DISCLAIMER

Onafhankelijke informatie is niet gratis. Het NTvG investeert veel geld om het hoge niveau van haar artikelen te waarborgen, door een proces van peer-review en redactievoering. Het NTvG kan alleen bestaan als er voldoende betaalde abonnementen zijn. Het is niet de bedoeling dat onze artikelen worden verspreid zonder betaling. Wij rekenen op uw medewerking.

Bewegingstechnologische therapieën na een beroerte

Hype of hoop?

A. (Sander) C.H. Geurts, Vivian Weerdesteyn en Jorik Nonnekes

Samenvatting

De toepassing van bewegingstechnologie heeft in korte tijd een stevige plek veroverd in de revalidatie van patiënten met neurologische aandoeningen, maar de effectiviteit van veel bewegingstechnologische innovaties is nog matig onderbouwd. Is hier sprake van een hype of geeft deze ontwikkeling reële hoop? In dit artikel bespreken wij de motorische revalidatie van patiënten met een eenzijdige beroerte (herseninfarct of -bloeding) en de waarde van revalidatierobots, virtualrealitytraining, perifere neurostimulatie en hersenstimulatie. De huidige revalidatierobots hebben een toegevoegde waarde vergeleken met conventionele oefentherapie, maar alleen kort na de beroerte bij patiënten die nog niet zelfstandig kunnen lopen. De effecten van perifere neurostimulatie of hersenstimulatie zijn nog moeilijk aan te tonen of relatief gering. De effecten van virtualrealitytraining op het herwinnen van motorische vaardigheden lijken het meest veelbelovend, vooral wanneer deze training wordt aangepast aan individuele functionele vaardigheden en trainingsdoelen. Daarmee houdt de functionele winst van bewegingstechnologie in de revalidatie van neurologische aandoeningen vooralsnog het midden tussen hype en hoop.

Wie na een beroerte niet meer zelfstandig kan lopen, wil er meestal alles aan doen om weer op de been te komen. De verschillende bewegingstechnologische therapieën die bij de revalidatie kunnen helpen, klinken allemaal even hoopgevend. Maar wat mogen patiënten verwachten van deze nieuwe therapieën?

Bewegingstechnologie, oftewel de technologie die beweging of training van motorische vaardigheden mogelijk maakt, heeft een stevige plek veroverd in de revalidatie van patiënten met neurologische aandoeningen. Bewegingstechnologische innovaties worden breed toegepast. Zo worden ze ingezet om lichaamssignalen en gedrag te meten met draagbare apparatuur ('wearables'), maar ook om motorische vaardigheden te bevorderen met neurostimulatie of computerondersteunde trainingsapparatuur. Veel bewegingstechnologische producten hebben hun weg gevonden naar revalidatiecentra en eerstelijnspraktijken voor fysiotherapie of worden toegepast bij andere vormen van oefentherapie. Deze innovaties zijn wat betreft de effectiviteit en kosteneffectiviteit echter vaak matig wetenschappelijk onderbouwd in vergelijking met conventionele oefentherapie.

Ter illustratie richten we ons in dit artikel op de revalidatie na een beroerte, omdat deze aandoening in grote delen van de wereld de belangrijkste oorzaak is van invaliditeit. In het bijzonder bespreken wij de recente explosie aan bewegingstechnologische innovaties die zijn bedoeld om het motorisch herstel na een beroerte te bevorderen. Deze ontwikkeling kan enerzijds een hype worden genoemd, omdat nieuwe producten sneller op de markt komen dan dat ze wetenschappelijk onderzocht kunnen worden. Anderzijds bieden sommige producten ook een reële hoop, omdat ze nieuwe methodes gebruiken en intensievere trainingen mogelijk maken. We beschrijven voorbeelden van bewegingstechnologische innovaties, waaronder revalidatierobots, virtualreality(VR)-training, perifere neurostimulatie, en hersenstimulatie die worden toegepast bij patiënten die een eenzijdige beroerte (infarct of bloeding) in de grote hersenen hebben gehad.

Motorisch herstel na een beroerte

Voordat we de toepassing van bewegingstechnologie bij de revalidatie van patiënten die een beroerte hebben gehad op waarde kunnen schatten, moeten we eerst een aantal aspecten van hun functionele herstel kennen.

