

Lopen op de GRAIL met visuele feedback op de kniehoek

Zijn gezonde proefpersonen in staat om tijdens het lopen op een loopband de kniehoek aan te passen door middel van visuele feedback? Wat voor compensatiestrategieën treden er op ten gevolge van de aanpassing in het kniegewricht?

Aafke Bollema - 10008403

&

Leonie de Heer - 10011986

Haagse Hogeschool, opleiding Bewegingstechnologie
juni 2014

Lopen op de GRAIL met visuele feedback op de kniehoek

Zijn gezonde proefpersonen in staat om tijdens het lopen op een loopband de kniehoek aan te passen door middel van visuele feedback? Wat voor compensatiestrategieën treden er op ten gevolge van de aanpassing in het kniegewricht?

Aafke Bollema - 10008403

&

Leonie de Heer - 10011986

Eerste begeleider:

Herre Faber

Tweede begeleidster:

Daphne Wezenberg

Begeleidster VUMC:

Marjolein van der Krogt

Haagse Hogeschool, opleiding Bewegingstechnologie
juni 2014

Voorwoord

Deze scriptie hebben we geschreven in het kader van ons afstudeerproject voor de opleiding Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool. De opdracht hebben we gedaan binnen het VU medisch centrum met medewerking van Motek Medical in Amsterdam. Deze afstudeerstage is bedoeld als afronding van de opleiding Bewegingstechnologie.

Vanuit de opdracht die het VUmc heeft gegeven, zal een advies worden opgesteld. Verder is dit verslag geschreven voor de docenten van bewegingstechnologie.

Dit verslag is tot stand gekomen met hulp en advies van een aantal mensen die we graag willen bedanken. Op de eerste plaats Marjolein van der Krogt, voor het voordragen van de opdracht, de begeleiding tijdens ons project en het beantwoorden van al onze vragen. Ook willen we graag onze afstudeerbegeleiders Herre Faber en Daphne Wezenberg bedanken voor de hulp vanuit school. Daarnaast willen wij graag Nico Zopfi, Tako Tabak en Pim Wisse bedanken voor alle hulp die ze ons tijdens deze periode hebben gegeven. Ook gaat onze dank uit naar alle proefpersonen: Bauke, Nienke, Rick, Yusi, Merel, Pedro, Susan, Laura, Renate en Joyce voor hun deelname aan de metingen. Tot slot willen we graag onze ouders bedanken voor alle steun en support tijdens de hele studie en ons afstuderen.

Veel plezier met het lezen van onze scriptie.

Aafke Bollema en Leonie de Heer,

Den Haag, Juni 2014

Inhoudsopgave

Voorwoord	- 3 -
Inhoudsopgave	- 4 -
1.Samenvatting.....	- 5 -
2.Verklarende woordenlijst.....	- 6 -
3.Inleiding	- 7 -
4.Methode.....	- 10 -
4.1 Proefpersonen.....	- 10 -
4.2 Design	- 10 -
4.3 Meetinstrumenten	- 11 -
4.4 Data analyse	- 12 -
4.4.1 Uitkomstmaten.....	- 12 -
4.5 Statistiek	- 13 -
5. Resultaten.....	- 14 -
5.1 Effecten van feedback	- 14 -
5.1.1 Normaal looppatroon.....	- 14 -
5.1.2 Flexie tijdens standfase	- 14 -
5.1.3 Extensie tijdens standfase	- 15 -
5.1.4 Flexie tijdens zwaai fase	- 16 -
5.1.5 Extensie tijdens zwaai fase.....	- 17 -
5.2 Vragenlijst.....	- 18 -
6. Discussie	- 19 -
6.1 Compensatiestrategieën	- 19 -
6.2 Interne validiteit	- 20 -
6.3 Aanbevelingen voor nader onderzoek en toepassing.....	- 21 -
6.4 Externe validiteit	- 22 -
7.Conclusie	- 23 -
8.Literatuurlijst	- 24 -
9.Bijlagen	- 25 -

1.Samenvatting

Het doel van het onderzoek is om te bepalen of gezonde proefpersonen tijdens het lopen op een loopband in staat zijn om de kniehoek aan te passen door middel van visuele feedback. Wanneer de opgelegde target voor de kniehoek behaald wordt, wordt er gekeken wat voor compensatiestrategieën er optreden in het heup- en enkelgewricht op dat moment. Daarnaast wordt er gekeken wat voor compensatiestrategieën er optreden in de heup en enkel in de gehele gangcyclus. Vervolgens wordt er gekeken of de gemiddelde loopsnelheid onder de compensatiestrategieën valt. Uiteindelijk wordt er gekeken of de ontwikkelde applicatie en de resultaten zijn toepasbaar zijn bij kinderen met CP (Cerebrale Parese) waarbij het looppatroon kan worden onderzocht en geanalyseerd.

Aan dit onderzoek hebben elf proefpersonen deelgenomen. Er zijn verschillende condities gemeten waarbij er een aanpassing in het looppatroon is gevraagd. Bij elke conditie is er gedurende twee minuten op eigen tempo gelopen, hierbij is er constant feedback gegeven op de knie van het rechterbeen door middel van een bar plot. Elke conditie is er gevraagd aan de proefpersonen om een grotere flexie(F)- of extensie(E) beweging dan normaal te maken van de knie in de stand(stand)- of zwaai fase(zwaai). Hierbij moest er een vooraf bepaalde target behaald worden. Daarnaast zijn er twee normaalmetingen uitgevoerd (zes condities in totaal). Bij elke conditie is er per proefpersoon gekeken of er op het tijdstip van de maximaal of juist minimaal behaalde kniehoek een significant verschil was in de heup- en enkelhoek vergeleken met de tweede normaalmeting. Daarnaast is er gekeken of de heup en enkel op een ander moment in de gangcyclus significant anders waren. Als laatste is er gekeken of de loopsnelheid significant hoger of juist lager lag ten opzichte van de tweede normaalmeting.

In de resultaten is er gekeken of de proefpersonen de gevraagde target behaald hadden. Bij de proefpersonen waar dit het geval was, bleek dat er bij elke conditie compensatiestrategieën optraden in het looppatroon. Op het moment dat de knie hoek maximaal was bij de conditie *Fstand* was er meer dorsaalflexie in de enkel. Bij een minimale kniehoek van de conditie *Estand* zijn geen compensatiestrategie gevonden in de heup- en enkelhoek. Op het moment dat de knie hoek maximaal was bij de conditie *Fzwaai* was er meer flexie in de heup. Bij de minimale kniehoek van de conditie *Ezwaai* was er meer flexie in de heup en meer plantairflexie in de enkel. Daarnaast werden er op andere momenten in de gangcyclus ook verschillende compensatiestrategieën waargenomen.

De conclusie uit dit onderzoek is dat proefpersonen in staat zijn om het looppatroon te wijzigen in overeenstemming met de gewenste verandering in de kniehoek. Hierbij traden er een aantal compensatiestrategieën in de heup en enkel op. De ontwikkelde applicatie en de resultaten zijn een eerste stap naar toepassing bij kinderen met CP waarbij het looppatroon kan worden onderzocht en geanalyseerd.

2.Verklarende woordenlijst

Ataxische parese = Kinderen met Cerebrale Parese die problemen hebben met het coördineren van hun bewegingen en het bewaren van het evenwicht.

Bar plot = Een balletje in combinatie met staven die gebruikt worden om waardes weer te geven.

Cerebrale Parese = Een aandoening waarbij kinderen moeite hebben met het bewegen als gevolg van een hersenbeschadiging die ontstaan is voor het eerste levensjaar.

Conventionele (training) = Een van te voren bepaalde training

Crouch gait = Een looppatroon waarbij kinderen met Cerebrale Parese lopen met extreme heup- en knieflexie.

Dorsaalflexie = Een beweging in de enkel waarbij de voet richting het scheenbeen wordt bewogen.

Dyskinetische parese = Kinderen met Cerebrale Parese die problemen hebben met bewegingen die ze eigenlijk niet willen maken.

Extenderen/extensie = Het strekken van een lichaamsgewricht.

Feedback = Terugkoppeling geven.

Flecteert/flexie = Het buigen van een lichaamsgewricht.

Gangcyclus = Een manier om de voortbeweging van het gangbeeld te beschrijven.

Gastrocnemius = De kuitspier.

GRAIL = Gait Realtime Analysis Interactive Lab, een loopband met virtual reality scherm.

Hamstring = Peele aan de kuitspier.

Homogeen = Wanneer iets overal gelijk is.

Hyperextensie = Het overstrekken van een lichaamsgewricht.

Inclusie criteria = Beschrijft de voorwaarden waaraan de personen moeten voldoen om opgenomen te worden in de studie.

Kinematica = Gewrichtshoeken aangegeven in graden.

Multilevel chirurgie = Een behandeling van spasticiteit waarbij er aan één of twee benen op meerdere niveaus wordt geopereerd.

Neurologische afwijking = Aandoening van het zenuwstelsel.

Neuroplasticiteit = Een verandering in de organisatie van de hersenen van individu als gevolg van ontwikkeling, leren of ervaring.

Plantairflexie = Het naar beneden bewegen van het enkelgewricht, waarbij de voet richting de kuit wordt gestrekt.

Psoas major = Een spier van het dijbeen tot de onderzijde van de wervelkolom.

Significant = Een term in de statistiek die aangeeft of een waargenomen effect uit toeval is ontstaan.

Spastische parese = Kinderen met Cerebrale Parese die problemen hebben met spierstijfheid(spasme).

Standaarddeviatie = Een maat voor de spreiding van een variabele of verdeling.

(Externe) validiteit = De mate waarin het redeneren binnen het onderzoek correct is uitgevoerd.

(Interne) validiteit = In hoeverre de resultaten van een bepaald onderzoek of een meting te generaliseren zijn.

Visuele feedback = Feedback die door het oog wordt waargenomen.

Voetheffers parese = Uitval of een beperking in de dorsaalflexie van de voet.

VR (Virtual Reality) = Het simuleren van een omgeving via een computer welke wordt geprojecteerd op een scherm en mee beweegt tijdens het lopen.

3. Inleiding

CP (Cerebrale Parese) is een verzamelnaam van houding- en bewegingsstoornissen die ontstaan voor of tijdens het eerste levensjaar in de hersenen. Het is de meest voorkomende neurologische afwijking bij kinderen (1,5 tot 2,5 per 1000 levendgeborenen)⁽²⁾. CP is te onderscheiden in drie types⁽³⁾: spastische parese, ataxische parese en dyskinetische parese. Het meest voorkomende type is spastische parese (83%). Dit type wordt gekenmerkt door ongecontroleerde houdingen en bewegingen door spastische spieren.

Kinderen met dit type CP vertonen verschillende afwijkende looppatronen, welke in vijf verschillende looppatronen kunnen worden ingedeeld⁽³⁾ (afbeelding 1).

- Type 1 wordt gekenmerkt door voetheffersparese in de zwaai fase.
- Type 2 wordt gekenmerkt door hyperextensie van de knie en volledig voetcontact in het midden van de standfase.
- Type 3 wordt gekenmerkt door hyperextensie van de knie in het midden van de standfase. Hierbij is, in tegenstelling tot type 2, geen volledig voetcontact.
- Type 4 wordt gekenmerkt door flexie van de knie in standfase, waarbij er geen volledig voetcontact is. Bij extreme knie- en heupflexie wordt het looppatroon 'crouch gait' genoemd.
- Type 5 wordt gekenmerkt door dezelfde afwijkingen als type 4 (flexie van de knie in de standfase en heupflexie), maar naast deze afwijkingen is er bij looppatroon 5 wel sprake van volledig voetcontact in de standfase.

GANGTYPEN VOLGENS DE AMSTERDAM GAIT CLASSIFICATION					
GANGTYPEN	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
					
KNIE	Normaal	Overstrekt	Overstrekt	Geboogen	Geboogen
VOETCONTACT	Volledig	Volledig	Onvolledig	Onvolledig	Volledig

Afbeelding 1: De vijf types van CP in de standfase⁽¹³⁾.

De meeste kinderen met CP lopen met crouch gait (type 4 en 5). Er wordt gedacht dat lopen met crouch gait het gevolg is van een verkorte hamstring⁽⁴⁾. De knieflexie gaat meestal gepaard met overmatige heupflexie gedurende de voetafwikkeling. Uit onderzoek van Delp blijkt dat bijna geen enkele proefpersoon met crouch gait een verkorte hamstring heeft tijdens het lopen, maar juist een verkorte psoas major⁽⁴⁾. Hieruit valt te concluderen dat er goed moet worden gelet op de oorzaak van het afwijkende looppatroon. Wanneer blijkt dat een verkorte spier de oorzaak is van het afwijkende looppatroon, kan er multilevel chirurgie worden toegepast waarbij de betreffende spier wordt verlengd. Hierna volgt er een lang traject van revalideren, waarna er over het algemeen een verbetering is op functioneel gebied en de levenskwaliteit verbetert⁽¹⁾.

In het onderzoek van Rose is er gekeken naar het effect na het verlengen van de gastrocnemius pees⁽⁵⁾. Na de operatie wordt er gekeken naar de kinematica en kinetica van het enkelgewricht, hierbij ontstaat er meer dorsaalflexie in de stand- en zwaai fase. Bij de kinetica is er een afname zichtbaar van de spasme rond de enkel in de standfase. Een verlenging van een spier heeft dus een positief effect op de kinematica en kinetica, waardoor er een verbetering in het looppatroon zal optreden bij kinderen met CP.

Naast multilevel chirurgie wordt er door middel van functionele looptraining geprobeerd het looppatroon te verbeteren. Door Schindl is er onderzoek gedaan naar looptrainingen bij kinderen met CP waarbij een deel van hun gewicht wordt opgetild⁽⁶⁾. Na de training blijkt dat meer dan de helft van de kinderen met CP de training langer volhouden en meer eigen gewicht kunnen dragen. Ook blijkt uit dit onderzoek dat de motorische functies van de kinderen met CP vooruit is gegaan. Uit het onderzoek van Ketelaar blijkt dat functionele therapie (looptraining in het looplab) en fysiotherapie (het uitvoeren van verscheidene oefeningen) ook de motorische functies verbeteren⁽⁷⁾. Functionele training geeft in de meeste gevallen een verbetering voor het uitvoeren van dagelijkse activiteiten. Hieruit valt te concluderen dat functionele training een positief effect heeft op de motorische functies bij kinderen met CP.

Om de functionele training leuker en actiever te maken wordt er tegenwoordig veel gebruik gemaakt van Virtual Reality (VR). Uit onderzoek van Bryanton blijkt dat VR zorgt voor meer enthousiasme⁽⁹⁾. Daarnaast is er interesse in de scores van het spel waardoor de kinderen een doel hebben om voor te trainen. In dit onderzoek is er een verbetering te zien bij kinderen die met VR trainden in vergelijking tot kinderen die met de conventionele training meededen. Toch blijkt er uit onderzoek van Reid dat het gebruik van VR niet altijd zorgt voor bevordering van enthousiasme en interesse bij kinderen⁽¹⁰⁾. Er moet rekening gehouden worden met de geprojecteerde omgeving van het spel en de manier van feedback. De manier van feedback moet consistent en niet frustrerend zijn voor de deelnemer. Naast het gebruik van VR bij de training van kinderen met CP wordt VR op dit moment ook gebruikt voor kinderen met CP binnen de neurorevalidatie⁽¹¹⁾. Na therapie met behulp van VR treedt er meer neuroplasticiteit op bij kinderen met CP dan bij de reguliere therapieën. Neuroplasticiteit zorgt voor veranderingen in de organisatie van de hersenen van individuen als gevolg van ontwikkeling, leren of ervaring. Het gebruik van VR bij functionele training heeft dus een positief effect mits het hierbij op de goede manier gebruikt wordt en de feedback consistent en niet frustrerend is.

Er zijn al een aantal onderzoeken gedaan naar het wijzigen van het looppatroon door middel van VR. Een voorbeeld hiervan is het onderzoek van Van den Noort⁽¹²⁾. Hieruit blijkt dat gezonde proefpersonen in staat zijn het looppatroon aan te passen door middel van visuele feedback. Hierbij is er gevraagd om met minder knie-adductie en meer heuprotatie te lopen. Dit werd gedaan door middel van vier verschillende vormen van visuele feedback (afbeelding 2). Uit dit onderzoek blijkt dat het niet uitmaakt welke vorm van feedback er gebruikt wordt omdat er op alle vier de vormen is hetzelfde gereageerd.



Afbeelding 2: De vier vormen van feedback¹²

In tegenstelling tot gezonde proefpersonen, is er op dit moment nog niet veel bekend over een leuke en effectieve manier van visuele feedback geven voor kinderen met CP. Ook weet men nog niet wat het effect is wanneer kinderen met CP het looppatroon proberen aan te passen. Wanneer er functionele training gedaan wordt in combinatie met VR, zou dit volgens de voorgaande literatuur een positief effect hebben op het looppatroon. Door middel van een onderzoek kan er worden gekeken of dit ook geldt voor kinderen met CP wanneer er feedback wordt gegeven op het looppatroon. Hiervoor is een vooronderzoek nodig waarbij er een applicatie wordt ontwikkeld die op gezonde proefpersonen wordt gemeten. De applicatie zorgt voor de besturing van de visuele feedback. Zo kan er feedback worden gegeven en het afwijkende looppatroon worden geanalyseerd. Aan de hand van dit vooronderzoek kan er worden gekeken of de applicatie kan worden toegepast op kinderen met CP. Wanneer dit mogelijk is wordt er meer informatie verkregen over het looppatroon en kan er worden gekeken of kinderen met CP op hun manier in staat zijn het looppatroon aan te passen door middel van visuele feedback.

Wanneer er een applicatie vervaardigd wordt voor kinderen met CP kan er bekeken worden of het mogelijk is om feedback over de kniehoek te geven. Veel kinderen met CP hebben een afwijking aan de knie, en daarnaast is het een belangrijk gewricht waar veel spieren een component over hebben. Door middel van de feedback kan er gevraagd worden om de kniehoek meer te extenderen of juist te fleteren. Zo kan worden geprobeerd de gewenste waarden te behalen. De feedback kan worden gegeven door middel van een bar plot welke is weergegeven in afbeelding 2.1. Er is gekozen voor de bar plot omdat deze het meest consistent is doordat hij alleen maar op en neer beweegt. Daarnaast is er binnen deze vorm van feedback geen verandering van kleur welke voor afleiding kan zorgen. Tijdens het onderzoek kan er het best op eigen tempo gelopen worden, dit is namelijk een goed alternatief voor lopen op een vaste snelheid ⁽⁸⁾. Om de applicatie op gezonde volwassenen te testen kan er gekeken worden of er veranderingen optreden in het looppatroon door de gegeven feedback op de knie. Daarnaast kan er gekeken worden of de feedback en instructies duidelijk genoeg zijn.

Het doel van het onderzoek is om te bepalen of gezonde proefpersonen tijdens het lopen op een loopband in staat zijn om de kniehoek aan te passen door middel van visuele feedback. Wanneer de opgelegde target voor de kniehoek behaald wordt, wordt er gekeken wat voor compensatiestrategieën er optreden in het heup- en enkelgewricht op dat moment. Daarnaast wordt er gekeken wat voor compensatiestrategieën er optreden in de heup en enkel in de gehele gangcyclus. Vervolgens wordt er gekeken of de gemiddelde loopsnelheid onder de compensatiestrategieën valt. Uiteindelijk wordt er gekeken of de ontwikkelde applicatie en de resultaten zijn toepasbaar zijn bij kinderen met CP waarbij het looppatroon kan worden onderzocht en geanalyseerd.

De hypothese die voor dit onderzoek is opgesteld luidt: 'gezonde volwassenen zijn in staat om door middel van visuele feedback het looppatroon aan te passen'. Hierbij wordt er verwacht dat wanneer er feedback gegeven wordt op de kniehoek, er compensatiestrategieën optreden in het heup- en enkelgewricht wanneer dit vergeleken wordt met het normale looppatroon. Aan het eind van dit onderzoek wordt er een advies uitgebracht aan het VUmc betreffende de verdere ontwikkelingen en mogelijkheden voor de toepasbaarheid van dit onderzoek voor kinderen met CP.

4.Methode

4.1 Proefpersonen

Aan dit onderzoek hebben in totaal elf proefpersonen deelgenomen, waarvan acht vrouwen en drie mannen. De gegevens van de proefpersonen zijn te vinden in tabel 1. De inclusiecriteria waren als volgt: de proefpersoon mocht geen loopafwijking hebben en de leeftijd moest boven de achttien jaar liggen. Ook moesten de proefpersonen in staat zijn om de knie volledig te extenderen en minimaal 90 graden te flecteren. De proefpersonen hebben voorafgaand aan de meting schriftelijk toestemming gegeven, waarmee zij aangaven volledig op de hoogte te zijn van het doel en de risico's van het onderzoek (bijlage 2 en 3).

Tabel 1: De gegevens van de proefpersonen (voor alle proefpersoongegevens zie bijlage 10).

	Gemiddelde	SD waarde
Leeftijd in jaar	22,6	±4,65
Gewicht in Kg	68,9	±10,30
Lengte in M	1,77	±0,04

4.2 Design

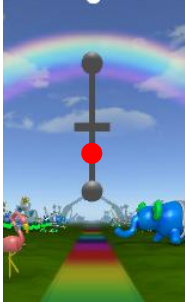
Binnen dit onderzoek zijn er zes condities gemeten bij ieder proefpersoon, deze metingen zijn uitgevoerd op de loopband zowel met als zonder feedback. Voordat de metingen begonnen, is er zes minuten ingelopen op de loopband op eigen tempo. Hierbij werd de loopbandsnelheid aangepast aan de loopsnelheid van de proefpersoon⁽⁸⁾. Er zijn twee normaalmetingen en vier verschillende experimentele condities gemeten. In totaal zijn er zes metingen per proefpersoon uitgevoerd. Hierbij was de eerste conditie altijd een normaalmeting. De rest van de metingen zijn in willekeurige volgorde uitgevoerd. De metingen die gedaan zijn waren als volgt:

- 1) **Normaal1:** De eerste normaalmeting is altijd als eerste uitgevoerd, hierbij is er gelopen zoals in het dagelijks leven ook gelopen wordt.
- 2) **Normaal2:** Bij de tweede normaalmeting is er gelopen zoals er in het dagelijks leven ook gelopen wordt. Deze meting is gebruikt bij het verwerken van de resultaten omdat we er vanuit zijn gegaan dat de proefpersonen meer gewend zijn aan de loopband dan bij de eerste meting.
- 3) **Fstand:** Knieflexie in de standfase (minimaal 40 graden knieflexie).
- 4) **Estand:** Volledige knie-extensie in de standfase (0 graden), waarbij de target is ingesteld op (1 graad knieflexie) omdat de 0 graden niet altijd haalbaar bleek.
- 5) **Fzwaai:** Knieflexie in de zwaai fase (minimaal 90 graden knieflexie).
- 6) **Ezwaai:** Volledige knie-extensie in de zwaai fase (0 graden), waarbij de target is ingesteld op (1 graad knieflexie) omdat de 0 graden niet altijd haalbaar bleek.

Voordat elke meting begon, is er door elke keer dezelfde onderzoeker een mondelinge uitleg gegeven. Hierbij is er verteld hoe de feedback gegeven werd en hoe de minimale target behaald kon worden. Wanneer er bijvoorbeeld een kniehoek van 40 graden behaald moest worden, kreeg een kniehoek van 50 graden ook positieve feedback. Daarnaast moest de target minimaal één keer per stap behaald worden. Na de mondelinge uitleg volgde de stem van Ollie de Olifant, die op een vrolijke en speelse wijze nog een keer de uitleg gaf (bijlage 14).

Elke conditie is twee minuten gemeten. Bij elke conditie is er feedback gegeven op het rechterbeen, behalve bij de normaalmetingen waarbij helemaal geen feedback is gegeven. De feedback is gegeven door middel van een bar plot, welke is weergegeven in afbeelding 3. De bar plot was de gehele meting in beeld, hierbij gaf de rode bal continu de kniehoek weer en bewoog van boven naar beneden. Hierbij gaf de onderste grijze bal een kniehoek van 0 graden weer en de bovenste grijze bal een kniehoek van 90 graden. De grijze streep was variabel en gaf bij elke experimentele conditie de target aan. Wanneer de rode bal de streep raakte, volgde er positieve feedback door middel van een

geluid, een punt bij de score en een soort vuurwerk (afbeelding 5). De loopbandsnelheid begon elke keer wanneer er een conditie gemeten werd, op één meter per seconde en na vijf seconde kon er op eigen tempo gelopen worden. Na elke meting is er een vragenlijst afgenomen, welke te vinden is in bijlage 8. Aan de hand van deze vragen is er gekeken naar wat de proefpersoon van de applicatie en de opdracht vond.



Afbeelding 3: De bar plot waarbij de rode bal op en neer gaat en de feedback op het looppatroon geeft.

4.3 Meetinstrumenten

Alle metingen zijn uitgevoerd op de GRAIL (Gait Realtime Analysis Interactive Lab) in het VUmc (afbeelding 4). De GRAIL bestaat uit een loopband met daaromheen een VR scherm waarop een omgeving en een bar plot geprojecteerd worden. Meer informatie over de GRAIL is te vinden in bijlage 1. Om direct feedback te kunnen geven op het looppatroon is er een applicatie ontwikkeld. Deze applicatie is vervaardigd in D-Flow. D-Flow is software, welke ontworpen is binnen MOTEK Medical. De applicatie is in staat om door middel van een bar plot direct feedback te geven op de kniehoek in de stand- of zwaai fase. De feedback kan zowel over het linker- als over het rechterbeen gegeven worden. Bij alle condities is de feedback gegeven over het rechterbeen. Naast de bar plot, die te zien is op het VR scherm, loopt de proefpersoon door een kleurrijke omgeving met verschillende dieren die hij onderweg tegenkomt (afbeelding 5). Na elke meting is er een vragenlijst afgenomen (bijlage 8). Door middel van deze vragenlijst is er gekeken naar wat de proefpersoon van de verschillende experimentele condities, uitleg en omgeving met feedback vond.

Tijdens het lopen is er in realtime de kinematica (gewrichtshoeken) gemeten met behulp van Vicon Nexus versie 1.8.1. Bij elk proefpersoon zijn er 25 markers op het lichaam geplakt volgens het Lower Limb Human Body Model¹⁴ (bijlage 4). Deze markers zijn elke meting door dezelfde onderzoeker op de proefpersoon bevestigd. Door middel van deze markers wordt het looppatroon in 3D geanalyseerd worden door middel van infraroodcamera's.



Afbeelding 4: Meetopstelling (GRAIL).



Afbeelding 5: Proefpersoon tijdens meting.

4.4 Data analyse

Als eerste is in D-Flow het signaal gefilterd met behulp van een 6Hz laagdoorlaat filter. Om de kinematica te verkrijgen zijn de data vanuit Vicon Nexus omgezet naar een MOX-file met behulp van D-Flow. Vervolgens is de MOX-file geanalyseerd in Matlab. Hierbij zijn als eerste de foute stappen verwijderd. Dit is gedaan op basis van een afwijkende kracht (wanneer de piek grondreactiekracht van het linker en rechterbeen meer dan 100% verschillend was van elkaar) of door verkeerd bepaald hielcontact (wanneer er niet goed op de krachtenplaat werd gestapt). Ook is in Matlab de tijd genormaliseerd waarbij elke schrede is verdeeld over 101 stappen die het percentage van de gangcyclus weergeven. Hierbij is 0% het hielcontact. Vervolgens zijn de gemiddelde waarden van de heup-, knie- en enkelhoek over alle goede stappen bepaald en in grafieken gezet. Dit is alleen gedaan voor de proefpersonen die de target hadden behaald. Uit de goede stappen zijn de eerste twintig stappen van het rechterbeen van de tweede minuut genomen. De twintig stappen geven een goed beeld van het aangepaste looppatroon. Er is gekozen voor de tweede minuut omdat de proefpersonen dan meer gewend zijn aan de omgeving en de manier van feedback. Daarnaast is er vanuit gegaan dat de proefpersonen het looppatroon in de tweede minuut beter en consequenter konden aanpassen. Wanneer het aantal goede stappen tussen de vijftien en twintig lag, is het maximaal aantal goede stappen toch meegenomen in de analyse. Dit is gedaan omdat dit alsnog een goed beeld gaf van het aangepaste looppatroon. Deze procedure is herhaald voor elke conditie.

