

前脚掌硅胶鞋垫对女性下楼梯时足底压力影响研究

吕晓彤, 俞 潇, 李春轶, 裘琴儿*, 王 超

(宁波大学 体育学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 本研究旨在探究硅胶鞋垫对青年女性穿高跟鞋下楼梯时前脚掌的足底压力因素, 分析硅胶鞋垫对前脚掌压力的影响. 共选取了 12 名女性受试者, 在高跟鞋前掌部位放置不同的硅胶鞋垫, 发现前置垫硅胶鞋垫后, M4-5 处(第 4~5 跖骨区)的峰值压力、峰值压强、接触面积和冲量均显著减小($P < 0.05$), 非蜂窝状前脚掌垫与蜂窝状前脚掌垫相比, M4-5 处的峰值压强、冲量和接触面积显著减小($P < 0.05$), M2-3 区(第 2~3 跖骨区)的接触面积也显著减小($P < 0.05$). 结果表明女性穿着高跟鞋下楼梯时, 非蜂窝状前脚掌垫与蜂窝状相比对前脚掌外侧产生的压力更小, 考虑出现该情况是由 2 种硅胶鞋垫的不同结构、硬度、厚度和材料引起的, 其原理还需进一步探究.

关键词: 前脚掌硅胶鞋垫; 高跟鞋; 下楼梯; 足底压力

中图分类号: G804.61

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2017) 06-0116-05

随着社会的不断发展和女性审美水平的不断提高, 市场上相继出现了品种繁杂的高跟鞋如鱼嘴鞋、尖头鞋等. 人体在行走时, 从足跟落地到足尖离地是一个完整的步态过程, 由于受到人体重力的作用, 行走时鞋底结构和材料会产生形变^[1]. 穿高跟鞋虽可衬托女性挺拔身段, 但也会改变正常步态模式^[2], 长期穿着会导致膝关节疼痛、足部疼痛和畸形^[3]. 运动医学专家认为, 常穿高跟鞋, 对女性足部健康不利. 通常高跟鞋开口较小, 因而穿着的高跟鞋会比脚要小一些, 行走时为了不让鞋子脱落, 女性通常利用脚的前后两端卡住鞋子, 产生足部挤压现象^[4]. 由于高跟鞋本身的设计不符合人体足部结构特征和运动生物力学原理, 打破了人体正常的步态模式, 长期穿着会对女性的健康产生不利影响. 为了改善这种现象, 许多厂家都生产了不同类型的硅胶鞋垫, 例如: 前脚掌硅胶鞋垫、足弓垫等. 鞋垫作为鞋子的重要组成部分, 对穿着者的自我感受和足底压力的分布有较大的影响. 全掌硅胶鞋垫具有良好的防震、减压功能, 能有效预防和改善跟腱痛、膝盖痛等症状, 能有效缓解足部疼痛, 近年来已经被广泛运用到下肢疾病

的康复和保健中^[5]. 据统计, 穿着高跟鞋且经常爬楼梯的女性, 膝关节负荷压力是体重的 3 倍, 穿着高跟鞋下楼梯时, 更可增加 7~9 倍, 可见穿着高跟鞋下楼梯的危害之大^[6]. 目前国内外有关高跟鞋和鞋垫的研究多集中在高跟鞋本身的结构特点和运动鞋鞋垫性能方面, 而在穿着高跟鞋下楼梯时不同的硅胶鞋垫对足底压力分布影响的研究较少. 张远才等^[7]研究发现, 在城市以步行为主的慢跑鞋设计中, 在前脚掌结构不变的情况下, 选择低硬度、低弹性的材料, 可以降低穿用时的疲劳度; 但该研究仅针对于慢跑鞋, 很难了解硅胶鞋垫的性能, 而且城市中穿高跟鞋的女性占多数.

本研究就不同前掌硅胶鞋垫对女性下楼梯时足底压力的影响进行分析, 以探究硅胶鞋垫作为一种特殊材质的弹性体, 在使用过程中是否对足部产生一定作用, 为女性正确选择硅胶鞋垫、预防或减轻损伤提供理论依据.

