

老年人健身背向走的足底压力与步态特征*

赵焕彬¹ 霍洪峰¹ 张 静¹ 金凤霞¹

摘要

目的:研究健身背向走时的动态足底压力分布,对老年人健身锻炼提出建议。

方法:采用 Footscan 高频足底压力测试系统检测 48 名老年人自然正向走及背向走时的动态足底压力分布,对比分析背向走步态特征。

结果:背向走时足底压力-时间曲线呈单峰型。背向走时第 2 跖骨、第 1 跖骨、第 2—5 趾骨处的冲量小于正向走,足跟、第 4 跖骨、第 5 跖骨、足弓处的冲量大于正向走,差异具有显著性意义;背向走时第 2 跖骨、第 3 跖骨、第 4 跖骨处的最大压强小于正向走,足跟与第 1 跖骨处的最大压强大于正向走,差异具有显著性意义;背向走时足底压力中心较正常步行变化范围大。

结论:背向走较正向走可以使足底各部位压力分布均匀,并能锻炼平衡控制能力及肌肉调节能力。

关键词 背向走;足底压力;足;老年人

中图分类号:R161.7 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2010)-05-0435-04

Foot pressure and gait features during fitness backward walking of the elders/ZHAO Huanbin, HUO Hongfeng, ZHANG Jing, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2010, 25(5): 435—438

Abstract

Objective: To understand dynamic foot pressure distribution during fitness backward walking, and raise a proposal for the elders fitness exercises.

Method: A total of 48 elders received the measurement of dynamic foot pressure distribution during natural walking and backward walking. Footscan USB2 system was used. The gait features of backward walking were analyzed comparatively.

Result: Stress-time curve showed a single peak during backward walking. The impulses of the 2nd metatarsals, the 1st metatarsals and the 2nd to the 5th phalange during backward walking were weaker than those during natural walking, but the impulses of the heel, the 4th metatarsals, the 5th metatarsals and the archs were stronger than those during natural walking, and the differences were significant. The maximum pressures of the 2nd metatarsals, the 3rd metatarsals and the 4th metatarsals during backward walking were weaker than those during natural walking, but the maximum pressures of the heel and the 1st metatarsals were stronger than those during natural walking, and the differences were significant. The changes of foot pressure center were more extensive during backward walking than those during natural walking.

Conclusion: Backward walking can promote the foot pressure distribution more evenly, so the abilities of balance control and muscle regulation can be trained.

Author's address College of Physical Education, Hebei Normal University, Shijiazhuang, 050016

Key words backward walking; foot pressure; foot; the elder

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2010.05.011

* 基金项目:河北省教育厅自然科学基金项目(2008470)

1 河北师范大学体育学院,河北石家庄,050016

作者简介:赵焕彬,男,教授,博士生导师; 收稿日期:2009-05-15

目前我国正处在急剧老龄化时期,这将会严重影响我国国民经济和社会的可持续发展。延缓衰老、提高老年人生活活动自理能力和生存质量是政府和人民的共同愿望。如何适宜发展老年人体育锻炼,如何干预衰老过程是生物学界、医学界、运动科学界关注的焦点问题。背向走是老年人经常从事的一种健身活动,已有研究证明,背向走“反常规”活动,增强了大腿后肌群和腰背部肌群的力量,减小髌-股关节间压力,防止前交叉韧带过度牵拉,可使骨骼、肌肉、韧带的功能得到恢复^[1-5],并能提高老年人平衡能力及有氧能力^[6-8]。同时,足底压力分布特征对足执行各生理功能、临床诊断、生物力学及康复研究等均有重要意义^[9-13]。

本项目使用 Footscan 高频足底压力测试系统,检测 48 名老年人自然行走及背向走时的动态足底压力分布,对比分析背向走步态特征,为老年人背向走锻炼提出建议,为足底压力在各领域的应用研究提供数据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

1.1.1 受试者要求年龄在 60—69 岁,足踝关节活动正常,无明显行走功能障碍或影响行走的疾病(如偏瘫、下肢严重疾患、足底胼胝等)。

1.1.2 抽样情况

共取 48 例退休老年人作为测试对象。其中在河北师范大学家属院取 13 例,在方北小区取 35 例。受试者均为男性,60—69 岁,平均(63.3±3.6)岁,身高(167.6±4.1)cm,体重(64.0±5.7)kg,鞋码(42.0±1.3)码,身体健康。

1.2 测试仪器

比利时足底压力分布测试系统 Footscan insole(测量频率为 500Hz,传感器厚度 2.2mm,传感器密度 4 个/cm²。引出厚度 1.5mm,压力范围 1—60N/cm²,最小分辨率为 25g,一致性为±25g)。

