

男性老年人健步走足底压力分布与步态特征*

霍洪峰¹ 吴艳霞¹ 高峰¹ 李艳霞¹ 赵焕彬^{1,2}

摘要 目的: 为了解健步走时的动态足底压力分布, 给老年人健步走锻炼提出建议。**方法:** 使用 Footscan 高频足底压力测试系统, 检测 48 名男性老年人自然行走及健步走时的动态足底压力分布, 对比分析健步走步态特征。**结果:** 自然走、健步走足底压力分布有差异明显, 健步走时足跟、第 1 跖骨、第 1 趾骨压力高于自然走, 第 4 跖骨、第 5 跖骨压力低于自然走, 足弓部位压力变化不显著; 健步走时足跟冲量远高于自然走。**结论:** 健步走时足底压力中心移动速度快, 足中部触地控制不良, 足后跟、前掌部均是易损伤的部位, 应注意锻炼时应力性损伤的发生。

关键词 健步走; 足底压力; 足; 老年人

中图分类号: R493 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-1242(2009)-12-1119-03

目前我国正处在急剧老龄化时期, 发展适宜老年人的体育锻炼, 积极防治老年性疾病是抗衰老、延年益寿的重要环节。老年人肌肉力量减小、心血管功能衰退、反应慢、免疫功能下降、关节灵活性降低, 所以更适合进行一些动作幅度小、运动量小的锻炼, 健步走是以促进身心健康为目的、讲究基本技术合理运动量的步行运动。其速度和运动量介于散步和慢跑之间, 是一项动作简单、柔和、运动强度适中而且容易持久的有氧代谢运动。研究表明, 长期健步走有助于肺活量的提高, 提高心血管系统的综合功能^[1]。研究表明, 足底压力分布特征对足履行各种生理功能具有重要作用^[2-6]。

本项目使用国际上先进的 Footscan 高频足底压力测试系统, 检测 48 名老年人自然行走及健步走时的动态足底压力分布, 对比分析健步走步态特征, 为给老年人健步走锻炼提出建议, 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

选取 48 名男性退休老年人作为测试对象。其中在河北师范大学家属院选取 13 名, 在方北小区选取 35 名; 足踝关节活动正常, 行走无明显功能障碍症状(如偏瘫、下肢严重疾患、足底胼胝), 年龄 63.3±3.6 岁, 身高 167.6±4.1 cm, 体重 64.0±5.7kg, 鞋码 42±1.3。

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, 然后健步走, 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。观察指标为各区域压力峰值、冲量及着地时相。

1.4 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, 结果用均数±标准差表示, 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

2.1 自然走、健步走足底各区域峰值对比分析

见表 1。平地自然走时, 足部最大受力部位在前掌第 2 跖骨头, 各部位最大压力由大到小依次为第 2 跖骨、足跟、第 3 跖骨、第 1 跖骨、第 1 趾骨、足弓、第 4 跖骨、第 5 跖骨、第 2—5 趾骨; 健步走时, 足部最大受力部位在足跟, 各部位最大压力由大到小依次为足跟、第 1 跖骨、第 2 跖骨、第 1 趾骨、第 3 跖骨、足弓、第 4 跖骨、第 2—5 趾骨、第 5 跖骨, 且左右双足的压力分布规律基本一致。自然走、健步走足底最大压力差异显著, 左足差异具有显著性意义, 右足自然走、健步走时呈现出与左足相似的变化趋势。差异表现为: 健步走时足跟、第 1 跖骨、第 1 趾骨压力高于自然走, 健步走时第 4 跖骨、第 5 跖骨压力低于自然走。

2.2 自然走、健步走足底各区域冲量对比分析

见表 2。平地自然走时, 足底所受冲量最大的部位是第 2 跖骨, 各部位所受冲量由大到小依次为第 2 跖骨、第 3 跖骨、足跟、第 1 跖骨、第 1 趾骨、第 4 跖骨、第 5 跖骨、第 2—5 趾骨、足弓; 健步走时, 足底所受冲量最大的部位是足跟, 各部位所受冲量由大到小依次为足跟、第 1 跖骨、第 2 跖骨、第 3 跖骨、第 1 趾骨、第 4 跖骨、足弓、第 5 跖骨, 且左右双足的压力分布规律基本一致。如同最大压力, 自然走、健步走足底冲量差异显著。差异表现为: 健步走时足跟冲量高于自然走, 健步走时第 2 跖骨、第 3 跖骨、第 1 趾骨、第 2—5 趾骨冲量低于自

