

长期体育健身对青年足底压力及步态的影响*

陈玉娟¹ 李 立¹ 崔巴特尔¹ 翟凤鸣¹

摘要

目的:认识长期体育健身对青年自然行走过程中足底压力及步态的影响。

方法:本研究运用比利时 Footscan 足底压力分布测试系统对石家庄学院长期进行体育健身的男生 103 人,无长期进行体育健身的男生 107 人进行了个人平常步态自然行走测试。

结果:长期体育健身青年与普通青年左、右足底各区域峰值力值比较,长期体育健身青年均大于普通青年,统计学检验均表现出高度显著性($P < 0.01$),双足峰值力值最大值均出现在足跟内侧。长期体育健身青年与普通青年左、右足底各区域达峰力值的时间和负荷率比较,统计学差异均显示出高度显著性($P < 0.01$)。长期体育健身青年与普通青年左、右足底各区域的冲量统计学比较在第 1 趾骨、第 2—5 趾骨、第 1 跖骨、第 2 跖骨、第 3 跖骨、足跟内侧、足跟外侧 7 个区域差异具有高度显著性($P < 0.01$),足底冲量最大的区域主要分布在足跟内侧、第 3 跖骨、足跟外侧、第 2 跖骨,冲量较小的区域主要分布在第 2—5 趾骨、足弓。

结论:长期体育健身青年与普通青年左、右双足的峰值力值、达峰力值的时间、负荷率、冲量参数都存在不同程度的差异,但青年进行长期体育健身并没有改变人体自然行走时足底接触地面的依次顺序,只是加大了接触地面的力量、加快了速度。说明体育健身对于下肢的力量、速度感、平衡能力等素质具有较好的促进作用。

关键词 足底压力;峰值力值;峰值力值时间;负荷率;体育健身

中图分类号:G804.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2011)-06-0533-04

The effects on sole pressure and gait of long-term exercise in young men/CHEN Yujuan, LI Li, CUI BATER, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2011, 26(6): 533—536

Abstract

Objective: To study if long-term exercise can change sole pressure and gait in young men.

Method: Flat panel type FOOTSCAN in sole pressure test system(Belgium) was used to study the difference of sole pressure and gait during natural walking between young men with long-term exercise($n=103$) and without long-term exercise($n=107$).

Result: There were highly significant difference in peak torques of foot ($P < 0.01$), in exercise group the peak torque was greater and the max data presented at heel medial. Time for reaching peak torque and load rate in two groups had significant disparities ($P < 0.01$). The same results also existed in impulses of toe1, toe2—5, meta1, meta2, meta3, heel medial and heel lateral. There were bigger impulses in regions of heel medial, meta3, toe1, heel lateral and meta2.

Conclusion: There were differences in different extents for such parameters as peak torques, time for reaching peak torque, load rates and impulse parameters. Long-term training didn't change the order of contact during natural walking, but could increase the contact power and the walking speed. It suggested exercise could promote the strength of lower limbs, speed and balance.

Author's address Department of Physical Education, Shijiazhuang College, Shijiazhuang, 050035

Key word sole pressure; peak torque; time to peak torque; load rate; exercise

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2011.06.009

*基金项目:石家庄学院 2009 年度团队建设项目(09TD003);石家庄学院 2010 年度科研启动基金项目(10QN008)

1 石家庄学院体育系,河北,050035

作者简介:陈玉娟,女,讲师,博士;收稿日期:2010-08-30

行走是人类最基本、最简单的运动形式之一,是日常生活中最重要的组成部分。一个正常人每天平均大约要行走 8000 步,一生所走的距离约为地球周长的 2.5 倍以上,而在步行时足部所承受的地面反作用力达到体重的 1.5 倍,跑步时更达到体重的 3—4 倍^[1]。如此可见正确的行走方法对人体健康有着重要影响。随着科学技术的飞速发展,足底压力测试系统的研制成功,对人体日常行走时足底受力情况的研究得以实现。足底压力的研究是生物力学研究的重要组成部分,这一研究可以反映有关足的结构、功能及整个身体姿势控制等情况。测试、分析足底压力,可以获取人体在各体态和运动下的生理、病理力学参数和机能参数,以此为基础,可以对人体力学传递函数以及人体动力学模型进行研究^[2]。足底压力测试技术,作为一项新的技术已经广泛应用于体育、医疗、民生等领域。本研究应用比利时足底压力分布测试系统对长期体育健身青年与普通青年进行个人平常步态自然行走测试,而后进行比较研究,旨在分析长期体育健身对青年足底压力分布及步态的影响。进而为下肢疾患的运动康复提供一定的借鉴。

