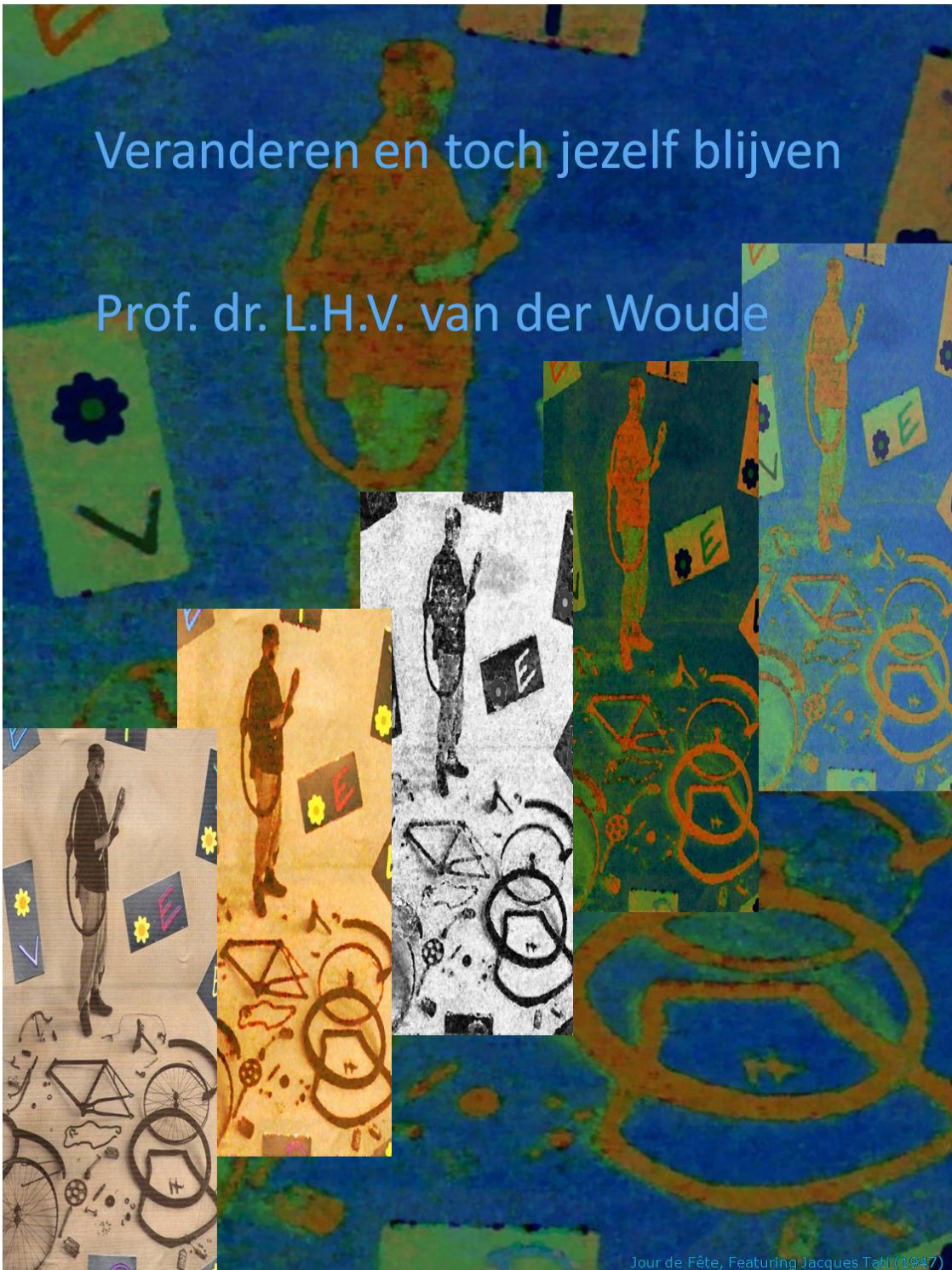


Veranderen en toch jezelf blijven

Prof. dr. L.H.V. van der Woude



Jour de Fête, Featuring Jacques Tati (1947)

Veranderen en toch jezelf blijven

Rede uitgesproken bij de officiële aanvaarding van het ambt van hoogleraar 'Bewegen, revalidatie en functieherstel' bij de disciplinegroep Bewegingswetenschappen van het Universitair Medisch Centrum Groningen van de Rijksuniversiteit Groningen,

dinsdag 15 december 2009,

door

Prof. dr. Lucas H.V. van der Woude

Publicatie: Lucas H.V. van der Woude, Centrum voor Bewegingswetenschappen, Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG), Rijksuniversiteit Groningen (RUG)

Ontwerp voorblad: Eva & Lucas van der Woude met dank aan Jacques Tati, Jour de Fête (1947).

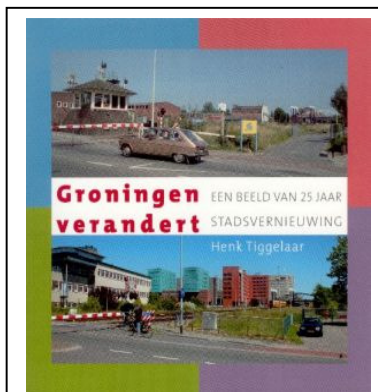
Druk: Facilitair Bedrijf Rijksuniversiteit Groningen met dank aan Jack Bulthuis.

@2009 Lucas H.V. van der Woude / Centre for Human Movement Sciences, University Medical Centre Groningen, University of Groningen. All rights reserved. Save exceptions stated by law, no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, included a complete or partial transcription, without prior written consent of the copyright holder.

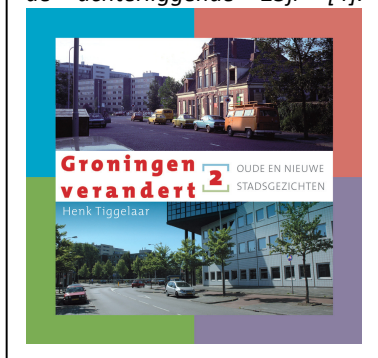
Mijnheer de Rector Magnificus, Leden van het College van Bestuur, Leden van de Raad van Bestuur van het Universitair Medisch Centrum Groningen, Dames en Heren,

Veranderen

'Veranderen' is inherent aan het leven. Een mens verandert, wordt ouder, soms wijzer. En natuurlijk, ook zijn omgeving verandert[4, 8].



Figuur 1. Het boekje 'Groningen verandert' over de aanpassingen in de architectuur van het Groningse beeld over de achterliggende 25jr [4].



Voor mij als geboren Amsterdammer is de overgang naar Groningen de 1^e aanzet geweest tot het thema van mijn oratie. Dankzij hardnekkig volhouden van Chris Visscher ben ik tot het besef gekomen dat verandering na ruim 30 jaar Amsterdam richting Groningen een prachtklus zou opleveren, mits 'mijn eigenheid', mijn persoonlijke kernwaarden, behouden zou blijven. Die kernwaarden zijn voor mij: persoonlijke verbetering en kwaliteit, continuïteit van het 'goede', collegialiteit en respect, doorzetten, en multidisciplinair samenwerken en 'bruggen bouwen'. 'Bruggen bouwen' tussen onderzoek en onderwijs, tussen fundamenteel en toegepast onderzoek, tussen bewegings- en revalidatiewetenschappen, tussen wetenschap en praktijk. En dat is wat Bewegingswetenschappen Groningen mij brengt, naast inspiratie, vernieuwing en veel energie!

'Veranderen en toch jezelf blijven' geldt ook relevante anderen: de revalidant na een ernstig ongeval of ziekte, de professional in de

revalidatie- en bewegingswetenschappen, de student die zich ontwikkelt van twijfelende middelbare scholier tot zelfbewuste onderzoeker. 'Revalideren, opleiden, opgeleid worden'; het is bij uitstek 'veranderen met behoud van eigenheid'.

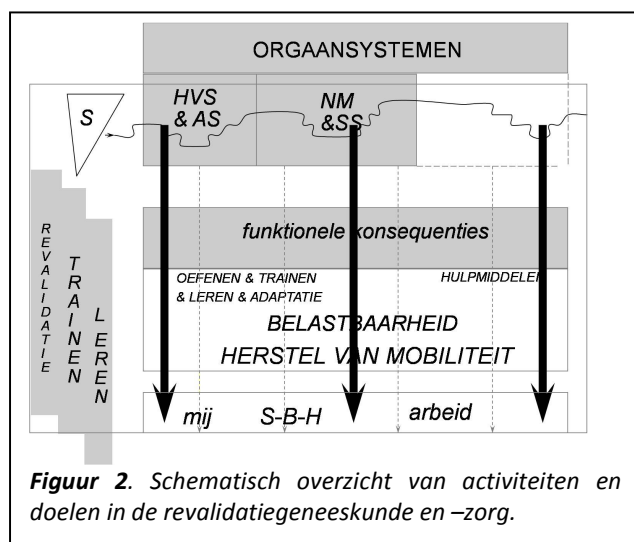
Revalideren is veranderen

Mijn leeropdracht 'Bewegen, revalidatie en functieherstel' betreft het verzorgen van bewegingswetenschappelijk onderzoek en onderwijs in de context van de revalidatie, vaak onderzoek aan volwassenen of kinderen met een beperking én in multidisciplinaire samenwerkingsverbanden. Echter, zonder het 'niet-verstoorde' bewegen te begrijpen, kan het verstoorde bewegen ook niet begrepen worden. En andersom is natuurlijk ook waar.

Revalidatie wordt door Gutenbrunner en collega's [17] gedefinieerd als *'een proces van 'actieve verandering', waardoor een persoon die gehandicapt is geraakt, de kennis en vaardigheden ontwikkelt die nodig zijn om optimaal fysiek, psychisch en sociaal te functioneren'*.

Natuurlijk op de plek in de samenleving die hij/zij zich wenst.

