren. Deze visualisaties gaven meer inzicht in de prestaties van de patiënt. Uit het onderzoek van Pallavicini (2015) bleken de VR-wegstreeptaken en de pen-en-papierwegstreeptaken (Star Cancellation Test, Line Cancellation Test) even effectief in het onderscheiden van patiënten en gezonde participanten. De VR-kaart-verdeeltaak (een taak waarin de patiënt een stapel kaarten moet delen naar spelers links, midden en rechts van hem) bleek sensitiever te zijn dan de traditionele tegenhanger. Twee onderzoeken waren gericht op het meten van neglect in een virtuele dagelijkse omgeving (een dorp en een weg met zebepad) (Kim e.a., 2009; Peskine e.a., 2010). Beide onderzoeken toonden aan dat de neglectpatiënten meer neglectgedrag (stimuli aan de aangedane zijde vaker missen dan de controlegroep) lieten zien in een VR-simulatie dan op het NPO. Bovendien werden patiënten met neglect in de extrapersoonlijke ruimte (buiten handbereik) geïdentificeerd, wat niet mogelijk is in het traditioneel NPO. Ook in het onderzoek van Broeren e.a. (2007) bleek de VR-simulatie (het aantikken van specifieke doelen uit een 3D geprojecteerde cluster van bolletjes) in staat meer neglectpatiënten te

detecteren dan een standaard NPO. Drie patiënten lieten neglect zien op enkel één traditionele test (Baking Tray Task, Star Cancellation Test) en niet op de andere neuropsychologische test. Alle patiënten lieten echter neglect zien in de VR-simulatie. Bovendien registreerde de VR-simulatie het zoekpatroon van de gebruiker. Hieruit bleek dat patiënten die geen neglect meer lieten zien op traditionele tests nog wel een ongeorganiseerd zoekpatroon gebruikten in de VR-simulatie, terwijl de controlegroep een vast zoekpatroon toepaste (horizontaal of verticaal).

In de studies gericht op het *executief functioneren* werd in het onderzoek van Renison e.a. (2012) een verschil tussen patiënten en gezonde participanten gevonden in de VR-simulatie (problemen oplossen in een virtuele bibliotheek) en de Vereenvoudigde-Zes Elementen Test (VET), maar niet op de overige neuropsychologische tests. Daarnaast bleken de VR-simulatie en de VET voorspellers van het alledaags executief functioneren en hing de VR-simulatie samen met dezelfde taak in 'real life'. In het onderzoek van Jovanovski e.a. (2012) werd een verschil tussen patiënten en gezonde participanten gevonden op een aantal van de uitkomstmaten van een VR-simulatie (verschillende alledaagse opdrachten plannen en uitvoeren in een stad) gericht op executieve functies. Patiënten deden langer over zowel het plannen van de taak als de uitvoer, maakten vaker fouten en volbrachten minder onderdelen van de taak dan de controlegroep. De VR-simulatie hing samen met drie van de vijf neuropsychologische tests gericht op het meten van executieve functies. In het onderzoek van Raspelli e.a. (2012) maakten patiënten het grootste aantal fouten op een taak in een virtuele supermarkt, gevolgd door de gezonde oudere en gezonde jonge participanten. Daarnaast werd een positieve correlatie gevonden tussen uitkomstmaten van de VR-simulatie en drie van de tien subtests van de Test of Everyday Attention (TEA), die ook gericht zijn op het meten van executieve functies.

De studie van Livingstone en Skelton (2007) richtte zich op het *navigatievermogen* in een virtuele arena. Er waren geen verschillen in prestaties tussen de patiëntgroep en controlegroep wanneer een oriëntatiepunt aanwezig was. Wanneer dit oriëntatiepunt echter afwezig was zocht de patiëntgroep minder doelgericht en vonden zij het verborgen platform minder vaak dan de controlegroep.

