

Virtual reality revalidatie

bij mensen met een beroerte

Alexander de Tempe

Studentnummer 1509977

December 2008

Virtual reality revalidatie bij mensen met een beroerte

Review

A.J. de Tempe

Samenvatting

Het aantal mensen met een beroerte stijgt en er is steeds meer aandacht voor langer termijn revalidatie. Hierdoor stijgen de totale kosten van de zorg en is het niet altijd mogelijk om de intensiteit van de therapie aan te passen aan de behoefte van de patiënt. Revalidatie in een virtuele omgeving biedt mogelijk een uitkomst. Voor deze systematische review is de volgende vraagstelling gebruikt: Wat is het effect van virtual reality (VR) revalidatie op het herstel van motorische vaardigheden bij personen met een beroerte in de postacute of chronische fase? Er is gezocht in de online databases PubMed / Medline, The Cochrane Library, PEDro, Academic Search Premier, Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL) en DocOnline. Uit 213 beschikbare artikelen zijn 29 relevante artikelen gevonden. Na systematische screening zijn er 5 RCT's en 3 CT's geschikt bevonden voor deze review. De artikelen zijn beoordeeld op kwaliteit aan de hand van de PEDro-scale. De conclusie van deze review is dat er een duidelijke trend zichtbaar is, dat VR-therapie de motorische vaardigheden bij mensen met een beroerte in de postacute of chronische fase kan verbeteren. Er is echter meer onderzoek van hoge kwaliteit nodig om te kijken naar de invloed van individuele factoren en de effecten van verschillende parameters bij de huidige VR-therapievormen.

Trefwoorden: stroke, rehabilitation, virtual, reality, environment, postacute, post-acute, chronic.

De gevolgen van een beroerte worden steeds duidelijker zichtbaar in onze huidige samenleving. Jaarlijks krijgen 41.000 mensen voor de eerste keer een beroerte [24]. In 2003 werd op basis van huisartsenregistratie het aantal mensen met een beroerte in Nederland geschat op 228.500 mensen [3]. Door een toenemende incidentie in combinatie met een daling van het aantal sterfgevallen door beroerte verwacht men dat tussen 2005 en 2025 het absoluut aantal personen met een beroerte met 43,8% zal stijgen [3,9].

Bij de zorg na een beroerte zijn een groot aantal disciplines betrokken. Als de samenwerking tussen de verschillende disciplines niet goed verloopt dan kan de patiënt geen of verkeerde zorg ontvangen [31,42,50]. Welke zorg een patiënt moet ontvangen is afhankelijk van de mate van beperking en van de fase van herstel waarin de patiënt zich bevindt [31,42]. Met name deze laatste factor wordt steeds belangrijker en er komt meer aandacht voor de gevolgen van een beroerte op lange termijn. Rond de 40% – 65% van de mensen die een beroerte overleven houden er op

Kosten beroerte		
	2003*	2005*
Totale kosten beroerte	€ 1.452,0	€ 1.517,0
Eerstelijns kosten	€ 33,2	€ 43,3
- waarvan Fysiotherapie	€ 23,8	€ 34,6

* Bedragen in miljoen Euro's.

Tabel 1: de kosten van beroerte voor de gezondheidszorg.

langer termijn een functionele beperking aan over [18,31,50]. Niet alleen voor de persoon zelf heeft dit grote gevolgen, maar ook voor de omgeving (privé en werk) kan er behoorlijk wat veranderen [50]. Door de toenemende aandacht voor de lange termijn gevolgen stijgen de kosten voor de gezondheidszorg (zie tabel 1) [3,31,39]. Het zijn vaak de kosten van de revalidatie die, in plaats van de medische noodzaak, beslissend zijn voor de mate van zorg die de patiënt uiteindelijk ontvangt [42].

Fysiotherapie bij beroerte

De revalidatie na een beroerte is gericht op het herstel van functioneren in het dagelijks leven. Het herstel is ingedeeld in een aantal tijdsgebonden fasen (zie tabel 2). Een groot deel van het herstel treedt op in de eerste 3 maanden na ontstaan van de beroerte. Bij een deel van de patiënten treedt er na 6 maanden ook nog enig herstel op. Bij 10-15% is er na 6 maanden nog herstel van armvaardigheid. Bij 20-30% is er na 6 maanden nog herstel van loopvaardigheid [35].

Herstelfasen na een beroerte	
Fase:	Tijd na ontstaan van beroerte:
Acute	1 ^e week
Subacute	2 ^e – 4 ^e week
Postacute	2 ^e – 6 ^e maand
Chronische	Vanaf 6 maanden

Tabel 2: de tijdsgebonden herstelfasen na een beroerte.

Interventie

Tot op heden ontbreekt fundamentele kennis over de aard van de coördinatiestoornissen en de wetmatigheden van het bewegingsgedrag bij mensen met een beroerte [35]. Welke therapeutische interventie(s) het beste kan worden toegepast blijft dan ook onduidelijk [26,35]. Wel zijn er volgens de KNGF-richtlijn Beroerte [35] een aantal algemene eigenschappen waaraan een fysiotherapeutische interventie moet voldoen om de effectiviteit van motorisch leren te vergroten.

- De training moet taakgericht zijn, waarbij de aandacht gericht is op vaardigheden uit het dagelijkse leven (ADL-vaardigheden). Het is van belang om de aangedane lichaamsdelen bij de training te betrekken, omdat dit het gebruik van de lichaamsdelen bij dagelijks werkzaamheden kan stimuleren [18].
- Na de acute fase heeft het de voorkeur om te trainen in een bekende omgeving van de patiënt, bijvoorbeeld bij de patiënt thuis. Door manipulatie van de omgeving of de context waarin de vaardigheid wordt uitgevoerd kan men tevens de moeilijkheid van de oefenstof bepalen.

- De vaardigheid moet worden geoefend met voldoende herhaling. Belangrijk hierbij is dat de natuurlijke variatie die elke beweging heeft behouden wordt (zogenaamde 'repetition-without-repetition').
- Er moet voldoende feedback zijn in de vorm van bijvoorbeeld visuele of auditieve aard. Wanneer en hoe vaak de feedback wordt gegeven is afhankelijk van aard en complexiteit van de handeling en de fase van herstel waarin de patiënt zich bevindt.
- Automatische handelingen, zoals lopen, kunnen beter niet worden opgedeeld in deelhandelingen. Enkel bij handelingen waarbij het resultaat van belang is, zoals aankleden, wordt dit aangeraden.
- Coaching en positieve feedback (of beloning) stimuleren het leerproces aanzienlijk [35] Hierdoor wordt fysiotherapie door de patiënten als zeer waardevol beschouwd. [50]

Intensiteit

Wat voor elke therapeutische interventie geldt is dat de intensiteit van grote invloed is op het herstel [26,35,50]. Indien de intensiteit van de oefentherapie wordt aangepast aan het vermogen van de patiënt, dan kan het herstel sneller en beter verlopen. [26,35] Daarnaast is het ook nog eens dat de kwaliteit van herstel, gemeten als ADL-zelfstandigheid, beter wordt naarmate er intensiever wordt geoefend [35]. Om het behaalde resultaat te behouden is het nodig dat er ook op langer termijn (chronische fase) geoefend blijft worden [26].

Belangrijk hierbij is dat de intensiteit van één therapiesessie voor het grootste deel bepaald wordt door het 'kunnen' van de patiënt. Na een beroerte is er veelal sprake van verminderde aandacht en snel optredende fysieke en/of cognitieve moeheid. Bij voorkeur bestaat de therapie uit meerdere, korte sessies per dag.

De gemiddelde tijd die een patiënt aan therapie krijgt bedraagt zo'n 6% van een werkdag. Omgerekend is dit ongeveer 29 minuten per dag, er van uitgaand dat iemand elke dag therapie krijgt [35]. Verdubbeling van de intensiteit leidt tot toename van functioneel herstel, met name van de onderste extremiteit (ongeveer 1 punt op de Barthel Index) [35,50].

