

De invloed van rompfunctionaliteit op het roteren bij E-Hockey



De invloed van rompfunctionaliteit op het roteren bij E-Hockey

Naam: N.S. Brakkee
Studentnummer: 13032313
Eerste begeleider: R.M.A. van der Slikke MSc
Tweede begeleider: M.L.C. Kessels MSc
Opdrachtgever: Kees van Breukelen, Head of Classification PowerChair Hockey

Mens en Techniek | Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool

Rotterdam, juni 2017

Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'De invloed van rompfunctionaliteit op het roteren bij E-Hockey', een onderzoek naar de invloed van de verschillende mate van rompfunctionaliteiten op de rotatiesnelheid en het doel gericht schieten vanuit een rotatie binnen het elektrisch rolstoelhockey (E-Hockey). Deze scriptie is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Bewegingstechnologie aan De Haagse Hogeschool en in opdracht van Kees van Breukelen, Head of Classification PowerChair Hockey. Van maart 2017 tot en met juni 2017 ben ik bezig geweest met het onderzoek en het schrijven van deze scriptie.

Naar aanleiding van een vraagstuk van één van de coaches van het E-Hockey, is samen met Kees van Breukelen deze onderzoeksvraag voor deze scriptie ontstaan. Gedurende mijn afstudeerperiode heb ik veel geleerd en ben ik blij met de keuze om mijn afstudeeronderzoek alleen uit te voeren.

Graag wil ik nog wel een aantal mensen bedanken die eraan hebben bijgedragen om dit onderzoek tot een goed eind te brengen. Allereerste wil ik mijn begeleiders Kees van Breukelen, Rienk van der Slikke en Manon Kessels bedanken. Zij hebben mij gedurende het hele afstudeertraject geholpen en ondersteund. Ook de coaches en sporters waarmee is samengewerkt en waarbij de metingen zijn uitgevoerd, wil ik bedanken voor de medewerking. Als laatste wil ik de mensen in mijn directe omgeving en studiegenoten bedanken voor het meedenken, het adviseren en meehelpen om mijn scriptie tot een goed einde te brengen.

Veel plezier met het lezen van mijn scriptie!

Nienke Brakkee

Rotterdam, 14 juni 2017

Inhoudsopgave

Voorwoord	
Samenvatting.....	4
1. Inleiding	5
Onderzoeksvraag met deelvragen	7
2. Methode.....	9
2.1 Proefpersonen	9
2.2 Metingen	9
2.2.1.Testen.....	10
2.3 Meetprotocol.....	13
2.4 Dataverwerking	13
2.5 Statistiek	13
3. Resultaten.....	14
4. Discussie	18
5. Conclusie	20
Literatuurlijst	21
Bijlagen	22
1. Totstandkoming Trunk Profile (TIC Test) [2]	22
2. Proefpersoonkarakteristieken.....	24
3. Meetprotocol.....	25
4. Stappenplan Consensus Multi Sensor Management.....	26
5. Matlab-script voor dataverwerking.....	29
6. Verloop rotatiesnelheid per proefpersoon gedurende de metingen	39
7. Persoonlijke leerdoelen.....	42

Samenvatting

Binnen het elektrisch rolstoelhockey (E-Hockey) zijn sporters ingedeeld in verschillende klassen die iets zeggen over de lichamelijke functie van de sporter in de rolstoel. Deze klassen lopen van 1 tot en met 4, waarbij de functionaliteit van de armen (= arm profile (AP)) en de romp (= trunk profile (TP)) bij elkaar worden opgeteld. Het kan dus voorkomen dat sporters die geen rompfunctie hebben toch in dezelfde klasse terecht komen als sporters die wel degelijk rompfunctie hebben. Zo worden sporters met bijvoorbeeld een 1.5 profiel (1 arm profile en 0.5 trunk profile) geclassificeerd in klasse 1, net zoals de sporter met een 1.0 profiel (1 arm profile en 0 trunk profile). Uit gesprekken met coaches Patricia en Berri van Manen (SV Kampong Hockey) en Thea Smit (Haag 88) is gebleken dat er in spelmogelijkheden wel degelijk verschillen zitten tussen deze twee profielen. Deze verschillen zitten voornamelijk in de maximaal haalbare draaisnelheid per sporter. De hoofdvraag die hieruit voortgekomen is, luidt 'Wat is de invloed van de centrifugaal kracht tijdens rotaties bij het E-Hockey bij spelers met verschillende mate van rompfunctie?'

Aan de hand van een tweetal testen is onderzocht wat de invloed van de romp is gedurende rotaties en het doelgericht schieten vanuit een rotatie. De sporters is gevraagd om drie maal een parcours af te leggen met een variabele straal tot het middelpunt en twee maal een bal in het doel te schieten vanuit een rotatie. Met behulp van inertieële sensoren (Shimmer 3) en videoanalyses is de rotatiesnelheid uitgezet en weergegeven in grafieken. Zo is er bekeken of de sporters met rompfunctie hogere rotatiesnelheden kunnen behalen dan de sporters zonder rompfunctie.

Na de dataverwerking met behulp van Matlab zijn de resultaten van de testen weergegeven in grafieken. Per test is per proefpersoon de maximaal behaalde rotatiesnelheid weergegeven.

De resultaten hebben aangetoond dat van de in totaal 15 vergelijkingen tussen sporters met en zonder rompfunctie, in 12 gevallen een hogere rotatiesnelheid wordt behaald door sporters met rompfunctie. Ook de totale gemiddelde maximale rotatiesnelheid van alle sporters met rompfunctie ligt hoger dan die van sporters zonder rompfunctie. Echter door de kleine onderzoekpopulatie kan er geen significant verschil worden aangetoond tussen de twee groepen. Verschillende aspecten kunnen aan dit resultaat hebben bijgedragen. Het aantal proefpersonen dat op voorhand bepaald was voor dit onderzoek is niet behaald. Het is gedurende het onderzoek gebleken dat het lastig is om zoveel proefpersonen met verschillende profielen te vinden. Daarnaast hebben een tweetal foutieve metingen eraan bijgedragen dat niet alle data bruikbaar zijn gebleken voor het onderzoek. Ook is gedurende de metingen gebleken dat de videoanalyses niet bruikbaar zijn geweest terwijl deze wel van toegevoegde waarde hadden kunnen zijn. Bij dit onderzoek is er gekozen om uit de resultaten per test steeds de hoogste rotatiesnelheid te nemen. Echter ligt deze piek niet bij elke proefpersoon op dezelfde plek in de bocht en zou dit bij een vervolgonderzoek meegenomen kunnen worden door een vast moment te kiezen voor het bepalen van de maximale rotatiesnelheid voor elke proefpersoon. Ook kan na dit onderzoek worden vermeld dat de sensoren die gebruikt zijn (Shimmer 3) de juiste resultaten hebben gegenereerd en zeker bruikbaar zijn in het vervolgonderzoek. Ook de onderzoeksopzet bleek goed uitgedacht en heeft de uitkomstparameters gebracht die op voorhand verondersteld waren. Ook de positieve feedback van de sporters heeft dit bevestigd.

Uiteindelijk kan na dit onderzoek worden geconcludeerd dat er een trend waarneembaar is dat sporters met rompfunctie hogere maximale rotatiesnelheden kunnen behalen dan dezelfde geclassificeerde sporters zonder deze rompfunctie.

1. Inleiding

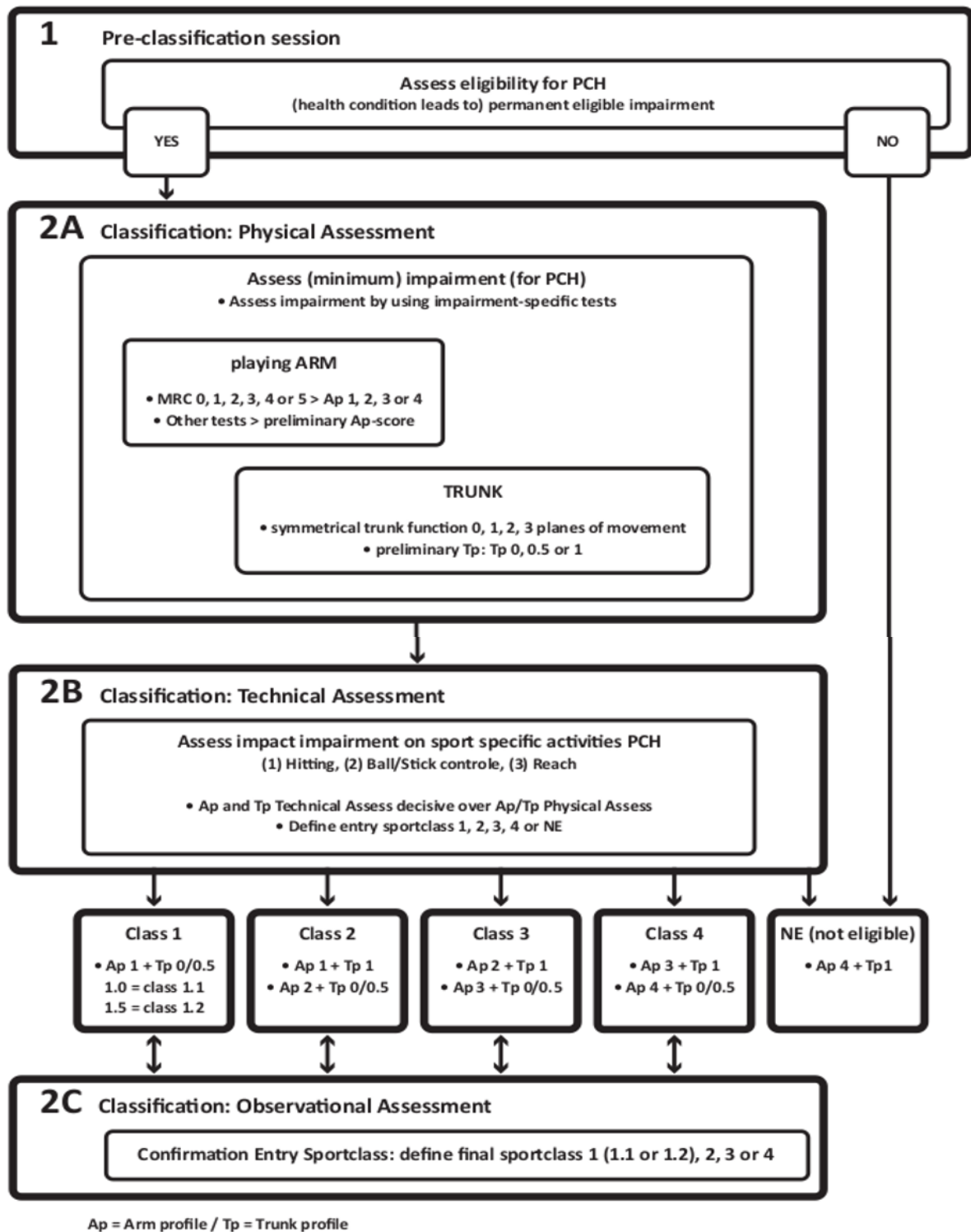
Tegenwoordig zijn er in Nederland veel sporten die ook uitgeoefend worden door mensen met een verstandelijke of lichamelijke beperking. Het rolstoelhockey is in Nederland een grote sport en kent verschillende vormen zoals G-Hockey, H-Hockey en E-Hockey. Binnen het G-Hockey betreft het sporters met een verstandelijke beperking en het H- en E-Hockey betreft sporters in een handbewogen (H-Hockey) of elektrische (E-Hockey) rolstoel.

Binnen het E-Hockey zijn de spelers ingedeeld in verschillende klassen die iets zeggen over de lichamelijke functie van de sporter in de rolstoel. De klassen lopen van 1 tot aan 4. Des te lager de sporter geclassificeerd wordt, des te groter de fysieke beperking is. De sporters worden geclassificeerd naar de functionaliteit in de armen (= arm profile (AP)) en de romp (= trunk profile (TP)). De minimale waarde van de armen is één, er is dan geen actieve functie mogelijk. Doordat er geen actieve functie mogelijk is, gebruiken deze sporters meestal een T-stick die aan de voorzijde van de rolstoel bevestigd zit. Zij hoeven dus geen hockeystick vast te houden tijdens het spel. De maximale waarde van de armen is 4.0, waarbij er veel functionele beweegmogelijkheden zijn. Bij de romp is de minimale waarde voor de functionaliteit nul en de maximale waarde 1.0. De functionaliteit wordt bepaald door de kracht, flexibiliteit, spierspanning en de mogelijkheden tot buigen, strekken en draaien [1]. Om tot de juiste classificatie te komen, worden er bij de sporters verschillende lichamelijke testen uitgevoerd. Er wordt ook gekeken naar de uitvoering met de bal en de rolstoelvaardigheden tijdens zowel een technische assessment, zoals bal-stick controle, alsmede in de wedstrijd.

Figuur 1, op bladzijde 6, geeft de schematische weergave van de totstandkoming van de klasse weer. Als eerste worden er een aantal fysieke testen afgenomen. Er wordt gekeken naar de beperkingen van de speelarm en de romp. Om het 'arm profile' van de speelarm te bepalen wordt gekeken naar de mogelijkheden tot bewegen in de schouder (abductie, endo- en exorotatie, elevatie, retroflexie), elleboog (flexie/extensie, pro- en supinatie), pols (flexie/extensie) en vingers (flexie/extensie). Voor het bepalen van het 'trunk profile' worden er vier testen afgenomen op een behandelbank. Deze 'Trunk Impairment Tests' (TIC- testen) staan uitgebreid weergegeven en uitgelegd in Bijlage 1. De eerste test heeft betrekking op het rechtop blijven zitten. De voor- en achterwaartse flexie wordt getest in de derde test. In de vierde test wordt er gekeken naar de rotatiemogelijkheden van de sporter. En als laatste wordt de lateroflexie getest in test 5. Het 'trunk profile' komt uiteindelijk tot stand door te kijken welke testen succesvol afgerond of gefaald zijn [2]. Dit staat schematisch weergegeven in Tabel 1 op bladzijde 7.

Het kan dus voorkomen dat sporters die geen rompfunctie hebben toch in dezelfde klasse terecht komen als sporters die wel degelijk rompfunctie hebben. Zo scoort sporter A bijvoorbeeld voor het 'arm profile' een 1.0 en een 0 voor het 'trunk profile'. Maar sporter B scoort ook een 1.0 voor het 'arm profile', maar een 0.5 voor het 'trunk profile'. Beide sporters worden hetzelfde geclassificeerd, namelijk klasse 1, terwijl er in spelmogelijkheden wel degelijk verschillen zijn [3]. Uit gesprekken met coaches Patricia en Berri van Manen (SV Kampong Hockey) en Thea Smit (Haag 88) is ook gebleken dat sporters die wel over de rompfunctie beschikken sneller worden opgesteld dan sporters uit dezelfde klasse die deze rompfunctie niet hebben. Dit zou komen doordat deze sporters sneller kunnen roteren en op de bal kunnen reageren door de functiemogelijkheden van de romp. Dit zijn echter bevindingen uit de praktijk, er is hier nog geen onderzoek naar uitgevoerd. Uit een ander eerder wetenschappelijk onderzoek [4, 5] is gebleken dat sporters met een rompfunctie meer beweegmogelijkheden hebben en een reactiekracht kunnen leveren tegen de centrifugaal kracht (= middelpuntvliedende kracht).

Hier ligt de aanleiding van dit onderzoek. Dit onderzoek zal in kaart brengen welke invloed de rompfunctionaliteit heeft bij sporters bij het roteren in de rolstoel en welke voordelen deze sporters behalen uit hun rompfunctie gedurende het spel, en dan specifiek de maximaal haalbare rotatiesnelheid en het schieten op doel.



FIGUUR 1 SCHEMATISCHE WEERGAVE TOTSTANDKOMING VAN DE KLASSE [2]

TABEL 1 TOTSTANDKOMING VAN HET TRUNK PROFILE [2]

Trunk Profile	
0	Alle testen gefaald
0.5	Test 1 succesvol, één of méér van de testen 3, 4 of 5 faalt
1.0	Alle testen succesvol

Onderzoeksvraag met deelvragen

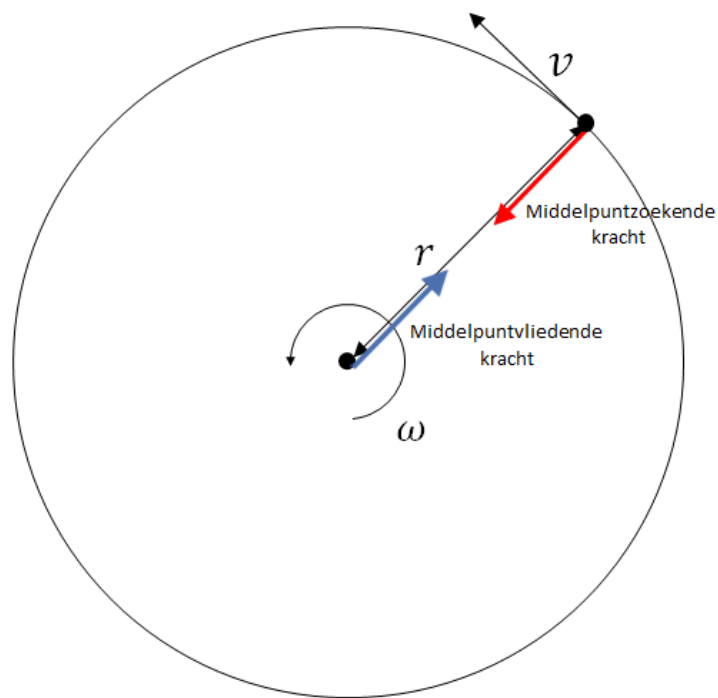
Het doel van dit onderzoek is om in kaart te brengen welke invloed rompfunctie heeft bij sporters bij het roteren van de rolstoel in het E-Hockey. Er zal een experimenteel onderzoek worden uitgevoerd zodat de invloed van de rolstoel en eventuele neksteun kunnen worden meegenomen. De rolstoeleigenschappen hebben effect op de stabiliteit van de speler waardoor dit van belang is om mee te nemen in het onderzoek. Met dit onderzoek zal worden aangetoond welke invloed rompfunctie heeft op het roteren en dan specifiek de rotatiesnelheid en het schieten op doel. De hoofdvraag van dit onderzoek zal luiden:

‘Wat is de invloed van de centrifugaal kracht tijdens rotaties bij het E-Hockey bij spelers met verschillende mate van rompfunctie?’.