1 对象与方法

1.1 研究对象

随机抽取石家庄学院长期进行体育健身(连续健身时间不少于 3 年,每周健身不少于 3 次,每次不少于 1h,健身项目主要为篮球、足球,优势腿为左侧)的男生 103 人,无长期进行体育健身的男生 107 人为研究对象,基本情况见表 1。所有受试者经询问无糖尿病史,无足部畸形、异常步态和严重足部外伤史,在测试前 24h 内未参加过剧烈运动,无肌肉疲劳症状,测试期间足踝关节活动正常。

表 1 研究对象一般情况

研究对象	样本量	年龄(岁)	身高 (cm)	体重(kg)
长期体育健身青年	103	21.65±2.40	174.42±4.35	67.12±4.77
普通青年	107	21.40±2.25	171.54±4.24	62.78±4.50

1.2 研究方法

本研究采用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,测试板长度为 2m)对研究对象进行测试。测试时将 Footscan 测力平板平放在地板上,测力平板两边均铺上延长跑道,要求所有受试者均脱鞋袜,以个人平常步态自然行走,测量 3 次,每次获取一个步行周期左右脚数据各 1 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 Footscan7.0,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。研究的主要指标包括峰力值(max force, MF)、达峰力值时间(time to max force, TMF)、负荷率(load rate, LR)、冲量(impulse, IP)。

1.3 统计学分析

采用 SPSS17.0 统计软件包对所测试数据进行统计学处理,同组左、右足压力参数比较采用配对 *t* 检验,长期体育健身青年与普通青年间分析采用独立样本 *t* 检验,结果均以均数±标准差表示。

2 结果

2.1 长期体育健身青年与普通青年足底各区域峰力值分布

由表 2 可知,长期体育健身青年与普通青年左、右足底各区域峰力值比较,长期体育健身青年均大于普通青年,统计学检验差异均表现出高度显著性。长期体育健身青年峰力值左、右足比较在第 1 跖骨、第 2 跖骨、第 3 跖骨、第 4 跖骨、第 5 跖骨、足弓 6 个区域的统计学检验差异表现出高度显著性(*P*<0.01);普通青年峰力值左、右足比较在第 1 趾骨、第 5 跖骨、足弓、足跟内侧 4 个区域的统计学检验差异具有高度显著性(*P*<0.01),在第 1 跖骨、第 2 跖骨、第 3 跖骨、第 4 跖骨 4 个区域的统计学检验差异具有显著性(*P*<0.05)。

从峰力值大小来看,长期体育健身青年与普通青年左、右足均是足跟内侧最大,其次是足跟外侧,而后依次是第 2 跖骨、第 3 跖骨、第 1 趾骨、第 4 跖骨、第 1 跖骨、足弓、第 5 跖骨、第 2—5 趾骨,表现出一致的规律性。可见行走时足底最大压力主要位于足跟,有很多人行走一段时间后足跟感到疼痛,也正是足跟受力最大的体现^[3-4]。

2.2 长期体育健身青年与普通青年足底各区域达峰力值时间分布

由表3可知,长期体育健身青年足底各区域达峰力值时间左、右双足之间比较,在第1跖骨、第4跖骨统计学检验,差异具有高度显著性($P<0.01$),在第5跖骨的统计学检验,差异具有显著性($P<0.05$);普通青年足底各区域达峰力值时间左、右双足之间比较,除第5跖骨之外的各区域统计学检验差异均有

高度显著性或显著性。长期体育健身青年与普通青年左、右双足足底各区域达峰力值时间比较,统计学差异均显示出高度显著性。

2.3 长期体育健身青年与普通青年足底各区域负荷率分布

由表4可知,长期体育健身青年足底各区域负荷率左、右双足之间比较,在第1跖骨、第2跖骨、第5跖骨、足弓4个区域的统计学差异具有高度显著性

表2 长期体育健身青年与普通青年足底各区域峰力值分布

($\bar{x}\pm s, f/N$)