4.4.1 Uitkomstmaten

Bij ieder proefpersoon is voor elke experimentele conditie gekeken of de opgelegde target behaald was. De target van *Estand* en *Ezwaai* is in plaats van 0 graden op 1 graad flexie ingesteld. Dit is gedaan omdat 0 graden binnen dit systeem alleen haalbaar is wanneer er hyperextensie in de knie mogelijk is, terwijl 1 graad makkelijker haalbaar was. Wanneer de proefpersoon gemiddeld elke stap de gevraagde target behaald had, zijn de data verder geanalyseerd. Op het tijdstip dat de kniehoek de grootste (flexie) of juist kleinste (extensie) waarde had behaald, is er gekeken naar de heup- en enkelhoek. Deze twee waarden zijn vergeleken met de heup- en enkelhoek van het normale looppatroon op het tijdstip dat de knie daar de grootste of juist kleinste uitslag had behaald. Daarnaast is er gekeken of er in de gehele gangcyclus afwijkingen van de heup en enkel waren in vergelijking met het normale looppatroon. Vervolgens is er elke meting gekeken naar de gemiddelde loopsnelheid van de tweede minuut. Hierbij is *Normaal2* vergeleken met *Normaal1*, de andere condities zijn vergeleken met *Normaal2*. Samengevat is er gekeken naar:

- 1) **Normaal2:** De minimale en maximale waarden van de kniehoek bij de normaalmeting in de stand- en zwaai fase, met op datzelfde tijdstip de heup- en enkelhoek. Daarnaast is de gemiddelde loopsnelheid van de tweede minuut bepaald.
- 2) **Fstand:** De maximale waarde van de kniehoek in de standfase wanneer er 40 graden of meer behaald is, en de waarden van de heup- en enkelhoek op hetzelfde tijdstip. Daarnaast is er gekeken naar andere afwijkende waarden van de heup en enkel in de gehele gangcyclus. Vervolgens is de gemiddelde loopsnelheid van de tweede minuut bepaald.
- 3) **Estand:** De minimale waarde van de kniehoek in de standfase wanneer er 1 graad of minder gehaald is, en de waarden van de heup- en enkelhoek op hetzelfde tijdstip. Daarnaast is er gekeken naar andere afwijkende waarden van de heup en enkel in de gehele gangcyclus. Vervolgens is de gemiddelde loopsnelheid van de tweede minuut bepaald.
- 4) **Fzwaai:** De maximale waarde van de kniehoek in de zwaai fase waarbij 90 graden of meer behaald is, en de waarden van de heup- en enkelhoek op hetzelfde tijdstip. Daarnaast is er gekeken naar andere afwijkende waarden van de heup en enkel in de gehele gangcyclus. Vervolgens is de gemiddelde loopsnelheid van de tweede minuut bepaald.
- 5) **Ezwaai:** De minimale waarde van de kniehoek in de zwaai fase wanneer er 1 graad of minder behaald is, en de waarden van de heup- en enkelhoek op hetzelfde tijdstip. Daarnaast is er gekeken naar andere afwijkende waarden van de heup en enkel in de gehele gangcyclus. Vervolgens is de gemiddelde loopsnelheid van de tweede minuut bepaald.

De gemiddelde waarden van de heup-, knie- en enkelhoek van ieder proefpersoon die de target behaald had zijn apart in grafieken gezet. Dit is ook gedaan voor de gemiddelde waarden van de heup-, knie- en enkelhoek over alle proefpersonen samen. Dit is gedaan om een overzicht te krijgen van wat er met het looppatroon in de gehele gangcyclus gebeurt. Er is bij ieder proefpersoon vastgesteld of de verandering in de kniehoek ook een verandering op dat moment in de heup- en enkelhoek veroorzaakt in vergelijking met het normale looppatroon (hiervoor zijn de data van *Normaal2* gebruikt). Daarnaast is er op de momenten dat de heup- en enkelhoek in de rest van de gangcyclus het meest afwijkt van het normale looppatroon gekeken of dit significant verschillend is. Dit is gedaan aan de hand van de grafieken over alle proefpersonen die de target hadden behaald. Vervolgens is van deze proefpersonen ook de gemiddelde loopsnelheid van elke conditie van de tweede minuut berekend. Aan de hand van deze gemiddelde loopsnelheden is er per conditie bepaald of er significant sneller of langzamer gelopen is dan bij *Normaal2*. Als laatste is er gekeken naar de resultaten van de vragenlijst, om te zien wat de proefpersonen van de verschillende condities vonden. Hieruit kon worden geconcludeerd of de uitleg en de daarbij horende feedback duidelijk genoeg was.

4.5 Statistiek

Van de vier experimentele condities zijn de heup- en enkelhoeken op het moment dat de knie reageert op de feedback, vergeleken met de tweede normaalmeting. Daarnaast zijn de afwijkende waarden van de heup en enkel in de rest van de gangcyclus en de loopsnelheden ook vergeleken met de tweede normaalmeting. Dit is gedaan met behulp van een gepaarde t-test in Excel ('T-test Paired Two Sample For Means'). De kans op de steekproefuitkomst die bij de statistische toetsing wordt berekend, wordt het significantieniveau genoemd. Het significantieniveau geeft de onbetrouwbaarheid die geaccepteerd wordt aan, in de t-test wordt dit gedaan door middel van de p-waarde (probability level)¹⁵. Vanuit de p-waarde die de two-tail(tweezijdige toets) weergeeft is er bepaald of er een significant verschil was tussen de condities. Wanneer $p < 0.05$ kan er worden gesproken over een significant verschil, hierbij is de betrouwbaarheid minimaal 95%.

5. Resultaten

5.1 Effecten van feedback

Binnen de resultaten is er bij elke conditie gekeken wat er op het moment dat de kniehoek minimaal of juist maximaal is, er met de heup- en enkelhoek gebeurd en of deze verandering significant is. Daarnaast is er gekeken of er andere afwijkingen waren in de heup en enkel in de rest van de gangcyclus ten opzichte van het normale looppatroon. Deze momenten zijn bepaald door te kijken wanneer het gemiddelde looppatroon van alle proefpersonen die de target hadden behaald, afwijkt van het normale looppatroon. Voor al deze verschillen is er de t-test gedaan, hierbij is er gekeken of er een significant verschil is tussen Normaal2 en de verschillende condities.

5.1.1 Normaal looppatroon

De loopsnelheid van *Normaal2* is gemiddeld $1,4(\pm 0,27)$. De loopsnelheid van *Normaal1* is gemiddeld $1,6(\pm 0,23)$. Tussen de loopsnelheden is er een significant verschil van 0,0075. De loopsnelheid van *Normaal2* ligt dus significant hoger dan die van *Normaal1*. De waardes van de *Normaal2* zijn gebruikt bij het bepalen van de significante verschillen bij de andere condities.

5.1.2 Flexie tijdens standfase

De grafieken van de gemiddelde heup-, knie- en enkelhoek van de proefpersonen die de target hadden behaald bij de conditie *Fstand* worden weergegeven in afbeelding 6. Binnen deze conditie waren de data van acht proefpersonen bruikbaar, hiervan hadden acht proefpersonen gemiddeld de target van 40 graden behaald, deze proefpersonen zijn meegenomen in de resultaten. De grafieken van de heup-, knie- en enkelhoek van ieder proefpersoon apart worden weergegeven in bijlage 9. De gegevens van de heup en enkel van de conditie *Fstand* worden weergegeven in tabel 2.

Tabel 2: Aan de linkerkant staan de verschillende momenten in de gangcyclus van de conditie *Fstand*. Rechts van deze kolom staat de gemiddelde waarde van de gewrichtshoek op dit moment (Gem. conditie) met daarbij de SD waarden. Daarnaast wordt de grootte van de gewrichtshoek van *Normaal2* weergegeven (Gem. normaal). In de laatste kolom staat de p-waarde die aangeeft of het verschil significant is (groen) of niet(rood) ($P < 0.05$ is significant).

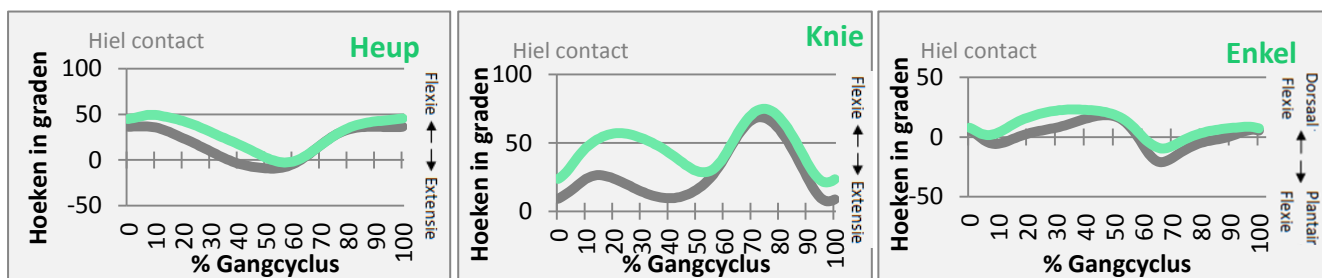
	Gem conditie	SD conditie	Gem normaal	SD normaal	Significantie
Heup (op moment dat kniehoek maximaal is)	38	$\pm 17,7$	29	$\pm 6,67$	0,2204
Enkel (op moment dat kniehoek maximaal is)	22	$\pm 8,47$	0,4	$\pm 4,50$	0,0003
Heup flexie stand	49	$\pm 10,5$	42	$\pm 14,3$	0,2370
Heup extensie midden	-3,1	$\pm 7,66$	-84	$\pm 5,48$	0,0283
Heup flexie zwaai	45	$\pm 9,10$	38	$\pm 5,61$	0,0239
Enkel plantairflexie stand	58	$\pm 6,35$	27	$\pm 8,87$	0,0534
Enkel plantairflexie zwaai	-12	$\pm 9,08$	-22	$\pm 5,75$	0,0013
Loopsnelheid (m/s)	1,3	$\pm 0,4$	1,4	$\pm 0,27$	0,0081

Knie: De maximale knieflexie in de standfase vindt gemiddeld plaats op 20% van de gangcyclus. Op dat moment is de knie gemiddeld over alle proefpersonen maximaal in 59 ($\pm 11,9$) graden flexie, terwijl 40 graden de target was. Bij *Normaal2* is er in de standfase gemiddeld een maximale kniehoek van 26 ($\pm 4,2$) graden behaald.

Heup: Op het tijdstip van maximale knieflexie in de standfase (op 20 %), is de heupflexie niet significant. Op 60% van de gangcyclus is er significant minder extensie dan bij het normale looppatroon. Daarnaast is er op 95% van de gangcyclus is er wel significant meer heupflexie dan bij *Normaal2*.

Enkel: Wanneer de knie maximaal geflecteerd is (op 20%), is er significant meer dorsaalflexie in de enkel. Ook is er significant minder plantairflexie in de zwaai fase op 65% van de gangcyclus.

Loopsnelheid: De gemiddelde loopsnelheid van de conditie *Fstand* is 1,25m/s (tabel 3). Dit is significant langzamer dan de snelheid van *Normaal2* (tabel 2).



Afbeelding 6: De gemiddelde gewrichtshoeken van de proefpersonen die de target hadden behaald bij de conditie *Estand* (groene lijn) en de gemiddelde waarden van *Normaal2* van de proefpersonen welke binnen deze conditie zijn bekeken. (grijze lijn).

5.1.3 Extensie tijdens standfase

De grafieken van de heup-, knie- en enkelhoek van de conditie *Estand* worden weergegeven in afbeelding 7. Binnen deze conditie waren de data van elf proefpersonen bruikbaar, hiervan hadden zes proefpersonen gemiddeld de target van 1 graad behaald, deze proefpersonen zijn meegenomen in de resultaten. De grafieken van de heup-, knie- en enkelhoek van ieder proefpersoon apart worden weergegeven in bijlage 9. De gegevens van de heup en enkel van de conditie *Estand* worden weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Aan de linkerkant staan de verschillende momenten in de gangcyclus van de conditie *Estand*. Rechts van deze kolom staat de gemiddelde waarde van de gewrichtshoek op dit moment (Gem. conditie) met daarbij de SD waarden. Daarnaast wordt de grootte van de gewrichtshoek van *Normaal2* weergegeven (Gem. normaal). In de laatste kolom staat de p-waarde die aangeeft of het verschil significant is (groen) of niet(rood) ($P < 0.05$ is significant).

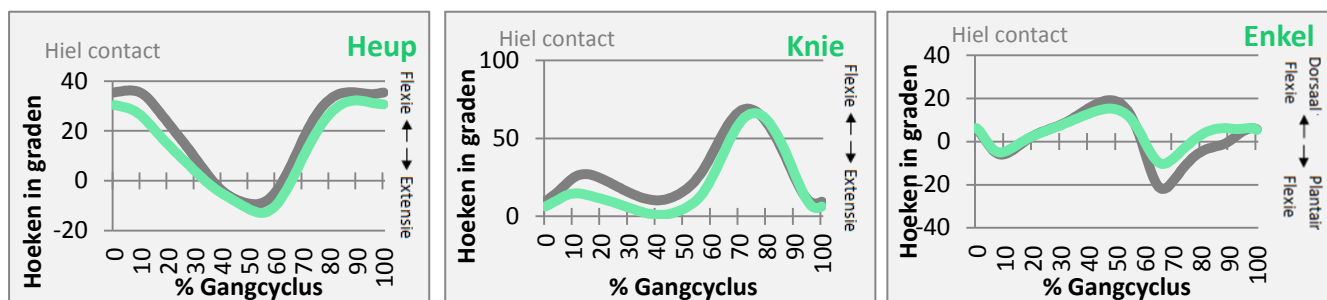
	Gem conditie	SD conditie	Gem normaal	SD normaal	Significantie
Heup (op moment dat kniehoek minimaal is)	-9	±8,32	-4	±7,10	0,2068
Enkel (op moment dat kniehoek minimaal is)	16	±7,04	16	±6,48	0,9486
Heup flexie stand	29	±5,83	36	±8,30	0,1395
Enkel plantairflexie zwaai	-12	±5,28	-22	±6,72	0,6320
Loopsnelheid (m/s)	1,2	±0,28	1,4	±0,27	0,0041

Knie: Op het moment dat er feedback gegeven is om de knie volledig te extenderen, is de gemiddelde flexiehoek 0,3 (±2,7) graden (op 45% van de gangcyclus). Gemiddeld is er dus geen volledige extensie van de knie (0 graden) behaald. Bij het normale looppatroon is de minimale knie-extensie tijdens de standfase 8 (±3,2) graden.

Heup: Op hetzelfde tijdstip dat de knie volledig geëxtendeerd is in de standfase (op 45%), is in de heup geen significant verschil gevonden.

Enkel: Op hetzelfde tijdstip dat de knie volledig geëxtendeerd is in de standfase (op 45%), is er geen significant verschil gevonden in de enkel.

Loopsnelheid: De gemiddelde loopsnelheid van de conditie *Estand*, is 1,20m/s. Wanneer deze snelheid wordt vergeleken met de snelheid van *Normaal2* blijkt dat deze significant lager is.



Afbeelding 7: De gemiddelde gewrichtshoeken van de proefpersonen die de target hadden behaald bij de conditie *Estand* (groene lijn) en de gemiddelde waarden van *Normaal2* van de proefpersonen welke binnen deze conditie zijn bekeken. (grijze lijn).

5.1.4 Flexie tijdens zwaafase

De grafieken van de heup-, knie- en enkelhoek van de conditie *Fzwaai* worden weergegeven in afbeelding 8. Binnen deze conditie waren de data van negen proefpersonen bruikbaar, hiervan hadden alle proefpersonen gemiddeld de target van 90 graden behaald en zijn allemaal meegenomen in de resultaten. De grafieken van de heup-, knie- en enkelhoek van ieder proefpersoon apart worden weergegeven in bijlage 9. De gegevens van de heup en enkel van de conditie *Fzwaai* worden weergegeven in tabel 4.

Tabel 4: Aan de linkerkant staan de verschillende momenten in de gangcyclus van de conditie *Fzwaai*. Rechts van deze kolom staat de gemiddelde waarde van de gewrichtshoek op dit moment (Gem. conditie) met daarbij de SD waarden. Daarnaast wordt de grootte van de gewrichtshoek van *Normaal2* weergegeven (Gem. normaal). In de laatste kolom staat de p-waarde die aangeeft of het verschil significant is (groen) of niet(rood) ($P < 0.05$ is significant).

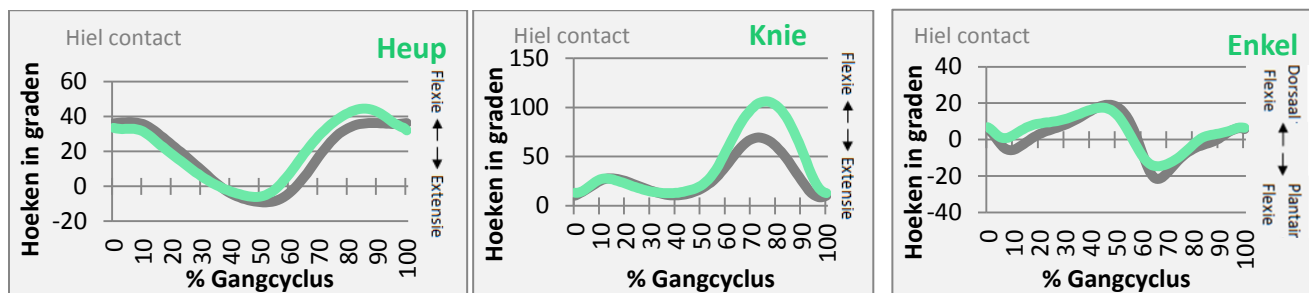
	Gem conditie	SD conditie	Gem normaal	SD normaal	Significantie
Heup (op moment dat kniehoek maximaal is)	40	$\pm 13,7$	23	$\pm 4,30$	0,0023
Enkel (op moment dat kniehoek maximaal is)	-10	$\pm 14,5$	-11	$\pm 4,15$	0,8030
Heup extensie midden	-6,4	$\pm 5,99$	-9	$\pm 5,48$	0,0367
Heup flexie zwaai	45	$\pm 12,1$	37	$\pm 5,61$	0,0598
Enkel dorsaalflexie stand	-0,21	$\pm 5,05$	-6,0	$\pm 3,39$	0,0227
Enkel plantairflexie zwaai	-16	$\pm 14,4$	-22	$\pm 5,78$	0,2965
Loopsnelheid (m/s)	1,4	$\pm 0,21$	1,4	$\pm 0,27$	0,1450

Knie: Bij deze conditie is er op 75% van de gangcyclus gemiddeld een kniehoek van $107 (\pm 3,2)$ graden flexie behaald, terwijl er 90 graden was gevraagd. Bij *Normaal2* is de maximale knieflexie in de zwaafase $69 (\pm 8,1)$ graden.

Heup: Op het tijdstip dat de knie maximale flexie in de zwaafase vertoont (op 75%), is er significant meer heupflexie dan bij *Normaal2*. Op 50% van de gangcyclus is er significant minder heupextensie dan bij het normale looppatroon.

Enkel: Op het tijdstip dat de knie maximaal geflecteerd is (op 75%), is er geen significant verschil gevonden in de enkel. Wel is er significant meer dorsaalflexie in de standfase op 20% van de gangcyclus.

Loopsnelheid: De gemiddelde loopsnelheid van de conditie *Fzwaai* is 1,35m/s. Hierbij is er niet significant langzamer gelopen dan bij *Normaal2*.



Afbeelding 8: De gemiddelde gewrichtshoeken van de proefpersonen die de target hadden behaald bij de conditie *Ezwaai* (groene lijn) en de gemiddelde waarden van *Normaal2* van de proefpersonen welke binnen deze conditie zijn bekeken. (grijze lijn).

5.1.5 Extensie tijdens zwaafase

De grafieken van de heup-, knie- en enkelhoek van de conditie *Ezwaai* worden weergegeven in afbeelding 9. Binnen deze conditie waren de data van tien proefpersonen bruikbaar, hiervan hadden zes proefpersonen gemiddeld de target van 1 graad behaald, deze proefpersonen zijn meegenomen in de resultaten. De grafieken van de heup-, knie- en enkelhoek van ieder proefpersoon apart worden weergegeven in bijlage 9. De gegevens van de heup en enkel van de conditie *Ezwaai* worden weergegeven in tabel 5.

Tabel 5: Aan de linkerkant staan de verschillende momenten in de gangcyclus van de conditie *Ezwaai*. Rechts van deze kolom staat de gemiddelde waarde van de gewrichtshoek op dit moment (Gem. conditie) met daarbij de SD waarden. Daarnaast wordt de grootte van de gewrichtshoek van *Normaal2* weergegeven (Gem. normaal). In de laatste kolom staat de p-waarde die aangeeft of het verschil significant is (groen) of niet(rood) ($P < 0.05$ is significant).

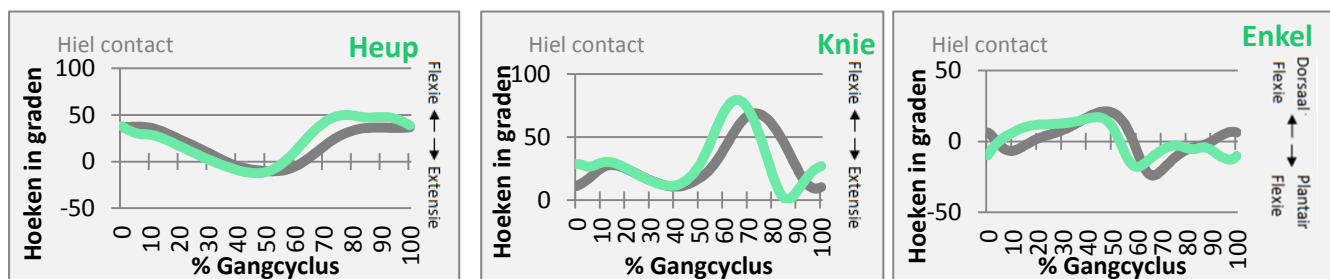
	Gem conditie	SD conditie	Gem normaal	SD normaal	Significantie
Heup (op moment dat kniehoek minimaal is)	47	±11,2	35	±8,43	0,0215
Enkel (op moment dat kniehoek minimaal is)	8	±13,9	-9	±5,59	0,0118
Heup flexie zwaai	52	±9,78	38	±6,75	0,0036
Enkel dorsaalflexie stand	19	±5,15	11	±4,72	0,0861
Enkel plantairflexie stand	-15	±3,18	-5,7	±10,8	0,1057
Enkel plantairflexie zwaai	-23	±8,94	-24	±4,11	0,7625
Loopsnelheid (m/s)	1,4	±0,28	1,4	±0,27	0,0363

Knie: Op 85% van de gangcyclus is de maximale knie-extensie in de zwaafase -1 graden(±5,1). Bij *Normaal2* is de minimale knie-extensie in de zwaafase 9(±2,4) graden.

Heup: Op hetzelfde tijdstip dat de knie volledig geëxtendeerd is (op 85%), flecteert de heup significant meer dan bij het normale looppatroon. Ook is er significant meer heupflexie in de zwaafase op 75% van de gangcyclus.

Enkel: De enkel vertoont significant meer plantairflexie op hetzelfde tijdstip dat de knie maximaal geëxtendeerd is (op 85%). Ook is er aan het begin van de standfase op 0% van de gangcyclus meer plantairflexie van de enkel. Vervolgens is er op 15% van de gangcyclus significant meer dorsaalflexie van de enkel.

Loopsnelheid: De gemiddelde loopsnelheid bij de conditie *Ezwaai* is 1,35m/s. Wanneer deze snelheid wordt vergeleken met de snelheid van *Normaal2*, blijkt dat deze significant lager is.



Afbeelding 9: De gemiddelde gewrichtshoeken van de proefpersonen die de target hadden behaald bij de conditie *Ezwaai* (groene lijn) en de gemiddelde waarden van *Normaal2* van de proefpersonen welke binnen deze conditie zijn bekeken. (grijze lijn).

5.2 Vragenlijst

Alle resultaten van de vragenlijst worden weergegeven in bijlage 8. In tabel 6 zijn de vragen met de daarbij behorende gemiddeldes en range weergegeven. De cijfers die gegeven werden zijn op een schaal van 1-10 (waarbij 1=slecht en 10=zeer goed). De Range die hierbij werd ingevuld was tussen de 2 en 10.

Tabel 6: De resultaten van de vragenlijst, hier worden de gemiddelde cijfers van alle proefpersonen weergegeven. De twee getallen tussen de haakjes geven de spreiding (range) aan tussen de proefpersonen.

Vraag	<i>Fstand</i>	<i>Estand</i>	<i>Fzwaai</i>	<i>Ezwaai</i>
Vond je de gegeven feedback tijdens het lopen, door de applicatie duidelijk?	7,6 (5-10)	7,5 (5-10)	8,2 (5-10)	7,6 (4-10)
Vond je de uitleg, die voorafgaand aan de meting is gegeven door Ollie, duidelijk?	7,9 (6-10)	7,9 (6-10)	8,2 (7-10)	7,9 (6-10)
Vond je het een leuke manier van een aangepast looppatroon oefenen?	7,8 (6-9)	7,5 (5-9)	7,9 (6-9)	7,7 (6-9)
Vond je zelf dat het goed ging?	7,0 (6-9)	6,3 (2-9)	8,0 (7-9)	7,2 (5-9)

De proefpersonen vonden dat de knieflexie en extensie in de standfase het minst goed ging voor hun gevoel. Naast de uitleg die is gegeven door iedere keer dezelfde onderzoeker, werd de uitleg ook nog een keer gegeven door Ollie de olifant. Ollie de olifant kreeg gemiddeld een acht. Proefpersoon 4 vond de gehele meting erg lastig, en heeft dan ook bij elke vraag een laag cijfer gegeven. De rest van de proefpersonen gaven wisselende cijfers, meestal was dit tussen de zes en negen.

6. Discussie

Het doel van het onderzoek is om te bepalen of gezonde proefpersonen tijdens het lopen op een loopband in staat zijn om de kniehoek aan te passen door middel van visuele feedback. Wanneer de opgelegde target voor de kniehoek behaald wordt, wordt er gekeken wat voor compensatiestrategieën er optreden in het heup- en enkelgewricht op dat moment. Daarnaast wordt er gekeken wat voor compensatiestrategieën er optreden in de heup en enkel in de gehele gangcyclus. Vervolgens wordt er gekeken of de gemiddelde loopsnelheid onder de compensatiestrategieën valt. Uiteindelijk wordt er gekeken of de ontwikkelde applicatie en de resultaten zijn toepasbaar zijn bij kinderen met CP waarbij het looppatroon kan worden onderzocht en geanalyseerd. Uit dit onderzoek blijkt dat wanneer er feedback gegeven wordt op de kniehoek, er compensatiestrategieën optreden in het heup- en enkelgewricht wanneer dit vergeleken wordt met het normale looppatroon. Deze compensatiestrategieën zijn zichtbaar op het moment dat de knie wordt aangepast, en op andere tijdstippen in de gangcyclus.

6.1 Compensatiestrategieën

Tijdens dit onderzoek is er gebleken dat er binnen alle experimentele condities compensatiestrategieën optraden. Bij de extensiecondities hebben niet alle proefpersonen de target behaald, bij deze conditie is het niet door iedereen gelukt om goed te reageren op de feedback. De proefpersonen die de target hadden behaald, lieten een aantal compensatiestrategieën zien. Er is binnen elke experimentele conditie gekeken naar de mogelijke oorzaken van deze compensatiestrategieën.

- **Fstand:** Tijdens de 40 graden knieflexie in de standfase vond er meer dorsaalflexie in de enkel plaats. Dit is te verklaren doordat de voet op de grond blijft staan waardoor er automatisch dorsaalflexie plaatsvindt wanneer de knie geflecteerd wordt.
In het verdere verloop van de gangcyclus was er aan het einde van de standfase minder extensie in de heup, de oorzaak hiervan kan zijn dat de stap in standfase niet helemaal afgemaakt is. Aan het einde van de zwaai fase was er ook meer heupflexie zichtbaar, dit zal een voorbereiding zijn op de knieflexie in de standfase. Daarnaast was er minder plantairflexie in de enkel in het begin van de zwaai fase, dit kwam doordat de proefpersonen minder hard afzetten aan het einde van de standfase.
Er is ook langzamer gelopen dan bij het normale looppatroon, de proefpersonen hadden dus meer tijd nodig in de standfase om de 40 graden flexie te behalen.
- **Estand:** Hierbij moest de knie volledig geëxtendeerd worden in de standfase. Bij deze conditie zijn er geen significante verschillen en dus ook geen compensatiestrategieën gevonden in de heup- en enkelhoek. Dit kan komen doordat iedereen op een andere manier de target van 1 graad behaald heeft. Daarnaast kan het zijn dat er weinig verandering was in de heup- en enkelhoeken ten opzichte van het normale looppatroon.
Wel is er een compensatiestrategie gevonden bij de loopsnelheid, welke altijd lager was dan bij het normale looppatroon.
- **Fzwaai:** Op het moment dat de knie in 90 graden in de zwaai fase was, was er meer flexie in de heup. Deze heupflexie kan komen doordat op het moment dat de knie geflecteerd wordt, de heup dit automatisch ook doet. Wanneer de heup meer flecteert, wordt het been extra opgetrokken en is de 90 graden flexie van de knie makkelijker haalbaar.
In het verdere verloop van de gangcyclus was er aan het einde van de standfase minder heupextensie. De heup wordt hier alvast meer geflecteerd waardoor de knie makkelijker geflecteerd kan worden in de zwaai fase. Daarnaast was er tijdens de standfase ook meer dorsaalflexie zichtbaar in de enkel, dit zorgt net als de heup als voorbereiding voor de knieflexie in zwaai fase.
- **Ezwaai:** Tijdens de volledige extensie van de knie in de zwaai fase, is er meer flexie van de heup en meer plantairflexie in de enkel. De proefpersonen hebben de knie volledig geëxtendeerd door te schoppen, hierdoor kwam het been hoger dan normaal en is er meer flexie in de heup.

Tijdens dit schoppen probeerde de proefpersonen het been zo ver mogelijk uit te strekken. Hierdoor is de voet ook zo ver mogelijk naar voren gebracht omdat met plantairflexie de knie makkelijker gestrekt kan worden.