Uit de gestelde onderzoeksvraag zijn een tweetal deelvragen ontstaan die de invloed van de centrifugaal kracht op de romp in kaart moeten brengen, enerzijds de invloed van de romp gedurende een rotatie met een variabele straal tot het middelpunt en anderzijds de invloed van de romp tijdens sport specifieke activiteiten. Deze deelvragen staan hieronder geformuleerd.

- Wat is de invloed van de centrifugaal kracht op de romp bij het behalen van een maximale rotatiesnelheid gedurende rotaties met een variabele straal?
- Wat is de invloed van de centrifugaal kracht op de romp tijdens op het doelgericht schieten vanuit een rotatie?

Naar verwachting zal er uit het onderzoek komen dat rompfunctie binnen het E-Hockey positieve invloed heeft op het roteren en het gericht schieten op het doel. Verwacht wordt dat de sporters met rompfunctie een hogere maximale rotatiesnelheid kunnen behalen en voordelen behalen uit hun rompfunctie op sport-specifieke activiteiten. Deze gestelde hypothese komt voort uit de mechanica van het roteren. Sporters met rompfunctie kunnen een middelpuntzoekende kracht (reactiekracht) leveren tegen de centrifugaal kracht (=middelpuntvliedende kracht) die ontstaat gedurende een rotatie. De sporters die deze middelpuntzoekende kracht kunnen leveren zouden daardoor een hogere maximale rotatiesnelheid kunnen bereiken dan de sporters die de reactiekracht niet kunnen leveren. Dit staat schematisch weergegeven in Figuur 2 op bladzijde 8. In dit figuur staan de middelpuntvliedende kracht (blauwe pijl), middelpuntzoekende kracht (rode pijl), straal (r), snelheid (v) en rotatiesnelheid (ω).



FIGUUR 2 SCHEMATISCHE WEERGAVE KRACHTEN GEDURENDE EEN ROTATIE

De uitkomsten die uit dit onderzoek komen, kunnen wellicht aanleiding zijn voor een vernieuwing in het classificatiesysteem van het E-Hockey. Als blijkt dat het hebben van rompfunctie daadwerkelijk veel voordelen heeft en het daardoor mogelijk niet terecht is dat deze sporters hetzelfde worden geclassificeerd, zou dat aanleiding kunnen zijn om van vier naar acht klassen te gaan.

De resultaten van dit onderzoek zullen worden teruggekoppeld aan de Wheelchairsport classifiers die deze gegevens kunnen gebruiken voor vernieuwingen van het classificatiesysteem of een eventueel vervolgonderzoek.

Voor dit onderzoek zal worden samengewerkt met Kees van Breukelen, Wheelchairsport classifier (International Classifier for Wheelchairrugby, Wheelchairbasketball, PowerChair Hockey en Handcycling). De metingen worden verricht bij het E-Hockey team van SV Kampong Hockey en Omnivereniging De Pont in Rotterdam.

2. Methode

2.1 Proefpersonen

De onderzoekspopulatie van dit onderzoek zal bestaan uit minimaal 8 proefpersonen. Binnen elke klasse bestaan er twee profielen, een profiel zonder rompfunctie en een profiel met rompfunctie. De proefpersonen met de halve profielen (1.5, 2.5, 3.5 en 4.5) zijn de sporters met rompfunctie (0.5 trunk profile) en de hele profielen (1.0, 2.0, 3.0 en 4.0) zijn de sporters zonder rompfunctie (0 trunk profile). Dit staat schematisch weergegeven in Tabel 2. Per profiel zal er minimaal één proefpersoon gemeten worden om een compleet beeld te krijgen over alle klassen. Hiervoor is gekozen zodat de uitkomsten van het onderzoek betrekking hebben op de gehele sport en niet op één specifieke klasse.

De proefpersonen die meewerken aan het onderzoek beoefenen allen E-Hockey en zijn in het bezit van een eigen elektrische rolstoel. Verder is de klasse met bijbehorend profiel van belang, omdat er een vergelijking wordt gemaakt tussen de twee groepen, met en zonder rompfunctie. De leeftijd, het geslacht, het team en de positie in het veld van de sporter zijn niet van belang, omdat dit zorgt voor een heterogene onderzoekspopulatie waardoor de uitkomsten van dit onderzoek op iedere sporter van toepassing zijn. Alle persoonskarakteristieken van de gemeten proefpersonen zijn terug te vinden in Bijlage 2.

TABEL 2 SCHEMATISCHE OVERZICHT PROEFPERSONEN

Klasse	Profiel	Proefpersoon
1	1.0	1
	1.5	2
2	2.0	3
	2.5	4
3	3.0	5
	3.5	6
4	4.0	7
	4.5	8

2.2 Metingen

Om antwoord te kunnen krijgen op de onderzoeksvraag zullen er verschillende metingen worden uitgevoerd die de invloed van de centrifugaal kracht op de romp in kaart brengen. De metingen worden uitgevoerd met Shimmers (3 w/450mA/H Battery). Een Shimmer bevat drie sensoren, een gyroscoop, versnellingsensor en magnetometer, die verschillende uitkomstvariabelen genereren. Voor dit onderzoek is de rotatiesnelheid van de rolstoel en de bewegingen van de romp tijdens rotaties van belang. Om tot deze uitkomstparameters te komen zullen er vier Shimmers geplaatst worden, één op de romp van de proefpersoon en drie op de rolstoel. Deze drie Shimmers zullen worden bevestigd op de as van beide achterwielen (zie Figuur 3) en op het frame, zo dicht mogelijk onder het lichaamszwaartepunt van de proefpersoon. De Shimmer die op de romp geplaatst wordt, zal bevestigd zijn door middel van een rugzakje die de proefpersoon draagt op de rug ter hoogte van de schouderbladen, zie hiervoor Figuur 4.



FIGUUR 3 SHIMMER GEPLAATS OP
 ACHTERWIEL VAN ROLSTOEL



FIGUUR 4 SHIMMER BEVESTIGD OP RUG
 TUSSEN DE SCHOUDERBLADEN VAN DE
 PROEFPERSOON

Naast de data die verkregen wordt uit de Shimmers zal er ook gebruik worden gemaakt van een videoanalyse per proefpersoon. Er zal een camera worden geplaatst die de gehele rotatie van de rolstoel met proefpersoon vastlegt. Door deze videoanalyse kan er ook daadwerkelijk worden bekeken wat er gebeurt met de romp tijdens de rotatie. Ook kan de videoanalyse gebruikt worden bij het synchroniseren van de data uit de Shimmers. De standplaats van de camera staat weergegeven in de figuren 5, 6 en 7 op bladzijde 11 en 12.

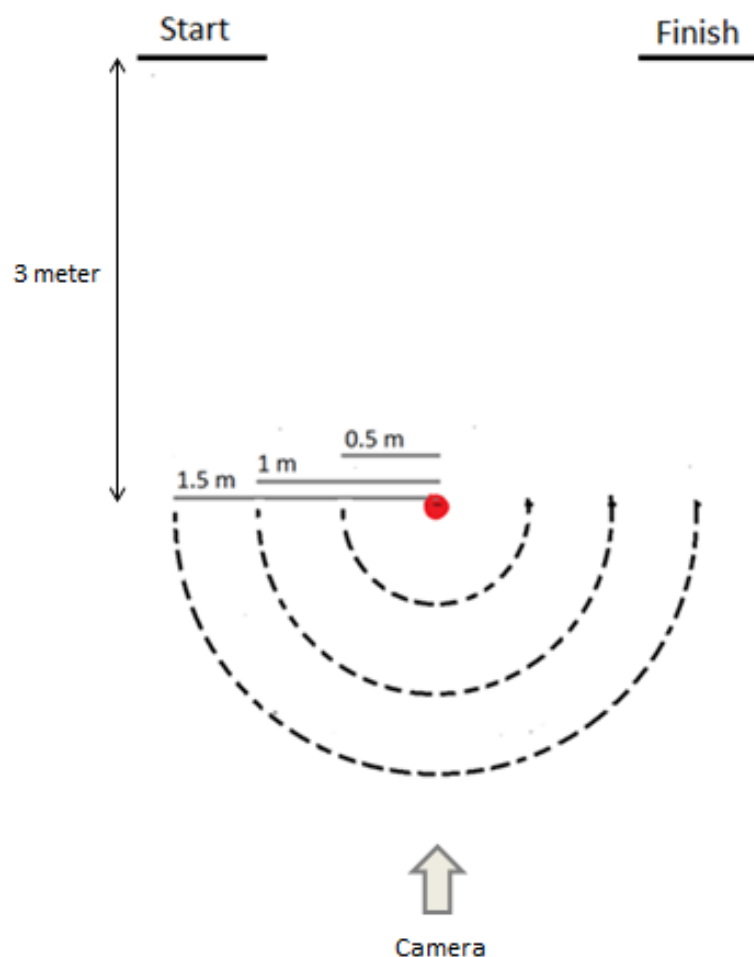
Tijdens de metingen zal aan de proefpersonen worden gevraagd twee testen uit te voeren. De eerste test zal specifiek gericht zijn op de invloed van rompfunctie tijdens het roteren in vergelijking met afwezigheid van deze rompfunctie. De tweede test zal gericht zijn op wat de invloed van de romp is op sport-specifieke activiteiten. Er wordt in deze test bekeken wat de aan-/afwezigheid van de rompfunctie doet tijdens het schieten op doel vanuit een rotatie. Beide testen staan uitgebreid beschreven in paragraaf 2.2.1.

2.2.1. Testen

Test 1:

Bij deze eerste test legt de proefpersoon een parcours af zoals staat weergegeven in Figuur 5. Het parcours bestaat uit een aangegeven start- en finishpunt waarbij de proefpersoon alleen een bocht aflegt. Er wordt bij deze test bekeken of sporters met rompfunctie een hogere rotatiesnelheid kunnen bereiken dan sporters zonder deze rompfunctie. De proefpersoon zal op maximale snelheid het parcours afleggen. Deze snelheid zal bij elke proefpersoon maximaal 15 km/uur zijn, dit staat namelijk vermeld in het reglement [2]. De proefpersonen zullen dit parcours drie maal afleggen, waarbij de straal

van het parcours variabel is. Tijdens de eerste test zal de straal van het parcours 1.5 meter zijn (test 1a), bij de tweede test zal de straal 1 meter zijn (test 1b) en bij de laatste test slechts 0.5 meter (test 1c). Hier is voor gekozen omdat de afstand tot het rotatiepunt, de straal, invloed heeft op de rotatiesnelheid. Door de straal variabel te maken, kan er in verschillende situaties bekeken worden wat de invloed van rompfunctie doet met de rotatiesnelheid.



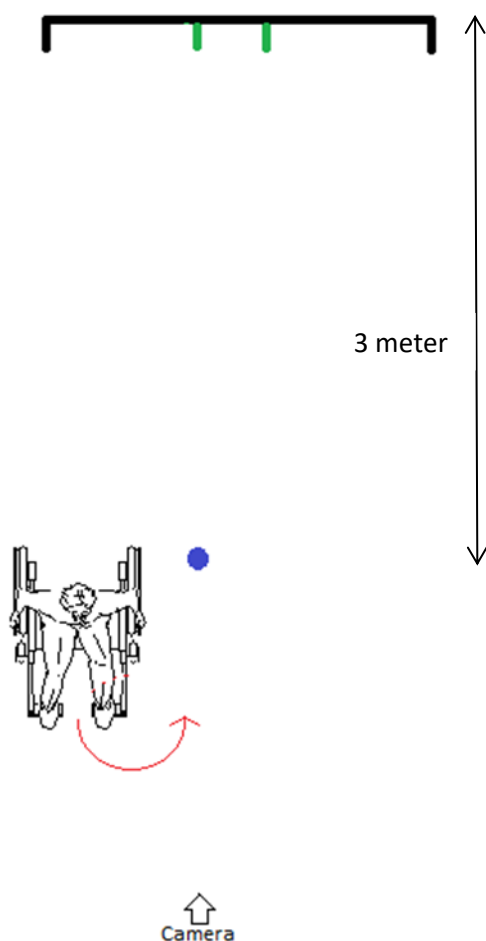
FIGUUR 3 SCHEMATISCHE WEERGAVE BOVENAANZICHT TEST 1A, 1B EN 1C

Test 2:

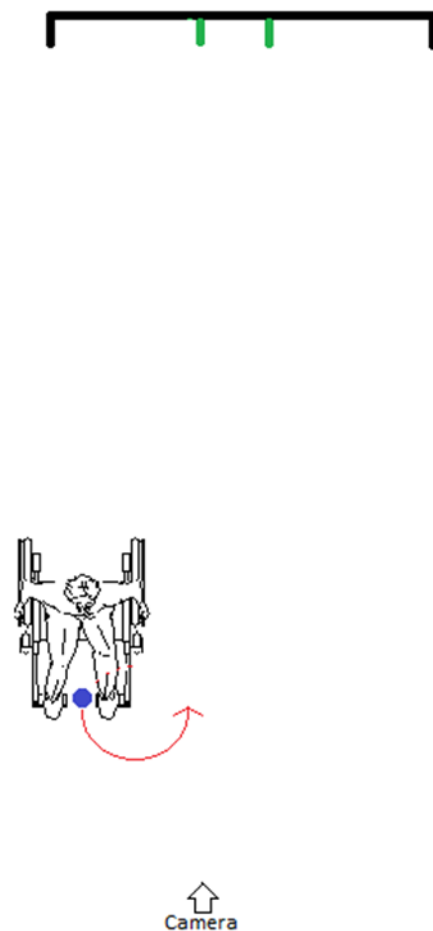
De tweede test zal bestaan uit een 180 graden rotatie vanuit stilstand met daarna een schot op doel. Een schematische weergave van deze test is weergegeven in Figuur 6 en 7 waarbij het doel (zwart), met gemarkeerde deel (groen), de bal (blauw) en de proefpersoon is weergegeven. De proefpersoon staat met de rug naar het doel toe waarna de proefpersoon wordt gevraagd om een 180 graden rotatie te maken om daarna de bal in het doel te schieten. De proefpersoon zal zelf de keuze van een links- of rechtsom rotatie maken afhankelijk van de voorkeur van de

proefpersoon. Er is gekozen om deze tweede test toe te voegen aan de metingen, omdat uit gesprekken met de coaches Patricia en Berri van Manen (SV Kampong Hockey) en Thea Smit (Haag 88) is gebleken dat de sporters met rompfunctie sneller kunnen roteren met de bal en doelgerichter kunnen schieten. Met behulp van deze test zal worden bekeken of dit daadwerkelijk zo is en of rompfunctie hier een positieve bijdrage aan levert.

Ook deze test zal twee keer uitgevoerd worden. De eerste keer, test 2a, zal de bal klaargelegd zijn voor het doel waardoor de sporter alleen hoeft te roteren om vervolgens de klaargelegde bal op doel te schieten, zie Figuur 6. Bij de tweede test, test 2b, zal de sporter de bal met zich meenemen gedurende de rotatie om daarna de bal op het doel te schieten, zie Figuur 7. Ook bij deze test is het van belang dat de test zo snel mogelijk wordt uitgevoerd. Het is bij deze testen wel van belang dat de bal in het doel wordt geschoten. Om te bekijken of de proefpersoon echt gericht kan schieten vanuit beide situaties (test 2a en 2b) is er een gemarkeerd stuk aangegeven in het goal. Het is de bedoeling dat de sporter de bal in dit gemarkeerde deel kan schieten. Mocht dit de sporters niet lukken zal dit genoteerd worden en meegenomen worden in de score.



FIGUUR 6 SCHEMATISCHE WEERGAVE
BOVENAANZICHT TEST 2A



FIGUUR 7 SCHEMATISCHE WEERGAVE
BOVENAANZICHT TEST 2B

2.3 Meetprotocol

Tijdens elke meting is een vast meetprotocol aangehouden die ervoor heeft gezorgd dat elke meting hetzelfde verliep. In dit meetprotocol staan de benodigdheden en het stappenplan dat doorlopen wordt gedurende de metingen. Het gehele meetprotocol is terug te vinden in Bijlage 3.

