

· 基础研究 ·

男大学生左足正常右足外八字步态足底压力特征分析

尹海滨 郭见平 牛英群

【摘要】目的 观察男大学生左足正常步态、右足外八字步态行走过程中足底压力的特征。**方法** 运用比利时 Footscan 系统对邯郸职业技术学院 20~25 岁的男大学生进行足底压力测试,通过分析筛选出左足为正常步态、右足为外八字步态的 42 名大学生进行研究。**结果** 正常步态足峰值压强在第 3 跖骨(45.05 ± 13.91) N/cm²、足弓(4.48 ± 1.94) N/cm² 两区域显著高于外八字步态足第 3 跖骨(26.83 ± 10.82) N/cm²、足弓(2.90 ± 1.57) N/cm² ($P < 0.05$);正常步态足达峰压强时间在第 1 跖骨(436.28 ± 73.09) ms 区域的显著早于外八字步态足第 1 跖骨(477.47 ± 33.52) ms ($P < 0.05$),在第 4 跖骨(424.56 ± 83.46) ms 区域显著晚于外八字步态足第 4 跖骨(369.39 ± 103.079) ms ($P < 0.05$);正常步态足冲量在第 2~5 趾骨(4.56 ± 5.54) N·s、第 2 跖骨(41.20 ± 21.44) N·s 两区域显著低于外八字步态足第 2~5 趾骨(8.25 ± 8.30) N·s、第 2 跖骨(61.46 ± 36.14) N·s ($P < 0.05$)。**结论** 外八字步态足与正常步态足相比,足底压力中心偏向足的内侧,导致蹬伸时的推进力不是直线向前,而是斜向的,行走方向上的蹬地效果较差;并且会在胫骨和腓骨之间产生一个扭力,相应使胫骨出现内翻,可能引起膝关节过度的摩擦,导致损伤。

【关键词】 外八字; 峰值压强; 达峰压强时间; 冲量

The foot pressure distribution of a normal left and toes-out right foot gait YIN Hai-bin*, GAO Jian-ping, NIU Ying-qun. *Department of Public Physical Education, Handan Polytechnic College, Handan 056001, China

【Abstract】 Objective To characterize the foot pressure distribution during walking of the male college students with a normal left foot and toes-out right foot gait. **Methods** Forty-two male college students age 20 to 25 with a toes-out gait on the right side and a normal gait on the left side were recruited. The FOOTSCAN system was used to measure their foot pressure distribution while walking. **Results** There were significant differences between the normal and the toes-out foot with regard to the peak pressure on the third metatarsal bone [(45.05 ± 13.91) N/cm² vs (26.83 ± 10.82) N/cm²] and pressure under the arch [(4.48 ± 1.94) N/cm² vs (2.90 ± 1.57) N/cm²], as well as the time for the appearance of peak pressure under the 1st and 4th metatarsal bones. The foot regional impulse was significantly lower on the normal side than on the toes-out side for toes 2 to 5 and for metatarsal bone 2. **Conclusion** In contrast to the normal foot, the pressure center of the toe-out foot deflects to the inner side. This results in slanted power application instead of straight ahead, so the strength in the direction of travel is small. And it will produce torsion between the tibia and fibula, which makes the tibia appear introverted and causes excessive friction in the knee joint. This will lead to injury of the knee joint.

【Key words】 Toes-out; Peak pressure; Time to peak pressure; Impulse; Gait

人体足底压力分布特性反映了足的结构、功能及整个身体姿势的控制状况。测试和分析足底压力,可以获得人体在各种姿位和运动状态下的力学参数和机能参数^[1],而这些参数对运动损伤的医学诊断、运动技术动作的经济性评定、生物力学及康复研究与评价均具有重要的指导意义。“外八字”是常见畸形步态,对人体行走时的姿势、身体健康都会产生很大的影响,

但是大众对外八字步态的危害认识并不够^[2]。足底压力测量技术的发展,为认识各种步态的足底压力特征提供了手段和方法,并为各种畸形步态的损害做出合理的解释提供了依据^[3-6]。本研究采用比利时足底压力 Footscan 测量系统对大学生的足底压力进行测试,并筛选出左足正常步态、右足外八字步态的男大学生进行足底压力特征分析,旨在为足底压力在畸形步态领域的应用研究提供借鉴。