Van de exploratieve studies die een VR-simulatie hebben vergeleken met een uitgebreide testbatterij, richtten Okahashi e.a. (2013) zich op de relatie tussen een taak in een virtueel winkelcentrum en het NPO. De VR-simulatie hing voornamelijk samen met neuropsychologische tests gericht op aandacht en werkgeheugen. Op een deel van de VR-uitkomstmaten presteerde de patiëntgroep slechter dan gezonde participanten,

waarbij patiënten vaker gebruikmaakten van beschikbare geheugensteuntjes (bijvoorbeeld een boodschappenlijst) en langer deden over de taak dan de controlegroep. Daarnaast had de oudere controlegroep meer tijd nodig om de taak uit te voeren dan de jongere controlegroep. Tot slot richtte de studie van Oliveira e.a. (2014) zich op de cognitieve domeinen planning, geheugen, visuospatiële vaardigheid, aandacht en werkgeheugen. De uitkomsten op de taken in de VR-simulaties (een virtuele kledingkast, keuken, supermarkt en een memoryspel) hingen het sterkst samen met de neuropsychologische tests die hetzelfde cognitieve domein maten (convergente validiteit). Patiënten scoorden slechter dan gezonde participanten op zowel de virtuele taken als de neuropsychologische tests.

Discussie en aanbevelingen

Het doel van dit literatuuronderzoek was om inzicht te krijgen (1) of VR-simulaties in staat zijn patiënten te onderscheiden van gezonde participanten; (2) of VR-simulaties van toegevoegde waarde kunnen zijn op het huidige NPO; en (3) wat er bekend is over de ecologische validiteit en prognostische waarde van VR-simulaties. Er werden dertien studies geïncludeerd, waarin verschillende cognitieve domeinen (prospectief geheugen, neglect, executief functioneren, navigatievermogen, aandacht, visuospatiële vaardigheden) apart en naast elkaar werden onderzocht in een VR-simulatie. De studies waren exploratief van aard en op basis van de methodologische kwaliteitsbeoordeling waren drie van de dertien studies van hoge kwaliteit, acht van matige en twee van lage kwaliteit. De meerderheid van de studies (62 tot 85%) heeft geen aandacht besteed aan de blinding van de effectbeoordelaars, counterbalancing (van de condities), het rapporteren van de effectgroottes of de gestopte deelnemers. Door deze ontbrekende factoren in de methodologie kunnen geen harde conclusies getrokken worden over de uitkomsten van de onderzoeken. De uitkomsten zullen als exploratief beschouwd worden.

In alle studies was de VR-simulatie in staat patiënten en gezonde participanten van elkaar te onderscheiden. De bevindingen van vijf studies laten zien dat de betreffende VR-simulatie over een verhoogde sensitiviteit en specificiteit beschikt om patiënten van gezonde participanten te onderscheiden in vergelijking met de neuropsychologische tests (Banville & Nolin, 2012; Broeren e.a., 2007; Fordell e.a., 2011; Pallavicini e.a., 2015; Peskine e.a., 2010). De toegevoegde waarde van VR-simulaties kwam met name naar voren in onderzoeken die gericht waren op het detecteren van neglect in een virtuele omgeving. De bevindingen van drie

