



Bron: <http://hocochoiro.com/running-outdoors-vs-treadmill/>

Lopen op de loopband versus de vlakke grond

**In hoeverre is er een verschil in
grondreactiekrachten?**

Systematisch literatuuronderzoek

Student: Laura Pals
Studentnummer: 2214889
Begeleider: Anja de Koning
6-6-2016, Eindhoven
Fontys Paramedische Hogeschool Eindhoven
Opleiding Podotherapie

Voorwoord

Na bijna vier jaar de opleiding Podotherapie in Eindhoven te hebben gevolgd, is dit product het einde van de opleiding.

Het zijn vier bewogen jaren geweest, waarbij gaandeweg dingen op mijn pad zijn gekomen die ervoor hebben gezorgd dat ik nog beter weet wat ik wil in de toekomst.

Vooraf de minofase heeft mij veel kennis en inzicht gegeven over wat er allemaal mogelijk is voor mij en wat ik echt leuk vind. Deze minor over sport, bewegen en gezondheid bij de opleiding Bewegingswetenschappen deed mij er uiteindelijk voor kiezen een afstudeeronderwerp in een vergelijkbare richting te zoeken.

De opdracht over kinetika en kinematica van de onderste extremiteit bij verschillende typen ondergronden wekte mijn interesse en hier ben ik uiteindelijk voor gegaan met dit product als eindresultaat.

De personen die mij door dit proces hebben geholpen verdienen ieder mijn grootste dank.

Ten eerste mijn lieve vriend, Jesper Sachteleben, die hoe koppig ik ook was, altijd bereid was om te helpen, altijd de goeie dingen zei en op die manier altijd de rust liet wederkeren.

Ten tweede mijn vader, Douwe Pals, die altijd weet hoe die het uiterste uit mij kan halen en mij op de momenten dat ik de handdoek in de ring wil gooien, toch weer gemotiveerd krijgt.

Ten derde, Miranda Bouwhuis, die altijd naar je verhaal luistert en je voorziet van feedback zonder daar kleuring aan te geven, zodat je weer met een frisse blik verder kunt.

Ten vierde de projectgroep, Neeta Römer, Lot Wout, Laura Spanjaard, Laura Gaggia en Jeroen Krook, de mensen die ondanks hun eigen drukte en stress, iedere week weer bereid waren naar jouw verhaal te luisteren en weer met tips kwamen.

En tot slot, de persoon die het hele proces tot in de puntjes heeft gemonitord, Anja de Koning, de afstudeerbegeleider die ik ieder ander kan aanraden. Haar felle kritieken en oneindige feedback maken het tot een echt leerproces dat je altijd bij blijft en dankbaar bent.

Samenvatting

Achtergrond:

In 2014 deed 54% van de Nederlanders wekelijks aan sport. Hardlopen en wandelen zijn laagdrempelige sporten. Echter hebben deze sporten een grote biomechanische belasting op het lichaam. De grondreactiekrachten die op het lichaam aangrijpen kunnen tot twee à driemaal het lichaamsgewicht stijgen. Gevolg hiervan is dat de elastische structuren in het lichaam overbelast kunnen raken en mogelijk blessures tot gevolg hebben op de lange termijn. De mate van grondreactiekrachten is van veel factoren afhankelijk, in de huidige literatuur is het type ondergrond waarop wordt gelopen hiervan een voorbeeld. Analyse van de onderste extremiteit wordt veelal gedaan met behulp van een loopband, waarbij veel onderzoek is gedaan naar of de loopband geen effect heeft op de kinetica en kinematica van de onderste extremiteit. In dit onderzoek is onderzocht in hoeverre een verschil in grondreactiekrachten bestaat bij lopen over de loopband vergeleken met de vlakke grond.

Methode:

Er is systematisch literatuur gezocht in de databanken Pubmed en Ebscohost. Aan de hand van in- en exclusiecriteria zijn artikelen over verticale, anterior-posterior en mediaal-laterale grondreactiekrachten bij wandelen en hardlopen over de loopband vergeleken, met de vlakke grond geïncludeerd. Methodologische kwaliteitsbeoordeling voor de artikelen is gedaan met de opgestelde criterialijsten.

Resultaten:

Er zijn acht onderzoeken geïncludeerd. Vijf onderzoeken onderzochten grondreactiekrachten bij het wandelen en drie bij het hardlopen. Er werd zevenmaal onderzoek gedaan naar de verticale grondreactiekracht, vijfmaal naar de anterior-posterior grondreactiekracht en viermaal naar de mediaal-lateraal grondreactiekracht. Er zijn significant lagere verticale, anterior-posterior en mediaal-laterale grondreactiekrachten tijdens lopen over de loopband gevonden.

Conclusie:

De significant lagere grondreactiekrachten die over de loopband werden gevonden, moeten met voorzichtigheid worden genomen. De geïncludeerde artikelen waren op te weinig gebieden voldoende onderling vergelijkbaar, daarom wordt vervolgonderzoek geadviseerd om een betrouwbaar antwoord op de hoofdvraag van dit onderzoek te vinden.

Keywords:

Treadmill, overground, ground reaction forces, walking, running

Summary

Background:

In 2014 54% of the Dutch people was weekly involved in sportive activities. Running and walking are straightforward choices, however, these cause a large biomechanic stress on the human body. Ground reaction forces having its impact on the human body, could rise up to thrice the weight of runner or walker. The consequences are overload on the elastic tissue and in time injuries. The ammount of ground reaction force depends on many factors, an example in current literature is the surface over which is ran or walked. A lot of research went in kinetics and kinematics and its effects on the lower extremity when running or walking across a treadmill. This article searches for ground reaction forces during running and walking overground and across a treadmill.

Methods:

A systematical research was applied on literature found in databases of Pubmed and Ebscohost. By using criteria several articles were selected, which held information about anterior-posterior and medial-lateral ground reaction forces while walking and running across a treadmill or overground. A methodical quality check was used on the articles by means of the proposed criterialists.

Results:

Included were eight researches. Five of these explained research about ground reaction forces during walking, while three of these explained it for running. Research was done, seven times, on the vertical ground reaction force, five times on anterior-posterior ground reaction forces and four times on the medial-lateral ground reaction forces. There are significantly lower vertical, anterior-posterior and medial-lateral ground reaction forcers during walking across a treadmill.

Conclusion:

The significantly lower ground reaction forces that were found while walking across a treadmill should not be taken lightly. The included articles were only comparable on too little subjects to be reliable. Follow up research is advised to provide a reliable answer on the main issue of this research.

Keywords:

Treadmill, overground, ground reaction forces, walking, running

Inhoudsopgave

Inleiding.....	6
Methode.....	9
<i>Zoekstrategie.....</i>	<i>9</i>
<i>Criteria onderzoek.....</i>	<i>9</i>
<i>Selectieprocedure.....</i>	<i>9</i>
<i>Dataextractie.....</i>	<i>9</i>
<i>Methodologische kwaliteitsbeoordeling.....</i>	<i>10</i>
Resultaten.....	12
<i>Zoekstrategie.....</i>	<i>12</i>
<i>Dataextractie.....</i>	<i>13</i>
<i>Methodologische kwaliteitsbeoordeling.....</i>	<i>15</i>
Discussie.....	16
<i>Sterke en zwakke punten onderzoek.....</i>	<i>18</i>
<i>Aanbevelingen vervolgonderzoek.....</i>	<i>18</i>
<i>Aanbevelingen podotherapiepraktijk.....</i>	<i>19</i>
Conclusie.....	19
Literatuurlijst.....	20
Bijlagen.....	22
<i>Bijlage I: Data-extractietabel</i>	

Inleiding

In de huidige samenleving speelt beweging een steeds grotere rol. Het besef van de relatie tussen gezondheid en beweging is bij veel Nederlanders meer en meer aanwezig en een veranderende trend rondom gezondheid en beweging is zichtbaar in de huidige samenleving (1). Het Centraal Bureau voor de Statistiek heeft samen met het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu in april 2015 bekend gemaakt dat in 2014 54% van de Nederlanders in de leeftijdscategorie 18-80 jaar wekelijks aan sport deed (1). In de top twintig meest beoefende sporten zijn hardlopen en wandelen voorbeelden van laagdrempelige sporten, waarbij beoefenaars maar aan weinig eisen hoeven te voldoen willen zij starten met een gezondere levensstijl (2). Echter ontstaat vaak door een te hoge loopsnelheid, te hoge frequentie en een te grote loopafstand van de trainingen een disbalans in belasting en belastbaarheid, waarbij blessures kunnen ontstaan. De structuren in het lichaam zoals spieren, pezen en ligamenten krijgen te weinig hersteltijd om zich aan de belasting aan te passen (3).

Hardlopen en wandelen zijn beide sporten met een grote biomechanische belasting op het lichaam (3). Bij het lopen kan het lichaam tot twee à driemaal zijn eigen lichaamsgewicht te verduren krijgen (3,4). De kracht die op het lichaam aangrijpt bij contact met de grond is de grondreactiekracht en werkt door in het gehele lichaam (5). Er is veel onderzoek gedaan naar het effect van grondreactiekrachten op de onderste extremiteit tijdens het lopen. In dit literatuuronderzoek worden hardlopen en wandelen verzameld onder de term lopen. Het is bekend dat grondreactiekrachten een rol spelen in de ontwikkeling van blessures (4-6). Hogere loopsnelheden zorgen voor hogere grondreactiekrachten en zouden de kans op overbelasting en daarmee blessures vergroten (4,6). Aan de hand van de biomechanica van het lopen kan het best worden uitgelegd hoe het lichaam om gaat met de grondreactiekrachten (5,6).