In het verdere verloop van de gangcyclus was er meer heupflexie in de zwaai fase (voordat de knie volledig werd geëxtendeerd). Dit kwam doordat het been naast dat het naar voren werd geschopt, ook omhoog geschopt werd. Aan het begin van de standfase was er meer plantairflexie van de enkel, wat daarna snel werd gevolgd door meer dorsaalflexie. De plantairflexie is het gevolg van het schoppen, hierdoor komen als eerst de tenen op de grond. De dorsaalflexie van de enkel wordt gebruikt om harder af te zetten, zo kan er harder geschopt worden waardoor de knie maximaal geëxtendeerd kon worden.

Daarnaast is er langzamer gelopen dan bij het normale looppatroon, het kostte de proefpersonen dus meer tijd om het been volledig te extenderen in zwaai fase.

6.2 Interne validiteit

De data van vier van de 66 gemeten condities waren niet bruikbaar voor de analyse. De data waren onjuist doordat de proefpersonen niet recht op de loopband liepen, of doordat de proefpersonen met één voet op de linker- en rechter krachtplaat tegelijk hadden gelopen. Vervolgens voldeden niet alle proefpersonen aan de vooraf gestelde targets, hierdoor varieerden de bruikbare data van zes tot negen proefpersonen.

Tijdens de conditie *Fstand* was er een verschil tussen de proefpersonen: proefpersoon 6 en 10 flecteerden de knie aan het begin van de standfase, terwijl proefpersoon 3 en 8 dit aan het eind van de standfase deden. Hierdoor was de maximale knieflexie bij deze proefpersonen op een ander tijdstip. Dit is de reden dat de knieflexie hoek over alle proefpersonen gemiddeld minder groot was dan wanneer er alleen naar de maximale uitslag gekeken zou worden.

Uit de resultaten bleek ook dat bij *Normaal2* sneller werd gelopen dan bij *Normaal1*. Hieruit bleek dat de proefpersonen na een tijdje wennen aan de loopband. Ondanks dat de condities gerandomiseerd uitgevoerd zijn, kan er geconcludeerd worden dat tijdens het meten van de eerste experimentele conditie (waarbij een bepaalde target moest worden behaald) de proefpersonen nog niet gewend waren aan de loopband. Hierdoor lag de snelheid lager dan wanneer deze conditie als laatste was.

In de resultaten is de t-test uitgevoerd. Nadat deze t-test was gedaan, bleek dat er een aantal keer geen significant verschil was. Wanneer er dertig proefpersonen gemeten zouden worden, kan het zijn dat deze verschillen kleiner worden en wel significant zijn⁽¹⁵⁾. Daarnaast zal dan de betrouwbaarheid van het onderzoek een stuk hoger zijn en kan er meer worden gezegd over de compensatiestrategieën.

Om de betrouwbaarheid van de meting te verhogen, heeft elke keer dezelfde onderzoeker de markers op de proefpersonen geplakt. Ondanks dat dit elke keer hetzelfde gedaan is, zal hier altijd een klein verschil in zitten. Daarnaast zijn de meetresultaten afhankelijk van de houding die de proefpersoon aanneemt in de gewrichtshoeken tijdens het kalibreren. Wanneer de proefpersoon met hyperextensie van de knie stond, was dit de positie waarin de knie de 0 graden was. Wanneer er 0 graden behaald moest worden bij de extensie condities, was dit erg lastig. Dit bleek ook uit de vragenlijst die na elke meting is afgenomen. Wanneer een proefpersoon meer ontspannen staat, kan de knie bij volledige extensie tijdens de extensie conditie een negatief getal behalen. Aan de hand van de resultaten is er daarom besloten dat wanneer iemand 1 graad flexie haalt in plaats van 0 graden extensie, dat deze data toch gebruikt worden in de analyse.

Bij de extensiecondities hebben maar zes van de elf proefpersonen de target van 1 graad behaald. Uit de vragenlijst bleek dan ook dat de proefpersonen de extensie condities erg lastig vonden. Bij de condities met knieflexie waren de proefpersonen wel altijd in staat het looppatroon aan te passen.

Het verschil tussen flexie en extensie is dat de extensie wordt beperkt door de bewegingsuitslag. Wanneer de knie nog niet ver genoeg geflecteerd is, kan de proefpersoon dit nog extra doen. Dit geldt niet voor volledige extensie, hierbij is de knie al maximaal gestrekt.

Naast de complicaties die bij de extensie condities, konden bij de conditie *Fzwaai* niet alle bewegingen goed geregistreerd worden. Tijdens de conditie *Fzwaai* waar 90 graden de target was, bleek het systeem niet altijd goed te meten. Wanneer de kniehoek richting de 100 graden flexie ging, kwamen de markers buiten beeld van de infraroodcamera's. Dit kwam doordat de markers van de heup en enkel door het meetsysteem door elkaar werden gehaald en hierdoor konden de bewegingen niet goed worden geregistreerd. Bij een aantal proefpersonen is daarom gevraagd om de knie niet meer dan de noodzakelijke 90 graden te flecteren. Zo kon de meting toch worden uitgevoerd en de gegevens worden geregistreerd. De conditie *Fzwaai* kon dus niet altijd optimaal getest worden omdat de proefpersonen niet geheel vrij waren de taak uit te voeren zoals zij zelf wilden.

Nadat elke conditie was uitgevoerd, is er een vragenlijst afgenomen. Uit de vragenlijst kwam dat de proefpersonen het lopen op de GRAIL erg leuk vonden en enthousiast waren. Dit bleek ook uit de observaties tijdens de metingen. Dit bevestigt het onderzoek van Bryanton waaruit bleek dat VR zorgt voor enthousiasme en plezier tijdens metingen⁽⁹⁾. Uit de vragenlijst bleek ook dat de proefpersonen de feedback tijdens de metingen over het algemeen duidelijk vonden. De feedback is door de proefpersonen als consistent en niet frustrerend ervaren. Wanneer dit wel het geval zou zijn, is dit volgens het onderzoek van Reis niet bevorderend voor de prestaties⁽¹⁰⁾. Doordat de proefpersonen de feedback begrepen, waren zij in staat het looppatroon aan te passen. Hiermee wordt het onderzoek van Van den Noort, waaruit blijkt dat het looppatroon van gezonde volwassenen effectief gewijzigd kan worden door middel van visuele feedback, bevestigd⁽¹²⁾.

6.3 Aanbevelingen voor nader onderzoek en toepassing

Wanneer ditzelfde onderzoek bij gezonde volwassenen nog een keer gedaan wordt, zijn er een aantal aanpassingen nodig. Het is belangrijk voor de betrouwbaarheid dat meer proefpersonen deelnemen. Daarnaast moet er meer geoefend worden op de loopband voordat de meting begint. Tijdens de metingen bleek namelijk dat de proefpersonen erg moesten wennen aan de loopband en de eerste meting altijd langzamer is gelopen dan de tweede meting. Zo maakt het voor de loopsnelheid niet uit welke meting al eerst wordt uitgevoerd. Daarnaast kan het oefenen worden gebruikt om de continue feedback beter te begrijpen. Tijdens het meten van de experimentele condities, is het beter om te noteren hoe vaak de target behaald is. Zo kan achteraf bekeken worden hoe goed er op de feedback is gereageerd, wat interessant kan zijn voor verder onderzoek naar de effectiviteit van de feedback. Om de compensatiestrategieën beter in beeld te brengen kan de target verhoogd worden van de conditie *Fstand* waarbij 40 graden behaald moest worden. Tijdens het meten bleek dit namelijk erg gemakkelijk haalbaar. Wanneer de target 50 graden zou zijn, is dit een stuk moeilijker waardoor er meer compensatie zou moeten optreden in de heup en enkel. Hierdoor zijn de verschillen met het normale looppatroon nog duidelijker.

Om de applicatie bruikbaar te maken voor een vervolgonderzoek zijn er nog wat aanpassingen nodig (bijlage 12 en 13). Zo bleek tijdens de metingen dat het overzichtelijker is wanneer het balletje altijd op dezelfde plek het streepje moet behalen. Dit is in de huidige applicatie namelijk anders. Nu moet het balletje zo laag mogelijk komen bij extensie en zo hoog mogelijk bij flexie. Ook kunnen de knoppen voor het instellen en het opnemen van de data makkelijker gemaakt worden. Dit kan van zes naar twee handelingen. Daarnaast zal er in het scherm aangegeven moeten worden over welk been de feedback gegeven wordt, in de huidige applicatie zijn er alleen buttons waarop geklikt moet worden. Hierbij is dus nog niet zichtbaar over welk been de feedback gegeven wordt. Om de applicatie leuker te maken kan er tijdens de uitleg van Ollie de olifant een olifantje in beeld komen op het scherm. Op die manier trekt het VR scherm meteen de aandacht van het kind.

Dit is geen noodzakelijke aanpassing, maar wel een verbetering ten opzichte van de huidige applicatie. Daarnaast is het leuk om meer aanpassingen aan de omgeving te doen, maar in de huidige versie van D-Flow is dit niet mogelijk.

6.4 Externe validiteit

Het doel van het onderzoek was om te bepalen of gezonde proefpersonen tijdens het lopen op een loopband in staat waren om de kniehoek aan te passen door middel van visuele feedback. Wanneer de opgelegde target voor de kniehoek behaald werd, is er gekeken naar de compensatiestrategieën die zijn opgetreden in het heup- en enkelgewricht. Daarnaast is er gekeken of de ontwikkelde applicatie en de resultaten zijn toepasbaar zijn bij kinderen met CP waarbij het looppatroon kan worden onderzocht en geanalyseerd.

Wanneer er geen onderzoek meer wordt gedaan op gezonde volwassenen maar juist op kinderen met CP, zijn er ook nog een aantal aanpassingen noodzakelijk. Omdat er dan op kinderen zal worden getest is het essentieel om bij het vervolgonderzoek te onderzoeken of de applicatie voor kinderen net zo duidelijk en leuk is als voor gezonde volwassenen. Ondanks dat hier al rekening mee gehouden is bij het vervaardigen van de applicatie, is het lastig in te schatten wat kinderen wel en niet begrijpen. Er moet bijvoorbeeld gekeken worden of de bar plot duidelijk genoeg is en de omgeving niet te veel afleidt. Er wordt verwacht dat de omgeving juist een positief effect heeft op de motivatie. Wanneer er voor de meting meer wordt geoefend, zullen de kinderen tijdens de meting al gewend zijn aan de omgeving en bar plot.

Wanneer er op patiënten met CP getest wordt, zijn er ook een aantal dingen die veranderd moeten worden voordat het onderzoek begint. Elke meting bij de gezonde proefpersonen binnen dit onderzoek duurde twee minuten, dit kan voor patiënten met CP veel te lang zijn. Patiënten met CP lopen met een aangepast looppatroon wat meer energie kost dan bij gezonde proefpersonen. Daarnaast hebben zij minder stabiliteit tijdens het lopen. De duur van de meting zal dus afhankelijk zijn van wat haalbaar is voor de patiënt.

Om ieder looppatroon wat kenmerkend is voor CP te kunnen analyseren, moeten er een aantal feedbackvormen worden toegevoegd in de applicatie. Wanneer er feedback gegeven kan worden op het heup- of enkelgewricht kan er juist gekeken worden wat er met de kniehoek gebeurt. De targets voor de gewrichtshoeken zullen door de behandelaar (revalidatiearts of fysiotherapeut) voorafgaand aan het onderzoek moeten worden vastgesteld. Dit is namelijk verschillend per patiënt en zal bepaald moeten worden aan de hand van de gewrichtsuitlagen die haalbaar zijn tijdens het lopen.

7.Conclusie

Uit dit onderzoek blijkt dat gezonde proefpersonen in staat zijn om het looppatroon aan te passen door middel van feedback die is gegeven op de kniehoek. Dit is gemeten bij vier verschillende condities: knieflexie en extensie in de stand- en zwaai fase. Bij de extensie condities is het niet alle proefpersonen gelukt om de opgelegde target te behalen, voor flexie was dit wel het geval. Om de gewenste kniehoek te behalen, lieten de proefpersonen die de target hadden behaald compensatiestrategieën in de heup- en enkelhoek zien.

De compensatiestrategieën waren als volgt:

- **Fstand:** Om minimaal 40 graden knieflexie in de standfase te behalen, is er meer dorsaalflexie nodig in het enkelgewricht. Aan het eind van de standfase is er meer extensie van de heup. Daarnaast is er in de zwaai fase meer heupflexie en minder plantairflexie te zien. De gemiddelde loopsnelheid was lager dan bij *Normaal2*.
- **Estand:** Tijdens het volledig extenderen van de knie, treden er geen duidelijke compensatiestrategieën op in de heup of enkel. Wel is de gemiddelde loopsnelheid lager dan bij *Normaal2*.
- **Fzwaai:** De proefpersonen vertonen meer flexie in de heup wanneer de knie minimaal 90 graden geflecteerd wordt. Aan het einde van de standfase is er minder extensie van de heup, daarnaast is er ook aan het begin van de standfase meer dorsaalflexie van de enkel. De gemiddelde loopsnelheid was niet lager dan bij *Normaal2*.
- **Ezwaai:** Op het moment dat de knie volledig geëxtendeerd wordt, is er meer plantairflexie van de enkel en meer heupflexie. Eerder in de zwaai fase vertoont de heup meer flexie dan bij het normale looppatroon. Daarnaast is er aan het begin van de standfase meer plantairflexie in de enkel, welke wordt gevolgd door meer dorsaalflexie. De gemiddelde loopsnelheid was lager dan bij *Normaal2*.

Na elke conditie is er bij alle proefpersonen een vragenlijst afgenomen. Hieruit bleek dat de condities met extensie erg moeilijk waren. Daarnaast bleek dat de stem van Ollie de olifant die elke keer nog een keer de uitleg gaf duidelijk was, zelfs duidelijker dan de mondelinge uitleg.

Uiteindelijk kan dit onderzoek als basis dienen voor een vervolg onderzoek naar het looppatroon van kinderen met CP. Daarnaast zijn er een aantal verbeterpunten naar voren gekomen, welke toegepast kunnen worden binnen het vervolgonderzoek en de applicatie.

Aan het VUmc wordt geadviseerd om een vervolgonderzoek te starten. De applicatie geeft de mogelijkheid om op een leuke manier het looppatroon van kinderen met CP te onderzoeken. Wanneer er feedback wordt gegeven op de kniehoek, is er goed te zien bij gezonde proefpersonen wat er in de heup en enkel gebeurt. Er moet onderzocht worden of dit bij het looppatroon van kinderen met CP ook het geval is. Wanneer dit het geval is, kunnen de resultaten van de metingen vergeleken worden met het looppatroon wat voor kinderen met CP normaal is. Nadat er een analyse is gedaan kan er verder worden gekeken naar de mogelijke oorzaak van de afwijkingen.

8.Literatuurlijst

1. Daelemans, S., De la Ruelle, I. (2010) Levenskwaliteit na multilevelchirurgie bij jongeren met Cerebral Palsy, Revalidatiewetenschappen en Kinesithérapie, 45-62.
2. Becher, J.G., Van der Sluijs, J.A. (december 2003) Tijdschrift voor kindergeneeskunde, 71, 261-266.
3. Becher, J. G.(2002) Pediatric Rehabilitation in Children with Cerebral Palsy: General Management, Classification of Motor Disorders, MD, PHD, volume 14, nummer 4, 145-148.
4. Delp, S.L., Allison S., Speers, R.A., Moore, C.A. (januari 1996) Hamstrings and psoas lengths during normal and crouch gait: Implications for muscle-tendon surgery, Journal of orthopaedic research, volume 14, issue 1: 144-151.
5. Rose, S.A., DeLuca, P.A., Davis III, R.B., Ounpuu, S., Gage, J.R. (1993) Kinematic and Kinetic evaluation of the ankle after lengthening of the gastrocnemius fascia in children with Cerebral Palsy, Journal of pediatric orthopaedics, 13, 727-732.
6. Schindl, M.R., Forstner, C., Kern, H., Hesse, S. (maart 2000) Treadmill Training With Partial Bodyweight Support in Nonambulatory Patients With Cerebral Palsy, Arch Phys Med Rehabil volume 81, 301-306.
7. Ketelaar, M., Vermeer, A., 't Hart, H., van Petegem-van Beek, E., Helders, P.M.J. (2001) Effects of functional therapy program on motor abilities of children with Cerebral Palsy, Phys Therapy; 81, 1534-1545.
8. Sloot, L.H., van der Kogt, M.M., Harlaar, J. (2014) Self-paced versus fixed speed treadmill walking, Volume 39, 478-484.
9. Bryanton, B.S., Bosseé, J., Brien, M., Mclean, J., McCormick, A., Sveistrup, H. (2006) Feasibility, Motivation, and Selective Motor Control: Virtual Reality Compared to Conventional Home Exercise in Children with Cerebral, Cyberpsychology en behavior volume 9, nummer 2.
10. Reid, D. (2004)The influence of virtual reality on playfulness in children with cerebral palsy: A pilot study, Occupational Therapy International, 11(3), 131-144.
11. Sung, H.Y., Sung, H.J., Yun-Hee, K., Yong-Hyun, K., Barrow, I., Hallett, M. (2005) Cortical reorganization induced by virtual reality therapy in a child with hemiparetic cerebral palsy, Developmental Medicine & child neurology, 47, 628-635.
12. van den Noort, J., Steenbrink, F., Roeles, S., Harlaar, J. (ongepubliceerd) Real-time Visual Feedback for Gait Retraining - towards Application in Knee Osteoarthritis.
13. Fior and Gentz, Een concept voor de orthetische verzorging van de onderste extremiteiten bij cerebrale parese, 5^e editie. (folder)
14. Van den Bogert, A.J., Geijtenbeek, T., Even-Zohar, O., Steenbrink, F., Hardin, E.C. (2013) A real-time system for biomechanical analysis of human movement and muscle function, Med biol Eng Comput, 51: 1069-1077.
15. de Vocht, A.(2010) Basishandboek SPSS 18, 125,174.

9. Bijlagen

Bijlage 1: Projectplan afstuderen

Projectplan Afstuderen 2014

Applicatie ontwikkelen voor kinderen met Cerebrale Parese

Naam: Aafke Bollema

Studentnummer: 10008403

E-mail: aafkebollema@gmail.com

Behaalde studiepunten in de modules 9

t/m 12: 34 van de 36

Datum: 27-01-2014

Naam: Leonie de Heer

Studentnummer: 10011986

E-mail: leoniedeheer@gmail.com

Behaalde studiepunten in de modules 9

t/m 12: 36 van de 36

Datum: 27-01-2014

1.Onderwerp

Applicatie ontwikkelen voor kinderen met Cerebrale Parese

Werkveld: Revalidatie

Beroepsrol: Onderzoeker/ ontwerpen

2.Probleemstelling

Aanleiding

Cerebrale parese (CP) is een verzamelnaam van houdings- en bewegingsstoornissen, die ontstaan in het eerste levensjaar in de hersenen¹.

Het is de meest voorkomende neurologische afwijking bij kinderen (1,5 tot 2,5 per 1000 levendgeborenen²).

De meest voorkomende vorm van CP is het spastische type, dit komt voor bij 66 tot 75% van de gevallen³. Deze kinderen hebben last van spierzwakte(paretische spieren), spasticiteit (toename van spierspanning) en verminderde selectieve motorbesturing⁴.

Er zijn drie vormen van spasticiteit bij CP:

- hemiparese, hierbij is één zijde van het lichaam aangedaan.
- Diplegie (41%), hierbij zijn voornamelijk de benen aangedaan.
- Tetraparese, het gehele lichaam is aangedaan en er is een kleine kans dat de kinderen kunnen gaan lopen.

Kinderen met CP worden ingedeeld naar de classificatieschaal van Gross Motor Function Classification Scale (GMFCS). De GMFCS bestaat uit niveau I tot V, waarbij V het zwaarst getroffen is⁵.

Om het looppatroon bij diplegie te verbeteren, wordt er op dit moment gebruik gemaakt van biofeedback om een duidelijk beeld te vormen van het looppatroon, dit wordt nog nader uitgelegd. Daarnaast wordt er met het blote oog gekeken wat er fout gaat en dat wordt vervolgens in de oefenzaal geoefend. Het nadeel hiervan is dat de therapeut aan de cliënt vraagt, om bepaalde eentonige activiteiten uit te voeren in de oefenzaal om het looppatroon te verbeteren. Doordat er steeds gezegd moet worden kan het na een aantal keer erg vervelend worden voor het kind en gedemotiveerd raken.

Opdrachtgever

Ons project is een vraag vanuit het VUMC Amsterdam, afdeling revalidatiegeneeskunde. Ons project valt onder het MD-paedigree: Model-Driven European Paediatric Digital Respository.

Marjolein van der Krogt doet verschillende onderzoeken op deze afdeling en zal ons begeleiden bij het project. Ook zal er samengewerkt worden met MOTEK MEDICAL, zij hebben de GRAIL (Gait Realtime Analysis Interactive Lab) ontworpen, die een groot deel zal uitmaken van ons onderzoek.

De GRAIL is een moderne loopband, waarop veel verschillende soorten oefeningen en testen gedaan kunnen worden, dit zal later in het voorstel nog uitgebreid behandeld worden.

Probleemstelling

Het VUMC wil onderzoeken of het mogelijk is om bij kinderen met CP verschillende loopaanpassingen “uit te lokken” waardoor zij een beter looppatroon krijgen.

Wanneer dit veel getraind wordt, zullen de kinderen het looppatroon sneller aannemen in het dagelijks leven. Enkele voorbeelden van aanpassingen in het looppatroon zijn: harder afzetten, beter uitstrekken van de knie aan het eind van de zwaai fase, beter uitstrekken van de knie in de standfase en het minder op de tenen lopen.

Dit leidt tot de volgende vraagstelling: Kan er voor de GRAIL een applicatie worden ontwikkeld waarbij het looppatroon van kinderen met Cerebrale Parese wordt aangepast.

Om deze vraagstelling te kunnen beantwoorden zal het onderzoek in tweeën worden opgesplitst.

1. Een applicatie maken voor kinderen waar er een verkeerd looppatroon wordt gevraagd, bijvoorbeeld op de tenen lopen of de knie niet volledig strekken. Het doel hiervan is om te kijken hoe gemakkelijk kinderen hun looppatroon kunnen aanpassen en wat er verder allemaal bij komt kijken. Ook wordt er gekeken naar wat voor invloed de applicatie heeft op de motivatie. De informatie en ontdekkingen die uit dit onderdeel komen, kunnen later worden gebruikt voor het maken van de applicatie van punt twee.
2. Een applicatie maken voor kinderen met CP. Deze applicatie zal juist aanpassingen vragen die het looppatroon verbeteren.

Doelgroep

De applicatie zal worden ontwikkeld voor kinderen met CP. Wegens ethische redenen is het lastig om veel kinderen met CP te testen. Om die reden is er al vooraf besloten om het eerst op acht gezonde kinderen te testen. Wanneer dit daadwerkelijk gerealiseerd kan worden, hebben eigenlijk alle behandelaars (fysiotherapeut, ergotherapeut, revalidatie arts en bewegingsagoog) van de desbetreffende patiënt er baat bij. Deze betrokkene zal een beeld krijgen of er een aanpassing in het revalidatieplan kan plaatsvinden door de GRAIL er in te verwerken waardoor de behandeling veel prettige en efficiënter is.

De kinderen zullen ook zeker baat hebben bij dit onderzoek. Voor hen gaat de manier van trainen leuker en afwisselder worden binnen de therapie. Hierdoor zal het nieuwe looppatroon ook makkelijker worden overgenomen in het dagelijks leven, en zullen de dagelijkse activiteiten ook soepeler verlopen.

Randvoorwaarden

Het belangrijkste is om de beschikking over de GRAIL te hebben. Deze is aanwezig in het VUMC en we kunnen er vaak gebruik van maken. Er zullen voor ons sessies worden ingepland, om met de GRAIL te werken.

Om een applicatie te vervaardigen hebben we de hulp van MOTTEK MEDICAL nodig. Zij hebben de GRAIL ontworpen en kunnen ons duidelijk vertellen hoe deze werkt. Daarnaast kunnen ze ons helpen met het ontwerpen en realiseren van de applicatie.

Ook hebben wij hulp van verschillende personen binnen het VUMC. Het VUMC zal samen met ons de proefpersonen benaderen voor de meting met de CP kinderen omdat zij daar de gegevens van hebben. Het resterende deel van de proefpersonen zullen we zelf regelen.

Het vervaardigen van de applicatie kan wat meer tijd in beslag nemen dan dat er nu in de planning is gemeld. Gedurende het project zal er gekeken worden hoe uitgebreid de applicatie gemaakt zal worden. Het is nog erg lastig in te plannen hoeveel tijd de applicatie in beslag gaat nemen en wat haalbaar is om te vervaardigen. De basis zal er zeker in verwerkt worden en daardoor zal er ook getest kunnen worden. De applicatie wordt getest op gezonde kinderen, wanneer de planning het toelaat zullen er ook gezonde kinderen getest kunnen worden om vervolgens op zoveel mogelijk kinderen met CP de applicatie uit te testen.

Verwacht resultaat

Het verwachte resultaat is een applicatie die feedback geeft op het looppatroon en helpt bij het ondersteunen van het ontwikkelen van een nieuw looppatroon voor kinderen met CP.

Eerst zal er een applicatie voor gezonde kinderen worden gemaakt waarmee de applicatie kan worden getest. Er zal vooral worden gekeken of de applicatie de goede prikkel bereikt waardoor ze gemotiveerd raken en dus meer hun best willen doen. Ook zal er worden gekeken of de applicatie goed te begrijpen is voor kinderen van die leeftijd. Door de applicatie wordt de feedback juist het 'tegenovergestelde' gedaan, bijvoorbeeld het lopen met meer knieflexie aangezien gezonde proefpersonen al volledig opstrekken. Voor het looppatroon wordt er vanuit gegaan dat de kinderen met CP in staat zijn het looppatroon aan te passen. Dit wordt namelijk nu ook van ze gevraagd in de huidige therapieën dus zal geen probleem moeten geven. Er zullen minimaal acht gezonde kinderen gemeten worden en de conclusie zal voornamelijk hierop gebaseerd worden. Uiteindelijk zal er ook getest worden bij een of twee kinderen met CP (afhankelijk van ethische toestemming). Aan het eind van het onderzoek kan worden vastgesteld of een applicatie op de GRAIL voor kinderen met CP werkt. Tot hoever de applicatie dan ontwikkeld zal zijn is moeilijk te zeggen. Er zal een advies komen vanuit ons voor het VUMC of uit ons onderzoek blijkt of het zinvol is om verder te gaan met de testen en of er eventueel begonnen kan worden met therapieën op de GRAIL met de CP kinderen.

3.Vooronderzoek

Voordat er daadwerkelijk begonnen kan worden aan het uitwerken van het project, moet er gekeken worden naar de haalbaarheid, eerdere onderzoeken en bestaande programma's op de markt.

GRAIL

In de opdracht van het VUMC staat dat de applicatie moet werken met de GRAIL.

De GRAIL (simulator) is een speciale oplossing voor ganganalyse en looptraining. De GRAIL bestaat uit een loopband die bewegingen kan maken in voor-, achter- en zijwaartse bewegingen waarbij de bewegingen en snelheid van de persoon wordt geregistreerd.

Er wordt naast drie videocamera's en het electromyografie(EMG) signaal gebruik gemaakt van een dual-band loopband, een motion-capture systeem en een gesynchroniseerde Virtual Reality omgeving⁶. Om de loopband heen staat een groot virtueel scherm waarop een omgeving kan worden geprojecteerd, zie afbeelding 1. Enkele voorbeelden van deze projecties zijn: bospaden, een boot in de zee of een spelletje.

De bedoeling is dat de patiënt zich hiermee focust op de omgeving in plaats van op zijn of haar aandoening. Uit onderzoek blijkt dan ook dat met de GRAIL het loopherstel sneller plaats vindt⁷.

Voor ons project zal er een nieuw spel met een nieuwe achtergrond worden gemaakt. Hierbij zal er gekeken worden met welke spelachtergronden de kinderen gemotiveerd raken en met welke vorm van feedback het looppatroon aangepast kan worden.

Om te kunnen zien en te verwerken of het looppatroon vooruit gaat, zal er in de applicatie een controlemiddel moeten komen die kan controleren of het looppatroon verbetert. Dit kan worden gedaan met behulp van het motion Capture systeem in combinatie met de videocamera's en EMG signalen. Aan de hand van deze gegevens zal de persoon moeten worden beloond of worden gevraagd het beter te doen.

Door de leuke omgeving en de al behaalde resultaten met de GRAIL kan er misschien een nieuwe manier van therapie worden ontwikkeld.

Om een applicatie te kunnen maken is er, binnen de eerste drie weken, tijd ingepland om binnen Motek te werken. Dit bedrijf heeft de GRAIL ontwikkeld en programmeert de applicaties. Motek zal ons leren hoe er een applicatie geschreven kan worden en hoe we deze kunnen gebruiken in combinatie met de GRAIL. Zij zullen de gehele periode beschikbaar zijn, om ons te helpen met de problemen die we eventueel tegenkomen.



Afbeelding 1: De GRAIL

Huidige behandelingen

Op dit moment wordt er in verschillende ziekenhuizen bij kinderen met CP vooral gebruik gemaakt van biofeedback om gezondheid en prestaties te meten.

