

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20211241

• 海军卫生保健 •

## 应用 VHD 型预定制矫形鞋垫预防海军新兵下肢过劳性损伤：一项随机对照研究

王黎平<sup>1</sup>, 徐一宏<sup>1</sup>, 鲍宏伟<sup>1</sup>, 贾邯梦<sup>2</sup>, 徐卫东<sup>1\*</sup>

1. 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院关节骨病外科, 上海 200433

2. 中国人民解放军海军 91251 部队, 上海 201900

**[摘要]** **目的** 探讨 VHD 型预定制矫形鞋垫是否可以降低海军新兵下肢过劳性损伤(LLOI)的发生率。

**方法** 选取参加入伍训练的 400 名男性海军新兵, 随机分配至试验组( $n=200$ )和对照组( $n=200$ )。在入伍训练期间, 试验组穿着 VHD 型预定制矫形鞋垫, 对照组不穿鞋垫。1 周后进行问卷调查, 对出现不良反应的新兵的矫形鞋垫进行重新塑形。12 周后通过问卷调查和体格检查收集新兵健康资料。主要研究结果为新兵入伍训练期间 LLOI 的发生率, 次要研究结果为新兵参加入伍训练发生 LLOI 的类型、因 LLOI 损失的训练时间、穿着矫形鞋垫的舒适度评分和不良反应。**结果** 试验组和对照组基线测量数据差异无统计学意义( $P>0.05$ )。共发生 76 例 LLOI, 其中试验组 24 例(12%)、对照组 52 例(26%)。最常见的 LLOI 类型为足底筋膜炎。试验组因 LLOI 损失的训练时间共为 51 d(2.12 d/人), 对照组则为 123 d(2.37 d/人)。试验组穿着矫形鞋垫 1 周和 12 周后舒适度评分分别为(3.76±1.87)和(2.03±1.74)分; 不良反应发生率分别为 18%(36/200)和 5%(10/200), 最常见的不良反应为足弓疼痛。

**结论** VHD 型预定制矫形鞋垫可降低新兵 LLOI 的发生率, 减少因 LLOI 导致的训练时间损失, 穿着舒适性较好, 不良反应较少。

**[关键词]** VHD 型预定制矫形鞋垫; 新兵; 下肢过劳性损伤; 训练伤; 随机对照试验

**[引用本文]** 王黎平, 徐一宏, 鲍宏伟, 等. 应用 VHD 型预定制矫形鞋垫预防海军新兵下肢过劳性损伤: 一项随机对照研究[J]. 海军军医大学学报, 2024, 45(9): 1162-1167. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20211241.

### Effectiveness of VHD prefabricated foot orthoses for the prevention of lower limb overuse injury in naval recruits: a randomized controlled trial

WANG Liping<sup>1</sup>, XU Yihong<sup>1</sup>, BAO Hongwei<sup>1</sup>, JIA Hanmeng<sup>2</sup>, XU Weidong<sup>1\*</sup>

1. Department of Osteoarthropathy, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

2. No. 91251 Troop of PLA Navy, Shanghai 201900, China

**[Abstract]** **Objective** To investigate whether VHD prefabricated foot orthoses can reduce the incidence of lower limb overuse injury (LLOI) in naval recruits. **Methods** Totally 400 recruits who underwent enlistment training were enrolled and randomly assigned to the intervention group ( $n=200$ ) and control group ( $n=200$ ). During the enlistment training, the recruits in the intervention group wore VHD prefabricated foot orthoses, while those in the control group did not wear foot orthoses. Questionnaire survey was conducted 1 week later, and the foot orthoses of those recruits with adverse events were remoulded. The health data of recruits were collected again by questionnaire survey and physical examination 12 weeks later. The primary outcome was the incidence of LLOI. The secondary outcomes included the type of LLOI, the lost training time due to LLOI, the comfort score of the foot orthoses, and the adverse events. **Results** There were no significant differences in the baseline characteristics between the 2 groups ( $P>0.05$ ). A total of 76 cases of LLOI was recorded, including 24 cases (12%) in the intervention group and 52 cases (26%) in the control group. Plantar fasciitis was the most common type of LLOI. The lost training time of the intervention group and the control group were 51 d (2.12 d for each one) and

[收稿日期] 2021-12-10 [接受日期] 2022-03-07

[基金项目] 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院“深蓝 123”军事医学研究专项(2019YSL007)。Supported by Project of “Shenlan 123” Military Medical Research of The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University) (2019YSL007).

