

Bachelorscriptie

Het verschil tussen hardlopen met de haklandingstechniek en voorvoetlandingstechniek met betrekking tot de duur van de contact- en vluchtfase en de cadans: een kwantitatief onderzoek.

Naam: Joost Schoon
Studentnummer: 304182
Email: j.e.schoon@st.hanze.nl
Inleverdatum: 12-6-2017
Begeleider: Mathijs van Ark
Opdrachtgever: Hans van der Leur



**Hanzehogeschool
Groningen**
University of Applied Sciences

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
Abstract	4
Inleiding.....	5
Methode	6
Onderzoeksprocedure	6
Onderzoekspopulatie	6
Meetinstrumenten	7
Statistische analyse	7
Resultaten	8
Discussie.....	11
Conclusie	13
Literatuurlijst:.....	14

Voorwoord

Voordat ik in mijn laatste jaar van de opleiding zat was ik al aan het experimenteren met verschillende hardlooptechnieken. Ik had wat last van blessures waardoor ik mijn eigen sport minder goed kon doen, hierdoor ging ik me wat bezighouden met hardlopen. Ik ging op zoek naar de verschillende technieken die ik voorbij hoorde komen via vrienden in de sportschool. Hierdoor raakte ik erg geïnteresseerd in met name de biomechanica van de verschillende technieken. Door mijn interesse in deze technieken en mijn interesse in de wetenschap ben ik veel onderzoek gedaan naar literatuur over dit onderwerp. Uiteraard ben ik het zelf ook gaan proberen om te ervaren hoe het is om deze technieken te gebruiken en informatie uit de wetenschap te testen en te voelen. Toen kwam het moment om een geschikt afstudeeronderwerp te selecteren. Binnen de opleiding maken we veel gebruik van mooie meetinstrumenten waar ik tijdens mijn specialisatie sport kennis mee heb mogen maken. Toen ik de vacature over een (hard)loop analyse met behulp van de OptoGait zag ik een mooie kans liggen. In overleg met mijn opdrachtgever Hans van der Leur mocht ik mijn scriptie schrijven over de vergelijking van twee hardlooptechnieken.

Ik vond het schrijven van een scriptie en het opstellen en uitvoeren van een wetenschappelijk onderzoek erg leerzaam. Ik vond de vrijheid die ik binnen de opdracht kreeg zeer fijn, zo kon ik mijn eigen draai aan het onderzoek geven. Omgaan met de uitslag van mijn onderzoek vond ik nog best lastig, de resultaten waren niet precies zoals ik ze had verwacht, dat is wetenschap helaas.

Ik wil graag mijn opdrachtgever Hans van der Leur bedanken voor de leerzame opdracht en de kans om zelf invulling te geven aan de exacte inhoud van mijn scriptie. Hij heeft mij meerdere malen nieuwe inzichten gegeven en af en toe een zetje in de goede richting. Tevens gaat mijn dank uit naar Mathijs van Ark, mijn docentbegeleider in het afstudeeronderzoek. Dankzij zijn begeleiding is mijn scriptie tot stand gekomen.

Groningen, 2017
Joost Schoon

Het verschil tussen hardlopen met de haklandingstechniek en voorvoetlandingstechniek met betrekking tot de duur van de contact- en vluchtfase en de cadans: een kwantitatief onderzoek.

Schoon, J.E.

Hanzehogeschool Groningen-Academie voor gezondheidsstudies, opleiding fysiotherapie.

Samenvatting

Inleiding: Hardlopen is een populaire tak van sport en kan gedaan worden met verschillende technieken. Tussen de 75% - 80% van de hardlopers maakt gebruik van een haklanding, de overige 20% - 25% maakt gebruik van een voorvoetlanding of middenvoet landing. Over de duur van de hardloophases bij de verschillende technieken is nog weinig onderzoek gedaan. Terwijl kennis over de duur van de hardloophases van belang is voor de fysiotherapeut om de hardlooptechniek van een patiënt te kunnen beoordelen en optimaliseren. Het doel van dit onderzoek is om inzicht te geven in het verschil tussen de haklandingstechniek en de voorvoetlandingstechniek als het gaat om de duur van de contact- en vluchtfase en de cadans. *Methode:* Om dit te kunnen onderzoeken is gebruikt gemaakt van de Microgait OptoGait in combinatie met een loopband. Er zijn 16 participanten geworven die elk 30 seconden op 8 kilometer per uur (km/h), 9km/h en 10 km/h met haklanding en vervolgens met voorvoetlanding liepen. De gegevens over duur van de contact- en vluchtfase en de cadans werden verzameld en geanalyseerd. *Resultaten:* De duur van de contactfase is significant korter bij voorvoetlanding op alle snelheden, $p=0,047$ bij 8km/h, $p=0,004$ bij 9km/h en $p<0,0001$ bij 10km/h. Op 9km/h is de duur van de vluchtfase significant langer bij voorvoetlanding, $p=0,014$. Er is geen significant verschil gevonden als het gaat om de cadans. *Conclusie:* De duur van de contactfase is bij de voorvoetlanding korter. De duur van de vluchtfase is op 9km/h langer bij voorvoetlanding en er is geen verschil in cadans.

Abstract

Introduction: Running is a very popular type of sport and can be done with different techniques. About 75%-80% of all runners use the heel strike technique, the other 20%-25% use the forefoot strike or midfoot strike. There is little research about the duration of the gait cycle during running with different techniques. Knowledge about the duration of the gait cycle during running is important for physical therapists to assess and optimize a patient's running technique. The aim of this study is to gain insight into the difference between heel strike and forefoot strike regarding the contact time, flight time and cadence. *Method:* The Microgait OptoGait is used in combination with a treadmill to provide the data for this study. Sixteen participants were recruited, each of which had to run for 30 seconds at 8km/h, 9km/h and 10km/h using heel strike and again using forefoot strike. The contact time, flight time and cadence were collected and analysed. *Results:* Significantly shorter contact times were reported at every single speed for forefoot strikers, $p=0,047$ at 8km/h, $p=0,004$ at 9km/h and $p<0,0001$ at 10km/h. A significantly longer flight time for forefoot strikers was recorded at 9km/h with $p=0,014$. No significant difference was found regarding cadence. *Conclusion:* Contact time is shorter with a forefoot strike. Flight time is longer at 9km/h with a forefoot strike and there is no difference regarding cadence.

Inleiding

Hardlopen is een populaire tak van sport in Nederland. Meer dan 2 miljoen Nederlanders beoefenen deze sport wekelijks[1]. Hardlopen is erg goed voor de gezondheid en verlaagt het risico op cardiovasculaire aandoeningen[2-4]. Voor beginnende hardlopers van middelbare leeftijd is de belangrijkste beweegreden het behalen van gezondheidswinst[5]. Andere redenen om te gaan hardlopen zijn ontspanning, voor het genot, competitie en het verbeteren van persoonlijke prestaties[6, 7]. De sport hardlopen is verantwoordelijk voor de meeste sportgerelateerde blessures in Nederland. In 2014 liepen hardlopers zo'n 710.000 blessures op[1]. Deze blessures komen door: het verkeerd trainen, anatomische factoren (bijvoorbeeld over-pronatie), chronische overbelasting en effect van te veel en te zware impact op de gewrichten[8]. In totaal zochten 220.000 hardlopers medische hulp. Hiervan zijn er 160.000 hardlopers bij de fysiotherapeut gekomen wat zorgde voor een totaal van 910.000 behandelingen[1].