Biofeedback is een terugkoppeling van informatie uit het lichaam. Er zijn drie verschillende vormen van biofeedback⁸: myofeedback (feedback uit de spieren), temperatuur-feedback (feedback uit de huid) en respiratoire feedback (feedback van het adempatroon).

Voor kinderen met CP wordt vooral myofeedback gebruikt, dit wordt gedaan door middel van een EMG meting. Hierbij wordt de spierspanning gemeten met behulp van elektrodes op de huid boven de spier⁹. Het EMG signaal geeft een duidelijk beeld over wanneer er spasticiteit optreedt en in welke spieren, ook laat het zien welke spieren er niet of minder gebruikt worden bij het lopen. De therapeut kan met deze informatie feedback geven over het looppatroon aan de cliënt. Met training kan de cliënt leren de betreffende spieren bewust te ontspannen of aan te spannen. Men kan hieruit ook bepalen of een spalkje of looprekje een verbetering zal geven aan het looppatroon.

Een andere variant voor biofeedback is de gangbeeldanalyse.

Hierbij wordt er een filmpje gemaakt van het looppatroon¹⁰ waarbij bijvoorbeeld wordt gelet op het afwikkelen van de voet of het strekken van de knieën. Hiermee kan de fysiotherapeut en ergotherapeut, de cliënt vragen het looppatroon aan te passen. Men controleert hiermee ook welke fases van de beweging nog niet helemaal soepel verlopen. Vaak word dit gedaan in combinatie met een EMG, waarbij zowel visueel als elektronisch te zien is op welk moment de cliënt een afwijkend looppatroon vertoont.

Bij het gebruik maken van de GRAIL, kunnen zowel een EMG als filmpjes gemaakt worden. De GRAIL maakt dit makkelijker omdat de camera niet meer mee hoeft te bewegen maar op één punt stil hangt.

Men kan dus nog prima gebruik maken van de bestaande analyse methode om een feedback te verkrijgen.

4. Analyse

Het project zal begonnen worden met een analysefase. Hiervoor zijn al verschillende deelvragen opgesteld waar aandacht aan zal worden besteed:

Bestaande behandelingen

- Wat zijn de positieve en negatieve punten aan de behandelingen van de fysiotherapeut van de CP kinderen op dit moment?(interviews fysiotherapeuten VUMC/ literatuur)

Het looppatroon van kinderen met CP

-Welke loopafwijkingen hebben kinderen met CP en welke aanpassingen moeten er gevraagd kunnen worden? (wat voor output wordt er op het looppatroon gegeven) (literatuur)

-Welke beperkingen ondervindt een kind met CP nog meer buiten het looppatroon(denk aan balans-, concentratieproblemen of pijn bij bepaalde bewegingen?) (vragenlijsten/medewerkers VUMC/literatuur)

-Welke loopafwijkingen worden tegen gehouden door het gebruik van een prothese of orthese? (literatuur)

Inzicht op de doelgroep

-Wanneer kan een kind met CP de applicatie zelfstandig spelen? (eigen metingen)

-Op welke manier kan je kinderen motiveren, welke spelletjes kunnen er eventueel als richtlijn gebruikt worden om de applicatie interessant te maken? (vragenlijsten onder kinderen)

De applicatie ontwerpen

-Welke input is er nodig om genoeg informatie te krijgen over het looppatroon(literatuur)

-Hoe kan er een applicatie op de GRAIL gemaakt worden? (Motek/literatuur)

Feedback geven op het looppatroon

-Welke vormen van feedback kunnen gebruikt worden om het looppatroon aan te laten aanpassen tijdens het lopen? (eigen metingen/medewerkers VUMC)

-Hoe kunnen de verschillende variabele in het looppatroon gemeten worden? (literatuur/eigen ondervindingen)

-Welke aanpassingen van het looppatroon kunnen gevraagd worden van kinderen. (literatuur/ eigen ondervindingen)

Uitkomsten van de applicatie

-Wat voor (bijkomstig) effect heeft deze applicatie op het looppatroon? (eigen metingen)

-Hoe kan de applicatie met behulp van verschillende vormen van feedback getest worden? (eigen metingen/brainstormen)

5. Planning

	10/3-14/3	17/3-21/3	24/3-28/3	31/3-4/4	7/4-11/4	14/4-18/4	21/4-25/4	28/4-2/5	5/5-9/5	12/5-16/5	19/5-23/5	26/5-30/5	2/6-6/6	9/6-13/6	16/6-20/6	23/6-27/6
	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6	Week 7	Week 8	Week 9	Week 10	Week 11	Week 12	Week 13	Week 14	Week 15	Week 16
Verslag schrijven																
Literatuur studie uitbreiden																
Meelopen bij Motek																
Bekijken looppatroon CP																
Uitwerken bevindingen																
Concept maken spel																
Concept uitwerken spel																
Pilot meting																
Concept door ontwikkelen																
Pilot meting																
testen op gezonde mensen																
Testresultaten uitwerken																
Verslag afschrijven																
Inleveren verslag																
Start eind gesprek																

6. Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase (minimaal 3)

Leerdoelen van Aafke en Leonie:

- Leerdoel 1: Het ontwikkelen van een applicatie en daarmee onze computervaardigheden verbeteren.
- Leerdoel 2: Een uitgebreide analyse doen naar het ziektebeeld(CP) artikelen lezen en wetenschappelijke betrouwbare bronnen gebruiken.
- Leerdoel 3: Een duidelijk meetprotocol opstellen die bij vervolg onderzoek ook kan worden gebruikt.
- Leerdoel 4: Het afnemen van metingen bij proefpersonen door goede en duidelijke instructies te geven waardoor de metingen soepel lopen.

Voorlopige literatuurlijst

- (1) "Cerebrale Parese (houdings- en bewegingsstoornis)", <http://www.umcg.nl/NL/Zorg/ouders/zob2/cerebraleparese/Pages/default.aspx>, geraadpleegd op 3 januari 2014
- (2) JG Becher, JA van der Sluijs, tijdschrift voor kindergeneeskunde (december 2003)
- (3) Stanley, F., E. Blair, and E. Alberman, *Cerebral palsies: Epidemiology and causal pathways*. London: Mac Keith Press, 2000: p. 8-13.
- (4) Rosenbaum, P., et al., *A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006* Dev Med Child Neurol Suppl. , 2007. **109**: p. 8-14.
- (5) Palisano, R., P. Rosenbaum, and S. Walter, *Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy*. Dev Med Child Neurol 1997. **39**: p. 214-223.
- (6) "Grail", <http://www.motekmedical.com/products/Grail-gait-real-time-analysis-interactive-lab/>, geraadpleegd op 30 december 2013
- (7) "GRAIL looptraining en – analyse met virtual reality <http://www.umcg.nl/NL/UMCG/Afdelingen/centrumvoorvalidatie/overhetcvr/GRAIL/Pages/default.aspx>, geraadpleegd op 30 december 2013
- (8) "Biofeedback", http://www.oefentherapie-winschoten.nl/?page_id=289, geraadpleegd op 20 januari 2014.
- (9) Oonagh M Giggins, Ulrik McCarthy Persson and Brian Caulfield: *Biofeedback in rehabilitation*, J Neuroeng Rehabil 2013: p. 10-60.
- (10) "Gangbeeldanalyse", <https://www.heliomare.nl/page/Research---Development/Expertises/Gangbeeldanalyse>, Geraadpleegd op 3 januari 2014.

Extra literatuur

- (11) Annick Ledebt, Jules Becher, Janneke Kapper, Rianne M. Rozendaal, Rachel Bakker, Iris C. Leenders, and Geert J.P. Savelsberg, Balance Training with Visual Feedback in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: Effect on Stance and Gait, Motor Control, 2005, 9, 459-468
- (12) Erbil Dursun, Nigar Dursun and Duygu Alican, Effects of biofeedback treatment on gait in children with cerebral palsy, Disability and rehabilitation, 2004; VOL. 26, NO. 2, 116–120
- (13) Hua-Fang Liao, Suh-Fang Jeng, Jin-Shin Lai, Cheng-khun Cheng, Ming Hsia Hu, The relation between standing balance and walking function in children with spastic diplegic cerebral palsy, developmental medicine & child neurology, 1997. 39:106-112.
- (14) Nerrollyn Ramstrand* and Frida Lyngnegård, Can balance in children with cerebral palsy improve through use of an activity promoting computer game?, Technology and Health Care 20 (2012) 531–540
- (15) Maxime Robert, Laurent Ballaz, Rapheal Hart and Martin Lemay, Exercise intensity levels in children with Cerebral Palsy while playing with an active video game console, PHYS THER publised online april 11, 2013
- (16) Antoni Jaume-i-Capó, Pau Martí-nez-Buesot†, Biel Moyà-Alcover, and Javier Varona, Interactive rehabilitation system for improvement of balance therapies in people with cerebral palsy, 2013
- (17) Judith E Deutsch, Megan Borbely, Jenny Filler, Karen Huhn and Phyllis Guarrera-Bowlby, The use of a Low-Cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with Cerebral Palsy, Physical Therapy, October 2008, vol. 88 no 10
- (18) J. G. Becher, Pediatric Rehabilitation in Children with Cerebral Palsy: General Management, Classification of Motor Disorders, MD, PhD, 2002, 143Volume 14, Number 4

Bijlage 2: Patiënten brief

Beste mevrouw/meneer

Wij zijn twee studenten van de opleiding Bewegingstechnologie. Voor onze afstudeeropdracht hebben wij proefpersonen nodig. Aan de hand van deze brief willen wij vragen of u proefpersoon wilt zijn voor ons onderzoek. Hieronder zullen wij uitleggen wat het onderzoek precies inhoudt en wat we van u verwachten.

Wij voeren het onderzoek uit in het Gait Realtime Analysis Interactive Lab (GRAIL). Dit is een loopband met een virtual reality scherm. Op dit scherm zal naast een leuke omgeving een bar plot te zien zijn welke is weergegeven in figuur 1. Er wordt voor de test gevraagd of u een bepaald looppatroon wilt aannemen, waar vervolgens feedback op gegeven wordt door middel van een bar plot. Een voorbeeld hiervan is dat we vragen om uw knie zoveel mogelijk te buigen wanneer uw voet van de grond is.



Figuur 1: Bar plot, hierbij beweegt het balletje en laat zien hoe goed of slecht je loopt aan de hand van de gestelde opdracht.

U kunt meedoen aan dit onderzoek wanneer u geen loopafwijking heeft. Ook moet u uw knie volledig kunnen strekken en tot 90 graden kunnen buigen. Als eerste worden uw lengte, gewicht en leeftijd gemeten en genoteerd. Voordat u de test gaat afleggen kunt u 6 minuten wennen op de loopband. Na het wennen begint de meting. Aan het begin van de test zal worden uitgelegd wat er precies van u verwacht wordt en wat u moet aanpassen in uw looppatroon. De meting bestaat uit 6 testen van elk 2 minuten. Tussendoor kunt u steeds even rusten. De testen vormen geen zware belasting voor uw lichaam.

Het onderzoek zal plaatsvinden tussen 7 en 16 mei op een met u afgesproken tijdstip. De metingen zullen uitgevoerd worden in het VU medisch centrum (De Boelelaan 1117, 1081 HZ te Amsterdam) bij de polikliniek, verdieping -1 (kelder) receptie B (Revalidatiegeneeskunde-ergo-fysio). Het onderzoek zal ongeveer twee uur per persoon in beslag nemen. Ook vragen wij van u om uw eigen sportkleding mee te nemen. De sportkleding bestaat uit: een zwart strak kort broekje (eventueel een zwarte boxer) en voor vrouwen een zwart hemdje dat opgestroopt kan worden tot boven de navel. We gaan er hierbij vanuit dat het geen bezwaar is wanneer u een mannelijk proefpersoon bent zonder shirt de meting uit te voeren. Ook vragen wij u om simpele platte gymmen (het liefst ook zwart) te dragen tijdens de meting.

Meedoen aan dit onderzoek is geheel vrijwillig. Het staat u vrij om op elk moment te stoppen met het onderzoek, ook zonder opgave van reden. Al uw testgegevens zullen anoniem worden verwerkt. Deze informatie is ook te vinden in het bijgeleverde toestemmingsformulier welke u voor de meting door kunt lezen en moet ondertekenen voordat u meedoet aan de meting. Hierin staat nog een keer beschreven of u aan het onderzoek wilt meedoen en wat er met uw gegevens gebeurt.

Mocht u nog vragen hebben, dan kunt u contact opnemen met de onderzoekers. Zie hieronder voor de gegevens.

Met vriendelijke groet,

Aafke Bollema 06-83233460

Leonie de Heer 06-11589841

a.bollema@hotmail.com

leoniedeheer@gmail.com

Bijlage 3 Informed consent

Toestemmingsverklaringformulier (informed consent)

Titel onderzoek: Het ontwikkelen van een applicatie voor de GRAIL waarbij het looppatroon van kinderen met Cerebrale Parese kan worden aangepast.

Verantwoordelijke onderzoeker: Marjolein van der Krogt, Aafke Bollema en Leonie de Heer

In te vullen door de deelnemer

Ik verklaar op een voor mij duidelijke wijze te zijn ingelicht over de aard, methode, doel en [indien aanwezig] de risico's en belasting van het onderzoek. Ik weet dat de gegevens en resultaten van het onderzoek alleen anoniem en vertrouwelijk aan derden bekend gemaakt zullen worden. Mijn vragen zijn naar tevredenheid beantwoord.

Ik stem geheel vrijwillig in met deelname aan dit onderzoek. Ik behoud me daarbij het recht voor om op elk moment zonder opgaaf van redenen mijn deelname aan dit onderzoek te beëindigen.

Naam deelnemer:

Datum: Handtekening deelnemer:

In te vullen door de uitvoerende onderzoeker

Ik heb een mondelinge en schriftelijke toelichting gegeven op het onderzoek. Ik zal resterende vragen over het onderzoek naar vermogen beantwoorden. De deelnemer zal van een eventuele voortijdige beëindiging van deelname aan dit onderzoek geen nadelige gevolgen ondervinden.

Naam onderzoeker:
.....

Datum: Handtekening onderzoeker:

Bijlage 4 Marker model

Lowe Limb HBM

Voeten

- | | |
|--|------|
| 1. L Puntje grote teen | LTOE |
| 2. R Puntje grote teen | RTOE |
| 3. L Bovenop caput metatarsale 5 (op tenen staan, bij het gewricht) | LMT5 |
| 4. R Bovenop caput metatarsale 5 (op tenen staan, bij het gewricht) | RMT5 |
| 5. L Calcaneus/hiel (net boven schoenrand op zelfde hoogte als teenmarker) | LHEE |
| 6. R Calcaneus/hiel (net boven schoenrand) | RHEE |

Onderbeen

- | | | |
|---|------|-----|
| 7. L Maleo lateraal | | LLM |
| 8. R Maleo lateraal | RLM | |
| 9. L Anterior tibia op 50% tussen laterale epicondyl en laterale maleo | LATI | |
| 10. R Anterior tibia op 50% tussen laterale epicondyl en laterale maleo | RATI | |

Bovenbeen

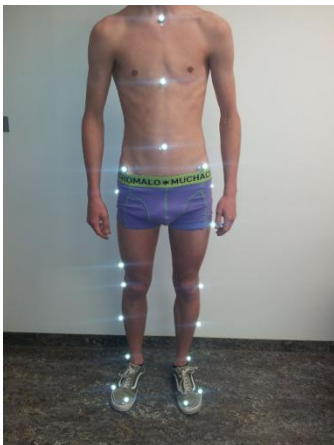
- | | |
|--|-------|
| 11. L Epicondyl lateraal | LLEK |
| 12. R Epicondyl lateraal | RLEK |
| 13. L Trochanter major (draaien voet + model staan op 1 been) | LGTRO |
| 14. R Trochanter major (draaien voet + model staan op 1 been) | RGTRO |
| 15. L Been, 1/3 lijn tussen trochantor major en laterale epicondyl | FLTHI |
| 16. R Been, 2/3 lijn tussen trochantor major en laterale epicondyl | FRTHI |

pelvis

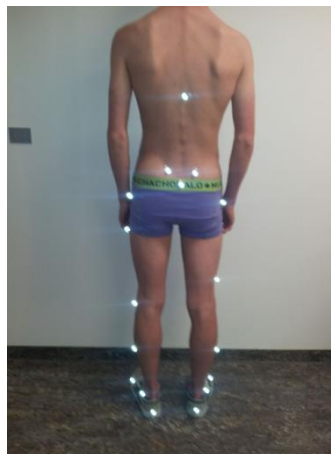
- | | |
|--|-------|
| 17. L SIAS | LASIS |
| 18. R SIAS | RASIS |
| 19. L SIPS (bovenste punten driehoek) | LPSIS |
| 20. R SIPS (bovenste punten driehoek) | RPSIS |
| 21. Sacrum (onderste puntje driehoek) | SACR |

Thorax

- | | |
|---|------|
| 22. T10 (10 tellen naar beneden(rond bh band) | T10 |
| 23. Incisure jugularis (IJ) tussen clavicula | STRN |
| 24. Proc. Xyphoideus (PX) onder bh, ribben volgen | XYPH |
| 25. Navel | NAVE |



Afbeelding...: voorkant markers



Afbeelding...: achterkant markers

Bijlage 5 Meetprotocol

Versie 1, 23-4-14

Opstarten apparatuur

1. Sleutel halen (code: 1509)
2. Sleutel in het grijze bakje omdraaien
3. Pootjes onder de lopende band plaatsen, te vinden in de zwarte kast. En voor de zekerheid de 2 linker groene draadjes los in de grote grijze kast, sleutel voor het openen van de kast is te vinden in het bovenste laatje.
4. De grote grijze de rode knop omdraaien (main switch), de sleutel omdraaien (system off-on) en witte knop indrukken (reset emergency).
5. Computer kast alles aanzetten van beneden naar boven (Let op ook geluid en Vicon).
6. Het rechter beeldscherm controleren of hij op MoCap staat (2x ctrl)
7. Met middelste scherm de projectoren aanzetten + de voorste projector met afstandsbediening uit bovenste laatje.
8. Vicon en D-Flow opstarten
9. Applicatie openen in D-Flow, open plotjes heup, knie enkelhoek in applicatie

Calibratie

10. Alle lichten uit en reflecterende dingen weg.
11. Subject aanmaken + sessie in Nexus
12. Go Live
13. 3D perspectieven aanklikken
14. Alle camera's selecteren, je ziet nu 10 camera's verschijnen.
15. In Tools panel kiezen voor linker knopje (system preparations). Start mask camera, stop deze pas als alle witte vlekken blauw zijn gekleurd. (hoeft niet wanneer er geen witte vlekjes te zien zijn)
16. Pak het kruis uit de bovenste plank van de zwarte kast.
17. Ga midden op de lopende band staan en doe het kruis aan. Start in hetzelfde scherm de calibrate camera's (maak nu pannenkoek en zwaai bewegingen door het **hele** meetvolume tot alles weg is, hij stopt vanzelf)
18. Controleer of alle punten onder de 0,2 zijn rechts onder in het scherm
19. Pak het vlaggetje en druk op start bij Set Volume Origin. Plaats dan het vlaggetje in de lopende band en plaats het kruis hierop. Zorg ervoor dat het vlaggetje precies waterpas staat! Loop naar het beeldscherm en druk op Set Volume Origin. Ruim hierna het vlaggetje en het kruis op terug in de kast.
20. Klik alvast voor de zekerheid op Zero level force plate in D-Flow (te vinden in het Runtime Console).

Proefpersoon

* Proefpersoon komt binnen

21. Meet de knie en enkel breedte, vraag of meet lengte
22. Plak de markers (HBM model) + doe het harnas om
23. Maak in Vicon een new subject + voeg HBM model toe met de rechter muisknop
24. Ga naar capture tab, opnemen ROM + proefpersoon code & empty force late.
- open de t-pose file → helemaal doorlopen
25. Start Capture: Laat hierbij de proefpersoon een T-Pose aannemen gevolgd door het draaien van de heupen, het naar voren en achter buigen van de romp en het optillen van het linker en rechterbeen waarbij er een rondje wordt gezwaaid met de voet. En stop de calibratie
26. Kies bij Subject Calibratie voor en druk op start, rechter muisknop reset pipeline. Het bestand zal nu worden opgeslagen.
27. Ga nu naar het rechter knopje (settings) Druk hier op start bij. Hij doorloopt nu alle stappen =runs de pipeline en kijkt of er fouten zijn gemaakt bij de calibratie. +save

Beginnen meting

28. Kies in Vicon in de Capture (3^e vakje van links) de next trial setup, een session. Vul hieronder de trial naam in waaronder je het bestand wilt opslaan.

29. Doe een Zero Level Force Plate in het runtime console.

Neem ook een lege krachtplaat trial op in Vicon (dit is zodat je later evt. de data opnieuw kan runnen mocht er iets mis zijn)

30. Laat de proefpersoon plaats nemen op de loopband en maak het harnas vast.

31. Show voor even het HBM model, laat de proefpersoon een t-pose aannemen (voeten recht naar voren op heupbreedte, knieën recht, niet verstrekt – deze houding is belangrijk!) en druk in subject info op **calibrate subject**. (Hierna kan bij elke meting gebruik worden gemaakt van reset subject!, dit kan je ook doen tijdens de meting als je het idee hebt dat er dingen verkeerd gaan). Dus niet opnieuw calibrate subject doen!

** Controleer hierbij meteen of de hoeken een beetje normaal zijn als de proefpersoon beweegt, en houd dit de gehele meting in de gaten.

* Check ook even of de krachtvectoren goed in beeld zijn (show forces)

* Check in map CarenResources/config/ of de bestandjes analog_zero_levels en hbm_calibration nieuw zijn aangemaakt en kopieer deze voor de zekerheid naar de patiëntmap

32. Druk bij view op filename editor(F7). Vul hierin de namen in waaronder het txt en mox file, vergelijkbaar met vicon, kan worden opgeslagen. Zet in F2 de record source data aan!!

33. Start in het runtime console de applicatie en laat de proefpersoon 2 minuten lopen.

34. Na 55 seconde klik op start bij Vicon en na 60 sec vanaf start klik op start in D-Flow. De meting zal nu een minuut worden opgenomen. Stop dan de metingen en stop daarna de applicatie

!! let op waarschuw hierbij de proefpersoon!!

Check in verkenner of de bestandjes .txt .mox en .avi goed zijn opgeslagen voor elke meting (soms zijn er problemen met opslaan mox file, dat kan gebeuren als de subject calibratie niet ok is of als je alweer op start drukt voordat hij klaar is met opslaan, let hier dus op!

- mox file openen: gait off-line analysis tool openen. Moxfile openen, OK, geen video's OK.

Afsluiten apparatuur

35. Beamers uit (met afstand bediening)

36. In D-Flow, hardware→ shutdown video server & exit D-Flow + shutdown IGS

37. Computers uit

38. Bovenste computer in de kast uit!(van de Vicon)

39. In de witte kast: rode knop naar rechts en sleutel om

40. Sleutel in het witte kastje om

41. Let op dat de pootjes onder de Grail weg zijn

42. Geluid van de computers laag.

Bijlage 6 Loop protocol

Versie 2, 23-4-2014

1. Aantal proefpersonen 8(en 10 wanneer data van Nienke en Marjolein gebruikt kunnen worden)
2. Van te voor krijgt de proefpersoon een patiënten brief met daarin alle benodigde informatie. Ook staat er in de brief vermeldt hoe laat ze waar moeten zijn, en welke kleding zij tijdens de meting aan moeten.
3. De proefpersoon komt binnen. Er wordt nog een keer kort uitgelegd wat de bedoeling is.
4. De knie en enkel breedte wordt gemeten.
5. Plak de markers (Low limb HBM model) + doe het harnas om
6. Eerst kan de proefpersoon 6 minuten wennen op de loopband op de self paced mode. Daarna stopt de band
7. Dan wordt er aan de proefpersoon gevraagd of ze er klaar voor zijn en begint de meting.
8. Er worden in totaal 7 metingen gedaan. Meting 2-7 in random volgorde
 - Als eerst wordt er normaal gelopen zoals in het dagelijks leven en geen feedback gegeven
 - meer knieflexie in zwaai fase(90 graden)
 - meer knie extensie in zwaai fase (0 graden)
 - meer knie extensie in standfase (0 graden)
 - meer knieflexie in standfase (40 graden)
 - stapgrootte vergroten. (afhankelijk van proefpersoon.20% van gewone stapgrootte)
 - nog een keer het gewone looppatroon.
9. Als eerst word er op een “normaal” looppatroon gelopen zonder feedback.
10. De instellingen voor een meting worden ingevoerd in het runtime consul. (de instellingen die gedaan moeten worden: rechter been, de waarden van de kniehoek instellen (of stapgrootte**), of de feedback in de zwaai of standfase gegeven moet worden en welk informatiepraatje afgespeeld moet worden)
11. De snelheid van de loopband wordt eerst op 1m/s en daarna op self paced ingesteld*zie **).
12. De feedback wordt ALTIJD gegeven over het rechter been.
13. De meting duurt 2 minuten. De gehele meting zal er data opgenomen worden waarvan alleen de laatste minuut gebruikt zal worden voor de analyse.
14. Voorafgaand aan de meting worden de instructies nog een keer verteld wanneer de proefpersoon op de loopband staat. Door Ollie wordt nog een keer precies verteld waarover de feedback gegeven wordt. In totaal wordt dus twee keer verteld wat de bedoeling is.
15. Tijdens de meting wordt continue feedback gegeven door middel van het rode balletje.
16. Na de 2 minuten word de proefpersoon verteld dat de loopband stopgezet wordt en de meting is afgelopen.
17. De proefpersoon mag even wat drinken of even zitten.
18. De onderzoeker checkt of alle data goed opgenomen is en de grafiekjes globaal kloppen.
19. Na ongeveer 1 a 2 minuten beginnen we met de volgende meting.
20. De volgende 6 metingen worden op de zelfde manier doorlopen. Na het instellen van wat er gemeten gaat worden, worden de stappen 10 tot en met 19 steeds opnieuw doorlopen.
21. Na allen metingen mag de proefpersoon de loopband af.
22. Er wordt er nog een keer gekeken of alle metingen goed zijn gegaan
23. De vragenlijst wordt afgenomen.
24. De markers worden verwijderd en de proefpersoon is klaar.
 - Instellingen
 - Start loopsnelheid 1m/s
 - Start Vicon data
 - Start Self paced
 - Kniehoek en rechterbeen aanklikken

- Start recording data
- Na 50 sec → stop recording data in beide schermen
- Na 10 sec → start recording data
- Na 60 sec → stop recording data in beide schermen

De vragenlijst: op een schaal van 1-10 (waarbij 1 helemaal niet mee eens en 10 helemaal mee eens)

- Vond je de gegeven feedback tijdens het lopen door de applicatie duidelijk?
- Vond je de uitleg die voorafgaand de meting door Ollie is gegeven duidelijk?
- Vond je het een leuke manier van een aangepast looppatroon oefenen?
- Vond je zelf dat het goed ging?

Randomizer tabel:

	pp1	pp2	pp3	pp4	pp5	pp6	pp7	pp8	pp9	pp10
Meting 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Meting 2	2	6	4	3	2	5	2	5	6	4
Meting 3	3	5	5	6	3	4	5	4	2	3
Meting 4	4	7	2	7	7	6	4	7	5	7
Meting 5	7	4	7	2	6	7	7	3	7	6
Meting 6	5	3	6	5	4	2	6	2	3	5
Meting 7	6	2	3	4	5	3	5	6	4	2

1. Als eerst wordt er normaal gelopen zoals in het dagelijks leven en geen feedback gegeven
2. meer knieflexie in zwaai fase (90 graden)
3. meer knie extensie in zwaai fase (0 graden)
4. meer knie extensie in stand fase (0 graden)
5. meer knieflexie in stand fase (40 graden)
6. stapgrootte vergroten. (afhankelijk van proefpersoon.20% van gewone stapgrootte)
7. nog een keer het normale looppatroon.

