

不同硬度鞋底在人体行走中的足底肌电变化

宋雅伟¹ 寇恒静¹ 张曦元¹

摘要

目的:对人体穿不同硬度鞋底的鞋行走,进行生物力学分析,通过人体行走中的肌电变化来评价不同硬度鞋底的功能特性。

方法:对受试者(着自行设计的实验用鞋)在跑台上以 2m/s 的速度,进行步行 60min 的测试,运用 Biovision 16 通道肌电图机、Vicon 红外摄像系统进行同步测试,对胫骨前肌、股外侧肌、腓肠肌和股二头肌肌肉电信号的积分肌电值(IEMG)与中位频率(MF)信号进行采集,找出穿不同硬度鞋底的鞋在人体长时间步行中对上述肌肉的时域和频域指标影响。

结果:穿软底鞋 IEMG 总体高于其他两种硬度的鞋,其中腓肠肌的表现尤其明显,IEMG 为 $(434.946 \pm 133.782) \mu\text{Vs}$, MF 为 $(78.563 \pm 45.345) \text{Hz}$,肌电活动较大时容易疲劳。穿软底鞋行走时在全掌着地,脚跟离地,脚尖离地期胫骨前肌收缩消耗的时间较其他两种硬度的鞋长。穿中等硬度鞋行走时股外侧肌肌肉收缩时长最短。

结论:鞋底的软硬程度对人体在行走过程中下肢肌电变化具有一定影响,硬底鞋关节缓冲比较差,耗能小,对关节保护比较差,足弓不易塌陷。

关键词 鞋底;硬度;行走;足底;肌电

中图分类号:G804.61 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2010)-12-1157-04

The study on changes of myo-electricity of planta pedis during walking with different hardness soles of shoes/SONG Yawei,KOU Hengjing, ZHANG Xiyuan//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2010, 25 (12):1157—1160

Abstract

Objective: To study the changes of myo-electricity of planta pedis during walking with different hardness soles of shoes by biomechanical analysis, and explore the different functional characteristics of shoes with different hardness soles.

Method: Using Biovision 16 channel electromyograph integrated EMG (IEMG) signals and medium frequency (MF) signals of anterior tibial muscle, lateral femoral muscle, gastrocnemius muscle and femoral biceps muscles were measured to find the influence of long time walking with different hardness soles of shoes on the time domain and frequency domain of above-mentioned muscle indexes.

Result: In total the IEMG value at walking with soft soles of shoes was higher than those with other two kinds of hardness soles of shoes, especially in gastrocnemius muscle, IEMG $(434.946 \pm 133.782) \mu\text{Vs}$, MF $(78.563 \pm 45.345) \text{Hz}$.

The larger myo-electricity, activity the easier muscle fatigue occurred. During walking with soft shoes the time of anterior tibial muscle contraction consumed at planta contact, heel off and forefoot off periods were longer than those with the other two kinds of hardness of soles of shoes. During walking with medium hardness soles of shoes the time of lateral femoral muscle contraction consumed was the shortest.

Conclusion: During walking the hardness of soles of shoes influences could cause some on the myo-electricities changes of lower extremities muscles. The buffering influence of hard soles of shoes was weaker, caused less energy

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2010.12.008

¹ 南京体育学院运动健康科学系,江苏南京,210014

作者简介:宋雅伟,男,博士,副教授;收稿日期:2010-01-05

consumption, provided less joint protection; therefore, arches of feet, might not be collapsed easily. For the feet health everyone must pay attention to the choice of shoes.

Author's address Department of Sport and health Science, Nanjing Institute of Physical Education, Nanjing 210014

Key words shoes soles; hardness; walk; planto pedis; myo-electricity

人的足具有负重支撑,缓冲振动,进行走、跑、跳等活动的功能。人每步行 1km,一只脚要承受 600—700 次的重力冲击,若是激烈运动,跑步时,脚触地的瞬间,受到地面的冲击力将达到人体重量的 2—4 倍。这种冲击力在人体内会产生震荡波,对人体各部位造成不同程度的伤害。如果鞋没有良好的减震系统来缓解这种冲击力,双脚会感到疲惫不堪,还会对膝关节、腰、背以及大脑造成冲击伤害^[1]。

随着运动的普及和生活水平的提高,人们健身意识的增强,但鞋的种类繁多,给人们挑选合适的鞋去进行健身运动造成了困惑,因此,迫切需要对人穿不同硬度鞋底的鞋行走时的足底进行生物力学分析,探讨不同硬度鞋底的鞋对人体的足底运动保护效果。所以,通过运动生物力学的方法来衡量各种运动鞋的功能特性就迫在眉睫^[2]。

