Le pied du chasseur alpin : étude cas témoins sur les facteurs de risque d'ampoules en montagne et les zones de frottements

V. des Robert[a], C. Lebleu[b], A. Buzens[b], E. Fontaine[b], R. Kedzierewicz[b]

a Hôpital d'instruction des armées Desgenettes, 108 boulevard Pinel – 69275 Lyon Cedex 03.
b Antenne médicale de Barby/13e BCA, Quartier Roc Noir, route de Barby, BP 01 – 73235 Saint-Alban-Leysse.

Résumé

Les ampoules sont une « plaie » pour le militaire, particulièrement pour le chasseur alpin. Nous avons réalisé une étude rétrospective descriptive et cas témoins auprès de 152 militaires du 13e Bataillon de chasseurs alpins afin d'identifier les facteurs de risque d'ampoules ainsi que les zones de pied à risque de récurrence d'ampoules lors de la pratique de la montagne l'été et l'hiver. Les pieds valgus, à l'exclusion des pieds plats, ont été identifiés comme un facteur de risque de récurrence d'ampoules l'hiver (*odds ratio* = 2,6 ; intervalle de confiance à 95 %]1-6,7], p = 0,03) et l'été (*odds ratio* = 4,6 ; intervalle de confiance à 95 % [1,8-12], p = 3.10^{-4}). La marque des chaussures n'a pas constitué un facteur de risque de récurrence d'ampoules dans cette étude. Le talon dans ses parties postérieure, interne et externe ainsi que la zone sous le gros orteil sont à risque de récurrence d'ampoules lors du port de chaussures de ski de randonnée. Il en va de même pour le talon dans ses parties postérieure, inférieure et interne ainsi que pour la zone sous la tête du premier métatarsien lors du port de chaussures d'alpinisme. Ces données devraient permettre d'améliorer la prévention des ampoules et la protection des zones de frottements.

Mots-clés : Alpinisme. Ampoule. Chaussures. Étude cas témoins. Ski.

Abstract

FRENCH ALPINE TROOP'S FEET: A CASE CONTROL STUDY ON FOOT BLISTER RISK FACTORS OCCURRING WHILE MOUNTAINEERING, AND FRICTION AREAS.

Blisters are a curse for soldiers, especially for mountain infantrymen and women. We conducted a descriptive and case control study on 152 soldiers of the French 13th Alpine Troops Battalion. The goal was to identify blister risk factors and the areas of the feet at risk when soldiers are backcountry skiing or hiking in the mountains. Patients with calcaneus valgus but not flat feet are at risk of recurrent blisters during the winter (odds ratio = 2.6; 95% confidence interval]1-6.7], p = 0.03) and the summer (odds ratio = 4.6; 95% confidence interval [1.8-12], p = $3x10^{-4}$) mountain activities. In this study, the make and brand of the shoes were not a risk factor of recurrent blisters. The heels, especially on their posterior, medial and lateral sides and the big toes are at risk of recurrent blisters while backcountry skiing. It is also true for the posterior, inferior and medial sides of the heel and for the medial part of the ball of the foot when wearing mountaineering shoes. We believe that our data can help prevent blisters recurrence among the French Alpine Troops and protect the feet areas at risk.

Keywords: Blister. Case control study. Mountaineering. Shoes. Snow skiing.

Introduction

Les pieds sont l'outil de travail principal du fantassin. C'est pourquoi les ampoules sont une « plaie » pour le militaire. Leur incidence varie selon les conditions d'étude et de terrain (1-7). Brennan, et al. rapportent que 33 % des 872 militaires sondés à l'occasion d'une consultation au 28e *combat support hospital* de Bagdad (opération « *Iraqi Freedom I* ») entre août 2003 et mars 2004 avaient eu des ampoules depuis leur déploiement (1). Bien que le plus souvent bénignes, les ampoules peuvent être responsables d'une douleur et d'un inconfort pouvant diminuer les capacités de concentration, réduire la mobilité et les performances physiques, modifier les appuis au sol augmentant ainsi le risque de torsion des chevilles en montagne (8), voire de troubles musculo-squelettiques des membres inférieurs (9, 10). Elles sont une porte d'entrée bactérienne et

V. des ROBERT, interne des hôpitaux des armées. C. LEBLEU, médecin en chef, praticien confirmé. A. BUZENS, médecin principal. E. FONTAINE, médecin. R. KEDZIEREWICZ, médecin principal.

Correspondance : Monsieur le médecin principal R. KEDZIEREWICZ, Antenne médicale de Barby/13e BCA, Quartier Roc Noir, route de Barby, BP 01 – 73235 Saint-Alban-Leysse.

E-mail : romainkedze@hotmail.com ou romain.kedzierewicz@intradef.gouv.fr

peuvent être responsables de cellulites (11), voire de chocs toxiques staphylococciques (12). Outre la baisse de la capacité opérationnelle, les ampoules sont aussi une cause d'arrêt des activités (exemption, voire arrêt de travail) (3). Leur traitement peut être un challenge lorsque des opérations militaires sont en cours ou que l'intéressé est en montagne plusieurs jours de manière itinérante.

Le chasseur alpin est particulièrement exposé au risque de lésions des pieds lorsqu'il évolue en montagne. Aux contraintes répétées entre le pied et la chaussure lors de la marche, il faut ajouter la pente qui peut provoquer un glissement du pied dans la chaussure. L'effort soutenu à la montée est responsable d'une intense transpiration qui majore le risque d'ampoules (13, 14). Pour autant, les chaussures de montagne doivent être imperméables et suffisamment chaudes pour résister aux conditions climatiques extrêmes. L'évacuation de la transpiration devient alors un véritable challenge, autant que le choix des chaussettes. Peu d'études existent sur le risque d'ampoules lors de la randonnée en montagne (5) et nous n'avons retrouvé aucune étude sur le risque d'ampoules associé à la pratique de l'alpinisme ou du ski de randonnée.

Actuellement, deux paires de chaussures de montagne estivale (marque Asolo® et Garmont®) et de ski de randonnée (marque Scarpa® et Garmont®) sont disponibles dans les troupes de montagne et peuvent être choisies à l'incorporation. L'objectif principal de cette étude a été de déterminer les facteurs de risque de récurrence d'ampoules en montagne dans le but de pouvoir, éventuellement proposer aux jeunes recrues, des abaques pour le choix des chaussures en fonction de leur type de pied. L'objectif secondaire a été d'identifier, pour chaque activité (ski de randonnée et montagne estivale), les zones de pied à risque de récurrence d'ampoules. Le but était de pouvoir conseiller le militaire quant aux zones de pied à protéger autant que les manufacturiers de chaussures, quant aux efforts restant à réaliser en termes d'ergonomie.

Matériel et méthode

Nous avons réalisé une étude épidémiologique rétrospective mixte observationnelle et analytique de type cas témoins.

La population cible était celle des militaires de la 27e Brigade d'infanterie de montagne (27e BIM) pratiquant la montagne. La population source était celle des militaires du 13e Bataillon de chasseurs alpins (BCA).

Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion des cas étaient : être un militaire de la 1re ou de la 4e Compagnie de combat (CC) du 13e BCA présent au moment de l'étude et avoir subi plus d'un épisode avec une ou plusieurs ampoules au niveau des pieds en montagne au cours de la dernière saison estivale ou hivernale précédant la réalisation de l'étude. Une ampoule était définie par l'observation, sur la peau, d'une bulle pleine de liquide ou rompue du fait de frottements répétés et de points de pression entre la chaussure et le pied.

Pour l'objectif principal de l'étude, les témoins ont été représentés par l'intégralité des militaires appartenant aux 1re et 4e CC du 13e BCA présents au moment de l'étude et qui avaient subi moins de deux épisodes avec une ou plusieurs ampoules en montagne au cours de la dernière saison estivale ou hivernale.

Pour l'objectif secondaire de l'étude, les témoins ont été représentés par les militaires des mêmes unités mais qui avaient subi un seul épisode d'ampoules.

Critères d'exclusion des cas et des témoins

Les critères d'exclusion étaient identiques pour les cas et les témoins : être diabétique, avoir une dermatose chronique affectant les pieds, être sous corticothérapie au long cours, être mineur, une femme enceinte, un incapable majeur ou avoir omis de renseigner plus de 10 % des questions du questionnaire de l'étude.

Facteurs étudiés

Les principaux facteurs étudiés sont résumés dans le tableau I. L'identification des zones à risque de récurrence d'ampoules a été réalisée grâce à des schémas de pied sur lesquels les participants de l'étude devaient dessiner les zones où ils avaient eu des ampoules au cours de la dernière saison de pratique de la montagne estivale et hivernale. Pour l'analyse, onze zones ont été définies sur chaque pied soit un total de 22 zones (fig. 1).

Tableau I. Facteurs de risque d'ampoules en montagne étudiés.

Facteurs étudiés	Description	Observation
Facteurs socio biométriques		
Âge	en années	Moyenne
Grade	militaire du rang, sous-officier ou officier	proportion
Nombre d'années de service	en années	moyenne
Prédisposition avant l'incorporation		
« Pieds à ampoules »	Oui ou non	proportion
Types de pied		
Pied valgus	évaluation par un podologue diplômé d'état aidé d'un podoscope	proportions
Pied varus		
Pied physiologique		
Pied plat valgus		
Autres pieds		
Non déterminé		
Chaussant		
Marque des chaussures de ski de randonnée militaires	Scarpa® ou Garmont®	proportion
Marque des chaussures de randonnée estivale militaires	Asolo® ou Garmont®	proportion
Nécessité de changer de chaussures de ski de randonnée	oui ou non	proportions
Nécessité de changer le chausson intérieur de la paire de chaussure de ski de randonnée		
Nécessité de changer de chaussures de randonnée estivale		
Protection des pieds		
Utilisation de protection contre les ampoules	oui ou non	proportions
Bandes autoadhésives élastiques		
Pansements de type Compeed® à visée préventive		
Plaque siliconée		
Chaussettes particulières		
Crème		
Semelles orthopédiques		

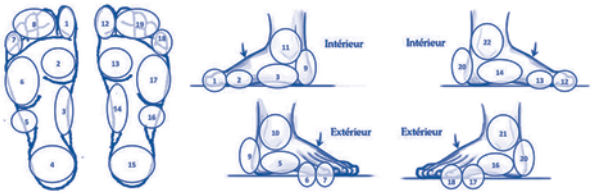


Figure 1. Schémas des pieds présentés aux sujets de l'étude pour identifier les zones (1 à 22) au niveau desquelles surviennent leurs ampoules.

Réalisation de l'étude

Suite à des échanges entre les médecins de l'Antenne médicale (AM) de Barby soutenant le 13e BCA et une équipe de trois podologues, un questionnaire sur les facteurs de risque d'ampoules et les zones où elles surviennent a été réalisé puis distribué aux commandants des 1re et 4e CC du 13e BCA qui ont supervisé le remplissage des questionnaires. Secondairement, les militaires ayant répondu au questionnaire se sont présentés par section les 30 janvier (4e CC) et 6 février (1re CC) 2014 à l'AM de Barby. Leur type de pied a été déterminé par l'équipe des trois podologues volontaires non rémunérés, aidés d'un podoscope. Ceux-ci étaient aveugles quant aux antécédents d'ampoules des patients.

Questionnaire

Le questionnaire était constitué de 54 questions :

– 1 à 6 : données socio biométriques ;

– 7 à 11 : données générales concernant le passé d'ampoules ;

– 12 à 30 : données concernant le risque d'ampoules en montagne lors de la dernière saison hivernale ;

– 31 à 48 : données concernant le risque d'ampoules lors de la dernière saison estivale ;

– 49 à 54 : données concernant l'utilisation de protections par les individus qui n'ont pas eu d'ampoule dans l'année venant de s'écouler.

Les questions étaient ouvertes, fermées de type oui non, à choix multiples ou utilisant les schémas de pieds décrits précédemment.

Base de données, traitement des données manquantes

Une base de données anonyme a été constituée à l'aide du logiciel Microsoft® Excel® 2008 pour Mac version 12.3.6.

Les données manquantes concernant la marque des chaussures de montagne estivale ou hivernale utilisées a fait l'objet d'un déplacement à la 4e CC le 28 novembre 2014 afin de compléter au mieux la base de données (la 1re CC était en permission au retour de Martinique à cette période). Les autres données manquantes n'ont pas fait l'objet d'un traitement particulier. Quand il y avait plus de 10 % de questions non remplies, le questionnaire était exclu.

Éthique

Une information sur l'étude et sur la liberté de ne pas y participer a été rappelée avant le début du recueil. Les objectifs de l'étude étaient inscrits en haut du questionnaire. Il était rappelé oralement que le renseignement du questionnaire témoignait du « libre accord à la création d'une base de données, de son analyse statistique et à la publication des résultats de l'étude ».

Les recommandations de déontologie et de bonnes pratiques en épidémiologie (15) rappellent que, dans le cadre d'une étude épidémiologique utilisant un questionnaire, « si l'information concernant l'étude est obtenue au moyen d'un questionnaire et qu'une information adéquate a été donnée au sujet enquêté, il s'agit d'un consentement « simple » et il n'est pas nécessaire de demander un consentement écrit, car répondre au questionnaire implique le consentement ».

Enfin, cette étude s'est placée en dehors du champ des contraintes relatives à la recherche biomédicale telles que définies dans le Code de la santé publique, Livre Ier, Titre II.

Analyse statistique

L'analyse statistique a été réalisée grâce au logiciel Microsoft® Excel® 2008 pour Mac version 12.3.6 et au site « BiostaTGV » développé par une équipe de l'institut Pierre Louis d'épidémiologie et de santé publique (unité mixte de recherche S 1136 affiliée à l'institut national de la santé et de la recherche médicale et à l'université Pierre et Marie Curie). Les calculs disponibles sur ce site sont réalisés via le logiciel de statistique R.

Le nombre de sujets à inclure a été calculé en considérant comme facteur principal d'étude le type de chaussure avec une proportion de 50 % des témoins exposés, un *odds ratio* (OR) minimum détectable égal à trois, un risque α de première espèce à 5 %, une puissance de 80 %, un test unilatéral et un *ratio* de un cas pour un témoin si bien qu'il fallait inclure au moins 54 cas et autant de témoins.