2.4 Dataverwerking

Voor het verwerken van de data uit de Shimmer is gebruik gemaakt van een bijbehorende programma Consensys v.0.4.4 Multi Sensor Management. In Bijlage 4 is het stappenplan te vinden waarmee de verwerking van de data in Consensys Multi Sensor Management wordt beschreven. De data uit de Shimmer wordt overgezet in een ongekalibreerde Matlab-file. Voor het verwerken van dit Matlab-file is gebruik gemaakt van een Matlab-script (Matlab Mathworks r2014b) die de data uit de Shimmers uitzet in grafieken. De drie Shimmers die bevestigd zijn op de rolstoel en de vierde Shimmer die op de rug van de proefpersoon bevestigd zit, worden in het Matlab-script samengevoegd tot één matrix die de rotatiesnelheid van de rolstoel met proefpersoon uitzet tegen de tijd. Door deze grafieken kan per proefpersoon bekeken worden welke maximale rotatiesnelheid behaald kan worden. In Bijlage 5 is het gehele Matlab-script te vinden dat gebruikt is voor het verwerken van de data.

De videoanalyses die gemaakt worden gedurende de metingen zullen gebruikt worden als synchronisatie van de gegevens die uit de Shimmers komen. Met behulp van de beelden kan tijdens de dataverwerking bekeken worden welke data uit de grafieken gebruikt moeten worden.

2.5 Statistiek

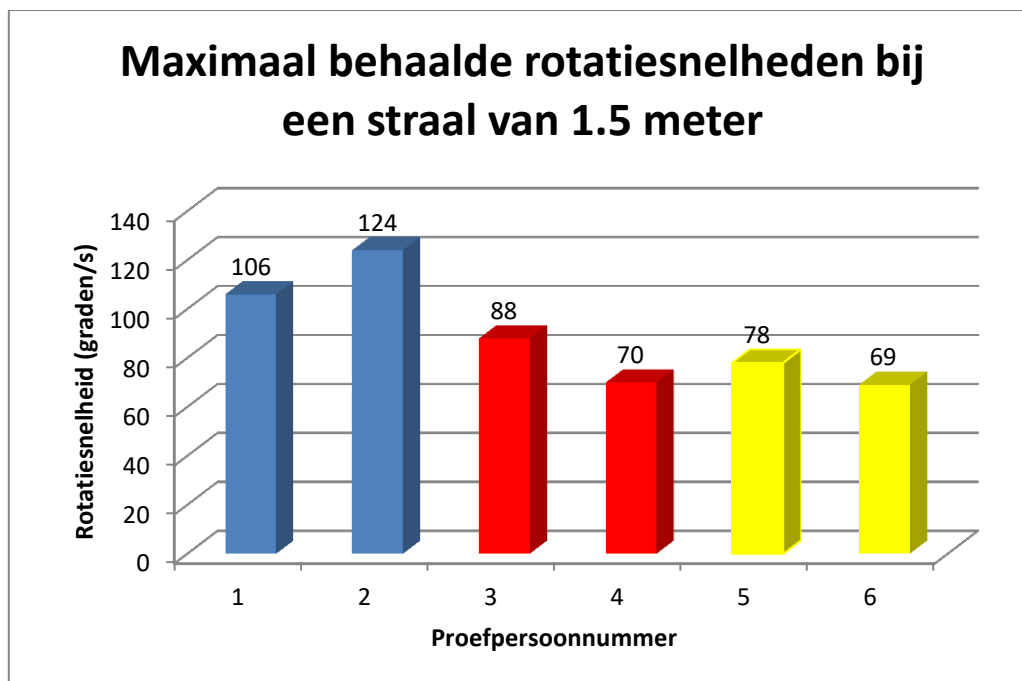
Voor de statistische verwerking van dit onderzoek zal gebruik worden gemaakt van een beschrijvende statistiek. Hiervoor is gekozen omdat er metingen worden verricht binnen een relatief kleine onderzoekspopulatie. De ruwe data uit de metingen zullen overzichtelijk worden weergegeven.

3. Resultaten

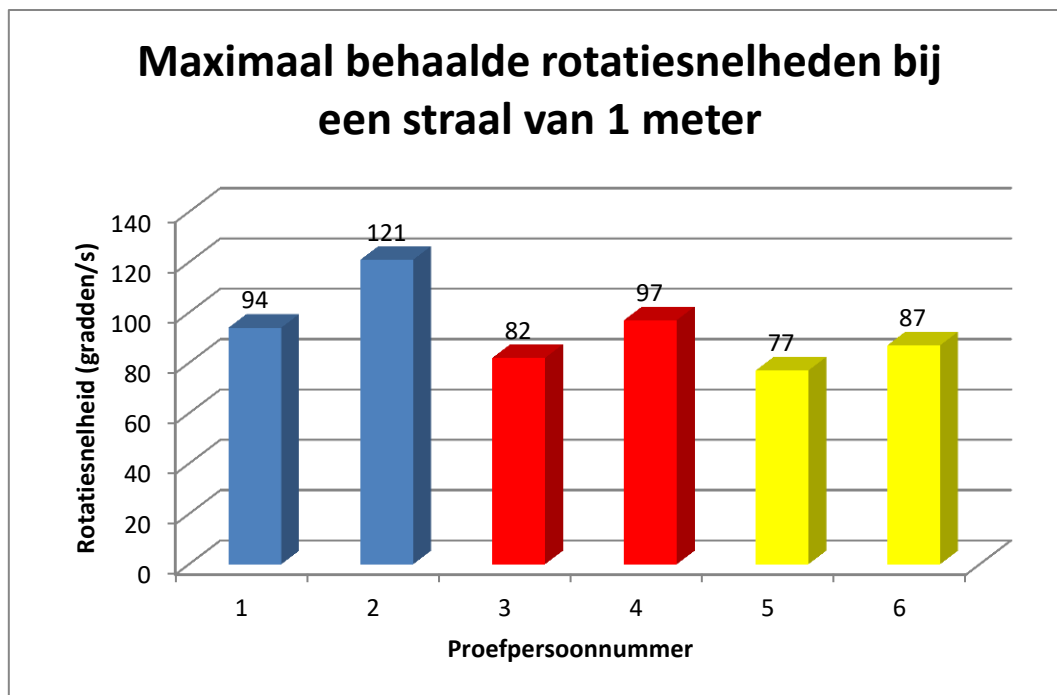
In de grafieken hieronder staan de resultaten van de verschillende testen weergegeven. In deze grafieken staat per proefpersoon de maximaal behaalde rotatiesnelheid (graden/s) op de y-as vermeld en het proefpersoonnummer op de x-as weergegeven. In de figuren 8, 9 en 10 staan de maximaal behaalde rotatiesnelheden weergegeven waarbij er gemeten is bij een variabele straal van 1.5 meter (Figuur 8), 1 meter (Figuur 9) en 0.5 meter (Figuur 10). In Tabel 3 staan het proefpersoonnummer, klasse en profiel vermeld van de proefpersonen waarvan de resultaten in de figuren staan weergegeven. De proefpersonen met de hele profielen (1.0, 2.0 en 4.0) zijn de sporters zonder rompfunctie en de halve profielen (1.5, 2.5 en 4.5) zijn de sporters met rompfunctie. In de figuren zijn de resultaten van de sporters die hetzelfde geassocieerd zijn, in dezelfde kleur weergegeven. Proefpersonen uit klasse één zijn blauw, klasse twee zijn rood en klasse vier zijn geel gekleurd.

TABEL 3 PROEFPERSOONKARAKTERISTIEKEN VAN PROEFPERSONEN IN RESULTATEN

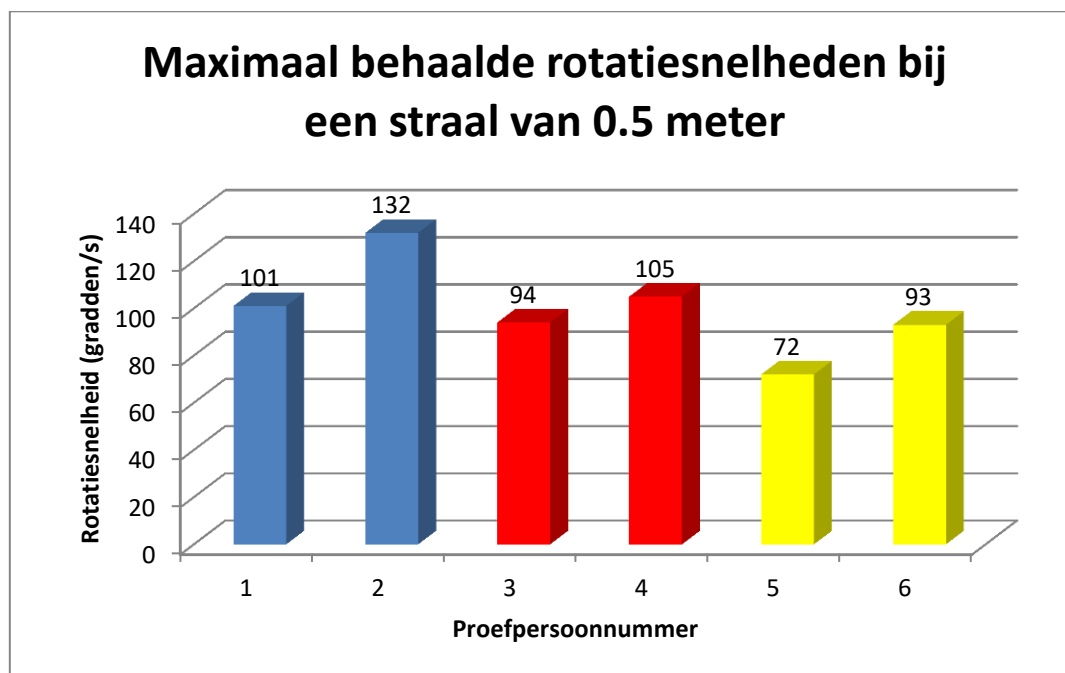
Proefpersoon nummer	Klasse	Profiel
1	1	1.0
2	1	1.5
3	2	2.0
4	2	2.5
5	4	4.0
6	4	4.5



FIGUUR 8 MAXIMAAL BEHAALDE ROTATIESNELHEDEN VAN SPORTERS UIT DE EERSTE (BLAUW), TWEEDE (ROOD) EN VIERDE (GEEL) KLASSE, MET EN ZONDER ROMPFUNCTIE.

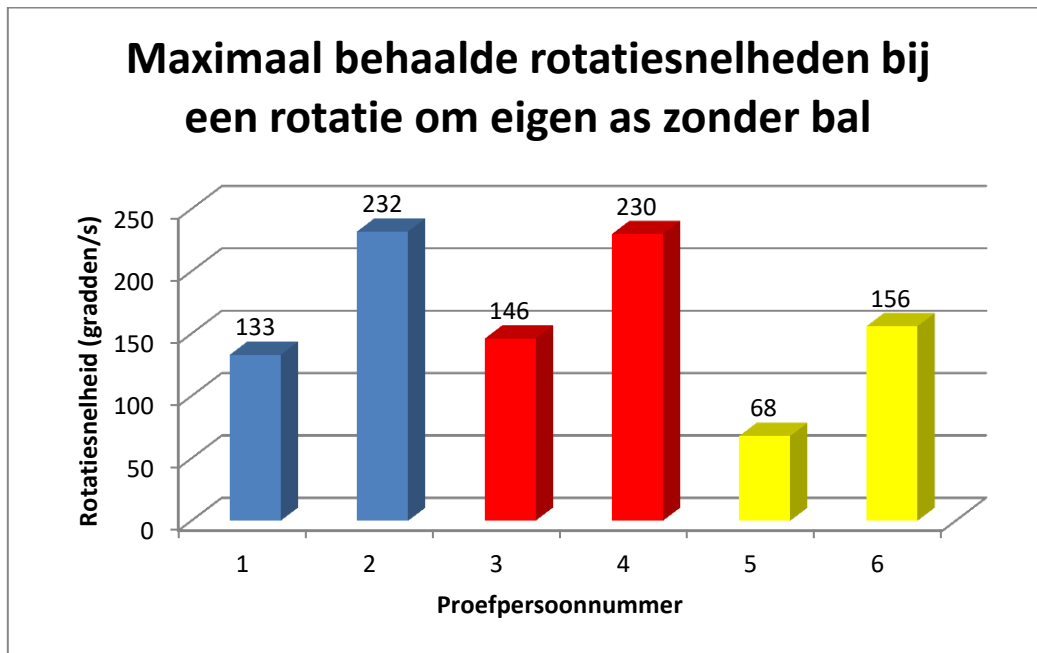


FIGUUR 9 MAXIMAAL BEHAALDE ROTATIESNELHEDEN VAN SPORTERS UIT DE EERSTE (BLAUW), TWEEDE (ROOD) EN VIERDE (GEEL) KLASSE, MET EN ZONDER ROMPFUNCTIE.

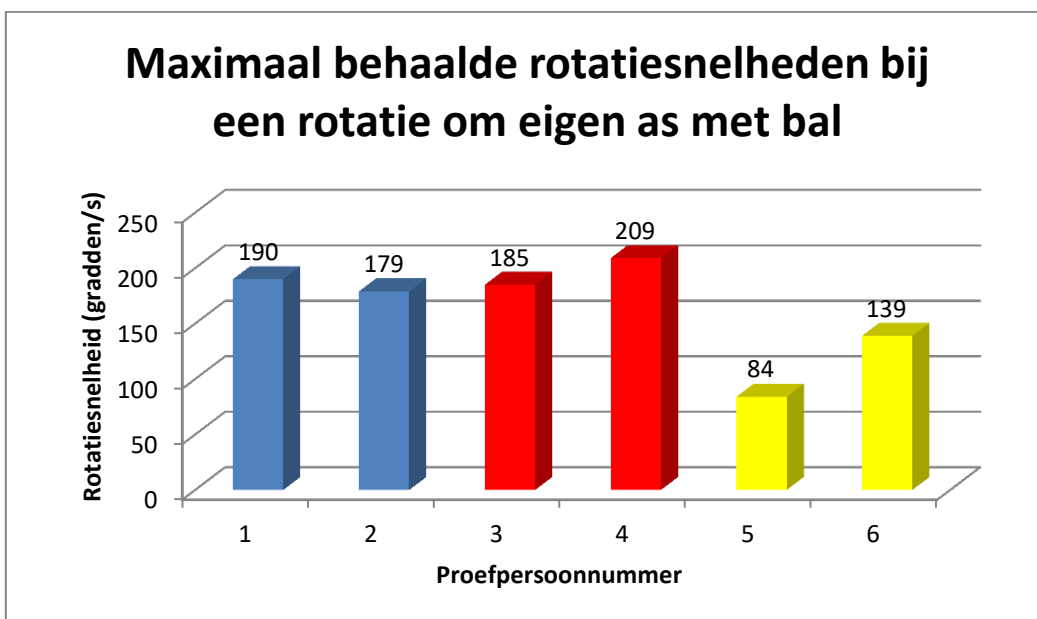


FIGUUR 10 MAXIMAAL BEHAALDE ROTATIESNELHEDEN VAN SPORTERS UIT DE EERSTE (BLAUW), TWEEDE (ROOD) EN VIERDE (GEEL) KLASSE, MET EN ZONDER ROMPFUNCTIE.

In de figuren 11 en 12 staan de maximaal behaalde rotatiesnelheden per proefpersoon van test 2a en 2b weergegeven. Bij deze testen is de rotatiesnelheid gemeten waarbij de proefpersoon om eigen as heeft geroteerd om vervolgens de bal op doel te schieten. Bij test 2a draaide de proefpersoon zonder de bal en lag de bal klaar voor het doel om te schieten. In test 2b is de bal meegenomen tijdens de rotatie om vanuit deze rotatie de bal op het doel te schieten.



FIGUUR 11 MAXIMAAL BEHAALDE ROTATIESNELHEDEN VAN SPORTERS UIT DE EERSTE (BLAUW), TWEEDE (ROOD) EN VIERDE (GEEL) KLASSE, MET EN ZONDER ROMPFUNCTIE.



FIGUUR 12 MAXIMAAL BEHAALDE ROTATIESNELHEDEN VAN SPORTERS UIT DE EERSTE (BLAUW), TWEEDE (ROOD) EN VIERDE (GEEL) KLASSE, MET EN ZONDER ROMPFUNCTIE.

In Bijlage 5 is per proefpersoon het verloop van de rotatiesnelheid gedurende de metingen terug te vinden. De rotatiesnelheid is hier uitgezet tegen de tijd zodat ook kan worden bekeken hoe lang de proefpersonen doen over de verschillende testen. Met behulp van deze grafieken zijn de maximaal behaalde rotatiesnelheden bepaald die weergegeven staan in de figuren hierboven.

