

HET VERKRIJGEN VAN NORMAALWAARDEN VOOR KLINISCHE GANGBEELDANALYSE VOOR HET SIMI MOTION® MEETSYSTEEM VAN SOPHIA REVALIDATIE

Bachelorscriptie Bewegingstechnologie De Haagse Hogeschool



Schrijvers: M. Kijzers: 13023225 & R.J.M. Zanders: 13028782

HET VERKRIJGEN VAN NORMAALWAARDEN VOOR KLINISCHE GANGBEELDANALYSE VOOR HET SIMI MOTION® MEETSYSTEEM VAN SOPHIA REVALIDATIE

Bachelorscriptie Bewegingstechnologie De Haagse Hogeschool



Opdrachtgever: Sophia Revalidatie

Deze scriptie bevat een onderzoek dat is uitgevoerd voor Sophia Revalidatie. Hierin zijn nieuwe normaalwaarden gecreëerd voor kinematica en spieractiviteit voor het nieuwe SIMI-meetsysteem van Sophia.

Schrijvers: M. Kijzers: 13023225
R.J.M. Zanders: 13028782

Datum: 13-06-2017

Begeleider 1: Dr. M.A.M. Berger

Begeleider 2: Dr. D. Wezenberg

Voorwoord

Deze bachelorscriptie is geschreven naar aanleiding van een afstudeeronderzoek van de opleiding Mens en Techniek/Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool, te Den Haag. Gedurende veertien weken hebben wij een onderzoek uitgevoerd voor Sophia Revalidatie te Delft. In dit onderzoek zijn normaalwaarden gecreëerd voor het nieuwe meetsysteem voor gangbeeldanalyse dat in gebruik is genomen door Sophia Revalidatie.

Tijdens onze stage bij SARAH Rehabilitation Hospitals in Brasilia, Brazilië hebben wij veel kennis opgedaan over gangbeeldanalyses en het werken met bijbehorende meetsystemen. Het enthousiasme en de ervaring die dit teweeggebracht heeft, heeft ons doen besluiten om dit onderzoek uit te voeren.

Deze scriptie is bedoeld voor iedereen die geïnteresseerd is in gangbeeldanalyses met bijbehorende meetsystemen. Ook kan het van meerwaarde zijn voor andere revalidatiecentra en/of ziekenhuizen die meer willen weten over het creëren van eigen normaalwaarden.

Via deze weg willen wij een aantal mensen bedanken. Allereerst natuurlijk Sophia Revalidatie, met in het bijzonder Martijn Stoker en Thijs Schilp, voor de kans om ons te ontwikkelen als bewegingstechnoloog. Zij hebben ons goed begeleid en stonden altijd voor ons klaar voor vragen. Verder willen wij onze eerste begeleider, Dr. M.A.M. Berger en tweede begeleider, Dr. D. Wezenberg bedanken. Zij hebben veel tips en bruikbare feedback gegeven gedurende het onderzoek. Als laatste, en zeker niet als minste, willen we alle proefpersonen bedanken die ons geholpen hebben met de metingen. Dankzij hen hebben we dit onderzoek tot een goed einde weten te brengen.

Wij wensen U veel plezier tijdens het lezen van deze scriptie.

Marloes Kijzers en Rob Zanders

Den Haag, 13-06-2017

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting 4

Inleiding 5

Methode 7

Proefpersonen 7

Meetapparatuur 7

Meting 8

Dataverwerking 10

Vergelijking met de literatuur 12

Resultaten 13

Discussie 18

Conclusie 21

Bronnen 22

Bijlagen 24

Bijlage I: Gangcyclus

Bijlage II: Meetprotocol

Bijlage III: Protocol plaatsing EMG Sensoren (Hermens et al., 1999)

Bijlage IV: Anamneseformulier

Bijlage V: Opnameformulier

Bijlage VI: Template bepalen comfortabele loopsnelheid

Bijlage VII: Template SIMI Aktisys 2D/3D voor berekenen uitkomstmaten kinematica

Bijlage VIII: Normaalwaarden Kinematica van Deckers en Beckers (1996)

Bijlage IX: Normaalwaarden spieractiviteit van Deckers en Beckers (1996)

Bijlage X: Normaalwaarden leeftijdsklasse 4-6 inclusief standaarddeviaties van het linkerbeen op comfortabele snelheid

Bijlage XI: Normaalwaarden leeftijdsklasse 4-6 inclusief verschillende snelheden (linkerbeen)

Bijlage XII: Normaalwaarden leeftijdsklasse 30-40 inclusief standaarddeviaties van het linkerbeen op comfortabele snelheid

Bijlage XIII: Normaalwaarden leeftijdsklasse 30-40 inclusief verschillende snelheden (rechterbeen)

Samenvatting

Sophia Revalidatie te Delft heeft een nieuw meetsysteem (SIMI-Motion®) aangeschaft waarmee klinische gangbeeldanalyses (observaties van het menselijk looppatroon) worden uitgevoerd. Deze analyses helpen bij het bepalen van het behandelplan van een patiënt. De uitkomstmaten van een klinische gangbeeldanalyse zijn spieractiviteit en kinematica van de onderste extremiteit. Voor de kinematica betreft dit de uitkomstmaten enkelhoek, kniehoek, dijhoek en Tibia in-/declinatie. De spieractiviteit wordt gemeten van de m. Rectus femoris, m. Vastus Lateralis, m. Vastus Medialis, m. Semitendinosus, m. Tibialis anterior, m. Gastrocnemius Lateralis, m. Gastrocnemius Medialis en m. Soleus. Sophia Revalidatie wil deze uitkomstmaten vergelijken met gezonde proefpersonen (normaalwaarden). De doelstelling van het onderzoek is het creëren van de normaalwaarden voor kinematica en spieractiviteit (EMG) van de onderste extremiteit voor kinderen en volwassenen op zowel comfortabele loopsnelheid als een $\pm 20\%$ lagere en $\pm 20\%$ hogere snelheid. Daarnaast is een doelstelling het creëren van een template om de kinematische uitkomstmaten automatisch te berekenen. Als laatste wordt bekeken of de verkregen normaalwaarden overeenkomen met de reeds bestaande normaalwaarden van Deckers en Beckers (1996) en Schwartz et al. (2008).

Aan dit onderzoek hebben zestien kinderen en zestien volwassenen deelgenomen. De proefpersonen zijn verdeeld over acht leeftijdsklassen (4-6 jaar, 7-9 jaar, 10-12 jaar, 13-15 jaar, 18-30 jaar, 30-40 jaar, 40-50 jaar, 50-60 jaar). Elke klasse bevat vier proefpersonen. Van iedere proefpersoon worden zowel het linker- als rechterbeen gemeten op drie verschillende snelheden. Hieruit ontstaat voor iedere uitkomstmaat een genormaliseerde grafiek van 0 tot 100% met de gemiddelde waarde en de standaarddeviatie. Van iedere leeftijdsklasse is vastgesteld met de *paired samples T-test* in het programma IBM SPSS Statistics dat de onderlinge correlatie boven de 0,7 is. Deze test is ook uitgevoerd om vast te stellen dat de correlatie boven de 0,7 is om de leeftijdsklassen van kinderen en volwassenen afzonderlijk samen te voegen.

De resultaten zijn vergeleken met de normaalwaarden van Deckers en Beckers (1996) en Schwartz et al. (2008). Voor de spieractiviteit is dit gedaan door te kijken op welk percentage van de gangcyclus er activiteit plaatsvindt. Voor de kinematica is dit gedaan door te kijken naar de grootte van de piek en op welk percentage van de gangcyclus deze piek plaatsvindt. Er is een aantal afwijkingen gevonden in het moment van spieractiviteit van de m. Rectus Femoris en m. Vastus Lateralis. Deze afwijkingen zijn ontkracht door het raadplegen van literatuur. De enkelhoek voor de leeftijdsklassen 4-6, 20-30 en 30-40 bevat te veel afwijkingen vergeleken met de literatuur. Dit komt doordat rotaties en translaties niet mee worden genomen bij het meten in 2D. Op grond hiervan wordt de aanbeveling gedaan om te starten met een onderzoek naar de mogelijkheid tot 3D-metingen.

Het template dat is aangemaakt is gevalideerd door middel van Kinovea®. Er wordt geadviseerd voor het gebruik van het template een statische meting uit te voeren van iedere proefpersoon. Hiermee kan een betrouwbaardere enkelhoek gemeten worden.

Er wordt geconcludeerd dat de normaalwaarden die gecreëerd zijn in dit onderzoek gebruikt kunnen worden door Sophia Revalidatie, met uitzondering van de enkelhoek voor de leeftijdsklassen 4-6, 20-30 en 30-40. Hiermee kunnen de patiënten sneller geholpen worden door in een korter tijdsbestek een behandelkeuze te maken. Verder wordt aangeraden de normaalwaarden van de kinderen en volwassenen afzonderlijk samen te voegen.

Inleiding

Sophia Revalidatie biedt grensverleggende medische revalidatie aan volwassenen, jongeren en kinderen door de combinatie van patiëntgerichte zorg, onderzoek en opleiding. Zij is een van de grootste revalidatiecentra in Nederland met vestigingen in Den Haag, Delft, Gouda en Zoetermeer. Bij de vestiging in Delft worden klinische gangbeeldanalyses (observaties van het menselijk looppatroon) uitgevoerd in een beweeglaboratorium. Bij Sophia Revalidatie worden op aanvraag van een revalidatiearts deze analyses uitgevoerd om het behandelplan beter te bepalen. Voorbeelden van zo'n behandelplan zijn; voorschrijven van een enkel-voet-orthese (EVO), Botuline Toxine (Botox) -behandeling, spieroperatie of orthopedisch schoeisel.

In het beweeglaboratorium in Delft is een nieuw systeem voor klinische gangbeeldanalyses aangeschaft, genaamd SIMI-Motion. Dit nieuwe systeem bevat vijf camera's die gebruik maken van Image based techniques (SIMI, 2014). In het beweeglaboratorium worden met deze camera's 2D-gangbeeldanalyses uitgevoerd met als uitkomstmaten grondreactiekracht, de hoekuitslagen van kinematica en de activatiepatronen van de spieractiviteit. Voor het bepalen van het behandelplan wordt bij de kinematica gekeken naar de uitkomstmaten kniehoek en enkelhoek over de gehele gangcyclus. Ook is de dielhoek, de hoek tussen het femur en de verticaal, een belangrijke uitkomstmaat voor de kinematica. Hierbij wordt gekeken of er in de *midswing* genoeg heupflexie plaatsvindt. Als laatste wordt in de *mid-stance* de Tibia in-/declinatie bepaald om te zien of er extra support nodig is om de knie te ondersteunen. Tibia in-/declinatie is de hoek tussen de Tibia en de verticaal. De spieractiviteit is een indicator om te bepalen of er een Botox-behandeling, een spiervlengende operatie of een EVO nodig is. Hierbij wordt gekeken in welke fase van de gangcyclus er spieractiviteit optreedt en of er sprake is van spasticiteit. De uitkomstmaat spieractiviteit wordt bepaald voor de volgende spieren: m. Rectus Femoris, m. Vastus Lateralis, m. Vastus Medialis, m. Semitendinosus, m. Tibialis Anterior, m. Gastrocnemius Medialis, m. Gastrocnemius Lateralis en de m. Soleus.

Sophia Revalidatie wil graag deze resultaten van haar patiënten vergelijken met gezonde proefpersonen. Dit wordt gedaan door het verkrijgen van de gemiddelde waarden voor iedere uitkomstmaat. Deze waarden dienen als referentie voor de klinische gangbeeldanalyse. Vanuit de opdrachtgever is de vraag gesteld om deze normaalwaarden te creëren voor kinematica en spieractiviteit van de onderste extremiteit.

Voor verschillende 2D-analyses bestaan al normaalwaarden van kinematica en spieractiviteit (Bovi et al., 2010, Öberg et al., 1993, Røislien et al., 2009 en Perry & Burnfield, 2010), waaronder ook die van SIMI-Motion (SIMI, 2014). Hieruit blijkt dat er kleine verschillen zijn in de spieractiviteit en hoekuitslagen tussen de verschillende onderzoeken. Tevens hebben Professor Jaap Harlaar en Professor Jules Becher van VU Medisch Centrum Amsterdam, tijdens het SMALLL-congres, Sophia Revalidatie aangeraden normaalwaarden te creëren voor ieder nieuw meetsysteem.

Leeftijd, geslacht en loopsnelheid hebben invloed op de activatiepatronen van de spieractiviteit en de hoekuitslagen van de kinematica (Sousa & Tavares, 2012 en Thakurta et al., 2016). Van een lage snelheid tot een hoge snelheid varieert de standfase van 56% tot 68% en de double support varieert van 14% tot 36% (Schwartz et al., 2008). Naast deze faseverschuiving beïnvloedt de loopsnelheid de piek van de hoekuitslagen. Naarmate de snelheid oploopt neemt de piek toe. Daarnaast neemt de spieractiviteit toe bij hogere snelheid, waarbij het moment van aanspannen niet verandert (Schwartz

et al., 2008). In het beweeglaboratorium bij Sophia Revalidatie worden zowel kinderen als volwassenen gemeten. Dit resulteert in wisselende loopsnelheden. Sophia Revalidatie heeft daarom de randvoorwaarde gesteld om de normaalwaarden te creëren op comfortabele loopsnelheid, $\pm 20\%$ hogere- en $\pm 20\%$ lagere snelheid dan comfortabel.

Voor de leeftijdsklassen is er met het team van het beweeglaboratorium besproken wat de focusgroepen zijn. Voor de kinderen is de leeftijdsklasse vier tot en met vijftien jaar omdat kinderen vanaf vier jaar cognitief voldoende ontwikkeld zijn om in opdracht een taak uit te voeren (Gelman 2014). De kinderen worden onderverdeeld in klassen van 4-6, 7-9, 10-12 en 13-15 jaar. Vanaf een leeftijd van zestig jaar wordt spiermassa afgebroken (Kyle et al., 2001). Dit resulteert in een verkleining van de hoekuitslagen (Ko et al., 2010). De volwassenen worden ingedeeld in de leeftijdsklassen 18-30, 30-40, 40-50 en 50-60 jaar.

De probleemstelling van het onderzoek is: Sophia Revalidatie kan haar uitkomstmaten van klinische gangbeeldanalyse met het nieuwe SIMI Motion®-meetsysteem niet vergelijken met normaalwaarden. De doelstelling van het onderzoek is het creëren van de normaalwaarden voor kinematica en spieractiviteit van de onderste extremiteit voor kinderen en volwassenen op zowel comfortabele loopsnelheid als een $\pm 20\%$ lagere en $\pm 20\%$ hogere snelheid dan comfortabel. Daarnaast is de doelstelling een template in Aktisys 2D/3D te ontwikkelen waarmee de kinematische uitkomstmaten automatisch berekend kunnen worden. Als laatste wordt bekeken of de verkregen normaalwaarden overeenkomen met de reeds bestaande normaalwaarden van Deckers en Beckers (1996) en Schwartz et al. (2008).

Methode

Proefpersonen

32 gezonde proefpersonen, waarvan zestien kinderen en zestien volwassenen, nemen deel aan het onderzoek. De inclusiecriteria zijn een leeftijd vanaf 4 jaar tot en met 60 jaar, met uitzondering van 16 tot 18, en het in staat zijn om 6 minuten aan één stuk te lopen. De exclusiecriteria zijn een cognitieve beperking dat kan leiden tot communicatieproblemen, historie van orthopedische of neurologische stoornissen die effect kunnen hebben op het looppatroon en de mogelijkheid tot stilstaan. Tevens zijn de exclusiecriteria historie van een TIA of CVA, medicijngebruik dat de spierfunctie of de balans kan beïnvloeden, diabetes en voet-, enkel-, knie- en/of heupoperaties (Sousa et al., 2015 en Sanchis-Sales et al., 2016). Om vast te stellen of een proefpersoon geschikt is, vult iedere proefpersoon voorafgaand een anamneseformulier in (Bijlage IV).

Meetapparatuur

Het meetsysteem dat gebruikt wordt bij het verkrijgen van de normaalwaarden is afkomstig van SIMI Reality Motion Systems®, Unterschleissheim. Het systeem bestaat uit 5 camera's van Basler (1394a/b, GigE) die gebruik maken van 'Image based techniques' (SIMI, 2014) (afbeelding 1). Deze meten met 100 frames per seconde, waardoor de video's van een hoge kwaliteit zijn.

In het beweeglaboratorium bij Sophia Revalidatie in Delft wordt gebruik gemaakt van de volgende twee softwareprogramma's: SIMI Motion® (versie 9.2.1) en SIMI Aktisys 2D/3D (versie 2.0.0). Met het programma SIMI Aktisys 2D/3D worden de kinematische uitkomstmaten berekend. In SIMI Motion worden de video-opnames gemaakt en vindt de nabewerking plaats. Dit softwareprogramma werkt interactief.