In de eerste 3 maanden na een beroerte treedt doorgaans een zeker spontaan motorisch herstel op van zowel de bovenste als de onderste extremiteit. Dit wordt ook wel biologisch herstel genoemd. Omdat herstel van spierkracht, coördinatie, en snelheid van bewegingen in hoge mate wordt bepaald door de resterende, onbeschadigde piramidebanen, is de invloed van training op dit functieherstel gering.[1,2] Als we daarentegen kijken naar hoe de aangedane lichaamszijde functioneel wordt ingezet tijdens motorische vaardigheden, zoals bij activiteiten met de arm en hand of lopen, dan is de invloed van training op deze vaardigheden aanzienlijk.[3,4] Dit vaardigheidsherstel kan optreden in de acute en subacute fase en aanhouden in de chronische fase van de ziekte

(vanaf circa 3 maanden na de beroerte).
Bij de revalidatie na een beroerte zijn 2 trainingsprincipes leidend: de intensiteit van de training en taakspecifieke training.[3,4] Zo leren patiënten sneller naarmate ze intensiever trainen. En uit het leren van motorische vaardigheden zich primair in de activiteiten die daadwerkelijk worden getraind, zoals aankleden of lopen. Met de toepassing van bewegingstechnologische innovaties wordt beoogd het motorisch herstel na een beroerte te versnellen of te vergroten. De mate waarin en de manier waarop deze technologie wordt ingezet is afhankelijk van de fase na de beroerte.

Revalidatierobots

Omdat er grenzen zitten aan de intensiteit van regulaire oefentherapie vanwege de beschikbaarheid van personeel, de fysieke belasting op de therapeuten en de kosten van de behandeling, zijn er inmiddels diverse revalidatierobots ontwikkeld waarmee de training van armactiviteiten en loopbewegingen gemakkelijk geïntensiveerd kan worden. Deze robots moeten worden onderscheiden van de zogenoemde exoskeletten die bedoeld zijn om bewegingen in het dagelijks leven te ondersteunen. Deze exoskeletten hebben nog nauwelijks waarde bij de revalidatie van patiënten met een beroerte. Revalidatierobots werken doordat ze bewegingen mechanisch ondersteunen. Daarbij wordt de mate van ondersteuning geleidelijk afgebouwd.

Armtraining

Een recente meta-analyse (38 trials; n = 1206) liet zien dat door oefentherapie met armrobots de spierkracht en coördinatie van patiënten die een beroerte hebben gehad met circa 5% verbetert ten opzichte van controlecondities.[5] Deze verbetering was onafhankelijk van eventuele matching van patiënten op basis van de totale therapieduur. De effecten van oefentherapie met armrobots zijn echter specifiek voor het gewricht waarmee wordt geoefend en niet generaliseerbaar naar de vaardigheid van de gehele arm of dagelijkse activiteiten.

Looptraining

Een recente review (36 trials; n = 1472) liet zien dat patiënten die kort na een beroerte nog niet zelfstandig konden lopen, dankzij een looptraining die door een robot ondersteund werd een twee keer zo grote kans hadden om zelfstandig te leren lopen dan met conventionele looptraining.[6] De invloed van de totale therapieduur op de kans om te leren lopen blijft hierbij onduidelijk. Bij patiënten die direct na de beroerte nog zelfstandig kunnen lopen, heeft looptraining met een robot geen effect op de loopsnelheid of loopvaardigheid. Wat betreft de kwaliteit – bijvoorbeeld de symmetrie – van het looppatroon zijn er evenmin aanwijzingen dat ‘slimme’ looprobots, die de patiënt alleen ondersteunen als dat nodig is (‘assist as needed’), een verbetering geven. Vooralsnog is de toegevoegde waarde van revalidatierobots bij de motorische revalidatie na een beroerte beperkt tot een beduidend grotere kans dat ernstig aangedane patiënten zelfstandig leren lopen.

Van hype naar hoop

Om de hype van robottraining na een beroerte om te kunnen zetten in hoop voor een grotere groep patiënten en een groter palet aan motorische vaardigheden, moeten de trainingen wellicht worden geïntensiveerd. De trainingsintensiteit kan bijvoorbeeld worden verhoogd door zelftraining. Ook moeten andere trainingsprincipes worden gehanteerd, bijvoorbeeld door verstoring van beweging in plaats van ondersteuning ervan. Tot slot moeten op basis van de functionele prognose specifieke patiëntengroepen worden geselecteerd die in het bijzonder gebaat zijn bij een door de robot ondersteunde training.

Virtual reality

Door VR te gebruiken kan training intensiever en taakspecifieker worden. VR-training kan de patiënt bovendien extra motiveren door de principes van ‘serious gaming’ in te bouwen (figuur).



