

De perfecte sportrolstoel in rolstoelbasketbal

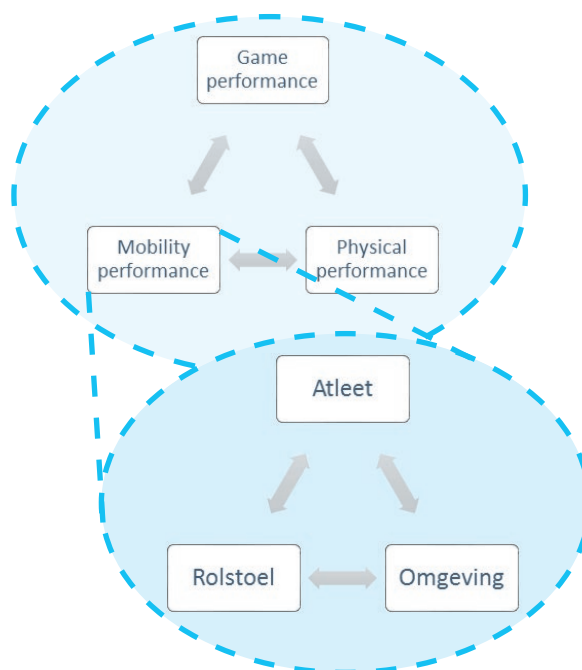
Op zoek naar de optimale afstemming van rolstoel op atleet

In de sport kan goed materiaal het verschil maken tussen winnen en verliezen. Het kan dan gaan om de materiaaleigenschappen zelf (bijvoorbeeld stijver of lichter frame), maar ook om de manier waarop dat materiaal is aangepast aan de atleet (bijvoorbeeld: zithoogte, breedte en vorm). De perfecte afstemming van materiaal op atleet is een complex proces waarin rekening moet worden gehouden met de individuele eigenschappen van de atleet, de mogelijkheden van het materiaal en de eisen en voorwaarden die aan het materiaal binnen de sport worden gesteld.

Annemarie de Witte, Rienk van der Slikke, Marco Hoozemans, Monique Berger, Daan Bregman, Dirkjan Veeger en Luc van der Woude

Er is op dit moment nog weinig (wetenschappelijke) kennis over het ontwerpen en aanmeten van sportrolstoelen. Om meer kennis te verzamelen heeft De Haagse Hogeschool in 2013, in samenwerking met onder andere de TU Delft, Vrije Universiteit Amsterdam en Rijksuniversiteit-UMCG Groningen, een RAAK-PRO-subsidie gekregen om in een vierjarig project onderzoek te doen naar de perfecte sportrolstoel voor rolstoelbasketbal. Dit onderzoek wordt naast de onderzoekinstellingen gedragen door een breed consortium met partners uit de sportpraktijk, het bedrijfsleven en de revalidatie. In dit onderzoek proberen we een antwoord te vinden op de vraag wat de optimale afstemming is van de rolstoel op de atleet, rekening houdend met de fysieke eigenschappen, vaardigheden en individuele veldpositie, om optimaal te presteren in rolstoelbasketbal. In dit artikel zal een uiteenzetting worden gegeven van de projectaanpak en behaalde resultaten tot nu toe.

Rolstoelbasketbal is een van de meest populaire paralympische sporten en wordt wereldwijd door 30.000 atleten beoefend. In rolstoelbasketbal spelen verschillende onderdelen van prestatie een rol. Daarbij kan een onderscheid gemaakt worden in *game performance*, *physical performance* en *mobility performance* (afbeelding 1). Binnen *game performance* zitten de prestatie-onderdelen die gerelateerd zijn aan de techniek (balvaardigheid) en tactiek van het spel, zoals rebounds, (geraakte) schoten en dribbelen (Byrnes & Hedrick, 1994). De fysieke aspecten van de atleet die bijdragen aan prestatie noemen we *physical performance*. Hierbij kan men denken aan kracht en uithoudingsvermogen (Bloxham, Bell, Bhambhani e.a., 2001). Onder *mobility performance* vallen alle handelingen die een atleet uitvoert met zijn rolstoel. Een atleet kan door armbewegingen zijn