Om de spieractiviteit te bepalen wordt er gebruik gemaakt van Delsys Trigno™ Wireless EMG System. Dit systeem bevat acht draadloze sensoren die op de spierbuik worden geplakt. In afbeelding 2 is zo'n sensor te zien (zie afbeelding 4 voor plaatsing op lichaam).



Afbeelding 1: Basler Camera; met deze camera kan er een video gemaakt worden van hoge kwaliteit door de hoge frequentie en resolutie.



Afbeelding 2: EMG-sensor van Trigno. Deze sensor is in staat spieractiviteit in kaart te brengen.

Meting

Loopsnelheid:

De eerste stap van een meting is het bepalen van de comfortabele loopsnelheid. De normaalwaarden worden bepaald op drie verschillende snelheden; comfortabel, comfortabel +20% en comfortabel -20%. Om deze loopsnelheden te bepalen wordt de volgende test uitgevoerd;

De proefpersoon loopt zestien keer dezelfde afstand (7,5 meter) op het tempo wat voor hem of haar comfortabel is. De tijden van deze afstanden worden ingevoerd in het template (bijlage VI). Hiermee worden automatisch de drie snelheden berekend.

Plaatsing markers en EMG-sensoren:

De passieve markers worden op de Trochanter Major, Gewrichtsspleet van de knie, Malleolus Lateralis en Os Metatarsale V geplaatst (zie afbeelding 3).

De EMG-plaatsing wordt gedaan volgens het SENIAM-protocol (Hermens et al., 1999) (zie bijlage III). De sensoren worden geplaatst op de m. Rectus Femoris, m. Vastus Lateralis, m. Vastus Medialis, m. Semitendinosus, m. Tibialis Anterior, m. Gastrocnemius Medialis, m. Gastrocnemius Lateralis en m. Soleus (zie afbeelding 4).



Afbeelding 3: Markerplaatsing voor het verkrijgen van de uitkomstmaten van de kinematica; 1: Trochanter Major, 2: Gewrichtsspleet knie, 3: Malleolus Lateralis, 4: Os Metatarsale V.



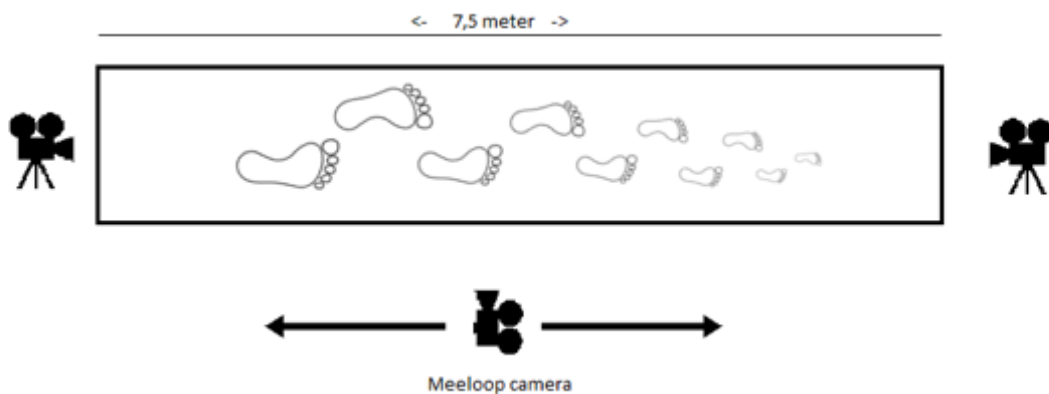
Afbeelding 4: Plaatsing EMG-sensoren volgens SENIAM-protocol; Links ventraal aanzicht, rechts dorsaal aanzicht. 1: m. Rectus Femoris, 2: m. Vastus Lateralis, 3. m. Vastus Medialis, 4. m. Semitendinosus, 5. m. Tibialis Anterior, 6. m. Gastrocnemius Medialis, 7. m. Gastrocnemius Lateralis, 8. m. Soleus.

Meting:

Van beide zijden (linker- en rechterbeen) worden er vier type metingen gedaan. De dynamische metingen worden gedaan over een afstand van 7,5 meter (zie afbeelding 5). De metingen zien er als volgt uit:

1. Statische meting: De proefpersoon staat gedurende 5 seconden in neutrale positie.
2. Twee dynamische metingen op comfortabele snelheid.
3. Twee dynamische metingen op 20% sneller dan de comfortabele snelheid
4. Twee dynamische metingen op 20% langzamer dan de comfortabele snelheid

Van iedere meting wordt de tijd opgenomen, met uitzondering van de statische meting. Hiermee vindt een controle plaats of de proefpersoon niet te snel of te langzaam loopt. De proefpersoon mag tot 0,5 seconde sneller of langzamer lopen. Is dit niet het geval moet de meting opnieuw uitgevoerd worden. Het volledige meetprotocol is weergegeven in bijlage II.



Afbeelding 5: Meetopstelling. Er wordt gelopen over een afstand van 7,5 meter, waarbij gefilmd wordt met frontale, dorsale en sagittale camera's.

Dataverwerking

Om het template voor de kinematische uitkomstmaten te genereren is eerst een omschrijving van deze uitkomstmaten noodzakelijk.

Kniehoek:

De kniehoek wordt berekend tussen de markers op de Trochanter Major, gewrichtsspleet van de knie en Malleolus Lateralis. Bij Sophia Revalidatie wordt een volledig gestrekte knie, en dus een hoek van 180° beschreven als een hoek van 0° . Bij flexie zal de hoek positief zijn en bij extensie negatief (zie afbeelding 6).

Enkelhoek:

De enkelhoek wordt berekend tussen de markers op de gewrichtsspleet van de knie, de Malleolus Lateralis en Os Metatarsale V. Deze hoek wordt gezien als 0° bij de statische opname in neutrale positie. Bij dorsaalflexie is de hoek positief en bij plantairflexie negatief (zie afbeelding 7).

Tibia in-/declinatie:

De Tibia in-/declinatie wordt berekend met behulp van de markers op de gewrichtsspleet van de knie en op de Malleolus Lateralis. De hoek wordt berekend tussen deze ontstane lijn en de verticaal (zie afbeelding 8). Bij inclinatie is de Tibia naar voren geroteerd, met het draaipunt in de Malleolus Lateralis, en de waarde negatief. Bij declinatie is de Tibia naar achteren geroteerd, met het draaipunt in de Malleolus Lateralis, en de waarde positief.

De dijhoek:

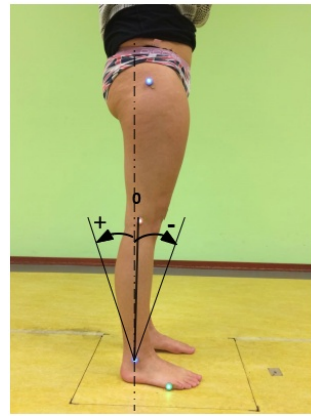
De dijhoek wordt bepaald met behulp van de markers op de Trochanter Major en de gewrichtsspleet van de knie. De hoek wordt berekend tussen deze ontstane lijn en de verticaal (zie afbeelding 9). Bij anteflexie is de dijhoek positief en bij retroflexie negatief.



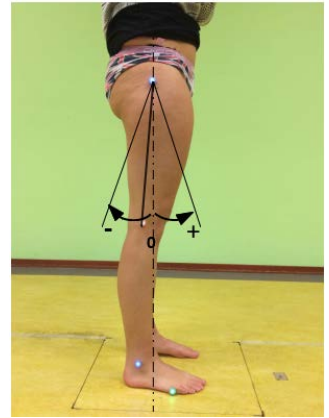
Afbeelding 6: Definitie kniehoek. Neutrale positie (0°) is bij een volledig gestrekte knie. Flexie ten opzichte van de neutrale positie is positief, extensie is negatief.



Afbeelding 7: Definitie enkelhoek. De neutrale positie wordt bepaald met een statische opname. Dorsaalflexie ten opzichte van de neutrale positie is positief, plantairflexie is negatief.



Afbeelding 8: Definitie Tibia in-/declinatie; de hoek die de lijn op de Tibia maakt met de verticaal in de ruimte. Bevindt de Tibia zich voor de lijn spreekt men van Tibia inclinatie en is de waarde negatief. Is de Tibia achter de verticaal wordt gesproken van Tibia declinatie en is de waarde positief.



Afbeelding 9: Definitie dijhoek. De hoek die de lijn op het femur maakt met de verticaal. Bevindt het femur zich voor de lijn is de waarde positief, erachter negatief.

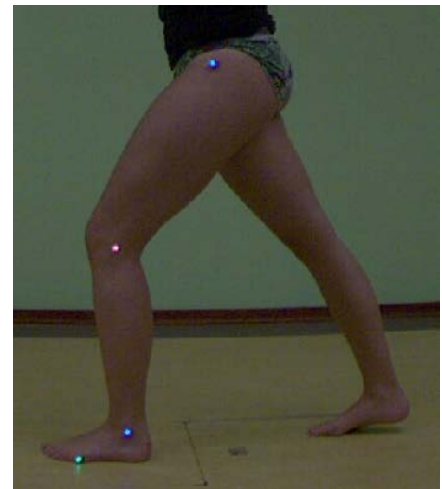
Van deze uitkomstmaten wordt in SIMI Aktisys 2D/3D een template gecreëerd dat de hoeken automatisch berekend gedurende het gaan. Iedere marker heeft een specifieke kleur (zie afbeelding 3). Iedere uitkomstmaat heeft hierdoor een unieke kleurencombinatie die wordt aangegeven in het template (zie bijlage VII). Daarna zijn de gegevens uit tabel 1 bepaald, waarmee de hoek tussen de markers wordt berekend. Wanneer de uitkomstmaten automatisch gegenereerd zijn, worden deze in het Motion-bestand ingeladen.

Tabel 1 – Gegevens voor het berekenen van de kinematische uitkomstmaten om het template aan te maken.

**Deze offset is bepaald door middel van de statische opname.*

	Offset	Negate	Clockwise	Angle Range	Biofeedback
<i>Links Tibia de-/inclinatie</i>	0	Uit	Uit	-180-180	-180
<i>Links Dijhoek</i>	0	Uit	Uit	-180-180	-180
<i>Links Kniehoek</i>	-180	Uit	Aan	0-360	-180
<i>Links Enkelhoek</i>	*	Uit	Aan	0-360	-180
<i>Rechts Tibia de-/inclinatie</i>	0	Aan	Uit	-180-180	-180
<i>Rechts Dijhoek</i>	0	Aan	Uit	-180-180	-180
<i>Rechts Kniehoek</i>	180	Aan	Aan	0-360	-180
<i>Rechts Enkelhoek</i>	*	Uit	Aan	-180-180	-90

Om vast te stellen of het template valide is, wordt de volgende test uitgevoerd. Een proefpersoon neemt een houding aan (zie afbeelding 10). Van deze houding wordt zowel met het template in Aktisys 2D/3D als in Kinovea® de kniehoek en de enkelhoek bepaald. Als deze hoeken overeenkomen kan het template als valide beschouwd worden.



Afbeelding 10 – Houding waarin het template in Aktisys gevalideerd wordt met Kinovea®

Na de meting zijn de ongefilterde EMG-data opgeslagen in het Motion-bestand. Om het signaal te filteren wordt een 20 Hertz (Hz) high-pass filter en een 2 Hz low-pass filter gebruikt (De Luca et al., 2010). Hierna worden de events *initial contact* en *terminal swing* (Bijlage I) aangegeven in de video-opname. Dit wordt gedaan voor acht schreden verdeeld over de twee metingen per snelheid per been. De software is in staat om deze schreden na het aangeven van de events te normaliseren. In Motion kan er van deze genormaliseerde schreden een *envelope* berekend worden, die het gemiddelde bepaalt.

Het resultaat is een genormaliseerde grafiek van 0 tot 100% met de gemiddelde waarde van de uitkomstmaat binnen een leeftijdsklasse. Hierin is de standaarddeviatie meegenomen, waarbij de boven- en ondergrens respectievelijk 1 keer plus en min de standaarddeviatie is ($\pm 69\%$) (SIMI, 2014). Deze grafieken worden gecreëerd van alle uitkomstmaten, op iedere snelheid en voor elke leeftijdsklasse. De waarden van deze grafieken worden opgeslagen als *textfiles*. Doordat SIMI Motion® een interactief programma is kan de revalidatiearts en/of onderzoeker voor iedere patiënt afzonderlijk bepalen welke normaalwaarden nodig zijn en hiervan het *textfile* inladen in het Motion-bestand.

Voor elke uitkomstmaat bij elke snelheid wordt afzonderlijk bepaald of er een goede correlatie is tussen vier proefpersonen binnen één leeftijdsklasse. Dit wordt gedaan met het programma IBM SPSS Statistics (versie 20). Hiervoor wordt de *paired samples T-test* gebruikt. Deze test kan alleen uitgevoerd worden tussen twee groepen (Baarda et al., 2014). Daarom wordt de correlatiefactor bepaald voor elke mogelijke combinatie van twee proefpersonen binnen dezelfde leeftijdsklasse. Hierdoor ontstaan er per uitkomstmaat zes correlatiefactoren, die uiteindelijk gemiddeld worden tot één correlatiefactor. Is de gemiddelde correlatiefactor per uitkomstmaat binnen een leeftijdsklasse hoger dan 0,7, dan wordt deze uitkomstmaat gemiddeld van de vier proefpersonen. Indien alle correlatiefactoren hoger zijn dan 0,7, wordt dezelfde *paired samples T-test* uitgevoerd om de leeftijdsklassen afzonderlijk samen te voegen tot een groep kinderen en een groep volwassenen.

Vergelijking met de literatuur

De resultaten van de kinematica en spieractiviteit op comfortabele snelheid wordt vergeleken met de normaalwaarden van Deckers en Beckers (1996) (bijlage VIII en IX). In dit onderzoek is alleen gekeken naar het moment van aanspanning gedurende de gangcyclus. Tevens is er gekeken naar de grootte van de hoekuitslagen in het knie-, enkel- en heupgewricht. Bij Sophia Revalidatie wordt bij kinematica gekeken naar de hoogte van de pieken en op welk percentage van de gangcyclus deze pieken plaatsvinden. Bij spieractiviteit betreft dit op welk percentage van de gangcyclus er aanspanning plaatsvindt. De vergelijking wordt gedaan door te kijken naar deze drie indicaties. Hierbij is de voorwaarde gesteld dat voor de kinematica de hoogte van de piek $\pm 3^\circ$ mag afwijken en er $\pm 3\%$ afwijking mag zijn in het moment van de piek gedurende de gangcyclus. Voor de spieractiviteit geldt dat er $\pm 3\%$ afwijking mag zijn in het moment van spieractiviteit gedurende de gangcyclus. Van de Tibia in-/declinatie is geen bestaande normaaldata.

De resultaten van kinematica en spieractiviteit op de verschillende snelheden worden vergeleken met de normaalwaarden van Schwartz et al. (2008). In het onderzoek van Schwartz et al. (2008) zijn 83 gezonde jongeren met een leeftijd tussen de 4 en 17 jaar betrokken. Hierbij is gekeken naar de invloed van vijf verschillende snelheden op de spieractiviteit, kinematische en kinetische parameters. Er is gemeten met 12 camera's van Vicon MX® waarbij gebruik is gemaakt van het standaard *plug-in gait model*. De spieractiviteit is gemeten met oppervlakte EMG. Bij de vergelijking van de kinematica wordt gekeken of de hoekuitslagen groter zijn en eerder plaatsvinden bij een hogere snelheid, evenals in het onderzoek van Schwartz et al. (2008). Bij de spieractiviteit wordt gekeken of er hogere spieractiviteit is bij een hogere snelheid.

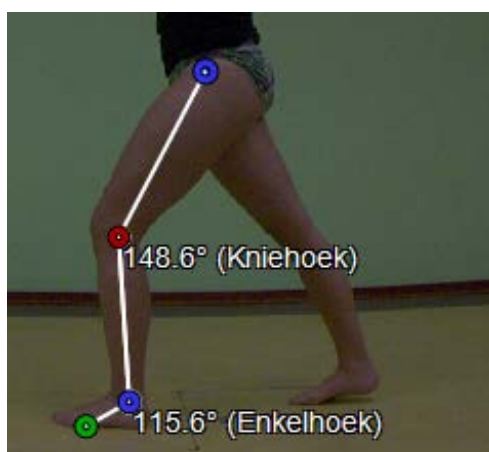
Resultaten

In tabel 2 is een overzicht te zien van de 32 proefpersonen die hebben deelgenomen aan dit onderzoek.

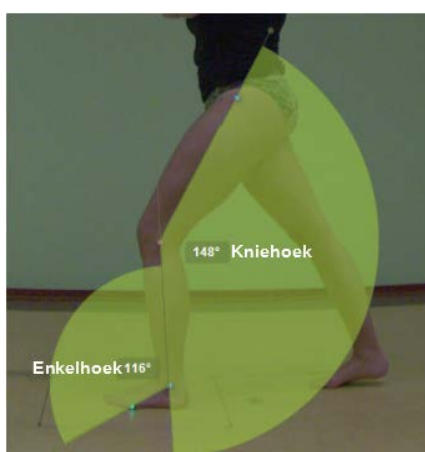
Tabel 2: Weergave van het aantal gebruikte proefpersonen; er is aangegeven hoeveel mannen en vrouwen er gebruikt zijn. Ook is het gemiddelde lichaamsgewicht met bijbehorende standaarddeviatie gegeven.