Hardlopen kan worden gedaan met verschillende technieken. Tussen de 75% - 80% van de hardlopers maakt gebruik van een haklanding[9-11], de overige 20% - 25% maakt gebruik van een voorvoetlanding of middenvoetlanding[11-13]. Zoals de naam al aangeeft maakt bij de haklanding de hak als eerste contact met de grond. Bij een middenvoetlanding raken de bal van de voet en de hak tegelijkertijd de grond. Er is sprake van een voorvoetlanding wanneer de bal van de voet eerder de grond raakt dan de hak[12]. Er zijn veel pogingen gedaan om de relatie tussen de technieken en hardloopprestaties te begrijpen[13-17]. Hieruit blijkt dat voorvoetlanding 1% tot 2,8% minder energie kost in vergelijking met haklanding. Dit verschil zou echter ook verklaard kunnen worden doordat er met voorvoetlanding zonder schoeisel werd hardgelopen, wat rond de 600g aan gewicht scheelt. Hardlopers die gebruik maken van voorvoetlanding hebben een hogere snelheid en zouden uiteindelijk sneller finishen dan hardlopers die gebruik maken van een haklanding[9, 18].

Over het verschil in kinematica en grond reactiekracht bij de verschillende technieken is uitvoerig onderzoek gedaan[11, 13, 19-24]. Hieruit blijkt dat de zowel bij haklanding als bij voorvoetlanding de krachten bijna gelijk zijn. Dit komt neer op een piek van 2-3 keer het eigen lichaamsgewicht. Bij lopers met een voorvoetlanding is er sprake van een vergrote plantairflexie en inversie bij de initiële contactfase ten opzichte van lopers met een haklanding. Hierdoor is er een grotere eversie en dorsaalflexie bewegingsuitslag van de enkel zichtbaar. Deze beweging komt tot stand door excentrische activiteit van de m. soleus, m. gastrocnemius en m. tibialis anterior. Dit zorgt ervoor dat de piek bij voorvoetlanding minder snel bereikt wordt, wat de belasting op het lichaam bij haklanding dus groter maakt. Tevens is er bij lopers met een voorvoetlanding een kleinere bewegingsuitslag zichtbaar bij knieflexie tijdens de gangcyclus van het hardlopen. Dit komt door een grotere flexie stand van de knie bij de initiële contactfase in vergelijking met haklanding waar de knie bijna volledig geëxtendeerd is[20, 23]. Tevens is er bij voorvoetlanding sprake van een grotere endorotatie in de knie[11].

Over het verschil tussen deze technieken met betrekking tot de duur van de hardlooffases (contactfase en vluchtfase) en de cadans is weinig onderzoek gedaan. Bij het onderzoek van de Wit *et al.* (2000) en Squadrone *et al.* (2009) blijkt dat de duur van de contactfase en vluchtfase korter is bij lopers met een haklanding, naar de cadans is niet gekeken[13, 17]. Hayes *et al.* (2012) en Hasegawa *et al.* (2007) hebben een ook een kortere duur van de contactfase aangetoond, naar de duur van de vluchtfase en cadans is eveneens niet gekeken[9, 18].

Volgens het Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie (KNGF) is het doel van fysiotherapie het bieden van een behandeling bij het herstel en het ontwikkelen van het optimale bewegen, bij behoud en bij achteruitgang[25]. Om dit te kunnen bieden is kennis nodig over het optimale bewegen in de ruimste zin van het woord. Kennis over de duur van de hardlooffases is van belang voor de fysiotherapeut om de hardlooptechniek van een patiënt te kunnen beoordelen en optimaliseren. Het doel van dit onderzoek is om inzicht te geven in het verschil tussen de haklandings techniek en de voorvoetlandings techniek. Hiervoor is antwoord nodig op de volgende vraag: Wat is het verschil bij gezonde jongvolwassenen tussen hardlopen met haklanding en

hardlopen met voorvoetlanding als het gaat om de duur van de contactfase, de vlucht fase en de cadans?

Methode

Onderzoeksprocedure

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden werd een kwantitatief vergelijkend onderzoek gebruikt. Hierin werden de haklandingstechniek en de voorvoetlandingstechniek bij het hardlopen met elkaar vergeleken. Voorafgaand aan het onderzoek werd het ethiek formulier doorlopen, WMO (Wet medisch-wetenschappelijk onderzoek) -toetsing was niet nodig.

De OptoGait (zie paragraaf meetinstrumenten) werd op de loopband geïnstalleerd en gekoppeld aan de laptop met de OptoGait software. In dit softwareprogramma werd een protocol aangemaakt waarbij de duur van de contactfase, de vluchtfase en de cadans werden gemeten op drie verschillende snelheden voor een periode van 30 seconden. Eén onderzoeker was verantwoordelijk voor het verzamelen en analyseren van alle data. Algemene informatie over de participanten (geslacht, leeftijd, lengte en gewicht) werd genoteerd. Vervolgens werd er instructie gegeven over het verloop van het onderzoek aan de participant. Eerst 30 seconden op 8, 9 en 10 kilometer per uur (km/h) met de haklandingstechniek en dan 30 seconden op 8, 9 en 10 km/h met de voorvoetlandingstechniek.

Allereerst werd de participant met 1 voet op de loopband geplaatst zodat de OptoGait de lengte van de voet kon bepalen. Vervolgens mocht de participant met beide voeten op de loopband plaatsnemen en werd deze op 8 km/h ingesteld. Bij participanten die de haklandingstechniek nog niet eigen waren, werd er instructie gegeven en tijd gegeven om deze te oefenen op de loopband. Deze instructies waren bij elke participant hetzelfde. Er werd gekeken naar een doorgaande cyclische gecoördineerde hardloophbeweging waarbij de hak het eerste contact met de loopband maakte. Wanneer de techniek werd goedgekeurd op basis van een klinische blik door de onderzoeker en de participant was gewend aan de snelheid werd de test gestart via de OptoGait software. Daarna werd de loopband op 9 km/h ingesteld en wanneer de participant weer gewend was aan de snelheid werd de test weer gestart. Dit herhaalde zich vervolgens met 10 km/h.

De loopband werd uitgezet en de participant werd voorgelicht over het hardlopen met voorvoetlanding. Voor participanten die deze techniek nog niet eigen waren, werd instructie gegeven en tijd gegeven om deze te oefenen op de loopband. Deze instructies waren bij elke participant hetzelfde. Ook hier werd gekeken naar een doorgaande cyclische gecoördineerde hardloophbeweging waarbij de bal van de voet als eerst contact maakt met de loopband. Wanneer de techniek was goedgekeurd op basis van een klinische blik door de onderzoeker werd de eerste test op 8 km/h gestart. Daarna werd de loopband op 9 km/h gezet en wanneer de participant weer gewend was aan de snelheid werd de test weer gestart. Dit herhaalde zich vervolgens met 10 km/h.