Afbeelding 1. Schematisch overzicht van de verschillende onderdelen van prestatie in rolstoelbasketbal (De Witte e.a., 2016a).

rolstoel aansturen. Dit doet hij door kracht te leveren op de hoepel wat leidt tot bewegingen als voorwaarts/achterwaarts rijden en draaibewegingen. Om optimaal te presteren zijn natuurlijk alle drie de onderdelen van prestatie belangrijk. Dit onderzoeksproject richt zich voornamelijk op het ontwikkelen van kennis rond de perfecte sportrolstoel voor rolstoelbasketbal waarin de interactie tussen atleet en rolstoel een grote rol speelt. Daarom ligt de focus in dit onderzoek vooral op *mobility performance*.

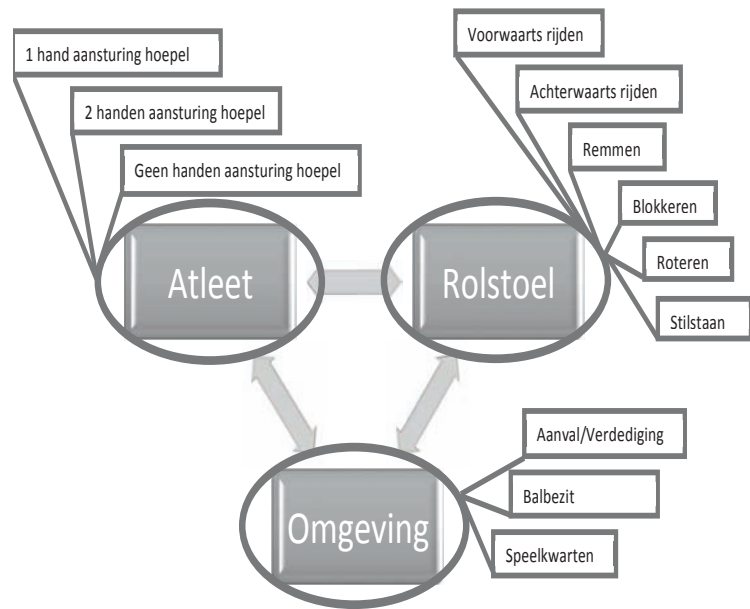
Mobility performance

Mobility performance in rolstoelbasketbal wordt bepaald door drie elementen die continu met elkaar in verbinding staan: de atleet, de rolstoel en de omgeving. De rolstoel is het verlengstuk van de atleet en speelt, samen met de fysieke capaciteiten van de atleet, een belangrijke rol bij het spelen van rolstoelbasketbal.

Rolstoelbasketbal wordt gespeeld door atleten met verschillende fysieke capaciteiten. Om het spel eerlijk te houden wordt er gebruik gemaakt van een classificatiesysteem. Atleten krijgen een classificatie op basis van hun beperking (veel fysieke beperking = 1 punt, minimale fysieke beperking = 4,5 punt) en tijdens wedstrijden mogen er per team vijf atleten met een maximale som van 14 punten tegelijkertijd opgesteld worden. De variatie in fysieke beperkingen bij atleten zorgt ervoor dat de rolstoel aangepast moet worden aan deze beperkingen. Aangezien de beperkingen verschillen, vraagt dit om individuele aanpassingen van de rolstoel en is geen rolstoel hetzelfde. Een optimale universele rolstoel is dus niet mogelijk. Naast de atleet en rolstoel, moet er ook rekening gehouden worden met de omgeving. In rolstoelbasketbal zijn er drie veldposities (guard, forward en center), elke positie heeft zijn eigen verantwoordelijkheden op het veld. Zo is de guard spelverdeler en neemt hij de bal uit vanaf de achterlijn. Daarnaast kan bijvoorbeeld de speelfase (aanval/verdediging) of het speelkwart invloed hebben op de mobiliteit, dit laatste in verband met vermoeidheid. Als men dit vertaalt naar de perfecte basketbalrolstoel kan het zijn dat de ene atleet beter presteert als hij sneller voorwaarts kan rijden, terwijl een andere atleet meer gebaad is bij het maken van snellere draaibewegingen. Om de rolstoel-atleet interactie te optimaliseren is het dus van belang om te weten welke functionele eisen er gesteld worden aan de rolstoel tijdens het gehele spel, in welke veldpositie en tijdens specifieke situaties. Hiervoor is het belangrijk om inzicht te hebben in het spel rolstoelbasketbal.