Een veelzijdig probleemgebied, waarin bewegings- en revalidatiewetenschappen samen optrekken, niet zelden met technische en sociaal-wetenschappelijke disciplines of rakend aan andere bewegingsweten-

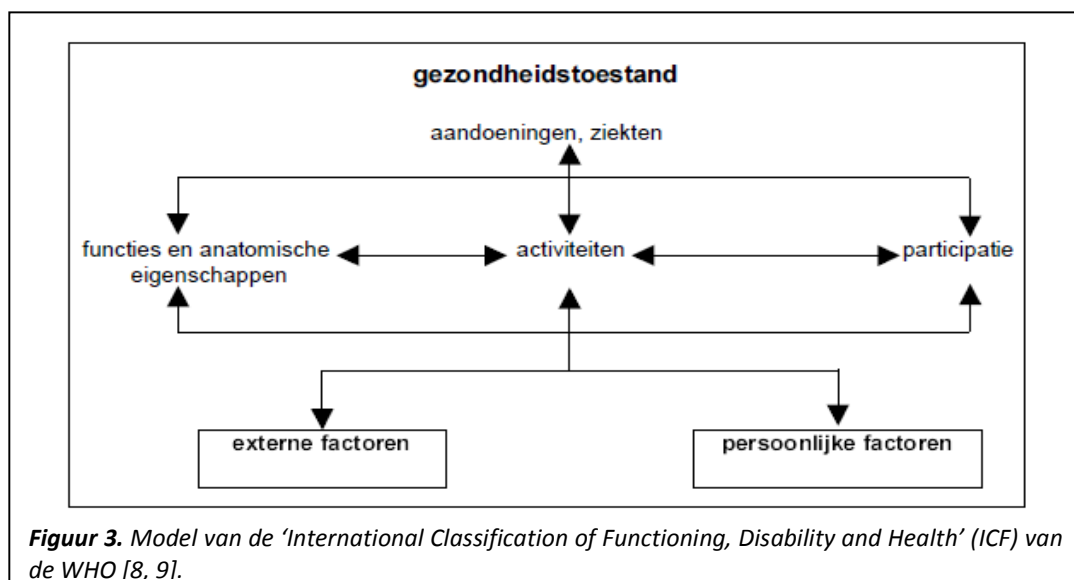


schappelijke aandachtsgebieden als veroudering, sport, arbeid of gezondheid.

'Bewegen' is kernthematiek van revalidatie, het is bepalend voor het menselijk functioneren, voor het 'zijn'. Dat wordt te meer duidelijk wanneer bewegen moeilijk of zelfs onmogelijk is door bv een beroerte, hartinfarct of dwarslaesie. Het leven komt in een stroomversnelling, staat 'op zijn kop', fysiek, mentaal en emotioneel.

Veel wat gewoon was, moet anders, opnieuw geleerd worden. Ogenscheinlijk eenvoudige bewegingsvormen moeten worden ontdekt, geoefend, met of zonder gebruik van hulpmiddelen. Alles moet worden verwerkt. Het brein staat onder hoogspanning.

Het multidisciplinaire revalidatieteam richt zich op herstel van functioneren, op het herwinnen van dagelijkse vaardigheden, maatschappelijke deelname en kwaliteit van leven, zoals weergegeven in het ICF model, een universeel revalidatiemodel voor communicatie, classificatie en meten [9].



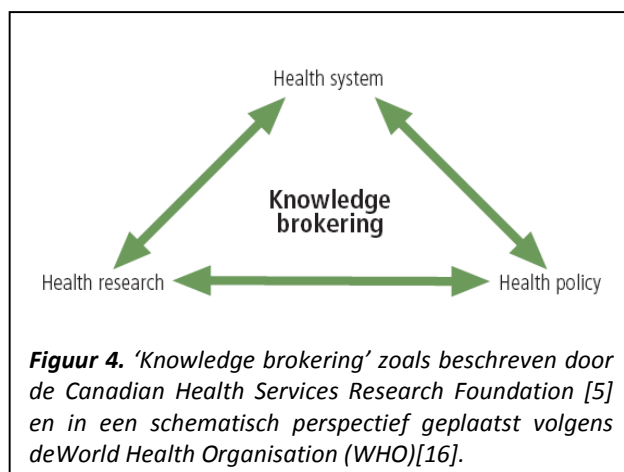
Herstel van mobiliteit betekent herstel van lopen of leren rolstoelrijden, van het evenwicht tussen belasting en belastbaarheid, maar is ook het herwinnen van de individuele 'eigenheid' in en de durf tot maatschappelijke deelname.

Revalidatieprofessionals baseren zich bij voorkeur op wetenschappelijk gefundeerde inzichten, de 'evidence-based rehabilitation'[18, 19]. Door het korte bestaan van revalidatie- en bewegingswetenschappen is de wetenschappelijke basis – hoewel groeiende – nog beperkt. Ondanks 28 internationale wetenschappelijke revalidatietijdschriften, een sterke internationale positie voor Nederlands biomedisch en revalidatieonderzoek [20, 21] en de vroegtijdige erkenning in de jaren 90 van het belang van multidisciplinaire revalidatieonderzoeksnetwerken [2, 22, 23], zijn behandeldiagnose, -strategie of prognose nog te vaak gebaseerd op vooral klinische ervaring; de revalidatie als 'blackbox'.

Wetenschappelijk onderzoek en het vertalen van resultaten naar de

behandelpraktijk zijn echter van levensnoodzaak voor optimale revalidatiezorg en om de groeiende vraag naar efficiënte revalidatiezorg¹ voor de toekomst te waarborgen [24, 25].

Revalidatieprofessionals hebben daarin een belangrijk rol, maar kennen ook hun



Figuur 4. 'Knowledge brokering' zoals beschreven door de Canadian Health Services Research Foundation [5] en in een schematisch perspectief geplaatst volgens de World Health Organisation (WHO)[16].

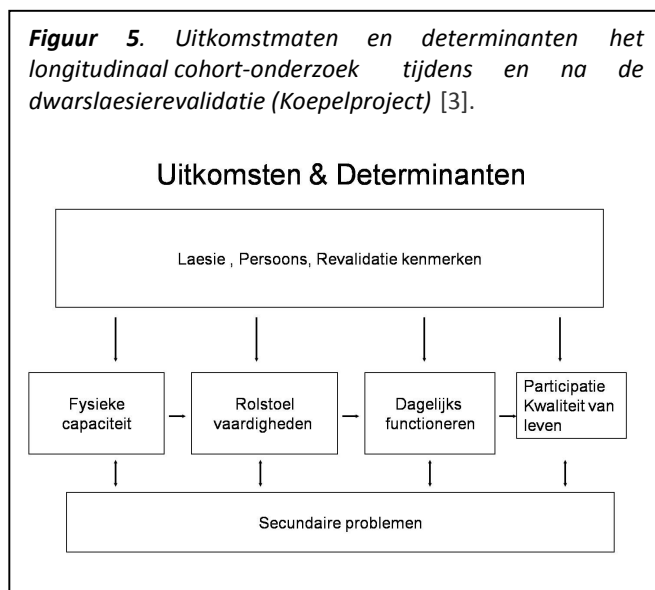
¹ Door 'dubbele' vergrijzing en ontgroening van de samenleving en een steeds beter wordende medische zorg en technologie (bv robotica, virtuele behandeltechnieken, weefselregeneratie, neurale controle) neemt de levensverwachting toe en dus de revalidatiezorgvraag, terwijl de aantallen beschikbare personeel (en dus de zorg) onder druk staat.

beperkingen. Vooral bewegingswetenschappers vullen die goed aan! De revalidatiearts coördineert het klinische proces en het revalidatieteam. Er rest weinig tijd, soms ambitie, voor wetenschappelijk onderzoek². Toch, hoe het herstelproces verloopt - laat staan hoe men het beste kan behandelen, met welke techniek, intensiteit of vorm - is vaak onvoldoende onderzocht. Het zijn echter praktische en cruciale vragen; even zo belangrijk [26] als vragen rond de theoretische fundamenten van het bewegen zelf. Alle vragen die goed aansluiten bij de interesse en deskundigheid van multidisciplinair ingestelde bewegingswetenschappers, als onderzoeker of als 'knowledge broker'[5, 16]. Bewegingswetenschappers vormen een 'linking pin' tussen wetenschap en praktijk, voor nu en in de toekomst dé onmisbare schakel in de gezondheidszorg en revalidatiezorg in het bijzonder. Als opleiders bij bewegingswetenschappen moeten wij onze studenten nog beter op die rollen voorbereiden.

Bewegingswetenschappelijk revalidatieonderzoek is vaak terecht gericht op 'functies, structuren en abstracties' die de fundamenten van het herstel van complexe activiteiten als grijpen, lopen, rolstoelrijden of handbiken bestuderen in de beschermde omgeving van het laboratorium. Maar bewegingswetenschappen beperken zich daartoe niet, en 'zoomt' ook in op het bredere menselijk functioneren, op bewegingsgedrag in een zinvolle context, in relatie tot gezondheid, welbevinden en maatschappelijk functioneren. Een voorbeeld is het promotieonderzoek van Michel Edelaar naar de rol van 'vroege revalidatie-interventie' in het herstel naar arbeid van mensen met specifieke chronische rugklachten, dat in samenwerking met Heliomare, het EMGO Instituut van de VU en het Centrum voor Revalidatie UMCG wordt uitgevoerd [27].

² Nederland kent slechts 1,65 revalidatiearts per 100.000 inwoners; een 23^e plek in een lijst van 30 landen in en om Europa[17].

Beide vormen van onderzoek versterken elkaar, bieden over en weer nieuwe inzichten en nieuwe onderzoeksvragen. Ik illustreer dit graag aan de hand van twee onderzoeksactiviteiten die ik in het Groningse graag continueer: onderzoek naar herstel van mobiliteit bij dwarslaesie en onderzoek rond rolstoelaandrijving en andere cyclische bewegingen in de revalidatie.