Les variables quantitatives ont fait l'objet du calcul d'une moyenne et de son Écart type (ET). Les variables qualitatives ont fait l'objet du calcul de proportions (%) assorties des effectifs réellement observés. Les pourcentages ne sont parfois proposés qu'afin de permettre une comparaison « à l'œil nu » mais ne sont évidemment pas pertinents calculés sur de faibles effectifs.

Les proportions ont été comparées en utilisant un test du *Chi-2* ou un test exact de Fisher.

Les moyennes ont été comparées grâce à un test non paramétrique de Mann-Whitney.

Les OR des facteurs de risque, et leur Intervalle de confiance (IC) à 95 %, n'ont été calculés qu'en cas de Différence statistiquement significative (DSS) entre les cas et les témoins.

Résultats

Un total de 152 participants a répondu au questionnaire et 103 paires de pied (68 %) ont été analysées par les podologues. L'âge moyen des militaires recrutés était de 23 ans et 11 mois (ET = 3,2 ans). Ils avaient en moyenne quatre années de service (ET = 2,9 ans). Aucune femme n'a été recrutée. Les militaires du rang ont représenté 83,6 % (127/152) des participants, les sous-officiers 13,8 % (21/152) et les officiers 2,6 % (4/152). Les militaires recrutés appartenaient pour 70 % à la 4e CC (106/152) et pour 30 % à la 1re CC (46/152) ; autant de paires de pieds ont été évaluées par les podologues dans les deux compagnies (p = 0,66). Les podologues ont identifié 40 % d'individus avec des calcanéums *valgus* dits pieds *valgus* (41/103), 14 % de pieds *varus* (14/103), 24 % de pieds physiologiques, 15 % de pieds plats *valgus* (16/103) et 7 % de pieds creux ou cambrés (7/103).

Cent vingt-cinq militaires (82 % des participants) ont déclaré avoir déjà eu des ampoules depuis leur incorporation : 74 % (92/125) lors de la Formation générale ou de spécialisation initiale (FGI-FSI), 43 % (54/125) lors de la Formation d'acculturation à la montagne initiale (FAMI) hiver, 40 % (50/125) lors de la FAMI été et 16 % (20/125) à chaque nouvelle perception de chaussures. Parmi ces 125 militaires, 10 % estimaient avoir des « pieds à ampoules » avant leur engagement et 72 % (90/125) jugeaient qu'ils avaient plus souvent des ampoules depuis leur entrée à l'armée. Un seul des 152 militaires interrogés a rapporté avoir dû arrêter une formation militaire à cause de ses ampoules.

Cent deux militaires (67 % des participants) ont déclaré avoir déjà eu des ampoules en ski de randonnée depuis leur engagement et 101 (66 %) lors de la pratique de la montagne l'été. La figure 2 présente les circonstances de survenue de ces ampoules en montagne.

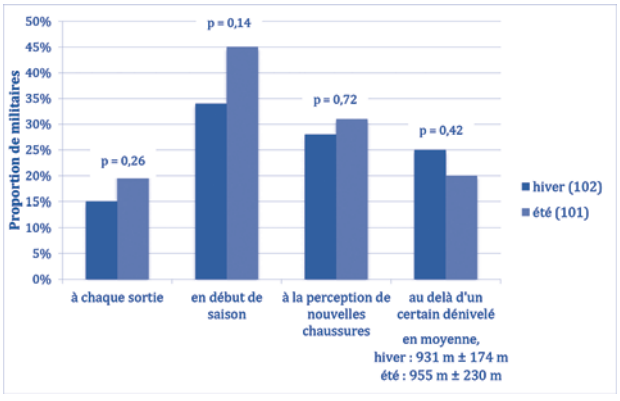


Figure 2. Circonstances de survenue des ampoules en montagne depuis l'engagement des militaires interrogés en fonction de la saison.

Aucune DSS n'a été retrouvée entre la distribution du nombre d'épisodes d'ampoules en montagne lors de la dernière saison estivale ou hivernale (fig. 3). Soixante-dix-huit pourcents des militaires qui ont eu plus d'un épisode d'ampoules l'hiver ont également

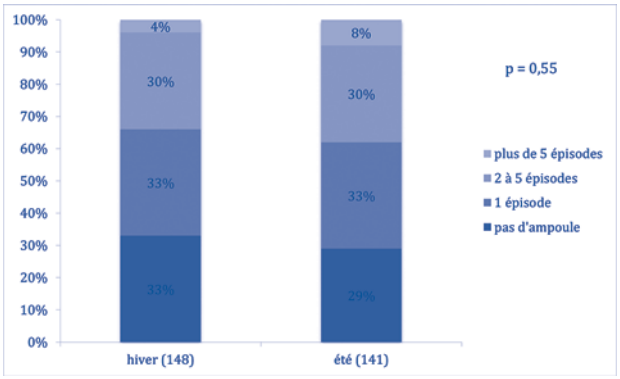


Figure 3. Distributions des fréquences d'épisodes d'ampoules en montagne lors de la dernière saison hivernale ou estivale des militaires interrogés.

eu plus d'un épisode d'ampoules l'été (39/50) et 72 % *vice versa* (39/54) ; 28 % des individus pour lesquels les informations sont disponibles ont eu plus d'un épisode d'ampoules en montagne l'été et l'hiver (39/140). Il existe une différence de circonstance de survenue des récidives d'ampoules entre l'hiver et l'été (fig. 4) : les cas de récurrence d'ampoules semblent plutôt survenir à la montée qu'à la descente en hiver (92 % *versus* 22 %, $p = 10^{-12}$) alors que la descente et la montée sont autant responsables d'ampoules l'été (69 % *versus* 76 %, p = 0,52). Il n'a été observé aucune DSS entre l'été et l'hiver concernant les différentes protections utilisées contre les ampoules par les militaires interrogés.

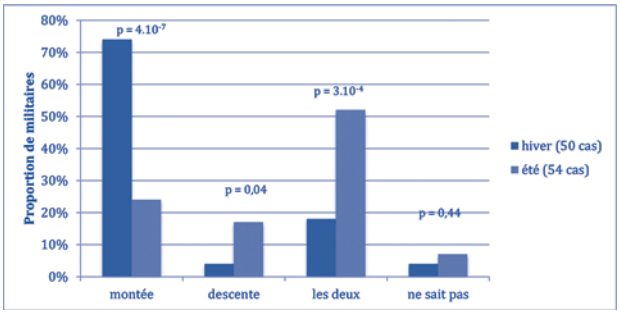


Figure 4. Circonstances de survenue de récurrence d'ampoules en montagne lors des dernières périodes hivernale et estivale.

Les tableaux II et III présentent les résultats de l'étude cas témoins concernant le risque de subir plus d'un épisode d'ampoules en montagne, respectivement au cours de la dernière saison hivernale et de la dernière saison estivale. Le tableau IV présente le risque d'avoir des épisodes récurrents d'ampoules en fonction du type de pied et de la marque des chaussures utilisées.

