

17 JUNI 2015



DE LENGTE VAN DE M. BICEPS FEMORIS TIJDENS EEN MAXIMALE SPRINT

EEN ONDERZOEK NAAR DE SPIERLENGTE VAN DE HAMSTRINGS TIJDENS
HET LAATSTE DEEL VAN DE VOORSTE ZWAAIFASE TIJDENS EEN SPRINT

De lengte van de M. biceps femoris tijdens een maximale sprint

Auteur: Kerssies, J.

Eerste begeleider: Riezebos, C. J. W.

Tweede begeleider: Van der Sloot, H.

Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool

Juni 2015

Samenvatting

DOEL: Het doel van dit onderzoek is om meer te weten te komen over hamstringblessures, aangezien het een van de meest voorkomende blessures is bij sporters. Het is bewezen dat de hamstrings scheuren tijdens het laatste deel van de voorste zwaaifase bij een sprint. Bij ongeveer 50-80% van de gevallen is de m. biceps femoris (BF) aangedaan. In dit onderzoek wordt er een methode ontworpen om te kijken wat de spierlengte van de BF tijdens deze voorste zwaaifase is. Deze spierlengte wordt vergeleken met de maximale spierlengte van de BF. Er wordt gekeken of er een bepaald verband tussen deze twee spierlengtes is en of dit een risicofactor zou kunnen zijn voor het oplopen van een hamstringblessure.

METHODE: Aan dit onderzoek hebben 23 proefpersonen deelgenomen, waarvan 13 mannen en 10 vrouwen. Zes proefpersonen hebben een historie met een hamstringblessure. De proefpersonen hebben drie maal een passieve straight leg raise test (SLR-test) en drie maal een actieve SLR-test uitgevoerd om de maximale spierlengte van de BF te bepalen. Van de proefpersoon is met een high-speed camera een deel van een sprint opgenomen, om zo de heup- en kniehoek te kunnen analyseren. Met een formule is, met de knie- en heuphoek als input, zowel de maximale spierlengte als de spierlengte tijdens de sprint berekend.

RESULTATEN: De drie passieve SLR-tests en de drie actieve SLR-tests zijn getest op hun onderlinge betrouwbaarheid, met een ICC waarde van respectievelijk 0,998 en 0,997. De resultaten van de passieve SLR-tests correleren met een correlatiecoëfficiënt van 0.985 met de resultaten van de actieve SLR-test. De gemiddelde maximale lengte van de BF bedraagt 62,24 cm en tijdens de sprint is de lengte gemiddeld 55,93 cm. De BF heeft gemiddeld nog 8% aan spierlengte over tijdens het laatste deel van de voorste zwaaifase van de sprint. Er kan met 95% zekerheid gezegd worden dat er geen significant verschil is in spierlengte van de BF tussen proefpersonen met en zonder historie met een hamstringblessure.

CONCLUSIE: De spierlengte van de BF tijdens het laatste deel van de voorste zwaaifase tijdens een sprint en de maximale spierlengte van de BF varieert per proefpersoon. Er is geen bepaalde verhouding tussen deze twee spierlengtes, dat is ook verschillend per proefpersoon. Uit dit onderzoek wordt er geconcludeerd dat de verhouding tussen deze twee lengtes ook geen risicofactor vormt voor het oplopen van een hamstringblessure. Om dit met zekerheid te kunnen zeggen zullen er meerdere proefpersonen gemeten moeten worden. De methode die gebruikt is voor dit onderzoek is geschikt en kan in het vervolg gebruikt worden om meerdere proefpersonen te testen. Wel is het raadzaam om per lichaamssegment gebruik te maken van twee markers.

Inhoud

Samenvatting.....	2
Inhoud	3
Voorwoord	4
Inleiding	5
Anatomie & fysiologie	6
Methode	7
Spierlengte modellen	7
Straight leg raise test (SLR-test)	7
Markerplaatsing	8
Nul-waarden	8
Huidverschuiving	9
Uitkomstmaten.....	10
Verzameling gewrichtshoeken	11
Perspectivische vertekening.....	11
Meetinstrumenten	12
Casio - Exilm EX-FH100	12
Vanguard - Espod 203AP	12
Dataverwerking	12
Kinovea 0.8.15	12
Matlab R2013b (8.2.0.701).....	12
Excel 2013.....	13
IBM SPSS Statistics 22.....	13
Resultaten	14
Discussie	18
Conclusie	19
Literatuurlijst	20
Bijlagen	22
Bijlage 1- Meetprotocol.....	23
Bijlage 2 - Protocol dataverwerking	26
Bijlage 3 - Matlab script.....	29
Bijlage 4 - Persoonsgegevens	32
Bijlage 5 – Projectplan.....	33
Bijlage 6 – Persoonlijke leerdoelen	40

Voorwoord

Dit rapport is geschreven naar aanleiding van een afstudeeropdracht binnen de opleiding Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool. De opdracht is afkomstig van Chris Riezebos, docent aan de Haagse Hogeschool. De afstudeeropdracht is in de periode van 9 maart 2015 tot en met 17 juni 2015 uitgevoerd.

Mijn dank gaat uit naar alle deelnemers van dit onderzoek. In het bijzonder wil ik Chris Riezebos bedanken voor het begeleiden van dit project. Ook bedank ik Aad Lagerberg, mijn tweede begeleider Hester van der Sloot en de Haagse Hogeschool voor het gebruiken van de apparatuur.

Den Haag, juni 2015

Inleiding

Het verrekken of scheuren van de hamstrings is een veel voorkomende blessure in de sport, vooral bij sporten waarin de sporter sprint. Uit onderzoek is gebleken dat 13-17% van alle medisch behandelde blessures in het internationale betaalde voetbal en rugby een hamstring blessure betreft. Hiermee zijn hamstringblessures, na knieblessures, de meest voorkomende blessures (Inklaar et al., 2012). Er is al veel onderzoek naar deze blessure gedaan, maar het percentage is nog steeds niet gereduceerd. Het is dus van belang dat er nog meer onderzoek gedaan wordt naar de oorzaak van deze blessure.

Meerdere onderzoeken tonen aan dat deze blessure optreedt in het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens het sprinten. In deze fase wordt de anteflecterende beweging van het been afgeremd om vervolgens te kunnen retrofleteren. Tijdens deze beweging contraheren de hamstrings eerst excentrisch en vervolgens concentrisch. Bij de omschakeling van excentrisch naar concentrisch contraheren komt veel kinetische energie vrij. Deze kinetische energie loopt evenredig aan het kwadraad van de loopsnelheid. Op dit moment zijn de hamstrings in een verlengde positie, waardoor de kans op letsel ontstaat in de hamstrings (Heiderscheit et al., 2005; Thelen et al., 2005; Schache et al., 2008; Schache et al., 2010; Chumanov et al., 2011; Higashihara et al., 2014).

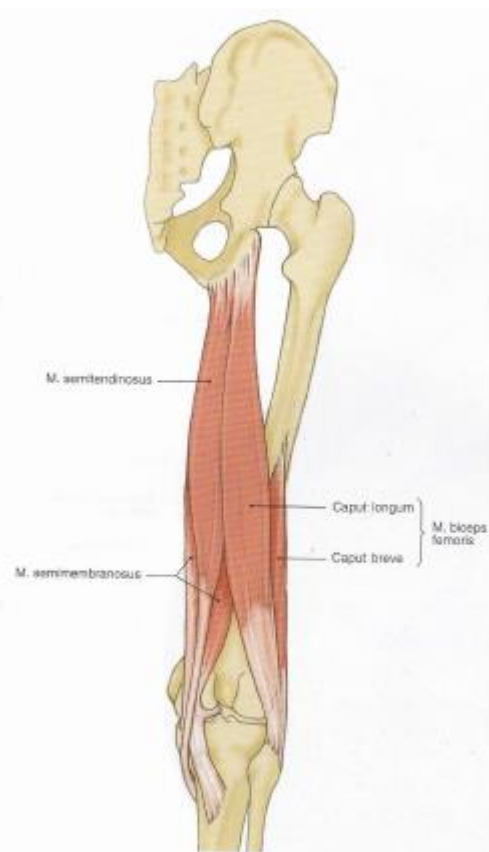
De m. biceps femoris is tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase het meest verlengd vergeleken met de m. semitendinosus en de m. semimembranosus (Chumanov et al., 2007; Chumanov et al., 2011; Heiderscheit et al., 2005; Thelen et al., 2005). Bij ongeveer 50-80% van alle hamstringblessures is de m. biceps femoris aangedaan (Chumanov et al., 2007; Inklaar et al., 2012). Ook wordt er gespeculeerd dat een verminderde flexibiliteit van de hamstrings een risicofactor kan zijn voor het krijgen van een hamstringblessure (Inklaar et al., 2012). Echter wordt er in slechts één studie bewezen dat voetballers met verkorte hamstrings een groter risico hadden op een hamstringblessure (Beijsterveldt et al., 2012).

Tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase zijn de hamstrings het meest verlengd (Chumanov et al., 2007). In de sarcomeer maken er dan minder myosinekoppen contact met het actine, wat resulteert in een minder grote krachtlevering van de spier. Aangezien er grote kinetische krachten opgevangen moeten worden tijdens deze fase, zou er verondersteld kunnen worden dat het bereiken van de maximale spierlengte een groot risicofactor is voor het oplopen van een hamstringblessure. In het onderzoek van Beijsterveldt (2012) is echter alleen gekeken naar de flexibiliteit van de hamstrings, niet naar de verhouding van de maximale spierlengte en de spierlengte tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase van de sprint.

In dit onderzoek wordt er een methode ontwikkeld om te onderzoeken wat de spierlengte van de m. biceps femoris is tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase is tijdens de sprint en wat de maximale spierlengte van de BF is. Dit wordt door middel van testen met proefpersonen in kaart gebracht. Het verschil tussen deze twee spierlengtes wordt per proefpersoon vergeleken. De doelstelling van het onderzoek is deels om een geschikte methode te ontwikkelen voor de volgende onderzoeksvraag: wat is de spierlengte van de m. biceps femoris tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens een sprint, en hoe dicht komt dat in de buurt van de maximale spierlengte van de m. biceps femoris? In dit onderzoek zal ook geprobeerd worden om op deze onderzoeksvraag een antwoord te geven. Doordat er ook proefpersonen worden gebruikt die een historie hebben met een hamstringblessure, kunnen deze gegevens vergeleken worden met proefpersonen zonder historie met een hamstringblessure. Er zal worden gekeken of er een verband gelegd kan worden met de spierlengte van deze proefpersonen en een hamstringblessure. Verwacht wordt dat de spierlengte van de m. biceps femoris tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase bij proefpersonen met een historie met een hamstringblessure, dicht bij de maximale spierlengte van de m. biceps femoris in de buurt zal komen dan bij proefpersonen zonder historie met een hamstringblessure. Zal dit een risicofactor kunnen zijn voor het oplopen van hamstringblessure?

Anatomie & fysiologie

De hamstrings zitten aan de dorsale zijde van het bovenbeen en zijn poly-articulair, behalve het caput breve van de m. biceps femoris. De hamstrings zorgen voor retroflexie in het heupgewricht en flexie in het kniegewricht. De hamstrings bestaan uit drie spieren: de m. biceps femoris (BF), de m. semitendinosus (ST) en de m. semimembranosus (SM), zie *Figuur 1* (Putz & Pabst, 2006, deel 2, p. 318). De BF bestaat uit een korte kop (caput breve) en een lange kop (caput longum). Het caput breve van de BF heeft zijn origo op de dorsale zijde van het femur en zijn insertie op het caput fibulae van de tibia. Het heeft hierdoor een flecterend en exoroterend moment in het kniegewricht. Het caput longum van de BF is bi-articulaire spier met de origo op het tuber ischiadicum en de insertie op de caput fibulae van de tibia. Hiermee kan het een anteflecterend moment in het heupgewricht en een flecterend en exoroterend moment in het kniegewricht leveren. De ST en de SM hebben beide hun origo op het tuber ischiadicum zitten. De insertie van de ST zit op de tuberositas tibiae en de insertie van de SM ligt medio-dorsaal van de knie as dorsaal op de tibia. De ST en SM kunnen anteflecterend moment in het heupgewricht en een flecterend en endoroterend moment in het kniegewricht leveren. De lange kop (caput longum) van de BF is het vaakst gekwetst bij een hamstringblessure dat optreedt bij het hardlopen. De SM is het vaakst aangedaan bij het overstrekken bij bijvoorbeeld ballet.



Figuur 1 De ST, SM en de BF van dorsaal. Putz, R., & Pabst, R. (2006). Sobotta: Atlas van de menselijke organen, deel 2. Bohn Stafleu van Loghum. Deel 2, p. 218.

Er wordt onderscheid tussen fusiforme en pennate spieren gemaakt. Bij een fusiforme spier lopen de spiervezels evenwijdig aan de lengteas van de spier en bij een pennate spier staan de spiervezels onder een hoek ten opzichte van de lengteas van de spier. Deze hoek wordt de pennate hoek genoemd. Pennate spieren kunnen meer kracht uitoefenen dan fusiforme spieren, daarentegen kan een fusiforme spier wel sneller verkorten. Onderzoek toont aan dat de pennate hoek van de BF groter is dan die van de ST (Kellis et al., 2010). In dit onderzoek is de pennate hoek van de BF proximaal gemiddeld 23.96 ± 3.82 graden en distaal gemiddeld 17.78 ± 1.95 graden, en de pennate hoek van de ST proximaal gemiddeld 14.69 ± 1.09 graden en distaal gemiddeld 8.81 ± 1.22 graden. Gezien het verschil in de pennate hoek tussen BF en de ST kan gezegd worden dat de BF meer kracht kan genereren dan de ST, maar dat de ST sneller kan verkorten. Dit zou een reden kunnen zijn dat de BF vaker is aangedaan bij een hamstringblessure.