1.3 检测方法

将 Footscan 测力平板平放在地板上,测力平板两边均铺上延长跑道,所有受试者均脱鞋袜,首先以个人平常步态自然行走,然后背向走,测量 3 次,足底压力分布解析系统可获得完整步态周期的足底压

力分布图。数据采集与分析采用配套软件 Footscan 7.0,分析过程将足底分为 10 个区域:第 1 趾骨、第 2—5 趾骨、第 1 跖骨、第 2 跖骨、第 3 跖骨、第 4 跖骨、第 5 跖骨、足弓、足跟内侧和足跟外侧。

1.4 主要观察指标

压力峰值、冲量及着地时相。

1.5 统计学分析

采集数据首先应用系统自带的分析软件进行压力分布动态云图显示、压力中心移动曲线计算等操作。所有数据处理均用 SPSS11.0 软件,用简单描述性统计,组间比较采用配对样本 *t* 检验,在文献资料研究、经验总结和问卷调查、实验等研究的基础上进行分析、比较,从而得出一些规律性的认识。

2 结果与分析

2.1 足底压力的时间曲线变化

选取每个受试者自然行走时完整的地面反作用力随时间变化曲线。经过软件分析,得到平均地面反作用力曲线。从图 1 可知,受试者正向走时足底压力-时间曲线呈明显的双峰型,足跟着地时,足跟处出现峰值压力并迅速降低,经过足中部支撑后,在前脚掌跖骨前端或脚趾出现第 2 个峰值,第 2 峰的峰值大于第 1 峰。从图 2 可知,受试者背向走时足底压力-时间曲线呈单峰型,足前掌着地缓冲时足底出现峰值压力。左右双足的足底压力-时间变化规律基本一致。

2.2 足底各区域冲量

由表 1 可见,受试者正向平地自然走时,足部最大冲量部位在第 2 跖骨,各部位冲量由大到小依次为第 3 跖骨、足跟、第 1 跖骨、第 1 趾骨、第 4 跖骨、第 2—5 趾骨、第 5 跖骨、足弓,左右双足的分布规律基本一致;受试者背向平地自然走时,足部最大冲量部位在足跟,各部位冲量由大到小依次为第 2 跖骨、第 3 跖骨、第 1 跖骨、第 4 跖骨、第 5 跖骨、第 1 趾骨、足弓、第 2—5 趾骨,左右双足的分布规律基本一致。受试者背向走时第 2 跖骨、第 1 趾骨、第 2—5 趾骨处的冲量小于正向走时这些部位的冲量,差异具有显著性意义;受试者背向走时足跟、第 4 跖骨、第 5 跖骨、足弓处的冲量大于正向走时这些部位的冲量,差异具有显著性意义。

图1 正向走足底压力-时间变化

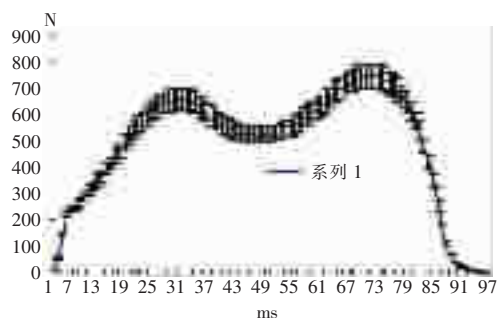


图2 背向走足底压力-时间变化

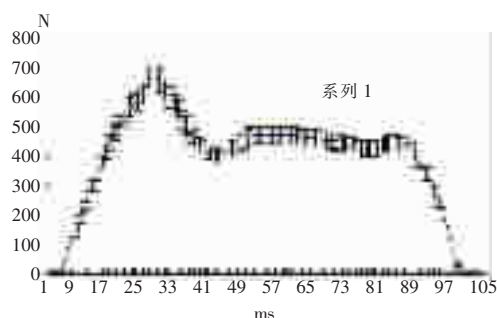


表1 不同走向时足底各区域冲量情况 ($\bar{x} \pm s$)

部位	正向走(N·s)		背向走(N·s)	
	左足冲量值	右足冲量值	左足冲量值	右足冲量值
第1趾骨	30.1±8.2	47.3±10.3	12.2±3.2 ^②	30.0±7.7
第2—5趾骨	12.0±3.7	24.1±6.4	5.3±1.4 ^①	16.0±4.8
第1跖骨	40.4±9.5	41.9±4.9	43.3±11.1	38.9±9.7
第2跖骨	80.9±15.3	60.9±12.6	57.8±16.9 ^②	60.0±18.8
第3跖骨	63.4±9.3	39.3±9.5	52.0±12.5	42.0±10.2
第4跖骨	25.1±4.9	11.7±3.7	31.4±8.7 ^①	31.1±10.2
第5跖骨	19.7±4.1	14.8±2.9	26.7±6.6 ^①	50.6±15.0
足弓	9.6±3.6	8.5±3.1	15.9±4.2 ^①	76.7±18.2
足跟内侧	40.8±11.8	53.7±9.5	71.7±22.7 ^①	51.3±13.6
足跟外侧	40.1±9.4	59.2±12.8	62.0±14.9 ^①	76.9±19.2