	<i>Proefpersonen Volwassenen</i>	<i>Proefpersonen kinderen</i>
<i>Aantal mannen</i>	8	5
<i>Aantal Vrouwen</i>	8	11
<i>Lichaamsgewicht (kg) + std</i>	74 ± 9,71	33,5 ± 14,7
<i>Lichaamslengte (cm) + std</i>	177 ± 0,07	136 ± 0,22

In afbeelding 11 en 12 is de test om het template te valideren weergegeven. Hierin worden de kniehoek en enkelhoek die berekend zijn door het template vergeleken met de hoeken die bepaald zijn in Kinovea®.



Afbeelding 11 – Enkelhoek en Kniehoek bepaald met behulp van het template.



Afbeelding 12 – Enkelhoek en Kniehoek bepaald met behulp van Kinovea®.

In de tabellen 3, 4 en 5 staan de gemiddelde correlatiefactoren van elke uitkomstmaat bij iedere snelheid binnen elke leeftijdsklasse. In tabel 6 staan de gemiddelde correlatiefactoren van elke uitkomstmaat om de groepen kinderen en volwassenen samen te voegen.

Tabel 3: Gemiddelde correlatiefactoren voor elke uitkomstmaat binnen elke leeftijdsklasse voor de comfortabele loopsnelheid. R: Rechterbeen. L: Linkerbeen

Uitkomstmaat bij Comfortabele snelheid		Tibia in -/ declinatie		Dijhoek		Enkelhoek		Kniehoek	
	Been	R	L	R	L	R	L	R	L
Leeftijdsklasse									
4-6 jaar		0,986	0,979	0,946	0,985	0,789	0,925	0,961	0,932
7-9 jaar		0,992	0,996	0,989	0,983	0,935	0,933	0,940	0,986
10-12 jaar		0,983	0,991	0,981	0,946	0,827	0,949	0,961	0,947
13-15 jaar		0,859	0,966	0,994	0,997	0,876	0,843	0,988	0,982
18-30 jaar		0,997	0,998	0,932	0,986	0,908	0,936	0,960	0,988
30-40 jaar		0,987	0,987	0,862	0,935	0,882	0,920	0,966	0,946
40-50 jaar		0,983	0,983	0,986	0,986	0,930	0,959	0,959	0,930
50-60 jaar		0,982	0,982	0,992	0,987	0,897	0,909	0,975	0,962

Tabel 4: Gemiddelde correlatiefactoren voor elke uitkomstmaat binnen elke leeftijdsklasse voor de comfortabele loopsnelheid -20%. R: Rechterbeen. L: Linkerbeen

Tabel 5: Gemiddelde correlatiefactoren voor elke uitkomstmaat binnen elke leeftijdsklasse voor de comfortabele

Uitkomstmaat bij Comfortabele snelheid -20%		Tibia in -/ declinatie		Dijhoek		Enkelhoek		Kniehoek	
Been		R	L	R	L	R	L	R	L
Leeftijdsklasse									
4-6 jaar		0,982	0,995	0,952	0,989	0,815	0,831	0,944	0,979
7-9 jaar		0,995	0,991	0,989	0,977	0,906	0,898	0,939	0,920
10-12 jaar		0,988	0,977	0,951	0,948	0,848	0,821	0,936	0,829
13-15 jaar		0,996	0,991	0,992	0,992	0,891	0,843	0,979	0,986
18-30 jaar		0,997	0,998	0,967	0,994	0,878	0,818	0,967	0,930
30-40 jaar		0,990	0,988	0,986	0,951	0,926	0,869	0,976	0,969
40-50 jaar		0,977	0,983	0,984	0,730	0,916	0,915	0,950	0,809
50-60 jaar		0,985	0,984	0,994	0,983	0,768	0,848	0,986	0,976

loopsnelheid +20%. R: Rechterbeen. L: Linkerbeen

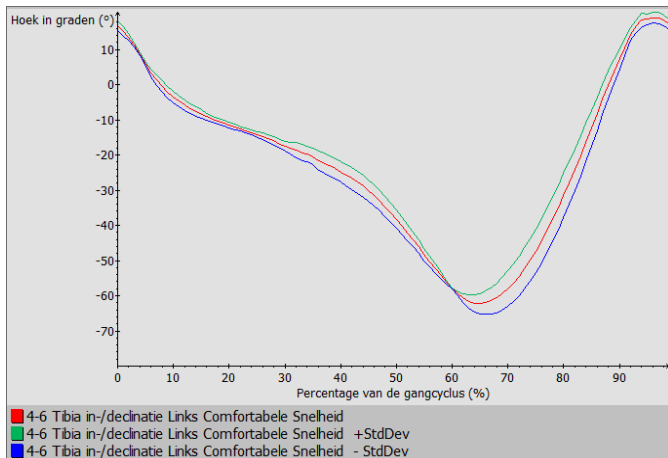
Tabel 6: Gemiddelde correlatiefactoren voor elke uitkomstmaat op iedere snelheid van de groep kinderen en volwassenen. C

Uitkomstmaat bij Comfortabele snelheid +20%		Tibia in -/ declinatie		Dijhoek		Enkelhoek		Kniehoek	
Been		R	L	R	L	R	L	R	L
Leeftijdsklasse									
4-6 jaar		0,989	0,989	0,967	0,955	0,768	0,912	0,968	0,968
7-9 jaar		0,992	0,995	0,989	0,980	0,939	0,960	0,972	0,961
10-12 jaar		0,973	0,997	0,952	0,988	0,801	0,820	0,922	0,715
13-15 jaar		0,993	0,994	0,985	0,992	0,844	0,849	0,967	0,932
18-30 jaar		0,998	0,998	0,941	0,994	0,887	0,949	0,966	0,990
30-40 jaar		0,994	0,986	0,991	0,987	0,898	0,932	0,983	0,970
40-50 jaar		0,989	0,971	0,987	0,985	0,934	0,905	0,772	0,945
50-60 jaar		0,985	0,977	0,987	0,969	0,926	0,929	0,979	0,977

is lopen op comfortabele snelheid, +20% is lopen op comfortabele snelheid +20% en -20% is lopen op comfortabel snelheid -20%. R: Rechterbeen. L: Linkerbeen

		Tibia in -/ declinatie		Dijhoek		Enkelhoek		Kniehoek	
Been		R	L	R	L	R	L	R	L
Proefpersoon groep									
Kinderen C		0,993	0,999	0,997	0,994	0,946	0,949	0,997	0,993
Kinderen +20%		0,994	0,995	0,996	0,996	0,949	0,909	0,988	0,989
Kinderen -20%		0,995	0,996	0,996	0,995	0,957	0,891	0,988	0,981
Volwassenen C		0,999	0,997	0,996	0,996	0,970	0,969	0,996	0,991
Volwassenen +20%		0,997	0,998	0,995	0,997	0,978	0,957	0,995	0,956
Volwassenen -20%		0,999	0,998	0,992	0,995	0,961	0,941	0,994	0,994

In de grafieken 1 en 2 zijn de normaalwaarden van de Tibia in-/declinatie weergegeven in de leeftijdsklassen 4-6 en 30-40. Het betreft de comfortabele snelheid van het linkerbeen waarbij de standaarddeviatie is weergegeven.

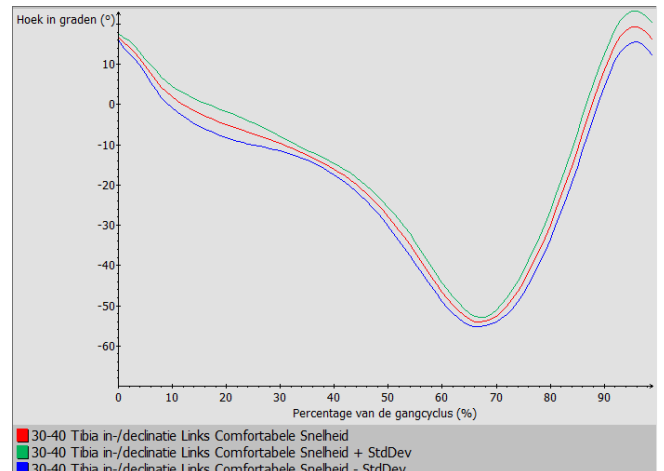


Grafiek 1 – Normalwaarden Tibia in-/declinatie van 0-100%. Het betreft de comfortabele snelheid van het linkerbeen in de leeftijdsklasse 30-40.

Rood: Gemiddelde waarde

Groen: Gemiddelde waarde + standaarddeviatie

Blauw: Gemiddelde waarde – standaarddeviatie



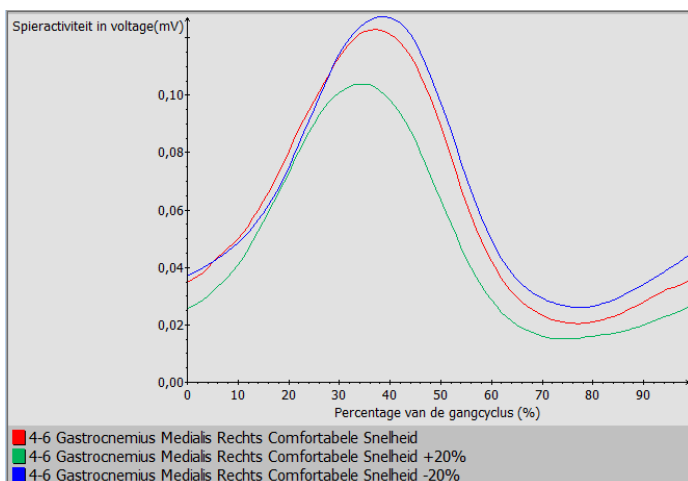
Grafiek 2 – Normalwaarden Tibia in-/declinatie van 0-100%. Het betreft de comfortabele snelheid van het linkerbeen in de leeftijdsklasse 4-6.

Rood: Gemiddelde waarde

Groen: Gemiddelde waarde + standaarddeviatie

Blauw: Gemiddelde waarde – standaarddeviatie

In de grafieken 3 en 4 zijn de normaalwaarden van de m. Gastrocnemius Medialis weergegeven in de leeftijdsklassen 4-6 en 30-40. Het betreft de spier van het rechterbeen op de drie verschillende snelheden.

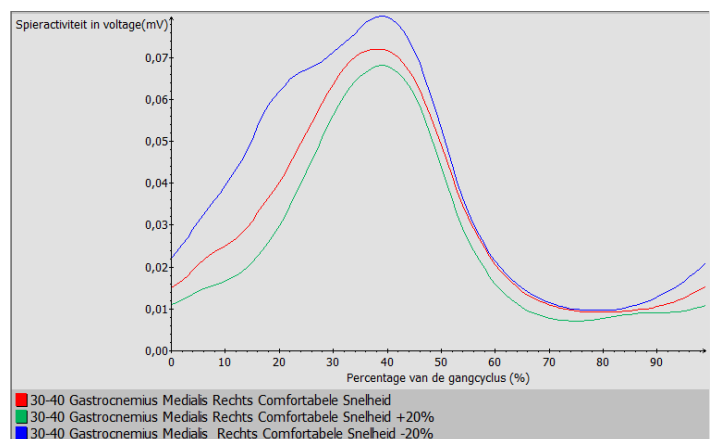


Grafiek 3 – Normalwaarden m. Gastrocnemius Medialis van 0-100%. Het betreft de normaalwaarden op de verschillende snelheden van het rechterbeen in de leeftijdsklasse 30-40.

Rood: Comfortabele Snelheid

Groen: Comfortabele Snelheid +20%

Blauw: Comfortabele Snelheid -20%



Grafiek 4 – Normalwaarden m. Gastrocnemius Medialis van 0-100%. Het betreft de normaalwaarden op de verschillende snelheden van het rechterbeen in de leeftijdsklasse 4-6.

Rood: Comfortabele Snelheid

Groen: Comfortabele Snelheid +20%

Blauw: Comfortabele Snelheid -20%

De overige grafieken van deze twee leeftijdsklassen worden weergegeven in bijlage X, XI, XII en XIII. De normaalwaarden van de overige leeftijdsklassen worden als *textfiles* opgeleverd aan Sophia Revalidatie.

Tabel 7 geeft de vergelijking van de normaalwaarden van de kinematica op comfortabele snelheid met de normaalwaarden van Deckers en Beckers (1996). De grootte van de afwijking wordt in de desbetreffende aangegeven in graden.

Tabel 7: Vergelijking van de normaalwaarden van de kinematica op comfortabele snelheid met de normaalwaarden van Deckers en Beckers (1996). +: Overeenkomen van normaalwaarden met normaalwaarden uit de literatuur. Bij een afwijking is de grootte van de afwijking in graden aangegeven. TSt: Terminal Stance. MSt: Mid Stance. TSw: Terminal Swing.

	Been	Dijhoek		Enkelhoek		Kniehoek	
		R	L	R	L	R	L
Leeftijdsklasse							
4-6 jaar		+	+	+	+	+10° MSt	+10° MSt
7-9 jaar		+	+	+	+	+10° MSt	+10° MSt
10-12 jaar		+	+	+	+	+10° MSt	+10° MSt
13-15 jaar		+	+	-5° TSt -6° TSw	-5° TSt -10° TSw	+10° MSt	+10° MSt
18-30 jaar		+	+	-5° TSt -5° TSw	-5° TSt -5° TSw	+10° MSt	+10° MSt
30-40 jaar		+	+	-5° TSt -5° TSw	-5° TSt -8° TSw	+10° MSt	+10° MSt
40-50 jaar		+	+	+	+	+10° MSt	+10° MSt
50-60 jaar		+	+	+	+	+10° MSt	+10° MSt

Tabel 8 geeft de vergelijking van de normaalwaarden van de spieractiviteit op comfortabele snelheid met de normaalwaarden van Deckers en Beckers (1996). Bij een afwijking in het moment van spieractiviteit is dit aangegeven met het percentage van de gangcyclus waarop deze afwijking plaatsvindt.

Tabel 8: Vergelijking van de normaalwaarden van de spieractiviteit met de normaalwaarden van Deckers en Beckers (1996). +: Overeenkomen van de normaalwaarden met de uit de literatuur. ..%: het percentage van de gangcyclus waarmee de normaalwaarde afwijkt van de literatuur. Rfem: m. Rectus Femoris. Valat: m. Vastus Lateralis. Vamed: m. Vastus Medialis Semi: m. Semitendinosus. Tibant: m. Tibialis Anterior. Gamed: Gastrocnemius Medialis. Galat: m. Gastrocnemius Lateralis. So: m. Soleus.

	Been	Rfem		Valat		Vamed		Semi		Tibant		Gamed		Galat		So	
		L	R	L	R	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
Leeftijdsklasse																	
4-6 jaar		22%	22%	±60%	±60%	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7-9 jaar		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10-12 jaar		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13-15 jaar		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20-30 jaar		+	+	±60%	±60%	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30-40 jaar		87%	87%	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
40-50 jaar		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50-60 jaar		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabel 9 geeft de vergelijking van de normaalwaarden van de kinematica op de verschillende snelheden weer met de normaalwaarden van Schwartz et al. (2008).

Tabel 9: Vergelijking van de normaalwaarden van de kinematica op de verschillende snelheden zijn vergeleken met Schwartz et al(2008). +: Overeenkomen van normaalwaarden met normaalwaarden uit de literatuur. R: Rechterbeen L: Linkerbeen

		Dijhoek		Enkelhoek		Knieshoek	
Leeftijdsklasse	Been	R	L	R	L	R	L
	4-6 jaar	+	+	+	+	+	+
	7-9 jaar	+	+	+	+	+	+
	10-12 jaar	+	+	+	+	+	+
	13-15 jaar	+	+	+	+	+	+
	18-30 jaar	+	+	+	+	+	+
	30-40 jaar	+	+	+	+	+	+
	40-50 jaar	+	+	+	+	+	+
	50-60 jaar	+	+	+	+	+	+

Tabel 10 geeft de vergelijking van de normaalwaarden van de spieractiviteit op de verschillende snelheden weer met de normaalwaarden van Schwartz et al. (2008).