1 研究对象与研究方法

1.1 实验对象

本研究选取了 12 名青年女大学生为实验对象,

收稿日期: 2016-12-13.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

第一作者: 吕晓彤(1992-), 女, 山东威海人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 运动生物力学. E-mail: 972084107@qq.com

*通信作者: 裘琴儿(1968-), 女, 浙江宁波人, 教授, 主要研究方向: 运动生物力学. E-mail: qiuqiner@nbu.edu.cn

年龄(22.3 ± 1.5)岁、体重(57.2 ± 0.3) kg、身高(166.5 ± 1.4) cm, 均为经常穿着高跟鞋者, 无明显的步态异常; 近一年内没有明显的足部疾病, 没有任何神经系统疾病, 也没有其他可能影响本研究的疾病。

1.2 实验仪器

受试者所穿的实验用鞋是从市场上购买的高度为 7 cm、鞋码为 38 码的尖头高跟鞋(图 1); 前脚掌硅胶鞋垫分别为市面上常见的蜂窝状硅胶鞋垫和非蜂窝状硅胶鞋垫(图 2(a)); 将前脚掌划分为五个区域, 分别为: 大脚趾区(T1)、其余四趾区(T2-5)、第 1 跖骨区(M1)、第 2~3 跖骨区(M2-3)和第 4~5 跖骨区(M4-5)(图 2(b)); 足底压力测量采用 Novel-Pedar 鞋垫式足底测量系统(图 3), 其鞋垫内采用电容传感器, 含有 99 个传感器; 实验中所使用的压力鞋垫为 38EUR, 与实验用鞋相匹配。

硅胶鞋垫也有软质与硬质之分, 下楼梯时软质的鞋垫较容易产生形变, 硬质鞋垫不容易发生形变。为了比较蜂窝状硅胶鞋垫与非蜂窝状硅胶鞋垫的差异性, 对其进行了弹性模量的测定。硅胶



图1 实验用鞋

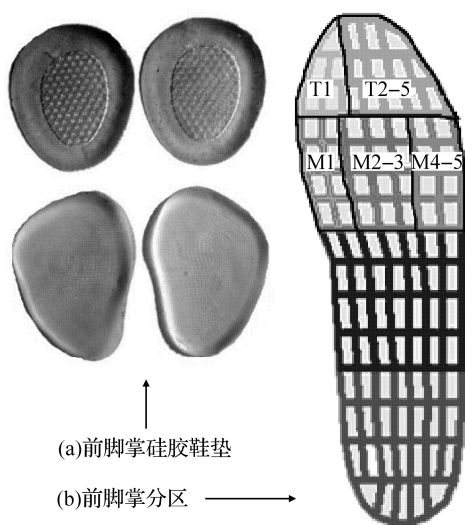


图2 前脚掌硅胶鞋垫与分区



图3 Novel-Pedar 鞋垫式足底测量系统

鞋垫的弹性测试是通过力学实验室中的弹性模量测试仪(INSTRON AG Grove USA)测得的, 两种硅胶鞋垫的弹性大小结果如图 4 所示。

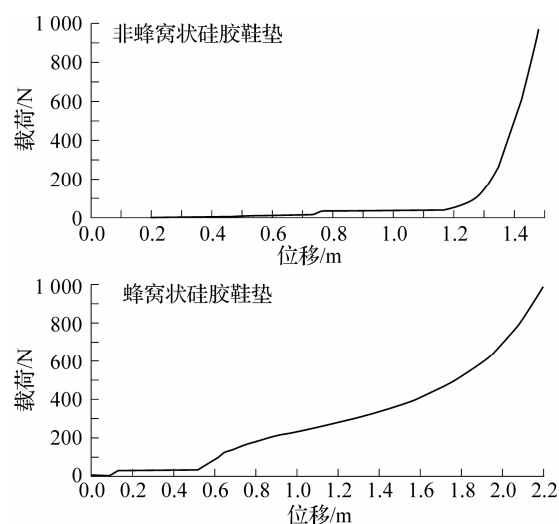


图4 两种硅胶鞋垫弹性结果

1.3 实验方法

实验过程中受试者穿戴 Novel-Pedar 鞋垫式足底测量仪器, 鞋内分别为无硅胶鞋垫、放置蜂窝状硅胶鞋垫和非蜂窝状硅胶鞋垫, 从选定的楼梯上做下楼梯动作, 测试用的楼梯为石质, 每阶高 15 cm、深 31 cm。为避免穿鞋垫对数据的影响, 受试者每换一次鞋垫后均在台阶上上下几次进行适应, 之后采集 3 次下楼梯的完整过程。同时为避免劳累造成的数据采集不准确, 在每一阶段采集后休息 5 min, 之后再进行下一次的采集。