Methode

Spierlengte modellen

Er zijn modellen die de spierlengte van de hamstrings kunnen berekenen met de heup- en kniehoek als input. De heup- en kniehoek zijn van belang omdat de hamstrings bi-articulaire spieren zijn die over het heup- en kniegewricht lopen. In het artikel van Van der Krogt et al. (2008) worden er drie modellen getest op hun validiteit. De volgende modellen werden in dit onderzoek getest: Model 1: Delp et al. (1990), Delp and Loan (1995); Model 2: Klein Horsman et al. (2007) en Model 3: Hawkins and Hull (1990). Het onderzoek toonde aan dat met Model 3 de correlatiecoëfficiënten van de drie hamstringsspieren (m. semitendinosus (ST), de m. semimembranosus (SM) en de m. biceps femoris (BF)) respectievelijk 0,98, 0,97 en 0,97 bedragen. Model 1 en Model 2 zijn geavanceerdere modellen dan Model 3. Met Model 3 is met een formule te berekenen wat de spierlengte van de hamstrings zijn. Ook komt in het onderzoek naar voren dat Model 3 de laagste significante verschillen toont bij het berekenen van de lengte van de m. biceps femoris. Daarom wordt er voor gekozen om Model 3 in dit onderzoek te hanteren.

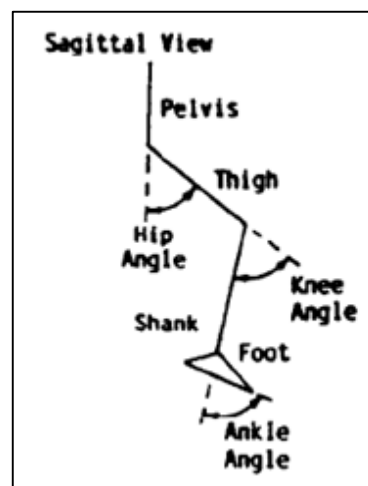
Uit Model 3 zijn drie verschillende formules af te leiden, voor de SM, ST en de BF:

$$L_{SM} = 1.027 + 1.99E^{-3} \times \varphi_{Heup} - 2.22E^{-3} \times \varphi_{Knie}$$

$$L_{ST} = 0.987 + 2.07E^{-3} \times \varphi_{Heup} - 1.78E^{-3} \times \varphi_{Knie}$$

$$L_{BF} = 1.048 + 2.09E^{-3} \times \varphi_{Heup} - 1.60E^{-3} \times \varphi_{Knie}$$

De uitkomst van de formule geeft de spierlengte als een percentage van de bovenbeen lengte. De bovenbeen lengte wordt gemeten van de top van de trochanter major van het femur tot de laterale epicondyle van het femur. De spierlengte is dus te berekenen door het percentage te vermenigvuldigen met de bovenbeen lengte. In *Figuur 2* (Hawkins & Hull, 1990, p. 489) is te zien welke heup- en kniehoek er wordt gebruikt in dit model.



Figuur 2 De heup- en kniehoek die wordt gebruikt volgens het model van Hawkins, D., Hull, M. L. (1990). A method for determining lower extremity muscle-tendon lengths during flexion/extension movements. *J Biomechanics*, 23(5), 489.

Straight leg raise test (SLR-test)

De SLR-test wordt veel gebruikt om de lenigheid in het heupgewricht te bepalen bij patiënten. Tijdens deze test ligt de proefpersoon op zijn/haar rug en voert een anteflecterende beweging in de heup uit. Het kniegewricht is tijdens deze test volledig geëxtendeerd. Deze test kan zowel passief als actief uitgevoerd worden. Bij een passieve uitvoering van de SLR-test wordt het been van de proefpersoon door de onderzoeker zo ver mogelijk geanteflecteerd, bij een actieve uitvoering zal de proefpersoon dit op eigen spierkracht doen.

Een probleem dat ontstaat tijdens de SLR-test is dat het bekken achterover kan kantelen. Dit komt omdat de hamstrings hun origo op het tuber ischiadicum hebben zitten. Door de anteflecterende beweging van het been trekt de spier dusdanig aan het bekken waardoor het achterover kantelt. Door de onderarm van de proefpersoon onder de onderrug te leggen kan dit voorkomen worden. In dit onderzoek wordt er gebruik gemaakt van een marker die op een bepaald punt op het bekken zit. Door deze marker is het mogelijk om de bekkenkanteling terug te zien en de uiteindelijke hoekuitslag in het heupgewricht hiermee te corrigeren. De exacte plaats van deze marker wordt uitgelegd in de volgende paragraaf.

De SLR-test wordt in dit onderzoek opgenomen met een camera die loodrecht op het sagittale vlak van het lichaam van de proefpersoon staat gericht. Zo is het mogelijk om aan de hand van de videobeelden de maximale heuphoek te kunnen bepalen. De SLR-test wordt zowel actief als passief uitgevoerd. Het is niet met zekerheid te zeggen dat de knie ook tijdens de actieve SLR-test volledig is geëxtendeerd. Met behulp van de markers op de heup, knie en de enkel, is dit terug te zien op de videobeelden. Met de heup- en kniehoek die ontstaan tijdens de SLR-test kan de maximale spierlengte van de hamstrings berekend worden met de formule van Hawkings (1990).

Markerplaatsing

De proefpersoon zal worden voorzien van markers op het lichaam. Door de markers op bepaalde punten op het lichaam te plaatsen kunnen de coördinaten van de markers met behulp van Kinovea uit het beeldmateriaal gehaald worden. Met behulp van de markers moet ook de rotatie in het bekken bepaald kunnen worden. In het model van Hawkings (1990) worden de heup- en knie hoeken als volgt gedefinieerd:

- Heuphoek: De hoek tussen de lijn van de laterale epicondyl van het femur tot de top van de trochanter major van het femur en de lijn parallel aan het snijpunt van de frontale en sagittale vlak van het bekken. Dit kan gezien worden als een verticale lijn vanaf de top van de trochanter major tot aan het bekken (bij stand in anatomische houding).
- Kniehoek: De hoek tussen de lijn van de laterale epicondyl van het femur tot de top van de trochanter major van het femur en de lijn van de laterale epicondyl van het femur tot het centrum van de laterale malleolus.

In tegenstelling tot het onderzoek van Hawkings (1990), waar er getest wordt met menselijke kadavers, wordt er in dit onderzoek getest met levende proefpersonen. Omdat het niet mogelijk is om nauwkeurig genoeg de markers op de proefpersonen aan te brengen zoals Hawkings dat doet, wordt er in dit onderzoek een ander protocol aangehouden. In dit onderzoek worden de markers geplaatst als de proefpersoon op de rug ligt. In *Tabel 1* wordt er per marker benoemd welk botpunt daarbij hoort. De markers blijven op de proefpersoon zitten tot beide tests (SLR-test en de sprint) zijn uitgevoerd.

Tabel 1 Botpunten waar de markers geplaatst worden.

Marker	Positie
Bekken	Op het bekken, waar het bekken bot goed te palperen valt. In andere woorden: waar de afstand van het huidoppervlak tot het bekken zo min mogelijk is.
Heupgewricht	Op de top van de trochanter major. Dit is ongeveer ter hoogte van het centrum van de femur kop.
Kniegewricht	Op het centrum van de laterale epicondyle van het femur.
Enkelgewricht	Op het centrum van de laterale maleollus van de fibula.

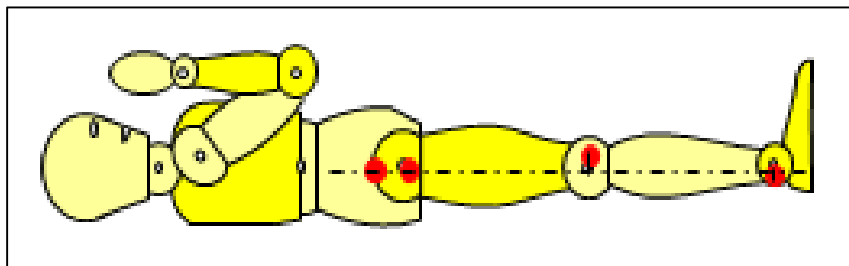
Nul-waarden

In het model van Hawking wordt er vanuit gegaan dat wanneer het lichaam rechtop staat dat de heup- en kniehoek nul zijn. In dit geval is de knie volledig geëxtendeerd. En de lijn vanaf de marker op het bekken tot aan de marker op de trochanter major staat in het verlengde van de lijn vanaf de marker van de trochanter major tot aan marker van de laterale epicondyl. Anders gezegd: alle markers staan op dezelfde lijn.

In dit onderzoek staan de markers niet altijd op dezelfde lijn. Dit komt door de manier waarop de markers geplaatst worden. In *Figuur 3* wordt er duidelijk gemaakt wat hiermee bedoeld wordt. Zoals te zien is in dit figuur staat de marker op de knie niet in lijn van de andere markers op

het lichaam. Daarom wordt er bij elke proefpersoon een zogenaamde nul-meting gedaan. Er wordt een foto gemaakt van het moment dat de proefpersoon, met een volledig geëxtendeerde knie, op de grond ligt. Met Kinovea worden de gewrichtshoeken bepaald die er op dat moment zijn. Deze hoeken worden gezien als nul graden. Dus de hoek die ontstaat tijdens de nulmeting wordt van de hoek die ontstaat tijdens de sprint en de SLR-test afgetrokken.

Voorbeeld: stel dat de kniehoek tijdens de nul-meting van een proefpersoon 10 graden is en tijdens de sprint bedraagt de kniehoek 25 graden. Dan is de uiteindelijke kniehoek 15 graden ($25 - 10 = 15$ graden). Voor de heuphoek wordt dit op dezelfde manier gedaan.



Figuur 3 Beschrijving probleem markers. In de afbeelding is te zien dat de markers niet allemaal op dezelfde lijn met elkaar staan. BT mensmodel in WORD 2010. Broeren, L. A. J. M. (2010). Antropometrie. De Haagse Hogeschool.

Huidverschuiving

Omdat de markers op de huid worden aangebracht is er kans op huidverschuivingen tijdens de metingen. Hierdoor is het mogelijk dat een marker niet meer op het botpunt zit. Aangezien de huid bij de knie en de enkel erg strak zit en er weinig tussen de huid en het botpunt zit, wordt er vanuit gegaan dat hier geen huidverschuiving zal ontstaan. Dit is ook gebleken uit de pilotmeting met één proefpersoon. Er werd wel een huidverschuiving op het bekken verwacht. Daarom is bij twee proefpersonen de spina iliaca anterior superior van het bekken gepalpeerd en gemarkeerd. Er is gekozen voor dit botpunt, omdat deze in de buurt zal liggen van de marker die op het bekken wordt geplaatst. Tijdens deze meting hield de proefpersoon het been in verschillende standen, zowel staand als liggend op een harde ondergrond. Bij beide proefpersonen ontstond er een verschil van maximaal 1,5 centimeter tussen de gemarkeerde plekken bij de verschillende standen van het been/lichaam. Dit kan uiteindelijk resulteren in een verschil van 0.2% in resterende spierlengte dat de hamstrings nog over hebben tot hun maximum. Dit kleine verschil zal in dit onderzoek daarom verwaarloosd worden.

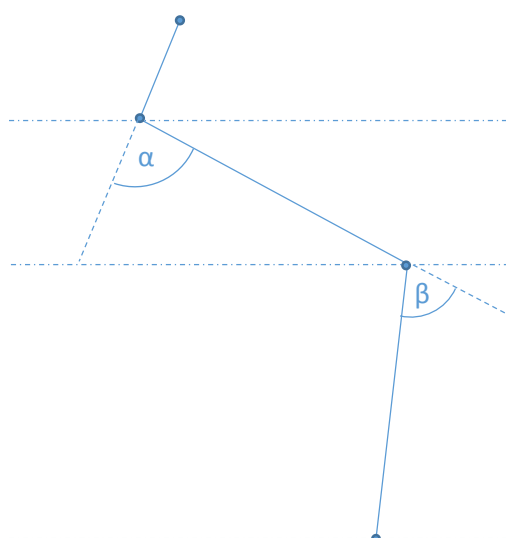
Tijdens de pilotmeting bleef de marker op de trochanter major op dezelfde plek zitten tijdens de gehele SLR-test. Bij het analyseren van de uiteindelijke metingen bleek echter dat dit niet bij iedere proefpersoon het geval is. Of dit door huidverschuiving komt of door een translaterende beweging in horizontale richting van het lichaam door het heffen van het been, is niet duidelijk. Dit probleem is opgelost door het punt van de marker op de trochanter major, wanneer de proefpersoon nog met het been omlaag ligt, in Kinovea te onthouden en een lijn te trekken tussen dit punt en het punt van de marker op het bekken. Vervolgens wordt er een lijn getrokken van het oorspronkelijke punt van de marker op de trochanter major naar het nieuwe punt van de marker op het bekken. De uiteindelijke heuphoek wordt gecorrigeerd met de hoek die tussen deze twee lijnen ontstaat. In *Figuur 4* is een voorbeeld weergegeven hoe dit precies in zijn werk gaat.



Figuur 4 Door de verschuiving van de marker op de trochanter major wordt de achterover kanteling van het bekken, zoals in het figuur weergegeven, gecorrigeerd.

