



Wat zijn de mechanische effecten van (steun)zolen in de militaire laars?

Een verkennende studie en oproep tot verder onderzoek

door luitenant-kolonel-arts prof. dr. W.O. Zimmermann^a, K. van Amelsfort^b, H. Heskamp^c, dr. E.W.P. Bakker^d

^a Senior sportarts bij Trainingsgeneeskunde en Trainingsfysiologie van de Koninklijke Landmacht (TGTF), Utrecht; tevens Full Professor (visiting) of Military Medicine, Uniformed Services University of the Health Sciences, Bethesda, Maryland, USA.

^b Master's student, Clinical Health Sciences, Universiteit van Utrecht.

^c Specialist hardloopenalyses, LaFoot, Hilversum.

^d Epidemioloog, Universiteit van Amsterdam, afdeling klinische epidemiologie, biostatistiek en bio-informatica.

Artikel ontvangen mei 2024.

Samenvatting

Achtergrond

Blessures gerelateerd aan marsen en hardlopen komen veel voor bij Defensie. Overpronatie wordt gezien als een biomechanische risicofactor voor het ontstaan van deze overbelastingblessures. Het verstrekken van zolen met een antipronatiewerking is een veel gebruikte therapeutische interventie. Het wetenschappelijk bewijs voor de biomechanische werking en het klinische effect van zolen is echter beperkt.

Doel

Inzicht krijgen in het directe effect van 3D-geprinte zolen in militaire laarzen op zes biomechanische parameters van het marsen en hardlopen, met extra aandacht voor pronatie-excursie en pronatiesnelheid.

Methoden

Militairen met een hardloopblessure (bijv. mediaal tibiaal stress syndroom (MTSS)), verwezen door een arts voor het aanmeten van zolen, hebben gemarst (6 km/u) en hardgelopen (10 km/u) op een loopband, op laarzen. Een podotherapeut maakte 3D-geprinte zolen, individueel op maat. Met een sensor op de laarzen, op de voetrug, werden op de dag van verstrekking van de nieuwe zolen de volgende parameters gemeten: stapfrequentie, grond contacttijd, pronatie-excursie, pronatiesnelheid, voetplaatsing en totale schok.

Resultaten

Op individueel niveau werd door het dragen van de zolen in de laarzen bij marsen en hardlopen bij zeven van de elf deelnemers (64%) een reductie van pronatie-excursie bereikt, bij vijf van de elf deelnemers (45%) een reductie van pronatiesnelheid. Op groepsniveau was de correctie van de pronatie-excursie door de zolen in de laarzen gemiddeld ongeveer 10% bij marsen, bij de overige parameters kleiner. Het 95% betrouwbaarheidsinterval van het effect van de zolen was klein.

Conclusie

Op individueel niveau leiden de zolen die in dit onderzoek gebruikt zijn bij marsen en hardlopen tot reductie van pronatie-excursie en pronatiesnelheid bij respectievelijk 65% en 45% van de deelnemers. Op groepsniveau is de werking van de zolen op de zes gemeten parameters klein. Nader onderzoek, gebruikmakend van de best beschikbare meetmethoden, is gewenst om te bepalen of het voorschrijven van zolen in militaire laarzen tot een klinisch relevant effect leidt.

Inleiding

Marsen en hardlopen zijn een vast onderdeel van de militaire training en het beroep. Blessures veroorzaakt door overbelasting van marsen en hardlopen leiden tot uitval van één op de vier kandidaten bij de opleiding van elite troepen¹. Er is de laatste jaren steeds meer aandacht voor

hardlooptechniek als risicofactor voor hardloopblessures. Een recente systematische review² laat zien dat heel veel biomechanische parameters onderzocht zijn, maar dat het wetenschappelijk bewijs voor de relatie tussen hardlooptechniek en overbelastingsblessures bij langeafstandlopers niet sterk is. Er wordt aanbevolen om nader onderzoek te doen naar de relatie tussen biomechanische risicofactoren en specifieke diagnoses binnen de groep hardloopblessures.