Meetboek GRAIL 3D Gangbeeldanalyse

Meetdatum:
Tijdstip meting:
Patient #:

Gegevens patiënt:

Leeftijd:

Staplengte:

Geslacht: man vrouw

Gewicht GRAIL: kg

Length: m

	Kniebreedte	Enkelbreedte
RECHTS		
LINKS		

Algemene gegevens meting:

meetdatum:

Tijdstip:

code pp:

in het kader van:

door:

Registratie Meting

Datum:

Pat.#:

Directory Vicon files:

Directory DFlow files:

Nr.	Filenaam D-flow & Vicon	Instelling band	Trial	Opmerkingen
1			ROM	
2			Lege krachtplaat	
3		SP	Meting 1 - normaal	
4		SP	Meting 2	
5		SP	Meting 3	
6		SP	Meting 4	
7		SP	Meting 5	
8		SP	Meting 6	
9		SP	Meting 7	

Data uitgewerkt op:

Door:

Data opgeslagen op:

Bijlage 8 Vragenlijst

Meting knie flexie in zwaai fase	pp1	pp2	pp3	pp4	pp5	pp6	pp7	pp8	pp9	pp10	pp11	gemiddelde
Vond je de gegeven feedback tijdens het lopen door de applicatie duidelijk?	8	8	5	8	8	9	10	8	8	10	8	8.2
Vond je de uitleg die voorafgaand de meting door Ollie is gegeven duidelijk?	8	8	9	8	7	9	7	8	8	10	9	8.2
Vond je het een leuke manier van een aangepast looppatroon oefenen?	7	8	9	6	7	9	9	8	8	9	7	7.9
Vond je zelf dat het goed ging?	8	8	7	7	8	8	9	8	9	8	8	8

Meting knie extensie in zwaai fase	pp1	pp2	pp3	pp4	pp5	pp6	pp7	pp8	pp9	pp10	pp11	gemiddelde
Vond je de gegeven feedback tijdens het lopen door de applicatie duidelijk?	7	6	4	8	7	9	9	8	8	10	8	7.6
Vond je de uitleg die voorafgaand de meting door Ollie is gegeven duidelijk?	8	6	9	8	6	9	7	8	8	10	8	7.9
Vond je het een leuke manier van een aangepast looppatroon oefenen?	7	6	9	7	7	9	9	8	7	9	7	7.7
Vond je zelf dat het goed ging?	6	6	8	7	7	9	8	8	5	8	8	7.2

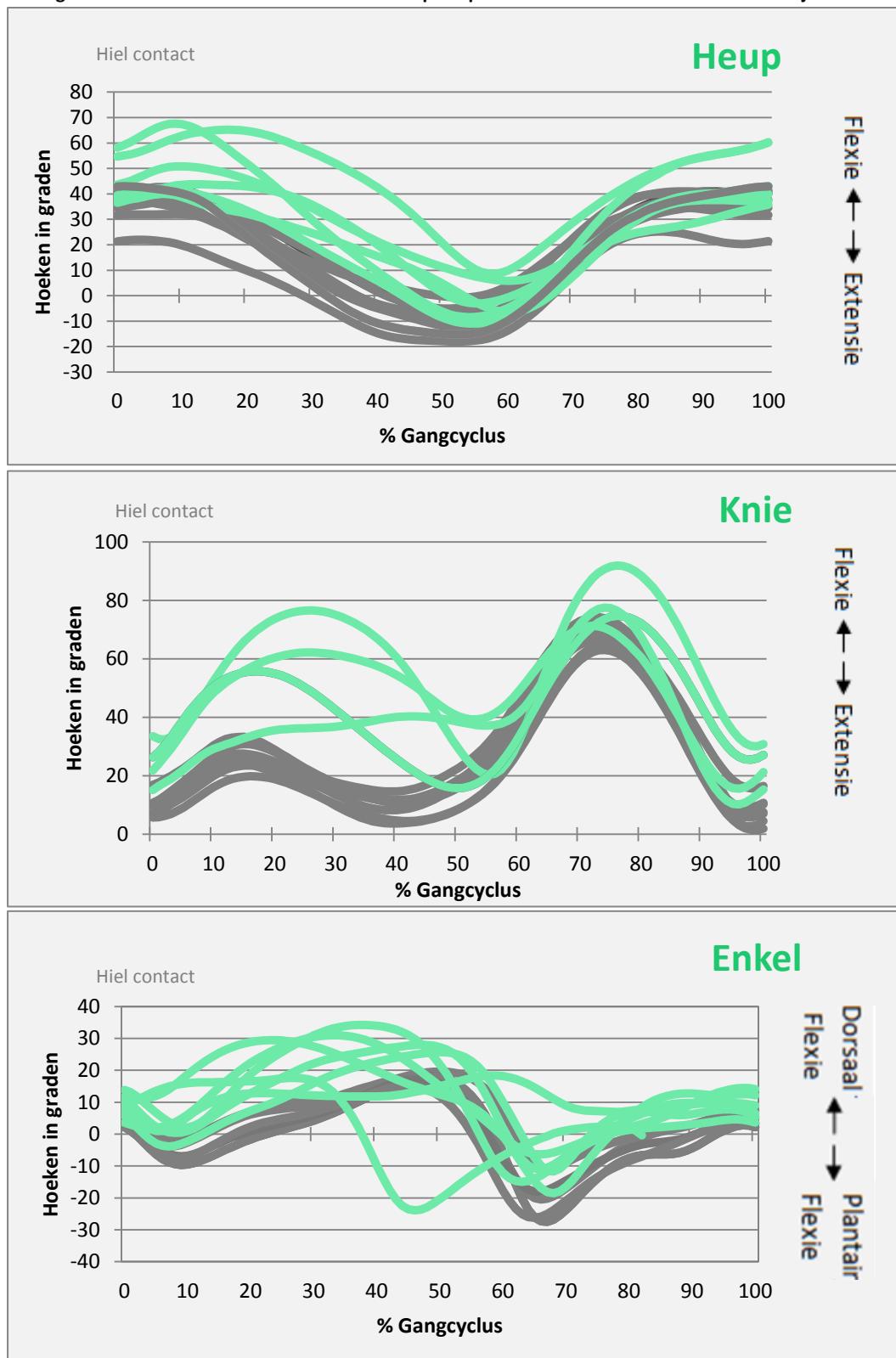
Meting knie extensie in stand fase	pp1	pp2	pp3	pp4	pp5	pp6	pp7	pp8	pp9	pp10	pp11	gemiddelde
Vond je de gegeven feedback tijdens het lopen door de applicatie duidelijk?	7	7	4	8	7	9	10	8	5	10	8	7.5
Vond je de uitleg die voorafgaand de meting door Ollie is gegeven duidelijk?	8	7	9	8	7	9	7	6	8	10	8	7.9
Vond je het een leuke manier van een aangepast looppatroon oefenen?	7	7	9	6	6	9	9	8	5	9	7	7.5
Vond je zelf dat het goed ging?	7	7	5	2	6	9	8	8	2	8	7	6.3

Meting knie flexie in stand fase	pp1	pp2	pp3	pp4	pp5	pp6	pp7	pp8	pp9	pp10	pp11	gemiddelde
Vond je de gegeven feedback tijdens het lopen door de applicatie duidelijk?	8	6	5	8	7	9	9	6	8	10	8	7.6
Vond je de uitleg die voorafgaand de meting door Ollie is gegeven duidelijk?	7	6	9	8	7	9	7	8	8	10	8	7.9
Vond je het een leuke manier van een aangepast looppatroon oefenen?	7	6	8	7	8	9	9	7	9	9	7	7.8
Vond je zelf dat het goed ging?	6	6	7	6	6	9	8	6	9	6	8	7

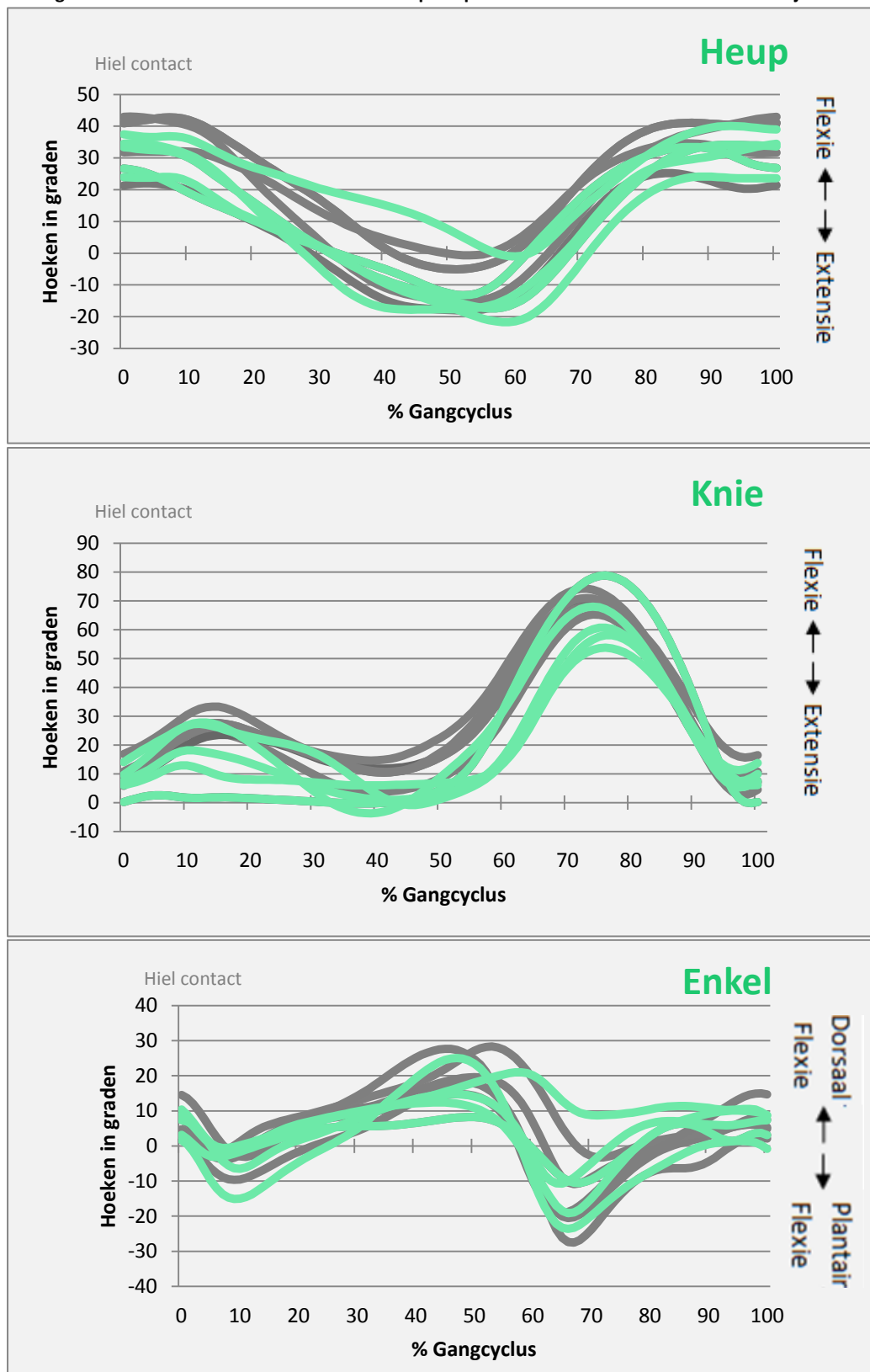
Bijlage 9 Grafieken

Alle proefpersonen per conditie

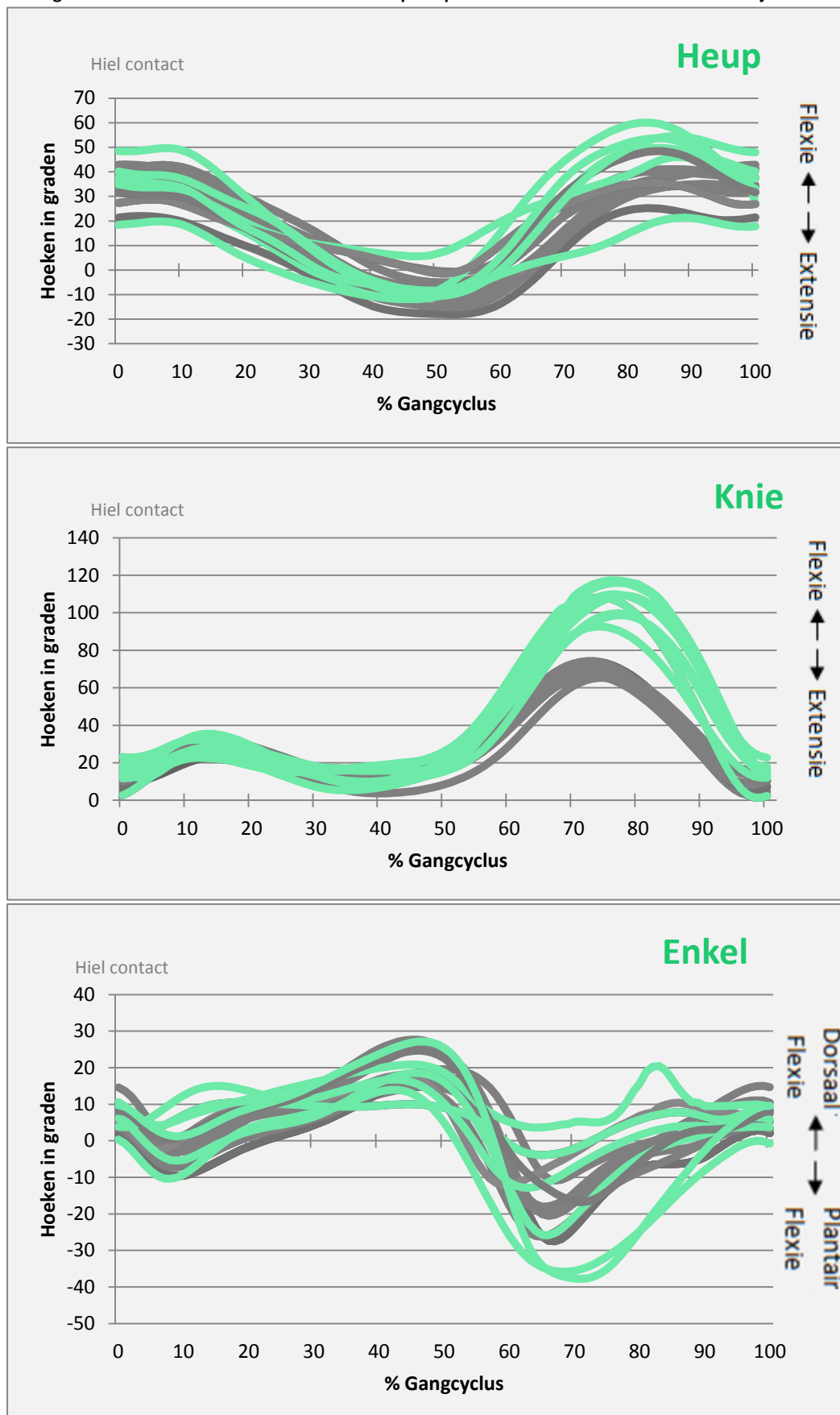
De gemiddelde gewrichtshoeken van de proefpersonen die de target hadden behaald bij de conditie *Estand* (groene lijn) en de gemiddelde waarden van *Normaal2* van de proefpersonen welke binnen deze conditie zijn bekeken. (grijze lijn).



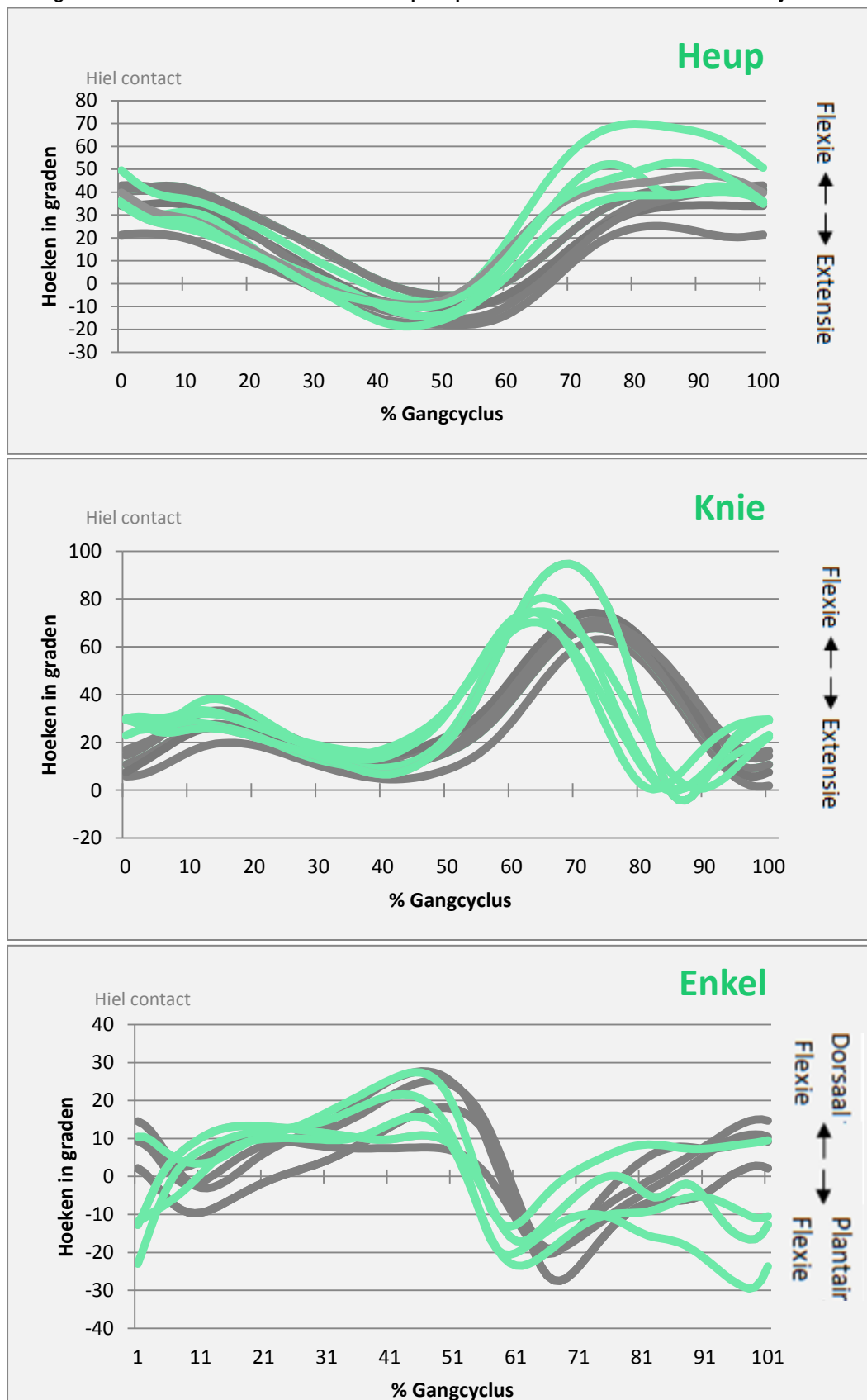
De gemiddelde gewrichtshoeken van de proefpersonen die de target hadden behaald bij de conditie *Estand* (groene lijn) en de gemiddelde waarden van *Normaal2* van de proefpersonen welke binnen deze conditie zijn bekeken. (grijze lijn).



De gemiddelde gewrichtshoeken van de proefpersonen die de target hadden behaald bij de conditie *Ezwaai* (groene lijn) en de gemiddelde waarden van *Normaal2* van de proefpersonen welke binnen deze conditie zijn bekeken. (grijze lijn).

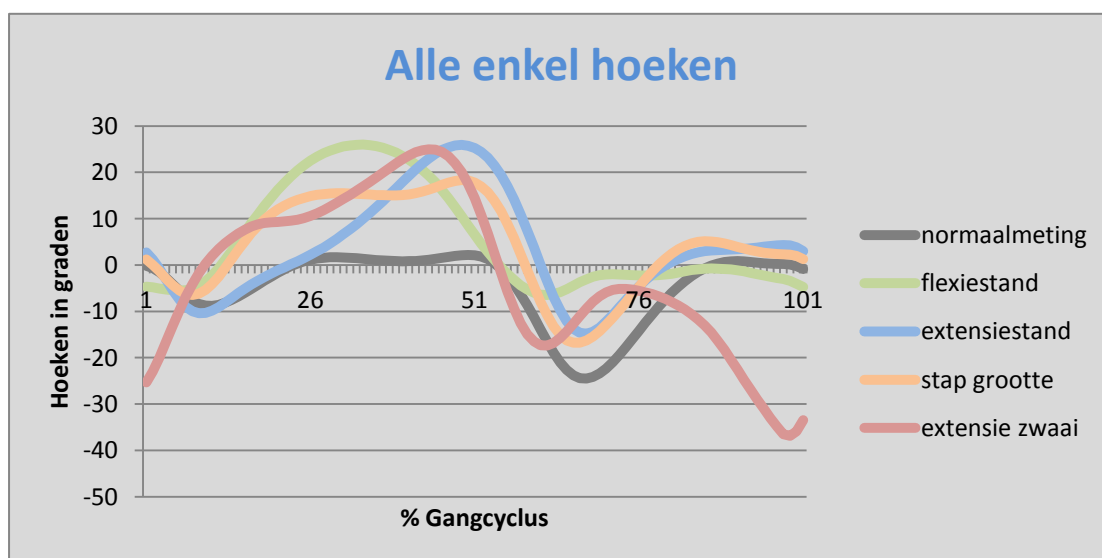
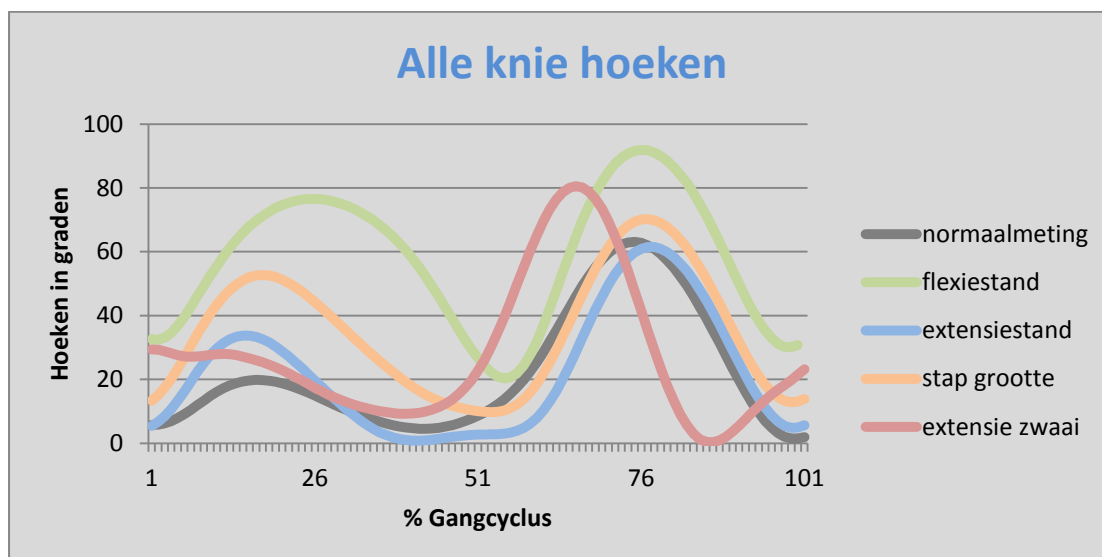
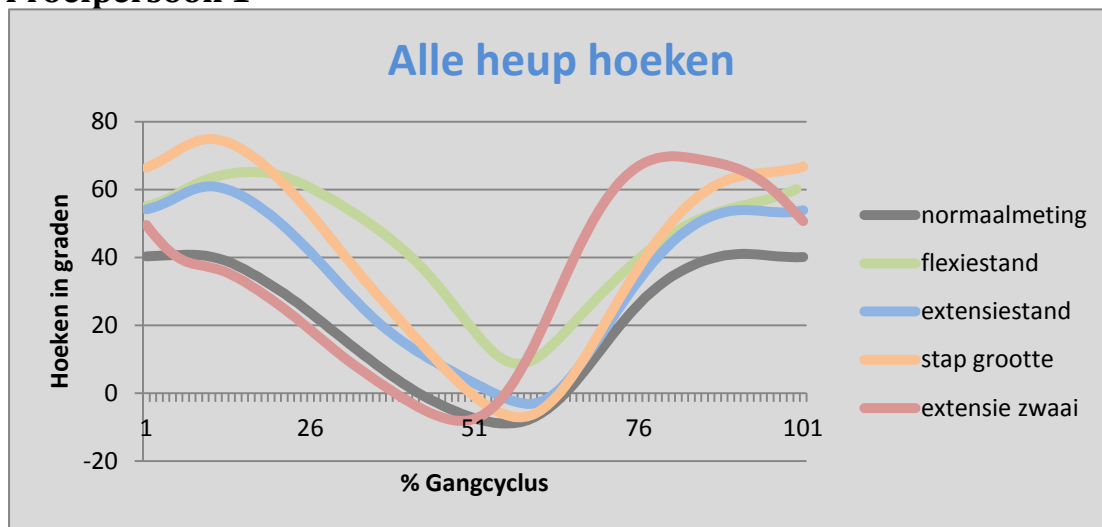


De gemiddelde gewrichtshoeken van de proefpersonen die de target hadden behaald bij de conditie *Ezwaai* (groene lijn) en de gemiddelde waarden van *Normaal2* van de proefpersonen welke binnen deze conditie zijn bekeken. (grijze lijn).

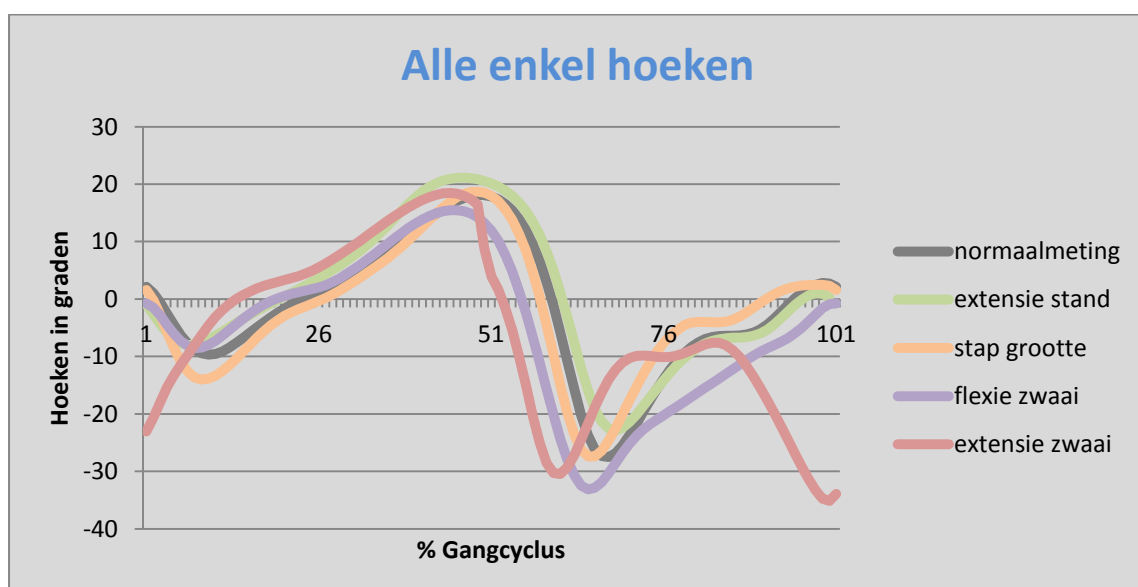
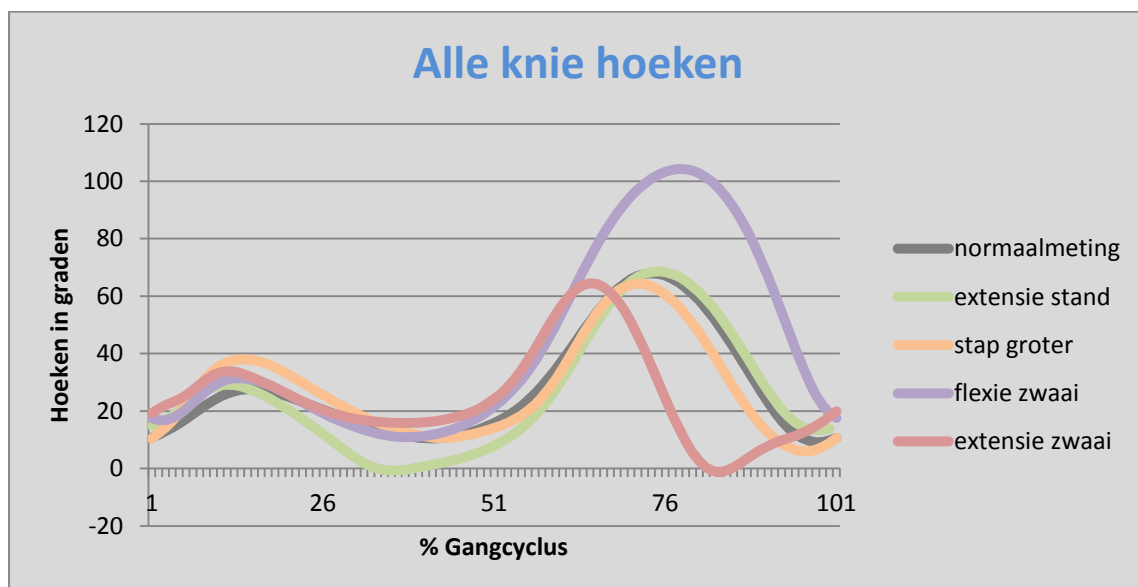
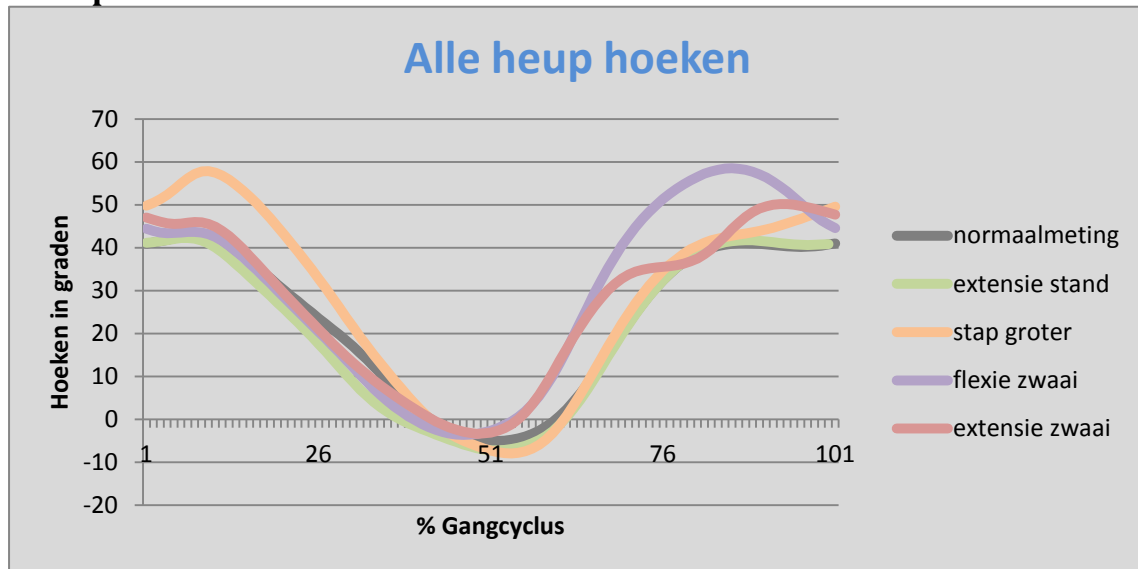


