

Spelend revalideren: is er toekomst voor virtual reality in de cognitieve kinderrevalidatie? Een literatuuroverzicht

Marc S. van den Heerik · Lauriane A. Spreij · Johanna M. A. Visser-Meily · Ingrid C. M. Rentinck · Marjolein Verhoef · Tanja C. W. Nijboer

Samenvatting

Inleiding Binnen de kinderrevalidatie zijn cerebrale parese (CP) en niet-aangeboren hersenletsel (NAH) de meest voorkomende doelgroepen. In de huidige cognitieve diagnostiek en behandeling wordt gebruikgemaakt van statische methoden die moeilijk generaliseerbaar zijn naar het dynamische dagelijks leven. Een veelbelovende techniek die de mogelijkheid biedt een brug te slaan tussen cognitieve revalidatie en het dagelijks leven, is virtual reality (VR). In dit artikel wordt een overzicht gegeven van onderzoek waarbij VR is ingezet bij cognitieve diagnostiek en/of behandeling bij kinderen met CP of NAH. Het doel hiervan is inzicht te krijgen in hoeverre VR klinisch toepasbaar is binnen de cognitieve kinderrevalidatie.

Methoden Voor het verzamelen van relevante artikelen is een systematische zoekstrategie uitgevoerd. Vervolgens is, aan de hand van een kwaliteitsbeoordeling, de methodologische kwaliteit aan de artikelen toegekend.

Resultaten Negen studies zijn geïnccludeerd. Aan de hand van de kwaliteitsbeoordeling hadden zes artikelen een matige en drie artikelen een lage kwaliteit. In de op diagnostiek gerichte studies kon, op basis van prestaties in een virtuele omgeving, een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen kinderen met NAH of CP en gezonde kinderen met betrekking tot aandacht, sociale cognitie of executieve functies. Daarnaast werden positieve effecten gevonden van het behandelen van visuospatiële functies binnen een virtuele omgeving bij kinderen met CP.

Discussie Het geringe aantal studies laat veelbelovende resultaten zien, maar is slechts het begin van een nieuw onderzoeksveld dat het gebruik van VR onderzoekt in cognitieve kinderrevalidatie. Toekomstig onderzoek zal inzicht geven in de meerwaarde van VR in diagnostiek en behandeling binnen de cognitieve kinderrevalidatie.

Conclusie Op basis van dit literatuuronderzoek kan gesteld worden dat de onderzoeksresultaten veelbelovend zijn voor het gebruik van VR in cognitieve diagnostiek en behandeling bij kinderen met NAH of CP. VR is echter momenteel nog niet inzetbaar als *evidence based practice*.

Trefwoorden cerebrale parese · niet-aangeboren hersenletsel · kinderen · virtual reality · cognitieve revalidatie · neuropsychologisch onderzoek

Inleiding

Binnen de kinderrevalidatie worden veel kinderen met hersenletsel gezien en behandeld. Cerebrale parese (CP) is het meest frequent voorkomende neurologische ziektebeeld waarbij de hersenschade is ontstaan voor, tijdens of in het eerste jaar na de geboorte. CP omschrijft een cluster permanente ontwikkelingsstoornissen in de motoriek en houding, die tot beperkingen leidt in fysieke activiteit welke aanhouden gedurende de verdere ontwikkeling van het kind [1, 2]. De prevalentie van CP in Nederland is twee per 1000 levend geboren kinderen [1]. Tevens worden er jaarlijks naar schatting enkele honderden kinderen voor revalidatie aangemeld vanwege niet-aangeboren hersenletsel (NAH) [3]. Traumatisch hersenletsel (THL) en een cerebrovasculair accident (CVA) zijn de meest voorkomende aandoeningen die NAH tot gevolg hebben [1].

Hersenbeschadiging kan een grote verscheidenheid van gevolgen met zich meebrengen, waarbij lichamelijke beperkingen het meest opvallend (zichtbaar) zijn, denk aan (hemi)parese. Hersenbeschadiging heeft echter ook vaak onzichtbare gevolgen, zoals emotionele, gedragsmatige en/of cognitieve stoornissen [1]. Cognitieve stoornissen kunnen zich voordoen in de verschillende domeinen van de cognitie: inzicht, waarneming, aandacht, geheugen, executieve functies, praxis en taal [4]. Deze cognitieve stoornissen kunnen het (zelfstandig) functioneren in het dagelijks leven sterk beperken, denk aan het volgen van regulier onderwijs [5]. Om het dagelijks functioneren van kinderen met hersenletsel te verbeteren, krijgt cognitieve revalidatie de laatste jaren steeds meer aandacht binnen de kinderrevalidatie [6].

Het cognitieve-revalidatietraject begint met het in kaart brengen van de cognitieve functies (diagnostiek), onder andere met behulp van een neuropsychologisch onderzoek. Een neuropsychologisch onderzoek bestaat traditiegetrouw uit het afnemen van verschillende pen- en papiertests, waarbij de cognitieve domeinen relatief geïsoleerd van elkaar onderzocht worden. De tests worden normaliter afgenomen in een prikkelarme ruimte, zonder externe versturende factoren, en er wordt geen

of een ruime tijdslimiet gehanteerd. De combinatie van weinig multitasking, weinig afleiding en weinig tijdsdruk maakt het neuropsychologisch onderzoek ‘statisch’ vergeleken met een ‘dynamische’ dagelijkse situatie (bijv. naar school gaan of in het verkeer). Het huidige neuropsychologisch onderzoek is hierdoor verwijderd van het dagelijks leven, waarin multitasking de norm is, er snel gereageerd moet worden en de omgeving afleidend kan zijn [7]. Hierdoor is het moeilijk om vanuit de testgegevens een goede voorspelling te doen over het dagelijks functioneren. Daarnaast worden milde en subtiele cognitieve klachten die worden gerapporteerd door ouders, leerkrachten of kinderen zelf – de klachten die zich bij uitstek voordoen in de dynamische context van het dagelijks leven – vaak niet gedetecteerd in een statische omgeving [8].

De milde tot ernstige stoornissen die worden gevonden in het neuropsychologisch onderzoek, en de gerapporteerde cognitieve klachten, vormen de basis voor de cognitieve behandeling. De huidige cognitieve behandeling richt zich op het aanleren van nieuwe en/of het herwinnen van aangedane cognitieve vaardigheden door compensatie- en vaardigheidstrainingen. De therapeutische winst van dergelijke behandelingen is echter moeilijk generaliseerbaar naar het dagelijks functioneren, omdat het voor kinderen moeilijk is om geleerde vaardigheden en strategieën zelfstandig toe te passen in het dagelijks leven [9]. Kinderen vinden de oefeningen vaak langdradig en eentonig door het herhalende karakter ervan, waardoor het voor hen moeilijker is om therapietrouw te blijven [10]. Daarnaast is bekend dat kinderen het beste leren en presteren binnen bekende, en voor hen betekenisvolle omgevingen, zoals de school- en thuissituatie [9].

