

Het effect van een beperkte inversie mogelijkheid op de spronghoogte en reactiekracht.

Met behulp van de subtalar lateral sling tapemethode wordt het art.
talocalcaneocuboideonavicularis beperkt tijdens de countermovement jump.



Het effect van een beperkte inversie mogelijkheid op de spronghoogte en reactiekracht.

Met behulp van de subtalar lateral sling tapemethode wordt het art. talocalcaneocuboideonavicularis beperkt tijdens de countermovement jump.



Namen: Rowan Vleeskens en Freek Verhaar
Studentnummer: 10082301 en 10053700
Afstudeerperiode: 05-01-2015 t/m 08-04-2015
Opleiding: Bewegingstechnologie, Haagse Hogeschool
Eerste begeleider: Chris Riezebos
Tweede begeleider: Rochus van der Doef

Voorwoord:

In het laatste leerjaar van onze opleiding Bewegingstechnologie aan de Haagse Hogeschool zijn wij op zoek gegaan naar een interessant onderzoek voor onze afstudeerfase. Na een interessant onderzoek te hebben gekozen kon de afstudeerfase beginnen. Op 5 januari 2015 zijn wij begonnen aan de veertien weken durende afstudeerfase. In deze scriptie is het afstudeeronderzoek beschreven. Wij kijken terug op veertien leerzame en mooie weken. Op meerdere vlakken hebben wij veel geleerd. Hiervoor willen wij graag een aantal mensen bedanken. Als eerst onze afstudeerbegeleider vanuit de opleiding zelf, Chris Riezebos. Hij heeft ons goed begeleid en was altijd bereid om ons te helpen. Iedere week was hij bereid om de voortgang te bestuderen, en heeft met zijn vele jaren ervaring ons goed op weg geholpen. Daarna bedanken wij onze tweede begeleider vanuit school, Rochus van der Doef voor het helpen bij het verwerken van de resultaten. Als laatst willen wij alle andere mensen bedanken die ons hebben geholpen, zowel overige leraren van de opleiding Bewegingstechnologie en de proefpersonen die bereid waren om ons te helpen, bedankt hiervoor!

Rowan Vleeskens en Freek Verhaar
Den Haag, april '15

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
Inleiding.....	6
Probleemstelling	7
Doel.....	7
Analysefase	8
De inversie beweging.....	8
Het art. talocruralis.....	9
Het art. talocalcaneocuboideonavicularis	11
Talar delay	14
Countermovement jump	14
Tape	16
Bouw achillespees	19
Methode	26
De onderzoeksgroep.....	26
De meting	26
Benodigheden.....	27
Proefopstelling.....	27
Vorbereiding van de proefpersoon	27
Toepassing van de tapemethode	28
Bepalen van de range of motion	28
Het meten van de spronghoogte.....	30
Het meten van de reactiekracht.....	31
Statistische analyse.....	32
Resultaten	34
Spronghoogte	34
Reactiekracht.....	35
De inversie beweging.....	37
Regressie analyse.....	39
Controle metingen.....	40
Discussie.....	43
Beantwoorden van de deelvragen	43
Vragen die beantwoord worden op basis van de literatuur studie.	43
Vragen die beantwoord worden op basis van de onderzoeksresultaten	44
Conclusie	47
Aanbevelingen	48
Literatuurlijst.....	49
Bijlage.....	51

Samenvatting

Studie design: Onderzoek

Achtergrond: Vanuit verschillende invalshoeken blijkt dat sporten goed is voor de gezondheid.⁽¹⁾ Vandaar dat de populariteit rondom de sport wereld ook steeds groter wordt. Echter, een groot nadeel dat sporten teweeg brengt is het risico op blessures. Blessures komen veel voor bij contactsporten, indoor-sporten en sport activiteiten waar frequent gesprongen wordt. Hierbij is ongeveer 18% tot 40% van de blessures gelokaliseerd rond de enkel^(1,6). Een blessure aan de enkel ontstaat vaak door een gedwongen plantairflexie en inversie in de voet.

Een atleet met een al eerder opgelopen blessure aan zijn enkel heeft een grotere kans om dezelfde blessure opnieuw te krijgen^(1,4). Om dit te voorkomen is er een tapemethode (subtalar lateral sling) ontwikkeld die de inversie mogelijkheid van de enkel beperkt.

Maar brengt het beperken van de inversie mogelijkheid geen andere complicaties met zich mee?

Is het nog wel mogelijk om met een beperkte inversie mogelijkheid een zelfde sportprestatie te leveren? Of wordt door het beperken van de inversie mogelijkheid ook de sportprestatie beperkt?

Doel: Het doel is om te onderzoeken in hoeverre het beperken van de inversie mogelijkheid met de subtalar lateral sling, van het art. talocalcaneocuboideonavicularis een rol speelt, bij de maximale verticale spronghoogte en de belasting op de enkels bij landen, tijdens de countermovement jump.

Methode: 40 verschillende proefpersonen hebben op een forceplate 6 keer een countermovement jump uitgevoerd. Van deze 6 sprongen is er 3 keer gesprongen met sporttape (sessie 1) en 3 keer gesprongen zonder sporttape (sessie 2). Voorafgaand aan iedere sessie werd de inversie mogelijkheid bepaald aan de hand van de horizontale verplaatsing van een zuignappijtje dat op het tuberositas tibiae bevestigd zat. Tijdens de sessie met sporttape werd de inversie mogelijkheid ook na de drie countermovement jumps bepaald. Aan de hand van de forceplate data werd vervolgens per proefpersoon de spronghoogte en de reactiekracht op de enkels bepaald.

Resultaten: Uit dit onderzoek blijkt dat er afname in spronghoogte is van 2.92%, wanneer er gesprongen wordt met tape in vergelijking tot het springen zonder tape. Ook wordt er in dit onderzoek een afname van de reactiekracht, welke optreedt bij het landen van de countermovement jump, gevonden van 1%, wanneer er gesprongen wordt met tape in vergelijking tot het springen zonder tape. Echter zijn zowel de verschillen in spronghoogte als die van de reactiekracht erg klein. En blijkt ook uit de resultaten dat er geen significant verschil is gevonden voor beide variabelen.

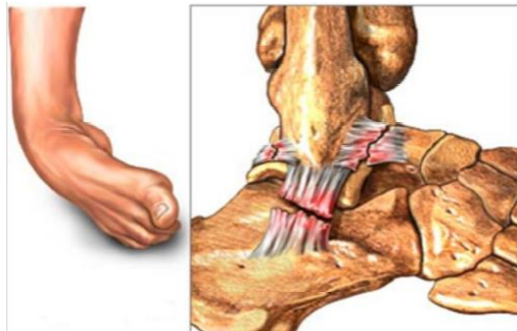
Verder blijkt uit dit onderzoek dat de spronghoogte niet correleert met de mate beperking. Hetzelfde geldt voor de reactiekracht, welke evenmin correleert met de mate van beperking.

Conclusie: Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat het beperken van de inversie mogelijkheid, met de subtalar lateral sling, van het art. talocalcaneocuboideonavicularis geen enkele gevolgen heeft op de maximale verticale spronghoogte en de belasting op de enkels bij landen, tijdens de countermovement jump.

Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er in dit onderzoek sprake is geweest van een inversie beperking en er dus geen volledige uitschakeling van de inversie beweging heeft plaatsgevonden. Er is dus nog wel een geringe inversie beweging mogelijk geweest gedurende het dragen van de tape.

Inleiding

Vanuit verschillende invalshoeken blijkt dat sporten goed is voor de gezondheid.⁽¹⁾ Vandaar dat de populariteit rondom de sport wereld ook steeds groter wordt. Echter, een groot nadeel dat sporten teweeg brengt is het risico op blessures. Blessures komen veel voor bij contactsporten, indoor-sporten en sport activiteiten waar frequent gesprongen wordt. Hierbij is ongeveer 18% tot 40% van de blessures gelokaliseerd rond de enkel.^(1,6) Waarvan 85% van de blessures die rond de enkel ontstaan gelokaliseerd zijn in het laterale ligament.^(1,2) Een blessure aan dit ligament ontstaat door een gedwongen plantairflexie en inversie in de voet.(zie figuur 1)



Figuur 1⁽³⁾: Een gedwongen plantairflexie en inversie in de voet waardoor een scheuring van het laterale ligament ontstaat.

Een atleet met een al eerder opgelopen blessure aan zijn enkel heeft een grotere kans om dezelfde blessure opnieuw te krijgen.^(1,4)

Om dit te voorkomen is er een tapemethode ontwikkeld die de enkel vanuit extern extra kan ondersteunen. Het doel van een externe enkel versteviger is het ondersteunen van de instabiele enkel door het beperken van mate van inversie en het toelaten van de mogelijkheid tot plantair en dorsaalflexie in de enkel.

Maar brengt het beperken van de inversie mogelijkheid geen andere complicaties met zich mee? Uit onderzoek naar de energie opslag van de achillespees blijkt bijvoorbeeld dat de inversie mogelijkheid van groot belang is.⁽⁸⁾ Ook zou, na enige kennis van het art. talocruralis en het art. talocalcaneocuboideonavicularis, verondersteld kunnen worden dat de inversie mogelijkheid nodig is om de reactiekracht, die ontstaat bij een neerwaartse beweging op de grond, te kunnen onderdrukken.

Wanneer hier dus sprake van zou zijn, is het dan nog wel mogelijk om met een beperkte inversie mogelijkheid een zelfde sportprestatie te leveren? Mocht hier sprake van zijn dan rest de vraag of het wel mogelijk is om met een beperkte inversie mogelijkheid een zelfde sportprestatie te leveren.

In dit onderzoek wordt er gekeken in hoeverre het beperken van de inversie mogelijkheid, met de subtalar lateral sling, van het art. talocalcaneocuboideonavicularis een rol speelt, bij de maximale verticale spronghoogte en de belasting op de enkels bij landen, tijdens de countermovement jump.

Voor het beperken van de inversie mogelijkheid in de enkel zijn verschillende tapemethodes bekend. Vele methodes worden echter ervaren als niet volledig tot incorrect. Dit komt voornamelijk door een te kort aan kennis over de bewegingsassen van de enkel.

Voor dit onderzoek wordt een subtalar sling tape methode gebruikt. Deze tapemethode levert een groot moment over de as van het art. talocalcaneocuboideonavicularis in de enkel. Hierdoor wordt de inversie beweging in de enkel beperkt. Verder loopt de tape over de laterale malleolus en snijdt hier de as van het art. talocruralis waardoor er geen moment over deze as wordt geleverd. De beweging die over deze as plaatsvindt zou zo moeiteloos uitgevoerd kunnen worden. Bij gebruik van

deze tapemethode zou de proefpersoon dus ongehinderd kunnen dorsaal- en plantair flecteren en wordt tegelijkertijd de inversie mogelijkheid beperkt.

Aan de hand van dit onderzoek wordt beter inzicht verkregen over de effecten die een inversie beperking heeft op verticale spronghoogte en de belasting op de enkel tijdens de landing. Deze variabelen worden bepaald aan de hand van een countermovement jump, waarvan de spronghoogte en de belasting op de enkels (schokabsorptie) tijdens neerkomen (uitgedrukt in de reactiekracht op het enkelgewricht en hoogte in centimeters) de belangrijkste parameters zijn.

Er wordt verwacht dat door de inversie mogelijkheid te beperken, er een minder grote energie overdracht plaats kan vinden in de achillespees. Als gevolg hiervan wordt er verwacht dat de proefpersoon een kleinere spronghoogte zal bereiken dan zonder beperking van de inversie mogelijkheid.

Aangezien er een kleinere spronghoogte wordt verwacht, wordt er ook vanuit gegaan dat de proefpersoon een verschil ondervindt in de reactiekracht die ontstaat tijdens het landen op de enkels zonder en met tape. Omdat er verwacht wordt dat er bij de countermovement jump met tape minder hoog gesprongen wordt, wordt er verwacht dat de reactiekracht op de enkels ook lager uit zal vallen. Maar wanneer een beperkte inversie mogelijkheid, de mogelijkheid tot het absorberen van de reactiekracht, die ontstaat tijdens landen verhinderd, kan verwacht worden dat de reactiekracht op de enkels hoger zal uitvallen. Met behulp van dit onderzoek zal er dan ook meer informatie verkregen worden over in hoeverre de inversie een rol speelt bij het absorberen van de belasting.

Probleemstelling

De probleemstelling van dit onderzoek is: “In hoeverre speelt het beperken van de inversie mogelijkheid, met de subtalar lateral sling, van het art. talocalcaneocuboideonavicularis een rol, bij de maximale verticale spronghoogte en de belasting op de enkels bij landen, tijdens de countermovement jump?”

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- Hoe wordt de spronghoogte gemeten tijdens de countermovement jump?
- Hoe wordt de belasting op de enkel bij de landing gemeten na de countermovement jump?
- Hoe wordt de range of motion van inversie in de enkel gemeten?
- Hoe wordt de subtalar lateral sling tape methode toegepast?
- Behoudt de tapemethode zijn effect gedurende de hele meting?
- Hoe werkt het enkel mechanisme?
- Wat is de invloed van de inversie beweging op het katapult effect?
- Is er een verschil tussen de spronghoogte tijdens de countermovement jump met en zonder tape?
- Is er een verschil in maximale reactiekracht op de enkels bij de landing, tijdens de countermovement jump met en zonder tape?
- Bestaat er een verband tussen de spronghoogte en de mate van beperking
- Bestaat er een verband tussen de reactiekracht op de enkels en de mate van beperking

Doel

Het doel van dit onderzoek is om, binnen een tijdsperiode van 14 weken, aan te tonen in hoeverre het beperken van de inversie mogelijkheid, met de subtalar lateral sling, van het art. talocalcaneocuboideonavicularis een rol speelt, bij de maximale verticale spronghoogte en de belasting op de enkels bij landen, tijdens de countermovement jump.

Analysefase

De inversie beweging

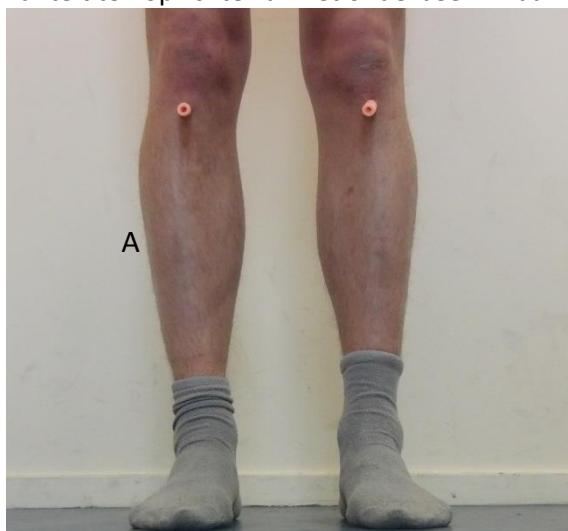


Figuur 2: Neutrale uitgangshouding

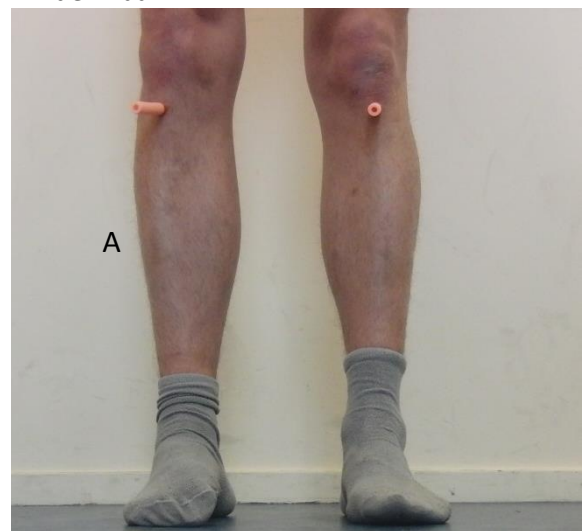


Figuur 3: Inversie beweging, voet kantelt over de laterale voetrand naar lateraal.

In de figuur (2 en 3) hierboven wordt iemand weergegeven die vanuit een neutrale stand een maximale inversie beweging uitvoert. De voet kantelt hier over de laterale voetrand naar lateraal. De voet beweegt zich ten opzichte van de vloer om een sagittale-as die evenwijdig loopt aan de laterale voetrand (zie A in figuur 3). Op het eerste gezicht lijkt dit ook de as te zijn waarom de voet kantelt ten opzichte van het onderbeen. Maar niets is minder waar.



Figuur 4: neutrale uitgangshouding



Figuur 5: Inversie beweging, exorotatie (onder) been is te zien aan punt A

In de figuur (4 en 5) hierboven wordt opnieuw een maximale inversiebeweging vanuit neutrale stand uitgevoerd. In figuur (5) is te zien dat tijdens kanteling van de voet naar inversie, het (onder)been exoroteert om een longitudinale as. Om dit te verduidelijken is in figuur (4 en 5) een pijltje aangebracht op de tuberositas tibiae (zie A in figuur 4 en 5). Voorafgaand aan de inversie beweging is in figuur (4) te zien dat het pijltje A naar voren wijst. Na het uitvoeren van de inversie beweging zie je in figuur (5), dat het pijltje A naar lateraal wijst. Omdat de knie gestrekt is, voltrekt de exorotatie zich volledig in de heup. Het blijkt dat zonder deze gekoppelde exorotatie van het been, de voet onmogelijk in inversie gebracht kan worden.

Dit fenomeen is verklaarbaar aan de hand van de posities en richtingen van de assen van het art. talocruralis en het art. talocalcaneocuboideonavicularis.

Het art. talocruralis

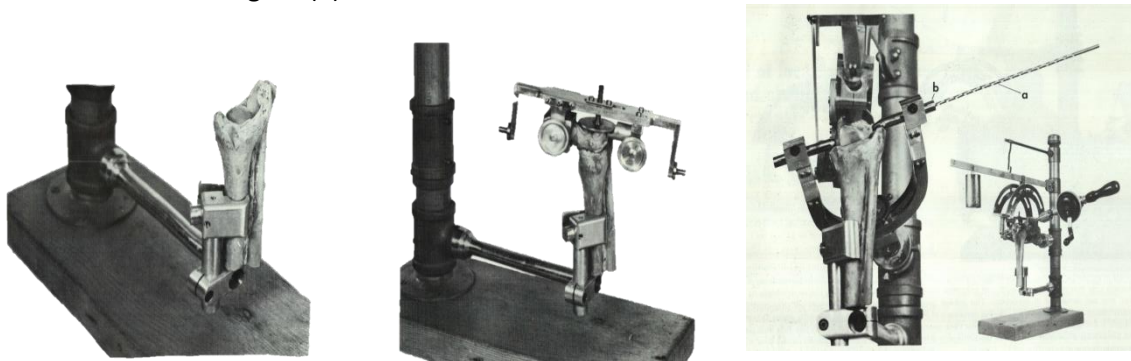
Assen

In de enkel wordt het art. talocruralis gevormd door de trochlea van de talus en het distale gedeelte van de fibula en tibia. Om de as van het art. talocruralis te bepalen zijn er studies gedaan. Barnett en Napier⁽²²⁾ hebben een studie gedaan om deze as te bepalen. Hicks⁽²²⁾ bevestigde de bevindingen van Barnett en Napier met zijn onderzoek naar de locatie van de enkel as. Attenborough⁽²²⁾ demonstreerde met pinnen in de talus en tibia een hoek verandering in het transversale vlak tijdens het bewegen van de enkel. Ook dit onderzoek liet zien dat de as van bewegen schuin geplaatst is. Isman en Inman⁽²²⁾ hebben 46 enkel preparaten onderzocht, met behulp van pinnen die geplaatst werden op de mediale en laterale zijde van de talus. De onderzoekers vonden dat in het frontale vlak van de art. talocruralis, de as nooit parallel loopt met het gewrichtsooppervlak van de trochlea tali. De as loopt van craniaal-mediaal naar caudaal-lateraal. Dit sluit aan bij wat Barnett en Napier gevonden hadden.

Nu er voldoende bewijs is dat de as niet horizontaal loopt, maar van craniaal-mediaal naar caudaal-lateraal, rest er nog de vraag wat is de positie van de as en is deze te bepalen?

In onderzoek van Inman en Isman⁽²²⁾ naar beweging van de as van art. talocruralis, veronderstellen zij dat de as van het art. talocruralis, mee moet bewegen tijdens een dorsaal-plantairflexie beweging.

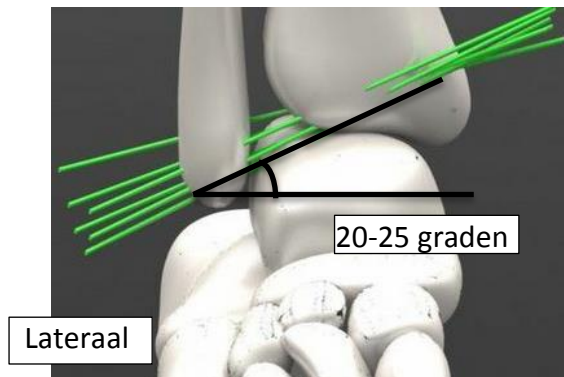
In dit onderzoek hebben zij de tibia en de fibula omgekeerd bevestigd in een houder waarbij de tibia gefixeerd was. Zie de figuur (6) hieronder.



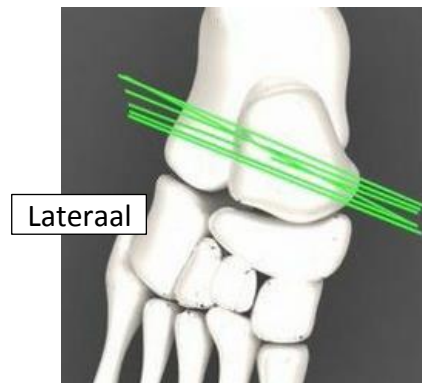
Figuur 6: Meetopstelling van Isman en Inman.²² Linker figuur laat de gefixeerde tibia en beweegbare fibula zien. Middelste figuur is de talus erin bevestigd. Het rechter figuur laat het aanbrengen van de pin zien.

De talus werd op het gewrichtsvlak aangebracht en was vrij om te bewegen. Er werd een constante kracht loodrecht op het gewrichtsooppervlak gericht. Als het gewrichtsvlak van de trochlea tali precies paste tussen de beide malleoli, werd de beweging van het gewricht bepaald door de kromming van het gewricht. Nadat de punten op de laterale en mediale zijde van de trochlea tali bekend werden, werd er een pin door de talus geboord. Vervolgens werden de bewegingen van de talus, die hierna nog mogelijk waren, onderzocht. Het werd meteen duidelijk dat het niet mogelijk was dat het art. talocruralis maar om één stilstaande as kon bewegen. Het zou namelijk zo zijn dat niet het gehele gewrichtsvlak gebruikt zou worden. Ook kan het volledige contact niet worden gehandhaafd wanneer de talus onder belasting wordt geroteerd. Een bewegende as is hier noodzakelijk voor.

Uit onderzoek van Platanga et al.⁽²⁵⁾ naar de anatomie van de enkel en de gewrichten in de enkel, blijkt dat de as van het gewricht art. talocruralis in het frontale vlak schuin loopt onder een hoek van 20-25 graden met de horizontaal, zie figuur (7).

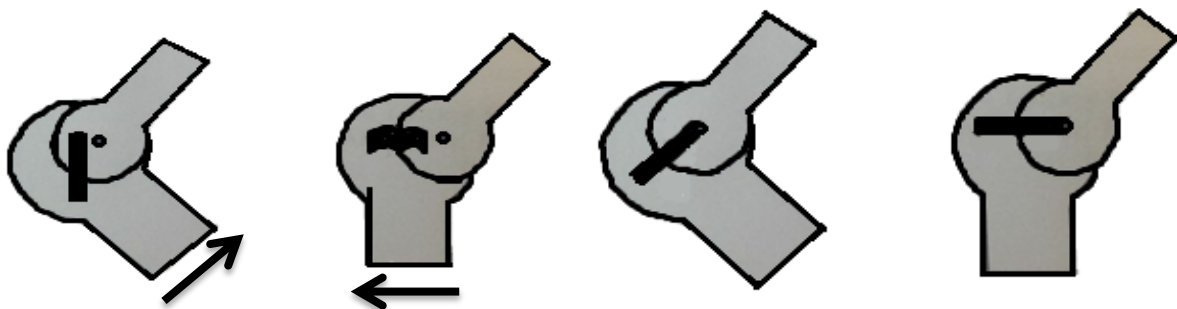


Figuur 7: Frontaal aanzicht van het art. talocruralis, hierin is te zien dat de as van mediaal-craniaal naar lateraal-caudaal loopt onder een hoek van 20-25 graden met de horizontaal.



Figuur 8: Transversaal aanzicht van het art. talocruralis, hierin is te zien dat de mediale maleolus ventraal ligt ten opzichte van de laterale maleolus.

De as van het art. talocruralis loopt dus van de mediale malleolus, van craniaal naar caudaal, door de laterale malleolus, en beweegt mee met de bewegingen die mogelijk zijn in het art. talocruralis. De as moet door beide malleoli heen lopen, omdat daar zich de inplantingslijnen van de ligamenten bevinden. Ook omdat een ligament geen moment kan leveren over een bewegingsas moet het ligament altijd in één lijn liggen met de bewegingsas van het gewricht. De inplantingslijnen van een ligament vormen samen een centrode (zie de rode lijn in figuur 10). Een centrode is een verzameling van draaipunten die morfologisch worden gevormd door de inplantingslijnen van een ligament. Over de door de ligamenten gevormde centrode moet de bewegingsas van een gewricht lopen. In dit geval is dat de bewegingsas van het art. talocruralis. Dit wordt duidelijk gemaakt aan de hand van een model van Alexander.⁽¹⁵⁾ De ligamenten zorgen ervoor dat het gewricht vrij kan bewegen. Figuur (9) laat zien wat er gebeurt wanneer de ligamenten niet in een lijn lopen met de as van het gewricht. In het linker figuur van figuur(9) wordt duidelijk gemaakt dat het ligament een moment levert, als er in het gewricht een beweging optreedt in de richting van de pijl. Hierdoor komt het ligament op rek, en kan het gewricht niet verder bewegen. In het tweede figuur komt hetzelfde ligament "slap" te hangen, indien de beweging de andere kant op wordt ingezet. Aangezien ligamenten niet slap kunnen hangen, omdat ze dan geen bewegingen meer kunnen sturen, moet het ligament in één richting met de bewegingsas van het gewricht lopen, dit is te zien in figuur (9), afbeelding 3 en 4.