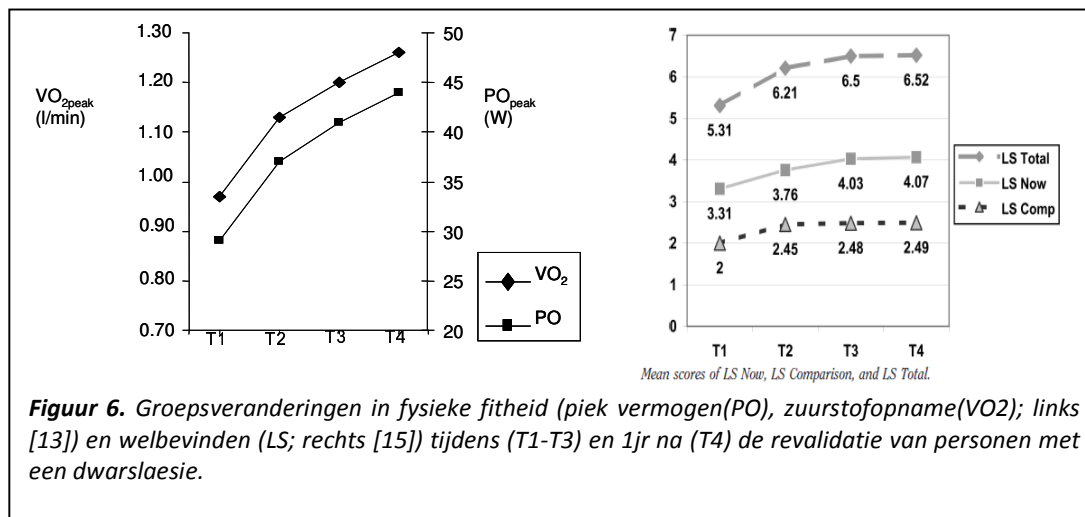


Herstel van mobiliteit bij dwarslaesie

Eind jaren '80 is vanuit het rolstoelonderzoek ook het eerste dwarslaesieonderzoek geïnitieerd[28, 29]. Een dwarslaesie is een beschadiging van het ruggenmerg, en leidt tot onder andere verlammingen en uitval

van gevoel onder het niveau van de beschadiging. Ruim 80% van de patiënten wordt rolstoelgebruiker, doorgaans op relatief jonge leeftijd. Langdurig en intensief rolstoelgebruik is het gevolg. Het revalidatieproces varieert van 3 maanden tot soms wel 2 jaar, afhankelijk van de ernst van het ruggenmergletsel. Een veelheid aan gezondheidsproblemen kan zich vroeger of later voordoen, als gevolg van de dwarslaesie, het zittende leven en inactiviteit, soms juist door een teveel aan activiteit[30]. Revalideren is inherent aan oefenen, aan leren; het is 'veranderen'. In welke richting, vorm of met welke winst in functionaliteit, is zelden in getal of maat bekend. Dit is immers een

kwestie van – door de theorie gestuurd - herhaald en nauwkeurig



meten over de tijd, tijdens en na het revalidatieproces. Dat wordt niet veel gedaan in de revalidatie. Dat is een tekort, want zonder precieze kennis van het proces van veranderen kun je geen zinvolle vragen formuleren over onderliggende mechanismen of optimale revalidatiebehandeling.

In 1999 is met hulp van ZonMw het project 'herstel van mobiliteit in de dwarslaesierevalidatie' gestart³. Tijdens en na de revalidatie van ruim 220 mensen met een dwarslaesie is nauwkeurig het 'herstel rond mobiliteit' gevolgd en zijn door getrainde paramedische onderzoeksassistenten, revalidatieartsen en onderzoekers over alle domeinen van het ICF model meetgegevens verzameld: over bv fitheid en rolstoelmobiliteit, maar ook welbevinden. Het project is uitgegroeid tot een zeer vruchtbaar multidisciplinair netwerk van onderzoekers,

³ www.scionn.nl: Het centrale project in het netwerk 'herstel van mobiliteit in de dwarslaesierevalidatie' was en is een beschrijvend over de tijd doorlopend cohort-onderzoek met herhaalde metingen over een breed spectrum van functioneren, het Koepelproject. Het is het hart van een multidisciplinair netwerk van onderzoekers, professionals, centra. Met een diversiteit aan methoden en disciplines is dit netwerk zowel wetenschappelijk als in praktische uitwerking zeer vruchtbaar gebleken.



Figuur 7. Het resultaat van 10jr onderzoek in het Revalidatieprogramma van ZonMw is zeer positief [2].

professionals, centra en een 20-tal vervolgstudies in de afgelopen 10jr.

Kenmerkend en niet verrassend is dat mensen over het algemeen ten positieve veranderen en zo terugkomen in de richting van het niveau van voor het letsel, fysiek [13] en mentaal [15, 31, 32]. Een vracht aan kennis is vergaard in 9 promoties⁴[33-41]. Nieuwe promotieprojecten zijn opgestart in verschillende multidisciplinaire

samenwerkingsverbanden gericht op bv

herstel van longfunctie, schouderklachten, kwaliteit van leven en onderlinge samenhang⁵[15, 31, 32, 42-45].

Naast wetenschappelijke kennis en theorie, heeft het netwerk de implementatie van kennis in de revalidatiepraktijk op gang gebracht. Ook zijn professionals zich meer bewust van het belang van theoretische onderbouwing en van systematisch monitoren van patiënten op de revalidatiewerkvloer, zowel gedurende als na de revalidatie[46, 47].

Of revalidatie 'de best denkbare 'job' doet', kan echter op grond van dit onderzoek nog niet worden vastgesteld.

Wat het onderzoek vooral oplevert, zijn vervolgvragen. Wat zijn de mechanismen van revalidatie of onderliggend motorisch leren? Wat is

⁴ Succesvolle promoties van het ZonMw programma 'Herstel van mobiliteit in de dwarslaesierevalidatie' tot en met 2009 zijn die van Olga Kilkens, Arjan van der Salm, Stefan Van Drongelen, Patricia de Groot, Govert Snoek, Jos Bloemen-Vrencken, Janneke Haisma, Gabi Mueller en dit jaar Linda Valent [33-41]. Verschillende van hen zijn ook klinisch professional.

⁵ Promoties in 'Herstel van mobiliteit in de dwarslaesierevalidatie' die aanstaande zijn die van Christel van Leeuwen, Casper van Koppenhagen, Sacha van Langeveld, Inge Eriks, Karin Postma en Osnat Douer [15, 31, 32, 42-45].

optimaal bewegen, functioneren en vooral herstel? Welke theorieën verklaren herstel?

Een van de beoogde vervolgstudies richt zich op veranderingen die mensen met een dwarslaesie met het ouder-worden ondergaan. Ondanks veelvuldige complicaties, als bv doorzitwonden, overgewicht, maar ook sociaal isolement [33, 39], blijven mensen na revalidatie teveel uit beeld van de revalidatiezorg, waardoor de gezondheid bedreigd wordt. Vervolgonderzoek o.a. samen met het Centrum voor Revalidatie UMCG richt zich dan ook op aspecten van 'gezond-leven van de ouder wordende persoon met een dwarslaesie' en op de preventie van gezondheidsklachten via bewegingsinterventies voor actieve leefstijl en fitheid. Kortom, het streven naar "Healthy Aging" via een vorm van 'revalidatie-voor-het-leven' [48, 49]. Dit veronderstelt ondermeer een voor iedere (ex-)revalidant vrij toegankelijk sport- en gezondheidscentrum, als onderdeel van een regionaal Expertisecentrum voor Sport & Handicap, zoals voorgestaan door disciplinegroepen Bewegingswetenschappen, Revalidatie- en Sportgeneeskunde van het UMCG⁶. Behandeling, onderzoek en onderwijs gaan hier hand in hand; belangrijk voor de toekomst van het bewegings- en revalidatiewetenschappelijke onderzoek. Samenwerking is daarvoor onontbeerlijk: tussen bewegings- en revalidatiewetenschappen, Beatrixoord, Revalidatie Friesland, maar ook nationale multicenter samenwerking, en daar buiten, is een 'must'. Het moet leiden tot uniformiteit van meetprotocollen en behandelstrategieën en daarmee tot uitwisseling van meetgegevens en databewerking. Hier ligt een belangrijke taak voor de VRA en Revalidatie Nederland.

⁶ Hier ligt ook een belangrijke mogelijkheid om aan te haken bij het programma 'LifeLines' van het UMCG (www.LifeLines.nl).

Ergonomie in Revalidatie: Hand-bewogen rolstoelrijden

Het dwarslaesieonderzoek levert ook vervolgvragen voor experimenteel, model- en laboratoriumonderzoek, zoals rond optimalisatie van rolstoelrijden, handbiken en lopen, zelfs in de virtuele ruimte van het Caren-lab. Daarmee is de cirkel rond.

"Het verbeteren van **rolstoelvaardigheden** met doelgerichte interventies, tesamen met het meer **gebruiks-vriendelijk maken van de rolstoel** (), zou kunnen resulteren in meer rolstoelgebruik en -rijden, dat weer kan leiden tot verbetering van de onafhankelijkheid, bewegingsvrijheid en kwaliteit van leven van oudere rolstoelgebruikers." Overgenomen en vertaald van Simmons [2]

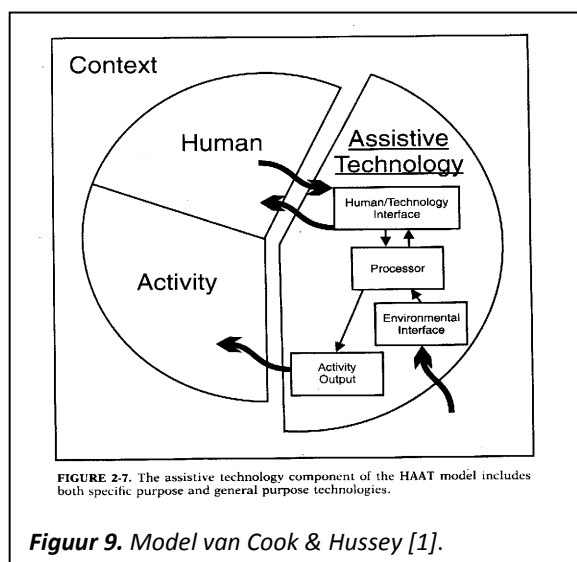
Figuur 8.

Rolstoelrijden is essentieel voor ongeveer 225.000 mensen met een beperking in beenfunctie in Nederland [50]. De rolstoel bepaalt hun 'meedoen

zonder beperking', in het dagelijks leven en de maatschappij. Naar schatting 90% is gebruiker van een handbewogen, vooral de hoepel-aangedreven rolstoel [28].

