

## University of Groningen

### Gait control after stroke

Otter, Arie Robert den

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2005

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Otter, A. R. D. (2005). *Gait control after stroke: a neuromuscular approach to functional recovery*. s.n.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

**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.

*Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.*

# Samenvatting



Een supratentorieel CVA (CerebroVasulair Accident) kan resulteren in spierzwakte of paralyse. Als gevolg hiervan kunnen patiënten problemen ondervinden in functionele motorische taken zoals lopen. Omdat mobiliteit in belangrijke mate bijdraagt aan de zelfredzaamheid van de patient in het dagelijks leven wordt tijdens de revalidatie veel tijd en moeite besteed aan het herleren van lopen. Om optimale behandelresultaten te behalen is het belangrijk dat de effectiviteit van behandelingen empirisch is aangetoond en dat nieuwe behandelmethoden stevig verankerd zijn in geaccepteerde ideeën over de (neuro-) fysiologie en biomechanica van het lopen. Omdat het verminderde functioneren van de spieren het sleutelkenmerk vormt van hemiparese is in dit proces een belangrijke rol weggelegd voor electromyografische metingen (EMG) die gemaakt worden tijdens het lopen van patiënten. Een belangrijk aspect van electromyografische patronen van cyclische bewegingen zoals lopen, is de zogenaamde ‘timing’ van de spieractiviteit. Op ieder willekeurig moment van de gangcyclus moet de amplitude van de spieractiviteit worden aangepast aan de momentane taakeisen van het lopen (bijvoorbeeld het bieden van steun tijdens de standfase, of het verzorgen van verticale ruimte voor de voet tijdens de zwaai fase). Als gevolg hiervan vertoont iedere spier tijdens het lopen zijn eigen stereotype aanspanningspatroon. Uit eerdere studies is gebleken dat de spieraanspanningspatronen van hemiparetische CVA patiënten vaak gekenmerkt worden door een abnormale temporele structuur. Dit proefschrift gaat voornamelijk over deze abnormaliteiten: wat zijn hier de oorzaken van, op welke wijze beïnvloeden zij de loopvaardigheid, en hoe veranderen dergelijke patronen tijdens het loopherstel? De onderzoeken die in dit proefschrift worden gepresenteerd willen een bijdrage leveren aan een beter begrip van de oorzaken van loopproblemen van hemiparetici en de wijze waarop patiënten in staat zijn de loopvaardigheid te optimaliseren nadat de spierfunctie is aangedaan. Verder kunnen de beschreven onderzoeken inzicht bieden in de vraag of de behandeling van loopproblemen na een CVA zich zou moeten richten op het modifieren van de temporele spiercoördinatie.

Omdat een groot deel van de hemiparetische populatie op ongewoon lage snelheden loopt, vereist een adequate interpretatie van de aanspanningspatronen in deze groep inzicht in de controle-mechanismen die ten grondslag liggen aan snelheidsregulatie op zeer lage snelheden. Daarom heeft **hoofdstuk 2** van dit proefschrift betrekking op de effecten van zeer lage loopsnelheden op de neuromusculaire patroonvorming van gezonde jonge volwassenen. Extreme

reducties van de loopsnelheid kunnen veranderingen veroorzaken in de locomotore taakeisen wat mogelijk leidt tot modificaties van de spieraanspanningspatronen tijdens het lopen. Hoofdstuk 2 beschrijft een onderzoek waarin spieraanspanningspatronen worden bestudeerd op een loopband terwijl de loopsnelheid systematisch werd gevarieerd van normale snelheden tot ‘bijna stilstaan’. Hiervoor werden de neuromusculaire gain functies bepaald die de fase afhankelijke effecten van loopsnelheid op de amplitude van het EMG in kaart brengen. Negen gezonde, jonge volwassenen liepen op zeven verschillende snelheden (1.39, 0.83, 0.28, 0.22, 0.17, 0.11, and  $0.06 \text{ ms}^{-1}$ ) terwijl het EMG werd geregistreerd van acht beenspieren. De resultaten lieten zien dat de fasering van spieractiviteit relatief stabiel bleef over de verschillende snelheden, ondanks substantiele veranderingen in de amplitude. Echter, tussen  $1.39$  en  $0.28 \text{ ms}^{-1}$  werden periodes van activiteit gevonden in Rectus femoris, Biceps femoris en Tibialis anterior die specifiek waren voor bepaalde snelheidsdomeinen. Indien de loopsnelheid verder werd teruggebracht (van  $0.28 \text{ m s}^{-1}$  tot  $0.06 \text{ m s}^{-1}$ ), werden negatieve gain-waarden gevonden in de Peroneus longus tijdens de midden standfase en in de Rectus femoris tijdens de late zwaafase, wat aangeeft dat zich in deze spieren nieuwe bursts van activiteit ontwikkelden bij zeer lage loopsnelheden. Mogelijk kan deze extra activiteit worden toegeschreven aan de toegenomen posturale eisen tijdens de standfase en de veranderde dynamica van het zwaaibeen op zeer lage snelheden.