Dit leverde per participant zes verschillende datasets op die vanuit de OptoGait software geëxporteerd werden naar een overzicht in PDF. Hieruit konden per set de gemiddelde duur van de contact- en vluchtfase en de gemiddelde cadans worden opgemaakt. Deze gegevens werden gebruikt in de statistische analyse.

Onderzoekspopulatie

De populatie van dit onderzoek bestaat uit gezonde jongvolwassenen tussen de 18 en 30 jaar. Inclusiecriteria voor dit onderzoek zijn: participanten moeten bekend zijn met hardlopen en bekend zijn met hardlopen op een loopband, de participanten moeten de Nederlandse taal machtig zijn en de participanten moeten in staat zijn de toestemmingsverklaring te kunnen lezen en begrijpen. Exclusiecriteria zijn: gezondheidsaandoeningen, bekende blessures en lichamelijke handicaps die het hardlopen kan beïnvloeden. Participanten zijn geselecteerd op geslacht en op type hardlooptechniek

om een steekproef te krijgen die zo representatief mogelijk is. De participanten zijn geworven via social media en vanuit de sociale kring van de onderzoeker. Bij het ondertekenen van de toestemmingsverklaring zijn de participanten onderdeel van het onderzoek. Voorafgaand aan het onderzoek hebben de participanten de PAR-Q (Physical Activity Readiness Questionnaire) moeten invullen om te beoordelen of het verstandig is om een inspanning van ze te vragen. Wanneer één van de vragen met een “nee” is beantwoord zal deze persoon geëxcludeerd worden van het onderzoek. De kenmerken van de onderzoekspopulatie zijn terug te vinden in tabel 1 bij de resultaten.

Meetinstrumenten

Voor het analyseren van de hardloophases is gebruik gemaakt van de Microgait OptoGait Photoelectric Cell System (OptoGait, Microgate, Bolzano, Italy). Dit is een twee dimensionaal systeem voor optische detectie van het looppatroon. Het bestaat uit twee balken van 1,20 meter lang die parallel op een loopband of op de vloer geplaatst kunnen worden. Elke balk bevat 96 LED's (licht-emitterende diode) die 1 cm van elkaar gepositioneerd zijn. Deze LED's staan 3mm boven de grond en staan middels infrarode straling (1000 Hz) met elkaar in verbinding. Door onderbreking van deze straling kan er worden gedetecteerd wanneer er een voet op de loopband of vloer geplaatst wordt en wanneer deze er vanaf wordt gehaald. Hierdoor is het systeem in staat verschillende parameters met betrekking tot de duur van het (hard)looppatroon automatisch te berekenen tot op 0,001 seconde nauwkeurig. De OptoGait is gekoppeld aan een laptop met het softwareprogramma van de OptoGait (Version 1.11.1, Microgate, Bolzano, Italy) om informatie over de participanten in te voeren en resultaten weer te geven. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat de Microgait OptoGait een betrouwbaar en valide meetinstrument is voor het maken van analyses met betrekking tot de gang[26-28]. Lee *et al.* (2014) geeft een validiteit aan van ICC =0,929-0,998, met een intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid voor alle fases van de gang van ICC = 0,785-0,952. Lienhard *et al.* (2012) liet een intra beoordelaars kwaliteit zien van ICC=0,933 bij de zwaaifase en ICC=0,999 voor de duur van gangcyclus, cadans en wandelsnelheid. Bernal *et al.* (2016) liet een intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid zien van ICC=0,72-0,85.

Statistische analyse

De statistische berekeningen zijn met behulp van het statistiek softwareprogramma SPSS versie 23.0 (IBM Corporation, Armonk, New York) uitgevoerd. De demografische gegevens van de participanten (geslacht, leeftijd, lengte en gewicht) zijn in SPSS overgenomen om hier de gemiddelden en standaarddeviaties van te berekenen. De data worden eerst gecontroleerd op een normale verdeling. Dit zal gebeuren door de skewness en kurtosis te analyseren. Hieruit zullen de Z-waardes worden opgemaakt en deze zullen gecontroleerd worden of ze binnen de normwaardes vallen. In een studie met een kleine onderzoekspopulatie ($n < 50$), zoals deze, zullen deze waardes tussen de -1,96 en 1,96 moeten vallen[29]. Daarnaast zal de Shapiro-Wilk test worden uitgevoerd, omdat deze het meeste power heeft in vergelijking met de andere testen voor een normaalverdeling[30]. Bij $p > 0,05$ wordt ervanuit gegaan dat de data een normale verdeling hebben[31]. Tot slot zullen de P-P plots visueel beoordeeld worden op een normale verdeling.

Wanneer er sprake is van een normale verdeling zal er een independent T- test worden uitgevoerd. De looptechniek is de onafhankelijke variabele. De afhankelijke variabelen zijn in dit geval de contactfase, de vluchtfase en de cadans bij 8, 9 en 10 km/h, in het totaal geeft dat negen afhankelijke variabelen. In geval van een niet-normaalverdeling zal er een independent non-parametrische toets moeten worden uitgevoerd. De Mann Whitney U test zal in deze situatie gebruikt worden, omdat dit een non-parametrische toets is met het meeste power[32]. Het blijkt dat, in vergelijking met de onafhankelijke T-test, de Mann Whitney U test een verminderd risico heeft op een onterecht significant verschil[33]. Dit geldt ook bij groepsgroottes tussen de 10 en 20 participanten[32]. Er zal sprake zijn van een significant verschil wanneer $P < 0,05$. In geval van

ontbrekende data wordt er geïnterpoleerd, de gemiddelde waardes van de dataset in kwestie zullen gebruikt worden om deze ontbrekende data op te vullen.

Resultaten

Tabel 1: Demografische gegevens van de participanten

In het totaal hebben 16 participanten deelgenomen aan het onderzoek en hebben het onderzoek volledig kunnen afronden. De kenmerken van de participanten zijn weergegeven in tabel 1. Er waren 8 mannelijke en 8 vrouwelijke participanten. De gemiddelde leeftijd was 22,5 jaar, de gemiddelde lengte was 177,4 centimeter en het gemiddelde gewicht was 73,6 kilogram. Zeven van de 16 participanten zijn getraind op voorvoetlanding en 9 participanten zijn getraind op haklanding.

		Frequentie	Percentage
Geslacht	Man	8	50%
	Vrouw	8	50%
Min		Max	Gemiddeld
Leeftijd (jr)	20	27	22,5 ± 2,1
Lengte (cm)	161	192	177,4 ± 8,9
Gewicht (kg)	59	95	73,6 ± 10,6

Drie van de 18 datasets blijken niet normaal verdeeld te zijn. Het gaat hier om de duur van de vluchtfase bij haklanding op 8km/h en 9km/h en om de duur van de vluchtfase bij voorvoetlanding op 8km/h. De gehele dataset is daarom getoetst middels de non-parametrische toets. In tabel 2 zijn de resultaten terug te vinden van de duur van de contactfase, de duur van vluchtfase en de cadans. Per snelheid zijn de gemiddelde waardes en standaarddeviatie van de drie items weergegeven en beschreven voor de haklanding en de voorvoetlanding. Daarnaast is de significantie weergegeven die de verschillen tussen de twee technieken laat zien.