[作者简介] 王黎平, 硕士, 住院医师。E-mail: 898118375@qq.com

\*通信作者( Corresponding author ). Tel: 021-31161698, E-mail: xuwdshanghai@126.com

123 d (2.37 d for each one), respectively. The comfort scores of the foot orthoses at 1 week and 12 weeks were  $3.76 \pm 1.87$  and  $2.03 \pm 1.74$ , respectively. The incidences of adverse events in 1 week and 3 months were 18% (36/200) and 5% (10/200), respectively. The most common adverse event was arch pain. **Conclusion** VHD prefabricated foot orthoses can reduce the incidence of LLOI and lost training time due to LLOI in recruits, with good wearing comfort and less adverse events.

[ **Key words** ] VHD prefabricated foot orthoses; recruits; lower limb overuse injury; training injury; randomized controlled trial

[ **Citation** ] WANG L, XU Y, BAO H, et al. Effectiveness of VHD prefabricated foot orthoses for the prevention of lower limb overuse injury in naval recruits: a randomized controlled trial[J]. Acad J Naval Med Univ, 2024, 45(9): 1162-1167. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20211241.

下肢过劳性损伤 (lower limb overuse injury, LLOI) 在军人群体中发病率较高<sup>[1-3]</sup>, 严重影响军人的身心健康, 影响部队的管理和战斗力的生成。LLOI 常表现为慢性疼痛和功能障碍, 长期发展可导致运动功能障碍和关节疾病<sup>[3]</sup>。

近年来, 有研究者报道矫形鞋垫可降低新兵 LLOI 的发生率<sup>[4-5]</sup>, 然而这些报道和之前的研究结果相矛盾<sup>[6]</sup>。通过矫形鞋垫预防 LLOI 的生物力学机制尚不清楚, 尚无在中国军人群体中应用矫形鞋垫预防 LLOI 的相关报道。

由于前足部、中足部、后足部之间存在耦合运动<sup>[7]</sup>, 矫形鞋垫前足部内侧插塞设计可减少峰值足外翻和控制过度足内旋<sup>[8]</sup>。本研究通过前瞻性随机对照试验探讨 VHD 型预定制矫形鞋垫能否预防中国军人发生 LLOI。

## 1 对象和方法

**1.1 试验对象** 试验开始前, 抽取海军新兵进行问卷调查。基线调查项目为年龄、身高、体重、足部尺寸、3 000 m 长跑成绩、是否存在下肢疼痛、是否有下肢损伤史、是否正在使用矫形鞋垫等。纳入标准为 16~24 岁男性新兵。排除标准: (1) 已有下肢疼痛, 且视觉模拟量表 (visual analogue scale, VAS) 评分  $\geq 3$  分; (2) 正在使用矫形鞋垫; (3) 6 个月内有下肢损伤史; (4) 未签署知情同意书。所有新兵应征入伍前均通过了军队组织的常规体检, 新兵平均入伍训练时间为 12 周。所有新兵训练时间、训练科目、训练强度和考核标准等均一致。本研究通过海军军医大学 (第二军医大学) 第一附属医院伦理委员会审批 (CHEC2020098)。

**1.2 试验设计** 本研究为前瞻性随机对照试验。由 1 名统计人员独立对纳入试验的新兵按姓名首字

母进行编号, 通过计算机生成的随机数字分配到试验组和对照组。3 名专职治疗师负责进行 VHD 型预定制矫形鞋垫的塑形, 不参与试验的其他事项。3 名诊断小组成员负责数据收集和分析。在揭盲前, 诊断小组成员对分组情况不知情。

**1.3 样本量估计** 根据文献资料, 预计新兵 LLOI 发生率为 40%, 取  $\alpha=0.05$ 、 $\beta=0.1$ , 试验组和对照组样本量比值为 1 : 1, 假设矫形鞋垫可降低新兵 40% 的 LLOI 发生率, 考虑 10% 的试验退出率和数据丢失率, 则所需样本量为 398 人。实际试验中共纳入 400 名受试者, 其中试验组 200 人、对照组 200 人。试验组穿着 VHD 型预定制矫形鞋垫参加入伍训练, 对照组不穿鞋垫参加入伍训练。