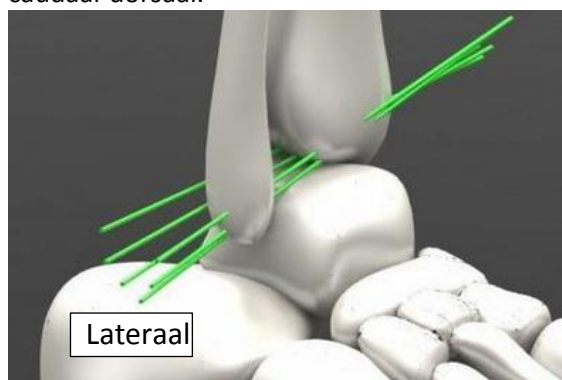
Figuur 9: In de eerste twee afbeeldingen lopen de ligamenten niet in de lijn van het gewricht. Het ligament van de eerste afbeelding levert een moment over het gewicht bij de beweging die wordt aangegeven door de pijl. In de tweede afbeelding, wanneer de beweging de andere kant op wordt ingezet, komt het ligament slap te hangen. Afbeelding 3 en 4 geven de juiste situatie weer.

Indien het ligament zo loopt als in afbeelding 3 en 4 van figuur (9), zorgen de ligamenten ervoor dat de bewegingen van het gewricht gestuurd worden, en dat het gewricht zijn maximale bewegingsuitslag kan halen, zonder dat het ligament slap komt te hangen of dat er een moment geleverd wordt over de bewegingsas.

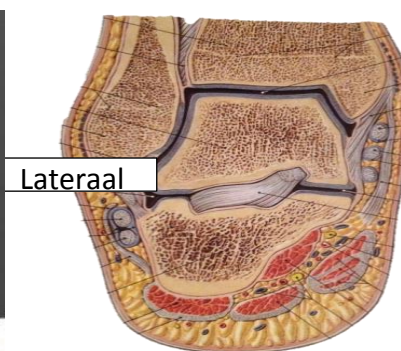


Figuur 10: Deze figuur laat in een mediaal en lateraal aanzicht de benadering zien voor de locatie van de centrode, ligamenten en assen van het art. talocruralis.

Doordat de as door beide malleoli loopt, is er ook in het horizontale aanzicht een schuin verloop te zien, zie figuur (8 en 11). In figuur (8) zijn beide malleoli weliswaar niet te zien, maar door het verloop van de assenbundel is te zien waar beide malleoli zich zouden moeten bevinden. De mediale malleolus bevindt zich namelijk meer ventraal gelegen dan de laterale malleolus. Hierdoor loopt de definitieve richting van de as van het art. talocruralis van mediaal-craniaal-ventraal naar lateraal-caudaal-dorsaal.^(6, 13, 17)



Figuur 11: Frontaal-lateraal aanzicht van het art. talocruralis



Figuur 12: frontaal aanzicht art. talocruralis. Hier is te zien dat de talus geen vrije ab- en adductie kan maken.⁽⁵⁾

Bewegingen

Bewegingen die in het art. talocruralis voorkomen zijn plantair- en dorsaalflexie. In dit gewricht is ongeveer 10 graden dorsaalflexie en 20 graden plantairflexie mogelijk.⁽²⁸⁾ Door het schuine verloop van de as van dit gewricht, verloopt de beweging niet alleen in het sagittale vlak. Tijdens dorsaalflexie beweegt de voet naar craniaal-lateraal en tijdens plantairflexie beweegt de voet naar caudaal-mediaal.

Ab- en adductie van de talus is in het art. talocruralis niet mogelijk. In het frontale vlak, wat te zien is in figuur (12), van het gewricht is er namelijk geen ruimte om deze beweging te maken.⁽⁶⁾ De talus wordt in het frontale vlak ingesloten door de tibia en fibula. Tevens zorgen de ligamenten (lig. deltoideum en lig. calcaneofibulare) er voor dat de ab-en adductie beweging van de talus niet mogelijk is.⁽⁶⁾ Een geringe horizontale rotatie van de talus is echter wel mogelijk.^(6, 26)

Het art. talocalcaneocuboideonavicularis

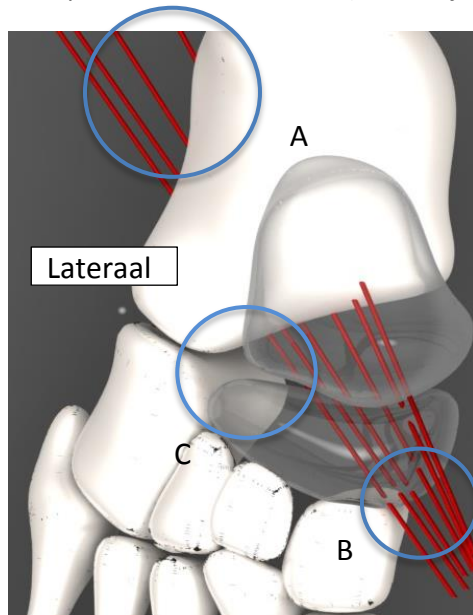
Assen

Het art. talocalcaneocuboideonavicularis (talus, calcaneus, os cuboideum, os naviculare) bestaat uit één kinematische keten. Hierdoor bezit het art. talocalcaneocuboideonavicularis één vrijheidsgraad. Dit betekent dat de hele keten vast staat wanneer één van de vier botstructuren niet vrij kan bewegen.^(8,29)

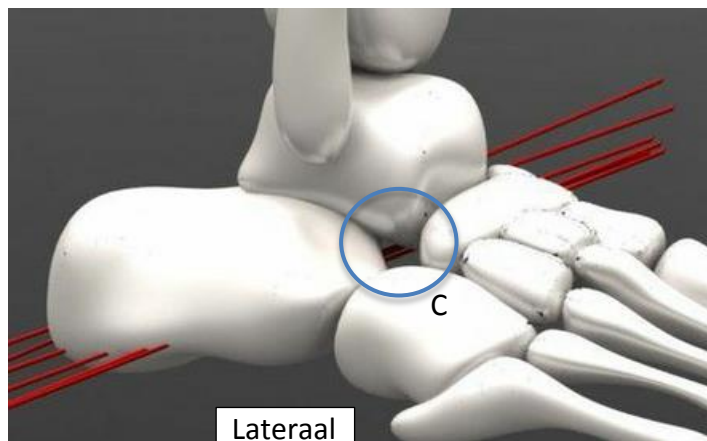
Uit onderzoek van Van Langelaan,^(26, 27) blijkt dat ieder botstuk van het art. talocalcaneocuboideonavicularis inclusief de tibia verschillende bundels van assen bevat.^(26, 27) De bundel van assen die door de calcaneus loopt, loopt vanaf het inferior-posterior gedeelte van het tuber calcanei (zie cirkel A in figuur 13), van anterior-posterior naar posterior-superior (zie cirkel B in figuur 13). De bundels van assen van het os cuboideum en het os naviculare liggen meer horizontaal en grotendeels buiten de botstructuren.

Voor dit onderzoek wordt de verplaatsing van het os naviculare en het os cuboideum buiten beschouwing gehouden en wordt de nadruk gelegd op de beweging tussen de calcaneus en de talus. Met behulp van de assen bundel van het art. talocalcaneare kunnen ook de bewegingen in het art. talocalcaneocuboideonavicularis omschreven worden. Langelaan⁽²⁷⁾ vond in zijn onderzoek namelijk een hoge overeenkomst van de richting van assen van het art. talocalcaneare, art. talonavicularis en het art. calcaneonavicularis. De richting van de assen bundel van het art. talocalcaneare kan dus opgevat worden als de richting van de bewegingsas van het art. talocalcaneocuboideonavicularis.

De assenbundel van het art. talocalcaneocuboideonavicularis loopt, vanaf het inferior-posterior gedeelte van de tubercalcanei, van lateraal-caudaal-dorsaal naar mediaal-craniaal-ventraal.^(6, 8, 26, 27) en lopen door de sinus tarsi. (zie rondje C in figuur 13, 14 en 15)



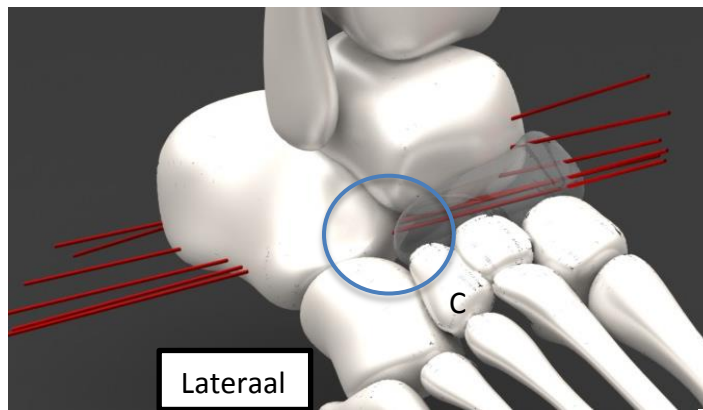
Figuur 13: De assen bundels van het art. talocalcaneocuboideonavicularis lopen door de sinus tarsi tarsi.



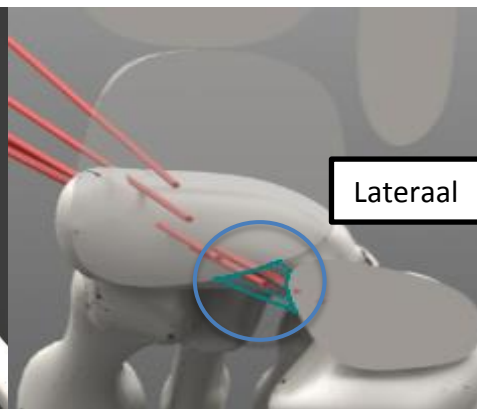
Figuur 14: Lateraal aanzicht van het art. talocalcaneocuboideonavicularis.

De bewegingsas verplaatst zich, vanaf de kant van de anterior gelegen vezels van het lig. talocalcaneum interosseum, van anterior-lateraal naar posterior-mediaal aan de kant van het lig. deltoideum.

In het sagitaal-plantair-dorsale vlak, staat de assen bundel van het art. talocalcaneare ongeveer loodrecht op de vezels van het lig. talocalcaneum interosseum. Vanuit het frontale vlak, in figuur 15, gezien is de projectie van de assen bundel bijna identiek aan de richting van de vezels van het lig. talocalcaneum interosseum in de sinus tarsi.^(26, 27) In figuur (16) is de vezel richting van het lig. talocalcaneum interosseum weergegeven in de cirkel, de richting verloopt bijna identiek aan de projectie van de assenbundel.



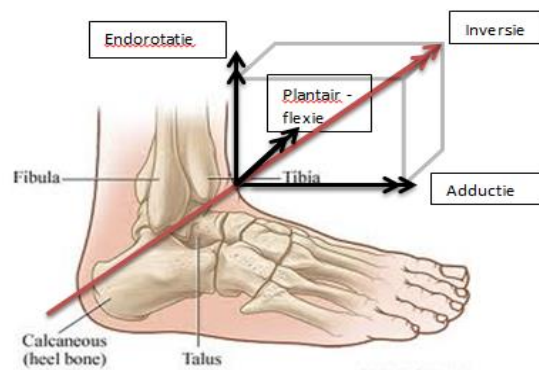
Figuur 15: Frontaal-lateraal aanzicht van de assen bundel van het art. talocalcaneocuboideonavicularis. De bewegingsassen van het art. talocalcaneocuboideonavicularis lopen door de sinus tarsi. Os navicularis is in het figuur doorzichtig.



Figuur 16: Dorsaal aanzicht, in het frontale vlak doorgesneden halverwege beide malleoli, van het lig. talocalcaneum interosseum in de sinus tarsi. De projectie van de assenbundel is bijna identiek aan de richting van de vezels van het ligament.

Bewegingen

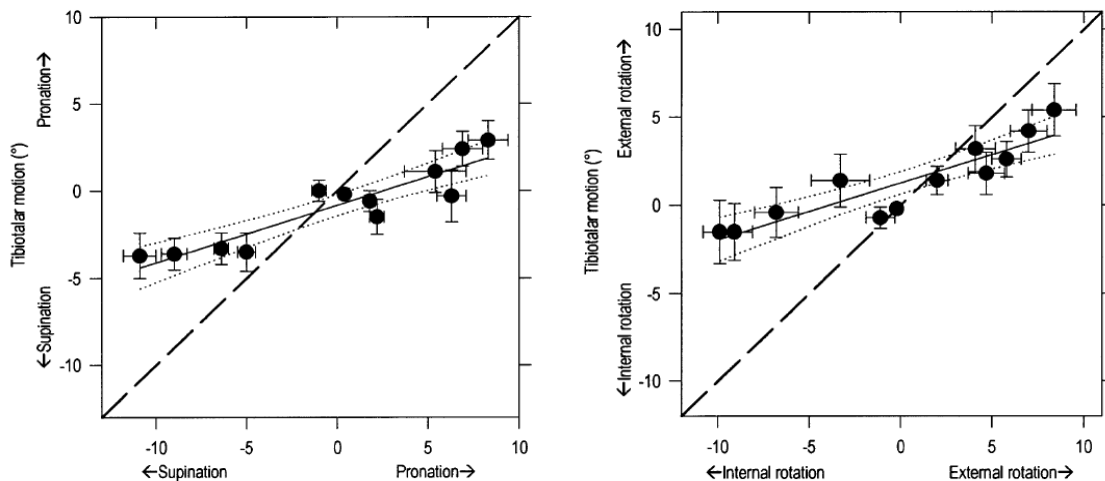
De assenbundel TACA die in dit onderzoek geïnterpreteerd is als de bewegingsas van het art. talocalcaneocuboideonavicularis wordt in figuur (17) hieronder weergegeven. Bewegingen die plaats vinden om deze as zijn de inversie en eversie beweging.



Figuur 17: De as van het art. talocalcaneocuboideonavicularis. ⁽⁸⁾

Figuur (17) laat zien dat er tijdens de inversie beweging een samenhang is van meerdere bewegingen. Tijdens de inversie beweging is er sprake van een adductie, exorotatie en plantairflexie component van de talus ten opzichte van de calcaneus. De adductie beweging van de talus die hier gemaakt wordt, is geen vrije adductie beweging in het bovenste en onderste spronggewricht. Door de scheefstaande as van het onderste spronggewricht, is het mogelijk om op de laterale voet rand te gaan staan terwijl het onderbeen verticaal blijft. ⁽⁸⁾

Uit onderzoek van R. Bahr⁽²⁸⁾ blijkt dat bijna alle dorsaal- en plantairflexie mogelijkheden gaan via het art. talocruralis. In het art. talocruralis is 10 graden dorsaalflexie en 20 graden plantairflexie mogelijk. Er is geen dorsaal- of plantairflexie mogelijkheid te zien in het art. talocalcaneare. Voor de supinatie beweging was de verhouding in het art. talocalcaneare naar art. talocruralis 3:1. Voor endorotatie en exorotatie is de verhouding in het art. talocalcaneare en het art. talocruralis 3:1. Dit is hieronder af te lezen in de grafieken.(zie figuur 18)



Figuur 18: In het linker figuur is de verhouding pronatie en supinatie in het art. talocalcaneare en art. talocruralis te zien. In het rechter figuur is de endorotatie en exorotatie verhouding te zien in het art. talocalcaneare en het art. talocruralis.⁽²⁸⁾

De pronatie en supinatie en de endo- en exorotatie werden het meest gezien in het art. talocalcaneare. Dit is precies wat inman⁽²²⁾ veronderstelde. Ook is af te lezen in bovenstaande grafiek dat er in het art. talocruralis een pro- en supinatie en een endo- en exorotatie component aanwezig is. Dit door het schuine verloop van de bewegingsas.

Talar delay

Een geringe horizontale rotatie van de talus is dus mogelijk. Deze vindt plaats ten opzichte van het onderbeen.^(6, 26) Tijdens exorotatie van het onderbeen, zal in eerste instantie de talus stil blijven staan ten opzichte van het exoroterende onderbeen. Wanneer het onderbeen 5 graden geëxoroteerd is, wordt het lig. talofibulare anterius en het lig. tibiotalaris posterior rond het art. talocruralis op spanning gebracht, en wordt alsnog een horizontale rotatie van de talus ingezet. Dit fenomeen, van de stilstaande talus, heet: 'talar delay'.⁽²⁶⁾

De horizontale rotatie van de talus zorgt voor een inversie van de calcaneus, os cuboidium en os naviculare. De exorotatie van het onderbeen is een essentieel element in dit complex. De horizontale vezels van de ligamenten zorgen voor de overbrenging van deze horizontale rotatie. Het gaat hier om lig. talofibulare anterius en het lig. tibiotalaris posterior. De lig. talofibulare posterius en het pars tibionaviculaire deel van het lig. deltoideum spelen een rol in de omgekeerde beweging. Het art. talocruralis zorgt op deze manier voor een mechanisme dat zorgt voor een horizontaal moment, in proximaal-distale richting of in distaal-proximale richting, van de talus.

In de eerste vijf graden exorotatie, gebeurt er niets in de inversie van de vier tarsale botten. Dit kan worden verklaard door onvoldoende spanning in de horizontale vezels van het lig. talofibulare anterius en het lig. tibiotalaris posterior. Na vijf graden exorotatie van het onderbeen komen de ligamenten op spanning te staan. Zodra daar voldoende spanning is opgebouwd, volgt de talus, de rotatie van de tibia.⁽²⁶⁾

Countermovement jump

Tijdens de countermovement jump kunnen de proefpersonen op twee manieren de sprong uitvoeren.



**Figuur 19: uitgangshouding
proefpersoon. Links ventraal
en rechts dorsaal aanzicht**

De eerste manier van springen is in figuur (20) te zien. Hier wordt tijdens de sprong, de voet voornamelijk over de transversale as afgewikkeld. Op deze manier wordt voornamelijk de plantairflexie component in het art. talocruralis gebruikt. Bewegingsuitslagen in het art. talocalcaneocuboideonavicularis zijn hier niet van toepassing. In figuur (20) is te zien dat er tijdens het springen over de hallux geen inversie beweging optreedt. Dit is te zien aan de pijltjes, op het tuberositas tibiae, die een rotatie beweging weergeven door middel van een horizontale verplaatsing, ten opzichte van de uitgangshouding in figuur (19). In figuur (20) blijven de pijltjes recht vooruit wijzen, er heeft dus geen rotatie van het onderbeen plaatsgevonden. In het dorsaal aanzicht is te zien dat beide calcaneus zich dicht elkaar bevinden.



**Figuur 20: Springen via de
hallux. Links ventraal en rechts
dorsaal aanzicht.**

In figuur (21) is de tweede manier van springen te zien. De afwikkeling van de voet loopt voornamelijk over de buigingslijn van de tenen. Ook hier wordt er gesprongen via de plantairflexie in het art. talocruralis, maar bij deze manier van springen wordt er ook gebruik gemaakt van het art. talocalcaneocuboideonavicularis. Er is in figuur (21) te zien dat de markers op het tuberositas tibiae, een horizontale rotatie hebben ondergaan ten opzichte van de uitgangshouding in figuur (19). De horizontale rotatie van de markers komt door een exorotatie beweging van het onderbeen. De exorotatie beweging van het onderbeen gaat gepaard met de inversie beweging in het art. talocalcaneocuboideonavicularis die nodig is om over de buigingslijn van de tenen te kunnen springen. In het dorsaal aanzicht is te zien dat beide calcaneus naar lateraal bewegen.



Figuur 21: Springen via de buigingslijn van de tenen. Links ventraal en rechts dorsaal aanzicht

Tijdens de countermovement jump kan er dus gesprongen worden door de voet af te wikkelen over de hallux of over de buigingslijn van de tenen. De proefpersoon is vrij in zijn keuze om één van de twee manieren van springen te gebruiken. Wel is het na afloop van de meting, bij het bestuderen van de resultaten, noodzakelijk om bij afwijkende resultaten de keuze van afwijking te bekijken. Voorafgaand aan de countermovement jump wordt de enkel ingetaped om zo de inversie beweging van het art. talocalcaneocuboideonavicularis te beperken. De tape methode die hiervoor gebruik wordt is de 'subtalar lateral sling'.

Tapen

Voor het tapen wordt er gebruik gemaakt van Emdee sporttape van 3,8cm breed.

De toepassing van de 'subtalar lateral sling' tapemethode, die uitgewerkt is door onderzoeker Wilkerson,^(14, 16, 17) is te zien in figuur(22, 23, 24).

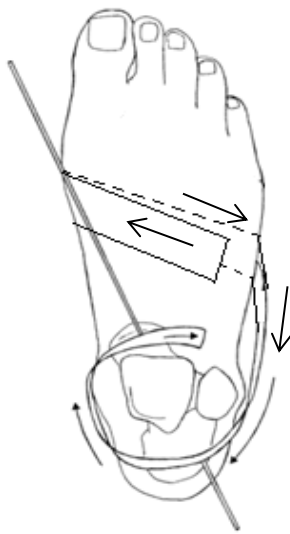
Bij het gebruik van deze methode wordt de tape bevestigd op de dorsale zijde van de voorvoet. Hierna gaat de tape aan de mediale zijde onder de voet door en komt bij de laterale rand weer naar craniaal en loopt dorsaal van het tuberositas ossis metatarsale V. Vanaf de laterale rand loopt de tape over de laterale malleolus, achterlangs het onderbeen en ankert zich vervolgens boven de laterale malleolus. (zie figuur 22)



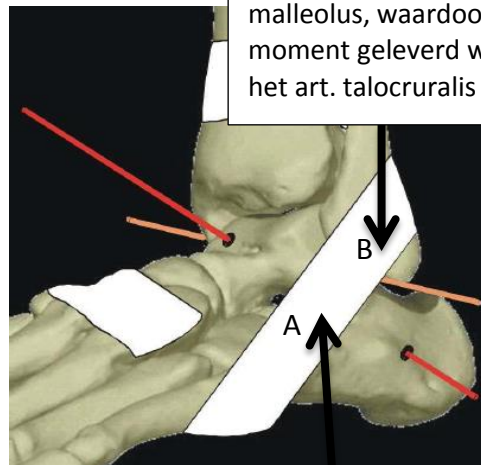
Figuur 22: Overzicht van de tapemethode.

Als de tape is toegepast zorgt een exorotatie beweging van het onderbeen of een exorotatie in de heup van een geëxtendeerd been voor een vergroting van de spanning op de laterale sling van de tape. De verhoogde spanning bij de laterale voetrand zorgt ervoor dat de laterale voetrand niet naar caudaal kan bewegen waardoor er geen inversie beweging mogelijk is.^(16,17)

Het effect van de “subtalar lateral sling” is het beperken van het draaimoment tussen de (voor)voet en het onderbeen, en het beperken van de rotatiemogelijkheid van de talus, ten opzichte van de calcaneus. Dit effect is te zien in het transversale vlak van figuur(23).^(14,16)



Figuur 23: Het beperken van de rotatiemogelijkheid van de talus en opzichte van de calcaneus in transversaal aanzicht.^(14,16)



Snijpunt over de laterale malleolus, waardoor er geen moment geleverd wordt over het art. talocruralis

Figuur 24⁽⁶⁾: De twee belangrijke punten in de subtalar lateral sling tapemethode.

Locatie waar het grootste moment wordt gecreëerd met het art. talocalcaneocuboideonavicularis

Bij het toepassen van deze tapemethode is er rekening gehouden met het verkrijgen van een zo groot mogelijk moment rond de as van het art. talocalcaneocuboideonavicularis. De as van dit gewricht loopt van uit de calcaneus, lateraal-dorsaal-caudaal naar mediaal-ventraal-craniaal.^(6, 8, 26, 27) Door het verloop van de as, maakt de ‘lateral sling’ op deze locatie het grootst mogelijke moment. De locatie wordt aangegeven met de pijl A in figuur(24). Door over deze bewegingsas een groot moment te leveren wordt de inversie beweging over het schuine verloop van deze as geremd. Het tweede punt waar rekening mee is gehouden bij het toepassing van deze tapemethode, is dat de tape over de laterale malleolus heen loopt. Bij pijl B in figuur(24) is te zien dat de tape de as van het art. talocruralis snijdt. Over dit gewricht wordt dus geen moment geleverd, in tegenstelling tot het art. talocalcaneocuboideonavicularis. De dorsaal en plantairflexie beweging kan dus nog moeiteloos uitgevoerd worden in het art. talocruralis terwijl de inversie beweging beperkt wordt in het art. talocalcaneocuboideonavicularis.⁽⁶⁾

Om de ‘subtalar-sling’ tape methode bij iedereen hetzelfde te laten verlopen, is de tape methode gestandaardiseerd. Tijdens het tapen dient de proefpersoon zijn enkels in maximaal dorsaalflexie te houden. Zo spannen spierbuiken van de m. tibialis anterior en m. extensor digitorum aan, en zal de tape na fixatie op het onderbeen minder knellen.