Uit de resultaten in tabel 2 is op te maken dat er een significant verschil is gevonden bij alle drie snelheden als het gaat om de duur van de contactfase. Naar mate de snelheid hoger wordt, neemt de significantie toe. Namelijk $p = 0,047$ bij 8km/h, $p = 0,004$ bij 9km/h en $p < 0,0001$ bij 10 km/h. Bij de duur van de vluchtfase is een significant verschil gevonden op de snelheid 9km/h, namelijk $p = 0,014$. Hierbij is de vluchtfase langer bij voorvoetlanding dan bij haklanding. Hetzelfde geldt voor de snelheid 8km/h en 10km/h, alleen zijn hier geen significante verschillen gevonden. Als het gaat om de cadans is deze hoger bij voorvoetlanding, alleen is dit verschil op alle snelheden niet significant. Tevens is in tabel 2 per item de standaarddeviatie genoemd. Hier is te zien dat de standaarddeviatie van de contactfase bijna net zo groot is als de standaarddeviatie van de vluchtfase. Terwijl de duur van de contactfase in vergelijking met de vluchtfase tussen de 4,5 en 10,5 keer zo lang is. De spreiding is bij de duur van de vluchtfase bij zowel haklanding als voorvoetlanding in verhouding groter dan bij de duur van de contactfase en de cadans.

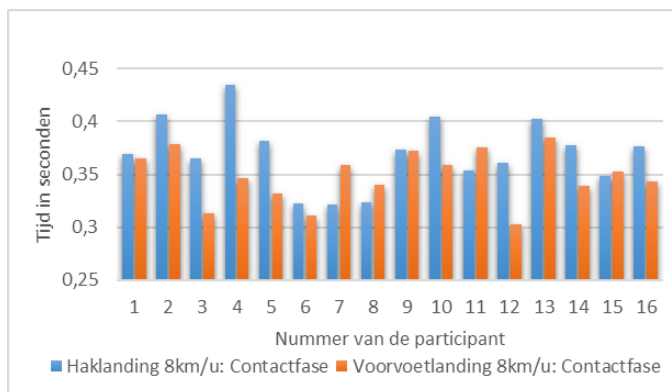
Van de duur van de contact- en vluchtfase en de cadans is een grafische weergave gemaakt in de vorm van een dubbel staafdiagram. Hierop is de duur van de contact- en vluchtfase en cadans per participant op de drie verschillende snelheden weergegeven. Zo kan elk item per participant per snelheid met elkaar vergeleken worden. In de grafische weergave is te zien dat bij de snelheid 8km/h (figuur 1) participant 7, 8, 11 en 15 allemaal een langere contactfase bij de voorvoetlanding laten zien. Bij 9km/h (figuur 2) is dat alleen participant 15. Ondanks deze verschillen is er in alle gevallen een significant verschil gevonden. Bij 10km/h (figuur 3) laat elke participant een kortere contactfase zien bij voorvoetlanding. Deze diagrammen laten ook zien dat bij de duur van de vluchtfase op 8km/h (figuur 4) er vier participanten zijn die een langere vluchtfase bij haklanding laten zien, namelijk participanten 1, 7, 8 en 15. Bij 9km/h (figuur 5) laat elke participant een langere vluchtfase zien bij voorvoetlanding. Bij 10 km/h (figuur 6) laten alleen participanten 4, 11 en 15 een langere vluchtfase bij haklanding zien. De duur van de vluchtfase bij de overige participanten liggen voor

beide technieken dicht bij elkaar in vergelijking met 8km/h en 9km/h. Participanten 3 en 12 laten een groot verschil zien in de vluchtfase op 8km/h en 9km/h, maar niet meer op 10km/h. In de grafische weergave van de cadans valt op dat de verschillen over het algemeen klein zijn, wat ook is terug te zien in de significantie. Bij de snelheid 8km/h (figuur 7) valt op dat participanten 1, 2, 10 en 13 een groter verschil laten zien ten opzichte van de overige participanten. Bij 9km/h (figuur 8) is bij participant 1 de cadans bij haklanding hoger. Bij de snelheid 10km/h (figuur 9) is participant 1 de enige die een groot verschil laat zien. De cadans is meer dan 14 passen hoger bij haklanding terwijl bij de overige participanten de cadans juist is toegenomen bij voorvoetlanding.

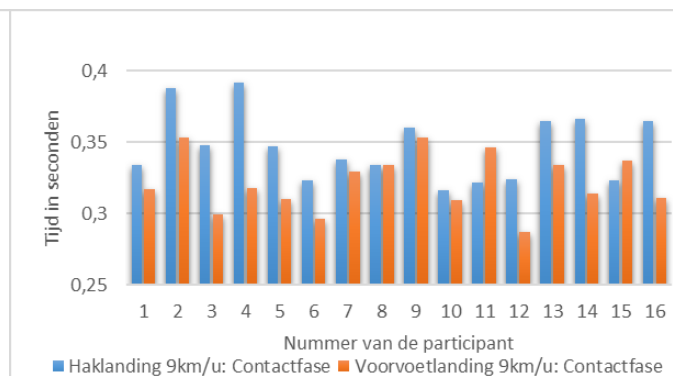
Tabel 2: Gemiddelde resultaten met standaarddeviatie per snelheid per item per techniek en de significantie

Variabele	Haklanding (Gemiddelde $\pm$ SD)	Voorvoetlanding (Gemiddelde $\pm$ SD)	Significantie (p- waarde)
8 km/h Contactfase (sec) Vluchtfase (sec) Cadans (stap/min)	0,370 $\pm$ 0,032 0,035 $\pm$ 0,016 151,64 $\pm$ 7,76	0,348 $\pm$ 0,025 0,046 $\pm$ 0,020 154,28 $\pm$ 5,30	0,047* 0,061 0,270
9km/h Contactfase (sec) Vluchtfase (sec) Cadans (stap/min)	0,347 $\pm$ 0,024 0,037 $\pm$ 0,018 157,17 $\pm$ 7,24	0,321 $\pm$ 0,020 0,054 $\pm$ 0,019 159,88 $\pm$ 6,57	0,004* 0,014* 0,314
10 km/h Contactfase (sec) Vluchtfase (sec) Cadans (stap/min)	0,326 $\pm$ 0,020 0,054 $\pm$ 0,022 160,42 $\pm$ 8,98	0,300 $\pm$ 0,015 0,062 $\pm$ 0,022 165,40 $\pm$ 9,65	0,000* 0,278 0,196