①与正向走相比 $P<0.05$;②与正向走相比 $P<0.01$

2.3 足底各区域压强

由表2可见,受试者正向平地自然走时,足部最大压强部位在第3跖骨,各部位压强由大到小依次为第2跖骨、足跟、第4跖骨、第1跖骨、第1趾骨、第2—5趾骨、第5跖骨、足弓,左右双足的分布规律基本一致;受试者背向平地自然走时,足部最大压强部位在第2跖骨,各部位压强由大到小依次为第3跖骨、足跟、第1跖骨、第4跖骨、第1趾骨、第5跖骨、足弓、第2—5趾骨,左右双足的分布规律基本一致。受试者以背向走时第2跖骨、第3跖骨、第4跖

骨处的最大压强小于在以正向走时此部位的最大压强,差异具有显著性意义;受试者以背向走时足跟、第1跖骨处的最大压强大于在以正向走时此部位的最大压强,差异具有显著性意义。

2.4 足着地过程中的时相

行走是人体运动的基本形式,按动作产生的动力学特征来分析,通过腿部后蹬与上、下肢摆动相配合而产生前进动力的周期性位移运动。行走过程中,从一侧脚跟着地开始到该脚跟再次着地构成一个步态周期。对指定的下肢而言,人行走时的步态周期分为两个时期:支撑时期和摆动时期,其中,支撑时期根据足刚开始着地时相(initial foot contact,IFC)、跖骨刚开始着地时相(initial metatarsal contact,IMC)、趾骨刚开始着地时相(initial forefoot flat contact,IFFC)、足跟离开地面时相(heel off,HO)、趾离地时相(last foot contact,LFC)几个关键时刻,支撑时期又分为着地阶段(initial contact phase,ICP)、前掌接触阶段(forefoot contact phase,FFCP)、整足接触阶段(foot flat phase,FFP)、前足掌离地阶段(forefoot push off phase,FFPOP)等阶段。本研究所测得足底各区域在步态周期中支撑期各时相所占的百分比见表3。

表2 不同走向时足底各区域压强情况 ($\bar{x} \pm s$, Pa)

部位	正向走		背向走	
	左足	右足	左足	右足
第1趾骨	5.8±1.2	9.5±2.5	6.7±1.7	11.2±2.9
第2—5趾骨	2.5±0.3	5.5±2.4	1.3±0.3 ^①	2.0±0.6
第1跖骨	10.9±3.7	9.8±4.5	13.9±3.8 ^①	12.9±3.1
第2跖骨	25.6±3.1	24.1±5.9	21.0±5.0 ^①	22.4±5.7
第3跖骨	27.0±2.3	16.3±7.7	16.7±4.3 ^②	17.4±4.5
第4跖骨	11.1±1.9	7.1±4.2	8.5±2.3 ^①	8.4±2.3
第5跖骨	5.1±1.6	3.8±2.7	4.7±1.2	13.5±3.5
足弓	3.9±0.7	2.5±1.3	1.6±0.4	7.4±1.8
足跟内侧	14.9±0.8	18.0±2.4	12.5±3.5	8.2±2.2
足跟外侧	13.9±1.0	13.7±1.2	16.5±4.3 ^①	18.1±4.9

①与健步走相比 $P<0.05$;②与健步走相比 $P<0.01$

表3 不同走向时足底各区域支撑期各时相所占的百分比 ($\bar{x} \pm s$, %)

	正向走		背向走	
	左足	右足	左足	右足
着地阶段(ICP)	4.0±1.3	2.1±1.7	23.1±2.6	38.2±2.8
前掌接触阶段(FFCP)	5.0±1.8	5.3±1.6	35.9±3.1	5.3±0.3
整足接触阶段(FFP)	52.5±9.2	57.1±2.4	31.3±2.9	45.7±4.6
离地阶段(FFPOP)	37.5±8.3	35.5±7.9	9.7±0.5	10.8±1.3
合计	100	100	100	100