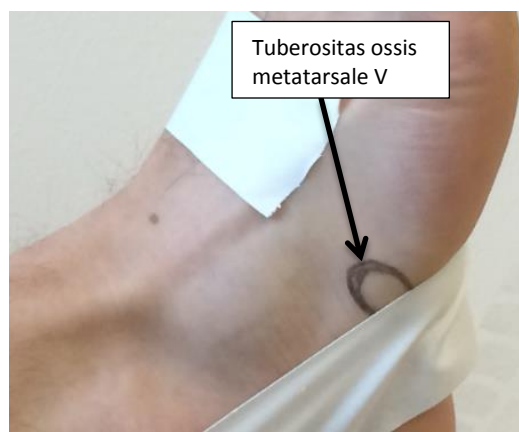
Het oriëntatiepunt waarop de tapemethode gestart wordt, is een centimeter mediaal van het tuberositas ossis metatarsale V aan de laterale zijde van de voet (zie figuur 25). Vanuit dit botpunt loopt de eerste taperichting naar de mediale zijde van de voet (zie figuur 26). Vervolgens gaat de tape onder de voetrand door naar de laterale zijde van de voet. Hier komt de tape uit bij het botpunt het tuberositas ossis metatarsale V. Vanaf hier gaat de tape naar craniaal-dorsaal richting de laterale malleolus (zie figuur 27).



Figuur 25: oriëntatie punt waar de tapemethode start



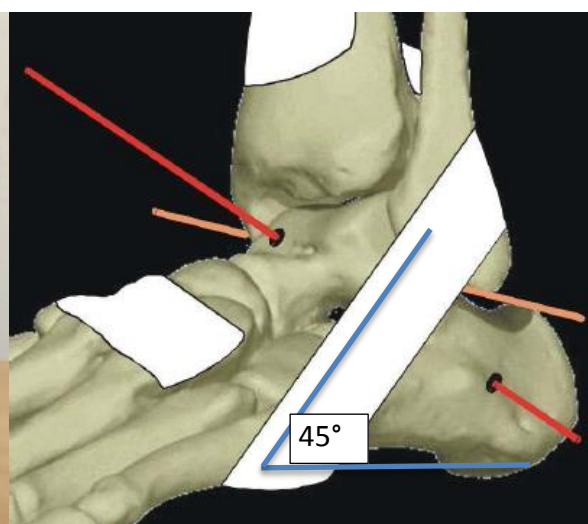
Figuur 26: mediale richting vanaf het oriëntatie punt



Figuur 27: tape komt vanaf mediaal terug bij het oriëntatie punt



Figuur 28: de subtalar-sling maakt een hoek van 45 graden ten opzichte van de grond



Figuur 29: Toepassing 'subtalar lateral sling' waarbij beide enkelassen te zien zijn. De as van het art. talocruralis snijdt de tape bij de laterale malleolus, terwijl de laterale sling een zo groot mogelijk moments arm creëert met de as van het art. talocalcaneocuboideonavicularis. Ook is te zien dat de laterale sling een hoek van 45 graden maakt.⁽⁶⁾

In het sagittale vlak maakt het middelste gedeelte van de 'subtalar lateral sling' een hoek van 45 graden die ongeveer loodrecht staat op de oriëntatie-as van het art. talocalcaneocuboideonavicularis.^(14,16,17) De tape loopt door tot de dorsale zijde van het onderbeen, enkele centimeters boven de gewrichtsas van het art. talocruralis. Hier wikkelt de tape zich om het onderbeen heen. (zie figuur 28, 29).

Na de eerste laag tape volgt er nog één laag. Deze laag komt met 2/3 overlap distaal.

Als de twee stroken tape goed bevestigd zijn komt er rondom het onderbeen een zogenaamde "anker". Het "anker" zorgt er voor dat de tape daar niet los kan. Ook komt er een "anker" op de voet, waar de tape zijn oorsprong ondervindt (mediaal van tuberositas ossis metatarsale V). Hier gaat het "anker" om de voet heen (zie figuur 30).



Figuur 30: het frontaal, sagitaal en distaal aanzicht van de subtalar-sling, en toevoeging van het anker.

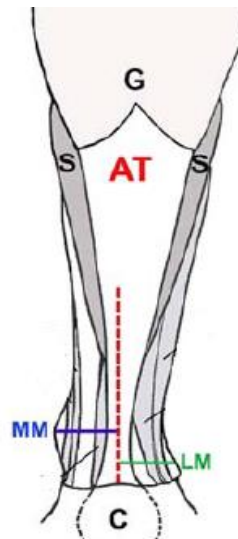
Met behulp van deze tape methode kan de proefpersoon zonder verdere belemmeringen plantair- en dorsaalflexie uitvoeren. Wanneer er een inversie beweging wordt ingezet, wordt de laterale sling op spanning gebracht, hierdoor wordt de inversie beweging beperkt.

Bouw achillespees

De achillespees is de sterkste en dikste pees in het menselijk lichaam en vindt zijn insertie aan de calcaneus.^(10, 19, 21, 24) De achillespees is de pees die bestaat uit het mediale en laterale deel van de m. gastrocnemicus en uit de m. soleus. De spiraalvormige bouw van de achillespees komt door de draaiing van twee pezen, de vezels van de m. gastrocnemius convergeren en endoroteren om de peesvezels van de m. soleus heen.^(19, 20, 23) De hoek waaromheen de achillespees roteert, varieert in de literatuur. Sommige onderzoekers⁽¹⁹⁾ vonden een draaiing van 11 tot 65 graden, met een gemiddelde van 37 graden, terwijl andere onderzoekers⁽²³⁾ een draaiingshoek van 30 tot 150 graden vonden. Ook zijn er onderzoekers⁽²¹⁾ uitgaan van een spiraal vormige beweging tot 90 graden. De m. soleus zelf heeft ook een spiraalvormige bouw, dit vormt het mediale gedeelte van de achillespees. De m. soleus draait met de klok mee in het linker ledemaat en tegen de klok in, in het rechter ledemaat.⁽¹⁹⁾

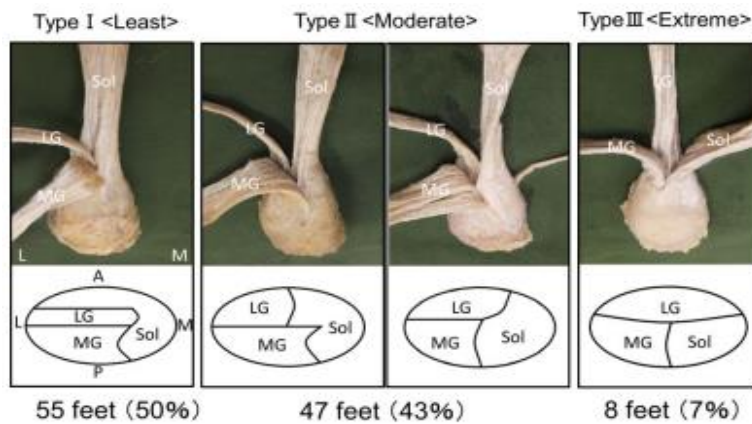


Figuur 31: Spiraalvormige bouw van de m. gastrocnemius. Mediale en laterale kop (bovenste twee pijlen, respectievelijk) Insertie op het dorsaal-laterale gedeelte van de calcaneus.⁽²⁴⁾



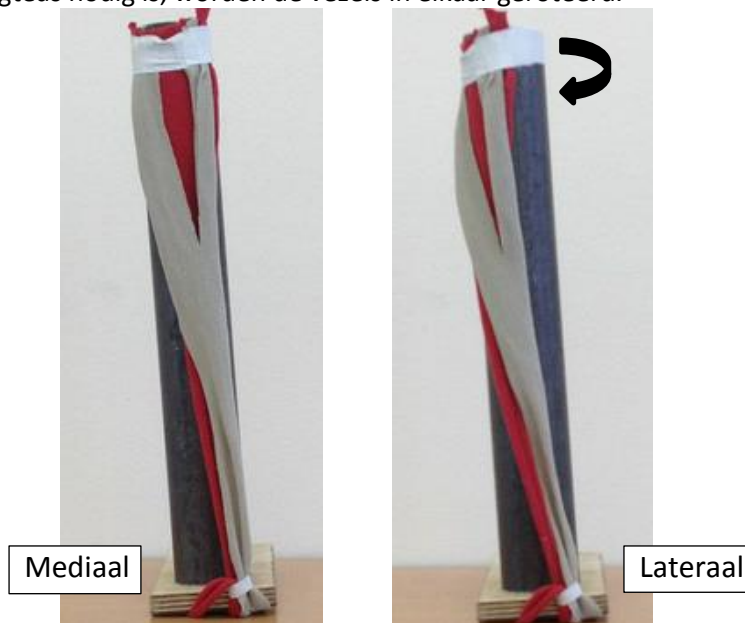
Figuur 32: Schematische weergave van de achillespees. (G) m gastrocnemius, (S) m soleus, (AT) achilles tendon, (MM) Mediale malleolus, (LM) Laterale malleolus.⁽²¹⁾

De insertie van de achillespees bevindt zich op het dorsaal-laterale gedeelte van de calcaneus.^(8, 19, 20, 24) Uit recent onderzoek⁽²³⁾ blijkt dat er verschillende variaties bestaan bij de insertie op de calcaneus. In figuur (33) is te zien dat het insertie gebied is opgedeeld in drie groepen. In ruim 93% van de gevallen bevindt de m. soleus zich aan de mediale zijde op het insertiegebied. Dit is ook wat ander onderzoek al aantoonde.^(8, 19, 20) In hetzelfde figuur is ook te zien dat de peesvezels van de laterale spierbuik van de m. gastrocnemius zich altijd ventraal aanhechten op de calcaneus ten opzichte van de peesvezels van de mediale spierbuik van de m. gastrocnemius. Ook hier zijn er meer onderzoekers het met elkaar eens.^(8, 19, 20)



Figuur 33: Verschillende aanhechtingsvormen van de achillespees op de calcaneus.⁽²³⁾

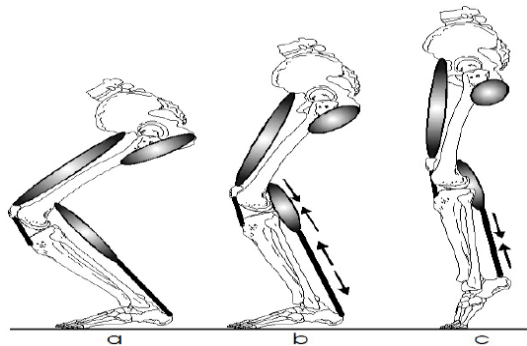
De m. gastrocnemius vindt zijn insertie dus aan de laterale zijde van de calcaneus. Hierdoor wordt deze pees opgerekt bij een inversie beweging. Zodra er een inversie beweging plaatsvindt, over de as van het art. talocalcaneocuboideonavicularis, en waarbij de exorotatie van het been om zijn lengteas nodig is, worden de vezels in elkaar geroteerd.⁽⁸⁾



Figuur 34: Model wat het effect van de exorotatie beweging van het onderbeen op het in elkaar draaien van de m. soleus en de m. gastrocnemius aangeeft.

De linker figuur van figuur(34) toont het onderbeen in neutrale stand, waarbij de m. soleus (rood), en de m. gastrocnemius (wit) te zien zijn, met de insertie op het laterale gedeelte van de calcaneus. De exorotatie, waarbij de vezels van de m. gastrocnemius om de m. soleus heen draaien, is te zien in de rechter figuur(34). Na een exorotatie beweging, zijn de vezels van beide spieren in elkaar gedraaid.

Een stijve pees kan meer energie opslaan, en vervolgens ook vrij laten komen.^(7, 8, 12, 23) Verschillende onderzoeken suggereren dat een stijve achillespees, komt door het in elkaar draaien van de pezen.^(8, 19) Deze vrijgekomen energie kan gebruikt worden in het vervolg van de beweging. Bij de verticale sprong wordt deze vrijlating van energie het katapult effect genoemd.^(8, 9, 11) Hieronder in figuur (35) wordt het katapult effect weergegeven.

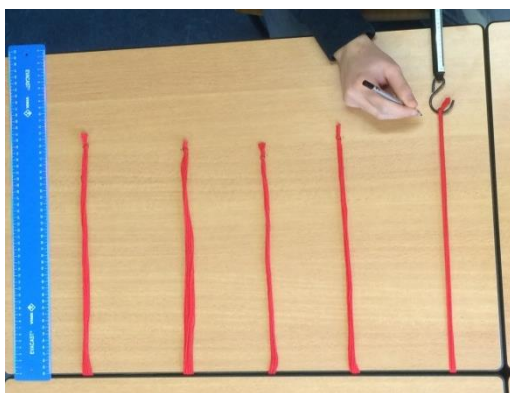


Figuur 35: Het katapult effect⁽⁸⁾

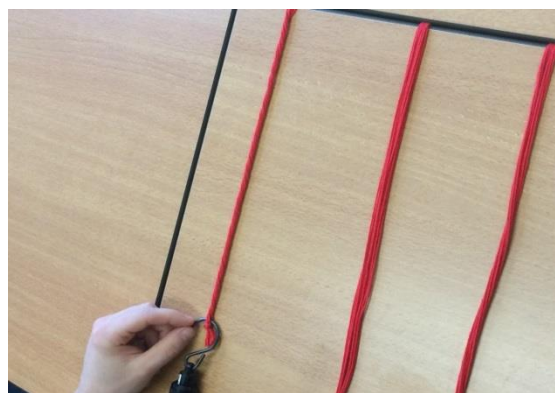
Een persoon heeft een uitgangshouding A waarbij de knieën zijn in geveerd. Bij het inzetten van de sprong B, contraheren als eerst de kuitspieren, en wordt de achillespees op rek gebracht. Op dit moment wordt de elastische energie opgeslagen in de achillespees. Deze opgeslagen energie komt in de laatste fase C van de afzet vrij, wanneer de pees terugkeert in zijn oorspronkelijke lengte.⁽⁷⁾ Onder normale conditie kan een pees ongeveer 5 tot 10% verlengen. De arbeid die nodig is om de pees zo ver te kunnen verlengen, is gelijk aan de energie die opgeslagen wordt in de pees. De arbeid kan omschreven worden als de trekkracht * de verlenging.^(7, 9)

Dat een pees energie op kan slaan en vervolgens kan gebruiken in het vervolg van de beweging, mag duidelijk zijn.^(7, 8, 12, 23) En dat de stijfheid van de pees een grote factor hierin speelt wordt als bekend beschouwd door onderzoekers.^(7, 8, 12, 23) Maar de gedachten over de wijze waarop de stijfheid van de achillespees wordt vergroot baart ons zorgen.

In onderzoek naar de correctheid van de stelling, of een pees stijver wordt door het torderen van de peesvezels, worden de peesvezels opgevat als een bundel touwtjes. In het onderzoek zijn vijf bundels van touwtjes met een diameter van 5 mm aan één kant gefixeerd. Aan de andere zijde wordt er met een kracht van 45 N aan de bundel getrokken, dit is te zien in figuur (36). Eerst wordt er aan iedere bundel getrokken zonder enige rotatie van de vezels. In figuur (37) is te zien, dat de bundels touwtjes om elkaar heen gedraaid worden in volgorde van 10, 15, 20, 25 en 30 omwentelingen. Waarna opnieuw aan de bundels wordt getrokken. De uitrekking wordt op de ondergrond genoteerd met twee puntjes.

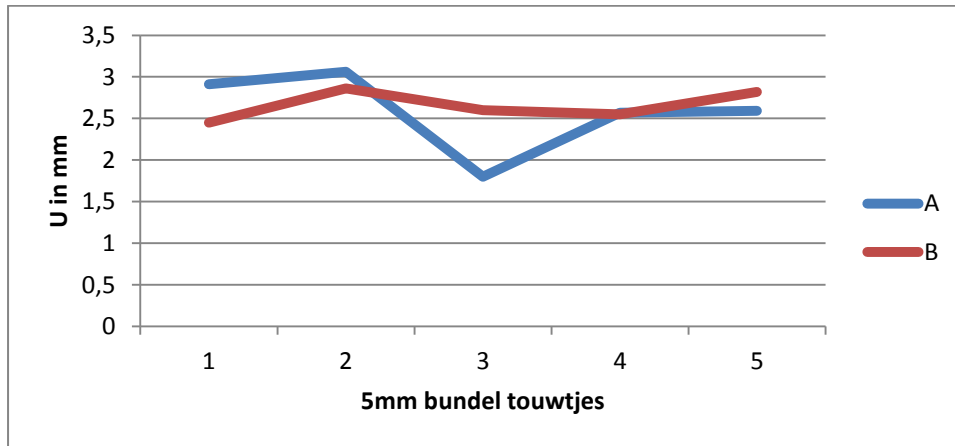


Figuur 36: 5 bundels van touwtjes. Aan het rechter touwtje wordt met 45 N getrokken.



Figuur 37: De bundel waaraan getrokken wordt is geroteerd met 10 omwentelingen.

In figuur (38) zijn de twee metingen tegenover elkaar gezet. Hierin is “U” de uitrekking in mm, grafiek “A” de uitrekking van de bundel touwtjes waarbij de touwtjes parallel aan elkaar lopen en grafiek “B” de uitrekking van de bundel touwtjes waarbij de touwtjes om elkaar heen zijn gedraaid. In figuur (38) is te zien dat er weinig verschil is in uitrekking van grafiek A en B. Wanneer we naar de gemiddeldes kijken van deze twee variabelen in tabel 1, is er een verschil van 0.07 mm. Dit is nog geen 3% van de gemiddelde uitrekking van A.



Figuur 38: Meting A en meting B tegenover elkaar gezet.

Grafiek	A	B
Gemiddelde in mm	2,586	2,656
Vershil in mm		+ 0,07

Tabel 1: Verschil in mm tussen meting A en B.

Hierna zijn alle vijf de bundels bij elkaar gevoegd, en is een zelfde meting opnieuw uitgevoerd. Dit om uit te sluiten dat de diameter binnen dit principe een rol speelt. In figuur (39) wordt eerst aan de bundel, waarbij de touwtjes allemaal parallel aan elkaar lopen, getrokken met een kracht van 45 N. Vervolgens wordt hetzelfde gedaan met de bundel touwtjes waarbij de touwtjes 2, 4, 6 en 8 keer om elkaar heen zijn gedraaid, zie figuur (40).

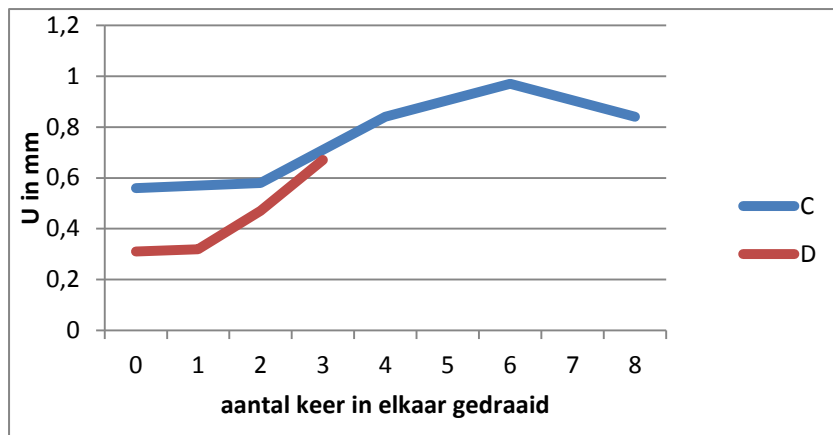


Figuur 39: Vijf bundels van de vorige meting bij elkaar gevoegd tot een bundel.



Figuur 40: De geroteerde bundel, waar met 45 N aan getrokken wordt.

Aan grafiek “C” in figuur (41) is te zien dat wanneer er aan de bundel wordt getrokken waarbij de touwtjes om elkaar heen gedraaid zijn er een grotere uitrekking ontstaat dan wanneer met een zelfde kracht aan een bundel touwtjes wordt getrokken waarbij de touwtjes parallel aan elkaar lopen.



Figuur 41: Meting C en D tegenover elkaar uitgezet

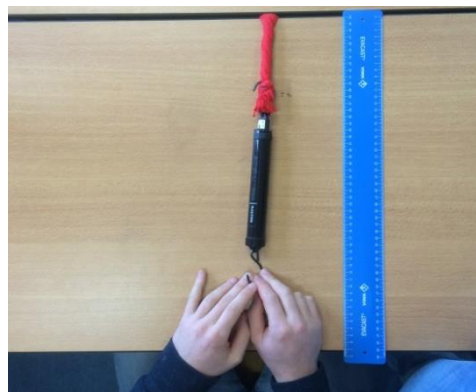
Grafiek	C	D
Gemiddelde (touwtjes lopen parallel) in mm	0,56	0,31
Gemiddelde (touwtjes lopen getordeerd) in mm	0,81	0,49
Verskil in mm	0,25	0,18

Tabel 2: Verschil in mm tussen meting C en D.

Als laatste is er een meting verricht met een bundel touwtjes met een diameter van 20mm, dit is te zien in figuur (42). Deze diameter komt overeen met de dikte van de achillespees.^(19, 24, 21) De bundel is 1, 2 en 3 keer om elkaar heen gedraaid, zie figuur (43). Aan grafiek “D” in figuur (41) is te zien dat, na het 1, 2 en 3 keer om elkaar heen draaien van de touwtjes, de uitrekking U toeneemt naarmate het aantal omwentelingen toeneemt.



Figuur 42: Het touwbundel van 20mm.



Figuur 43: Het touwbundel van 20mm welke vervolgens 1, 2 en 3 keer geroteerd wordt.

In de literatuur wordt omschreven dat het in elkaar draaien van de pezen van de m. gastrocnemius en de m. soleus er voor zorgt dat stijfheid van de pees toeneemt.^(8, 19) Uit bovenstaand onderzoek blijkt echter eerder het tegenovergestelde.

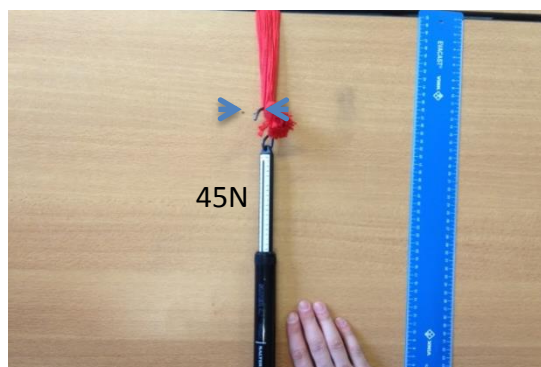
Omdat het verschil in waarde U niet heel groot is ten opzichte van de gemiddelde uitrekking van de niet getordeerde vezels, wordt er geconstateerd dat het torderen van de vezelbundels weinig effect heeft op een toename van stijfheid van de pezen.

Wanneer gekeken wordt naar de formule van stijfheid, $k = F/u$ waarin k de stijfheid, F de kracht in Newton en u de uitrekking in millimeter is, kan de stijfheid op twee manieren toenemen. Namelijk

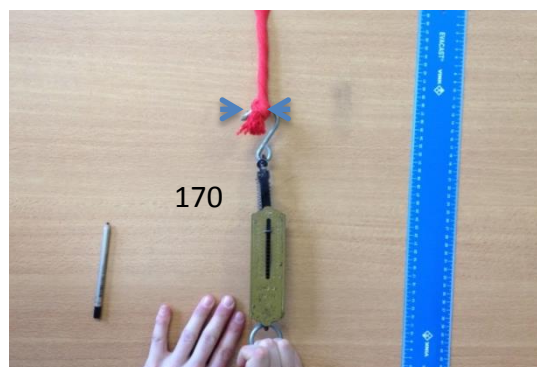
door het optreden van een grotere kracht bij een zelfde uitrekking of door het optreden van een kleinere uitrekking bij een zelfde kracht.

Geen van beide mogelijkheden blijkt van toepassing te zijn op de achillespees.

Uit literatuur^(7, 9) blijkt wel dat hoe groter de kracht is die geleverd moet worden, hoe meer energie een pees op kan slaan. Dit fenomeen zou wel van toepassing kunnen zijn op de achillespees. Wanneer de peesvezels van de m. gastrocnemius en de m. soleus in elkaar draaien tijdens het inzetten van een inversie beweging^(8,), wordt in eerste instantie de totale peeslengte verkort. Maar stel dat er in een bepaald situatie een hoeveelheid dorsaalflexie geleverd moet worden en dat er twee proefpersonen zijn met een zelfde peeslengte. Maar waarbij er bij één van de proefpersonen de peesvezels parallel aan elkaar lopen en bij de andere proefpersonen de vezels om elkaar heen gedraaid lopen. De dorsaalflexie is bij beide proefpersonen hetzelfde. Dit houdt in dat de totale lengte van de peesvezels van allebei de proefpersonen gelijk aan elkaar is. In de figuren (43 en 44) wordt dit voorbeeld weergegeven aan de hand van een model. Maar zoals al eerder gesteld, vindt er bij een draaiing van de peesvezels een verkorting van totale peeslengte plaats. Dit zou dus betekenen dat wanneer je een zelfde peeslengte wilt bereiken, er meer getrokken moet worden aan de getordeerde pees. De getordeerde pees moet dus voor het behalen van een zelfde peeslengte verder worden uitgerekt. Het extra uitrekken van de pees kost dan meer kracht zie figuur (44 en 45). In figuur (44) is maar 45 N nodig om de parallel aan elkaar gelegen peesvezel tot een bepaald lente uit te rekken, terwijl in figuur (45) voor het uitrekken van de getordeerde peesvezel tot een zelfde totale lengte, als die behaald is in figuur (44), een kracht moet worden geleverd van 170N. Echter geldt wel hoe meer kracht er geleverd wordt, hoe meer er opgeslagen kan worden.