**1.4 矫形鞋垫的选择** VHD 型预定制矫形鞋垫 (图 1) 的主体材料为乙烯-醋酸乙烯共聚物 (ethylene-vinyl acetate copolymer, EVA), 具有良好的刚度、硬度和热塑成形性。VHD 型预定制矫形鞋垫具有独特的可移除前内侧插塞设计, 可减少峰值足外翻、控制过度足内旋, 最大程度提高第一跖趾关节功能。该矫形鞋垫已被广泛应用于足部疾病的预防和治疗<sup>[9-10]</sup>, 其安全性和可行性已得到临床验证。此外, VHD 型预定制矫形鞋垫可较好适配军队统一配发的 07 式迷彩鞋, 塑形简单快捷, 不良反应较少。

**1.5 矫形鞋垫的塑形** VHD 型预定制矫形鞋垫塑形由 3 名具有 3 年从业经验的治疗师完成。塑形过程如下: (1) 要求所有试验组新兵穿着与足尺寸相符的 07 式迷彩鞋进行塑形; (2) 治疗师将鞋垫裁剪成与新兵足尺寸一致的大小, 使用热烘枪将鞋垫 EVA 材料部分加热至 90 °C, 此时 EVA 材料具有最好的变形能力; (3) 将加热后的矫形鞋垫放入迷彩鞋内, 受试新兵自然站立, 使足部正常承重, 距

下关节处于中立位。治疗师用手部力量按压新兵足弓、前足掌及足跟部,使其足部轮廓与鞋垫完全贴合;(4)塑形完成后,要求新兵进行5 min中等强度运动(如跳跃、慢跑等),记录其舒适度自我

评分及是否出现不良反应。通过VAS评分进行矫形鞋垫舒适度自我评分,0分为舒适度最高,10分为最不舒适。VAS评分 $\geq 3$ 分或出现严重不良反应者进行重新塑形。



图1 VHD型预定制矫形鞋垫外观

A:外侧观;B:后侧观;C:内侧观。

矫形鞋垫塑形完成后,试验组新兵被要求在1周内逐步提高运动量以适应矫形鞋垫。1周后对试验组新兵发放调查问卷,再次进行矫形鞋垫舒适度评分及不良反应自评。矫形鞋垫舒适度VAS评分 $\geq 3$ 分或出现严重不良反应者再次进行塑形。除此之外不对矫形鞋垫做任何调整。

1.6 训练情况 该训练基地新兵参加大部分军事训练(如队列训练、战术训练、射击训练、投弹训练等)和进行日常活动时均穿着军队统一配发的07式迷彩鞋。新兵每天有约1 h时间跑步或自主进行其他体能训练,每周有1 d可休息或进行娱乐活动。矫形鞋垫塑形完成后,要求试验组新兵在所有训练时间和运动娱乐时间均穿着矫形鞋垫。

1.7 结果收集 研究终点为入伍训练12周。此时研究者对所有受试者进行问卷调查,要求其报告是否存在下肢疼痛,如果存在下肢疼痛,则还需报告疼痛部位、疼痛程度、初次发生疼痛时间、因疼痛停止训练总时间。此外,试验组受试者需报告矫形鞋垫舒适程度自我评分,是否存在不良反应,不良反应类型、严重程度及是否因不良反应而停止训练等。根据调查问卷结果,1个诊断小组对可能存在LLOI的受试者进行详细的病史收集及体格检查,并做出最终诊断。诊断标准参考国内外文献<sup>[11-12]</sup>。诊断小组成员为1名具有丰富运动损伤诊疗经验的副教授和2名经过培训的骨科研究生。

本研究的主要结果指标为新兵LLOI的发生率。次要指标为LLOI类型分布、因LLOI损失的训练时间、矫形鞋垫舒适度评分和不良反应等。

1.8 统计学处理 采用SPSS 22.0软件进行统计学

分析。使用意向性分析原则处理数据,所有受试者均纳入最后的数据分析中。缺失的数据通过多重插值法进行迭代补充。服从正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 $t$ 检验;计数资料以例数和百分数表示,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。检验水准( $\alpha$ )为0.05。