Omgeving

Een patiënt wordt steeds sneller ontslagen uit een ziekenhuis of revalidatiecentrum om in z'n eigen omgeving met de hulp van eerstelijns therapeuten te revalideren. Helaas gebeurt dit niet altijd met het oog op de 'zorg op maat', maar zijn het de kosten van de zorg die vaak beslissend zijn. Voor het herstel is het echter niet nadelig om iemand in z'n eigen omgeving te laten revalideren. Het is een vertrouwde omgeving waarin functioneel kan worden geoefend. Bovendien leidt vroeg ontslag niet tot vermindering van de kwaliteit van leven van de patiënt en het is vaak goedkoper als je kijkt naar de kosten van de verzorging [35,47]. Het grootste nadeel dat aan vroeg ontslag verbonden is, is dat de contacttijd met de therapeut minder wordt. Vaak heeft dit tot gevolg dat de intensiteit van de therapie achteruit gaat.

Dilemma

De intensiteit van de therapie, de omgeving waarin de therapie plaatsvindt en de kosten van de therapie vormen in een latere fase van herstel een dilemma. Virtual reality revalidatie is mogelijk een uitstekende oplossing voor dit dilemma. De patiënt kan oefenen in een vertrouwde omgeving en met het gebruik van virtual reality kan er in diverse (virtuele) situaties functioneel worden geoefend. De patiënt wordt middels feedback begeleid door een computer. Door deze zelfstandigheid kan de patiënt ook vaker oefenen en kan de therapeut, aan de hand van de feedback, inzicht houden over het herstel van de patiënt.

Virtual reality

Het gebruik van computers, en specifiek virtual reality, is relatief nieuw in de revalidatie. Voorheen waren er grote en dure installaties nodig om VR functioneel toe te kunnen toepassen. Hierdoor was VR weinig efficiënt en daarmee minder geschikt als ondersteuning voor revalidatie. De laatste (tiental) jaren heeft de ontwikkeling in computertechnologie sprongen vooruit gemaakt. Er is nu veel meer mogelijk om complexere handelingen te ondersteunen zoals het creëren van een realistische virtuele omgeving. Tevens zijn de kosten van deze technologie aanzienlijk gedaald. Hierdoor wordt het steeds interessanter om te kijken of computers ondersteuning kunnen bieden bij revalidatie in het algemeen en specifiek bij therapeutische interventies bij mensen met een beroerte.

Op dit moment is er relatief weinig onderzoek gedaan naar de toepassing van VR in de revalidatie. Een aantal interventies zijn effectief gebleken bij het herstel van motorisch functioneren bij mensen met een beroerte [35]. Mogelijk kunnen deze interventies middels VR zelfstandig en in een vertrouwde omgeving door de patiënt worden toegepast. De interventies zijn trainen van rompbalans middels force plate¹ en visuele feedback, trainen van loopvaardigheid middels loopbandtraining (met/zonder gewichtsondersteuning), visuele feedback of externe auditieve ritmen, Constraint-Induced Movement Therapy (CIMT) en spiegeltherapie.

Het doel van deze review is om te kijken of virtual reality een effectief revalidatiemiddel is bij mensen met een beroerte na de (sub)acute fase. Met virtual reality wordt bedoeld dat de therapie bestaat uit oefeningen die worden uitgevoerd in een door de computer gesimuleerde omgeving, waarbij de computer de patiënt en/of therapeut van feedback voorziet. Hiervoor wordt de volgende vraag gesteld: *Wat is het effect van virtual reality revalidatie op het herstel van motorische vaardigheden bij personen met een beroerte in de postacute of chronische fase?*

¹ * Een plaat die aan de hand van druk onder andere coördinatie, proprioceptie, kracht, vermogen en links-rechts verschillen kan meten.

Methode

Bronnen

Voor het zoeken van artikelen is gebruik gemaakt van de volgende online databases: PubMed / Medline, The Cochrane Library, PEDro, Academic Search Premier, Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL), DocOnline en de elektronische catalogi van de Universiteitsbibliotheek Vrij Universiteit en de Universiteitsbibliotheek Utrecht.

Zoekstrategie

De zoekstrategie die gebruikt is voor deze review bestond uit het doorzoeken van de genoemde online databases. Er is op de volgende termen gezocht:

stroke, rehabilitation, virtual in combinatie met *reality of environment* al dan niet met *chronic, postacute* of *post-acute*

Verder is er gebruik gemaakt van de bronvermelding van relevante (systematische) reviews, randomized controlled trials (RCT), (controlled) clinical trials ((C)CT) en case studies (CS). Hieruit kunnen veelal relevante artikelen worden gehaald die mogelijk niet worden gevonden in de online databases en elektronische catalogi [20,45]. Bij het opstellen van de inclusie- en exclusiecriteria is gebruik gemaakt van de richtlijnen voor het maken van systematische reviews door Van Tulder et al [45].

De volgende inclusiecriteria zijn gebruikt bij de selectie van de artikelen:

- Het onderzoek moet worden uitgevoerd als Randomized Controlled Trial (RCT), Controlled Clinical Trial (CCT) of Clinical Trial (CT).
- De interventiegroep moet bestaan uit mensen in de postacute of chronische fase na een beroerte.
- De interventie moet worden beschreven waarbij ten minste moet worden vermeld:
 - welke apparatuur is gebruikt;
 - welke oefeningen zijn gedaan;
 - welke oefenparameters (duur, weerstand, herhalingen etc.) zijn gebruikt;
 - uit hoeveel oefensessies de interventie bestond.
- De interventie moet bestaan uit het oefenen van motorische vaardigheden in een virtuele omgeving.
- De meetinstrumenten moeten worden beschreven.
- De uitkomst met de betreffende waarden moet worden beschreven.

Bij voorkeur in combinatie met de optionele inclusiecriteria:

- Er is gebruik gemaakt van een controlegroep.
- De controlegroep en interventiegroep komen overeen wat betreft gemiddelde leeftijd en geslacht.
- De controle-interventie bestaat uit conventionele therapie.

Het exclusie criterium dat is gebruikt is:

- Het artikel moet kosteloos te verkrijgen zijn via de catalogi van de Hogeschool Utrecht, de Universiteitsbibliotheek Vrij Universiteit of de Universiteitsbibliotheek Utrecht.

Verder zijn er geen restricties gehandhaafd op basis van taal of datum van publicatie. De interne validiteit² van de artikelen is beoordeeld aan de hand van de PEDro-scale [33]. De beoordeling dient als sensitiviteitsanalyse van de uitkomsten [20]. Een gedetailleerde beschrijving van de gebruikte zoekstrategie is op te vragen bij de auteur van dit artikel.

² Interne validiteit is gedefinieerd als het vertrouwen in het ontwerp, uitvoering, analyse en presentatie van een onderzoek zodat er minimale kans is op systematische fouten in de vergelijking van de interventies. [33]

Resultaten

In totaal zijn met de beschreven zoekmethode 213 artikelen gevonden (zie tabel 3). Hieruit zijn alle relevante onderzoeken geselecteerd (review, RCT, CCT, CT of CS). Van 29 onderzoeken zijn de referenties gebruikt om te zoeken naar mogelijkerwijs gemiste, relevante literatuur (zie tabel 4). Na screening van de volledige tekst zijn er 8 onderzoeken geïnccludeerd, waarvan 5 RCT's [7,23,25,48,49] en 3 CT's [30,37,38]. Er zijn 6 artikelen niet als volledige tekst gescreend [2,8,10,21,32,40] en was beoordeling aan de hand van titel of abstract niet mogelijk. De volledige artikelen waren niet kosteloos te verkrijgen via de genoemde bronnen.

Zoekresultaten		Relevante onderzoeken	
Datase:	Aantal artikelen:	Type onderzoek:	Aantal artikelen:
PubMed / Medline	78 ^a	Review	5 [11,13,17,19,41]
Cochrane Library	20 ^β	Randomized Controlled Trial	7 [7,15,23,25,28,48,49]
PEDro	3 ^γ	(Controlled) Clinical Trial	8 [1,14,30,36,37,38,43,46]
Academic Search Premier	54	(Single) Case Study	9 [4,5,6,12,16,22,27,29, 44]
CINAHL	53		
DocOnline	5		
a waarvan 12 reviews			
β 5 reviews, 15 clinical trials.			
γ 2 systematic reviews, 1 clinical trial			

Tabel 4: de onderzoeken waarvan de referenties gebruikt zijn om mogelijkerwijs gemiste literatuur te zoeken.