Zoals in de figuren hierboven is terug te zien, zijn de resultaten van zes proefpersonen weergegeven. Bij het verwerken van de data zijn er van twee metingen, beide sporters uit klasse 3, geen bruikbare resultaten uit de metingen gekomen. Bij het verwerken van de gegevens uit de Shimmers is gebleken dat het verloop van de rotatiesnelheid gedurende de metingen bij deze twee proefpersonen één rechte lijn was. Dit heeft ervoor gezorgd dat de resultaten van de proefpersonen niet bruikbaar zijn voor het onderzoek.

4. Discussie

In dit onderzoek is gekeken naar de invloed van de rompfunctionaliteit op de rotatiesnelheid en het doelgericht schieten vanuit een rotatie. Door middel van twee testen is antwoord gezocht op de onderzoeksvraag 'Wat is de invloed van de centrifugaal kracht tijdens rotaties bij het E-Hockey bij spelers met verschillende mate van rompfunctie?'. Naar aanleiding van deze onderzoeksvraag zijn een tweetal deelvragen opgesteld. De eerste deelvraag heeft betrekking op de invloed van de romp gedurende een rotatie met een variabele straal tot het middelpunt en luidt 'Wat is de invloed van de centrifugaal kracht op de romp bij het behalen van een maximale rotatiesnelheid gedurende rotaties met een variabele straal?'. Uit de resultaten van test 1 is op te maken dat van de totaal 9 vergelijkingen tussen sporters met en zonder rompfunctie, in 7 gevallen een hogere rotatiesnelheid is behaald door sporters met rompfunctie. De tweede deelvraag heeft betrekking op de invloed van de romp tijdens een rotatie om eigen as gevolgd door een schot op doel en luidt 'Wat is de invloed van de centrifugaal kracht op de romp tijdens het doelgericht schieten vanuit een rotatie?'. De resultaten van test 2 laten zien dat van de 6 vergelijking tussen sporters met en zonder rompfunctie daarvan 5 keer een hogere rotatiesnelheid is gehaald door sporters met rompfunctie. De resultaten van dit onderzoek wijzen erop dat de sporters met rompfunctie in staat zijn om een hogere rotatiesnelheid te behalen dan de sporters zonder rompfunctie. Van de in totaal 15 vergelijkingen tussen sporters met en zonder rompfunctie, behalen sporters met rompfunctie 12 keer een hogere rotatiesnelheid dan de sporters zonder rompfunctie. Ook de totale gemiddelde maximale rotatiesnelheid van alle sporters met rompfunctie ligt hoger dan die van sporters zonder rompfunctie.

Echter kan door de kleine onderzoekspopulatie geen significant verschil worden aangetoond tussen de sporters met en zonder rompfunctie. Gezien de resultaten wijzen deze sterk naar een bevestiging van de hypothese, maar kan dit nog niet worden aangetoond. Hiervoor kan in de toekomst nog verder onderzoek worden gedaan naar de invloed van de romp. Gedurende het onderzoek zijn er verschillende aspecten die invloed kunnen hebben gehad op het resultaat.

Voorafgaand van het onderzoek was het doel gesteld om bij 16 proefpersonen te meten, in elke klasse vier en per profiel twee sporters. Echter is gedurende het onderzoek gebleken dat het lastig is om zoveel verschillende profielen te vinden binnen de klassen in een relatief beperkte periode. Uiteindelijk zijn er 10 proefpersonen gemeten, verspreid over de 4 klassen. Echter is gedurende de dataverwerking gebleken dat de resultaten van twee metingen, beide sporters uit klasse drie, niet bruikbaar zijn voor het onderzoek. Door deze foutieve metingen zijn er geen resultaten uit de derde klasse en is het niet mogelijk om een conclusie te trekken over de invloed van de romp in deze klasse.

Voorafgaand was besloten om ook gebruik te maken van videoanalyses gedurende de metingen. Echter is het door de tijdsdruk tijdens de metingen niet mogelijk geweest om van elke proefpersoon video-opnames te maken. Ook is gedurende de dataverwerking gebleken dat de opnamekwaliteit dermate slecht was dat deze niet bruikbaar was. Voor een vervolgonderzoek zal de videoanalyse van toegevoegde waarde zijn voor de synchronisatie van de data. Ook voor het in beeld brengen van de sport specifieke activiteiten zou het een toegevoegde waarde hebben.

Er is in dit onderzoek gekozen om alleen naar de maximaal haalbare rotatiesnelheid te kijken van de sporters. Uit de data die uit de Shimmers is gekomen, is per test constant de hoogste piek gekozen als maximaal behaalde rotatiesnelheid. Deze piek heeft dus niet bij elke proefpersoon op dezelfde plek gelegen. Om een betrouwbaarder beeld te krijgen, kan in het vervolg constant bij elke proefpersoon op hetzelfde punt de maximale rotatiesnelheid bepaald worden, bijvoorbeeld bij het

ingaan van de bocht. Ook zou dan ook de rotatieversnelling kunnen worden bekeken gedurende de testen.

Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van Shimmer 3 om de rotatiesnelheid van de proefpersonen te bepalen. Deze intertiële sensoren hebben de juiste resultaten gegenereerd en de verwerking van de gemeten data bleek goed te verwerken met Matlab. Het is zeker aan te raden om deze sensoren in een eventueel vervolgonderzoek weer te gebruiken.

Ook de onderzoeksopzet bleek goed uitgedacht en heeft de uitkomstparameters gebracht die op voorhand verwacht werden. De proefpersonen die de metingen hebben uitgevoerd hebben hier een positieve feedback op gegeven. Het doel van de metingen was duidelijk voor de proefpersonen en het heeft de proefpersonen weinig tijd en moeite gekost om de metingen uit te voeren.

5. Conclusie

Voorafgaand aan dit onderzoek is de hoofdvraag gesteld 'Wat is de invloed van de centrifugaal kracht tijdens rotaties bij het E-Hockey bij spelers met verschillende mate van rompfunctie?'. Deze hoofdvraag is opgedeeld in twee deelvragen. Deze deelvragen staan hieronder vermeld.

- Wat is de invloed van de centrifugaal kracht op de romp gedurende een rotatie met een variabele straal?
- Wat is de invloed van de centrifugaal kracht op de romp tijdens op het doelgericht schieten vanuit een rotatie?

Voor beide deelvragen geldt dat gezien de resultaten kan worden geconcludeerd dat het hebben van rompfunctie een positieve invloed heeft op het behalen van een hogere rotatiesnelheid en het doelgericht schieten vanuit een rotatie. Er kan uiteindelijk worden geconcludeerd dat er een trend waarneembaar is dat sporters met rompfunctie hogere maximale rotatiesnelheden kunnen behalen dan dezelfde geclassificeerde sporters zonder rompfunctie.

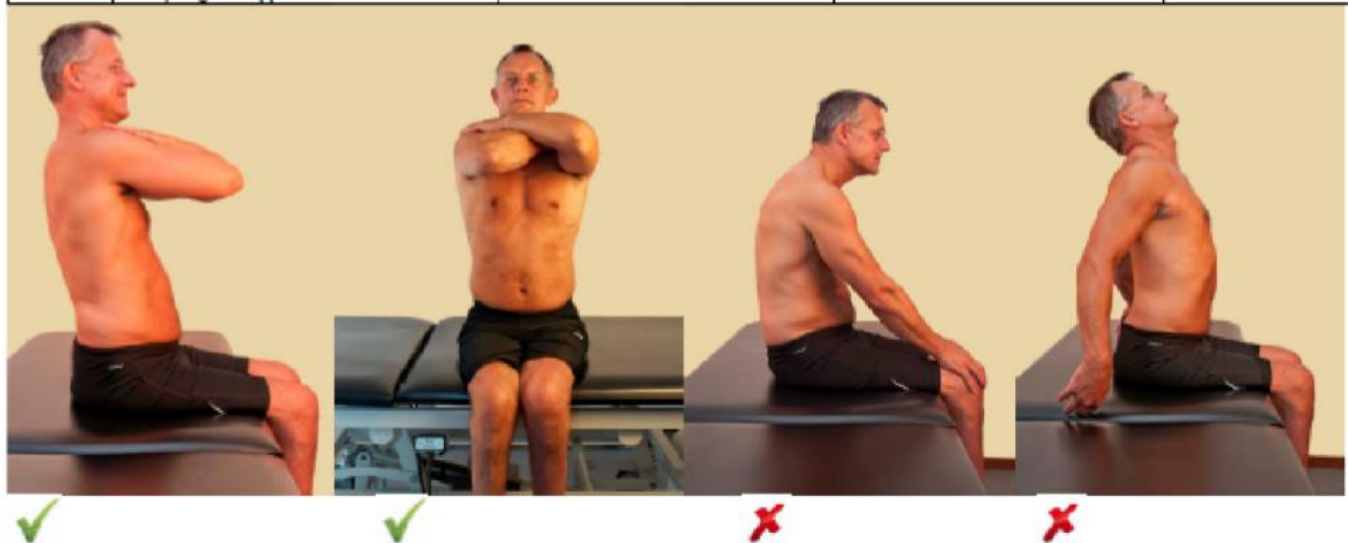
Literatuurlijst

1. Altmann V, Hart A, Vanlandewijck Y, van Limbeek J, van Hooff M. The impact of trunk impairment on performance of wheelchair activities with a focus on wheelchair court sports: a systematic review. *Sports Medicine - Open*. 2015;1(1).
2. IPCH Classification Committee. IPCH Classification Manual. 2016.
3. Curtis K, Kindlin C, Reich K, White D. Functional reach in wheelchair users: The effects of trunk and lower extremity stabilization. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1995;76(4):360-367.
4. Vanlandewijck Y, Verellen J, Beckman E, Connick M, Tweedy S. Trunk Strength Effect on Track Wheelchair Start. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2011;43(12):2344-2351.
5. Chen CL, Yeung KT, Bih LI, Bih LI, Wang CH, Chen MI, et al. The relationship between sitting stability and functional performance in patients with paraplegia. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*. 2003;84:1276–81.

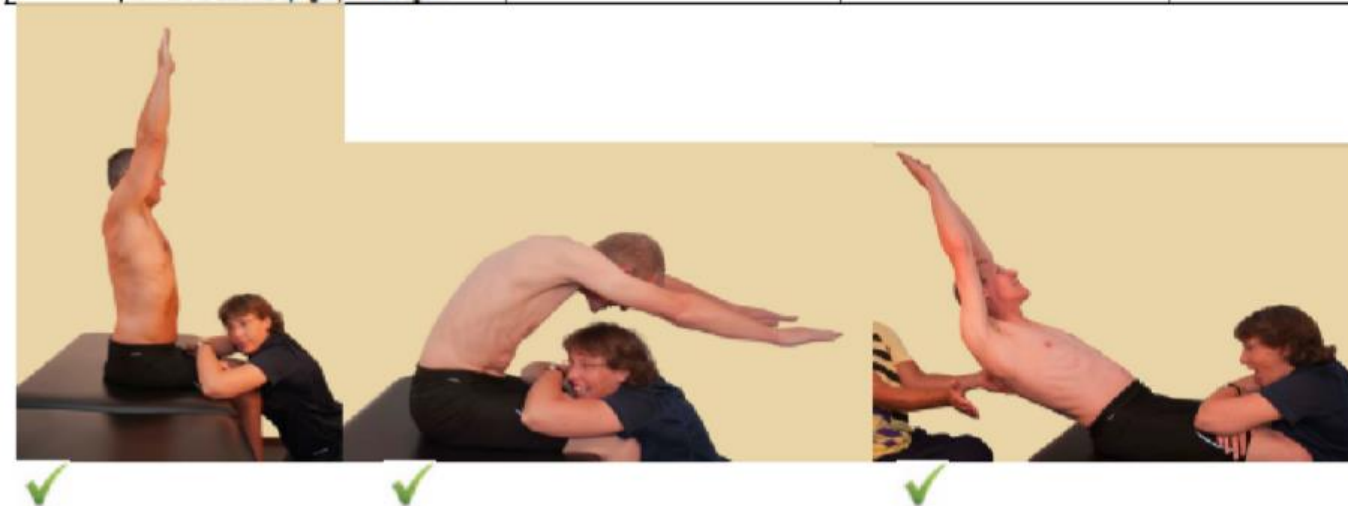
Bijlagen

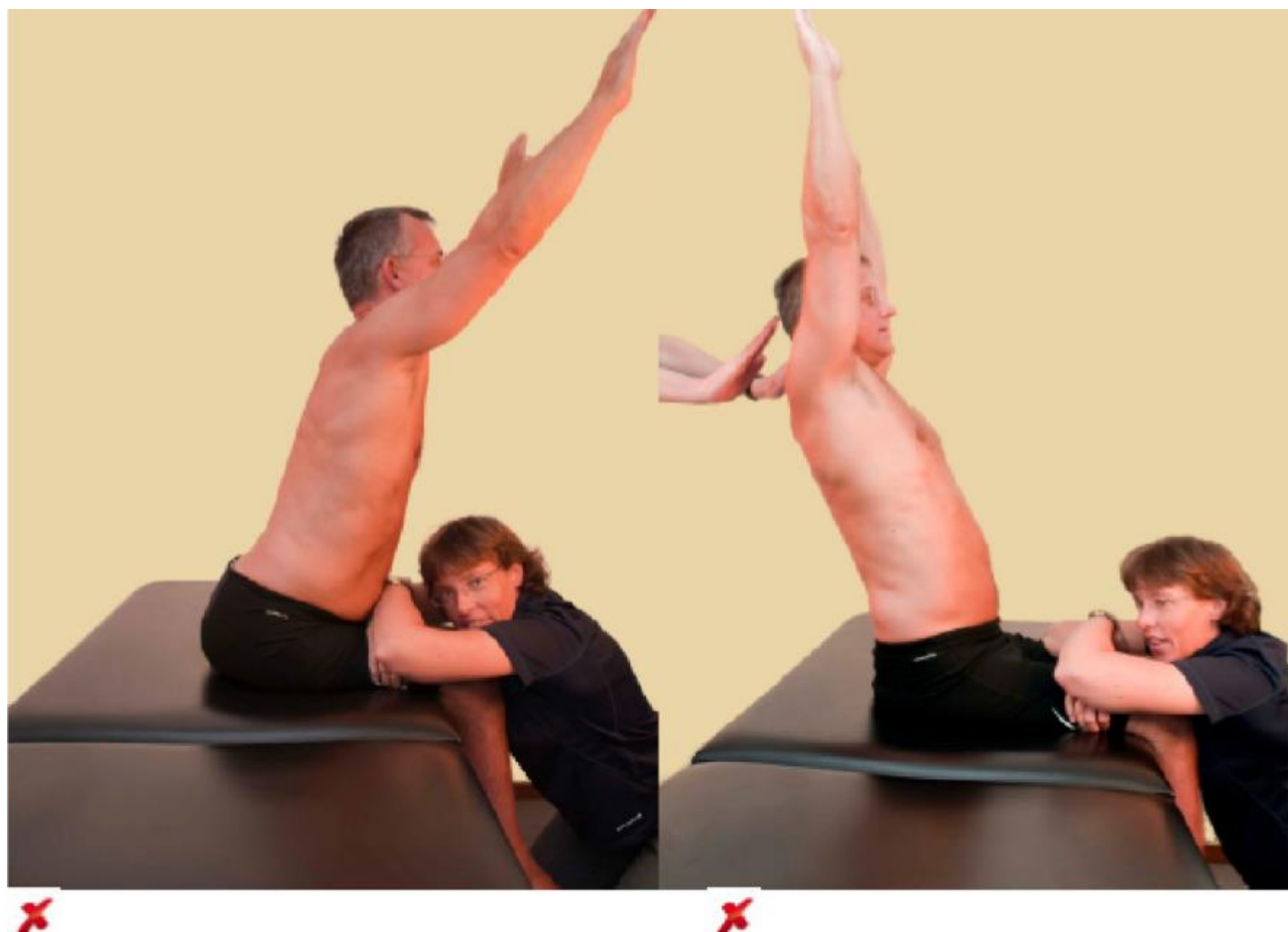
1. Totstandkoming Trunk Profile (TIC Test) [2]

Trunk test no.	Test description	Evaluation	Score: succeeds	Score: fails
1	Athlete sitting unsupported. Athlete sitting in wheelchair not supported by backrest, or sitting on plinth with legs hanging over edge of plinth with the feet unsupported. The athlete crosses the arms in front of his chest, to prevent support for sitting balance from the arms. Bring athlete into upright position with hand on sternal bone and hand on back and slowly let go of support.	Observe sitting position after removing support from classifier's hands: straight/upright or kyphotic? Observe stomach: flat or "quad belly".	Sits straight/upright, without marked kyphosis and with flat belly.	Sits with marked kyphosis or with quad belly.