Wedstrijdanalyse rolstoelbasketbal

Om inzicht te krijgen in de mobility performance tijdens rolstoelbasketbal moeten de bewegingen die de rolstoel maakt tijdens wedstrijden en de acties van de atleet om deze bewegingen voor elkaar te krijgen worden geanalyseerd. De omgevingsfactoren (spelpositie, aanval/verdediging, speelkwart et cetera) die mogelijk ook invloed hebben op het rijgedrag van een atleet moeten ook worden meegenomen in de analyse. Om de rolstoelbewegingen voor elkaar te krijgen kan de atleet zijn rolstoel aansturen door middel van hand-hoepel-contact, wat resulteert in acties als draaien, stilstaan en vooruitrijden. In overleg met rolstoelbasketbalcoaches is een observatieschema ontworpen waarmee de mobility performance in rolstoelbasketbal bepaald kan worden (De Witte, Hoozemans, Berger e.a., 2016). Met dit observatieschema wordt op een systematische manier inzichtelijk gemaakt welke acties de atleet uitvoert en welke bewegingen de rolstoel maakt. In afbeelding 2 zijn alle onderdelen van het observatieschema weergegeven.



Afbeelding 2. Onderdelen van het observatieschema naar rolstoelrijgedrag in rolstoelbasketbal (De Witte e.a., 2016).

Tijdens nationale en internationale rolstoelbasketbalwedstrijden zijn er videobeelden gemaakt. Op basis van deze beelden zijn 56 mannelijke atleten (27 nationaal niveau en 29 internationaal niveau) met diverse classificaties gedurende een hele wedstrijd geobserveerd. Uit deze analyse kwam naar voren dat er significante verschillen zijn in mobility performance tussen atleten op nationaal en internationaal niveau. Zo rijden atleten op nationaal niveau 43% van de tijd voorwaarts vergeleken met atleten op internationaal niveau, zij doen dit 35% van de tijd. Daarnaast roteren nationale atleten 22% van de tijd en doen internationale atleten dit 29% van de tijd (De Witte e.a., 2016). Daarnaast zijn er ook verschillen te zien tussen aanval en verdediging en ook tussen de veldposities guard, forward en center. Tijdens aanvallende situaties rijden guards en forwards langer voorwaarts dan tijdens verdedigende situaties (guards: 51% tijdens aanval en 43% tijdens verdediging; forwards: 48% tijdens aanval en 41% tijdens verdediging). Centers staan daarentegen minder stil in de aanval vergeleken met de verdediging (23% vs 20%) (De Witte, Berger, Hoozemans e.a., 2016b). Een groot deel van deze verschillen is een direct gevolg van aanval- en verdedigingstactieken. Guards zijn de spelopbouwers en hierdoor is te verklaren dat ze meer voorwaarts rijden, omdat ze starten met de bal op de achterlijn. Hetzelfde geldt voor centres, die als primair doel hebben om zo dicht mogelijk bij de basket te komen om te scoren, hierdoor rijden ze minder voorwaarts tijdens balbezit. Deze uitkomsten van de wedstrijdanalyses leveren belangrijke inzichten op over dominante en relevante acties waaraan mogelijk specifieke eisen voor de rolstoel kunnen worden gekoppeld. Voorgaande observaties geven inzicht in beweegacties en rolstoelaansturing tijdens wedstrijden, maar geven nog geen gedetailleerd beeld over de precieze rolstoelbewegingen zelf. Voor een totaalbeeld van rolstoelrijgedrag tijdens rolstoelbasketbal moeten onder andere ook (draai)snelheden en versnellingen van de atleet en zijn/haar rolstoel worden gemeten.



Afbeelding 3. Bevestiging van inertiaële sensoren op de sportrolstoel.