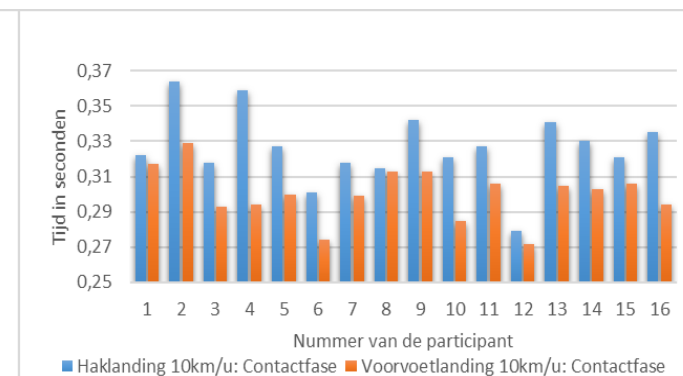
* = significant verschil



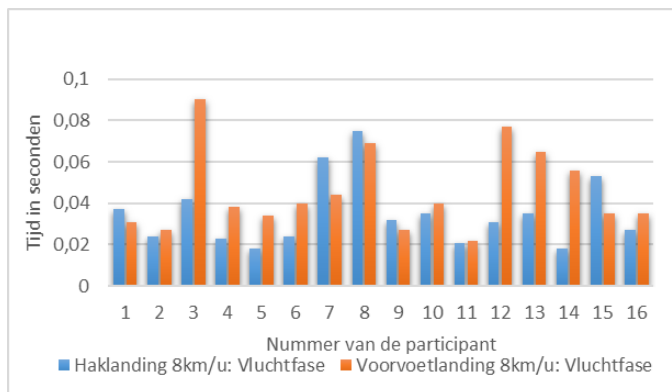
Figuur 1: Gemiddelde duur van de contactfase op 8km/u per participant per techniek.



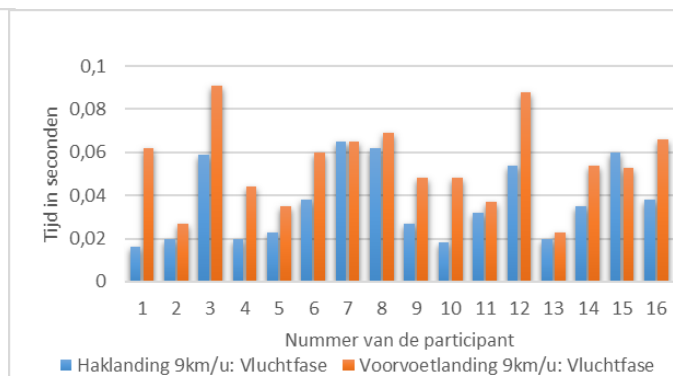
Figuur 2: Gemiddelde duur van de contactfase op 9km/u per participant per techniek.



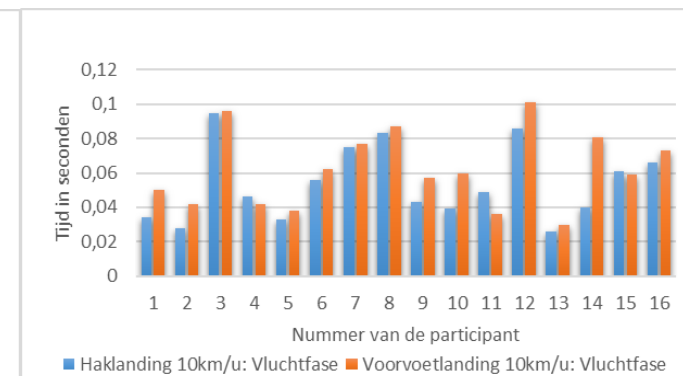
Figuur 3: Gemiddelde duur van de contactfase op 10km/u per participant per techniek.



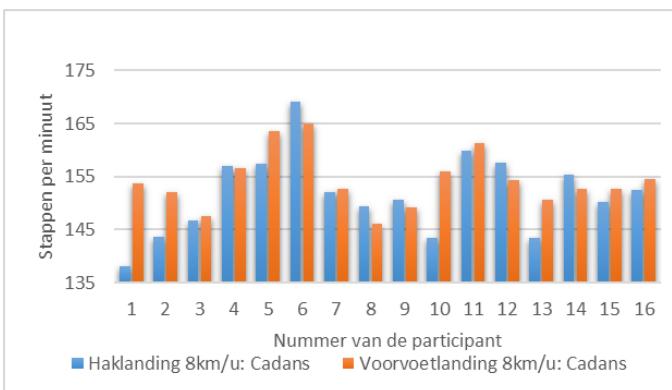
Figuur 4: Gemiddelde duur van de vluchtfase op 8 km/u per participant per techniek.



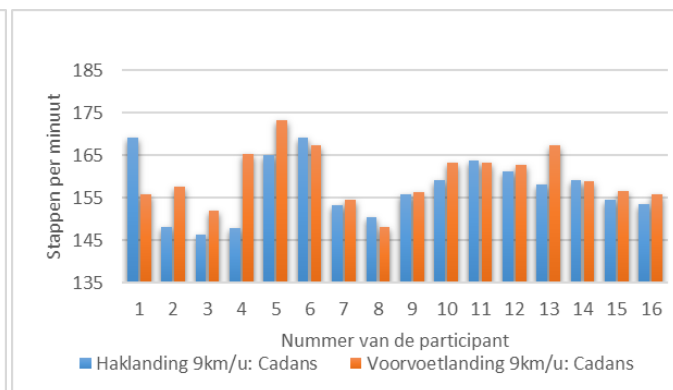
Figuur 5: Gemiddelde duur van de vluchtfase op 9 km/u per participant per techniek.



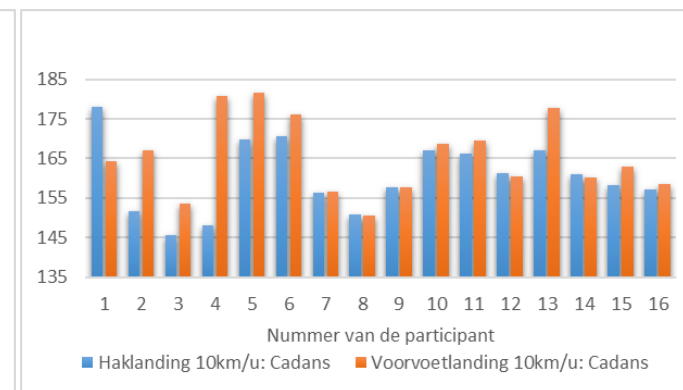
Figuur 6: Gemiddelde duur van de vluchtfase op 10km/u per participant per techniek.



Figuur 7: Gemiddelde cadans op 8km/u per participant per techniek.



Figuur 8: Gemiddelde cadans op 9km/u per participant per techniek.



Figuur 9: Gemiddelde cadans op 10km/u per participant per techniek.

