

Versnellen van innovaties voor man-machine-systemen voor zorgapplicaties

Technologische innovaties voor de medische en zorgpraktijk hebben vaak moeite om voorbij het stadium van een prototype te geraken en zijn vaak lastig in te bedden in de praktijk. In dit artikel wordt een showcaseproject, Cue2Walk, beschreven; uitgevoerd binnen het Medical Delta Living Lab Rehabilitation Technology. Het project laat zien dat kennis, praktijk, eindgebruikers (cliënten, patiënten) en bedrijven samen in co-creatie een innovatie versnellen.

Martijn van der Ent, Klaasjan van Haastrecht en Erwin de Vlugt

Dat ons collectief zorgstelsel onder financiële druk staat, heeft geen toelichting meer. Bezuinigingen op dure tweedelijns zorg zijn in gang gezet met als gevolg dat ziekenhuizen steeds sneller patiënten ontslaan. Hierdoor verschuiven kosten naar de (poli) klinische zorg, verpleging en verzorging en thuiszorg. Tegen de achtergrond van deze bezuinigingen wordt ook een steeds groter beroep gedaan op zelfredzaamheid van zorgbehoevenden. Op zich is dit een 'gezonde' gedachte indien de patiënt gedurende de tocht over het 'zorgpad' richting huis op adequate wijze wordt ondersteund met de juiste informatie en hulpmiddelen. Andersom, vanuit de preventiekant gezien, worden kwetsbare groepen als de groeiende populatie ouderen met gestapelde gezondheidsproblemen (multi-morbiditeit), aangemoedigd zo lang mogelijk thuis te blijven wonen. Beide tendensen, zowel 'sneller naar huis' als 'langer gezond thuis' vragen om hulpmiddelen als verlengstuk van de mens. Dit betekent dat het hulpmiddel de fysieke en/of cognitieve functiebehoefte van de patiënt vervult voor het (blijven) uitvoeren van activiteiten tot participatie in de samenleving.

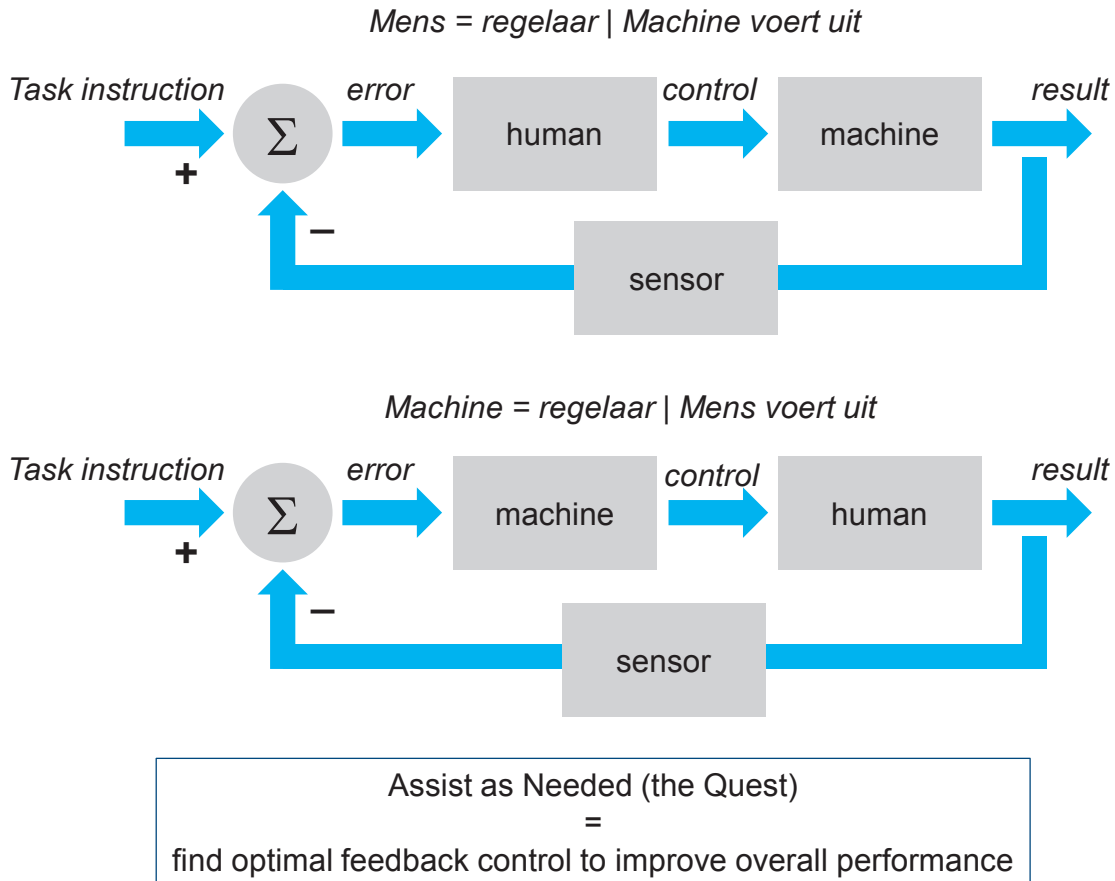
Voor ontwikkeling van succesvolle producten voor revalidatie is kennis op diverse gebieden noodzakelijk die niet sequentieel maar gelijktijdig ingezet kunnen worden. Een Living Lab biedt diensten op de verschillende fasen van een innovatietraject:

- ideation (identificatie van gebruikersbehoeften);
- ontwerpen: co-creatie en co-design;

- methodiek: test en evaluatie;
- implementatie: optimalisatie werkprocessen;
- economisch: business development, technische en economische haalbaarheid;
- impact: doelmatigheidsanalyse (Health Technologie Assessment) ten behoeve van besluitvorming (management, investering).

Living Labs bieden real-life proeflocaties aan voor het ontwerpen, testen en evalueren van prototypen met eindgebruikers (cliënten, patiënten, professionals). Het Living Lab Rehabilitation Technology heeft technologische kennis en expertise in mens-machine-systemen (cybernetica), fysiologie, biomechanica, ergonomie, regeltechniek en industrieel ontwerpen en richt zich op technologische innovaties voor efficiënte zorgpaden in de revalidatiepraktijk. Samenwerkingspartners binnen het Living Lab Rehabilitation Technology zijn: Sophia Revalidatie (regio Den Haag), Rijnlants Revalidatiecentrum (regio Leiden), Rijndam Revalidatie (regio Rotterdam), Leiden Universitair Medisch Centrum, Erasmus Medisch Centrum, Technische Universiteit Delft en De Haagse Hogeschool.

Hierna wordt eerst een generiek ontwerpconcept uitgelegd dat gehanteerd wordt voor ontwikkeling van hulpmiddelen. Daarna wordt een voorbeeldproject gepresenteerd, het Cue2Walk project, dat recentelijk is uitgevoerd binnen het Living Lab Rehabilitation Technology.

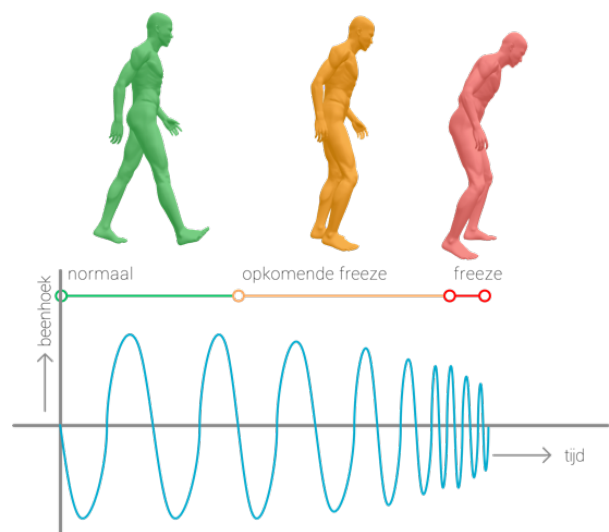


Afbeelding 1. Mens en machine in een regeltechnische verhouding tot elkaar: de mens regelt het systeem en de machine voert de actie uit (bovenste schema), of omgekeerd (onderste schema). Doel van het totaal geregelde systeem is ondersteuning van de mens in het uitvoeren van lichaamsfuncties, zodanig dat eigen capaciteit (kracht, beweging, controle) optimaal wordt benut (Assist as Needed).