Figuur 44: Parallel lopende touwbundel waar een kracht van 45N op uitgeoefend wordt.



Figuur 45: Om deze gedraaide bundel de zelfde afstand te laten afleggen als figuur 30, moet er een kracht van 170N op uitgeoefend worden.

Dat er dus meer kracht geleverd moet worden betekent niet automatisch dat de stijfheid van de peesvezels dan ook toe moet nemen. Want wanneer namelijk naar de formule voor de stijfheid wordt gekeken, die als volgt luidt: $k(\text{stijfheidsconstante}) = F(\text{kracht}) / u$ (verlenging), moet de stijfheidsconstante gelijk blijven als de kracht en de verlenging beide verhoudingsgewijs toenemen.

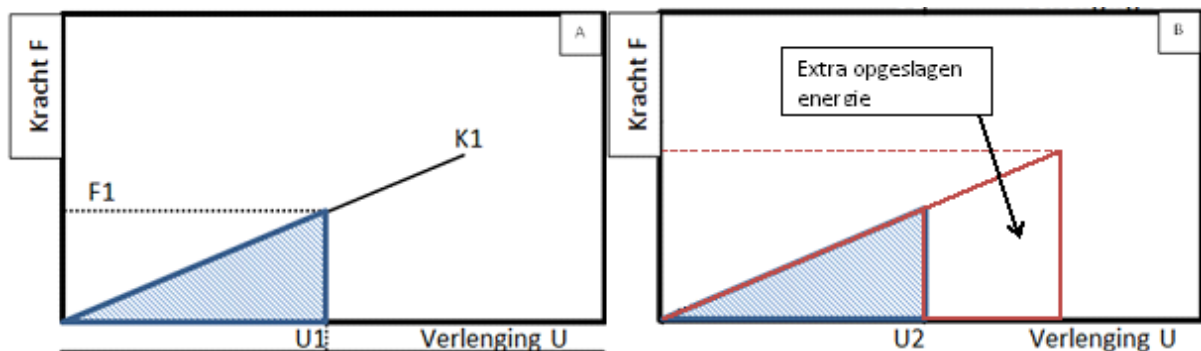
De conclusie van bovenstaand experiment kan echter niet als volledig worden opgevat. In het experiment worden de peesvezels opgevat als bundels van touw. Deze zijn eenvoudig uit elkaar te trekken en in elkaar te duwen, dit omdat er lucht tussen zit. Bij pezen werkt dit echter niet zo, tussen de peesvezels zitten grote moleculen, waardoor een pees keihard is. Dit viscoelastische gedrag van pezen kan niet worden nagedaan aan de hand van een model. Qua materiaal blijken beide dus totaal te verschillen, en doordat het materiaal te veel verschilt, is het te moeilijk om de torsie van de pezen na te bootsen, en kan er over de torsie en stijfheid geen conclusie getrokken worden. Er wordt wel verwacht, dat wanneer de proefpersoon lager springt bij de countermovement jump met tape, dit het gevolg kan zijn van het niet in elkaar kunnen draaien van

de peesvezels. Dit zou kunnen komen door de mate van beperking die wordt opgelegd waardoor er dus een geringe exorotatie beweging van het onderbeen plaats kan vinden.

Een grafiek van formule voor de stijfheidsconstante wordt hieronder weergegeven in figuur(46), een bepaalde kracht F en een bepaalde verlenging U geven de stijfheidsconstante k. Het gearceerde oppervlak in grafiek A, geeft de hoeveelheid energie weer die in de pees is opgeslagen.

Wanneer de peesvezels nu op spanning worden gebracht door middel van het om elkaar heen draaien, zoals te zien in figuur(46), neemt de kracht (F) en de uitrekking (u) toe.

In grafiek B is te zien dat wanneer de kracht (F) en de uitrekking (u) verhoudingsgewijs toenemen de stijfheidsconstante K2 constant blijft. Wanneer de uitrekking (u) toeneemt, moet er meer kracht (F) geleverd worden. Hoe meer kracht er geleverd moet worden, hoe meer energie er opgeslagen kan worden. De extra energie die opgeslagen kan worden is zichtbaar in grafiek B van figuur (46). De kracht die extra geleverd moet worden, komt uit de exoroterende heupspieren.⁽⁸⁾



Figuur 46: Grafiek van de formule $k=F/u$, waarbij k de stijfheidsconstante is, F de kracht en u de verlenging.

Methode

De onderzoeksgroep

Uit dit onderzoek zal blijken in hoeverre het beperken van de inversie mogelijkheid, met de subtalar lateral sling, van het art. talocalcaneocuboideonavicularis een rol speelt, bij de maximale verticale spronghoogte en de belasting op de enkels bij landen, tijdens de countermovement jump.

De belanghebbende doelgroep die voornamelijk profijt zal hebben van de uitkomst van het onderzoek, kan als volgt omschreven worden.

Het betreft voornamelijk de sporter die al eerder in aanraking is gekomen met een inversie trauma op zowel amateur als professioneel niveau. Deze sporters zoekt met behulp van sporttape naar extra externe ondersteuning in mate van het beperken van inversie. Dit onderzoek zal aan tonen wat het effect is, van een inversie beperking op de verticale sprong en de reactiekracht die ontstaat tijdens het landen, bij het dragen van sporttape.

In het onderzoek is gewerkt met 40 gezonde mannelijke en vrouwelijke studenten zonder blessures. De meest voorkomende opleiding die door de proefpersonen gevolgd werd was de opleiding bewegingstechnologie. De verdere gegevens van de proefpersonen worden hieronder in tabel (3) weergegeven.

Variabelen	Gemiddelde	Spreiding
Aantal mannen	28	
Aantal vrouwen	12	
Gewicht	74,02 Kg	54,6 – 112 Kg
Lengte	179,96 Cm	162 – 203 Cm
Leeftijd	21 Jaar	17 – 25 Jaar

Tabel 3: In de tabel hierboven worden de algemene gegevens van de proefpersonen weergegeven.

De meting

Tijdens de gehele meting zal er één beweging centraal staan. Dit betreft de countermovement jump. Deze beweging wordt per proefpersoon zes keer uitgevoerd.

De countermovement jump zal uitgevoerd worden op een forceplate. Tijdens de meting zullen videocamera's de gehele meting opnemen.

De meting wordt opgedeeld in twee sprongsessies, het is de bedoeling dat de proefpersoon per sprongsessie drie keer een countermovement jump uitvoert. In één van de sessies zal de countermovement jump met sport tape worden uitgevoerd, tijdens de andere sprongsessie zal de countermovement jump zonder sporttape worden uitgevoerd. De tijd tussen de sessies is 5 minuten, deze tijd wordt gebruikt om eventueel de voet in te tapen. De volgorde van de achtereenvolgende sessies zal gedurende de meting random wordt gewisseld. Dit om volgorde effecten te voorkomen.

Voorafgaand aan iedere sprongsessie wordt per proefpersoon eerst de hoeveelheid inversie die mogelijk is in de enkel bepaald. Zie het kopje "bepalen van de range of motion" voor een gedetailleerde beschrijving voor het meten van de inversie mogelijkheid. Ook zal er tussen de countermovement jumps door, in de sessie met sporttape, de inversie mogelijkheid bepaald worden. Zo kan gecontroleerd worden of de tape zijn effect gedurende de meting blijft behouden of dat de tape losser gaat zitten. Door het meten van de inversie kan achterhaald worden of de proefpersoon daadwerkelijk belemmerd wordt in zijn mogelijkheid tot inversie.

Gedurende de sprong, worden beide handen op de rand van crista iliaca geplaatst. De proefpersoon hurkt in en spring vervolgens zo hoog mogelijk. Zodra de proefpersoon loskomt van de grond worden de benen gestrekt gehouden. Bij de landing van de sprong krijgt de proefpersoon geen

opdracht mee, dit om de sprong zo natuurlijk mogelijk te laten verlopen. Na de landing staat de proefpersoon nog enkele seconden stil en mag daarna, of van de forceplate afstappen, of zichzelf voorbereiden voor een volgende countermovement jump. Dit gebeurt onder leiding van de practicumleider.

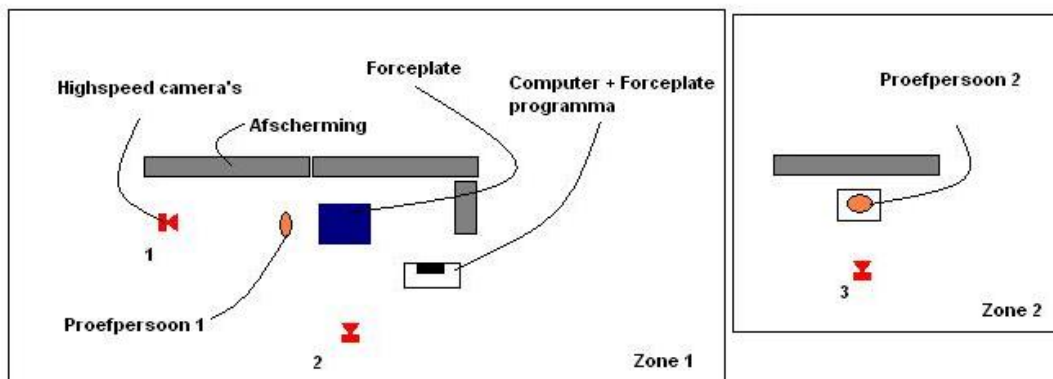
Benodigheden

Hieronder volgt een lijst met alle benodigheden die vereist zijn voor het correct uitvoeren van de meting:

- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| - 40 proefpersonen | - Computer |
| - Emdee sporttape 3,4 cm breed | - 4 markers |
| - Zuignap pijltjes | - Lamp |
| - 3 highspeed camera's | - 2x afscherming |
| - Forceplate | - Anamneseformulier |
| - 2x referentie meetlat | - 2x foam matje |

Proefopstelling

In figuur (47) wordt de opstelling van de meting weergegeven.



Figuur 47: meetopstelling opgedeeld in twee zones

In figuur(47) is te zien dat de meetopstelling is opgedeeld in twee zones. In zone 1 zal de countermovement jump op de forceplate gemeten worden en in zone 2 zal de inversie mogelijkheid gemeten worden. Het opdelen van de meetruimte in twee zones zorgt ervoor dat er twee proefpersonen tegelijkertijd gemeten kunnen worden. Verder is er in figuur 1 te zien dat er in beide zones gebruik wordt gemaakt van afscherm schermen en highspeed camera's. De proefpersoon in zone 2 staat gedurende de meting in een vooraf gemarkeerd gebied. Zie figuur (47).

Voorbereiding van de proefpersoon

De meting is opgedeeld in twee sessies. Het is de bedoeling dat de proefpersoon in een van de sessies gebruik maakt van sporttape tijdens de countermovement jump. Hieronder volgt de voorbereiding van de proefpersoon voor beide sessies. Voorafgaand aan de meting vult de proefpersoon een anamneseformulier in, op de achterzijde van dit formulier bevindt zich de gegevens tabel van de meting. De practicumleiders kunnen hier de resultaten op invullen. Het anamneseformulier is terug te vinden in blijlage (1 en 2).

Sessie zonder sporttape: voorbereiding van de proefpersoon

Tijdens deze sessie wordt er geen gebruik gemaakt van sporttape. De proef persoon dient beide benen tot net boven de knie geheel te ontbloten. Een sportbroekje is wel toegestaan. Vervolgens worden er op het rechter been 4 markers geplakt. De markers komen op de trochanter major, laterale epicondyle van het femur, laterale malleolus van de fibula en de tuberositas ossis metatarsale V.

De proefpersoon dient voorafgaand aan de countermoveent jump met zijn rechter been in het beeld van camera twee te staan, zodat de markers te zien zijn.

Sessie met sporttape: voorbereiding van de proefpersoon

Tijdens deze sessie wordt er gebruikt gemaakt van Emdee sporttape. Net als in de vorige beschreven sessie, dient de proefpersoon beide benen tot net boven de knie te ontbloten. Wederom is een sportbroekje wel toegestaan. Beide enkels worden ingetaped volgens de tapemethode die omschreven is onder het kopje "toepassing van de tapemethode". Na het toebrengen van de sporttape rond de enkel, worden er een viertal markers op het rechter been geplakt. De markers komen op de trochanter major, laterale epicondyle van het femur, laterale malleolus van de fibula en de tuberositas ossis metatarsale V.

De proefpersoon dient voorafgaand aan de countermove jump met het rechter been in het beeld van camera twee te staan, zodat de markers te zien zijn.

Toepassing van de tapemethode

Voor de juiste toepassing van de tapemethode wordt er verwezen naar kopje 'taper' op bladzijde 16. Hierin wordt uitgelegd hoe de tapemethode toegepast wordt, waar op gelet moet worden en de functie van deze tapemethode.

Bepalen van de range of motion

Het bepalen van de maximale inversie mogelijkheid is erg complex. Dit door het feit dat de inversie beweging plaatsvindt om een bewegende as zoals eerder is omschreven. Uit onderzoek^(6, 26) naar de inversie beweging blijkt dat de inversie beweging gekoppeld is aan een exorotatie beweging van het onderbeen. Voor het bepalen van de inversie mogelijkheid wordt er dan ook gebruik gemaakt van dit exorotatie component van het onderbeen.

De maximale inversie mogelijkheid van de proefpersoon zal voorafgaand aan allebei de sprongsessie worden bepaald aan de mate van exorotatie van het onderbeen. De inversie beweging zal plaats vinden op een dun matje. Dit omdat een inversie beweging op blote voeten op een harde vloer als pijnlijk kan worden ervaren. Hieronder wordt omschreven hoe de maximale inversie beweging gemeten wordt.

Zoals al is omschreven is de inversie beweging zelf niet gemeten, maar wordt de exorotatie beweging van het onderbeen gemeten. De exorotatie beweging van het onderbeen is gemeten aan de hand van de horizontale verplaatsing van het uiteinde van de zuignappijltjes die bevestigd is op het tuberositas tibiae van beide onderbenen. Tijdens de gehele meting staat er een referentie meetlat in het beeld van de camera. Voor het bepalen van de horizontale verplaatsing, is voor en tijdens de inversie beweging een foto gemaakt. Met behulp van Kinovea zijn de gemaakte foto's geanalyseerd. Er is voor gekozen om de foto's in een lage resolutie op te nemen. Dit zorgt voor minder problemen binnen het analyse programma.

Sessie zonder sporttape: meten van de exorotatie van het onderbeen

Aan het begin van deze sessie wordt als eerst de exorotatie beweging van het onderbeen gemeten. Of de proefpersoon eerst tape of geen tape zal dragen gedurende de metingen is voorafgaand aan de meting random besloten. Op de tuberositas tibiae van beide benen is vervolgens een zuignappijltje geplakt zoals in figuur (48) te zien is. De proefpersoon gaat hierna op het matje staan met de zuignappijltjes in de richting van de camera. De camera staat ingesteld op een vooraf ingestelde hoogte van 35 centimeter van de vloer tot het midden van de lens en op een afstand van één meter gemeten vanaf de proefpersoon tot het midden van de lens.

Vervolgens wordt de eerste foto van de zuignappijltjes gemaakt als de proefpersoon in een neutrale houding staat. Beide enkels staan in deze houding niet in inversie. Hierna voert de proefpersoon drie maal een maximale inversie beweging uit met één been, hetzelfde wordt hierna ook met het andere been gedaan. Van iedere inversie beweging is een foto gemaakt. Aan de hand van deze foto's kan de horizontale verplaatsing van het uiteinde van de zuignappijltje bepaald worden.

Sessie met sporttape: meten van de exorotatie van het onderbeen

Aan het begin van de sessie met sporttape, wordt als eerst de exorotatie beweging van het onderbeen gemeten. Of de proefpersoon eerst tape of geen tape zal dragen gedurende de metingen is voorafgaand aan de meting random besloten. Gedurende de sessie met tape wordt opnieuw de exorotatie beweging van het onderbeen bepaald. De tape is op de enkel aangebracht op de manier zoals omschreven is onder het stuk 'toepassing van de tapemethode'. Op de tuberositas tibiae van beide benen is vervolgens een zuignappijltje geplakt zoals in figuur(48) te zien is.

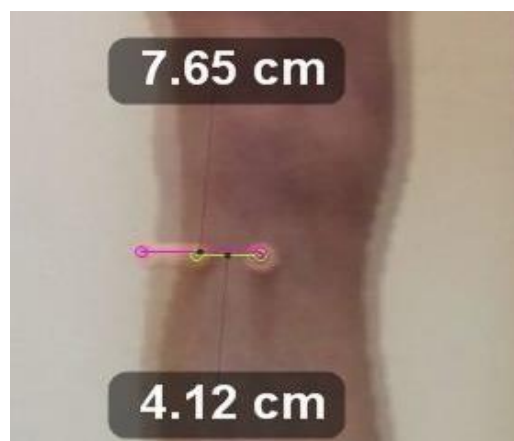
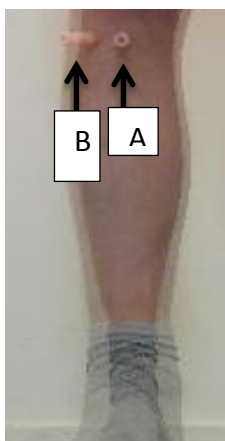


Figuur 48: In dit figuur wordt weergegeven hoe de zuignappijltjes op het tuberositas tibiae worden geplakt.

De proefpersoon gaat hierna op het matje staan met de zuignappijltjes in de richting van de camera. Hierna volgt een zelfde procedure als die hierboven omschreven is onder het kopje 'Sessie met sporttape: meten van de exorotatie van het onderbeen zuignappijltje recht tegenover de camera'.

Bepalen van de range of motion aan de hand van de horizontale verplaatsing het zuignappijltje

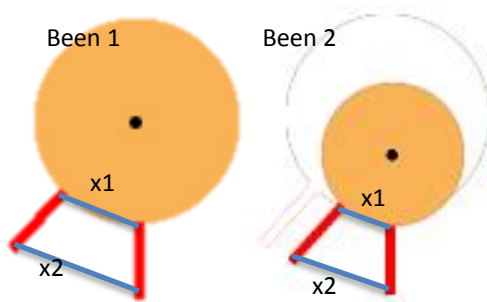
Voor het bepalen van de range of motion is de horizontale verplaatsing van het uiteinde van de zuignappijltjes geanalyseerd in Kinovea. In Kinovea worden steeds twee foto's van hetzelfde been naast elkaar gezet. Foto 1 is een foto van de neutrale houding van de proefpersoon. Foto 2 is een foto van één van de inversie bewegingen van de enkel. Vervolgens is foto 2 over foto 1 geplaatst met een 'opacity' van 50%. Omdat de foto's op een gelijke afstand tot de proefpersoon zijn gemaakt, is alles in beide foto's even groot. De meetlat die in foto 2 wordt afgebeeld, wordt precies over de meetlat van foto 1 gelegd. Zo zijn beide foto's gelijk gepositioneerd aan elkaar. In figuur (49) wordt het beeld weergegeven dat dan ontstaat.



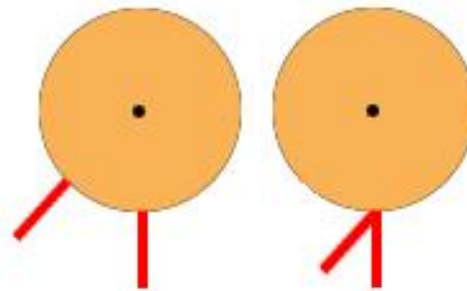
Figuur 49: Het eerste figuur geeft het beeld in Kinovea weer, van de twee foto's die over elkaar heen zijn gelegd. Het tweede figuur geeft de afstand tussen de basissen en uiteinde van de pijltjes weer.

Op de eerste afbeelding van figuur (49) zijn beide pijltjes van foto 1(A) en foto 2(B) te zien. In figuur (49) is te zien dat pijltje A en B op een bepaalde afstand van elkaar liggen. Deze afstand ontstaat doordat er tijdens de inversie beweging een horizontale verplaatsing van het onderbeen naar lateraal plaatsvindt en omdat het pijltje op een bepaald afstand van het draaipunt van het onderbeen

afligt. De grootte van de afstand wordt mede bepaald door de dikte van het onderbeen heen. In figuur (50) is dit verschijnsel, vanuit een boven aanzicht, schematisch weergegeven.



Figuur 50 : Dit figuur geeft het verschil in diameter van het been weer.



Figuur 51 : Dit figuur geeft het gelijkstellen van de basis van de pijltjes weer.

In figuur (50) is te zien dat been (1) een grotere diameter heeft dan been (2). Ook is te zien dat 'x1' van been (1) groter is dan 'x1' van been (2). De waarde van 'x1' is dus afhankelijk van de diameter van het been. Om te kunnen bepalen hoever het uiteinde van het pijltje zich in horizontale richting heeft verplaatst moet de basis van beide pijltjes op elkaar liggen. In figuur (51) wordt dit geïllustreerd. Het op elkaar leggen van de basis van de pijltjes kan gerealiseerd worden door het verschil te bepalen tussen 'x1' en 'x2' ($x_2 - x_1 = x_2 \text{ nieuw}$). Het verschil is gebruikt voor de horizontale verplaatsing van het uiteinde van zuignappijltje.

In werkelijkheid is de afstand (x1) gelijk aan de afstand tussen de basissen van pijltje A en B. X2 is gelijk aan de afstand tussen het uiteinde van zuignappijltje A en B. In Kinovea worden deze twee afstanden bepaald. Dit is te zien in figuur (49). Het verschil tussen de afstanden is gelijk aan de horizontale verplaatsing van de uiteinde van de zuignappijltjes.

Of dit de juiste methode is voor het bepalen van de inversie mogelijkheid, is niet met zekerheid te zeggen. Wel kan deze benadering in de buurt komen van de juiste methode. Indien er bij ieder proefpersoon gebruik wordt gemaakt van deze methode en er op exact de zelfde manier gemeten wordt, kan deze methode als valide erkend worden om de inversie mogelijkheid te meten. De eventuele afwijking die tijdens de meting op kan treden zal dan ook bij iedere proefpersoon gelijk zijn, en heeft dan geen effect op het verdere onderzoek.

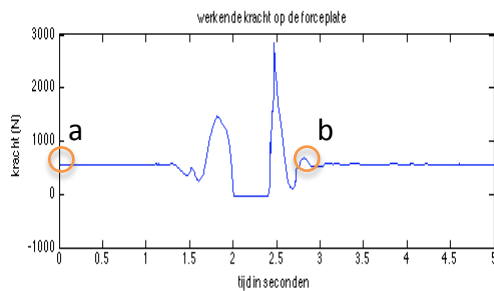
Het meten van de spronghoogte

Voor het meten van de maximale spronghoogte tijdens de countermovement jump is er gebruik worden gemaakt van de forceplate. De maximale spronghoogte die tijdens de countermovement jump bereikt wordt, zal bepaald worden aan de hand van het omzetten van het signaal naar een versnelling. Deze versnelling wordt vervolgens twee maal geïntegreerd waardoor een verticale verplaatsing verkregen wordt.

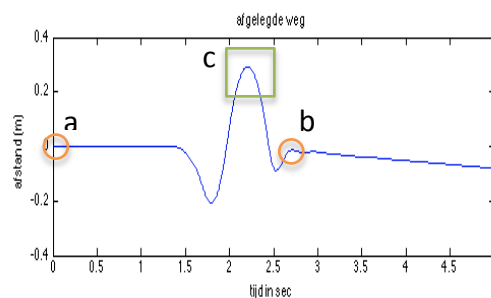
Hieronder wordt stapsgewijs beschreven hoe de spronghoogte verkregen is uit het ruwe signaal.

Bepalen van de spronghoogte

Voor het bepalen van de spronghoogte kijken we naar de grafiek in figuur (52). Deze grafiek geeft de output waarden van de forceplate in krachten (F) weer.



Figuur 52: De grafiek laat de kracht(N) tegen de tijd(s) zien.



Figuur 53: De grafiek laat de afstand(m) tegen de tijd(s) zien.

Allereerst wordt de ruwe data gefilterd aan de hand van een 4 orde butterworth filter met een cut-off frequentie van 20hz. Er is er voor gekozen om het hele signaal te filteren, zo kunnen de vele matlab scripts voor het selecteren van gebieden vermeden worden. Het is gebleken dat de forceplate data soms niet overeen komt met het werkelijke gewicht van de proefpersoon. Wanneer dit het geval zou zijn, en we bepalen vervolgens de verplaatsing van het massazwaartepunt, dan zou de uitkomst waarden niet gelijk zijn aan de werkelijk behaalde spronghoogte. Om deze twee waarden op een lijn te krijgen bepaald matlab een omrekenfactor. De ruwe data is hier vervolgens mee vermenigvuldigt.

Het gehele signaal is vervolgens omgezet naar een versnelling (a). Vanuit de versnelling kan simpelweg, door te integreren met de functie cumtrapz in matlab, de verticale verplaatsing van het massazwaartepunt berekend worden. De verplaatsing van het massazwaartepunt is weergegeven in de grafiek van figuur (53). De maximale spronghoogte is gelijk aan het hoogste punt, dat groen omlijnd (c) is, in de grafiek van figuur (53). De waarde van dit punt is bepaald door het matlab script de maximale waarde van het signaal tussen punt a en b, in de grafiek van figuren (52 en 53), te laten bepalen. 'A' is het eerste punt van het signaal en 'B' het laatste punt dat overeenkomt met de trendlijn. In de grafiek van figuur (52) is de waarde van de trendlijn gelijk aan het lichaamsgewicht en in de grafiek van figuur (53) is te zien dat de waarde van de trendlijn gelijk aan 0 is.