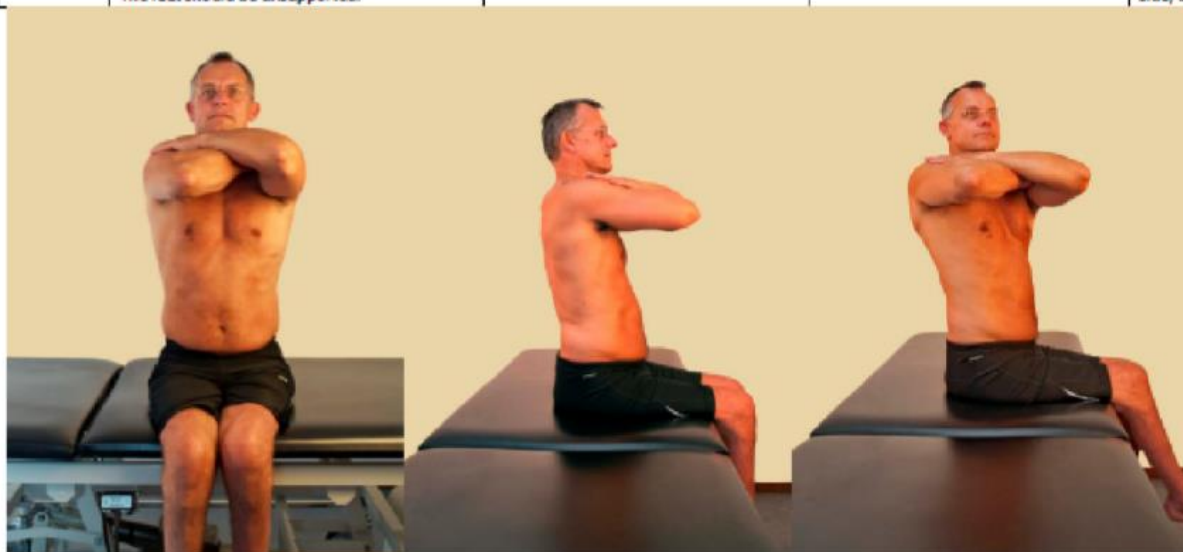


Trunk test no.	Test description	Evaluation	Score: succeeds	Score: fails
3	Athlete sitting on plinth, legs hanging over the edge of the plinth with the feet unsupported. Bending forward with trunk towards lap and arms outstretched in maximum shoulder flexion. (If the athlete has triceps weakness, the classifier supports the forearms, to keep the elbows extended). Ask athlete to assume straight/upright position and maintain arm position in maximum shoulder flexion. The classifier fixates both legs to the plinth at the proximal 1/3 of the thighs, close to the hips. The feet should be unsupported. Athlete extends trunk past upright and flexes forward to assume upright position again.	Observe movement, standing lateral to the athlete.	Athlete performs trunk flexion to at least 45° line between pelvis and C7 and vertical and maintains position. And Athlete performs at least 30° trunk extension and maintains position. Resumes straight position without support of arms.	Athlete does not perform flexion to 45° and extension to 30° or compensates by kyphosis/ lordosis or cannot resume straight position without support or compensations.

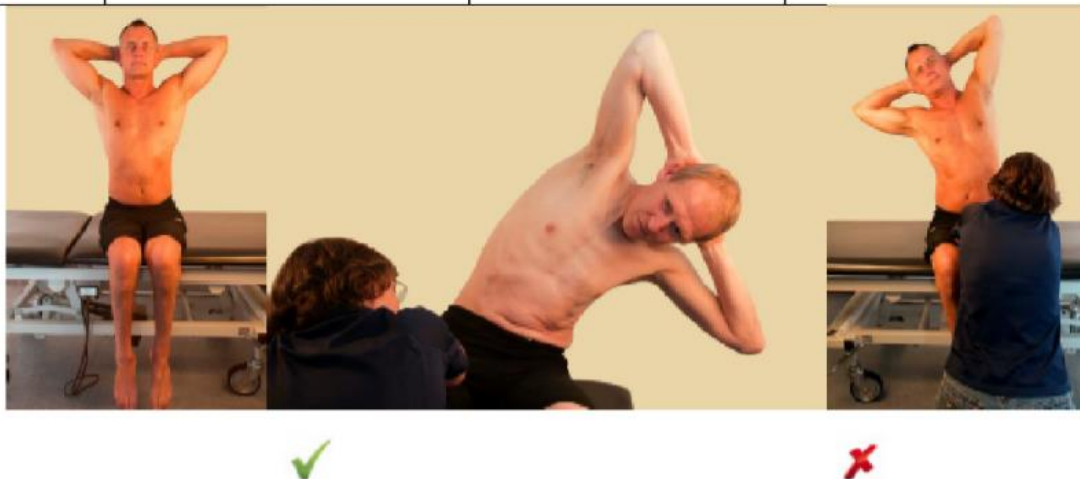




Trunk test no.	Test description	Evaluation	Score: succeeds	Score: fails
4.	Athlete sitting on plinth, legs hanging over the edge of the plinth with the feet unsupported. Arms crossed in front in 90° shoulder flexion. Ask for maximum rotation to both sides. The classifier fixates both legs to the plinth at the proximal 1/3 of the thighs, close to the hips. The feet should be unsupported.	Observe from the front, back and lateral from the athlete,	Athlete stays in upright position in sagittal plane. Rotates 45° or more to both sides, measured in straight line between both shoulders and line between ASIS on both sides.	Athlete does not rotate or rotates less than 45°, or athlete cannot maintain upright position in sagittal plane while rotating (e.g. assumes kyphotic posture). Or athlete can perform test to one side, but not to the other.



Trunk test no.	Test description	Evaluation	Score: succeeds	Score: fails
5.	Athlete sitting on plinth, legs hanging over the edge of the plinth with the feet unsupported. Arms in horizontal (90°) abduction in the shoulders, maximum elbow flexion and hands on the back of the head. Ask for maximal lateral flexion to both sides and hold this maximum position for two seconds, before returning to the upright position. One classifier fixates both legs firmly to the plinth at the proximal 1/3 of the thighs, close to the hips to prevent the athlete from shifting weight to one leg. The feet should be unsupported. The athlete is not allowed to abduct the legs. The other classifier palpates the ASIS (anterior superior iliac spine).	Observe movement quality and range from front and back of athlete.	Athlete stays in upright position in sagittal plane and performs lateral flexion at least with suprasternal notch in vertical line above the ASIS to both sides. And can hold this position for two seconds before resuming the upright position.	Athlete cannot perform lateral flexion to the level where the suprasternal notch is in a vertical line above the ASIS. Or athlete cannot maintain straight position in sagittal plane while performing lateral flexion (e.g. kyphotic posture). Or performs lateral flexion without holding the position in the end range, but falls to the side. Or athlete can perform test to one side, but not to the other.



2. Proefpersoonkarakteristieken

Proefpersoon nummer	Geslacht	Leeftijd	Club	Klasse			Achterwiel diameter
					AP	TP	
1	M	27	De Pont	1	1	0	40
2	M	30	De Pont	1	1	0.5	33
3	M	17	Kampong	2	2	0	33
4	M	16	Kampong	2	2	0.5	33
5	M	16	De Pont	3	3	0.5	36
6	M	32	Kampong	4	4	0	33
7	M	31	De Pont	4	4	0.5	33
8	M	39	De Pont	1	1	0.5	40
9	M	21	De Pont	2	2	0.5	36
10	M	31	Kampong	4	3	1	33

3. Meetprotocol

Benodigdheden:

- Laptop + Shimmers
- Houders Shimmers
- Dopjes (4 kleuren)
- Camera + statief
- Hockeybal
- Kartonnetjes + tape
- Meetlint
- Formulieren
- Schaar
- Pen

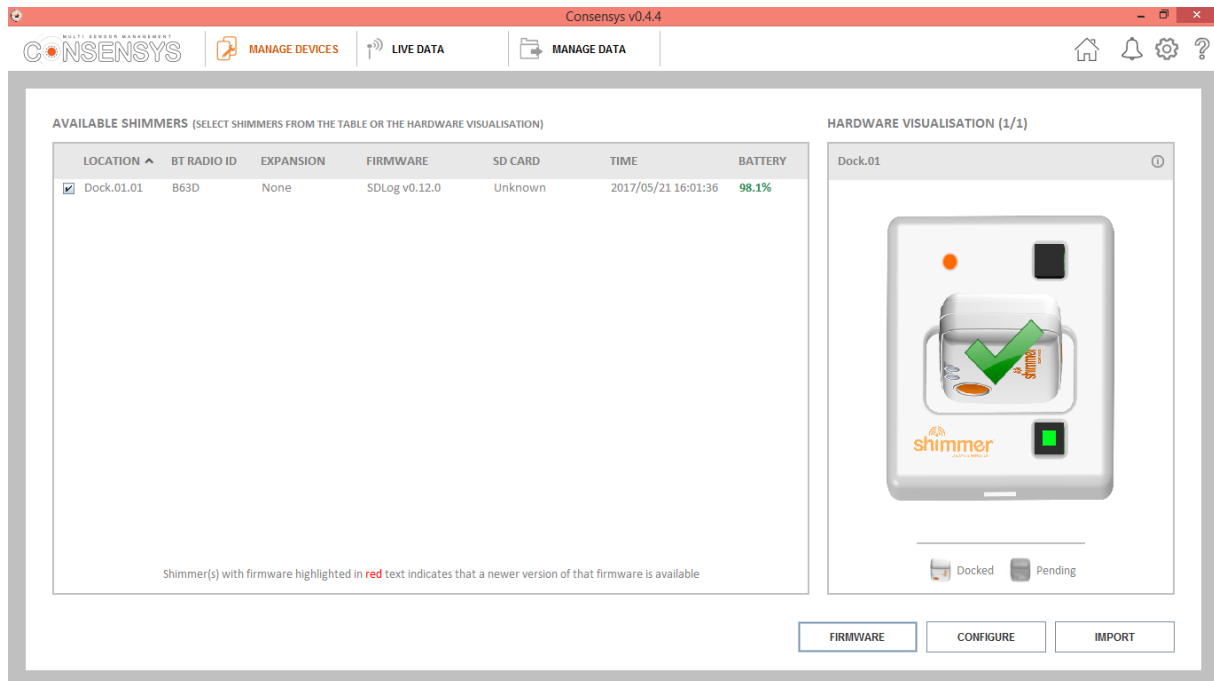
Voordat de proefpersoon gemeten wordt, zal er door Kees een korte introductie en classificatie gedaan worden. In die tijd zullen de Shimmers en camera ingesteld worden.

Stappenplan als proefpersoon aanwezig is:

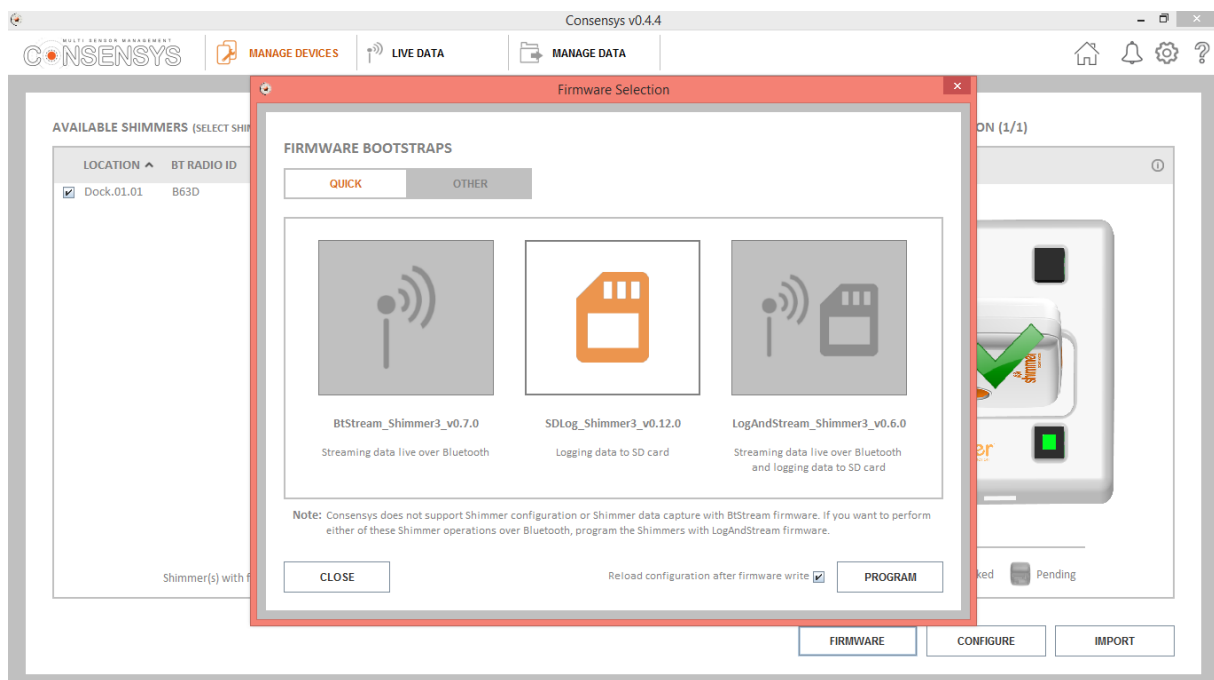
1. De proefpersoon wordt geïnstrueerd. Korte uitleg over het onderzoek, wat de bedoeling is en wat van hem/haar verwacht wordt.
2. Voordat de metingen beginnen, worden er wat persoonlijke gegevens genoteerd zoals, naam, leeftijd, klasse (AP en TP), diameter van het achterwiel.
3. De proefpersoon zal eerst een proefrondje rijden over het eerste parcours zodat deze het parcours een beetje kan aanvoelen voordat de metingen beginnen.
4. De Shimmers worden bevestigd op de romp, op het frame en de wielen van de rolstoel.
5. De camera wordt aangezet.
6. De proefpersoon legt het parcours af op een voor hem/haar mogelijke maximale snelheid. Na het finishen, is de eerste meting afgerond (test 1a).
7. De proefpersoon dient een korte tijd geen bewegingen te maken en stil te staan zodat duidelijk terug is te zien dat dit het begin van de tweede meting is.
8. De proefpersoon legt het parcours af op een voor hem/haar mogelijke maximale snelheid. Na het finishen, is de tweede meting afgerond (test 1b).
9. De proefpersoon dient een korte tijd geen bewegingen te maken en stil te staan zodat duidelijk terug is te zien dat dit het begin van de derde meting is.
10. De proefpersoon legt het parcours af op een voor hem/haar mogelijke maximale snelheid. Na het finishen, is de derde meting afgerond (test 1c).
11. Vervolgens zal er een korte uitleg worden gegeven over de tweede test.
12. De hockeybal wordt op de juiste plek gelegd en de proefpersoon zal ook zijn plek innemen.
13. Na het startsein, zal de proefpersoon de test uitvoeren (test 2a).
14. De proefpersoon dient een korte tijd geen bewegingen te maken en stil te staan zodat duidelijk terug is te zien dat dit het begin van de vijfde meting is.
15. De bal wordt op de juiste plek gelegd en de proefpersoon zal ook zijn plek innemen.
16. Na het startsein, zal de proefpersoon de test uitvoeren (test 2b).
17. Na deze tweede test zullen de Shimmers weer afgedaan worden en zal de camera uitgezet worden.
18. Er zal nog even een kort afsluitend gesprekje plaatsvinden en zal het formulier verder worden ingevuld.

4. Stappenplan Consensys Multi Sensor Management

1. Open het programma Consensys v.0.4.4 Multi Sensor Management. Plaats de Shimmer in het witte apparaatje dat via een USB-kabel aangesloten is aan de computer. Het onderstaande scherm zal dan verschijnen. Vink vervolgens de aangesloten Shimmer aan en klik op 'Firmware'.



2. Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt 'Logging data to SD card'. Klink deze aan en vervolgens op 'Program'.



- Na deze instelling verschijnt het startscherm weer. Kies nu voor 'Configure'. Hier vinden alle anderen instellingen plaats.
- Het onderstaande scherm verschijnt. Allereerst kan de naam van de test ingevuld worden bij 'Trial Name'. Hier is steeds de naam van de proefpersoon ingevuld worden. Bij 'Auto Stop' staat nul, omdat de metingen steeds handmatig gestart en gestopt zullen worden. Ook de samplefrequentie zal worden vastgesteld bij elke meting op 504.12 Hz. Vink 'Low-Noise Accelerometer' aan, stel de 'Wide-Range Accelerometer' op een range van 8 g en de 'Gyroscoop' op een range van 2000 dps. Klik vervolgens op 'Write Config'.