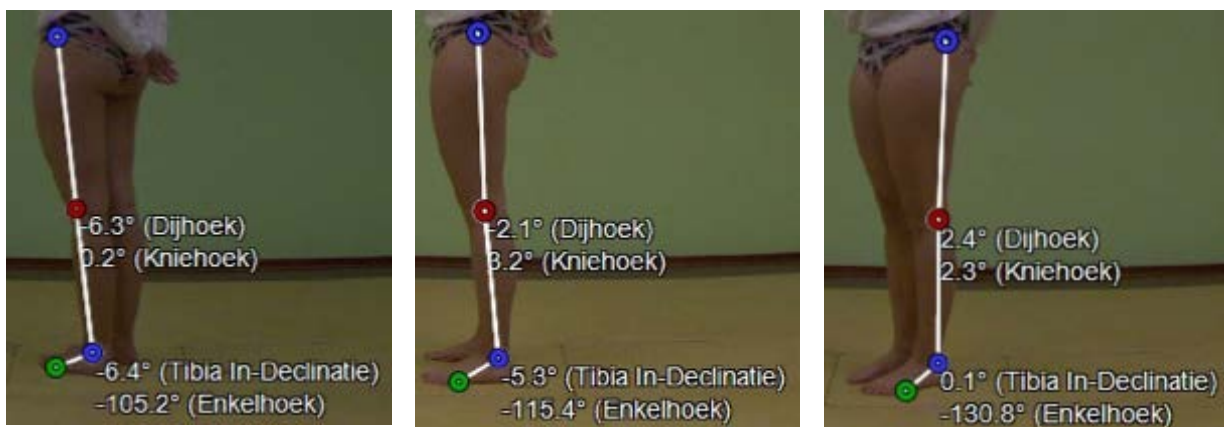
Tabel 10: Vergelijking van de normaalwaarden van de spieractiviteit op de verschillende snelheden met de normaalwaarden Schwartz et al.(2008). +: Overeenkomen van de normaalwaarden met de uit de literatuur. Rfem: m. Rectus Femoris. Valat: m. Vastus Lateralis. Vamed: m. Vastus Medialis Semi: m. Semitendinosus. Tibant: m. Tibialis Anterior. Gamed: Gastrocnemius Medialis. Galat: m. Gastrocnemius Lateralis. So: m. Soleus.

	Rfem		Valat		Vamed		Semi		Tibant		Gamed		Galat		So	
Been	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
Leeftijdsklasse																
4-6 jaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7-9 jaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10-12 jaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13-15 jaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20-30 jaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30-40 jaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
40-50 jaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50-60 jaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Discussie

Opvallend is dat bij alle leeftijdsklassen bij *initial contact* de kniehoek $\pm 10^\circ$ is terwijl dit bij Deckers en Beckers (1996) 0° is. Tijdens het analyseren van de videobeelden is te zien dat de knie in deze fase niet volledig gestrekt is. Daarnaast is de kniehoek in *loading response* 10° meer. In de *loading response* vindt flexie plaats om de schok van het neerkomen te absorberen. Doordat de kniehoek bij *initial contact* al 10° meer is, vindt er gedurende de *loading response* ook meer flexie plaats dan bij Deckers en Beckers (1996). Omdat bij alle leeftijdsklassen dezelfde afwijking is gevonden kan worden verwacht dat dezelfde afwijking plaatsvindt bij klinische gangbeeldanalyse. Hieruit wordt geconcludeerd dat de normaalwaarden gebruikt kunnen worden.

De piekwaarden van de enkelhoek wijken af bij de leeftijdsklassen 13-15, 20-30 en 30-40 ten opzichte van Deckers en Beckers (1996). Deze afwijkingen bevinden zich in de fasen *terminal stance* en *terminal swing*. Tijdens de *terminal stance* vindt er $\pm 5^\circ$ te weinig dorsaalflexie plaats en tijdens de *terminal swing* $5-10^\circ$ te veel plantairflexie. Tijdens het analyseren van de videobeelden was te zien dat er enige rotatie plaatsvindt in de voet gedurende het gaan. Omdat er gemeten is in 2D en hierin rotaties niet worden meegenomen, is er een test uitgevoerd om te bepalen hoeveel afwijking er optreedt door rotatie. Er zijn statische opnames gemaakt in drie verschillende posities van een proefpersoon t.o.v. de camera; de neutrale stand, 30° naar binnen en 30° naar buiten (zie afbeelding 13). Hiervan is de statische enkelhoek berekend in SIMI Aktisys 2D/3D. In afbeelding 13 is te zien dat de enkelhoek bij een stand van 30° naar binnen een onderschatting maakt en bij 30° naar buiten een overschatting. Dit onderzoek wordt bevestigd door de literatuur; Deckers en Beckers (1996) zeggen dat in het begin van de standfase de voorvoet in eversiestand staat. De rest van de standfase gaat de voet naar een inversiestand. Bij elkaar bedraagt deze beweging gedurende de standfase zes graden. Deze zes graden worden niet meegerekend in de 2D-metingen, waardoor de enkelhoek minder betrouwbaar wordt. Hieruit wordt geconcludeerd dat de normaalwaarden van de enkelhoek gebruikt kunnen worden met uitzondering van de leeftijdsklassen 13-15, 20-30 en 30-40. Er wordt hierdoor aanbevolen te starten met een onderzoek naar de mogelijkheid tot 3D-metingen. Met het meten in 3D worden rotaties en translaties meegenomen.



Afbeelding 13: Onderzoek om aan te tonen wat de oorzaak is van de uitschieters in de offset voor de enkelhoek. Het betreft drie statische opnamen waarin de enkelhoek wordt bepaald; 30° links geroteerd (links), neutraal (midden), 30° rechts geroteerd (rechts). De uiterste verschillen ($105,2^\circ$ en $130,8^\circ$) komen overeen met de uitschieters in de offset.

In de leeftijdsklassen 4-6 en 20-30 is van de m. Vastus Lateralis geen spieractiviteit gevonden in de overgang van de *pre swing* naar de *initial swing*. In deze fase is de grondreactiekracht verder naar voren verplaatst, waardoor een extensiemoment in de knie plaatsvindt (Deckers en Beckers, 1996). De m. Quadriceps Femoris (m. Rectus Femoris, m. Vastus Medialis, m. Vastus Lateralis en m. Vastus Intermedius) zorgen voor het extenderen van de knie. In de leeftijdsklassen 4-6 en 20-30 is bij m. Rectus Femoris en de m. Vastus Medialis wel activiteit gevonden gedurende deze fase. Tevens stelt Di Nardo et al. (2016) dat de m. Vastus Lateralis aanspanningspatronen heeft met 2, 3 of 4 momenten van aanspanning. Hierin wordt gesteld dat er van de m. Vastus Lateralis in het patroon met twee momenten van aanspanning vindt er geen spieractiviteit plaats tussen de 58% en 65%. Hieruit wordt geconcludeerd dat de normaalwaarden van de m. Vastus Lateralis gebruikt kunnen worden.

Van de m. Rectus Femoris in de leeftijdsklasse 4-6, stopt het eerste activatiemoment tijdens de *loading response* na $\pm 22\%$. In deze fase zijn de m. Quadriceps Femoris actief en dienen als schokdemping (Deckers en Beckers, 1996). Deze spieractiviteit neemt gedurende de *mid-stance* ($\pm 30\%$ van de *gangcyclus*) af. In deze leeftijdsklasse zijn de m. Vastus Medialis en m. Vastus Lateralis wel actief tot $\pm 30\%$. Deze spieren zijn onderdeel van de m. Quadriceps Femoris. Dit kan een mogelijke verklaring zijn van eerdere inactiviteit van de m. Rectus Femoris. Tevens is er bij het onderzoek van Di Nardo et al. (2016) activiteit van de m. Rectus Femoris tot $\pm 20\%$ van de *gangcyclus*. In de leeftijdsklasse 30-40 begint de laatste activiteit van de m. Rectus Femoris tijdens het begin van de *terminal swing* op $\pm 87\%$ van de *gangcyclus*. In de *mid-swing*, de fase voorafgaande aan de *terminal swing*, verplaatst het onderbeen zich door middel van een slingerbeweging naar voren. Gedurende de *terminal swing* worden de m. Quadriceps Femoris actief om deze slingerbeweging af te maken. In het onderzoek van Di Nardo et al. (2016) begint het aanspanningsmoment van de m. Rectus Femoris op $\pm 85\%$. Vanuit deze gegevens wordt geconcludeerd dat de normaalwaarden van de m. Rectus Femoris gebruikt kunnen worden.

Op basis van het vergelijken met de literatuur en het overeenkomen van de uitkomstmaten binnen de leeftijdsklassen, wordt ervan uitgegaan dat de normaalwaarden valide zijn en in gebruik genomen kunnen worden door Sophia Revalidatie.

De correlatiefactoren om de leeftijdsklassen van kinderen samen te voegen en volwassenen samen te voegen zijn allemaal boven de 0,8. Er wordt aan Sophia Revalidatie aanbevolen om de normaalwaarden van kinderen en volwassenen afzonderlijk samen te voegen. Hierdoor bevat elke groep meer data.

Door het vergelijken van het template met Kinovea® is er aangetoond dat het template om de kinematische uitkomstmaten te berekenen valide is. De aanbeveling wordt gedaan om het template als volgt in gebruik te nemen: maak voor elke meting een statische opname van de patiënt, met gebruik van de markerplaatsing van dit onderzoek (Trochanter Major, gewrichtsspleet knie, Malleolus Lateralis, Os Metatarsale V). De enkelhoek die uit de statische opname komt, wordt ingevuld als offset in het template. Hiermee kunnen de kinematische parameters automatisch berekend worden.

Limitaties

Tijdens het opstellen van het plan van aanpak voor dit onderzoek werd ervan uitgegaan dat 3D-gangbeeldanalyse mogelijk was. Bij de start van dit afstudeeronderzoek bleek er vertraging te zijn geweest bij het leveren en installeren van het meetsysteem. Hierdoor bleek 3D-analyse nog niet mogelijk. Er is getracht dit toch mogelijk te maken, maar helaas was dit na 5 weken nog niet het geval. Hierdoor is er besloten over te gaan op 2D-gangbeeldanalyse. Het nadelige gevolg hiervan is dat er minder proefpersonen gemeten konden worden dan gewenst. Er zijn er maar vier proefpersonen binnen één leeftijdsklasse gemeten. Indien er bij één of twee van de proefpersonen een afwijking in de uitkomstmaten zit, gaat er relatief veel data verloren, wat de betrouwbaarheid niet ten goede komt. Door deze vertraging is er echter veel kennis opgedaan van het meetsysteem met bijbehorende software. Hierdoor kon het template voor de kinematische uitkomstmaten gemaakt worden en namen de metingen hoogstwaarschijnlijk minder tijd in beslag.

Klinische relevantie

Dit onderzoek heeft ervoor gezorgd dat Sophia Revalidatie sneller en makkelijker een behandelplan kan opstellen voor een patiënt. Allereerst heeft het template ervoor gezorgd dat de kinematische uitkomstmaten die van belang zijn snel gemeten kunnen worden. Er hoeft geen gebruik meer te worden gemaakt van bijvoorbeeld een goniometer om deze uitkomstmaten te meten. Dit versnelt het proces van de nabewerking van een meting. Verder heeft Sophia Revalidatie nu de beschikking over de normaalwaarden van spieractiviteit en kinematica. De behandelend arts of fysiotherapeut kan beide grafieken (van de patiënt en de normaalwaarden) naast elkaar leggen om te zien waar er verschillen te zien zijn. Ook dit vergemakkelijkt het proces van de behandelkeuze.

Aanbevelingen

Er wordt geadviseerd om de uitkomstmaten van de klinische gangbeeldanalyses te normaliseren tot een schrede van 0 tot 100%. Doordat SIMI Motion® een interactief programma is kunnen de uitkomstmaten van de patiënt in één grafiek geplaatst worden met de normaalwaarden van dit onderzoek. Hierdoor kan er snel en nauwkeurig bepaald worden waar een mogelijke afwijking van de patiënt aanwezig is. Daarnaast wordt aanbevolen een onderzoek te starten naar de mogelijkheid tot het meten in 3D, omdat aangetoond is dat rotaties een negatieve invloed hebben op de kinematische uitkomstmaten. Er wordt geadviseerd de normaalwaarden van de enkelhoek niet te gebruiken van de leeftijdsklassen 13-15, 20-30 en 30-40. Hiervan is aangetoond dat de afwijking te groot is. De normaalwaarden van de overige leeftijdsklassen kunnen wel in gebruik genomen worden. Om het template in gebruik te nemen wordt geadviseerd om dezelfde markerplaatsing als in dit onderzoek te hanteren. Daarbij wordt ook geadviseerd om van iedere patiënt een statische opname uit te voeren en als offset in te voeren. Als laatste wordt aanbevolen om de leeftijdsklassen van kinderen en volwassenen afzonderlijk samen te voegen.

Conclusie

De doelstelling van dit onderzoek was het creëren van de normaalwaarden voor kinematica en spieractiviteit van de onderste extremiteit voor kinderen en volwassenen op zowel comfortabele loopsnelheid als een $\pm 20\%$ lagere en $\pm 20\%$ hogere snelheid dan comfortabel. Daarnaast was een doelstelling het ontwikkelen van een template om de kinematische uitkomstmaten automatisch te berekenen. Als laatste is bekeken of de verkregen normaalwaarden overeenkomen met de reeds bestaande normaalwaarden van Deckers en Beckers (1996) en Schwartz et al. (2008).

Dit onderzoek heeft aangetoond dat de normaalwaarden gebruikt kunnen worden door Sophia Revalidatie, met uitzondering van de enkelhoek in de leeftijdsklassen 4-6, 20-30 en 30-40. Hierbij waren de afwijking met de literatuur te groot. Dit komt doordat de metingen zijn verricht in 2D, waarbij rotaties en translaties niet worden meegenomen. Door dit gegeven wordt aanbevolen een onderzoek te starten naar de mogelijkheid tot het meten in 3D.

Er is een template gecreëerd dat de kinematische uitkomstmaten automatisch berekend gedurende een gangbeeldanalyse. Het gaat hierbij om de uitkomstmaten kniehoek, enkelhoek, dijhoek en Tibia-in/declinatie. Er is aangetoond door middel van Kinovea® dat het template valide is en dat deze in gebruik genomen kan worden door Sophia Revalidatie. Hierbij wordt aanbevolen dezelfde markerplaatsing te gebruiken als in dit onderzoek.

Bronnen

- Baarda, B., Van Dijkum, C., & De Goede, M. (2014). *Basisboek statistiek met SPSS* (5e ed.). Groningen, Nederland: Noordhoff Uitgevers B.V.
- Bovi, G., Rabuffetti, M., Mazzoleni, P., & Ferrarin, M. (2010). A multiple-task gait analysis approach: Kinematic, kinetic and EMG reference data for healthy young and adult subjects. *Gait & Posture*, 33, 6-13. doi:10.1016/j.gaitpost.2010.08.009
- De Luca, C. J., Gilmore, L. D., Kuznetsov, M., & Roy, S. H. (2010). Filtering the surface EMG signal: Movement artifact and baseline noise contamination. *Journal of Biomechanics*, 43, 1573-1579. doi:10.1016/j.jbiomech.2010.01.027
- Deckers, J.H.M., Beckers, D.M.L. (1996). *Ganganalyse en looptraining voor de paramedicus*. Houten/Diegem, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum
- Di Nardo, F., Mengarelli, A., Strazza, A., Maranesi, E., Burattini, L., Fioretti, S. (2016). Are the Rectus Femoris and Vastus Lateralis Concurrently Recruited During Walking?. *IFMBE Proceedings*, 57, 42-45. Doi: 10.1007/978-3-319-32703-7_9
- Gelman, D. L. (2014). Kids 4-6: "The muddy middle". *A list apart*, 398, 24-30.
- Hermens, H. J., Freriks, B., Merletti, R., Stegeman, D., Blok, J., Rau, G., . . . Hägg, G. (1999). *European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy* (2e ed.). Enchede, Nederland: Roessingh Research and Development b.v..
- Kharb, A., Saini, V., Jain, Y. K., & Dhiman, S. (2011). A review of gait cycle and its parameters. *IJCEM International Journal of Computational Engineering & Management*, 13, 78-83.
- Ko, S., Hausdorff, J. M., & Ferrucci, L. (2010). Age-associated differences in the gait pattern changes of older adults during fast-speed and fatigue conditions: results from the Baltimore longitudinal study of ageing. *Age and Ageing*, 39 (6), 688-694. doi:10.1093/ageing/afq113
- Kyle, U. G., Gendon, L., Hans, D., Karsegard, L., Slosman, D. O., & Pichard, C. (2001). Original Communication Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 19 and 94 years.. *European Journal Clinical Nutrition*, 55, 663-672.
- Geraadpleegd van
<http://search.proquest.com/openview/4b3d3f1d74e1e5d9ef12bea54598e2bd/1?pgorigsite=gscholar&cbl=33883>
- Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). *Gait Analysis: Normal and Pathological Function* (2e ed.). New Jersey, Verenigde Staten: SLACK Incorporated.
- Røislien, J., Skare, Gustavsen, M., Broch, N. L., Rennie, L., & Opheim, A. (2009). Simultaneous estimation of effects of gender, age and walking speed. *Gait & Posture*, 30, 441-445. doi:10.1016/j.gaitpost.2009.07.002
- Sanchis-Sales, E., Sancho-Bru, J. L., Roda-Sales, A., & Pascual-Huerta, J. (2016). Kinematic and kinetic analysis of midfoot joints of 30 normal subjects during walking. *Revista Española de Podología*, 27(2), 6-12.