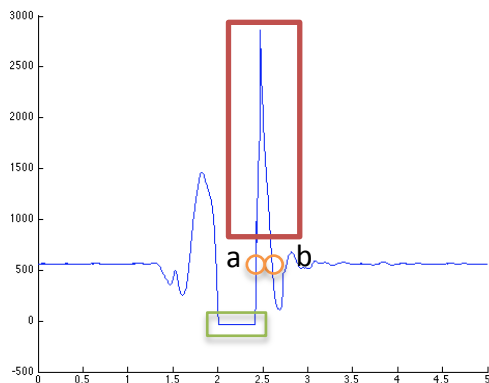
Het meten van de reactiekracht

Voor het meten van de reactiekracht op enkels, die ontstaat tijdens het landen van de countermovement jump, is gebruik gemaakt van de forceplate. De reactiekracht op treedt op de enkels zal bepaald worden aan de hand van de piek die ontstaat wanneer op de forceplate geland wordt. De piek is afgevlakt op 1/3 deel en hier is het gemiddelde van bepaald. Dit is gedaan met de functie 'rootmeansquare' in matlab.

Hieronder wordt stapsgewijs beschreven hoe de reactiekracht verkregen is uit het ruwe signaal van de forceplate.

Bepalen van de reactiekracht

Voor het bepalen van reactiekracht wordt er gebruik gemaakt van grafiek die weergegeven is in figuur (54). Deze grafiek geeft de output waarden van de forceplate in krachten (F) weer.



Figuur 54: De grafiek die hier wordt afgebeeld, geeft de output data in krachten (F) weer van de forceplate. A en b geven oriëntatiepunten weer voor het bepalen van de reactiekracht.

Om de reactiekracht te bepalen is allereerst de waarde op één lijn gebracht met het gewicht van de proefpersoon. Dit wordt op de zelfde manier gedaan, als de manier die gebruikt is voor het bepalen van de spronghoogte. De reactiekracht is vervolgens bepaald aan de hand van de tweede piek die te zien is in figuur(54). De piek die gebruikt gaat worden is hier rood omlijnd. Om er voor te zorgen dat matlab aan de juiste piek gaat rekenen worden wordt er een gebied afgebakend waarin de piek zich bevindt. Dit gebied wordt in de grafiek van figuur (54) afgebakend met de cirkeltjes van 'a' en 'b'. Het punt van cirkel 'a' is bepaald door de laatste waarde te nemen van de zweeffase, deze zweeffase is groen omlijn in figuur (54). Vanaf dit punt is cirkel 'a' het eerste punt met een waarde die gelijk of groter is dan de waarde van de trend lijn. Het punt van cirkel 'b' is na het punt van cirkel 'a' het eerst volgende punt met een waarde die kleiner of gelijk is aan de waarde van de trend lijn. Na het bepalen van de positie van cirkel 'a' en 'b', is het eerste 1/3 deel van de waardes tussen 'a' en 'b' bepaald. Met de functie 'rootmeansquare' in matlab wordt van dit 1/3 deel het gemiddelde bepaald. De waarde van dit gemiddelde wordt gezien als de reactiekracht die optreed op de enkels tijdens het landen van de countermovement jump. Het ruwe signaal is in dit script niet vooraf gefilterd, dit omdat de functie 'rootmeansquare' gebruik maakt van een eigen filter.

Statistische analyse

Voor de statistische analyse is er gebruik gemaakt van het programma SPSS Statistics⁽¹⁸⁾. Aan de hand van de resultaten uit de metingen van de countermovement jump zijn de toetsen uitgevoerd. De toetsen die in SPSS Statistics gebruik worden zijn de General Linear Model, boxplotten, error bars en een regressie analyse. Aan het einde van de statistische analyse kan er een uitspraak gedaan worden over de verbanden, significantie, trends en de verschillen die de onderzoeksresultaten, met elkaar gemeen hebben. De waardes uit de meting worden genoteerd in absolute waardes, vervolgens worden er relatieve waardes berekend. Met deze relatieve waardes kunnen de resultaten met alle proefpersonen vergeleken worden. Hierna kan er een uitspraak gedaan worden in hoeverre het beperken van de inversie mogelijkheid een rol speelt op de maximale verticale spronghoogte en de belasting op de enkels bij landen, tijdens de countermovement jump.

Statistische toetsen SPSS:

Na het invullen van de absolute meetresultaten in de data view, worden deze berekend naar relatieve meetwaarden. Hierna zijn de testen uitgevoerd worden. De testen die uitgevoerd worden zijn: General Linear Model, boxplot, error bars en een regressie analyse.

General Linear Model:

Met behulp van de General Linear Model (GLM) toets is er een variantieanalyse uitgevoerd. De variantieanalyse bestaat uit verschillende t-toetsen. De output tabellen geven de significantie en de sfericiteit weer. Tijdens de sfericiteits test wordt er gekeken of de gemiddelde verschillen in de verschillende situaties met elkaar verschillen. Ook wordt er bij de General Linear Model bekeken of er trends bestaan gedurende de sprongen.

Tijdens de GLM zijn de waardes verdeeld onder een aantal factoren. Het tapen is samen getoetst met de spronghoogte, reactiekracht of de range of motion. Het tapen bestaat uit twee factoren, met en zonder tape. De sprong bestaat uit drie factoren, eerste, tweede en derde sprong. Ook de reactiekracht en de range of motion bestaan uit drie factoren.

In de tabellen zijn de significantie van de spronghoogte, reactiekracht en de range of motion af te lezen. Uit de significantie kan gehaald worden of de waardes al dan niet door toeval worden berust. De significantie dient dan ook kleiner dan 0.05 te zijn.

De sfericiteit is bepaald door de waardes in de Mauchly's W en de Greenhouse Geisser. Indien de waardes richting de één neigen betekent dit dat er geen verschil is in beide waardes bij de verschillende meetmomenten. Met de verschillende meetmomenten wordt in dit geval eerste, tweede en derde poging bedoeld. Indien er bij de spronghoogte één zou staan, zou dit betekenen dat de eerste drie sprongen, in de situatie zonder tape (of alleen met tape), gelijk aan elkaar zijn. Na de tabellen volgen er een twee tal grafieken. Vanuit deze grafieken kan worden opgemaakt of er duidelijke trends bestaan tijdens de sprongen.

Error bars:

In de error bars wordt de schatting van het 95% betrouwbaarheidsgebied geplot. Wanneer er nog een keer hetzelfde gemeten zou worden, zou de gemiddelde waarde in de error bar terecht moeten komen.

Boxplots:

De boxplots laten de spreiding van de proefpersonen zien. In de boxplot worden de zes spronghoogtes, zes reactiekrachten en de zes range of motions in relatieve waardes geplot. In de boxplot is vervolgens de spreiding en het gemiddelde te zien. De 100% waarde is de gemiddelde waarde zonder tape.

Regressie analyse:

Bij de regressie analyse, is er getoetst of er een lineair verband bestaat tussen één of meerdere onafhankelijke variabelen en één afhankelijke variabele. Het causale verband tussen een onafhankelijke variabele en een afhankelijke variabele wordt uitgedrukt in een lineaire regressievergelijking. Tevens vertelt de analyse of het een positief of negatief effect is.

Het causale verband laat zien of hetgene wat er getoetst is een oorzaak en gevolg relatie heeft. Bij de regressie analyse worden de volgende twee verbanden getoetst:

- Bestaat er een verband tussen de spronghoogte (met tape) en de mate van beperking
- Bestaat er een verband tussen de reactiekracht op de enkels en de mate van beperking

Tijdens de regressie analyse worden de spronghoogte en reactiekracht als afhankelijk beschouwd ten op zichte van de mate van beperking. De mate van beperking wordt als onafhankelijk beschouwd.

Hierbij wordt de correlatiecoëfficiënt R^2 weergegeven van de afhankelijke met de onafhankelijke variabele. Bij een R van 0 is er geen lineair verband, bij een R van 1, is het regressiemodel perfect, alle punten liggen dan op de regressielijn.

Resultaten

Spronghoogte

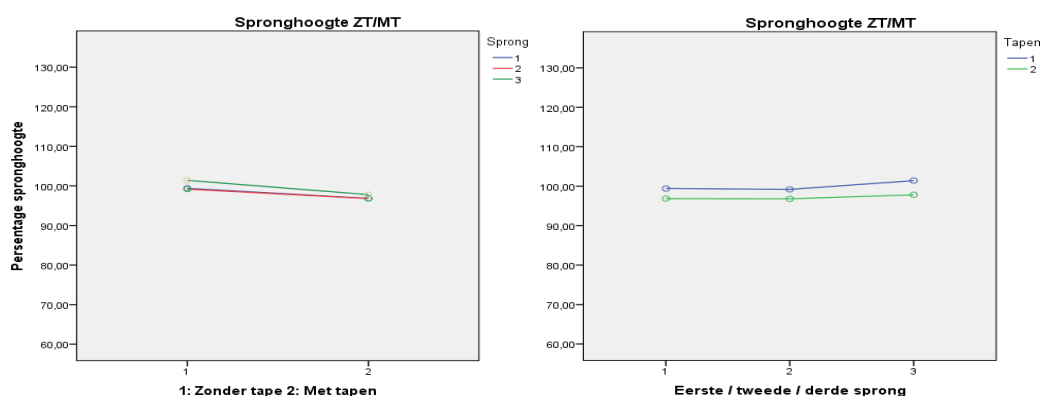
Bij het uitwerken van de resultaten van de countermovement jump, is er als eerst gekeken naar de spronghoogte(zie tabel 4). Het gemiddelde van de sprong zonder tape, van alle proefpersonen, is 36.35 centimeter. De sprong met tape, ook drie maal uitgevoerd, heeft een gemiddelde van 35.29 centimeter. Het verschil tussen deze twee sessies, uitgedrukt in een relatief getal, bedraagt: $((\text{spronghoogte zonder tape} - \text{spronghoogte met tape}) / \text{zonder tape}) * 100\% = 2.92\%$. Er wordt gemiddeld bijna 3% lager gesprongen tijdens de countermovement jump met tape.

	Zonder tape	Met tape
Gemiddelde spronghoogte in absolute waarde	36.35 cm	35.29 cm
Gemiddelde spronghoogte in relatieve waarde	100%	97.08%

Tabel 4: Gemiddelde waarden van de spronghoogte in absolute en relatieve waarden, zonder en met tape.

De waarden van de drie sprongen zonder tape en de drie sprongen met tape zijn met behulp van de GLM test in SPSS getoetst. Eerst wordt er gekeken naar de sfericiteit. Dit wil zeggen, of de gemiddelde verschillen gelijk zijn bij verschillende meetmomenten. In het geval van de spronghoogte en tapen is de sfericiteit ongeveer gelijk aan 1. Dit betekent dat de waarden van sprong één, twee en drie gelijk aan elkaar zijn(1=gelijk). Dit geldt dan voor zowel de sprongen zonder tape als met tape. De spronghoogte en het tapen hebben een significantie van 0.094 en 0.126. Beide significante waarden zijn groter dan 0.05% wat betekent dat het effect niet significant is. Dat wil zeggen dat de waarden in dit geval voor meer dan 10% uit toeval zijn ontstaan.

In onderstaande grafieken van figuur (55) is het kleine verschil in gemiddelde spronghoogte terug te zien. In figuur(5) worden op de x-as de sprong zonder tape(1) en de sprong met tape(2) met elkaar vergeleken. Op de y-as staat het percentage van de spronghoogte, de 100% bedraagt hier 36.35 centimeter en is het gemiddelde van de sponghoogte zonder tape. De lijnen geven de drie sprong sessies weer, hier is te zien dat de sprong zonder tape(1), hoger uitvalt dan de sprong met tape(2). De bovenste groene lijn is sprong 3. Sprong 3 is iets hoger dan sprong 1 en 2. De twee lijnen, van deze sprongen, lopen over elkaar heen. In het tweede figuur van figuur(55) is de spronghoogte te zien met en zonder tape. Op de x-as staat sprong één, twee en drie. Ook in deze figuur staat op de y-as het percentage van de spronghoogte, met 36.35 centimeter als 100%. De bovenste lijn is de sprong zonder tape(1), deze sprong is hoger uitgevallen dan de sprong(2) met tape.

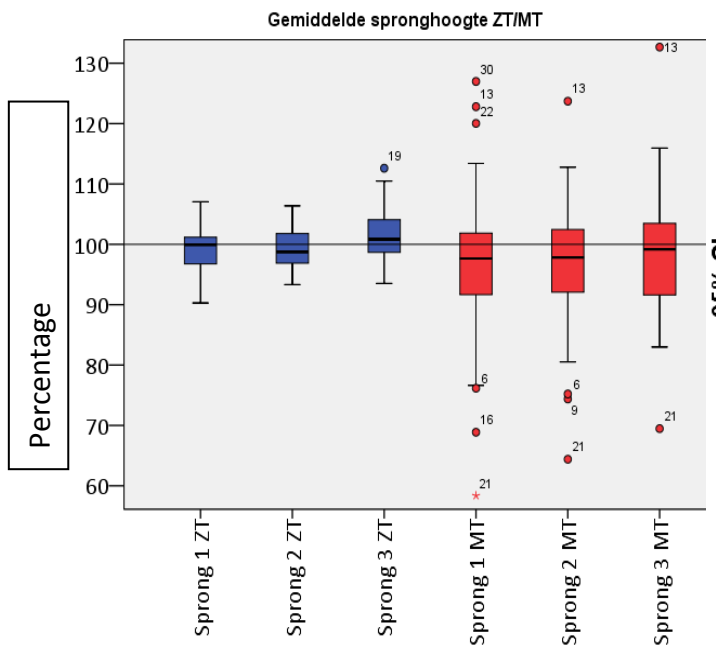


Figuur 55: Twee figuren waarin aangetoond wordt dat er bij de spronghoogte geen sprake is van trends. Uitleg zie bovenstaande tekst.

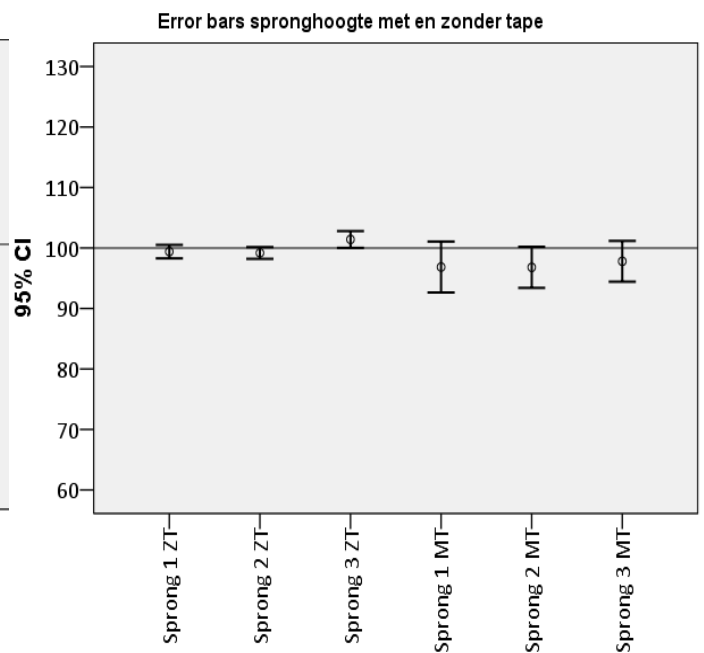
Bovenstaande twee figuren laten duidelijk zien dat er tijdens de countermovement jump zonder tape ongeveer 3% hoger gesprongen is dan de countermovement jump met tape. Er is echter in deze figuren geen spreiding te zien. De spreiding van de sprongen wordt duidelijk gemaakt aan de hand van de boxplotten in figuur(56). In figuur (56) staan op de x-as de drie sprongen zonder en met tape.

De drie blauwe boxplotten zijn de drie countermovement jumps zonder tape. De drie rode boxplotten zijn de countermovement jumps met tape. De gemiddelde spronghoogte van 36.35 centimeter wordt hier als 100% beschouwd. De blauwe boxplotten bevinden zich dicht bij de horizontale lijn van 100% als de rode boxplotten, dit laat zien dat de sprongen met tape lager zijn dan de sprongen zonder tape. Bij de sprongen met tape is er te zien dat er enkele uitschieters tussen zitten. Ook is de spreiding in deze boxplotten groter dan de blauwe boxplotten.

Bij het kijken naar de error bars in figuur(57) is het zichtbaar dat de gemiddelde spreiding rond de lijn van 100% ligt. De error bar geeft weer dat wanneer er weer gesprongen wordt het gemiddelde weer rond deze lijn komt te liggen. Op de x-as staan de sprongen zonder en met tape. En op de y-as staat de 95% betrouwbaarheid.



Figuur 56: In dit figuur is de boxplot te zien van de spronghoogte met en zonder tape. Deze is uitgezet tegenover het percentage spronghoogte op de y-as. De 100% lijn geeft aan waar de gemiddelde spronghoogte zonder tape zich bevindt.



Figuur 57: In dit figuur is de error bar van de spronghoogte met en zonder tape weergegeven. Op de y-as staat de 95% betrouwbaarheid. Aan de error bar is te zien waar het gemiddelde terecht komt als de meting opnieuw uitgevoerd zou worden.

Reactiekracht

Tijdens analyse van de resultaten is er vervolgens gekeken naar de reactiekracht die optreedt tijdens de landing (zie tabel 5). De sprong zonder tape is totaal drie maal uitgevoerd per proefpersoon, de gemiddelde reactiekracht van deze sprongen, van alle proefpersonen, bedraagt 1853.16 Newton. De sprong met tape, ook drie maal uitgevoerd per proefpersoon, heeft een gemiddelde reactiekracht, van alle proefpersonen, van 1832.77 Newton.

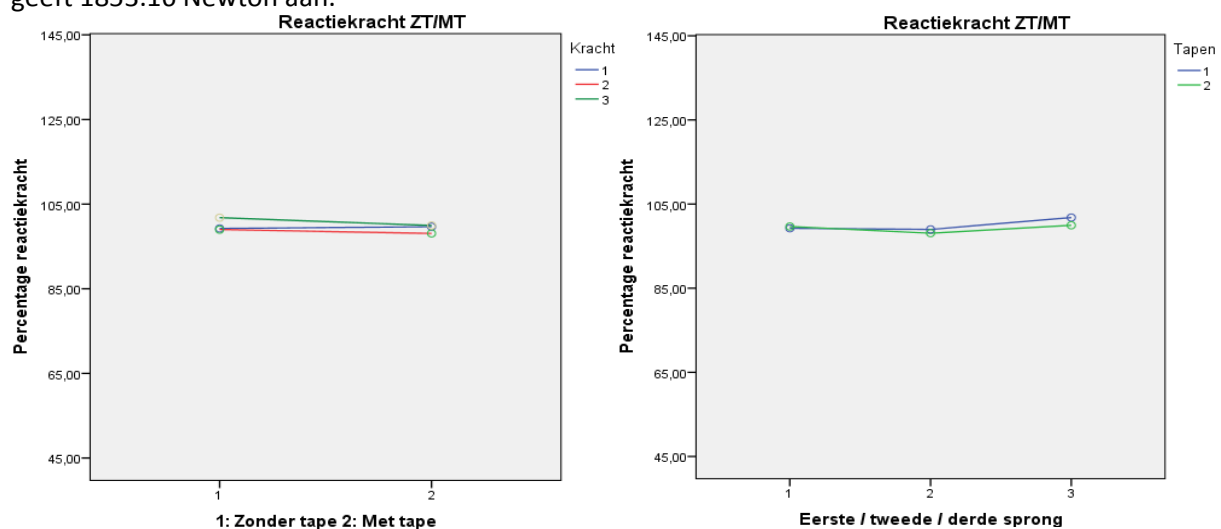
Het verschil tussen deze twee sessies, uitgedrukt in een relatief getal, bedraagt: $((\text{reactiekracht zonder tape} - \text{reactiekracht met tape}) / \text{reactiekracht zonder tape}) * 100\% = 1.1\%$. Er komt gemiddeld 1% minder kracht op de enkels tijdens de landing tijdens de countermovement jump met tape.

	Zonder tape	Met tape
Gemiddelde reactiekracht in absolute waarde	1853.16 N	1832.77 N
Gemiddelde reactiekracht in relatieve waarde	100%	98.9%

Tabel 5: De gemiddelde reactiekracht in absolute en relatieve waardes, zonder en met tape.

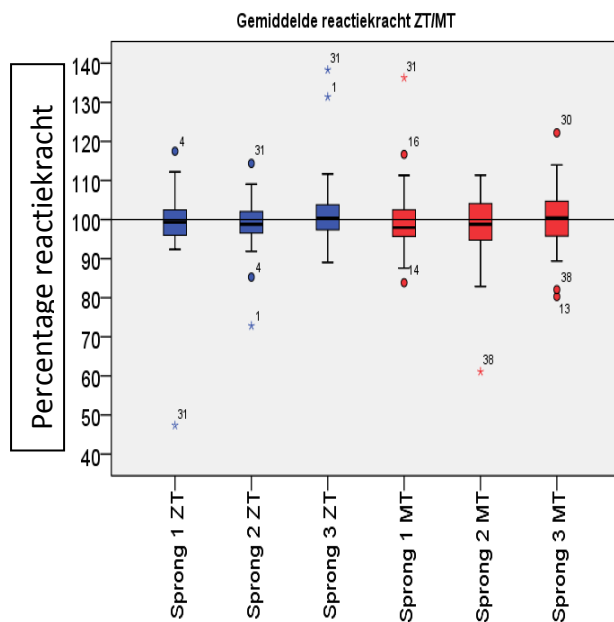
De waarden van de reactiekrachten zonder en met tape zijn met behulp van de GLM test in SPSS Statistics getoetst. Eerst wordt er gekeken naar de sfericiteit. Dit wil zeggen, of de gemiddelde verschillen gelijk zijn bij verschillende meetmomenten. In het geval van de reactiekracht en tapen is de sfericiteit ongeveer gelijk aan 1. Dit betekent dat de reactiekracht van sprong één, twee en drie ongeveer gelijk aan elkaar zijn (1=gelijk). Dit geldt dan voor zowel de sprongen zonder tape als met tape. De reactiekracht en het tapen hebben een significantie van 0.092 en 0.425. Beide significante waarden zijn groter dan 0.05%, wat betekent dat het effect niet significant is. Dat wil zeggen dat de waarden in dit geval voor meer dan 10% en 42% uit toeval zijn ontstaan.

Het minimale verschil in de gemiddelde reactiekracht is terug te zien in de onderstaande twee figuren. In figuur(58) is op de x-as de sprong zonder tape(1) en de sprong met tape(2) te zien, deze staan tijdens sprong één, twee en drie nagenoeg in een horizontale lijn. Dit geldt ook voor het tweede figuur van figuur (58). Hier staat op de x-as de eerste, tweede en derde sprong, het verschil in zonder en met tape is ook hier minimaal. Op de y-as staat het percentage reactiekracht. De 100% geeft 1853.16 Newton aan.

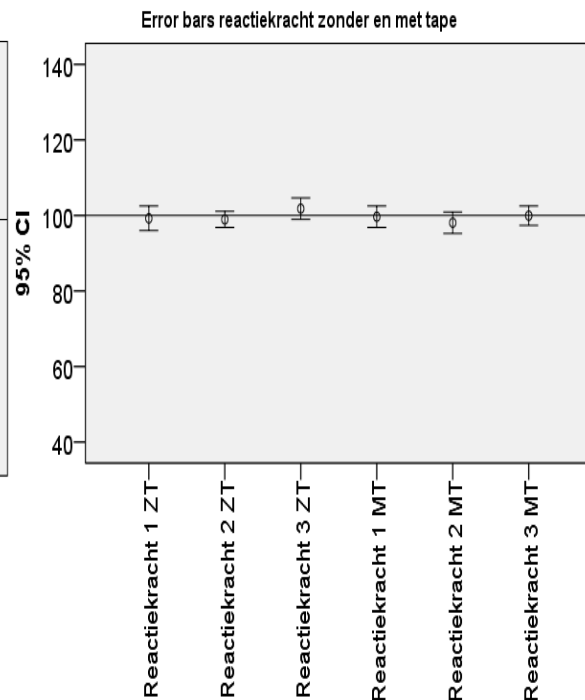


Figuur 58: Twee figuren waarin aangetoond wordt dat er bij de reactiekracht geen sprake is van trends. Uitleg zie bovenstaande tekst.

Voor beide figuren geldt dat er geen rekening met de spreiding gehouden is. De spreiding van de reactiekracht tijdens de sprongen wordt dan ook verduidelijkt in boxplots. Op de x-as staan de verschillende sprongen zonder en met tape. Op de y-as staat het percentage van de reactiekracht. In de boxplots van figuur(59) is er een horizontale lijn op 100% getrokken. Deze waarde bedraagt 1853.16 Newton. Alle zes de boxplots bevinden zich rond deze lijn. De blauwe boxplots geven de reactiekrachten weer van de drie sprongen zonder tape. De rode boxplots geven de reactiekrachten weer van de drie sprongen met tape. Bij zowel de blauwe boxplots als de rode boxplots zijn er enkele uitschieters te zien.



Figuur 59: In dit figuur is de boxplot te zien van de reactiekracht met en zonder tape. Deze is uitgezet tegenover het percentage reactiekracht op de y-as. De 100% lijn geeft aan waar de gemiddelde reactiekracht zonder tape zich bevindt.



Figuur 60: In dit figuur is de error bar van de reactiekracht met en zonder tape weergegeven. Op de y-as staat de 95% betrouwbaarheid. Aan de error bar is te zien waar het gemiddelde terecht komt als de meting opnieuw uitgevoerd zou worden.