Tijdens de gangcyclus vindt krachtabsorptie, krachtgeneratie en weer krachtabsorptie plaats, waarbij de verdeling van de fases over de gangcyclus afhankelijk is van de loopsnelheid (5,7). Wandelen en hardlopen zijn daardoor essentieel verschillend. Bij het wandelen zijn potentiële en kinetische energie uit fase vanwege de dubbele stand fase, hierbij wordt bedoeld dat als potentiële energie hoog is, kinetische energie laag is. Bij het hardlopen zijn kinetische en potentiële energie in gelijke fase vanwege de dubbele zweeffase, waardoor het aandeel elastische energie groter is bij hardlopen dan bij wandelen (5,6). Tijdens de absorptiefase wordt verloren potentiële energie omgezet in elastische energie en opgeslagen in spieren, pezen en ligamenten. Tijdens de generatiefase wordt de eerder opgeslagen elastische energie omgezet in kinetische en potentiële energie, waarbij het massazwaartepunt naar voren en omhoog beweegt (5-7). Door de elastische eigenschappen van spieren, pezen en ligamenten wordt het lichaam voorzien van schokdemping (5,6). Schokdemping zorgt ervoor dat hoge piekkrachten die ontstaan door grondreactiekrachten worden opgevangen in de elastische structuren van spieren, pezen en ligamenten en schade aan het gewrichtskraakbeen wordt voorkomen (5,6). Hierbij kunnen de pezen worden gezien als veren en de spieren als spanners van deze veren (5,6). Het lichaam heeft echter een beperkt schokabsorberend vermogen, waardoor er bij hogere grondreactiekrachten grotere piekkrachten ontstaan op het lichaam, de schokdempingsmechanismen zoals de spieren, pezen en ligamenten worden dan zwaarder belast dan bij lagere grondreactiekrachten (4,6). Wanneer het lichaam te weinig hersteltijd krijgt na langdurige periodes van blootstelling aan hogere grondreactiekrachten, kunnen de spieren, pezen, ligamenten en gewrichtskraakbeen overbelast raken en treedt er geleidelijk aan microtrauma op in het weefsel. (4,5). Deze microtrauma's kunnen degeneratie en ontstekingsverschijnselen in het weefsel veroorzaken, waardoor er uiteindelijk blessures kunnen ontstaan (4,6). Voordat deze blessures zich kenbaar maken kan er een hele periode zijn verstreken, daarom worden deze blessures overbelasingsblessures genoemd (4).

Naast loopsnelheid is uit onderzoek gebleken dat de mate van impact door grondreactiekrachten afhankelijk is van meer factoren. Het type ondergrond waarop wordt gelopen is een voorbeeld van één van deze factoren. Kunstmatige gefabriceerde ondergronden zouden meer kans op blessures hebben dan natuurlijke ondergronden zoals gras (8,9). Daarnaast worden harde ondergronden geassocieerd met meer blessures, terwijl optimaal aangepaste ondergronden verlichting bieden aan spieren, pezen, ligamenten en gewrichten (10). Bij kunstmatige en hardere ondergronden zou de kans op blessures zijn verhoogd doordat er hogere grondreactiekrachten ontstaan wanneer hierop wordt gelopen (8-10).

De loopband is een instrument dat veel wordt gebruikt voor de beoordeling van kinetica en kinematica van de onderste extremiteit tijdens het gaan. Met de gedachte dat de ondergrond waarop wordt gelopen van invloed kan zijn op het gaan is er veel onderzoek gedaan naar het verschil tussen lopen op de loopband en over de vlakke grond.

De loopband is een instrument dat goed kan helpen bij de beoordeling van de kinetica en kinematica, omdat deze gemakkelijk in een klinische setting is toe te passen en loopomstandigheden beter zijn te reguleren dan wanneer iemand buiten op straat loopt. Echter moet er eerst worden uitgezocht of een loopband geen effect heeft op de prestaties van het menselijke gaan. Schache et al. onderzocht in 2001 op gebied van kinematica verschillen in abductie, adductie, exorotatie, endorotatie, flexie en extensie in gewrichten van de onderste extremiteit in het lumbaal, bekken en heupcomplex bij lopen over de loopband vergeleken met de vlakke grond. Hierbij keek hij ook naar verschillen in schredetijd, schredelengte en aandeel standfase en zweeffase in percentage van de gangcyclus (11). Schache et al. vond significant langere schredetijd en schredelengte bij lopen over de vlakke grond en lagere aandeel in standfase en groter aandeel in zweeffase bij lopen over de vlakke grond. Kinematica was vergelijkbaar bij lopen over de loopband en de vlakke grond, significante verschillen werden gevonden in grotere heupflexie en extensie bij lopen over de loopband. De conclusie van Schache et al. was dat lopen over de loopband vergelijkbaar was met de vlakke grond (11). Sinclair et al. deed in 2013 een vergelijkbaar onderzoek naar heup, knie en enkel kinematica en had een andere conclusie, waarbij zij aangaven dat biomechanica van het lopen over de loopband niet gegeneraliseerd kan worden met lopen over de vlakke grond (12). Van Caekenberghe et al. deed in 2013 onderzoek naar kinetica en kinematica. Zij onderzochten gewrichtsmomenten, krachtabsorptie en krachtgeneratie in gewrichten, verticale, anterior-posterior en mediaal-lateraal grondreactiekrachten vergeleken tussen een loopband en over de vlakke grond (13). De meest gebruikte uitkomstmaat bij het meten van grondreactiekrachten tijdens het gaan is de verticale grondreactiekracht (4). Op gebied van kinematica werden heup, knie en enkel beoordeeld. Er werd gevonden dat lopen over de loopband zowel op gebied van kinematica als op gebied van kinetica verschillend was van lopen over de vlakke grond. Lopen over de vlakke grond werd geassocieerd met hogere propulsiekrachten (anterior-posterior grondreactiekrachten). Tijdens deze hogere propulsiekrachten werd meer knie extensie en hogere snelheden in enkel plantairflexie gezien over de vlakke grond. Subtiële verschillen werden gevonden in gewrichts krachten, waarbij meer krachtgeneratie vanuit de heup plaatsvond en minder krachtabsorptie vanuit de knie bij lopen over de vlakke grond vergeleken met de loopband (13). Harde conclusies konden niet worden gedaan volgens Van Caekenberghe et al. wegens gebrek aan voldoende verklaringen voor de gevonden verschillen.

De rol van grondreactiekrachten bij het ontstaan van overbelastingblessures maakt het lopen op een loopband vergeleken met de vlakke grond een interessant onderwerp voor de veranderende trend rondom gezondheid, beweging en de adviezen die hierin kunnen worden gegeven. In de huidige literatuur lijken er verschillen te bestaan bij lopen op de loopband vergeleken met de vlakke grond, maar is het op dit moment onduidelijk wat precies de grondreactiekrachten tijdens het lopen over de loopband zijn. In de bestaande onderzoeken worden aspecten van kinetica en kinematica zoals eerder beschreven, veelal gecombineerd (11-13). Hierbij ligt de nadruk minder tot niet op grondreactiekrachten en is het niet duidelijk in hoeverre er een verschil bestaat in grondreactiekrachten bij lopen op een loopband ten opzichte van de vlakke grond, waar de oorzaak hiervan ligt en waar mensen rekening mee moeten houden als zij hun levensstijl willen veranderen door meer te gaan bewegen.

Voor de beroepsgroep podotherapie zou het van relevante aard kunnen zijn om inzicht te krijgen in dit onderwerp. De (sport)podotherapeut speelt een belangrijke rol bij analyse, behandeling en preventie van klachten aan de onderste extremiteit (14). Doordat podotherapeuten kennis verkrijgen over in hoeverre er een verschil bestaat tussen grondreactiekrachten bij lopen over de loopband vergeleken met de vlakke grond, kan de patiënt van een beter loopadvies worden voorzien, passend bij zijn doel en wensen. Het doel hiervan is voorkomen van blessures doordat er een disbalans in belasting en belastbaarheid ontstaat. Daarnaast is de informatie ook relevant bij patiënten die al eerder een blessure hebben doorgemaakt, waarbij revalidatie vaak in een gereguleerde setting op de loopband plaatsvindt. Goed advies kan hierbij de kans op herhaling van de blessure in de toekomst doen voorkomen.

Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: 'In hoeverre is er een verschil in grondreactiekrachten tijdens lopen op een loopband vergeleken met lopen over de vlakke grond?'

Methode

Zoekstrategie

Om de onderzoeksvraag 'In hoeverre is er een verschil in grondreactiekrachten tijdens lopen op een loopband vergeleken met lopen over de vlakke grond?' te kunnen beantwoorden is er een literatuurstudie uitgevoerd. Er is systematisch literatuur gezocht in de databanken van Pubmed en Ebscohost. De zoekmachine van Fontys bibliotheken biep.nu werd ingeschakeld wanneer bij artikelen in Pubmed of Ebscohost geen toegang werd verleend.

De zoekstring die in twee bovenstaande databanken en zoekmachine werd ingevuld luidt als volgt:

(running OR walking) AND (overground OR ground) AND (treadmill OR "exercise device" OR "running device" OR accelerometer) AND (ground reaction force OR GRF OR impact force OR kinetics)

In- en exclusiecriteria

Voordat een onderzoek werd opgenomen voor data extractie, moest het aan een aantal criteria voldoen. Met betrekking tot de onderzoeksvraag werden de volgende inclusiecriteria gehanteerd: in de onderzoeken moest er worden gelopen op een loopband en over de vlakke grond waarbij een vergelijking werd gemaakt tussen beide. Metingen moesten worden uitgevoerd met behulp van een krachtenplatform en waardes moesten worden genormaliseerd aan het lichaamsgewicht of uitgedrukt in een percentage van het lichaamsgewicht. Artikelen werden geïncludeerd wanneer zij verticale, anterior-posterior of mediaal-lateraal grondreactiekrachten meten. Proefpersonen moesten vrij zijn van blessures of andere aandoeningen die het gaan konden beïnvloeden. Zij moesten de leeftijd achttien jaar en ouder hebben, anders werd een artikel geëxcludeerd. Wat betreft het onderzoeksdesign werden wetenschappelijk en peer-reviewed artikelen, RCT's en CT's geïncludeerd. Systematic reviews, meta-analysis en validatiestudies werden geëxcludeerd. Artikelen ouder dan tien jaar werden geëxcludeerd om het gebruik van oudere meetinstrumenten uit te sluiten. Engelstalig en Nederlandstalige artikelen werden geïncludeerd.