Pronatie van de voet kan simpel worden beschreven als het naar binnen kantelen van de voet, maar biomechanisch is het een complexe beweging over meerdere gewrichten van de achter- en middenvoet³. Pronatie is een natuurlijke beweging met als doel schokabsorptie tijdens het contact van de voet met de grond³. Het aantal graden pronatie tijdens marsen en hardlopen en de duur van de pronatie beweging worden als risicofactor gezien bij de diagnoses mediaal tibiaal stress syndroom (MTSS) en stressfracturen van de tibia². Het is mogelijk om pronatie te beperken met zolen, antipronatieschoeisel of taping³. Het wordt aanbevolen om de methode te kiezen die de patiënt prefereert³. Er is wel onderzoek gedaan naar de invloed van zolen in laarzen op compressiekrachten op de tibia⁴, plantaire druk en tibiale schok⁵ en plantaire druk en comfort⁶. Deze studies geven gemengde resultaten. Een studie meldde dat zolen bij marsen piekbelasting verminderen, maar niet bij hardlopen⁴. Een andere studie beschreef dat bij marsen het toepassen van zolen leidt tot een reductie van druk op de hak, een toename van druk op de middenvoet en een kleine toename van druk onder de grote teen en voorvoet⁵. Een derde studie vond dat een schokabsorberende zool in de militaire laarzen zowel bij marsen als hardlopen de druk op de hak, middenvoet en voorvoet verminderde en het ervaren comfort verhoogde⁶. Een studie die rapporteert over reductie van pronatie door zolen in militaire laarzen kon door de auteurs bij een eerste verkenning van de literatuur niet worden gevonden.

Er is dus een kennislacune: als een militaire zorgverlener een militair met een hardloopblessure zolen voorschrijft, met het idee pronatie te beperken in de militaire laars, zorgen de zolen dan voor het gewenste biomechanische effect? MTSS is de meest gestelde diagnose in de groep onderbeenklachten bij Defensie en overpronatie wordt als risicofactor gezien bij deze aandoening². Daarom werd dit onderzoek gestart met de volgende onderzoeksvraag: wat is het directe effect van het plaatsen van op maat gemaakte 3D-zolen in militaire laarzen bij marsen en hardlopen, op zes biomechanische parameters, met speciale aandacht voor pronatie-exkursie en pronatiesnelheid?

Methodiek

Dit artikel beschrijft de reguliere zorg van militairen met een hardloopblessure bij de afdeling Trainingsgeneeskunde en Trainingsfysiologie (TGTF) van de Koninklijke Landmacht in Utrecht. Er is één verschil, voor de deelnemers aan dit onderzoek zijn de zolen gemaakt door één van de auteurs (KvA), die podotherapeut is. Normaal worden zolen voor militairen gemaakt bij Orthopedie Techniek Aardenburg, onderdeel van het Militair Revalidatie Centrum in Doorn. Aan alle deelnemers is schriftelijk toestemming gevraagd om de bevindingen anoniem te rapporteren in een wetenschappelijk artikel. Voor dit type onderzoek, analyse van reguliere zorg, is geen toestemming van een ethische commissie vereist.

Deelnemers

De deelnemers waren patiënten van de sportartsen, werkzaam bij TGTF. De sportartsen verwezen een militair met een overbelastingsblessure van de onderste extremiteit voor het aanmeten van een (steun)zool, met antipronatiewerking naar de podotherapeut. Hierbij waren twee situaties mogelijk: 1. De militair had nog nooit zolen gedragen, het was een eerste verwijzing; 2. De militair droeg al zolen die waren voorgeschreven door een militaire arts, maar deze waren ouder dan een jaar en aan vervanging toe. Exclusiecriteria voor deelname aan dit onderzoek waren: 1. Anatomische afwijkingen die normaal wandelen en hardlopen beperken, zoals een beenlengteverschil groter dan twee cm en bewegingsbeperking in de grote teen (bijv. artrose van de grote teen); 2. Te veel pijn om deel te nemen aan de fysieke metingen van de studie.

De inmeetprocedure

De studieperiode was januari tot en met april 2024. Na een consult bij de sportarts werden de deelnemers gezien door de podotherapeut voor de inmeetprocedure. Deze procedure werd uitgevoerd conform de richtlijn van de beroepsgroep en bestond uit anamnese, lichamelijk onderzoek, een loopanalyse, en een voetscan (3D Laser Plantar Foot Scanner, met Voxelcare software)⁷. De volgende waarden werden opgenomen als basisgegevens: 1. Leeftijd in jaren; 2. Lengte in cm; 3. Gewicht in kg; 4. Geslacht man/vrouw; 5. Merk van de laarzen.



Afb. 1: Voorbeeld van een 3D-geprinte zool, zoals gebruikt in de huidige studie.

Foto: W.O. Zimmermann.

De zolen

Op basis van een 3D-scan werden zolen gemaakt van thermoplastisch polyurethaan (TPU-zolen). Dit is een relatief nieuw materiaal, dat niet makkelijk slijt⁸. Elke zool kreeg een hielcup en een varuskanteling van de hiel, met als doel pronatie te reduceren en op indicatie andere elementen die de podotherapeut gewenst achtte.