## 2 结果

2.1 基线资料 446名新兵接受问卷评估,400名新兵被纳入研究。图2为受试者参与试验的流程图。46名新兵被排除,其中36名不符合受试者纳入标准,10名未签署知情同意书。试验组和对照组受试者基线数据见表1。由表1可知,对照组和试验组年龄、身高、体重、BMI、鞋码、3 000 m长跑成绩等差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$ )。

2.2 LLOI发生情况 400名受试新兵共发生76例LLOI,发生率为19%。试验组发生24例LLOI,发生率为12%。对照组发生52例LLOI,发生率为26%。试验组LLOI发生率低于对照组( $\chi^2 = 12.736, P < 0.001$ ),绝对危险度降低率(absolute risk reduction, ARR)为14%,相对危险度降低率(relative risk reduction, RRR)为54%。需治疗人数(number needed to treat, NTT)为7人。

2.3 LLOI损伤类型及训练时间损失情况 如表2所示,最常见的LLOI类型为足底筋膜炎,其次为胫骨内侧疼痛综合征和髌腱损伤。试验组中所有类型LLOI发生人数均低于对照组。试验组因LLOI损失的训练时间总计51 d,平均2.12 d/人;对照组因LLOI损失的训练时间总计123 d,平均2.37 d/人。

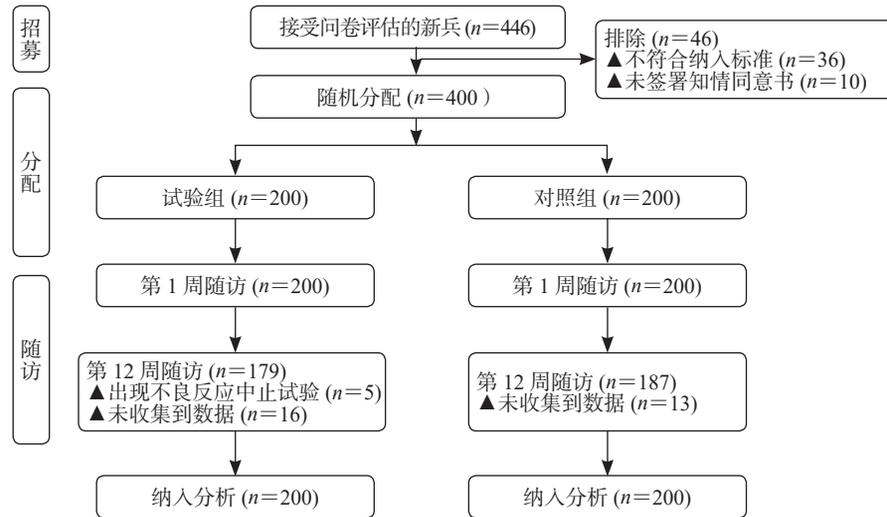


图2 受试新兵参加试验的流程图

表1 两组受试新兵基线数据

指标	n=200, $\bar{x} \pm s$	
	试验组	对照组
年龄/岁	20.21 ± 1.59	20.18 ± 1.51
身高/cm	174.08 ± 5.03	174.20 ± 4.85
体重/kg	68.99 ± 7.45	69.36 ± 8.17
体重指数/(kg·m <sup>-2</sup> )	22.74 ± 2.02	22.85 ± 2.50
鞋码/cm	25.93 ± 0.35	25.92 ± 0.38
3 000 m长跑成绩/min	13.94 ± 1.12	13.85 ± 1.00

2.4 试验组受试新兵矫形鞋垫舒适度、穿着时间及不良反应发生情况 训练第1周时,试验组受试

新兵矫形鞋垫舒适度VAS评分为(3.76 ± 1.87)分;平均每日穿着矫形鞋垫时间为(8.42 ± 3.65)h;共36人(18%)出现不良反应,其中28人为足弓疼痛,所有不良反应严重程度均为轻度和中度。经重新塑形后,大部分不良反应缓解,5人因自觉不能耐受不良反应退出试验。训练第12周时,试验组受试新兵矫形鞋垫舒适度VAS评分为(2.03 ± 1.74)分;平均每日穿着矫形鞋垫时间为(9.21 ± 4.43)h;共10人(5%)出现不良反应,其中7人为足弓疼痛,大部分不良反应严重程度为轻中度,不影响正常生活和训练。