Discussie

In dit onderzoek is gekeken naar het verschil tussen twee hardlooptechnieken, namelijk de haklanding en de voorvoetlanding. Er is gekeken naar de duur van verschillende fases in de hardloop gang. In dit geval naar de duur van de contact- en vluchtfase en naar de cadans met behulp van de volgende onderzoeksvraag: Wat is het verschil bij gezonde jongvolwassenen tussen hardlopen met haklanding en hardlopen met voorvoetlanding als het gaat om de duur van de contactfase, de vluchtfase en de cadans? Uit de resultaten blijkt dat de duur van de contactfase bij voorvoetlanding significant korter is dan bij haklanding op alle drie de snelheden. Er is een significant verschil gevonden tussen voorvoetlanding en haklanding bij de vluchtfase op 9km/h. Deze is langer bij voorvoetlanding dan bij haklanding. Er is geen verschil gevonden als het gaat om de cadans.

Dat de contacttijd zou verkorten bij gebruik van een voorvoetlanding lag binnen de verwachtingen. Dat komt ook naar voren bij eerder onderzoek. Dat de duur van de vluchtfase langer is geworden gaat tegen de verwachtingen in net als het uitblijven van een verschil in de cadans. Uit eerder onderzoek blijkt namelijk dat er wel degelijk een verschil is in, de duur van de vluchtfase en cadans. Er is onderzoek gedaan naar onder andere de duur van de contact- en vluchtfase en de cadans bij "barefoot" hardlopen en hardlopen met schoenen aan. Barefoot hardlopen is een manier van hardlopen waarbij er helemaal geen, of heel licht schoeisel ter bescherming van de voeten wordt gedragen. Bij barefoot hardlopen wordt er vaak gebruik gemaakt van een voorvoetlanding in plaats van een haklanding omdat dit het lopen comfortabeler maakt. Dit wordt ook duidelijk gemaakt in het onderzoek van Squadrone *et al.* (2009). In dit onderzoek komt naar voren dat de duur van de contactfase korter is: 0,245 seconden bij barefoot hardlopen en 0,255 seconden bij hardlopen met schoenen. De duur van de vluchtfase is korter: 0,082 tegenover 0,096. De cadans is bij barefoot hoger: namelijk: 182,4 passen per minuut tegenover 172 passen per minuut. Deze resultaten komen overeen met de studie van De Witt *et al.* (2000). Hierin is ook de vergelijking gemaakt tussen barefoot hardlopen en hardlopen met schoenen. Deze resultaten kunnen echter niet helemaal vergeleken worden met de resultaten uit dit onderzoek, omdat in beide onderzoeken de participanten zelf mochten weten welke techniek ze gebruikten. Dat maakt het geen pure vergelijking tussen haklanding en voorvoetlanding. Tevens is hardlopen zonder schoenen verschillend ten opzichte van hardlopen met schoenen. In dit onderzoek hebben de participanten voor beide technieken hetzelfde paar schoenen gebruikt.

Hayes *et al.* (2012) hebben onderzoek gedaan naar de duur van de contactfase bij topatleten die middellange afstanden lopen (800m en 1500m). Hieruit is op te maken dat atleten die gebruik maken van een voorvoetlanding een kortere contactfase hebben dan atleten die gebruik maken van een haklanding. Dit verschil is 0,19 seconden bij $p < 0,001$. Er zijn 27 atleten vergeleken die gebruik maakten van haklanding tegenover 31 die voorvoetlanding gebruikten. Deze resultaten komen overeen met die van Hasegawa *et al.* (2007), hierin is ook een kortere contactfase bij de voorvoetlanding aangetoond, namelijk 0,200 seconden tegenover 0,183 seconden. Er is in beide onderzoeken niet gekeken naar de duur van de vluchtfase of de cadans, waar in dit onderzoek wel naar is gekeken. Tevens gaat het in beide onderzoeken over atleten die op wedstrijd niveau of op topniveau lopen. In dit onderzoek gaat het over de recreatieve loper, hier zou mogelijk een verschil in kunnen zitten. Er is wel gekeken naar de snelheid, gerelateerd aan de techniek die gebruikt wordt. Zowel Hayes *et al.* (2012) als Hasegawa *et al.* (2007) tonen aan dat atleten die een kortere contactfase hebben sneller finishen. Voorvoetlanding zou dus een positief effect kunnen hebben op de loopsnelheid van een atleet. Als er gekeken wordt naar de link met de biomechanica zou dit te verklaren kunnen zijn. Uit onderzoek van Williams *et al.* (1987), Laughton *et al.* (2003) en McClay *et al.* (1995) blijkt dat hardlopers die gebruik maken van haklanding een grotere bewegingsuitslag van de knie laten zien tijdens de contactfase, dit kost meer tijd dan een hardloper die op de voorvoeten land[20, 23, 34]. In het onderzoek van Ardigo *et al.* (1995) wordt duidelijk dat de acceleratiefase bij hardlopers met haklanding langer duurt dan bij hardlopers met voorvoetlanding[35]. Het zou kunnen

zijn dat er bij haklanding meer tijd nodig is voor het bewegingstraject van de knie en het activeren van de spieren die bij elke stap voor de acceleratie zorgen.

In de studie van Deflandre *et al.* (2016) wordt met onder andere de OptoGait gekeken naar de duur van de contactfase bij de haklanding- en voorvoetlandingstechniek. Echter is het doel van de studie niet om deze te vergelijken. Het gaat hierom de vergelijking tussen drie verschillende meetinstrumenten met betrekking tot de duur van de contactfase. Hierbij is een groep participanten gerekruteerd die gebruik maakt van de haklandingstechniek en een aparte groep die gebruik maakt van de voorvoetlandingstechniek. Uit de resultaten blijkt dat de duur van de contactfase korter is bij de voorvoetlanding, op zowel 8km/h als 16km/h. Namelijk 0,303 seconden tegenover 0,328 seconden en 0,216 seconden tegenover 0,226 seconden respectievelijk[36]. Of deze verschillen echter significant zijn is niet onderzocht.

Wanneer de resultaten van al het eerdere onderzoek worden vergeleken met dit onderzoek kan er gesteld worden dat de duur van de contactfase daadwerkelijk korter is bij voorvoetlanding. Of de duur van de vluchtfase daadwerkelijk verkort bij voorvoetlanding zal moeten blijken uit verder onderzoek aangezien resultaten uit eerder onderzoek niet overeenkomen met dit onderzoek. Hetzelfde geldt voor de cadans.

Het is belangrijk om na te gaan wat de beperkingen zijn van dit onderzoek. Aan dit onderzoek hebben 16 participanten meegedaan. Dit is een kleine onderzoekspopulatie voor een kwantitatief onderzoek. Het gevaar is dan ook dat één participant de gemiddeldes erg kan beïnvloeden. In figuur 9 is bijvoorbeeld te zien dat participant 1 de enige is die een hogere cadans laat zien bij haklanding. Terwijl de rest een duidelijk hogere cadans heeft bij voorvoetlanding als we uitgaan van de grafische weergave in figuur 9. Het kan hierdoor zijn dat er geen significant verschil is gevonden terwijl die er wel zou zijn geweest als er een grotere steekproef zou zijn geweest. Hierdoor kunnen de resultaten minder betrouwbaar zijn. Door de kleine steekproef zou het ook kunnen zijn dat er bij drie datasets geen normaalverdeling is gevonden. Het ging hierbij om de duur van de vluchtfase bij haklanding op 8km/h en 9km/h en om de duur van de vluchtfase bij voorvoetlanding op 8km/h. Hierdoor moest er gebruik van een non-parametrische toets worden gemaakt, deze is voorzichtiger in het aantonen van een significant verschil. In dit geval was de Mann-Whitney U test gebruikt. Deze test heeft ongeveer 95% van de statistische kracht ten opzichte van de T-test[32]. Wel is de Mann-Whitney U test erg goed te gebruiken bij een kleinere groeps grootte ($10 > n < 20$).