studies laten zien dat meer gedetailleerde uitkomstmaten – mogelijk gemaakt door VR – additionele inzichten geven in de cognitieve mechanismes onderliggend aan het (dis)functioneren (Broeren e.a., 2007; Kim e.a., 2009; Pallavicini e.a., 2015). Het onderzoek van Kim e.a. (2009) richtte zich op het meten van neglect in de extrapersoonlijke ruimte, wat met een pen-en-papier test niet mogelijk is. Bij de diagnostiek van neglect is het relevant de patiënten met een regio specifieke inattentie te onderscheiden, om waar nodig de behandeling hier op aan te passen (Nijboer e.a., 2014). In het onderzoek van Broeren e.a. (2007) leverde de VR-simulatie niet alleen informatie over de mate van neglect, maar konden ook het zoekpatroon en de handbewegingen van patiënten in kaart worden gebracht. Ten slotte, slechts drie artikelen onderzochten de ecologische validiteit van de VR-simulaties (Jovanovski e.a., 2012), waarvan twee studies van hoge kwaliteit waren (Canty e.a., 2014; Renison e.a., 2012). De resultaten lieten zien dat de VR-simulaties, als objectief meetinstrument, een goede prognostische waarde bezitten voor het dagelijks functioneren. In deze onderzoeken werd er gebruikgemaakt van gedragsvragenlijsten, gespecificeerd op het psychosociaal functioneren en de frontale dagelijkse functies (bijvoorbeeld inhibitie en planning). De uitspraken over de prognostische waarde zijn op dit moment slechts tot deze aspecten van het dagelijks leven beperkt. Desalniettemin kunnen de subjectieve klachten (gemeten met vragenlijsten) van patiënten nader onderzocht worden door het gebruik van een objectief testinstrument. De pen-en-papier tests staan verder verwijderd van de situaties waarin de klachten van patiënten voorkomen en zijn hierdoor minder geschikt. VR-simulaties zouden als aanvullende tests dit hiaat potentieel kunnen vullen. Met VR kunnen de situaties gesimuleerd worden waarin de klachten voorkomen, en kan er daardoor inzicht geboden worden in het cognitief functioneren van de patiënt in deze situaties. Tevens kan verduidelijking worden verkregen in *wanneer* klachten ontstaan, doordat drukte, prikkels en afleiders gemanipuleerd kunnen worden en de invloed op het functioneren geregistreerd kan worden.

Deze studies laten enkele veelbelovende resultaten zien wat betreft de meerwaarde van VR als aanvullend testinstrument in de neuropsychologische diagnostiek. Voorzichtigheid is echter geboden omdat de methodologische kwaliteit van het merendeel van de studies laag tot matig was (77%). Op basis van dit literatuuroverzicht zijn een aantal aanbevelingen voor vervolgonderzoek te geven. Er is replicatieonderzoek nodig met de reeds ontwikkelde realiteitsgetrouwe virtuele omgevingen om deze als tests te standaardiseren en hun betrouwbaarheid als diagnostisch instrument te bepalen. Hierbij wordt ervoor gepleit dezelfde virtuele om-

gevingen te gebruiken om het samenvoegen van resultaten te faciliteren. Bovendien is het gebruik van een realiteitsgetrouwe virtuele omgeving (bijvoorbeeld stad, supermarkt) samen met realiteitsgetrouwe taken van waarde bij de verbetering van de ecologische validiteit (Rizzo e.a., 2004). Tien van de dertien studies maakten gebruik van een realiteitsgetrouwe omgeving. In sommige studies waren de gekozen opdrachten echter niet op de realiteit gebaseerd en dus gering in ecologische validiteit (Banville & Nolin, 2012; Livingstone & Skelton, 2007; Peskine e.a., 2010). In toekomstig onderzoek zal er aandacht besteed moeten worden aan het ontwikkelen van realiteitsgetrouwe taken om de voordelen van VR optimaal te benutten. Verder kan op basis van dit literatuuroverzicht niet gesteld worden welke aanbestedingsvorm (*immersive* versus *non-immersive*) geschikt is voor de neuropsychologische diagnostiek en/of in een specifieke patiëntengroep. Uit onderzoek is gebleken dat *immersive* VR het realiteitsgevoel vergroot (Parsons e.a., 2013), en mogelijk de ecologische validiteit vergroot. Dit is echter nog een aanname en kan niet ondersteund worden door dit literatuuroverzicht.

Daarnaast moet toekomstig onderzoek uitvoeriger gericht worden op de validatie van de VR-simulaties. Vanwege de positie van VR-simulaties tussen *functies* en *activiteiten* in het ICF-model wordt gepleit de simulaties aan de hand van meetinstrumenten op zowel functieniveau als activiteitsniveau te valideren. De traditionele neuropsychologische tests zijn momenteel 'de gouden standaard' en de meest gebruikte instrumenten die frequent getoetst zijn op betrouwbaarheid en validiteit (Parsons e.a., 2013). Validatie met gebruik van de traditionele tests zal inzicht bieden in de *functies* die worden uitgedaagd tijdens een specifieke taak in een VR-simulatie. Om echter de ecologische validiteit van VR-simulaties te bepalen, zijn deze tests niet geschikt vanwege hun lage voorspellende waarde voor het dagelijks functioneren (Parsons e.a., 2013). Om de ecologische validiteit en prognostische waarde verder te onderzoeken, zullen de VR-simulaties vergeleken moeten worden met andere, meer ecologisch valide uitkomstmaten op *activiteitsniveau* zoals observationele gedragsmaten en/of gedragsvragenlijsten voor het dagelijks functioneren (Parsons e.a., 2013).