Uitkomstmaten

Door middel van het beeldmateriaal uit de high-speed camera's zijn de markers te traceren met behulp van het videoregistratie programma Kinovea. De coördinaten van de markers kunnen worden opgeslagen in een Excel bestand. Met de coördinaten is het mogelijk om de hoekuitslagen van het heup- en kniegewricht te herleiden, door middel van goniometrie en meetkundige regels. In *Figuur 5* wordt er weergegeven welke hoeken er berekend worden. In Matlab is een programma geschreven die deze berekeningen uitvoert. Het programma in Matlab rekent uit op welk tijdstip de heup- en kniehoek nodig is. Dit is op het tijdstip dat de heuphoek minus de kniehoek het grootst is (Guex et al., 2012). De uiteindelijke uitkomstmaten van dit onderzoek is de spierlengte van de BF tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens een maximale sprint en de maximale spierlengte van de BF die verkregen wordt uit een passieve en een actieve straight leg raise test. De spierlengte van de BF tijdens de sprint wordt vergeleken met de maximale spierlengte van de BF.



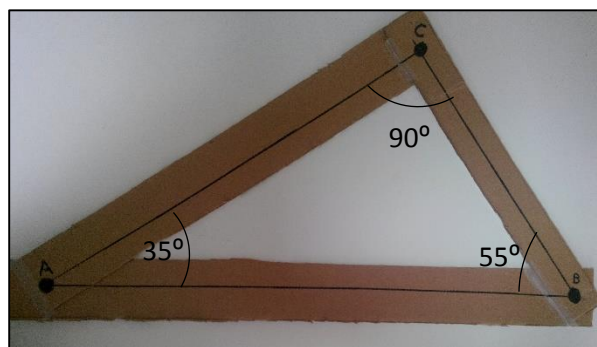
Figuur 5 De heup- en kniehoek in dit onderzoek.

Verzameling gewrichtshoeken

Om de heup- en kniehoek in het sagittale vlak van een proefpersoon te meten wordt er gebruik gemaakt van videobeelden die worden opgenomen door een high-speed camera. De high-speed camera staat loodrecht op de looprichting van de proefpersoon. Wanneer de proefpersoon langs sprint kunnen er een aantal stappen worden opgenomen. Door meerdere camera's te plaatsen zijn er meerdere stappen van de sprint te registreren en is er meer zekerheid dat er beelden zijn van het moment dat de proefpersoon op zijn/haar maximale sprintsnelheid zit.

Perspectivische vertekening

Een probleem dat ontstaat bij het videoregistratie is het vertekenen van het beeld naarmate de proefpersoon van het middelpunt van de camera afstaat. Dit wordt perspectivische vertekening genoemd. Wanneer de proefpersoon zich bijvoorbeeld links in het beeld bevindt, kijkt de camera met een andere hoek op de proefpersoon. Hierdoor zal er een andere heup- of kniehoek gemeten worden dan dat er daadwerkelijk ontstaan is.



Figuur 6 De driehoek, met de hoeken in graden, die gebruikt is.

Er is gekeken wat het effect van de perspectivische vertekening is op dit onderzoek. Dit is gedaan door een driehoek (zie *Figuur 6*), waarvan de hoeken bekend waren, op verschillende plekken in het beeld te laten verschijnen. Het resultaat hiervan was dat er geen verschillen werden opgemerkt tussen de gemeten hoeken uit het beeldmateriaal en de daadwerkelijke hoeken van de driehoek. In *Figuur 7* is te zien dat de driehoek op meerdere plaatsen in het scherm is geplaatst en dat hoek B op elke plek 55 graden is. Er hoeft dus geen rekening worden gehouden met de perspectivische vertekening tijdens dit onderzoek.



Figuur 7 In de afbeelding is te zien dat er op elke verschillende plek dezelfde hoek wordt gemeten.

Meetinstrumenten

Tijdens dit onderzoek is er gebruik gemaakt van twee high-speedcamera's met statief en markers.

Casio - Exilm EX-FH100

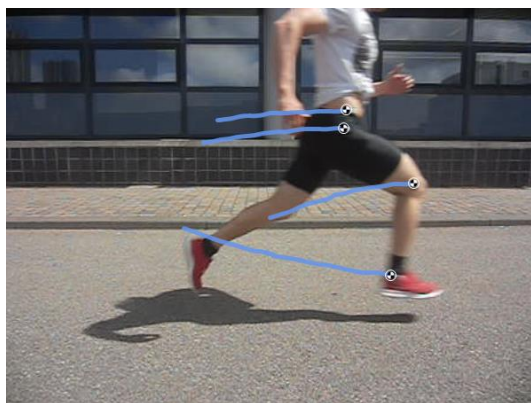
De casio Exilm EX-FH100 wordt in dit onderzoek gebruikt als een high-speed camera. Met deze camera is het mogelijk om met een samplefrequentie van 30, 120, 240, 420 en 1000 fps beelden te verzamelen. In dit onderzoek wordt een samplefrequentie van 240 fps gebruikt. Vanaf de 420 fps wordt de kwaliteit van het beeld minder en zijn de markers op het lichaam van de proefpersoon niet goed meer te zien en wordt het beeldformaat te klein.

Vanguard - Espod 203AP

De camera wordt geplaatst op een statief. Het statief dat wordt gebruikt in dit onderzoek is de Vanguard Espod 203AP. Door middel van het statief kan de camera in verschillende hoogtes worden afgesteld (53 tot 145 centimeter hoogte).

Dataverwerking

De videobeelden worden verwerkt in Kinovea. De data uit kinovea wordt verwerkt in Excel en in Matlab. Vervolgens worden deze gegevens geanalyseerd in SPSS.



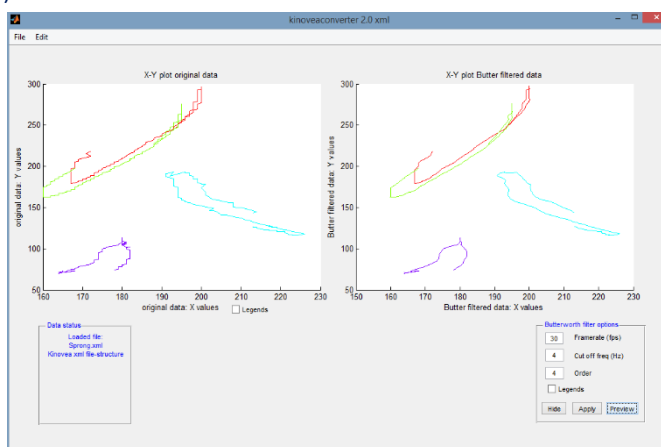
Figuur 8 De getraceerde markers in Kinovea.

Kinovea 0.8.15

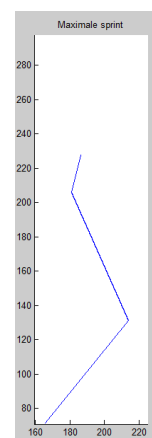
De videobeelden worden in Kinovea geladen. Met Kinovea is het mogelijk om de markers te traceren. Doordat de markers wit zijn blijft de cursor op de marker meebewegen (zie *Figuur 8*). Door een assenstelsel in het beeld aan te brengen kunnen er coördinaten worden gemaakt van de plaats van de markers tijdens de tijd. Deze coördinaten kunnen vervolgens worden opgeslagen als een .XML bestand. Dit bestand kan dus in Excel worden geopend.

Matlab R2013b (8.2.0.701)

Er wordt een Matlab programma gebruikt om de coördinaten van de markers, die in het .XML bestand staan, te filteren. Dit gebeurt door middel van een Butterworth filter met een cut off frequentie van 10 Hz, een framerate van 240 fps en een vierde orde instelling. Deze gefilterde coördinaten worden geconverteerd en als een .xls bestand opgeslagen. Dit programma is geschreven door Aad Lagerberg van de Haagse Hogeschool.



Figuur 9 Het matlab programma waarin de data wordt gefilterd (links). De stickman dat uit het Matlab programma komt (rechts).



De gefilterde coördinaten uit het .xls bestand worden gebruikt voor een andere programma in Matlab. Dit programma, dat door de onderzoeker zelf geschreven is, laat het traject zien van de coördinaten. Ook wordt er een stickman van de coördinaten gemaakt. Het programma berekent ook de heup- en kniehoek die ontstaan tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens de sprint van de proefpersoon. Deze hoeken worden verder ingevoerd in Excel.

Het Matlab-programma is getest door van een object met een bekende hoek een opname te maken. Er zat geen verschil tussen de werkelijke hoek en de hoek die door het Matlab-programma is berekend.

Excel 2013

In Excel worden de persoonsgegevens verzameld over de deelnemers van het onderzoek. Ook is er in Excel een model gemaakt waar de heup- en kniehoeken ingevoerd kunnen worden waar vervolgens de spierlengte van de hamstrings tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase en de maximale spierlengte van de hamstrings uitkomt (*Figuur 10*). In het bovenste gele gedeelte worden de persoonsgegevens ingevuld, zoals naam, leeftijd, gewicht, lengte, lengte van het femur en of de proefpersoon een historie heeft met een hamstringblessure. In het gele gedeelte daaronder kunnen de heup- en kniehoeken worden ingevuld. Drie maal voor de passieve SLR-test en die maal voor de actieve SLR-test. In het blauwe gedeelte wordt de heup- en kniehoek tijdens de sprint ingevuld. Rechts daarvan wordt er ingevuld welke hoeken er ontstonden tijdens de nulmeting. Met deze ingevulde gegevens rekent Excel vanzelf uit welke spierlengtes daarbij ontstaan. Deze spierlengtes worden ingevuld in een SPSS database.

Naam:		Leeftijd:		Gewicht:	Lengte:	Femur:	Blessure:				
Bart vd He		23	75	185	47	nee					
SLR-passief 1		SLR-passief 2		SLR-passief 3		SLR-actief 1		SLR-actief 2		SLR-actief 3	
Hoek in graden		Hoek in graden		Hoek in graden		Hoek in graden		Hoek in graden		Hoek in graden	
heup	50 heup	48 heup	48	heup	56 heup	55 heup	5				
knie	-2 knie	-2 knie	-2	knie	18 knie	11 knie	1				
Lengte in cm:		Lengte in cm:		Lengte in cm:		Lengte in cm:		Lengte in cm:		Lengte in cm:	
SM:	53,36286 SM:	53,1758 SM:	53,1758	SM:	51,83724 SM:	52,47409 SM:	52,4632				
ST:	51,58814 ST:	51,39356 ST:	51,39356	ST:	50,49868 ST:	50,98701 ST:	51,0006				
BF:	54,4683 BF:	54,27184 BF:	54,27184	BF:	53,55368 BF:	53,98185 BF:	54,0048				
Sprint:		Nulmeting:		Gem:							
Hoek in graden		Hoek in graden		Passief: Actief:		Spier:		C0	C1	C2	
heup	45,5	heup	16	53,23815	52,25820333	SM		1,027	0,00199	0,0022	
knie	31,5	knie	2	51,45842	50,82877667	ST		0,987	0,00207	0,0017	
				54,33733	53,84680333	BF		1,048	0,00209	0,001	
Lengte in cm:		PASSIEF:		ACTIEF:							
SM:	47,950105	Resterende lengte:	Resterend percentage:	Resterende lengte:	Resterend percentage:						
ST:	46,791085	5,288048333	9,932816979	4,308098333	8,243869974						
BF:	49,935385	4,667335	9,07010942	4,037691667	7,943712069						
		4,401941667	8,10113772	3,811418333	7,263975002						

Figuur 10 Het Excel model waar alle heup- en kniehoeken kunnen worden ingevuld.

IBM SPSS Statistics 22

De maximale spierlengte van de hamstrings en de spierlengte van de hamstrings die ontstaat tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens een sprint, worden met elkaar vergeleken in SPSS.

De resultaten van de herhaalde SLR-tests worden onderling op elkaar getest op betrouwbaarheid. Dit wordt gedaan door middel van een reliability-test in SPSS. Deze test zal de Intraclass Correlation Coëfficiënt (ICC) geven. Hoe dichter de uitkomst van de ICC bij de 1 komt, hoe betrouwbaarder de metingen zijn.

De resultaten van de passieve SLR-tests worden vergeleken met de resultaten van de actieve SLR-test. Met de bivariate correlation test wordt er berekend wat de correlatie is tussen de twee SLR-tests.

Met de one-way ANOVA test is gekeken of de verhouding tussen de maximale spierlengte en de spierlengte tijdens de sprint iets zegt over een historie met een hamstringblessure van een

Resultaten

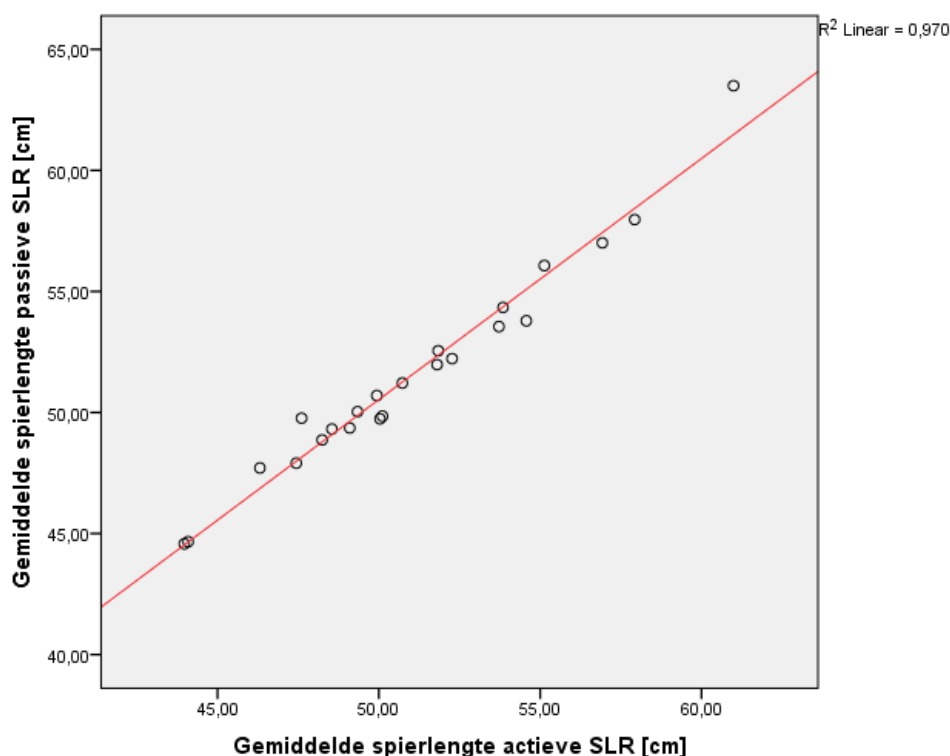
Aan dit onderzoek hebben 23 proefpersonen deelgenomen, waarvan 13 mannen en 10 vrouwen. De proefpersonen waren allen gezond. Er waren 6 proefpersonen die een historie hebben met een hamstringblessure. De gemiddelde leeftijd van de proefpersonen is 21.57 jaar (SD: 1.93), het gemiddelde gewicht is 70.27 kilogram (SD: 8.27) en de gemiddelde lengte is 175.35 centimeter (SD: 8.26). In *Bijlage...* zijn de gegevens per proefpersoon in een tabel weergegeven. Hierin staat ook aangegeven of de proefpersoon een historie heeft met een hamstringblessure.