* 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, 河北省石家庄市, 050016

2 通讯作者

作者简介: 霍洪峰, 男, 硕士, 助教

收稿日期: 2008-12-14

然走。

2.3 足着地过程中的时相

见图 1(见彩色插页)。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,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)、趾骨离地时相(last foot contact, LFC)几个关键时刻,支撑时期又分为开始着地阶段(initial contact phase, ICP)、前掌接触阶段(forefoot contact phase, FFCP)、整足接触阶段(foot flat phase, FFP)、前掌离地阶段(forefoot push off phase, FFPOP)等阶段。

足底各部接触时相以整足百分比表达,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,从而更准确地反映指标的变化。由表 3 可知,平地自然走时,支撑时期时间所占比例最大的是整足接触阶段,依次是前掌离地阶段、前掌接触阶段、开始着地阶段;健步走时,支撑时期所占比例最大的是前掌离地阶段,依次是整足接触阶段、开始着地阶段、前掌接触阶段。健步走与自然行走足底各区域占支撑期的百分比都存在显著差异,其中着地阶段、离地阶段均大于自然行走,差异具有显著性意义;而整足接触阶段、前掌接触阶段均小于自然行走,差异具有显著性意义。

3 讨论

3.1 步态与足底压力

人体正常行走包括肢体和躯干的运动,足的支撑以及身

表 1 足底各区域平均峰值力值分布情况 ($\bar{x}\pm s, N$)

部位	自然走		健步走	
	左足峰值力值	右足峰值力值	左足峰值力值	右足峰值力值
第 1 趾骨	129.4±15.3 ^②	185.4±12.4 ^①	217.5±20.5	202.2±27.0
第 2—5 趾骨	39.9±6.4	90.2±8.4	38.5±4.3	86.0±6.7
第 1 跖骨	153.2±17.4 ^②	145.5±18.3 ^②	295.2±32.8	275.6±36.2
第 2 跖骨	267.2±36.9	286.1±20.5	266.5±28.9	253.7±18.5
第 3 跖骨	180.5±12.7	105.6±12.6 ^①	184.7±17.2	71.3±8.4
第 4 跖骨	60.2±5.2 ^②	38.5±4.7 ^①	38.5±4.9	14.7±3.0
第 5 跖骨	72.7±9.6 ^②	20.3±3.6	15.4±3.1	17.0±1.3
足弓	107.7±13.1	39.9±8.7 ^②	102.1±9.8	81.8±6.4
足跟内侧	221.0±52.9 ^②	276.3±37.1 ^②	601.6±58.4	572.2±60.3
足跟外侧	214.1±38.6 ^②	258.8±43.2 ^②	467.3±49.3	359.5±41.9

①与健步走相比 $P<0.05$,②与健步走相比 $P<0.01$

表 2 足底各区域冲量分布情况 ($\bar{x}\pm s, N\cdot s$)

部位	自然走		健步走	
	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 ^②	47.3±10.3 ^②	22.1±6.2	25.9±4.9
第 2—5 趾骨	12.0±3.7 ^①	24.1±6.4 ^①	3.4±1.8	8.6±3.1
第 1 跖骨	40.4±9.5	41.9±4.9	42.5±8.7	40.1±8.4
第 2 跖骨	80.9±15.3 ^②	60.9±12.6 ^②	42.5±7.0	36.7±9.8
第 3 跖骨	63.4±9.3 ^②	39.3±9.5 ^②	31.1±5.4	16.6±3.5
第 4 跖骨	25.1±4.9	11.7±3.7	7.6±2.9	3.0±1.9
第 5 跖骨	19.7±4.1	14.8±2.9	2.4±1.2	0.7±0.5
足弓	9.6±3.6	8.5±3.1	10.7±3.6	9.5±3.7
足跟内侧	40.8±11.8 ^②	53.7±9.5 ^②	82.6±19.3	81.2±14.6
足跟外侧	40.1±9.4 ^①	59.2±12.8 ^①	69.8±12.5	65.3±9.3