Hoepelrolstoelrijden lijkt zo mooi en simpel, iedereen kan het en vindt het leuk, voor eventjes. Bij dagelijks gebruik - 16u per dag, 365

dagen per jaar wordt het lastig door de aandoening, de kleine spiermassa en de lage efficiëntie van armarbeid. Bij langdurig rolstoelgebruik is er de kans op schouder- en polsklachten. Gelijktijdig is er het gevaar van onderbelasting door te weinig regelmatige inspanning. Verder kan de rolstoel zelf, wanneer onvoldoende toegespitst op de



Figuur 9. Model van Cook & Hussey [1].

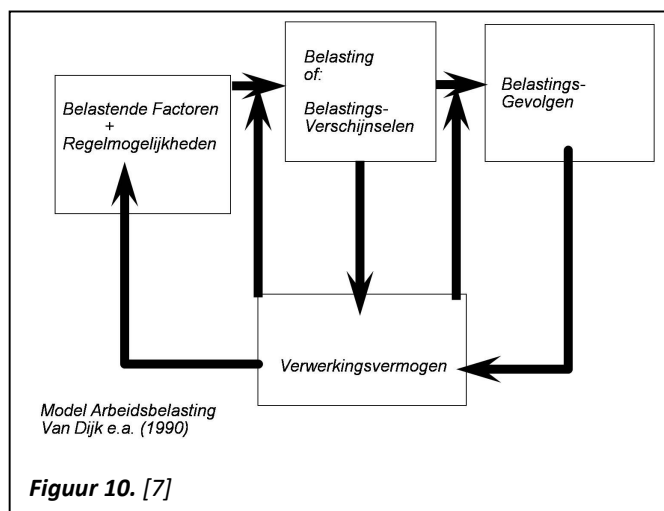
persoon en de activiteit, een 'blok aan het been zijn'[51, 52]. Kortom,

veelzijdige bewegingwetenschappelijke en revalidatietechnische problematiek, waarin de vraag naar het optimaal bewegen en functioneren op korte en lange termijn nog steeds actueel is; ook na 25jr onderzoek, nu op de as 'Groningen-Amsterdam', tussen bewegings- en revalidatiewetenschappen.

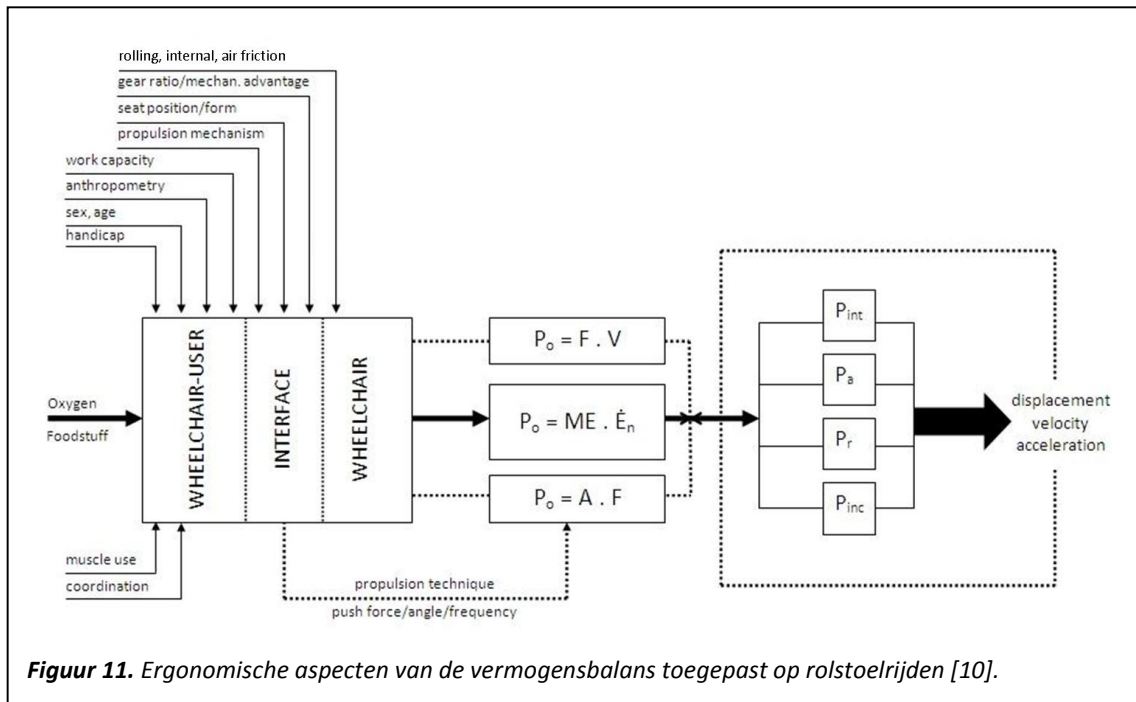
Het rolstoelonderzoek is exemplarisch voor onderzoek naar optimalisatie van revalidatietechnische hulpmiddelen en mobiliteitsherstel, zoals prothesen, orthopedisch schoeisel, en orthesen. Steeds wordt optimaal functioneren bepaald door de balans tussen mens, hulpmiddel, activiteit en omgeving, zoals weergegeven het model van Cook & Hussey [1]. Het slaat de brug tussen bewegen, revalidatie, techniek, en ergonomie, een belangrijke 1^e leidraad voor ons onderzoek. Het betreft deskundigheid die goed past in het recente PRINT onderzoeksinitiatief ('Patiënt-prothese-interactie: nieuwe instrumenten voor gezond-ouder-worden') onder leiding van UMCG collega Bart Verkerke, en met Wiebren Zijlstra, Raoul Bongers en Bert

Otten.

Voor herstel van mobiliteit richten bewegings- en revalidatiewetenschappen zich op 1) de individuele functiemogelijkheden, de belastbaarheid en vaardigheid en het trainen daarvan; 2) op verminderen van belasting door het verbeteren van



de voertuigtechniek en omgeving; 3) en op de interfacing tussen de rolstoel en de individuele gebruiker, zoals bv het aandrijfsysteem of de



Figuur 11. Ergonomische aspecten van de vermogensbalans toegepast op rolstoelrijden [10].

zithoogte. Zo wordt gestreefd naar een goede balans tussen de belasting van dagelijks rolstoelgebruik en de individuele belastbaarheid, een belangrijk 2^e leidraad in onderzoek en revalidatie[7].

Biofysische aspecten van cyclische bewegingen

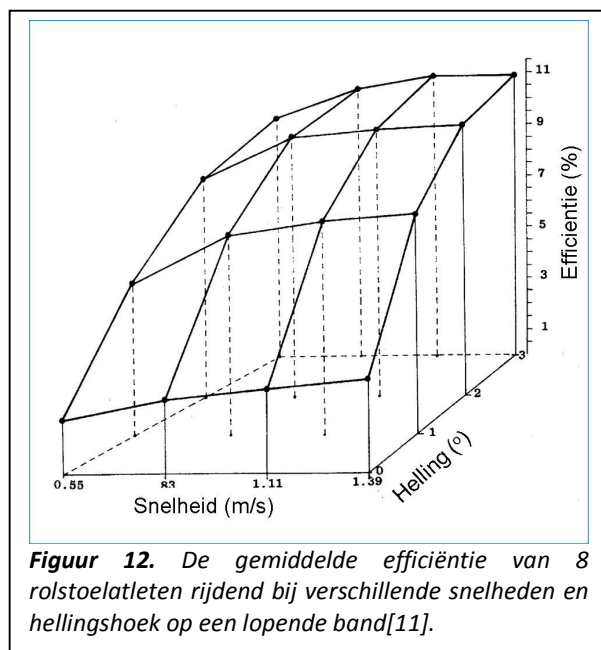
Lopen, fietsen, maar ook rolstoelrijden of handbiken kunnen vaak worden teruggebracht tot een cyclische vorm van bewegen – het patroon herhaalt zich immers onder bepaalde voorwaarden over de tijd.

Kenmerkend voor veel onderzoek in de revalidatie en aangepaste sport naar lopen of rolstoelrijden is dat vaak eenzijdig door één wetenschappelijk 'venster' wordt gekeken: die van de fysiologie, biomechanica, of de coördinatiedynamica. Men kijkt zo bv naar de economie van het lopen, of naar onderliggende complexe coördinatieprocessen, maar zelden door twee, laat staan door drie

vensters gelijktijdig. Het oplossend vermogen van een dergelijk monodisciplinair blikvenster is beperkt, zo werd al in 1981 [53] door de veel te vroeg overleden Gerrit-Jan van Ingen Schenau en collega's vastgesteld. Zij brachten met het model van de vermogensbalans voor cyclische bewegingen, de fysiologie en mechanica bij elkaar, allereerst toegepast op schaatsen, fietsen en zwemmen, later ook op het rolstoelrijden en tillen. Dit model vormt sindsdien een centrale 3^e leidraad voor het onderzoek naar rolstoelmobiliteit.

Mechanische efficiëntie & vaardigheid

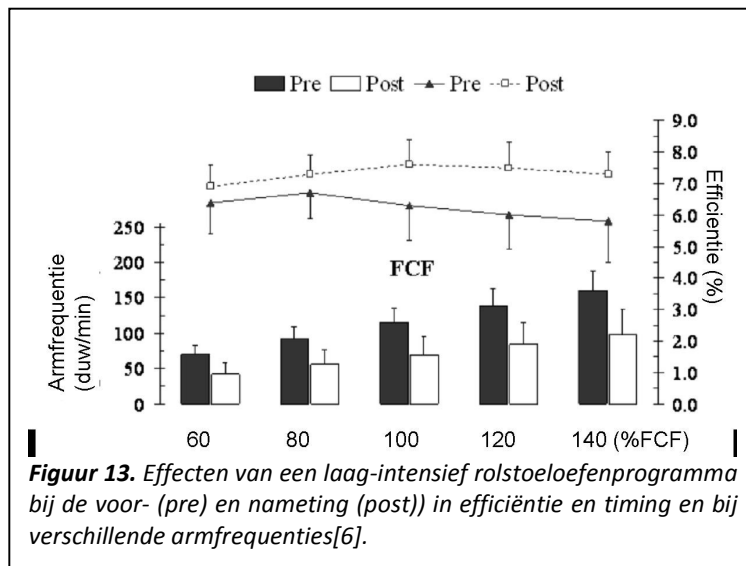
Mechanische efficiëntie is een kernbegrip in de vermogensbalans en geeft aan hoeveel arbeid per tijdseenheid iemand bij elkaar fietst of rolt (vermogen (Watt)) en tegen welke energetische kosten dat



gebeurt. Het wordt uitgedrukt in een percentage, voor hoepelrolstoelrijden is dat laag: tussen 2 en 11%. [11]

Mechanische efficiëntie is een peilstok voor de relatieve taaklast, maar ook bruikbaar om de vaardigheid en de effecten van het trainen of het motorisch leren van rolstoelrijden of handbiken vanuit de inspanningsfysiologie en

biomechanica te bestuderen. Zo scoort een atleet doorgaans beter dan een niet geoefende rolstoeler: hoe vaardiger, hoe efficiënter, en hetzelfde stukje rijden kost minder inspanning! Een motorische



bepoering leidt tot vermindering van de efficiëntie of economie van beweging, naast een geringere beschikbaarheid van energie: je hebt dus minder en je kunt er ook minder mee doen! Des te

meer reden om te begrijpen hoe het beter kan. Een hogere efficiëntie of economie van beweging zou wenselijk zijn, want men wordt minder snel moe, gedemotiveerd of inactief en zal sneller herstellen.

