

Fontys Paramedische Hogeschool

Podotherapie

Hardlopen: met of zonder schoenen?

Carolien Lemmens

Opleiding: Podotherapie

Studentnummer: 2187796

Telefoonnummer: 06.42288706

Email: carolien.lemmens@student.fontys.nl

Begeleider: Henk Bronts

Opdrachtgever: Anja de Koning

- september 2016 –

Samenvatting:

Inleiding: Hardlopen is de laatste jaren gestegen in populariteit. Ook blootvoets hardlopen is daarbij heel populair. Er wordt in verschillende literatuur gesteld dat een hardloopschoen weinig functie heeft met betrekking tot schokdemping, maar kan er dan zomaar op blote voeten gerend worden? In dit systematisch literatuuronderzoek werd onderzocht wat de verschillen zijn tussen blootvoetse en geschoeide hardlopers wat betreft krachten op en bewegingen van de voet en het onderbeen, tijdens de landingsfase.

Methode: Er werd gezocht in 3 databases. Dit waren: Pubmed, Sportdiscus en Biep.nu. Uit de 1829 gevonden studies zijn er 10 geïncludeerd. Inclusie criteria waren full-tekst artikelen uit 2010-nu. Aan de onderzoeken nemen minimaal 10 deelnemers deel, met recreatieve hardloopervaring, geen professionele hardlopers. De 10 artikelen werden op kwaliteit beoordeeld en de resultaten uit de studies werden verwerkt in een data-extractie tabel.

Resultaten: Uit het onderzoek kwam naar voren dat er tijdens het blootvoets hardlopen meer plantairflexie ontstaat in de enkelhoek waardoor er meer op de voorvoet wordt geland. Dit heeft consequenties voor de loading rate. Deze neemt af voor voorvoetlanders blootvoets, maar fors toe voor hiellanders blootvoets. Verder is er een afname van de activiteit van de m. tibialis anterior in de pre-activatie fase en een toename van de m. gastrocnemius.

Conclusie: Het advies is dan ook om middels een trainingsprogramma te starten met blootvoets hardlopen. Hiermee worden toekomstige blessures vermeden of juist al aanwezige blessures niet verergerd. Voor de podotherapeut biedt dit onderzoek inzicht in hardloopschoeisel en het nut ervan. Via deze resultaten kan de podotherapeut een beter advies geven aan hardlopers die overwegen om aan blootvoets hardlopen te beginnen en de eventuele risico's ervan in kaart brengen.

Abstract:

Introduction: There has been an increase in the popularity of running. Also barefoot running has been proven to be popular. Different literature states that the running shoe does not have any function with regard to shock absorption. But does this mean you can start running barefoot? In this systematic review article the difference between barefoot running and shod running as to forces and movements of the foot and the lower leg, during initial contact was investigated.

Methods: This research used 3 databases. These were: Pubmed, Sportdiscus and Biep.nu. Out of the 1829 found studies 10 were included. Inclusion criteria were full-text articles from 2010-now. Minimum number of participants were 10 with recreational running experience. No professional runners were included. The 10 articles were rated on quality and the results from the studies were processed in a data extraction table.

Results: The literature survey showed that during barefoot running there is a more increase of plantair flexion in the ankle angle allowing a forefoot landing. This has consequences for the loading rate. Loading rate decreases with a forefoot strike in barefoot running but increases with a rear foot strike barefoot running. Furthermore, there is a reduction in the activity of the m. tibialis anterior in the pre-activation phase. There is an increase of the m. gastrocnemius.

Conclusion: The advice for a runner who wants to start barefoot running is to start with a training program. Thus preventing future injuries or not aggravate existing injuries. For the podiatrist this research gives insight into running footwear and its usefulness. Through these results the podiatrist can give better advice to runners who want to start barefoot running and identify possible risks.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	5
2. Methode	6
2.1 Zoekstrategie	6
2.2 Kwaliteitsbeoordeling	7
2.3 Data-extractie	8
3. Resultaten	8
3.1 Selectie van de artikelen	8
3.2 Kwaliteitsbeoordeling	10
3.3 Data-extractie	12
3.4 Instructie van de deelnemers	18
3.5 Initial contact	18
3.6 Enkelhoek	18
3.7 Krachten	19
3.8 Elektromyografie	20
4. Discussie	20
5. Conclusie	23
Literatuurlijst	25

1 Inleiding

De populariteit van hardlopen is de laatste jaren enorm gestegen.¹ Steeds meer mensen kiezen ervoor om een sport te beoefenen buiten de sportschool, waarbij hardlopen een goedkoop alternatief kan zijn. Naast de vele gezondheidsvoordelen van hardlopen, is het tevens een van de meest blessuregevoelige sporten, met name bij beginnende ofwel ongetrainde sporters.²⁻³⁻⁴ Er zijn de laatste jaren vele onderzoeken verricht naar de oorzaak van deze blessures en naar preventie maatregelen.³⁻⁴ Hierbij spelen hardloopschoenen een belangrijke rol. Decennia lang wordt er gezocht naar de perfecte hardloopschoen vanwege de mogelijke relatie met blessures.³⁻⁴ Hardlopen op blote voeten, het zogenoemde 'barefoot running', wordt steeds populairder.⁴⁻⁵⁻⁶ Voor ongetrainde of minder ervaren hardlopers die beginnen met een intensief trainingsprogramma, kan de keuze voor schoeisel of juist blootvoets hardlopen van invloed zijn op de kansen op blessures.⁷

Tijdens het hardlopen kunnen krachten bij een gemiddelde snelheid van veertien kilometer per uur tot wel 2,5 tot 3 keer groter worden dan tijdens het wandelen.³ Tijdens de landingsfase, bestaande uit het initial contact en loading respons, ontstaat er een vergrootte kracht op de voet en deze kracht is voor veel hardlopers de reden voor een blessure.³ Schokdemping lijkt dan ook een belangrijk onderdeel van een hardloopschoen.^{1-2-3,8} Echter, wanneer deze schokdemping niet toereikend is, neemt de kans op (stress)fracturen, fasciitis plantaris en patellofemoraal pijnsyndroom toe.^{2,4-5,7} Volgens het artikel schokdemping en schoenzolen van C. Riezebos is schokdemping in een hardloopschoen nauwelijks van invloed.⁹ Hierin wordt gesteld dat schokdemping vrijwel geheel tot stand komt door inverting van de gewrichten in onder andere enkel, knie en heup.⁹ De musculatuur remt dit inveren af door een excentrische contractie van spieren. De schokdemping in een schoen zou zo minimaal zijn dat het niets voorstelt in vergelijking met het schokdempingsmechanisme van de mens.⁹ Dit zou betekenen dat er qua schokdemping geen verschil is tussen op blote voeten hardlopen en geschoeid hardlopen. Zodra een hardloper een schoen aantrekt zal het afwikkelproces van de voet veranderen en daarmee het initial contact en de externe kracht verdeling op de voet. Een vraag die hierbij naar voren komt is of de schoen schokdemping kan geven als het afwikkelproces verandert.