Het meetinstrument

De RunScribe sensor (RunScribe, San Francisco, Californië, Verenigde Staten) werd vastgemaakt door de onderzoeker aan de veters van de laarzen van de deelnemer, op de voetrug. Deze plaatsing wordt aanbevolen voor deze sensor⁹. De volgende zes biomechanische parameters zijn gemeten: stapfrequentie (stappen per minuut), grondcontacttijd (milliseconden), pronatie-excursie (graden), pronatiesnelheid (graden/s), voetplaatsing (1-16) en totale schok (G). De RunScribe score voor voetplaatsing (vergelijkbaar met de landingsindex) wordt uitgedrukt op een schaal van 1-16, met de volgende waardering: haklander 0-6, middenvoetlander 6-12, voorvoetlander 13-16. De validiteit van de RunScribe sensor is in meerdere onderzoeken vergeleken met laboratorium-



Afb. 2: De RunScribe sensor, vastgemaakt aan de veters van de laarzen, op de voetrug van een deelnemer. Foto: W.O. Zimmermann.

meetinstrumenten¹⁰⁻¹³. De voornaamste bevindingen van deze vergelijkende onderzoeken zijn dat de RunScribe sensor gebruikt kan worden voor groepsresultaten, dat de absolute meetwaarden niet vergeleken moeten worden met andere meetinstrumenten en dat de interpretatie van de meetwaarden op individueel niveau met voorzichtigheid moet worden gedaan, niet elke parameter komt goed overeen met de laboratoriummeetinstrumenten¹¹.

De metingen, marsen en hardlopen

Een week na de inmeetprocedure kwamen de proefpersonen terug bij de afdeling TGTF. De maatgemaakte zolen werden afgestemd op de laarzen. Vervolgens werden op de loopband (HP Cosmos Mercury, Nussdorf, Duitsland) vier metingen verricht:

1. Marsen op laarzen, zonder zool, 6 km/uur; 2. Hardlopen op laarzen, zonder zool, 10 km/uur; 3. Marsen op laarzen, met zool, 6 km/uur; 4. Hardlopen op laarzen met zool, 10 km/uur. Elke meting duurde drie minuten, waarvan alle stappen van de laatste twee minuten meetelden voor de analyse. De proefpersonen liepen op hun eigen laarzen, zoals verstrekt door Defensie. Tussen meting 2 en 3 moesten de zolen in de laarzen worden geplaatst. De deelnemers kregen toen minimaal vijf minuten tijd om te rusten, met als doel dat vermoeidheid geen rol zou spelen bij de metingen.

Analyse van de meetwaarden

De demografische kenmerken van de proefpersonen worden vermeld met passende centrum- en spreidingsmaten. De waarden van de metingen van de sensor op de rechter- en linkerlaars werden opgeteld en gedeeld door twee zodat per deelnemer één gemiddelde score met standaarddeviatie wordt gerapporteerd.

Om te bepalen in welke mate de zolen de zes biomechanische parameters beïnvloeden, werden de verschillen berekend (delta variabele = variabele_{zonder zool} – variabele_{met zool}) en gepresenteerd met het 95% betrouwbaarheidsinterval (95% BI). De delta-score is de mate van gemeten correctie door de zolen. Het 95% BI geeft (met 95% zekerheid) aan tussen welke waarden de ‘werkelijke’ correctie kan liggen als het onderzoek 100 keer wordt herhaald. De one-sample t-test werd gebruikt (toetsing value 0) om de upper en lower limit van het 95% BI te bepalen.