Grafieken van proefpersonen

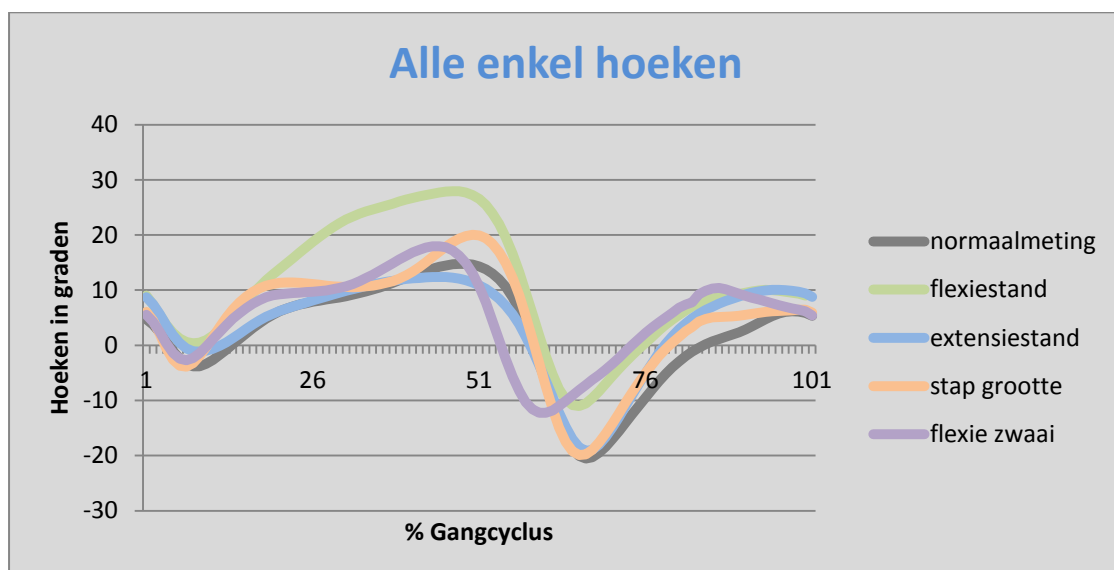
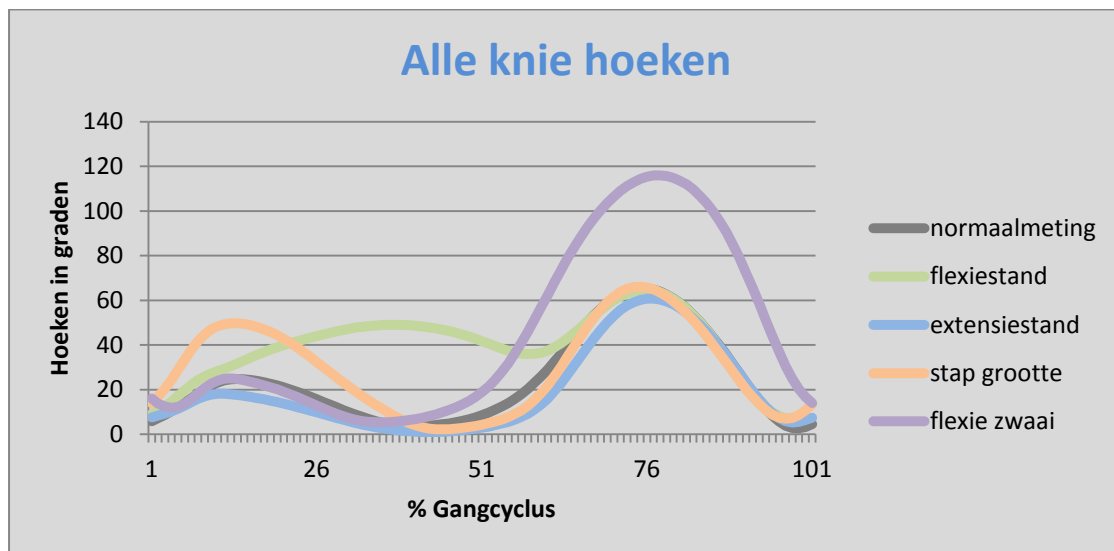
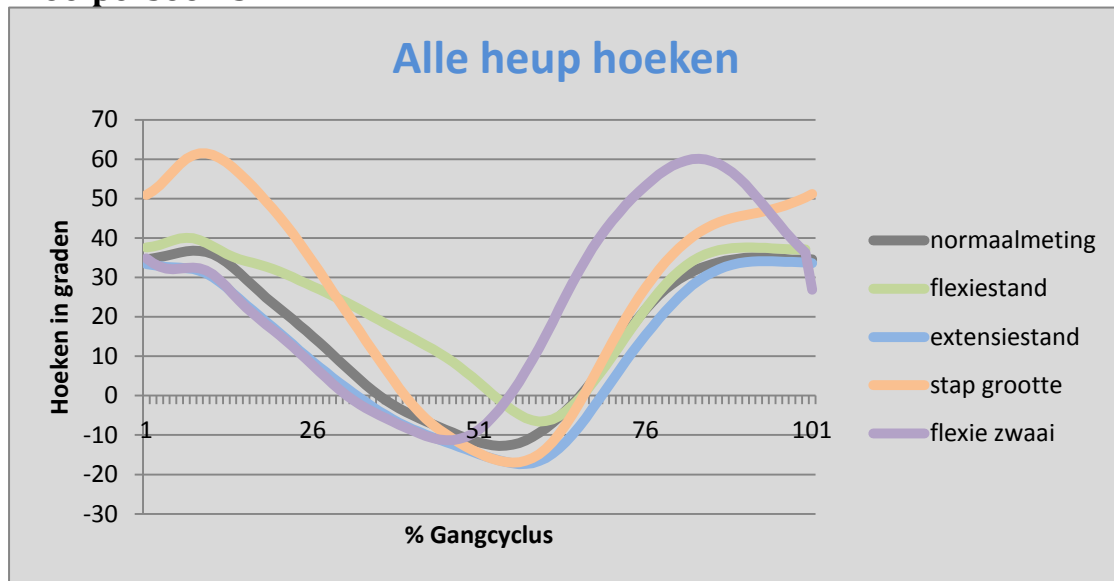
Proefpersoon 1



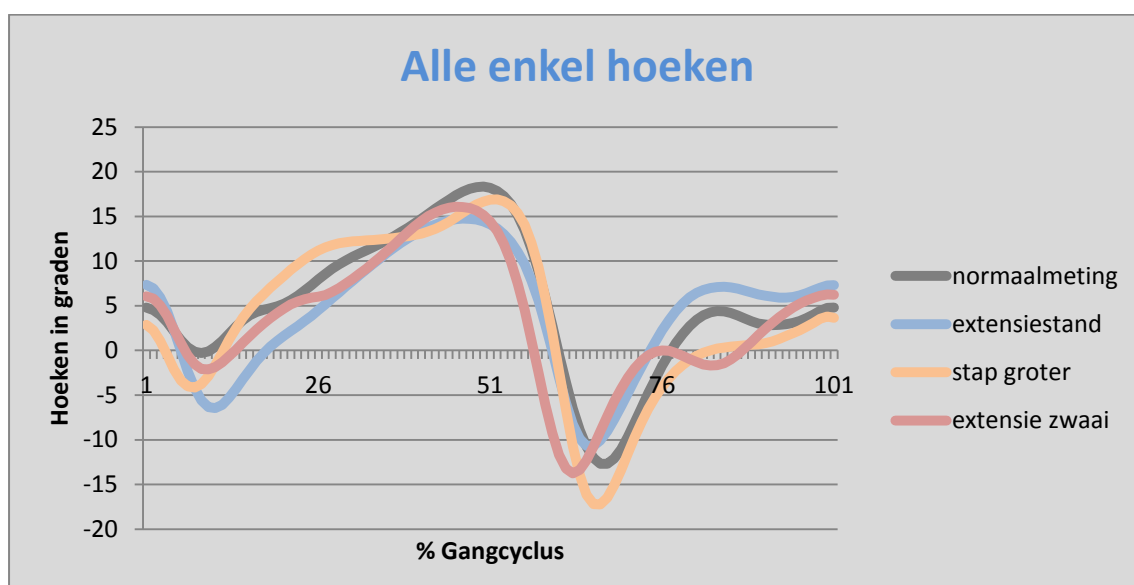
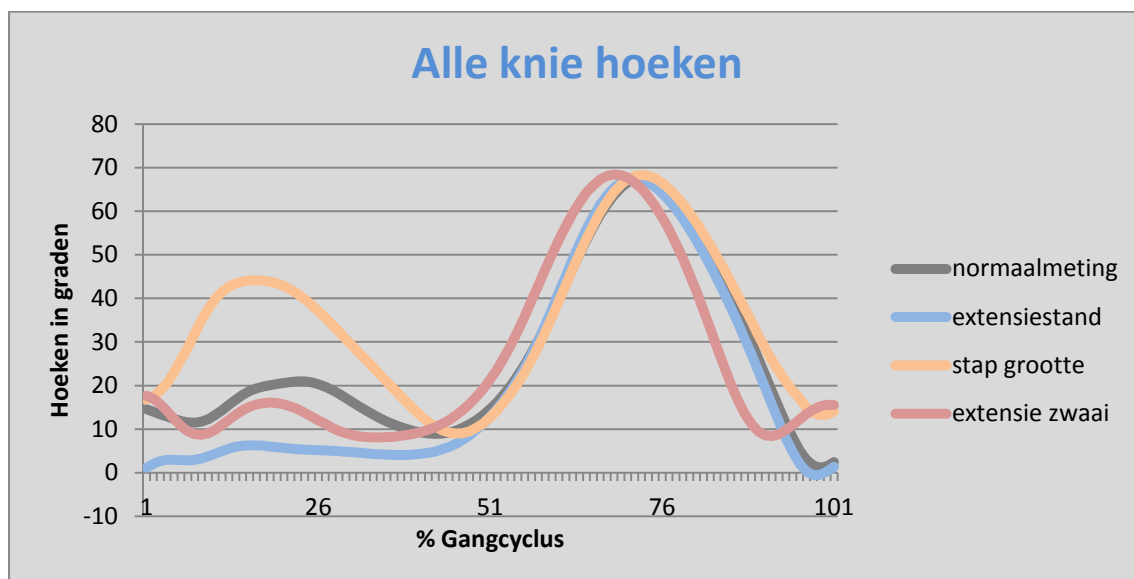
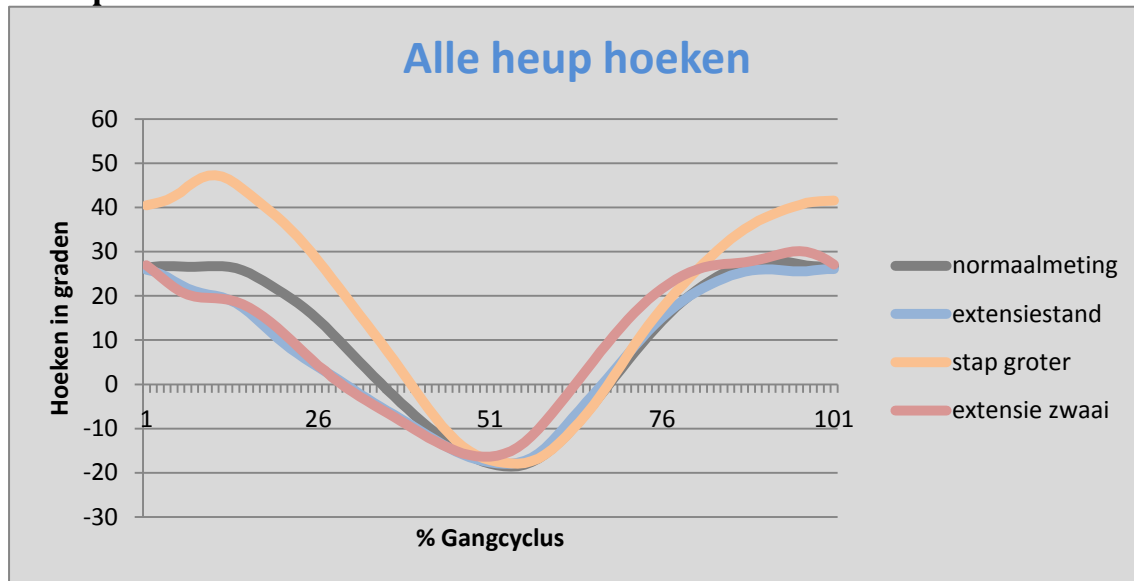
Proefpersoon 2



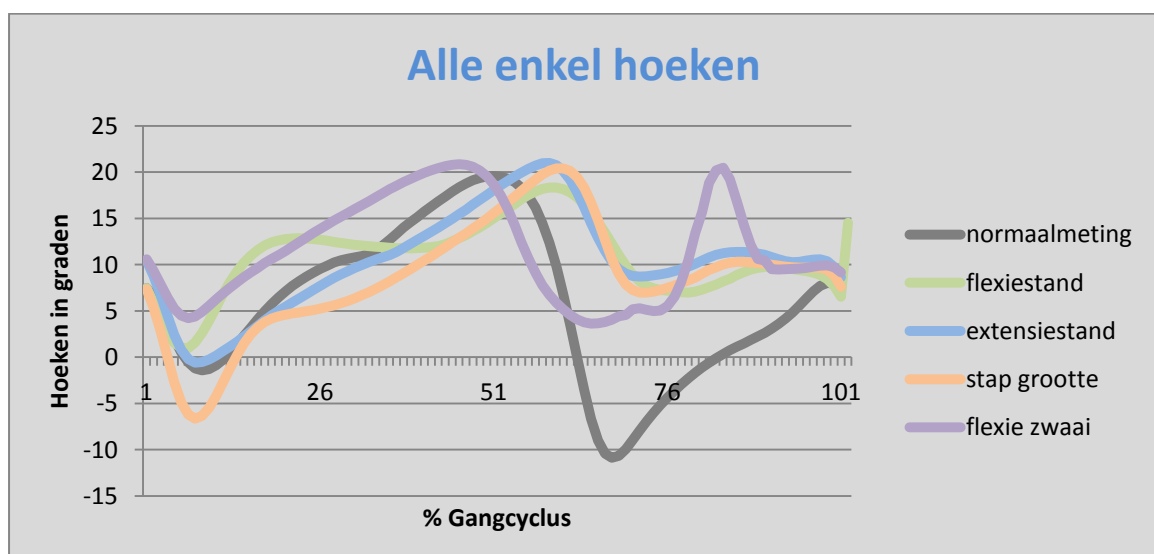
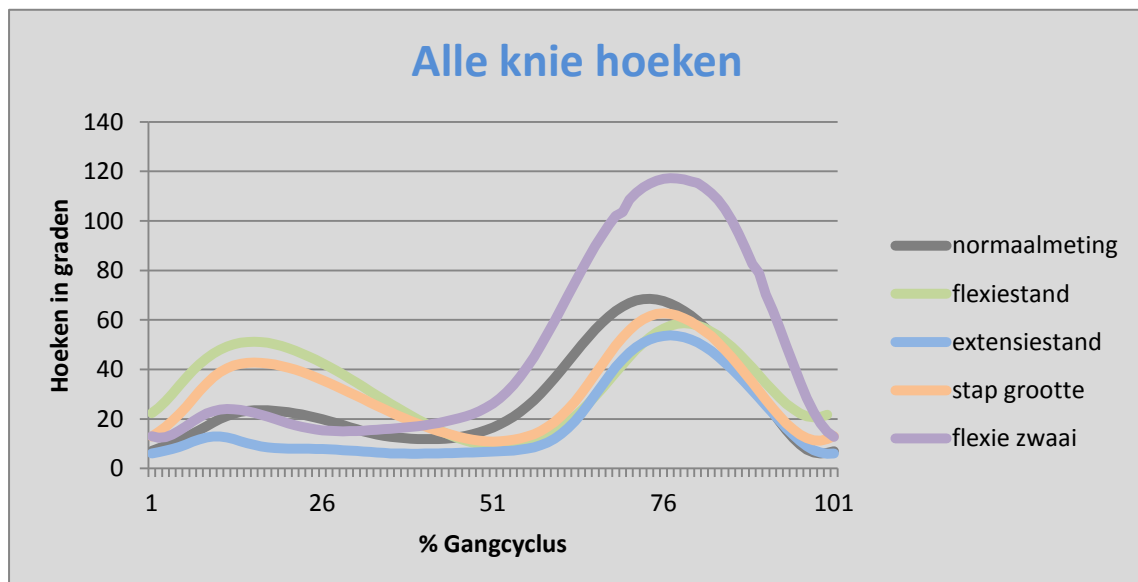
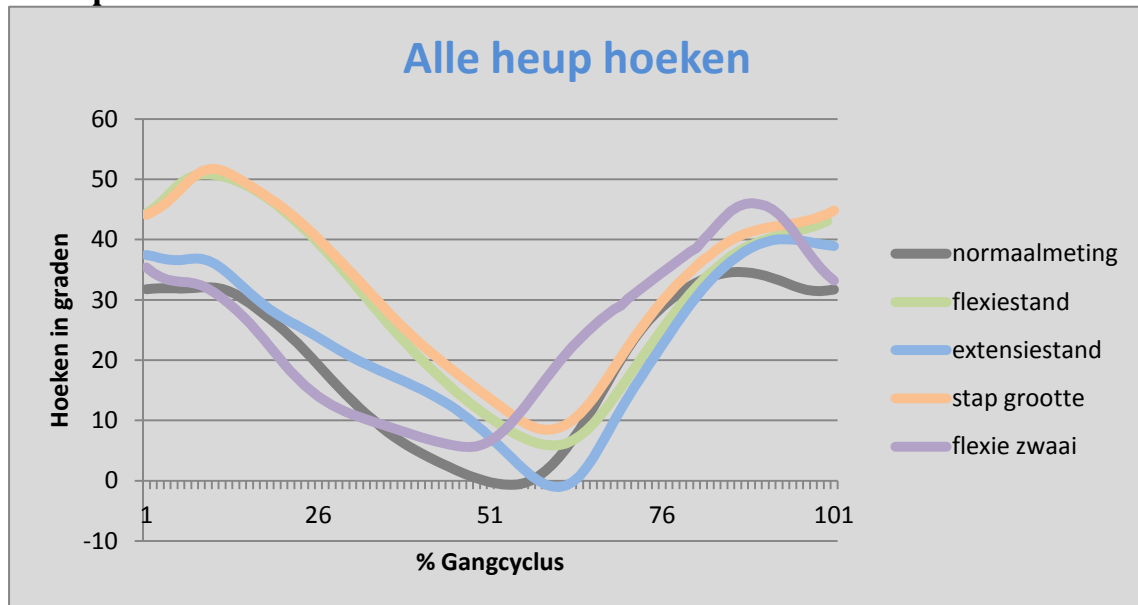
Proefpersoon 3



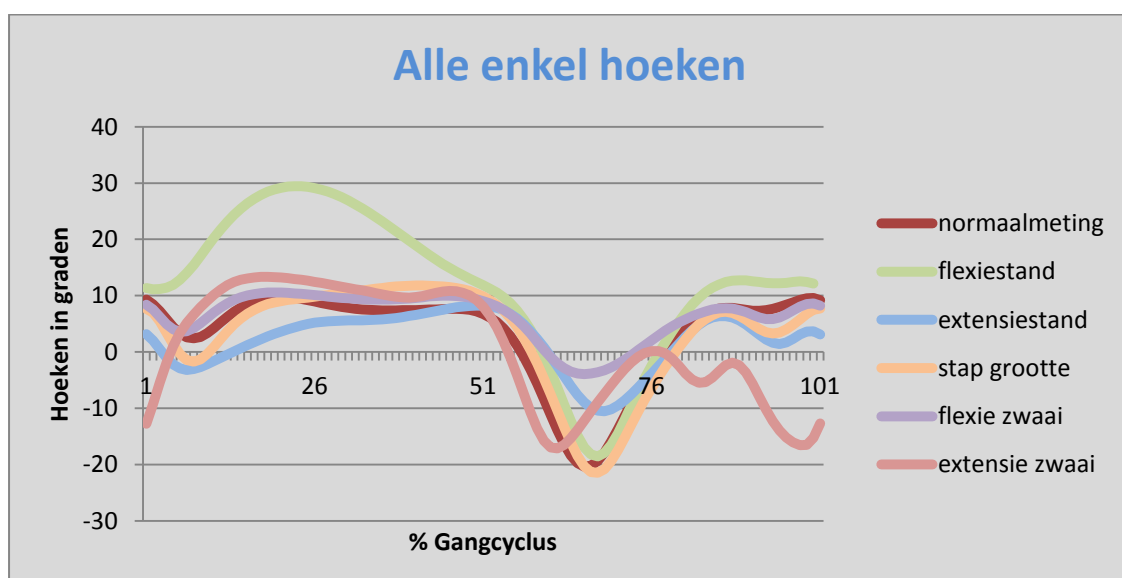
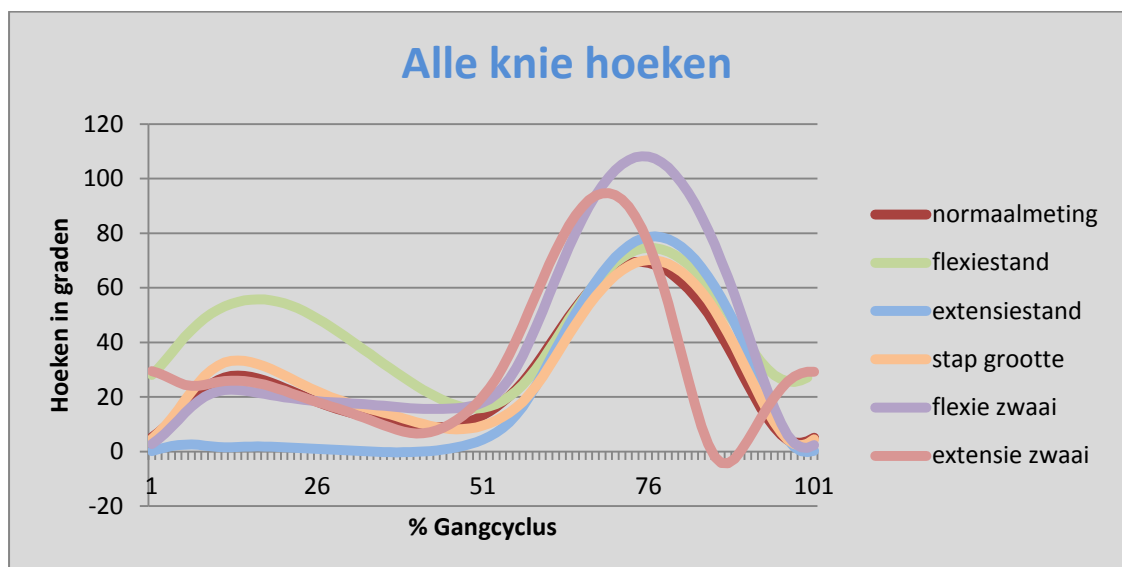
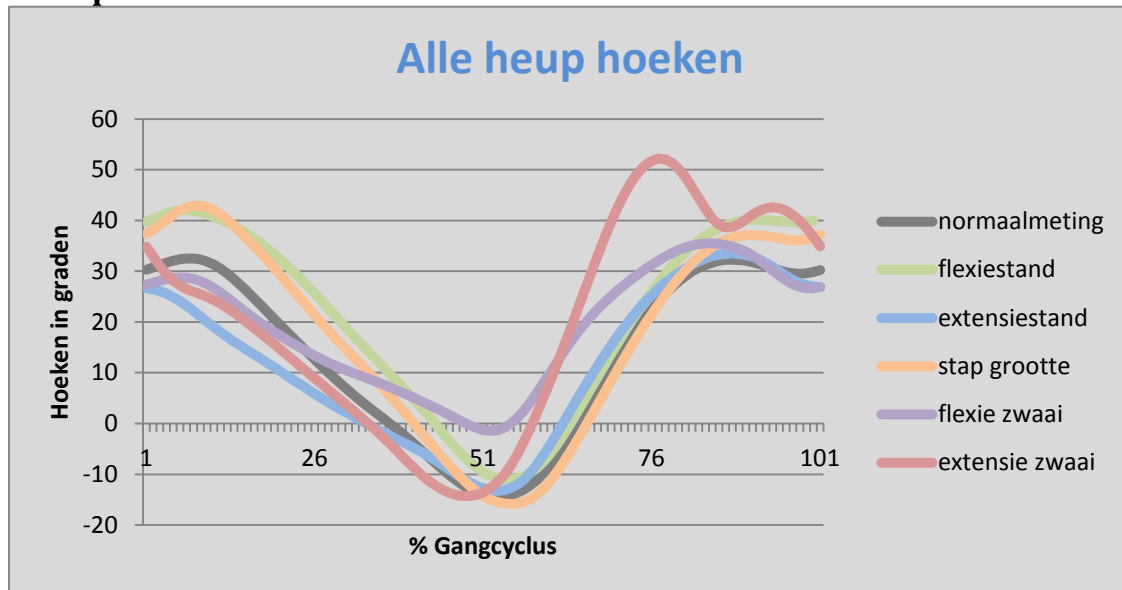
Proefpersoon 4