Om gedetailleerd de rolstoelbewegingen tijdens de wedstrijd in kaart te kunnen brengen is er gebruik gemaakt van inertiaële sensoren die op een aantal punten aan de rolstoel waren bevestigd. De eigen stoel van de atleet werd uitgerust met drie sensoren: één op de as van elk wiel en één centraal op het frame (afbeelding 3). Met behulp van speciaal ontwikkelde algoritmes zijn met de signalen uit de sensoren bijvoorbeeld verplaatsing, snelheid en rotatie van de rolstoel bepaald tijdens wedstrijden. In een eerste studie zijn deze algoritmes getest op betrouwbaarheid en validiteit. Door de uitkomsten te vergelijken met die van een 3D-bewegingsregistratiesysteem is vastgesteld dat de methode valide is (Van Der Slikke, Berger, Bregman e.a., 2015). Zelfs als er slippende wielen waren, werd daar goed voor gecorrigeerd en waren de uitkomsten valide (Van Der Slikke e.a., 2015). Inertiaële sensoren zijn dus geschikt om tijdens wedstrijden informatie over rolstoelrijgedrag te verzamelen.

De methode met de op de rolstoel bevestigde inertiaële sensoren is gebruikt om gedetailleerd inzicht te krijgen in de rolstoelbewegingen die kenmerkend zijn voor het rolstoelbasketbal. Hiervoor zijn 29 atleten evenredig verdeeld over de classificaties (12 nationale mannen, 8 internationale mannen en 9 internationale vrouwen) gedurende een wedstrijd met deze methode gemeten. Voor de kenmerken (rotatie)snelheid en (rotatie)versnelling werd er een verschil gevonden tussen atleten met een hoge classificatie ($>2,5$ punt; minimale fysieke beperking) en een lage classificatie ($\leq 2,5$ punt; veel fysieke beperking). Zoals verwacht reden atleten met een hoge classificatie sneller, accelereerden ze sneller en konden ze sneller draaien. Maar dat niet alleen, ze deden dat ook gedurende een groter deel van de tijd dat ze bewogen op het veld, dus ze zaten langer in categorieën van hogere snelheid en versnelling. Naast aanval/verdediging en spelpositie speelt dus ook de fysieke beperking van een atleet een rol in mobility performance tijdens wedstrijden. Daarbij moet opgemerkt worden dat classificatie en spelpositie een sterke relatie hebben, guards zijn voornamelijk spelers met lage classificaties en veel centers hebben een hoge classificatie.

Inertiaële sensoren

Inertiaële sensoren bestaan al enkele decennia, maar zijn tegenwoordig zo goedkoop en nauwkeurig dat ze op grote schaal toegepast kunnen worden in de sport. Hoewel minder specifiek dan traditionele 3D-observatiesystemen, geven ze snel en eenvoudig inzicht in het bewegen en dat op iedere gewenste locatie. De bekendste inertiaële sensoren zijn versnellingsopnemers en gyroscopen, zoals die ook al in veel smartphones te vinden zijn. Ze kunnen inzicht geven in houdingen, bewegingen, intensiteit van bewegen, stapfrequenties, et cetera.

Testcircuit

Inzicht in wedstrijden helpt bij het formuleren van de functionele eisen voor de rolstoel en de rolstoel-atleet interactie, maar geeft nog geen antwoord op de onderzoeksvraag wat de optimale afstemming van rolstoel op atleet is. Om meer inzicht te krijgen in de effecten van rolstoelinstellingen op het rolstoelrijgedrag moeten de bewegingen die typerend zijn voor rolstoelbasketbal gestandaardiseerd uitgevoerd kunnen worden om een verandering aan de rolstoel gegeneraliseerd meetbaar te maken. Omdat het objectief meten van het effect van verschillende rolstoelconfiguraties op mobility performance in wedstrijd situaties niet haalbaar is door de steeds veranderende omgeving, is er op basis van de verzamelde wedstrijdgegevens een testcircuit ontwikkeld dat de mobility performance in een wedstrijd simuleert (De Witte, Hoozemans, Berger, e.a., 2016c). De test bestaat uit 15 onderdelen die achter elkaar door de atleet moeten worden uitgevoerd met een gestandaardiseerde rust tussen de onderdelen zodat vermoeidheid geen beperkende factor is. In tabel 1 worden de testonderdelen kort beschreven. Om te kijken of de metingen betrouwbaar zijn en de test een objectief beeld geeft van mobility performance (validiteit), is de test afgenomen bij een groot aantal ervaren rolstoelbasketballers. Voor de validiteitsstudie hebben 46 atleten evenredig verdeeld over de classificaties (internationale mannen ($n=21$), internationale vrouwen ($n=13$) en nationale mannen