	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	Gemm
Merk laars	Haix	Lowa	Haix	Haix	Haix	Salomon	Haix	Meindl	Altberg	Haix	Lowa	
Marsen zonder zolen 6 km/u												
Stapfrequentie (stap/min)	113	127	129	121	120	119	114	120	113	127	117	120,0
Contacttijd (ms)	656	590	578	598	618	615	666	618	645	572	618	615,8
Pronatie-excursie (graden)	6,5	10,2	3,5	11,8	9,1	4,8	16,2	10,6	12,1	11,5	5,1	9,2
Pronatiesnelheid (graden/s)	114	203	116	144	161	139	167	134	146	155	111	144,5
Voetplaatsing (1-16)	8,4	5,7	7,5	4,0	4,1	9,0	4,0	3,6	3,0	5,6	6,9	5,6
Totale schok (G)	2,6	2,8	3,9	3,3	3,2	3,0	3,8	3,5	3,7	5,1	3,4	3,5
Marsen met zolen 6 km/u												
Stapfrequentie (stap/min)	115	127	125	121	121	118	115	120	112	126	117	119,7
Contacttijd (ms)	650	595	595	598	615	624	662	614	657	578	614	618,4
Pronatie-excursie (graden)	7,3	5,7	2,1	11,8	9,3	5,3	15,9	10,0	7,0	10,4	4,5	8,1
Pronatiesnelheid (graden/s)	150	198	164	181	181	159	162	110	226	144	104	161,7
Voetplaatsing (1-16)	7,9	7,7	9,1	4,5	4,2	8,7	3,7	2,8	7,3	6,1	6,2	6,2
Totale schok (G)	2,8	3,3	3,7	4,1	3,2	2,6	3,5	3,5	4,3	5,5	3,0	3,6
Hardlopen zonder zolen 10 km/u												
Stapfrequentie (stap/min)	159	169	170	167	164	167	151	164	155	172	158	163,3
Contacttijd (ms)	296	333	301	289	307	295	356	314	285	300	307	307,5
Pronatie-excursie (graden)	9,6	10,8	7,3	11,1	8,7	8,9	12,2	9,4	14,6	13,1	6,6	10,2
Pronatiesnelheid (graden/s)	240	377	364	216	418	419	415	417	711	301	506	398,5
Voetplaatsing (1-16)	6,7	6,0	6,6	6,9	6,7	7,3	6,8	6,4	11,9	4,7	10,6	7,3
Totale schok (G)	8,4	9,6	12,3	9,4	10,2	10,5	10,8	10,2	11,0	9,0	10,9	10,2
Hardlopen met zolen 10 km/u												
Stapfrequentie (stap/min)	156	169	170	164	165	166	151	164	154	171	157	162,5
Contacttijd (ms)	298	333	296	294	304	295	360	312	295	301	323	310,1
Pronatie-excursie (graden)	9,7	9,0	10,2	12,4	7,9	7,9	10,2	9,6	14,1	12,4	6,8	10,0
Pronatiesnelheid (graden/s)	256	373	470	291	421	334	401	409	718	310	261	385,8
Voetplaatsing (1-16)	6,3	6,4	6,6	6,2	6,2	6,8	6,9	6,5	10,7	5,2	6,3	6,7
Totale schok (G)	8,8	8,4	10,9	9,5	9,9	9,4	10,4	10,8	11,2	9,8	10,4	10,0

Tabel 1: De meetwaarden van de elf deelnemers op individueel niveau. Door het dragen van de zolen in de laarzen werd bij marsen en hardlopen bij zeven van de elf deelnemers (64%) een reductie van pronatie-excursie bereikt, bij vijf van de elf deelnemers (45%) een reductie van pronatiesnelheid.

Resultaten

Aan het onderzoek hebben twaalf militairen deelgenomen. De metingen zijn bij één militair (P1) technisch mislukt, omdat de sensoren verkeerd waren geplaatst. De meetwaarden zijn niet meegenomen in de analyse. De meetwaarden van elf militairen (P2 t/m P12) werden geanalyseerd, onder hen zeven mannen (64%) en vier vrouwen (36%). De gemiddelde leeftijd van de gehele studiegroep was 26,2 (\pm 6,9) jaren, de gemiddelde lengte 179 (\pm 7,2) cm en het gemiddelde gewicht 82,1 (\pm 12,5) kg. De meest gedragen laarzen waren van het merk Haix 6/11 (55%), Lowa werd twee keer gedragen (18%) en de merken Meindl, Alberg en Salomon elk één keer (elk 9%).

Tabel 1 toont de meetwaarden van de elf deelnemers op individueel niveau. Bij marsen werd bij zeven van de elf deelnemers (64%) reductie van pronatie-excursie door het dragen van de zolen bereikt (P3, P4, P8, P9, P10, P11, P12). Bij vijf van de elf deelnemers (45%) reductie van pronatiesnelheid (P3, P8, P9, P11, P12). Bij hardlopen werd ook bij zeven van de elf deelnemers (64%) reductie van pronatie-excursie door het dragen van de zolen bereikt (P3, P5, P6, P7, P8, P10, P11), en bij vijf van de elf deelnemers (45%) reductie van pronatiesnelheid (P3, P7, P8, P9, P12).