In verschillende literatuur is er weergegeven dat kinematisch het looppatroon bij geschoeide hardlopers meer een hiellanding zal laten zien.⁴⁻⁵⁻⁶ Hiellanders maken eerst contact met de achtervoet en plaatsen daarna de metatarsus op de grond.³⁻⁴ Ook wel hiel-teen landing genoemd. Bij blootvoets hardlopen is bekend dat hierbij een middenvoet of voorvoet landing ontstaat.⁴⁻⁵⁻⁶⁻⁷ Tijdens de middenvoet landing wordt er met de gehele voet, op ongeveer dezelfde tijd, contact gemaakt met de grond.³⁻⁴ De voorvoet landing maakt een eerste contact met de capituli van de metatarsalia en dan pas de hiel.³⁻⁴ Ook wel teen-heel landing genoemd. Gezien deze verschillende vormen van landingspatronen, heeft dit gevolgen voor de belasting van musculoskeletale structuren.⁵ Het is daarom interessant te weten wat er tijdens het initial contact en loading response gebeurt in die musculoskeletale structuren. Dit zou kunnen verklaren wat het verschil in loopstijl tussen blootvoets hardlopers en geschoeide hardlopers tot stand brengt. Om de grootte en de aard van belastingen van

deze structuren tijdens de landing bij hardlopen te weten zijn biomechanische rekenmodellen nodig. In dit onderzoek ligt de focus op de externe krachten en bewegingen bij zowel geschoeid als blootvoets hardlopen. Hiermee ontstaat er een eerste opzet om inzicht te krijgen in de verschillen in krachten en bewegingen tussen de beide vormen van hardlopen. Met deze informatie kan de podotherapeut meer kennis verkrijgen over hardloopschoeisel en daardoor gerichter schoenadvies geven aan toekomstige hardlopers met betrekking tot training van de juiste hiel- of voorvoetlanding en schokdemping.

Dit brengt ons tot de vraag van dit literatuuronderzoek; Wat zijn de verschillen tussen blootvoetse en geschoeide hardlopers wat betreft krachten op en bewegingen van de voet en het onderbeen, tijdens de landingsfase?

2 Methode

2.1 Zoekstrategie

Om een duidelijk beeld te verkrijgen of er verschillen zijn tussen blootvoetse en geschoeide hardlopers wat betreft de krachten op en bewegingen van de voet en het onderbeen tijdens de landingsfase werd er een systematische literatuurstudie uitgevoerd. Er werd gebruik gemaakt van drie databases. De sport database Sportdiscus, de medische database Pubmed en de database van Fontys Hogeschool biep.nu. De zoekactie vond plaats op 18, 21 en 27 april 2016.

Hierbij zijn de volgende zoekacties gebruikt:

Voor biep.nu

- (Barefoot running OR shod running) AND (running shoes OR athletic shoes OR sports shoes) AND (foot strike OR strike pattern) AND (kinematics OR kinetics)
- (running) AND (impact OR force) AND foot strike AND (sport shoes OR athletic shoes OR running shoes) AND initial contact)

Voor Pubmed

- (barefoot running OR shod running) AND (running shoes OR athletic shoes OR sports shoes) AND (foot strike OR strike pattern) AND (kinematics)
- (running[MeSH Terms]) AND (impact OR force) AND (foot strike) AND (sport shoes OR athletic shoes OR running shoes) AND (initial contact)

Voor Sportdiscus

- (barefoot running OR shod running) AND (running shoes OR sports shoes OR athletic shoes) AND (foot strike OR strike pattern) AND (kinetics) AND (kinematics of running)
Thesaurus termen: running/runners/athletic shoes/running shoes/kinematics
- (running) AND (barefoot running) AND (impact OR force) AND (foot strike) AND (sport shoes OR athletic shoes OR running shoes) AND (initial contact)

Thesaurus termen: running/barefoot running/kinematics/kinematics in sports/running shoes/athletic shoes/biomechanics/ runners(sports)

In de databank van Sportdiscus kunnen geen MESH-termen gebruikt worden, maar hier werd thesaurus gebruikt om de zoekactie te specificeren. Met de thesaurus is de zoekactie te specificeren naar de termen die daadwerkelijk in een publicatie worden gebruikt en niet alleen zijdelings worden benoemd.

De volgende inclusiecriteria waren van toepassing op de zoekactie en uiteindelijk de artikelen; de literatuur is gepubliceerd van 2010 tot nu om de meest recente informatie te verkrijgen. Verder werd er gezocht in full-tekst artikelen. Het aantal participanten waren er 10 of meer. De deelnemers moesten recreatieve hardlopers zijn, waarbij er een mate van ervaring wordt benoemd. Dit om de echte beginnelingen uit te sluiten die bijvoorbeeld in een opwelling zijn begonnen met hardlopen en nog zoekende zijn naar een voor hun geschikte sport. Professionele hardlopers werden geweerd, omdat deze looptraining krijgen en technische loopstijlen kennen. De artikelen waren in de Nederlandse of Engelse taal geschreven of vertaald. Er wordt in de artikelen een vergelijking gemaakt tussen blootvoets en geschoeid hardlopen. Verder werden RCT's, CCT's en observationele studies geïnccludeerd. Vervolgens wordt er in de artikelen aangegeven of de gevonden verschillen significant zijn.

Na de zoekactie werden de onderzoeksartikelen geselecteerd op titel. Als een titel 1 of meerdere woorden van de zoekactie bevatte, werd dit artikel geselecteerd. Nadat dit bij alle drie de zoekmachines werd gedaan, zijn de samenvattingen van de geselecteerde artikelen gelezen. Op basis van de samenvatting werd beoordeeld of de artikelen leken te voldoen aan de inclusiecriteria. De overgebleven artikelen werden volledig gelezen, waarbij er nogmaals werd gecontroleerd of het artikel voldeed aan de in- en exclusiecriteria. Als het artikel een antwoord of gedeeltelijk antwoord gaf op de onderzoeksvraag werd het artikel geselecteerd. Ook werd de literatuurlijst van de geselecteerde artikelen doorgenomen om hierin te zoeken naar andere relevante en aanvullende literatuur die in de zoekactie niet naar boven zijn gekomen.

2.2 Kwaliteitsbeoordeling

De gevonden literatuur werd op kwaliteit beoordeeld door de auteur van dit systematisch literatuur onderzoek. Omdat andere beoordelingslijsten niet op alle geïnccludeerde onderzoeksdesigns van toepassing waren is er een beoordelingslijst zelfstandig samengesteld uit de elementen van andere bestaande vragenlijsten. Op deze manier zijn de artikelen voor dit onderzoek op kwaliteit beoordeeld. Deze beoordelingslijst werd samengesteld met behulp van de Cochrane lijst voor CCT design en het boek praktijkgericht onderzoek in de (para)medische zorg van Wouters et al. Uit het laatste boek zijn criteria voor observationeel onderzoek gehaald. De volgende criteria zijn gebruikt voor de kwaliteitsbeoordeling: belangrijkste kenmerken van deelnemers zijn duidelijk beschreven, selectieproces deelnemers omschreven, betrouwbaarheid van de meetinstrumenten, validiteit van de

uitkomstmeting en beoordelaars betrouwbaarheid. Omdat er veelal resultaten van metingen uit de onderzoeken voor dit artikel werden gebruikt, lag de nadruk in de kwaliteitsbeoordeling hierop.

De criteria werden beoordeeld als voldaan of niet voldaan. Er kon een totaal score van 5 behaald worden. Dit was een 100% score. De scores werden ingedeeld naar de volgende uitkomsten: 1-2 score zwak, 3-4 score voldoende, 5 score goed. Aan deze scores werd een percentage toegekend van het aantal punten waarop zwak, voldoende of goed gescoord werd.