Rolstoel leren rijden

Mechanische efficiëntie van rolstoelrijden verbetert al door korte blokjes van oefenen of leren. Er ontstaat zo een betere techniek, meer vaardigheid[54][55]. Revalidatie wordt wel omschreven als 'het maximaliseren van dat leren'[56].

Bewust of onbewust leidt revalideren tot veranderingen, simpelweg door herhaald uitvoeren van de beweging, liefst door gericht trainen. Aanpassingsprocessen op alle niveaus in het bewegingssysteem, het brein, als ook door compensatie van functie met of zonder hulpmiddel zijn kenmerkend. Het heet motorisch leren, maar is nog erg onbegrepen.

Door het over de tijd volgen van personen met een dwarslaesie tijdens en na revalidatie ontstaat een mooi beeld van dat veranderproces aan de hand van mechanische efficiëntie van rolstoelrijden[46, 57]. Ook

experimenteel is motorisch leren goed te bestuderen[6]. Verder is er een goede maat voor rolstoelvaardigheid op basis van een 8-tal rolstoel ADL taken, het rolstoelcircuit [38]. Het volgen van die rolstoelvaardigheid tijdens revalidatie en sport is essentieel voor inzicht in functioneel herstel. Daarom wordt in samenwerking met Osnat Douer en Yves Vanlandewijck in Leuven en met Rachel Cowan en Mark Nash in Miami verder gewerkt aan een universele versie van het rolstoelcircuit [45].

Het bijzondere aan rolstoelrijden is dat bijna iedereen het 'kan': immers, je gaat zitten en je rijdt! Daarmee biedt zich een simulatiemodel aan van motorisch leren in de vroege revalidatie, waarin de persoon de rolstoel voor het eerst leert kennen, vaardigheid ontwikkelt en gaandeweg het lichaam traint. Met gezonde proefpersonen kan dat traject worden nagebootst in het laboratorium en kunnen de onderliggende mechanismen van verandering (leren en/of trainen) zonder grote terughoudendheid worden onderzocht via verschillende methodologische blikvensters.



Figuur 14. Enkele aspecten van optimalisatie van de rolstoel-gebruiker interface.

Een belangrijk facet van motorisch leren en trainen is dat energie processen efficiënter zullen worden uitgevoerd: in het hart-vaat en longstelsel, op spierniveau en in de aan- en afvoer van voedings- en verbrandingsstoffen. Individuele verschillen – in termen van talent en expertise, aandoening en belastbaarheid – zullen leiden tot meer of minder 'ervaren vermoeidheid', lokaal of centraal. Verdeling van de energie of de manier van omgaan met vermoeidheid – 'pacing' – is van het grootste belang, er is immers maar weinig energie

beschikbaar. Hoe 'regelt' het brein dat? Hoe verdeel je dat en kun je dat leren? Dit zal bestudeerd worden door Floor Hettinga[58, 59].

Interfacing tussen gebruiker en rolstoel 'revisited'?

In andere experimenten is mechanische efficiëntie een criterium voor effecten van rolstoelvormgeving en maatvoering, zoals het aandrijfsysteem of de zithoogte op het functioneren[12, 14]. Hoe hoger de efficiëntie, hoe beter de rolstoel is afgestemd op de functies en orgaansystemen van het lichaam.

Mechanische efficiëntie is ook een 'blackbox' begrip, een optelsom van effecten van onderliggende veranderingen zonder direct te weten welke veranderingen in het bewegen de efficiëntie doen veranderen. De vraag wat er precies verbetert in de aansturing van het bewegingssysteem, hoe het beter wordt gecoördineerd, wordt met gedetailleerde biomechanische analyses en aanvullende psychofysiologisch metingen verder uitgelicht. Dit heeft veel inzicht over de belasting en belastbaarheid van cyclische rolstoelarmarbeid opgeleverd, en mede geleid tot ontwikkeling van het Delftse Arm-Schouder model [60, 61]. Er zijn specifieke technieken voor het meten van rolstoelinspanning en -activiteit uit ontwikkeld. Het onderzoek heeft via promotieonderzoek bijgedragen aan de innovatie van rolstoelmateriaal, en het denken over rolstoelmaatvoering in revalidatie en sport⁷[35, 41, 62-66].

Het onderzoek heeft ons het inefficiënte hoepelrolstoelrijden een beetje beter doen begrijpen. In 90jr is het concept van de hoepelrolstoel echter niet fundamenteel gewijzigd en dé rolstoel voor dagelijks gebruik gebleven, mogelijk omdat de hoepelrolstoel zich door

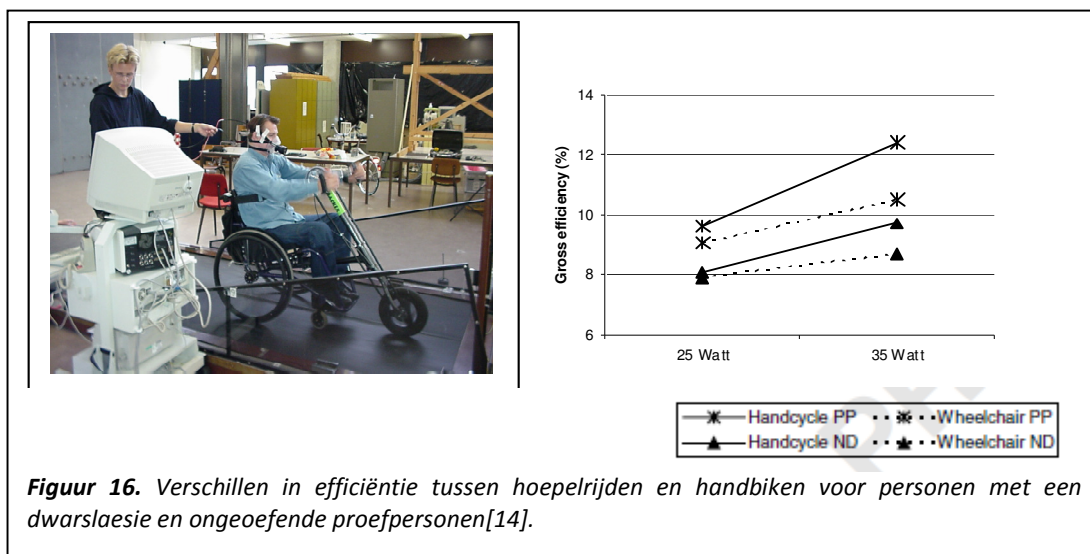
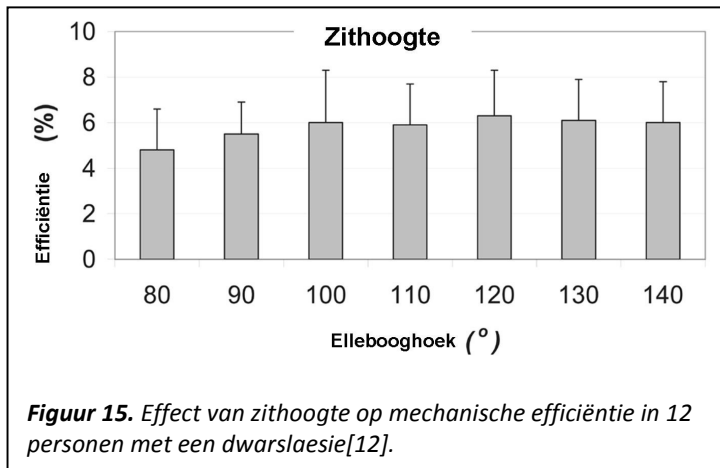
⁷ Promotieonderzoeken rond rolstoelmobiliteit in samenwerking met Dirkjan Veeger hebben veel inzicht gebracht: Dirkjan Veeger en mijzelf, Annet Dallmeijer, Thomas Janssen, Sonja de Groot, Stefan van Drongelen en Linda Valent[35, 41,62-66].

zijn specifieke eigenschappen snel laat insluiten in ons 'lichaamsschema', en door het brein als 'zeer lichaamseigen' snel wordt geïntegreerd.

Boeiende thematiek voor vervolgonderzoek.

Diagnose-specifieke richtlijnen voor afstemming van de rolstoel op de gebruiker en de vormgeving en maatvoering van de

interface ontbreken in revalidatie en sport. Patiënt-gebonden onderzoek in multicenter studies met gecombineerd epidemiologische en experimentele methoden moeten helpen deze inzichten te brengen. Hefboom of crank aangedreven rolstoelen zijn echter efficiënter dan hoepelrolstoelen. Dat inzicht was er al in de 80er jaren [10] en werd recent door Dallmeijer bevestigd voor handbiken[14]. Ook het maximaal prestatievermogen voor handbiken is aanzienlijk hoger.