Een veelbelovende techniek die mogelijk een brug kan slaan tussen cognitieve revalidatie en het dagelijks leven, is virtual reality (VR). VR is een technologie die een driedimensionale omgeving kan creëren, waarin de gebruiker om zich heen kan kijken, kan navigeren en/of kan interacteren met die omgeving [11]. Om realiteitsgevoel te faciliteren wordt vaak een *head-mounted display* (HMD) gebruikt, waarbij de gebruiker een VR-bril opzet, waarbinnen de omgeving geprojecteerd wordt op twee schermen dichtbij de ogen. Deze manier van aanbieden wordt *immersive VR* genoemd en lijkt voornamelijk het meest op de realiteit [11]. Het op afstand aanbieden van de virtuele omgeving middels een computer- of projectiescherm, heet *non-immersive VR*.

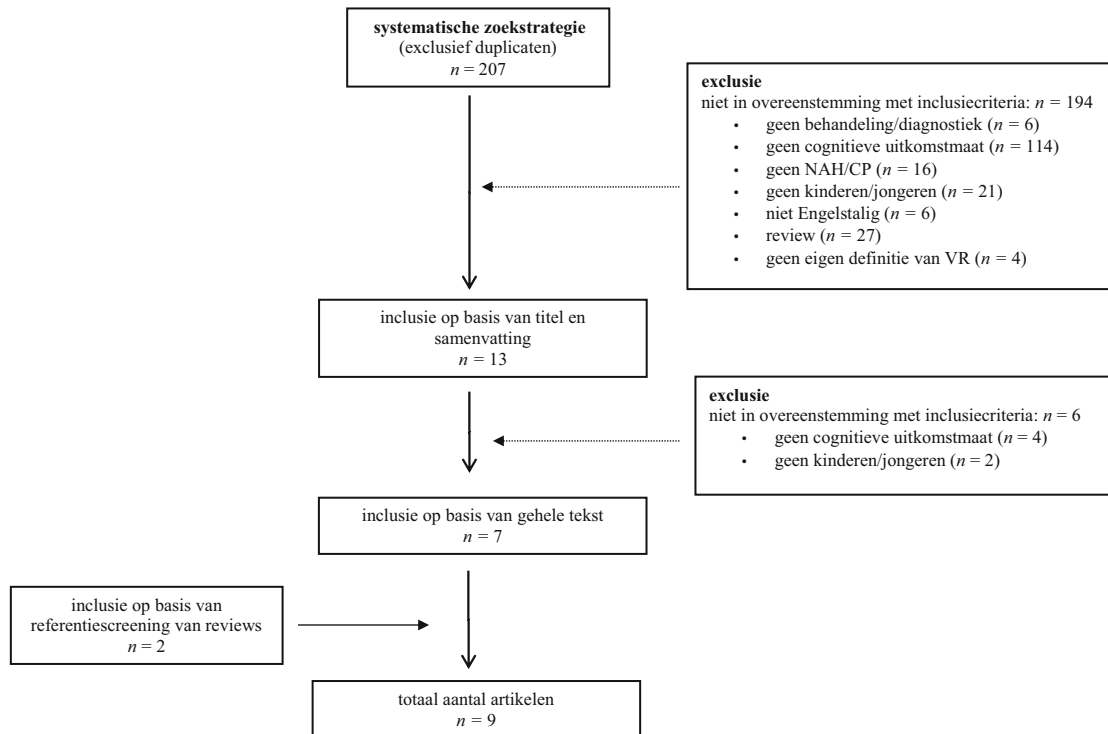
Bij volwassenen is aangetoond dat cognitieve functies in kaart kunnen worden gebracht [12] én getraind met virtuele simulaties [13–15]. Aangezien kinderen veel affiniteit hebben met computerspellen zou een virtuele simulatie ook voor hen uiterst geschikt kunnen zijn [15]. Uit onderzoek blijkt dat een VR-interventie de motivatie en het plezier in het oefenen verhoogt, wat met name de therapietrouw van de behandeling

Dit literatuuronderzoek is uitgevoerd bij het Kenniscentrum Revalidatiegeneeskunde Utrecht, dat de samenwerking tussen Hersencentrum Rudolf Magnus, Universitair Medisch Centrum Utrecht en De Hoogstraat Revalidatie gestalte geeft. M. S. van den Heerik en L. A. Spreij: gedeeld eerste auteurschap.

*M. S. van den Heerik · L. A. Spreij · J. M. A. Visser-Meily · T. C. W. Nijboer (✉)
Kenniscentrum Revalidatiegeneeskunde, Utrecht, Nederland*

*I. C. M. Rentinck
De Hoogstraat revalidatie, Utrecht, Nederland*

*M. Verhoef
Wilhelmina Kinderziekenhuis, Utrecht, Nederland*



Figuur 1 Flowchart van de geselecteerde artikelen. CP cerebrale parese, NAH niet aangeboren hersenletsel, VR virtual reality.

ten goede komt [16, 17]. Voor zowel cognitieve diagnostiek als cognitieve behandeling kan er middels VR een betekenisvolle (virtuele) omgeving gecreëerd worden, die aansluit bij het dagelijks leven van kinderen. Daarnaast is een virtuele omgeving controleerbaar, wat het mogelijk maakt om het effect van specifieke manipulaties van de omgeving op het gedrag te beoordelen [18]. Bovendien maakt een VR-simulatie het mogelijk de moeilijkheidsgraad aan te passen aan het niveau van het kind [18]. Door deze individuele aanpassing is het mogelijk om gericht te onderzoeken welke cognitieve klachten het meest beperkend zijn voor het kind en kan de behandeling daarop aangepast worden. Kortom, zorgprofessionals kunnen aan de hand van een VR-simulatie de cognitieve stoornissen, waar een kind in het dagelijks leven last van heeft, vaststellen en op basis daarvan een behandelplan opstellen.

In dit artikel wordt een overzicht gegeven van onderzoek waarbij VR is ingezet bij cognitieve diagnostiek en/of behandeling bij kinderen met CP of NAH. Het doel van dit literatuuronderzoek is inzicht te krijgen in hoeverre VR klinisch toepasbaar is binnen de cognitieve kinderrevalidatie.

Methoden

Systematische zoekstrategie

Voor het verzamelen van relevante artikelen is een systematische zoekstrategie gehanteerd middels de zoek-

machines PubMed, Web of Science en Scopus. De volgende zoektermen zijn gebruikt: (*Children OR Child OR Pediatrics OR Adolescent*) AND (*Acquired Brain Injury (ABI) OR Traumatic Brain Injury (TBI) OR Stroke OR Cerebral Palsy (CP)*) AND (*Virtual Reality (VR) OR Virtual Environment OR Gaming*) AND (*Rehabilitation OR Intervention OR Training OR Assessment OR Diagnostics OR Cognition OR Cognitive OR Neuropsychological OR Memory OR Attention OR Language OR Perception OR Executive Function*).