Tabel 1. Testonderdelen rolstoelbasketbalcircuit (De Witte e.a., 2016c).

Onder-deel	Uitleg
1	TikTakBox; snelle kleine bewegingen voor-/achterwaarts afgewisseld met botsingen tegen object
2	180° draai op de plaats linksom
3	12 meter sprint
4	Bocht rechtsom (radius 1,9 m → totaal 12 meter)
5	Bocht linksom (radius 1,9 m → totaal 12 meter)
6	180° draai op de plaats rechtsom
7	12 meter sprint met een stop op 3 en 6 meter (interval)
8	Bocht links (met een stop op 90° en 180°)
9	Bocht rechts (met een stop op 90° en 180°)
10	180° draai op de plaats linksom met een stop op 90°
11	12 meter sprint met bal
12	Bocht rechtsom met bal
13	Bocht linksom met bal
14	180° draai op de plaats rechtsom met een stop op 90°
15	12 meter sprint direct gevolgd door een bocht rechts/links, direct daarna een 12m slalom met een bocht rechts/links

(n=12)) de test eenmalig afgelegd en is er gekeken of de test onderscheidend is voor classificatie, geslacht en speelniveau (nationaal of internationaal). Voor de betrouwbaarheidsstudie hebben 23 atleten (mannen spelend op nationaal niveau) de test twee maal onder dezelfde omstandigheden met een week ertussen uitgevoerd (De Witte e.a., 2016c). Nu de validiteit en betrouwbaarheid getoetst is wordt er gekeken naar de responsiviteit van de test waarbij de prestatie-uitkomsten geacht worden te veranderen met een verandering van rolstoelinstelling (bandenspanning en gewicht). De test is pas bruikbaar voor onderzoeksdoeleinden als deze ook responsief is gebleken op dergelijke gangbare rolstoel-manipulaties. Daarna kan er gekeken worden naar het effect van manipulaties als framehoogte, camberstand van de wielen en dergelijke.

Resultaten aanvullende metingen testcircuit

Voorafgaand aan de validiteits- en betrouwbaarheidstesten is informatie verzameld over de antropometrie van de atleet, de huidige rolstoel-atleet-configuraties en speelkenmerken als veldpositie en speelniveau. Met deze aanvullende metingen wordt geprobeerd meer inzicht te krijgen in verklarende factoren van prestatie. Op basis van de aanvullende metingen in het testcircuit kunnen enkele uitspraken worden gedaan over de relatie tussen prestatie, atleet en rolstoel. Enkele opvallende resultaten van de 12 meter sprint (testonderdeel 3, tabel 1) zullen kort worden besproken.

Zoals verwacht zijn gemiddeld over de classificaties internationale atleten sneller op de 12 meter sprint dan nationale atleten. Daarnaast hebben internationale atleten

minder pushes nodig om de 12 meter te overbruggen en kunnen ze een hogere maximale kracht leveren ten opzichte van nationale atleten. Naast de prestatieverschillen zijn er ook verschillen zichtbaar in de rolstoel-atleet-configuratie. Als er gekeken wordt naar de fysieke eigenschappen dan is er op nationaal niveau een duidelijke correlatie tussen prestatie op de 12m sprint en classificatie, meer fysieke beperking heeft een negatief effect op prestatie. Deze relatie is echter niet duidelijk zichtbaar op internationaal niveau, hier heeft fysieke beperking minder effect op prestatie (Van der Slikke, Berger, Bregman e.a., 2016). Over de gehele groep gezien is de zithoogte afhankelijk van de classificatie; lager geclassificeerde atleten zitten lager dan hoger geclassificeerde atleten. Opvallend is dat internationale atleten over de gehele groep genomen 5cm hoger zitten (zowel de lage als de hoge classificaties) in hun rolstoel dan nationale atleten en dat terwijl een hogere zithoogte minder optimaal is om propulsie te leveren (Mason, Van der Woude & Goosey-Tolfrey, 2013). Het verschil in zithoogte kan eventueel worden verklaard door een betere optimalisatie van de rolstoel en betere techniek van internationale atleten.