表2 两组受试新兵LLOI类型及训练时间损失情况

LLOI类型	试验组		对照组	
	发生人数, n	损失的训练时间/d	发生人数, n	损失的训练时间/d
胫骨内侧疼痛综合征	5	12	15	38
髌腱损伤	3	8	9	28
髂胫束综合征	2	5	5	9
跟腱损伤	2	6	2	7
足底筋膜炎	11	17	18	33
其他	1	3	3	8
合计	24	51	52	123

LLOI: 下肢过劳性损伤。

### 3 讨论

本研究使用VHD型预定制矫形鞋垫预防LLOI,结果显示VHD型预定制矫形鞋垫可显著降低海军新兵LLOI发生率。

LLOI的发生与体重、BMI和长跑成绩等相关<sup>[13-16]</sup>。本研究中,试验组和对照组体重、BMI和3 000 m长跑成绩均无明显差异,因此,可排

除上述危险因素带来的影响。一般认为,矫形鞋垫的作用机制为调整足底受力点、分散足底压力、支撑足弓、提供缓冲、改善下肢力线、改善本体感觉等<sup>[17-19]</sup>。目前,使用矫形鞋垫预防LLOI的具体机制尚不清楚,可能与促进足部肌肉动员<sup>[20]</sup>、防止站立期过度内旋<sup>[21]</sup>相关。Bruckner<sup>[22]</sup>报道,异常步态可能是LLOI的发生原因,基于步态评估设计的矫形鞋垫可降低LLOI

发生率。Novick 和 Kelley<sup>[23]</sup> 报道,使用矫形鞋垫可减少站立时跟骨外翻角。Desmyttere 等<sup>[8]</sup> 报道,采用前足内侧粘贴设计的矫形鞋垫可减少峰值足外翻、控制过度足内旋。本研究使用的 VHD 型预定制矫形鞋垫同样具有前内侧插塞设计,这可能是试验组 LLOI 发生率低的原因之一。

尽管 Mattila 等<sup>[6]</sup> 报道常规应用矫形鞋垫并不能降低 LLOI 的发生率,但更多研究提供了阳性证据。Franklyn-Miller 等<sup>[4]</sup> 报道, D3D 矫形鞋垫使 LLOI 的绝对风险降低了 49%; Bonanno 等<sup>[5]</sup> 报道,矫形鞋垫相比于平坦鞋垫可降低 34% 的 LLOI 发生率。这些报道与本研究结果一致。Franklyn-Miller 等<sup>[4]</sup> 依据压力平台步态评估结果,选择发生下肢损伤风险较高的受试者参与试验,这可能是其结果显示矫形鞋垫效果较显著的原因。本研究中,受试者的纳入标准与 Bonanno 等<sup>[5]</sup> 的研究相似,矫形鞋垫降低 LLOI 发生率的效果也相似。

在 LLOI 类型分布上,本研究结果显示,足底筋膜炎和胫骨内侧疼痛综合征发生率最高,与之前的研究结果<sup>[24-26]</sup> 相似。但在因 LLOI 损失的训练时间上,试验组总计 51 d、平均 2.12 d/人,对照组总计 123 d、平均 2.37 d/人,略高于 Bonanno 等<sup>[5]</sup> 报道的结果。这可能是由于训练科目不同导致的,也可能是我军对军事训练伤重视程度提高,带伤训练情况减少、受伤后休息时间增加所致。

在考虑推广使用矫形鞋垫预防军人 LLOI 的可行性时,应行经济效益分析。本研究中, VHD 型预定制矫形鞋垫采购价格为 500 元/双,根据本研究结果,每 7 人使用矫形鞋垫可预防 1 例 LLOI 发生,预防成本为 3 570 元/人。尽管在使用矫形鞋垫初期,不良反应发生率达到 18%,但使用矫形鞋垫 12 周后,不良反应发生率为 5%,且大部分不良反应为轻中度,不影响训练和生活,仅有 5 人因不能耐受矫形鞋垫不良反应退出试验。这表明大多数受试者可耐受和适应该款矫形鞋垫。因此,应用 VHD 型矫形鞋垫预防新兵 LLOI 具有一定的经济效应和可行性。