Inclusiecriteria

Op basis van combinaties van de gebruikte zoektermen, zijn de verkregen artikelen eerst gescreend op basis van titel en samenvatting en indien verwacht werd dat de studie zou voldoen aan de criteria, is de studie in haar geheel beoordeeld op de volgende inclusiecriteria: de studie: 1) was gericht op cognitieve diagnostiek of behandeling, 2) onderzocht kinderen en jongeren (<18 jaar) met CP of NAH, 3) hanteerde neuropsychologische of gedragsmatige tests als meting van cognitief functioneren, 4) was Engelstalig, 5) was gepubliceerd als origineel artikel en 6) hanteerde een VR-simulatie die voldeed aan de door ons geformuleerde definitie: 'Een computergenererde, interactieve 3D-omgeving, waarin een natuurlijke manier van interactie en immersie gefaciliteerd wordt. Een persoon kan in deze omgeving om zich heen kijken, navigeren en/of interacteren met personen of objecten in de omgeving.'

Tabel 1 Beoordeling van de interne validiteit op basis van de aangepaste checklist gerandomiseerd effectonderzoek.

artikel	conditie ^a	contr. gr. ^b	gelijke gr. ^c	gelijke beh. gr. ^d	blinding ^e	follow-up ^f	groeps-grootte <i>n</i> > 10 ^h	effectgr. ^g	ernst ⁱ	type en fase ^j	totaal	kwaliteit
Bart et al. [26]	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	5	matig
Gilboa et al. [23]	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	4	matig
Hanten et al. [27]	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	6	matig
Cook et al. [28]	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	6	matig
Erez et al. [24]	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	5	matig
Encarnacao et al. [29]	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	laag
Foreman et al. [25]	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	laag
Deutsch et al. [30]	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	laag
Akhutina et al. [31]	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	5	matig

(0=nee; 1=ja).

a) randomisatie van interventie/couterbalancing van de conditie; b) inclusie van controlegroep of groep die alternatieve behandeling ontvangt; c) gelijke groepen gericht op demografische gegevens, cognitie, motoriek etc.; d) groepen kregen een gelijke behandeling voor het hersenletsel (los van de interventie); e) blinding van de effectonderzoekers; f) follow-up (drop-outs); g) groeps-grootte (≥10 per groep); h) rapportage effect-grootte; i) rapportage ernst CP (i. e. GMFCS)/NAH (i. e. GCS); j) rapportage type CP/tijd na NAH
Totaalscore kwaliteit ≤3 = laag; 4-7 = matig, ≥8 = hoog

Tabel 2 Patiëntkarakteristieken van de op diagnostiek gerichte studies.					
cognitie	studie	aantal kinderen	geslacht (leeftijd in jaren (SD))	ernst NAH/CP	tijd na ontstaan NAH (in dagen)/ type CP
<i>onderzoeksgroep: kinderen met niet-aangeboren hersenletsel</i>					
aandacht	Bart [26]	patiënten: 17 controle: 16	patiënten: 7 j, 10 m (7,9 ± 1,4) controle: 7 j, 9 m (7,9 ± 1,6)	GCS niet vermeld (mild tot ernstig)	(62,0 ± 27,7)
	Gilboa [23]	patiënten: 41 controle: 35	patiënten: 24 j, 17 m (12,8 ± 1,8) controle: 16 j, 19 m (11,8 ± 2,3)	GCS: 5,7 ± 1,6 (ernstig)	(153 ± 108)
sociale cognitie	Hanten [27]	patiënten: 15 controle: 13	patiënten: 8 j, 7 m (16,66 ± 2,22) controle: 6 j, 7 m (16,87 ± 2,1)	GCS: 6,87 ± 3,81 (matig tot ernstig)	(1.164 ± 315)
	Cook [28]	patiënten: 15 controle: 13	patiënten: 8 j, 7 m (16,66 ± 2,22) controle: 6 j, 7 m (16,87 ± 2,1)	GCS: 6,87 ± 3,81 (matig tot ernstig)	(1.164 ± 315)
executief functio- neren	Erez [24]	patiënten: 20 controle: 20	patiënten: 10 j, 10 m (11,8 ± 2,4) controle: 10 j, 10 m (13,0 ± 2,8)	GCS: <8 niet gespecificeerd (ernstig)	(1.204 ± 803)
<i>onderzoeksgroep: kinderen met cerebrale parese</i>					
executief functio- neren	Encarnacao [29]	patiënten: 9 controle: 20	niet beschreven	GMFCS: 1 of 2	niet beschreven

j jongens, *m* meisjes, *CP* cerebrale parese, *GCS* Glasgow Coma Score bij opname in ziekenhuis, *GMFCS* Gross Motor Functioning Classification Scale bij start onderzoek *NAH* niet-aangeboren hersenletsel

De referenties van reviewartikelen die werden gevonden middels de systematische zoekstrategie, zijn nagelopen voor het includeren van relevante artikelen.

Dataextractie

De volgende informatie uit de artikelen is geselecteerd en geordend in tabellen: de studie- en patiëntkarakteristieken (aantal patiënten en leeftijd, geslacht, ernst van het NAH (Glasgow Coma Scale (GCS) [19]), ernst van de CP (Graf Motorisch Functionerings-Classificatie Systeem (GMFCS) [20]), tijd na ontstaan van het NAH (in dagen) en type CP (bijv. spastisch, diple-gisch), kenmerken van de diagnostiek (vraagstelling, inhoud VR-omgeving en de opdracht, duur en intensiteit van de diagnostiek) of van de interventie (vraagstelling, inhoud VR-omgeving, training, duur en intensiteit van de training) en uitkomstkarakteristieken (uitkomstmaten en resultaten).

In de resultatensectie is onderscheid gemaakt tussen studies naar cognitieve diagnostiek en studies naar

cognitieve behandeling, daarnaast is een onderscheid gemaakt naar cognitieve domeinen.

Kwaliteitsbeoordeling

De interne validiteit van de geselecteerde artikelen is beoordeeld middels een aangepaste checklist van Tijsen en Assendelft [21]. Daarnaast zijn er vier aspecten aan toegevoegd die zijn gebaseerd op eerdere literatuurstudies: groepsgrootte, rapporteren van effectgrootte, ernst NAH/CP en tijd na het NAH/het type CP [6, 22]. Er is één punt toegekend wanneer voldaan was aan een criterium voor de interne validiteit. De som van deze scores resulteerde in een kwaliteitscore, waaraan vervolgens een lage (≤ 3), matige (4–7) of hoge (≥ 8) kwaliteit werd toegekend.