Tabel 3: de zoekresultaten per database.

De 8 artikelen zijn beoordeeld aan de hand van de PEDro-scale (zie tabel 5; scorebereik: 6-10 = hoge score, 4-5 = redelijke score, ≤3 = lage score). De CT's zijn ter vergelijking meegenomen in de beoordeling, maar niet gescoord. Aan de hand van de score kon het bewijsniveau ofwel het 'level of evidence' van de uitkomsten worden bepaald (zie tabel 6).

Beoordeling								
	Yavuzer [49]	Yang [48]	Jang [25]	Broeren [7]	Jaffe [23]	Piron (2005) [36]	Merians [30]	Piron (2004) [37]
Type onderzoek:	RCT	RCT	RCT	RCT	RCT	CT	CT	CT
1 Eligibility criteria were specified.†	y	y	y	y	y	y	y	y
2 Subjects were randomly allocated to groups.	y	y	y	y	y	n	n	n
3 Allocation was concealed.	y	y	y	n	n	n	n	n
4 The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators.	y	y	y	n	y	n	n	n
5 There was blinding of all subjects.	n	n	n	n	n	n	n	n
6 There was blinding of all therapists who administered the therapy.	n	n	n	n	n	n	n	n
7 There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome.	y	y	n	y	n	y	n	y
8 Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups.	y	n	y	y	y	y	y	y
9 All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat".	n	n	n	n	n	n	n	n
10 The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome.	y	y	y	n	n	n	n	n
11 The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome.	y	y	y	y	n	y	y	y
Behaalde punten (maximaal 10)	7	6	6	4	3	-	-	-

† Criterium 1 wordt niet meegenomen in de score.

Toewijzen van de punten: ja (y) = 1 punt, niet vermeld of nee (n) = 0 punten.

Tabel 5: de beoordeling van de artikelen aan de hand van de PEDro scale.

Beschrijving onderzoeken

In tabel 8 staat een overzicht van de resultaten. Er zijn een aantal belangrijke verschillen op te merken. Gemiddeld duurde elke interventie ruim 3 weken (3.4 ± 0.9) en werd er 5 keer (4.9 ± 1.4) per week geoefend. De gemiddelde duur per sessie bedroeg 57 minuten (56.9 ± 29.9). Het grootste verschil is te zien bij de gemiddelde duur per sessie waarbij minimaal 20 [48] en maximaal 120 tot 150 [30] minuten werd geoefend. De gemiddelde groepsomvang van de RCT's bedroeg ongeveer 9 personen (interventiegroep 9.4 ± 2.5 ; controlegroep 9.0 ± 2.3). Bij 4 RCT's [23,25,48,49] zijn de groepen gelijk wat betreft de belangrijkste eigenschappen. In één artikel [7] wordt niet vermeld of de controlegroep vergelijkbaar was met de interventiegroep. De CT's [30,37,38] hebben geen gebruik gemaakt van een controlegroep. Verder was er een groot verschil in het aantal personen in de interventiegroep. De kleinste groep bestond uit 5 personen [30] en grootste uit 45 personen [38].

De vormgeving van de oefentherapie verschilde op het gebied van interactie tussen de patiënt en de virtuele omgeving (immersive/non-immersive)³, uit welke oefeningen de therapie bestond, met welke lichaamsdelen geoefend werd en welke vorm van feedback gegeven werd. Jang et al. [25] hebben gebruik gemaakt van een projector waarmee de patiënt in een virtuele wereld op een scherm werd geprojecteerd (non-immersive). Door gebruik van speciale handschoenen kon de patiënt diverse spelletjes spelen, waarbij het gehele lichaam werd gebruikt. Feedback werd gegeven aan de hand van computerdata op basis van bewegingen van de patiënt. Met behulp van de data kon de therapeut aanwijzingen geven aan de patiënt over de kwaliteit van bewegen. Gedurende de interventie werd de hoeveelheid feedback die de therapeut gaf geleidelijk afgebouwd. In totaal waren er 10 deelnemers, verdeeld over 5 deelnemers in de interventiegroep en 5 deelnemers in de controlegroep. De controlegroep heeft geen therapie ontvangen. Een vergelijkbare therapie is toegepast door Yavuzer et al [49] waarbij gebruik is gemaakt van de Playstation EyeToy. Door middel van een camera werd de patiënt in een virtuele wereld geplaatst welke zichtbaar was op een televisiescherm (non-immersive). Middels het spelen van spelletjes werd de bovenste extremiteit getraind en werd tevens visuele feedback gegeven. De interventie- en de controlegroep bestonden elk uit 10 deelnemers. De controletherapie bestond uit het kijken naar soortgelijke spelletjes als in de interventiegroep (gebaseerd op het principe van mentaal oefenen van vaardigheden, ook wel 'mental practice'). Broeren et al [7] gebruikten een VR-bril waardoor het leek alsof de virtuele objecten voor de patiënt op tafel lagen (immersive). Als therapie deden de patiënten verschillende reik- en grijpoefeningen. Er werd niet genoemd welke vorm van feedback is gegeven. Beide groepen in het onderzoek bestonden uit 11 deelnemers. De controlegroep ontving geen therapie. De twee onderzoeken van Piron et al [37,38] lijken sterk op elkaar, omdat ze op hetzelfde principe zijn gebaseerd. Een magnetische ontvanger werd op een echt voorwerp geplaatst en via een sensor op het beeldscherm afgebeeld. Door het bewegen van het echte voorwerp kon men een virtuele handeling nabootsen, zoals het posten van een brief of een bal in een basket doen (non-immersive). De feedback werd visueel gegeven door zowel het uitgevoerde traject van bewegen weer te geven als het ideale traject van bewegen. Bij één onderzoek [37] vond de therapie thuis plaats, waarbij de therapeut op afstand begeleiding gaf. Daarbij zaten er 5 deelnemers in de interventiegroep. In het andere onderzoek [38] deden er 45 deelnemers mee. Beiden onderzoeken [37,38] maakte geen gebruik van een controlegroep. Merians et al [30] gebruikten een handschoen waarmee een hand op een beeldscherm werd geprojecteerd (non-immersive). Door het bewegen van de hand in de handschoen kon de patiënt spelletjes spelen. Het beeld gaf visuele feedback en de handschoen gaf haptische (tastzin) feedback, waardoor de patiënt het gevoel kreeg een echt voorwerp te 'voelen'. De interventiegroep bestond uit 8 deelnemers. Er was geen controlegroep.

Voor het trainen van de onderste extremiteit gebruikten Yang et al [48] een loopband waar een virtuele wereld om heen werd geprojecteerd (non-immersive). Tijdens het lopen werd de intensiteit bepaald door parameters als snelheid, helling en hoogte van te passeren virtuele obstakels. Er werd niet vermeld welke vorm van feedback is gegeven gedurende de therapie. De interventie- en controlegroep telde respectievelijk 11 en 9 deelnemers. Bij de controletherapie moesten de deelnemers op een loopband (denkbeeldige) obstakels passeren. Jaffe et al [23] gebruikten een loopband in combinatie met een VR-bril om de onderste extremiteit te trainen (immersive). De patiënt zag middels de VR-bril een zijaanzicht van zichzelf. Tijdens het lopen op de loopband moesten de deelnemers obstakels van verschillende hoogtes passeren. De feedback bestond uit visuele informatie door de VR-bril, auditieve informatie en zogenaamde vibrotactiele informatie. Deze laatste vorm van feedback werd verkregen door een speciale zool die onder het schoeisel van de patiënt werd geplaatst. Als de patiënt een virtueel obstakel 'aanraakte', dan voelde de patiënt de tenen of de hiel trillen. Zowel de interventie- als de controlegroep bestond uit 10 deelnemers. De controlegroep moest als therapie door een gang lopen en over echte objecten heen stappen.