Het classificatiesysteem dat gebruikt wordt is grotendeels gebaseerd op de rompfunctie die een atleet heeft. Zoals eerder al genoemd is er geen significante relatie tussen prestatie op de 12m sprint en classificatie bij internationale atleten. Daarentegen is er wel een verschil zichtbaar in het rompgebruik. Atleten met volledige rompfunctie bewegen hun romp tijdens de eerste push volledig voorwaarts en blijven bij de daaropvolgende pushes laag met hun romp terwijl atleten met beperkte rompfunctie hun romp niet actief buigen (omdat dit beperkt is). De romp beweegt zelfs wat achterwaarts door de reactiekracht die ontstaat door het duwen tegen de hoepel. Ondanks dat er significante verschillen zijn in rompgebruik is er geen significant effect op prestatie per classificatiegroep. Op dit onderwerp is verder onderzoek noodzakelijk.

Op zoek naar de perfecte sportrolstoel

Gedurende het onderzoek is er steeds meer kennis verzameld over de rolstoel-atleet-interactie. Doel van dit gehele onderzoeksproject is het ontwerpen van een systematiek ten behoeve van de optimale rolstoel voor rolstoelbasketbal in het bijzonder en rolstoelsport in het algemeen. Vanuit de International Wheelchair Basketball Federation (2014) zijn er regels gesteld aan de rolstoel waar rekening mee gehouden moet worden, zo mag een speler met classificatie 1-3 een maximale zithoogte hebben van 63cm en de hogere classificaties maximaal 58cm.

De volgende fase in dit onderzoeksproject is om in de geïsoleerde omgeving van het testcircuit te kijken naar het effect van verschillende rolstoelinstellingen op prestatie. Er wordt gekeken naar het effect van zithoogte; meerdere zithoogte-afstellingen worden getest bij individuele atleten met classificatie 1 of 1.5 en 4 of 4.5. We

hopen zo inzicht te krijgen in de rol van zithoogte op de complexe mobility performance in rolstoelbasketbal. Daarnaast wordt er ook gekeken naar het effect van een zwaardere rolstoel, een andere verdeling van het gewicht en het al dan niet hebben van extra grip door middel van handschoenen. De manipulaties die nu worden getest vallen binnen de richtlijnen die de bond heeft gesteld aan sportrolstoelen. Het optimaliseren van de stoel leidt echter wel tot een betere atleet-rolstoel-interactie die weer effect kan hebben op het classificatiesysteem, want spelers worden geclassificeerd in hun eigen sportrolstoel. Het is de dus maar de vraag hoeveel ruimte er is voor optimalisatie binnen het huidige classificatiesysteem, omdat in het meest ideale geval alle spelers uiteindelijk een classificatie 4.5 krijgen. Dit geeft dus ook meteen aanleiding om kritisch te kijken naar het huidige classificatiesysteem.

Met de beschreven specifieke aanpak in dit onderzoeksproject om inzicht te krijgen in de eisen die er gesteld worden aan de rolstoel in rolstoelbasketbal is het doel om wetenschappelijk onderbouwde antwoorden te krijgen die bijdragen aan sportrolstoeloptimalisatie en om praktijkinformatie te geven aan coaches, atleten en rolstoel-experts. Bijvoorbeeld: hoeveel sneller wordt een atleet bij een verlaging van de zithoogte met 5cm en hoeveel sneller kan een atleet roteren als hij zijn voeten zo ver mogelijk naar achter plaatst? Deze informatie is noodzakelijk om te komen tot de perfecte sportrolstoel.