①与健步走相比 $P<0.05$,②与健步走相比 $P<0.01$

表 3 足底各区域占支撑期的百分比 ($\bar{x}\pm s, n=48, \%$)

	自然行走		健步走	
	左足	右足	左足	右足
开始着地阶段	4.0±1.3 ^①	2.1±1.7 ^①	7.5±1.5	4.8±1.6
前掌接触阶段	5.0±1.8 ^②	5.3±1.6 ^②	1.5±0.6	3.3±1.2
整足接触阶段	52.5±9.2 ^②	57.1±2.4 ^②	36.4±3.8	40.7±4.2
前掌离地阶段	37.5±8.3 ^②	35.5±7.9 ^②	54.6±6.2	51.2±5.8

①与健步走相比 $P<0.05$,②与健步走相比 $P<0.01$

体重心的转移等阶段,由于步行时身体的重心位置及轨迹是不断变化的,无论是自然行走还是健步走要保持身体的平衡和稳定的移动,必须维持支撑面和身体重心的动态平衡,这个过程需要运动器官、神经调节功能的密切配合⁷。足在行走中具有 3 个重要作用:适应地面情况并且保持人体平衡;支撑身体重量并且缓冲行走时的地面冲击;传递推进力,使人体向前运动⁸⁻¹¹。步态的动力学分析的主要工作是研究行走时足与支持面之间的相互作用力,即足底压力分析,足底压力分析是定量步态研究的重要环节。众多研究显示性别是影响足底压力分布与步态的显著因素,因此,为消除性别的影响,本研究选取 48 名老年男性为研究对象,全部纳入结果分析。

3.2 步速与压力峰值

压力峰值是反映足底压力分布的重要指标,压力峰值的大小和部位对于足部损伤的发生具有重要的影响。行走方式对足底压力的影响显著,步速加快可使足底压力增高,与以往研究步速与足底压力呈正相关的结论相符¹²⁻¹⁵。然而并不是随着步速的增加足底每一部位的压力都会增加,健步走时足跟、第 1 跖骨、第 1 趾骨压力高于自然走,第 4 跖骨、第 5 跖骨压力低于自然走,足弓部位压力变化不显著。由于步速增加,足对支持面的作用力增大,支持面对足的反作用力也相应增加。步速增加会引起足的生物力学代偿机制,使得中足的压力向前、后足转移,因此,足弓部位压力变化不显著,同时由于步速增加,为更好地控制足部的稳定,相应增加足内侧的作用力,致使前掌外侧第 4 跖骨、第 5 跖骨压力减小。

3.3 冲量与损伤

冲量表示力在一定时间内对足底区域连续作用所产生的积累效应,冲量的大小是疲劳积累的直接原因。研究足底所受冲量对了解足部易损伤的部位,以及对健步鞋的设计都具有重要的意义。平地自然走时,足底所受冲量最大的部位在第 2 跖骨处,即前掌中部最易疲劳和损伤,因此,平时所穿运动鞋前掌减震是最重要的,希望鞋设计者关注鞋前掌的减震性能,而不仅是后跟。健步走时足跟冲量远高于自然走,第 2 跖骨、第 3 跖骨、第 1 趾骨、第 2—5 趾骨冲量低于自然走,虽然有些部位所受冲量略低于自然走,但由于健步走的频率大,因此足前掌部位也是易损伤的部位。建议健步运动时穿后跟、前掌减震性能都要好的运动鞋,

3.4 支撑时相与压力中心

通过足支撑时相把支撑时期划分为开始着地阶段、前掌接触阶段、整足接触阶段、前掌离地阶段等四个阶段。压力中心移动轨迹与足支撑时相密切相关,健步走与自然行走足底各区域占支撑期的百分比都存在显著差异,其中开始着地阶段、前掌离地阶段均大于自然行走,表明健步走时着地时间长,推离地面时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,易疲劳积累,与冲量研究相符。整足接触阶段、前掌接触阶段均小于自然行走,表明压力中心移动速度快,足中部触地控制不良,在健步走时应注意安全,同时也因此锻炼了联系者的平衡控制能力及肌肉调节能力。