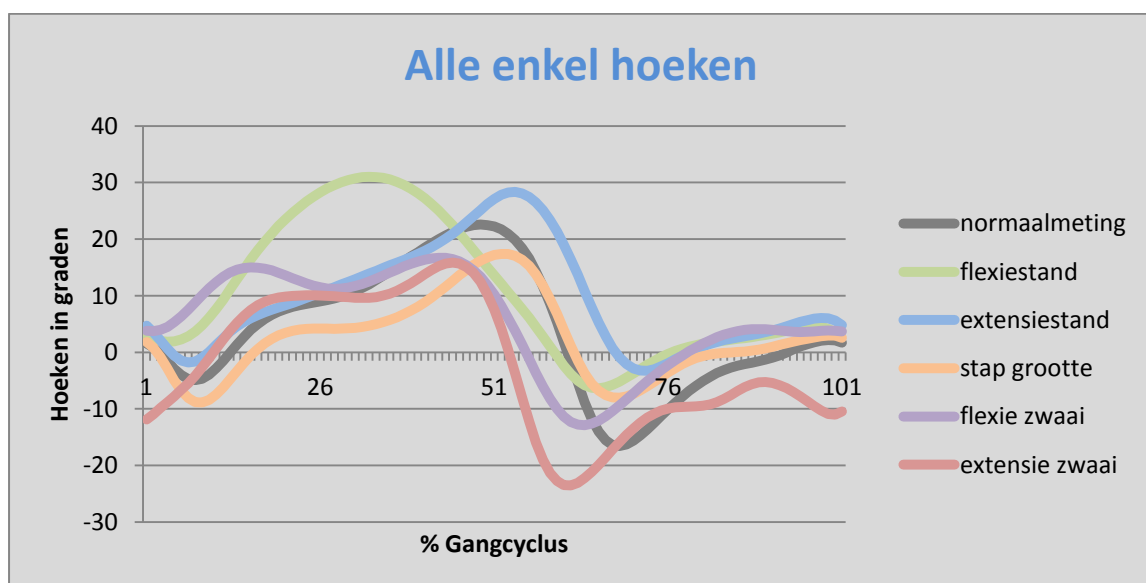
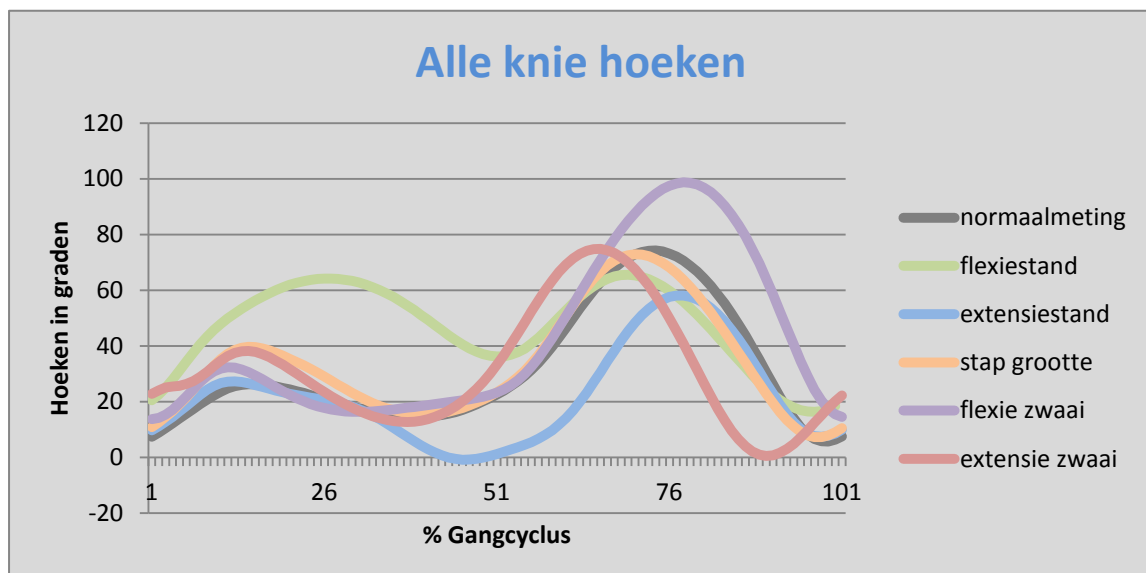
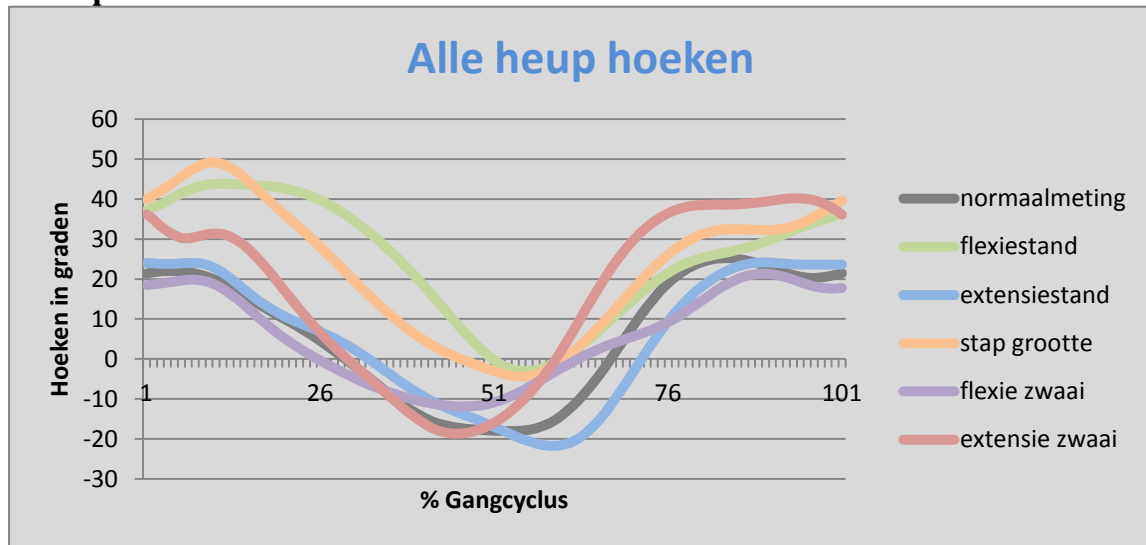
Proefpersoon 5



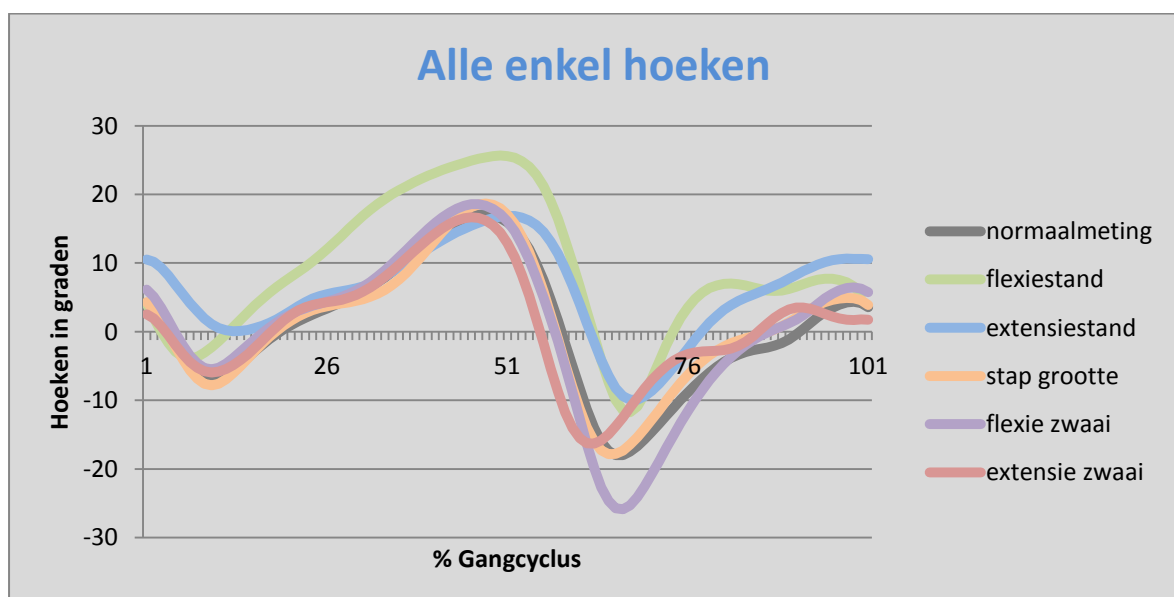
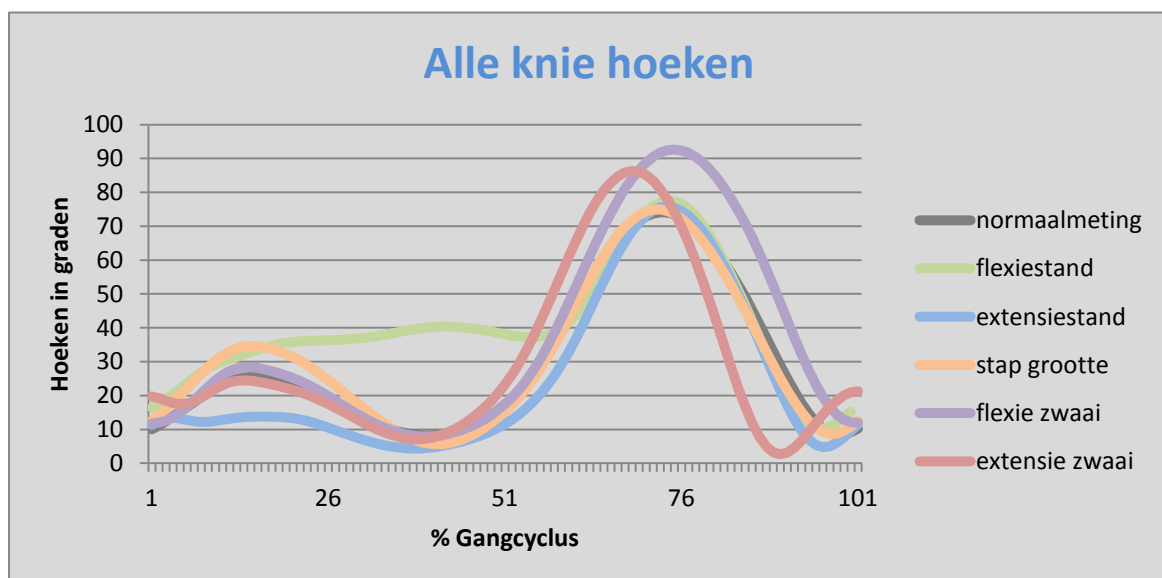
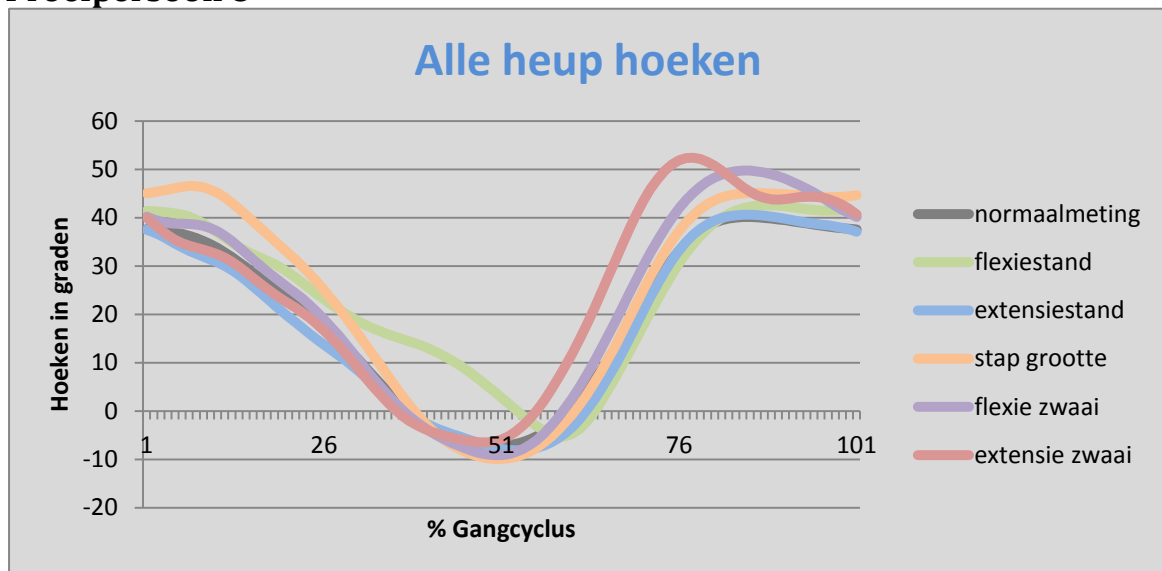
Proefpersoon 6



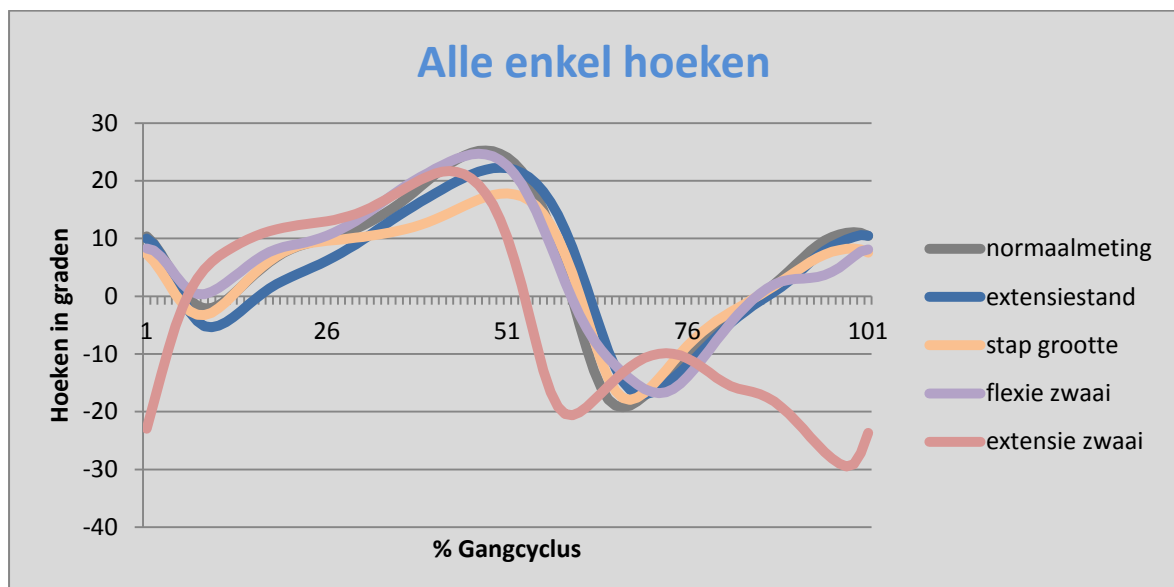
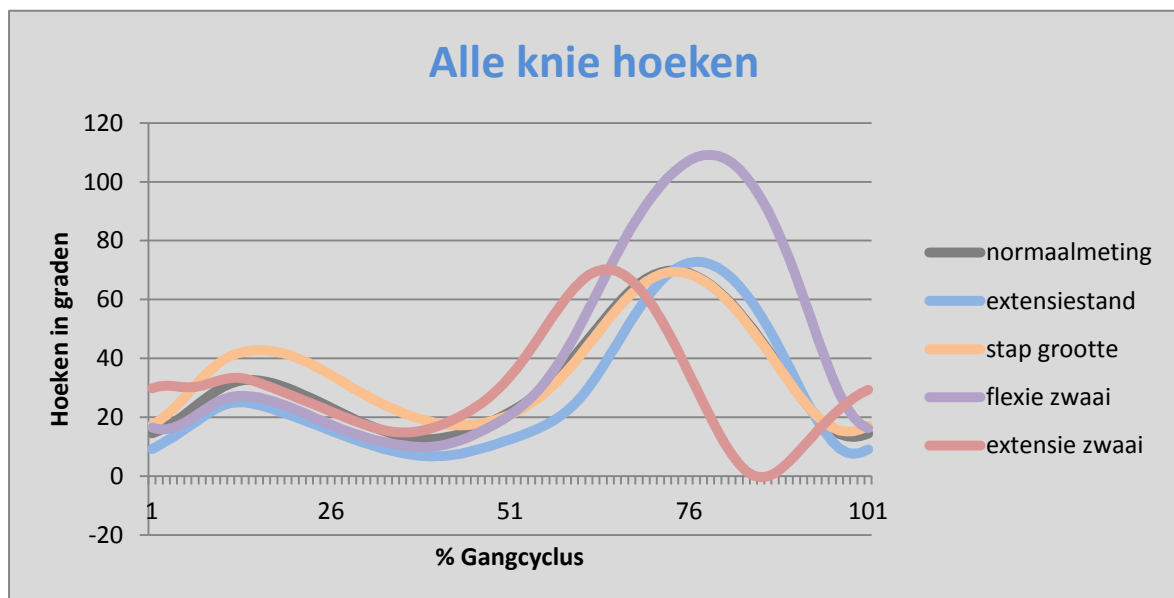
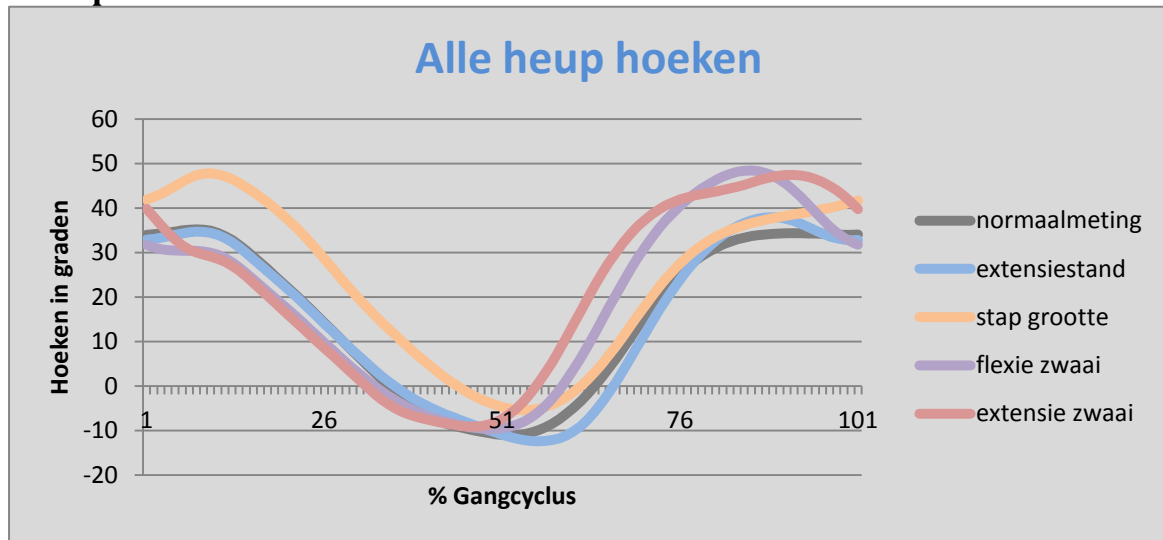
Proefpersoon 7



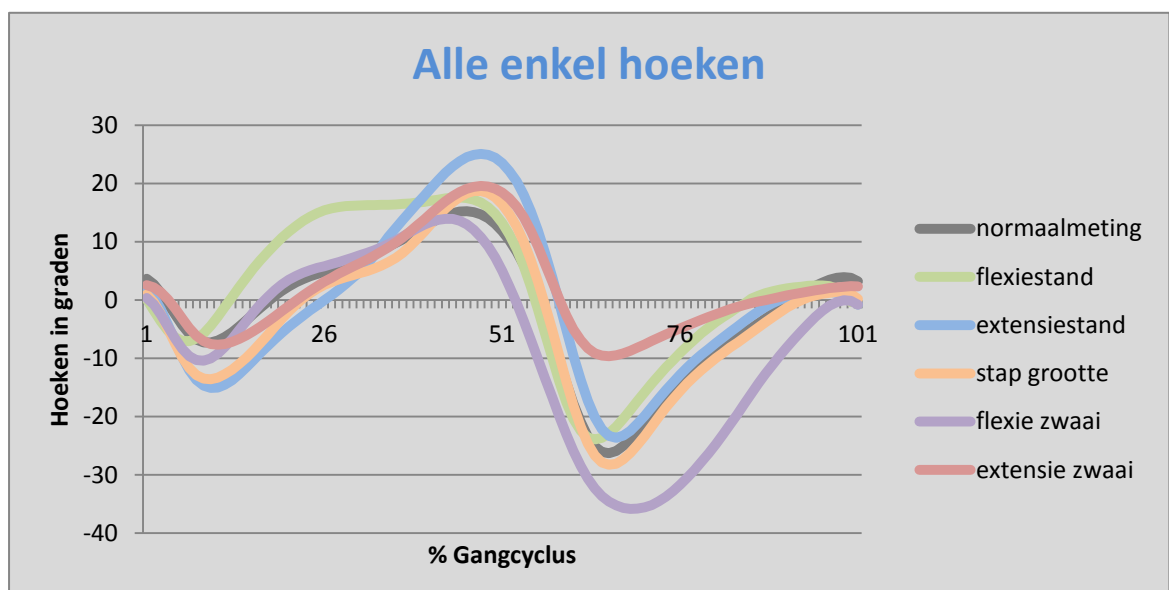
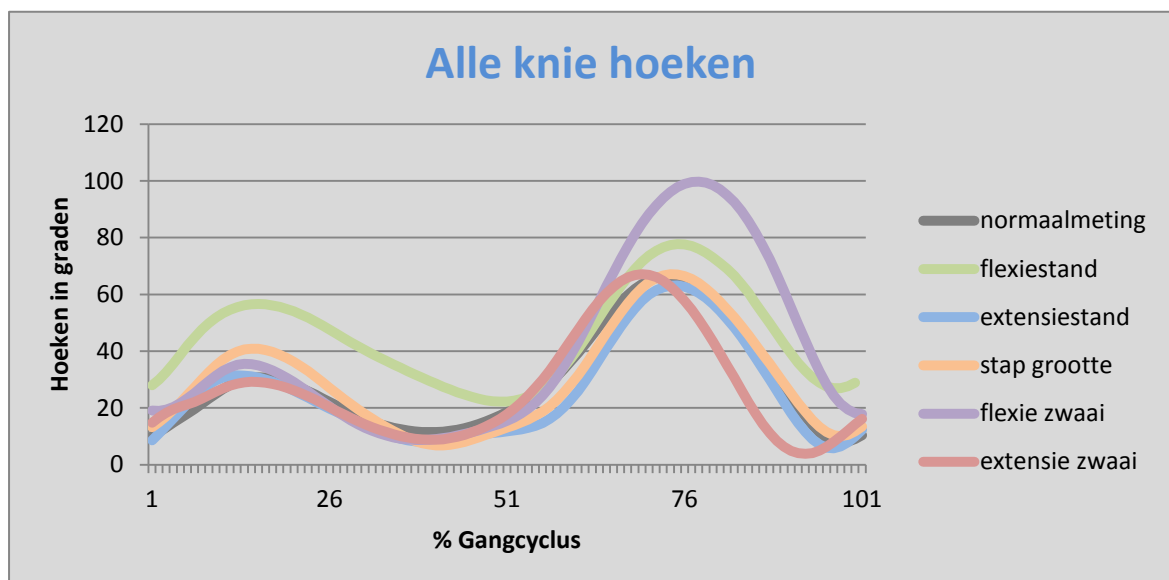
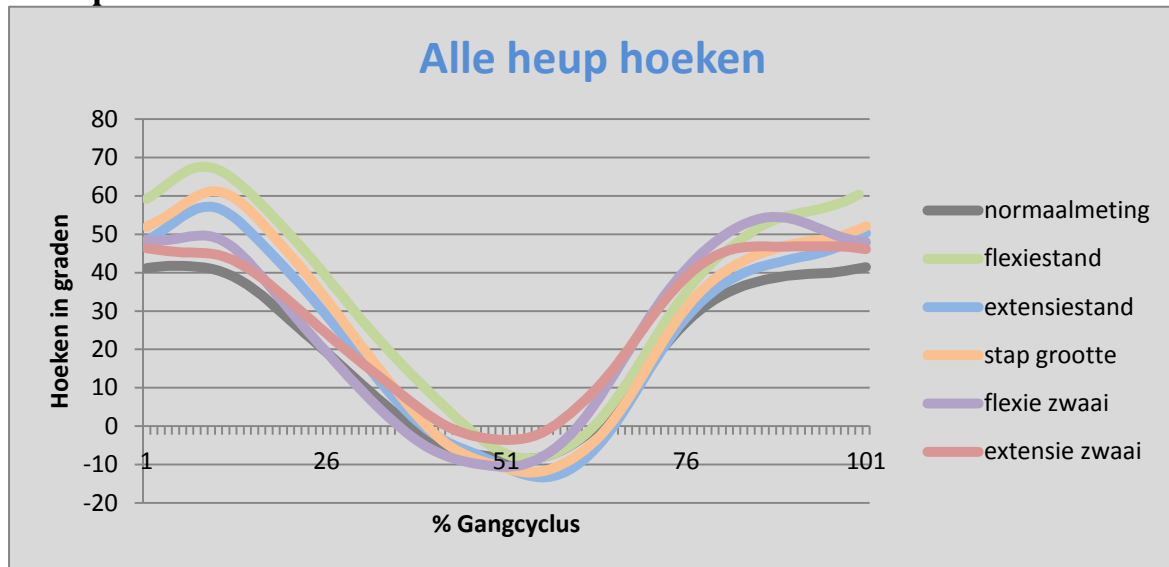
Proefpersoon 8



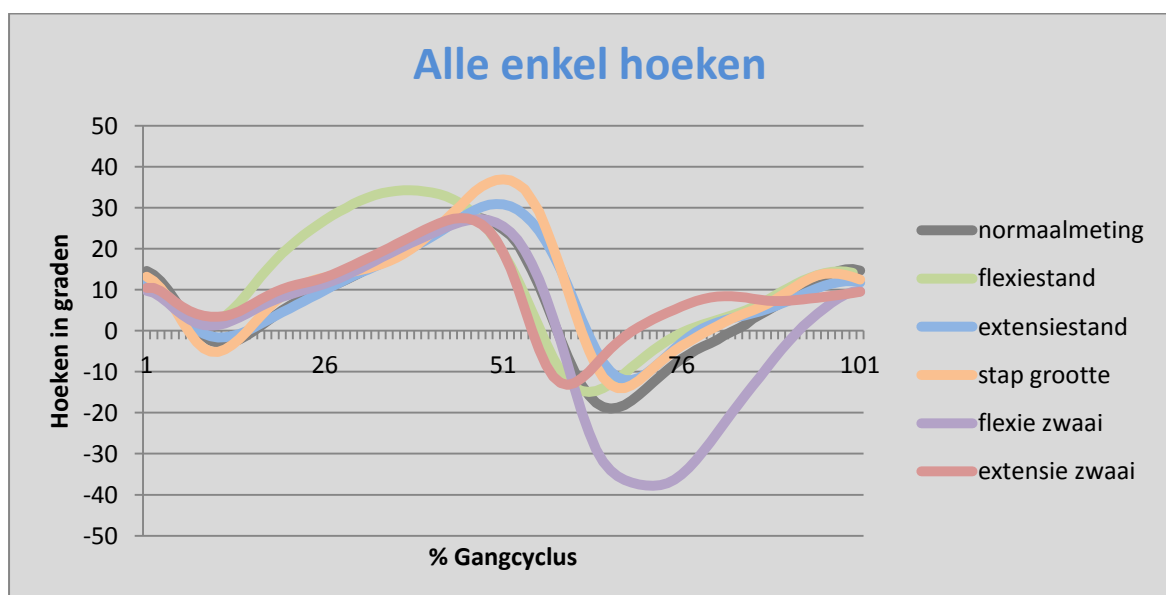
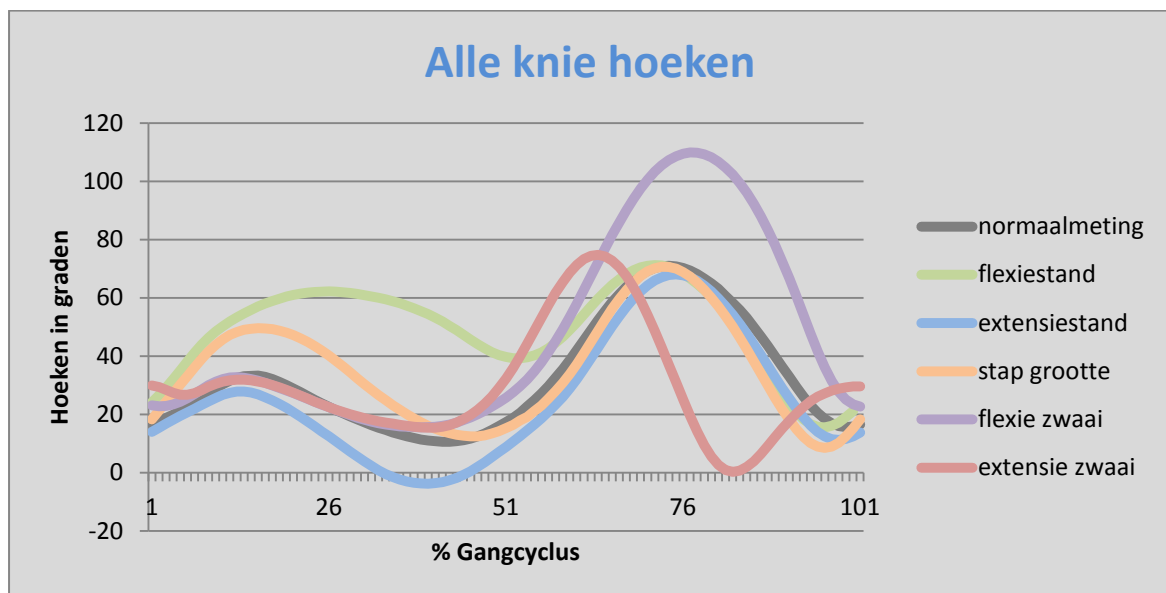
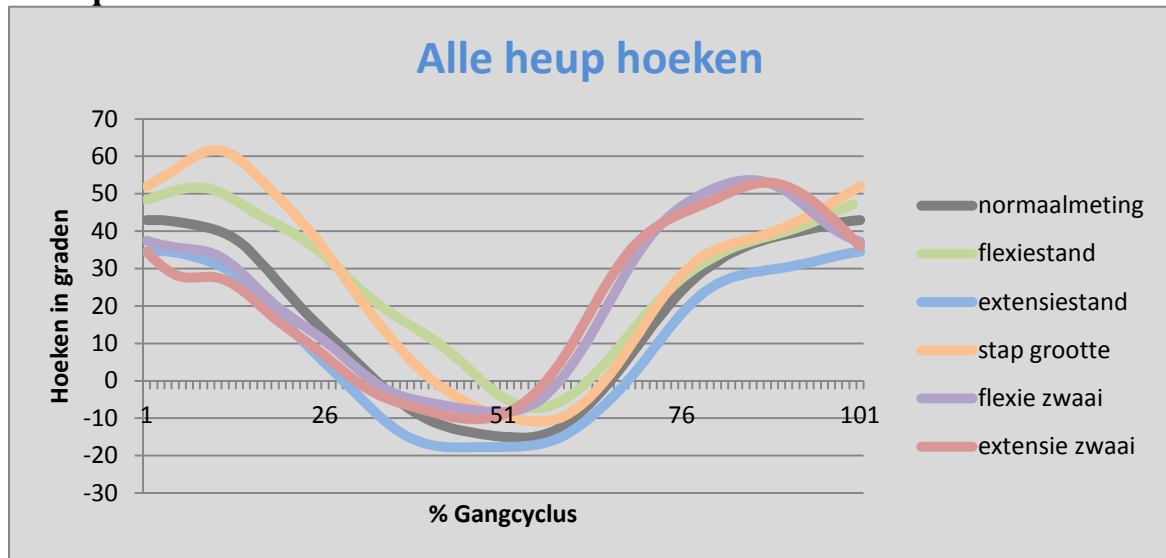
Proefpersoon 9



Proefpersoon 10



Proefpersoon 11



Bijlage 10 gegevens proefpersonen

	Pp1	Pp2	Pp3	Pp4	Pp5	Pp6	Pp7	Pp8	Pp9	Pp10	Pp11	Gem.	SD
Leeftijd in jaar	18	34	22	21	27	18	23	25	20	20	21	22,6	4,65
Gewicht in kg	55	70	65	82	85	57	71	60	66	65	82	68,9	10,3
Lengte in m	1.70	1.79	1,74	1.92	1,82	1,80	1,73	1,73	1,77	1.69	1,75	1,77	0,04

Tabel: De gegevens van de proefpersonen.