- Sousa, A. S. P., Silva, A., & Santos, R. (2015). Ankle anticipatory postural adjustments during gait initiation in healthy and post-stroke subjects. *Clinical Biomechanics*, 30(9), 960-965.
- Sousa, A. S. P., & Tavares, J. M. R. S. (2012). Effect of Gait Speed on Muscle Activity Patterns and Magnitude During Stance. *Motor Control*, 16(4), 480-492.
- Schwartz, M. H., Rozumalski, A., Trost, J. P. (2008). The effect of walking speed on the gait of typically developing children. *Journal of Biomechanics*, 41, 1639-1650.
- Thakurta, A. G., Iqbal, R., Bhasin, H. V., De, A., & Maulik, S. (2016). Human Gait with Reference to Age, Gender and Impact of Load: A Review. *Advances in Applied Physiology*, 1(2), 24-30. doi:10.11648/j.aap.20160102.12
- Öberg, T., Karszina, A., & Öberg, K. (1993). Basic gait Parameters: Reference data for normal subjects, 10-79 of age. *Journal of Rehabilitation Research*, 30(2), 210-223.

Bijlagen

Bijlage I: Gangcyclus

Een gangcyclus kan worden verdeeld in de volgende acht fasen (Kharb et al., 2011):

Initial contact:

Het eerste contact met de vloer. Dit contact is met de hiel. In deze fase is de heup geflecteerd, de knie geëxtendeerd en de enkel in dorsaalflexie tot neutraal.

Loading response:

In deze fase wordt het lichaamsgewicht naar het voorste standbeen verplaatst. De knie flecteert voor schokabsorptie en de enkel gaat in plantairflexie.

Mid stance:

Vanaf deze fase is de eerste single support (het staan op één been). De enkel dorsaalflecteert en de heup en knie extenderen.

Terminal stance: Dit is de tweede helft van de eerste single support. In het begin van de fase neemt de knie-extensie toe en aan het einde flecteert deze licht. De heupextensie neemt toe. Het andere been is in terminal swing.

Pre-swing:

Deze fase is de voorbereiding op de zwaai fase. Het andere been maakt initial contact en gaat door in loading response. Dit zorgt ervoor dat de andere enkel meer in plantairflexie kan komen. De knieflexie neemt toe en de heupextensie neemt af.

Initial swing:

De voet komt los van de grond. De heup flecteert en de flexie in de knie neemt toe. De enkel dorsaalflecteert licht.

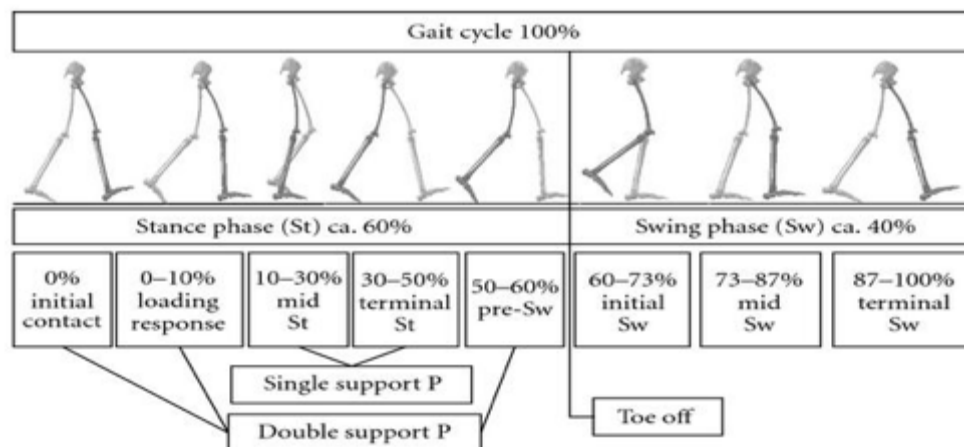
Mid swing:

In deze fase flecteert de heup verder en kan de knie met behulp van de zwaartekracht extenderen. De enkel dorsaalflecteert verder tot neutrale positie. Deze fase eindigt wanneer de Tibia gelijk is aan de verticaal.

Terminal swing:

Dit is de laatste fase en eindigt dan ook met een nieuw voetcontact. De heup blijft geflecteerd en de knieflexie neemt af. De enkel blijft hierbij in de neutrale positie.

De fasen die plaatsvinden in een schrede zijn te zien in de afbeelding hieronder.



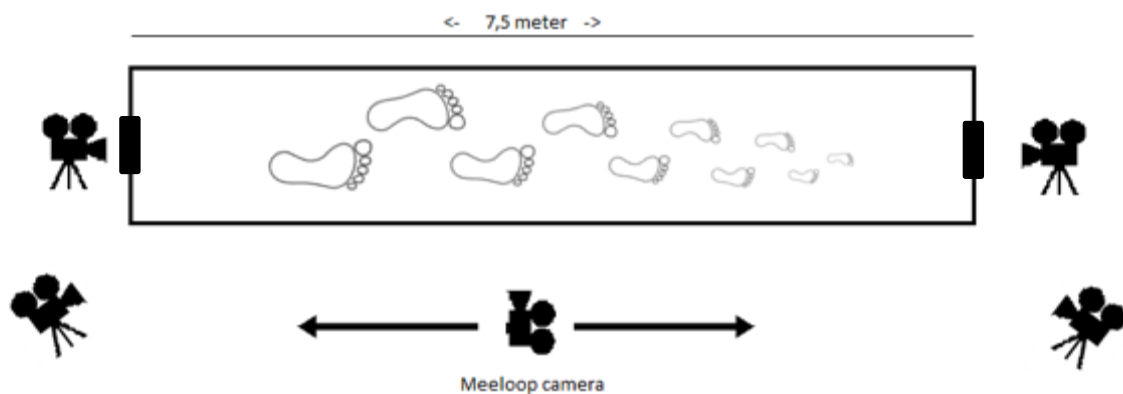
Bijlage II: Meetprotocol

In dit meetprotocol wordt beschreven welke stappen worden ondernomen bij het uitvoeren van een meting. De metingen zullen uitgevoerd worden tussen 17 april 2017 en 12 mei 2017. Deze worden verricht in het beweeglaboratorium in Sophia revalidatie te Delft. De proefpersonen zijn 16 gezonde kinderen en 16 gezonde volwassenen.

Benodigdheden:

- 2 pionnen
- Een stopwatch die instaat is tot vaststellen rondetijden.
- 8 EMG-sensoren van Delsys: Trigno.
- 5 passieve markers (LED lampjes) die instaat zijn rood, blauw of groen te zijn.
- SIMI Motion
- SIMI Aktisys 2D/3D
- 5 Basler camera's

Meetopstelling:



Acties tijdens een meting:

Als eerste wordt er uitleg gegeven aan de proefpersoon wat er tijdens de metingen gebeurt en wat hij/zij moet doen. Daarna wordt de comfortabele loopsnelheid bepaald. Hiervoor worden twee pionnen ieder een meter achter de gemarkeerde strepen op de grond geplaatst zie de figuur hierboven. Deze gemarkeerde strepen geven een afstand aan van 7,5 meter. De proefpersoon wordt gevraagd om op een fijn wandeltempo ongeveer drie minuten rond de pionnen te lopen. De onderzoeker klokt de rondetijden van de proefpersoon van gemarkeerde streep tot gemarkeerde streep. De pionnen worden een meter achter de markering geplaatst zodat de proefpersoon al gestart is met lopen en dus al op snelheid is. Wanneer de proefpersoon zestien keer de gemarkeerde afstand heeft afgelegd worden de tijden ingevoerd in een Excel bestand en wordt er van de middelste tien tijden het gemiddelde bepaald. Deze tijd wordt aangehouden als comfortabele tijd en dient tijdens de metingen op comfortabele snelheid ook bereikt worden.

Wanneer de comfortabele loopsnelheid is bepaald wordt de markering voor de EMG-sensoren gedaan bij de proefpersoon op een behandelbank. Voor de markering wordt het SENIAM-protocol aangehouden (Hermens et al., 1999). Voor de software is het van belang dat de passieve markers op de trochanter major en Malleolus Lateralis blauw zijn, op de knie rood en op Metatarsale V groen. De sensoren en de passieve markers worden aangebracht op één been.

Dan kunnen de metingen starten. Eerst wordt er een statische meting gedaan, waarbij de proefpersoon sagittaal voor de camera staat en compleet stil moet blijven staan. Deze opname duurt ongeveer drie seconden. Hierna worden drie metingen op comfortabele snelheid gelopen, drie metingen 20% sneller dan de comfortabele snelheid en drie metingen 20% langzamer dan de comfortabele snelheid. De onderzoeker die de rijdende camera bediend klokt de tijd van de meting. De tijd mag 0,5 seconde naar boven of naar onder afwijken van de vooraf bepaalde tijd aan de hand van de comfortabele snelheid. Na iedere meting wordt deze geknipt op lengte van vlak voor de markering tot de proefpersoon geheel over de laatste markering is. Dan wordt het bestand opgeslagen met een herkenbare naam zodat duidelijk is of het om links of rechts gaat, op welke snelheid er gelopen is en welke opname het betreft.

Als alle metingen aan één zijde zijn gedaan worden de markers en sensoren over geplakt naar het andere been. Dan worden dezelfde metingen herhaald voor het andere been.

Aan het einde wordt de proefpersoon bedankt en gevraagd naar de ervaringen. In de tabel hieronder is omschreven hoelang elk onderdeel van de meting duurt en wie dit uitvoert.

Tijdsduur	Actie	Wie
2 Minuten	Korte uitleg over wat er tijdens de meting gebeurt	Onderzoeker 1
3 Minuten	Vaststellen comfortabele loopsnelheid	Onderzoeker 2
10 Minuten	EMG-sensoren plaatsen naar SENIAM-protocol en passieve markers plaatsen.	Onderzoeker 1
20 Minuten	Metingen links: - statische opname - 3 opnames op comfortabele snelheid (C) - 3 opnames op +20% van C - 3 opnames op -20% van C	Onderzoeker 1: Bedient de meeloopcamera. Onderzoeker 2: Bedient de computer.
5 Minuten	Overplakken EMG-sensoren en passieve markers naar het andere been	Onderzoeker 1
20 Minuten	Metingen rechts: - statische opname - 3 opnames op comfortabele snelheid (C) - 3 opnames op +20% van C - 3 opnames op -20% van C	Onderzoeker 1: Bedient de meeloopcamera. Onderzoeker 2: Bedient de computer.
5 Minuten	Korte evaluatie en bedankje	Beide

Van elke meting, bijvoorbeeld linkerbeen op comfortabele snelheid, wordt op het formulier in bijlage V ingevuld om welke meting het gaat. Zo kan bij het uitwerken geen misverstand ontstaan over welke omstandigheden het gaat.

Bij eerdere metingen met dit systeem en sensoren, kwam het af en toe voor dat de EMG-signalen niet helemaal synchroon liepen met de videobeelden. Hierdoor is ervoor gekozen om een extra tikje op het kastje te geven voor of na de meting. Achteraf kan dan gezien worden of de piek in het signaal waar dit tikje voor zorgt, synchroon loopt met de videobeelden.

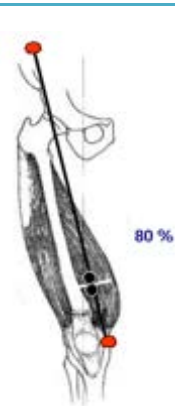
Acties tijdens nabewerking:

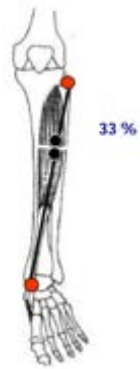
Om de juiste grafieken van de normaalwaarden van de kinematica en spieractiviteit te verkrijgen, worden de volgende stappen ondernomen. Allereerst wordt de statische meting in het programma SIMI Aktisys 2D/3D ingeladen. Hierin wordt de offset bepaald voor de enkelhoek van iedere proefpersoon. De manier van deze offset-bepaling is reeds beschreven in het hoofdstuk 'Uitkomstmaten'. De offset wordt ingevoerd in het template waarmee de hoeken (kniehoek, enkelhoek, dijhoek en Tibia in-/declinatie) automatisch berekend worden. Na het invoeren van de offset worden alle dynamische metingen ingeladen. Vervolgens wordt deze data opgeslagen als tekst-file en ingeladen in Motion.

De signalen van de spieractiviteit staan na een meting meteen in Motion. De signalen worden eerst gefilterd, zodat er een vloeiend signaal ontstaat. De pieken zijn duidelijker zichtbaar, waardoor te zien is op welk moment in de schrede er spieractiviteit is. Er wordt gebruik gemaakt van een 20 Hertz (Hz) high-pass filter en een 2 Hz low-pass filter (De Luca et al., 2010). In de software is het mogelijk om deze filters direct toe te passen op de signalen. De grafieken van zowel de spieractiviteit als de kinematica zijn zichtbaar voor de gehele meting. De uitkomstmaat is een genormaliseerde grafiek voor elke uitkomstmaat van het gemiddelde van vier schreden. Om tot deze uitkomstmaat te komen, zijn een aantal stappen noodzakelijk. Allereerst worden de volgende fasen handmatig aangegeven in de videobeelden voor vier schreden; initial contact, pre-swing en terminal swing (zie afbeelding hieronder) Voor verdere uitleg over de fasen wordt doorverwezen naar bijlage I Door deze fasen handmatig aan te geven, weet de software op welke momenten in de meting de grafiek genormaliseerd moet worden. Het normaliseren gebeurt hierna automatisch, en door middel van een standaardfunctie in Motion ontstaat er een gemiddelde grafiek per uitkomstmaat van vier schreden.

Bovenstaande handelingen worden ook uitgevoerd voor de tweede meting. Uiteindelijk zijn er per uitkomstmaat twee grafieken, die gemiddeld worden. Hierdoor is de uitkomstmaat bereikt per uitkomstmaat.

Bijlage III: Protocol plaatsing EMG Sensoren (Hermens et al., 1999)

Spier	Tussen welke anatomische punten	Foto	Uitgangshouding proefpersoon voor het plakken van de elektrodes
Rectus Femoris	SIAS en proximale punt van de patella		Ruglig op de bank; romp licht gebogen en lichte flexie van de knie
Vastus Lateralis	SIAS en laterale zijde patella		Ruglig op de bank; romp licht gebogen en lichte flexie van de knie
Vastus Medialis	SIAS en mediale gewrichtsspleet van de knie frontaal tov mediale collaterale band		Ruglig op de bank; romp licht gebogen en lichte flexie van de knie
Semitentinosus	Tuber ischiadicum tot mediale epicondyl van de Tibia		Buiklig op de bank. Flexie van de knie en de heup in endorotatie.

Tibialis Anterior	Caput fibulae tot de top van de Malleolus Lateralis.		Ruglig of zit op een bank. Licht geflecteerde knie;
Gastrocnemius Medialis	Op meest geprononceerde deel van de spierbuik.		Buiklig op de bank met lichte flexie van de knie.
Gastrocnemius Lateralis	Caput fibulae met de heël (op 33% vanaf Caput Fibulae)		Buiklig op de bank met lichte flexie van de knie.
Soleus	Mediale condylus van het femur en de malleolus medialis.		Zitten op de bank met 90 graden flexie van de knie met voet op de bank.

Bijlage IV: Anamneseformulier

Deelname aan afstudeerproject:

Het creëren van normaalwaarden voor het nieuwe beweeglaboratorium bij Sophia Revalidatie in Delft.

Wij doen een afstudeerproject bij Sophia Revalidatie in Delft, hier hebben wij wat hulp bij nodig. Voor dit project hebben wij 16 volwassenen en 16 kinderen nodig als proefpersonen. Hieronder een korte omschrijving waarbij wij uw hulp kunnen gebruiken.

Wat houdt het project in?

Bij het beweeglaboratorium bij Sophia Revalidatie in Delft is een nieuw systeem in gebruik voor gangbeeld analyse. Om de data van patiënten te kunnen interpreteren is de vraag gesteld of er normaalwaarden gecreëerd konden worden. Normaalwaarden zijn de gemiddelde waarden van een groep gezonde mensen. Voor dit afstudeerproject worden er 16 volwassenen en 16 kinderen gemeten voor deze normaalwaarden. Deze normaalwaarden zullen worden gecreëerd voor spieractiviteit van 8 spieren en de hoekuitslag van de knie en enkel aan beide zijden.

Wat houdt een meting in?

Allereerst zal de comfortabele loopsnelheid van iedere proefpersoon worden vastgesteld. Dit wordt gedaan door zes minuten lang te lopen. Wanneer de comfortabele loopsnelheid is geregistreerd kunnen de metingen starten.

De proefpersoon krijgt 8 draadloze EMG kastjes (deze meten de spieractiviteit) en 5 passieve markers opgeplakt. Voor de EMG kastjes wordt de huid waar de kastjes geplakt moet worden eerst geschoren en vervolgens gereinigd met alcohol. Vervolgens worden er 4 opnames gemaakt op comfortabele snelheid, 2 van de linkerzijde en 2 van de rechterzijde. Hierna worden er nog 4 opnames gemaakt op een snellere loopsnelheid dan de comfortabele snelheid en nog 4 opnames met lagere snelheid.