Parameter	Zonder zool	Met zool	Delta	95%BI
Gemiddelde stapfrequentie (stappen/min)	120 \pm 5,7 min – max 113 - 129	119,7 \pm 4,9 min – max 112 - 127	0,27 \pm 1,56	-0,77 – 1,32
Gemiddelde contacttijd (ms)	615,8 \pm 30,6 min – max 572 - 666	618,4 \pm 27,6 min – max 578 - 662	-2,55 \pm 7,72	-7,73 – 2,64
Gemiddelde pronatie-excursie (graden)	9,2 \pm 3,9 min – max 3,5 - 16,2	8,1 \pm 3,9 min – max 2,1 - 15,9	1,1 \pm 1,95	-0,21 – 2,41
Gemiddelde pronatiesnelheid (graden/s)	144,6 \pm 27,1 min – max 111 - 203	161,7 \pm 35,6 min – max 104 - 226	-17,2 \pm 31,2	-38,12 – 3,76
Mediane voetplaatsing (1 – 16)	5,6; IQR 3,5 min – max 3,0 - 9,0	6,2; IQR 3,7 min – max 2,8 - 9,1	-0,1; IQR 1,1	-1,61 – 0,45
Gemiddelde totale schok (G)	3,5 \pm 0,7 min – max 2,6 - 5,1	3,6 \pm 0,8 min – max 2,6 - max. 5,5	-0,11 \pm 0,42	-0,39 – 0,17

IQR = interkwartielafstand

Tabel 2: De meetwaarden van elf deelnemers, nadere analyse op groepsniveau van marsen zonder en met zolen in de laarzen. De verschillen, uitgedrukt in een 95% betrouwbaarheidsinterval, worden getypeerd als klein.

Parameter	Zonder zool	Met zool	Delta	95%BI
Gemiddelde stapfrequentie (stappen/min)	163,3 \pm 6,7 min – max 151 - 172	162,4 \pm 6,9 min – max 151 - 171	0,82 \pm 1,25	-0,02 – 1,66
Gemiddelde contacttijd (ms)	307,6 \pm 20,7 min – max 285 - 356	310,1 \pm 20,9 min – max 294 - 360	-2,55 \pm 6,07	-6,62 – 1,53
Gemiddelde pronatie-excursie (graden)	10,2 \pm 2,4 min – max 6,6 - 14,6	10,0 \pm 2,2 min – max 6,8 - 14,1	0,19 \pm 1,39	-0,75 – 1,13
Gemiddelde pronatiesnelheid (graden/s)	398,6 \pm 134,2 min - max 216 - 711	385,8 \pm 130,2 min – max 256 - 718	-12,73 \pm 91,1	-48,48 – 73,93
Mediane voetplaatsing (1 – 16)	6,7; IQR 0,9 min – max 4,7 - 11,9	6,4; IQR 0,6 min – max 5,2 - 10,7	-0,4; IQR 0,8	-0,3 – 1,48
Gemiddelde totale schok (G)	10,2 \pm 1,1 min – max 8,4 - 12,3	10,0 \pm 0,9 min - max 8,4 - 11,2	-0,25 \pm 0,75	-0,24 – 0,76

IQR = interkwartielafstand

Tabel 3: De meetwaarden van elf deelnemers, nadere analyse op groepsniveau van hardlopen zonder en met zolen in de laarzen. De verschillen, uitgedrukt in een 95% betrouwbaarheidsinterval, worden getypeerd als klein.

Tabel 2 en 3 tonen de analyse op groepsniveau, respectievelijk voor marsen (Tabel 2) en hardlopen (Tabel 3). Het gemiddelde gemeten effect van het plaatsen van de zolen in de laarzen is: bij marsen 1,1 graden (95% BI -0,21 – 2,41) op pronatie-excursie en -17,2 graden/s. (95% BI -38,12 – 3,76) op pronatiesnelheid; bij hardlopen 0,19 graden (95% BI -0,75 – 1,13) op pronatie-excursie en -12,73 graden/s. (95% BI -48,48 – 73,93) op pronatiesnelheid. Het effect van de zolen op de overige vier parameters, bij marsen en hardlopen, was klein.

Discussie

Het doel van deze studie was om inzicht te krijgen in het directe effect van het plaatsen van zolen in de militaire laarzen bij marsen en hardlopen, op zes biomechanische parameters met speciale aandacht voor pronatie-excursie en pronatiesnelheid. De belangrijkste bevindingen zijn dat het dragen van zolen in de laarzen de meetwaarden bij marsen en hardlopen in verschillende mate per individu beïnvloedt. Door het dragen

van de zolen in de laarzen werd bij marsen en hardlopen bij zeven van de elf deelnemers (64%) een reductie van pronatie-exkursie bereikt, bij vijf van de elf deelnemers (45%) een reductie van pronatiesnelheid. Op groepsniveau was de correctie door de zolen in de laarzen gemiddeld ongeveer 10% van de pronatie-exkursie bij marsen, bij de overige parameters kleiner. Het is onbekend of deze correctie klinisch betekenisvol is.