Figuur
Virtualrealitytraining

Foto van een gezonde proefpersoon tijdens een looptraining op een lopende band in een virtualrealityomgeving met het GRAIL-systeem (GRAIL staat voor 'Gait real-time analysis interactive lab'). Dit systeem is inmiddels in verschillende revalidatiecentra in Nederland aanwezig. De proefpersoon voert een dubbeltaak uit waarbij doelobjecten in de virtuele omgeving moeten worden 'geraakt'.

Looptraining

Een recente meta-analyse (32 RCT's; n = 809) laat zien dat looptraining met VR een matig sterk effect heeft op staplengte, stapfrequentie en loopsnelheid in vergelijking met conventionele looptraining.[12] Dit effect wordt sterker wanneer VR wordt gecombineerd met robotondersteunde looptraining en overstijgt het effect van alleen VR- of robottraining. Hoewel in veel van de in de meta-analyse geïncludeerde studies VR was toegepast bij complexe balans- en looptaken, zoals het ontwijken van obstakels, dubbeltaken, stapoefeningen en balansverstoringen, was de meta-analyse slechts gericht op spatiotemporele aspecten van het lopen en niet op de kwaliteit of het aanpassingsvermogen ervan.

Armtraining

Een meta-analyse van 29 RCT's laat soortgelijke, maar kleine effecten zien van VR-training op de arm-handvaardigheid van patiënten die een beroerte hebben gehad, in vergelijking met conventionele training.[13] Vooral interventies waarin de principes van serious gaming waren ingebouwd leken effectief te zijn, hoewel de gemiddelde kwaliteit van de studies in deze meta-analyse laag was.

Verwachtingen

Wij verwachten, net als andere onderzoeksgroepen,[14,15] dat VR-training die geïndividualiseerde oefeningen met een optimale intensiteit en taakspecificiteit voorschrijft, het vaardigheidsherstel kan verbeteren in vergelijking met conventionele training.

Perifere neurostimulatie

Bij patiënten die een beroerte hebben gehad kunnen bewegingen worden ondersteund door elektrische stimulatie van perifere zenuwen en spieren. Bij een beroerte bevindt het primaire letsel zich immers in het centrale zenuwstelsel, terwijl het perifere neuromusculaire apparaat intact is. Dit betekent dat hersensignalen die bij gezonde mensen via het ruggenmerg de spieren bereiken, bij patiënten die een beroerte hebben gehad vervangen kunnen worden door perifere neurostimulatie van de aangedane lichaamszijde. Deze techniek is ontwikkeld voor zowel de bovenste als de onderste extremiteit en wordt ingezet om motorische training te bevorderen (therapeutische elektrostimulatie) of om de aansturing van een arm of been gedeeltelijk over te nemen (functionele elektrostimulatie).

Bovenste extremiteit

Wat betreft de bovenste extremiteit ligt de focus in de literatuur op therapeutische elektrostimulatie. Een recente meta-analyse van 48 studies (n=1712) liet zien dat therapeutische elektrostimulatie een gunstig effect heeft op de arm-handcoördinatie van

patiënten na een beroerte vergeleken met placebostimulatie. Met een verbetering van 1,5% is dit effect echter klein, net als de hiermee samenhangende effecten op vaardigheid van de arm en hand.[7]

Onderste extremiteit

Wat betreft de onderste extremiteit ligt de focus op functionele elektrostimulatie ter ondersteuning van de voetheffing (peroneusstimulatie). Een recente meta-analyse van 4 RCT's (n = 831) liet zien dat functionele elektrostimulatie in de chronische fase na een beroerte geen meerwaarde heeft ten opzichte van een enkel-voetorthese wat betreft de loopsnelheid of de loopvaardigheid, zoals het ontwijken van obstakels, de balans bewaren en het voorkomen van een val.[8] Uit onze klinische ervaring weten wij dat veel patiënten tevredener zijn met functionele elektrostimulatie dan met een enkel-voetorthese, omdat ze er beter mee kunnen hurken, traplopen of fietsen. Ook mensen die nog een goede afzetkracht van de kuitspier hebben, waarderen functionele elektrostimulatie vaak meer dan een orthese.

Meer dan een hype

Kortom, de toepassingen van perifere neurostimulatie zijn gedegen pogingen op basis van neurofysiologische inzichten om patiënten die een beroerte hebben gehad te behandelen. Er is hier dus geen sprake van een hype, hoewel de klinische meerwaarde van perifere neurostimulatie in het motorisch functioneren na een beroerte alleen nog is aangetoond voor functionele elektrostimulatie van de onderste extremiteit bij een selecte groep patiënten.