Tijdens de metingen zijn er drie passieve en drie actieve SLR-tests uitgevoerd. Om te kijken of deze herhaalde metingen met elkaar overeenkomen en dus betrouwbaar zijn, is er een betrouwbaarheid analyse (Two-way Random Model) uitgevoerd in SPSS. In *Tabel 2* wordt de ICC-waarde (Intraclass Correlation Coëfficiënt) weergegeven van zowel de herhaalde passieve als de actieve SLR-test.

Tabel 2 Uitkomst van de betrouwbaarheids analyse (Two-way Random Model) in SPSS. In het tabel zijn de ICC-waardes weergegeven.

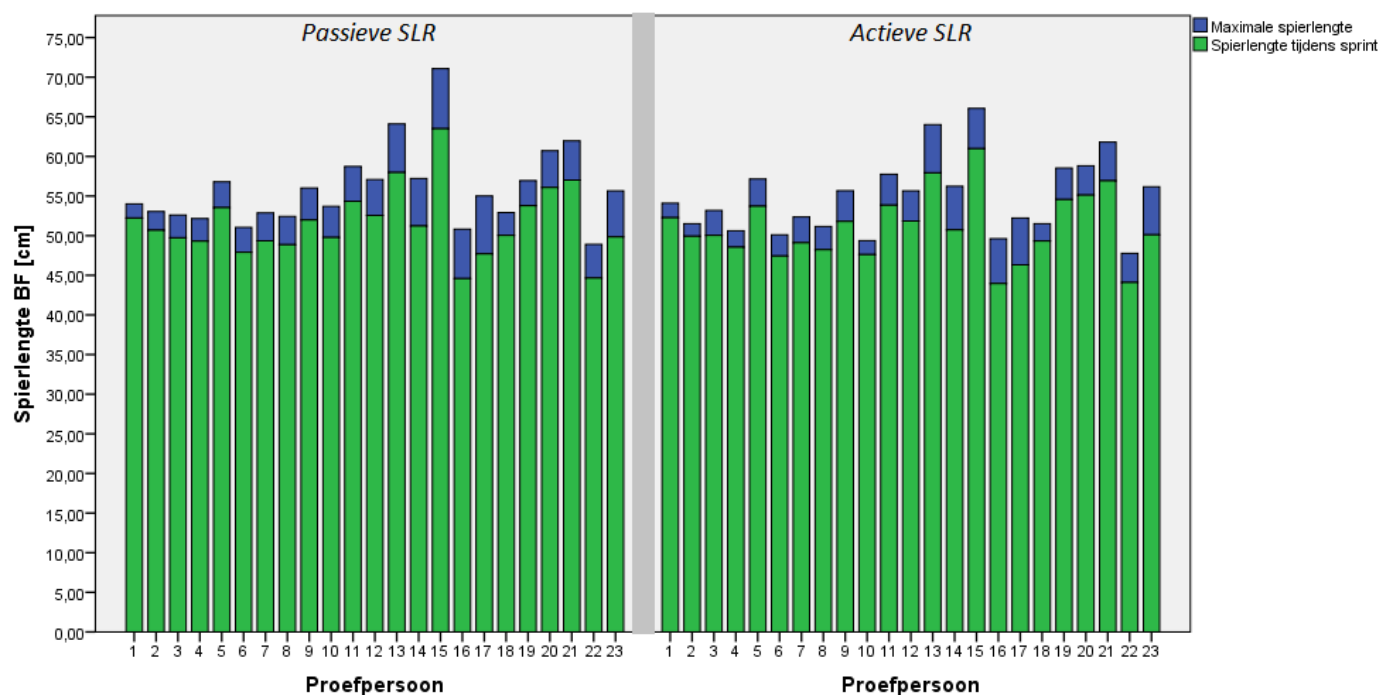
	Intraclass Correlation Coëfficiënt
Passieve SLR	.998
Actieve SLR	.997

Van de drie passieve SLR-tests is een gemiddelde berekend, dit is ook gedaan voor de drie actieve SLR-tests. Deze gemiddelden zijn met elkaar vergeleken middels een bi-variante correlatie test in SPSS. De passieve SLR-test en de actieve SLR-test correleren met een correlatiecoëfficiënt van 0.985 met een significant verschil van 0.01 ($p < 0.05$). *Figuur 11* geeft een scatterplot van de gemiddelde spierlengte weer tijdens de passieve SLR-test op de y-as en de actieve SLR-test op de x-as.



Figuur 11 Scatterplot van de gemiddelde spierlengte tijdens de passieve SLR-test op de y-as en de gemiddelde spierlengte tijdens de actieve SLR-test op de x-as.

In *Figuur 12* zijn de maximale spierlengtes (dit zijn de spierlengtes verkregen bij zowel de passieve als de actieve SLR-test) en de spierlengtes tijdens de sprint van de BF per proefpersoon in een kolomgrafiek weergegeven. In de linker grafiek de resultaten van de passieve SLR-test en in de rechter grafiek de resultaten van de actieve SLR-test. De kolommen zijn op elkaar gelegd zodat duidelijk te zien is hoeveel de BF van de maximale spierlengte verwijderd is. De laatste zes proefpersonen (proefpersoon 18 t/m 23) hebben een historie met een hamstringblessure. In *Tabel 3* zijn de minimale, maximale en gemiddelde lengte van BF weergegeven tijdens de sprint en tijdens de passieve/actieve SLR-test (passieve maximum/actieve maximum).

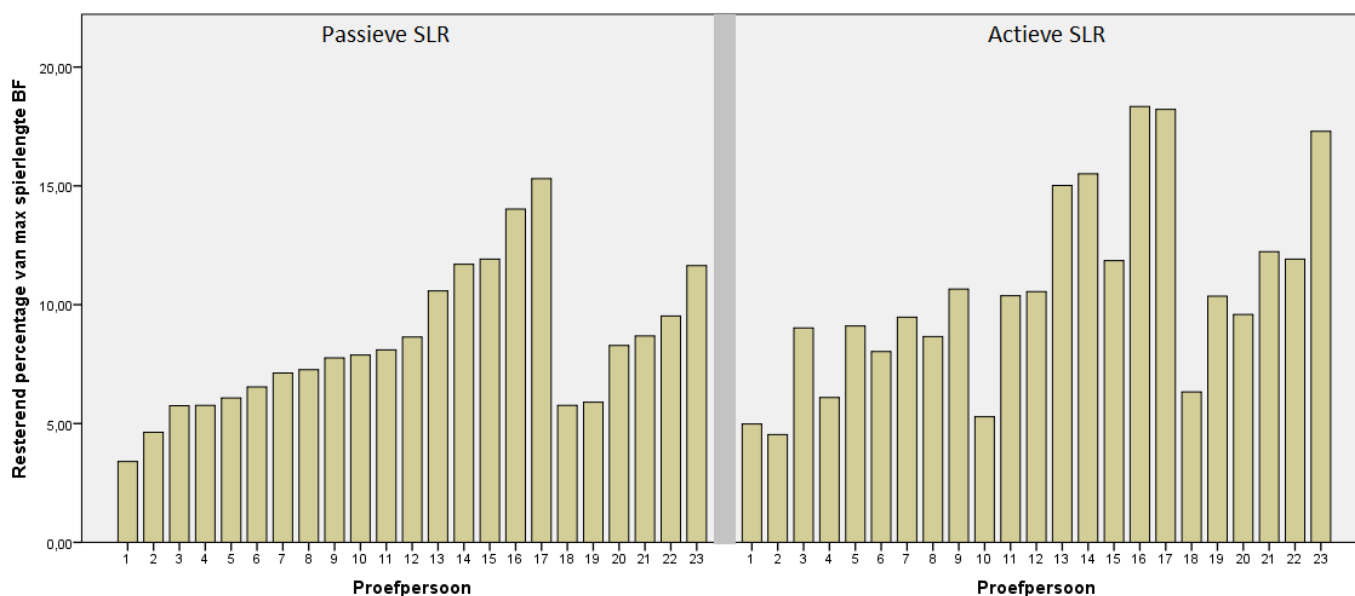


Figuur 12 De maximale spierlengtes van de BF (verkregen bij zowel de passieve als de actieve SLR-test) en de spierlengtes ontstaan tijdens de sprint van de BF per proefpersoon.

Tabel 3 De minimum, maximum en gemiddelde spierlengte van de BF en de standaard deviatie van de passieve en de actieve SLR-test en tijdens de sprint.

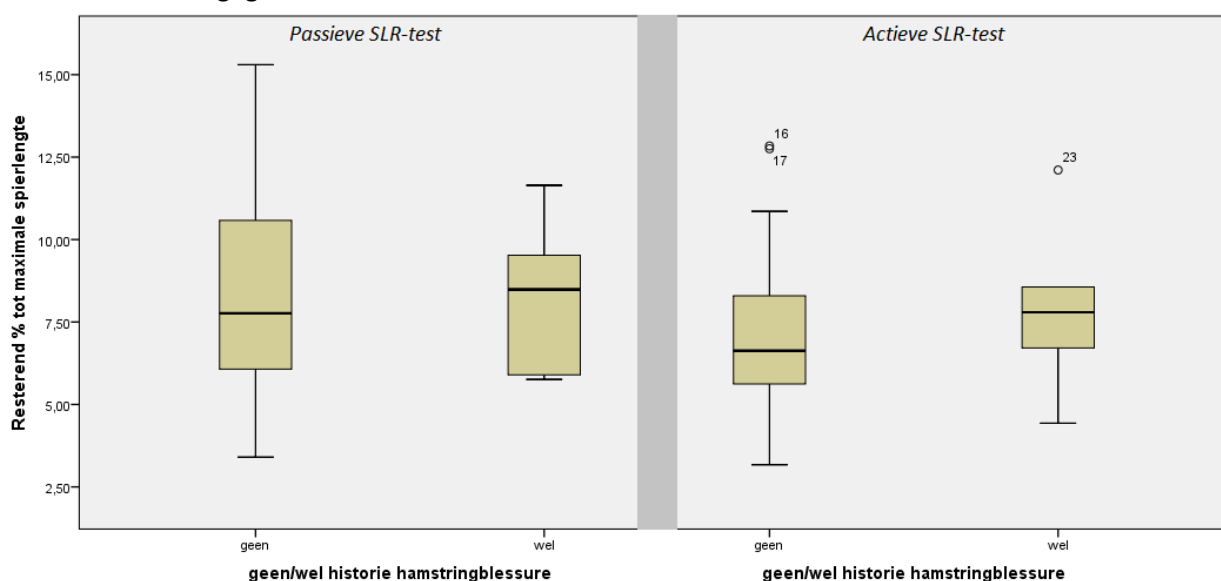
	Minimum lengte [cm]	Maximum lengte [cm]	Gemiddelde [cm]	Standaard deviatie [cm]
Passieve SLR-test maximum	44.58	63.50	51.60	4.30
Actieve SLR-test maximum	43.97	60.99	51.06	4.25
Sprint	38.32	55.93	47.28	4.15

Per proefpersoon is er gekeken hoeveel centimeter aan spierlengte van de BF er nog over is tijdens het laatste deel van de voorlaatste zwaai fase van de maximale sprint. Dit is de resterende spierlengte dat ontstaat door de spierlengte tijdens de maximale sprint van de spierlengte tijdens de SLR-test (passief en actief) af te trekken. De resterende spierlengte wordt vervolgens als percentage van de maximale spierlengte (spierlengte dat ontstaat bij de SLR-test) uitgedrukt. In *Figuur 13* zijn de resultaten hiervan weergegeven. Ook hier hebben de laatste zes proefpersonen een historie met een hamstringblessure.



Figuur 13 Het resterende percentage aan spierlengte tot het maximum van de BF tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase van de sprint. Links met de passieve SLR-test als maximum en rechts met de actieve SLR-test als maximum.

In *Figuur 14* is een boxplot weergegeven van het resterende percentage dat de BF nog verlengen kan tot de spierlengte maximaal is. In de linker grafiek is dit vergeleken met de maximale spierlengte tijdens de passieve SLR-test en in de rechter grafiek is dit vergeleken met de maximale spierlengte tijdens de actieve SLR-test. Het gemiddelde, de standaard deviatie, het minimum en het maximum hiervan zijn in *Tabel 4* weergegeven.