2.3 Data-extractie

De uitkomsten van de literatuur zijn verwerkt in een data-extractie tabel. De variabelen voor de tabel zijn: auteur/jaartal, deelnemers aantal en man/vrouw, instructie ontvangen over blootvoets hardlopen, uitgevoerde meting. Dan is er een onderverdeling gemaakt in geschoeid en blootvoets hardlopen zodat deze vergelijkbaar waren. De variabelen die vergeleken werden zijn: initial contact, enkelhoek, krachten en elektromyografie. Onder initial contact vallen de verschillende manieren van landing van de voet op de grond. Hoe veranderde dit tijdens blootvoets hardlopen? Bij de enkelhoek werd de hoek van de voet ten opzichte van het onderbeen bestudeerd. Voor de krachten werden met name de loading rate en piekkrachten vergeleken en onder elektromyografie de m. tibialis anterior (TA) en m. gastrocnemius (GAS) besproken. Dit was interessant omdat deze spieren interne krachten uitoefenen in de voet. Door de activiteit van de spieren geven zij een tegengestelde reactie op de externe krachten en bewegingen van de voet. Aan de hand van deze gegevens werden de gegevens geïnterpreteerd en werd de onderzoeksvraag beantwoord.

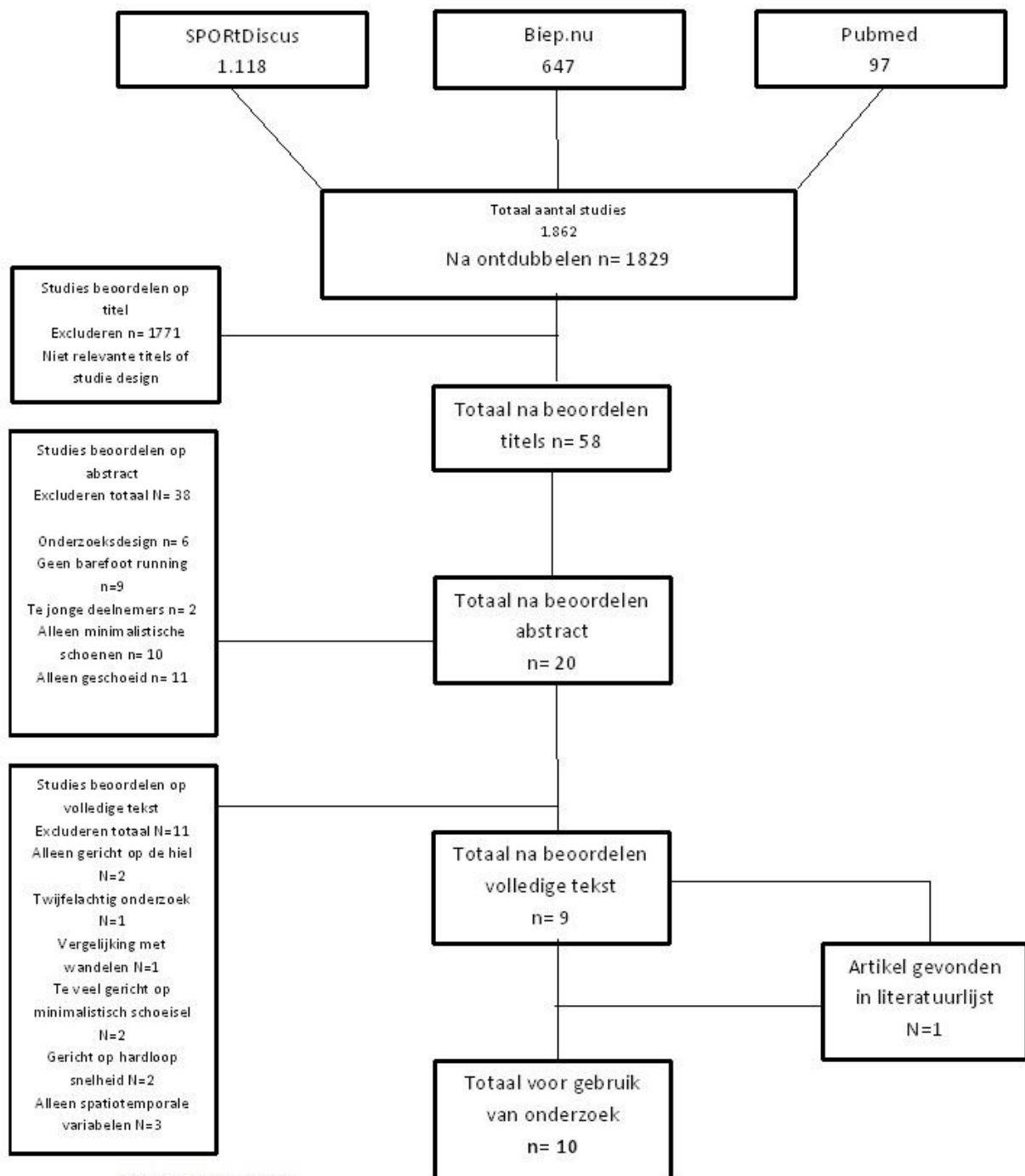
3 Resultaten

3.1 Selectie van de artikelen

De zoekactie naar een antwoord op de vraag wat de verschillen zijn tussen blootvoetse en geschoeide hardlopers wat betreft de krachten op en bewegingen van de voet en het onderbeen tijdens de landingsfase gaf een totaal van 1.862 artikelen. (figuur 1) Hiervan zijn er 1.118 uit Sportdiscus, 647 uit Biep.nu en 97 uit Pubmed. Na het ontdebellen bleven er 1.829 artikelen over. Vervolgens werd er beoordeeld op de titels van de artikelen, er bleven 58 artikelen over. Onderzoeken werden geëxcludeerd omdat er een ander soort studie design werd gebruikt of er een niet relevante titel aanwezig was. Bijvoorbeeld een niet aan hardlopen gerelateerd onderwerp. Bij de 58 overgebleven artikelen werd op basis van de samenvatting beoordeeld of de artikelen leken te voldoen aan de inclusiecriteria. Bij 2 onderzoeken waren de deelnemers adolescenten en bij 30 onderzoeken werd alleen geschoeid, minimalistisch schoeisel of alleen blootvoets hardlopen onderzocht. Hierbij werd geen vergelijking gemaakt. De overige 6 onderzoeken vielen qua studiedesign buiten de inclusiecriteria. Er bleven 20 artikelen over.

De 20 overgebleven onderzoeken werden op full-tekst beoordeeld. 11 artikelen werden geëxcludeerd. Veelal omdat er geen vergelijkbare meting werd gedaan (4). Uiteindelijk zijn er 9 artikelen

geselecteerd en werd er nog 1 artikel toegevoegd uit de literatuurlijst van een geselecteerd artikel. Er werd meerdere malen in verschillende artikelen naar dit onderzoek verwezen waardoor er is besloten dit onderzoek ook te includeren.