Hersenstimulatie

Directe hersenstimulatie kan het herstel van motorische functies of vaardigheden bevorderen. De hersenen kunnen niet-invasief worden gestimuleerd met repetitieve transcraniële magneetstimulatie (rTMS) of transcraniële gelijkstroomstimulatie (tDCS). **Repetitieve transcraniële magneetstimulatie** rTMS berust op herhaalde pulsen gegenereerd door een magnetische spoel vlak boven de schedel, die lokaal corticale ontladingen kan opwekken of juist afzwakken, afhankelijk van de stimulatiefrequentie. **Transcraniële gelijkstroomstimulatie** Bij tDCS worden 2 elektroden aangebracht op de schedel waartussen een zwakke intracraniële gelijkstroom loopt. De hersenschors kan door deze gelijkstroom gestimuleerd of geremd worden.

Transcraniële gelijkstroomstimulatie

De laatste jaren is vooral tDCS een populaire methode om het effect van training te bevorderen, vooral vanwege het gebruiksgemak van de methode en de ervaring dat tDCS patiëntvriendelijker is dan rTMS. Een recente meta-analyse van 29 RCT's (n = 664) naar stimulatie van de primaire motorische cortex liet zien dat tDCS significante effecten had op de arm- en beenfunctie in verschillende fasen na een beroerte.[9] Het is opmerkelijk dat tDCS in de meeste individuele studies geen effect liet zien, terwijl alleen in de meta-analyse kleine significante effecten werden gevonden. Het is ook opvallend dat zowel stimulerende als remmende tDCS positieve effecten had in de meta-analyse, terwijl de veronderstelde neurofysiologische effecten verschillend zijn. Verder blijkt dat de duur van de eventuele positieve effecten gering was.

Repetitieve transcraniële magneetstimulatie

Een meta-analyse van 17 RCT's (n = 262) liet zien dat rTMS van de primaire motorische cortex een effect op de armfunctie heeft dat vergelijkbaar is met het effect van tDCS.[10] Laagfrequente stimulatie – en dus remming – van de niet-aangedane hemisfeer blijkt effectiever te zijn dan hoogfrequente, activerende stimulatie van de aangedane hemisfeer. Dit past bij de theorie dat bij patiënten na een beroerte de niet-aangedane hemisfeer de aangedane hemisfeer kan onderdrukken. Een recente meta-analyse van 34 RCT's (n = 904) liet soortgelijke bevindingen zien en toonde bovendien gunstige langetermijneffecten aan, vooral wanneer rTMS werd toegepast in de vroege fase na een beroerte.[11]

Hoopgevende ontwikkeling

Al met al kan de hype van niet-invasieve hersenstimulatie na een beroerte voorzichtig worden omarmd als een hoopgevende ontwikkeling. De klinische waarde van niet-invasieve hersenstimulatie blijft in kwantitatieve zin echter beperkt en de onderliggende mechanismen worden nog onvoldoende begrepen.

Conclusie

De functionele winst van toepassing van bewegingstechnologie na een beroerte, in vergelijking met conventionele oefentherapie, houdt het midden tussen een hype en hoop. Deze conclusie kan met enige voorzichtigheid worden gegeneraliseerd naar andere neurologische aandoeningen, maar de bewijsvoering voor deze andere diagnosen is veelal zwakker.
Revalidatierobots hebben vooral kort na een beroerte een toegevoegde waarde bij patiënten die nog niet zelfstandig kunnen lopen.

Perifere neurostimulatie heeft geen bewezen effect op het motorisch herstel, maar functionele elektrostimulatie van het been kan wel praktische voordelen bieden ten opzichte van een orthese.
De hype van hersenstimulatie lijkt langzamerhand om te buigen tot een hoopgevende ontwikkeling, hoewel de verbetering van de arm- of beenfunctie door hersenstimulatie nog relatief gering is.
Op basis van onze ervaring achten wij virtualrealitytraining de meest veelbelovende therapie om motorische vaardigheden na een beroerte mee terug te winnen. Op basis van de literatuur over motorisch leren verwachten wij dat deze training pas optimaal benut wordt als virtual reality op gepersonaliseerde wijze wordt toegepast, aansluitend bij de functionele vaardigheden en trainingsdoelen van het individu.[14,15]
Meer in het algemeen moeten de deelnemers aan onderzoeken in de toekomst optimaal gestratificeerd worden en de interventies individueel getimed worden op basis van het herstelpotentieel. Ook zal nader onderzoek ons moeten leren in hoeverre combinaties van bewegingstechnologische therapieën kunnen leiden tot synergistische behandeleffecten.