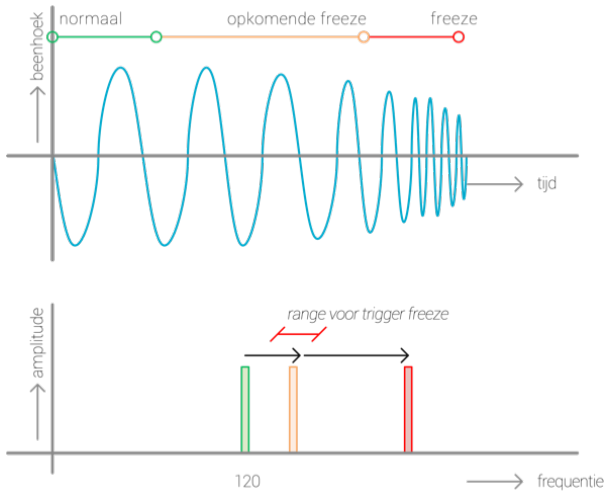
Mens-machine-systemen

In afbeelding 1 zijn de universele regelschema's gegeven die ten grondslag liggen aan de ontwikkeling van hulpmiddelen die de mens ondersteunen in zijn psychomotorische functie. De drie varianten waarin de mens interacteert met de machine zijn weergegeven: de mens regelt en de machine voert uit (Human Controller, afbeelding 1, bovenste diagram), de machine regelt en de mens voert uit (Machine Controller, afbeelding 1, onderste diagram) en de combinatie (hybride) van beide vormen waarbij de mens en machine interacteren en taken gedeeltelijk uitvoeren. In de praktijk komt doorgaans de hybridevorm veel voor waarbij de mens en de machine beide regeltaken uitvoeren. Bijvoorbeeld bij een actieve knieprothese waar de loopbeweging door zowel de gebruiker als prothese wordt aangestuurd. Voor een juiste werking van het totaal geregelde systeem is het cruciaal om van te voren vast te stellen wie (mens of machine) welke acties in welke mate uitvoert. Hiertoe is kennis van zowel de capaciteit en behoeften van de mens, als de ondersteunende capaciteit van de machine noodzakelijk. Een verkeerd ontwerp kan leiden tot over- of ondercompensatie van functie waardoor bijvoorbeeld het revalidatieproces te

traag op gang komt, de mens niet voldoende wordt gemotiveerd of overbelast raakt. Naast de juiste control-instellingen spelen comfort en cosmetica ook een belangrijke rol in de acceptatie van



Afbeelding 2. Freeze of Gait (FoG), illustratie van het veranderend looppatroon (boven) en verloop in beenhoek (onder).



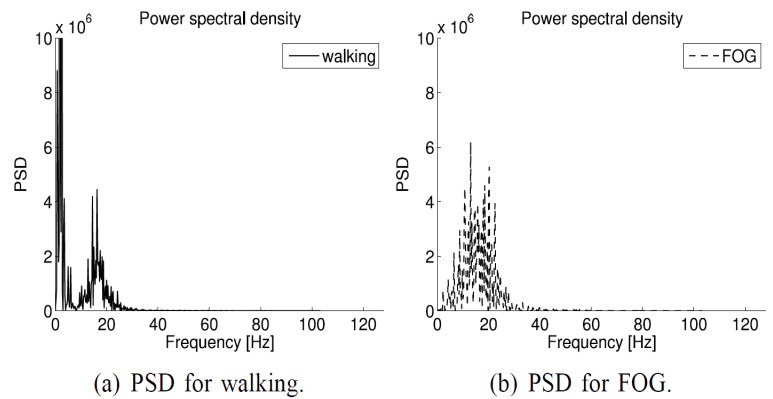
Afbeelding 3. Schematische weergave van de verandering van stapfrequentie in Parkinsonpatiënten van normaal lopen, aanloop tot FoG en FoG, zowel in de tijd (boven) als in het frequentiedomein (onder).