Ten slotte kan er een verdiepingsslag gemaakt worden door gedetailleerde uitkomstmaten verder te ontwikkelen om meer inzicht te krijgen in de cognitieve mechanismes onderliggend aan het (dis)functioneren. Bovendien kan de digitalisering optimaal benut worden door de prestaties te visualiseren en te gebruiken bij de terugkoppeling naar de patiënt zoals in de studie van Fordell e.a. (2011). De visualisaties kunnen in een klinische setting ondersteunend gebruikt worden bij psycho-educatie

om uitleg te geven over de stoornis en de uitingen ervan. Vanwege de realiteitsgetrouwe aard van de testresultaten kunnen patiënten de consequenties van de stoornis in het dagelijks leven beter begrijpen (Canty e.a., 2014). Ten laatste zullen VR-simulaties aan de hand van wetenschappelijke criteria genormeerd moeten worden voor het gebruik van VR-simulaties bij individuele patiënten in de klinische praktijk.

Concluderend kan gesteld worden dat de studies veelbelovende resultaten laten zien, maar nog geen bewijs zijn voor de bruikbaarheid in de praktijk. Op basis van dit literatuuronderzoek blijken VR-simulaties patiënten en gezonde participanten te kunnen onderscheiden. Enkele studies vinden een verhoogde sensitiviteit en specificiteit om patiënten te detecteren in een VR-simulatie. Dit kan mogelijk een belangrijke bevinding zijn voor patiënten die klachten rapporteren in het dagelijks leven, maar een ‘schoon NPO’ hebben. Ook zijn er enkele aanwijzingen voor een toegevoegde waarde van VR in specifiek de diagnostiek van neglect. VR biedt hier verdiepende uitkomstmaten, waaronder de ruimtelijke verkenning en werkwijze van deze patiënten tijdens het uitvoeren van een taak. De ecologische validiteit en prognostische waarde zijn onvoldoende onderzocht en toekomstig onderzoek zal zich hierop moeten richten. Toekomstig onderzoek zal rekening moeten houden met methodologische aspecten die in de huidige studies ontbraken. Op basis van dit literatuuronderzoek kan gesteld worden dat meer (replicatie)onderzoek nodig is voordat VR-simulaties ingezet kunnen worden in de klinische praktijk.

Lauriane A. Spreij Kenniscentrum Revalidatiegeneeskunde, Hersencentrum Rudolf Magnus, Universitair Medisch Centrum Utrecht en De Hoogstraat Revalidatie, Utrecht.

Sjoerd W. Braaksma Afdeling Experimentele Psychologie, Helmholtz Instituut, Universiteit Utrecht.

David Sluiter Kenniscentrum Revalidatiegeneeskunde, Hersencentrum Rudolf Magnus, Universitair Medisch Centrum Utrecht en De Hoogstraat Revalidatie, Utrecht; Afdeling Revalidatie, Fysiotherapiewetenschap & Sportgeneeskunde, Hersencentrum Rudolf Magnus, Universitair Medisch Centrum Utrecht.

Floor J.M. Verheul Kenniscentrum Revalidatiegeneeskunde, Hersencentrum Rudolf Magnus, Universitair Medisch Centrum Utrecht en De Hoogstraat Revalidatie, Utrecht.

Anne Visser-Meily Kenniscentrum Revalidatiegeneeskunde, Hersencentrum Rudolf Magnus, Universitair Medisch Centrum Utrecht en De Hoogstraat Revalidatie, Utrecht; Afdeling Revalidatie, Fysiotherapiewetenschap & Sportgeneeskunde, Hersencentrum Rudolf Magnus, Universitair Medisch Centrum Utrecht.

