

穿 MBT 鞋正常步速行走时足弓压力特征分析

裘琴儿¹, 刘玉洲¹, 王超¹, 吕晓彤¹, 毛功龙¹, 赵静²

(1. 宁波大学 体育学院, 浙江 宁波 315211; 2. 舟山市定海区城东小学, 浙江 舟山 316099)

摘要: 为了解 MBT 鞋对足弓部位的功效, 用 Novel Pedar-X 鞋垫式足底压力测试系统对穿 MBT 鞋正常行走时足弓进行测量, 以峰值压力、峰值压强、接触面积来反映 MBT 对足弓的压力特征. 在正常速度步行时, 穿着 MBT 鞋、运动鞋、帆布鞋足弓内侧与足弓外侧区域峰值压力、峰值压强、接触面积依次减少, 且 MBT 鞋与运动鞋、帆布鞋在足弓内侧峰值压力存在非常显著的差异性, 足弓外侧只有 MBT 鞋与运动鞋有差异. MBT 鞋与运动鞋、帆布鞋在足弓内侧的峰值压强都有差异; 足弓内侧与足弓外侧的接触面积是 MBT 与帆布鞋有差异. 结果显示, 穿 MBT 鞋步行时能对足弓起到支撑作用, 减少足底肌肉损伤, 防止筋膜炎的产生.

关键词: MBT 鞋; 足弓; 正常步速; 压力特征

中图分类号: G804.61

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2017) 02-0112-05

人体步行时, 足底与支撑面间的压力分布反映了脚部的结构、功能及机械特性方面的信息及整个身体姿势控制情况, 可以评估不同鞋具在步行时对足弓产生的功效, 了解功能鞋具带给人体产生的刺激和感觉^[1]. MBT 鞋子是瑞士马塞族赤脚科技公司(Masai Barefoot Technology)于 1996 年开发并上市的一种功能鞋. 瑞士工程师 Karl Muller 开发一种赤足技术, 为必须在坚硬地面行走的都市人制造了一种类似于稻田或东非热带草原柔软地面的不平缓状态. 该鞋采用类似船型的弧线鞋底, 从而使穿着的人在站立和行走过程中产生一种天然的不稳定感觉, 激发人体自身的平衡调节机制,

调动全身肌肉和骨骼参与到平衡调节中去, 从而达到锻炼人体肌肉、脊椎、关节的作用.

有研究证实, MBT 鞋改变了行走方式, 唤醒并加强人们对符合生理学正确步行方式的认知. 在医学治疗中, MBT 鞋被频繁使用于下肢的康复治疗, 由于其独特的设计, 在行走时足底压力会进行再一次的合理分配, 特别在足弓部位会产生一个反向作用力, 支撑着足弓的空腔部位, 减少足弓压力^[2]. 本文通过在正常步速下穿 MBT 鞋在行走时对足弓压力的分布进行研究, 了解 MBT 鞋在步行时对足弓的促进作用, 以证明在减少足弓压力方面, 选择 MBT 鞋是个不错的选择.



(a) MBT 鞋



(b) 帆布鞋



(c) 运动鞋

图 1 3 双实验用鞋

1 研究对象与方法

1.1 受试对象

受试者为 12 例青年女性, 无足部畸形、无异常步态和没有足部外伤史, 并且没有穿过 MBT 鞋经历, 受试者平均年龄(22.4 ± 3.6)岁, 平均身高(160.1 ± 5.5)cm, 平均体重(52.4 ± 6.8)kg. 受试对象了解本实验的基本内容与测试过程, 自愿接受本实验的测试.

1.2 实验用鞋

实验用鞋为市场上随机购买的 MBT 鞋, 用于实验对照测试某品牌的帆布鞋、运动鞋如图 1 所示. MBT 鞋、运动鞋和帆布鞋基本结构情况见表 1.

表 1 实验用鞋基本情况

鞋型	重量/kg	鞋跟高/cm	鞋中部高/cm	鞋尖高/cm
MBT 鞋	0.376	1.5	4.0	1.4
运动鞋	0.314	2.2	2.0	1.5
帆布鞋	0.335	2.0	2.0	2.0

1.3 研究方法

1.3.1 测试仪器

采用 Novel Pedar-X 鞋垫式足底压力测试系统, 所采用的压力鞋垫大小根据受试者鞋码选择 38/39, 由 99 个压力传感器组成, 为了控制运动速度, 受试者在 h/p/cosmed 跑台进行行走.