het hulpmiddel. Dit worden ook wel de drie ontwerp-C's genoemd in ontwerp van mens-machine-systemen: Control, Comfort en Cosmetics (Plettenburg, 2002). Belangrijk voor een succesvol product, ofwel voor intensief gebruik, is dat aan alle drie de ontwerpeisen moet worden voldaan. Hiertoe is voldoende praktijkgelegenheid nodig voor kleine iteratieve aanpassingen waarbij de wens van de gebruiker centraal staat.

Freeze of Gait (FoG)

Patiënten met de ziekte van Parkinson ervaren veelvuldig loop- en balansproblemen. Hun loopbeweging kan plotseling stoppen (Freeze of Gait, FoG). Tijdens FoG heeft de patiënt het gevoel dat de voeten aan de grond blijven plakken (afbeelding 2) en er geen adequate voorwaartse passen gemaakt kunnen worden.

Ongeveer 50% van alle Parkinsonpatiënten heeft regelmatig last van FoG-symptomen (Fahn, 1995; Giladi, 2001; Macht et al., 2007). FoG is moeilijk te meten, omdat het zeer gevoelig is voor omgevingstriggers, cognitieve input en medicatie. Bijvoorbeeld, FoG komt vaak thuis voor en veel minder vaak in het kantoor van de arts of in een gangbeeldonderzoek (laboratorium) (Nieuwboer, De Weerdt, Dom, & Lesaffre, 1998). FoG heeft aanzienlijke sociale en klinische gevolgen voor patiënten. Het is een veel voorkomende oorzaak van vallen (Bloem, Hausdorff, Visser, & Giladi, 2008), interfereert met de dagelijkse activiteiten en schaadt de kwaliteit van leven (de Boer, Wijker, Speelman, & de Haes, 1996). Farmacologische behandeling (meestal Levodopa) van Parkinson is moeilijk en vaak niet effectief bij het verlichten van FoG. Daarom zullen effectieve niet-farmacologische behandelingen moeten worden



Afbeelding 4. Verandering in het frequentiespectrum (PSD) van normaal lopen (links) en gedurende de verandering van het looppatroon naar een FoG (rechts) gemeten met een versnellingsopnemer net onder de knie (reproductie van Bachlin et al., 2010).

ontwikkeld als aanvullende therapie om symptomen te verlichten en voor het verbeteren van de mobiliteit. Nieuwboer e.a. hebben aangetoond dat ritmische auditieve stimulatie (RAS) effectiever is dan visuele en somato-sensorische cueing (Nieuwboer et al., 2009) in het verhogen van de loopsnelheid en het verminderen van de variabiliteit van het looppatroon (dat wil zeggen het verbeterde de stabiliteit (Hausdorff et al., 2007)). Maar er was geen relatief voordeel van het gebruik van deze methode voor het gangbeeld bij Parkinsonpatiënten die ook last hebben van FoG. In een ander onderzoek is aangetoond dat incidentele RAS na FoG-detectie de duur van FoG verkortte (Bachlin et al., 2010).

FoG-detectie

In afbeelding 3 is de verandering van het looppatroon schematisch weergegeven, uitgedrukt over de tijd en in het frequentiedomein. Voordat FoG optreedt, is in de meeste gevallen een aanloopfase waarneembaar. Deze aanloopfase kan gebruikt worden om FoG te identificeren in het frequentiedomein door de verandering in spectraal componenten (afbeelding 4) te detecteren.