Level of evidence	
Level of evidence:	Omschrijving:
1a (sterk)	Een goed ontworpen meta-analyse, of 2 of meer RCT's van hoge kwaliteit (PEDro ≥ 6) met soortgelijke resultaten.
1b (redelijk)	1 RCT van hoge kwaliteit (PEDro ≥ 6).
2a (beperkt)	Minimaal één RCT van redelijke kwaliteit (PEDro = 4-5).
2b (beperkt)	Minimaal één RCT van lage kwaliteit (PEDro ≤ 3) of goed vormgegeven CT's.
3 (consensus)	Overeenkomst door een groep van experts of een aantal 'pre-post' onderzoeken met soortgelijke resultaten.
4 (tegenstrijdig)	Tegenstrijdig bewijs van 2 of meer onderzoeken met een soortgelijke vormgeving.
5 (geen)	Geen goed vormgegeven onderzoeken – enkel case studies / case descriptions, of cohort studies / single subject series zonder multiple baselines.

Tabel 6: de level of evidence op basis van de PEDro score.

³ Bij 'immersive' VR wordt gebruik gemaakt van een VR-bril. Deze zorgt ervoor dat bewegingen van het hoofd worden vertaald naar bewegingen van het aanzicht in de virtuele omgeving. Bij 'non-immersive' VR blijft de gebruiker meer een toeschouwer, veelal van een (beeld)scherm waarop de virtuele omgeving is te zien.

Vanwege het gebruik van verschillende meetinstrumenten is het vergelijken van de uitkomstwaarden moeilijk. Door de uitkomsten in te delen naar de mate van herstel op het gebied van functie, activiteit en participatie⁴, werd het wel mogelijk om bepaalde uitkomsten met elkaar te vergelijken (zie tabel 6).

ICF-indeling meetinstrumenten			Functionieniveau
ICF-indeling:	Vragenlijst:	Meetinstrument: Test:	Het herstel op functionieniveau na een beroerte volgt een vast patroon. Aan de hand van Brunnstrom Test kan men vaststellen in welke fase van herstel iemand zich bevindt. Yavuzer et al vonden geen significante verbetering bij zowel de hand als de bovenste extremiteit (UE). Wel was er een trend zichtbaar bij zowel de interventie- als de controlegroep. De scores van de interventiegroep voor de hand en bovenste extremiteit verbeterden met respectievelijk 0.9 punten (1.9±1.2 pretest/2.8±1.8 posttest) en 0.7 punten (2.3±1.3 pretest/3.0±1.5 posttest). De scores van de controlegroep verbeterde met 0.1 punten voor de hand (2.7±0.9 pretest/2.8±1.0 posttest) en 0.1 punten voor de bovenste extremiteit (2.7±0.8 pretest/2.8±0.9 posttest). De interventiegroep is ten opzichte van de controlegroep significant verbeterd bij zowel de Brunnstrom Hand (p=0.009) als UE (p=0.012). De Fugl-Meyer Assessment (FMA) scoort ook het algehele motorisch functioneren, alsmede aspecten als balans, sensibeleit, gewrichtsbewegelijkheid en gewrichtspijn. Jang et al vonden middels de FMA (scorebereik 0-100) een significante verbetering bij de interventiegroep van 7 punten (51.0±3.2 pretest/58.0±2.8 posttest). De controlegroep liet een trend
Functie		Brunnstrom Test FMA(-UE) KP KRG UET	
Activiteit	ABC ABILHAND	6-min Walk Test BBT Balance Test FIM(-self care) JTHF MFT Obstacle Test TMT-B Walking Test CWT	
Participatie	WAQ		

Tabel 6: de indeling van meetinstrumenten volgens ICF.

zien van een verbetering van 2.4 punten (52.6±2.0 pretest/55.0±1.7 posttest). De interventiegroep liet een significante ($p<.05$) verbetering zien ten opzichte van de controlegroep. Piron et al gebruikten bij beide onderzoeken een aangepaste versie voor de bovenste extremiteit (FMA-UE; scorebereik 0-66). In het eerste onderzoek [37] was er sprake van een significante verbetering van 5.4 punten (51.2±8.2 pretest/56.6±7.9 posttest). Bij het andere onderzoek [38] verbeterde de score significant met 6.5 punten (44.2±11.3 pretest/50.7±10.5 posttest). In drie onderzoeken waarbij de handvaardigheid werd getraind [7,37,38] zag men een verbetering bij het uitvoeren van oefeningen in de tijd en de snelheid. Bij Broeren et al verbeterde de algehele tijd en tijd per oefening significant met respectievelijk 44.97 seconden (109.81±77.32 pretest/64.84±34.06 posttest) en 1.4 seconden (3.14±2.81 pretest/1.74±1.02 posttest). De controlegroep in het onderzoek van Broeren et al toonde geen significante verbeteringen. Piron en al (2004) vonden een significante verbetering van 1.2 seconden in tijd (6.0±1.6 pretest/4.8±1.7 posttest) en 3.1 m/s in snelheid (10.4±2.2 pretest/13.5±3.9 posttest). In het onderzoek van Piron et al (2005) verbeterde de tijd en snelheid significante respectievelijk met 0.6 seconden (3.4±0.6 pretest/2.8±0.8 posttest) en 3.5 m/s (15.0±2.4 pretest/18.5±2.5 posttest). Met de Kinematic Reach and Grasp Test (KRG) worden een aantal verschillende functies van de hand onderzocht. Merians et al vonden een significante verbetering van 2.94 graden (5.16±2.9 pretest/8.1±4.0 posttest) bij de individuele vingerbewegelijkheid, 4.4 graden (22.3±10.8 pretest/26.7±10.8 posttest) bij de bewegingsuitslag (ROM) en 10.3 graden/seconden (104.7±54.4 pretest/115.0±59.8 posttest) bij de snelheid van bewegen.

Activiteitenniveau

Er zijn twee verschillende vragenlijsten gebruikt om het activiteitenniveau te beoordelen. De ABILHAND beoordeeld 23 vaardigheden waarbij beide handen zijn betrokken. Broeren et al hebben met de ABILHAND geen significante verbetering gevonden bij zowel de interventie- als controlegroep. De Activities-specific and Balance Confidence Scale meet de psychologische invloed van balansproblemen of vallen (ABC; scorebereik 0-100). Yang et al vonden een significante verbetering bij de interventiegroep van 8.86 punten (78.52±12.39 pretest/87.38±6.81 posttest). Bij de controlegroep was geen significante verbetering zichtbaar.

De vaardigheid van de onderste extremiteit is door Jaffe et al middels de Balance Test, Walking Test, Obstacle Test en de 6-minute-walk Test beoordeeld. De Walking Test liet significante verbeteringen van de interventiegroep zien op de maximale loopsnelheid (27%; geen pre-/posttestwaardes genoemd) en de schredelengte tijdens maximale snelheid (8%; geen pre-/posttestwaardes genoemd). Verder was er een trend te zien in alle gemeten uitkomsten (o.a. loopsnelheid, schredelengte, afgelegde afstand, obstakelhoogte en paslengtes). Zowel de interventiegroep als de controlegroep lieten een verbetering zien, met uitzondering van de controlegroep met de paslengte van het niet-paretisch been. Bij 7 van de 10 vaardigheden was er sprake van een grotere verbetering bij de interventiegroep. Bij het onderzoek van Yang et al verbeterde de loopsnelheid (scorebereik in meters per seconde) enkel bij de interventiegroep significant met 0.16 (0.69±0.30 pretest/0.85±0.31 posttest). Het verschil in loopsnelheid tussen de interventie- en controlegroep was significant ($p=0.03$).