Figuur 14 Een boxplot van het resterende percentage dat de BF nog verlengen kan tot de spierlengte maximaal is. Links met de passieve SLR-test als maximum en rechts met de actieve SLR-test als maximum.

Tabel 4 Het gemiddelde, minimum en maximum van het resterende percentage dat de BF nog kan verlengen tot de maximale spierlengte bij proefpersonen met en zonder historie met hamstringblessure.

Geen/wel historie met hamstringblessure	Passieve/actieve SLR-test	Minimum [%]	Maximum [%]	Gemiddelde [%]	Std. Deviatie [%]
Geen	Passief	3.40	15.30	8.38	3.29
Geen	Actief	3.17	12.84	7.23	3.00
Gemiddeld:		3.29	14.07	7.81	3.15
Wel	Passief	5.76	11.65	8.30	2.24
Wel	Actief	4.43	12.11	7.90	2.54
Gemiddeld:		5.10	11.88	8.10	2.39

Om te kijken of er een verschil is in spierlengte van de BF tussen proefpersonen met en zonder historie met hamstringblessure, is er een one-way ANOVA test uitgevoerd in SPSS. De nul hypothese is: *Er is geen verschil in spierlengte van de BF tussen proefpersonen met en zonder historie met een hamstringblessure.*

Tabel 5 Het resultaat van de one-way ANOVA test met de verklaarde variantie, de factor en de significantie.

		Verklaarde variantie	F	Significantie
Passieve SLR-test	Tussen groepen	1.967	.234	.634
	Binnen groepen	8.425		
Actieve SLR-test	Tussen groepen	0.029	.003	.956
	Binnen groepen	9.434		

In *Tabel 4* is te zien dat de verklaarde variantie tussen de groepen bij zowel de passieve als de actieve SLR-test veel kleiner is dan de verklaarde variantie binnen de groepen. Dit wil zeggen dat de nul hypothese niet wordt verworpen. Dit is nogmaals te zien aan de significantie dat bij beide gevallen niet onder de 0.05 komt. Er kan dus met 95% zekerheid gezegd worden dat er geen verschil is in spierlengte van de BF tussen proefpersonen met en zonder historie met een hamstringblessure.

Discussie

Tijdens het onderzoek is er gebruik gemaakt van een marker op de top van de trochanter major van het femur. Dit zou overeen moeten komen met het rotatiecentrum van het heupgewricht. Echter is in de videobeelden te zien dat de marker tijdens de SLR-test niet op dezelfde plek blijft zitten. De vraag is nu of dit komt doordat het lichaam van de proefpersoon verschuift tijdens het uitvoeren van een SLR-test of dat de kop van de trochanter major opnieuw opgezocht moet worden als het been volledig geanteflecteerd is. Dit probleem is in dit onderzoek opgelost door de plek van de marker, wanneer het been nog niet geanteflecteerd is, op te slaan en hieruit de achterover kanteling van het bekken te analyseren. Deze oplossing geeft op het oog betrouwbare resultaten, maar deze zijn niet bewezen en kunnen een fout opleveren in het uiteindelijke resultaat van het onderzoek. Het is raadzaam om in het vervolg op elk lichaamssegment twee markers te plaatsen. Zo is per segment te zien in welke hoek deze verkeerd.

Voor dit onderzoek was het niet mogelijk om metingen te doen op een loopband. Dit in verband met de veiligheid van de proefpersoon. Met een loopband is het mogelijk om meerdere stappen tijdens een sprint te kunnen analyseren. In dit onderzoek is er per proefpersoon slechts één stap geanalyseerd. Het is dus niet mogelijk geweest om de betrouwbaarheid hiervan te meten.

Er zijn proefpersonen geweest die vermeldden dat ze een historie hebben met hamstringblessure. Ze gaven aan er enkele weken last van hebben gehad. Echter is dit niet bij iedere proefpersoon officieel aangetoond door een arts. Het is dus niet bewezen dat de proefpersonen in kwestie een blessure hebben gehad in de hamstrings of dat ze last hebben gehad van een andere blessure.

Er is niet bekend of de proefpersonen die een hamstringblessure hebben gehad, hun looppatroon door deze blessure dusdanig hebben geadapteerd zodat de parameters als schredelengte, staplengte of sprintsnelheid niet meer het zelfde als voorheen zijn. Dit zou kunnen resulteren in andere gewrichtshoeken tijdens het sprinten. Ook kan de proefpersoon uit angst voor een terugkerende hamstringblessure een kleinere paslengte gebruiken om zo minder dicht bij de maximale spierlengte van de BF in de buurt te komen. Dit kan terug gezien worden in *Figuur 14*, waar het gemiddelde percentage tot de maximale spierlengte bij de proefpersonen met historie met een hamstringblessure hoger ligt dan bij de proefpersonen zonder historie met een hamstringblessure.

Tijdens de SLR-test is het niet de bedoeling dat het been dat niet geanteflecteerd moet worden, anteflecteert. Hoewel dit duidelijk is aangegeven aan de proefpersonen is bij een aantal proefpersonen een lichtelijke anteflecterende beweging in dit been terug te zien. Dit kan resulteren in een grotere heuphoek van het andere been tijdens de SLR-test.

In het onderzoek van Hawkins en Hull (1990) wordt er gebruik gemaakt van menselijke kadavers. De formule die is opgesteld voor het berekenen van de BF is dus hierop gebaseerd. Hierdoor zijn de gewrichtshoeken nauwkeuriger bepaald dan in dit onderzoek, waar de hoeken bepaald worden door middel van markers op levende proefpersonen.

Uit het resultaat is per proefpersoon te zien wat de spierlengte van de BF is tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase en wat de maximale spierlengte van de BF is. Echter zouden er meerdere proefpersonen getest moeten worden om tot een betrouwbare conclusie te komen of de verhouding tussen deze spierlengtes een risicofactor kan zijn voor het oplopen van een hamstringblessure. Ook zouden gemeten proefpersonen een bepaalde tijd gevolgd moeten worden. Zo kan er gekeken of er bepaalde proefpersonen een hamstringblessure hebben opgelopen in deze tijd.

Conclusie

In dit onderzoek is er gekeken wat de spierlengte van de m. biceps femoris is tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens een sprint en wat de maximale spierlengte van de m. biceps femoris is. Zowel de spierlengte tijdens een sprint als de maximale spierlengte varieert per persoon. Er is ook geen bepaalde verhouding tussen deze twee spierlengtes. Wel kan geconcludeerd worden dat de spierlengte van de m. biceps femoris tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase gemiddeld nog 8% aan spierlengte over heeft.

Er kan met dit onderzoek geconcludeerd worden dat de verhouding tussen de spierlengte van de m. biceps femoris tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens een sprint en de maximale spierlengte van de m. biceps femoris géén risicofactor is voor het oplopen van een hamstringblessure. Echter is deze conclusie niet erg betrouwbaar. Om tot een betrouwbare conclusie te kunnen komen zouden er metingen met meerdere proefpersonen gedaan moeten worden en zouden er proefpersonen voor een bepaalde tijd gevolgd moeten worden.

De methode die gebruikt is voor dit onderzoek is geschikt en kan in het vervolg gebruikt worden om meerdere proefpersonen te testen. Wel is het raadzaam om per lichaamssegment gebruik te maken van twee markers.

Literatuurlijst

- Beijsterveldt, A. M., Port, I. G. van der, Vereijken, A. J., & Backx, F. J. (2012). Risk factors for hamstring injuries in male soccer players: a systematic review of prospective studies. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2004). Predicting Hamstring Strain Injury in Elite Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 379-387.
- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2007). The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *Journal of Biomechanics*, 40, 3555-3562.
- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2011). Hamstring Musculotendon Dynamics during Stance and Swing Phases of High Speed Running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(3), 525-532.
- Chumanov, E. S., Schache, A. G., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2012). Hamstrings are most susceptible to injury during the late swing phase of sprinting. *Br J Sports Med*, 46, 90.
- Delp, S. L., Arnold, A. S., Speers, R. A., & Moore, C. A. (1996). Hamstrings and psoas lengths during normal and crouch gait: implications for muscle-tendon surgery. *Journal of Orthopaedic Research*, 14, 144-151.
- Delp, S. L., Loan, J. P., Hoy, M. G., Zajac, F. E., Topp, E. L., & Rosen, J. M. (1990). An interactive graphic-based model of the lower-extremity to study orthopedic surgical-procedures. *IEEE Transactions in Biomedical Engineering*, 37, 757-767.
- Hawkings, D., & Hull, M. L. (1990). A method for determining lower extremity muscle-tendon lengths during flexion/extension movements. *J Biomechanics*, 23(5), 487-494.
- Heiderscheit, B. C., Hoerth, D. M., Chumanov, E. S., Swanson, S. C., Thelen, B. J., & Thelen, D. G. (2005). Identifying the time of occurrence of a hamstring strain injury during treadmill running: A case study. *Clinical Biomechanics*, 20, 1072-1078.
- Higashihara, A., Nagano, Y., Ono, T., & Fukubayashi, T. (2014). Relationship between the peak time of hamstring stretch and activation during sprinting. *European Journal of Sport Science*, 10, 1-6.
- Hunter, J.P., Marshall, R.N., & McNair, P.J. (2004). Segment-interaction analysis of the stance limb in sprint running. *Journal of Biomechanics*, 37, 1439-1446.
- Inkelaar, H. (2012). *Hamstringblessure bij sporters*. Geraadpleegd op <http://www.sportgeneeskunde.com/files/Monodisciplinaire%20Richtlijn%20Hamstringblessure%20bij%20sporters.pdf>
- Klein Horsman, M. D., Koopman, H. F. J. M., Helm, F. C. T. van der, Poliacu Prosé, L., & Veeger, H. E. J. (2007). Morphological muscle and joint parameters for musculoskeletal modelling of the lower extremity. *Clinical Biomechanics*, 22, 239-247.
- Knogt, M. M. van der, Doorenbosch, C. A. M., & Harlaar, J. (2008). Validation of hamstrings musculoskeletal modeling by calculating peak hamstrings length at different hip angles. *Journal of Biomechanics*, 41, 1022-1028.

- Putz, R., Pabst, R. (2006). Sobotta: Atlas van de menselijke organen, deel 2. *Bohn Stafleu van Loghum*. Deel 2, p. 218.
- Schache, A. G., Kim, H., Morgan, D. L., & Pandy, M. G. (2010). Hamstring muscle forces prior to and immediately following an acute sprinting-related muscle strain injury. *Gait & Posture*, 32, 136-140.
- Schache, A. G., Wrigley, T. V., Baker, R., & Pandy, M. G. (2009). Biomechanical response to hamstring muscle strain injury. *Gait & Posture*, 29, 332-338.
- Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Best, T. M., Swanson, S. C., & Heiderscheit, B. C. (2005). Simulation of Biceps Femoris Musculotendon Mechanics during the Swing Phase of Sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), 1931-1938.
- Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Hoerth, D. M., Best, T. M., Swanson, S. C., Li, L., Heiderscheit, B. C. (2005). Hamstring Muscle Kinematics during Treadmill Sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(1), 108-114.

Bijlagen

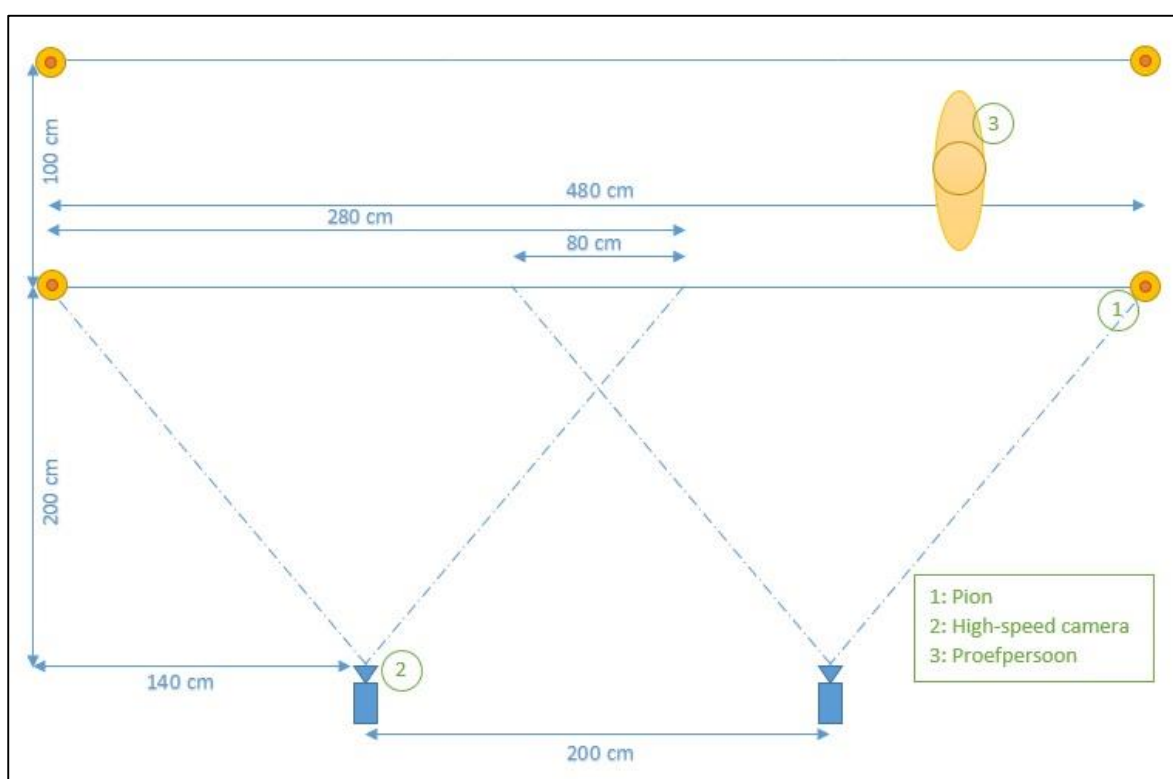
- Bijlage 1 – Meetprotocol
- Bijlage 2 – Protocol dataverwerking
- Bijlage 3 – Matlab script
- Bijlage 4 – Persoonsgegevens
- Bijlage 5 – Projectplan
- Bijlage 6 – Persoonlijke leerdoelen

Bijlage 1- Meetprotocol

Dit hoofdstuk omschrijft het meetprotocol voor het uitvoeren van de metingen voor dit onderzoek. In het protocol wordt er uitgegaan van één onderzoeker die de metingen zal leiden. Het meten zal per proefpersoon ongeveer 10 minuten kosten. De opzetten van de meetopstelling hoeft maar één keer uitgevoerd te worden per testdag(deel). Het laatste deel van het protocol (dataverwerking) omvat het stappenplan voor de verwerking van de data. Dit hoeft niet op de testdag zelf uitgevoerd te worden.