Selectieprocedure

De zoekstring werd ingevoerd in de databank van Pubmed en Ebscohost. Als eerste werden de artikelen gescreend op titel aan de hand van de inclusiecriteria. Vervolgens als deze was goedgekeurd werd de samenvatting van een artikel gelezen, hierop werden de in- en exclusiecriteria weer toegepast. Daarna werd de methode van een artikel beoordeeld, pas als deze conform de criteria was, werd het gehele artikel gelezen. De flowchart weergegeven bij de resultaten geeft weer welke geselecteerde artikelen zijn verwerkt voor data-extractie en methodologische kwaliteitsbeoordeling.

Tijdens het selectieproces werd er gefilterd om dubbele titels te voorkomen, dit gebeurde direct na de selectie van de titels door deze handmatig te selecteren. Wanneer een artikel werd opgenomen voor dataextractie, werd er in de literatuurlijst van dit artikel gekeken voor meer relevante literatuur. Op deze manier werden er artikelen verkregen door de sneeuwbal methode. De artikelen uit de literatuurlijsten werden aan de hand van de gestelde criteria al dan niet geïncludeerd. Bij een artikel dat niet full-text beschikbaar was bij de databanken, maar wel aan alle andere criteria voldoet, werd via biep.nu gezocht en indien nodig via Researchgate.net de auteur van het artikel gemaild om het artikel beschikbaar te stellen. Als dit niet mogelijk was dan werd de overweging gemaakt het artikel aan te schaffen.

Data-extractie

De geselecteerde literatuur werd in een data-extractie tabel weergegeven. Op deze manier ontstond een inhoudelijk overzicht van de artikelen. Artikel en jaartal publicatie, onderzoeksdesign, kenmerken proefpersonen, gebruikte meetinstrumenten, protocol van de meetmethode, uitkomstmaten, resultaten over vlakke grond GRF in gemiddelden en standaarddeviatie(SD), resultaten over loopband GRF in gemiddelden en standaarddeviatie(SD) en p-waarde significant bij $p < 0.05$ werden beschreven. Kenmerken van de proefpersonen werd beschreven door verhouding man-vrouw, leeftijd, aanwezigheid van aandoeningen en of men een bepaald BMI had of aan sport deed. Bij gebruikte meetinstrumenten werd beschreven welke krachtenplaat werd gebruikt en hoe deze werd ingesteld. In het protocol werd beschreven over welke ondergrond de proefpersonen liepen, hoeveel trials er

werden gedaan of er werd gewandeld of hardgelopen en wanneer de data werd gemeten. Bij de uitkomstmaten werd beschreven of er verticale, anterior-posterior of mediaal-lateraal GRF's werden gemeten en hoe deze metingen werden uitgedrukt. De significante resultaten werden in de laatste kolom dikgedrukt weergegeven, zodat deze direct zichtbaar waren voor de lezer.

Methodologische kwaliteitsbeoordeling

Om de waarde van artikelen in te kunnen schatten werd gebruik gemaakt van de methode voor kwaliteitsbeoordeling volgens Wouters en Van Zaalen (15). In onderstaande tabel 1 is weergegeven hoe de criteria van een RCT en een CT werden opgesteld. Bij een CT is er geen sprake van randomisatie, dus C3 werd daarbij niet ingevuld. Het beoordelen van de kwaliteit werd voor ieder geïncludeerd onderzoek gedaan.

Tabel 1. Criteria methodologische kwaliteitsbeoordeling RCT en CT.

Auteur	Criteria								Totaal	Kwaliteitsbeoordeling
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8		

In tabel 1 betekenen C1 tot en met C8 het volgende: C1 - selectie van de patiënten, C2 - inhoud en vergelijkbaarheid behandeling, C3 - randomisatie, C4 - blinding, C5 - vergelijkbaarheid van de groepen, C6 - kwaliteit van de uitkomstmeting, C7 - intention-to-treat-analyse/per-protocol-analyse, C8 - loss-to-follow-up. In de volgende alinea zijn bovenstaande criteria voor de RCT's en CT's toegelicht.

Voor de selectie van de patiënten werd beoordeeld in hoeverre de in- en exclusiecriteria zijn beschreven. Om de generaliseerbaarheid van een onderzoek na te gaan is het belangrijk dat er werd beschreven waar de patiënten zijn geworven. De beschrijving van de behandeling bij de controle en interventiegroep moest duidelijk zijn, om na te gaan of er geen behandelverschillen waren tussen de groepen, behalve de interventie zelf. In het geval van een RCT speelt randomisatie een belangrijke rol, de toewijzing van een interventie moest op toeval berusten, waardoor iedere patiënt evenveel kans had op het belanden in een interventiegroep of in een controlegroep. Bij blinding moest worden beschreven in welke mate patiënten, behandelaars en beoordelaars op de hoogte waren van de interventie die werd toegepast. Op deze manier werd voorkomen dat de uitslag van een interventie was beïnvloed door bewust of onbewust handelen. Onderlinge vergelijkbaarheid van de controle en interventiegroep moest ervoor zorgen dat naast de interventie de groepen vergelijkbaar waren, zodat andere effecten die van invloed konden zijn op de uitslag werden uitgesloten. Beoordeling van de meetinstrumenten gaf aan in hoeverre de uitkomstmeting van goede kwaliteit was. De gebruikte meetinstrumenten moesten geschikt zijn voor het doel waarvoor werd gemeten. In dit geval een krachtenplatform in een loopband en in de vlakke grond voor gezonde mensen, waarbij de verticale, anterior-posterior en mediaal-lateraal grondreactiekrachten gemeten kon worden. Door te bepalen wat het aantal intention-to-treat deelnemers was kon een meer waardevolle uitspraak voor de praktijk worden gedaan. Het geeft een getrouwe weergave over welke mensen waren uitgevallen en waarom zij waren uitgevallen, en deze gegevens werden meegenomen in de rest van het onderzoek. Als dit niet werd gehanteerd en de uitvallers bleven buiten beschouwing, was er sprake van een per-protocol-analyse. Een onderzoek moest beschrijven of zij intention-to-treat of per-protocol-analyse hanteerden, zodat er meer of minder waarde werd gegeven aan de resultaten van dit onderzoek. Tot slot moest er een beschrijving zijn over de loss-to-follow-up, hoeveel deelnemers en waarom deze waren uitgevallen, om te bepalen hoe bruikbaar de resultaten van het onderzoek waren. De scores werden opgebouwd door het toewijzen van het cijfer 1 indien een gegeven aanwezig en beschreven was, het cijfer 0 als het gegeven afwezig of slecht was beschreven en n.v.t. wordt ingevuld wanneer er sprake was dat een gegeven niet relevant was voor het beoordeelde onderzoek en daardoor niet aanwezig of niet beschreven was.

Bij het beoordelen van de kwaliteit van een onderzoek werd er met behulp van onderstaande tabel 2 een waarde toegekend aan de gebruikte methode. Hoe hoger de waarde, hoe hoger de betrouwbaarheid van de conclusies van een onderzoek werden. In het eigen literatuuronderzoek wordt bij de discussie en conclusie verder ingegaan op de kwaliteit van de onderzoeken. Eigen conclusies worden gebaseerd op de meest betrouwbare onderzoeken.

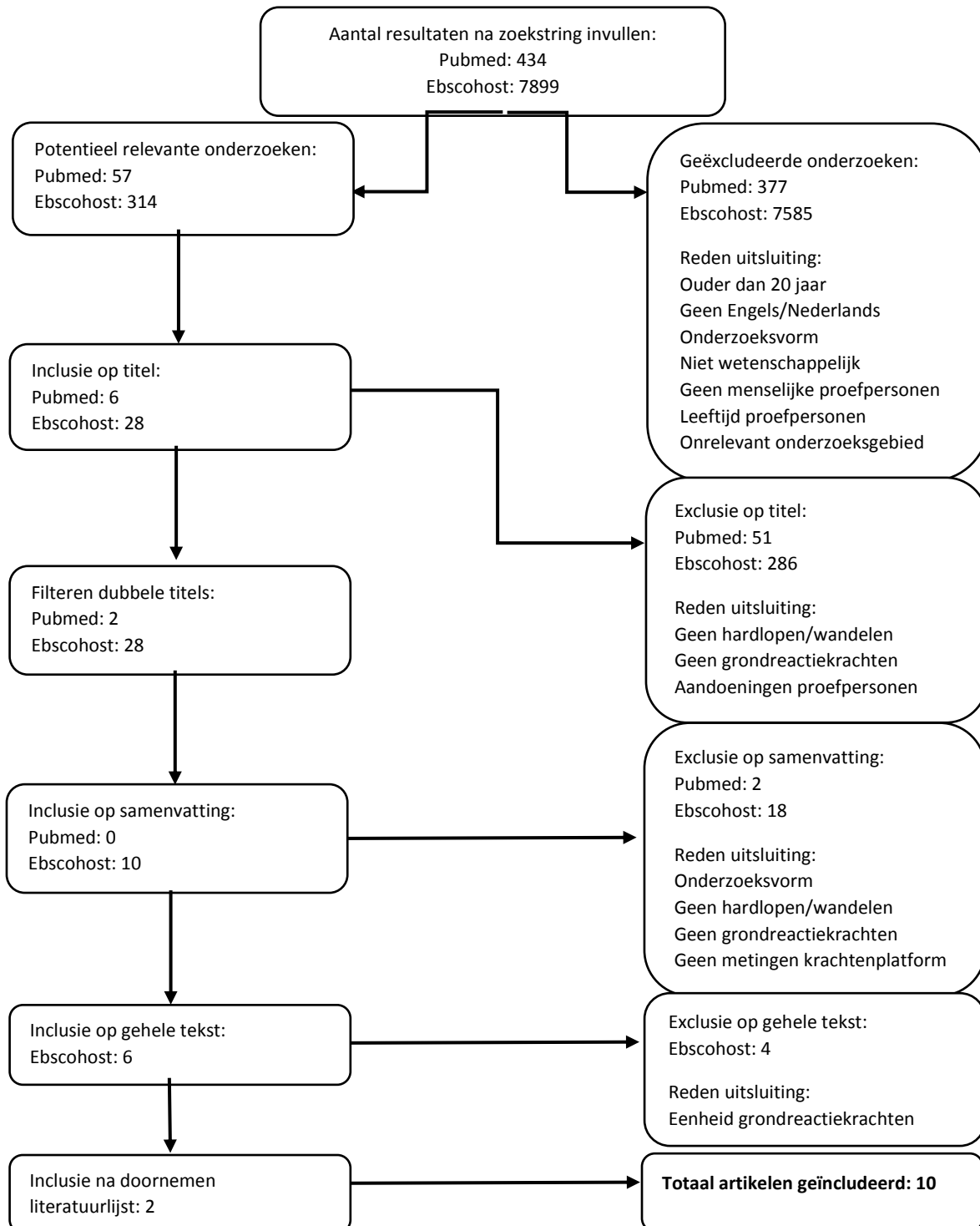
Tabel 2. Puntentoekenning bij kwaliteitsbeoordeling van de methode van een onderzoek.