Bij de analyse van de datasets bleek dat er sommige data ontbraken. Bij de snelheid 8km/h bij haklanding ontbrak bij twee participanten de duur van de vluchtfase en de cadans. Ditzelfde gold voor de duur van de vluchtfase bij één participant bij voorvoetlanding op 8km/h. Dit is te verklaren door het feit dat de OptoGait 3mm boven de loopband staat. Hierdoor wordt dus een fractie eerder dan het werkelijke contact het contact met de LED's onderbroken. Volgens de OptoGait is er dus eerder contact. Dit geldt ook voor de afzet. Deze is later dan de daadwerkelijke afzet. Dit verschil is ook duidelijk zichtbaar wanneer de OptoGait met de Gaitrite wordt vergeleken. De OptoGait laat een langere contactfase zien (+6,1%) en een kortere vluchtfase (-7,6%)[27]. Op een lager tempo, zoals 8km/h, kan het zijn dat participanten de voeten niet hoog genoeg hebben opgetild en blijft het signaal tussen de LED's onderbroken. Dit heeft er waarschijnlijk voor gezorgd dat er geen vluchtfase werd gemeten wat er vervolgens voor zorgde dat er geen cadans berekend kon worden. De ontbrekende data werden geïnterpoleerd, de gemiddelde waarden van de dataset in kwestie werden gebruikt om de ontbrekende data op te vullen. In dit onderzoek met een kleine onderzoekspopulatie kan dat een groot effect hebben op de resultaten, aangezien twee van de 16 waarden niet klopten.

Het laatste punt is het probleem dat niet elke participant een getrainde voorvoetlanding of haklanding heeft. Dit heeft misschien tot gevolg dat de resultaten van de participanten met een ongetrainde voorvoetlanding anders zijn. Williams *et al.* (2000) laat in zijn onderzoek zien dat hardlopers die zonder training van een haklandingstechniek naar een voorvoetlandingstechniek overgaan een langere contactfase laten zien. Zeven van de 16 participanten waren getraind op voorvoetlanding, dus negen participanten hebben het moeten leren tijdens het onderzoek. Het is onmogelijk om zo snel een techniek onder de knie te krijgen. Tevens werd de techniek tijdens het

onderzoek niet gecontroleerd middels beeldmateriaal maar alleen via de klinische blik van de onderzoeker op dat moment. Het zou dus kunnen zijn dat niet elke pas of sessie van de ongetrainde participanten correct werd uitgevoerd. Dit zou invloed gehad kunnen hebben op de resultaten, desalniettemin is er bij de duur van de contactfase op alle drie de snelheden een significant verschil gevonden. Over verandering van de duur van de vluchtfase of cadans bij hardlopers die van techniek moeten veranderen is niks gevonden.

Een sterk punt van dit onderzoek is dat er gemeten is op drie verschillende snelheden. Op deze manier kan er uitgesloten worden of bepaalde resultaten afhangen van een bepaalde snelheid. Er was gekozen om te beginnen bij 8km/h omdat uit onderzoek van Rotstein *et al.* (2005) blijkt dat de snelheid waarbij mensen de voorkeur hebben om van wandelen over te gaan op hardlopen tussen de 7,23 en 7,42km/h ligt[37]. Er kon dan worden uitgegaan dat iedere participant normaal kon hardlopen tijdens het onderzoek. Echter heeft deze snelheid waarschijnlijk wel geleidt tot missende data, omdat sommige participanten hierdoor de voeten niet hoog genoeg optilden. Bij de snelheid 9km/h en 10km/h waren dan ook geen missende data. Wat opvalt is dat hoe hoger de snelheid hoe hoger het significant verschil werd bij de contactfase. Dit zou kunnen komen omdat de comfortabele hardloopsnelheid hoger ligt dan de overgangssnelheid. Ook zou het zo kunnen zijn dat de participanten die niet getraind waren op voorvoetlanding de techniek iets beter onder knie begonnen te krijgen. Aangezien er begonnen werd op 8km/h en geëindigd op 10km/h en ze dus meer tijd hadden om te oefenen. Echter is dit in de overige resultaten niet terug te zien.

De OptoGait heeft in verschillende onderzoeken laten zien dat het een betrouwbaar en valide meetinstrument is. Er kan van worden uitgegaan dat de gevonden resultaten kloppen. In alle drie de onderzoeken die er gedaan zijn naar de betrouwbaarheid en validiteit van de OptoGait komt naar voren dat de correlatie sterk ($0.70 < r < 0.89$) tot zeer sterk ($0.90 < r < 1.00$) is [38]. Echter hebben deze resultaten alleen betrekking tot de gangcyclus bij wandelen. Met behulp van de OptoGait is er nog geen onderzoek gedaan naar de betrouwbaarheid bij de gangcyclus van het hardlopen.

Conclusie

Wat is het verschil bij gezonde jongvolwassenen tussen hardlopen met haklanding en hardlopen met voorvoetlanding als het gaat om de duur van de contactfase, de vluchtfase en de cadans?

De duur van de contactfase bij hardlopers met voorvoetlanding is korter dan bij hardlopers met haklanding. De vluchtfase is op 9km/h langer bij voorvoetlanding. Echter kan dit gemeten verschil niet zo sterk onderbouwd worden als het verschil bij de contactfase. Er is geen verschil gevonden als het gaat om de cadans.

In de praktijk geeft dit onderzoek kennis en inzicht over het hardlopen met verschillende technieken. De fysiotherapeut kan deze kennis gebruiken om het hardlopen beter te beoordelen en te optimaliseren. De uitslag van dit onderzoek kan gebruikt worden in vervolgonderzoek om beter de link te leggen met bijvoorbeeld de biomechanica. Dit geeft de fysiotherapeut meer kennis om nóg specifiekere op te kunnen treden in de praktijk. Dit is dan ook sterk aan te bevelen.

Tevens is het aan te bevelen om in een vervolgonderzoek een grotere groep participanten te gebruiken. Op deze manier is de invloed van één enkel individu niet zo groot en zal een gevonden resultaat betrouwbaarder zijn. Het zal hierbij helpen om een groter aantal participanten die getraind zijn op voorvoetlanding te rekruteren. Aangezien er niet van participanten kan worden verwacht dat ze zonder training de juiste techniek laten zien. Tevens is het aan te bevelen om in het vervolg hogere snelheden te gebruiken om de verschillen aan te tonen. Een te lage snelheid brengt problemen met zich mee. Het zou interessant zijn om te weten wat er gebeurt bij snelheden boven de 10km/h. Tot slot zou de techniek beter gecontroleerd kunnen worden met behulp van videocontrole. Mocht er gebruik worden gemaakt van participanten die ongetraind zijn op een bepaalde techniek kan er via video gecontroleerd worden of de techniek klopte en de datasets gebruikt kunnen worden.