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.06.005

基金项目:国家体育总局体育科学研究所横向课题(H06149)

作者单位:056001 邯郸,邯郸职业技术学院体育系(尹海滨、郭见平),工会(牛英群)

资料与方法

一、研究对象

根据邯郸职业技术学院班级授课情况,随机抽取无课班级大学生进行足底压力测试。先后测试男大学生 287 例,通过 Footscan 7.0 分析软件进行“外八字”步态的判定(参考标准^[7]:脚中线与行走方向所形成的角度超过 15°为外八字脚。参照图 1),筛选出左足为正常步态、右足为外八字步态的 42 例男大学生为研究对象;年龄(22.5 ± 1.8)岁,身高(171.82 ± 8.07)cm,体重(68.74 ± 6.28)kg。所有接受测试的学生经询问、检查无糖尿病史,也没有足部畸形或严重的足部外伤,在测试前的 24 h 内没有参加过剧烈运动,测试时足部、踝关节、膝关节活动均正常。测试前所有受试者均被告知本研究的目的、操作步骤及注意事项,并均签署知情同意书。

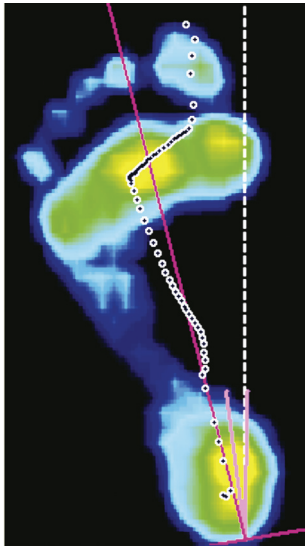


图 1 外八字判定

二、研究方法

采用比利时产 Footscan insole 平板式足底压力测试系统对大学生进行测试。测试时,受试者脱掉鞋袜,精神放松,以个人平常步态在测试板上自然常速行走,连续测量 3 次,每次获取一个步行周期左右足数据各一次,足底压力测试系统可获得一个步态周期完整的足底压力图像。数据采集和分析均采用配套的测试系统 Footscan 7.0 软件进行。分析时,足底分为第 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 10 个区域。主要分析指标包括峰值压强(peak pressure)、达峰峰值压强时间(time to peak pressure)、冲量(impulse)。每位受试者取其平均值纳入统计学分析。

三、统计学方法

采用 SPSS 17.0 版统计软件包对所测试数据进行独立样本 *t* 检验处理,结果均以($\bar{x} \pm s$)表示,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、正常步态足、外八字步态足足底各区域峰值压强比较

由表 1 可见,正常步态足足底各区域峰值压强由大到小的顺序为第 3 跖骨>第 2 跖骨>足跟内侧>足跟外侧>第 1 跖骨>第 4 跖骨>第 1 趾骨>第 5 跖骨>足弓>第 2~5 趾骨;外八字步态足峰值压强由大到小顺序为第 2 跖骨>足跟内侧>第 3 跖骨>足跟外侧>第 1 跖骨>第 1 趾骨>第 4 跖骨>第 5 跖骨>第 2~5 趾骨>足弓;排序有所不同。左、右足各区域峰值压强比较,在第 3 跖骨、足弓两区域差异有统计学意义($P < 0.01$),正常步态足显著高于外八字步态足。结合图 2 不难发现,从全足来看,最大峰值压强主要集中在足前中间区和足跟区;外八字步态足的峰值压强分布与正常步态足相比,偏向足的内侧。

二、正常步态足、外八字步态足足底各区域达峰峰值压强时间比较

由表 2 可见,正常步态足和外八字步态足足底各区域达峰峰值压强时间按照足跟、足弓、跖骨、脚趾的顺序递增,这一顺序与人们行走过程中足底接触地面顺序相同。但也有所不同,正常步态足第 1 跖骨区域达峰峰值压强时间要早于第 3 跖骨、第 2 跖骨、第 2~5 趾骨、第 1 趾骨四个区域,外八字步态足第 1 跖骨区域达峰峰值压强时间只早于第 2 跖骨、第 2~5 趾骨、第 1 趾骨三个区域。左、右足足底各区域达峰峰值压强时间比较,在第 1 跖骨、第 4 跖骨两区域差异有统计学意义($P < 0.01$),第 1 跖骨区域达峰峰值压强时间正常步态足