Hierna is er gekeken naar de error bars in figuur(60). Hier is het zichtbaar dat de gemiddelde spreiding rond de lijn van 100% ligt. De error bar geeft weer dat wanneer er weer gesprongen wordt, het gemiddelde weer rond deze lijn komt te liggen. Op de x-as staan de reactiekrachten zonder en met tape. Op de y-as staat de 95% betrouwbaarheid.

De inversie beweging

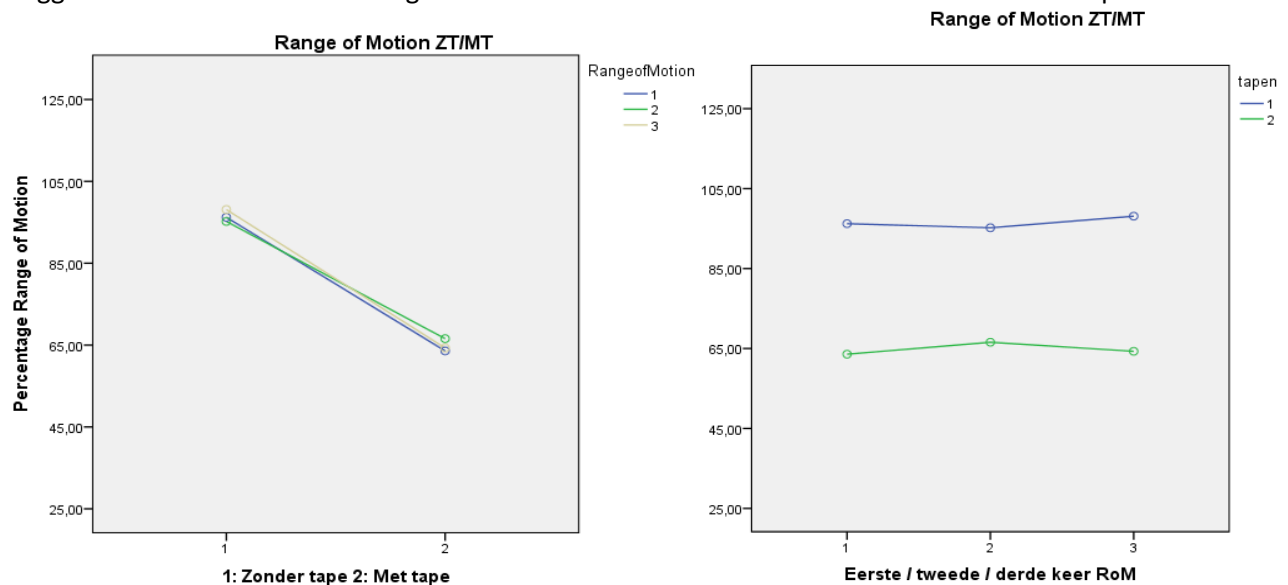
Voorafgaand aan de countermovement jump hebben de proefpersonen de inversie beweging uitgevoerd zonder en met tape dit drie maal met links en drie maal met het rechter been. Aan de hand van de beperking van het linker en rechter been is een gemiddelde inversie beperking bepaald. De inversie beweging is gemeten aan de hand van de horizontale verplaatsing van het zuignappijtje. Zonder tape was de gemiddelde horizontale verplaatsing 2.74 centimeter. Met tape bedraagt het gemiddelde 1.87 centimeter (zie tabel 6). Dit betekent een afname van: $((\text{RoM zonder tape} - \text{RoM met tape}) / \text{RoM zonder tape}) * 100\% = 31.8\%$.

	Zonder tape	Met tape
Gemiddelde horizontale verplaatsing in absolute waarde	2.74 cm	1.87 cm
Gemiddelde horizontale verplaatsing in relatieve waarde	100%	68.2%

Tabel 6: De gemiddelde horizontale verplaatsing van de zuignappijtjes in absolute en relatieve waarden, met en zonder tape.

De waardes van de inversie beweging zonder en met tape zijn met behulp van de GLM test in SPSS Statistics getoetst. Eerst wordt er gekeken naar de sfericiteit. Dit wil zeggen, of de gemiddelde verschillen gelijk zijn bij verschillende meetmomenten. In het geval van de range of motion van de inversie beweging is de sfericiteit niet gelijk aan 1, zelfs onder de 0.75. Dit betekent dat de gemiddelde waarden van elkaar verschillen bij de verschillende meetmomenten. Bij de range of motion geldt wel dat de sfericiteit gelijk is aan 1, hier zijn de range of motion waarde bij

verschillende meetmomenten gelijk. De range of motion en het tapen hebben een significantie van 0.720 en 0.00. De waarde van de range of motion is groter dan 0.05% wat betekent dat het effect niet significant is. De waarde van tapen is kleiner 0.05% wat duidt op een significant effect. Dat wil zeggen dat de waarde van de range of motion door toeval bestaat. En de waarde van het tape niet.

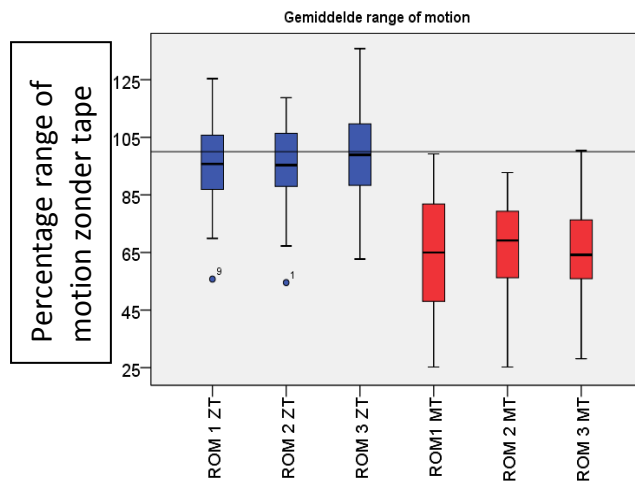


Figuur 61: Twee figuren waarin aangetoond wordt dat er bij de range of motion geen sprake is van trends. Uitleg zie onderstaande tekst.

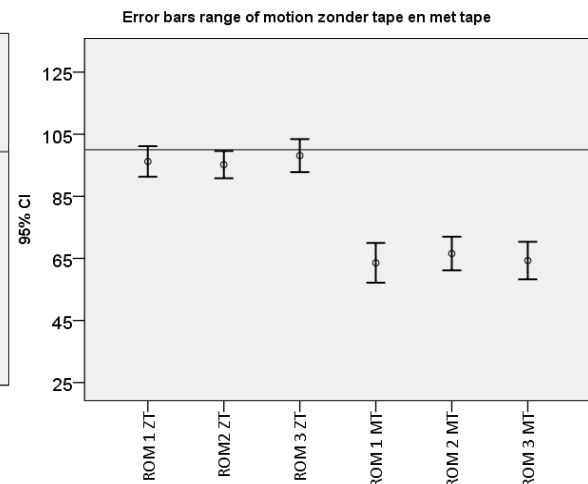
De gemiddelde horizontale rotatie zonder tape wordt als 100% beschouwd op de y-as van bovenstaande figuren. In figuur(61) is op de x-as de inversie beweging zonder tape en met tape te zien. Aan het lineair dalen van de lijnen is te zien dat de tapemethode de inversiebeweging beperkt. In het tweede figuur van figuur(61) staat op de x-as de eerste, tweede en derde keer uitvoeren van de inversie beweging. De range of motion van lijn 1 geeft de inversie beweging zonder tape weer. Lijn twee geeft de inversiebeweging met tape weer.

In beide figuren van figuur(61) hierboven wordt de spreiding van de proefpersonen niet weergegeven. Om deze weer te geven is er gebruik gemaakt van een boxplot. Figuur(62) laat de zes boxplotten zien van de range of motion van de inversie beweging. Op de x-as staat drie maal de range of motion zonder tape en drie maal de range of motion met tape. Op de y-as staat het percentage van de range of motion. De horizontale lijn van 100% bedraagt de gemiddelde inversie mogelijkheid zonder tape, deze bedraagt een waarde van 2.74 cm. De blauwe boxplotten geven de range of motion weer van de inversie beweging zonder tape. De rode boxplotten geven de range of motion weer van de inversie beweging met tape. De gemiddelde waarden van de rode boxplotten liggen verder onder de horizontale lijn dan de gemiddelde waarden van de blauwe boxplotten. Verder is er te zien dat er bij de inversie beweging met tape, sprake is van een grotere spreiding, dan bij de inversie beweging zonder tape.

Hierna is er gekeken naar de error bars in de tweede afbeelding van figuur(63). Op de x-as staan de range of motion zonder en met tape. En op de y-as staat de 95% betrouwbaarheid. Hier is het zichtbaar dat de gemiddelde spreiding, van de inversie beweging zonder tape rond de lijn van 100% ligt. De error bar geeft weer dat wanneer de proefpersonen weer de inversie beweging zouden uitvoeren. De gemiddelde range of motion zonder tape, ligt weer rond de lijn van 100%. En de range of motion met tape komt hier 30% onder te liggen.



Figuur 62: In dit figuur is de boxplot te zien van de range of motion met en zonder tape. Deze is uitgezet tegenover het percentage range of motion zonder tape op de y-as. De 100% lijn geeft aan waar de gemiddelde range of motion zonder tape zich bevindt.



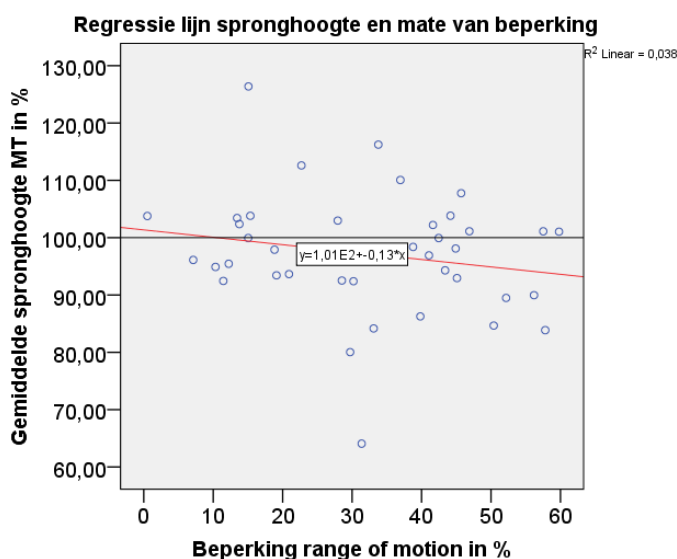
Figuur 63: In dit figuur is de error bar van de range of motion met en zonder tape weergegeven. Op de y-as staat de 95% betrouwbaarheid. Aan de error bar is te zien waar het gemiddelde terecht komt als de meting opnieuw uitgevoerd zou worden.

Regressie analyse

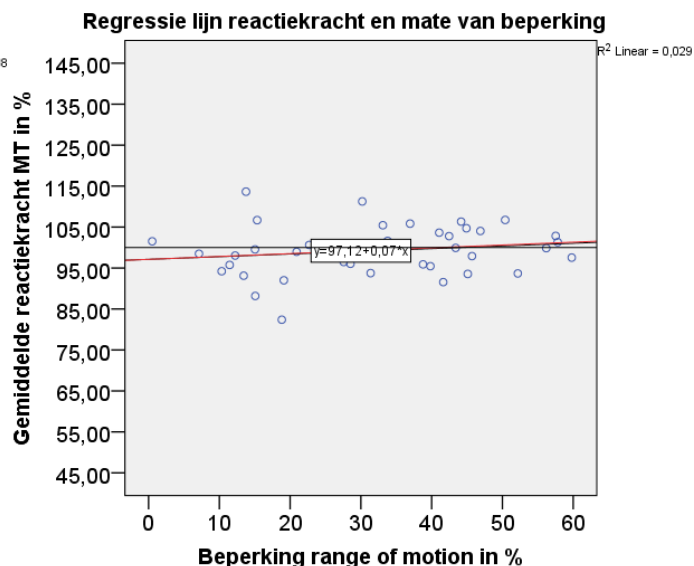
Na het bekijken van de verschillen en de trends bij de spronghoogte, reactiekracht en de range of motion van de inversie, is er ook nog gekeken of er een verband te vinden is. Het vinden en het bepalen van het verband is gebeurd aan de hand van een regressie lijn. Vanuit deze regressie lijn is de correlatiecoëfficiënt R^2 berekend. Indien deze waarde richting de +1 gaat lopen, zal er sprake zijn van een positief verband. Indien de correlatiecoëfficiënt richting de -1 loopt, is er sprake van een negatief verband tussen beide variabelen.

Allereerst is er gekeken of er een verband bestaat tussen de spronghoogte met tape en de mate van beperking. De spronghoogte, uitgedrukt in een relatief getal, is bepaald door de spronghoogte zonder tape als totaal te beschouwen. De spronghoogte zonder tape wordt dan ook in figuur(64) hieronder aangeduid met de lijn van 100%, de absolute waarde die hierbij hoort bedraagt 36.35 centimeter. Op de y-as staat de gemiddelde spronghoogte met tape in procenten. En de x-as bedraagt de mate van beperking in procenten. Te zien aan het begin van de rode lijn in figuur(64) is dat de proefpersoon procentueel een hogere spronghoogte behaalt, naar mate de proefpersoon minder wordt beperkt. Van links naar recht gezien daalt de rode lijn in figuur (64). Dit duidt op een lagere procentuele spronghoogte bij een hogere mate van beperking. De correlatiecoëfficiënt die hier bij hoort is 0.038. De lage waarde van de correlatiecoëfficiënt betekent dat er geen verband bestaat tussen de spronghoogte met tape, en de mate van beperking.

Vervolgens is er gekeken of er een verband bestaat tussen de reactiekracht met tape, en de mate van beperking. De reactiekracht, uitgedrukt in een relatief getal, is bepaald door de reactiekracht tijdens de sprong zonder tape als totaal te beschouwen. De reactiekracht zonder tape is dan ook in het figuur(65) hieronder aangeduid met de lijn die een waarde van 100% heeft. De absolute waarde die hierbij hoort bedraagt 1853.16 Newton. Op de y-as staat de gemiddelde reactiekracht met tape in procenten. En op de x-as staat de mate van beperking in procenten. Het begin van de rode lijn in figuur(65) bevindt zich onder de 100% lijn. De proefpersoon behaalt, hier procentueel gezien, een lager reactiekracht. De proefpersoon wordt hier dan ook minder beperkt. De rode lijn in figuur (65) stijgt lineair wat duidt op een hogere procentuele reactiekracht bij een hogere mate van beperking.



Figuur 64: Regressie lijn van de spronghoogte met tape in procenten en de mate van beperking in procenten.



Figuur 65: Regressie lijn van de reactiekracht met tape in procenten en de mate van beperking in procenten.

De correlatiecoëfficiënt die hier vervolgens bij hoort is 0.029. De lage waarde van het correlatiecoëfficiënt betekent dat er geen verband bestaat tussen de reactiekracht tijdens de sprong met tape en de mate van beperking.

Controle metingen

Tussen de metingen door zijn er een tien tal proefpersonen uitgehaald om een controle meting uit te voeren. De gegevens van de controle groep zijn hieronder in tabel(7) te vinden.

Variabelen	Gemiddelde	Spreiding
Aantal mannen	8	
Aantal vrouwen	2	
Gewicht	71,22 Kg	58 – 86 Kg
Lengte	178,33 Cm	165 – 189 Cm
Leeftijd	20.7 Jaar	19 – 24 Jaar

Tabel 7: In de tabel hierboven worden de algemene gegevens van de controle groep weergegeven.

Bij deze controle meting is er gekeken of de tape losser komt te zitten na het uitvoeren van drie countermovement jumps. De range of motion van de inversie beweging is gemeten aan de hand van de horizontale verplaatsing van een zuignappijtje op de tuberositas tibiae van de proefpersoon. De gemiddelde range of motion van deze proefpersonen zonder tape bedroeg 2.67 centimeter. Deze waarde is als totaal genomen. De 10 proefpersonen die als deze controle groep fungeren, hebben een range of motion met tape, voor het springen, van 1.96 centimeter. Na het uitvoeren van drie countermovement jumps, is de inversie beweging nog een keer gemeten, het gemiddelde van deze controle groep was 1.94 centimeter (zie tabel 8).

	Voor de sprong	Na de sprong
Gemiddelde horizontale verplaatsing in absolute waarde	1.96 cm	1.94 cm
Gemiddelde horizontale verplaatsing in relatieve waarde	100%	98.98%

Tabel 8: De gemiddelde horizontale verplaatsing van de zuignappijtjes in absolute en relatieve waardes, met tape voor en na de sprong.

Om deze getallen in relatieve waardes te zetten is de range of motion voor de sprong zonder tape als 100% genomen. RoM voor de sprong = (gemiddelde voor de sprong MT / gemiddelde na de sprong ZT)*100%=26.6%. En voor de RoM na de sprong =(gemiddelde na de sprong MT / gemiddelde

na de sprong ZT)*100%=27.4%. Deze resultaten worden in de tabel(9) hieronder nogmaals weergegeven.

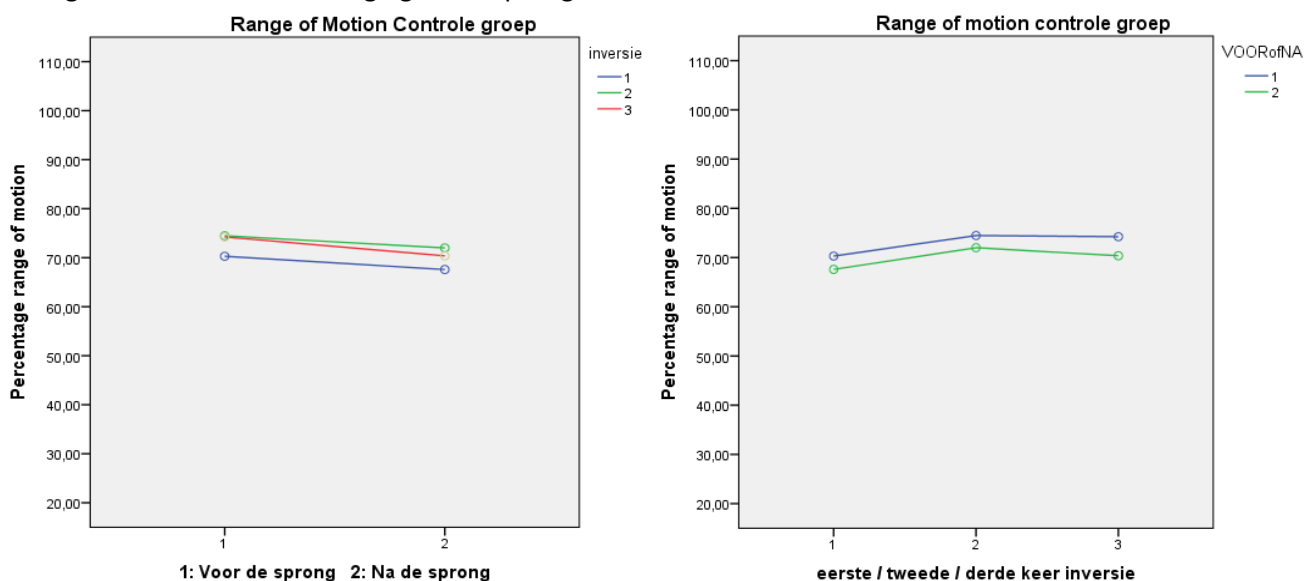
Range of Motion	Gemiddelde waarde
Range of Motion voor de sprong ZT	2.67
Range of Motion voor de sprong MT	1.96
Range of Motion na de sprong MT(controle)	1.94
Range of Motion voor de sprong beperking MT	26,6%
Range of Motion na de sprong MT(controle) relatief	27,4%

Tabel 9: Een overzicht van de waardes van de range of motion van de controle groep.

De waardes van de beide inversie bewegingen zijn met behulp van de GLM test in SPSS Statistics getoetst. Eerst is er gekeken naar de sfericiteit. Dit wil zeggen dat de gemiddelde verschillen gelijk zijn bij verschillende meetmomenten. Het voor of na de sprong uitvoeren van de verschillende inversie bewegingen bedraagt bij beide testen 1 dit houdt in dat het verschil in gemiddelden tussen de verschillende meetmomenten gelijk is. De waardes van de drie inversie bewegingen, zijn beide lager dan 0.750. Dit wil zeggen dat het verschil in gemiddelden van de inversie beweging verschilt tijdens de verschillende meetmomenten.

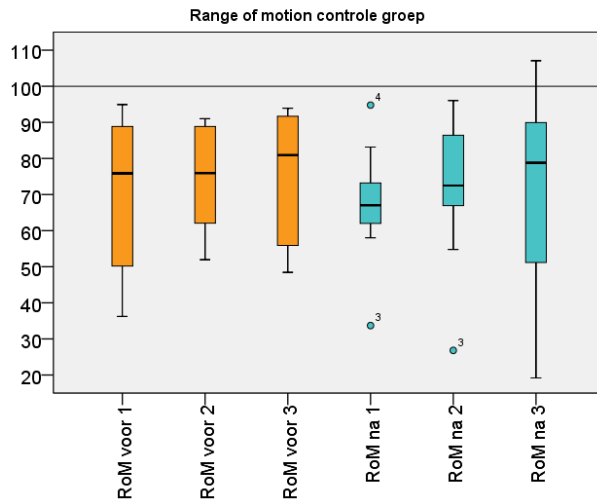
De range of motion voor en na de sprong is er een significantie van 0.087. De waarde van de range of motion is groter dan 0.05% wat betekent dat het effect niet significant is. Dat wil zeggen dat de waarde van de range of motion, voor én na de sprong door toeval bestaat. Voor de inversie beweging, voor of na de sprong, is er een significantie van 0.461. Dit betekent dat er geen significantie is en dat de verkregen waardes dus voor 46% door toeval zijn ontstaan.

Het kleine verschil in beperking van de range of motion voor de sprong en na de sprong worden nader bekeken in onderstaande figuren (66). Op de x-as van figuur(66) staat de inversie beweging voor en na de sprong. Op de y-as staat het percentage van de range of motion. De waarde 100% wordt gevormd door de range of motion van de inversie zonder tape, deze waarde is gelijk aan 2.67 centimeter. De inversie is drie maal uitgevoerd wat te zien is aan de drie lijnen. Aan de daling van de lijnen is te zien dat de inversie enkele procenten afneemt na de sprong. In het tweede figuur van figuur(66) staan op de x-as het drie maal uitvoeren van de inversie bewegingen. Ook hier staat op de y-as het percentage range of motion en ook hier geldt dat de waarde 2.67 centimeter gelijk is aan 100%. De blauwe bovenste lijn is de inversie beweging voor de sprong, deze ligt enkele procenten hoger dan de inversie beweging na de sprong.

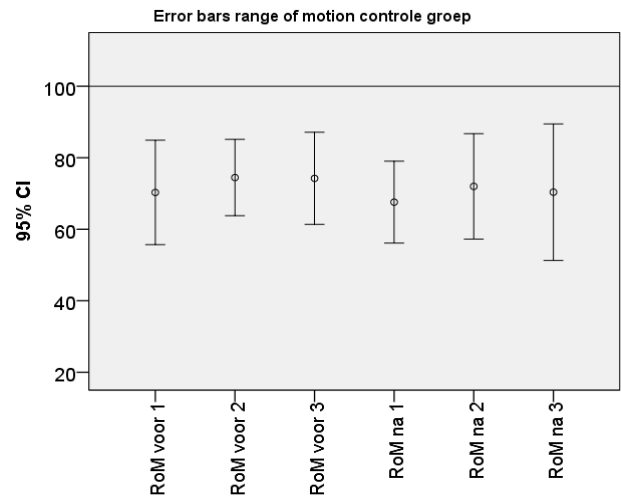


Figuur 66: Twee figuren waarin aangetoond wordt dat er bij de range of motion van de controle groep geen sprake is van trends. De range of motion is zowel voor als na de sprong uitgevoerd. Uitleg zie bovenstaande tekst.

Omdat er in deze twee grafieken geen spreiding weergegeven wordt, wordt de inversie beweging voor en na de sprong met tape nogmaals bekeken, maar dan vanuit met een boxplot. Op de x-as van de boxplot hieronder in figuur(67) staan de verschillende keren inversie. De eerste drie variabelen zijn de inversie bewegingen voor de sprong, de volgende drie variabelen zijn de inversie bewegingen na de sprong. De 100% lijn, die in de grafiek van figuur (67) te zien is, geeft het gemiddelde van de inversie beweging zonder tape weer van de 10 proefpersonen.



Figuur 67 : Gemiddelde range of motion van de controle groep met tape voor en na de sprong, uitgezet tegen de gemiddelde range of motion zonder tape in procenten. De lijn van 100% is de gemiddelde range of motion zonder tape.



Figuur 68: In dit figuur is de error bar van de range of motion van de controle groep te zien. Op de y-as staat de 95% betrouwbaarheid. Aan de error bar is te zien waar het gemiddelde terecht komt als de meting opnieuw uitgevoerd zou worden.

Hierna is er gekeken naar de error bars in de tweede afbeelding van figuur(68). Op de x-as staan de range of motion voor de sprong, en de range of motion na de sprong. Op de y-as staat de 95% betrouwbaarheid. Hier is zichtbaar dat de gemiddelde spreiding, van de inversie bewegingen zich onder de lijn van 100% begeeft. De error bar geeft weer dat wanneer de proefpersonen weer de inversie beweging zouden uitvoeren met tape. De gemiddelde range of motion met tape, weer ongeveer 30% onder de lijn van 100% komt te liggen.

Discussie

Het uiteindelijke doel van dit onderzoek is om aan te tonen in hoeverre het beperken van de inversie mogelijkheid, met de subtalar lateral sling, van het art. talocalcaneocuboideonavicularis een rol speelt, bij de maximale verticale spronghoogte en de belasting op de enkels bij landen, tijdens de countermovement jump.