Consensys v0.4.4

MANAGE DEVICES LIVE DATA MANAGE DATA

TRIAL NAME: AUTO STOP (MINS): SHIMMER NAME: SAMPLING RATE (Hz): ☒ Reset Shimmer Config

Start/Stop Logging Method

User Button Undock/Dock

All config options above apply to each of the Shimmers listed in the table below

AVAILABLE SHIMMERS

LOCATION	BT RADIO ID	EXPANSION	SHIMMER NAME
Dock.01.01	B63D	None	Shimmer_B63D

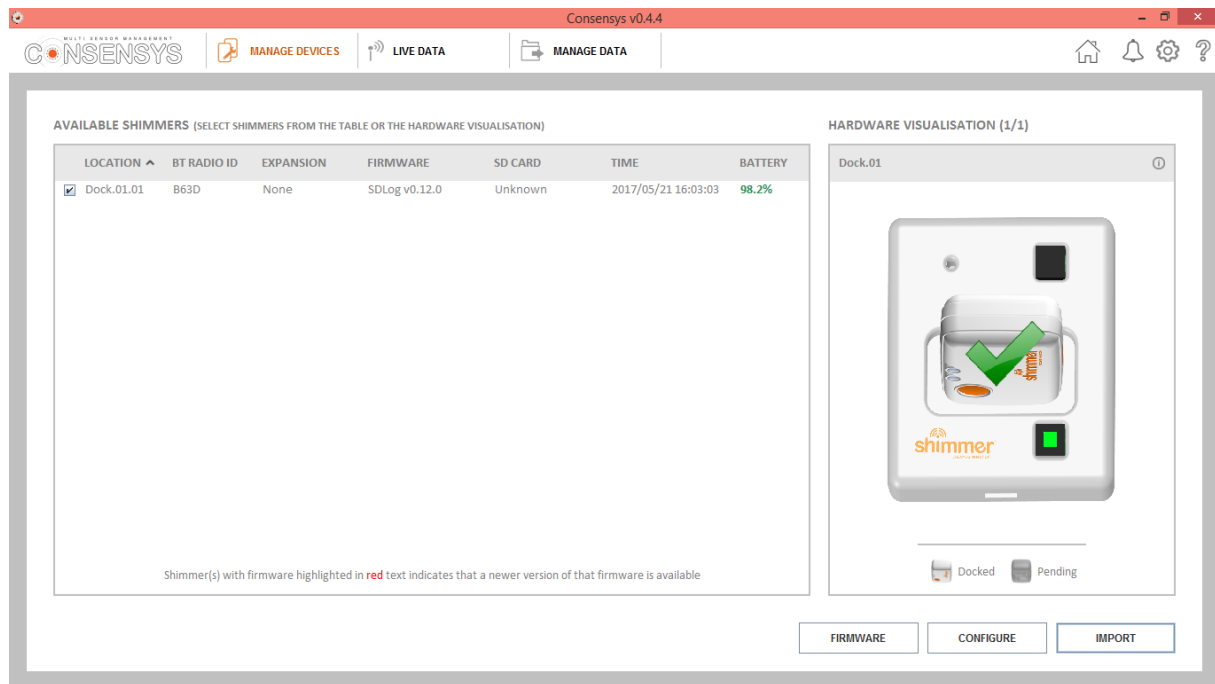
Master Shimmer shown in orange text, only applicable when sync devices enabled.

BACK

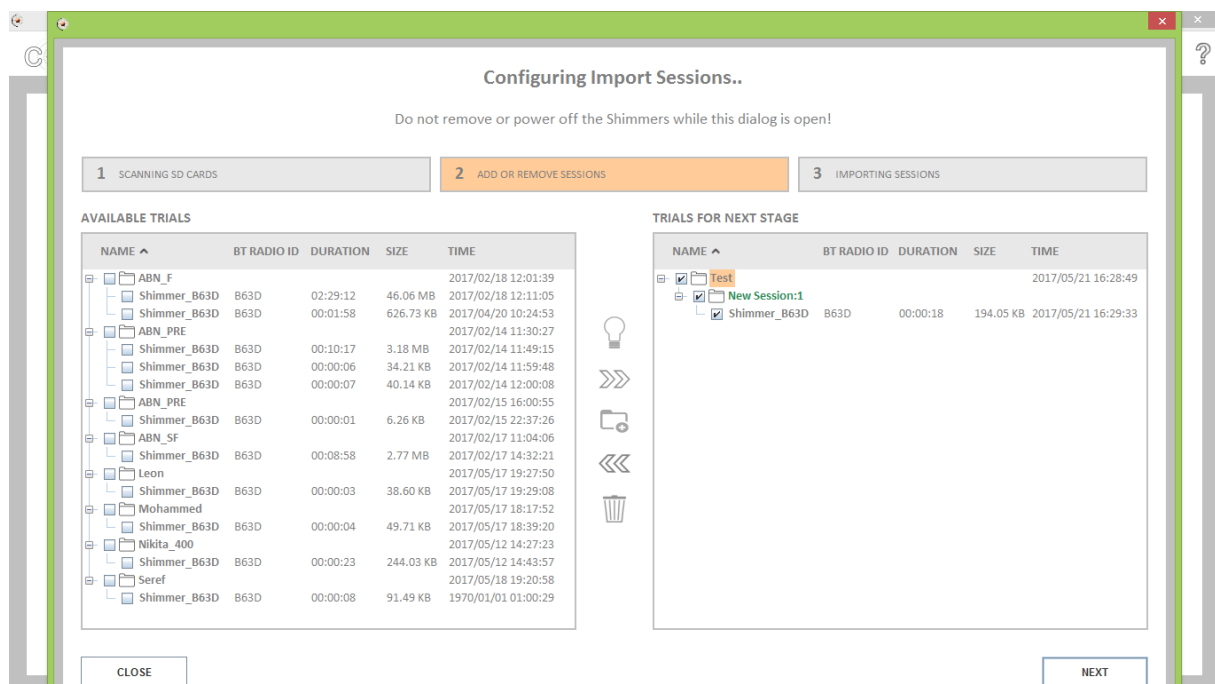
Sensors and Settings:

- Low-Noise Accelerometer
- Wide-Range Accelerometer: Range: +/- 8g
- Gyroscope: Range: +/- 2000dps
- Magnetometer: Range: +/- 1.3Ga
- Pressure & Temperature: Resolution: Low
- Battery Voltage
- External Expansion ADCs: Ext A6, Ext A7, Ext A15
- MPU 9DoF: MPU Accel, MPU Gyro, MPU Mag, Range: +/- 2g, LPF: No LPF
- MPU Other: MPU Temp, MPU Quat 6DOF

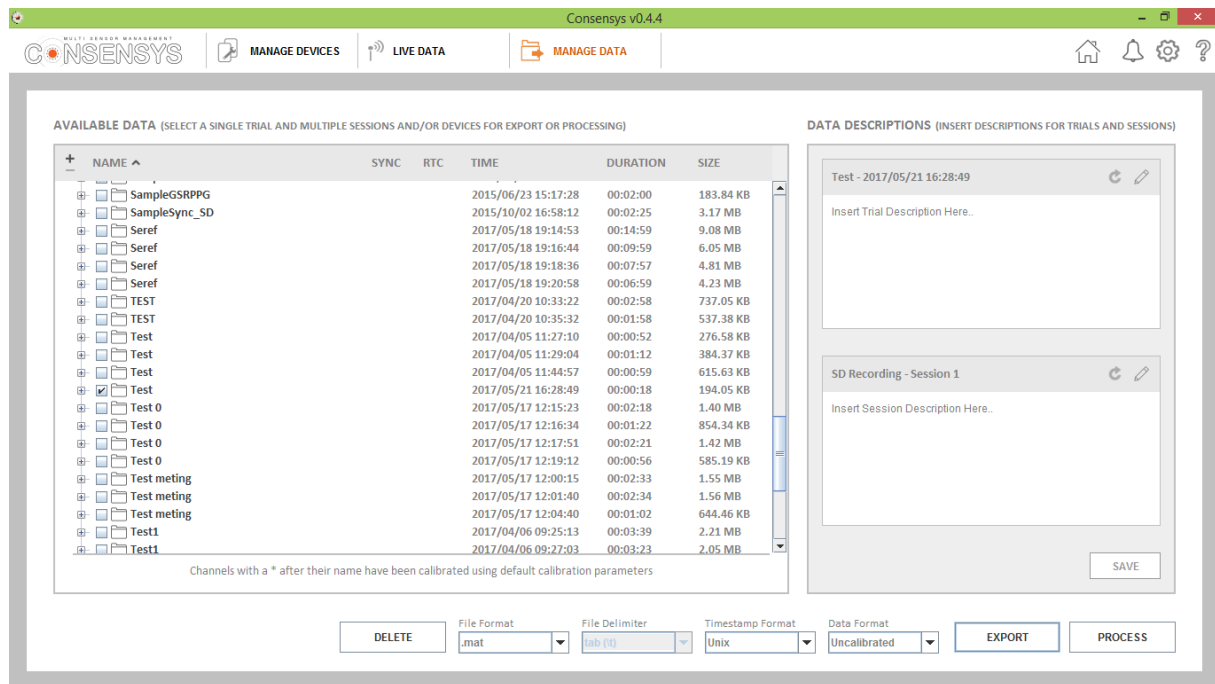
- Na deze instelling zal het startscherm weer verschijnen. Nu staat de sensor goed ingesteld en kan de meting beginnen. Voor het starten van de metingen, zal het oranje knopje gedurende een aantal seconden ingedrukt moeten worden.
Als de meting is afgerond, zal ditzelfde oranje knopje gedurende een aantal seconden ingedrukt moeten worden. De sensor zal dan stoppen met meten.
Sluit de Shimmer weer aan en kies in het startscherm voor 'Import'.



6. De SC card wordt gescand en klik vervolgens op 'Next'. Het onderstaande scherm zal vervolgens ontstaan. Kies hier voor meting die geïmporteerd moet worden, klik op de twee pijltjes naar rechts, vink de test in het rechter scherm aan en klik vervolgens op 'Next'.



7. Selecteer in het onderstaande scherm weer dezelfde test. Kies bij 'File Format' voor mat. en bij 'Data Format' voor uncalibrated. Klik vervolgens op 'Export' en sla de data op in de gewenste map.



5. Matlab-script voor dataverwerking

```
close all; clear all;

%% Configuration data
Proefpersoon = 3; % set a nr for each match

shimSet = 2; % select a Shimmerset

skid = 0; %skid correct on or off 0=off 1=on

sets = 0; %sepperation sets on or off 0=off 1=on

%% Data Shimmer
defaultmap = 'C:\Users\Gebruiker\Documents\Afstuderen_17\Powerchair
hockey\Dataverwerking\Matlab goed\Persoondata\';

%% Calibrationdata
% CalbPath = 'C:\Users\Gebruiker\Documents\Afstuderen_17\Powerchair
hockey\Dataverwerking\Matlab goed\';
% load([CalbPath 'CalbFactsetEH.mat'])

load('CalbFactsetEH.mat') % als in dezelfde map staat

%% Wheel constants
wheelBase = 0.0;
% wheelDiam = 0.33;
wheelTop = 0.0;

%% Nienke input
```

```

% STANDAARDANTWOORDEN
defaultans = {'33',defaultmap,'Joram','false'};

prompt = {'Wheeldiam [cm]','Locatie data pr. pers. ', 'Persoon (bijv.
Mohammed B (met spatie) of Joram','Opslaan plots? (false / true)'};
dlg_title = 'Input';
num_lines = 1;
options.Resize = 'on';
options.WindowStyle = 'large';
answer = inputdlg(prompt,dlg_title,num_lines,defaultans);

wheelDiam = 0.01*str2double(answer{1}); % wheeldiam in [cm]
uimap = answer{2}; %map locatie (string)
prpers = answer{3}; %proefpersoon (string)
plotpngs = answer{4}; %opslaan plots (string)
plotpngs = strcmp(plotpngs,'true');

%% MANUAL input data
load ([uimap prpers '_Session1_Shimmer_B63D_Uncalibrated_SD.mat']);
load ([uimap prpers '_Session1_Shimmer_B7A6_Uncalibrated_SD.mat']);
load ([uimap prpers '_Session1_Shimmer_B7A5_Uncalibrated_SD.mat']);
load ([uimap prpers '_Session1_Shimmer_A63D_Uncalibrated_SD.mat']);

%%
setWR = 0; % set to 1 if wide range sensors should be used

sessionNameEnd = '_Uncalibrated_SD.mat';

camberAngle = 0;

shimmerNrs = {'B7A6' 'A63D' 'B7A5' 'B63D'}; % 1 FRAME, 2 RW , 3 LW, 4 Trunk

%% General settings

% Settings
set(0,'defaultlinelength',2); set(0,'defaulttextfontsize',10)
dataType = 3;
fsShim = 504.12;
minSpeed = 0.05; % 0.05 m/s
minRoSpeed = 5; % 5 deg/s
speedMax = 15; % 4.17 m/s
wheelCirDeg = wheelDiam*pi/360;rotMax=speedMax/(pi*wheelDiam);
fsCo = 0.5; % filter settings combination filter
senDist2Axis = 0.02; %distance sensor to axle
set(0,'defaultaxesfontsize',24)
set(0,'defaulttextfontsize',24)
format long

%% Read shimmer data from exported .mat files
clear shimmer

for i = 1:4
    shimmer(i).time = eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Timestamp_Unix_UNCAL']);
    if setWR~=1 % use wide range acceleration if LN sensor is unavailable
        shimmer(i).data(:,1) = eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_LN_X_UNCAL']);
    end
end

```

```

        shimmer(i).data(:,2) = eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_LN_Y_UNCAL']);
        shimmer(i).data(:,3) = eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_LN_Z_UNCAL']);
    else
        shimmer(i).data(:,1) = eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_WR_X_UNCAL']);
        shimmer(i).data(:,2) = eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_WR_Y_UNCAL']);
        shimmer(i).data(:,3) = eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Accel_WR_Z_UNCAL']);
    end
    shimmer(i).data(:,4) = eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Gyro_X_UNCAL']);
    shimmer(i).data(:,5) = eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Gyro_Y_UNCAL']);
    shimmer(i).data(:,6) = eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i}
'_Gyro_Z_UNCAL']);
%     shimmer(i).data(:,7)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Mag_X_CAL']);
%     shimmer(i).data(:,8)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Mag_Y_CAL']);
%     shimmer(i).data(:,9)=eval(['Shimmer_' shimmerNrs{i} '_Mag_Z_CAL']);
End

%% CALIBRATION
% % [originally enabled !]
for chan = 1:3 % for x-z (rotation?) (used to be 4)
    for i = 1:4 %for shimmer 1:4
        shimmer(i).dataCal(:,chan+3)=(shimmer(i).data(:,chan+3)-
factor(chan+3,i)).*factor(chan,i);
        shimmer(i).dataCal(:,chan)=(shimmer(i).data(:,chan)-
factor(chan+9,i)).*-factor(chan+6,i);
    end
end

%% WR == ENABLED (wide range)

if setWR == 1;

    for i = 1:4 %for shimmer 1:4
        tempData = LPfilter(shimmer(i).dataCal(:,1:3),fsShim,5);
        shimmer(i).dataCal(:,3) = tempData(:,3);
        shimmer(i).dataCal(:,1) = -tempData(:,2);
        shimmer(i).dataCal(:,2) = tempData(:,1);
    end
end

%% Input time for every set
if sets==1
    % input the end time for every set in hours, mins and seconds
    % set0 is the start point of set 1
    set0h = 0;
    set0m = 0;
    set0s = 0;

    set1h = 0;
    set1m = 0;
    set1s = 0;

    set2h = 0;

```

```

set2m = 0;
set2s = 0;

set3h=0;
set3m=0;
set3s=0;

%calculating every time in seconds only
set0 = set0h*3600+set0m*60+set0s;
set1 = set1h*3600+set1m*60+set1s;
set2 = set2h*3600+set2m*60+set2s;
set3 = set3h*3600+set3m*60+set3s;
end

%% Interp data based on timeline provided

for nrSens = 1:4
    shimmer(nrSens).resData=[];
    shimmer(nrSens).lengthSamples = round(((shimmer(nrSens).time(end)-
shimmer(nrSens).time(1)))*fsShim/1000); % time in ms, div by 1000 and
mutiplied by fs
    shimmer(nrSens).interpTimelineSample=[1:shimmer(nrSens).lengthSamples];

shimmer(nrSens).interpTimeline=(shimmer(nrSens).interpTimelineSample*1000/f
sShim)+shimmer(nrSens).time(1);
    for colNr= 1:6 %used to be 4

shimmer(nrSens).resData(:,colNr)=interp1(shimmer(nrSens).time,shimmer(nrSen
s).dataCal(:,colNr),shimmer(nrSens).interpTimeline');
    end
end

%% Correct length of data streams

startNr = max([shimmer(1).time(1) shimmer(2).time(1) shimmer(3).time(1)
shimmer(4).time(1)]);
lengthCorr = 2500; %(5 [s] * 504 Hz sample rate ~= 2500)
% lengthCorr = 10000; %ORIGINAL
for i = 1:4
    shimmer(i).startInd = find(shimmer(i).time>startNr,1)+500; % added 200
to avoid problems due to shifts
end

%% Correlation

% find cros correlation in rotation shimmers at start
[C12,lag1] =
xcorr(shimmer(1).resData(shimmer(1).startInd:shimmer(1).startInd+lengthCorr
,6),shimmer(2).resData(shimmer(2).startInd:shimmer(2).startInd+lengthCorr,6
));
[~,I12] = max(abs(C12)); % Find the index of the highest peak
t12 = lag1(I12) % Sample difference between the signals s2,s1
shimmer(2).startInd=shimmer(2).startInd-t12;
[C13,lag2] =
xcorr(shimmer(1).resData(shimmer(1).startInd:shimmer(1).startInd+lengthCorr
,6),shimmer(3).resData(shimmer(3).startInd:shimmer(3).startInd+lengthCorr,6
));
[~,I13] = max(abs(C13)); % Find the index of the highest peak
t13 = lag2(I13) % Sample difference between the signals s2,s1