De bevindingen van deze studie kunnen met die van meerdere studies worden vergeleken. Eerder werd gevonden dat een zool in een militaire laars geen significante invloed heeft op stapfrequentie en contacttijd⁶. Dat is in de huidige studie ook gevonden. Een andere studie beschreef dat er minder schok was van de tibia door het dragen van een zool in de laarzen bij marsen⁵. De huidige studie vond geen vermindering van totale schok bij marsen. Benoemd moet worden dat de studie waarmee vergeleken wordt andere meetinstrumenten gebruikte en dat de schoksensor in plaats van op de voetrug op het onderbeen was geplaatst.

Zoals eerder vermeld kon een studie over pronatie, zolen en militaire laarzen niet worden gevonden. Pronatie-exkursie en pronatiesnelheid, zonder en met zolen, zijn wel eerder vergeleken in een studie waarin 'running sandals' werden gebruikt¹⁴. Door sandalen te gebruiken konden de onderzoekers markers op de voeten plaatsen tijdens de metingen. Een algemene bevinding was dat zolen de biomechanica van hardlopen zeker kunnen beïnvloeden, maar dat een onderscheid moet worden gemaakt tussen zolen die de voetvorm omhullen ('molding'), zolen die extra tegendruk geven aan de mediale zijde van de voet ('posting') en zolen die beide eigenschappen hebben. Posting van de zolen leidde tot reductie van eversie-exkursie en snelheid, terwijl molding van de zolen leidde tot een toename van eversie-exkursie en -snelheid¹⁴. De metingen werden verricht met high speed camera's en reflecterende markers op de voeten, onderbenen en bovenbenen. Nu moet benoemd worden dat eversie en pronatie vaak afwisselend worden gebruikt, maar strikt genomen niet hetzelfde betekenen. Eversie van de voet is de beweging van de voetzool naar lateraal, pronatie is het naar binnen kantelen van de voet. De zolen die zijn verstrekt in het huidige onderzoek hebben net weer andere eigenschappen en vallen niet geheel in een molding, posting of combinatie categorie. Het effect op pronatie-exkursie en -snelheid wordt dan moeilijk om te voorspellen. Tenslotte kan in vergelijking met de bestaande literatuur worden benoemd dat de reductie van pronatie door zolen in de huidige studie kleiner is dan eerder gemeld in studies met hardloopschoenen³. Als mogelijke verklaring kan gewezen worden op het feit dat militaire laarzen sterk afwijkende eigenschappen hebben (gewicht, stijfheid, schachthoogte, etc.) in vergelijking met hardloopschoenen.

Voor de militaire gezondheidszorg blijven belangrijke vragen onbeantwoord. Als een patiënt baat heeft van de zolen, komt dat dan door de antipronatie eigenschappen, of door de schokreducerende eigenschappen van de zolen in de laarzen? Of komt het doordat de militair een functie heeft waarbij alleen wordt gewandeld en hardlopen op laarzen bijna niet wordt gevraagd. Sommige zolen bieden bij hardlopen het voordeel van pronatiereductie, maar de prijs die een militair lijkt te betalen is mogelijk meer schokbelasting⁵.

Deze studie kent beperkingen waardoor het belangrijk is de conclusies voor de militaire gezondheidszorg met terughoudendheid te poneren. Het aantal deelnemers is klein, waardoor de resultaten beperkt generaliseerbaar zijn. De zolen zijn geplaatst in verschillende merken laarzen met verschillende eigenschappen. Dit introduceert een extra variabele, die in toekomstig onderzoek moet worden beheerst. De zolen zijn gemaakt door een externe podotherapeut en van een relatief nieuw materiaal. Er kan geen uitspraak worden gedaan over het mechanische effect van de zolen na een periode van gebruik. Er kan ook geen uitspraak worden gedaan over de zolen die gemaakt worden binnen Defensie. Er is slechts één meetinstrument gebruikt, waarvan bekend is dat het acceptabel is voor groepsonderzoek en dat deze beperkingen heeft in nauwkeurigheid van de meetwaarden per individu.

Dit onderzoek moet worden gezien als een introductie in het onderwerp “(steun)zolen bij Defensie”. Als in de toekomst uitgebreider onderzoek gedaan gaat worden naar de invloed van zolen op de biomechanica van marsen en hardlopen, dan kan het beste gebruik worden gemaakt van meerdere meetinstrumenten van hoge kwaliteit en meerdere loopomstandigheden, binnen en buiten een looplaboratorium. De kracht van dit onderzoek is dat het de huidige praktijk van het voorschrijven van zolen bij Defensie weergeeft. Een arts schrijft zolen voor, maar weet niet of de geleverde zolen het gewenste biomechanische effect bereiken en of de zolen bijdragen aan het herstel van de patiënt (het klinische effect).