Resultaten

De initiële systematische zoekstrategie resulteerde in 207 artikelen. Op basis van de inclusiecriteria werden

Tabel 3 Karakteristieken van de op diagnostiek gerichte studies.					
cognitie	studie	vraagstelling	inhoud VR-omgeving	inhoud VR-opdracht	duur/intensiteit
<i>onderzoeksgroep: kinderen met niet-aangeboren hersenletsel</i>					
aandacht	Bart [26]	wat is de bruikbaarheid van een 'video-capture' VR-systeem bij het onderscheiden van kinderen met traumatisch hersenletsel ten opzichte van gezonde kinderen?	gebaseerd op computerspellen; non-immersive, aangeboden middels projectiescherm	beide groepen voerden drie verschillende taken uit op het IREX-systeem (geprojecteerd op een scherm): naar ballen reiken, op doel schieten en snowboarden, waarbij elke minuut de moeilijkheidsgraad toenam	20 minuten, 1 sessie
	Gilboa [23]	kan de Virtual-Classroom software het aandachtsprofiel van gezonde kinderen en kinderen met NAH van elkaar onderscheiden?	klaslokaal; immersive, aangeboden middels VR-bril	beide groepen voerden een taak uit met de virtual classroom middels een head-mounted display. In de virtuele omgeving werden continue cijfers getoond, waarbij na een bepaalde sequentie van getallen, op een muisknop gedrukt diende te worden. Tijdens deze taak werden in de virtuele wereld verschillende afleidende stimuli gepresenteerd	10 minuten, 1 sessie
sociale cognitie	Hanten [27]	wat is de bruikbaarheid van een VR-taak bij het vaststellen van cognitie voor sociale probleemstellingen bij adolescenten met traumatisch hersenletsel?	huis, uitgaansgelegenheid, schoolgebouw; non-immersive, aangeboden middels computerscherm	beide groepen voerden het VR INS-interview uit middels een computerscherm en doorliepen hierbij verschillende sociale scenario's. Tijdens deze scenario's waren virtuele avatars in een sociaal conflict verwickeld, waarbij het aantal avatars en de hoeveelheid irrelevante informatie varieerde. Na elk scenario moesten de kinderen vragen beantwoorden over de aard en mogelijke oplossingen van het conflict	18 scenario's, 1 sessie
	Cook [28]	wat is de bruikbaarheid van een nieuwe VR-taak bij het voorspellen van sociale acties met bijbehorende lange- en kortetermijnconsequenties bij adolescenten met traumatisch hersenletsel?	huis, schoolgebouw, werk-omgeving; non-immersive, aangeboden middels computerscherm	beide groepen kregen vier scenario's te zien op een computerscherm, met dilemma's van morele of juridische aard. In deel A moesten de kinderen voorspellen wat de avatar zou doen met betrekking tot het dilemma. In deel B had de avatar al een besluit genomen en moesten de kinderen voorspellen wat de consequenties van dat besluit zouden zijn	1,5 uur, 1 sessie
executief functioneren	Erez [24]	kan een virtueel winkelcentrum onderscheid maken tussen executief functioneren bij gezonde kinderen en bij kinderen met NAH?	winkelcentrum; non-immersive, aangeboden middels projectiescherm	beide groepen moesten vier producten van een boodschappenlijst kopen in een virtueel winkelcentrum (VMall-software), geprojecteerd op een scherm	90 minuten, 1 sessie

Tabel 3 Karakteristieken van de op diagnostiek gerichte studies. (Vervolg)

cognitie	studie	vraagstelling	inhoud VR-omgeving	inhoud VR-opdracht	duur/intensiteit
<i>onderzoeksgroep: kinderen met cerebrale parese</i>					
executief functio- neren	Encarnacao [29]	kan een virtual robot-gemedieerd spel bij kinderen met CP verschillen in cognitief functioneren onderscheiden?	tafel; non-immersive, aangeboden middels computerscherm	beide groepen voerden drie taken uit door het besturen van een fysieke robot en een VR-robot (te zien op een computerscherm). Hierbij moest de robot naar of door een stapel blokken rijden	5 minuten, 2 sessies

CP cerebrale parese, INS interpersonal negotiations strategy, IREX Interactive Rehabilitation and Exercise system, NAH niet-aangeboren hersenletsel, THL traumatisch hersenletsel, VE virtual environment, VMall virtual mall, VR virtual reality

zeven artikelen geselecteerd. Het nalopen van referenties uit gevonden reviews leverde twee extra artikelen op, waardoor uiteindelijk negen artikelen werden geïnccludeerd (zie fig. 1).

De eerste auteurs (MH en LS) voerden onafhankelijk van elkaar een kwaliteitsbeoordeling uit, middels een *inter-rater* benadering en kwamen tot volledige overeenstemming (100%). Zes artikelen bleken een matige kwaliteit en drie artikelen een lage kwaliteit te hebben (zie tab. 1). Geen van de artikelen had een hoge kwaliteit. Acht studies maakten gebruik van een controlegroep, maar randomisatie van conditie/interventie was slechts in één studie toegepast. Blindering van effectbeoordelaars had in geen enkele studie plaatsgevonden. Vier studies onderzochten VR in een groep van minder dan tien kinderen, de overige studies onderzochten groepen van 15–20 kinderen, met uitzondering van één studie die 41 kinderen met NAH includeerde. De meeste studies gaven informatie over de ernst van het ziektebeeld van de deelnemende kinderen. De ernst van de NAH binnen de afzonderlijke studies bleek sterk te variëren (mild t/m ernstig hersenletsel). De ernst van CP werd echter vaak niet vermeld. Daarnaast liep de periode tussen het ontstaan van het hersenletsel en de tijd van deelname aan het onderzoek onder de deelnemende kinderen sterk uiteen.

Van de negen studies gebruikten er slechts drie omgevingen die aan het dagelijks leven waren gerelateerd, namelijk: een klaslokaal, een winkelcentrum en een schoolgebouw; dit gold voor zowel de op diagnostiek als de op behandeling gerichte studies [23–25]. De andere zes studies maakten gebruik van de VR-simulatie van een computerspel, waarin het kind bijvoorbeeld naar ballen moest reiken en op een doel moest schieten. Acht studies presenteerden de virtuele omgeving op een computerscherm of projecteerden deze omgeving op een groot scherm (*non-immersive VR*). Eén studie gebruikte een 'head-mounted display' (*immersive VR*) [23]. In tab. 2, 3, 4, 5 en 6 zijn de details van de artikelen terug te vinden, onderverdeeld in stu-

dies die op diagnostiek en studies die op behandeling zijn gericht.