De Functional Independence Measure meet de mate van motorische en cognitieve beperking tijdens dagelijkse handelingen (FIM; scorebereik 18-126). Piron et al (2005) vonden een significante verbetering van 7.1 punten (111.5±16.1 pretest/118.6±9.4 posttest). In Piron et al (2004) was er een trend zichtbaar van 2.8 punten verbetering (110.4±22.2 pretest/113.2±22.8 posttest). Yavuzer et al gebruikte een aangepaste versie van de FIM (FIM-self care; scorebereik 6-42). Bij de interventiegroep was een grotere significante verbetering (3.4 punten; 17.0±7.8 pretest/20.4±7.4 posttest) zichtbaar dan bij de controlegroep (0.8 punten; 18.9±5.0 pretest/19.7±5.3 posttest). Het verschil tussen de interventie- en controlegroep was zowel pre/posttest ($p=0.01$) als posttest/follow-up ($p=0.018$) significant. De Manual Function Test (MFT; scorebereik 0-32) beoordeeld de beperking van de motorfunctie van de bovenste extremiteit. Jang et al zagen een significante verbetering van 2.6 punten (19.8±1.8 pretest/22.4±1.9

⁴ Indeling volgens International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF).

posttest) bij de interventiegroep, terwijl er bij de controlegroep geen significante verbeteringen was. De verbetering van de interventiegroep was significant ($p < .05$) ten opzichte van de controlegroep.

De Block and Box Test (BBT; scorebereik in aantal verplaatste blokjes in 60 seconden) werd door twee onderzoeken gebruikt om de grove handvaardigheid te beoordelen [7,25]. Jang et al hebben bij de interventiegroep een significante verbetering gemeten van 4 punten (26.0 ± 3.0 pretest/ 30.0 ± 3.6 posttest) terwijl de controlegroep een niet-significante achteruitgang van 1.6 punten (21.6 ± 4.4 pretest/ 20.0 ± 3.6 posttest) had. Het verschil tussen beide groepen was met $p < .05$ significant. Broeren et al zagen bij de interventie- en controlegroep een trend in de vooruitgang van respectievelijk 2.8 punten (37.5 ± 14.6 pretest/ 40.3 ± 16.5 posttest) en 0.4 punten (40.2 ± 17.2 pretest/ 40.6 ± 16.0 posttest). De Trail Making Test part B (TMT-B; scorebereik in seconden) test naast cognitieve functies onder andere de motorische snelheid van de bovenste extremiteit. Broeren et al vonden tevens een trend bij zowel de interventie als de controlegroep. Daarbij werd onderscheid gemaakt in leeftijd. De interventiegroep van < 65 jaar verbeterde met 128 seconden (332 pretest/204 posttest) en ≥ 65 jaar verbeterde met 41 seconden (198 pretest/157 posttest). De controlegroep verbeterde voor de groepen van < 65 en ≥ 65 jaar met respectievelijk 22 seconden (145 pretest/123 posttest) en 14 seconden (168 pretest/154 posttest). De vaardigheid van de bovenste extremiteit bij functionele taken werd door Merians et al gemeten middels de Jebsen Test of Hand Function (JTHF; score in seconden). Ze vonden een significante verbetering van 31.3 punten (210.0 ± 58.1 pretest/ 178.7 ± 45.1 posttest).

Participatieniveau

De Walking Ability Questionnaire (WAQ; scorebereik 0-76) meet de sociale beperking van een patiënt door een verminderde loopvaardigheid. Yang et al vonden pre-posttest bij de interventiegroep een significante verbetering. De interventiegroep verbeterde met 3.44 punten (54.91 ± 8.73 pretest/ 58.36 ± 9.25 posttest). De controlegroep verbeterde pre-posttest niet-significant met 1 punt (57.67 ± 12.29 pretest/ 58.67 ± 12.81 posttest). De interventiegroep verbeterde pre/posttest significant ($p = 0.04$) meer dan de controlegroep. In hetzelfde onderzoek wordt de Community Walk Test (CWT; scorebereik uitgedrukt in minuten) afgenomen. De deelnemers moeten een traject van 400 meter over straat afleggen, waarbij ze de straat moeten oversteken, de stoeprand af en op moeten stappen en over een obstakel heen moeten stappen. De interventiegroep verbeterde significant met 6.14 minuten (23.12 ± 19.15 pretest/ 16.98 ± 18.39 posttest) meer dan de controlegroep met significant 1.88 minuten (22.50 ± 26.04 pretest/ 20.62 ± 24.66 posttest). Er was sprake van een significant ($p = 0.04$) verschil tussen beide groepen bij de CWT. Yang et al hebben na 1 maand follow-up opnieuw de WAQ en de CWT afgenomen. De follow-upwaardes werden vergeleken met de pretestwaardes en beide groepen lieten verbetering zien in de follow-upperiode. De interventiegroep verbeterde significant bij de WAQ en de CWT van respectievelijk 4.09 punten (54.91 ± 8.73 pretest/ 59.00 ± 8.83 follow-up) en 7.36 minuten (23.12 ± 19.15 pretest/ 15.76 ± 19.25 follow-up). De controlegroep verbeterde significant bij de WAQ met 1.33 punten (57.67 ± 12.29 pretest/ 59.00 ± 12.80 follow-up) en bij de CWT met 1.11 minuten (22.50 ± 26.04 pretest/ 19.95 ± 23.61 follow-up). Bij zowel de WAQ als de CWT was het verschil tussen de interventie- en controlegroep significant (respectievelijk $p = 0.03$ en $p = 0.06$).

Samenvatting

Gehele lichaam:

Het herstel van de algehele motoriek (FMA) lijkt door VR-therapie verbeterd te worden. Ook is er een grotere mate van herstel te zien bij VR-therapie, dan als iemand geen therapie ontvangt. Het niveau van zelfverzorging (FIM-self care) verbetert meer wanneer VR-therapie wordt toegepast, dan als mensen oefenen op basis van 'mental practice'. De psychologische invloed van balansproblemen en vallen verbetert, evenals in mindere mate, de algehele lichaamsbalans. Er is geen verbetering te zien in het totale niveau van functioneren (FIM) na VR-therapie.

Armfunctie:

Het algeheel motorisch functioneren van de arm (MFT, BBT) zijn met VR-therapie meer verbeterd dan wanneer een patiënt geen therapie ontvangt. Er is een trend zichtbaar dat het algeheel motorisch herstel van de arm (Brunnstrom-UE) bij VR-therapie meer verbeterd dan bij het oefenen op basis van 'mental practice'. Reiken (KRG) of de bewegingssnelheid van de arm (KP) verbeteren met VR-therapie niet.

Handfunctie:

De algehele motorische vaardigheden van de hand (MFT, BBT) verbeteren met VR-therapie meer dan wanneer er geen therapie wordt gegeven. De bewegingssnelheid (KP) lijkt met VR-therapie te verbeteren. Er is een trend te zien dat het algeheel motorisch herstel van de hand (Brunnstrom-hand) en de handfuncties (TMT-B) onder invloed van VR-therapie meer verbeteren dan bij respectievelijk 'mental practice' of geen therapie. De manuele handvaardigheid (ABILHAND) lijkt niet te verbeteren bij VR-therapie, terwijl er een trend te zien is bij de verbetering van de hand- en vingerfuncties (JTHF).

Loopvaardigheid:

De algehele loopvaardigheid op straat (CWT) verbeterd meer met VR-therapie dan bij conventionele therapie. Ook de loopvaardigheid in het dagelijks leven (WAQ) verbeterd, maar er lijkt geen verschil te zijn tussen VR- en conventionele therapie. De loopsnelheid en de paslengte (Walking Test) verbeteren bij zowel VR-therapie als conventionele therapie. Er is een trend te zien dat VR- en conventionele therapie de maximale loopafstand (6-Minute Walk Test) en het vermogen om over obstakels heen te stappen (Obstacle Test) verbeteren.

Interventietherapie vs. controletherapie:

Bij de vergelijking van VR-therapie met controletherapie lijkt het dat VR-therapie meerwaarde heeft ten opzichte van geen therapie. Verder heeft VR-therapie mogelijk enige meerwaarde ten opzicht van conventionele therapie en 'mental practice'-therapie.