本研究存在一定局限性。首先,本研究针对的人群是男性新兵群体,矫形鞋垫和军队统一配发的 07 式迷彩鞋相适配,尚不清楚 VHD 型矫形鞋垫能否预防女性或其他运动活跃人群的 LLOI。其次,本研究中试验组和对照组新兵平时在一起生活和训练,

因此无法实现双盲。研究结果可能受到安慰剂效应、情绪和自我确认偏差等影响。但研究结果显示, VHD 型预定制矫形鞋垫降低 LLOI 发生率的效果显著。对照组新兵并非从来不穿鞋垫,在进行跑步训练或球类运动时会穿自购的跑步鞋,跑步鞋内有减震鞋垫。这部分人群比例较小,且进行跑步或球类运动时间相对较少。此外,有研究表明,减震鞋垫不能预防 LLOI 发生<sup>[27]</sup>。因此,对照组新兵穿自购运动鞋引起的研究偏倚较小,可以忽略。

总之,本研究结果表明, VHD 型预定制矫形鞋垫可降低男性新兵入伍训练期间 LLOI 的发生率,且具有较好的穿着舒适性,不良反应较少。VHD 型矫形鞋垫预防 LLOI 的机制可能与其前内侧插塞设计控制了过度的足外翻和足内旋相关,但尚需进一步的生物力学研究证据。

#### [参 考 文 献]

- [1] SCHWARTZ O, MALKAI I, OLSEN C H, et al. Overuse injuries in the IDF's combat training units: rates, types, and mechanisms of injury[J]. *Mil Med*, 2018, 183(3/4): e196-e200. DOI: 10.1093/milmed/usx055.
- [2] ROBINSON M, SIDDALL A, BILZON J, et al. Low fitness, low body mass and prior injury predict injury risk during military recruit training: a prospective cohort study in the British army[J]. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 2016, 2(1): e000100. DOI: 10.1136/bmjsem-2015-000100.
- [3] FULLEM B W. Overuse lower extremity injuries in sports[J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2015, 32(2): 239-251. DOI: 10.1016/j.cpm.2014.11.006.
- [4] FRANKLYN-MILLER A, WILSON C, BILZON J, et al. Foot orthoses in the prevention of injury in initial military training: a randomized controlled trial[J]. *Am J Sports Med*, 2011, 39(1): 30-37. DOI: 10.1177/0363546510382852.
- [5] BONANNO D R, LANDORF K B, MUNTEANU S E, et al. Effectiveness of foot orthoses and shock-absorbing insoles for the prevention of injury: a systematic review and meta-analysis[J]. *Br J Sports Med*, 2017, 51(2): 86-96. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096671.
- [6] MATTILA V M, SILLANPÄÄ P J, SALO T, et al. Can orthotic insoles prevent lower limb overuse injuries? A randomized-controlled trial of 228 subjects[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2011, 21(6): 804-808. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2010.01116.x.
- [7] YAMASHITA M H. Evaluation and selection of shoe wear and orthoses for the runner[J]. *Phys Med Rehabil*