Tanja C.W. Nijboer Kenniscentrum Revalidatiegeneeskunde, Hersencentrum Rudolf Magnus, Universitair Medisch Centrum Utrecht en De Hoogstraat Revalidatie, Utrecht; Afdeling Experimentele Psychologie, Helmholtz Instituut, Universiteit Utrecht.

Correspondentieadres: Dr. T.C.W. Nijboer, Universitair Medisch Centrum Utrecht, Heidelberglaan 100, 3508 GA, Utrecht, t.c.w.nijboer@uu.nl.

Literatuur

- Banville, F. & Nolin, P. (2012). Using virtual reality to assess prospective memory and executive functions after traumatic brain injury. *Journal of Cyber Therapy and Rehabilitation*, 5(1), 45-55.
- Bouwens, S. (2010). Neuropsychologisch onderzoek en het alledaags functioneren. *Neuropraxis*, 5, 133-137.
- Brink, A.F. ten, Visser-Meily, J.M.A., Nijboer, T.C.W. Dynamic assessment of visual neglect: The Mobility Assessment Course as a diagnostic tool. In preparation.
- Broeren, J., Samuelsson, H., Stibrant Sunnerhagen, K., Blomstrand, C. & Rydmark, M. (2007). Neglect assessment as an application of virtual reality. *Acta Neurologica Scandinavica*, 116(3), 157-163.
- Canty, A.L., Fleming, J., Patterson, F., Green, H.J., Man, D. & Shum, D.H. (2014). Evaluation of a virtual reality prospective memory task for use with individuals with severe traumatic brain injury. *Neuropsychological Rehabilitation*, 24(2), 238-265.
- Chevignard, M.P., Taillefer, C., Poncet, F., Noulhiane, M. & Pradat-Diehl, P. (2008). Ecological assessment of the dysexecutive syndrome using execution of a cooking task. *Neuropsychological Rehabilitation*, 18(4), 461-485.
- Cicerone, K.D., Dahlberg, C., Kalmar, K., Langenbahn, D.M., Malec, J.F., Bergquist, T.F., ... Morse, P.A. (2000) Evidence-based cognitive rehabilitation: Recommendations for clinical practice. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, 1596-1615.
- Consortium Cognitieve Revalidatie (2007). Commissie CVA-Revalidatie: Richtlijn Cognitieve Revalidatie Niet-aangeboren Hersenletsel.
- Fordell, H., Bodin, K., Bucht, G. & Malm, J. (2011). A virtual reality test battery for assessment and screening of spatial neglect. *Acta Neurologica Scandinavica*, 123(3), 167-174.
- Huisman, K., Visser-Meily, J.M.A., Eijsackers, A. & Nijboer, T.C.W. (2013.) Hoe kan de diagnostiek van visueel neglect verbeterd worden? *Tijdschrift voor Neuropsychologie*, 8(3), 134-140.
- Jovanovski, D., Zakzanis, K., Ruttan, L., Campbell, Z., Erb, S. & Nussbaum, D. (2012). Ecologically valid assessment of executive dysfunction using a novel virtual reality task in patients with acquired brain injury. *Applied Neuropsychology: Adult*, 19(3), 207-220.
- Kemp, J. van der, Kruithof, W.J., Nijboer, T.C.W., Van Bennekom, C.A.M., Van Heugten, C. & Visser-Meily, J.M.A. (2017). Return to work after mild-to-moderate stroke: Work satisfaction and predictive factors. *Neuropsychological Rehabilitation*, 26, 1-16.
- Kim, D.Y., Ku, J., Chang, W.H., Park, T.H., Lim, J.Y., Han, K., ... & Kim, S.I. (2009). Assessment of post stroke extrapersonal neglect using a three dimensional immersive virtual street crossing program. *Acta Neurologica Scandinavica*, 121(3), 171-177.
- Lamberts, K.F., Evans, J.J. & Spikman, J.M. (2010). A real-life, ecologically valid test of executive functioning: The executive secretarial task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32(1), 56-65.
- Livingstone, S.A. & Skelton, R.W. (2007). Virtual environment navigation tasks and the assessment of cognitive deficits in individuals with brain injury. *Behavioural Brain Research*, 185(1), 21-31.
- Maher, C.G., Sherrington, C., Herbert, R.D., Moseley, A.M. & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating qual-