Artikel	Interventie-groep †	Controlegroep †	Duur interventie‡	Interventie therapie	Controletherapie	Meetinstrument (scorebereik)	Voornaamste resultaten ¥	
							Interventiegroep	Controlegroep
Gehele lichaam								
Jang et al. (2005)	5 59.8±3.4 13.8±3.6	5 54.4±5.3 13.4±2.2	4 weken 5 sessies 60 minuten	Spelen van spelletjes waarbij het gehele lichaam op een scherm werd geprojecteerd, optioneel met hand-/polsgewichten.	Geen therapie.	BBT (blokken/60 s) FMA (0-100) MFT (0-32) MRI	↑ 4 punten ↑ 7 punten ↑ 2.6 punten	(↓ 1.6 punten) (↑ 2.3 punten) ↔
							↑ activatie ipsilaesionale primaire sensomotorische cortex	
Bovenste extremiteit								
Yavuzer et al. (2008)	10 58±10.2 3.3±3.3	10 64±5.8 4.6±1.3	4 weken 5 sessies 30 minuten	Schouder-elleboog-pols oefeningen met Playstation EyeToy en daarnaast conventionele therapie.	Kijken naar spelletjes (op basis van het principe 'mental practice')	Brunnstrom-hand (1-6) Brunnstrom-UE (1-6) FIM-self care (6-42)	(↑ 0.9 punten) (↑ 0.7 punten) ↑ 3.4 punten	(↑ 0.1 punten) (↑ 0.1 punten) ↑ 0.8 punten
Broeren et al. (2008)	11 67.0±12.5 62.3±28.4	11 68±12.5 72.0±35.9	4 weken 3 sessies 45 minuten	Schouder-elleboog-pols oefeningen middels spelletjes met VR-bril waarbij een 3D-beeld op een tafel voor de patiënt wordt geprojecteerd.	Geen therapie.	BBT (blokken/60 s) ABILHAND TMT-B <65 / ≥65 (s) UET-tijd (s) UET-snelheid (m/s)	(↑ 2.8 punten) ↔ (↑ 128 s) / (↑ 41 s) ↑ 44.97 seconden (↑ 0.01 m/s)	(↑ 0.4 punten) ↔ (↑ 22 s) / (↑ 14 s) (↑ 9.88 seconden) (↑ 0.02 m/s)
Piron et al. (2005)	45 58.4±11.7 20.3±17.6	-	4 weken 5 sessies 60 minuten	Uitvoeren van virtuele ADL-handelingen met een niet-virtueel voorwerp. Het voorwerp, de hand en de handeling worden op een scherm geprojecteerd.	-	FMA-UE (0-66) FIM (18-126) KP-tijd (s) KP-snelheid (m/s)	↑ 6.5 punten ↑ 7.1 punten ↑ 0.6 seconden ↑ 3.5 m/s	
Merians et al. (2006)	8 64.3±10.7 30.2±13.1	-	2 weken 7 sessies 120-150 minuten	Handoefeningen in spelvorm met een handschoen, waarmee een virtuele hand wordt geprojecteerd op een beeldscherm.	-	JTHF (s) KRGT-indiv.bew. (°) KRGT-ROM (°) KRGT-snelheid (°/s)	↑ 31.3 seconden ↑ 2.94 graden ↑ 4.4 graden ↑ 10.3 °/s	
Piron et al. (2004)	5 53.3±15.4 12.8±1.9	-	4 weken 5 sessies 60 minuten	Uitvoeren van virtuele ADL-handelingen waarbij een voorbeeld bewegingspatroon zichtbaar is . De therapeut kan de handeling op afstand voordoen.	-	FMA-UE (0-66) FIM KP-tijd (s) KP-snelheid (m/s)	↑ 5.4 punten (↑ 2.8 punten) ↑ 1.2 seconden ↑ 3.1 m/s	
Onderste extremiteit								
Yang et al. (2008)	11 60.9±9.3 73.2±123.6	9 55.5±12.2 70.8±50.4	3 weken 3 sessies 20 minuten	Lopen op een loopband gekoppeld met een scherm en VR-omgeving waar obstakels worden geprojecteerd.	Lopen op loopband waarbij de patiënt denkbeeldige obstakels moest passeren.	Loopsnelheid CWT WAQ ABC (0-100)	↑ 0.16 m/s ↑ 6.14 minuten ↑ 3.44 punten ↑ 8.86 punten	↔ ↑ 1.88 minuten (↑ 1 punten) ↔
Jaffe et al. (2004)	10 58.1±11.2 3.9±2.3	10 62.2±8.3 3.6±2.6	2 weken 6 sessies 60 minuten	Lopen op een loopband met VR-bril waarbij men over virtuele obstakels heen moest stappen. Hierbij zag men een zijaanzicht van zichzelf.	Lopen in een gang waarbij men over echte objecten heen moet stappen	Balance test Walking test Obstacle test 6-minute Walk test	↑ 27% loopsnelheid ↑ 8% schredelengte (↑ afgelegde afstand) (↑ obstakelhoogte) (↑ paslengte)	(↑ loopsnelheid) (↑ schredelengte) (↑ afgelegde afstand) (↑ obstakelhoogte) (↑ paslengte)
† Aantal personen; leeftijd (gemiddeld aantal jaren ± standaarddeviatie); tijd na beroerte (gemiddeld aantal maanden ± standaarddeviatie).								
‡ Totaal aantal weken; aantal sessies per week; duur per sessie.								
¥ ↑ verbetering, ↓ verslechtering, ↔ geen verandering ; significantie p≤0.05; waardes tussen haakjes () niet significant, tekst in rood significant (p≤0.05) verschil tussen beide groepen.								
ABC = Activities-specific Balance Confidence; ABILHAND = vragelijst; Brunnsrtrom-UE = Brunnstrom Upper Extremity; BBT = Box and Block Test; CWT = Community Walk Test [48];								
FMA(-UE) = Fugl-Meyer Assessment (-Upper Extremity); FIM = Functional Independence Measure; FIM self-care = aangepaste versie FIM (enkel self-care sub items gescoord); JTHF = Jebsen Test of Hand Functioning;								
KP-tijd/-snelheid = Kinematic Parameters - gemiddelde snelheid (cm/s) / - gemiddelde duur van beweging (s); KRGT-indiv.bew./-ROM/-snelheid = Kinematic Reach and Grasp Test – individuele bewegelijkheid van de vingers / -bewegingsuitslag / -snelheid van bewging [30]; MFT = Manual Function Test [34]; MRI = Magnetic Resonance Imaging; ROM = range of motion; TMT-B = Trail Making Test part B;								
UET = Upper Extremity Test [5]; WAQ = Walking Ability Questionnaire.								

† Aantal personen; leeftijd (gemiddeld aantal jaren ± standaarddeviatie); tijd na beroerte (gemiddeld aantal maanden ± standaarddeviatie).

‡ Totaal aantal weken; aantal sessies per week; duur per sessie.

¥ ↑ verbetering, ↓ verslechtering, ↔ geen verandering; significantie $p \leq 0.05$; waardes tussen haakjes () niet significant, tekst in rood significant ($p \leq 0.05$) verschil tussen beide groepen.

ABC = Activities-specific Balance Confidence; ABILHAND = vragelijst; Brunnstrom-UE = Brunnstrom Upper Extremity; BBT = Box and Block Test; CWT = Community Walk Test [48];

FMA(-UE) = Fugl-Meyer Assessment (-Upper Extremity); FIM = Functional Independence Measure; FIM self-care = aangepaste versie FIM (enkel self-care sub items gescoord); JTHF = Jebsen Test of Hand Functioning;

KP-tijd/-snelheid = Kinematic Parameters - gemiddelde snelheid (cm/s) / - gemiddelde duur van beweging (s); KRGt-indiv.bew./-ROM/-snelheid = Kinematic Reach and Grasp Test - individuele bewegelijkheid

van de vingers / -bewegingsuitslag / -snelheid van beweging [30]; MFT = Manual Function Test [34]; MRI = Magnetic Resonance Imaging; ROM = range of motion; TMT-B = Trail Making Test part B;

UET = Upper Extremity Test [5]; WAQ = Walking Ability Questionnaire.

Tabel 8: overzicht van de resultaten.

Discussie

De VR-revalidatie is nog volop in ontwikkeling. Hierdoor is er relatief weinig onderzoek naar de effecten van VR-therapie gedaan. In totaal zijn er 7 RCT's en 8 (C)CT's die de effecten van VR bij mensen hebben onderzocht. Van de vijf RCT's die bij deze systematische review zijn gebruikt, zijn er drie van hoge kwaliteit. Door dit lage aantal onderzoeken van hoge kwaliteit is het mogelijk dat de resultaten sterk beïnvloed zijn door systematische fouten. Een aantal factoren kunnen hier de oorzaak van zijn.