表 1 正常步态足、外八字步态足足底各区域峰值压强比较($N/cm^2, \bar{x} \pm s$)

部位	第 1 趾骨	第 2~5 趾骨	第 1 跖骨	第 2 跖骨	第 3 跖骨
左足	15.22 ± 7.37	3.89 ± 2.65	20.36 ± 8.29	39.35 ± 15.56	45.05 ± 13.91 ^a
右足	19.21 ± 10.58	5.01 ± 4.15	19.53 ± 13.70	32.73 ± 10.43	26.83 ± 10.82
部位	第 4 跖骨	第 5 跖骨	足弓	足跟内侧	足跟外侧
左足	17.74 ± 9.13	6.96 ± 3.69	4.48 ± 1.94 ^a	28.21 ± 10.41	24.93 ± 6.88
右足	13.21 ± 10.58	7.19 ± 5.61	2.90 ± 1.57	27.21 ± 7.88	21.78 ± 5.61

注:与右足同部位比较,^a $P < 0.01$

表 2 正常步态足、外八字步态足足底各区域达峰值压强时间比较 (ms, $\bar{x} \pm s$)

部位	第 1 趾骨	第 2~5 趾骨	第 1 跖骨	第 2 跖骨	第 3 跖骨
左足	508.64 ± 48.25	507.70 ± 41.75	436.28 ± 73.09	486.54 ± 31.85	478.03 ± 31.97
右足	520.35 ± 44.20	495.79 ± 73.78	477.47 ± 33.52 ^a	494.48 ± 35.85	464.05 ± 38.80
部位	第 4 跖骨	第 5 跖骨	足弓	足跟内侧	足跟外侧
左足	424.56 ± 83.46 ^a	302.31 ± 119.25	143.22 ± 39.50	102.98 ± 26.07	95.23 ± 31.14
右足	369.39 ± 103.07	281.34 ± 104.45	145.67 ± 35.04	107.88 ± 29.94	92.21 ± 34.37

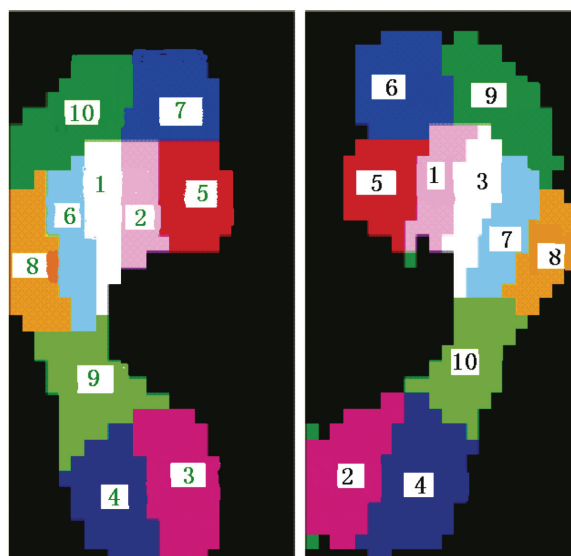
注:与右足同部位比较,^a $P < 0.01$ 

图 2 左、右足各区域峰值压强值由大到小排序

显著早于外八字步态足,第 4 跖骨区域显著晚于外八字步态足。

三、正常步态足、外八字步态足足底各区域冲量结果比较

由表 3 可知,正常步态足足底各区域冲量从大到小的顺序依次为足跟内侧 > 第 3 跖骨 > 足跟外侧 > 第 2 跖骨 > 第 4 跖骨 > 第 1 趾骨 > 第 1 跖骨 > 第 5 跖骨 > 足弓 > 第 2~5 趾骨;外八字步态足足底各区域冲量从大到小的顺序依次为第 2 跖骨 > 足跟内侧 > 第 3 跖骨 > 足跟外侧 > 第 1 跖骨 > 第 4 跖骨 > 第 1 趾骨 > 第 5 跖骨 > 足弓 > 第 2~5 趾骨;排序有所不同。左、右足足底各区域的冲量比较,在第 2~5 趾骨、第 2 跖