Naar verwachting zullen het vaststellen van de comfortabele loopsnelheid en de metingen maximaal een uur in beslag nemen.

Wilt u ons helpen bij ons project door de vragenlijst op de volgende pagina in te vullen en uw beschikbaarheid door te geven. Voor vragen en het doorgeven van uw beschikbaarheid kunt u mailen naar het volgende mailadres: 13023225@student.hhs.nl

Met vriendelijke groet,

Rob Zanders en Marloes Kijzers

Gegevens van proefpersoon.

Geboortedatum + Leeftijd:

Lengte:

Gewicht:

Geslacht: Man ☐ Vrouw ☐

	JA	NEE
Heeft u in de afgelopen 6 maanden blessures gehad aan uw voeten, enkel, knie of heup?		
Heeft u in de afgelopen 3 jaar een operatie gehad aan uw voeten, enkel, knie of heup?		
Heeft u balansproblemen of een verstoord evenwicht?		
Heeft u een cognitieve beperking dat kan leiden tot communicatieproblemen?		
Is er historie van orthopedische of neurologische stoornissen die hinder kunnen opleveren aan het looppatroon?		
Heeft u ooit een herseninfarct of een hersenbloeding gehad?		
Gebruikt u medicijnen dat het looppatroon of uw balans kunnen beïnvloeden?		
Heeft u diabetes?		
Bent u in staat om 6 minuten aan één stuk te lopen?		

Handtekening:

X

Proefpersoon

Gegevens van proefpersoon.

Geboortedatum + Leeftijd:

Lengte:

Gewicht:

Geslacht: Man ☐ Vrouw ☐

	JA	NEE
Heeft u kind in de afgelopen 6 maanden blessures gehad aan uw voeten, enkel, knie of heup?		
Heeft u kind in de afgelopen 3 jaar een operatie gehad aan uw voeten, enkel, knie of heup?		
Heeft u kind balans problemen of een verstoord evenwicht?		
Heeft uw kind een cognitieve beperking dat kan leiden tot communicatie problemen of hinder tijdens meewerken?		
Is er bij uw kind historie van orthopedische of neurologische stoornissen die hinder kunnen opleveren aan het looppatroon?		
Heeft uw kind ooit een hersenbloeding of een herseninfarct gehad?		
Gebruikt uw kind medicijnen dat het looppatroon of de balans kunnen beïnvloeden?		
Heeft uw kind diabetes?		
Is uw kind in staat om twee minuten aan één stuk te kunnen lopen?		

Handtekeningen:

X

Ouder/Voogd 1

X

Ouder/Voogd 2 (indien mogelijk)

Bijlage V: Opnameformulier

[illegible]

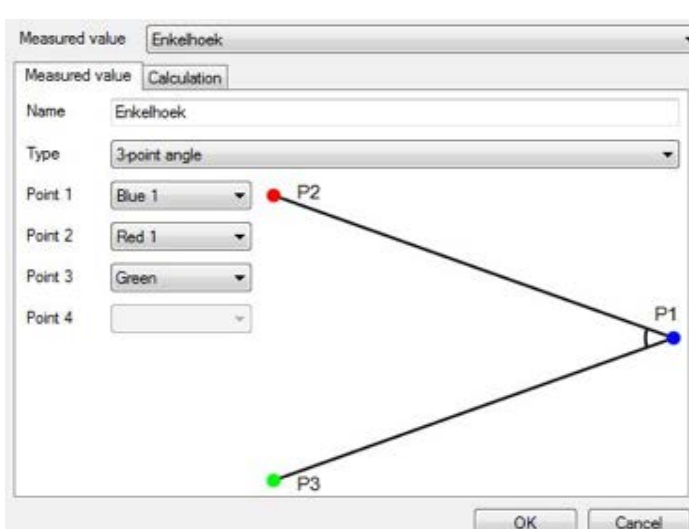
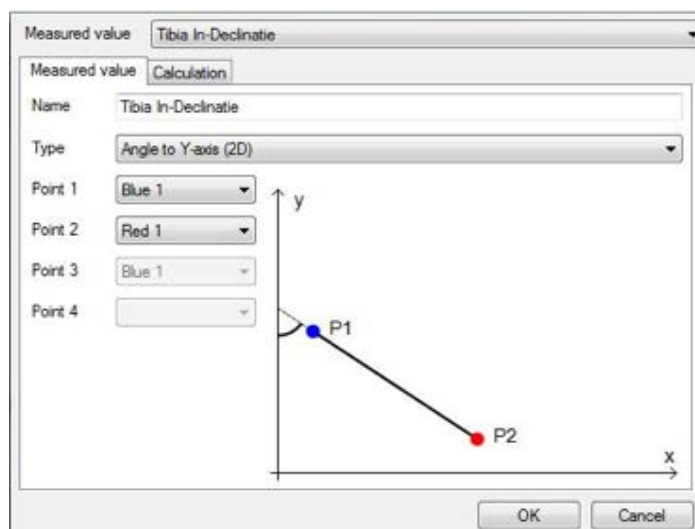
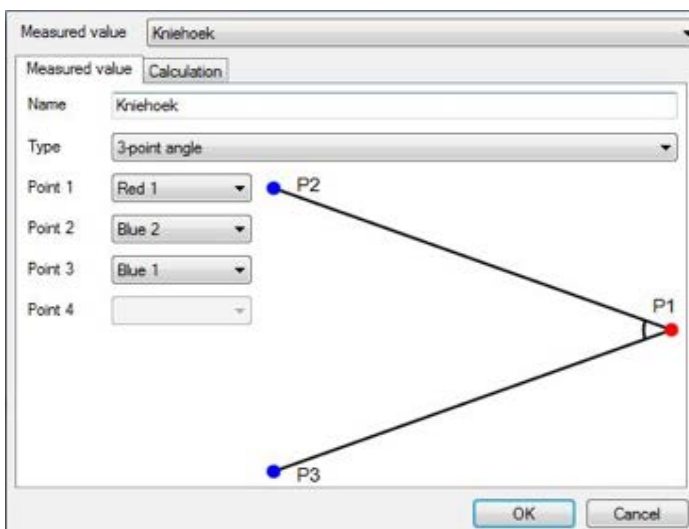
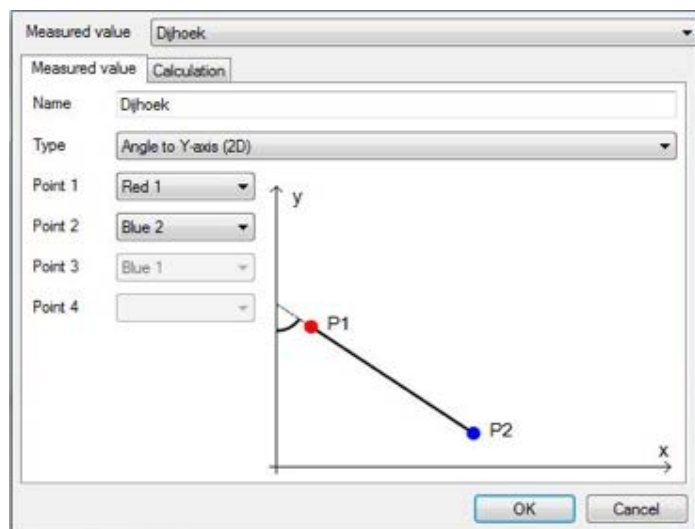
Bijlage VI: Template bepalen comfortabele loopsnelheid

	Rondetijd
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

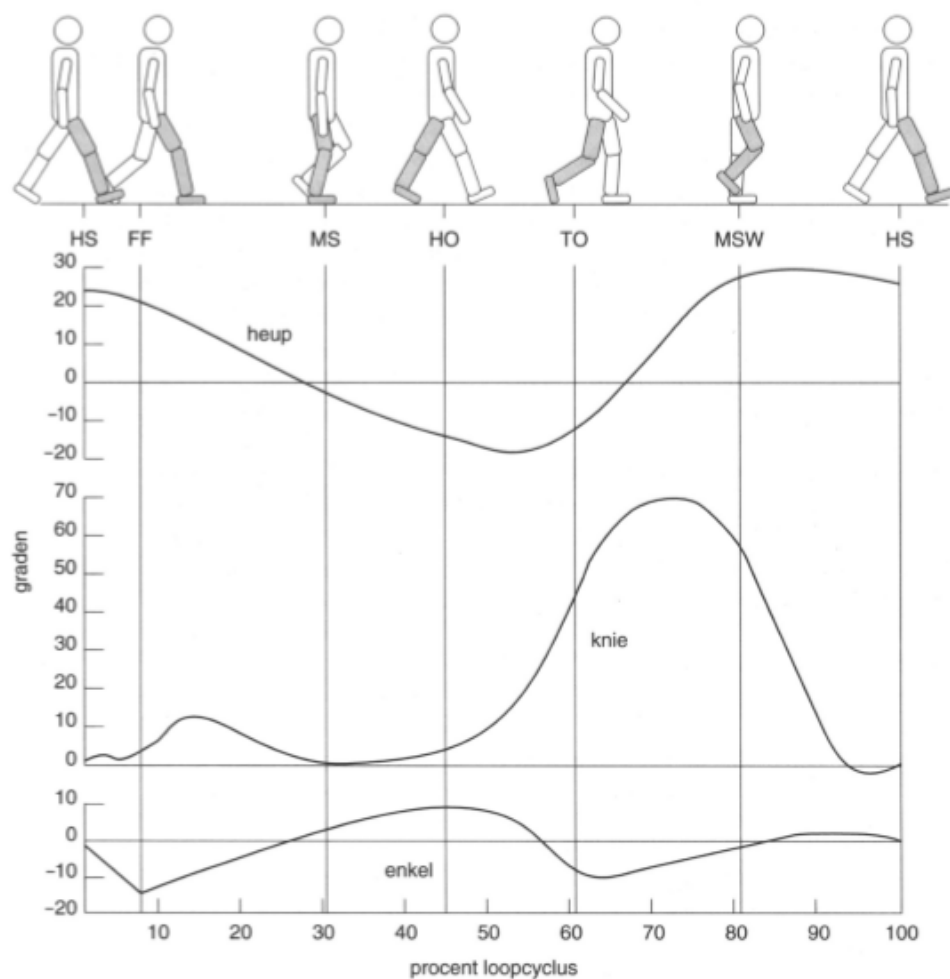
Gemiddelde Rondetijd -20%	#DEEL/0!
Gemiddelde Rondetijd	#DEEL/0!
Gemiddelde Rondetijd +20%	#DEEL/0!

Comfortabele Loopsnelheid - 20%	#DEEL/0!
Comfortabele Loopsnelheid	#DEEL/0!
Comfortabele Loopsnelheid +20%	#DEEL/0!

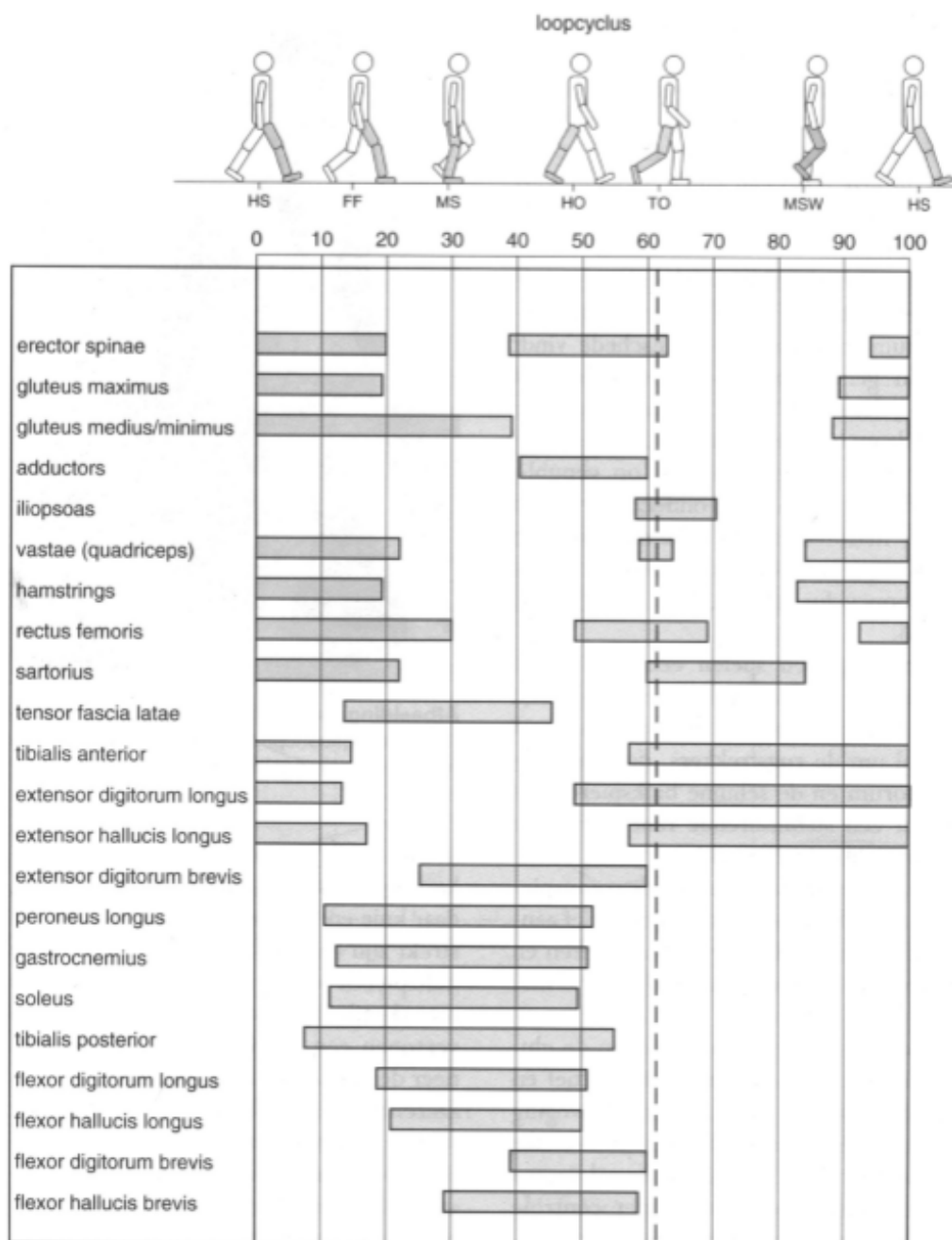
Bijlage VII: Template SIMI Aktisys 2D/3D voor berekenen uitkomstmaten kinematica



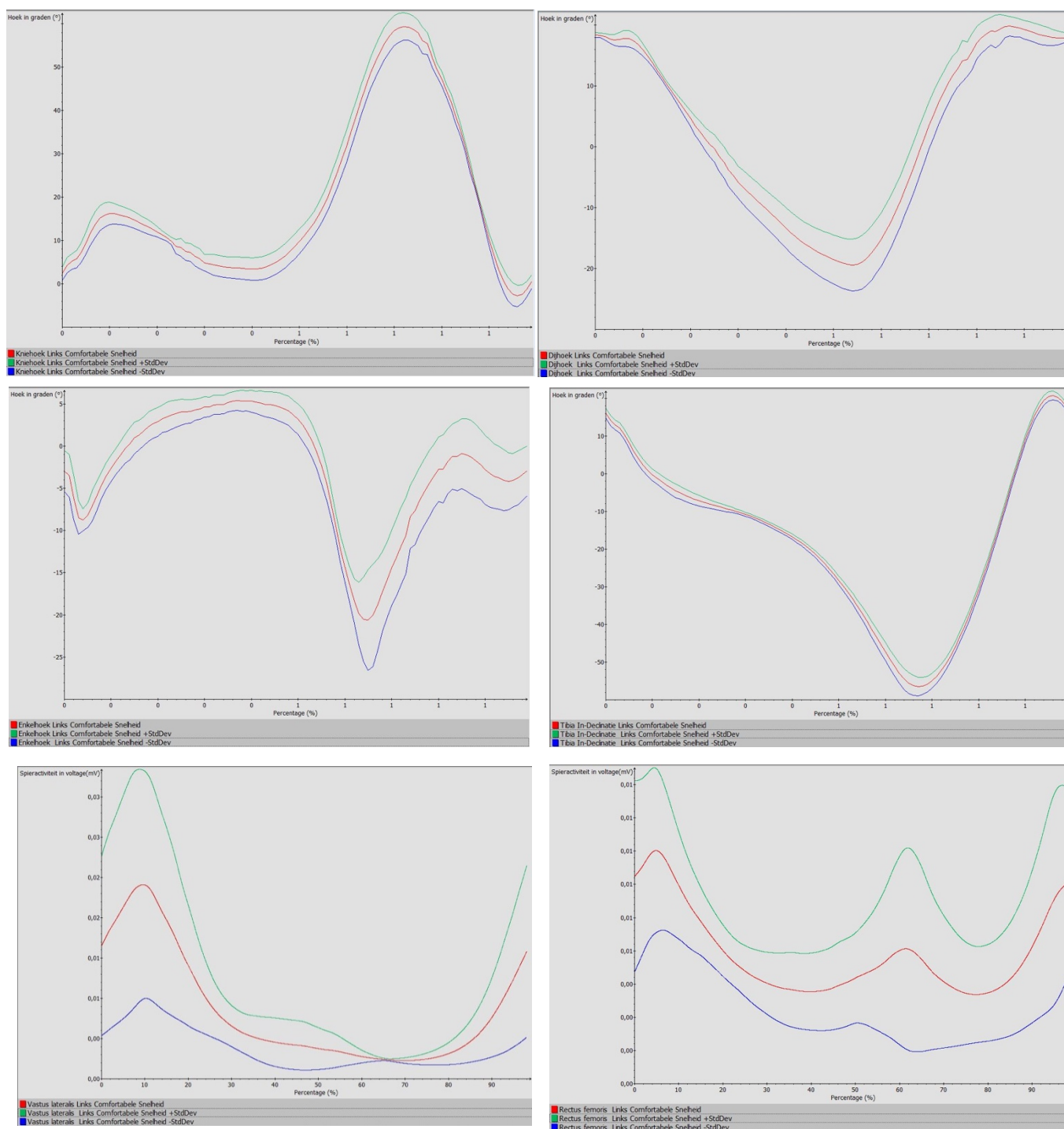
Bijlage VIII: Normaalwaarden Kinematica van Deckers en Beckers (1996)