Figuur 1: Flowchart

3.2 Kwaliteitsbeoordeling

De resultaten van de kwaliteitsbeoordeling zijn weergegeven in tabel 1. Hierin is te zien dat alle onderzoeken beoordeeld zijn als voldoende voor dit onderzoek. Met de nadruk op 'voor dit onderzoek' aangezien de kwaliteitsbeoordeling specifiek voor dit onderzoek is samengesteld. Er is 1 artikel als 100% beoordeeld.¹⁰ Dit wil zeggen dat het voldoet aan alle kwaliteitscriteria. Vervolgens zijn er zes artikelen met 80% beoordeeld.^{6,11-12-13-14-15} Deze artikelen missen 1 punt in de kwaliteitsbeoordeling. Zo werd er in twee onderzoeken gebruik gemaakt van de eigen hardloopschoenen en in een derde artikel werd niet vermeld wie de vijf markers op het linkerbeen plaatsten. Drie artikelen werden beoordeeld als voldoende met 60%.^{5,16-17} Ook bij deze artikelen werd niet duidelijk beschreven wie de meting uitvoert en dat iedere meting door de zelfde onderzoeker werd uitgevoerd. Bij één onderzoek werd het selectie proces niet beschreven.¹⁶ Hier was onduidelijk of hardlopers met blessures wel of niet werden geëxcludeerd. Verder werd in 1 artikel gebruik gemaakt van eigen hardloopschoenen.⁵

Tabel 1. Kwaliteitsbeoordeling

Auteurs/ jaartal	Studie design	Belangrijke kenmerken van deelnemers zijn duidelijk beschreven.	Selectieproce- s deelnemers omschreven.	Betrouwbaar- heid van de meetinstru- menten.	Validiteit van de uitkomst eti- ng.	Beoordelaars betrouwbaar- heid	Score/ percentage
Hashish R. et al. 2015	CCT	✓	✓	✓	✓	✓	5/ 100%
Khowailed I.A. et al. 2015	CCT	✓	✓	✓	-	✓	4/ 80%
McCallion C. et al. 2014	Observa- tioneel onder- zoek	✓	✓	✓	-	✓	4/ 80%
Fredericks W. et al. 2015	Observa- tioneel onder- zoek	✓	✓	✓	-	✓	4/ 80%
Lieberman D. E. et al. 2010	CCT	✓	✓	✓	✓	-	4/ 80%
Cheung R.T.H. et al. 2014	CCT	✓	✓	✓	-	✓	4/ 80%
Shih Y. et al. 2013	Observa- tioneel onder- zoek	✓	✓	✓	-	✓	4/ 80%
Utz-Meagher C et al. 2011	Observa- tioneel onder- zoek	✓	-	✓	✓	-	3/ 60%
Dolenec A. et al. 2015	CCT	✓	✓	-	✓	-	3/ 60%
Thompson M.A. et al. 2015	Observa- tioneel onder- zoek	✓	-	✓	-	✓	3/ 60%

✓ = voldoet aan de eis

- = voldoet niet aan de eis

Score = 5 goed 3-4 voldoende 1-2 zwak

3.3 Data-extractie

In tabel 2 is de data-extractie van de onderzoeksresultaten uit de artikelen te zien. Er werd een onderverdeling gemaakt in geschoeid hardlopen en blootvoets hardlopen. Hierbij werden initial contact, enkelhoek en krachten vergeleken. De meest gebruikte meetinstrumenten zijn (3D) bewegingsanalyse en een krachtenplatform. Verder werd er door 2 artikelen gebruikt gemaakt van een elektromyografie (EMG).^{6,11} Hierbij werd de m. gastrocnemius en m. tibialis anterior getest. Voor een duidelijk overzicht zullen de resultaten uit de data-extractie tabel worden toegelicht per onderdeel.

De afkortingen gebruikt in de data-extractie worden hier ter verduidelijk toegelicht:

HL= hiellanding

MVL= middenvoetlanding

VVL= voorvoetlanding

GHL= geen hiellanding

* = significantie aanwezig

BW= Body weight

BW/s= Body weight per seconde

N= Newton

mV= millivolt

				Uitkomst geschoeid				Uitkomst blootvoets				
Auteur/ jaartal	Deel nemers	Instru- ctie ja/nee	Meet instrumen t	Initial contact	Enkel hoek	Krachten	EMG	Initial contact	Enkel hoek	Krachten	EMG	Conclusie
Hashish R. et al. 2015	N = 22 • Man 9 • Vrouw 13	Nee	3D bewegings Analyse Krachten platform	HL 22 personen	Plantairflexie van de enkel tijdens initial contact HL: 15,4±3,2° MVL: 14,5±3,3° VVL: 14,5±2,5	Loading rate(BW/s) HL:114±44 MVL: 103±36 VVL: 108±24		HL 8 personen MVL 9 personen VVL 5 personen	Toename enkel plantairflexie tijdens initial contact. HL*: 8,4±2,8° MVL*: 20,4±8,4° VVL*: 22,8±3,	Loading rate(BW/s)* HL:238±74 MVL: 103±73 VVL: 64±19		HL tijdens blootvoets rennen geeft hogere loading rate en meer kans op blessures. Blootvoets rennen met VVL minder loading rate. Blootvoets hardlopen geeft meer plantair flexie in de enkel.
Khowailed I.A. et al. 2015	N = 12 • Vrouw 12	Ja	Elektro myografie: m. tibialis anterior (TA) m. gastroc nemius lateralis (GAS) Loopband met geïntegree rde drukmat	HL 12 personen		Impact kracht(BW) HL: 1,39±0,47 Loading rate(BW/s) HL: 38,33±5,01	EMG Pre- activatie TA*:55,37± 10,25mV GAS*: 18,63± 4,70mV EMG standfase TA*: 27,15± 10,22mV GAS*: 46,40± 16,07mV	VVL 12 personen (aan- geleerd)		Impact kracht(BW)* VVL: 0,60±0,14 Loading rate(BW/s)* VVL: 24,27±4,09	EMG pre- activatie TA:15,52± 3,77mV GAS: 60.02±11,32 mV EMG standfase TA: 13,36± 6,26mV GAS: 77,42± 8,57mV	Zes weken trainings- program ma laat een reductie van activiteit van de TA zien en significant verlaging in loading rate.

				Uitkomst geschoeid					Uitkomst blootvoets				
Auteur/ jaartal	Deel nemers	Instructi e ja/nee	Meet instrumen t	Initial contact	Enkel hoek	Loading rate	EMG	Initial contact	Enkel hoek	Loading rate	EMG	Conclusie	
McCallion C. et al. 2014	N = 14 • Man 14	Nee	3D bewegings analyse Krachten platform	HL: 5 personen MVL: 6 personen VVL: 3 personen				HL: 3 personen MVL: 8 personen VVL: 4 personen				Geen sig- nificantie aanwezig van de geteste condities.	
Fredericks W. et al. 2015	N = 26 • Man 13 • Vrouw 13	Nee	Beweging sanalyse					Plantairflexie in HL blootvoets hoger vs geschoeid, maar nog steeds hoger in VVL blootvoets.	Hardloop schoenen hebben geen effect op buiging van de knie, maar snelheid wel. Hogere snelheid geeft meer flexie.			Hardloop schoenen alleen hebben effect op de enkel hoek en heeft daarmee effect op initial contact. Hardloop schoenen hebben geen effect op de knie	