Maximaal aantal punten haalbaar	Slechte beoordeling (in punten)	Redelijke beoordeling (in punten)	Goede beoordeling (in punten)
6	0-1 punten	2-4 punten	5-6 punten
7	0-2 punten	3-4 punten	5-7 punten
8	0-2 punten	3-5 punten	6-8 punten

Resultaten

Zoekstrategie

In Figuur 1 zijn de resultaten van de zoekstring en de selectie van de geïncludeerde onderzoeken weergegeven. In totaal zijn er acht onderzoeken geïncludeerd.



Figuur 1. Resultaten zoekstrategie en selectieprocedure zoekstring '(running OR walking) AND (overground OR ground) AND (treadmill OR exercise device OR running device OR accelerometer) AND (ground reaction force OR GRF OR impact force OR kinetics)'.

Data-extractie

In bijlage I is de data-extractietabel weergegeven voor de acht geselecteerde onderzoeken waarbij de belangrijkste bevindingen van de onderzoeken beknopt zijn weergegeven. In onderstaande alinea's worden de meest opvallende gegevens over de artikelen besproken en de resultaten weergegeven.

Onderzoeksdesign:

Alle onderzoeken hebben een CT-studie uitgevoerd. Hierbij hebben zij allen een vergelijking gemaakt tussen lopen over de loopband en over de vlakke grond, waarbij iedere onderzoeksgroep beide interventies kreeg toegewezen en dezelfde behandeling/protocol kreeg toegewezen (16-23).

Deelnemers:

Alle deelnemers van de geselecteerde onderzoeken waren vrij van aandoeningen die de onderste extremiteit konden beïnvloeden tijdens het gaan (16-23). In een aantal onderzoeken werd daarbij beschreven dat de deelnemers vrij moesten zijn van blessures aan de onderste extremiteit op moment van onderzoeken of in de afgelopen zes maanden en vrij moesten zijn van andere aandoeningen, zoals musculaire, neurologische, cardiovasculaire en pulmonaire aandoeningen die het gaan konden beïnvloeden (17-21, 23). In het onderzoek van Riley et al. (16) werd aangegeven dat de deelnemers BMI<30 moesten hebben, omdat dit anders effecten kon hebben op de kinematica en de gemeten uitslag daarvan (16). De grootte van de onderzoeken was wisselend. De grootste onderzoeksgroep bestond uit zesentwintig personen (16) en de kleinste groep uit acht proefpersonen (22). Vijf onderzoeken hadden een onderzoeksgroep van zestien of meer personen (16-19,23) en drie onderzoeken hadden tien of minder proefpersonen (21-23). Vier onderzoeken hadden onderzoeksgroepen met gelijke verhouding man-vrouw (16,17,20,23). Twee onderzoeken onderzochten alleen mannen (19,21). De leeftijd van de proefpersonen was bij vier onderzoeken lager dan vijfendertig jaar (16,17,21,22), bij twee onderzoeken hoger dan vijftig jaar (18,20), bij één onderzoek was er zowel een aandeel van de groep lager dan vijfentwintig jaar en een aandeel hoger dan vijftig jaar onderzocht met de intentie leeftijdsgebonden verschillen te kunnen verklaren (23) en één onderzoek heeft geen leeftijd beschreven van zijn proefpersonen (19). Vier onderzoeken hebben aangegeven of er bij de proefpersonen sprake was van ervaring met hardlopen of wandelen op de loopband of daarbuiten en op welk niveau deze ervaring was (17,19-21).

Krachtenplatforms:

In vier onderzoeken is gebruik gemaakt van een AMTI-krachtenplaat (16-18,20). In drie onderzoeken is gebruik gemaakt van de Techmachine met Kistler krachtenplaat (21-23). In één onderzoek is gebruik gemaakt van het Novel Pedar X-systeem (19).

Protocol meetmethode:

In alle onderzoeken is een baan van tenminste vijftien meter gebruikt voor krachtmetingen over de vlakke grond. Alle onderzoeken hebben de individueel gemiddeld gelopen snelheid over de vlakkebaan gemeten en deze hetzelfde ingesteld voor op de loopband. Bij alle onderzoeken mocht de proefpersoon op zijn voorkeursnelheid lopen. Alle onderzoeken lieten de proefpersonen wennen aan de situaties die van ze werd gevraagd over de vlakke grond en over de loopband (16-23). In één onderzoek is gebruik gemaakt van één schoenmodel bij alle deelnemers (19) en bij één onderzoek is aangegeven dat deelnemers op hun eigen sportschoenen mochten lopen (16). Alle onderzoeken hebben de proefpersonen tenminste vijf minuten over de vlakke grond laten lopen en tenminste drie minuten over de loopband. In alle onderzoeken werd data verzameld in de laatste dertig seconden of tijdens de laatste passen die werden gelopen (16-23). Data filtering vond in alle onderzoeken plaats met behulp van een lowpass filter, zodat externe ruis van de loopband of andere machines werd gedempt (16-23).

Uitkomstmaten:

In vijf onderzoeken werden de proefpersonen onderzocht terwijl zij wandelden (16,18,20,21,23) en drie terwijl zij hardliepen (17,19,22). Er werd zevenmaal onderzoek gedaan naar de verticale grondreactiekracht (16-21,23), vijfmaal naar de anterior-posterior grondreactiekracht (16-18,22,23) en viermaal naar de mediaal-lateraal grondreactiekracht (16-18,23). Drie onderzoeken gaven minima en maxima van de gemeten GRF's weer (16,18,23). Eén onderzoek heeft de maximale plantaire kracht bij lopen over beton, gras en de loopband gemeten. Eén onderzoek heeft de verticale grondreactiekrachten tijdens vijfentwintig, vijftig en vijfenzeventig procent van de gangcyclus gemeten

(20). Eén onderzoek heeft de transient peak en loading rate van de verticale grondreactiekracht gemeten (21). En het laatste onderzoek heeft de braking peak en propulsive peak van de anterior-posterior grondreactiekracht gemeten (22). Zes onderzoeken gaven de resultaten weer uitgedrukt in percentage van het lichaamsgewicht (16-20,23). Eén onderzoek normaliseerde de resultaten aan het lichaamsgewicht (22). Eén onderzoek deed de transient peak normaliseren aan het lichaamsgewicht en deed de loading rate uitdrukken in percentage van het lichaamsgewicht.

Resultaten:

Alle onderzoeken vonden significante verschillen in grondreactiekrachten gemeten bij de vlakke grond vergeleken met de loopband. Van deze acht onderzoeken waren er vijf onderzoeken die de proefpersonen onderzochten terwijl zij wandelden en drie terwijl zij hardliepen. Uiteindelijk werd er zevenmaal onderzoek gedaan naar de verticale grondreactiekracht, vijfmaal naar de anterior-posterior grondreactiekracht en viermaal naar de mediaal-lateraal grondreactiekracht.

Bij het wandelen werd het volgende gevonden op gebied van verticale grondreactiekrachten (16,18,20,21,23). Riley et al. (16) vond een significant lagere verticale GRF-maximum over de loopband $p=0.00$. Watt et al. (18) vond een significant lagere verticale GRF 2 over de loopband $p<0.001$. Parvataneni et al. (20) vond lagere verticale GRF tijdens vijfenzeventig procent van de gangcyclus en dit was significant bij $p=0.003$. Chambon et al. (21) vond dat bij blootsvoets lopen de verticale GRF tijdens loading rate lager was bij de loopband met $p=0.03$ en de verticale GRF tijdens de transient peak lager was bij blootsvoets lopen over de loopband met $p=0.04$. Lee et al. (23) vond in aanvullend onderzoek lagere verticale GRF's over de loopband tijdens piek dorsiflexor momenten met $p<0.05$, over de gemiddelde verticale GRF's vond hij geen significante verschillen.