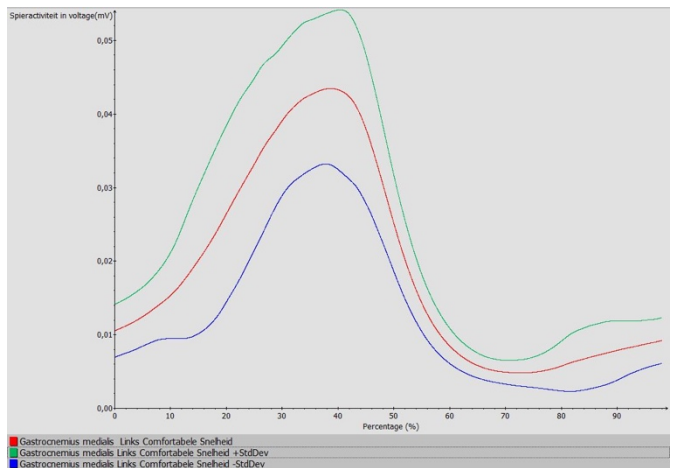
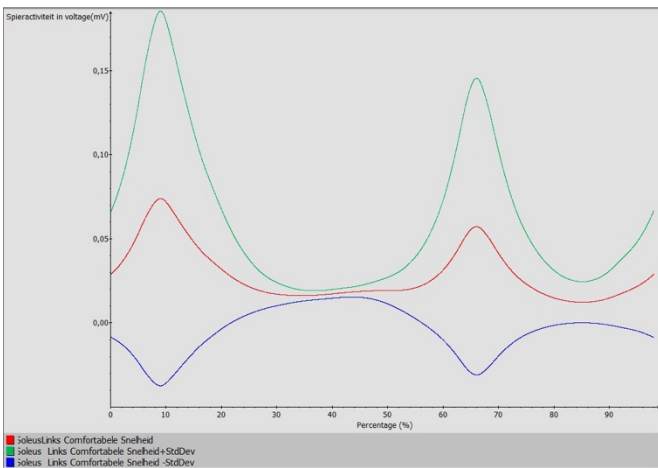
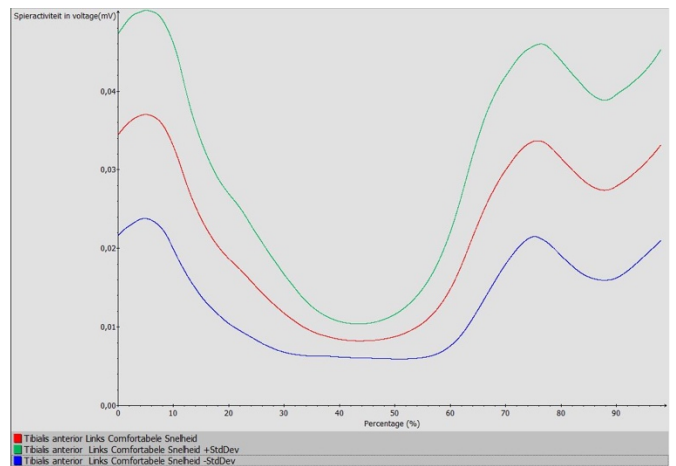
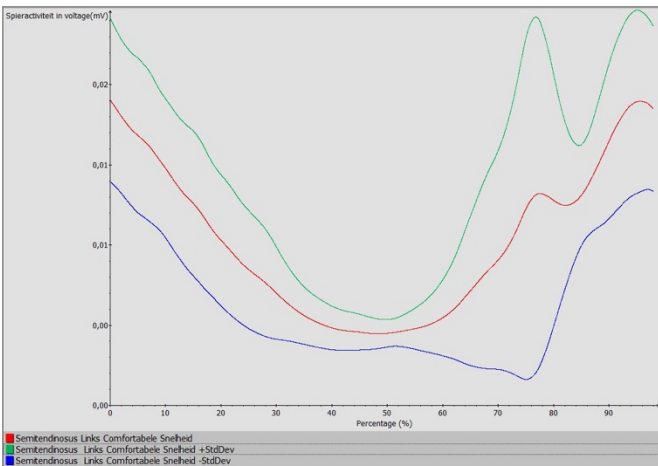
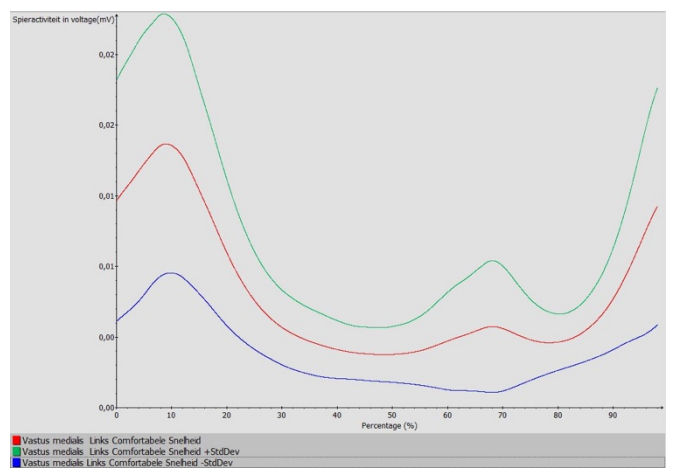
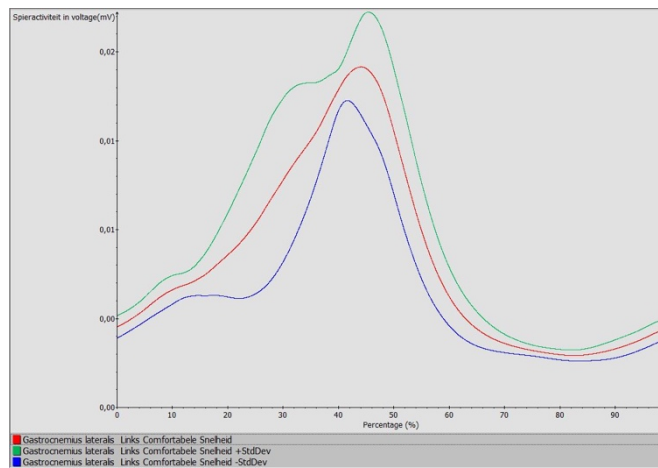


Bijlage IX: Normaalwaarden spieractiviteit van Deckers en Beckers (1996)

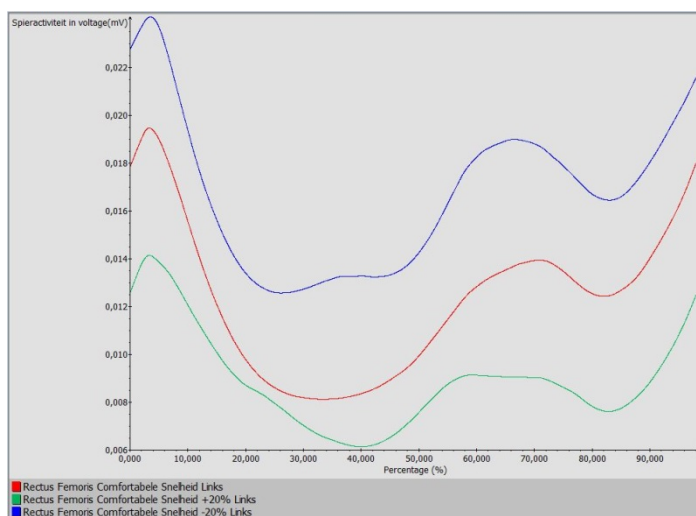
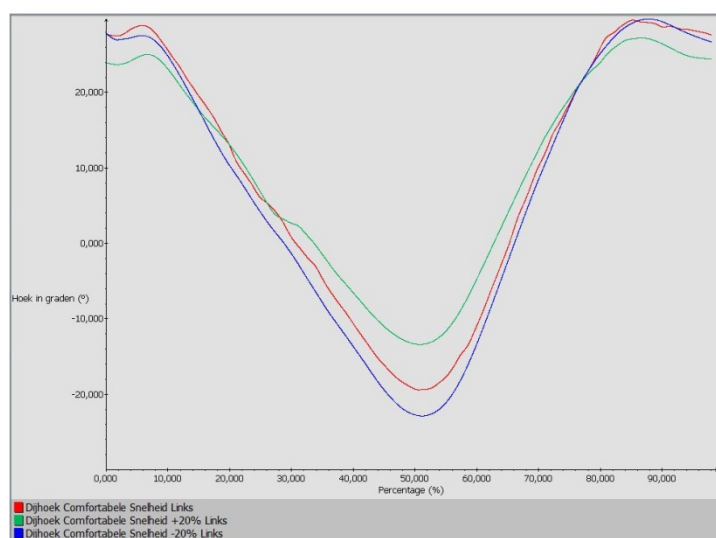
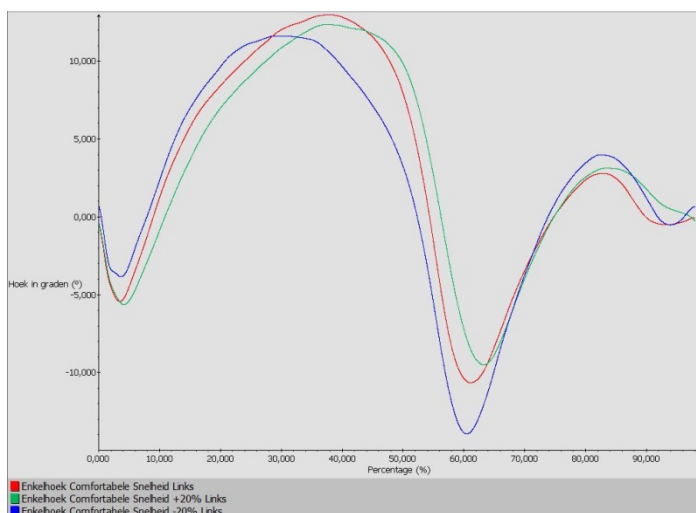
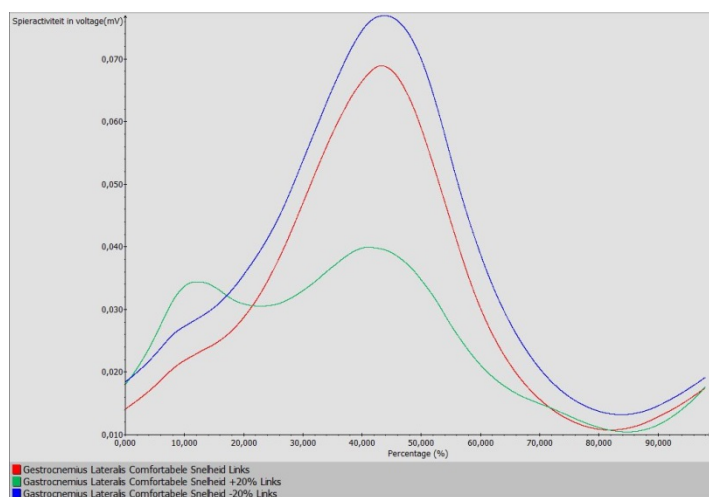
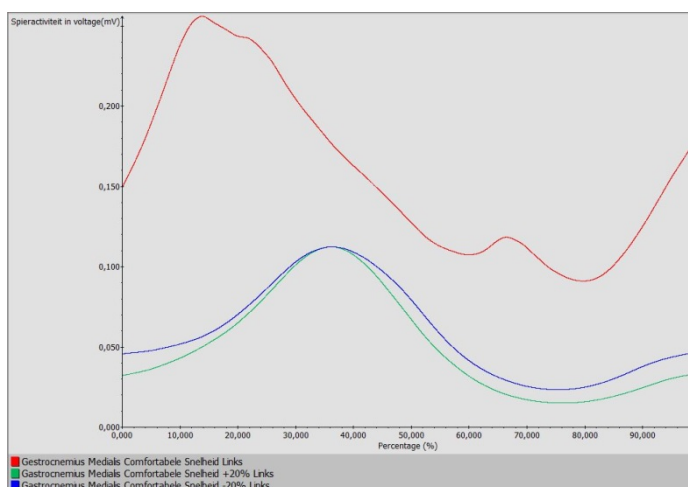
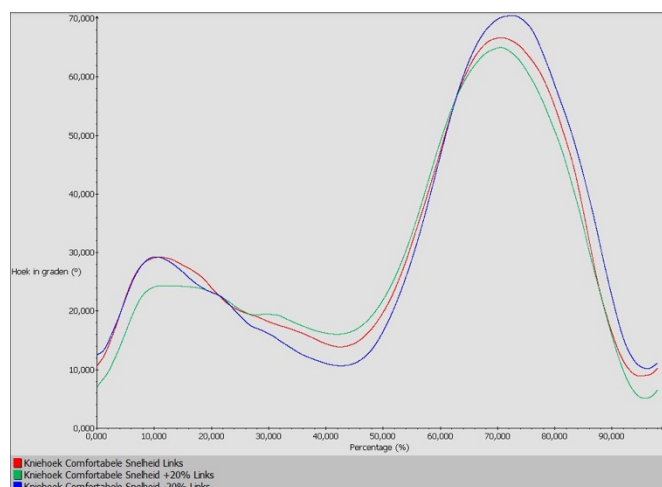