Zes studies waren gericht op *diagnostiek*, waarvan er vijf plaatsvonden bij kinderen met NAH en één bij kinderen met CP. Deze studies onderzochten of een VR-simulatie onderscheid kon maken tussen kinderen met NAH of CP en gezonde kinderen ten aanzien van de cognitieve functies: aandacht [23, 26], sociale cognitie [27, 28], of executieve functies [24, 29]. Uit twee studies kwam naar voren dat bij kinderen met NAH de aandachtsfuncties zwakker waren dan bij gezonde kinderen op basis van de prestaties in de VR-simulatie, maar dit was niet het geval voor alle onderzochte uitkomstmaten [23, 26]. Eén studie kon dit verschil tussen groepen ondersteunen met een significant verschil in prestaties op neuropsychologische tests [23], maar de andere studie had alleen een neuropsychologisch onderzoek afgenomen bij kinderen met NAH, waardoor een directe vergelijking met de gezonde kinderen niet kon worden gemaakt [26]. De kinderen met NAH scoorden in deze laatste studie wel significant lager dan de normscores. Aan de hand van een VR-simulatie is het maken van een onderscheid tussen gezonde kinderen en kinderen met NAH op basis van sociale cognitie slechts op een gering aantal uitkomstmaten aangetoond (namelijk: het definiëren van een probleem en het aantal genoemde langetermijnconsequenties van bepaalde keuzes) [27, 28]. Prestatie op een executieve taak in een virtuele omgeving was lager bij kinderen met NAH/CP in vergelijking met gezonde kinderen [24, 29]. Een van deze twee studies die was gericht op executief functioneren, gebruikte neuropsychologische tests, maar liet geen significant verschil in testcores zien tussen de twee groepen [24].

De overige drie artikelen waren gericht op *behandeling*. Al deze studies werden uitgevoerd bij kinderen met CP. Ze bestudeerden het effect van een VR-interventie op visuospatiale functies [25, 30, 31]. In een *case study* werd een verbetering in neuropsychologische testcores gevonden op diverse vormen van visuele perceptuele informatieverwerking, maar deze

Tabel 4 Uitkomstmaten en resultaten van de op diagnostiek gerichte studies.

cognitie	studie	uitkomstmaten	resultaten
<i>onderzoeksgroep: kinderen met niet-aangeboren hersenletsel</i>			
aandacht	Bart [26] (n = 33)	VR-taken (birds & balls, soccer, snowboard): proportie correcte response en responsetijd (op verschillende moeilijkheidsniveaus), TEA-Ch, <i>Melbourne assessment of unilateral upper limb function</i> , PEDI, CAS, SFQ-child	Kinderen met NAH presteren over het algemeen slechter op de VR-taken ($p < 0,001$) en hebben ook een langere reactietijd dan de controlegroep ($p < 0,001-0,09$). Verschillende niveaus van de VR-taken correleren met volgehouden, gerichte en wisselen van aandacht. Hierbij geldt dat een betere prestatie op de VR-taken samenhangt met een hogere score op de TEA-Ch.
	Gilboa [23] (n = 76)	Virtual <i>classroom</i> : aantal correcte reacties op cijfersequentie, <i>false alarms</i> , reactietijd, hoofdbewegingen. TEA-Ch (Sky search, Sky search DT, Score!, Score! DT), CPRS-R:S, WASI	Totaal aantal correcte hits was significant lager in de NAH-groep dan in de controlegroep ($p < 0,001$). Andere maten waren niet significant. De antwoorden van de ouders van de NAH-groep op de CPRS-R:S lieten een significante hogere algehele ADHD-indexscore zien dan die van de controlegroep ($p = 0,01$). Daarnaast scoorde de NAH-groep op alle vier de subtests van de TEA-Ch significant lager dan de normgroep ($p < 0,001$).
sociale cognitie	Hanten [27] (n = 28)	VR Social Problem-Solving Task: prestatie op interviewvragen, gebaseerd op vier stappen van probleemoplossen: 1) definiëren van probleem, 2) genereren van oplossing, 3) selecteren van oplossing, 4) evalueren van uitkomst	Over het algemeen scoorden de kinderen met NAH in alle condities (complexiteit sociale interacties) ($p = 0,005$; $d = 1,40$; $p = 0,35$, $d = 0,96$; $p = 0,008$; $d = 1,23$) lager dan de controlegroep. Dit effect was consistent in de eerste stap van alle condities ten aanzien van probleemoplossen 'definiëren van probleem.'
	Cook [28] (n = 28)	VR-Virtual Anticipating Consequences Task. Deel A: aantal genoemde voor spelde acties en aantal genoemde redenen voor de ondernomen acties. Deel B: aantal genoemde kortetermijnconsequenties, aantal genoemde langetermijnconsequenties, kwalitatieve beoordeling algemeen oordeel van deelnemer	Deel A: er is alleen een trend van lagere scores voor kinderen met NAH ten aanzien van het aantal gegeven redenen voor de actie ($p = 0,074$; $d = 0,36$). Deel B: controles gaven meer langetermijnconsequenties dan patiënten ($p = 0,010$; $d = 1,22$). Daarnaast is er een trend dat de controles de langetermijnconsequenties beter konden doordenken dan patiënten ($p = 0,053$; $d = 0,70$).
executief functio-neren	Erez [24] (n = 40)	Virtual Mall: totale tijd voor vier boodschappen, gemaakte fouten bij doen van boodschappen en volgorde van de boodschappen. SF-Q-child, <i>Borg's scale of perceived exertion</i> , Dierentuintaak 1 en 2 van BADS-C	Tijd voor vier boodschappen was significant langer in THL-groep dan in de controlegroep ($p = 0,002$). Daarnaast maakte de THL-groep significant meer fouten ($p = 0,068$). Er werden geen significante verschillen gevonden tussen de groepen op de Dierentuintaak en ook geen significante correlatie tussen de vier boodschappen en de Dierentuintaak.

Tabel 4 Uitkomstmaten en resultaten van de op diagnostiek gerichte studies. (Vervolg)

cognitie	studie	uitkomstmaten	resultaten
<i>onderzoeksgroep: kinderen met cerebrale parese</i>			
executief functioneren	Encarnacao [29] (n = 29)	Percentage succesvolle prestaties op de robottaken, gedragsobservaties voor het meten van volgehouden aandacht, maken van associaties, visuospatiële en temporele perceptie, oog-handcoördinatie, impulsiviteit	In beide groepen verschilde de prestatie niet significant tussen de twee robots. Voor de controlegroep waren de factoren cognitieve leeftijd ($p = 0,023$) en type taak ($p < 0,001$) van invloed op succesrate, maar de factor robot niet. Deze controlegroep scoorde in de VR-robotsituatie significant beter op de gedragsmarkers volgehouden aandacht ($p = 0,002$); visuospatiële en temporele perceptie ($p = 0,014$) en zelfregulatie, ($p = 0,007$) dan in de fysieke situatie. Voor de kinderen met CP was de factor taak ($p < 0,001$) van invloed op de mate van succes en de factor robot niet. Statistische vergelijking tussen cognitieve leeftijden was niet mogelijk door een te kleine onderzoeksgroep. Gedragsmarker visuospatiële en temporele perceptie was voor kinderen met CP significant beter in de VR-robotsituatie dan in de fysieke robotsituatie ($p < 0,001$).