Beantwoorden van de deelvragen

Om de bovengenoemde vraag te kunnen beantwoorden moet er eerst gekeken worden naar de deelvragen die al eerder in het verslag zijn opgesteld (zie inleiding).

Door middel van het beantwoorden van deze deelvragen kan vervolgens in de conclusie een concreet antwoord worden gegeven op de hoofdvraag van het gehele onderzoek.

Vragen die beantwoord worden op basis van de literatuur studie.

- ***Hoe wordt de spronghoogte gemeten tijdens de countermovement jump?***

Voor het meten van de maximale spronghoogte, oftewel de verticale verplaatsing van het lichaamszwaartepunt, is gebruik gemaakt van de forceplate. Met behulp van het matlab script, dat al eerder in het verslag is omschreven, is de ruwe data die afkomstig is van de forceplate omgezet naar een verticale versnelling (a). De output waarde van de forceplate kan gedefinieerd worden als kracht 'F' in Newton. Met behulp van de formule $F=m*a$, kon de waarde van 'F' omgezet worden naar de versnelling (a). Door de versnelling (a) vervolgens twee maal te integreren wordt de verticale verplaatsing van het lichaamszwaartepunt verkregen.

- ***Hoe wordt de belasting op de enkels bij de landing gemeten na de countermovement jump?***

Voor het meten van de belasting op de enkels wordt er gekeken naar de reactiekracht die ontstaat tijdens het landen op de forceplate. Met behulp van het matlab script, dat al eerder in het verslag is omschreven, is de piek die ontstaat tijdens het neerkomen van de sprong op de forceplate afgevlakt. Het afvlakken van de piek in de ruwe data is gedaan met behulp van de functie 'rootmeansquare'. 1/3 deel van deze afgevlakte piek is bepaald. De kracht die hieruit ontstaat wordt door ons gezien als de reactiekracht die optreedt op de enkels tijdens de landing.

- ***Hoe wordt de range of motion van inversie beweging in de enkel gemeten?***

In het onderzoek is er voor gekozen om de inversie beweging zelf niet te meten. Daarentegen is voor het bepalen van de inversie mogelijkheid een beweging gekozen die gekoppeld is aan de inversie beweging. De beweging die daadwerkelijk gemeten is, is de exorotatie beweging van het onderbeen. Door middel van een zuignappijtje dat bevestigd is op het tuberositas tibiae, kon de horizontale verplaatsing van dit pijltje gemeten worden. Deze horizontale verplaatsing wordt in dit onderzoek door ons gezien als de mate van inversie. Voor dit onderzoek was enkel een maat nodig die aangeeft of er een beperking optreedt van de inversie beweging bij het tapen van de enkel. Alle metingen zijn op de zelfde manier verlopen. Een eventuele meetfout zou dan bij iedere proefpersoon hetzelfde moeten zijn. Hierdoor kan de methode als valide worden beschouwd.

- ***Hoe wordt de subtalar lateral sling tape methode toegepast?***

De subtalar lateral sling werd in dit onderzoek twee maal over de enkel aangebracht. Zoals eerder omschreven in het verslag, werd de tape vanaf de bovenzijde van de voet in mediale richting om de voet heen gewikkeld. Aangekomen bij de laterale voetrand, wordt de tape vervolgens strak aangetrokken en over de laterale maleolus heen gelegd. Hierna werd de tape met een draaiende beweging op het onderbeen aangebracht. Er is gekozen om dit tweemaal over elkaar heen aan te brengen met een overlap van 2/3 deel van de tape breedte. Ook is er op de voet ter hoogte van het

tuberositas ossis metatarsale V en aan het einde van de tape van de lateral sling op het onderbeen twee ankers geplaatst. Hier is voor gekozen om te voorkomen dat de tape los zou raken. Gedurende het aanbrengen van de tape werd aan de proefpersoon gevraagd om de voet in dorsaalflexie te houden. Dit zou knellingen verhinderen.

- ***Wat is de invloed van de inversie beweging op het katapult effect?***

In onderzoek naar de invloed van de inversie beweging op het katapult effect is aan de hand van simpele modellen gekeken wat het effect is van het in elkaar draaien van peesvezels. De peesvezels werden in de modellen weergegeven als touwtjes. Uit het onderzoek bleek dat er voor een zelfde uitrekking even veel kracht geleverd moet worden ongeacht of dat de vezels in elkaar gedraaid zijn of parallel aan elkaar lopen. Wel bleek dat wanneer de vezels in elkaar gedraaid werden, de totale lengte van de vezels verkorte.

Stel dat er in een bepaalde situatie een hoeveelheid dorsaalflexie moet worden geleverd en dat er twee proefpersonen zijn met een zelfde peeslengte maar waarbij bij één van de proefpersonen de peesvezels parallel aan elkaar lopen en bij de andere proefpersoon de vezels om elkaar heen gedraaid lopen. De dorsaalflexie is bij beide proefpersonen hetzelfde. Dit houdt in dat de totale lengte van de peesvezels van allebei de proefpersonen gelijk aan elkaar is. Maar uit literatuur onderzoek⁽⁸⁾ bleek dat de in elkaar gedraaide vezels meer in elkaar draaien wanneer ze op spanning worden gebracht. Het op spanning brengen van de peesvezels gebeurt bij een plantairflexie, die gepaard gaat met een inversie beweging, waarbij de spiervezels verkorten en peesvezels verlengen. Uit het model van dit onderzoek blijkt dan, wanneer de peesvezels in elkaar gedraaid worden, de totale peeslengte korter wordt.

Dit zou dus betekenen dat wanneer je een zelfde peeslengte wilt bereiken er meer getrokken moet worden aan de getordeerde pees. De getordeerde pees moet dus voor het behalen van een zelfde peeslengte verder worden uitgerekt. Het extra uitrekken van de pees kost dan meer kracht. Hoe meer kracht er geleverd wordt, hoe meer er opgeslagen kan worden.

Wij vermoeden dat dit echter niets te maken heeft met een toename van stijfheid van de peesvezels. Wanneer namelijk naar de formule voor de stijfheid wordt gekeken, die als volgt luidt: $k(\text{stijfheidsconstante}) = F(\text{kracht}) / u(\text{verlenging})$, moet de stijfheidsconstante gelijk blijven als de kracht en de verlenging beide verhoudingsgewijs toenemen.

De constatering van hierboven kunnen we helaas niet geheel als juist opvatten. In het verrichte onderzoek worden de peesvezels opgevat als bundels touwtjes. Een eigenschap van touw is dat deze in- en uitelkaar geduwd en getrokken kunnen worden omdat er lucht tussen zit. Dit is bij pezen volstrekt onmogelijk. Pezen bestaan voornamelijk uit grote moleculen waardoor de pezen keihard zijn. Door het viscoelastische gedrag van pezen verschillen de materialen zodanig dat het moeilijk kan worden nagebootst aan de hand van dit model.

Vragen die beantwoord worden op basis van de onderzoeksresultaten

- ***Behoudt de tapemethode zijn effect gedurende de hele meting?***

Gedurende de reguliere metingen zijn er steekproefsgewijs proefpersonen geselecteerd om een extra inversie meting te verrichten. Deze inversie meting werd uitgevoerd nadat de proefpersoon drie maal had gesprongen met tape. De metingen werd verricht bij een tiental proefpersonen. Het meten van de inversie mogelijkheid gebeurde op de zelfde manier als die eerder in het verslag omschreven is voor het bepalen van de inversie mogelijkheid.

Uit deze controle metingen blijkt dat tape de inversie mogelijkheid na drie keer springen 1% minder beperkt. Wij gaan er vanuit dat wat voor deze tien proefpersonen geldt ook voor de andere 30 of meer geldt. Aan de hand van deze resultaten veronderstellen wij dat geringe afname van beperking geen invloed kan hebben op een eventuele toename van spronghoogte.

Dit wil echter nog niet zeggen dat de tape zijn functie over een langere tijdsperiode blijft behouden.

- ***Is er een verschil tussen de spronghoogte tijdens de countermovement jump met en zonder tape?***

In dit onderzoek is er aan de hand van de outputdata van de forceplate de spronghoogte bepaald. De spronghoogte is gemeten bij een countermovement jump zonder en met tape. Wanneer deze data is vergeleken omtrent de spronghoogte zonder en met tape blijkt dat er een relatief klein verschil gemeten is. Het verschil in spronghoogte, dat met tape wordt gesprongen ten opzichte van zonder tape, bedraagt een afname van 2.92%. Stel dat bij een spronghoogte van 36.35 centimeter (het gemiddelde van de 40 proefpersonen zonder tape), er met tape 35.29 centimeter wordt gesprongen. Dit betekent dat er een afname van ongeveer één centimeter optreedt. In dit onderzoek is echter ook geen significant verschil gevonden, hierdoor kunnen we niet uitsluiten dat de beperking die optreedt bij het springen met tape van 2.92% wel degelijk op feiten berust. Er is namelijk een kans van 12% dat de gevonden resultaten op toeval berusten. Zouden de waarden op feiten berusten, en was er een significant verschil gevonden, dan zouden we in praktijk alsnog verwachten dat de gemeten één centimeter verschil niet of nauwelijks waargenomen wordt.

Bij het aanbrengen van de tape methode zijn we niet in staat geweest om de gehele inversie mogelijkheid te beperken. Hierdoor verwachten wij dat de proefpersonen over genoeg inversie beschikken om hier nog gebruik van te kunnen maken tijdens de sprong. Wanneer we kijken naar afwikkeling van de voet, op de video beelden van de sprong met tape, die gemaakt zijn tijdens de meting. Zien we op het laatste beeldje, voordat de proefpersoon los komt van de grond, dat alle tenen nog in contact zijn met de forceplate. Dit zou kunnen betekenen dat er een afwikkeling van de voet, over de tenen plaats heeft gevonden. Deze afwikkeling van de voet zou alleen plaats kunnen vinden als de proefpersonen over een inversie beweging beschikt. Helaas is met behulp van dit onderzoek niet te achterhalen hoeveel inversie een persoon nodig heeft om over de tenen te kunnen springen. Aan de hand hiervan verwachten wij dat de proefpersonen op de zelfde manier hebben gesprongen als dat ze zonder tape hebben gesprongen. Wanneer er aan de proefpersoon gevraagd wordt om maximaal te springen met tape, zou er een zelfde maximale waarde optreden. Dit is terug te zien in de resultaten van het onderzoek.

Wanneer we kijken naar de sfericiteit, blijkt dat het verschil in gemiddelden van de drie sprongen per sessie gelijk is. Dat wil zeggen dat iedere proefpersoon per sessie constant gesprongen heeft. Uit deze waardes zien we dan ook geen trend ontstaan. Dit komt weer overeen met de waardes die wij bij de range of motion gevonden hebben. Deze waardes toonde aan dat de proefpersonen niet meer of minder beperkt worden naar mate er gesprongen wordt.

- ***Is er een verschil in maximale reactiekracht op de enkels bij de landing, tijdens de countermovement jump met en zonder tape?***

In dit onderzoek is er aan de hand van de forceplate de reactiekracht tijdens het landen gemeten. De reactiekracht is gemeten bij een countermovement jump zonder en met tape. Wanneer de data is vergeleken met beide sprongen, blijkt dat er nauwelijks een verschil is. Het verschil in reactiekracht tussen de sprong zonder en met tape bedraagt een afname van 1%. Op de gemiddelde gemeten reactiekracht zonder tape zou dit nog geen 20 Newton verschil opleveren met wanneer er met tape gesprongen wordt. In dit onderzoek is geen significant verschil gevonden. Hierdoor is het niet uit te sluiten dat het verschil van 1% wel degelijk op feiten berust. Er bestaat een kans van 9% dat de gevonden waarden op toeval berusten. Echter, als de waardes wel significant verschillen, zou het verschil van 1% in kracht alsnog te verwaarlozen zijn. Het gemeten verschil in kracht heeft verder geen toegevoegde waarde op toename of afname van de kracht op het bewegingsapparaat.

Tijdens de countermovement jump zijn de proefpersonen vrij geweest in het landen. Er is geen beperking opgelegd in het wel of niet moeten in veren bij de landing. Hier is voor gekozen omdat er in een realistische situatie, de proefpersoon hier ook deze landingsmethode zou kiezen. In ons

onderzoek zorgt tape, zoals hier boven is beschreven bij de spronghoogte, er niet voor dat de gehele inversie beweging beperkt wordt. Hierdoor zou de proefpersoon nog in staat zijn geweest om zijn gebruikelijke landingsmethode opnieuw te kunnen gebruiken in vergelijking met zonder tape. Wanneer de proefpersoon geheel in zijn inversie mogelijkheid zou beperkt worden. Zou verondersteld kunnen worden dat de proefpersoon zijn landingsmethode aan moeten passen. Dit zou er voor kunnen zorgen dat er een toename is in reactiekracht op de enkels. Maar in dit onderzoek zijn we er van uit gegaan dat de een tape methode die we gebruikt hebben, gebruikt wordt voor sporters met een enkelblessure. De inversie mogelijkheid wordt zodanig beperkt dat de persoon niet opnieuw door de enkel kan gaan. Wanneer de gehele inversiemogelijkheid beperkt wordt is dit niet meer realistisch na de werkelijke situatie, dit geldt ook voor de spronghoogte.

Als we vervolgens kijken naar de sfericiteit blijkt dat het verschil in gemiddelde reactiekracht, tijdens de sprongen per sessie, gelijk zijn. Dit wil zeggen dat de proefpersonen per sessie een constante reactiekracht hebben. Uit deze waardes zien we dan ook geen trend ontstaan. Dit komt weer overeen met de waardes die wij bij de range of motion gevonden hebben. Deze waardes toonden aan dat de proefpersonen niet meer of minder beperkt worden naar mate er gesprongen wordt.

- ***Bestaat er een verband tussen de spronghoogte en de mate van beperking***

Wanneer we kijken naar het verband tussen de spronghoogte en de mate van beperking aan de hand van een regressie lijn, zien we wat er in de hypothese verwacht werd terug komen. Er werd verwacht, naar mate de proefpersoon meer beperkt word, dat de proefpersoon lager gaat springen. Aan de regressie lijn is dit verband, van daling van spronghoogte en toename van de beperking waar te nemen. Echter correleert de gemeten spronghoogte en de mate van beperking niet met elkaar, dit komt terug in de correlatiecoëfficiënt. De correlatiecoëfficiënt heeft een waarde van 0.038, dit wil zeggen dat het verband wat verwacht werd in dit onderzoek niet optreed. Dit is te verklaren aan de hand van de antwoorden die gegeven zijn in de voorgaande deelvraag over de spronghoogte. Er was geen verschil gemeten tussen de spronghoogte zonder en met tape tijdens de countermovement jump. De spronghoogte met tape blijft dus zo goed als gelijk aan de spronghoogte zonder tape. Dit is te zien aan de regressie lijn van figuur(84) die nagenoeg gelijk loopt over de 100% lijn.

- ***Bestaat er een verband tussen de reactiekracht op de enkels en de mate van beperking***

Wanneer we kijken naar het verband tussen de reactiekracht op de enkels en de mate van beperking aan de hand van een regressie lijn zien we wat er in de hypothese verwacht werd niet terug komt. Er werd verwacht, naar mate de proefpersoon meer beperkt word, dat er een hogere reactiekracht op zou treden op de enkels. Echter aan de regressie lijn te zien lijkt dit verband omgekeerd te zijn. Aan de regressie lijn is te zien dat bij een toename van de mate van beperking, er een daling optreed van de reactiekracht. De correlatiecoëfficiënt bedraagt 0.029. Dit wil zeggen dat de gemeten reactiekracht en de mate van beperking niet met elkaar correleren. Er is tussen deze twee variabelen geen verband waar te nemen. Dit is te verklaren aan de hand van de antwoorden die gegeven zijn in de voorgaande deelvraag over de reactiekracht. Er was geen verschil gemeten tussen de reactiekracht zonder en de reactiekracht met tape tijdens het landen van de countermovement jump. De reactiekracht met tape blijft dus zo goed als gelijk aan de reactiekracht zonder tape. Dit is te zien aan de regressie lijn van figuur(85) die nagenoeg gelijk loopt over de 100% lijn.

Conclusie

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat het beperken van de inversie mogelijkheid, met de subtalar lateral sling, van het art. talocalcaneocuboideonavicularis geen gevolgen heeft op de maximale verticale spronghoogte en de belasting op de enkels bij landen tijdens de countermovement jump.

Echter moet hierbij wel opgemerkt worden dat er in dit onderzoek sprake is geweest van een inversie beperking en er dus geen volledige uitschakeling van de inversie beweging heeft plaatsgevonden.

Er is dus nog wel een geringe inversie beweging mogelijk geweest gedurende het dragen van de tape.

Vanuit dit oogpunt zou gesuggereerd kunnen worden dat een sporter die, bij een opgelopen blessure van de enkel, gebruik zou maken van deze tapemethode niet zal worden beperkt in zijn sportprestaties. Dit is echter niet met zekerheid te zeggen omdat dit onderzoek zich alleen maar op de verticale sprong heeft gericht.

Aanbevelingen

Aangezien er in de bovenstaande scriptie alleen gebruik is gemaakt van de subtalar lateral sling tapemethode om de inversie beweging te beperken, is het in een vervolg studie interessant om te zien wat andere tapemethodes en/of enkelbraces voor invloed hebben op de spronghoogte en de reactiekracht bij het landen van de countermovement jump. Zodat er aangetoond kan worden dat deze foutieve methodes wel degelijk de plantair – en dorsaalflexie belemmeren, en wat dit voor invloed heeft op de prestatie.

Tevens zou er gekeken kunnen worden met Electromyografie (EMG) wat de spieractiviteit is over de spieren die gebruikt worden tijdens de countermovement jump met en zonder inversie beperking. Misschien komt hier een interessante uitkomst uit welke laat zien dat de proefpersonen op een andere manier gaan springen nadat de inversiebeweging beperkt is.

Literatuurlijst

- ¹ Bot S.D.M. & Mechelen W. The Effect of Ankle Bracing on Athletic Performance. *Sports Med.* 1999; 27(3): 171-178
- ² Verhagen E.A.L.M & Beek A.J. & Mechelen W. The Effect of Tape, Braces and Shoes on Ankle Range of Motion. *Sports Med.* 2001; 31(9): 667-677
- ³ Enkelstabiliteit. Ortho-care.eu – Enkel instabiliteit
- ⁴ Hopper D M, McNair P, Elliott B C. Landing in netball: effects of taping and bracing the ankle. *Br J Sports Med.* 1999; 33: 409–413
- ⁵ Putz R en Pabst R. Sabotta atlas van de menselijke anatomie deel 2. 2006. Bohn Stafleu van Loghum.
- ⁶ C. Riezebos, A. Lagerberg. Inversietrauma van de enkel: ontstaansmechanismen, risicofactoren en preventie. *Versus tijdschrift voor fysiotherapie.* 1998(16) nummer 1: blz 16 - 47
- ⁷ A. Lagerberg. Energie-opslag in pezen. *Versus tijdschrift voor fysiotherapie.* 2008(26) nummer2: blz 74-92
- ⁸ A. Lagerberg, C. Riezebos. Afzetten: achillespees en van de m. tibialis anterior. *Versus tijdschrift voor fysiotherapie.* 1996(14) nummer 1: blz 18-40
- ⁹ H. Faber. De countermovement. *Versus tijdschrift voor fysiotherapie.* 1997(15) nummer 4: blz 163 – 174
- ¹⁰ Michael Benjamin et al. The Anatomy of the Achilles Tendon.
- ¹¹ De Graaf, J.B., Bobbert M.F, Tetteroo W.E. en van Ingen Schenau G.J. Mechanical output about the ankle in countermovement jumps and jumps with extended knee. *The human movement science* 1987(6): 333-347
- ¹² Asmussen R en Bonde-Peterson F. Storage of Elastic Energy in Skeletal Muscles in Man. *Acta. Physiol. Scan.* 1974 (91), 3; 385-392
- ¹³ van der Meer P. Schijnbewegingen in de enkel. *Versus tijdschrift voor fysiotherapie.* 2007(25) nummer 2: blz 63-74
- ¹⁴ Wilkerson G B et al. Effects of the subtalar sling ankle taping technique on combined talocruralsubtalar joint motions. *Foot & ankle international.* 2005; 26(3) blz 239 – 246
- ¹⁵ Alexander RM. The human machine. 1992. Natural History Museum Publications.
- ¹⁶ Wilkerson G B. Biomechanica land neuromuscular effects of ankle taping and bracing. *Journal of athletic training.* 2002; 37(4) blz 436-445
- ¹⁷ Wilkerson G B. Inversion ankle sprains: seeking optional suppor. *Lower extremity review magazine.* 2011; www.lermagazine.com
- ¹⁸ Vocht Alphons de. Basishandboek SPSS 18. 2010. Bijleveld press

- ¹⁹ Van Gils C C & Steed R H. Torsion of the human achilles tendon. *Journal of foot and ankle surgery*. 1996(35)1: 41 – 48
- ²⁰ Szaro P. et al. Fascicles of the adult human Achilles tendon – An anatomical study. *Annals of anatom*. 2009(191): 586-593
- ²¹ Doral M N. et al. Functional anatomy of the achilles tendon. *Knee surg sports traumatol arthrosc*. 2010(18): 638-643
- ²² Inman V T. The joints of the ankle. 1976. Baltimore, The Williams & Wilkins Company.
- ²³ Edama et al. The twisted structure of the human Achilles tendon. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*: 1-7
- ²⁴ Calleja M. et al. The achilles tendon. *Seminars in musculoskeletal radiology*. 2010(14): 307 -322
- ²⁵ Nyska M & Mann G. The unstable ankle. 2002. Human Kinetics Publishers, Inc.
- ²⁶ Huson A, van Langelaan E & Spoor C. The coupling between leg and foot: tibio-talar delay and tibio-tarsal delay. in: op de voet gevolgd. red. 1987. Boerhave commissie voor post academisch onderwijs in de geneeskunde.
- ²⁷ Langelaan E J. A kinematical analysis of the tarsal joints. 1983. Rijks universiteit Leiden
- ²⁸ Bahr R et al. Ligament force and joint motion in the intact ankle: a cadaveric study. *Knee surg, sports traumatol, arthrosc*. 1998(6): 115-121
- ²⁹ Huson A. Functional anatomy of the foot.

Bijlage

Bijlage 1: Het anamneseformulier

Anamneseformulier

Proefpersoon:

Op dit moment zijn wij, Rowan Vleeskens en Freek Verhaar, bezig met afstuderen. Wij zijn aan het onderzoeken: in hoeverre het beperken van de inversie mogelijkheid, met de subtalar lateral sling, van het art. talocalcaneocuboideonavicularis een rol speelt, bij de maximale verticale spronghoogte en de piekbelasting op de enkels bij landen, tijdens de countermovement jump? Voor het beantwoorden van deze probleemstelling vragen wij de proefpersonen twee sprongsessies uit te voeren op een forceplate. Tijdens één sessie dient er drie maal gesprongen te worden. Tijdens een andere sessie dient er ook drie maal gesprongen te worden, maar tijdens deze sprong zijn beide enkels ingetaped volgens de 'subtalar lateral sling' tape methode.

Naast het springen op de forceplate, dient de proefpersoon beschikbaar te zijn voor een range of motion test. Tijdens deze test wordt de inversie mogelijkheid bepaald van het art. talocalcaneocuboideonavicularis, in één situatie met tape en één situatie zonder tape rond de enkel.

Vul onderstaand formulier zo zorgvuldig mogelijk in, het anamneseformulier is de basis voor het correct uitvoeren van ons afstudeerproject. De vragen zijn anoniem, en zijn bedoeld om een juist beeld te verkrijgen van uw gezondheid, verder zal het gebruikt worden voor statistische analyse in SPSS.

Geslacht (M/V):

Gewicht (kg):

Lengte(m):

Leeftijd:

	Ja / Nee:	Wat / Waar:
Heeft u fysieke klachten rond om uw enkels, knieën of heup (gehad)?		
Heeft u daar op dit moment nog last van?		
Bent u bereid vrijwillig proefpersoon te zijn bij ons afstudeerproject?		NVT
Heeft u hoge bloeddruk (bovendruk > 140, onderdruk > 90) en/of gebruikt u medicijnen tegen hoge bloeddruk?		NVT
Voelt u zich op dit moment gezond?		
Overige opmerkingen:		

Datum:--.....-- 2015.

Handtekening:

Bijlage 2: Het resultaten formulier

Proefpersoon nummer:

Metingen	Spronghoogte in cm	Max kracht op de enkels in N	ROM van de inversie beweging in cm (linker been)	ROM van de inversie beweging in cm (rechter been)
Zonder tape				
1				
2				
3				
Gem				
Met tape				
1				
2				
3				
Gem				

Bijlage 3: DVD

De bijgeleverde DVD bevat de volgende bijlagen:

- Matlab script
- Foto's meting range of motion in kinovea
- Ingevulde scoreformulieren

Bijlage 4:Projectvoorstel

Document projectplan voor een herziend onderzoeksproject

Uiterste inleverdatum: dinsdag 16 december voor 13:00 uur

Naam: Freek Verhaar & Rowan Vleeskens

Studentnummer: 10053700 & 10082301

E-mail: freekverhaar@gmail.com & rowan340@hotmail.com

Behaalde studiepunten in de modules 9 t/m 12: beide biodynamica III nog.

1. Onderwerp

Het effect van een enkelbrace, sporttape of zonder brace tijdens verticaal springen op één been.