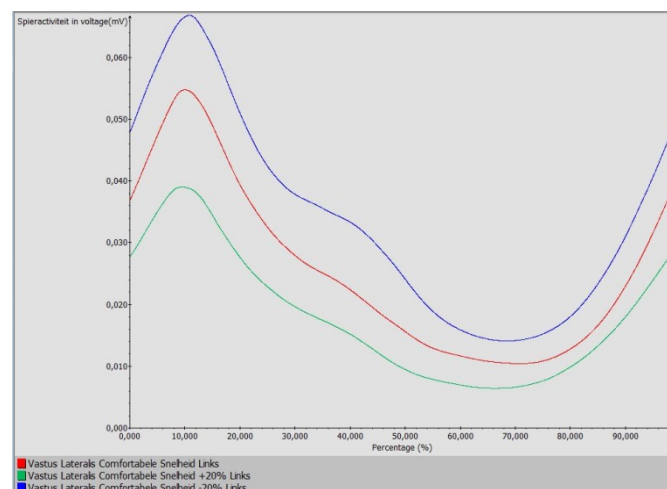
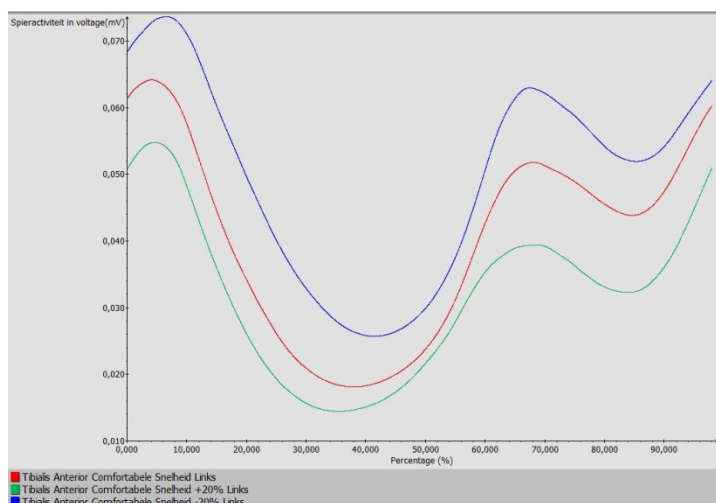
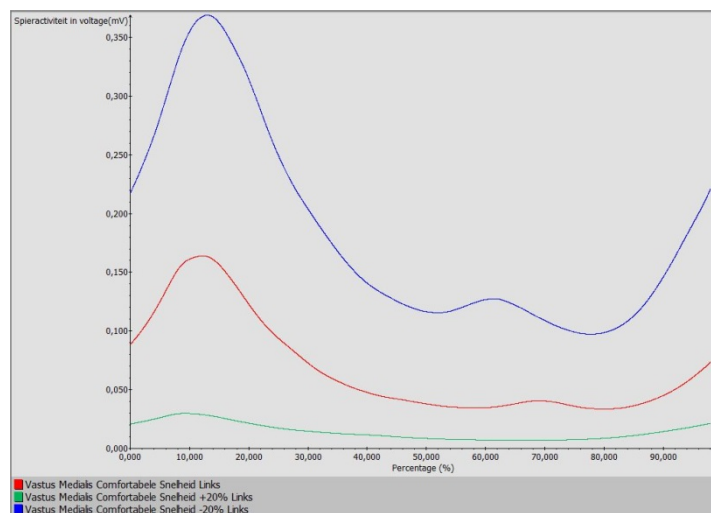
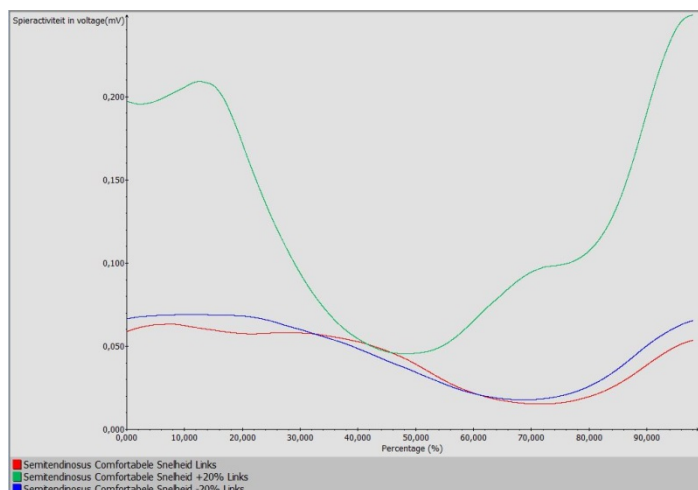
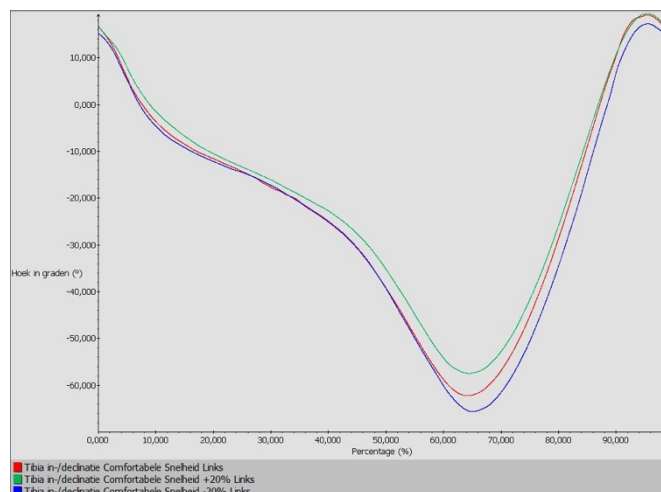
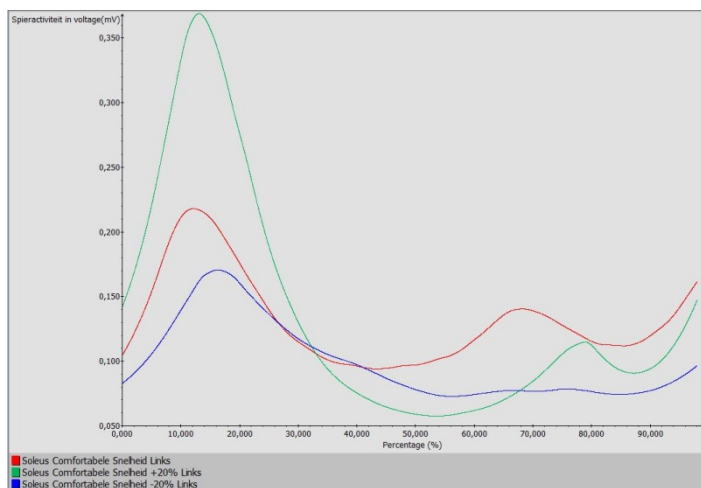
Bijlage X: Normaalwaarden leeftijdsklasse 4-6 inclusief standaarddeviaties van het linkerbeen op comfortabele snelheid



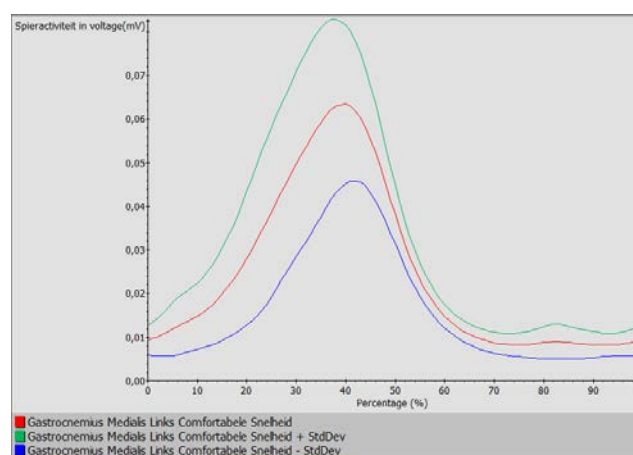
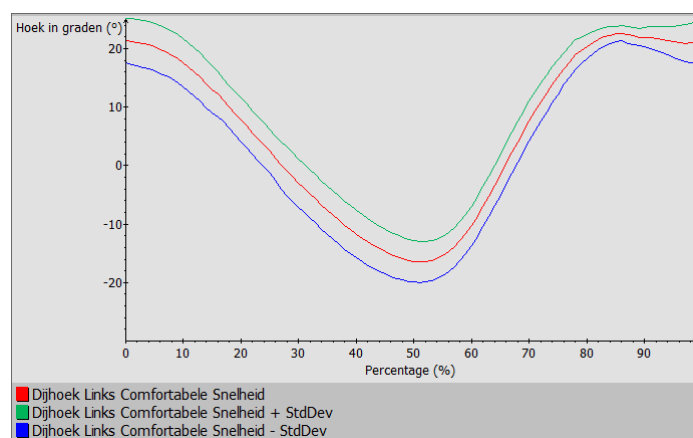
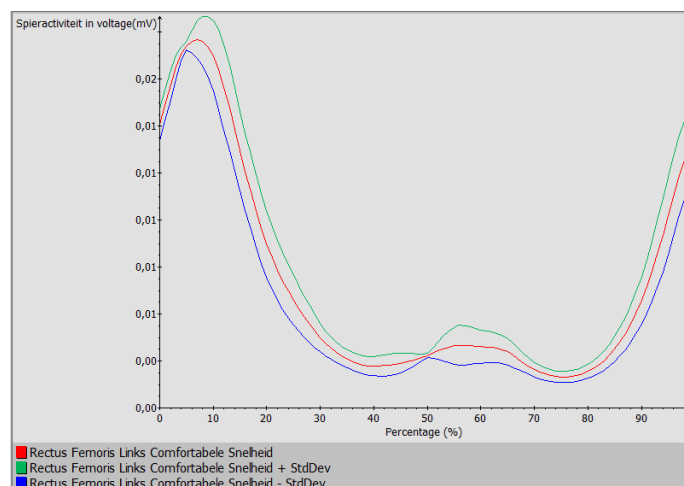
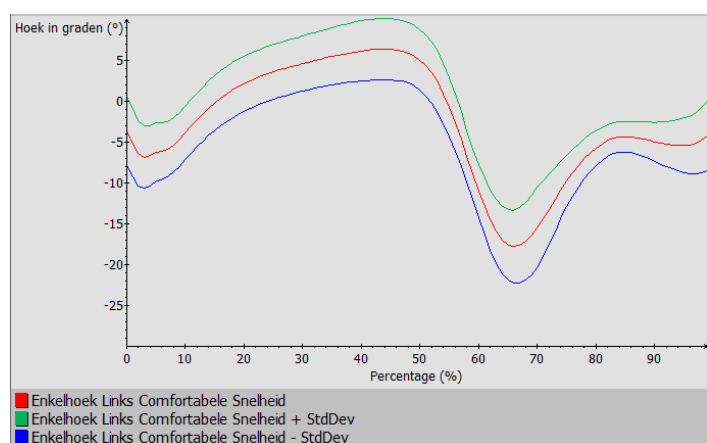
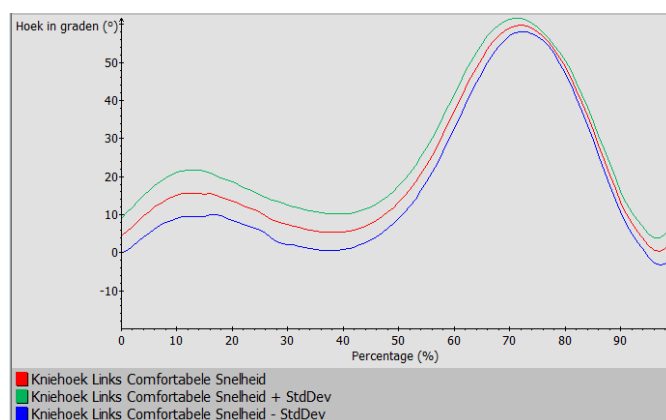
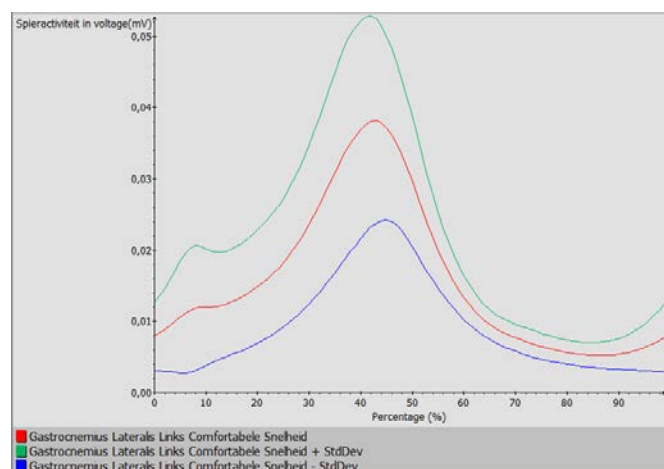


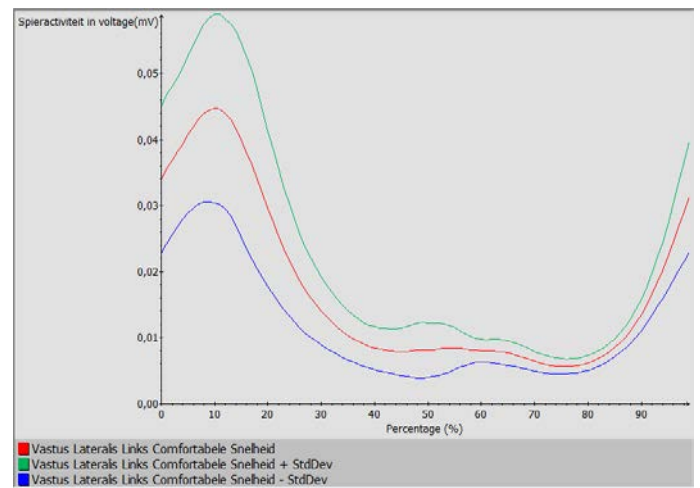
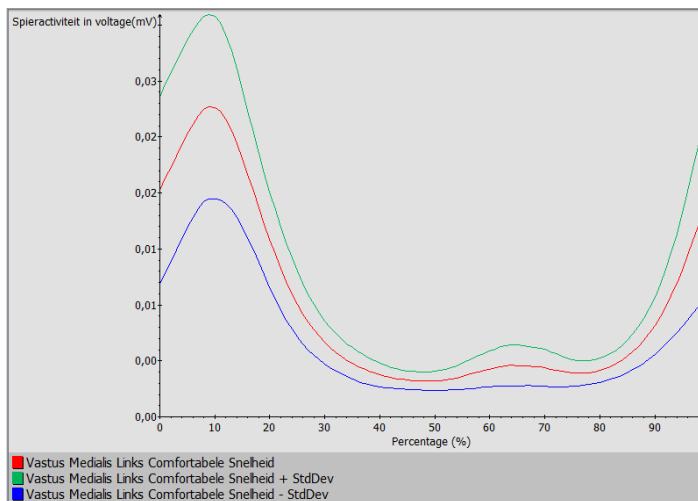
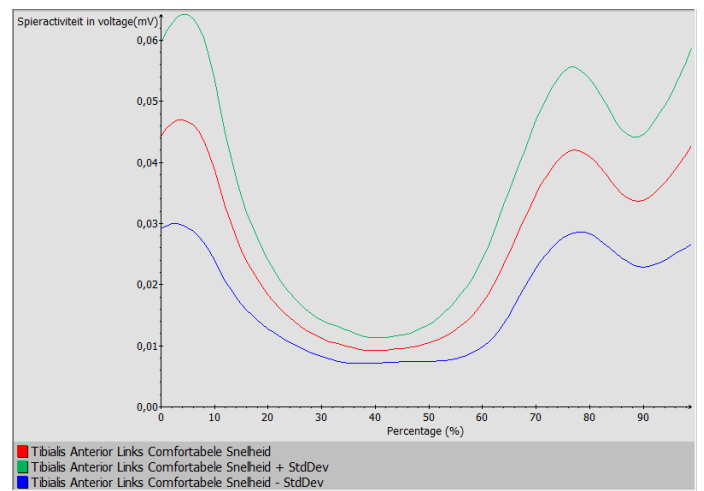
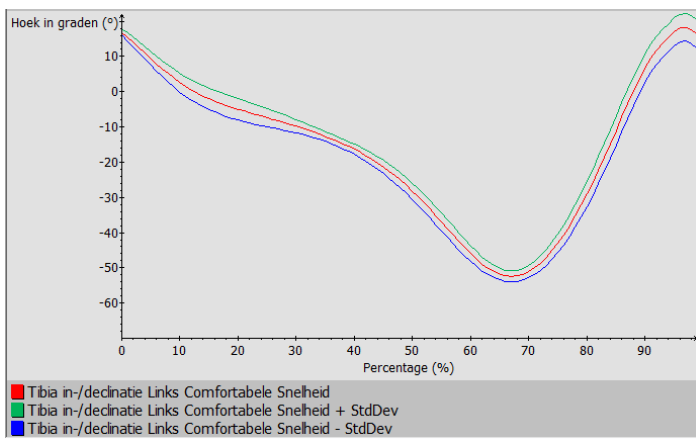
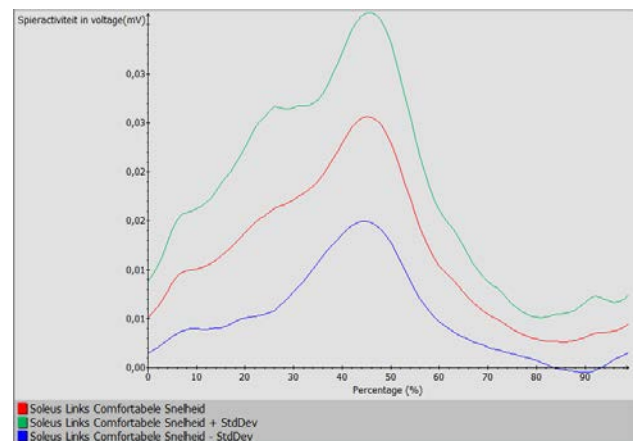
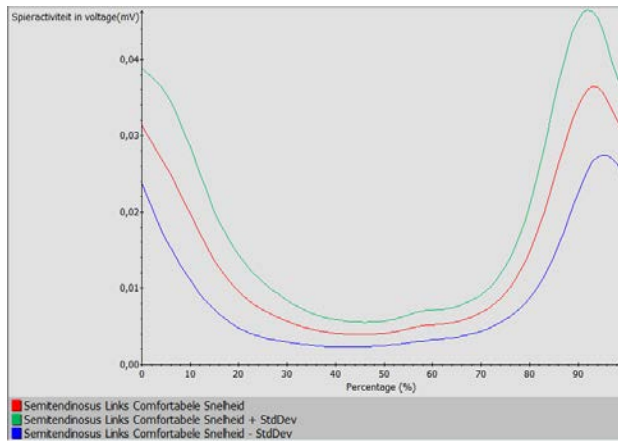
Bijlage XI: Normaalwaarden leeftijdsklasse 4-6 inclusief verschillende snelheden (linkerbeen)





Bijlage XII: Normaalwaarden leeftijdsklasse 30-40 inclusief standaarddeviaties van het linkerbeen op comfortabele snelheid





Bijlage XIII: Normaalwaarden leeftijdsklasse 30-40 inclusief verschillende snelheden (rechterbeen)