Meetopstelling:

1. Stel de high-speed camera's in op de juiste instellingen (240 fps)
2. Monteer de high-speed camera's op de statieven, stel de lenshoogte in (75 cm) en stel de twee statieven zoals weergegeven in *Figuur 15* op.
3. Plaats de pionnen zoals weergegeven in *Figuur 15*.
4. Plaats het fitness matje ergens in de buurt van de meetopstelling en markeer de plek waar de camera moet komen te staan.



Figuur 15 Meetopstelling tijdens de metingen.

Vorbereiding:

5. De proefpersoon kleedt zich/haar om (sportkleding)
6. De proefpersoon neemt 5 minuten de tijd om warm te worden.
7. Indien de proefpersoon geen strak sportbroekje aan heeft: proefpersoon trekt slidingbroekje aan.
Het sportbroekje dient strak te zitten om te voorkomen dat de marker, dat op de trochanter major zit, niet verplaatst.
8. De femur lengte van de proefpersoon wordt opgemeten
9. De markers worden geplaatst op het rechter been van de proefpersoon, zie *Tabel 6* voor de markerposities. De proefpersoon ligt tijdens het plaatsen van de marker op het bekken op zijn/haar rug op het fitnessmatje. Indien de proefpersoon een los sportshirt aan heeft kan het

shirt omhoog gehouden worden door midden van de strap om de buik heen. Zo kan de marker op de huid geplakt worden.

Tabel 6 Botpunten waar de markers geplaatst worden op het lichaam.

Marker	Positie
Bekken	Op het bekken, waar het bekken bot goed te palperen valt. In andere woorden: waar de afstand van het huidoppervlak tot het bekken zo min mogelijk is.
Heupgewricht	Op de top van de trochanter major. Dit is ongeveer ter hoogte van het centrum van de femur kop.
Kniegewricht	Op het centrum van de laterale epicondyle van het femur.
Enkelgewricht	Op het centrum van de laterale maleollus van de fibula.

10. Maak een foto van de proefpersoon terwijl hij/zij op het fitnessmatje ligt. Dit is voor de nul-meting (*Hoofdstuk Nul-waarden*).

SLR-test:

11. Zet de high-speed camera zo neer zodat het lichaam van de proefpersoon volledig in beeld kan worden gebracht (ongeveer 1,4 meter afstand tot de proefpersoon).
12. De proefpersoon gaat op zijn/haar rug liggen op het fitnessmatje.

Passieve SLR-test:

13. Instrueer de proefpersoon wat de bedoeling is.
14. Zet de high-speed camera aan (ingesteld op de normale samplefrequentie van 30 fps).
15. De onderzoeker positioneert zichzelf achter de proefpersoon.
16. De proefpersoon plaatst zijn/haar linker onderarm onder de onderrug.
17. Pak het rechter been van de proefpersoon en voer een passieve SLR uit. Dit op een manier waarmee de knie volledig geëxtendeerd blijft gedurende de test. Voer dit drie keer uit.
18. De test is klaar en de high-speed camera kan uitgezet worden.

Actieve SLR-test:

19. Instrueer de proefpersoon wat de bedoeling is. Geef aan dat tijdens deze test de knie volledig geëxtendeerd moet blijven.
20. Zet de high-speed camera aan (ingesteld op de normale samplefrequentie van 30 fps).
21. De proefpersoon plaatst zijn/haar linker onderarm onder de onderrug.
22. De proefpersoon voert drie keer een actieve SLR uit.
23. De test is klaar en de high-speed camera kan uitgezet worden.

Sprint:

24. De proefpersoon gaat 30 meter links vanaf de high-speed camera's staan, zodat de rechterkant van het lichaam vanuit het sagittale vlak zichtbaar voor de high-speed camera's.
25. Zet beide high-speed camera's aan (240 fps).
26. Geef de proefpersoon een sein dat hij/zij een sprint op maximale snelheid kan inzetten voor de high-speed camera's langs.
27. Wanneer de proefpersoon voorbij de high-speed camera's heeft gesprint, kunnen de high-speed camera's worden uitgezet.

Afloop van de test:

28. De markers worden van de proefpersoon verwijderd.

29. De persoonsgegevens van de proefpersoon opgeschreven in het tabel van *Bijlage* Hierna is de proefpersoon vrij om te gaan.
30. Na het meten van 5 proefpersonen wordt al het beeldmateriaal, dat op de sd-kaartjes staat, opgeslagen op de computer en worden de sd-kaartjes leeggemaakt.
31. Wanneer er nog een volgende proefpersoon getest wordt, dan weer beginnen bij stap 5.

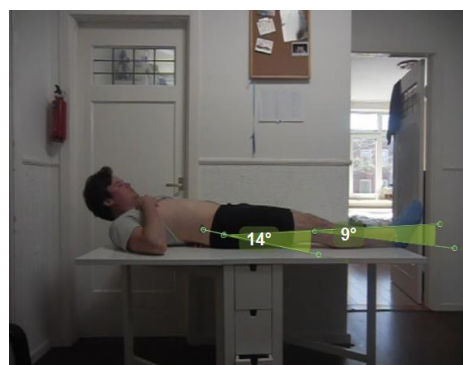
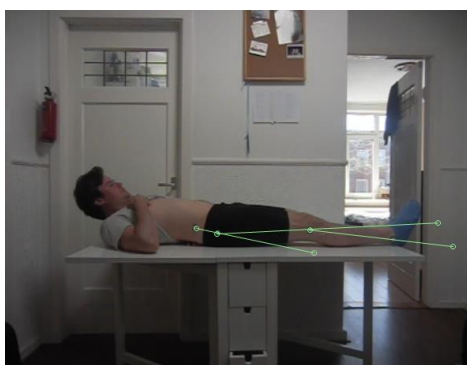
Bijlage 2 - Protocol dataverwerking

In deze bijlage wordt het protocol omschreven voor het uitvoeren de dataverwerking. De data is afkomstig uit de metingen die zijn uitgevoerd en omvat het volgende:

- Foto nulmeting
- Video passieve en actieve SLR-test
- Video maximale sprint

Analyseren foto nulmeting:

1. Laad de foto in Kinovea.
2. Trek lijnen met de 'lijn-tool' in tussen de verschillende markers zoals te zien in *Figuur...*.
3. Bepaal de heup- en kniehoek met de 'hoek-tool' zoals te zien in *Figuur 16*.
4. Vul deze heup- en kniehoek in het Excel-model onder het kopje 'Gegevens nul-meting'.
5. Sla de foto op met de foto en de kernegevens in één bestand.



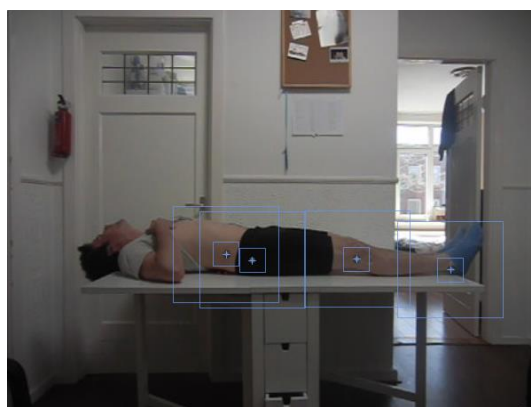
Figuur 16 Hoe de heup- en kniehoek tijdens de nulmeting wordt bepaald in Kinovea.

Verwerken van de video's in Kinovea:

6. Laad de video in (volgorde in video maakt niets uit).
7. Stel een assenstelsel (Afbeelding >> Originele systeem coördinaten) zoals in *Figuur 17* en druk op toepassen



Figuur 17 Het instellen van een assenstelsel in Kinovea.



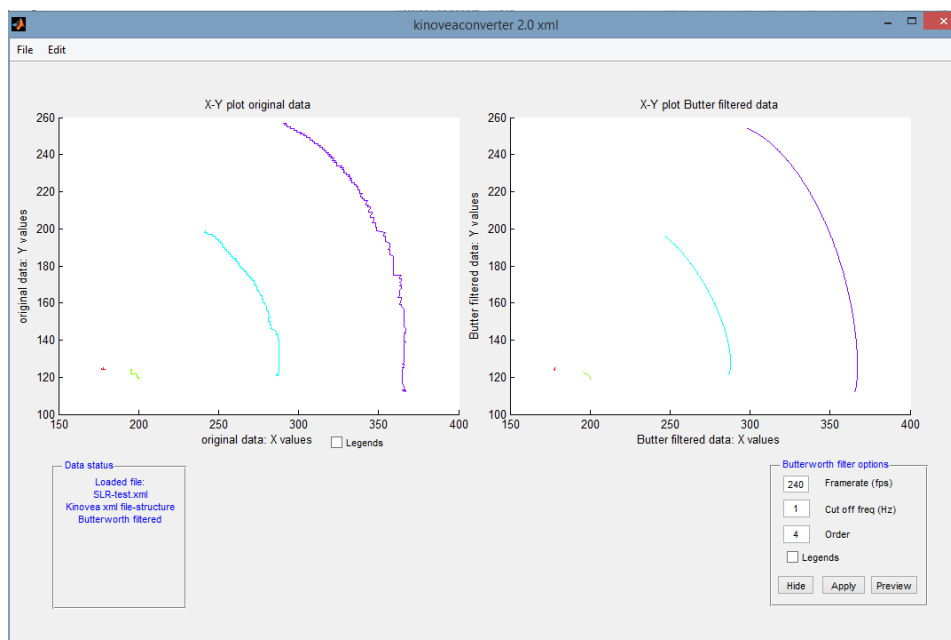
Figuur 18 Het traceren van de markers in Kinovea

8. Stel trajectmarkers in die de trajecten van de markers automatisch volgen door met de rechter muisknop op het scherm te klikken en vervolgens voor de optie 'Baan Trajectpad' te kiezen (zie *Figuur 18*). Stel de markers in op deze volgorde: bekken → heup → knie → enkel.

9. Loop door de frames door op de knop rechts naast de 'Play-knop' te klikken. Kijk per stap of de trajectmarkers nog op de marker zitten en herstel dit eventueel door het te verslepen.
10. Sla de coördinaten van de trajectmarkers op als de gehele SLR-test is getrackt (Bestand >> Export naar spreadsheet >> Microsoft Excel (MS-XML)).
11. Sla de video op inclusief de kerngegevens in één bestand.
12. Voer hetzelfde uit voor de video van de maximale sprint.

Filteren coördinaten van de trajectmarkers:

13. Run het Matlab-programma 'kinoveaconverter2.m'.
14. Open het .xml bestand van de SLR-test of van de maximale sprint (File >> Open). De trajecten van de markers worden vervolgens afgebeeld in de linker diagram.
15. Filter de data met de Butterworth filter (Edit >> Filter >> Butterworth) en vul de volgende instellingen in: Framerate: 240, Cut-off freq: 1 en Order: 4.
16. Kies voor Preview. In de rechter diagram verschijnen de gefilterde trajectbanen van de markers (zie *Figuur...*). Controleer dit en druk vervolgens op Apply en sla de nieuwe data op (File >> Save >> Processed Data).



Figuur 19 Het filteren van de coördinaten van de markers in het Matlab programma.

Berekenen heup- en kniehoek tijdens sprint:

17. Run het Matlab-programma 'maxsprint.m'.
18. Het programma vraagt om het .xls bestand te openen. Selecteer het juiste .xls bestand waarin de gefilterde trajectbanen van de maximale sprint staan. Het Matlab-programma doet vervolgens alles automatisch.
19. Lees in de workspace van Matlab de heup- en kniehoek af die ontstaan bij het omslagpunt tijdens de sprint. Deze hoeken staan respectievelijk in ResHeup en ResKnie.
20. Vul deze heup- en kniehoek in het Excel-model onder het kopje 'Gewrichtshoeken tijdens sprint'.

Berekenen maximale heuphoek tijdens de SLR-test:

21. Run het Matlab-programma 'slrtest.m'.
22. Het programma vraagt om het .xls bestand te openen. Selecteer het juiste .xls bestand waarin de gefilterde trajectbanen van de SLR-test staan. Het Matlab-programma doet vervolgens alles automatisch.

23. Lees in de workspace van Matlab de heup- en kniehoek af die ontstaan tijdens de SLR-test. Deze hoeken staan respectievelijk in ResHeup en ResKnie.
24. Indien de kniehoek verschilt van de kniehoek in de nul-meting dient het verschil ingevuld te worden bij de kniehoek in het Excel-model onder het kopje 'Gewrichtshoeken tijdens SLR-test'.
25. Vul de heuphoek in het Excel-model onder het kopje 'Gewrichtshoeken tijdens SLR-test'.