1.3.2 实验方法

根据录像采集数据要求, 受试者在 h/p/cosmed 跑台上进行为期 15 d 的 $15 \text{ min} \cdot \text{d}^{-1}$ 的行走速度控制训练, 受试者要求随机穿不同款式的鞋子, 在 h/p/cosmed 跑台上采集数据, 每次测试完成休息至体能恢复. 实验时, 将鞋垫置于鞋内, 采用无线接收传送到 PC 中.

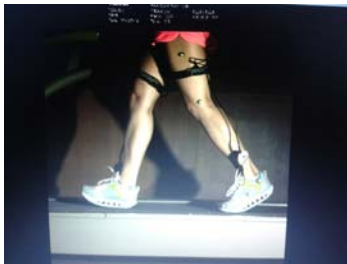


图 2 实验场景

1.3.3 足弓分区

根据实验要求将鞋垫分为 4 个区域, 其中 FF

是前足区, LM 为足中外侧, MM 为足中内侧, H 为后足区.

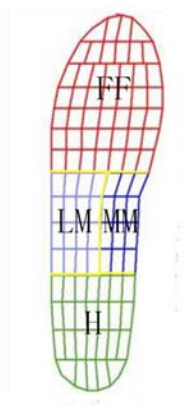


图 3 足弓分区图

1.4 实验数据处理

选择稳定步态动作的足弓数据, 使用 Novel Pedar-X 测力鞋垫系统自带的 Novel Database Essential 分析软件, 选取跑台速度为 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 稳定步态行走时足弓部峰值压力、峰值压强和接触面积数据, 取平均值进行分析, SPSS 17.0 统计软件进行单因素方差分析, 比较 MBT 鞋与其他鞋子在正常步行时足弓部位是否存在差异性.

2 实验结果与分析

人体脚的足弓分为内侧纵弓与外侧纵弓, 内侧纵弓是真正的脚弓, 在人体运动时可以缓解地面对人体的冲击力, 外侧纵弓由于增加了人体的重量在行走时会消失. 从动量原理可知 $mv = ft$, 当动量一定时, 人体所受力与作用时间成反比; 当人体运动时, 为减少足弓在运动时的作用力, 可以尽可能大地增加时间, 或者通过外置物增加足弓部位的支撑以延长作用时间.

在正常速度穿着 MBT 鞋、帆布鞋、运动鞋足弓内和足弓外 2 个区域峰值压力、峰值压强、接触面积统计见表 2 和表 3.

表 2 不同鞋型正常步速下足弓内侧动力学参数比较分析($\bar{x} \pm s$)

鞋型	峰值压力	峰值压强	接触面积
MBT 鞋	43.16 ± 16.94	65.01 ± 16.07	8.28 ± 3.41
运动鞋	31.30 ± 19.06	57.51 ± 15.46	6.70 ± 4.46
帆布鞋	1.14 ± 11.04	34.02 ± 21.83	3.06 ± 3.25

表 3 不同鞋型正常步速下足弓外侧动力学参数比较分析($\bar{x} \pm s$)

鞋型	峰值压力	峰值压强	接触面积
MBT 鞋	119.65±20.09	97.52±19.72	19.62±1.23
运动鞋	101.82±25.04	87.01±17.02	18.47±2.69
帆布鞋	86.54±43.09	89.03±47.67	13.89±6.54

2.1 不同鞋型足弓部位峰值压力比较

在步行过程中从足跟触地到足尖推离地面,其足底压力有条曲线,其中最大的压力称为峰值压力。峰值压力能反映出人体足弓或者外置器物对足弓的作用效果,由表 4 可见,穿 MBT 鞋、运动鞋、帆布鞋行走时,足弓内侧、足弓外侧其峰值压力呈现出递减的趋势。在足弓内侧,MBT 与运动鞋、帆布鞋都存在非常显著性差异;在足弓外侧,MBT 与帆布鞋存在统计学上差异。