1 材料与方法

1.1 研究对象

用自己设计的实验用鞋,实验前先进行鞋底硬度的测试,采用邵氏 A 硬度计进行测量,分别选择了 51°、62°、69°,据此得出该三双鞋的软硬程度,分别命名为软底鞋、中等硬度鞋与硬底鞋,鞋的重量均为 103g。

穿着实验用鞋的测试研究对象共 6 例均为本校志愿者,被试者均要求体形匀称,身高和体重在平均值范围内,无脊柱、下肢关节损伤史,平时爱好运动。为便于实验操作,要求脚码基本为 41 码^[3]。

1.2 实验方法

在受试者特定部位贴上标志球:大转子、大腿跟踪点、膝外侧、膝内侧、小腿跟踪点、足背、脚尖、踝外侧、踝内侧、小趾根部、大趾根部、脚后跟。在股外侧肌、股二头肌、胫骨前肌和腓肠肌的肌腹上贴上电极测定肌电;在未实验前采用拉力传感器和 Biovision 16 通道肌电图机对上述四块肌肉的积分肌电值(integrated EMG, IEMG)值做标准化处理。标定负

荷为 20kg,测试动作为:伸小腿和屈小腿分别标定股外侧肌和股二头肌的 IEMG,跖屈和背屈分别标定腓肠肌和腓肠肌的 IEMG,标定时间为 3s,每块肌肉标定三次,取其均值^[4]。

表面肌电安放完毕后,受试者穿上不同硬度鞋底的鞋,鞋内垫上 Pedar 鞋垫在跑台上进行速度为 7.2km/h 的健身快走,按照规定动作持续行走 60min。受试者共 6 例均参加 3 实验,每人穿着不同硬度鞋底的鞋重复测试,第一天穿软底鞋,第二天穿中等硬底鞋,第三天穿硬底鞋进行实验,每隔 5min 采集测试数据。

1.3 统计学分析

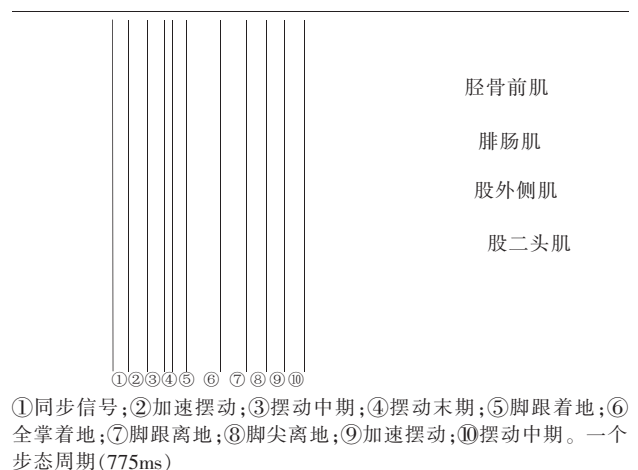
用 SPSS11.0 统计软件处理,结果用平均数±标准差表示,进行 *t* 检验、双因素方差分析和 Pearson 相关分析,并以 $P<0.01$ 作为差异显著性水平。

2 结果

2.1 表面肌电与红外摄像的同步分析

根据同步信号对整个步态周期进行肌电的同步分析,在图 1 一个步态周期(775ms)内,我们看出胫骨前肌 sEMG 在加速摆动期,sEMG 值较高,至摆动中期有所下降,至摆动末期降为 0,在支撑期内,

图 1 一个步态周期中四块肌肉表面肌电图(整流后)变化情况



sEMG 值偏小,进入摆动前期,开始增加,到下一加速摆动期前达到最大。腓肠肌 sEMG 信号主要出现的支撑期,从脚跟着地开始出现,在全脚掌着地,脚跟离地之前达到最大,脚尖离地后值为 0。股外侧肌 sEMG 信号主要出现在加速摆动后期,摆动中期,下肢摆动过程中,向前迈步的加速摆动后期,股外侧肌开始收缩,带动股骨轻微外旋向前摆动。股二头肌

sEMG 信号主要出现在摆动期,数值较小^[5-6]。

2.2 穿不同鞋的积分肌电与中值频率

针对下述四块肌肉,对穿不同鞋行走过程单步态的 IEMG 与中值频率(medium frequency, MF)进行测量,每隔 5min 采集 1 次数据,共 13 组数据,由于个体差异,每人的表面肌电信号强弱不同(表 1)。

经方差分析,不同鞋对步行时胫骨前肌、腓肠

表 1 穿不同鞋行走过程中单步态的 IEMG 与 MF

($\bar{x} \pm s$)