— Online artikel en reageren op ntvg.nl/D5471
— Radboudumc, afd. Revalidatie, Nijmegen: prof.dr. A.C.H. Geurts en dr. J. Nonnekes, revalidatieartsen (beiden tevens: Sint Maartenskliniek, afd. Revalidatie, Nijmegen); dr. V. Weerdesteyn, bewegingswetenschapper (tevens: Sint Maartenskliniek, afd. Research).
— Contact: A.C.H. Geurts (sander.geurts@radboudumc.nl)
— Belangenconflict en financiële ondersteuning: er zijn mogelijke belangen gemeld bij dit artikel. ICMJE-formulieren met de belangenverklaring van de auteurs zijn online beschikbaar bij dit artikel.
— Aanvaard op 26 november 2020
— Citeer als: Ned Tijdschr Geneeskd. 2020;164:D5471

Literatuur

1. Van der Vliet R, Selles RW, Andrinopoulou ER, et al. Predicting upper limb motor impairment recovery after stroke: a mixture model. Ann Neurol. 2020;87:383-93. doi:10.1002/ana.25679. Medline
2. Veerbeek JM, Winters C, van Wegen EEH, Kwakkel G. Is the proportional recovery rule applicable to the lower limb after a first-ever ischemic stroke? PLoS One. 2018;13:e0189279. doi:10.1371/journal.pone.0189279. Medline
3. Langhorne P, Coupar F, Pollock A. Motor recovery after stroke: a systematic review. Lancet Neurol. 2009;8:741-54. doi:10.1016/S1474-4422(09)70150-4. Medline
4. Veerbeek JM, van Wegen E, van Peppen R, et al. What is the evidence for physical therapy poststroke? A systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2014;9:e87987. doi:10.1371/journal.pone.0087987. Medline
5. Veerbeek JM, Langbroek-Amersfoort AC, van Wegen EEH, Meskers CGM, Kwakkel G. Effects of robot-assisted therapy for the upper limb after stroke: A systematic review and meta-analysis. Neurorehabil Neural Repair. 2017;31:107-21. doi:10.1177/1545968316666957. Medline
6. Mehrholz J, Thomas S, Werner C, Kugler J, Pohl M, Elsner B. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. Cochrane Database Syst Rev. 2017;(5):CD006185 Medline.
7. Yang JD, Liao CD, Huang SW, et al. Effectiveness of electrical stimulation therapy in improving arm function after stroke: a systematic review and a meta-analysis of randomised controlled trials. Clin Rehabil. 2019;33:1286-97. doi:10.1177/0269215519839165. Medline
8. Mendes LA, Lima INDF, Souza T, et al. Motor neuroprosthesis for promoting recovery of function after stroke. Cochrane Database Syst Rev. 2020;(1):CD012991 Medline.
9. Bai X, Guo Z, He L, Ren L, McClure MA, Mu Q. Different therapeutic effects of transcranial direct current stimulation on upper and lower limb recovery of stroke patients with motor dysfunction: A meta-analysis. Neural Plast. 2019;2019:1372138. doi:10.1155/2019/1372138. Medline
10. Hsu WY, Cheng CH, Liao KK, Lee IH, Lin YY. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on motor functions in patients with stroke: A meta-analysis. Stroke. 2012;43:1849-57. doi:10.1161/STROKEAHA.111.649756. Medline
11. Zhang L, Xing G, Fan Y, Guo Z, Chen H, Mu Q. Short- and long-term effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on upper limb motor function after stroke: A systematic review and meta-analysis. Clin Rehabil. 2017;31:1137-53. doi:10.1177/0269215517692386. Medline
12. Ghai S, Ghai I, Lamontagne A. Virtual reality training enhances gait poststroke: A systematic review and meta-analysis. Ann N Y Acad Sci. 2020;1478:18-42. doi:10.1111/nyas.14420. Medline
13. Karamians R, Proffitt R, Kline D, Gauthier LV. Effectiveness of virtual reality- and gaming-based interventions for upper extremity

rehabilitation poststroke: a meta-analysis. Arch Phys Med Rehabil. 2020;101:885-96. doi:10.1016/j.apmr.2019.10.195. Medline
14. Cameirão MS, Badia SB, Duarte E, Frisoli A, Verschure PFMJ. The combined impact of virtual reality neurorehabilitation and its interfaces on upper extremity functional recovery in patients with chronic stroke. Stroke. 2012;43:2720-28. doi:10.1161/STROKEAHA.112.653196. Medline
15. Rutkowski S, Kiper P, Cacciante L, et al. Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. J Rehabil Med. 19 oktober 2020 (epub). doi:10.2340/16501977-2755. Medline