Zoals gezegd ondergaat de temporele organisatie van spieractiviteit na een CVA vaak radicale veranderingen. Hoewel verschillende studies zich hebben gericht op het identificeren van abnormaliteiten in de spieraanspanningspatronen van CVA patienten zijn de meeste resultaten gebaseerd op visuele inspectie van gemiddelde patronen of op gebruik van weinig betrouwbare kwantitatieve methoden (zogenaamde ‘thresholddetectie’). **Hoofdstuk 3** beschrijft een onderzoek waarin de duur van activiteit van de Biceps femoris (BF), Rectus femoris (RF), Tibialis anterior (TA) en Gastrocnemius medialis (GM) werd gekwantificeerd voor vier deelfasen van de gangcyclus (eerste double support fase (DS1), single support fase (SS), tweede double support fase (DS2) en de zwaafase (SW)) en werd vergeleken tussen 24 hemiparetische CVA patienten en 14 gezonde controle subjecten. Perioden van spieractiviteit en -inactiviteit werden geïdentificeerd met behulp van clusteranalyse van het gefilterde en gelijkgerichte EMG signaal. In het bovenbeen werden significant langere gemiddelde duren van BF en RF activiteit gevonden tijdens de SS fase van zowel het paretische been (70% voor BF, en 78%

voor RF) als het niet-paretische been (71% voor BF, en 81% voor RF) vergeleken met controle subjecten (respectievelijk 45% en 53% voor de BF en de RF). Als gevolg hiervan was de duur van de BF-RF coactiviteit tijdens de SS fase langer in beide benen van CVA patienten (61% in het paretische en 62% in het niet-paretische been) dan in controles (25%). Verder was de BF-RF coactiviteit in de DS1 fase abnormaal lang (82% vs 57% in controles). In het onderbeen werden langere gemiddelde activatieduren gevonden voor de GM tijdens de DS1 fase van het paretische been (51%) dan in gezonde subjecten (38%). In de paretische TA werden significant langere activatieduren gevonden tijdens de SW fase (73% vs 60% in gezonden) terwijl kortere duren werden gevonden tijdens de SS fase (28% vs 48% in gezonden). Er werden geen statistisch significante verschillen gevonden tussen het paretische en niet-paretische been van patienten, afgezien van de gemiddelde totale duur van de TA tijdens de DS1 fase (respectievelijk 50% en 69% voor het paretische en het niet-paretische been). Deze resultaten suggereren dat, ondanks grote interindividuele verschillen tussen patienten, een aantal algemene afwijkingen kunnen worden geïdentificeerd in de temporele structuur van spieractiviteit en -coactiviteit tijdens hemiparetisch lopen. Hoewel deze abnormaliteiten duidelijker zijn in het paretische been blijkt ook de activiteit in het niet-paretische been een aantal duidelijke afwijkingen te vertonen.

Het doel van de studie zoals die beschreven staat in **hoofdstuk4** was om vast te stellen of functioneel gangherstel bij hemiparetische patienten gepaard gaat met veranderingen in de temporele patronen van spieractiviteit en -coactiviteit tijdens het lopen. Daarom werden EMG data verzameld voor beide benen, werd de zwaai-fase-assymetrie bepaald, en werden een aantal klinische maten afgenomen bij hemiparetische CVA patienten, zo vroeg mogelijk na binnenkomst in het revalidatiecentrum en 1, 3, 6 en 10 weken later. De EMG data van de eerste meting werden vergeleken met een groep van 14 gezonde controles om abnormaliteiten in de temporele aanspanningspatronen te kunnen vaststellen tijdens de vroege revalidatiefase. Binnen de patienten werden vergelijkingen gemaakt over de tijd om vast te stellen of loopherstel gepaard ging met veranderingen in de temporele patronen van spieractiviteit en -coactiviteit. De EMG patronen tijdens de eerste meting lieten abnormaal lange duren zien voor de activiteit van de paretische BF en in de RF van beide benen tijdens de SS fase, en voor de paretische GM tijdens de DS1 fase. Tevens bleek dat in deze fase de duur van de coactiviteit tussen BF en RF in het paretische been significant langer was dan bij gezonde subjecten. Over de tijd werden significante toenames waargenomen in de algehele mobiliteit, de mate

van zelfstandig lopen en de maximale loopsnelheid wat aangeeft dat er substantiele verbeteringen hadden plaatsgevonden in de loopvaardigheid van patienten. Echter, ondanks deze functionele vooruitgang, werd geen verandering waargenomen in de duur van spieractiviteit en –coactiviteit en in de mate van zwaafase assymetrie. Ook voor de temporele afwijkingen die werden gevonden tijdens de eerste meting werden geen tijdsgerelateerde veranderingen waargenomen wat er op duidt dat deze abnormaliteiten geen beletsel vormden voor het verbeteren van de loopvaardigheid.