CAS Caregiver Assistance Scale, CP cerebrale parese, CPRS-R:S Conners Parent Rating Scales – Revised: Short Form NAH niet-aangeboren hersenletsel, PEDI Paediatric Evaluation of Disability Inventory, SFQ-child Short Feedback Questionnaire for Children, TEA-Ch Test of Everyday Attention for Children, VR virtual reality, WASI Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence

Tabel 5 Karakteristieken van de op behandeling gerichte studies bij kinderen met CP.

cognitie	studie	design	aantal patiënten	geslacht (leeftijd in jaren (SD))	ernst CP	type CP
visuospatiële functioneren	Foreman [25]	experimenteel design	<i>experiment 1</i> VR: 6 controle: 6	<i>experiment 1</i> 9 j, 3 m (9,0 ± 2,3)	GMFCS: niet vermeld	niet beschreven
			<i>experiment 2</i> patiënten: 7 controle: 7	<i>experiment 2</i> patiënten: 6 j, 1 m (12,3) controle: 2 j, 5 m (25,6)		
	Deutsch [30]	<i>case study</i>	patiënt: 1	1 j (13)	GMFCS: 3	spastisch diplegisch
	Akhutina [31]	experimenteel design	<i>experiment 1</i> VR: 12 controle: 9	<i>experiment 1</i> VR: 7 j, 5 m (10,5 ± 2,2) controle: 5 j, 4 m (11,0 ± 1,2)	GMFCS: niet vermeld	diplegisch, hemiparese, atonisch, hyperkinetisch
			<i>experiment 2</i> VR: 23 controle: 22	<i>experiment 2</i> VR: 12 j, 11 m (9,7 ± 1,6) controle: 12 j, 10 m (9,6 ± 1,6)		

j jongens, m meisjes, CP cerebrale parese, GCS Glasgow Coma Score bij opname ziekenhuis, GMFCS Gross Motor Functioning Classification Scale, afgenomen bij start onderzoek, VR virtual reality

Tabel 6 Karakteristieken van de interventies van de op behandeling gerichte studies bij kinderen met CP.

cognitie	studie	vraagstelling	inhoud VR-omgeving	inhoud VR-training	duur/intensiteit
visuo-spatieel functioneren	Foreman [25]	Kunnen spatiële functies die zijn aangeleerd in een VR-omgeving zich generaliseren naar een situatie in de echte wereld bij kinderen met CP?	schoolgebouw; non-immersive, aangeboden middels computerscherm	Experiment 1: beide groepen navi-geerden in de twee sessies in een VR-schoolgebouw middels een computerscherm en een fysiek model van een schoolgebouw. Hierbij noemde de onderzoeker de namen van de verschillende lokalen en benoemde hij opvallende objecten in de ruimte. Experiment 2: de kinderen werd gevraagd te wijzen naar objecten die zij eerder gezien hadden, maar op dat moment niet konden zien	4 sessies in 4 dagen (duur niet vermeld)
	Deutsch [30]	Wat is het effect van het gebruik van de Nintendo Wii op visuele perceptie van een adolescent met CP?	gebaseerd op computerspellen; non-immersive, aangeboden middels tv	Nintendo Wii Sports, zowel zittend als staand	11 sessies van 60–90 min in 1 maand
	Akhutina [31]	Wat is het effect van aanvullende taken in een VR-omgeving op het visuospatieel functioneren bij kinderen met CP?	een park, non-immersive, aangeboden middels computerscherm	Op een computerscherm lieveheersbeestje begeleiden naar een boom. Zowel 2D- als 3D-taken (waarbij de boom niet direct zichtbaar was) op een computer. Na 2D-taken werd gevraagd de lay-out van het spel na te bouwen met magnetische chips. Daarna moesten de kinderen de 3D-versie spelen op een computerscherm. Kinderen die goed presteerden konden een extra taak doen, nl. in een VR-park een molen vinden aan de hand van een kaart	6–8 sessies van 30–60 min in 1 maand

CP cerebrale parese, VR virtual reality

verschillen werden niet statistisch getoetst vanwege het design [30]. Bij een andere studie werd verbetering van visuospatieel functioneren middels neuropsychologische tests gemeten na een VR-interventie bij kinderen met CP, mits de kinderen met een ernstige vorm van CP extra taken hadden uitgevoerd binnen de virtuele omgeving [31]. Generalisatie van geleerde ruimtelijke informatie binnen een VR-omgeving naar een gerelateerde echte omgeving is in een van deze drie studies onderzocht en ondersteund; de methodologische kwaliteit van deze studie was echter laag [25].

Discussie

Het doel van deze studie was een literatuuroverzicht te geven van onderzoek waar VR is ingezet bij cognitieve diagnostiek of behandeling bij kinderen met NAH of CP.

In de op diagnostiek gerichte studies kon, op basis van prestaties in een VR-simulatie, een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen kinderen met CP en kinderen met NAH enerzijds en gezonde kinderen anderzijds met betrekking tot aandacht [23, 26], sociale cognitie [27, 28] of executieve functies [24, 29]. Daarnaast werden positieve effecten van de behandeling van visuospatiële functies in een VR-simulatie gevonden bij kinderen met CP [25, 30, 31]. Met uitzondering

Tabel 7 Uitkomstmaten en resultaten van de op behandeling gerichte studies bij kinderen met CP.

cognitie	studie	uitkomstmaten	testmomenten	resultaten
visuo-spatieel functioneren	Foreman [25]	afwijkend aantal graden van wijzen, kiezen van de juiste route, noemen van zalen in het schoolgebouw aan de hand van een plattegrond	voor- en naming	Experiment 1: het grootste effect trad op bij de groep met een VR-model van de relevante school, waarbij de groep met een fysiek model van de relevante school meer graden afweek dan de groep met een VR-model van de relevante school ($p < 0,01$; $f = 2,37$). Experiment 2: de VR-groep identificeerde significant meer locaties dan de controlegroep ($p < 0,01$; $d = 2,6$). Verschil in het kiezen van de juiste route tussen de groepen was niet significant
	Deutsch [30]	TVPS, QUEST, GMFM, loopafstand	voor- en naming	Verbetering in visuo-perceptuele verwerking, houdingscontrole en functionele mobiliteit. Vanwege het design was geen statistische vergelijking mogelijk
	Akhutina [31]	Koos Block Design, <i>Clown Assembly</i> , JULO, <i>arrows subtest</i> van Nepsy, <i>The Roads Test</i>	voor- en naming	Experiment 1: de VR-groep liet een grotere verbetering zien op tests voor visuospatieel functioneren dan de controlegroep ($p < 0,05$), maar dit gold niet voor het deel van de experimentele groep met een heel laag beginniveau. Experiment 2: wanneer de groep met een laag startniveau ondersteunende taken kreeg, liet ook deze groep een significant grotere verbetering zien op visuospatieel functioneren in vergelijking met de controlegroep ($p < 0,05$)