Le tableau V et la figure 5 (panneaux A et B) présentent, pour chacune des 22 zones de pied identifiées, une comparaison entre la proportion d'individus rapportant un seul épisode d'ampoules (les témoins) ou plusieurs épisodes (les cas) lors de la pratique de la montagne au cours de la dernière saison hivernale et estivale

Tableau II. Facteurs de risque de récurrence d'ampoules en montagne au cours de la dernière saison hivernale.

Facteurs		Cas		Témoins		p et odds ratio + indice dispersion
		Proportion ou moyenne	Écart type (moyenne) et/ou effectifs	Proportion ou moyenne	Écart type (moyenne) et/ou effectifs	
Facteurs socio biométriques						
Âge (années)		24,1	2,8 (50)	23,9	3,4 (98)	0,58
Militaires du rang		88 %	44/50	81 %	79/98	0,26
Nombre d'années de service		4	2,7 (49)	4,1	3,1 (93)	0,84
Prédisposition avant l'incorporation						
« Pieds à ampoules »		14 %	7/50	5 %	5/98	0,06
Types de pied						
Pied valgus		55 %	18/33	32 %	22/68	0,03 2,6 [1-6,7]
Pied varus		6 %	2/33	18 %	12/68	0,11
Pied physiologique		24 %	8/33	25 %	17/68	0,93
Pied plat valgus		9%	3/33	19 %	13/68	0,20
Autres pieds		6 %	2/33	6 %	4/68	0,97
Non déterminé		34 %	17/50	31 %	30/98	0,68
Chaussant						
Chaussure de ski de randonnée	Scarpa®	78 %	39/50	63 %	44/70	0,08
	Garmont®	22 %	11/50	37 %	26/70	
Nécessité de changer de chaussures de ski de randonnée		16 %	8/50	8 %	8/98	0,15
Nécessité de changer le chausson intérieur de la paire de chaussure de ski de randonnée		12 %	6/50	9 %	9/98	0,59
Facteurs protecteurs						
Utilisation de protection contre les ampoules		72 %	36/50	34 %	33/98	10^{-5}
Bandes autoadhésives élastiques		52 %	26/50	23 %	23/98	5.10^{-4}
Pansements de type Compeed® à visée préventive		56 %	28/50	17 %	17/98	10^{-6}
Plaque siliconée		6 %	3/50	2 %	2/98	0,34
Chaussettes particulières		28 %	14/50	10 %	10/98	5.10^{-3}
Crème		8 %	4/50	4 %	4/98	0,44
Semelles orthopédiques		16 %	8/50	9 %	9/98	0,32

Tableau III. Facteurs de risque de récurrence d'ampoules en montagne au cours de la dernière saison estivale.

Facteurs		Cas		Témoins		p
		Proportion ou moyenne	Écart type (moyenne) et/ou effectifs	Proportion ou moyenne	Écart type (moyenne) et/ou effectifs	
Facteurs socio biométriques						
Age (années)		23,5	2,9 (54)	24,1	3,3 (87)	0,3
Militaires du rang		89 %	48/54	82 %	71/87	0,25
Nombre d'années de service		3,8	2,9 (52)	4,2	3 (83)	0,22
Prédisposition avant l'incorporation						
« Pieds à ampoules »		7 %	4/54	9 %	8/87	0,71
Types de pied						
Pied valgus		60 %	24/40	24 %	14/58	3.10^{-4} 4,6 [1,8-12]
Pied varus		5 %	2/40	21 %	12/58	0,03 0,2 [0,02-1]
Pied physiologique		15 %	6/40	29 %	17/58	0,1
Pied plat valgus		12,5 %	5/40	19 %	11/58	0,39
Autres pieds		7,5 %	3/40	7 %	4/58	1
Non déterminé		26 %	14/54	33 %	29/87	0,35
Chaussant						
Chaussure de randonnée	Asolo®	91 %	48/53	84 %	49/58	0,33
	Garmont®	9 %	5/53	16 %	9/58	
Nécessité de changer de chaussures de randonnée		15 %	8/54	11 %	10/87	0,57
Facteurs protecteurs						
Utilisation de protection contre les ampoules		70 %	38/54	29 %	25/87	10^{-6}
Bandes autoadhésives élastiques		59 %	32/54	22 %	19/87	10^{-5}
Pansements de type Compeed® à visée préventive		54 %	29/54	17 %	15/87	10^{-5}
Plaque siliconée		4 %	2/54	3 %	3/87	1
Chaussettes particulières		24 %	13/54	7 %	6/87	4.10^{-3}
Crème		6 %	3/54	2 %	2/87	0,37
Semelles orthopédiques		15 %	8/54	14 %	12/87	0,87

Tableau IV. Risque d'avoir au moins deux épisodes d'ampoules en montagne l'été et l'hiver en fonction du type de pied et de la marque des chaussures utilisés.

Facteurs		Cas	Témoins	p
		Proportions	Proportions	
Été				
Pied valgus	Asolo®	20/23	10/10	0,54
	Garmont®	3/23	0/10	
Autres types de pied	Asolo®	16/16	24/29	0,14
	Garmont®	0/16	5/29	
Hiver				
Pied valgus	Scarpa®	15/18	11/20	0,06
	Garmont®	3/18	9/20	
Autres types de pied	Scarpa®	10/14	19/32	0,44
	Garmont®	4/14	13/32	

respectivement. Notons qu'il n'a été retrouvé aucune DSS de récurrence d'ampoules (plus d'un épisode par saison) entre les marques de chaussures, le pied droit ou le pied gauche que ce soit l'hiver ou l'été (non présenté).

Discussion

Cette étude a permis d'identifier les pieds valgus comme un facteur de risque de récurrence d'ampoules tant l'hiver que l'été. À l'inverse les pieds *varus* semblent être un facteur protecteur lors de la pratique de la montagne l'été. La marque des chaussures ne semble pas être un facteur de risque statistiquement significatif d'ampoules dans cette étude. La zone postérieure du talon, celle sous le gros orteil et les zones sous malléolaires internes et externes sont des zones de récurrence d'ampoules statistiquement significatives lors du port de chaussures de ski de randonnée. Il en va de même pour la zone postérieure du talon, la zone sous malléolaire interne (statistiquement significatif que pour le pied droit), celle sous le talon et celle entourant la tête du premier métatarsien lors du port de chaussures de montagne l'été.

Les proportions présentées dans la partie descriptive de l'étude ne peuvent être interprétées en termes d'incidence saisonnière que parce qu'elles ont été obtenues uniquement sur tous les militaires présents au moment de la réalisation de l'étude. Ces résultats confirment que les ampoules sont un problème fréquent chez les chasseurs alpins, notamment lors de la FGI-FSI et des FAMI été ou hiver. Ce problème semble néanmoins persister dans le temps puisque les résultats révèlent qu'environ deux tiers des sujets interrogés ont eu des ampoules en montagne lors de l'année écoulée (fig. 3). Un tiers des militaires interrogés a même présenté des ampoules de manière récurrente au cours de l'hiver ou de l'été. Il est probable que les épisodes isolés d'ampoules surviennent plutôt en début de saison comme le suggère la figure 2 ; une proportion plus faible de patients (15 à 20 %) va souffrir de récidives à chaque sortie et d'autres (20 à 25 %) au-delà d'un dénivelé de plus de 900 m. Ces données prises ensemble pourraient supporter l'idée qu'avec le temps et l'entraînement, la peau s'adapte et un état de prémunition se développe limitant le risque de récurrence d'ampoules (2, 3, 16). Néanmoins, cet état de prémunition est probablement transitoire et adapté à la forme du contenant, c'est-à-dire à la chaussure.