Uit hoofdstuk 4 kan worden geconcludeerd dat modificatie of normalisatie van de spieraanspanningspatronen geen vereiste is voor gangherstel bij hemiparetische CVA patienten. Daarom dient het veranderen van de spieraanspanningspatronen geen belangrijk doel te zijn in de revalidatie van CVA patienten in de post-acute fase. Andere fysiologische processen dan verbeterde temporele regulatie van spieractiviteit, zoals de toename in spierkracht, spelen mogelijk een belangrijkere rol bij het herstel van het loopvermogen na een CVA.

Ondanks de resultaten die beschreven staan in hoofdstuk 4 kan niet worden uitgesloten dat aan herstel gerelateerde veranderingen in neuromusculaire patronen zich op een andere wijze manifesteren dan in de globale temporele kenmerken. Het is namelijk mogelijk dat loopherstel niet zozeer gerelateerd is aan het formeren van nieuwe aanspanningspatronen (of het herstellen van oude patronen) maar aan de automatisering van nieuw geleerde patronen. Met andere woorden, mogelijk leren patienten tijdens het herstel om deze patronen met een grotere consistentie te produceren. **Hoofdstuk 5** behandelt een studie die is uitgevoerd om deze hypothese te toetsen. In deze studie is principale componenten analyse gebruikt als een methode om de schrede tot schrede variabiliteit te kwantificeren voor patronen van de BF, de RF, de TA en de GM van beide benen in 14 hemiparetische CVA patienten en 15 controle subjecten. Bij het bepalen van deze variabiliteit werd een onderscheid gemaakt tussen de zgn ‘gain variabiliteit’ (d.i. schrede tot schrede variatie in de schaling van de amplitude van hetzelfde aanspanningspatroon) en ‘residuele variabiliteit’ (willekeurige fluctuaties in de amplitude en faseverschuivingen) Patienten werden kort na binnenkomst in het revalidatiecentrum gemeten (gemiddeld 35 dagen na het CVA) en 1, 3 en 6 weken later. De resultaten laten zien dat tijdens de eerste meting zowel de schrede tot schrede gain variabiliteit als de residuele variabiliteit van het aanspanningspatroon van de BF in beide benen abnormaal hoog was. Over de tijd werden duidelijke verbeteringen waargenomen in de loopvaardigheid van patienten, met betrekking tot de algehele mobiliteit, de zelfstandigheid van het lopen en de maximale

loopsnelheid. Tijdens het looperstel vond een significante reductie plaats van de gain variabiliteit van de paretische BF. Voor de andere spieren werden geen herstel gerelateerde veranderingen gevonden in de gain variabiliteit of de residuele variabiliteit van het aanspanningspatroon. Deze bevindingen geven steun aan het idee dat de temporele structuur van spieractivatiepatronen zich reeds vroeg na het CVA ontwikkelen en dat looperstel met name gerelateerd is aan de automatisering en meer consistente productie van deze patronen, wat resulteert in een afname in de schrede tot schrede variabiliteit van aanspanningspatronen tijdens het lopen.

De meerderheid van de onderzoeken naar het lopen van hemiparetici hebben betrekking op relatief simpele gangtaken waarin patienten wordt gevraagd 'van A naar B' te lopen, of om een bepaalde tijd of afstand af te leggen op de loopband. Uiteraard omvat het lopen in de wereld veel meer dan het afleggen van rechte en onverstoorde trajecten, en toekomstig onderzoek zou zich dan ook moeten richten op het adaptief vermogen hemiparetische lopers in meer complexe omstandigheden. **Hoofdstuk 6** van dit proefschrift beschrijft een onderzoek naar de adaptiviteit van spatiotemporele schredeparameters in een groep hemiparetische CVA patienten. Hoewel verschillende dierstudies gewezen hebben op de belangrijke rol van de motorische cortex voor het controleren van vrijwillige aanpassingen in het gangpatroon, is er slechts weinig bekend over de effecten van corticale lesies op dit aanpassingsvermogen bij mensen. Obstakel vermijdingstaken bieden een mogelijkheid om aanpassingen in het stappatroon te onderzoeken in een gecontroleerde, experimentele context. Hoofdstuk 6 beschrijft een verkennend onderzoek naar het aantal fouten, de geprefereerde stapstrategieën (stapverkorting of stapverlenging) en de spatiotemporele kenmerken (procentuele toename van de staplengte, stapduur en de stapnelheid) tijdens het ontwijken van obstakels in 11 hemiparetische CVA patienten en 7 gezonde controles. Patienten bleken minder succesvol in het ontwijken van de obstakels dan gezonden (14% van de trials vs 0.5% bij gezonden) ongeacht of het obstakel werd aangeboden aan het paretische of het niet-paretische been. Het aantal niet-succesvolle trials nam systematisch toe naarmate de tijd om te reageren minder werd. Tijdens succesvolle trials werd het verlengen van de stap verkozen boven het verkorten van de stap. Deze tendens was groter bij patienten (stapverlenging in 91% van de trials tegen 75% bij gezonden), ongeacht of het obstakel werd aangeboden aan het paretische of niet-paretische been. In tegenspraak met eerder onderzoek van Patla en collega's (1999) bleek dat de voorkeur voor bepaalde stapstrategieën niet werden bepaald door een criterium van minimale voetverplaatsing, gezien het feit dat stapverlenging zelfs in situaties