CP cerebrale parese, GMFM Gross Motor Function Measure, JULO Benton Judgment of Line Orientation Test, Nepsy Neuropsychological Test Battery for Children, TVPS Test of Visual Perceptual Skills, QUEST Quality of Upper Extremity Skills Test, VR virtual reality

van één op behandeling gerichte studie, is generalisatie naar dagelijks functioneren op school of thuis niet onderzocht. Daarnaast is niet onderzocht of kinderen diagnostiek of behandeling in een VR-simulatie leuker en/of motiverender vonden dan conventionele diagnostiek of behandeling. Slechts drie van de negen studies gebruikten een virtuele omgeving die was gebaseerd op de dagelijkse leefomgeving van het kind en slechts één van deze studies gebruikte *immersive VR* om het realiteitsgevoel te vergroten. Op basis van dit onderzoek kan over deze gestelde meerwaarde van VR geen conclusies worden getrokken.

Opvallend is dat er zo weinig artikelen zijn gevonden die gericht waren op behandeling bij kinderen met CP en het gebrek hieraan bij kinderen met NAH. In een eerder verschenen literatuuroverzicht zijn voorzichtige aanwijzingen gevonden voor de effectiviteit van een VR-interventie ter verbetering van cognitieve functies, met name geheugen en aandacht, bij volwassenen met een CVA of traumatisch hersenletsel [13]. Daarnaast is tot nu toe VR veelal gebruikt als behandeling ter verbetering van de motoriek bij volwassenen met NAH [32] en kinderen met CP [33]. Dat op motoriek gerichte VR-interventies vaker zijn onderzocht dan op cognitieve

gerichte VR-interventies, is mogelijk te verklaren doordat het meten van cognitieve domeinen complexer is dan het meten van motorische aspecten (bijv. kracht, activiteit).

De complexiteit van het betrouwbaar meten van cognitieve kwam ook in deze literatuurstudie naar voren. Het gebruik van neuropsychologische tests is in de klinische praktijk de norm voor het in kaart brengen van het cognitieve functioneren. Van de zes studies die waren gericht op diagnostiek, hebben drie naar de relatie gekeken tussen de prestaties in de VR-simulatie en de prestaties op neuropsychologische tests. Slechts één op interventie gerichte studie heeft prestaties op neuropsychologische tests als voor- en naming statistisch vergeleken. Bij de validatie van VR als diagnostisch instrument of trainingsmethode van cognitieve functies zullen conventionele neuropsychologische tests gebruikt moeten worden. Zolang VR niet is gevalideerd, zal niet duidelijk worden welk cognitief domein in een VR-simulatie gemeten of getraind wordt. Daarom kan er op basis van de resultaten van deze literatuurstudie geen uitspraak worden gedaan over de vraag of VR geschikt is voor het maken van onderscheid tussen

het cognitief functioneren van verschillende groepen of voor het verbeteren van het cognitieve functioneren.

Vanwege de lage tot matige methodologische kwaliteit is het belangrijk voorzichtig te zijn met het trekken van harde conclusies. De studies hebben relatief kleine groepen gebruikt en de grootte van gevonden effecten is maar in enkele studies vermeld. Daarnaast is het moeilijk om de onderzoeksresultaten te vertalen naar de klinische praktijk vanwege het ontbreken van gegevens die aan NAH of CP zijn gerelateerd. Zo staat in enkele artikelen de ernst van NAH of CP niet vermeld, of ontbreekt een beschrijving van de tijd na het oplopen van NAH, wat het moeilijk maakt om te bepalen in welke fase en bij welke doelgroep VR toepasbaar is. Het rapporteren van deze gegevens en grotere patiëntenpopulaties kan meer duidelijkheid geven over de effectiviteit van VR als diagnostisch instrument en trainingsmethode bij kinderen met NAH of CP.

Conclusie

Op basis van dit literatuuronderzoek kan gesteld worden dat de onderzoeksresultaten veelbelovend zijn voor het gebruik van VR in cognitieve diagnostiek en behan-

deling, VR is momenteel echter nog niet inzetbaar als *evidence based practice*. Het geringe aantal studies is slechts het begin van een nieuw onderzoeksveld dat het gebruik van VR onderzoekt in cognitieve kinderrevalidatie. Toekomstig onderzoek moet zich ten eerste richten op het ontwikkelen van een cognitief model met behulp van het huidige neuropsychologisch onderzoek, om duidelijkheid te scheppen over welke cognitieve functies gemeten en getraind worden in de betreffende VR-simulatie. Ten tweede kan vervolgonderzoek zich richten op de vragen of diagnostiek in VR een verbeterde sensitiviteit of specificiteit heeft ten opzichte van het huidige neuropsychologisch onderzoek, of VR leidt tot een hogere trainingsmotivatie en of de therapeutische winst van behandeling in VR beter te generaliseren is naar het dagelijks leven dan de huidige trainingsmethoden. Onderzoek naar deze aspecten zal inzicht geven in de meerwaarde van VR in diagnostiek en behandeling binnen de cognitieve kinderrevalidatie.

Financiering. Dit literatuuronderzoek is tot stand gekomen met financiering van het Revalidatiefonds (RF-projectnummer: R2015010).