Meer spieren worden meer functioneel en beter gespreid over de tijd ingezet, waardoor handbiken minder inspanning kost, zelfs voor personen met een zeer lage belastbaarheid[67, 68]. Linda Valent concludeert in haar promotieonderzoek dat handbiken zelfs voor personen met een hoge dwarslaesie een geschikt vervoersmiddel is voor recreatief gebruik buitenshuis, en een goede methode om fitheid op te bouwen. Vooral ook, omdat risico's van overbelasting geringer zouden zijn in handbiken.⁸

Of handbiken inderdaad leidt tot minder schouderklachten en waarom, en hoe de interface tussen handbike en gebruiker nog verder kan worden geoptimaliseerd, wordt in het promotieonderzoek van Ursina Arnet onderzocht, met Stefan van Drongelen in het 'Swiss Paraplegic Research' centrum te Nottwil en samen Dirkjan Veeger op de as Groningen-Amsterdam. Aansluitend wordt in Nottwil door Inge Eriks samen met Sonja de Groot en Marcel Post het beeld van klachten en bewegingsbeperkingen in de schouder bij mensen met een dwarslaesie bestudeerd, terwijl 2 promotieplaatsen rond de klinische epidemiologie en de mechanische belasting, belastbaarheid en risico's op elleboog- en polsklachten bij dwarslaesie worden voorbereid.

Het verzetten van de vensters

Alles overziend, is er anno 2009 ruimte voor uitbreiding van het biofysisch kader van het model van de vermogensbalans van cyclische bewegingen. Bij het verder doorgronden van mechanische efficiëntie en bv de onderliggende mechanismen van motorische trainings- en

⁸ Pas de laatste 10jr dringt het belang van de handbike voor actief rolstoelgebruik buitenshuis door op de revalidatiewerkvloer en de sport. Een vertraging van zo een 20jaar, een niet ongebruikelijk verschijnsel in de biomedische wetenschappen[69]. Deze doorlooptijd van kennis uit het lab naar de revalidatiewerkvloer kan alleen worden bekort door nog intensievere samenwerking tussen bewegings- en revalidatiewetenschappen en de revalidatiepraktijk, zoals bv in het eerder beschreven dwarslaesienetwerk.

leereffecten in de revalidatie, is een eerste uitbreiding aan het 'blikvenster' de toevoeging van de inzichten van de coördinatiedynamica, zoals die door Claudine Lamoth [70, 71] op het lopen in ouderen en patiënten wordt toegepast. Begrippen als balans, variabiliteit en stabiliteit in de complexe coördinatie van bewegen in het dagelijks leven krijgen hierin hun uitwerking. In twee promotieprojecten op de as Groningen-Amsterdam zullen we gelijktijdig kijken door de wetenschappelijke 'blikvensters' van de bio- en neuromechanica, de inspanningsfysiologie en coördinatiedynamica en o.a. begrippen als efficiëntie, economie, mechanische belasting, balans, stabiliteit en variabiliteit in onderlinge samenhang bestuderen. Volgend op het werk van Sonja de Groot [66], concentreert het promotietraject van Riemer Vegter zich op motorisch leren van hoepelrolstoelrijden tijdens laag-intensieve training in samenwerking met Claudine Lamoth en Dirkjan Veeger. Het 2^e project richt zich op het herstel van het lopen in patiënten met neurologische of orthopedische problematiek. Het ligt in het verlengde van het promotieproject van Daphne Wezenbergh⁹ in Heliomare rond het lopen bij personen met een amputatie en wordt samen met Claudine Lamoth en Han Houdijk opgezet.

Met hulp van de collega's van Bewegingswetenschappen UMCG hoop ik op termijn voor de hand liggende uitbreidingen van dit multidisciplinaire raamwerk - bv vanuit de ecologische psychologie en de neurowetenschappen - rond herstel van cyclische bewegingen in revalidatie en de organisatie van bewegingsgedrag in een zinvolle en ook virtuele omgeving te realiseren.

⁹ www.progait.nl

Expertisecentrum Sport & Handicap

Parallel aan de reguliere revalidatie ligt het veld van de aangepaste sport. Feitelijk ligt dit nog volledig braak voor bewegings- en revalidatiewetenschappelijk onderzoek. Kennis over prestatie-bepalende factoren, bv de optimalisatie van sport-specifieke rolstoelen naar atleet en taak is niet beschikbaar. Talent, expertise en vaardigheid zijn nog niet ingevulde begrippen in aangepaste sport. Het promotieonderzoek van John Lenton [6] en Barry Mason [72] onder supervisie van Vicky Tolfrey in Loughborough in samenwerking met de

Britse paralympische beweging is hierin een goed voorbeeld.



Figuur 17. Het Smartwheel
(www.3rivers.com).

Met nieuwe technieken voor kwaliteit en kwantiteit van beweging en activiteit is het doelgericht meten in de praktijk van alledag, zoals revalidatie en sport, haalbaar. Slimme meetwielen registreren de aandrijftechniek, rijdend in of buiten het laboratorium¹⁰. Door

ambulante meting van de zuurstofopname kan het energieverbruik tijdens revalidatie of sport worden vastgelegd. Met een recent ingediend project (ZonMw) door Sonja de Groot, wordt samen met het Centrum voor Revalidatie en het RCA een eerste aanzet gegeven tot de start van een regionaal Rolstoelexpertisecentrum in de regio's Groningen en Amsterdam. In Groningen past dit in het genoemde Expertisecentrum Sport & Handicap. Een dergelijk speerpunt past in de

¹⁰ Het Smartwheel (www.3rivers.com) of de Optipush (www.max-mobility.com) zijn op wetenschappelijk onderzoek gebaseerde meetwielen en vormen de basis voor een innovatieve vertaalslag van de verzamelde rolstoelkennis en de achterliggende labtechnieken naar de praktijk van revalidatie en aangepaste sport. Hierin zullen richtlijnen voor rolstoelvoorschrijving, -maatvoering en aandrijftechniek op de revalidatiewerkvloer worden onderbouwd en ondergebracht in een rolstoelexpertisecentrum, vergelijkbaar met bestaande bewegings- of looplabs.

filosofie van 'Exercise = Medicine', bewegen als medicijn, ter preventie van de gevolgen van inactiviteit. Revalidanten zijn immers bij uitstek 'at risk' voor de gevolgen van inactiviteit[73].

Onderzoek en advies over gezonde en actieve leefstijl en sportdeelname, o.a. ter preventie van overgewicht, diabetes, hart- en vaatproblemen bij mensen met een beperking past in het Groningse speerpunt 'Healthy Aging' en moet hand in hand gaan met de kwaliteit van bv de hulpmiddelvoorziening. Met de handboeken van Frontera ('Exercise in Rehabilitation Medicine' [74]) en Durstine ('ACSM's Exercise management for persons with chronic diseases and disabilities' [75]) is het belang van specifieke kennis en onderzoek over trainingsfysiologische aspecten van testen, oefenen en trainen op de revalidatieagenda geplaatst, mede gestimuleerd door oprichting van de werkgroep Sport en Bewegen (VRA) en de interessegroep Revalidatie (VvBN)¹¹. De verfijning van deze algemene trainingsfysiologische principes naar diagnose-specifieke trainingsrichtlijnen vereist nog veel onderzoek, o.a. naar dosis-response relaties. Een voorbeeld hiervan is onderzoek naar laag-intensief trainen, dat sinds 1999 bij hoepelrolstoelrijden is ontwikkeld, ter verbetering van de fitheid bij een geringer risico op mechanische overbelasting. Vooralsnog alleen getoetst bij gezonde mannen, als simulatie van de vroege revalidatie, blijkt het zeer effectief [76, 77] en krijgt een vervolg in het werk van Riemer Vegter. Hiernaast zal in vervolgonderzoek de toetsing van deze trainingsvorm in rolstoelgebruikers (met een dwarslaesie) worden gestart. Een regionaal Expertisecentrum Sport & Handicap vormt hiervoor een sterke basis en sluit ook goed aan op de gewenste academisering van de Paralympische sport, zoals voorgestaan door NOC*NSF, en voor

¹¹ VRA: Nederlandse Vereniging van Revalidatieartsen (www.revalidatiegeneeskunde.nl)

VvBN: Vereniging voor Bewegingswetenschappen Nederland (www.bewegingswetenschappen.org)

vraagstukken rond breedtesport en actieve leefstijl, juist ook met het ouder worden. Het vormt een prachtige koepel voor onderzoek, onderwijs en advisering in de revalidatie, bewegen en aangepaste sport.

Tot slot

Geachte aanwezigen, vanuit mijn beperkte 'blikvenster', maar gevoed vanuit de ambitie om het ergonomische perspectief op bewegen van de mens in de context van revalidatie beter te begrijpen, te bevorderen en uit te dragen [78, 79], sluit ik mij graag aan bij het deskundige werk van de collega's van het Centrum voor Bewegingswetenschappen waar de studie van bewegingsgedrag, oefenen en motorisch leren – gestuurd vanuit biomedische en gedragswetenschappelijke theorieën - op de voorgrond staat. Graag trek ik met hen op om de combinatie van verschillende wetenschappelijke vensters op bewegingsvraagstukken in de revalidatiecontext te benutten, uiteraard in samenwerking met collega's van Centrum voor Revalidatie, Sportgeneeskunde en andere UMCG disciplinegroepen en daarbuiten. En om zo het verstoorde bewegen beter te leren begrijpen en theorieën van het bewegen te helpen uit- en op te bouwen. Maar ook om kennis toe te passen waar die het meest noodzakelijk en gewenst is: in de revalidatiepraktijk en gezondheidszorg. 'Veranderen en toch jezelf blijven!'

Ik heb gezegd!

Dankwoord

Veel woorden van dank zijn op zijn plaats na zo een bewogen jaar dat nu bijna achter ons ligt. In het besef dat ik niet volledig zal zijn, wil ik toch een aantal mensen persoonlijk bedanken.

Allereerst wil ik het Bestuur van het Universitair Medisch Centrum Groningen en het College van Bestuur van de Rijksuniversiteit Groningen bedanken voor het in mij gestelde vertrouwen.

Bovenal ook bedank ik alle collega's van Bewegingswetenschappen Groningen voor de warme ontvangst, de steun in mijn afwezigheid en het vertrouwen dat jullie mij geven, en natuurlijk voor de inspiratie en opening tot nieuwe uitdagingen. We gaan ervoor! Chris Visscher, jou dank ik bijzonder voor je volhardendheid om mij uit Amsterdam naar Groningen te trekken, en voor je collegialiteit, vriendschap en leiderschap.