				Uitkomst geschoeid				Uitkomst blootvoets				
Auteur/ jaartal	Deel nemers	Instructi e ja/nee	Meet instrumen t	Initial contact	Enkel hoek	Krachten	EMG	Initial contact	Enkel hoek	Krachten	EMG	Conclusie
Lieberman D.E. et al. 2010	N = 30 • Man 26 • Vrouw 4	Nee	3D bewegings analyse Krachten platform	Groep 1 HL: 100% (geschoeide hardlopers uit USA) Groep 2 HL: 29% MVL: 18% VVL: 54% (Geschoeide hardlopers uit Kenia/blootsv oets opgegroeid) Groep 3 HL: 50% MVL: 13% VVL: 37% (Blootvoetse hardlopers uit USA/ geschoeid opgegroeid)	Plantair/ dorsaal flexie(-) enkel Groep 1: -9,3±6,5° Groep 2: 15,0±6,7° Groep 3: 8,1±15,9°	Impact kracht(BW) HL: 1,74±0,45 Loading rate(BW/s) HL: 69,7± 28,7		Groep 1 HL: 83% MVL: 17% Groep 2 HL: 9% VVL: 91% Groep 3 HL: 25% VVL: 75%	Plantair/ dorsaal flexie(-) enkel Groep 1: 0.2±3.0° Groep 2: 18,6±7,7° Groep 3: 17,6±5,8°	Impact kracht(BW) HL: 1,89±0,72 VVL: 0,58±0.21 Loading rate(BW/s) HL: 463,1±141,0 VVL: 64,6±70,1		Plantair flexie blootvoets neemt toe en VVL tijdens blootvoets rennen geeft minder grond reactie krachten dan HL in hardloop schoenen. Hardloop schoenen hebben ons laten wennen aan comfort en geeft slechte pro prioceptie.
Cheung R.T.H. et al. 2014	N = 30 • Man 18 • Vrouw 12	Nee	Loopband met geïntegreerde drukmat	HL: 99,5± 1,8%		Gemiddelde loading rate(BW/s) 83,9±4,54		HL*: 20,5± 29,8% Gemixt landings- patroon: 10 deel nemers		Gemiddelde loading rate(BW/s) 69,9±4,77*		Verandering van landings- patroon gaat niet vanzelf. Rekening houden met loading rate tijdens een gemixte landing.

				Uitkomst geschoeid				Uitkomst blootvoets				
Auteur/ jaartal	Deel nemers	Instructi e ja/nee	Meet instrumen t	Initial contact	Enkel hoek	Krachten	EMG	Initial contact	Enkel hoek	Krachten	EMG	Conclusie
Shih Y. et al. 2013	N = 12 • Man 12	Ja	3D bewegings analyse 4 weeg- cellen onder loopband Elektro myografie Tibialis anterior (TA) Gastroc nemius (GAS)		Enkel hoek HL: 10,80±3,78° VVL: -10,05±3,66°	Loading rate(BW/s) HL: 36,88±6,99 VVL: 25,79±4,12	EMG HL Pre-activatie TA:48,59± 11,5mV GAS: 13,83± 7,9mV EMG VVL Pre-activatie TA:16,79± 7,3mV GAS: 61,96± 13,5mV		Enkelhoek HL*:6,28± 3,47° VVL*: -7,13± 3,45°	Loading rate(BW/s) HL*: 44,29±6,98 VVL*: 22,69±5,98	EMG HL* pre-activatie TA:51,36± 12,5mV GAS:14,73± 7,4mV EMG VVL* Pre-activatie TA:18,08± 7,5mV GAS: 63,10± 13,6mV	Vanuit kinetisch en kinematisch punt speelt initial contact een grotere rol dan wel of niet geschoeid hardlopen. Hogere spieractivitei t van de GAS tijdens VVL blootvoets geeft een grotere trainingsbel asting -> blessures.
Utz- Meagher C et al. 2011	N = 15 • Man 14 • Vrouw 1	Ja	Beweging sanalyse Krachten platform		Enkel hoek tijdens initial contact* 23,1±12,6°	Initial contact kracht* 1481,0± 369,6N			Enkel hoek tijdens initial contact* 1,3±14,4° Enkelhoek pre-test 18,8±11,8° Enkelhoek post-test 5,6±15,1°	Initial contact kracht* 1383,7± 379,4N Totale piekkracht pre-test 1433,3± 312,9N Totale piekkracht post-test* 1379,6±26 9,4N		Significante verschillen voor de enkelhoek tijdens initial contact bij blootvoets hardlopen en geschoeid hardlopen. Daarbij geeft training van blootvoets hardlopen significante verschillen voor de totale piekkracht.

				Uitkomst geschoeid				Uitkomst blootvoets				
Auteur/ jaartal	Deel nemers	Instructi e ja/nee	Meet instrumen t	Initial contact	Enkel hoek	Krachten	EMG	Initial contact	Enkel hoek	Krachten	EMG	Conclusie
Dolenec A. et al. 2015	N = 22 • Man 11 • Vrouw 11	Groep 1 nee Groep 2 ja	bewegings analyse	HL 22 personen				Groep 1*: HL 8 personen MVL/VVL 3 personen Groep 2*: HL 3 personen MVL/VVL 8 personen				Blootvoets hardlopen zonder uitleg geeft nog steeds hiellanders. Deelnemers passen dit niet automatisch aan. Geïnstrueer de deelnemers veranderen hun initial contact wel, maar training is wel nodig.
Thompson M.A. et al. 2015	N = 10 • Man 5 • Vrouw 5	Nee	3D bewegings analyse Krachten platform	HL 10 personen MVL/VVL 10 personen	Enkel dorsaal flexie HL* 9,8±5,1° Enkel dorsaal flexie MVL/VVL * -5,3±4,6°	Impact kracht*(BW) HL: 1,77± 0,20 VVL: 1.51±0,26			Enkel dorsaal flexie HL* -3,3±8,7°	Impact kracht*(BW) HL: 1,52± 0,17 VVL: 1,52±0.10		Een meer plantair gefflecteer de voet tijdens landing geeft een meer MVL/VVL waardoor de krachten die bij blootvoets hardlopen vrijkomen beter verdeeld worden.

HL= hiellanding
BW = Body weight

MVL= middenvoetlanding
BW/s = Body weight per seconde

VVL= voorvoetlanding
N = Newton

GHL= geen hiellanding
mV= millivolt

* = significantie aanwezig

3.4 Instructie van deelnemers

In de verschillende onderzoeken werden instructies gegeven over het blootvoets hardlopen.^{5-6,11,16} Hierbij werd er voorlichting gegeven door middel van een video of kregen de deelnemers een trainingsplan mee naar huis waarmee ze een voorvoetlanding konden trainen. Een zesweeks trainingsprogramma lijkt voldoende te zijn om volledig over te stappen van geschoeid hardlopen naar blootvoets hardlopen.¹¹

3.5 Initial contact

Wat duidelijk naar voren komt in de literatuur is een afname van het gebruik van een hiellanding, tijdens het initial contact, bij blootvoets hardlopen.^{5,10-11,14} In het onderzoek van McCallion et al.¹² wordt als enige geen significant verschil benoemd voor een verandering in initial contact tijdens blootvoets hardlopen. Hierin starten 5 van de 14 deelnemers geschoeid met een hiellanding en zijn er 3 deelnemers die blootvoets nog een hiellanding hebben.¹¹ Dit staat in contrast met het onderzoek van Hashish et al.¹⁰ In dit onderzoek zijn 22 deelnemers met een hiellanding geschoeid.¹⁰ Tijdens het blootvoets hardlopen hebben nog 8 deelnemers een hiellanding.¹⁰ In het onderzoek van Khowailed et al.¹¹ wordt het effect van een trainingsprogramma en instructie van de deelnemers over blootvoets hardlopen aangetoond. Van de 12 deelnemers met een hiellanding hadden er, na een trainingsprogramma van 6 weken, 12 een voorvoetlanding tijdens blootvoets hardlopen.¹¹ Dit komt overeen met de resultaten uit een CCT waarin één groep wel instructies kreeg en één groep niet.⁵ Van de 11 deelnemers met een geschoeide hiellanding uit de wel geïnstrueerde groep, hadden er tijdens blootvoets hardlopen nog 3 een hiellanding.⁵ Terwijl in de niet geïnstrueerde groep, van de 11 deelnemers, nog 8 deelnemers een hiellanding gebruiken tijdens blootvoets hardlopen.⁵ Zij stellen dat blootvoets hardlopen zonder uitleg nog steeds hiellanding geeft en dat geïnstrueerde hardlopers hun initial contact wel aanpassen, maar er is dan training nodig.⁵