Literatuur

1. Hadders-Algra M, Maathuis K, Pangalila RF, Becher J, Moor JMH. Kinderrevalidatie. Assen: Koninklijke Van Gorcum; 2015.
2. Rosenbaum P, Panthe N, Leviton A, Goldstein M, Bax M, Damiano D, Dan B, Jacobsson BA. A report: the definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2007;49(6):480.
3. Hermans E, Winkens I, Winkel-Witlox S te, Iperen A van. Langetermijnproblemen volgend op revalidatie van kinderen en jongeren met NAH en hun gezinnen: resultaten van een pilot onderzoek. *Ned Tijdschr Revalidatiegeneeskd.* 2011;33(1):17–20.
4. Commissie CVA-Revalidatie. Richtlijn Cognitieve Revalidatie Niet-Aangeboren Hersenletsel. Een publicatie van Consortium Cognitieve Revalidatie. 2007.
5. Halstead ME, McAvoy K, Devore CD, Carl R, Lee M, Logan K. Returning to learning following a concussion. *Pediatrics.* 2013;132(5):948–57.
6. Lindsay S, Hartman LR, Reed N, Gan C, Thomson N, Solomon B. A systematic review of hospital-to-school reintegration interventions for children and youth with acquired brain injury. *PLOS ONE.* 2015;10(4):1–19.
7. Gamito P, Oliveira J, Coelho C, Morais D, Lopes P, Pacheco J, Brito R, Soares F, Santos N, Barata AF. Cognitive training on stroke patients via virtual reality-based serious games. *Disabil Rehabil.* 2015;1–4. doi:10.3109/09638288.2014.934925.
8. Schultheis MT, Himmelstein J, Rizzo AA. Virtual reality and neuropsychology: upgrading the current tools. *J Head Trauma Rehabil.* 2002;17(5):378–94.
9. Braga LW, Da Paz AC Jr. The child with traumatic brain injury or cerebral palsy. A context-sensitive, family-based approach to development. London: Taylor and Francis; 2005.
10. Schuler T, Brüttsch K, Müller R, Hedel HJ van, Meyer-Heim A. Virtual realities as motivational tools for robotic assisted gait training in children: a surface electromyography study. *NeuroRehabilitation.* 2011;28(4):401–11.
11. Bowman DA, McMahan RP. Virtual Reality: How much immersion is enough? *Computer (Long Beach Calif).* 2007;40(7):36–43.
12. Parsey CM, Schmitter-Edgecombe M. Applications of technology in neuropsychological assessment. *Clin Neuropsychol.* 2013;27(8):1328–61.
13. Verheul FJM, Spreij LA, Rooij NK de, Claessen MHG, Visser-Meily JMA, Nijboer TCW. Virtual Reality als behandeling in de cognitieve revalidatie. *Ned Tijdschr Revalidatiegeneeskd.* 2016;2:47–53.
14. Spreij LA, Visser-Meily JMA, Heugten CM van, Nijboer TCW. Novel insights into the rehabilitation of memory post acquired brain injury: a systematic review. *Front Hum Neurosci.* 2014;8(993):1–19.
15. Penn PR, Rose FD, Johnson DA. Virtual enriched environments in paediatric neuropsychological rehabilitation following traumatic brain injury: feasibility, benefits and challenges. *Dev Neurorehabil.* 2009;12(1):32–43.
16. Rizzo A, Kim GJ. A SWOT analysis of the field of VR rehabilitation and therapy. *Teleoperators Virtual Environ.* 2005;14(2):119–46.

17. Thornton M, Marshall S, McComas J, Finestone H, McCormick A, Sveistrup H. Benefits of activity and virtual reality based balance exercise programmes for adults with traumatic brain injury: perceptions of participants and their caregivers. *Brain Inj.* 2005;19(12):989–1000.
18. Larson EB, Feigon M, Gagliardo P, Dvorkin AY. Virtual reality and cognitive rehabilitation: a review of current outcome research. *NeuroRehabilitation.* 2014;34:759–72.
19. Sternbach GL. The Glasgow Coma Scale. *J Emerg Med.* 2000;19(1):67–71.
20. Oeffinger D, Gorton G, Bagley A, Nicholson D, Barnes D, Calmes J, Abel M, Damiano D, Kryscio R, Rogers S, Tylkowski C. Outcome assessments in children with cerebral palsy, part I: descriptive characteristics GMFCS Levels I to III. *Dev Med Child Neurol.* 2007;49(3):172–80.
21. Offringa M, Assendelft WJJ, Scholten RJPM. (redactie) Inleiding in evidence-based medicine: Klinisch handelen gebaseerd op bewijsmateriaal. Houten: Bohn Stafleu van Loghum; 2003, pag. 57–71.
22. Snider L, Majnemer A, Darsaklis V. Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil.* 2010;13(2):120–8.
23. Gilboa Y, Kerrouche B, Longaud-Vales A, Kieffer V, Tiberghien A, Aligon D, Mariller A, Mintegui A, Canizares C, Abada G, Chevignard MP. Describing the attention profile of children and adolescents with acquired brain injury using the virtual classroom. *Brain Inj.* 2015;29(13-14):1691–700.
24. Erez N, Weiss PL, Kizony R, Rand D. Comparing performance within a virtual supermarket of children with traumatic brain injury to typically developing children: a pilot study. *OTJR (Thorofare N J).* 2013;33(4):218–27.
25. Foreman N, Stanton D, Wilson P, Duffy H. Spatial knowledge of a real school environment acquired from virtual or physical models by able-bodied children and children with physical disabilities. *J Exp Psychol Appl.* 2003;9(2):67–74.
26. Bart O, Agam T, Weiss PL, Kizony R. Using video-capture virtual reality for children with acquired brain injury. *Disabil Rehabil.* 2011;33(17-18):1579–86.
27. Hanten G, Cook LG, Orsten K, Chapman SB, Li X, Wilde EA, Schnelle KP, Levin HS. Effects of traumatic brain injury on a virtual reality social problem solving task and relations to cortical thickness in adolescence. *Neuropsychologia.* 2011;49(3):486–97.
28. Cook LG, Hanten G, Orsten KD, Chapman SB, Li X, Wilde EA, Schnelle KP, Levin HS. Effects of moderate to severe traumatic brain injury on anticipating consequences of actions in adolescents: a preliminary study. *J Int Neuropsychol Soc.* 2013;19(5):508–17.
29. Encarnação P, Alvarez L, Rios A, Maya C, Adams K, Cook A. Using virtual robot-mediated play activities to assess cognitive skills. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2014;9(3):231–41.
30. Deutsch JE, Borbely M, Filler J, Huhn K, Guarrera-Bowlby P. Use of a low-cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. *Phys Ther.* 2008;88(10):1196–207.
31. Akhutina T, Foreman N, Krichevets A, Matikka L, Narhi V, Pylaeva N, Vahkuopus J. Improving spatial functioning in children with cerebral palsy using computerized and traditional game tasks. *Disabil Rehabil.* 2003;25(24):1361–71.
32. Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychol Behav.* 2005;8(3):187–211.
33. Weiss PL, Tirosh E, Fehlings D. Role of virtual reality for cerebral palsy management. *J Child Neurol.* 2014;29(8):1119–24.

Marc S. van den Heerik neuropsycholoog

Lauriane A. Spreij junior onderzoeker, neuropsycholoog

Johanna M. A. Visser-Meily hoogleraar revalidatiegeneeskunde, revalidatiearts

Ingrid C. M. Rentinck orthopedagoog

Marjolein Verhoef revalidatiearts

Tanja C. W. Nijboer senior onderzoeker, neuropsycholoog