Deze discussie moet de complexiteit van het vraagstuk ‘wat zijn de effecten van een (steun)zool in een militaire laars’ duidelijk maken. Er zijn heel veel variabelen die invloed hebben op het resultaat zoals: de anatomie van de benen, de specifieke blessure, de mars- en hardlooptechniek, de laarzen waar de zool in moet, de vorm en het materiaal van de zool en de meetinstrumenten van een onderzoek. Toch worden bij Defensie veel zolen door artsen voorgeschreven en verstrekt. Er is behoefte aan een richtlijn voor militaire artsen die advies geeft wanneer zolen klinisch zinvol zijn. Dit betekent dat onderzoek moet worden gedaan met meerdere vraagstellingen: Welke verandering in de biomechanica van het marsen en hardlopen veroorzaken de verstrekte zolen? Welke militairen met loopklachten hebben baat bij zolen? Dit betekent vervolgens dat bij aflevering van zolen en na een periode van gebruik, gemeten moet worden of de zolen het gewenste mechanische effect hebben. Ook moet worden bijgehouden welke militairen baat ervaren van de zolen die aan hen verstrekt zijn. Op dit moment lijkt één vraag over zolen wel beantwoord in een zeer recente systematische review van de literatuur: zolen preventief verstrekken, om blessures van de onderste extremiteit bij militairen te voorkomen, wordt afgeraden. Er is onvoldoende wetenschappelijk bewijs gevonden dat het werkt¹⁵.

Conclusie

Op individueel niveau leiden de zolen die in dit onderzoek gebruikt zijn bij marsen en hardlopen tot reductie van pronatie-excursie en pronatiesnelheid bij respectievelijk 65% en 45% van de deelnemers. Op groepsniveau is de werking van de zolen op de zes gemeten parameters klein. Nader onderzoek, gebruikmakend van de best beschikbare meetmethoden, is gewenst om te bepalen of het voorschrijven van zolen in militaire laarzen tot een klinisch relevant effect leidt.

SUMMARY

WHAT ARE THE MECHANICAL EFFECTS OF INSOLES IN THE MILITARY BOOT?

Background

Injuries related to marching and running are common in the Netherlands Armed Forces. Overpronation is seen as a risk factor for the development of these overuse injuries. Fitting insoles with an anti-pronation effect is a frequently used therapeutic intervention. However, scientific evidence for the biomechanical effect and clinical effect of insoles is limited.

Objective

To obtain insight in the direct effect of 3D printed insoles in military boots on six biomechanical parameters of marching and running, with special attention to pronation excursion and pronation speed.

Methods

Military personnel with a running related injury (e.g. MTSS), referred by a medical doctor for insole fitting, marched (6 km/h) and ran (10 km/h) on a treadmill, wearing military boots. A podiatrist made individually tailored 3D printed insoles. With a sensor on the boots, attached to the laces, the following parameters were measured on the day the new insoles were provided: step frequency, ground contact time, pronation excursion, pronation speed, foot placement and total shock.

Results

At an individual level, wearing the insoles in the boots during marching and running resulted in

a reduction in pronation excursion in seven of the eleven participants (64%), and a reduction in pronation speed in five of the eleven participants (45%). At group level, the correction of the pronation excursion by the insoles in the boots was on average approximately 10% during marching, which is smaller for the other parameters. The 95% confidence interval of the effect of the insoles was small.

Conclusion

On an individual level, the insoles used in this study for marching and running led to reductions in pronation excursion and pronation speed in 65% and 45% of participants, respectively. At group level, the effect of the insoles on the six measured parameters is small. Further research, using the best available measurement methods, is required to determine whether prescribing insoles for use in military boots leads to a clinically relevant effect.