1.4 数据处理

采集到的数据用 SPSS 19.0 统计软件进行分析和处理, 将采集的数据导入 SPSS 软件中, 通过单因素方差分析方法分析足底压力参数各指标, 并设定 $P < 0.05$ 具有显著性差异。

2 结果

2.1 峰值压力

峰值压力是指在一个完整的步态中,足底下方区域所受到的来自身体重力形成的压力最大值。从表1中可以看出受不同前脚掌硅胶鞋垫的影响,前脚掌各个分区峰值压力均有变化,但变化不一。其中T1和T2-5区的峰值压力变化较小,没有显著性差异,而M4-5区的峰值压力逐渐减小且都与无前脚掌硅胶鞋垫相比时存在显著性差异, $P < 0.05$;在M1和M2-3处出现了相反峰值压力,尤其是蜂窝状硅胶鞋垫变化较大,这可能是由于蜂窝状硅胶鞋垫在跖骨处的蜂窝状结构造成的。

2.2 峰值压强

足部峰值压强反映了记录瞬时通过足底各区域传导力所产生的压强的大小,其值越大,所对应区域内损伤发生的风险就越高。适当降低压强可提高穿着舒适度,同时降低损伤发生的几率。在整个下楼梯的过程中,跖骨区的峰值压强和峰值压

力一样变化都不大,没有显著性差异;而M1区的变化幅度最大,在无硅胶鞋垫的情况下其峰值压强远高于有前脚掌垫时的峰值压强,且与蜂窝状硅胶鞋垫相比存在显著性差异 $P < 0.05$;M2-3和M4-5区的峰值压强也出现了相反情况,且非蜂窝状条件下M4-5区的压强与蜂窝状硅胶鞋垫和无硅胶鞋垫相比时都存在显著性差异 $P < 0.01$ (表2)。

2.3 接触面积

从下楼梯落地时的接触面积来看,第1~5趾骨处的触地面积是一样的,这可能是由于两种前脚掌硅胶鞋垫在趾骨处的实心结构与无硅胶鞋垫时情况相似而引起的;从表3可以看出,非蜂窝状硅胶鞋垫在M2-3和M4-5处的接触面积明显减小,且与前两种情况相比存在显著性差异 $P < 0.05$ 。

2.4 冲量

冲量反映力在一定时间内对足底各区域连续作用所产生的累积效应,即是在行走的过程中做功的大小。由表4可以看出,不论是哪种前脚掌垫,

表1 经过体重标准化后峰值压力各分区数据

N

鞋垫种类	T1	T2-5	M1	M2-3	M4-5
无硅胶	1.65±0.11	1.52±0.13	2.81±0.63	2.70±0.44	1.34±0.13
蜂窝状硅胶	1.66±0.06	1.14±0.88	2.26±0.28	3.31±0.25	1.03±0.04 ¹⁾
非蜂窝状硅胶	1.79±0.11	1.51±0.03	2.67±0.10	2.94±0.39	0.79±0.11 ¹⁾

注: 1)表示与无硅胶鞋垫数据相比有显著性差异, $P < 0.05$,下同。

表2 经过体重标准化后峰值压强各分区数据

KPa

鞋垫种类	T1	T2-5	M1	M2-3	M4-5
无硅胶	4.56±0.28	1.51±0.10	8.23±2.41	3.46±0.51	2.32±0.44
蜂窝状硅胶	4.72±0.29	1.45±0.25	3.73±0.64 ¹⁾	4.02±0.47	1.95±0.07
非蜂窝状硅胶	5.30±0.42	1.59±0.05	5.82±0.15	4.68±0.81	1.24±0.07 ^{1),2)}

注: 2)表示与蜂窝状硅胶鞋垫相比有显著性差异, $P < 0.05$,下同。

表3 接触面积各分区数据

cm²

鞋垫种类	T1	T2-5	M1	M2-3	M4-5
无硅胶	6.23±0.00	13.75±0.00	8.96±0.00	14.11±0.00	10.24±0.00
蜂窝状硅胶	6.23±0.00	13.75±0.00	7.67±0.00	13.68±0.74	9.81±0.74
非蜂窝状硅胶	6.23±0.00	13.75±0.00	7.67±0.00	11.96±0.74 ^{1),2)}	8.10±0.74 ^{1),2)}

表4 冲量各分区数据

N·s

鞋垫种类	T1	T2-5	M1	M2-3	M4-5
无硅胶	0.62±0.03	0.57±0.09	0.90±0.05	1.10±0.19	0.50±0.11
蜂窝状硅胶	0.60±0.04	0.57±0.08	0.68±0.07	1.16±0.03	0.43±0.04
非蜂窝状硅胶	0.58±0.09	0.50±0.10	0.81±0.14	0.99±0.21	0.23±0.04 ^{1),2)}