骨两区域差异有统计学意义 ($P < 0.05$),正常步态足显著低于外八字步态足。

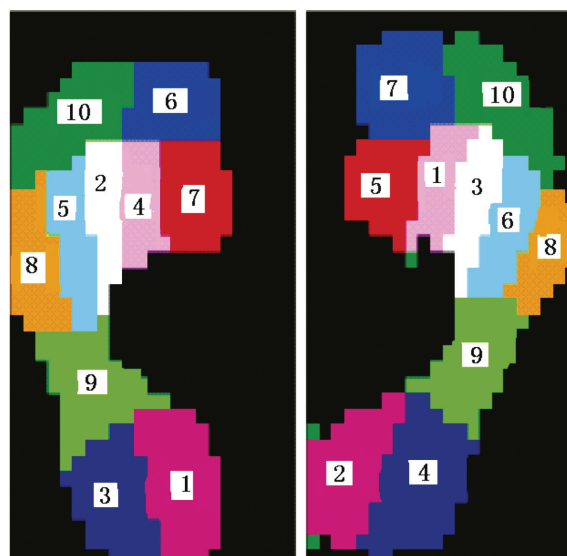


图 3 左、右足各区域冲量值由大到小排序

讨 论

步态分析是研究步行时足底压力特征的方法,通过测试分析可以揭示异常步态足底压力特征,指导其进行康复运动或治疗。

足底压强是足底单位面积所承受的地面反作用力,峰值压强则是特定区域内所受地面反作用力最大的部位内单位面积的作用力值^[8]。峰值压强是反映足底压力分布的重要指标,峰值压强的大小对于足部损伤的发生具有重要的影响^[9]。本研究表明,正常步态

表 3 正常步态足、外八字步态足足底各区域冲量比较 ($N \cdot s, \bar{x} \pm s$)

部位	第 1 趾骨	第 2~5 趾骨	第 1 跖骨	第 2 跖骨	第 3 跖骨
左足	27.10 ± 17.95	4.56 ± 5.54	25.94 ± 24.54	41.20 ± 21.44 ^a	52.09 ± 23.03
右足	24.09 ± 17.14	8.25 ± 8.30 ^a	28.39 ± 25.92	61.46 ± 36.14	51.09 ± 28.31
部位	第 4 跖骨	第 5 跖骨	足弓	足跟内侧	足跟外侧
左足	28.74 ± 16.65	24.68 ± 21.32	21.73 ± 16.79	57.66 ± 30.26	46.64 ± 24.92
右足	26.57 ± 16.46	18.00 ± 14.21	17.13 ± 16.45	51.64 ± 25.80	42.46 ± 22.91

注:与右足同部位比较,^a $P < 0.05$

足和外八字步态足足底最大峰值压强主要集中在足前中间区和足跟区;正常步态足最大峰值压强值出现在第 3 跖骨,外八字步态足出现在第 2 跖骨,偏向足的内侧。形成这一结果的原因可能是:外八字步态足蹬伸时为了保证推进力沿前进方向,形成主要是脚掌内侧区域用力,势必形成第 2 跖骨区域峰力值的增加,脚掌外侧区域峰力值的减小。就会使足内侧力加大,引起足部外翻^[10],这就会在胫骨和腓骨之间产生一个扭转力,使胫骨外翻,胫骨一旦外翻,就会引起上端的胫骨内侧髁转动,牵拉半月板,使关节腔内的活动空间减小^[11]。这时胫骨扭转力就会引起膝关节的过度摩擦,长期这样下去,日积月累,就可能引起膝关节、特别是半月板的损伤。也有研究建议外八字步态的人穿着有矫形作用的训练鞋,控制其足外翻,保持力学平衡,使足底压力分布均匀,这样在一定程度上能够达到放松局部紧张的组织,从而可以改善血液循环及缓解受力失衡的问题^[12]。

在足底各区域达峰值压强时间(“达峰值压强时间”是由足接触测试板开始计算时间,到区域压强达到峰值这一时刻止)方面。本研究表明,正常步态足在第 1 跖骨区域的达峰值压强时间显著早于外八字步态足($P < 0.01$),在第 4 跖骨区域显著晚于外八字步态足($P < 0.01$)。形成这一结果的原因有待进一步研究。正常步态足与外八字步态足相比,整个步态行走过程的时间,外八字步态足要高于正常步态足。