Referenties

- Bloxham, L.A., Bell, G.J., Bhambhani, Y., & Steadward, R.D. (2001). Time motion analysis and physiological profile of canadian world cup wheelchair basketball players. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 10, 183-198.
- Byrnes, D., & Hedrick, B. (1994). Comprehensive basketball grading system. In B. Hedrick, D. Byrnes & L. Shaver (Eds.), *Wheelchair basketball* (pp. 79). Washington: Paralyzed Veterans of America.
- De Witte, A.M., Hoozemans, M.J.M., Berger, M.A.M., Veeger, D. (H.E.J.), & van der Woude, L.H.V. (2016a). Do field position and playing standard influence athlete performance in wheelchair basketball? *Journal of Sports Sciences*, 34(9), 811-820.
- De Witte, A.M.H., Berger, M.A.M., Hoozemans, M.J.M., Veeger, D. (H.E.J.), & Van der Woude, L.H.V. (2016b). *Effects of game-related aspects on mobility performance in wheelchair basketball*. Submitted.
- De Witte, A.M.H., Hoozemans, M.J.M., Berger, M.A.M., Van der Slikke, R.M.A., Van der Woude, L.H.V., & Veeger, D. (H.E.J.) (2016c). *Development, reliability, and construct validity of a field-based wheelchair mobility performance test*. In process.
- International Wheelchair Basketball Federation. (2014). Official wheelchair basketball rules 2014. Incheon, Korea: International Wheelchair Basketball Federation.
- Mason, B., Van der Woude, L., & Goosey-Tolfrey, V. (2013). The ergonomics of wheelchair configuration for optimal performance in the wheelchair court sports. *Sports Medicine*, 43(1), 23-38.
- Van Der Slikke, R., Berger, M., Bregman, D., Lagerberg, A., & Veeger, H. (2015a). Opportunities for measuring wheelchair kinematics in match settings; reliability of a three inertial sensor configuration. *Journal of Biomechanics*, 48(12), 3398-3405.
- Van der Slikke, R.M.A., Berger, M.A.M., Bregman, D.J.J., & Veeger, H.E.J. (2015b). Wheel Skid Correction is a Prerequisite to Reliably

Measure Wheelchair Sports Kinematics Based on Inertial Sensors. *Procedia Engineering*, 112, 207-212.

Van der Slikke, R.M.A., Berger, M.A.M., Bregman, D.J.J., & Veeger, H.E.J. (2016). *Push characteristics in wheelchair court sport sprinting*. Paper presented at 11th conference of the International Sports Engineering Association, Delft, The Netherlands.

Over de auteurs



A.M.H. de Witte, BEd MSc
Docent-onderzoeker
Faculteit gezondheid, voeding en sport
De Haagse Hogeschool, Den Haag
Promovendus
Faculteit der gedrags- en bewegingswetenschappen
Vrije Universiteit Amsterdam
a.m.h.dewitte@hhs.nl



R.M.A. van der Slikke, MSc
Docent-onderzoeker
Faculteit gezondheid, voeding en sport
De Haagse Hogeschool, Den Haag
Promovendus
Faculteit 3ME
Technische Universiteit Delft



Dr. M.J.M. Hoozemans
Faculteit der gedrags- en bewegingswetenschappen
MOVE Research instituut
Vrije Universiteit Amsterdam



Dr. M.A.M. Berger
Projectleider/onderzoeker
Lectoraat Revalidatie en Expertise
Centrum Bewegingstechnologie
Faculteit Gezondheid, Voeding en Sport
De Haagse Hogeschool, Den Haag



Dr. D.J.J. Bregman
Coördinator sportinnovatie
Faculteit 3ME
Technische Universiteit Delft



Prof. dr. H.E.J. Veeger
Faculteit der gedrags- en bewegingswetenschappen
Vrije Universiteit Amsterdam
Faculteit 3ME
Technische Universiteit Delft



Prof. dr. L. van der Woude
Hoogleraar Beweging, Revalidatie & Functioneel Herstel
Faculteit Medische Wetenschappen/
UMCG
Rijksuniversiteit Groningen (RuG)