Tableau V. Zones de pied à risque de récurrence d'ampoules lors de la dernière saison hivernale ou estivale d'évolution en montagne.

Saison	Marque de chaussure	Nombre d'épisodes d'ampoules (nombre de sujets)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Hiver	Scarpa® et Garmont®	1 (49)	3	19	6	7	0	4	5	2	28	8	6	3	19	5	7	0	5	5	2	28	8	6
			6%	39%	12%	14%	0%	8%	10%	4%	57%	16%	12%	6%	39%	10%	14%	0%	10%	10%	4%	57%	16%	12%
		> 1 (50)	10	21	15	11	8	5	9	6	38	10	14	10	22	15	12	8	4	9	6	39	10	12
			20%	42%	30%	22%	16%	10%	18%	12%	76%	20%	28%	20%	44%	30%	24%	16%	8%	18%	12%	78%	20%	24%
		p	0,04	0,74	0,03	0,32	6.10^{-3}	0,75	0,27	0,15	0,047	0,64	0,051	0,04	0,6	0,01	0,2	6.10^{-3}	0,7	0,27	0,27	0,03	0,64	0,13
Eté	Asolo® et Garmont®	1 (44)	5	13	3	6	2	3	8	2	23	2	2	5	12	3	5	2	3	8	2	23	2	2
			11%	30%	7%	14%	5%	7%	18%	5%	52%	5%	5%	11%	7%	7%	11%	5%	7%	18%	5%	52%	5%	5%
		> 1 (54)	14	29	12	17	2	9	12	6	41	3	6	14	29	11	17	2	8	12	6	41	3	6
			26%	54%	22%	31%	4%	17%	22%	11%	76%	6%	11%	26%	54%	20%	31%	4%	15%	22%	11%	76%	5%	11%
		p	0,07	0,02	0,04	0,04	1	0,14	0,62	0,29	0,01	1	0,29	0,07	8.10^{-3}	0,06	0,02	1	0,11	0,62	0,29	0,01	1	0,29

Cela permet de comprendre pourquoi les ampoules surviennent davantage en début de saison et en cas de changement de chaussures (fig. 2). Enfin, il est possible que cet état de prémunition soit plus lent voire échoue rendant compte de récurrences d'ampoules à chaque sortie et tout au long de l'année (28 % des sujets de l'étude). Des facteurs individuels pourraient expliquer cette plus grande propension au risque d'ampoules. De manière intéressante, seulement 10 % des sujets estimaient avoir des « pieds à ampoules » avant d'entrer à l'armée. Contrairement aux données de Van Tiggelen, et al. (9), cette prédisposition ne semble pas être associée à un risque de récurrence d'ampoules après l'engagement. Ce constat pourrait être expliqué par le fait que la majorité des individus avait une plus faible « activité pédestre » avant de s'engager si bien que la proportion réelle de patients avec une prédisposition pour les ampoules a pu être sous-estimée. Il peut aussi exister un biais de mémorisation étant donné que les militaires interrogés avaient en moyenne quatre années de service depuis leur incorporation.

En ski de randonnée, les ampoules surviennent dans presque 80 % des cas à la montée, alors que l'effort est intense et que le niveau de transpiration des pieds est le plus élevé. La descente à ski, sans être passive, sollicite moins les pieds. la répétition, lors de la montée, d'un mouvement spécifique de fente avant autorisant un mouvement de glissement du pied maintenu au sol, pourrait comprimer le gros orteil contre la chaussure, alors que le talon du pied arrière se décolle progressivement occasionnant un frottement de celui-ci contre la chaussure, d'autant plus marqué sur les faces latérales qu'il faille contrôler l'équilibre dans le plan frontal (fig. 5A). Notons que les zones de glissement sous le pied (tête du premier métatarsien, talon) et les malléoles sont aussi des zones fréquentes d'ampoules lors de la randonnée à ski mais moins impliquées lors des récidives.

Lors de la pratique de la montagne estivale, le mouvement du pied est beaucoup plus proche de celui de la marche sur le plat avec toutefois, des limites déjà évoquées du fait de la pente et du risque de glissement du pied à l'intérieur de la chaussure comme semblent en témoigner les zones de récidives d'ampoules sous le pied au niveau du talon et de la tête du premier métatarsien (fig. 5B). L'été, le pied est probablement autant sollicité à la montée qu'à la descente, d'où une répartition plus homogène du risque d'ampoules selon la nature de la pente (fig. 4). En cas de pente régulière à la montée, le

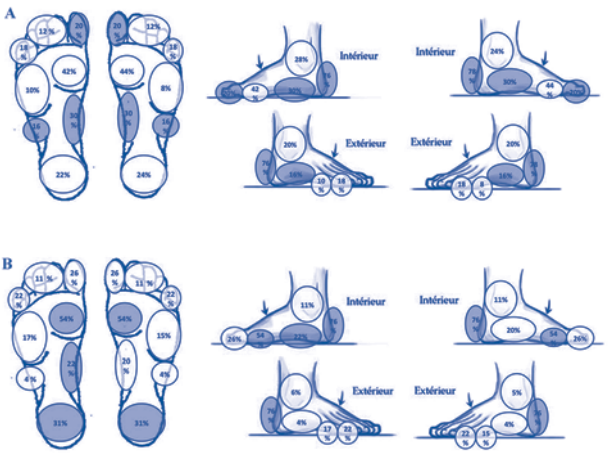


Figure 5. Visualisation sur le pied des proportions d'individus atteints de récurrence d'ampoules en montagne lors de la dernière saison hivernale (A.) ou estivale (B.).
Les plages colorées correspondent aux zones de frottement impliquées dans la récurrence d'ampoules, c'est-à-dire pour lesquelles il existe une différence statistiquement significative entre les cas (plus d'un épisode d'ampoules) et les témoins (un seul épisode d'ampoule).

mouvement de marche impose une flexion dorsale de cheville quasi maximale en fin de pas sollicitant le tendon d'Achille en extension et comprimant la face postérieure du talon contre la chaussure. Cela pourrait expliquer la grande fréquence des ampoules et de leur récurrence dans cette zone. À l'inverse, quand il existe des ruptures de pente et que la marche ressemble plus à une montée de hautes marches d'escaliers, c'est cette fois le pied avant qui semble le plus contraint avec un déplacement du centre de gravité vers l'avant, une flexion du genou et de la cheville qui vient une fois encore solliciter l'arrière pied, d'abord en compression (contrainte axiale), puis davantage en cisaillement à mesure que le centre de gravité continue d'avancer, que le poids du corps se déplace totalement sur l'avant du pied et que le talon se soulève. Enfin la zone sous malléolaire interne, également impliquée dans la récurrence d'ampoules, pourrait être la plus sollicitée par les frottements à la descente. Pour freiner la prise de vitesse liée à la pente, l'individu vient poser le pied à plat au sol en abduction avec un travail en contraction excentrique de la loge antérieure de la cuisse et de la loge postérieure de la jambe afin de ralentir respectivement la flexion du genou et celle de la cheville. L'abduction du pied au sol, dans

une tentative de verrouiller l'articulation, participerait à ralentir la dorsi-flexion de la cheville toujours dans l'optique de freiner la descente. Ce faisant, la partie interne du talon serait la plus exposée aux contraintes tant axiales que de cisaillement du fait du frottement contre la chaussure occasionné par le pied qui glisse vers l'avant.