参数/类型	胫骨前肌积分肌电	腓肠肌积分肌电	股外侧肌积分肌电	股二头肌积分肌电
IEMG(uvs)				
软底鞋	428.781±88.284	434.946±133.782	206.872±94.653	157.128±87.822
中等硬底鞋	390.846±132.217	390.448±176.006	179.391±131.959	146.308±91.690
硬底鞋	376.23±126.539	412.483±193.618#	217.097±77.011	171.910±79.088
MF(Hz)				
软底鞋	119.479±67.840	78.563±45.345☆#	79.919±43.443	232.188±57.453
中等硬底鞋	123.609±43.634	92.848±41.633☆	78.679±26.536	317.277±79.549
硬底鞋	122.678±36.351	88.783±24.102#	77.726±30.383	316.942±50.265

肌、股外侧肌与股二头肌的积分肌电都有影响。所以,还要具体进行鞋与时间的双因素方差分析。为了减少变异,我们在分析 IEMG 与 MF 时均采用了标准化处理,由于每个受试者每天 IEMG 值大小不一样,所以在每天实验前对其进行标定(前述),在数据处理时,以每个人实验前的 IEMG 作为基准值,然后对每隔 5min 采集的数据进行标准化处理,MF 标准化处理则直接用穿不同鞋步行阶段的数据除以实验采集的数据。见图 2。对上述四块肌肉的 IEMG 进行标准化处理,穿软底鞋时,积分肌电值总体高于另外两种硬度的鞋,图中腓肠肌的 IEMG 表现尤其明显。在第 15 分钟时,腓肠肌肌电值升高,在运动初期动员了较多的运动单位。在第 15—45 分钟内,受试者对恒定负荷以及运动方式适应之后,出于“工作节省化”则只需募集到可以维持运动强度所需的最少量的运动单位参与收缩,所以肌电值下降。但是第 45 分钟以后随着运动的进行,表现为肌电值逐渐增加。见图 3。图 4 显示穿不同鞋步行阶段中的腓肠肌 MF 变化最大,无明显差异特征。软底鞋腓肠肌的 MF 下降最明显,其他两种硬度鞋的变化不明显。图 5 显示穿软底鞋在前 15min 内腓肠肌 MF 成下降趋势,第 15—30 分钟内呈上升趋势,30min 之后成下降趋势。

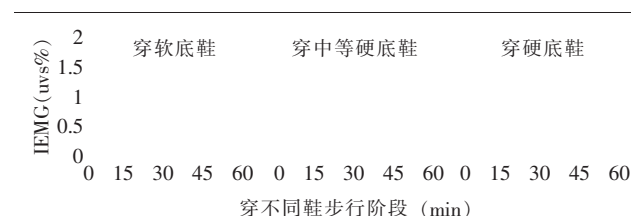
2.3 穿不同鞋行走过程中腓肠肌的趋势分析

由双因素方差分析,时间-鞋交互作用只对腓肠肌的 IEMG 与 MF 有影响,在第 10 分钟时穿软底鞋

图 2 穿不同鞋行走时四块肌肉的 IEMG(标准化)



图 3 穿不同鞋步行时腓肠肌的 IEMG(标准化)



的 IEMG 与 MF 与其他两种硬度鞋的 IEMG 与 MF 的趋势发生变化,在第 45 分钟时,穿软底鞋的 IEMG 与其他两种硬度鞋的 IEMG 的趋势发生变化,而此刻的穿硬底鞋的 MF 与其他两种硬度鞋的 MF 的趋势发生变化。另外,我们由趋势线的方程也可以看出,腓肠肌的 IEMG 与 MF 的趋势线的方程, $y=0.0021x^3-0.049x^2+0.3429x+0.8512$, $R^2=0.8235$,可决

图 4 穿不同鞋行走时四块肌肉的 MF(标准化)

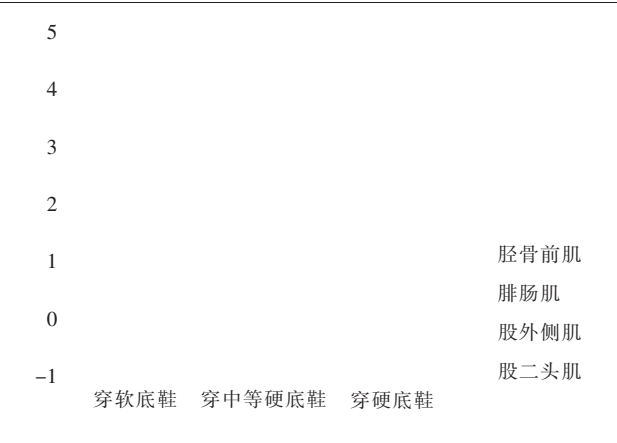
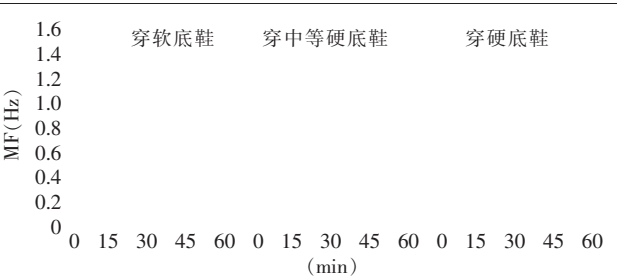