冲量的最大值都集中在 M2-3 处,但鞋垫之间并不存在差异性;而非蜂窝状硅胶鞋垫除 M1 区外,其他区域内的冲量与其他情况下相比都有一定程度的减小,且在 M4-5 区与无硅胶鞋垫和蜂窝状硅胶鞋垫相比存在显著性差异 $P < 0.05$ 。

3 讨论与分析

在正常步行的过程中,足部区域支撑着人体的重量,当鞋子的高度与重量发生改变时,其行为指标也会发生变化,影响正常的步行,造成脚底肌腱的损伤^[8]。吴剑等指出穿跟高 6.5 cm 以上的鞋时,足底第 1 跖骨关节最大受力值是穿平底鞋时该点最大受力值的 4 倍^[9]。那么在下楼梯时,由于人体重心起伏加大,前脚掌所承受的压力也会加大。有研究发现在鞋跟高度一定的情况下,高跟鞋前掌部位使用具有一定缓冲作用的材料可适当的减小前掌所受负荷^[10]。本研究发现,垫硅胶鞋垫与无硅胶鞋垫相比足前掌压力发生了一定的变化,主要集中在跖骨外侧(M4-5),而跖骨的变化并不明显,这与之前的研究存在差异,推测硅胶鞋垫对缓解跖骨处的压力没有显著性作用。

第 1 跖骨部位为足底承受较大负荷的部位,而 2、3 跖骨为足部主要支撑部位^[11]。通过对峰值压力、冲量的数据分析发现,无论哪种硅胶鞋垫,受力的最大值都集中在第 1~3 跖骨区,尤其是第 2、3 跖骨,所以在下楼梯的过程中人体更多的压力集中在跖骨处,这提示我们在下楼梯的过程中跖骨关节处最易产生疲劳感;同时发现,三种条件下压力和冲量值虽有一定程度的变化但不存在差异性,更有意思的是,在 M2-3 处垫硅胶鞋垫时的压力和冲量比无硅胶鞋垫时要大,说明两种硅胶鞋垫对减轻足前掌最大受力处的不适感没有显著作用。

蜂窝状和非蜂窝状硅胶鞋垫在材料、硬度和结构方面都存在明显不同,这就决定了其力学性能的差异性。本研究发现,蜂窝状硅胶鞋垫在 M1 跖骨区内的峰值压力、冲量均小于非蜂窝状硅胶鞋垫,而 M2-3 跖骨区内的峰值压力和冲量均大于非蜂窝状硅胶鞋垫,在第 1 跖骨区结构相同的情况下,推测是由两种硅胶鞋垫材料的不同硬度造成的,在 M2-3 区由于蜂窝状硅胶鞋垫中心部分的蜂巢结构较柔软,在落地时产生了更大的能量回弹从

而导致力值的增大,但并不存在显著性差异。相反在第 1 跖骨区,蜂窝状硅胶鞋垫的峰值压强明显减小,均小于其他两种情况,表明该硅胶鞋垫能提高穿着者在第 1 跖骨区的舒适度,降低损伤发生的几率。汤运启等^[12]指出,鞋垫的硬度和厚度对足底压力舒适度有一定的影响,较硬的鞋垫能较大地分散足底主要受力区域承受的压力。张英等^[13]研究也发现,对于 8 cm 的高跟鞋而言,内垫的最佳设计参数为前掌部位厚度 4 mm、硬度 20°。通过对接触面积的数据分析发现,3 种条件下跖骨处的接触面积完全一致,而跖骨关节区明显减小,尤其是非蜂窝状硅胶鞋垫,可能其硬度较大,不易发生变形。综上所述,通过对第 4、5 跖骨区内的各指标分析发现,非蜂窝状硅胶鞋垫与蜂窝状硅胶鞋垫相比在接触面积、峰值压强和冲量方面都明显减小,这与上述解释可能存在一致性,具体的结果还需进一步研究分析。

4 结论与建议

4.1 结论

本研究通过对比两种不同类型的前脚掌硅胶鞋垫与无硅胶鞋垫在穿高跟鞋下楼时足底压力分布的变化发现,前置硅胶鞋垫在一定程度上并不能减轻穿高跟鞋下楼梯时 M1-3 跖骨处的受力情况;非蜂窝状硅胶鞋垫较蜂窝状硅胶鞋垫相比,M4-5 区内各指标都明显的减小,说明其对缓解足前掌外侧压力具有一定作用。

