

VU Research Portal

Advanced technologies to assess motor dysfunction in children with cerebral palsy

Slout, L.H.

2016

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Slout, L. H. (2016). *Advanced technologies to assess motor dysfunction in children with cerebral palsy*.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

15

Samenvatting

Lopen is vaak een uitdagende of zelfs onmogelijke activiteit voor personen met cerebrale parese (CP). Het beperkt zijn in het lopen kan een grote impact hebben op iemands dagelijkse bezigheden en daarom richt revalidatiegeneeskunde zich op het behouden of verbeteren van de loopcapaciteit. Er zijn hiervoor verschillende behandelingen, die zich voornamelijk richten op de stoornissen die de bewegingsbeperking veroorzaken. Helaas is het kiezen van de optimale behandeling voor een specifieke patiënt moeilijk vanwege de heterogeniteit van de CP populatie, de grote verscheidenheid van (samen voorkomende) stoornissen, de complexe relatie tussen stoornis en afwijkingen in het looppatroon, en compensatiestrategieën die afwijkingen in het looppatroon maskeren (**hoofdstuk 1**). Er zijn daarom metingen nodig om de stoornissen en beperkingen van het looppatroon te identificeren om zo de selectie van patiënt-specifieke behandelingen te verbeteren.

In de huidige klinische praktijk worden zowel handmatig uitgevoerde testen tijdens het lichamelijk onderzoek als ook gangbeeldanalyse gebruikt om de onderliggende stoornissen en hun invloed op het looppatroon in kaart te brengen. De handmatig uitgevoerde testen zijn echter subjectief, niet geschikt om de bijdragen van verschillende stoornissen te kwantificeren en ze worden uitgevoerd onder passieve condities. Ook de huidige gangbeeldanalyse is niet goed in staat om de verschillende compensatiestrategieën en stoornissen te onderscheiden. Gespecialiseerde technologieën zouden daarom een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan het identificeren van deze stoornissen en beperkingen van het looppatroon. Het doel van dit proefschrift was om de uitvoerbaarheid en de validiteit te evalueren van geavanceerde technologieën, i.e. de gemotoriseerde test en het interactieve ganglaboratorium, voor het in kaart brengen van motor (dis)functie in kinderen met CP.

Een alternatief voor de passieve handmatig uitgevoerde testen zijn gemotoriseerde en geïnstrumenteerde metingen, die de mogelijkheid bieden om de opgelegde beweging te standaardiseren en de spier responsie te kwantificeren. De gemotoriseerde test die is geïntroduceerd in **hoofdstuk 2** beoogt de bijdrage te kwantificeren van neurale stoornissen (reflex- en achtergrondactiviteit van de spier) en weefsel gerelateerde stoornissen (stijfheid) aan weerstand tegen een opgelegde beweging rond het enkelgewricht, met behulp van een niet-lineair neuromusculair model. Er werden rotaties opgelegd met twee verschillende snelheden en twee verschillende kniehoeken om onderscheid te maken tussen de kenmerken van de soleus en gastrocnemius spier. Om de resultaten van deze test te valideren, werden 38 kinderen met spastische CP en 35 normaal ontwikkelende kinderen gemeten. Het uitvoeren van de gemotoriseerde test was haalbaar in zowel minder ernstig aangedane patiënten als in controle kinderen ouder dan vijf jaar. Het neuromusculaire model beschreef de gemeten data goed en de verkregen neurale en weefselparameters konden met een goede herhaalbaarheid tussen metingen worden bepaald. De verschillen in de parameters tussen kinderen met CP en controle kinderen kwam overeen met de huidige kennis van CP pathologie. De achtergrond activatie van de spieren (met gesterkte knie) was, in tegenstelling tot de reflexactiviteit, gerelateerd aan de klinische spasticiteitscore. Vergelijking van voor en na behandeling in vier patiënten gaf een eerste indicatie van een verminderde reflexactiviteit na een spasticiteitsbehandeling. Deze resultaten impliceren dat de gemotoriseerde test kan worden gebruikt om onderscheid te maken tussen neurale en weefsel gerelateerde stoornissen in kinderen met CP en als zodanig een veelbelovend alternatief vormt voor de klinische handmatig uitgevoerde testen.