3.6 Enkelhoek

Er is een verandering van initial contact tijdens het blootvoets hardlopen in de enkelhoek.^{6,10,13,14,16-17} In 6 artikelen wordt een toename van plantairflexie of wel afname van dorsaalflexie geconstateerd.^{6,10,13,14,16-17} Zo laat een als goed beoordeelde CCT studie, een toename van enkel plantairflexie zien van $8,4^{\circ} \pm 2,8^{\circ}$ tijdens blootvoets hardlopen met een hiellanding.¹⁰ Dit is tijdens de voorvoetlanding een toename van $22,8^{\circ} \pm 3,6^{\circ}$.¹⁰ Het als voldoende beoordeelde onderzoek van Fredericks et al.¹³ geeft als resultaat dat alleen hardloopschoenen effect hebben op de enkel hoek en daarmee een effect hebben op het initial contact. De plantairflexie beweging tijdens een blootvoetse hiellanding is hoger dan de plantairflexie beweging tijdens een geschoeide hiellanding.¹³ Een voorvoetlanding tijdens blootvoets hardlopen geeft de grootste plantairflexie beweging.¹³ Dit is een als voldoende beoordeelde observationele studie. Daarnaast laat een tweede, als voldoende beoordeelde, observationele studie zien dat een meer plantair geflecteerde voet tijdens het initial contact een middenvoet landing of voorvoetlanding geeft.¹⁷

3.7 Krachten

Loading rate

Verskil in initial contact brengt ook verschil in verticale grond reactie kracht mee en daarmee ook in loading rate. Loading rate werd besproken in vier onderzoeken.^{6,10-11,14} waarvan drie CCT studies en één observationeel onderzoek. Volgens het onderzoek van Lieberman et al.¹⁴ heeft een geschoeide hardloper met een hiellanding een loading rate van $69,7 \pm 28,7$ bodyweights per seconde (BW/s). Als dit wordt vergeleken met de loading rate van een blootvoets hardloper met een voorvoetlanding is dit $64,6 \pm 70,1$ BW/s.¹⁴ In tabel 3 komt naar voren dat dit een afname van loading rate van 7% is. Als deze waarde worden vergeleken met de metingen van het onderzoek van Shih et al.⁶ zien we hier een grotere afname. Volgens dit onderzoek zien we een loading rate van $36,88 \pm 6,99$ BW/s voor geschoeide hiellanders en $22,69 \pm 5,98$ BW/s blootvoets hardlopers met een voorvoetlanding.⁶ Dit is een afname van loading rate van 38%. In tabel 3 is te zien dat alle vier de studies een afname van loading rate geven.^{6,10-11,14}

Tabel 3. Percentage daling van loading rate HL geschoeid vs. VVL ongeschoeid.

Artikel	Percentage
Hashish et al.	-43%
Khowailed et al.	-36%
Lieberman et al.	-7%
Shih et al.	-38%

Volgens het onderzoek van Shih et al.⁶ is de loading rate van een blootvoets hardloper met hiellanding $463,1 \pm 141,0$ BW/s. In tabel 4 is te zien dat deze waarde met 48% afneemt wanneer de hardloper op de voorvoet landt tijdens blootvoets hardlopen. In tabel 4 is te zien dat de onderzoeken van Hashish et al.¹⁰ en Lieberman et al.¹⁴ beide een nog grotere afname geven in procenten.

Tabel 4. Percentage daling van loading rate HL ongeschoeid vs. VVL ongeschoeid.

Artikel	Percentage
Hashish et al.	-73%
Lieberman et al.	-86%
Shih et al.	-48%

De onderzoeken van Hashish et al.¹⁰, Lieberman et al.¹⁴ en Shih et al.⁶ laten zien dat er een toename is van loading rate tijdens een HL ongeschoeid in vergelijking met HL geschoeid.

Tabel 5. Percentage stijging van loading rate HL geschoeid vs. HL ongeschoeid.

Artikel	Percentage
Hashish et al.	+108%
Lieberman et al.	+564%
Shih et al.	+20%

Impact kracht

In drie artikelen wordt de impact kracht berekend.^{11,14,17} Thompson et al.¹⁷ geeft aan dat tijdens blootvoetse hiellanding impact kracht afneemt in vergelijking met geschoeide hiellanding. In het onderzoek van Lieberman et al.¹⁴ neemt de impact kracht juist toe voor blootvoetse hiellanding. Onderzoeken komen overeen dat blootvoetse voorvoetlanding afname van impact kracht geeft.^{11,17}

Tabel 6. Impact kracht

Artikel	Geschoeid HL	Blootvoets VVL	Geschoeid VVL	Blootvoets HL
Thompson et al.	1,77±0,20 BW	1,52±0,10 BW	1,51±0,26 BW	1,52±0,17 BW
Khawailed et al.	1,39±0,47 BW	0,60±0,14 BW		
Lieberman et al.	1,74±0,45 BW			1,89±0,72 BW

3.8 Elektromyografie

Een CCT studie¹¹ en een observationeel onderzoek⁶ hebben metingen van de m. tibialis anterior (TA) en m. gastrocnemius (GAS) verricht met behulp van een elektromyografie (EMG). Uit het onderzoek van Khawailed et al.¹¹ blijkt dat na een blootvoets trainingsprogramma van zes weken er een reductie is tijdens de pre-activatie van de TA. Dit is een significant verschil met de geschoeide hardlopers van zes weken ervoor.¹¹ Geschoeid was dit 55,37±10,25mV en blootvoets na zes weken 15,52±3,77mV. Hier staat tegenover dat er een stijging van activiteit is tijdens de pre-activatie van de GAS.¹¹ Tijdens geschoeid hardlopen is deze 18,63±4,70mV en na het zes weken trainingsprogramma blootvoets 60,02±11,32mV.¹¹ De GAS werd actiever na het trainen van een voorvoetlanding tijdens blootvoets hardlopen. Het onderzoek van Shih et al.⁶ ondersteunt deze bevindingen. Hierin komt naar voren dat met een geschoeide hiellanding tijdens de pre-activatie van de TA de waarde 48,59±11,5mV heeft en bij een blootvoets voorvoetlanding de waarde van de TA 18,08±7,5mV is.⁶ Dit is een significant verschil. Ook dit onderzoek laat een hogere spieractiviteit van GAS zien tijdens de voorvoetlanding van een blootvoetse hardloper.⁶

4 Discussie

In dit systematisch literatuuronderzoek werd een antwoord gezocht op de vraag wat de verschillen zijn tussen blootvoetse en geschoeide hardlopers wat betreft de krachten op en bewegingen van de voet en het onderbeen tijdens de landingsfase. Zoals al eerder gesteld, zegt het artikel van Riezebos et al.⁹ dat schokdemping vrijwel geheel tot stand komt door inverting van de gewrichten in onder andere enkel, knie en heup.⁹ De musculatuur remt dit inverteren af door een excentrische contractie van spieren.