4.2 建议

根据本研究结果,认为前置硅胶鞋垫对缓解女性足前掌最大压力作用甚微,强烈建议女性若在选择硅胶鞋垫时,应挑选中等硬度的硅胶鞋垫(如:非蜂窝状硅胶鞋垫),这将减轻足前掌外侧的受力,降低损伤风险;而鞋垫生产方在设计硅胶鞋垫时,应针对其材料、硬度和结构进行试验,确保其可以发挥作用,提升女性穿着效用性和舒适性。

4.3 不足

本研究仅选取了一种高跟鞋以及蜂窝状和非蜂窝状两种硅胶鞋垫,在以后的研究中可适当增加高跟鞋和前脚掌硅胶鞋垫的种类,针对不同的跟高、材料、硬度、结构的硅胶鞋垫进行实验和测试,以便更全面细致地探究其性能特点对女性穿

高跟鞋下楼梯时足底压力分布的影响.

参考文献:

- [1] 裘琴儿, 刘玉洲, 王超, 等. 穿 MBT 鞋正常步速行走时足弓压力特征分析[J]. 宁波大学学报(理工版), 2017, 30(2):112-116.
- LIN C F, YU Y L, WANG S T, et al. Kinematic and kinetic analysis of walking with high heel shoes for young female: 651[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2010, 42(5):20.
- [2] KERRIGAN D C, JOHANSSON J L, BRYANT M G, et al. Moderate-heeled shoes and knee joint torques relevant to the development and progression of knee osteoarthritis [J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2005, 86(5):871-875.
- [3] 陈奕男, 闫红光. 对穿高跟鞋人群步态的生物力学研究[J]. 辽宁体育科技, 2009, 31(2):33-35.
- [4] 冯泉慧, 裘琴儿. 全掌硅胶鞋垫对运动员纵跳能力的影响研究[J]. 文体用品与科技, 2013(14):144; 203.
- [5] 刘华, 吴文华. 高跟鞋对行走中女性躯干、下肢的力学影响[J]. 北京生物医学工程, 2011, 30(1):105-108.
- [6] 张远才. 前掌材料硬度和回弹率对慢跑鞋能量回输效果的影响[J]. 中国皮革, 2015(6):110-114
- [7] 裘琴儿, 李思远, 翟小青, 等. 小学生穿暴走鞋的步行行为研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2014, 27(4):100-103.
- [8] 吴剑, 李建设. 青少年女性穿不同鞋行走时足底压力分布研究[J]. 体育科学, 2006, 26(6):67-70
- [9] 杨璐铭, 郝芙蓉, 张惟雯. 中底硬度对职业女鞋舒适度的影响[J]. 皮革科学与工程, 2014, 4:8.
- [10] 汤云启, 秦蕾. 鞋跟高度对青年女性足底压力舒适性影响的研究[J]. 中国皮革, 2011(4):106-111
- [11] 汤运启, 秦蕾, 万蓬勃. 运动鞋鞋垫厚度、硬度对青年女性足底压力舒适性的影响[J]. 皮革科学与工程, 2012, 22(4):38-40.
- [12] 张英, 马舒舒. 舒适性高跟鞋内垫参数的研究[J]. 中国皮革, 2014(18):116-118.

Effect of forefoot silicone insoles on plantar pressure for females walking downstairs

LÜ Xiao-tong, YU Xiao, LI Chun-yi, QIU Qin-er*, WANG Chao

(Faculty of Physical Education, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: The main purpose of this study is to explore the elements of plantar pressure on silicon insoles when walking down the stairs with heels. In total 12 female participants volunteered for testing, who were asked to put on different forefoot silicon insoles. Results show that: 1) Silicon insoles can lead to the reduction of M4-5 index (Peak Force、Peak Pressure、Contact Area and Force Time Integral), with $P < 0.05$; 2) Compared to the honeycomb silicon insoles, the M4-5 PP-A are significantly decreased for dis-honeycomb; 3) The M2-3 contact Area is also reduced. When wearing the dis-honeycomb silicon insoles, the lateral forefoot can exert a smaller pressure which is possibly associated with such factors as the structures, hardness, thickness and materials. More probe on this study is expected for further validation in the future.

Key words: forefoot silicon insoles; high-heeled shoes; down the stairs; plantar pressure

(责任编辑 韩 超)