Cette analyse des zones à risque de récurrence d'ampoules permet de conseiller les manufacturiers quant à l'ergonomie des chaussures : les zones à risque pourraient bénéficier d'une doublure rembourrée pour absorber les contraintes axiales et de l'utilisation de fibres à faible coefficient de frottement pour diminuer les contraintes de cisaillement. Pour protéger la peau des individus à risque d'ampoules, seuls les pansements de type Blist-O-Ban™ ont prouvé une efficacité tant en laboratoire que sur le terrain (17, 18). Les plaques siliconées manquent d'évaluation clinique à ce jour mais pourraient être une alternative séduisante d'autant plus qu'elles sont réutilisables. Leur épaisseur modérée et leurs propriétés viscoélastiques pourraient permettre de diminuer tant les contraintes axiales que de cisaillement transmises à la peau. Selon certains auteurs, la chaussette idéale comporterait des fibres avec de faibles coefficients de frottement au contact de la peau (19) et des propriétés hydrophobes comme le polypropylène (20) pour repousser l'humidité vers l'extérieur afin de maintenir la peau sèche ce qui participerait également à réduire le coefficient de friction. Elle aurait des fibres plus absorbantes en périphérie, comme l'association laine polyamide (20) par exemple, afin de stocker l'humidité tout en conservant des propriétés calorifiques intéressantes et permettrait d'absorber une partie des contraintes axiales (21, 22). Une alternative à ces chaussettes de composition complexe pourrait être le port d'une double paire de chaussettes (23). Celle au contact de la peau serait fine, hydrophobe et posséderait un coefficient de frottement bas. La seconde paire, au contact de la chaussure, serait plus épaisse permettant l'absorption de l'humidité et des contraintes axiales. Ce qui est à peu près certain, c'est la nécessité d'éviter les chaussettes en coton (10) : elles retiennent l'humidité au contact de la peau, augmentant ainsi le coefficient de frottement de la peau, et constituent un matériau absorbant peu les contraintes axiales (21, 22, 24, 25). Il y a peu d'arguments pour supporter l'utilisation d'anti-transpirants (16, 26, 27), d'autant que certains peuvent générer une irritation cutanée (27). Une étude sur le talc en prévention des ampoules réalisée auprès de coureurs d'ultra-endurance n'a pas permis de mettre en évidence un bénéfice à son usage (28). La seule étude sur l'utilisation de papier collant pour prévenir les ampoules lors de la course à pied n'a pas montré d'efficacité (14). Nous n'avons pas trouvé d'étude sur l'usage spécifique des bandes élastiques adhésives de type Elastoplast®.

Si nous n'avons pas retrouvé dans la littérature d'études sur les zones à risque de récurrence d'ampoules en montagne, des données ont été publiées lors de la marche sur le plat ou de la course à pied (2, 28). Elles révèlent que les orteils (notamment le 5e) et les zones sous les têtes des métatarsiens sont de loin les plus souvent atteints. Selon Choi et al., la proportion de patients avec des ampoules sous la partie médiale de l'avant pied est globalement comparable avec nos observations lors de la marche en montagne l'été (2). On peut néanmoins regretter que les auteurs n'aient analysé que les ampoules de la semelle et ne présentent pas de données sur les faces latérales et postérieures du talon. Dans notre étude, les orteils sont moins souvent atteints que ce qui est rapporté sur le plat avec des chaussures de course à pied (2, 28), possiblement du fait des caractéristiques des chaussures d'alpinisme et de ski de randonnée qui présentent une semelle beaucoup plus rigide en flexion, limitant dès lors le mouvement des orteils.

D'après nos résultats, les sujets avec des pieds *valgus* sont à risque de récidives d'ampoules, que ce soit l'hiver ou l'été. Cela semble être consistant avec le fait que la zone du talon est une zone à risque d'ampoules (fig. 5, A et B). Le *valgus* observé en charge pourrait disparaître en décharge. Lors de la marche, l'alternance de phases en charge et en décharge associée à un pied *valgus* pourrait générer des frottements qui vont davantage porter sur la zone du talon. La distribution des types de pieds dans notre échantillon est plutôt originale : l'équipe de podologues a classé 40 % des sujets observés comme présentant des pieds valgus. La littérature ne décrit en général pas la prévalence des pieds *valgus* isolés lors des études sur la pathologie du sportif ou du militaire mais se focalise davantage sur les pieds plats et les pieds creux (29-35). En cas de pied *valgus*, il existe une bascule en dedans du pied mimant un pied plat sur les empruntes visualisées au podoscope ou d'après différentes mesures ou indices créés pour essayer de caractériser les types de pieds en position statique (36). Mais à la différence d'un pied plat « vrai », l'arche plantaire ne semble pas structurellement altérée en cas de pied *valgus* isolé. Néanmoins, il faut reconnaître que les définitions pour le moins équivoques des différents types de pieds, associées à des outils d'évaluation qui restent à ce jour non complètement validés (36), pourraient autoriser des erreurs de classement entre les pieds *valgus* et les pieds plats. Ces erreurs de classement pourraient ainsi rendre compte d'une surestimation de la prévalence des pieds plats dans certaines études (35). Cela est d'autant plus vrai qu'en cas de pied plat « avéré » (avec effondrement de l'arche du pied), il existe un *valgus* calcanéen quasi constant qui fait d'ailleurs partie de la plupart des critères diagnostiques des pieds plats (35, 36). Cela permet aussi de comprendre pourquoi les « vrais » pieds plats de notre étude ont été caractérisés comme des « pieds plats *valgus* » par les podologues. Au final, la prévalence de pieds plats dans notre étude (15 %) est relativement similaire à celle rapportée par d'autres auteurs (30, 37), notamment chez les sujets caucasiens (38). À l'inverse des données publiées par Knapik et al. (29), les pieds plats ne constituaient pas un facteur de risque de récurrence d'ampoules dans notre étude. Cependant, les données de Knapik, et al. ont été obtenues suite à une marche sur le plat (29). Or, nous avons déjà signalé que la pente en montagne, comme la rigidité des semelles des chaussures utilisées, pourraient modifier les zones de frottements par rapport à la marche sur le plat avec des chaussures plus souples. Ainsi, certains

types de pieds pourraient être plus à risque d'ampoules selon la configuration du terrain et le type de chaussures employées. Enfin, il est possible que l'étude de Knapik, et al. ait présenté un biais de classement entre pieds plats et pieds *valgus* (29). Les pieds *valgus* pourraient être favorisés par une rétraction du tendon d'Achille et du triceps sural (39). Ainsi, l'enraidissement des militaires pourrait expliquer la forte prévalence de pieds *valgus* dans notre échantillon. Si cette explication était valide, elle permettrait de proposer une solution élégante pour réduire la récurrence d'ampoules : favoriser les étirements de la loge postérieure de la jambe et du tendon d'Achille. Des orthèses plantaires permettent aussi de corriger efficacement un valgus calcanéen (39-41).