Bijlage 3 - Matlab script

In deze bijlage wordt de code uitgelegd die in Matlab wordt gebruikt om van de coördinaten van de markers een stickman te maken en vervolgens de heup- en kniehoek uit te rekenen die tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens een sprint ontstaan.

In het eerste deel van de code wordt de data in het programma geladen:

```
clear all
close all
% input van datafile en analysespecifieke gegevens
[filename, pathname] = uigetfile('*.xls*', 'choose filtered 4 marker
datafile');
if isequal(filename,0) || isequal(pathname,0)
    disp('User pressed cancel')
else
    disp(['User selected ', fullfile(pathname,filename)])
    [data] = xlsread( fullfile(pathname,filename) );
cd(pathname);
end
```

Met de volgende code wordt er een tijd as gemaakt. Dit kan berekend worden door het aantal datapunten en de framerate te gebruiken. Ook wordt er een naam aan de data gegeven:

```
numcol = size(data,2);
N=length(data); %hulpvariabele met de lengte van je datafile
frames=1:N; %aantal frames
fs = 240;
dt = 1/fs;
K=0:N-1; %hulpvariabele om in de volgende regel op tijdstip 0 de eerste
datawaarde te tonen
t=K*dt; % hier wordt de tijd as gemaakt

romp=data(:,1:2)';
rompX = data(:,1);
rompY = data(:,2);
heup=data(:,3:4)';
heupX=data(:,3);
heupY=data(:,4);
knie=data(:,5:6)';
knieX=data(:,5);
knieY =data(:,6);
voet=data(:,7:8)';
voetX=data(:,7);
voetY =data(:,8);
```

Vervolgens worden de trajecten van de markers getoond:

```
%hieronder worden de trajecten van de diverse markers getoond (x,y plot)
cc=hsb(numcol);
for k=1:2:(numcol-1)
    figure (1)
    hold on
    plot(data(:,k),data(:,k+1),'color',cc(k,:));
end
```

Met behulp van de draw-functie in Matlab kan er een stickman worden gemaakt. Dit is handig om te kijken of er geen grote fouten in de data zit.

```
figure('units','normalized','outerposition',[0 0 1 1],'name',
'Stickman');
axis equal
axis([min(min(data(:,1:2:end))) max(max(data(:,1:2:end)))
min(min(data(:,2:2:end))) max(max(data(:,2:2:end)))])
title('Maximale sprint')
for j=1:N

draw1=line([voet(1,j),knie(1,j)],[voet(2,j),knie(2,j)],'linewidth',1);

draw2=line([knie(1,j),heup(1,j)],[knie(2,j),heup(2,j)],'linewidth',2);

draw3=line([heup(1,j),romp(1,j)],[heup(2,j),romp(2,j)],'linewidth',1);
    pause (0.02)
    delete(draw1)
```

Eerst worden de hoeken van de lichaamsonderdelen onderling berekend. Dit is de hoek tussen het lichaamsonderdeel en de horizontale lijn.

```
ShankAng(N)=0;
for i=1:N;
ShankAng(i)=atan2((knieY(i)-voetY(i)),(knieX(i)-voetX(i)));
end
ShankAng = ShankAng*(180/pi); %hoek van radialen naar graden

ThighAng(N)=0;
for i=1:N;
ThighAng(i)=atan2((heupY(i)-knieY(i)),(heupX(i)-knieX(i)));
end
ThighAng = ThighAng*(180/pi); %hoek van radialen naar graden

TrunkAng(N)=0;
for i=1:N;
TrunkAng(i)=atan2((rompY(i)-heupY(i)),(rompX(i)-heupX(i)));
end
TrunkAng = TrunkAng*(180/pi); %hoek van radialen naar graden
```

Vervolgens kan de heup- en kniehoek worden berekend, deze hoeken worden ook geplott:

```
KneeAng= ShankAng +(180-ThighAng);
HipAng = TrunkAng +(180-ThighAng);

KneeAng2= 180-KneeAng;
HipAng2 = 180-HipAng;

figure(3)
axis equal
plot(frames,KneeAng,frames,HipAng)
legend('Knee','Hip');
title('Joint Angles')

figure(4)
axis equal
plot(frames,KneeAng2,frames,HipAng2)
legend('Knee','Hip');
title('Joint Angles corrected')
```

In het volgende stukje code wordt het omslagpunt bepaald. Dit wordt gedaan door eerst te berekenen wat de hoek van het bovenbeen is met de verticale lijn. Daarna wordt de kniehoek van deze hoek afgetrokken. Dit wordt de omslaghoek genoemd. Op het omslagpunt is de omslaghoek het grootst. Als deze bekend is kan de heup- en kniehoek worden bepaald van het moment dat het been in het laatste deel is van de voorste zwaai fase. Deze hoeken worden gebruikt om de spierlengte te berekenen.

```
ThighVert = ThighAng - 90; % is de hoek met de verticaal
OmslagHoek = ThighVert - KneeAng2;

[Hoek, HoekFrame] = max(OmslagHoek);

ResHeup = HipAng2(HoekFrame); % heuphoek op het omslagpunt
ResKnie = KneeAng2(HoekFrame); % kniehoek op het omslagpunt
```

Bijlage 4 - Persoonsgegevens

Proefpersoon:	Geslacht:	Leeftijd	Gewicht:	Lengte:	Femurlengte:	Hamstringblessure geschiedenis:
1	Man	23	75	185	47	Nee
2	Man	23	66	173	43	Nee
3	Man	21	87	185	43	Nee
4	Man	21	74	188	47.5	Nee
5	Man	23	85	174	46.5	Nee
6	Man	20	76	186	50.5	Nee
7	Man	18	70	175	44	Nee
8	Man	24	71	176	43	Nee
9	Man	23	63	160	38.5	Ja
10	Man	23	70	186	43	Ja
11	Man	20	84	186	47.5	Ja
12	Man	18	70	181	43.5	Ja
13	Man	22	80	180	49	Ja
14	Vrouw	21	65	173	44.5	Nee
15	Vrouw	24	60	158	42.5	Nee
16	Vrouw	24	60	166	41.5	Nee
17	Vrouw	19	64	173	39.5	Nee
18	Vrouw	20	61	169	42	Nee
19	Vrouw	20	75	171	38	Nee
20	Vrouw	24	57	171	44.5	Nee
21	Vrouw	20	65	175	52.5	Nee
22	Vrouw	22	70	172	45	Nee
23	Vrouw	23	69	170	48.5	Ja

Bijlage 5 – Projectplan

Naam: Joeri Kerssies
Studentnummer: 11111046
E-mail: joerikerssies@gmail.com
Behaalde punten in modules 9 t/m 12: 45 ptn
Datum: 15-01-2015

1. Onderwerp: De verlenging van de hamstrings tijdens het sprinten

Werkveld: Sport en Revalidatie

Beroepsrol: Onderzoeker

2. Inleiding

Het onderwerp van dit onderzoeksproject is afkomstig van Chris Riezebos, docent Beweging en Analyse aan de Haagse Hogeschool te Den Haag.

Het verrekken of scheuren van de hamstrings is een veel voorkomende blessure in de sport, vooral bij sporten waarin de sporter sprint. Uit onderzoek is gebleken dat 13-17% van alle medisch behandelde blessures in het internationale betaalde voetbal en rugby een hamstring blessure betreft. Hiermee zijn hamstringblessures, na knieblessures, de meest voorkomende blessures (Inklaar et al., 2012). Er is al veel onderzoek naar deze blessure gedaan, maar het percentage is nog steeds niet gereduceerd. Het is dus van belang dat er nog meer onderzoek gedaan wordt naar de oorzaak van deze blessure.

Meerdere onderzoeken tonen aan dat deze blessure optreedt in het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens het sprinten. In deze fase zwaait het been naar voren en vervolgens weer naar achteren om de voet dezelfde snelheid te geven als dat het lichaam ten opzichte van de grond beweegt. Tijdens deze beweging contraheren de hamstrings eerst excentrisch en vervolgens concentrisch. Bij de omschakeling van excentrisch naar concentrisch contraheren komt veel kinetische energie vrij. Deze kinetische energie loopt evenredig aan het kwadraat van de loopsnelheid. Op dit moment zijn de hamstrings in een verlengde positie, waardoor de kans op letsel ontstaat in de hamstrings (Heiderscheit et al., 2005; Thelen et al., 2005; Schache et al., 2008; Schache et al., 2010; Chumanov et al., 2011; Higashihara et al., 2014).

De m. biceps femoris zijn op dit moment heeft meeste verlengd vergeleken met de m. semitendinosus en de m. semimembranosus (Chumanov et al., 2007; Chumanov et al., 2011; Heiderscheit et al., 2005; Thelen et al., 2005). Bij ongeveer 50-80% van alle hamstringblessures is de m. biceps femoris aangedaan (Chumanov et al., 2007; Inklaar et al., 2012). Ook wordt er gespeculeerd dat een verminderde flexibiliteit een risicofactor kan zijn voor het krijgen van een hamstringblessure (Inklaar et al., 2012). Je zou je dus kunnen afvragen of de spierlengte van een hamstringspier tijdens de sprint een verband heeft met het oplopen van een blessure.

In dit onderzoek zal er worden gekeken wat de spierlengte is van de hamstrings tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens een sprint. Ook zal daarbij gekeken worden naar de maximale spierlengte van hamstrings. Het is de vraag wat de verhouding is tussen de spierlengte tijdens het sprinten en de maximale spierlengte van de hamstrings. Er zal gekeken worden of deze verhouding per persoon verschillend is. Dit wordt door middel van testen met proefpersonen in kaart gebracht. Resultaten van dit onderzoek zouden een aanleiding kunnen zijn om een vervolgonderzoek te starten om te kijken of de spierlengte van de hamstrings die ontstaan tijdens een sprint een voorspellende factor is in het oplopen van een hamstringblessure.

3. Methode

3.1 Proefpersonen

Om een betrouwbaar resultaat te krijgen uit dit onderzoek zijn er minstens 30 proefpersonen nodig voor een betrouwbaarheid van 80% en minstens 50 proefpersonen voor een betrouwbaarheid van

95%. Het is niet reëel om zoveel proefpersonen te meten in 14 weken. Daarom is er voor gekozen om minstens 10 proefpersonen te testen. Er wordt gezocht naar proefpersonen met een sportieve aanleg en die geen geschiedenis hebben in het hebben van een hamstringblessure.

3.2 Spierlengte modellen

Er zijn modellen die de spierlengte van de hamstrings kunnen berekenen met de heup- en kniehoek als input. De heup- en kniehoek zijn van belang omdat de hamstrings bi-articulaire spieren zijn en ze over het heup- en kniegewricht lopen. In het artikel van van der Krogt et al. (2008) worden er drie modellen getest op hun validiteit. De volgende modellen werden in dit onderzoek getest: Model 1: Delp et al. (1990), Delp and Loan (1995); Model 2: Klein Horsman et al. (2007) en Model 3: Hawkings and Hull (1990). Het onderzoek toonde aan dat met Model 3 de correlatiecoëfficiënten van de drie hamstringsspieren (m. semitendinosus (ST), de m. semimembranosus (SM) en de m. biceps femoris (BF)) respectievelijk 0,98, 0,97 en 0,97 bedragen. Model 1 en Model 2 zijn geavanceerdere modellen dan Model 3. In Model 3 is met een formule makkelijk te berekenen wat de spierlengte van de hamstrings zijn. Ook komt in het onderzoek naar voren dat Model 3 de laagste significante verschillen toont bij het berekenen van de lengte van de m. biceps femoris. Zoals verteld in de inleiding is 50-80% van de gevallen de m. biceps femoris aangedaan. Daarom wordt er voor gekozen om Model 3 in dit onderzoek te hanteren.

Uit Model 3 zijn drie verschillende formules af te leiden, voor de SM, ST en de BF:

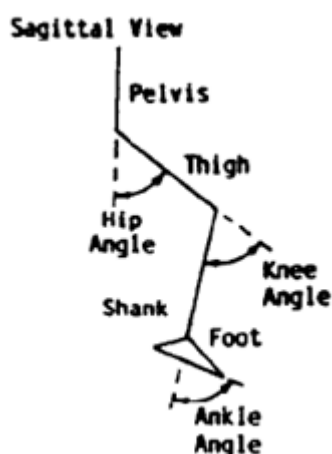
$$L_{SM} = 1.027 + 1.99E^{-3} \times \varphi_{Heup} - 2.22E^{-3} \times \varphi_{Knie}$$

$$L_{ST} = 0.987 + 2.07E^{-3} \times \varphi_{Heup} - 1.78E^{-3} \times \varphi_{Knie}$$

$$L_{BF} = 1.048 + 2.09E^{-3} \times \varphi_{Heup} - 1.60E^{-3} \times \varphi_{Knie}$$

De uitkomst van de formule geeft de spierlengte als een percentage van de bovenbeen lengte. De bovenbeen lengte wordt gemeten van de trochanter major van het femur tot de laterale epicondyle van het femur.

De heuphoek wordt in dit model vanuit het sagittale vlak als volgt gemeten: de hoek tussen de lijn van de laterale epicondyle van het femur tot het centrum van het heupgewricht en de lijn dat ontstaat bij de kruising van het frontale en sagittale vlak van het bekken. De kniehoek is in dit model gedefinieerd als de hoek tussen de lijn van de laterale epicondyle van het femur tot het centrum van het heupgewricht en de lijn van de laterale epicondyle van het femur tot de laterale malleolus van de fibula. In *Figuur 1* is te zien welke hoeken dat precies zijn.



Figuur 17 De gedefinieerde hoeken van Model 3 (Hawkings and Hull, 1990).