图 5 穿不同鞋步行时腓肠肌 MF 趋势图(标准化)



系数较高,说明穿不同硬度鞋行走,鞋与时间对腓肠肌的影响最具有意义。

3 讨论

由红外摄像的同步分析得知软底鞋的足弓最早塌陷且塌陷程度较高。穿中等硬底鞋行走时也伴随着足弓塌陷,但比软底鞋要好一些。穿硬底鞋,动力学分析结果在行走中足弓并没有塌陷,所以腓肠肌的肌肉收缩时长在全掌着地期,随着鞋的硬度增加而减少。

胫骨前肌在整个步态周期中呈持续活动状态,其支撑初期最活跃,因要保持足背伸使足跟先着地,故为第 1 个活动高峰;脚跟离地时,踝跖屈发生在脚尖离地之后。腓肠肌收缩停止,胫骨前肌收缩,在摆动时使踝处于中间或背屈姿势。随后在摆动中期,胫骨前肌进入第 2 个相对较大的活动高峰,以使足趾提离地面。胫骨前肌在整个步态周期中的肌电活动比其他四块肌肉更频繁,持续时间更长,故提示胫骨前肌更易发生疲劳^[7-8]。胫骨前肌的收缩主要在全掌着地、脚跟离地、脚尖离地、加速摆动与摆动中期肌

电活动较大,随着鞋子的硬度变化胫骨前肌收缩的时间变短。软底鞋在全掌着地,脚跟离地,脚尖离地期消耗的时间较其他两种硬度鞋长。主要是因为鞋子过软,缓冲的时间增大,相应的蹬伸时间延长。

穿软底鞋时,IEMG 值总体高于其他两种硬度鞋,其中腓肠肌的表现尤其明显,其中穿软底鞋的 IEMG 为 $434.946 \pm 133.782 \text{ uvs}$;穿中等硬底鞋的 IEMG 为 $390.448 \pm 176.006 \text{ uvs}$;穿硬底鞋的 IEMG 为 $412.483 \pm 193.618 \text{ uvs}$ 。腓肠肌收缩主要在全掌着地期肌电活动较大,时间的变化主要在此期,随着鞋的硬度增加而减少。股外侧肌肌肉收缩主要在摆动中期、摆动末期肌电活动较大,时间的变化主要在此期。穿中等硬度的鞋股外侧肌肌肉收缩时长最短。股二头肌肌肉收缩主要在加速摆动与摆动中期肌电活动较大,时间的变化主要在加速摆动期^[9]。

股外侧肌肌肉收缩主要在摆动中期、摆动末期肌电活动较大,时间的变化主要在此期。这时下肢前向运动减速,准备足着地的姿势。参与的肌肉包括股二头肌、臀大肌、胫骨前肌、股四头肌。

股二头肌与股外侧肌是拮抗肌,其收缩时长是相互影响的。股二头肌肌肉收缩主要在加速摆动与摆动中期肌电活动较大,时间的变化主要在加速摆动期,主要是由股四头肌收缩引起的。在摆动中期至末期,股二头肌肌肉收缩主要是起到一个制动的作用,防止摆动过深,这种收缩一直持续到全掌支撑时期^[10-11]。

鞋底材料若仅仅从舒服这个角度看,软质地比硬质地好,软底能够吸收更多地面带来的冲击力。人在走路时,先是脚跟蹬地,同时地面给予一个反作用力,从而推动躯体前进。这个推力越大,走得就越快越轻松。太软的鞋底,会产生所谓的浮行运动。脚蹬地时就会把作用于地面的力吸收了很大一部分用于自身的形变,所以地面反作用推动人体前进的力小,易致疲劳。硬质鞋底,刚性大,也易致疲劳。所以便鞋鞋底的硬度应软硬适度。

参考文献

[1] 赵吉凤,刘永斌.脊髓不完全损伤患者的步态分析[J].中国康复医学杂志,1999,11(1):31—32.

(下转第 1165 页)