Werkveld: onderzoek

Beroepsrol: onderzoeker

Intern project

2. Inleiding

Aanleiding

Vanuit verschillende invalshoeken blijkt dat sporten goed is voor de gezondheid.¹ Vandaar dat de populariteit rondom de sport wereld ook steeds groter wordt. Echter, een groot nadeel dat sporten teweeg brengt is het risico op blessures. Blessures komen veel voor bij contactsporten, indoor-sporten en sport activiteiten waar frequent gesprongen wordt. Hierbij is ongeveer 18% tot 40% van de blessures gelokaliseerd rond de enkel^{1,6}. Waarbij 85% van de blessures die rond de enkel ontstaan gelokaliseerd zijn op het laterale ligament^{1,2}. Een blessure aan dit ligament ontstaat door een gedwongen plantairflexie en inversie in de voet. (zie figure 1)

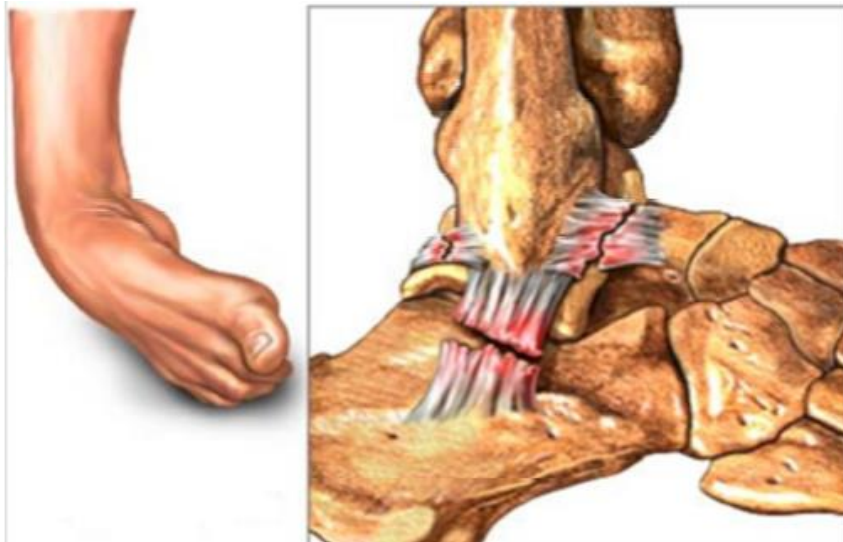


Figure 2 : Enkel ligament blessure³

Een atleet met een al eerder opgelopen blessure aan zijn enkel heeft een grotere kans om dezelfde blessure opnieuw te krijgen^{1,4}. Om dit te voorkomen zijn er een aantal oplossingen bedacht^{1,6} die de enkel vanuit extern extra kunnen ondersteunen. Het doel van een externe enkel versteviger is het ondersteunen van de instabiele enkel door het beperken van mate van inversie en eversie van de enkel.

Hiervoor wordt er veel gebruik gemaakt van sporttape om de eversie en inversie uitslagen te beperken. Echter, een nadeel van sporttape is dat het tijdens een het sporten loslaat, waardoor het effect van de tape afneemt. Ook kan sporttape maar één keer gebruikt worden, waardoor het op den duur een dure aangelegenheid wordt. Een ander nadeel van sporttape is dat het moeilijk aan te brengen is en huid irritaties kan veroorzaken. Een alternatief is een enkelbrace¹ die de mate van inversie en eversie ook kan beperken.

Verscheidende onderzoeken suggereren dat wanneer een sporter gebruik maakt van sporttape of een enkel brace, deze ook beperkt wordt in de bewegingsuitslag plantair- en dorsaalflexie.^{1,2,4}

Voor een sporter, die gebruik maakt van sporttape of een enkelbrace, kan dit beperkend werken voor het leveren van een goede afzet of landing tijdens zijn sportprestatie. Door een beperking in de bewegingsmogelijkheid in plantair- en dorsaalflexie, kan de sporter een afname ondervinden in zijn sprong hoogte. Ook kan de schokdemping na de sprong afnemen. Beide verschijnselen zouden gerelateerd kunnen worden aan de beperking van de range of motion.

In dit onderzoek wordt er gekeken naar het effect van een enkelbrace, sporttape of zonder brace op de verticale sprong op één been. Doordat er enkelblessures opgelopen worden bij veel

contactsporten, indoor sporten en sportactiviteiten waar frequent wordt gesprongen zal dit onderzoek zich richten op de verticale sprong op één been.

Er wordt verwacht dat er aan de hand van dit onderzoek een beter beeld verkregen zal worden over de effecten die een enkelbrace, sporttape of het dragen van geen brace hebben op de range of motion. En deze te zijn bepalen tijdens een verticale eenbenige sprong, waarvan de spronghoogte en belasting van de enkels (schokabsorptie) tijdens neerkomen (uitgedrukt in de range of motion van de enkel in het sagittale vlak en kracht op het enkelgewricht) de belangrijkste parameters zijn. Hierbij wordt verwacht dat zowel bij gebruik van sporttape als een enkelbrace de mogelijkheid tot plantair- en dorsaalflexie beperkt word. Dit zal waarschijnlijk een effect hebben op een verminderde range of motion van de enkel bij de afzet en de landing gekoppeld aan een grotere kracht op de enkels, vergeleken tijdens de sprong zonder hulpmiddel. En zal er na verwachting een minder grote spronghoogte behaald worden.

Probleemstelling

De probleemstelling van dit onderzoek is: “heeft een enkelbrace of sporttape, die gebruikt wordt ter ondersteuning van de enkel in inversie en eversie richting, effect op de verticale sprong op één been?”

Vraagstelling

De vraagstelling van dit onderzoek is: “wat is het effect van een enkelbrace, sporttape of zonder brace op de range of motion, spronghoogte en belasting van de enkel tijdens een eenbenige verticale sprong en landing?”

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- Wat is de passieve range of motion van de enkel bij iedere conditie (tape, brace of zonder)?
- Hoe wordt de belasting/schokabsorptie tijdens het landen gemeten bij de sprong op één been?
- Hoe wordt de range of motion gemeten bij afzet en landing tijdens de sprong op één been?
- Welke tapemethode is het meest aanbevolen voor ondersteuning van de enkel in eversie en inversie richting?
- Hoe wordt de spronghoogte gemeten tijdens de sprong op één been?

Doel

Het doel van dit onderzoek is om, binnen een tijdsperiode van 14 weken, aan te tonen wat de effecten zijn van het dragen van een enkelbrace, sporttape of het dragen van geen brace, op de range of motion, spronghoogte en belasting van de enkel tijdens een eenbenige verticale sprong en landing.

Hypothese

Uit literatuuronderzoek blijkt dat bij gebruik van een enkelbrace of sporttape de plantair- en dorsaalflexie mogelijkheid beperkt wordt. Hierdoor wordt verwacht dat wanneer er gebruik wordt gemaakt van een enkelbrace of sporttape dit een effect zal hebben op een verminderde range of motion van de enkel bij de afzet en de landing gekoppeld aan een grotere kracht op de enkels. En zal er na verwachting een minder grote spronghoogte behaald worden.

Dit wordt gecontroleerd door dezelfde persoon een sprong te laten maken zonder het gebruik van een enkelbrace of sporttape.

Relevant

onderzoek

Grond

reactie

krachten

Onderzoek toont aan dat de verticale grond reactiekracht bij het neerkomen van verticale

sprong niet wordt aangetast door een brace of tapen⁴. Er was geen significant verschil tussen de verticale grond reactiekracht bij het springen zonder brace, enkelbrace en tape. De reactiekrachten liepen op tot 3.12 en 3.33 keer het lichaamsgewicht terwijl dit hoger werd verwacht.

In bovenstaand onderzoek werd dus verwacht dat de grond reactiekracht hoger zou zijn bij het springen met enkelbrace of sporttape ten opzichte van het springen zonder brace. Dit omdat de enkelbrace of tape zou zorgen voor een limiet in de range of motion van de enkel. Uit het onderzoek bleek dat de grond reactiekracht relatief laag bleef na het springen. Hier werden twee verklaringen voor gegeven. De eerste verklaring is het neerkomen op de forceplate. In dit onderzoek werd er uitsluitend geland op de voorvoet. Wat voor minder kracht zorgt dan de hiellanding. De tweede verklaring voor de lage grond reactiekrachten is dat de proefpersonen zonder veel snelheid op de forceplate terecht kwamen, de proefpersonen stapte van een verhoging af en landden op de forceplate.

Onderzoek naar de grond reactiekracht bij de verticale sprong met sporttape⁵ laat zien dat sporttape de afzet fase niet beperkt. De grond reactie kracht bij het landen wordt wel vergroot bij het springen met sporttape. De hoge grond reactie kracht wordt verklaard doordat de proefpersonen geen ervaring hadden met ingetapete enkels. Deze hogere waarde bij de landing met tape kan worden gezien als een groter blessure risico bij het gebruik van sporttape.

Spronghoogte

In een onderzoek naar de invloed van een enkelbrace op de verticale spronghoogte, hebben onderzoekers aan de vrije universiteit in Amsterdam verschillende braces bekeken met het effect op de verticale spronghoogte¹. De studies leidden tot verschillende resultaten op de verticale spronghoogte. Twee studies toonden aan dat een enkelbrace een negatief effect heeft op de verticale spronghoogte, maar de meerderheid van de studies toonden geen effect aan. Het verschil in resultaten wordt verklaard door de verschillende uitgangshoudingen van de proefpersonen tijdens de verschillende studies.

Onderzoek naar de spronghoogte bij de verticale sprong met sporttape⁵, heeft geen verschil opgeleverd bij het behalen van de verticale spronghoogte.

Range of motion

Onderzoek naar het effect van sporttape op de range of motion van de plantair- en dorsaalflexie in het enkelgewricht², laat zien dat de range of motion de eerste 20 minuten van de sportactiviteit beperkt wordt. Na ongeveer 20 minuten verliest de tape zijn effect en treed er versoepeling op. Uit dit onderzoek kan geen conclusie getrokken worden omdat er verschillende soorten tape methodes en sporttape gebruikt zijn.

De plantair- en dorsaalflexie mogelijkheden worden in een ander onderzoek⁶, bij gebruik van een enkelbrace, wel direct verminderd. De bewegingen worden actief uitgevoerd bij het dragen van een brace. Dorsaalflexie wordt 3 graden en plantairflexie 6 graden beperkt. De beperkingen in de bewegingsmogelijkheden zijn echter zo klein, dat ze niet relevant genoeg worden beschouwd.

Betrokken

instanties

Om de probleemstelling juist te kunnen formuleren zijn er een aantal contactpersonen bij het afstudeerproject betrokken.

De brace die gebruikt wordt tijdens het onderzoek is de 'Swede-O universal brace. Om deze brace te verkrijgen moet er contact opgenomen worden met de leverancier.

Voor het intapen van de enkels bij de proefpersonen, moet er eerst voldoende kennis over worden vergaard. Deze kennis komt van fysiotherapeute mw. M. van Seeters, zij is bereid de kennis en tape methodes over te brengen.

Om de passieve range of motion te meten wordt er gebruik gemaakt van een handleiding^{7,8} waarin de acties staan vermeld welke uitgevoerd moeten worden. Deze handleiding wordt verkregen door C.A.M. Doorenbosch.

Voor het gebruik maken van de meetinstrumenten is er een contact persoon van uit de opleiding bewegingstechnologie zelf. M. Schrauwen, beheerder van het beweging & analyse lokaal, is bereid om de apparatuur zoals videocamera, goniometer en forceplate uit te lenen, en eventueel bij te staan tijdens de metingen.

Voor de overige benodigde kennis over de bewegingsanalyse waar aan moet worden voldaan, wordt contact opgenomen met dhr A.H. Lagerberg of dhr C.J.W. Riezebos. Deze twee beweging en analyse docenten zullen bereid zijn te helpen tijdens het afstuderen.

Om het wetenschappelijk artikel te kunnen publiceren wordt er contact opgenomen met de hoofdredacteur van het tijdschrift 'sportgericht'.

3. Methode

Enkelbrace en sporttape

Voor het onderzoek wordt er gebruik gemaakt van de 'Swede-O Universal' enkelbrace. Deze brace is in iedere schoen te dragen en voorkomt in- en eversie doordat zowel lateraal als mediaal versterking is aangebracht.

De sporttape waar gebruik van wordt gemaakt is de 'normale' witte sporttape die gebruikt wordt door fysiotherapeuten. De sporttape heeft als doel de bewegingsmogelijkheden te beperken om onder andere overrekking van ligamenten te voorkomen. De sporttape wordt aangebracht volgens instructies van de fysiotherapeute op en rond de enkel.

Doelgroep

Uit dit onderzoek zal blijken wat de effecten zijn van een enkelbrace, sporttape of zonder brace op de range of motion, belasting van de enkel en de spronghoogte tijdens de verticale sprong van de gezonde sporter.



Figure 3: Swede-O Universal enkelbrace

De belanghebbende doelgroep die voornamelijk profijt zal hebben van de uitkomst van het onderzoek, kan als volgt omschreven worden.

Het betreft voornamelijk de sporters die al eerder in aanraking zijn gekomen met een inversie trauma op zowel amateur als professioneel niveau. Deze sporters zoeken met behulp van een enkelbrace of sporttape naar extra externe ondersteuning in mate van inversie en eversie. Dit onderzoek zal aan tonen wat het effect is op de verticale sprong, bij het dragen van een enkelbrace, sporttape of geen brace.

In het onderzoek zal worden gewerkt met een gelijkwaardige doelgroep. De doelgroep waarmee gemeten wordt zal bestaan uit 15 gezonde mannelijke breedte sporters zonder blessures. Binnen de tak van sport wordt geen onderscheid gemaakt. De sporters hebben allemaal een leeftijd van tussen de 18 en 28 jaar, en minimaal twee keer per week sporten. Voor het mannelijke geslacht is arbitrair gekozen om zo de proefpersonen eerlijk met elkaar te kunnen vergelijken en de discussie tussen het vrouwelijke en mannelijk geslacht te vermijden.

Meetmethode

Om te onderzoeken wat de effecten zijn van een enkelbrace, sporttape of zonder brace op de range of motion en belasting van de enkel tijdens een eenbenige verticale sprong en landing, is de probleemstelling opgedeeld in verschillende deelvragen.

Deze deelvragen zullen een duidelijke richtlijn vormen door het onderzoek. Tevens geven ze een helder beeld over wat er gedurende het onderzoek aan informatie verkregen gaat worden. En zorgen ze voor een juiste beoordeling van de probleemstelling.

Door deze deelvragen per stuk te behandelen en te beantwoorden kan uiteindelijk antwoord gegeven worden op de probleemstelling.

In de tabel(1) hieronder wordt per deelvraag de output waarde en de te gebruiken meetsystemen toegelicht.

Deelvragen	Output waarden	Te gebruiken meetsysteem	Doel
Wat is de passieve range of motion van de enkel bij iedere conditie (tape, brace of zonder)?	Hoek van enkel in graden tijdens plantair- en dorsaalflexie flexie.	Goniometer	Het aangeven van de standaard, wat range of motion van de enkel daadwerkelijk is met en zonder sporttape of enkelbrace. Ook kan zo geconstateerd worden of de enkelbrace of sporttape na gebruik losser gaat zitten.
Hoe wordt de belasting/ schokabsorptie tijdens het landen gemeten bij de sprong op één been?	Uitwendige Kracht (F) op het enkelgewricht, omschreven als $x \cdot$ het lichaamsgewicht.	Forceplate	Bepalen wat de uitwendige kracht is op het enkelgewricht bij de landing
Hoe wordt de range of motion gemeten bij afzet en landing tijdens de sprong op één been?	Hoek in graden van de enkel bij inveren en landing. Maximale enkel plantair- en dorsaalflexie.	Video analyse, lijn analyse met kinovea	Onderzoeken of een brace of tape de range of motion in het enkelgewricht beïnvloed
Welke tapemethode is het meest aanbevolen voor ondersteuning van de enkel in eversie en inversie richting?	Tape methode die toegepast kan worden voor stabilisatie van inversie en eversie in de enkel.	In leer bij fysiotherapeute	De juiste tapemethode gebruiken voor ondersteuning van de enkel in inversie en eversie richting tijdens onderzoek.
Hoe wordt de spronghoogte gemeten tijdens de sprong op één been?	Centimeters Zie tabel (2)	Video analyse, Kinovea	Bepalen van de behaalde spronghoogte bij het vertical springen op één been.

Tabel 1.: Deelvragen, output waarden en te gebruiken systemen.

Hoe meten

De meting

Tijdens de meting zal er één beweging meerdere keren uitgevoerd worden. Deze beweging zal wel steeds op de zelfde manier worden uitgevoerd.

De beweging die tijdens het onderzoek uitgevoerd zal worden is een verticale sprong op één been. Hier is voor gekozen omdat een sprong op één been meer coördinatie en stabiliteit vergt. Daarnaast blijkt uit onderzoek⁴ dat voor het aantonen van een verschil in kracht op de enkel, bij gebruik van sporttape of een enkelbrace, een grote kracht moet optreden. Springen op één been zorgt ervoor dat dit geëvenaard wordt. Tevens wordt de brace om één voet gedragen, wat springen op één been ook noodzakelijk maakt.

Gedurende de sprong, worden de armen op de rand van de Crista iliaca geplaatst. Hier is voor gekozen om iedere sprong zo gelijk mogelijk te laten verlopen.

De proefpersoon hurkt voorafgaand aan de sprong maximaal in en springt vervolgens zo hoog mogelijk. Bij de landing op één been vindt de persoon zijn stabiliteit.

De hoogte van de sprong zal gemeten worden met behulp van video analyse en zal uitgedrukt worden in centimeters. Bij het neerkomen, zal ook de kracht op het enkelgewricht gemeten worden.

Deze belasting zal verkregen worden door met behulp van een forceplate de uitwendige kracht die op het enkelgewricht bij de landing te meten. De output waarden worden onderling met elkaar vergeleken door het verschil te bekijken tussen springen met enkelbrace, sporttape en zonder brace. Dit verschil wordt met behulp van analysemethodes in SPSS op significantie getest. Hier zal in later onderzoek meer aandacht aan besteed worden.

Voorafgaand aan iedere sprong sessie wordt eerst passief de range of motion van de enkel tijdens plantair- en dorsaalflexie bepaald. Aan het eind van een sprong sessie wordt deze meting herhaald. Aan de hand van deze informatie wordt getracht aan te geven wat de standaard is, wat de range of motion van de enkel daadwerkelijk is met en zonder sporttape of enkelbrace. Ook kan zo geconstateerd worden of de enkelbrace of sporttape na gebruik losser gaat zitten. De hoeken in de enkel van de passieve meting zullen worden gemeten met een goniometer.

Tijdens het inveren en de landing van de sprong zullen ook de plantair- en dorsaalflexie hoekuitslagen van de enkel worden gemeten. Dit wordt gedaan met behulp van kinovea, tracking. Deze hoekuitslagen worden vervolgens in geladen in Matlab. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat een enkelbrace of sporttape voor een minder grote range of motion zorgt^{1,2,6}. Met behulp van de videoanalyse apparatuur wordt getracht om het verschil in de range of motion van de enkel, bij het gebruik van een brace, sporttape en zonder brace te achterhalen.

De sprong wordt per sessie vijf keer herhaald. In het totaal worden drie sessies uitgevoerd. Dit betekent dat er door één proefpersoon vijftien keer gesprongen wordt. Zie bijlage (1). Tussen het springen wordt ervoor gezorgd dat er voldoende rust genomen kan worden. Het is de bedoeling dat er na iedere sessie een ander soort brace gebruikt wordt. Eerst wordt er gesprongen zonder brace, vervolgens wordt er gesprongen met enkelbrace en als laatste gesprongen met sporttape rondom de enkel. Deze volgorde kan tijdens het onderzoek gevarieerd worden.

Data

verwerking

Tijdens de data verwerking worden er vier richtlijnen aangehouden. Deze richtlijnen worden als volgt omschreven:

- Wat is de maximale kracht op de enkels tijdens het landen bij een sprong op één been, met enkelbrace, sporttape of zonder brace?

De verkregen data vanuit de forceplate wordt ingeladen in Matlab. In Matlab wordt de schokabsorptie berekend. Deze waarde wordt per sessie berekend en met behulp van SPSS geplot in een boxplot grafiek.

- Wat is de passieve range of motion van de enkel voorafgaand en na afloop van iedere sprong sessie? En is er een verschil in passieve range of motion tussen het gebruik van enkelbrace, sporttape en zonder brace?

De verkregen data vanuit de goniometer zal ingevoerd worden in een vooraf opgestelde tabel. De data zal met behulp van SPSS op significantie getest worden en vergeleken worden met de behaalde range of motion tijdens de sprong op één been. Door dit in percentages uit te werken kan overzichtelijk weergegeven worden of tijdens de sprong de maximale range of motion behaald wordt. Ook kan met behulp van de verkregen data geconstateerd worden of de sporttape of enkelbrace daadwerkelijk losser gaat zitten na gebruik.

- Wat is de maximale range of motion tijdens de sprong op één been, met enkelbrace, sporttape en zonder brace? En is er een verschil in maximale range of motion tussen het gebruik van enkelbrace, sporttape en zonder brace?

De verkregen data vanuit Kinovea, zal geëxporteerd worden naar Matlab. In Matlab worden vervolgens de maximaal behaalde plantair- en dorsaalflexie hoeken berekend. Deze hoeken worden dan met behulp van SPSS per sessie weergegeven in een boxplot grafiek. In de boxplot is per sessie duidelijk het gemiddelde en de spreiding zichtbaar.

- Wat is de relatie van de range of motion bij het invallen tot de afzet in de enkel ten opzichte van de spronghoogte tijdens het springen op één been?

De verkregen data van de range of motion en de spronghoogte worden met elkaar vergeleken met behulp van een regressie analyse. De regressielijn laat zien of er een verband is tussen de range of motion en de spronghoogte. De range of motion is hierbij de onafhankelijke variabele en de spronghoogte de afhankelijke variabele.

- Wat is de maximale spronghoogte tijdens de sprong op één been, met enkelbrace, sporttape en zonder brace? En is er een verschil in maximale spronghoogte tussen het gebruik van enkelbrace, sporttape en zonder brace?

De verkregen data vanuit de videoanalyse wordt met behulp van een matlabscript geanalyseerd. De behaalde maximale hoogte tijdens het springen op één been wordt weergegeven in een boxplot grafiek. De grafiek wordt opgedeeld in de drie sessies.

Al onze data zal gemeten worden met valide meetinstrumenten.

Dit om er voor te zorgen dat de uitspraken en conclusies die aan de hand van de resultaten gedaan worden. In verder onderzoek opgenomen kunnen worden en bruikbaar zijn.

Randvoorwaarden

Om de al eerder opgestelde doelstelling te kunnen behalen, zijn er een aantal aspecten waar vooraf rekening mee gehouden zal moeten worden.

Tijdens het onderzoek wordt er gebruik gemaakt van een drietal meetsystemen. Dit zijn de volgende meetsystemen:

- Forceplate
- Video analyse

- Goniometer

Voor de meetsystemen is de kennis voor het verkrijgen en verwerken van de data al aanwezig. Tijdens de meting zullen de meetsystemen synchroon met elkaar lopen om zo de juiste data te verkrijgen. Dit wordt gedaan door een harde stap op de forceplate. De meetsystemen zelf worden door de opleiding bewegingstechnologie aangeboden en zijn ten alle tijden bruikbaar. Om de Forceplate data te verkrijgen is er een Matlab code beschikbaar. Ook voor de video analyse is een Matlab code en Kinovea beschikbaar. Met behulp van deze codes worden de kracht op de enkels, spronghoogte en de range of motion hoeken bepaald. De passieve range of motion wordt bepaald aan de hand van een mobiliteitsonderzoek uit de handleiding^{7,8}. Hiervoor wordt de goniometer gebruikt.

Tijdens het onderzoek wordt er gebruik gemaakt van een enkelbrace en sporttape. De enkelbrace is van het type 'Swede-O Universal' welke ook gebruikt wordt in meerdere literatuur analyses die terug komen in ons onderzoek.

4. Voorlopige literatuurlijst

¹ Bot S.D.M. & Mechelen W. The Effect of Ankle Bracing on Athletic Performance. *Sports Med.* 1999; 27(3): 171-178

² Verhagen E.A.L.M & Beek A.J. & Mechelen W. The Effect of Tape, Braces and Shoes on Ankle Range of Motion. *Sports Med.* 2001; 31(9): 667-677

³ Enkelstabiliteit. Ortho-care.eu – Enkel instabiliteit

⁴ Hopper D M, McNair P, Elliott B C. Landing in netball: effects of taping and bracing the ankle. *Br J Sports Med.* 1999; 33: 409–413

⁵ Abián-Vicén J, et al. Ankle taping does not impair performance in jump or balance tests. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2008; 7: 350-356

⁶ Wiley J P & Nigg B M. The Effect of an Ankle Orthosis on Ankle Range of Motion and Performance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 1996; 23(6): 362 - 369

⁷ Brehm M & Nollet F. Zorgvraag formuleren. *Beenorthesen bij neuromusculaire aandoeningen.* 2014; 1: 72 - 74

⁸ Hoppenfield S.M.D. Physical examination of the foot and ankle. *Physical examination of the spine and extremities.* 1976; 1:223 - 224

1. Scoretabel verticale spronghoogte

proefpersoon:	sprong 1	sprong 2	sprong 3	sprong 4	sprong 5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
t/m ..					
	Verticale sprong met enkelbrace				
	sprong 1	sprong 2	sprong 3	sprong 4	sprong 5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
t/m ..					
	Verticale sprong met sporttape				
	sprong 1	sprong 2	sprong 3	sprong 4	sprong 5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
t/m ..					

5. Planning