3 讨论

冲量表示力在一定时间内对足底各区域连续作用所产生的积累效应,足底各区域冲量的大小受每个区域的压力值和接触时间两个因素的影响,研究足底各区域所受冲量对足部所造成的伤害具有重要的意义。背向走与正常走时双足各区域冲量分布情况相比,足底最大冲量部位略有改变。正向平地自然走时,足部最大冲量部位在第2、3跖骨,老年人维持足弓的肌肉松弛,如果长时间持续承受过大负荷,易出现跖骨前横弓下降的现象,同时也可能会形成胼胝体;背向走可以减小足前掌中部的冲量,可减少疲劳和损伤的出现,另外足底各部压力分布较为均匀,使足的各部位肌肉、韧带都可以得到锻炼,从而提高健身的效果。

足底压强是研究防止足底局部相关组织遭受过高压力而损伤的有效指标。已有研究表明,如在足部某一部位压强过大时,极易产生过度使用伤害^[12]。正向平地自然走时,足部最大压强部位在第2、3跖骨,长期步行时足前掌中部位易出现疲劳和损伤。背向走可以减小足前掌中部的压强,使足底各部位压力分布较为均匀,可降低疲劳和损伤出现的几率。

足底各区域的受力阶段以整足百分比表达,以消除各个受试者个体差异所致的误差,即对足底各指标进行归一化处理,从而更准确地反映各个指标的变化。通过足支撑时期各阶段动态足底压力支撑时间分配数据分析,正向走时足底受力基本都由足跟先着地再过渡到全足,最后由足前掌蹬离地面。支撑面越大越容易控制身体平衡,着地阶段和前掌接触阶段支撑面小,对身体平衡能力要求高。老年人不得不通过代偿地减少着地阶段和前掌接触阶段时间,增加前掌支撑期保持身体的平衡,由于整足接触阶段、离地阶段过长,前脚掌处压力中心密集,压力中心过于密集,长期大负荷刺激,疲劳积累,与冲量、峰值压力研究相符。背向走时足底受力是由足尖先着地再过渡到全足,最后由足跟推离地面。背向走运动过程中,足底压力中心较正常步行变化范围更大,压力中心轨迹较为弯曲说明步行时身体左右摇摆幅度较大,足中部触地控制不良,背向走时应注意安全;而更大变化范围的足底压力中心可以募集更多

的下肢肌肉群进行锻炼,因此,可以通过背向走锻炼平衡控制能力及肌肉调节能力。

4 结论

本研究说明,背向走较正向走可以使足底各部位压力分布均匀,减小足前掌中部的冲量,可减少疲劳和损伤的出现,背向走时足底压力中心较正常步行变化范围更大,使足的各部位肌肉、韧带都可以得到锻炼,从而提高健身的效果,因此,可以锻炼平衡控制能力及肌肉调节能力。同时,由于背向走的“反常规”性,在应用背向走健身时,应注意发生跌倒。

参考文献

- [1] Cipriani DJ, Armstrong CW, Gaul S. Backward walking at three levels of treadmill inclination: an electromyography and kinematics analysis [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1995, 22 (3): 95—102.
- [2] Clarkson E, Cameron S, Osmon P, et al. Oxygen consumption, heart rate, and rating of perceived exertion in young adult women during backward walking at different speeds [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1997, 25 (2): 113—118.
- [3] Bohannon RW, Andrews AW, Thomas MW. Walking speed: reference values and correlates for older adults [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1996, 24 (2): 86—90.
- [4] Flynn TW, Connery SM, Smutok MA, et al. Comparison of cardiopulmonary responses to forward and backward walking and running [J]. Med Sci Sports Exerc, 1994, 26 (1): 89—94.
- [5] Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking [J]. Gait & Posture, 1995, (3): 193—214.
- [6] Terblanche E, Page C, Kroff J, et al. The effect of backward locomotion training on the body composition and cardiorespiratory fitness of young women [J]. Int J Sports Med, 2005, 26 (3): 214—219.
- [7] Laufer Y. Effect of age on characteristics of forward and backward gait at preferred and accelerated walking speed [J]. J Gerontol A Bio Sci Med Sci, 2005, 60 (5): 627—632.
- [8] Laufer Y. Age- and gender-related changes in the temporal-spatial characteristics of forward and backward gaits [J]. Physiother Res Int, 2003, 8 (3): 131—142.
- [9] 李伟, 汪宗保, 李国平, 等. 膝关节骨性关节炎患者步态运动学参数的研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23 (1): 11—13.
- [10] 江晓峰, 胡雪艳. 偏瘫步态膝关节角度分析 [J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22 (10): 918—920.
- [11] 李峰, 李珩, 文静, 等. 基于步态分析的击剑运动员膝损伤原因探讨 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23 (3): 254—255.
- [12] 徐晴岩, 周大伟, 李立峰, 等. 使用硅胶足垫分解足底压力的研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22 (8): 736—738.
- [13] 李海, 周安艳, 黄东锋, 等. 痉挛型脑瘫儿童步行时的动态足底压力特征 [J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22 (1): 44—47.