由于 MBT 鞋鞋底中部高达 4 cm,是普通运动鞋高度的 2 倍。在行走过程中,当足跟离开地面时,足弓内侧与足弓外侧峰值压力增加几乎承受着全部体重;而在穿帆布鞋和运动鞋时,人体足弓内侧处于腾空状态,足弓内侧只能利用解剖结构来完

成人体重量的支撑,长时间处于这种状态会导致足弓疼痛。而 MBT 鞋这种不稳定弧形鞋底构造的设计可以诱导增加运动感觉刺激,最终实现最佳化的足底姿势控制能力。

2.2 不同鞋型足弓部位接触面积比较

人体行走时,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,行走时鞋底结构会由于重量而产生形变。MBT 鞋中部高度 4 cm,鞋底形变使足弓空间部位有足够的支撑,从而增大足弓部位的接触面积,有助于减少足弓内侧的受力。由表 5 可见,在足弓内外侧,MBT 鞋的接触面积都大于运动鞋与帆布鞋,并且与帆布鞋存在着差异性。MBT 鞋足弓外侧的接触面积是足弓内侧的 2 倍,运动鞋与帆布鞋足弓外侧的接触面积与足弓内侧达到了 3 倍以上,足以说明在步行过程中,足弓内侧的中空需要一定的支撑物来减少行走时对足弓内侧的损伤。

2.3 不同鞋型足弓部位峰值压强比较

由于特殊的足弓解剖学位置,在行走时接触地面从足弓外侧过渡到内侧,接触时,其峰值压强足弓外侧大于足弓内侧,足弓外侧会暂时消失,其

表 4 不同鞋型正常步速下足弓内侧和足弓外侧峰值压力均值显著性比较

鞋型	足弓内侧			足弓外侧		
	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_i - 11.14$	$\bar{x}_i - 31.30$	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_i - 86.54$	$\bar{x}_i - 101.82$
MBT 鞋	43.16	32.02 ¹⁾	11.86 ²⁾	119.65	33.11 ²⁾	17.83
运动鞋	31.30	20.16 ¹⁾	-	101.82	15.28	-
帆布鞋	11.14	-	-	86.54	-	-

注: 1) $P < 0.01$, 2) $P < 0.05$, 下表同。

表 5 不同鞋型正常步速下足弓内侧和足弓外侧接触面积均值显著性比较

鞋型	足弓内侧			足弓外侧		
	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_i - 3.06$	$\bar{x}_i - 6.70$	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_i - 13.89$	$\bar{x}_i - 18.47$
MBT 鞋	8.28	5.22 ²⁾	1.58	19.62	5.73 ²⁾	1.15
运动鞋	6.70	3.64	-	18.47	4.58	-
帆布鞋	3.06	-	-	13.89	-	-

表 6 不同鞋型正常步速下足弓内侧和足弓外侧峰值压强均值显著性比较

鞋型	足弓内侧			足弓外侧		
	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_i - 34.02$	$\bar{x}_i - 57.51$	$\bar{x}_i$	$\bar{x}_i - 89.03$	$\bar{x}_i - 87.01$
MBT 鞋	65.01	30.99 ¹⁾	7.50 ²⁾	97.52	8.49	10.51
运动鞋	57.51	23.49	-	87.01	-2.02	-
帆布鞋	34.02	-	-	89.03	-	-