```

```

shimmer(3).startInd=shimmer(3).startInd-t13;

% added 4th correlation in rotation for 4th shimmer
[C14,lag4] =
xcorr(shimmer(1).resData(shimmer(1).startInd:shimmer(1).startInd+lengthCorr
,6),shimmer(4).resData(shimmer(4).startInd:shimmer(4).startInd+lengthCorr,6
));
[~,I14] = max(abs(C14)); % Find the index of the highest peak
t14 = lag2(I14) % Sample difference between the signals s2,s1
shimmer(4).startInd=shimmer(4).startInd-t14;

% start from shimmer rotation
for i = 1:4
    shimmer(i).length=length(shimmer(i).resData)-shimmer(i).startInd;
end
lengthSig = min([shimmer(1).length shimmer(2).length shimmer(3).length
shimmer(4).length]);

% crop to shortest shimmer signal
for i = 1:4

shimmer(i).resDataCrop=shimmer(i).resData(shimmer(i).startInd:shimmer(i).st
artInd+lengthSig,:);
end

%%
figure
plot(shimmer(1).resDataCrop(:,6))
hold all
plot(shimmer(2).resDataCrop(:,6))
plot(shimmer(3).resDataCrop(:,6))
plot(shimmer(4).resDataCrop(:,6))
legend('1','2','3','4')

% find end synchronisation
[C12end,lag12end] = xcorr(shimmer(1).resDataCrop(end-
lengthCorr:end,6),shimmer(2).resDataCrop(end-lengthCorr:end,6));
[~,I12end] = max(abs(C12end)); % Find the index of the highest peak
t12end = lag12end(I12end) % Sample difference between the
signals s2,s1

[C13end,lag13end] = xcorr(shimmer(1).resDataCrop(end-
lengthCorr:end,6),shimmer(3).resDataCrop(end-lengthCorr:end,6));
[~,I13end] = max(abs(C13end)); % Find the index of the highest peak
t13end = lag13end(I13end) % Sample difference between the
signals s2,s1

[C14end,lag14end] = xcorr(shimmer(1).resDataCrop(end-
lengthCorr:end,6),shimmer(4).resDataCrop(end-lengthCorr:end,6));
[~,I14end] = max(abs(C14end)); % Find the index of the highest peak
t14end = lag14end(I14end) % Sample difference between the
signals s2,s1

% create new timeline
timeLine = [0:1/fsShim:(lengthSig-1)/fsShim];

%% Make selection of signals used in analysis
corFactTemp = 0

```

```

% in Analysis FR=1; RW=2; LW=3; BODY = 4;
shim(1).cr = LPfilter(shimmer(1).resDataCrop(1:end-1,[1 2 3 4 5 6
]),fsShim,25);
shim(2).cr = LPfilter(shimmer(2).resDataCrop(1:end-1,[1 2 3 4 5 6
]),fsShim,25);
shim(3).cr = LPfilter(shimmer(3).resDataCrop(1:end-1,[1 2 3 4 5 6
]),fsShim,25);
shim(4).cr = LPfilter(shimmer(4).resDataCrop(1:end-1,[1 2 3 4 5 6
]),fsShim,25);

%% CHECK FOR AXIS!
for i = 1:4 %(used to be 4) check this for UNCALibrated sensors, could be
different
    % change AXIS ? Select 1st, 2nd, 3rd and 6th column and change sign
    % X acceleration, Y acceleration ,Z acceleration, Rotation around Z
axis? (not confirmed !)
    shim(i).crRs = shim(i).cr;
    shim(i).crRs(:,[1 2 3 4]) = shim(i).crRs(:,[1 2 3 4])*-1; %CHANGED 6 TO
4
end

%% SAFEGUARD for data sets with longer than 500,000 data points (approx. 16
min with 500Hz sampling)
if length(shim(1).crRs(:,1:4))<500000
    plotLength = length(shim(1).crRs(:,1:3))-1;
else
    plotLength = 500000;
end

%% Select start and stop (including stable moments)
close all %close all plots

% OBSERVE SHIM 1 TO SELECT START AND END POINT

% select stable moment at beginning (start of match)
figure
tempPlot = plot(shim(1).crRs(1:plotLength,1:3)) % plot(shim(2).crRs(:,4:6))
[stableIndX stableIndY] = ginput(1);
% select stable moment at the end (end of match)
figure
tempPlot = plot(shim(1).crRs(end-plotLength:end,1:3)) %
plot(shim(2).crRs(:,4:6))
[stableEndIndX stableEndIndY] = ginput(1);
stableInd=round(stableIndX);
stableEndInd = round(stableEndIndX)+length(shim(1).crRs(:,1:3))-plotLength;
close all
shim(1).crRs = shim(1).crRs(stableInd:stableEndInd+fsShim,:);
shim(2).crRs = shim(2).crRs(stableInd:stableEndInd+fsShim,:);
shim(3).crRs = shim(3).crRs(stableInd:stableEndInd+fsShim,:);
shim(4).crRs = shim(4).crRs(stableInd:stableEndInd+fsShim,:) added 4th shim

%% Computations
fallenInd = [];

% Shim 2 and 3 on wheels, rotation about Z axis integrated and
differentiated gyro signal wheel (distance)
for i = 2:3 %only 2 wheel x-IMU's pos Z defined as wheel axis right
    shim(i).crRsYIn = cumtrapz(shim(i).crRs(:,6))/fsShim;
    shim(i).crRsYDi = diff(shim(i).crRs(:,6))*fsShim;

```

```

end

gyroCor = 0;

% XS001 UNCALculate Integrated and differentiated gyro signal frame

%% FRAME (shim 1) % Z axis == X axis Daan mod (change 6(z) to 4(x))
shim(1).crRsZ = shim(1).crRs(:,4);%-
mean(shim(1).crRs(stableInd:stableInd+fsShim,6));%-gyroCor;

nearZeroRot = find(abs(shim(1).crRsZ)<1);
shim(1).crRsZ(nearZeroRot)=0;
shim(1).crRsZ(fallenInd)=0; %141010 added to avoid rotation while on the
side
shim(1).crRsZIn = cumtrapz(shim(1).crRsZ)/fsShim;
shim(1).crRsZDi = diff(shim(1).crRs(:,4))*fsShim;

%% BODY (shim 4) % Z axis == X axis nienke (change 6(z) to 4(x))
shim(4).crRsZ = shim(4).crRs(:,4);%-
mean(shim(1).crRs(stableInd:stableInd+fsShim,6));%-gyroCor; %DAANMOD

nearZeroRot=find(abs(shim(1).crRsZ)<1);
shim(4).crRsZ(nearZeroRot) = 0;
shim(4).crRsZ(fallenInd) = 0; %141010 added to avoid rotation while on the
side
shim(4).crRsZIn = cumtrapz(shim(4).crRsZ)/fsShim;
shim(4).crRsZDi = diff(shim(4).crRs(:,4))*fsShim;

%% WHEELS

%sign changes +X = +X +Y = +Y +Z = +Z

shim(2).crRsY = shim(2).crRs(:,6); %CHANGED 5 TO 6 (z rotation instead of y
rotation)
shim(3).crRsY = shim(3).crRs(:,6);

% XA00? Wheel rotation acc based 131227
for i = 2:3 %only 2 wheel x-IMU's
    shim(i).crRsCentri = ((shim(i).crRsY*pi/180).^2*senDist2Axis/2); % =
(ang_acc/pi)*180^2*r check
    % figure();
    % plot(shim(i).crRsCentri)
    % shim(i).crRs(:,2) - mean(crRs(:,3));
    shim(i).crRsCorGyrAcc = shim(i).crRs(:,1:3); %check

    shim(i).crRsCorGyrAcc(:,1) = shim(i).crRs(:,1) -
mean(shim(i).crRs(:,1));
    shim(i).crRsCorGyrAcc(:,2) = shim(i).crRs(:,2) -
mean(shim(i).crRs(:,2));

    if i == 2 %DEBUG
        figure()
        hold on
        plot(shim(i).crRsCorGyrAcc(:,1))
        plot(shim(i).crRsCorGyrAcc(:,2))
        plot(shim(i).crRsCorGyrAcc(:,3))
    end
end

```

```

    shim(i).crRsCorGyrAcc(:,2) = shim(i).crRsCorGyrAcc(:,2);% +
    shim(i).crRsCentri; % add to y acc DAAN MOD CORR ON Y (3 TO 2)
    shim(i).crRsMaxGyrAcc =
    LPfilter(shim(i).crRsCorGyrAcc(:,1:3),fsShim,rotMax);

    if i == 2
        shim(i).crRsAng = atan2d(shim(i).crRsMaxGyrAcc(:,2),
    shim(i).crRsMaxGyrAcc(:,1)); % CORR ON Y acc (3 TO 2)
    elseif i==3
        shim(i).crRsAng = atan2d(shim(i).crRsMaxGyrAcc(:,2), -
    shim(i).crRsMaxGyrAcc(:,1)); % CORR ON Y acc (3 TO 2)
    end

    shim(i).crRsAngDif = diff(shim(i).crRsAng);

    indexPlus360 = find(shim(i).crRsAngDif>350);
    indexMin360 = find(shim(i).crRsAngDif<-350);
    shim(i).crRsAngDif(indexPlus360) = shim(i).crRsAngDif(indexPlus360)-
    360;
    shim(i).crRsAngDif(indexMin360) = shim(i).crRsAngDif(indexMin360)+360;
    indexStrange=find(shim(i).crRsAngDif<-10000/fsShim | shim(i).crRsAngDif
    > 10000/fsShim);

    for k = 1:length(indexStrange)
        try

    shim(i).crRsAngDif(indexStrange(k))=mean(shim(i).crRsAngDif([indexStrange(k)
    )-2:indexStrange(k)-1 indexStrange(k)+1:indexStrange(k)+2]));
        end
    end
    shim(i).crRsAngDif(1:25)=0; %added to avoid strange start with because
    of incidently huge initial values
    shim(i).crRsAngCum=cumtrapz(shim(i).crRsAngDif);
    shim(i).crRsAngCum=[0;shim(i).crRsAngCum];
end

hold on
close all

figure()
plot(shim(2).crRsAngCum)
plot(shim(3).crRsAngCum)

shim(2).crRsAngDisp = shim(2).crRsAngCum*wheelCirDeg;
shim(3).crRsAngDisp = -shim(3).crRsAngCum*wheelCirDeg;

% test gyro wheel compensation pansiot alternative
% XS001 UNCALculate Integrated and differentiated gyro signal frame
shim(2).crRsCorFrRot =
    (shim(2).crRsY+tand(camberAngle).*(shim(1).crRs(:,4)*cosd(camberAngle))); %
    CHANGE 6 TO 4
shim(3).crRsCorFrRot = (shim(3).crRsY-
    tand(camberAngle).*(shim(1).crRs(:,4)*cosd(camberAngle)));
shim(2).crRsCorFrRotDisp = -(cumtrapz(shim(2).crRsCorFrRot-
    mean(shim(2).crRsCorFrRot(1:fsShim,1)))/fsShim)*wheelCirDeg;
shim(3).crRsCorFrRotDisp = -(cumtrapz(shim(3).crRsCorFrRot-
    mean(shim(3).crRsCorFrRot(1:fsShim,1)))/fsShim)*wheelCirDeg;
% combined signal
shim(2).crRsCombDisp=cumtrapz(LPfilter(diff(shim(2).crRsAngDisp),fsShim,fsC
o))+cumtrapz(HPfilter(diff(shim(2).crRsCorFrRotDisp),fsShim,fsCo));

```

```

shim(3).crRsCombDisp=cumtrapz(LPfilter(diff(shim(3).crRsAngDisp),fsShim,fsCo
o))+cumtrapz(HPfilter(diff(shim(3).crRsCorFrRotDisp),fsShim,fsCo));
shim(5).crRsCombDisp=(shim(2).crRsCombDisp+shim(3).crRsCombDisp)/2;

% %%%%%%%%%%
speedWheelRightAccGyroTemp = diff([0; shim(2).crRsCombDisp;
shim(2).crRsCombDisp(end)])*fsShim;
speedWheelLeftAccGyroTemp = diff([0; shim(3).crRsCombDisp;
shim(3).crRsCombDisp(end)])*fsShim;

%% Plot XY position
close all
%
startTime = 1%900*fsShim;
% endTime = 1000*fsShim;
endTime = length(shim(5).crRsCombDisp)-1;
startAngle = -30 % set initial angle
gyrCor = 0; %-0.15;
gyrCorFact = 1.0;
hFigPos = figure('units','normalized','outerposition',[0 0 1 1],'Name',
['Location of the frame center']);

plot(cumtrapz(diff([0;shim(5).crRsCombDisp(startTime:endTime)]).*sind((cumt
rapz(shim(1).crRsZ(startTime:endTime)*gyrCorFact+gyrCor)/fsShim)-
startAngle)),...

cumtrapz(diff([0;shim(5).crRsCombDisp(startTime:endTime)]).*cosd((cumtrapz(
shim(1).crRsZ(startTime:endTime)*gyrCorFact+gyrCor)/fsShim)-startAngle)))
axis equal

%%
timeLineMin = timeLine(1:length(shim(5).crRsCombDisp))/60;
hFigPos = figure('units','normalized','outerposition',[0 0 1 1],'Name',
['Displacement']);
plot(timeLineMin,-shim(2).crRsCombDisp)
xlabel('Time (min)')
ylabel('Distance (m)')
title('Displacement (verplaatsing)')

if plotpngs == true
    print(['01_' prpers '_verplaatsing'],'-dpng')
end

hFigPos = figure('units','normalized','outerposition',[0 0 1 1],'Name',
['Speed']);
plot(timeLineMin(1:end-1),-diff(shim(2).crRsCombDisp)*fsShim)
xlabel('Time (min)')
ylabel('Speed (m/s)')
title('Speed (snelheid)')

if plotpngs == true
    print(['02_' prpers '_snelheid'],'-dpng')
end

% timeLine=timeLine(1:length(shim(1).crRsZ));
hFigPos = figure('units','normalized','outerposition',[0 0 1 1],'Name',
['Rotation']);
hold on
plot(timeLineMin,-cumtrapz(shim(1).crRsZ(1:end-1))/fsShim)