De collega's van het Centrum voor Revalidatie, Jan, Klaas en Rienk en vele anderen dank ik voor jullie bereidheid tot samenwerking en jullie enthousiasme rond gemeenschappelijke thema's en voor de steun gedurende mijn Groningse start.

De collega's in de Amsterdamse regio, bij Bewegingswetenschappen en de Vrije Universiteit Amsterdam, en in de Revalidatiecentra Amsterdam en Heliomare, dank ik voor 30jr collegialiteit en vriendschap, en voor het vervolg in de samenwerking op de as Amsterdam-Groningen.

Persoonlijk dank ik daarbij graag Dirkjan Veeger, Willem van Mechelen, Han Kemper, Annet Dallmeijer, Peter Koppe, Arnold de Haan, Han Houdijk, Bart Visser, Peter Huijting, Riens Rozendal en Sonja de Groot voor het niet-aflatende vertrouwen in mij, zoals dat onder meer werd uitgedrukt bij mijn afscheid van de FBW en VU in november 2008.

De vele collega's in het Dwarslaesieonderzoeksnetwork, onderzoekers en (para-) medisch professionals, dank ik voor hun inzet en betrokkenheid en voor de vorming van een groots stuk onderzoek, dat in de internationale

context haar gelijke niet kent. Daarin bedank ik bovenal graag Marcel Post, de altijd kritische inspirator en beschermer van het sociaal-wetenschappelijke gedachtengoed, Annet Dallmeijer en Sonja de Groot voor het trekken en duwen aan het 'stuurwiel' van het onderzoek, de onderzoeksaanvragen, artikelen en de multidisciplinaire discussies. De dwarslaesierevalidatieartsen en -professionals dank ik voor hun altijd bijzonder positieve grondhouding ten aanzien van en de bijdragen in het onderzoek en aan het plezier van samenwerken in dit boeiende veld, m.n. Harry, Edmond, Hans, Govert, Floris, Dirk, Christof, Michael, Tjebbe, Dineke, Cees, en natuurlijk de onmisbare paramedische 'knowledge brokers' in het netwerk, Ferry, Linda, Sacha, Peter, Karin, Marijke, Anneliek, Jos en Hennie, waarvan verschillende van hen inmiddels maatjes in het onderzoek zijn.

De collega's die mij voorgingen, en vooral die met mij min of meer gelijktijdig de overstap hebben durven maken vanuit het Amsterdamse - Sonja, Floor, Claudine en Simone - dank ik voor het wederzijdse en inspirerende vertrouwen en onderling respect; zij vormen mede de 'linking pin' tussen de Amsterdamse en Groningse school voor Bewegingswetenschappen en zullen mede bijdragen aan een internationaal toonaangevend platform voor Bewegingswetenschappen in Nederland.

Lieve broers en familie, jullie zijn er als altijd, als middelpunt van een onstuimig familieleven. Laten we dat nog lang zo houden! Ik dank jullie voor de onderlinge zorg, het respect en vertrouwen. Via jullie, dank ik onze ouders die dit allemaal niet meer meemaken, maar die voor ieder van ons een geweldig voorbeeld zijn geweest.

'Last but not least' dank ik mijn allerliefste meiden - Eva, Jessica en Gwenn - voor hun relativering en uitzonderende betrokkenheid in de toch wel complexe gang door het leven. Blijf, als rotsen in de branding, vooral dicht bij me. Ik hou van jullie!

Samenvatting

Revalideren is veranderen, door de aandoening, het oefenen en leren, door de tijd, bij voorkeur met behoud van individuele eigenheid. Bewegen is de kern van ons functioneren. Bewegings- en revalidatiewetenschappen hebben dan ook veel gemeen. Optimaliseren van bewegen – en daarmee het functioneren – is een kerndoel in de revalidatie, bij voorkeur gestuurd vanuit theorie en wetenschappelijk evidentie.

Wanneer het cyclische bewegingen betreft, zoals lopen, rennen, fietsen of rolstoelrijden, is het model van de vermogensbalans, waarin fysiologie en biomechanica worden gecombineerd, een bruikbaar uitgangspunt. Mechanische efficiëntie is daarin een sleutelbegrip en kan iets zeggen over effecten van motorisch leren en trainen, over talent en vaardigheid, maar ook over de afstemming van een hulpmiddel zoals bv een rolstoel op de functiekenmerken van de persoon. Mechanische efficiëntie is echter een 'blackbox': wat er in detail verandert in ons lichaam bv door leren of trainen en waardoor, is niet direct duidelijk. Dit inzicht vereist studie van de onderliggende bewegingsuitvoering, de wijze van krachtleverantie, de aansturing van spieren en ledematen, de rol van het brein hierin, maar ook van aspecten van lokale vermoeidheid en herstel, en bv het persoonlijk welbevinden. Zowel model- en laboratoriumonderzoek als ook studie in het revalidatieveld en de aangepaste sport – vaak vanuit een multidisciplinair referentiekader – moet bijdragen aan het begrijpen van functieherstel, revalidatiestrategie en optimaal bewegen.

De gebundelde expertise van disciplinegroepen Bewegingswetenschappen, Revalidatiegeneeskunde en Sportgeneeskunde van het UMCG maakt een Expertisecentrum voor Sport en Handicap mogelijk. De noodzaak tot een gezonde actieve leefstijl en het gezond-ouder-worden, juist ook (ex-) revalidanten, maar ook de vraag naar deskundige begeleiding in de aangepaste top- en breedtesport, maken een dergelijk centrum gewenst.

Veel behandelingen in de revalidatie kennen nog onvoldoende onderbouwing. Nauwe samenwerking - tussen bewegings- en revalidatiewetenschappen, tussen onderwijs en onderzoek, als ook tussen fundamenteel en toegepast onderzoek - is noodzakelijk om de gevolgen van blijvende verstoringen van het bewegen te begrijpen en te behandelen en het bewegen te stimuleren in de revalidatie en aangepaste sport. Bewegingswetenschappers zijn de voor de hand liggende onderzoekspartner en 'knowledge broker' in die revalidatie- en gezondheidszorg.

Referenties

1. Cook, A. and S. Hussey, *Assistive technologies: principles and practice*. 2002, St Louis: Mosby Year Book, Inc.
2. Evenblij, M., *Voorspellen van Herstellen: uitkomsten van revalidatieonderzoek*. 2008, Den Haag: ZonMw.
3. De Groot, S. *Restoration of mobility in SCI Rehabilitation*. 2009 [cited 2009; Available from: www.scionn.nl].
4. Tiggelaar, H., *Groningen verandert 2: Oude en nieuwe stadsgezichten*. 2009, Groningen: Noordhoek.
5. CHSRF/FCRSS. *Canadian Health Services Research Foundation*. 2009 [cited 2009; Available from: www.chsrf.ca/].
6. Lenton, J.P., et al., *Mechanical efficiency of asynchronous hand rim wheelchair propulsion after 4-weeks of practice*. Disability & Rehabilitation, 2009. submitted.
7. Van Dijk, F., et al., *Herwaardering model arbeidsbelastbaarheid*. TSG, 1990. 68: p. 3-10.
8. Tiggelaar, H., *Groningen verandert*. 2006, Groningen: Noordboek
9. WHO, *International Classification of Functioning, Disability and Health*. 2001, World Health Organisation: Geneva.
10. van der Woude, L.H., et al., *Wheelchair ergonomics and physiological testing of prototypes*. Ergonomics, 1986. 29(12): p. 1561-73.
11. van der Woude, L.H., et al., *Manual wheelchair propulsion: effects of power output on physiology and technique*. Med Sci Sports Exerc, 1988. 20(1): p. 70-8.
12. van der Woude, L.H., et al., *Seat height: effects on submaximal hand rim wheelchair performance during spinal cord injury rehabilitation*. J Rehabil Med, 2009. 41(3): p. 143-9.
13. Haisma, J.A., et al., *Changes in physical capacity during and after inpatient rehabilitation in subjects with a spinal cord injury*. Arch Phys Med Rehabil, 2006. 87(6): p. 741-8.
14. Dallmeijer, A.J., et al., *Submaximal physical strain and peak performance in handcycling versus handrim wheelchair propulsion*. Spinal Cord, 2004. 42(2): p. 91-8.
15. van Koppenhagen, C.F., et al., *Recovery of Life Satisfaction in Persons with Spinal Cord Injury During Inpatient Rehabilitation*. Am J Phys Med Rehabil, 2009.
16. Van Kammen, J., D. De Savigny, and N. Sewankambo, *Using knowledge brokering to promote evidence-based policy-making: The need for support structures*. Bull World Health Organ, 2006. 84(8): p. 608-12.
17. Gutenbrunner, C., A.B. Ward, and A.A. Chamberlain, *White book on physical medicine and rehabilitation medicine in Europe*. J Rehabil Med, 2007. 45(39): p. 48.
18. Borg, K. and K.S. Sunnerhagen, *Evidence-based medicine in physical and rehabilitation medicine: is this evidence-based rehabilitation?* J Rehabil Med, 2008. 40: p. 689-690.
19. Grayson, L., *Evidence-based medicine*. 1997, London: The British Library Board.
20. Stam, H.J., *Research in physical and rehabilitation medicine in Europe: how are we doing?* J Rehabil Med, 2006. 38(1): p. 1-2.
21. Coppen, A. and J. Bailey, *20 most-cited countries in clinical medicine ranked by population size*. Lancet, 2004. 363(9404): p. 250.
22. Klop, R. and J. Smale, *Zelfevaluatie juli 2005: Programma Revalidatieonderzoek ZONMW 2005*, Den Haag: ZonMw. 97.
23. RGO, *Onderzoek dat ertoe doet. De responsiviteit van universitair medische centra op vraagstukken in volksgezondheid en gezondheidszorg., in publicatiennr. 57*. 2007, Raad voor Gezondheidsonderzoek: Den Haag. p. 132.
24. Frontera, W.R., et al., *Rehabilitation Medicine Summit: Building Research Capacity--executive summary*. Phys Ther, 2006. 86(2): p. 285-98; discussion 299-300.
25. Stucki, G., et al., *Developing "Human Functioning and Rehabilitation Research" from the comprehensive perspective*. J Rehabil Med, 2007. 39(9): p. 665-71.