De resultaten van de onderzoeken werden als volgt weergegeven. Het onderzoek van Chambon et al. (21) deed de resultaten over loading rate normaliseren aan het lichaamsgewicht, alle andere resultaten die hierboven zijn beschreven werden uitgedrukt in percentage van het lichaamsgewicht. Voor de anterior-posterior grondreactiekrachten werd het volgende gevonden tijdens het wandelen (16,18,23). Riley et al. (16) vond significant lagere waarden over de loopband bij anterior-posterior GRF-maximum met $p=0.00$ en anterior-posterior GRF-minimum met $p=0.00$. Watt et al. (18) vond ditzelfde gegeven, hij mat lagere anterior-posterior GRF-minimum met $p<0.001$ en lagere anterior-posterior GRF-maximum met $p=0.002$ over de loopband. Lee et al. (23) vond lagere minimum anterior-posterior GRF met $p<0.05$ over de loopband.

De mediaal-lateraal grondreactiekrachten die werden gemeten bij het wandelen zijn als volgt (16,18,23). Riley et al. (16) heeft over de loopband lagere mediaal-laterale GRF-maxima gemeten met $p=0.00$ en lagere mediaal-laterale GRF-minima gemeten met $p=0.00$. Watt et al. (18) vond over de loopband significant lagere mediaal-laterale GRF-minimum 1 met $p<0.001$, significant lagere mediaal-laterale GRF-minimum 2 met $p<0.001$ en voor mediaal-laterale GRF-maxima werd geen significant verschil gevonden over de loopband met $p=0.038$. Lee et al. (23) vond geen enkel significant verschil in de minima en maxima van de mediaal-laterale grondreactiekracht.

In onderzoek naar verticale grondreactiekrachten tijdens het hardlopen over de loopband werden de volgende gegevens gevonden (17,19). Riley et al. (17) vond geen significant verschil in verticale GRF's bij lopen over de loopband met $p=0.0205$. Hong et al. (19) vond in maximale plantaire krachten significant lagere GRF's bij de loopband versus beton met $p<0.0017$, lagere GRF's bij gras versus beton met $p<0.0017$ en lagere GRF's bij de loopband versus gras met $p<0.0017$.

Voor het hardlopen werden de volgende gegevens gevonden voor anterior-posterior grondreactiekrachten (17,22). Riley et al. (17) vond over de loopband significant lagere anterior-posterior GRF's met $p=0.0008$. Goldberg et al. (22) vond significant lagere resultaten voor anterior-posterior GRF's in braking peak lagere GRF's met $p=0.03$ en propulsive peak lagere GRF's met $p=0.03$ bij hardlopen over de loopband.

Voor mediaal-laterale grondreactiekrachten werd het volgende gegeven gevonden tijdens het hardlopen (17). Riley et al. (17) vond bij hardlopen over de loopband significant lagere mediaal-laterale GRF's met $p=0.0003$.

De resultaten over hardlopen werden als volgt weergegeven. Goldberg et al. (22) normaliseerde de resultaten aan het lichaamsgewicht, alle andere bovenstaande resultaten over hardlopen werden uitgedrukt in percentage van het lichaamsgewicht.

Methodologische kwaliteitsbeoordeling

Bij de geselecteerde artikelen zijn geen RCT's gevonden. Hierdoor vervalt de methodologische kwaliteitsbeoordeling voor dit onderzoeksdesign. Er zijn uiteindelijk 8 CT's gevonden.

In onderstaande tabel 3 is de methodologische kwaliteitsbeoordeling voor de CT's gedaan.

Tabel 3. Methodologische kwaliteitsbeoordeling CT's, C3 randomisatie is hier weggelaten.

Auteur	Criteria*							Totaal	Kwaliteitsbeoordeling
	C1	C2	C4	C5	C6	C7	C8		
Riley et al, 2006 (16)	1	1	0	1	1	1	1	6	Goed
Riley et al, 2008 (17)	1	1	0	1	1	N.v.t.	0	4	Redelijk
Watt et al, 2009 (18)	1	1	0	1	1	N.v.t.	0	4	Redelijk
Hong et al, 2012 (19)	1	1	0	1	1	N.v.t.	0	4	Redelijk
Parvataneni et al, 2008 (20)	1	1	0	1	1	N.v.t.	1	5	Goed
Chambon et al, 2014 (21)	1	1	0	1	1	N.v.t.	1	5	Goed
Goldberg et al, 2008 (22)	0	1	0	1	1	N.v.t.	0	3	Redelijk
Lee et al, 2007 (23)	1	1	0	1	1	N.v.t.	0	5	Goed

*C1 - selectie van de patiënten, C2 - inhoud en vergelijkbaarheid behandeling, C3 - randomisatie, C4 - blinding, C5 - vergelijkbaarheid van de groepen, C6 - kwaliteit van de uitkomstmeting, C7 - intention-to-treat-analyse/per-protocol-analyse, C8 - loss-to-follow-up.

De meest opvallende gegevens van de methodologische kwaliteitsbeoordeling voor CT's wordt in onderstaande alinea's besproken.

Selectie van de patiënten: In zeven van de acht CT's is een beschrijving gegeven over de in- en/of exclusiecriteria (16-21, 23). In het onderzoek van Goldberg et al. (22) is alleen een beschrijving van de kenmerken gegeven over leeftijd, gewicht met de standaarddeviatie en er werd aangegeven dat het om gezonde proefpersonen ging, dit onderzoek krijgt daarmee een nul voor dit criterium.

Blinding: In geen van de onderzoeken is aangegeven of er sprake was van blinding (16-23). Dit geldt voor zowel de proefpersonen als de uitvoerende onderzoekers. Al deze onderzoeken hebben voor dit criterium een nul gekregen.

Intention-to-treat/per-protocol-analyse: In één onderzoek is aangegeven dat er vanwege een te hoog BMI en vanwege problemen met de apparatuur de data van deze proefpersonen afvielen en niet werden meegenomen in de rest van het onderzoek (16). Dit onderzoek kreeg daarom één punt toegekend. In alle andere CT's is niet benoemd of er sprake was van geselecteerde proefpersonen die om een reden toch niet zijn opgenomen in de rest van het onderzoek. In deze onderzoeken is alleen beschreven wie de proefpersonen waren en welke tests er zijn uitgevoerd bij deze personen (17-23). Een beschrijving van dit gegeven is niet relevant voor deze onderzoeken, omdat het wel of niet aanwezig zijn van een beschrijving hierover geen invloed heeft op de resultaten van deze onderzoeken. Op basis hiervan is de reden 'niet van toepassing' ingevuld bij de kwaliteitsbeoordeling.

Loss-to-follow-up: In geen van de onderzoeken is benoemd of er sprake was van afvallers (16-23). In twee onderzoeken is af te leiden dat de data van alle proefpersonen werd meegenomen verder in het onderzoek (16,20). In het onderzoek van Chambon et al. (21) is beschreven dat alle proefpersonen de test goed hebben doorstaan. Deze drie onderzoeken kregen een punt toe beoordeeld. De overige onderzoeken werden beoordeeld met een nul.

Discussie

In dit literatuuronderzoek is antwoord gezocht op de volgende onderzoeksvraag: 'In hoeverre is er een verschil in grondreactiekrachten tijdens lopen op een loopband vergeleken met lopen over de vlakke grond? '.

In de resultaten is naar voren gekomen dat er verschillen bestaan in grondreactiekrachten bij lopen op de loopband versus lopen over de vlakke grond. Er wordt een scheiding gemaakt tussen grondreactiekrachten bij het wandelen en bij het hardlopen over de loopband vergeleken met de vlakke grond.

Bij het wandelen over de loopband vonden alle vijf onderzoeken naar de verticale grondreactiekracht significant lagere resultaten ten opzichte van de vlakke grond, echter lopen de meetmethodes van deze onderzoeken uiteen. De resultaten over anterior-posterior grondreactiekrachten tijdens het wandelen over de loopband komen zeer met elkaar overeen, de onderzoeken zijn goed onderling vergelijkbaar en hebben tweemaal goede en eenmaal redelijke methodologische kwaliteit. De resultaten over de mediaal-laterale grondreactiekrachten tijdens het wandelen over de loopband lopen uiteen. Riley et al. (16) vond significante resultaten voor lagere GRF's over de loopband voor de minima en maxima van de mediaal-laterale grondreactiekrachten, Watt et al. (18) vond alleen significant lagere resultaten voor de minima mediaal-laterale grondreactiekrachten en Lee et al. (23) vond geen significante resultaten voor de minima en maxima van de mediaal-laterale grondreactiekrachten.

De onderzoeken naar verticale grondreactiekrachten tijdens het wandelen hebben, zoals eerder gezegd, uiteenlopende meetmethodes. Riley et al. (16) vond een significant lagere verticale GRF-maxima over de loopband, dit is gelijk aan het onderzoek van Watt et al. (18) die een significant lagere verticale GRF 2 over de loopband vond. De methodologische kwaliteit van Riley et al. (16) was goed, de kwaliteit van Watt et al. (18) redelijk en beide onderzoeksgroepen bevatten achttien of meer proefpersonen. Bij deze onderzoeken kan een goede uitspraak worden gedaan over de resultaten, echter onderzocht Watt et al. (18) een onderzoeksgroep met ouderen ouder dan vijfenzeventig, waardoor er niet kan worden uitgesloten of leeftijd een rol speelt in de gevonden resultaten. Parvataneni onderzocht de verticale GRF tijdens verschillende moment van de gangcyclus, waarbij hij alleen significant lagere verticale GRF tijdens vijfenzeventig procent van de gangcyclus vond. Dit resultaat is daarmee niet te vergelijken met die van Riley et al. (16) en Watt et al. (18). Chambon et al. (21) deed metingen bij blootsvoets lopen en deelde de verticale GRF op in de transient peak en loading rate. Alle andere onderzoeken lieten proefpersonen geschoeid lopen, hierdoor is het onduidelijk of er afwijkende resultaten zijn in het onderzoek van Chambon et al. (21) tijdens blootsvoets lopen ten opzichte van de andere onderzoeken naar verticale GRF's tijdens het geschoeid wandelen. Lee et al. (23) deed aanvullend onderzoek naar verticale GRF's over de loopband en vond tijdens piek dorsiflexor momenten significant lagere verticale grondreactiekrachten. Dit resultaat bevestigt wat al bekend was in de literatuur over veranderde kinematica van de onderste extremiteit bij het lopen over de loopband (11-13). Echter hebben de andere onderzoeken geen data over verticale GRF's tijdens gewrichtsmomenten en kinematica, waardoor het gegeven van Lee et al. (23) niet kan worden vergeleken. Over de gemiddelde verticale GRF's vond Lee et al. (23) geen significante verschillen.