Dus zou je kunnen stellen dat het dragen van hardloopschoenen niet méér bijdraagt dan alleen bescherming van de voet tegen onder andere asfalt. Waarom zou iemand dan nog honderden euro's uitgeven aan hardloopschoenen en niet gewoon op blote voeten gaan rennen? Dit literatuuronderzoek laat zien dat dit niet verstandig is. Uit de literatuur blijkt dat de loading rate tijdens de hiellanding geschoeid lager ligt dan tijdens de hiellanding blootvoets.^{6,10,14} Er is waarschijnlijk dus toch een bijdrage van de schoen aan de schokdemping. Dit wordt ondersteund door het artikel van Vanrenterghem.¹⁸ De hoge waarde van loading rate tijdens het blootvoets hardlopen is waarschijnlijk de reden dat ons sensomotorisch systeem onze hiellanding kan veranderen in een voorvoetlanding.¹⁸ De vraag is of dit ook gebeurt? Een verandering van initial contact is alleen positief als de hardloper een voorvoetlanding aanleert.^{6,10-11,14} Dan verlagen de loading rate waarden ten opzichte van een geschoeide hiellander.^{6,10-11,14} Daar zit dan ook het gevaar van blootvoets hardlopen. Uit het onderzoek van Cheung et al.¹⁵ blijkt dat een verandering van landingspatroon niet automatisch plaatsvindt als men blootvoets gaat hardlopen. Er was hier een groep deelnemers die niet veranderde naar een voorvoetlanding en er was een groep die een gemixt landingspatroon liet zien.¹⁵ Ook het onderzoek van Dolenec et al.⁵ laat zien dat geschoeide hardlopers, die blootvoets gaan hardlopen, niet zomaar hun landingspatroon aanpassen. Doordat de loading rate tijdens een blootvoetse hiellanding veel hoger is dan een geschoeide hiellanding en de voet niet gewoon is met deze hogere krachten kan dit blessures aan botten en gewrichten veroorzaken.^{6,10-11,14}

Wat in de literatuur niet naar voren komt zijn de gevolgen voor de voorvoet. De botten en spieren in de voorvoet zullen niet 'gewend' zijn aan de krachten die tijdens een voorvoetlanding ontstaan. Het risico op blessures in de voorvoet neemt hierdoor toe. Hierbij speelt impact kracht ook een rol. Bij de resultaten van de impact kracht komt naar voren een blootvoetse voorvoetlanding minder impact kracht geeft dan een geschoeide hiellanding.^{11,14,17} De hardloper gaat zijn spieren op een andere manier gebruiken. Als de hardloper daar niet gewoon met is, verklaard dit dan ook de klachten van de deelnemers uit het onderzoek van Dolenec et al.⁵ Zij klaagden over pijnlijke plantair flexoren en intrinsieke voetspieren.⁵ Hierdoor kan er gesteld worden dat verandering van geschoeid hardlopen naar blootvoets hardlopen geleidelijk en onder begeleiding moet gebeuren. In verschillende onderzoeken werd een trainingsprogramma aangeboden of uitleg gegeven aan de deelnemers.^{5-6,11,16} Uit de resultaten van deze artikelen blijkt dat deze hardlopers sneller en beter hun initial contact aanpassen dan niet geïnstrueerde hardlopers. Een zes weeks trainingsprogramma lijkt voldoende om significante verschillen te bereiken na de eerste keer blootvoets hardlopen.¹¹ Een tweede studie geeft vooraf aan het experiment instructie aan groep 2 over blootvoets hardlopen en aan groep 1 niet.⁵ In groep 2 landen nog maar 3 deelnemers op hun hiel en in groep 1 zijn dit er nog 8.⁵ Instructie lijkt dus van invloed. Een kritische kanttekening hierbij is of een hardloper die zijn gehele leven al hiellanding maakt tijdens het initial contact, ontspannen kan hardlopen tijdens blootvoets hardlopen. Er zou bij iedere stap heel bewust een voorvoet landing worden gemaakt. Als de hardloper bij iedere stap moet nadenken tijdens het experiment zal dit van invloed kunnen zijn op de resultaten.

Als er dan op kinematisch gebied wordt geanalyseerd wat er gebeurt tijdens het veranderen van geschoeid hardlopen naar blootvoets hardlopen, zien we voornamelijk een verandering van dorsaalflexie naar plantairflexie.^{6,10,14,16,17} De enkelhoek tussen de voet en het onderbeen verandert.

Het onderzoek van Fredericks et al.¹³ geeft aan dat hardloopschoenen effect hebben op de enkelhoek en daarmee ook effect op initial contact. Door het artikel van Lieberman et al.¹⁴ wordt gesteld dat het dragen van een hardloopschoen een grotere dorsaalflexie in de enkel geeft. Door een zool onder de hak zal de voet eerder met de hak op de grond landen. Met name de meer moderne hardloopschoenen met een dikkere zool onder de hiel zorgen ervoor dat de voet dorsaalflexeert en zo ontstaat een hiellanding.¹⁴ Vanuit deze onderzoeken kan gesteld worden dat het niet door de het lichaam zelf ontstaat, maar door de aanwezigheid van een schoen. Een mogelijke oorzaak hiervoor kan zijn dat het lichaam anticipeert op de zachtere hak en hier dan ook gebruik van maakt. Een tweede mogelijkheid is dat door de dikkere hak het moeilijker wordt voor het lichaam om op de voorvoet te landen. In de enkel zal een grotere plantair flexie beweging gemaakt moeten worden om de voorvoet op de grond te krijgen. Een gevolg is dan dat juist de voorvoet te snel de grond raakt en de hardloper kan struikelen. Hierdoor zal de m. tibialis anterior harder moeten werken om dit te voorkomen waardoor er een meer dorsaalflexie beweging ontstaat. Dat schoenen effect hebben op het initial contact is tegenstrijdig met de bevindingen van McCallion et al.¹² zij vonden geen significante verschillen voor initial contact in geschoeid of blootvoets hardlopen. Een kritische noot bij dit artikel is het initial contact van de deelnemers. De meerderheid van de 14 deelnemers hadden al een middenvoet of voorvoetlanding, namelijk 9 deelnemers. Dit is anders dan in de andere onderzoeken en het is daarom twijfelachtig of dit in een normale steekproef onder geschoeide hardlopers ook zo zal zijn.

In twee onderzoeken worden ook twee spieren bestudeerd op kinematisch gebied.^{6,10} Deze onderzoeken gebruiken een EMG om de m. tibialis anterior (TA) en m. gastrocnemius (GAS) te onderzoeken. Beide onderzoeken vinden een significant verschil in de pre-activatie fase van beide spieren.^{6,10} De TA laat een reductie van activiteit zien tijdens het blootvoets hardlopen in vergelijking met geschoeid hardlopen. Dit is een logisch gevolg. Vanuit de praktijk genomen is te zien dat om hiellanding te maken de TA actiever is. Deze spier heft de voorvoet en op het moment dat er een voorvoetlanding plaats vindt is er geen noodzaak om een dorsaalflexie beweging te maken. Daarentegen laat de GAS een stijging van activiteit zien tijdens de voorvoetlanding.^{6,10} Ook dit is een logisch gevolg. De GAS zorgt voor een plantairflexie beweging in de enkel waardoor de voorvoet naar de grond beweegt. In het geval van een voorvoetlanding wordt het dorsaalflexie moment afgeremd door de GAS die dus een plantairflexie moment activeert. De toename van activiteit van de GAS geeft een toename van kracht op de spier.⁶ Hierdoor ontstaat een grotere trainingsbelasting. Door de GAS te trainen en een voorvoetlanding te gebruiken zal er meer schokdemping vanuit deze spier ontstaan, waardoor dit voornamelijk voordelen geeft aan de gewrichten van de hardloper, maar dit kan nadelig zijn voor de GAS.⁶ Door een matige of te snelle trainingsbelasting van ongetrainde of blessure gevoelige kuitspieren kunnen er blessures ontstaan. Van belang is dan ook om de spieren goed voor te bereiden en gericht te trainen.