Literatuurlijst:

1. Stam, C., *Hardloopblessures blessurecijfers 2014*. 2014, VeiligheidNL: Amsterdam.
2. Eichner, E.R., *Exercise and heart disease: epidemiology of the "exercise hypothesis"*. The American journal of medicine, 1983: p. 1008-1023.
3. Hartung, G.H., *Jogging: the potential for prevention of heart disease*. Comprehensive therapy, 1980: p. 28-32.
4. Powell, K.E. and R.S. Paffenbarger, *Workshop on epidemiologic and public health aspects of physical activity and exercise: a summary*. Public Health Reports, 1985: p. 118.
5. Taunton, J.E., et al., *A prospective study of running injuries: the Vancouver Sun Run "In Training" clinics*. British journal of sports medicine, 2003: p. 239-244.
6. Clough, P.J., J. Shepherd, and R.J. Maughan, *Marathon finishers and pre-race drop-outs*. British journal of sports medicine, 1989: p. 97-101.
7. Ooyendijk, W.T.M. and v.L. Agt, *Preventie van hardloopblessures*. Geneeskunde en sport, 1990: p. 146-151.
8. James, S.L., B.T. Bates, and L.R. Osternig, *Injuries to runners*. Am J Sports Med, 1978: p. 6:40–50.
9. Hasegawa, H., T. Yamauchi, and W.J. Kraemer, *Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon*. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2007: p. 888–893.
10. Kerr, B.A., et al., *Footstrike patterns in distance running*, in *Biomechanical Aspects of Sport Shoes and Playing Surfaces: Proceedings of the International Symposium on Biomechanical Aspects of Sport Shoes and Playing Surfaces*. 1983, Calgary University Press: Calgary. p. 42–138.
11. Williams, D.S., I.S. McClay, and K. Manal, *Lower extremity mechanics in runners with a converted forefoot strike pattern*. Journal of Applied Biomechanics, 2000: p. 210-218.
12. Lieberman, D.E., M. Venkadesan, and W.A. Werbel, *Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runner*. Nature, 2010: p. 463:531.
13. Wit, B.d., D.d. Clercq, and P. Aerts, *Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running*. Journal of Biomechanics, 2000: p. 269–278.
14. Chi, K.J. and D.D. Schmitt, *Mechanical energy and effective foot mass during impact loading of walking and running*. Journal of Biomechanics, 2005: p. 1387-1393.
15. Burkett, L.N., W.M. Kohrt, and R. Buchbinder, *Effects of shoes and foot orthotics on $\dot{V}O_2$ and selected frontal plane knee kinematics*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 1985: p. 158–163.
16. Divert, C., et al., *Barefoot–shod running differences: shoe or mass effect?* International Journal of Sports Medicine 2008: p. 512–518.
17. Squadrone, R. and C. Gallozzi, *Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced bare-foot runners*. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 2009: p. 6–13.
18. Hayes, P. and N. Caplan, *Foot strike patterns and ground contact times during high-calibre middle-distance races*. Journal of Sport Sciences, 2012: p. 1275-1283.
19. Oakley, T. and D.J. Pratt, *Skeletal transients during heel and toe strike running and the effectiveness of some materials in their attenuation*. Clinical Biomechanics, 1988: p. 159-165.
20. Laughton, C.A., I. McClay-Davis, and J. Hamill, *Effect of strike pattern and orthotic intervention on tibial shock during running*. Journal of Applied Biomechanics, 2003: p. 153–168.
21. Cavanagh, P.R. and M.A. LaFortune, *Ground reaction forces in distance running*. Journal of Biomechanics, 1980: p. 397–406.
22. Munro, C.F., D.I. Miller, and A.J. Fuglevand, *Ground reaction forces in running: A reexamination*. Journal of Biomechanics, 1987: p. 147–155.

23. McClay, I.S. and K.T. Manul. *Lower extremity kinetic comparisons between forefoot and rearfoot strikers*. in *Conference Proceedings: 19th Annual Meeting of the ASB*. 1995. Stanford CA: Davis, CA: UC- Davis.
24. Stackhouse, C.L., I.M. Davis, and J. Hamill, *Orthotic intervention in forefoot and rearfoot strike running patterns*. *Clinical Biomechanics*, 2004: p. 64-70.
25. Vries, d.C., et al., *KNGF Beroepsprofiel Fysiotherapeut*. 2014, Koninklijk Nederlands Genootschap voor Fysiotherapie: Amersfoort.
26. Lee, M.M., et al., *Concurrent validity and test-retest reliability of the OptoGait photoelectric cell system for the assessment of spatio-temporal parameters of the gait of young adults*. *Journal of Physical Therapy Science*, 2014: p. 81-85.
27. Lienhard, K., D.M. Schneider, and A. Nicola, *Validity of the Optogait photoelectric system for the assessment of spatiotemporal gait parameters*. *Medical engineering & physics*, 2013: p. 500-504.
28. Gomez, B.A., V. Becerro-de-Bengoa, and M.E. Losa-Iglesias, *Reliability of the OptoGait portable photoelectric cell system for the quantification of spatial-temporal parameters of gait in young adults*. *Gait & Posture*, 2016: p. 196-200.
29. West, S.G., J.F. Finch, and P.J. Curran, *Structural equation models with nonnormal variables: problems and remedies*, in *Structural equation modeling: Concepts, issues and applications*. 1995, Sage: Newbery Park, CA. p. 56–75.
30. Razali, N.M. and Y.B. Wah, *Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Liliefors and Anderson-Darling test*. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2011: p. 21-33.
31. Shapiro, S.S. and M.B. Wilk, *An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)*. *Biometrika*, 1965: p. 591-611.
32. Landers, J., *Quantification in History, Topic 4 : Hypothesis Testing II-Differing Central Tendency*. 1981, Oxford: All Souls College.
33. Siegel, S. and N.J. Castellan, *Nonparametric statistics for the behavioral sciences, second edition*. 1988, États-Unis: McGraw-Hill book company.
34. Williams, K.R. and P.R. Cavanagh, *Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance*. *Journal of Applied Physiology*, 1985: p. 1236-1245.
35. Ardigò, L.P., et al., *Metabolic and mechanical aspects of foot landing type, forefoot and rearfoot strike, in human running*. *Acta Physiologica Scandinavica*, 1995: p. 17–22.
36. Deflandre, D., et al., *A Comparison of 3D Methods for Identifying the Stance Phase in Treadmill Running for Both Rearfoot and Forefoot Runners*. *Journal of Sports Science*, 2016: p. 124-131.
37. Rotstein, A., et al., *Preferred transition speed between walking and running: effects of training status*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2005: p. 1864-1870.
38. Munro, B.H., M.A. Visintainer, and E. Batten, *Statistical methods for health care research*. 2005, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.