De onderzoeken naar anterior-posterior grondreactiekrachten tijdens het wandelen zijn goed onderling vergelijkbaar. Riley et al. (16) en Lee et al. (23) scoorden goed op de methodologische kwaliteit en Watt et al. (18) scoorde redelijk. De onderzoeksgroepen bevatten achttien of meer proefpersonen, de meetmethoden komen overeen in aantal trials, gewinning en instelling van de loopband en Riley et al. (16) en Watt et al. (18) gebruikten beide een AMTI-krachtenplatform. Lee et al. (23) gebruikte een Techmachine Kistler-krachtenplatform, waarbij het onduidelijk is in hoeverre dit de resultaten heeft beïnvloed ten opzichte van de resultaten in de onderzoeken van Riley et al. (16) en Watt et al. (18).

De resultaten die gevonden zijn over de mediaal-laterale grondreactiekrachten tijdens het wandelen lopen uiteen. Er zijn voor deze onderzoeken vergelijkbare meetmethodes en uitkomstmaten gehanteerd, waardoor een verschil in resultaten als gevolg van deze factoren klein is. Riley et al. (16) heeft over de loopband lagere mediaal-laterale GRF-maxima en maxima gemeten en Watt et al. (18) vond over de loopband significant lagere mediaal-laterale GRF-minimum 1 en 2. Beiden gebruikten een AMTI-krachtenplaat. Voor mediaal-laterale GRF-maxima werd geen significant verschil gevonden bij Watt et al. (18). Watt et al. (18) had een oudere onderzoeksgroep dan Riley et al. (16), waardoor effect van leeftijd niet kan worden uitgesloten. Lee et al. (23) die geen enkel significant verschil vond in de minima en maxima van de mediaal-laterale grondreactiekracht, had een onderzoeksgroep die in jong en oud was opgedeeld en een ander krachtenplatform gebruikte dan de onderzoeken van Riley et al. (16) en Watt et al. (18). Het gebruik van een ander meetinstrument kan als gevolg hebben dat oppervlakte wrijving een rol speelt in de gevonden resultaten, waardoor Lee et al. (23) geen significante resultaten in mediaal-laterale grondreactiekrachten vond (18).

Het aantal onderzoeken dat zich richtte op hardlopen was beperkt, waardoor er weinig resultaten zijn om betrouwbare conclusies aan te verbinden. De resultaten van verticale grondreactiekrachten bij het hardlopen zijn wisselend. Riley et al. (17) vond geen significante resultaten bij hardlopen over de loopband versus de vlakke grond, Hong et al. (19) vond wel significante resultaten in maximale plantaire krachten. Hij vond significant lagere resultaten voor de loopband ten opzichte van beton en gras. Ook vergeleek hij beton ten opzichte van gras, waarbij gras significante lagere GRF's ontstonden. Dit gegeven komt overeen met de informatie die eerder is gevonden in de literatuur naar het effect van hardere en zachtere ondergronden op grondreactiekrachten. Eerder werd beschreven in de inleiding dat zachtere ondergronden voor lagere GRF's zorgen (8-10). De lagere GRF's over de loopband ontkrachten de stelling over kunstmatige ondergronden die voor hogere GRF's zouden zorgen (8-10). Echter is het gegeven uit het onderzoek van Hong et al. gebaseerd op enkel dit onderzoek en zou er meer onderzoek naar moeten worden gedaan wil men hier een betrouwbare uitspraak over doen (19).

De anterior-posterior resultaten bij hardlopen waren overeenkomstig. Beide onderzoeken vonden significant lagere GRF's tijdens hardlopen over de loopband (17,22). Echter werden er in beide onderzoeken ongelijke uitkomstmaten gehanteerd. Goldberg et al. (22) keek naar anterior-posterior GRF's in braking peak en propulsive peak. Riley et al. (17) keek naar het gemiddelde van de anterior-posterior GRF's. De methodologische kwaliteit van deze onderzoeken was redelijk. De meetomstandigheden naar de anterior-posterior grondreactiekrachten tijdens het hardlopen waren uiteenlopend. Riley et al. (17) had een gelijke verdeling man-vrouw, een onderzoeksgroep van twintig personen en de deelnemers hadden ervaring met hardlopen. Goldberg et al. (22) had een ongelijke verdeling aan man-vrouw en een kleine onderzoeksgroep van acht personen. Er kan niet worden uitgesloten dat er invloed door geslachtsverschillen op de gevonden resultaten van toepassing is en daarnaast zijn de gevonden resultaten door de omvang van de onderzoeksgroep niet generaliseerbaar. Beide onderzoeken hebben verschillende krachtenplatforms gebruikt, waardoor ze minder goed onderling vergelijkbaar zijn en de waarde voor eventuele conclusies daarmee daalt. Ondanks dat de resultaten van het onderzoek van Riley et al. (17) en Goldberg et al. (22) overeenkomstig waren, kan er geen hoogwaardige conclusie aan worden gebonden.

Voor de mediaal-laterale grondreactiekrachten werd tijdens het hardlopen slechts één resultaat gemeten. Riley et al. (17) vond een significant lager resultaat over de loopband ten opzichte van de vlakke grond. De methodologische kwaliteit van dit onderzoek was redelijk en omdat het onderzoek op zichzelf staand is kan hier geen conclusie aan worden verbonden. Mediaal-laterale verschillen in grondreactiekrachten kunnen worden gewijd aan een verschil in oppervlakte ruwheid van de loopband ten opzichte van de vlakke grond (18).

De opvallende gegevens die uit de methodologische kwaliteit van de CT's naar voren zijn gekomen hebben betrekking op de selectie van de patiënten, de blinding en de loss-to-follow-up. Het onderzoek van Goldberg et al. (22) heeft enkel een beschrijving gegeven over de onderzoeksgroep. Alle andere onderzoeken hebben wel de in- en exclusiecriteria beschreven, waardoor de onderlinge vergelijkbaarheid van deze onderzoeken hoger is dan het onderzoek van Goldberg et al. (22). Aan dit onderzoek worden in deze discussie geen conclusies verbonden (22). In geen van de onderzoeken is

beschreven in hoeverre er blinding van de proefpersonen of de onderzoekers werd toegepast. Doordat hier geen gegevens over zijn beschreven is er geen kennis beschikbaar of de proefpersonen hebben kunnen overpresteren bij het uitvoeren van het protocol, doordat zij wisten wat hun te wachten stond. Tot op zekere hoogte is blinding bij deze onderzoeken niet mogelijk, omdat de proefpersonen moeten weten wat er van hun verwacht wordt. Echter mag het niet zo zijn dat de proefpersoon wist wanneer dataverzameling plaatsvindt, waardoor hij eventueel extra zijn best kon gaan doen met lopen en valse data werd gemeten. Doordat hier nu geen beschrijving over is hebben de onderzoeken een nul toegewezen gekregen. De loss-to-follow-up is in geen van de onderzoeken beschreven. In twee onderzoeken is af te leiden uit de resultaten dat alle deelnemers de testen hebben afgelegd en zijn opgenomen in de resultaten, en bij één onderzoek werd beschreven dat alle proefpersonen de test succesvol hebben afgelegd. Bij de andere onderzoeken waaruit geen loss-to-follow-up is af te leiden kan de generaliseerbaarheid van een onderzoek lager zijn, omdat er mogelijk mensen zijn uitgevallen. De onderzoeken die uiteindelijk de hoogste methodologische kwaliteit hebben gescoord zijn de onderzoeken van Riley et al. (16), Parvataneni et al. (20), Chambon et al. (21) en Lee et al. (23) en worden uiteindelijk de belangrijkste conclusies verbonden in dit literatuuronderzoek.

Sterke en zwakke punten onderzoek

In dit literatuuronderzoek zijn onderzoeken geïnccludeerd die allen een vergelijking maken tussen lopen op de loopband en over de vlakke vloer, waarbij meetmethoden zeer overeenkwamen. De vergelijkbaarheid van de onderzoeken is daarmee van hogere waarde. Een sterk punt is de leeftijd van de geïnccludeerde artikelen, waardoor is uitgesloten dat er afwijkende resultaten zijn gevonden als gevolg van veroudering van de meetmethoden en meetinstrumenten zijn ontstaan. De beperkingen van dit literatuuronderzoek zijn gaandeweg naar voren gekomen. Er was in de methode geen criterium voor het type krachtenplatform gesteld. Voor de onderlinge vergelijkbaarheid van de onderzoeken was het moeilijker betrouwbare conclusies te trekken, omdat niet duidelijk was of verschillende krachtenplatforms verschillende resultaten gaven. Echter als hier een criterium over was gesteld, was de kans groot dat er te weinig artikelen gevonden zouden worden. Daarnaast was er geen criterium gesteld over hoe groot de onderzoeksgroep moest zijn en of er werd gekeken naar de verhouding man-vrouw. Hoe groter een onderzoeksgroep hoe groter de generaliseerbaarheid van de resultaten en bij een gelijke verdeling aan man-vrouw wordt de invloed door geslachtsverschillen uitgesloten. Tot slot is zijn er in het huidige onderzoek verschillende uitkomstmaten van de grondreactiekrachten naar voren gekomen ondanks het opstellen van inclusiecriteria hiervoor. Voor de verticale grondreactiekracht werd onderscheid gemaakt in transient peak en loading rate, de anterior-posterior grondreactiekracht werd verdeeld in braking peak en propulsive peak en regelmatig werd er onderscheid gemaakt in minima en maxima-grondreactiekrachten. Dit zijn zaken die achteraf beter en anders gedaan konden worden bij het opstellen van de methode van dit literatuuronderzoek.