La marque des chaussures ne ressort pas comme un facteur de risque d'ampoules statistiquement significatif dans notre étude. Cela pourrait être expliqué par un manque de puissance et par la distribution très hétérogène des différentes marques de chaussures dans notre échantillon. La faible proportion de sujets dotés des chaussures Garmont® pourrait être liée au fait que la disponibilité de ces chaussures dans la BIM est récente. Or la durée moyenne de service des militaires de l'étude était de quatre ans. Ainsi, les chaussures de la marque Garmont® n'étaient probablement pas disponibles lors de l'incorporation de nombreux sujets. Or, seulement 11 % des participants à l'étude ont changé de chaussure de ski et 13 % de chaussures d'alpinisme en cours de carrière. Concernant l'utilisation de mesures préventives d'ampoules, les tableaux II et III confirment les données de la littérature (1) selon lesquelles les patients souffrant de récurrence d'ampoules mettent plus souvent en œuvre des stratégies pour essayer de les prévenir. En revanche, compte tenu du design rétrospectif de l'étude, ces résultats n'apportent pas d'arguments définitifs pour juger de l'efficacité des mesures de prévention citées.

Les limites de notre étude sont évidemment nombreuses et ont déjà en partie été évoquées. La taille de l'échantillon est réduite et explique un manque de puissance. Ainsi, si les résultats positifs (statistiquement significatifs) permettent d'apporter une information, les résultats négatifs n'en délivrent aucune. On peut regretter que plus de militaires n'aient pas été recrutés. Seules deux compagnies étaient présentes au moment de la réalisation de l'étude et une partie des effectifs de la 1re CC était en permission, une autre impliquée par le plan Vigipirate et certains éléments étaient sur le terrain.

Les absences décrites au sein de la 1re CC pourraient être la source d'un biais de sélection. De plus, seulement 68 % des répondeurs au questionnaire ont été évalués par les podologues. Nous n'avons cependant pas observé de DSS entre les cas et les témoins concernant la proportion de pieds caractérisés, limitant donc le risque d'un biais lié au fait que les cas se soient plus rendus chez le podologue que les témoins. Aucune femme n'a été recrutée ce qui n'est pas vraiment surprenant étant donné la très faible proportion de femmes au 13e BCA et le fait qu'elles ne soient pas habituellement en compagnie de combat mais sur des postes de soutien.

Les biais de classement sont probablement ceux le plus à redouter compte tenu du design rétrospectif de notre travail. Un biais de mémorisation pourrait expliquer que les cas se souviennent par exemple mieux de la marque des chaussures qu'ils utilisent. Cela expliquerait une surreprésentation des marques potentiellement à risque d'ampoules parmi l'ensemble des individus qui ont pu donner le nom de leur marque de chaussures. De la même façon, le biais de mémorisation pourrait majorer les différences entre les cas et les témoins concernant le dessin des zones de pied à risque de récurrence d'ampoules. Ceci étant dit, comme seules les zones à risque d'ampoules devaient être coloriées sur les schémas de pieds sans aucune information sur la fréquence ou la gravité des ampoules dans chaque zone pour un individu donné, un biais de mémorisation qui ferait que les cas rapportent avec une meilleure fidélité les zones à risque d'ampoules que les témoins, ne pourrait en fait que servir le dessein de l'étude, à savoir identifier les zones de frottement le plus à risque de récurrence d'ampoules. Le biais de classement concernant la catégorisation des pieds a déjà été discuté. On espère avoir limité ce biais en ayant eu recours à des experts en podologie, même si l'absence de mesures statiques, dynamiques et radiologiques combinées ne permet pas de l'exclure (36).

Enfin il est possible que certains biais de confusion soient présents comme la couleur de peau puisque les sujets à peau noire sont moins à risque d'ampoules que les autres. Un autre facteur de confusion potentiel pourrait être le poids moyen porté lors de chaque sortie par les cas et les témoins. Étant donné la nature relativement standard du fond de sac en montagne, on espère que ce facteur de confusion aura été limité.

Conclusion

De manière tout à fait originale, ce travail a été l'opportunité de présenter et discuter les zones les plus à risque de récurrence d'ampoules lors de la pratique de la montagne l'été ou l'hiver. Ces données associées à la discussion des différentes mesures préventives devraient permettre à chacun de mieux anticiper le risque d'ampoules pour en réduire la récurrence. Nous espérons que ce travail incitera les manufacturiers à réaliser des efforts d'ergonomie de leurs chaussures, particulièrement dans les zones identifiées comme à risque de récurrence d'ampoules. Dans une certaine mesure, ce travail échoue à définir le choix de chaussure en fonction du type de pied de chacun et de la saison considérée. Enfin, cette étude en partenariat avec des podologues est un exemple concret que le travail en réseau dans les centres médicaux des armées permet une amélioration de la qualité du service rendu aux militaires, le partage de connaissances et un enrichissement humain.

Remerciements : les auteurs remercient particulièrement l'équipe de podologues qui s'est impliquée dans ce travail à savoir Mesdames S. Duplessy et C. Watier ainsi que Monsieur M. Maleyrie. Nous remercions aussi l'ensemble des participants à l'étude des 1re et 4e compagnies de combat du 13e bataillon de chasseurs alpins.

Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt concernant les données présentées dans cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Brennan FH, Jackson CR, Olsen C, Wilson C. Blisters on the battlefield : the prevalence of and factors associated with foot friction blisters during Operation Iraqi Freedom I. Mil Med. 2012 ; 177 : 157-62.
2. Choi SC, Min YG, Lee IS, Yoon GH, Kang BR, Jung YS, et al. Injuries associated with the 580 km university student grand voluntary road march : focus on foot injuries. J Korean Med Sci. 2013 ; 28 : 1814-21.
3. Reynolds KL, White JS, Knapik JJ, Witt CE, Amoroso PJ. Injuries and risk factors in a 100-Mile (161-km) infantry road march. Prev Med. 1999 ; 28 : 167-73.
4. Kogut KT, Rodewald LE. A field survey of the emergency preparedness of wilderness hikers. J Wilderness Med. 1994 ; 5 : 171-8.
5. Crouse BJ, Josephs D. Health care needs of Appalachian Trail hikers. J Fam Pract. 1993 ; 36 : 521-5.
6. Gentile DA, Morris JA, Schimelpfenig T, Bass SM, Auerbach PS. Wilderness injuries and illnesses. Ann Emerg Med. 1992 ; 21 : 853-61.
7. Twombly SE, Schussman LC. Gender differences in injury and illness rates on wilderness backpacking trips. Wilderness Environ Med. 1995 ; 6 : 363-76.
8. Montaigu E, Lebleu C, Buzens A, Fontaine E, Havé L, Kedzierewicz R. Facteurs de risque d'évènements traumatiques au cours des épreuves chronométrées de course en montagne avec sac à dos : une étude épidémiologique analytique prospective au cours de la période estivale 2014. Médecine et Armées. 2015 [publié ailleurs dans ce numéro].
9. Van Tiggelen D, Wickes S, Coorevits P, Dumalin M, Witvrouw E. Sock system to prevent foot blisters and the impact on overuse injuries of the knee joint. Mil Med. 2009 ; 174 : 183-9.
10. Bullock SH, Jones BH, Gilchrist J, Marshall SW. Prevention of physical training-related injuries : recommendations for the military and other active populations based on expedited systematic reviews. Am J Prev Med. 2010 ; 38 : S156-81.
11. Hoeffler DF. Friction blisters and cellulitis in a Navy recruit population. Mil Med. 1975 ; 140 : 333-7.
12. Berkley SF, McNeil JG, Hightower AW, Graves LM, Smith PB, Broome CV. A cluster of blister-associated toxic shock syndrome in male military trainees and a study of staphylococcal carriage patterns. Mil Med. 1989 ; 154 : 496-9.
13. Kirkham S, Lam S, Nester C, Hashmi F. The effect of hydration on the risk of friction blister formation on the heel of the foot. Skin Res Technol. 2014 ; 20 : 246-53.
14. Lipman GS, Ellis MA, Lewis EJ, Waite BL, Lissoway J, Chan GK, et al. A prospective randomized blister prevention trial assessing paper tape in endurance distances (Pre-TAPED). Wilderness Environ Med. 2014 ; 25 : 457-61.
15. Goldberg M, Chevalier A, Leclerc A, Lesieur S, Ricordeau P, Salmi R, Sasco A (ADELF Association des épidémiologistes de langues française, ADEREST Association pour le développement des études et recherche en épidémiologie sur la santé au travail, AEEMA Association pour l'étude de l'épidémiologie de maladies animales, EPITER Association pour le développement de l'épidémiologie de terrain). Recommandations de déontologie et bonnes pratiques en épidémiologie. Bordeaux ; 2007.
16. Knapik JJ, Reynolds K, Barson J. Influence of antiperspirant on foot blister incidence during cross-country hiking. J Am Acad Dermatol. 1998 ; 39 : 202-6.
17. Polliack AA, Scheinberg S. A new technology for reducing shear and friction forces on the skin : implication for blister care in the wilderness setting. Wilderness Environ Med. 2006 ; 17 : 109-19.
18. Sian-Wei Tan S, Kok SK, Lim JK. Efficacy of a new blister prevention plaster under tropical conditions. Wilderness Environ Med. 2008 ; 19 : 77-81.
19. Dai XQ, Li Y, Zhang M, Cheung JTM. Effect of sock on biomechanical responses of foot during walking. Clin Biomech. 2006 ; 21 : 314-21.
20. Bogerd CP. Brühwiler PA, Rossi RM. Heat loss and moisture retention variations of boot membranes and sock fabrics : a foot manikin study. Int J Ind Ergonomics. 2012 ; 42 : 212-8.
21. Howarth SJ, Rome K. A short-term study of shock-attenuation in different sock types. The Foot. 1996 ; 6:5-9.
22. Blackmore T, Ball N, Scurr J. The effect of socks on vertical and anteroposterior ground reaction forces in walking and running. The Foot. 2011 ; 21:1-5.
23. Knapik JJ, Hamlet MP, Thompson KJ, Jones BH. Influence of boot-sock systems on frequency and severity of foot blisters. Mil Med. 1996 ; 161 : 594-8.
24. Flot S, Hill V, Yamada W, McPoil TG, Cornwall MW. The effect of padded hosiery in reducing forefoot plantar pressures. The Lower Extremity. 1995 ; 2 : 210-5.
25. Blackwell B, Allridge R, Jacob S. A comparison of plantar pressure patients with diabetic foot ulcers using different hosiery. Int J Lower Extr Wounds. 2002 ; 1 : 174-8.
26. Quinn RH, Wedmore I, Johnson EL, Islas AA, Anglim A, Zafren K, et al. Wilderness Medical Society Practice Guidelines for Basic Wound Management in the Austere Environment : 2014 Update. Wilderness Environ Med. 2014 ; 25 : S118-33.
27. Reynolds K, Darrigrand A, Roberts D, Knapik J, Pollard J, Duplantis K, et al. Effects of antiperspirant with emollients on foot-sweat accumulation and blister formation while walking in the heat. J Am Acad Dermatol. 1995 ; 33 : 626-30.
28. Scheer BV, Reijic D, Murray A, Costa RJ. The enemy of the feet : blisters in ultraendurance runners. J Am Podiatr Med Assoc. 2014 ; 104 : 473-8.
29. Knapik JJ, Reynolds K, Barson J. Risk factors for foot blisters during road marching : Tobacco use, ethnicity, foot type, previous illness, and other factors. Mil Med. 1999 ; 164 : 92-7.
30. Lakstein D, Fridman T, Ziv YB, Kosashvili Y. Prevalence of anterior knee pain and pes planus in Israel defense force recruits. Mil Med. 2010 ; 175 : 855-7.
31. Wang X, Wang PS, Zhou W. Risk factors of military training-related injuries in recruits of Chinese People's Armed Police Forces. Clin J Traumatol. 2003 ; 6:12-7.
32. Cowan DN, Jones BH, Robinson JR. Foot morphologic characteristics and risk of exercice-related injury. Arch Fam Med. 1993 ; 2 : 773-7.
33. Esterman A, Pilotto L. Foot shape and its effect on functioning in Royal Australian Air Force recruits. Part 1 : prospective cohort study. Mil Med. 2005 ; 170 : 623-8.
34. Abdel-Fattah MM, Hassanin MM, Felembane FA, Nassaane MT. Flat foot among Saudi Arabian army recruits : prevalence and risk factors. East Mediterr Health J. 2006 ; 12 : 211-7.
35. Hohmann E, Reaburn P, Imhoff A. Runner's knowledge of their foot type : do they really know ? The Foot. 2012 ; 22 : 205-10.
36. Razeghi M, Batt ME. Foot type classification : a critical review of current methods. Gait Posture. 2002 ; 15 : 282-91.
37. Uhl JF, Chahim M, Allaert FA. Static foot disorders : a major risk factor for chronic venous disease ? Phlebology. 2012 ; 12:13-8.
38. Golightly YM, Hannan MT, Dufour AB, Jordan JM. Racial differences in foot disorders and foot type. Arthritis Care Res. 2012 ; 64 : 1756-9.
39. Dedieu P, Drigeard C, Gjini L, Dal Maso F, Zanone PG. Effects of foot orthoses on temporal pattern of muscular activity during walking. Clin Biomech. 2013 ; 28 : 820-4.
40. McCulloch MU, Brunt D, Vander Linden D. The effect of foot orthotics and gait velocity on lower limb kinematics and temporal events of stance. JOSPT. 1993 ; 17:2-11.
41. Winkelmeyer M, Nelson B, Southworth T, Carlson K. Effect of orthotics and footwear on static rearfoot kinematics. J Sport Sci Med. 2006 ; 5 : 466-72.