Ten eerste is het aantal deelnemers per onderzoek laag. Met gemiddeld maar 9 personen per groep is het de vraag of de veranderingen na interventie in dezelfde mate op zouden optreden bij een grotere groep (zgn. generalisatie). Door het kleine aantal deelnemers spelen ook nog individuele factoren een veel grotere rol. Hoewel alle deelnemers geen significante verschillen tonen, is het maar de vraag hoe groot de invloed is van de fysiologische verschillen tussen man en vrouw. Mogelijk speelt ook de leeftijd een rol, als je kijkt naar het (her)leren van motorische vaardigheden. Bovendien speelt de locatie van de laesie wellicht een rol bij de cognitieve 'herprofilering'. De invloed van deze genoemde verschillen op VR-revalidatie zullen elk in de toekomst moeten worden onderzocht. Piron et al [2005] hebben wel gekeken naar de invloed van leeftijd, locatie van de laesie en de tijd sinds beroerte op de FMA-UE- en de FIM-scores. Zij vinden dat de verschillende factoren niet van invloed zijn op de score. De vraag is of dit ook voor de andere meetinstrumenten geldt, maar ook zeker voor de training zelf.

Ten tweede worden in alle onderzoeken verschillende meetinstrumenten gebruikt. Dit geeft al problemen bij een interpretatie van de uitkomsten, maar bovendien is het maar de vraag of de meetinstrumenten klinisch relevante verbeteringen kunnen meten. Als een persoon significant in snelheid verbetert, betekent dit dan ook dat hij in het dagelijks leven hier baat bij heeft. Zijn verbeteringen op functieniveau ook terug te zien in dagelijkse activiteiten? Of is een verbeterd activiteitenniveau relevant op participatieniveau? Het effect van VR-therapie moet kunnen worden gemeten in verandering in het dagelijkse leven om te kijken of VR-therapie daadwerkelijk zinvol is voor een patiënt.

Het toepassen van een functie in een bepaalde situatie vereist vaardigheid. Cognitie speelt hierbij een cruciale rol. Er zal meer onderzoek moeten worden verricht naar de cognitieve invloed op het motorisch functioneren. Lopen is in die zin niet enkel lopen, maar is afhankelijk van de context waarin dit plaats vindt. Op straat lopen vereist veel meer van de cognitieve capaciteit van een persoon dan op een loopband lopen. Ook bij de cognitie is het de vraag of een vaardigheid in een virtuele omgeving cognitief hetzelfde vraagt van iemand als in het dagelijks leven.

Hoewel een aantal auteurs met vragenlijsten de psychologische invloed hebben geprobeerd in kaart te brengen [7,30] is het interessant om verder te kijken naar bijvoorbeeld de motivatie en de mate van uitdaging die mensen nodig hebben bij het oefenen. Dit zijn beide belangrijke parameters bij het trainen en kunnen er voor zorgen dat iemand blijft trainen. Wat zeker niet moet worden vergeten is dat mensen na een beroerte zeker ook op dit vlak problemen kunnen ervaren. Dit kan direct van invloed zijn op de therapie.

Als er wordt gekeken naar de interventie zelf, dan zijn er een aantal factoren die van invloed zijn op het resultaat. Zoals eerder genoemd is het geven van feedback belangrijk om de effectiviteit van motorisch leren te vergroten en speelt het een grote rol in de stimulatie van het leerproces [35]. Ook de vormen van feedback die worden gegeven verschillen zodanig dat er geen uitspraak over gedaan kan worden welke vorm of combinatie van vormen effectief zijn. Waarschijnlijk zijn de eerder genoemde persoonlijke verschillen (bijvoorbeeld cognitie, leeftijd en locatie van laesie) van directe invloed op de effectiviteit van de feedback.

De gemiddelde duur van 5 weken voor de gehele interventie is vergelijkbaar bij alle onderzoeken. De vraag is of de patiënt meer verbetert als er gedurende een langere tijd wordt geoefend. Mogelijk is er een plafondeffect en als dit zo is, wanneer treedt deze dan op? Wat per onderzoek verschilt is het aantal sessies per week en de duur per sessie. Hoewel er een enorm verschil is [48, 30], toch wordt in alle artikelen een significante verbetering gezien. Er zal dus meer duidelijkheid moeten komen wat de minimale (en eventueel maximale) trainingsduur is en of dit per therapievorm (spelletjes, loopband etc.) of getraind lichaamsdeel verschilt.

Naast de directe pre-posttest verbetering is het noodzakelijk om te kijken naar de retentie van de behaalde resultaten. In drie artikelen [23,30,48] wordt behoud of zelfs verbetering van significante resultaten genoemd bij relevante meetinstrumenten (genoemd bij *Resultaten*). Echter niet alle onderzoeken hadden een follow-up. Meer onderzoek is nodig om te kijken naar het langetermijneffect van de verschillende interventies. Wellicht is een kortere interventieduur voldoende om een permanente verbetering te bewerkstelligen. Misschien is het juist van belang om te blijven trainen om behaalde resultaten te behouden.

Conclusie

De resultaten van VR-revalidatie bij mensen met een beroerte lijken in eerste instantie veelbelovend. Door de beperkte kwantiteit en kwaliteit van de beschikbare en gebruikte onderzoeken zullen de genoemde resultaten met voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd. Er is een duidelijke trend zichtbaar dat VR-therapie bepaalde motorische vaardigheden bij mensen met een beroerte in de postacute of chronische fase kan verbeteren, maar er is meer onderzoek van hoge kwaliteit nodig naar onder andere de invloed van individuele factoren op het herstel en de effecten van verschillende parameters zoals duur en intensiteit bij de huidige VR-therapievormen.