Aanbevelingen vervolgonderzoek

Op basis van de beperkingen in het eigen onderzoek en de beperkingen in de gevonden literatuur worden de volgende aanbevelingen voor vervolgonderzoek gedaan. Voor vervolgonderzoek wordt geadviseerd dat er meer onderzoek wordt gedaan naar grondreactiekrachten over de loopband en de vlakke grond, waarbij gelijke typen krachtenplatforms, gelijke uitkomstmaten, gelijk aantal proefpersonen en een gelijke verdeling in geslacht van de proefpersonen centraal staan. Op deze manier ontstaan meer vergelijkbare onderzoeken, zodat bij een volgend literatuuronderzoek betrouwbaardere conclusies getrokken kunnen worden. Daarnaast zou het waardevol zijn de grondreactiekrachten te linken aan de momenten van de gangcyclus en de kinematica, zoals is gedaan bij het onderzoek van Lee et al. (23). De curves van de grondreactiekrachten variëren tijdens het gaan en zijn daarmee typerend voor ieder onderdeel van de gangcyclus. Resultaten hierover zouden gelinkt kunnen worden aan wat al bekend is over verschillen in kinematica van de onderste extremiteit bij het lopen over de loopband (11-13). Door inzicht te krijgen in de verschillende kenmerken van de grondreactiekracht gedurende de gangcyclus over de loopband en over de vlakke grond, kan betere analyse plaatsvinden in geval van blessures of andere problematiek tijdens het gaan en daarmee specifiekere adviezen worden gegeven.

Aanbevelingen podotherapeutische praktijk

In de adviezen die de podotherapeut aan zijn patiënten verstrekt kan worden meegenomen dat er sprake is van verschil in grondreactiekrachten bij het lopen op de loopband vergeleken met de vlakke grond. De podotherapeut kan stellen dat er over de loopband significant lagere grondreactiekrachten op het lichaam zijn gevonden. Hierin kan vooral bij mensen die al eerder een overbelastingsblessure hebben meegemaakt, geadviseerd worden dat het verstandiger zal zijn om op de loopband te gaan lopen, om de kans op herhaling van de blessure in de toekomst te doen verlagen. Hierin moet secuur worden omgegaan met de bevindingen van dit literatuuronderzoek, omdat er naast de ondergrond waarop wordt gelopen meer factoren van invloed zijn op de verschillende aspecten van de grondreactiekrachten. Tot slot moet er rekening mee worden gehouden dat de adviezen die de podotherapeut verstrekt op basis van dit onderzoek, op dit moment op onvoldoende bewijs zijn gebaseerd en dat er vervolgonderzoek nodig is om men in de toekomst van betrouwbaarder bewijs te voorzien.

Conclusie

Op de hoofdvraag: 'In hoeverre is er een verschil in grondreactiekrachten tijdens lopen op een loopband vergeleken met lopen over de vlakke grond?' kan op basis van de bevindingen in dit literatuuronderzoek het volgende antwoord worden geformuleerd. Er is in dit literatuuronderzoek gevonden dat er significant lagere verticale, anterior-posterior en mediaal-laterale grondreactiekrachten over de loopband ten opzichte van de vlakke grond ontstaan. Echter moet deze uitspraak met voorzichtigheid worden genomen, omdat er per aspect van de grondreactiekrachten een beperkte hoeveelheid resultaten zijn gevonden voor wandelen en hardlopen. Om een betrouwbaar antwoord op de hoofdvraag te krijgen zal er vervolgonderzoek gedaan moeten worden waarbij goede methodologische kwaliteit wordt gehanteerd.

Literatuur

1. CBS, RIVM. Wekelijks sporten. 2014.
2. Thiessen-Raaphorst A. Rapportage Sport 2014. Den Haag: Sociaal Cultureel Planbureau;2015.
3. Bredeweg SW, Buist I. Hardlopen en blessures. Huisarts Wet. 2010;53(11):631-634.
4. Hreljac A. Impact and Overuse Injuries in Runners. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(5):845-849.
5. Novacheck TF. The biomechanics of running. Gait Posture. 1998;7(1):77-95.
6. Novacheck TF. Running Injuries: A Biomechanical Approach. Instr Course Lect. 1998;47:397-406.
7. Perry J, Burnfield JM. Gait analysis: Normal and pathological function. 2nd edition. Thorofare, New Jersey: SLACK Incorporated.
8. Dixon SJ, Collop AC, Batt ME. Surface effects on ground reaction forces and lower extremity kinematics in running. Med Sci Sports Exerc. 2000;32(11):1919-1926.
9. Dragoo JL, Braun H. The Effect of Playing Surface on Injury Rate A Review of the Current Literature. Sports Med. 2010;40(11):981-990.
10. Hardin EC, van den Bogert AJ, Hamill J. Kinematic Adaptations during Running: Effects of Footwear, Surface, and Duration. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(5):838-844.
11. Schache AG, Blanch PD, Rath DA, Wrigley T V, Starr R, Bennell KL. A comparison of overground and treadmill running for measuring the three-dimensional kinematics of the lumbo pelvic hip complex. Clin Biomech. 2001;16(8):667-680.
12. Sinclair J, Richards JIM, Taylor PJ, Edmundson CJ, Brooks D, Hobbs SJ. Three-dimensional kinematic comparison of treadmill and overground running. Sports Biomech. 2013;12(3):272-282.
13. Ceakenberghe van I, Segers V, Aerts P, Willems P, Clercq de D. Joint kinematics and kinetics of overground accelerated running versus running on an accelerated treadmill. J R Soc Interface. 2013;10(84):20130222.
14. Podotherapie. Wat is podotherapie [23-03-2016]. Available from: <http://www.podotherapie.nl/patient/wat-is-podotherapie/>
15. Wouters E, van Zaalen Y, Bruijning J. Praktijkgericht onderzoek in de (para)medische zorg. 2e editie. Bussum: Uitgeverij Coutinho. 2015.
16. Riley PO, Paolini G, Della Croce U, Paylo KW, Casey Kerrigan D. A kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy subjects. Gait Posture. 2007;26(1):17-24.
17. Riley PO, Dicharry J, Franz J, Della Croce U, Wilder RP, D. Casey Kerrigan D. A Kinematics and Kinetic Comparison of Overground and Treadmill Running. Med Sci Sports Exerc. 2008;40(6):1093-1100.
18. Watt JR, Franz JR, Jackson K, Dicharry J, Riley PO, Casey Kerrigan D. A three-dimensional kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy elderly subjects. Clin Biomech. 2010;25(5):444-449.
19. Hong J, Wang L, Xian Li J, He Zhou J. Comparison of plantar loads during treadmill and overground running. J Sci Med Sport. 2012;15(6):554-560.
20. Parvataneni K, Ploeg L, Olney SJ, Brouwer B. Kinematic, kinetic and metabolic parameters of treadmill versus overground walking in healthy older adults. Clin Biomech. 2009;24(1):95-100.

21. Chambon N, Delattre N, Guéguen N, Berton E, Rao G. Shoe drop has opposite influence on running pattern when running overground or on a treadmill. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(5):911-918.
22. Goldberg EJ, Kautz SA, Neptune RR. Can treadmill walking be used to assess propulsion generation? *J Biomech.* 2008;41(8):1805-1808.
23. Lee SJ, Hidler J. Biomechanics of overground vs. treadmill walking in healthy individuals. *J Appl Physiol.* 2008;104(3):747-755.