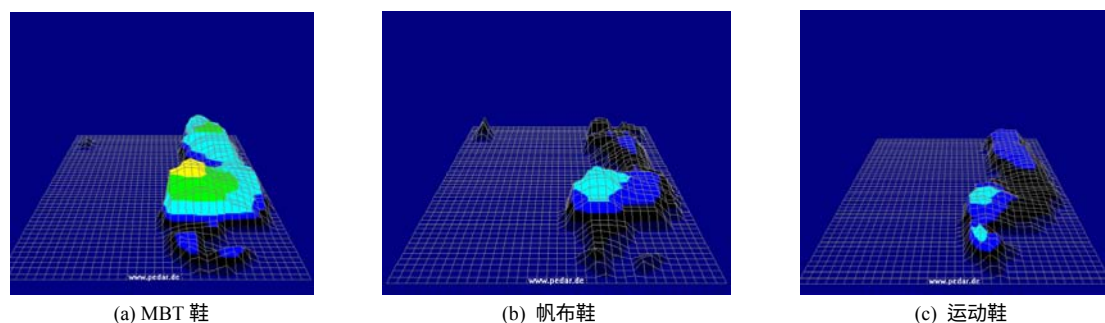


图4 穿实验鞋时中足弓部分的峰值压强 3D 图

外侧的压强由全部足弓外侧区域重新分配, 而内侧足弓是一个中空的结构, 必须由足弓的解剖结构的力学性质来决定(表 6)。

从图 4 中 3D 图形中可以清楚地看到, MBT 鞋足弓内侧和足弓外侧的峰值压强大于运动鞋与帆布鞋的峰值压强。因为穿着 MBT 鞋、运动鞋、帆布鞋足弓内侧和足弓外侧区域的接触呈逐渐减小, 所以在 MBT 鞋到帆布鞋足弓内侧和足弓外侧的压强也会增大。

3 讨论

在步行时, 移动中的足底会产生一个过程力, 这是由足与地面接触时动能转换造成的, 步行时足跟着地时产生的冲击波会沿着下肢向上传递, 导致足部损伤^[3]。对于此过程力, 一般考虑需足部的解剖结构以及鞋子的材料与结构, 而 MBT 作为功能鞋能就起到了一定的作用。

足弓在人体直立行走中起着维持重心稳定、平衡的重要作用, 足弓由足的跗骨、跖骨以及足部的关节、韧带、肌腱按一定的空间布阵排列共同构成凸向上方的弓形结构。通常认为正常足有 2 条纵弓和横弓, 可使足底呈拱桥形, 既可以保护足底的神经血管等重要结构免受压迫, 又可以使足适应各种路面条件, 利于完成跑、跳等各种动作, 均匀分散载荷, 缓冲地面对人体的反作用力, 保护脑及内脏免受震荡。因此, 如果长期穿着不正确的鞋子可能在运动中通过足底压力分布影响骨性结构排列及维系, 使内侧纵弓及横弓形态发生过劳性损伤以至塌陷^[4]。

Demura 等^[5]在研究中发现, 穿 MBT 行走时更高效, 考虑到 MBT 鞋独特的圆弧型鞋底结构设计, 在行走时需要更长的运动范围, 如果在速度与远

度一致的情况下, MBT 鞋花费的足底能耗更小、更经济, 因此穿着更舒适^[6]。事实上该建议验证了本实验的一个结果, 在行走时人体的足弓部位具有强烈的支撑, 可以减小足弓部位的紧张。

此外, 文中 MBT 鞋、运动鞋与帆布鞋的鞋底结构与材料影响了行走时足弓的压力分布。MBT 鞋跟高度 1.5 cm, 运动鞋鞋跟高度 2.2 cm, 帆布鞋鞋跟高度 2.0 cm; MBT 鞋鞋中部高度 4.0 cm, 运动鞋与帆布鞋中部都是 2.0 cm, MBT 鞋鞋尖 1.4 cm, 运动鞋鞋尖高度 1.5 cm, 帆布鞋鞋尖高度 2.0 cm; 实验中使用的 MBT 鞋, 其鞋中部的高度为 4 cm, 是其他鞋中部的 2 倍。在正常步行时, 鞋中部的高度能补偿步行时足弓的能量消耗。Nigg 等^[4]在研究中得出, 鞋子的结构能补偿由于鞋子重量所引起的效果, 但没有统计学上的差异性。此结论支持了本文的结果, 虽然 MBT 鞋的重量略高于运动鞋与帆布鞋, 但其在足弓内侧与外侧的峰值压力、峰值压强与接触面积都大于运动鞋与帆布鞋的相关指标, 足以说明穿 MBT 在行走时足弓部位所起的作用, 特别是在足弓内侧能有效减少由于运动所导致的肌肉紧张。

足弓是人类特有的功能结构, 在人体直立行走及其他各项功能活动中有重要作用, 足弓的支持需要内在、外在因素的共同参与, 其内在因素包括骨性结构和韧带结构。单纯骨性结构为足弓提供了外形骨架和基石, 它需要坚强的韧带进行连接和包绕, 才能形成统一整体^[7]。如果韧带松弛或损伤, 可导致足弓骨性结构失去束缚而塌陷, 将累及足及整个下肢的力学改变。足鞋界面的接触面积减少会导致足弓负荷过大而产生疼痛, 此研究结果在医学上已经形成共识。

文中只考虑到鞋子的结构对足弓的影响, 没

有涉及不同速度下的足弓变化,这是本文的局限性.