werd gebruikt waarin het spatieel voordeliger was om de stap te verkorten. Er werden geen significante verschillen gevonden in de toename van staplengte, stapduur en stapnelheid van zowel de ontwijkstap als de daaropvolgende stap. Echter, voor een subgroep van trager lopende patiënten (n=5) werden procentuele toenames gevonden voor duur, lengte, en snelheid van de ontwijkstap. Vergelijkbare resultaten werden verkregen voor de daaropvolgende stap wat aangeeft dat deze subgroep meer moeite had om de verstoorde loopcadens te herstellen. Binnen de patientgroep werden geen systematische verschillen gevonden tussen het paretische en het niet-paretische been voor het foutenpercentage, de stapstrategieën of de spatiotemporele stapkenmerken. De resultaten die in hoofdstuk 6 zijn beschreven suggereren dat het vermogen van CVA patiënten om op een adequate wijze de spatiotemporele kenmerken van hun stappatroon aan te passen, is aangedaan. Dit geldt met name als ontwijkingsmanoeuvres moeten worden uitgevoerd onder tijdsdruk. De afwijkende stapstrategieën die door patiënten worden gebruikt wijzen er op dat spatiale efficiëntie mogelijk wordt opgeofferd voor veiligheid, door te kiezen voor een motorisch minder complexe strategie. Tot slot wijzen de resultaten erop dat unilaterale corticale schade leidt tot een verminderde spatiotemporele flexibiliteit in beide benen wat er mogelijk op duidt dat het verminderd vermogen van CVA patiënten om obstakels te ontwijken gerelateerd is aan problemen van een meer algemene coördinatieve aard.

De belangrijkste conclusie die uit dit proefschrift kan worden getrokken is dat de spieraanspanningspatronen van hemiparetische CVA patiënten afwijken van de patronen van gezonde mensen, maar dat deze afwijkingen geen beletsel vormen voor herstel van de functionele loopvaardigheid. Mogelijk vertegenwoordigt de meerderheid van deze abnormaliteiten compensatoire neuromusculaire strategieën die reeds vroeg na het CVA worden ontwikkeld en als zodanig wellicht een noodzakelijke voorwaarde (i.p.v. een beletsel) vormen voor loopherstel. Uit dit proefschrift blijkt verder dat loopherstel mogelijk gerelateerd is aan een meer consistente productie van spieraanspanningspatronen tijdens het lopen. Dit duidt er wellicht op dat de nieuw ontwikkelde (abnormale) aanspanningspatronen over het verloop van loopherstel worden geautomatiseerd. Omdat automatisering van neuromusculaire patronen zich uitsluitend kan ontwikkelen op basis van herhaaldelijk aangeboden, taakspecifieke afferente informatie, bieden deze bevindingen steun aan het idee dat loopvaardigheid getraind dient te worden in een taakspecifieke context en bij een hoge intensiteit.



Toch blijven, ook na voltooiing van dit proefschrift, nog veel vragen onbeantwoord. In toekomstig onderzoek zouden experimenten kunnen worden ontworpen waaruit kan worden afgeleid welke aspecten van de aanspanningspatronen van patiënten een primaire stoornis vertegenwoordigen van de neuromusculaire controle, en welke aspecten een afspiegeling vormen van compensatoire strategieën. Verder zou onderzoek naar de timingsaspecten van aanspanningspatronen gebruik moeten gaan maken van meer gesofisticeerde analyse methoden die rekening houden met het continue karakter van EMG signalen. De huidige reductie van EMG patronen tot stapfuncties (aan/uit detectie) zorgt ervoor dat veel kostbare informatie over de musculaire controle van het lopen verloren gaat.