Een factor die mogelijk invloed zou kunnen hebben op de vergelijking tussen de handmatige en gemotoriseerde testen, en dus het gebrek aan correlatie tussen spasticiteitscore en reflexactiviteit zou kunnen verklaren, is het opgelegde bewegingsprofiel. Er zijn daarom zowel handmatige als gemotoriseerde geïnstrumenteerde testen uitgevoerd bij tien kinderen met CP, waarbij beide tests dezelfde maximale snelheid bereikten (**hoofdstuk 3**). Het opgelegde bewegingsprofiel en de uitgelokte spierreactie verschilden significant tussen beide methoden, wat benadrukt dat naast de maximale snelheid ook de acceleratie en spierlengte belangrijke factoren zijn in het opwekken van rekreflexen. Het klokvormige profiel van de handmatige test kwam beter overeen met het profiel tijdens lopen, wat suggereert dat gemotoriseerde testen zich meer zouden moeten richten op functionele profielen. De gevonden verschillen tonen aan dat de gemotoriseerde test vooralsnog niet uitwisselbaar kan worden gebruikt met de huidige klinische of instrumentele handmatige tests.

Interactive ganglaboratoria met geïnstrumenteerde loopbanden worden steeds vaker gebruikt voor gangbeeldanalyses. Functies zoals zelfgestuurde snelheid waarbij de bandsnelheid zich continu aanpast aan de loopsnelheid van de patiënt en het gebruik van een omgeving met een virtuele realiteit (VR) zouden samen het normale lopen beter kunnen nabootsen dan conventionele loopbanden. Daarom is het belangrijk om de geschiktheid van deze laboratoria voor het uitvoeren van klinische gangbeeldanalyse te beoordelen.

Eerst werd de technische geschiktheid van twee geïnstrumenteerde loopbanden

voor het uitvoeren van klinisch gangbeeldanalyse onderzocht. In **hoofdstuk 4** is een protocol beschreven om potentiële oorzaken van meetonzekerheden in de gemeten kracht en het bijbehorende aangrijpingspunt te onderzoeken. Het protocol bestrijkt een evaluatie van de meetnauwkeurigheid en precisie van de krachtsensoren, de resonantie van de loopband en de variatie in de bandsnelheid. Het protocol was in staat om sterke en zwakke eigenschappen van de loopbanden te karakteriseren en daarmee hun geschiktheid voor verschillende toepassingen op het gebied van loopanalyses. Om de nauwkeurigheid van de gemeten kracht en het aangrijpingspunt te verbeteren, zijn verschillende kalibratieprocedures geëvalueerd in **hoofdstuk 5** die gebruik maken van een geïnstrumenteerde stok met een krachtsensor. De nauwkeurigheid van het aangrijpingspunt kon worden verbeterd door op meer locaties op de loopband te meten. Daarnaast zorgde een correctie van de gevonden inhomogene verdeling van de onnauwkeurigheid over het bandoppervlak voor een verbetering, evenals het beperken van de kalibratie tot het daadwerkelijke loopgebied.

Het effect van het lopen met zelfgestuurde snelheid en een VR-omgeving op het looppatroon is in 19 volwassenen onderzocht. Er werden geen klinisch relevante verschillen gevonden tussen het lopen op een loopband met zelfgestuurde of constante snelheid, hoewel het lopen met zelfgestuurde snelheid resulteerde in meer fluctuaties in de loopsnelheid over meerdere stappen, zoals ook is gevonden voor normaal lopen (**hoofdstuk 6**). Omdat het lopen met zelfgestuurde snelheid zou kunnen leiden tot meer energie uitwisseling tussen de loopband en de loper, is dit onderzocht in 18 volwassenen (**hoofdstuk 7**). De interactie nam slechts licht toe met zelfgestuurde snelheid in vergelijking met constante snelheid. Interacties tussen loper en loopband, mits deze beschikt over een goede aansturing van de bandsnelheid, bleken slechts in kleine mate het lopen op de loopband te verstoren. De VR-omgeving had geen klinisch relevant effect op het looppatroon (**hoofdstuk 8**), hoewel proefpersonen aangaven dat lopen met de VR meer gelijkenis vertoonde met normaal lopen. Samenvattend, het ontbreken van klinische relevante verschillen in looppatroon suggereert dat lopen met zelfgestuurde snelheid en VR-omgeving een geschikt alternatief is voor het lopen op een conventionele loopband.