Literatuur:

1. [Dijksma I., Zimmermann W.O., Hertenberg E.J., Lucas C., Stuiver M.M.](#): One out of four recruits drops out from elite military training due to musculoskeletal injuries in the Netherlands Armed Forces. *BMJ Mil Health*. 2022 Apr, 168, 2, 136-140.
2. [Willwacher C., Kurz M., Robbin J., Thelen M., Hamill J., Kelly L., Mai P.](#): Running-related biomechanical risk factors for overuse injuries in distance runners: a systematic review considering injury specificity and the potentials for future research. *Sports Med*. 2022, 52, 1863-1877.
3. [Cheung R.T.H., Chung R.C.K., Ng G.Y.F.](#): Efficacies of different external controls for excessive foot pronation: a meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2011, 45, 743-751.
4. [Ekenman I., Milgrom C., Finestone A., Begin M., Olin C., Arndt T., Burr D.](#): The role of biomechanical shoe orthoses in tibial stress fracture prevention. *Am J Sports Med*. 2002, 30, 6, 866-870.
5. [Bonnano D.R., Ledchumanasarma K., Landorf K.B., Munteanu S.E., Murley G.S., Menz H.B.](#): Effects of a contoured foot orthosis and flat insole on plantar pressure and tibial acceleration while walking in defence boots. *Scientific Reports*. 2019, 9, 1688.
6. [Lullini G., Giangrande A., Caravaggi P., Leardini A., Berti L.](#): Functional evaluation of a shock absorbing insole during military training in a group of soldiers: a pilot study. *Mil Med*. 2020, 185, 5/6, e643.
7. Beroepscompetentieprofiel podotherapeut 2018, internet publicatie: <https://www.kwaliteitsregisterparamedici.nl/sites/default/files/2022-06/NVvP%20Beroepscompetentieprofiel%202018.pdf>
8. [Iacob M.C., Popescu D., Petcu D., Marinescu R.](#): Assessment of the Flexural Fatigue Performance of 3D-Printed Foot Orthoses Made from Different Thermoplastic Polyurethanes. *Appl Sci*. 2023, 13, 22, 12149.
9. [García-Pinillos F., Chicano-Gutiérrez J.M., Ruiz-Malagón E.J., Roche-Seruendo L.E.](#): Influence of RunScribe™ placement on the accuracy of spatiotemporal gait characteristics during running. *Proc Inst Mech Eng Part P J Sports Eng Technol*. 2020, 1, 234, 1, 11-18.
10. [De Jong A.F., Hertel J.](#): Validation of Foot-Strike Assessment Using Wearable Sensors During Running. *J Athl Train*. 2020, 1, 55, 12, 1307-1310.
11. [Koldenhoven R.M., Hertel J.](#): Validation of a Wearable Sensor for Measuring Running Biomechanics. *Digit Biomark*. 2018, 2, 2, 74-78.
12. [Lewin M., Price C., Nester C.](#): Validation of the Runscribe inertial measurement unit for walking gait movement. *Plos One*. 2022, 17, 8, e0273308.
13. [Lewin M., Price C., Nester C.](#): Can a shoe-mounted IMU identify the effects of orthotics in ways comparable to gait laboratory measurements? *J Foot Ankle Res*. 2023, 5, 16, 1, 54.
14. [Mündermann A., Nigg B.M., Humble R.M., Stephanyshyn D.J.](#): Foot orthotics affect lower extremity kinematics and kinetics during running. *Clin Biom*. 2003, 18, 254-262.
15. [Paradise S.L., Beer J.L., Cruz C.A. et al.](#): Prescribed footwear and orthoses are not prophylactic in preventing lower extremity injuries in military tactical athletes: a systematic review with meta-analysis. *BMJ Mil Health*. 2024, 170, 1, 64-71.



Aanmelden voor abonnement NMGT

Instromend personeel

Om het nieuw instromend personeel dat behoort tot het beroeps- en actief reservepersoneel van de militair geneeskundige dienst te abonneren op het digitale Nederlands Militair Geneeskundig Tijdschrift (NMGT), mag ik de abonnees die het NMGT reeds ontvangen verzoeken dit nieuwe personeel te wijzen op het bestaan van ons tijdschrift. Zij kunnen zich dan eveneens abonneren door zich aan te melden door een e-mail te sturen naar de secretaris via e-mailaccount: a.sondeijker@kpnmail.nl (voorkeur) of a.sondeijker.01@mindef.nl met als onderwerp 'aanmelden NMGT' onder vermelding van naam, adres, woonplaats en het e-mailaccount waarnaar het tijdschrift moet worden verzonden. Uiteraard zijn aan dit abonnement geen kosten verbonden.

Uitstromend personeel

Wanneer u als militair of burgermedewerker binnenkort de dienst verlaat, kunt u het abonnement op het digitale NMGT kosteloos voortzetten. U stuurt dan uw naam, adres, woonplaats en e-mailaccount naar de secretaris, e-mailaccount: a.sondeijker@kpnmail.nl (voorkeur) of a.sondeijker.01@mindef.nl met als onderwerp 'wijziging abonnement NMGT'.

De secretaris NMGT A. Sondeijker