4 结论与建议

影响人体正常步行时的因素很多,本文仅就 MBT 鞋与不同款式鞋子足弓部位的关系进行了探索性研究.

(1)穿 MBT 鞋、运动鞋、帆布鞋行走时足弓内侧、足弓外侧其峰值压力呈现递减的趋势.在足弓内侧,MBT 与运动鞋、帆布鞋的峰值压力都存在非常显著性差异;足弓外侧,MBT 与帆布鞋存在统计学上差异.

(2)穿 MBT 鞋行走时,足弓外侧的接触面积是内侧的 2 倍,运动鞋与帆布鞋足弓外侧的接触面积则是足弓内侧的 3 倍之多,MBT 足弓内侧的接触面积与运动鞋帆布鞋有差异.

(3)MBT 鞋、运动鞋与帆布鞋外侧峰值压强都大于内侧的峰值压强.

(4)穿 MBT 鞋在进行步行时可以减少足部损伤,改变步态,提高下肢肌肉活性.

参考文献:

- [1] 裘琴儿, 陆毅琛, 李建设. 国内外知名篮球鞋力学性能的实验研究[J]. 北京体育大学学报, 2010, 33(5):59-61.
- [2] PETERSON M J, PERRY J, MONTGOMERY L. Walking patterns of healthy young subjects wearing rocker shoes [J]. Physical Therapy, 1985, 65(10):1483-1489.
- [3] 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.
- [4] BROWN D, WERTSCH J J, HARRIS G F, et al. Effect of rocker soles on plantar pressures[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2004, 85(1):81-86.
- [5] DEMURA T, DEMURA SI, YAMAJI S, et al. Gait characteristics when walking with rounded soft sole shoes [J]. Foot, 2012, 22(1):18-23.
- [6] NIGG B, HINTZEN S, FERBER R. Effect of an unstable shoe construction on lower extremity gait characteristics [J]. Clinical Biomechanics, 21(1):82-88.
- [7] PERIYASAMY R, ANAND S. The effect of foot arch on plantar pressure distribution during standing[J]. Journal of Medical Engineering & Technology, 2013, 37(5):342-347.

Characteristics of arch pressure of normal walking in MBT shoes

QIU Qin-er¹, LIU Yu-zhou¹, WANG Chao¹, LÜ Xiao-tong¹, MAO Gong-long¹, ZHAO Jing²

(1.Faculty of Physical Education, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Chengdong Primary School, Zhoushan 316099, China)

Abstract: The purpose of this study is to understand the effect of MBT shoes on foot arches during normal walking. The plantar pressure data are collected with Novel Pedar-X insole measurement system while walking in MBT shoes, sneakers and flat shoes. During the walking period, the peak force, peak pressure and contact area are used to determine the pressure features of the inner and outer areas of foot arches. In comparison, the inner and outer areas of foot arches are noted for decreasing trend of peak force, peak pressure and contact area from wearing MBT, sneakers and flat shoes. There exists a noticeable difference in the peak force of the inner arches among MBT shoes, sneakers and flat shoes, and so does the peak pressure. The peak force of the outer arches shows, on the other hand, significant difference between MBT and sneakers. The statistics-based test indicates that wearing MBT shoes and flat shoes make a distinctive difference in contacting area of the inner and outer side of foot arch. The foot muscle is the most essential component which maintains and strengthens the foot arches. MBT shoes are found to be able to better support the arch, reducing plantar muscle injury and prevent fascistic, and can effectively protect the muscle from collapsing.

Key words: MBT shoes; arch; normal speed; pressure characteristics

(责任编辑 章践立)