```

```

plot(timeLineMin,-cumtrapz(shim(4).crRsZ(1:end-1))/fsShim) % added body
rotation
xlabel('Time (min)')
ylabel('Rotation (deg)')
title('Rotation (totale rotatie)')

if plotpngs == true
    print(['03_' prpers '_tot_rotatie'], '-dpng')
end

hFigPos = figure('units','normalized','outerposition',[0 0 1 1],'Name',
['Rotational speed']);
hold on
plot(timeLineMin,shim(1).crRsZ(1:end-1))
plot(timeLineMin,shim(4).crRsZ(1:end-1)) % added body
xlabel('Time (min)')
ylabel('Rotational speed (deg/s)')
title('Rotational speed (rotatiesnelheid)')

if plotpngs == true
    print(['04_' prpers '_rotatie_snelheid'], '-dpng')
end

hFigPos = figure('units','normalized','outerposition',[0 0 1 1],'Name',
['Rotational speed']);
hold on
plot(timeLineMin,shim(1).crRsZ(1:end-1))
xlabel('Time (min)')
ylabel('Rotational speed (deg/s)')
title('Rotational speed (rotatiesnelheid)')

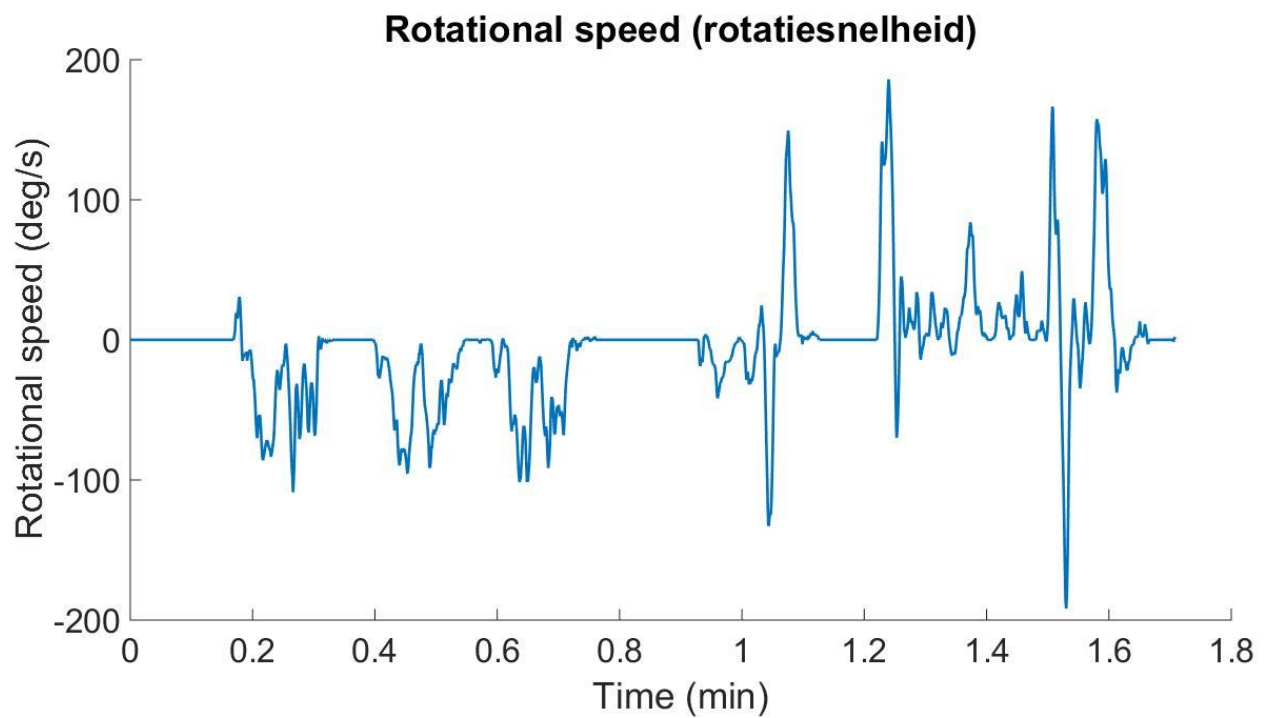
if plotpngs == true
    print(['05_' prpers '_rotatie_snelheid_scooter'], '-dpng')
end

fs = fsShim;    hpFilt = 0.01;
shim(1).crRsX=shim(1).crRs(:,1)-mean(shim(1).crRs(:,1));
frAcc=HPfilter(shim(1).crRsX,fs,hpFilt);
frSpeed=diff(shim(5).crRsCombDisp)*fsS

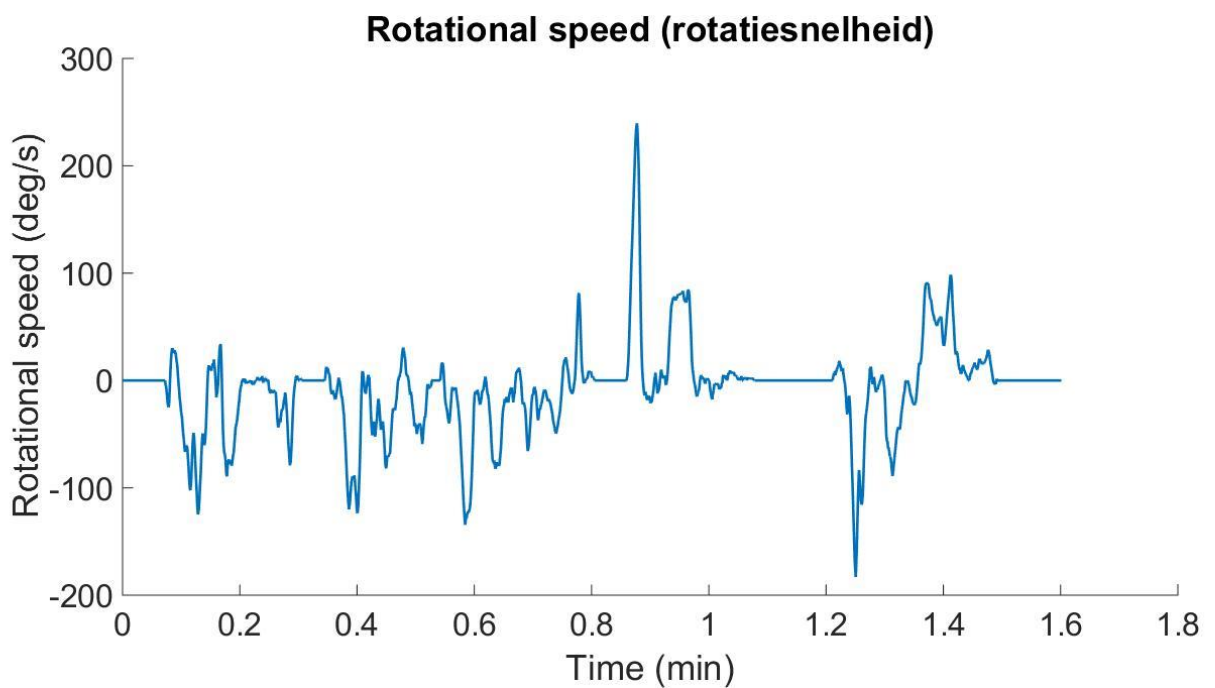
```

6. Verloop rotatiesnelheid per proefpersoon gedurende de metingen

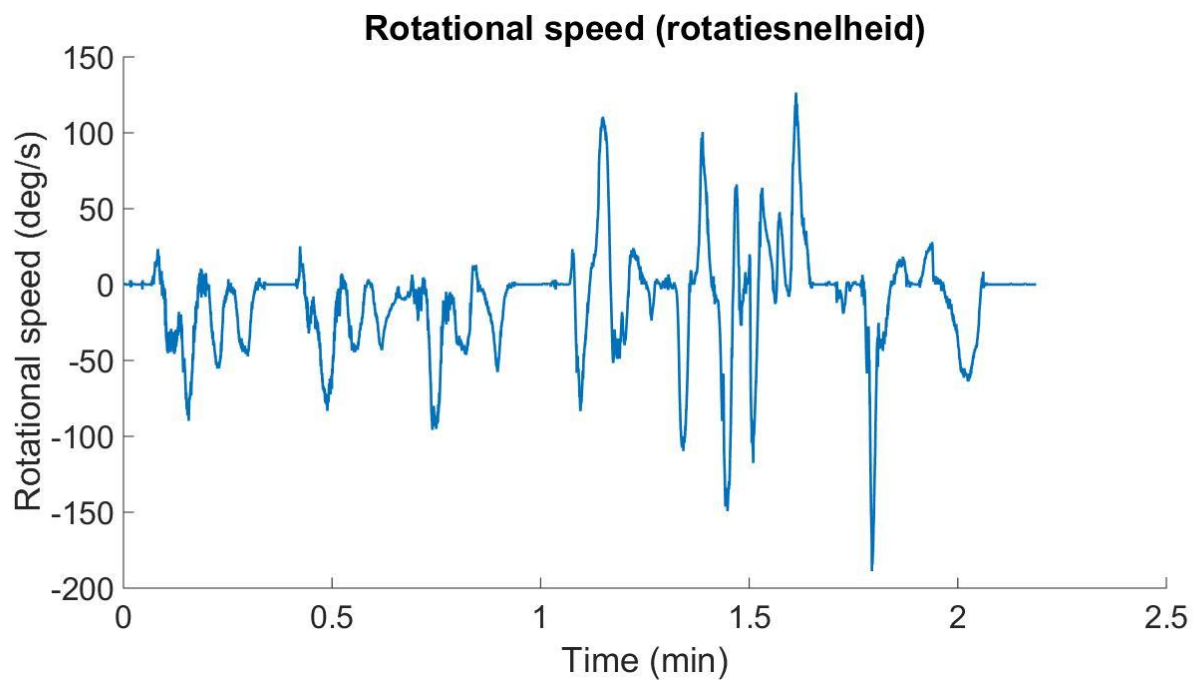
Proefpersoon 1



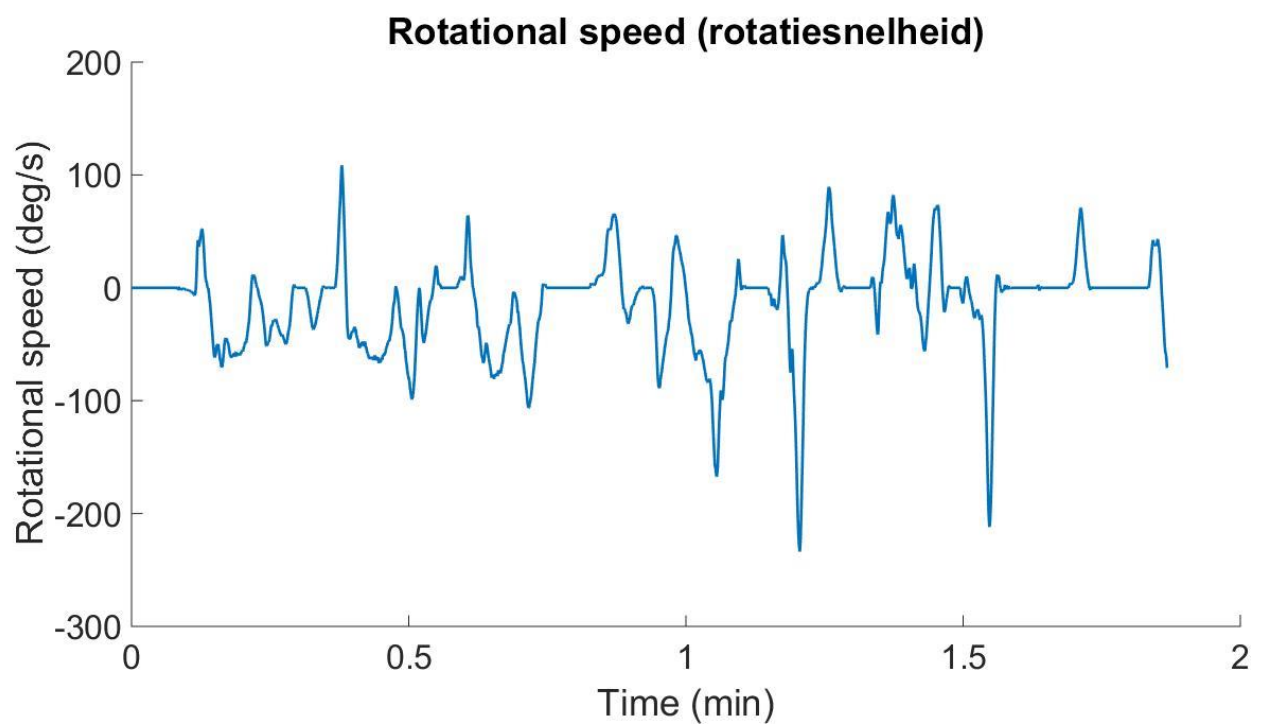
Proefpersoon 2



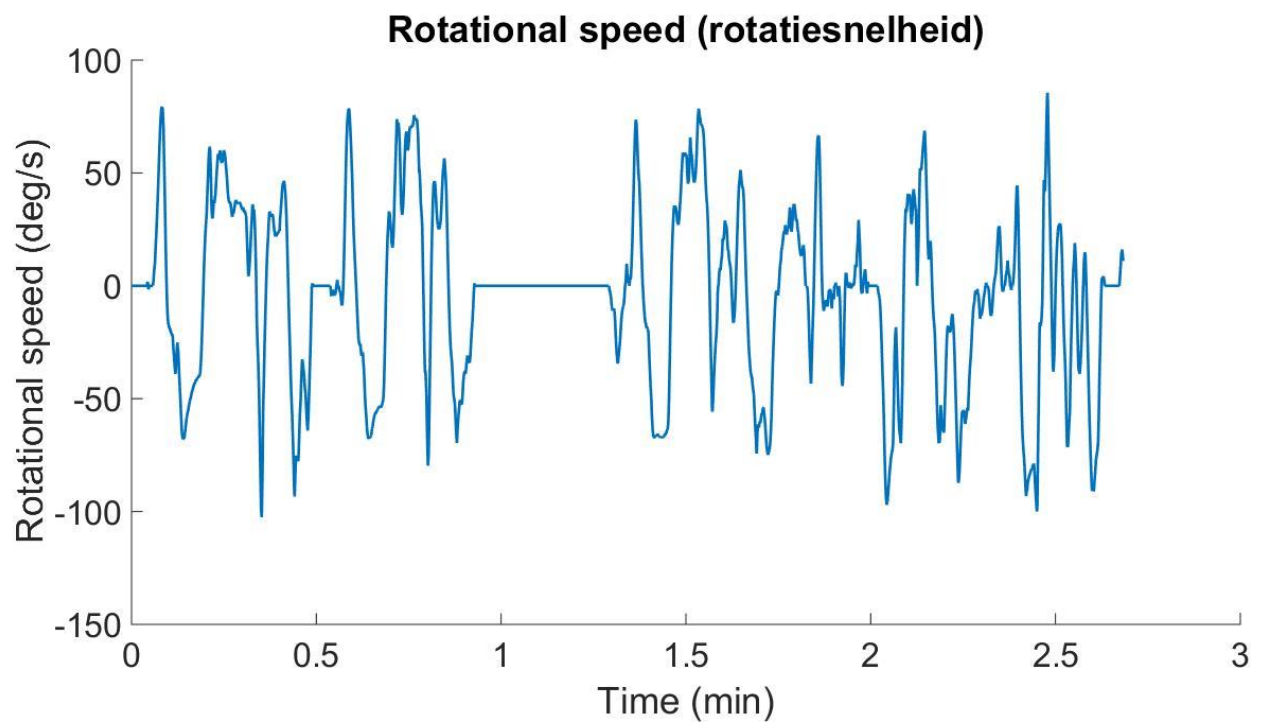
Proefpersoon 3



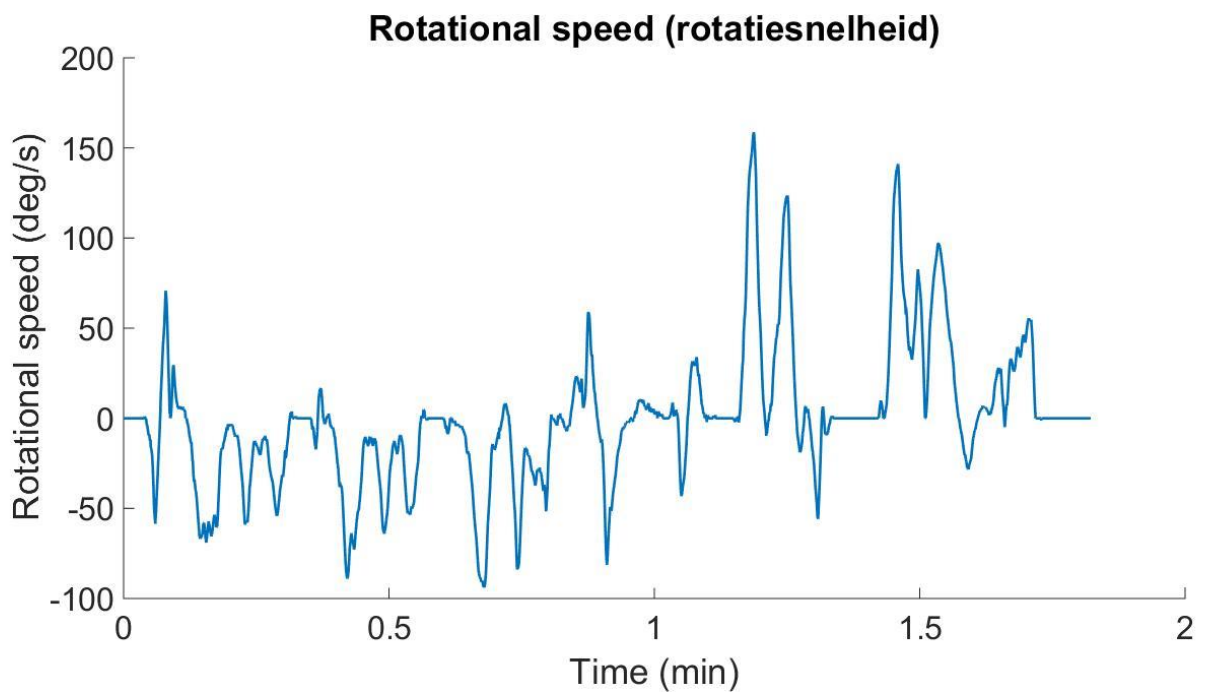
Proefpersoon 4



Proefpersoon 5



Proefpersoon 6



7. Persoonlijke leerdoelen

Voorafgaand van de onderzoek zijn persoonlijke leerdoelen opgesteld die gedurende de afstudeerperiode behaald wilde horen. Deze leerdoelen staan hieronder geformuleerd met hierbij een korte evaluatie.

- De student dient een zelf geschreven dataverwerkingsprogramma in Matlab te kunnen gebruiken voor het verwerken van de verkregen data uit de bewegingsanalyses.

Voor het verwerken van de data uit de Shimmers was al een Matlab-script geschreven voor een eerder onderzoek. Echter moest hier nog best veel aan worden aangepast zodat het Matlab-script gebruikt kon worden voor de dataverwerking van dit onderzoek. Zo was het bestaande script geschreven voor drie Shimmers terwijl in dit onderzoek met vier Shimmers gewerkt is. Er is gedurende deze afstudeerperiode veel gewerkt met Matlab en het bestaande script is helemaal aangepast zodat de juiste resultaten eruit gekomen zijn. Er kan dus worden gesteld dat dit leerdoel wel degelijk behaald is.

- De student dient een duidelijk en concreet adviesrapport op te stellen met daarin aanbevelingen voor een eventueel vernieuwd classificatiesysteem voor het rolstoelhockey

Na het uitvoeren van de metingen en het verwerken van de data, is begonnen met het schrijven van deze afstudeerscriptie met daarin de aanbevelingen. Doordat de resultaten iets anders uitvielen dan op voorhand gedacht was, is er geen concreet adviesrapport geschreven met aanbevelingen voor een vernieuwd classificatiesysteem. Echter zijn er na dit onderzoek wel concrete aanbevelingen gedaan die heel bruikbaar zijn voor een vervolgonderzoek wat in de toekomst kan leiden tot eventuele vernieuwingen voor het classificatiesysteem.