Cure2Walk-project

Het Cue2Walk is een voorbeeldproject dat is uitgevoerd binnen het Living Lab Rehabilitation Technology en heeft inmiddels de eerste twee fases van het innovatietraject doorlopen. In dit project worden Parkinsonpatiënten geholpen om optredende FOG te overkomen met een praktische toepassing: Smart Cueing. De Cue2Walk-applicatie (van start-up bedrijf Cue2Walk International) is een nieuw technologisch hulpmiddel en het idee en de daaropvolgende prototypen zijn ontstaan in co-creatie tussen technologen, behandelaars en patiënten.

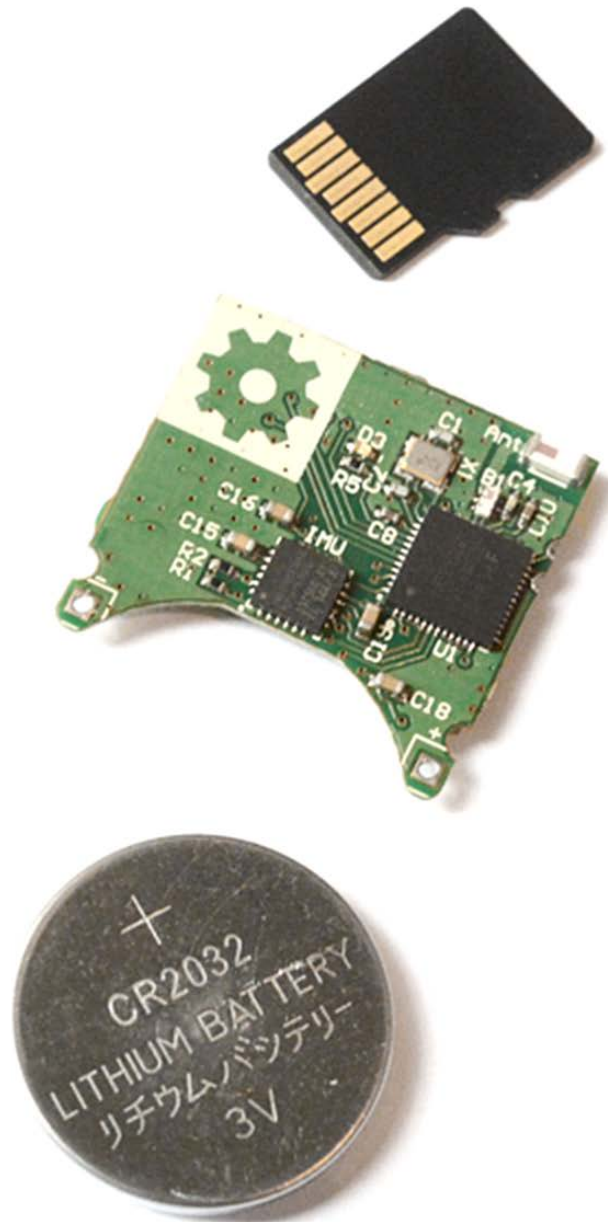


Afbeelding 5. Eerste prototype bewegingssensor om de enkel.

Cue2Walk bouwt voort op de studie van (Bachlin et al., 2010) om de eerste draagbare FoG-reducerende applicatie voor dagelijks gebruik door Parkinsonpatiënten te realiseren. De applicatie heeft twee principieel verschillende functies waartussen het schakelt, namelijk monitoring en regeling. Ofwel, het betreft hier een hulpmiddel dat enerzijds als sensor fungeert tijdens normaal lopen en ingrijpt als regelaar (onderste schema, afbeelding 2) wanneer FoG optreedt.