Bronvermelding

- Adamovich S, Merians AS, Boian R, Lewis JA, Tremaine M, Burdea GC, Recce M, Poizner H. A virtual reality-based exercise system for hand rehabilitation post-stroke. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 14(2):161-174, 2005.
- Boian R, Sharma A, Han C, Merians AS, Burdea GC, Adamovich S, Recce M, Tremaine M, Poizner H. Virtual reality-based post-stroke hand rehabilitation. *Studies in Health Technology and Informatics* 85:64-70, 2002.
- Bots ML, Poos MJJC. Hoe vaak komt een beroerte voor en hoeveel mensen sterven eraan? In: Volksgezondheid Toekomst Verkenning, Nationaal Kompas Volksgezondheid. Bilthoven: RIVM, 2006.
- Broeren J, Bjorkdahl A, Pascher R, Rydmark M. Virtual reality and haptics as an assessment device in the postacute phase after stroke. *CyberPsychology & Behavior* 5(3):207-211, 2002.
- Broeren J, Rydmark M, Sunnerhagen KS. Virtual reality and haptics as a training device for movement rehabilitation after stroke: a single-case study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 85:1247-125, 2004.
- Broeren J, Rydmark M, Bjorkdahl A, Sunnerhagen KS. Assessment and training in a 3-dimensional virtual environment with haptics: a report on 5 cases of motor rehabilitation in the chronic stage after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 21(2):180-189, 2007.
- Broeren J, Claesson L, Goude D, Rydmark M, Sunnerhagen KS. Virtual rehabilitation in an activity centre for community-dwelling persons with stroke. *Cerebrovascular Diseases* 26(3):289-296, 2008.
- Broeren J, Bjorkdahl A, Claesson L, Goude D, Lundgren-Nilsson A, Samuelsson H, Blomstrand C, Sunnerhagen KS, Rydmark M. Virtual rehabilitation after stroke. *Studies in Health Technology and Informatics* 136:77-82, 2008.
- Centraal Bureau voor de Statistiek: Doodsoorzaken; uitgebreide lijst, leeftijd en geslacht. Den Haag/Heerlen: CBS, 2008.
- Crosbie JH, Lennon S, McDonough S. Virtual reality in the rehabilitation of the upper limb following hemiplegic stroke: a pilot randomised controlled trial. Harrogate, UK: UK Stroke Forum Conference, 2007.
- Crosbie JH, Lennon S, Basford JR, McDonough S. Virtual reality in stroke rehabilitation: Still more virtual than real. *Disability & Rehabilitation* 29(14):1139-1146, 2007.
- Deutsch JE, Merians AS, Adamovich S, Poizner H, Burdea GC. Development and application of virtual reality technology to improve hand use and gait of individuals post-stroke. *Restorative Neurology and Neurosciences* 22:371-368, 2004.
- Deutsch JE, Mirelman A. Virtual reality-based approaches to enable walking for people poststroke. *Topics in Stroke Rehabilitation* 14(6):45-53, 2007.
- Edmans JA, Gladman JRF, Cobb S, Sunderland A, Pridmore T, Hilton D, Walker MF. Validity of a virtual environment for stroke rehabilitation. *Stroke* 37:2270-2275, 2006.
- Fischer HC, Stubblefield K, Kline T, Luo X, Kenyon RV, Kamper DG. Hand rehabilitation following stroke: a pilot study of assisted finger extension training in a virtual environment. *Topics in Stroke Rehabilitation* 14(1), 2007.
- Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report. *Journal of Neurologic Physical Therapy* 31(4):180-18, 2007.
- Gallichio J, Kluding P. Virtual reality in stroke rehabilitation: review of the emerging research. *Physical Therapy Reviews* 9(4):207-212, 2004.
- Han CE, Arbib MA, Schweighofer N. Stroke rehabilitation reaches a threshold. *PLoS Computational Biology* 4(8):e1000133, 2008.
- Henderson A, Korner-Bitensky N, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery. *Topics in Stroke Rehabilitation* 14(2):52-61, 2007.
- Higgins JPT, Green S: Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions 4.2.6 [updated September 2006]. *The Cochrane Library* 4, 2006.
- Holden MK, Dyar TA, Dayan-Cimadoro L. Telerehabilitation using a virtual environment improves upper extremity function in patients with stroke. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 15(1):36-42, 2007.
- Jack D, Boian R, Merians AS, Tremaine M, Burdea GC, Adamovich S, Recce M, Poizner H. Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 9(3):308-318, 2001.
- Jaffe DL, Brown DA, Pierson-Carey CD, Buckley EL, Lew HL. Stepping over obstacles to improve walking in individuals with poststroke hemiplegia. *Journal of Rehabilitation Research & Development* 41(3A):282-292, 2004.
- Jager-Geurts MH, Peters RJG, Dis SJ van, Bots ML. Hart en vaatziekten in Nederland 2006, cijfers over ziekte en sterfte. Den Haag: Nederlandse Hartstichting, 2006.
- Jang SH, You SH, Hallet M, Cho YW, Park CM, Cho SH, Lee HY, Kim TH. Cortical reorganization and associated functional motor recovery after virtual reality in patients with chronic stroke: an experimenter-blind preliminary study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 86:2218-2223, 2005.
- Kreisel SH, Hennerici MG, Bärner H. Pathophysiology of stroke rehabilitation: the natural course of clinical recovery, use - dependent plasticity and rehabilitative outcome. *Cerebrovascular Diseases* 23: 243-255, 2007.
- Kurillo G, Mihelj M, Munih M, Bajd T. Multi-fingered grasping and manipulation in virtual environments using an isometric finger device. *Teleoperators & Virtual Environments* 16(3):293-306, 2007.
- Lam YS, Man DW, Tam SF, Weis PL. Virtual reality training for stroke rehabilitation. *NeuroRehabilitation* 21:245-253, 2006.
- Merians AS, Jack D, Boian R, Tremaine M, Burdea GC, Adamovich SV, Recce M, Poizner H. Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke. *Physical Therapy* 82(9):898-915, 2002.
- Merians AS, Poizner H, Boian R, Burdea GC, Adamovich G. Sensimotor Training in a virtual reality environment: does it improve functional

- recovery poststroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 20(2):252-267, 2006.
31. Minkman MMN, Schouten LMT, Huijsman R, Splunteren RT van. Integrated care for patients with a stroke in the Netherlands. *International Journal of Integrated Care* 5:1-12, 2005.
 32. Mirelman A. Comparison of robotic-virtual reality lower extremity training with robotic lower extremity training alone for rehabilitation of gait of individuals post-stroke. Doctoral Dissertation, University of Medicine and Dentistry of New Jersey, 2007.
 33. Moher D, Jadad AR, Nichol G, Penman M, Tugwell P, Walsh S. Assessing the quality of randomized controlled trials: an annotated bibliography of scales and checklist. *Controlled Clinical Trials* 16:62-73, 2005.
 34. Nakamura R, Moriyama S, Yamada Y, Seki K. Recovery of impaired motor function of the upper extremity after stroke. *The Tokuhu Journal of Experimental Medicine* 168(1):11-20, 1992.
 35. Peppen RPS van, Kwakkel G, Harmeligen-van der Wel BC, Kollen BJ, Hobbelen JSM, Buurke JH, Halfens J, Wagenborg L, Vogel MJ, Berns M, Klaveren R van, Hendriks HJM, Dekker J. KNGF-richtlijn Beroerte. Amersfoort: KNGF, 2006.
 36. Piron L, Tonin P, Atzori AM, Zanotti E, Massaro C, Trivello E, Dam M. Virtual environment system for motor tele-rehabilitation. *Studies in Health Technology and Informatics* 85:355-361, 2002.
 37. Piron L, Tonin P, Trivello E, Battistin L, Dam M. Motor tele-rehabilitation in post-stroke patients. *Medical Informatics and the Internet in Medicine* 29(2):119-125, 2004.
 38. Piron L, Tonin P, Piccione F, Iaia V, Trivello E, Dam M. Virtual environment training therapy for arm motor rehabilitation. *Teleoperators & Virtual Environments* 17(6):732-740, 2005.
 39. Poos MJJC, Smit JM, Groen J, Kommer GJ, Slobbe LCJ. Kosten van Ziekten in Nederland 2005. Bilthoven: RIVM, 2008.
 40. Richards CL, Malouin F, McFadyen BJ, Comeau F, Fung J, Lamontagne J. A virtual reality-based program for locomotor training after stroke. Goteborg, Sweden: Stroke Rehab, 2006.
 41. Sisto SA, Forrest GF, Glendinning D. Virtual reality applications for motor rehabilitation after stroke. *Topics in Stroke Rehabilitation* 8(4):11-23, 2002.
 42. Spieler JF, Lanoë JL, Amarenco P. Costs of stroke care according to handicap levels and stroke subtypes *Cerebrovasculaire Diseases* 17:134-142, 2004.
 43. Subramanian S, Knaut LA, Beaudoin C, McFadyen BJ, Feldman AG, Levin MF. Virtual Reality environments for post-stroke arm rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 4(20), 2007.
 44. Takahashi CD, Der-Yeghiaian L, Le V, Motiwala RR, Cramer SC. Robot-based hand motor therapy after stroke. *Brain* 131(2):425-437, 2008.
 45. Tulder M van, Furlan A, Bombardier C, Bouter L. Updated method guidelines for systematic reviews in the Cochrane Collaboration Back Review Group. *Spine* 28(12):1290-1299, 2003.
 46. Viau A, Feldman AG, McFadyen BJ, Levin MF. Reaching in reality and virtual reality: a comparison of movement kinematics in healthy subjects and in adults with hemiparesis. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 1(11), 2004
 47. Winkel A, Ekdahl C, Gard G. Early discharge to therapy-based rehabilitation at home in patients with stroke- a systematic review. *Physical Therapy Reviews* 13(3):167-187(21), 2008
 48. Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, Sung WH, Wang RY. Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: a randomized controlled trial. *Gait & Posture* 28(2):201-206, 2008.
 49. Yavuzer G, Senel A, Atay MB, Stam HJ. "Playstation eyetoy games" improve upper extremity-related motor functioning in subacute stroke: a randomized controlled clinical trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 44(3):237-244, 2008.
 50. Young J, Forster A. Review of stroke rehabilitation. *British Medical Journal* 334:86-90, 2007.