- ity of randomized controlled trials. *Physical therapy*, 83(8), 713.
- Nijboer, T.C.W., Ten Brink, A.F., Kouwenhoven, M. & Visser-Meily, J.M.A. (2014). Functional assessment of region-specific neglect: Are there differential behavioural consequences of peripersonal versus extrapersonal neglect? *Behavioural Neurology*, Article ID 526407.
- Okahashi, S., Seki, K., Nagano, A., Luo, Z., Kojima, M. & Futaki, T. (2013). A virtual shopping test for realistic assessment of cognitive function. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 10(1), 1.
- Oliveira, J., Gamito, P., Morais, D., Brito, R., Lopes, P. & Norberto, L. (2014). Cognitive assessment of stroke patients with mobile apps: A controlled study. *Studies in Health Technology and Informatics*, 199, 103-107.
- Pallavicini, F., Pedroli, E., Serino, S., Dell'Isola, A., Cipresso, P., Cisari, C. & Riva, G. (2015). Assessing Unilateral Spatial Neglect using advanced technologies: The potentiality of mobile virtual reality. *Technology and Health Care*, 23(6), 795-807.
- Parsons, T. D. (2015). Ecological validity in VR-based neuropsychological assessment. *Encyclopedia of Information Science and Technology, Third Edition*, 1006-1015.
- Parsons, T.D., McPherson, S. & Interrante, V. (2013). Enhancing neurocognitive assessment using immersive virtual reality. In: *1st Workshop on Virtual and Augmented Assistive Technology (VAAT), 2013* (pp. 27-34). IEEE.
- Peskine, A., Rosso, C., Box, N., Galland, A., Caron, E., Rautureau, G., ... & Pradat-Diehl, P. (2010). Virtual reality assessment for visuospatial neglect: Importance of a dynamic task. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, jnnp-2010.
- RasPELLI, S., Pallavicini, F., Carelli, L., Morganti, F., Pedroli, E., Cipresso, P., ... & Riva, G. (2012). Validating the neuro VR-based virtual version of the multiple errands test: Preliminary results. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 21(1), 31-42.
- Renison, B., Ponsford, J., Testa, R., Richardson, B. & Brownfield, K. (2012). The ecological and construct validity of a newly developed measure of executive function: The Virtual Library Task. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 18(03), 440-450.
- Rizzo, A.A., Schultheis, M., Kerns, K.A. & Mateer, C. (2004). Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. *Neuropsychological Rehabilitation*, 14(1-2), 207-239.
- Shallice, T. & Burgess, P.W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727-741.
- Tijssen, J.G.P. & Assendelft, W.J.J. (2003). Hoofdstuk 4: Kritisch beoordelen van een artikel. Paragraaf 4.4.2. Beoordeling van een gerandomiseerd effectonderzoek. In: M. Offringa, W.J.J. Assendelft & R.J.P.M. Scholten (red.), *Inleiding in evidence-based medicine: Klinisch handelen gebaseerd op bewijsmateriaal* (pp. 57-71). Houten: Bohn Stafleu Van Loghum.
- Tsirlin, I., Dupierrix, E., Chokron, S., Coquilart, S., Ohlmann, T. (2009). Use of virtual reality for diagnosis, rehabilitation and study of unilateral spatial neglect: Review and analysis. *Cyberpsychology & behavior*, 12(2), 175-181.
- Velzen, J.M. van, Van Bennekom, C.A.M., Edelaar, M.J.A., Sluiter, J.K. & Frings-Dresen, M.H.W. (2009). How many people return to work after acquired brain injury? A systematic review. *Brain Injury*, 23(6), 473-488.
- World Health Organization (2001). *International Classification of Functioning, Disability and Health*. Genève.
- Zadoks, J. (2015). *Factsheet aantallen, oorzaken en gevolgen niet-aangeboren hersenletsel*. Hersenz. Gevonden op: <http://www.kennispleingehandicaptensector.nl/gehandicaptenzorg/factsheet-hersenz-aantallen-oorzaken-gevolgen-nah.html>.