26. Dijkstra, A., *Het nut van de sociale psychologie voor preventie van ziekte en omgaan met ziekte*. 3-3-2009 ed. Vol. Inaugurele rede. 2009, Groningen.
27. Koopman, F.S., et al., *Effectiveness of a multidisciplinary occupational training program for chronic low back pain: a prospective cohort study*. *Am J Phys Med Rehabil*, 2004. 83(2): p. 94-103.
28. Roebroek, M.E., L.H.V. Van der Woude, and R.H. Rozendal, eds. *Methodology of consumer evaluation of hand propelled wheelchairs*. 1989, Edizione Pro Juventute: Milan.
29. Van der Woude, L. and C.A.J.M. Van Oers, *Ergonomie van handbewogen rolstoelen (Dutch)*. *Bewegen & Hulpverlening*, 1990. 7(2): p. 69-198.
30. Van Asbeck, F.W., *Handboek Dwarslaesierevalidatie*. 2 ed. 2007, Houten: Bohn, Stafleu, van Loghum.
31. Van Koppenhagen, C.F., et al., *Changes and determinants of life satisfaction after spinal cord injury: a cohort study in the Netherlands*. *Arch Phys Med Rehabil*, 2008. 89(9): p. 1733-40.
32. Van Leeuwen, C.M.C., et al., *Social support and life satisfaction in spinal cord injury during and up to 1 year after inpatient rehabilitation*. *Arch Phys Med Rehabil*, 2009. submitted.
33. Bloemen-Vrencken, J., *Health problems after spinal cord injury rehabilitation: Who cares?*, in *Health Sciences*. 2006, University of Maastricht: Maastricht.
34. Van der Salm, A.J., *Spasticity reduction using electrical stimulation in the lower limb of spinal cord injury patients*, in *Biomedical Sciences*. 2005, University Twente: Enschede.
35. Van Drongelen, S., *Upper extremity load during wheelchair-related tasks in subjects with a spinal cord injury*, in *Human Movement Sciences*. 2005, Vrije Universiteit: Amsterdam. p. 157.
36. De Groot, P., *Cardiovascular adaptations in spinal cord-injured individuals*, in *Medical Sciences*. 2005, Radboud University: Nijmegen.
37. Snoek, G.J., *Patient preferences for reconstructive interventions of the upper limb in tetraplegia*, in *Biomedical Sciences*. 2005,, University Twente: Enschede.
38. Kilkens, O.J., *Manual wheelchair skill performance of persons with spinal cord injuries*, in *Health Sciences*. 2005, University of Maastricht: Maastricht.
39. Haisma, J.A., *Physical capacity and complications during and after inpatient rehabilitation for spinal cord injury*. , in *Medical Sciences*. 2008, Erasmus University Rotterdam: Rotterdam.
40. Mueller, G., *Respiration in Spinal Cord Injury: time-courses and training*. , in *Medical Sciences*. 2008, Radboud University: Nijmegen. p. 192.
41. Valent, L.J.M., *The effects of hand cycling on physical capacity in persons with spinal cord injury*, in *Human Movement Sciences*. 2009, Vrije Universiteit: Amsterdam.
42. Van Langeveld, S.A., et al., *Development of a classification of physical, occupational, and sports therapy interventions to document mobility and self-care in spinal cord injury rehabilitation*. *J Neurol Phys Ther*, 2008. 32(1): p. 2-7.
43. Postma, K., et al., *Predicting respiratory infection one year after inpatient rehabilitation with pulmonary function measured at discharge in persons with spinal cord injury*. *J Rehabil Med*, 2009. 41(9): p. 729-33.
44. Eriks-Hoogland, I.E., et al., *Passive shoulder range of motion impairment in spinal cord injury during and one year after rehabilitation*. *J Rehabil Med*, 2009. 41(6): p. 438-44.
45. Douer, O., et al., *Towards a standardized wheelchair skill assessment tool – A critical review*. *Clinical Rehabilitation*, 2009. submitted.
46. De Groot, S., et al., *Effect and process evaluation of implementing standardized tests to monitor patients in spinal cord injury rehabilitation*. *Disability & Rehabilitation*, 2009. in press.
47. de Groot, S., et al., *Demographics of the Dutch multicenter prospective cohort study 'Restoration of mobility in spinal cord injury rehabilitation'*. *Spinal Cord*, 2006. 44(11): p. 668-75.
48. Bloemen-Vrencken, J.H., et al., *Transmural care in the rehabilitation sector: implementation experiences with a transmural care model for people with spinal cord injury*. *Int J Integr Care*, 2005. 5: p. e02.

49. Stuart, M., S. Chard, and S. Roettger, *Exercise for chronic stroke survivors: A policy perspective*. J Rehabil Res Dev, 2008. 45(2): p. 329-36.
50. De Klerk, M., ed. *Meedoen met beperkingen: rapportage gehandicapten 2007*. 2007, Sociaal en Cultureel Planburo: Den Haag. p 238.
51. Simmons, S.F., et al., *Wheelchairs as mobility constraints: predictors of wheelchair activity in nonambulatory nursing home residents*. J Am Geriatr Soc, 1995. 43: p. 383-8.
52. Vreeswijk, P., *Lichaam en Hulpmiddel: een studie naar ervaringskennis van mensen met een hulpmiddel*, ed. E. Husserl-Stichting and C.Z.e. Gehandicaptenraad. 2002, Amsterdam.
53. Van Ingen Schenau, G.J., *A power balance applied to speed skating*. 1981, Vrije Universiteit: Amsterdam. p. 126.
54. Sparrow, W.A., *Energetics of human activity*. 2000, Champaign, IL: Human Kinetics.
55. Almasbakk, B., H.T. Whiting, and J. Helgerud, *The efficient learner*. Biol Cybern, 2001. 84(2): p. 75-83.
56. Byl, N.N. and Merzenich, *Principles of Neuroplasticity: Implications for Neurorehabilitation and Learning*, in *Downey and Darling's physiological basis of rehabilitation medicine.*, E.G. Gonzalez, et al., Editors. 2001, Butterworth-Heinemann: Boston.
57. de Groot, S., et al., *Mechanical efficiency and wheelchair performance during and after spinal cord injury rehabilitation*. Int J Sports Med, 2007. 28(10): p. 880-6.
58. Hettinga, F.J., et al., *Biodynamics. Effect of pacing strategy on energy expenditure during a 1500-m cycling time trial*. Med Sci Sports Exerc, 2007. 39(12): p. 2212-8.
59. Hettinga, F.J., et al., *Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trials*. Med Sci Sports Exerc, 2006. 38(8): p. 1484-91.
60. Veeger, H.E., L.A. Rozendaal, and F.C. van der Helm, *Load on the shoulder in low intensity wheelchair propulsion*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2002. 17(3): p. 211-8.
61. van der Helm, F.C. and H.E. Veeger, *Quasi-static analysis of muscle forces in the shoulder mechanism during wheelchair propulsion*. J Biomech, 1996. 29(1): p. 39-52.
62. Veeger, H.E.J., *Biomechanical aspects of wheelchair propulsion*, in *Human Movement Sciences*. 1992, VU University: Amsterdam.
63. Van der Woude, L.H.V., *Manual wheelchair propulsion: an ergonomic perspective*, in *Human Movement Sciences*. 1989, VU University: Amsterdam. p. 126.
64. Dallmeijer, A.J., *Spinal Cord Injury and Physical Activity*, in *Human Movement Sciences*. 1998, VU University: Amsterdam. p. 158.
65. Janssen, T.W.J., *Physical strain and physical capacity in men with spinal cord injuries*, in *Human Movement Sciences*. 1994, VU University: Amsterdam. p. 162.
66. De Groot, S., *Hand rim wheelchair propulsion: biophysical aspects of learning*, in *Human Movement Sciences*. 2003, VU University: Amsterdam.
67. Valent, L.J., et al., *Effects of hand cycle training on physical capacity in individuals with tetraplegia: a clinical trial*. Phys Ther, 2009. 89(10): p. 1051-60.
68. Valent, L.J., et al., *Influence of hand cycling on physical capacity in the rehabilitation of persons with a spinal cord injury: a longitudinal cohort study*. Arch Phys Med Rehabil, 2008. 89(6): p. 1016-22.
69. Contopoulos-Ioannidis, D.G., et al., *Life cycle of translational research for medical interventions*. Science, 2008. 321: p. 1298-1299.
70. Lamoth, C.J., et al., *Steady and transient coordination structures of walking and running*. Hum Mov Sci, 2009. 28(3): p. 371-86.
71. Lamoth, C.J., R.C. van Lummel, and P.J. Beek, *Athletic skill level is reflected in body sway: a test case for accelometry in combination with stochastic dynamics*. Gait Posture, 2009. 29(4): p. 546-51.
72. Mason, B.S., L.H. van der Woude, and V.L. Goosey-Tolfrey, *Influence of glove type on mobility performance for wheelchair rugby players*. Am J Phys Med Rehabil, 2009. 88(7): p. 559-70.
73. van den Berg-Emons, R.J., et al., *A prospective study on physical activity levels after spinal cord injury during inpatient rehabilitation and the year after discharge*. Arch Phys Med Rehabil, 2008. 89(11): p. 2094-101.

74. Frontera, W.R., D.M. Slovik, and D.M. Dawson, eds. *Exercise in rehabilitation medicine*. 2nd ed. 2006, Human Kinetics Publishers. 454.
75. Durstine, J.L. and G.E. Moore, *ACSM's Exercise management for persons with chronic diseases and disabilities*. 2003, Champaign: Human Kinetics, ACSM.
76. de Groot, S., et al., *Mechanical efficiency and propulsion technique after 7 weeks of low-intensity wheelchair training*. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2008. 23(4): p. 434-41.
77. van der Woude, L.H., et al., *Physical work capacity after 7 wk of wheelchair training: effect of intensity in able-bodied subjects*. *Med Sci Sports Exerc*, 1999. 31(2): p. 331-41.
78. Van der Woude, L.H.V., et al., eds. *Ergonomics of Manual Wheelchair Propulsion, State of the Art*. 1993, IOS press: Amsterdam. 366.
79. Van der Woude, L.H.V., et al., *Rehabilitation: mobility, exercise & sports*. Assistive Technology Research Series, ed. C. RA. Vol. 26. 2010, Amsterdam: IOS Press.