4 结论

①自然走、健步走足底压力分布差异明显,健步走时足跟、第1跖骨、第1趾骨压力高于自然走,第4跖骨、第5跖骨压力低于自然走,足弓部位压力变化不显著。②健步走时足跟冲量远高于自然走,足后跟、前掌部均是易损伤的部位。③健步走时足底压力中心移动速度快,足中部触地控制不良。

参考文献

- [1] 李铁强,徐学峰,李海平.健步走对55-59岁退休妇女身体功能变化的影响[J].中国临床康复,2006,10(40):142-143.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 周安艳,李海,尹运冬.正常学龄前儿童步行时的动态足底压力特征[J].中国临床康复,2006,10(24):55-57.
- [8] 郝卫亚,陈严,胡水清.儿童倒步走足底压力的分布特征研究[J].力学与实践,2008,30(3):56-59.
- [9] 陈严.男性儿童倒步走的运动生物力学特征研究及其对平衡能力的影响[D].北京:国家体育科学研究所,2007.
- [10] Grasso R, Bianchi L, Lacquaniti F. Motor patterns for human gait: Backward versus forward locomotion [J]. J Neurophysiol, 1998, 80(4): 1868-1885.
- [11] Hallemans A, De Clercq D, Van Dongen S, et al. Changes in foot-function parameters during the first 5 months after the onset of independent walking: a longitudinal follow-up study [J]. Gait Posture, 2006, 3(2): 142-148.
- [12] 王明鑫,俞光荣.正常人足底压力分析的研究进展[J].中国矫形外科杂志,2006,14(22):1722-1724.
- [13] 毛宾尧,贾学文,郑菲蓉,等.行走和站立时足底应力分布研究[J].中国矫形外科杂志,2002,10(12):1211-1213.
- [14] Hau P, David G, Carolyn H, et al. Screening techniques to identify people at high risk for diabetic foot ulceration [J]. Diabetes Care, 2000, 23: 606-611.
- [15] De Cock A, Willems T, Witvrouw E, et al. A functional foot type classification with cluster analysis based on plantar pressure distribution during jogging [J]. Gait Posture, 2006, 23(3): 339-347.

·基础研究·

运动诱导甘丙肽分泌对2型糖尿病大鼠胰岛素敏感性的影响

郭丽丽¹ 任彩玲² 史明仪^{1,3}

摘要 目的:探讨运动后甘丙肽(GAL)分泌增加对2型糖尿病大鼠胰岛素敏感性的影响。方法:糖尿病大鼠随机分4组:安静对照组、运动对照组、安静用药组、运动用药组。安静对照组及运动对照组均腹腔注射生理盐水,安静用药组及运动用药组腹腔注射GAL。快速血糖仪测空腹血糖以计算胰岛素抵抗指数,Western Blot法检测骨骼肌葡萄糖转运蛋白4(GLUT4)含量。结果:运动对照组与安静对照组以及运动用药组与安静用药组相比较,正糖钳的葡萄糖输注速率显著性增加($P<0.05$);安静用药组及运动用药组实验后比实验前血清胰岛素均显著增加($P<0.05$),安静用药组实验后比实验前胰岛素敏感指数有非常显著下降($P<0.01$);运动对照组比安静对照组骨骼肌GLUT4蛋白含量非常显著性提高($P<0.01$),运动用药组比安静用药组GLUT4蛋白含量显著性提高($P<0.05$)。结论:运动诱导GAL浓度增加,可能主要依靠增加GLUT4膜转运量或提高GLUT4活性来提高胰岛素敏感性。

关键词 甘丙肽;2型糖尿病;运动;葡萄糖转运蛋白4;胰岛素

中图分类号: R587.1, R493 **文献标识码**: B **文章编号**: 1001-1242(2009)-12-1121-03

甘丙肽(galanin, GAL)参与摄食、痛觉、情绪、学习记忆、神经内分泌等生理过程,在肥胖、抑郁症、早发性痴呆、神经细胞瘤等病理过程中发挥重要作用。运动一方面使血糖浓度升高,另一方面可提高骨骼肌葡萄糖转运蛋白4(glucose transportation protein 4, GLUT4)含量30%—200%^[1-2],

1 安徽滁州学院体育系,滁州市,239012

2 赣南医学院康复学院

3 通讯作者

作者简介:郭丽丽,女,硕士,讲师

收稿日期:2009-02-24