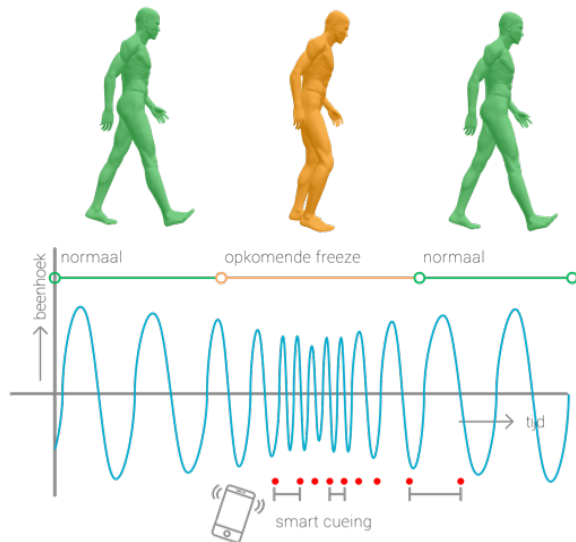
De Cue2Walk-applicatie bestaat uit een meetsensor om de onderste extremiteit (zie afbeeldingen 5 en 6), welke via Bluetooth verbonden wordt met de mobile smartphone van de patiënt. Studenten van verschillende opleidingen van de HHs (Bewegingstechnologie, Elektrotechniek en ICT) i.s.m. een student van de opleiding Biomedical Engineering van de TU Delft hebben het FOG detectie-algoritme ontworpen, getest en geïmplementeerd in de sensor. Studenten van de HHs opleiding Industrieel Product Ontwerpen hebben een ontwerp gemaakt van de sensorbehuizing waarbij de drie ontwerp-C's een belangrijke rol speelden (Plettenburg, 2002). Voor de locatie van de meetsensor is uiteindelijk gekozen voor het onderbeen. Andere locaties (enkel, heup, romp) resulteerden in een minder bruikbare signaal-ruisverhouding van de bewegingsdata waardoor detectie minder nauwkeurig bleek. Daarbij biedt deze locatie voldoende vrijheid voor een cosmetisch en comfortabel ontwerp welke gemakkelijk onder de kleding gedragen kan worden. De behuizing kan eenvoudig worden geopend voor vervanging van de benodigde knoopcelbatterij.

Wanneer de sensor een FoG-aanloopfase detecteert, wordt een audiosignaal afgegeven via de smartphone. Dit audiosignaal is een pulserend metronoom geluid dat de patiënt stimuleert de loopfrequentie te handhaven (RAS) om FoG te voorkomen (afbeelding 7). Doordat de symptomen sterk variëren per patiënt,



Afbeelding 6. Onderdelen van de bewegingssensor (van boven naar beneden): geheugenkaart voor opslag bewegingsdata, versnellingsopnemer inclusief Bluetooth verbinding, batterij.

maar juist ook bij dezelfde patiënt gedurende de dag, is het algoritme vergelijkend met de meest recente 'goede' stappen en eventuele afwijkende stappen die een FoG indiceren. De eerste prototypes blijken goed in staat een FoG te herkennen en in sommige gevallen te voorspellen. De nauwkeurigheid is sterk afhankelijk van de persoon en moet in de praktijk mogelijk afgesteld worden op specifieke persoonlijke eigenschappen. Bij de optimalisatie is nodig een drempelwaarde te bepalen voor het aantal 'false positives', dat onnodig storend actieven tot gevolg heeft en 'false negatieves' waardoor een patiënt niet de ondersteuning krijgt die gewenst is.



Afbeelding 7. Met een pulserend incidenteel auditief signaal via de smartphone kan worden voorkomen dat FoG optreedt bij Parkinsonpatiënten ('smart cueing').

Conclusies en verder werk

Door vroegtijdig in het ontwerpproces alle betrokken partijen mee te laten denken over mogelijke oplossingsrichtingen is op heel efficiënte wijze een ontwerp gemaakt dat binnen een jaar tijd is ontwikkeld tot een werkend prototype. De ontwikkeling bestond uit verschillende basisdelen: het technisch ontwerp, de functionele en cosmetische vormgeving. Elke nieuwe verandering in het ontwerp kon direct worden geëvalueerd met patiënten en/of behandelaars van Sophia Revalidatie. Studenten van verschillende opleidingen van de Haagse Hogeschool hebben samengewerkt in deelopdrachten, waaronder bewegingstechnologie, elektronica, ICT en industrieel product ontwerpen.