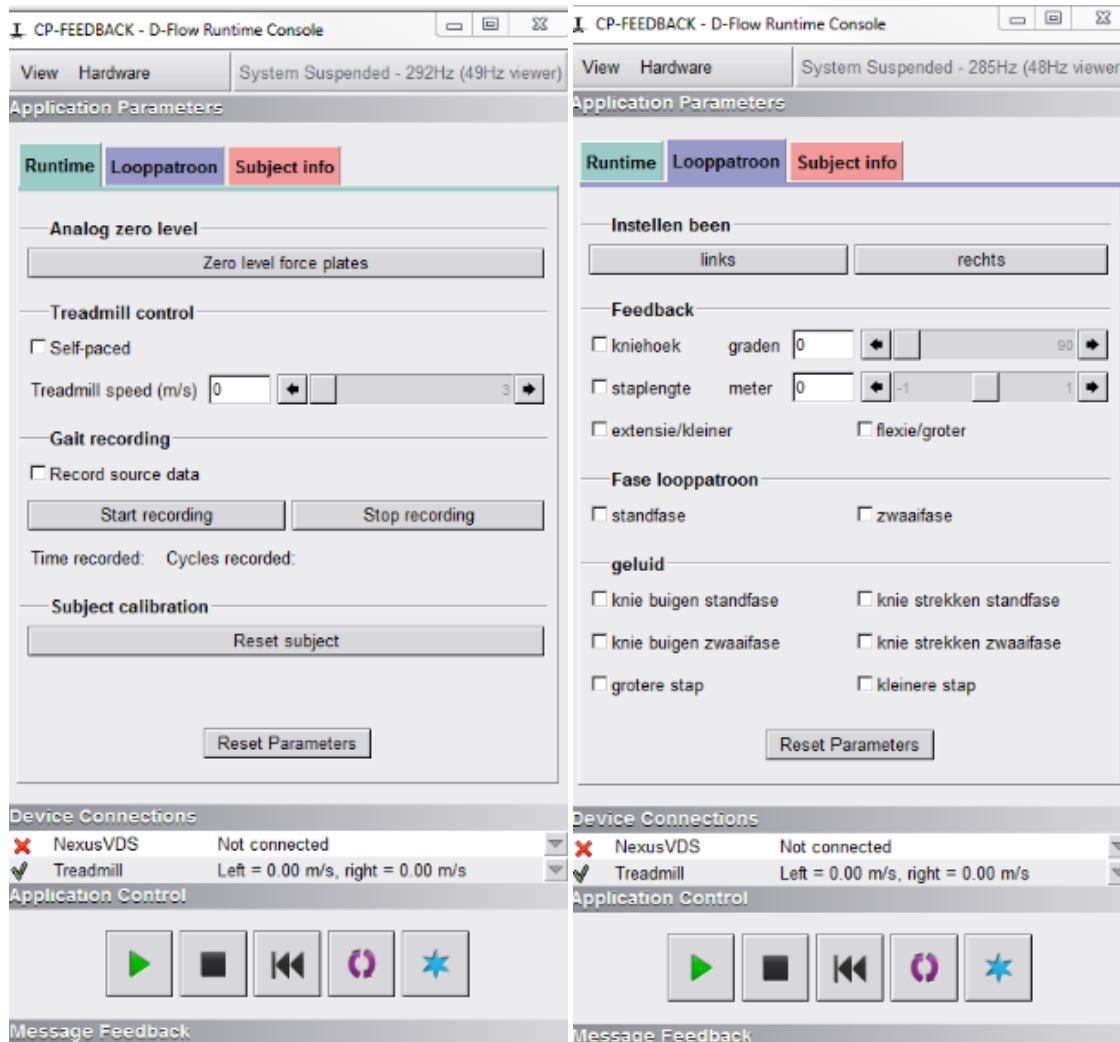
Bijlage 11 resultaten loopsnelheid en stapgrootte

Gemiddelde loopsnelheid in meter per seconden (m/s)													
	pp1	pp2	pp3	pp4	pp5	PP6	pp7	pp8	pp9	pp10	PP11	Gem.	SD
Normaal1	0,81	1,47	1,07	1,61	1,26	1,10	1,55	1,35	1,30	1,50	1,73	1,39	0,27
Normaal2	1,51	1,54	1,46	2,00	1,26	1,47	1,38	1,43	1,63	1,77	1,93	1,59	0,23
Flexie stand	1,11	1,20	1,15	1,75	0,79	1,11	1,12	0,88	1,04	1,98	1,69	1,27	0,38
Extensie stand	1,55	1,52	1,11	1,81	0,84	1,07	1,11	1,03	1,40	1,57	1,57	1,30	0,30
Flexie zwaai	0,70	1,44	1,39	1,50	1,02	1,05	1,15	1,51	1,25	1,93	1,43	1,37	0,32
Extensie zwaai	1,27	1,28	1,49	1,72	1,04	1,17	1,76	1,36	1,27	1,75	1,25	1,41	0,25
Stapgrootte	1.85	1,60	1,80	2,00	1,05	1,48	1,61	1,73	1,61	2,00	1,70	1,66	0,27
Stapgrootte in meters													
Normaal	0,85	0,84	0,84	0,89	0,72	0,72	0,84	0,75	0,76	0,80	0,97	0,81	0,08
Stapgrootte	1,18	1,15	1,06	1,17	0,79	1,03	0,90	0,94	0,93	1,06	1,04	1,02	0,13

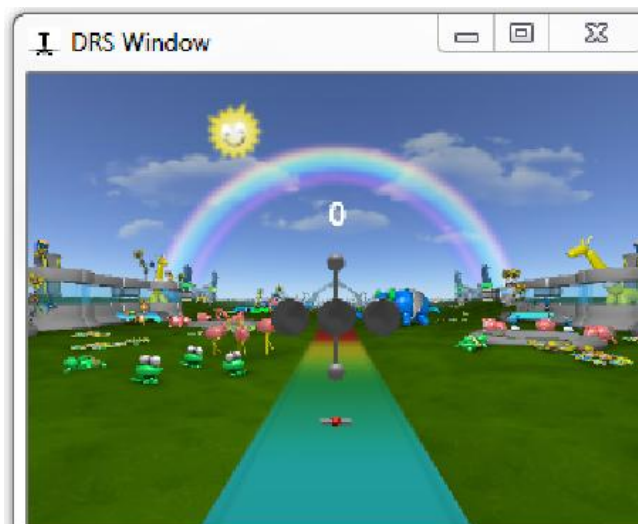
Tabel: De loopsnelheden van ieder proefpersoon met daarbij de gemiddelde loopsnelheid. Ook wordt er per test de SD (standaarddeviatie) weergegeven, welke de spreiding binnen de proefpersonen laat zien. Onderaan de tabel is de gemiddelde stapgrootte per proefpersoon met het gemiddelde en de daarbij horende SD waarde aangegeven.

Bijlage 12 De applicatie

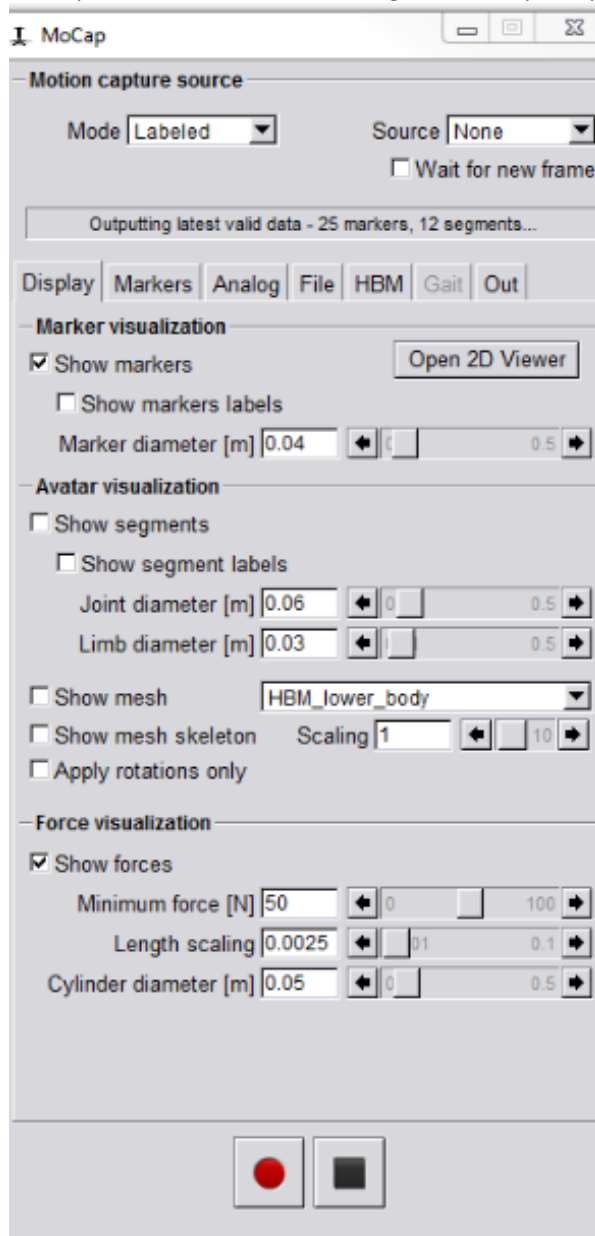
Runtime Console, waar alle instellingen worden ingevoerd en de loopband+applicatie wordt bediend.



DRS window, hier wordt de applicatie in weergegeven op het computerscherm.



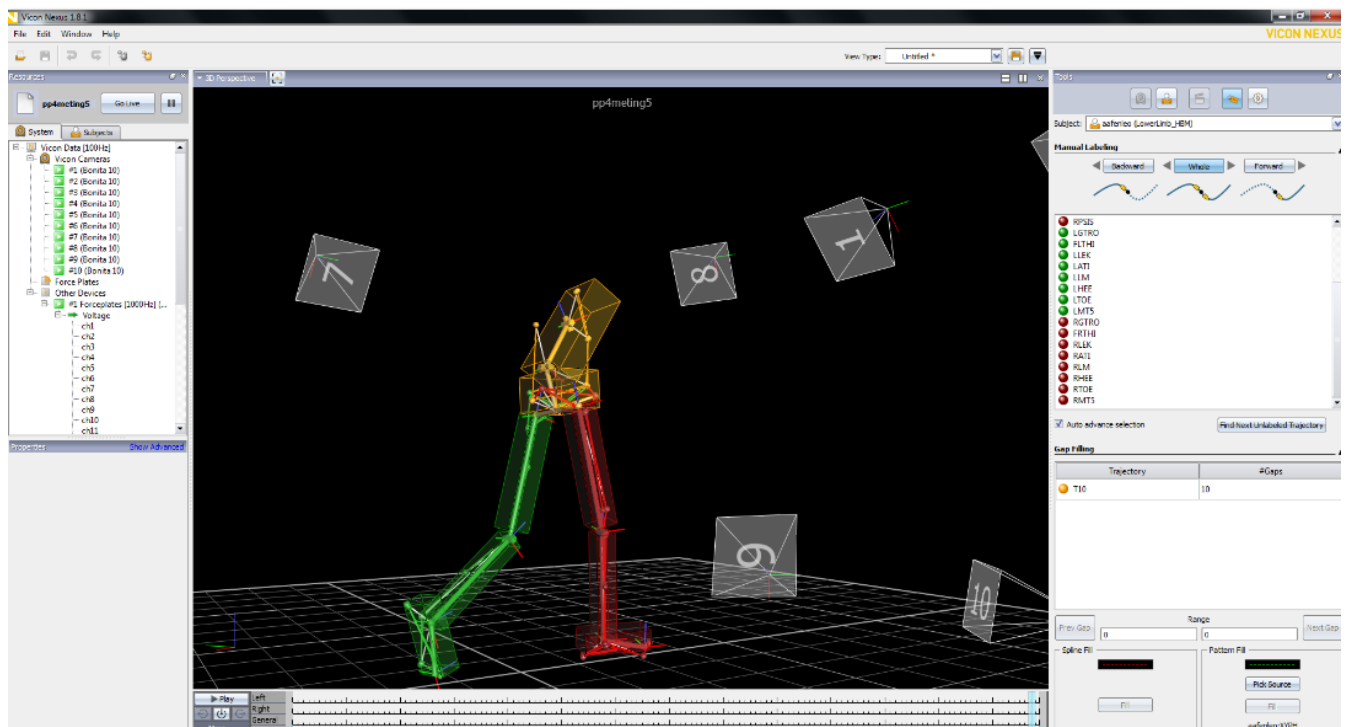
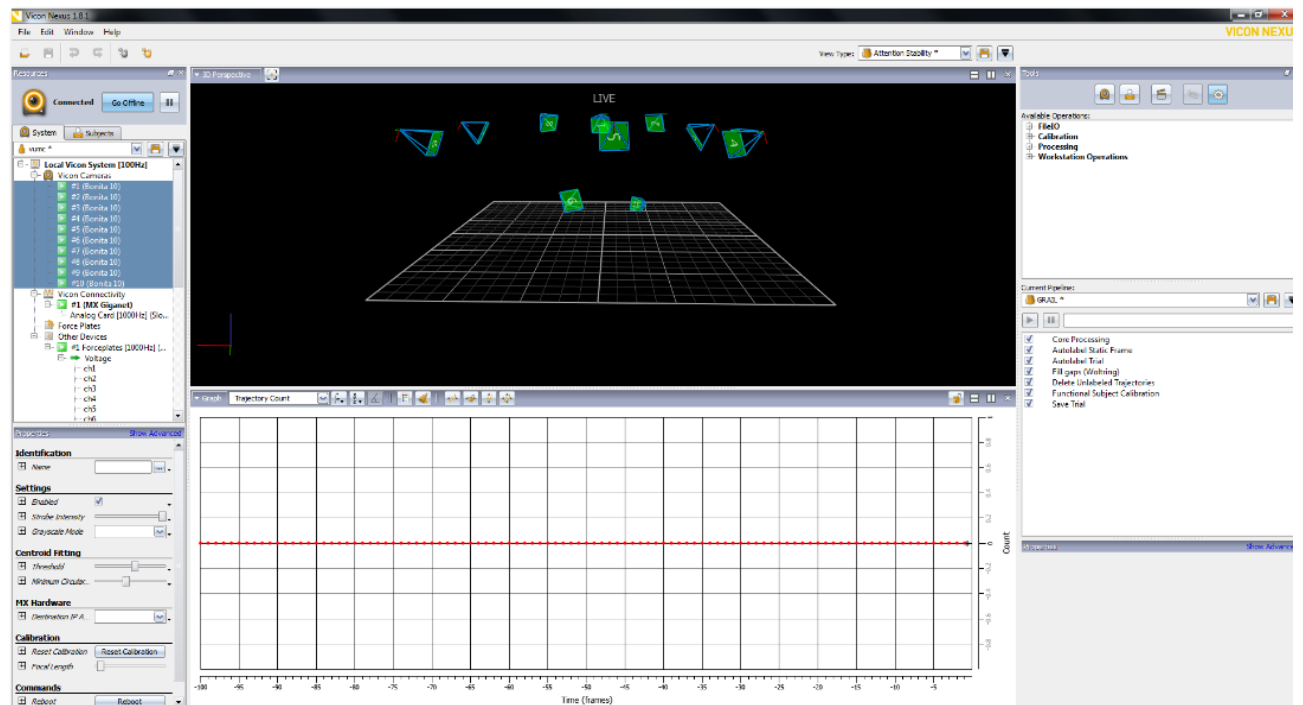
MoCap, hier worden de instellingen van de proefpersoon en markers



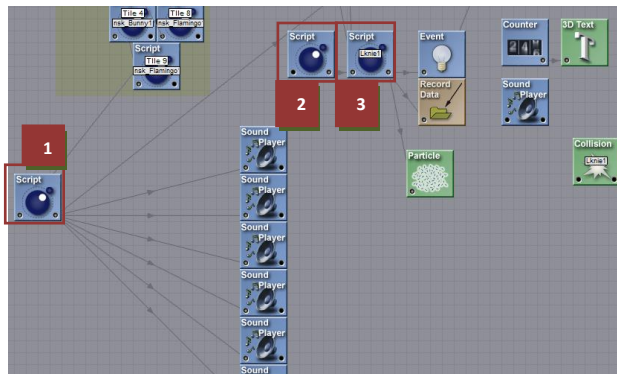
The screenshot displays the CP-FEEDBACK - D-Flow 3 software interface. The main workspace is a data flow editor showing a complex network of modules and connections. Key modules include 'Animal animations' (processing all animal animations), 'Scene control' (containing 'Light', 'Environment', 'Script', 'Camera', and 'CameraPost'), 'Start Countdown' (containing 'Object', 'Script', 'Sound', 'Generator', and 'Object'), and three graphs for 'Hip angles', 'Knee angles', and 'Ankle angle'. A 'Filename Editor' dialog is open in the foreground, showing input and output file paths. The interface also includes a 'Scene Explorer' on the left, a 'Data Flow Editor' in the center, and a 'Module Properties' panel on the right. The status bar at the bottom indicates '8:52:19 WRN At least one Buffered Operation failed'.

Vicon Nexus versie 1.8.1.

Hier worden de camera's en markers in weergegeven.



Bijlage 13 D-flow script



Script afbeelding 1:

```

volume = 50
Outputs.set(7,1)
soundeen = inputs.get('Input1')
if soundeen == 1 then
    outputs.set(1,volume)
    outputs.set(7,21)
end
soundtwee = inputs.get('Input2')
if soundtwee == 1 then
    outputs.set(2,volume)
    outputs.set(7,20)
end
sounddrie = inputs.get('Input3')
if sounddrie == 1 then
    outputs.set(3,volume)
    outputs.set(7,20)
end
soundvier = inputs.get('Input4')
if soundvier == 1 then
    outputs.set(4,volume)
    outputs.set(7,19)
end
soundvijf = inputs.get('Input5')
if soundvijf == 1 then
    outputs.set(5,volume)
    outputs.set(7,14)
end
soundzes = inputs.get('Input6')
if soundzes == 1 then
    outputs.set(6,volume)
    outputs.set(7,14)
end
end

```

Script afbeelding 2:

```
Lknie = Lknie or 1
Rknie = Rknie or 0
if hasaction("Custom 1")then
    Lknie = 1
    Rknie = 0
elseif hasaction("Custom 2")then
    Lknie = 0
    Rknie = 1
end
outputs.set(1, Lknie)
outputs.set(2, Rknie)
```

Script afbeelding 3:

```
initialization
init = init or 0
m = m or {}
bal = bal or {}
posy = posy or 0
slider = slider or 0
standfase = standfase or 1
previouskniey = previouskniey or 0
event = event or 0
event=0
fory = fory or 0
show = show or 0
prezwaaifaseinstel = prezwaaifaseinstel or 0
prestandfaseinstel = prestandfaseinstel or 0
knieflexie = knieflexie or 0
staplengte = staplengte or 0
--inputs
Lknie = inputs.get("Lknie")
Rknie = inputs.get("Rknie")
Lknieflexie = inputs.get("LknieFlexie")
Rknieflexie = inputs.get("RknieFlexie")
zwaafaseinstel = inputs.get("zwaafaseinstel")
standfaseinstel = inputs.get("standfaseinstel")
slider1 = inputs.get("slider")
slider2 = inputs.get("slider2")
Lheel = inputs.get ("LH")
Rheel = inputs.get ("RH")
kniehoekmeten = inputs.get ("kniehoekmeten")
```

```

staplengtemeten = inputs.get("staplengtemeten")
kleinermeten = inputs.get("kleiner")
grotermeten = inputs.get("groter")
--bepalen gewenste stand of zwaai fase
if prestandfaseinstel < standfaseinstel then
    gewildestandfase = 1
end
prestandfaseinstel = standfaseinstel
if prezwaai faseinstel < zwaai faseinstel then
    gewildestandfase = 0
end
prezwaai faseinstel = zwaai faseinstel
--bepalen welke knie L of R
if (Lknie == 1) then
    knieflexie = Lknieflexie
    staplengte = Rheel-Lheel
end
if (Rknie == 1) then
    knieflexie = Rknieflexie
    staplengte = Lheel-Rheel
end
--main program-----
-- bepalen toe off en heel strike voor stande en zwaai fase
if kniehoekmeten == 1 then
    slider = slider1/50
elseif staplengtemeten== 1 then
    slider = slider2*0.9
end
if hasaction("Custom 1") then
    if (Lknie ==1) then
        event = 0
        standfase = 1 event = 0
    end
end
if hasaction("Custom 2") then
    if (Rknie == 1)then
        event = 0
        standfase = 1
    end
end
if hasaction ("Custom 5") then
    if (Lknie ==1) then
        standfase = 0
    end
end
end

```

```

if hasaction ("Custom 6") then
    if (Rknie ==1) then
        standfase = 0
    end
end
-- positie rode balletje bepalen
if kniehoekmeten==1 then
    if Lknie == 1 then
        posy = (Lknieflexie/50+ 0.85)
    end
    if Rknie == 1 then
        posy = (Rknieflexie/50+ 0.85)
    end
elseif staplengtemeten==1 then
    if Lknie == 1 then
        posy = (staplengte*1+1.7)
    end
    if Rknie == 1 then
        posy = (staplengte*1+1.7)
    end
end
print(posy)

-- aanmaken objecten
for i = 1, 1 do
-- aanmaken rode balletje
    bal[i] = objects.get("Lknie"..i)
    bal[i]:setposition(0,posy,0)
    bal[i]:setscaling(0.2,0.2,0.2)
    bal[i]:setrotation(0,0,0)
-- aanmaken balkje
    balk = objects.get("balk")
    balk:setposition(0,1.75,0)
    balk:setscaling(0.075,1.8,0.075)
    balk:setrotation(0,0,0)
-- aanmaken top balletje
    topSphere = objects.get("top")
    topSphere:setposition(0,2.65,0)
    topSphere:setscaling(0.3,0.3,0.3)
    topSphere:setrotation(0,0,0)
-- aanmaken onderste balletje
    botSphere = objects.get("bot")
    botSphere:setposition(0,0.85,0)
    botSphere:setscaling(0.3,0.3,0.3)
    botSphere:setrotation(0,0,0)
-- aanmaken slider balk
    sliderBalk = objects.get("sliderBalk")
    if kniehoekmeten==1 then

```

```

        sliderBalk:setposition(0,slider + 0.85,0)
    elseif staplengtemeten==1 then
        sliderBalk:setposition(0,slider + 1.75,0)
    end
    sliderBalk:setscaling(0.5,0.1,0.1)
sliderBalk:setrotation(0,0,0)
end
if kniehoekmeten==1 then
    if grotermeten == 1 then
        if knieflexie >= (slider*50) then
            if gewildestandfase == standfase then
                event = 1      --collision
            end
        end
    end
    elseif kleinermeten == 1 then
        if knieflexie <= (slider*50) then
            if gewildestandfase == standfase then
                event = 1      --collision
            end
        end
    end
end
elseif staplengtemeten==1 then
    if grotermeten == 1 then
        if staplengte >= (slider*1) then
            if gewildestandfase == standfase then
                event = 1      --collision
            end
        end
    end
    elseif kleinermeten == 1 then
        if staplengte <= (slider*1) then
            if gewildestandfase == standfase then
                event = 1      --collision
            end
        end
    end
end
end
print(standfase)
print(gewildestandfase)
print(event)
previouskniey = posy
--outputs
outputs.set(1, Lknieflexie)
outputs.set(2, Rknieflexie)
outputs.set(3, event)
if kniehoekmeten==1 then
    outputs.set(5, slider + 0.85)
elseif staplengtemeten==1 then
    outputs.set(5, slider + 1.75)
end
--outputs.set(9, staplengte

```

Bijlage 14 Uitleg Ollie

Knie flexie in de standfase (1)

*Hoi,, ik ben Ollie de olifant wij gaan vandaag een spelletje spelen. Voor dit spelletje is het de bedoeling dat je je knie zo ver mogelijk buigt. Dit ga je doen door zo laag mogelijk te bukken als je voet de grond raakt. Wij gaan starten in 3 2 1 start.

Knie extensie in de standfase (2)

*Hoi,, ik ben Ollie de olifant wij gaan vandaag een spelletje spelen. Voor dit spelletje is het de bedoeling dat je je knie zo ver mogelijk uitstrekt. Dit ga je doen door je been te strekken als je voet de grond raakt. Wij gaan starten in 3 2 1 start.

Knie flexie in de zwaai fase (3)

*Hoi,, ik ben Ollie de olifant wij gaan vandaag een spelletje spelen. Voor dit spelletje is het de bedoeling dat je je knie zo ver mogelijk buigt. Dit ga je doen door met je hiel je proberen je billen aan te tikken. Wij gaan starten in 3 2 1 start.

Knie extensie in de zwaai fase (4)

* Hoi,, ik ben Ollie de olifant wij gaan vandaag een spelletje spelen. Voor dit spelletje is het de bedoeling dat je je knie zo ver mogelijk uitstrekt. Dit ga je doen door met je been naar voor te schoppen. Wij gaan starten in 3 2 1 start.

Bijlage 15 Krantenartikel

Tijdens een van onze metingen was er een journalist aanwezig. Dit krantenartikel is geschreven aan de hand van die meting en over wat er allemaal mogelijk is met de GRAIL. Het stuk is onder andere gepubliceerd in: het Noord-Hollands dagblad, Leidsch dagblad, Haarlems dagblad, Gooi en Eemlander.

Beter lopen in virtuele realiteit

Teletubbieland * Nauwkeuriger behandelen * Meer motivatie



Laura Heerleen
Inventarisatieruimte

Amsterdam * Proefpersoon Rick hangt al wandelend in zijn onderbroek in een tuigje, met uitzicht op een soort Teletubbieland. Het is geen rare droom, maar dagelijkse praktijk in het Virtual Reality Lab in VU Medisch Centrum. Het doel: kinderen met spasmus, Parkinsonpatiënten of bijvoorbeeld mensen na een beroerte beter leren lopen. De loopband stopt, Rick versnelt zijn pas en schiet op commando zijn voet vooruit. Het tuig voor- komt dat hij bij een verkeerde beweging van de band kukelt. Rick schiet goed: op de schermen raakt een balletje het doel. Punt gehaald. Rick is een van de gezonde volwassen proefpersonen, die meedoen aan een nieuw onderzoek naar de werking van het virtuele lab bij cerebrale parase.

Onderzoekster Marjolijn van der Krogt: „Dat is een bewegingsstoornis vanuit de hersenen, in de volmond ook wel spasme genoemd. Kinderen lopen vaak met gebogen knieën, kunnen hun benen lastig strekken. We laten ze dan schop-

pen op de loopband, enerzijds om ze beter te leren lopen, anderzijds om erachter komen waar het probleem nou precies zit, zijn het de hamstrings die te stijf of spastisch zijn, of stoppen ze wellicht te weinig kracht in de beweging? In het Virtual Reality Lab kunnen we dat analyseren en voor de kinderen is het een leuke ervaring. Je ziet echt dat ze meer gemotiveerd zijn door wat er om hen heen gebeurt.”

Achter het computerscherm zien de onderzoekers wat er gebeurt in Rick. Welke spieren hij gebruikt, of hoeveel druk er op zijn gewrichten gelegd wordt. Van der Krogt: „Neem mensen met knietrouwe. We kunnen hier zien hoe groot precies de belasting is. Meestal ligt de nadruk op de binnenkant van de knie. Als dat nou zo blijft, dan kunnen we adviseren om de romp wat te bewegen, of de voet iets anders neer te zetten.”

„Of denk aan mensen met een herseninfarct. Die moeten vaak opnieuw leren lopen. De kans bestaat dat ze, omdat een deel van de hersenen is aangetast, dat asymmetrisch gaan doen. Door ze uit te dagen om grote stappen te zetten op de loopband, wennen ze er wellicht aan om het zwakkere been

beter te gebruiken. De revalidatie-arts kan meestal ook wel inschatten wat iemands probleem is, maar door de virtuele middelen gaat het nauwkeuriger en kun je gericht- er behandelen.”

Op het scherm zijn de beenspieren van Rick te zien. Af en toe licht een deel op. „Dat is waar hij op dat moment kracht mee zet. Je kunt het meteen zien wanneer iemand bepaalde spieren te veel, of juist te weinig belast.”

Vervolgens vertelt Ollie de olifant wat Ricks volgende opdracht



Het wandelt prettiger en natuurlijker als de omgeving mee beweegt.

wordt. „Rick doet mee aan een onderzoek voor kinderen, maar voor volwassenen hebben we eigenlijk andere landschappen. Zo kun je bijvoorbeeld een boswande- ling maken of een heuvel op. Zo- lang het landschap maar mee beweegt is het goed. Je wandelt min- der prettig en natuurlijk als het beeld om je heen stilstaat.”

FOTO DIETRIK VAN DER LAAN