- Clin N Am, 2005, 16(3): 801-829. DOI: 10.1016/j.pmr.2005.02.006.
- [8] DESMYTTERE G, HAJIZADEH M, BLEAU J, et al. Effect of foot orthosis design on lower limb joint kinematics and kinetics during walking in flexible pes planovalgus: a systematic review and meta-analysis[J]. Clin Biomech, 2018, 59: 117-129. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2018.09.018.
- [9] MILLS K, BLANCH P, DEV P, et al. A randomised control trial of short term efficacy of in-shoe foot orthoses compared with a wait and see policy for anterior knee pain and the role of foot mobility[J]. Br J Sports Med, 2012, 46(4): 247-252. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090204.
- [10] COLLINS N, CROSSLEY K, BELLER E, et al. Foot orthoses and physiotherapy in the treatment of patellofemoral pain syndrome: randomised clinical trial[J]. Br J Sports Med, 2009, 43(3): 169-171. DOI: 10.1136/bmj.a1735.
- [11] 黄昌林. 军事训练医学[M]. 北京:人民军医出版社, 1999:159-164.
- [12] BONANNO D R, MURLEY G S, MUNTEANU S E, et al. Foot orthoses for the prevention of lower limb overuse injuries in naval recruits: study protocol for a randomised controlled trial[J]. J Foot Ankle Res, 2015, 8: 51. DOI: 10.1186/s13047-015-0109-2.
- [13] 赵燕旭,张钊,罗东,等. 下肢应力性骨折相关风险因素及未来的研究方向[J]. 中国组织工程研究, 2020, 24(9): 1422-1429. DOI: 10.3969/j.issn.2095-4344.2460.
- [14] NYE N S, KAFER D S, OLSEN C, et al. Abdominal circumference versus body mass index as predictors of lower extremity overuse injury risk[J]. J Phys Act Health, 2018, 15(2): 127-134. DOI: 10.1123/jpah.2017-0017.
- [15] MESSIER S P, MARTIN D F, MIHALKO S L, et al. A 2-year prospective cohort study of overuse running injuries: the runners and injury longitudinal study (TRAILS)[J]. Am J Sports Med, 2018, 46(9): 2211-2221. DOI: 10.1177/0363546518773755.
- [16] BECKER J, NAKAJIMA M, WU W F W. Factors contributing to medial tibial stress syndrome in runners: a prospective study[J]. Med Sci Sports Exerc, 2018, 50(10): 2092-2100. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001674.
- [17] JONES R K, ZHANG M, LAXTON P, et al. The biomechanical effects of a new design of lateral wedge insole on the knee and ankle during walking[J]. Hum Mov Sci, 2013, 32(4): 596-604. DOI: 10.1016/j.humov.2012.12.012.
- [18] WU F L, WANG T J, SHIH Y F, et al. Biomechanical effects of the biomechanical taping and customized foot orthoses in patients with plantar fasciitis[J]. Physiotherapy, 2015, 101: e1663. DOI: 10.1016/j.physio.2015.03.060.
- [19] 侯雪莲. 不同弓高足弓垫对穿着舒适性和足底压力分布影响的功能性研究[D]. 武汉:湖北大学, 2014.
- [20] LOPES A D, HESPANHOL JÚNIOR L C, YEUNG S S, et al. What are the main running-related musculoskeletal injuries? A systematic review[J]. Sports Med, 2012, 42(10): 891-905. DOI: 10.1007/BF03262301.
- [21] VAN GENT R N, SIEM D, VAN MIDDELKOOP M, et al. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review[J]. Br J Sports Med, 2007, 41(8): 469-480. DOI: 10.1136/bjsm.2006.033548.
- [22] BRUKNER P. Exercise-related lower leg pain: an overview[J]. Med Sci Sports Exerc, 2000, 32(3 Suppl): S1-S3. DOI: 10.1097/00005768-200003001-00001.
- [23] NOVICK A, KELLEY D L. Position and movement changes of the foot with orthotic intervention during the loading response of gait[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1990, 11(7): 301-312. DOI: 10.2519/jospt.1990.11.7.301.
- [24] WILLEMS T M, CLERCQ D D, DELBAERE K, et al. A prospective study of gait related risk factors for exercise-related lower leg pain[J]. Gait Posture, 2006, 23(1): 91-98. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2004.12.004.
- [25] SUBOTNICK S I. The biomechanics of running. Implications for the prevention of foot injuries[J]. Sports Med, 1985, 2(2): 144-153. DOI: 10.2165/00007256-198502020-00006.
- [26] FRANCIS P, WHATMAN C, SHEERIN K, et al. The proportion of lower limb running injuries by gender, anatomical location and specific pathology: a systematic review[J]. J Sports Sci Med, 2019, 18(1): 21-31.
- [27] WITHNALL R, EASTAUGH J, FREEMANTLE N. Do shock absorbing insoles in recruits undertaking high levels of physical activity reduce lower limb injury? A randomized controlled trial[J]. J R Soc Med, 2006, 99(1): 32-37. DOI: 10.1177/014107680609900113.

[本文编辑] 魏莎莎