In een vervolgstudie zal de kwaliteit van detectie (false-positives en false-negatives) en tevens de doelmatigheid van Cue2Walk worden geoptimaliseerd. Uiteindelijk zal er worden getoetst door de applicatie een maand lang in te zetten onder een groep van 50 Parkinsonpatiënten.

Dankwoord

De auteurs willen de key-partners van het Living Lab Rehabilitation Technology en een aantal bedrijven (Totem Open Health, DIDID.eu, brandnieuw.com) bedanken. Studenten van De Haagse Hogeschool van verschillende opleidingen (Bewegingstechnologie, Elektronica, Informatica, Mechatronica) in samenwerking met het lectoraat Technology for Health, lectoraat revalidatie en studenten van de TU Delft (Industrieel Ontwerpen, Biomedical Engineering) hebben samengewerkt aan verschillende onderdelen van Cue2Walk.

Subsidieverstrekker: Provincie Zuid-Holland, EIT Health, Winnaar ParkinsonNet Innovation Award 2016.

Referenties

- Bachlin, M., Plotnik, M., Roggen, D., Maidan, I., Hausdorff, J.M., Giladi, N., & Troster, G. (2010). Wearable assistant for Parkinson's disease patients with the freezing of gait symptom. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, 14(2), 436-446. doi:10.1109/TITB.2009.2036165.
- Bloem, B.R., Hausdorff, J.M., Visser, J.E., & Giladi, N. (2008). Falls and freezing of gait in parkinsons disease: A review of two interconnected, episodic phenomena. *Movement Disorders*, 19(8), 871-884.
- de Boer, A.G., Wijker, W., Speelman, J.D., & de Haes, J.C. (1996). Quality of life in patients with Parkinson's disease: development of a questionnaire. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 61(1), 70-74.
- Fahn, S. (1995). The Freezing Phenomenon in Parkinsonism. *Negative Motor Phenomena*, 67, 53-63.
- Giladi, N. (2001). Freezing of gait. Clinical overview. *Negative Motor Phenomena*, 87, 191-197.
- Hausdorff, J.M., Lowenthal, J., Herman, T., Gruendlinger, L., Peretz, C., & Giladi, N. (2007). Rhythmic auditory stimulation modulates gait variability in Parkinson's disease. *Eur J Neurosci*, 26(8), 2369-2375. doi:10.1111/j.1460-9568.2007.05810.x.
- Macht, M., Kaussner, Y., Moller, J.C., Stiasny-Kolster, K., Eggert, K.M., Kruger, H.P., & Ellgring, H. (2007). Predictors of freezing in Parkinson's disease: a survey of 6,620 patients. *Mov Disord*, 22(7), 953-956. doi:10.1002/mds.21458.
- Nieuwboer, A., Baker, K., Willems, A.M., Jones, D., Spildooren, J., Lim, I., Rochester, L. (2009). The short-term effects of different cueing modalities on turn speed in people with Parkinson's disease. *Neurorehabil Neural Repair*, 23(8), 831-836. doi:10.1177/1545968309337136.
- Nieuwboer, A., De Weerd, W., Dom, R., & Lesaffre, E. (1998). A frequency and correlation analysis of motor deficits in Parkinson patients. *Disabil Rehabil*, 20(4), 142-150.
- Plettenburg, H. (2002, August 21-23). Prosthetic control: A case for extended physiological proprioception. Paper presented at the MyoElectric Controls/Powered Prosthetics Symposium, Fredericton, New Brunswick, Canada.

Over de auteurs



Ir. M. van der Ent
Docent en productontwerper
Mens en Techniek |
Bewegingstechnologie
De Haagse Hogeschool, Den Haag



Drs. K. van Haastrecht
Projectmanager SmartLab en Innovatie
Sophia Revalidatie, Den Haag



Dr. E. de Vlugt
Lector Technology for Health
De Haagse Hogeschool
Associate Professor Biomechanica en
Biorobotica
Technische Universiteit Delft
e.devlugt@hhs.nl