Aangezien lopen met zelfgestuurde snelheid en een VR-omgeving meer uitdagend zou kunnen zijn voor kinderen met CP dan voor volwassenen, is het effect van deze condities ook onderzocht bij negen kinderen met minder ernstige CP en elf normaal ontwikkelende kinderen. Alle kinderen konden lopen in deze condities. De effecten van zelfgestuurde snelheid en VR-omgeving waren vergelijkbaar met de volwassenen: er was geen klinisch relevante invloed op het looppatroon, de zelfgestuurde snelheid leidde tot langzame fluctuaties in de loopsnelheid en kinderen hadden een voorkeur voor wandelen in de VR-omgeving (**hoofdstuk 9**). Er zijn enkele kleine groepseffecten gemeten die kunnen betekenen dat kinderen met CP meer tijd nodig hebben om vertrouwd te raken aan het zelfgestuurd lopen. Kortom, deze resultaten geven aan dat het lopen met of zonder zelfgestuurde snelheid en VR-omgeving inwisselbaar kunnen worden gebruikt voor gangbeeldanalyse op een loopband in kinderen met en zonder CP.

De resultaten van de interactieve gangbeeldanalyse (met zelfgestuurde snelheid en een VR- omgeving) zijn vergeleken met conventionele klinische gangbeeldanalyse over

de grond en natuurlijk wandelen bij dezelfde kinderen met en zonder CP. Beide groepen liepen langzamer en met kortere stappen op zowel de loopband en over de grond vergeleken met natuurlijk wandelen. De stap breedte was groter op de loopband, wat resulteerde in een grotere medio-laterale grondreactiekracht. Kinderen met CP liepen met meer afwijkingen in de gewrichtshoeken op de loopband, met meer kanteling van het bekken, meer knieflexie tijdens voetcontact, en afwijkende knie- en enkelkinematica (**hoofdstuk 10**). Zowel de kinderen met CP als de controle kinderen vertoonden een verminderde afzet van de enkel en een toename in de heupmomenten en -vermogen op de loopband (**hoofdstuk 11**). Deze verschuiving van enkel- naar heupstrategie was wellicht het gevolg van een achterwaartse positionering van de heup terwijl de romp iets meer naar voren leunde. De verschillen tussen de ganglaboratoria kunnen gedeeltelijk te wijten zijn aan een toegenomen vermoeidheid door het langer continu lopen op de loopband. De resultaten geven aan dat gangbeeldanalyse uitgevoerd in een interactief ganglaboratorium niet direct vergeleken kan worden met die van een conventioneel laboratorium als het is uitgevoerd in kinderen met of zonder CP. Laboratorium specifieke normatieve gegevens zijn hierdoor noodzakelijk voor de klinische interpretatie van een gangbeeldanalyse.

Het interactieve ganglaboratorium kan ook worden gebruikt om patiënten te verstoren, om zo stoornissen en afwijkingen van het looppatroon beter te identificeren tijdens het lopen. Dit idee bouwt voort op de passief en gecontroleerd uitgevoerde, gemotoriseerde test en maakt een functionele evaluatie van reflexactiviteit mogelijk tijdens het lopen. Tien volwassenen werden tijdens het lopen verstoord door plotselinge, kleine versnellingen en vertragingen van de loopband van verschillende intensiteit tijdens de stand fase (**hoofdstuk 12**). Hoewel het effect op de enkel hoek klein was, veroorzaakten de verstoringen duidelijke veranderingen in de kuitspier lengte en reksnelheid ten opzichte van onverstoorde lopen. De versnellingen waren in staat om rekreflexen op te wekken in de kuitspieren, terwijl vertragingen resulteerden in een verminderde feedback en spieractiviteit. De verstoringen hadden geen invloed op het totale looppatroon. Deze studie vormt de basis voor de toepassing van loopbandverstoringen voor functionele kwantificatie van rekreflexen tijdens klinische gangbeeldanalyse op een loopband.

De uitvoerbaarheid en validiteit van de verschillende technologieën is besproken in **hoofdstuk 13**, met daaruit volgend de klinische implicaties van het gepresenteerde onderzoek en aanwijzingen voor toekomstig onderzoek. Bovendien worden in dit hoofdstuk de uitdagingen voor klinische implementatie besproken, waaronder de balans tussen de complexiteit van een model en de klinische interpreteerbaarheid van de uitkomstmaten, het vaststellen van de inherente waarde van de technieken ten opzichte van beschikbare meetinstrumenten en de potentie om hun waarde voor klinische besluitvorming verder te verbeteren. In dit proefschrift wordt aangetoond dat de gemotoriseerde test en het interactieve ganglaboratorium veelbelovende technieken zijn voor het meten van motor (dis)functie in kinderen met CP. De gepresenteerde haalbaarheid- en validiteitsstudies effenen de weg voor de toekomstige klinische toepassing van deze technieken, om zo geïndividualiseerde behandelingsselectie te verbeteren.