冲量是指作用于物体的外力与外力作用时间的乘积,它表示了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^[13],因此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^[14]。本研究表明,正常步态足在第 2~5 趾骨、第 2 跖骨两区域的冲量显著低于外八字步态足($P < 0.05$)。人体在行走时,人对地面的蹬伸力使人产生向前的动力,同时地面也反作用人体的双脚,这一过程中人体足的主要作用是承受自身体重、缓冲和吸收地面对人体冲击力;并且产生人体前行的推进力以及协调、维持人体平衡。行走过程分为足跟着地期、中间稳定期及推进期,推进期即足跖屈位,踝关节处于最不稳定的状态下^[15]。而推进期足底主要的受力点则是足的前部分,外八字步态足第 2~5 趾骨、第 2 跖骨两区域较大的冲量恰恰处于足的前部分,这势必增加足、踝、膝的损伤概率。

励建安等^[12]的研究认为,外八字步态行走造成足受力的顺序不是沿着足纵弓的方向,而是形成了一定的夹角,这样一来足弓就起不到缓冲、减震的作用,冲

量随之增大,从而增加的损伤的概率。他认为外八字步态的人,应注意足底压力与压力作用时间的关系,当足的压力恒定时,应当充分利于踝关节、足弓等的缓冲、减震功能,增加足与地面的作用时间,这样可以很好降低压力值,避免运动损伤的发生;外八字步态的人尽可能穿着与足的接触面积比较大的鞋,这样也可以达到减小压力值的目的。宋雅伟等^[16]的研究发现软底鞋能够吸收更多地面带来的冲击力。但是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就小了,更易产生疲劳。硬质材料制成的鞋底比软质材料制成的鞋底所产生的冲击力大,对关节缓冲比较差,所以对关节保护比较差。

参 考 文 献

- [1] 栾天峰. 11~12 岁正常儿童与肥胖儿童步行时足底压力分布特征. 北京体育大学学报, 2011, 34: 68-70.
- [2] 赵慧萍. “罗圈腿”的形成与矫正. 解放军健康, 2004, 8: 18.
- [3] 张勤良, 周旭, 倪朝民, 等. 正常成人坐-站转移时髋关节及足底压力运动学参数分析. 中华物理医学与康复杂志, 2012, 34: 583-587.
- [4] 陈占法, 李西成, 赵海涛, 等. Footscan 足底压力分析系统对跟骨骨折患者术后康复疗效的评定. 中华物理医学与康复杂志, 2008, 30: 181-184.
- [5] 杨建鑫, 马超, 周前详, 等. 人体坐姿上肢扭力操作下足底压力分布研究. 北京生物医学工程, 2010, 29: 503-507.
- [6] 华立君, 宋吉锐. 排球扣球起跳及专项力量特征的综合研究. 体育学刊, 2010, 17: 83-88.
- [7] 赵焕彬, 李建设. 运动生物力学. 北京: 高等教育出版社, 2008: 165-166.
- [8] 代浩然, 蔡宇辉. 几种慢跑鞋足底压强分析及舒适性能比较. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2009, 35: 119-121.
- [9] 霍洪峰, 吴艳霞, 高峰, 等. 男性老年人健步走足底压力分布与步态特征. 中国康复医学杂志, 2009, 24: 1119-1121.
- [10] 宋雅伟, 孙天瑜, 蔡奕玺, 等. 不同硬度的鞋底对人体行走中足底力值变化的影响. 首都体育学院学报, 2010, 22: 89-92.
- [11] 褚立希, 王锋. 膝关节关节炎 X 片生物力学及形态学测量分析. 中西医结合学报, 2004, 11: 433.
- [12] 励建安, 孟殿怀. 步态分析的临床应用. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28, 7: 500.
- [13] 孟昭莉, 元文学, 吕永新. 基于足底压力的优秀竞走运动员支撑足力学特征研究. 中国体育科技, 2008, 44: 89-92.
- [14] 张庆来, 宋绍兴, 董杰. 健康大学生足底压力分布参数特征. 中国学校卫生, 2007, 28, 9: 814-816.
- [15] 张猛, 叶锐彬, 段瑾. 粘膏支持带对女篮运动员踝关节平衡及足底压力影响的实验研究. 成都体育学院学报, 2009, 35: 63-65.
- [16] 宋雅伟, 张曦元, 刘园园. 鞋底硬度对人体能量代谢的影响. 中国皮革, 2013, 4: 114-117.

(修回日期: 2013-04-02)

(本文编辑: 阮仕衡)