Bijlage I Data-extractietabel

Artikel en jaartal publicatie	Studie design	Kenmerken proefpersonen	Meet instrumenten	Protocol meetmethode	Uitkomstmaten	Resultaten over vlakke grond gemiddelde GRF en standaarddeviatie(SD)	Resultaten over loopband GRF en standaarddeviatie(SD)	p-waarde significant bij p<0.05*
Riley et al, 2006 (16)	CT	13 mannen 13 vrouwen 18-35 jaar oud BMI<30 Vrij van aandoeningen	AMTI-krachtenplaat AMTI TMFP's	5 sessies 15 meter vlakke grond, 3 sessies 30 sec 3x loopband Zelfgekozen loopsnelheid vlakke grond en gemiddelde snelheid vlakke grond ingesteld voor loopband, dataverzameling laatste 30sec na gewenning, 1 voet op krachtenplatform Eigen sneakers Wandelen	Verticale, anterior-posterior(AP), mediaal-lateraal(ML) GRF weergegeven in % lichaamsgewicht(BW)	Gemeten verschilwaardes loopband vs. vlakke grond: AP GRF max (%BW) 4.38 SD:1.72 AP GRF min (%BW) -3.00 SD:1.79 ML GRF max (%BW) -1.02 SD:1.27 ML GRF min (%BW) -2.58 SD:1.50 Verticale GRF max (%BW) 5.53 SD:4.79	Zie links voor gemeten verschillen in % BW loopband vs. vlakke grond. Dikgedrukte waardes weergegeven lage GRF over de loopband	AP GRF max (%BW): p=0.00 AP GRF min (%BW): p=0.00 ML GRF max (%BW): p=0.00 ML GRF min (%BW): p= 0.00 Verticale GRF max (%BW): p=0.00
Riley et al, 2008 (17)	CT	10 mannen 10 vrouwen Gemiddelde leeftijd 25,2 jaar oud SD:4,6 Joggers/hardlopers Vrij van aandoeningen	AMTI-krachtenplaat	Snelheid 10km race over 15 meter baan vlakke grond, metingen starten na gewenning korte baan, 3-5 min gewenning op loopband ingesteld op gemiddelde snelheid vlakke grond, dataverzameling 3-5 30sec metingen na gewenning loopband, 1 voet op krachtenplatform, Hardlopen	Verticale, anterior-posterior(AP), mediaal-lateraal(ML) GRF in % lichaamsgewicht	AP GRF (%BW): 37.07 SD:11.55 ML GRF (%BW): 10.94 SD:4.73 Verticale GRF (%BW): 263.43 SD:45.20	AP GRF (%BW): 30.75 SD:4.86 ML GRF (%BW): 8.29 SD:2.73 Verticale GRF (%BW): 249.34 SD:21.83	AP GRF (%BW): p=0.0008 ML GRF (%BW): p=0.0003 Verticale GRF (%BW): p=0.0205
Watt et al, 2009 (18)	CT	6 mannen 12 vrouwen 65-81 jaar oud Vrij van aandoeningen	AMTI-krachtenplaat	15 meter vlakke grond 3 gangcycli metingen na gewenning loopsnelheid, gemiddelde snelheid vlakke grond ingesteld op loopband, dataverzameling na 2 min gewenning 2 15sec metingen, 1 voet op krachtenplatform Wandelen	Verticale, anterior-posterior(AP), mediaal-lateraal(ML) GRF in % lichaamsgewicht(BW)	AP GRF (%BW) Min: -18.86 SD:2.97 AP GRF (%BW) Max: 17.37 SD:3.81 ML GRF (%BW) Min 1: -6.55 SD:1.51 ML GRF (%BW) Min 2: -5.22 SD:1.42 ML GRF (%BW) Max: 4.04 SD:1.44 Verticale GRF (%BW) 1: 111.91 SD:10.5 Verticale GRF (%BW) 2: 108.02 SD:6.19	AP GRF (%BW) Min: -16.11 SD:2.86 Verschil: -2.75 AP GRF (%BW) Max: 15.93 SD:3.65 Verschil: 1.44 ML GRF (%BW) Min 1: -9.84 SD:1.58 Verschil: 3.28 ML GRF (%BW) Min 2: -7.37 SD:1.13 Verschil: 2.14 ML GRF (%BW) Max: 3.23 SD:1.71 Verschil: 0.81 Verticale GRF (%BW) 1: 111.25 SD:8.00 Verschil: 0.65 Verticale GRF (%BW) 2: 100.23 SD:6.80 Verschil: 7.78	AP GRF (%BW) Min: p<0.001 AP GRF Max: p=0.002 ML GRF (%BW) Min 1: p<0.001 ML GRF (%BW) Min 2: p<0.001 ML GRF (%BW) Max: p=0.038 Verticale GRF (%BW) 1: p=0.617 Verticale GRF (%BW) 2: p<0.001

Hong et al, 2012 (19)	CT	16 mannen Ervaren (loopband) hardlopers, 20km per week Schoenmaat 41	Novel Pedar-X systeem	6 minuten warmlopen eigen loopsnelheid over 30 meter baan gras en beton, dataverzameling bij snelheid 3,8 m/s na 15-20 meter, loopband 6 minuten warmlopen bij snelheid 3,3 m/s, dataverzameling bij 3,8 m/s gedurende 2 minuten, 1 voet op krachtenplatform Asics maat 41 hardloopschoenen Hardlopen	Maximale totale plantaire kracht(MF) GRF in % lichaamsgewicht(B W) Gras(G) Beton(C) Loopband(T)	C MF (%BW): 267.3 SD:33.2 G MF (%BW): 263.1 SD:44.1	T MF (%BW): 235.4 SD:36.9	T vs. C MF (%BW): p<0.0017 G vs. C MF (%BW): p<0.0017 T vs. G MF (%BW): p<0.0017
Parvataneni et al, 2008 (20)	CT	5 mannen 5 vrouwen 50-73 jaar oud 2 personen met beperkte ervaring loopband lopen Vrij van aandoeningen	AMTI- krachtenplaat	3 trails vlakke grond met zelfgekozen snelheid gedurende meerdere minuten, 3 trials loopband met gemiddelde snelheid vlakke grond, 2-4 minuten gewenning, totale loopsessie loopband 6-8 minuten Dataverzameling laatste 30sec na gewenning, 1 voet op krachtenplatform Wandelen	Verticale GRF in % lichaamsgewicht(B W) bij 25% gangcyclus, 50% gangcyclus, 75% gangcyclus(GC)	Verticale GRF 25% GC (%BW): 108 Verticale GRF 50% GC (%BW): 75 Verticale GRF 75% GC (%BW): 102	Verticale GRF 25% GC (%BW): 102 Verticale GRF 50% GC (%BW): 75 Verticale GRF 75% GC (%BW): 98	Verticale GRF 75% GC (%BW): p=0.003
Chambon et al, 2014 (21)	CT	10 mannen Gemiddelde leeftijd 21.8 SD:2,0 Recreatieve hardlopers Vrij van aandoeningen	Kistler 9,281 CA- krachtenplaat Techmachine Medical Developpement S1200 loopband	Loopband 8 km/h, iedere 15sec verhoogd met 0,5 km/h tot gewenste loopsnelheid participant, 7 minuten wennen per nieuwe schoen, gemiddelde laatste 20 passen opgenomen voor dataverzameling 7 trials vlakke grond 15 meter op gewenste loopsnelheid loopband, 1 voet op krachtenplatform Wandelen	Verticale GRF genormaliseerd aan/percentage lichaamsgewicht (BW), transient peak(BW) en loading rate(%BW) bij blootsvoets(BF) en hoogteverloop in schoen hak- voorvoet van 0(D0), 4(D4) en 8(D8) mm	Verticale GRF transient peak (BW): BF:1.58 SD:±0.37 D0:1.47 SD:±0.29 D4:1.47 SD:±0.25 D8:1.42 SD:±0.22 Verticale GRF loading rate (%BW s-1): BF:141 SD:±73 D0:121 SD:±44 D4:110 SD:±36 D8:96 SD:±28	Verticale GRF transient peak (BW): BF:1.17 SD:±0.21 D0:1.23 SD:±0.20 D4:1.30 SD:±0.28 D8:1.33 SD:±0.21 Verticale GRF loading rate (%BW s-1): BF:50 SD:±22 D0:53 SD:±23 D4:58 SD:±22 D8:66 SD:±16	Verticale GRF loading rate BF: lager bij loopband p=0.03 Verticale GRF transient peak BF: lager bij loopband p=0.04
Goldberg et al, 2008 (22)	CT	2 mannen 6 vrouwen Gemiddelde leeftijd 30,6 SD:9,9 Vrij van aandoeningen	Techmachine, Andrézieux- Bouthéon France	10 trials vlakke grond lopen op zelfgekozen snelheid, 3 trials loopband op gemiddelde snelheid vlakke grond, dataverzameling laatste 30sec, 1 voet op krachtenplatform Hardlopen	Anterior-posterior GRF genormaliseerd aan lichaamsgewicht (BW) uitgedrukt in braking peak en propulsive peak	Braking peak 1 (BW): -0.367 SD:0.06 Propulsive peak 2 (BW): 0.407 SD:0.05	Braking peak 1 (BW): -0.327 SD:0.06 Propulsive peak 2 (BW): 0.357 SD:0.04	Braking peak: p=0.03 Propulsive peak: p=0.03

Lee et al, 2007 (23)	CT	19 personen 4 mannen, 4 vrouwen gemiddelde leeftijd 56 SD:5.6 5 mannen, 6 vrouwen gemiddelde leeftijd 23.5 SD:3.3 Vrij van aandoeningen	ADAL3D-F/ COP/Mz techmachine, Andrézieux France Kistler triaxial piezoelectric sensors, Winterthur Switzerland	5 meter vlakke grond voorkeurssnelheid, 10 trials voor meting van drie acceptabele passen, loopband 3min wennen, daarna ingesteld op eerder gemeten snelheid en dataverzameling gedurende laatste 30sec, 1 voet op krachtenplatform Wandelen	Verticale, anterior-posterior(AP), mediaal-lateraal(ML) GRF-minima en -maxima in % lichaamsgewicht (BW)	Min AP GRF (%BW): -17 SD:1 Max AP GRF (%BW): 17 SD:1 Min 1 ML GRF (%BW): -3 SD:1 Min 2 ML GRF (%BW): 5 SD:1 Max 1 ML GRF (%BW): 7,7 SD:1 Max 2 ML GRF (%BW): 7,4 SD:1 Min verticale GRF (%BW): 85 SD:1 Max 1 verticale GRF (%BW): 106 SD:1 Max 2 verticale GRF (%BW): 106 SD:1	Min AP GRF (%BW): -13 SD:1 Max AP GRF (%BW): 18 SD:1 Min 1 ML GRF (%BW): -3 SD:1 Min 2 ML GRF (%BW): 5,5 SD:1 Max 1 ML GRF (%BW): 8 SD:1 Max 2 ML GRF (%BW): 7,5 SD:1 Min verticale GRF (%BW): 85 SD:1 Max 1 verticale GRF (%BW): 105 SD:1 Max 2 verticale GRF (%BW): 105 SD:1	Min AP GRF (%BW): p<0.05 Aanvullend onderzoek: Min AP GRF en verticale GRF's (%BW) tijdens piek dorsiflexor momenten: p<0.05
----------------------	----	--	--	---	---	--	--	---

*Dikgedrukte p-waardes geven aan dat er een significant lagere grondreactiekracht over de loopband ten opzichte van de vlakke grond is gemeten.

ML= Mediaal-lateraal GRF

AP= Anterior-posterior GRF

Min= Minimumwaarde GRF-verloop

Max= Maximumwaarde GRF-verloop

BW= Body weight/lichaamsgewicht

GC= Gait cycle/gangcyclus

G= Gras

C= Beton

T= Loopband

BF= Barefoot/blootsvoets