3.3 Verzameling gewrichtshoeken

Om de heup- en kniehoek in het sagittale vlak van een proefpersoon te meten wordt er gebruik gemaakt van videobeelden die worden opgenomen door een high-speed camera. Door een proefpersoon voor de camera langs te laten sprinten, kan er van een aantal stappen de gewrichtshoeken bepaald worden. Door meerdere camera's te plaatsen zijn er meerdere stappen van de sprint te registreren en is er meer zekerheid dat er beelden zijn van het moment dat de proefpersoon op zijn/haar maximale sprintsnelheid zit.

Een probleem dat ontstaat bij het videoregistratie is het vertekenen van het beeld naarmate de proefpersoon van het middelpunt van de camera afstaat. Dit wordt perspectivische vertekening genoemd. Wanneer de proefpersoon zich bijvoorbeeld links in het beeld bevindt, kijkt de camera met een andere hoek op de proefpersoon. Hierdoor zal er een andere heup- of kniehoek gemeten worden dan dat er daadwerkelijk ontstaan is. Dit probleem is op te lossen door een voorwerp met een bepaalde hoek op verschillende plaatsen in het beeld te plaatsen. Door hiermee te experimenteren kan er een formule opgesteld worden waardoor de gemeten hoek gecorrigeerd kan worden. Deze formule zal bestaan uit de variabelen: afstand tot het middelpunt van het beeld en de gemeten hoek uit het beeldmateriaal. De uitkomst zal de daadwerkelijke hoek geven. Deze formule kan worden opgesteld met behulp van SPSS.

3.4 Marker plaatsing

De proefpersoon zal worden voorzien van markers op het lichaam. Door de markers op bepaalde punten op het lichaam te plaatsen kunnen de gewrichtshoeken met behulp van Kinovea uit het beeldmateriaal gehaald worden. Met behulp van de markers moet ook de rotatie in het bekken bepaald kunnen worden. De rotatie in het bekken kan een vertekenend beeld scheppen over de heuphoek die de proefpersoon maakt. In het artikel van Hunter et al. (2004) wordt een marker op de spina iliaca anterior superior (SIAS) en op het middelpunt tussen de SIAS en de spina iliaca posterior superior (SIPS) geplaatst. In het artikel van Bohannon et al. (1982) wordt er een lijn tussen de SIAS en de SIPS gemarkeerd met een stift. Wanneer het bekken kantelt kan dit opgemerkt worden door de verplaatsing van de markers. In *Tabel 1* staan de plaatsen op het lichaam waar markers geplaatst kunnen worden.

Tabel 7 Markerposities

<i>Marker</i>	<i>Positie</i>
<i>Romp</i>	Laterale zijde v/d romp ter hoogte v/d onderrand v/d m. pectoralis major
<i>Bekken</i>	Op de SIAS en op middelpunt tussen SIAS en SIPS of een lijn tussen de SIAS en de SIPS
<i>Heupgewricht</i>	Op de trochanter major
<i>Kniegewricht</i>	Op de laterale epicondyle van het femur
<i>Enkelgewricht</i>	Op de laterale malleolus van de fibula

3.5 Straight leg raise test

De maximale spierlengte van de hamstring wordt bepaald door middel van een straight leg raise test (SLR-test). Tijdens de SLR-test ligt de proefpersoon op zijn/haar rug en voert met een gestrekt been een anteflecterende beweging in de heup uit. Deze test wordt zowel passief als actief gedaan. Ook in deze test ontstaat het probleem dat de rotatie in het bekken niet meegenomen moet worden in het bepalen van de heuphoek. Om te voorkomen dat het bekken kantelt is het mogelijk om de proefpersoon zijn/haar arm onder de onderrug te leggen. De heuphoek die ontstaat tijdens de SLR-

test kan weer ingevuld worden in de formules van Model 3, waarmee de maximale spierlengte van de hamstrings berekend kunnen worden.

3.6 Statistiek

De maximale spierlengte van de hamstrings en de spierlengte die ontstaat tijdens het laatste deel van de voorste zwaai fase tijdens een sprint, worden met elkaar vergeleken in SPSS. Om te kijken of de verhoudingen tussen de spierlengte van de hamstrings tijdens de sprint en de maximale spierlengte van de hamstrings per proefpersoon verschillen kan er een ongepaarde t-toets uitgevoerd worden. De gepaarde t-toets kan gebruikt worden om te bepalen of de spierlengte van de hamstrings tijdens de sprint dicht in de buurt komt van de maximale spierlengte van de hamstrings.

Bij het corrigeren van het vertekende beeld dat je krijgt door het meten met behulp van videobeelden ontstaan drie variabelen: de gemeten hoek (met Kinovea), het aantal centimeters vanaf het middelpunt van het videobeeld en de daadwerkelijke hoek. Met behulp van een lineaire regressie in SPSS probeer je de waarden van de afhankelijke variabele (de daadwerkelijke hoek) te voorspellen met onafhankelijke variabelen (de gemeten hoek en het aantal centimeters vanaf het middelpunt van het videobeeld). Er ontstaat dus een formule waarmee je met de onafhankelijke variabelen de afhankelijke variabele mee kunt voorspellen.

4. Voorlopige Literatuurlijst

- Beijsterveldt, A. M., Port, I. G. van der, Vereijken, A. J., & Backx, F. J. (2012). Risk factors for hamstring injuries in male soccer players: a systematic review of prospective studies. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*.
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2004). Predicting Hamstring Strain Injury in Elite Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(3), 379-387.
- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2007). The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *Journal of Biomechanics*, 40, 3555-3562.
- Chumanov, E. S., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2011). Hamstring Musculotendon Dynamics during Stance and Swing Phases of High Speed Running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(3), 525-532.
- Chumanov, E. S., Schache, A. G., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2012). Hamstrings are most susceptible to injury during the late swing phase of sprinting. *Br J Sports Med*, 46, 90.
- Delp, S. L., Arnold, A. S., Speers, R. A., & Moore, C. A. (1996). Hamstrings and psoas lengths during normal and crouch gait: implications for muscle-tendon surgery. *Journal of Orthopaedic Research*, 14, 144-151.
- Delp, S. L., Loan, J. P., Hoy, M. G., Zajac, F. E., Topp, E. L., & Rosen, J. M. (1990). An interactive graphic-based model of the lower-extremity to study orthopedic surgical-procedures. *IEEE Transactions in Biomedical Engineering*, 37, 757-767.
- Hawkings, D., & Hull, M. L. (1990). A method for determining lower extremity muscle-tendon lengths during flexion/extension movements. *J Biomechanics*, 23(5), 487-494.
- Heiderscheit, B. C., Hoerth, D. M., Chumanov, E. S., Swanson, S. C., Thelen, B. J., & Thelen, D. G. (2005). Identifying the time of occurrence of a hamstring strain injury during treadmill running: A case study. *Clinical Biomechanics*, 20, 1072-1078.
- Higashihara, A., Nagano, Y., Ono, T., & Fukubayashi, T. (2014). Relationship between the peak time of hamstring stretch and activation during sprinting. *European Journal of Sport Science*, 10, 1-6.
- Hunter, J.P., Marshall, R.N., & McNair, P.J. (2004). Segment-interaction analysis of the stance limb in sprint running. *Journal of Biomechanics*, 37, 1439-1446.
- Inkelaar, H. (2012). *Hamstringblessure bij sporters*. Geraadpleegd op <http://www.sportgeneeskunde.com/files/Monodisciplinaire%20Richtlijn%20Hamstringblessure%20bij%20sporters.pdf>
- Klein Horsman, M. D., Koopman, H. F. J. M., Helm, F. C. T. van der, Poliacu Prosé, L., & Veeger, H. E. J. (2007). Morphological muscle and joint parameters for musculoskeletal modelling of the lower extremity. *Clinical Biomechanics*, 22, 239-247.
- Knogt, M. M. van der, Doorenbosch, C. A. M., & Harlaar, J. (2008). Validation of hamstrings musculoskeletal modeling by calculating peak hamstrings length at different hip angles. *Journal of Biomechanics*, 41, 1022-1028.

- Schache, A. G., Kim, H., Morgan, D. L., & Pandy, M. G. (2010). Hamstring muscle forces prior to and immediately following an acute sprinting-related muscle strain injury. *Gait & Posture*, 32, 136-140.
- Schache, A. G., Wrigley, T. V., Baker, R., & Pandy, M. G. (2009). Biomechanical response to hamstring muscle strain injury. *Gait & Posture*, 29, 332-338.
- Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Best, T. M., Swanson, S. C., & Heiderscheit, B. C. (2005). Simulation of Biceps Femoris Musculotendon Mechanics during the Swing Phase of Sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), 1931-1938.
- Thelen, D. G., Chumanov, E. S., Hoerth, D. M., Best, T. M., Swanson, S. C., Li, L., Heiderscheit, B. C. (2005). Hamstring Muscle Kinematics during Treadmill Sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(1), 108-114.

5. Planning

Week nr:	Taken:	Uren:
1	Literatuurstudie	40
2	Vervaardigen voorwerp voor meting perspectivische vertekening	2
	Meetprotocol perspectivische vertekening	5
	Verwerken data perspectivische vertekening	10
	Oefenen met SLR-test met oog op markers	15
	Feedback moment	5
3	Opstellen testprotocol	5
	Proefpersonen verzamelen	10
	Testmeting	5
	Evalueren testmeting	10
	Verslaglegging	10
4	Opstellen meetprotocol	10
	Verzamelen meetapparatuur	10
	Proefpersonen verzamelen	5
	Feedback moment	5
5	Metingen	20
	Verwerken data	10
	Verslaglegging	10
6	Metingen	20
	Verwerken data	10
	Verslaglegging	5
	Feedback moment	5
7	Metingen	20
	Verwerken data	10
	Verslaglegging	10
8	Metingen	20
	Verwerken data	10
	Verslaglegging	5
	Feedback moment	5
9	Schrijven rapport – Inleiding	10
	Schrijven rapport – Methode	20
	Schrijven rapport – Resultaten	10
10	Schrijven rapport – Resultaten	10
	Schrijven rapport – Conclusie	20
	Schrijven rapport – Discussie	10
11	Schrijven rapport – Voorwoord	10
	Schrijven rapport – Lay-out	20
	Inleveren rapport voor feedback	
12	Feedback moment	5
	Aanpassen rapport	35
13	Aanpassen rapport	40
14	Aanpassen rapport	15
	Inleveren rapport	
	Presentatie voorbereiden	25
15	Presentatie voorbereiden	40
	Presenteren	

Bijlage 6 – Persoonlijke leerdoelen

De volgende competenties wilde ik door middel van het afstudeer project verbeteren:

- *Bewegingsanalyse*: Het analyseren van lichamelijke bewegingen met behulp van meetapparatuur.
- *Testen en onderzoeken*: Op basis van een probleemstelling zelf een onderzoek opzetten en uitvoeren op bewegingstechnologisch gebied.
- *ICT*: De metingen verwerken in programma's als MATLAB en SPSS.
- *Communicatie*: Een heldere scriptie kunnen schrijven. Maar ook het communiceren met bedrijven om proefpersonen te verzamelen.
- *Reflectie*: Bewust kunnen zijn van je eigen fouten (toegeven) en daar een leermoment in vinden om het vervolgens te verbeteren.

Evaluatie:

- *Bewegingsanalyse*: Met het afstudeerproject heb ik veel geanalyseerd met behulp van high-speed camera's. Hoewel het op het eerste gezicht erg vanzelfsprekend en makkelijk lijkt, zitten er toch nog wel wat haken en ogen aan met het werken met videobeelden. Er zijn verschillende zaken waarmee rekening gehouden moet worden, zoals het de perspectivische vertekening en de juiste opstelling van de camera's, zodat alles goed in beeld komt. De videobeelden zijn geanalyseerd in het software programma Kinovea. Daar heb ik ook veel van geleerd.
- *Testen en onderzoeken*: In het begin van deze studie had ik soms wat moeite om een begin te maken met een onderzoek. De vraagstelling en/of doelstelling leek me altijd duidelijk, maar hoe ik het onderzoek vervolgens moest opzetten en uitvoeren was altijd nog lastig. Door mijn tweede stage en dit afstudeerproject heb ik geleerd hoe ik dit moet aanpakken. Vooral het opstellen van een projectplan heeft mij een flinke duw in de rug gegeven. Ik denk dat het belangrijk is om alles eerst goed op een rijtje te zetten voordat je aan een project begint.
- *ICT*: Door het afstudeerproject heb ik weer veel ervaring in de ICT opgedaan. Ik heb veel geleerd van het software programma Matlab. Voordat ik aan het afstudeerproject begon had ik nog niet zoveel ervaring met SPSS. Hier weet ik nu veel meer van af en ik zie nu echt het nut ervan in.
- *Communicatie*: Door het schrijven van mijn scriptie heb ik geleerd om wetenschappelijk te schrijven. Dus beknopt en inhoudelijk. Ik was eerst altijd geneigd een langdradig verhaal te schrijven, maar heb geleerd dat dit veel beknopter kan. Ook heb ik er veel van geleerd om te werken met proefpersonen. Ik vind het erg belangrijk dat je de proefpersonen goed uit kunt leggen wat er van hen verwacht

wordt, en ze op die manier op hun gemak kunt stellen. Ik heb dit met mijn tweede stage al mogen ervaren, maar door er individueel bezig mee te zijn is het nog leerzamer en ik merk aan mezelf dat ik dit erg leuk vind.

- *Reflectie:* Ik was voorheen snel geneigd om zelfgemaakte fouten te negeren en er vrij weinig aan te doen. Ik heb door dit afstudeerproject geleerd om je eigen fouten te verbeteren en deze zeker niet te negeren. Ik heb heel veel van mijn fouten geleerd en zal dit in de toekomst voortzetten.