Aanbevelingen voor de praktijk

In de podotherapeutische praktijk komen veel mensen met hardloop gerelateerde klachten. Dit onderzoek draagt bij aan de kijk van de podotherapeut op hardloopschoeisel en het nut ervan. Er is nu

meer inzicht in de reden van verschil in loopstijl van hardlopers. Geschoeid of ongeschoeid. Het advies dat de podotherapeut geeft aan de hardloper kan op basis van deze informatie gegeven worden. Het is belangrijk dat, als er wordt gekozen voor het advies van blootvoets of minimalistisch geschoeid hardlopen, er een goed trainingsprogramma wordt opgesteld. Hierin dient rekening gehouden te worden met zwakte van de kuitmusculatuur en voorvoetklachten. Doordat de GAS en de voorvoet meer belast zullen worden tijdens blootvoets hardlopen. Een persoonlijk trainingsprogramma is dan ook aan te bevelen. De overgang van hiellanding naar voorvoetlanding gaat niet geheel automatisch. De verhoogde loading rate tijdens een blootvoetse hiellanding kan op den duur veel schade geven aan botten en gewrichten. De overstap naar blootvoets hardlopen met een voorvoetlanding kan wel een positief effect op hardlopers met gewrichtsklachten geven. De loading rate tijdens de voorvoetlanding is beduidend minder. Hierbij is dan een persoonlijk afgestemd trainingsprogramma van belang.

Sterke/zwakke punten en aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Er is gezocht in drie databases waardoor bestaat er een kans dat er informatie is gemist uit andere databases. In het onderzoek zijn de knie en eventuele energie absorptie in de knie niet bestudeerd. Daar hardlopers ook vaak knie gerelateerde klachten hebben is het een aanbeveling om ook de knie mee te nemen in vervolgonderzoek en daarmee de reikwijdte van het onderzoek te verbreden. Verder wordt er niet in de artikelen benoemd wat het gevolg is voor de voorvoet. De loading rate neemt dan wel af, maar een verplaatsing van het initial contact naar de voorvoet kan mogelijk een toename van blessures in de voorvoet veroorzaken. Aanbevolen wordt dit mee te nemen in vervolgonderzoek. Verder wordt er in de verschillende onderzoeken veel verschillende waarden van loading rate gevonden. Ze komen overeen in de conclusie dat loading rate tijdens een voorvoetlanding blootvoets afneemt ten opzichte van een geschoeide of ongeschoeide hiellanding, maar de waarden lopen uiteen. Dit zou het resultaat kunnen zijn van de persoon die de meting uitvoert of berekent. Een andere mogelijkheid is de ondergrond waarop werd hardgelopen of de snelheid waarmee werd gelopen. Als deze per onderzoek verschillen heeft dit effect op de uitkomsten van de metingen. Veel van de literatuur die is gebruikt voor dit onderzoek hebben dezelfde onderzoekstechnieken en metingen verricht. Dit maakt het makkelijk vergelijkbaar en bij dezelfde resultaten ondersteunt het bewijs elkaar.

Helaas zijn er geen RCT studies gevonden. Wel zijn er 5 CCT studies gebruikt waarvan er 2 als goed en 3 als voldoende werden beoordeeld. (figuur 1) Dit maakt de kwaliteit van de artikelen acceptabel.

5 Conclusie

In dit onderzoek werd onderzocht wat de verschillen zijn tussen blootvoetse en geschoeide hardlopers wat betreft krachten op en bewegingen van de voet en het onderbeen, tijdens de landingsfase. Bij een meerderheid van de hardlopers wordt tijdens geschoeid hardlopen een hiellanding waargenomen, maar tijdens een blootvoets hardlopen een voorvoetlanding. Bij geschoeid hardlopen moet de TA meer dorsaalflexie kracht genereren, waar bij blootvoets lopen juist de GAS meer plantairflexie kracht

moet leveren. De voorvoetlanding heeft een positief verlagend effect op de loading rate en de impact kracht. Dit zou kunnen betekenen dat blootvoets hardlopen een positief effect heeft op de krachten op de voet. Echter niet iedereen verandert automatisch van een geschoeide hiellanding naar een blootvoetse voorvoetlanding. Daarom wordt een gepersonaliseerd trainingsprogramma aangeraden om met de juiste techniek over te stappen op blootvoets hardlopen.

Literatuurlijst

1. Mercer JA, Horsch S. Heel-toe running: A new look at the influence of foot strike pattern on impact force. *Journal of Exercise Science & Fitness*. 2015; 13: 29-34.
2. Kong PW, Candelaria NG, Smith DR. Running in new and worn shoes: a comparison of three types of cushioning footwear. *Br J Sports Med*. 2009; 43: 745-749.
3. Gend J van, Vloedmans J. Hardloopschoenen en hun betekenis in de blessurepreventie. *Ned. T. Fysiotherapie*. 1986; 96 (2): 33-42.
4. Murphy K, Curry EJ, Matzkin EG. Barefoot Running: Does it prevent injuries? *Sports Med*. 2013; 43: 1131-1138.
5. Dolenc A, Radi P, Strojnik V. An explanation of the influence on deciding which type of foot strike to use when running barefoot or in minimalistic shoes. *Coll. Antropol*. 2015; 1: 147-151.
6. Shih Y, Lin K-L, Shiang T-Y. Is the foot striking pattern more important than barefoot or shod conditions in running? *Gait & Posture*. 2013; 38: 490-494.
7. Bergstra SA, Kluitenberg B, Dekker R, Bredeweg SW, Postema K, van den Heuvel ER, Hijmans JM, Sobhani S. Running with a minimalist shoe increases plantar pressure in the forefoot region of healthy female runners. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2015; 18: 463-468.
8. Wilson JF. A structural mechanics model for sports shoes: the heel strike. *International Sports Engineering Association*. 2011; 14: 111-117.
9. Riezebos C. De kunst van het inveren: schokdemping en schoenzolen. *Podosophia*. 2015; 3: 24-25.
10. Hashish R, Samarawickrame SD, Powers CM, Salem GJ. Lower limb dynamics vary in shod runners who acutely transition to barefoot running. *Journal of biomechanics*. 2016; 49: 284-288.
11. Khowailed IA, Petrofsky J, Lohman E, Daher N. Six weeks habituation of simulated barefoot running induces neuromuscular adaptations and changes in foot strike patterns in female runners. *Medical science monitor*. 2015; 21: 2021-2030.
12. McCallion C, Donne B, Fleming N, Blanksby B. Acute differences in foot strike and spatiotemporal variables for shod, barefoot and minimalist male runners. *Journal of sports science and medicine*. 2014; 13: 280-286.
13. Fredericks W, Swank S, Teisberg M, Hampton B, Ridpath L, Hanna JB. Lower extremity biomechanical relationships with different speeds in traditional, minimalist and barefoot running. *Journal of sports science and medicine*. 2015; 14: 276-283.
14. Lieberman DE, Venkadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, Mang'Eni RO, Pitsiladis Y. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*. 2010; 463: 531-535.
15. Cheung RTH, Rainbow MJ. Landing pattern and vertical loading rates during first attempt of barefoot running in habitual shod runners. *Human movement science*. 2014; 34: 120-127.
16. Utz-Meagher C, Nulty J, Holt L. Comparative analysis of barefoot and shod running. *Sport science review*. 2011; 113-130.

17. Thompson MA, Lee SS, Seegmiller J, McGowan CP. Kinematic and kinetic comparison of barefoot and shod running in mid/forefoot and rearfoot strike runners. *Gait and posture*. 2015; 41: 957-959.
18. Vanrenterghem J. Biomechanical perspectives on 'minimally shod' and 'barefoot' running. *The sports and exercise scientist*. 2013; 38: 24-25.