部位	长期体育健身青年 (n=103)		普通青年 (n=107)	
	左足	右足	左足	右足
第1跖骨	218.60±110.82	218.85±104.35	113.46±61.27 ^③	125.57±52.48 ^{②③}
第2—5跖骨	52.70±31.38	57.25±33.65	28.41±21.26 ^③	36.16±27.48 ^③
第1跖骨	130.08±62.78	194.21±92.08 ^②	88.57±30.26 ^③	128.43±57.24 ^{①③}
第2跖骨	256.19±89.95	337.12±141.57 ^②	133.54±41.38 ^③	152.63±40.37 ^{①③}
第3跖骨	248.93±99.40	266.30±113.91 ^②	129.65±35.41 ^③	140.27±36.12 ^{①③}
第4跖骨	167.15±66.63	117.64±55.26 ^②	101.24±33.27 ^③	91.65±32.44 ^{①③}
第5跖骨	111.12±52.66	62.36±32.55 ^②	79.52±46.36 ^③	43.27±26.48 ^{②③}
足弓	121.23±48.98	80.29±44.50 ^②	117.65±53.28 ^③	71.47±42.18 ^{②③}
足跟内侧	445.07±101.22	447.33±130.63	191.36±45.27 ^③	216.54±48.31 ^{②③}
足跟外侧	361.62±112.15	384.56±126.00	163.54±47.28 ^③	178.26±43.33 ^③

左右足比较,① $P<0.05$,② $P<0.01$;长期体育健身青年与普通青年比较,③ $P<0.01$

表3 长期体育健身青年与普通青年足底各区域达峰力值时间分布

($\bar{x}\pm s, t/ms$)

部位	长期体育健身青年 (n=103)		普通青年 (n=107)	
	左足	右足	左足	右足
第1跖骨	497.79±40.98	496.44±42.67	594.47±56.32 ^③	576.24±71.23 ^{②③}
第2—5跖骨	481.56±58.65	483.41±46.42	553.71±126.80 ^③	510.25±168.27 ^{①③}
第1跖骨	453.26±65.01	472.86±36.88 ^②	517.28±97.32 ^③	493.15±101.28 ^{②③}
第2跖骨	471.37±39.44	470.73±47.73	550.27±73.28 ^③	538.26±69.82 ^{②③}
第3跖骨	453.13±46.69	442.46±54.64	541.27±66.84 ^③	524.61±73.24 ^{②③}
第4跖骨	402.59±74.56	359.04±102.91 ^②	468.32±121.57 ^③	443.31±105.36 ^{①③}
第5跖骨	291.69±113.80	257.86±115.08 ^①	419.58±103.45 ^③	411.26±118.42 ^③
足弓	141.51±38.88	146.09±47.00	256.36±88.45 ^③	236.65±74.35 ^{①③}
足跟内侧	103.67±25.58	100.97±23.78	148.26±47.28 ^③	142.64±45.17 ^{①③}
足跟外侧	94.58±31.71	87.18±31.76	133.27±56.37 ^③	125.81±60.09 ^{②③}

左右足比较,① $P<0.05$,② $P<0.01$;长期体育健身青年与普通青年比较,③ $P<0.01$

表4 长期体育健身青年与普通青年足底各区域负荷率分布

($\bar{x}\pm s, N/s$)

部位	长期体育健身青年 (n=103)		普通青年 (n=107)	
	左足	右足	左足	右足
第1跖骨	1.21±0.73	1.06±0.63 ^①	0.47±0.18 ^④	0.51±0.20 ^①
第2—5跖骨	0.36±0.25	0.38±0.29	0.26±0.11 ^④	0.18±0.13 ^④
第1跖骨	0.53±0.28	0.73±0.42 ^②	0.43±0.22 ^④	0.69±0.28 ^{②④}
第2跖骨	0.79±0.24	1.00±0.41 ^②	0.52±0.26 ^④	0.61±0.23 ^{①④}
第3跖骨	0.99±0.35	0.89±0.38 ^①	0.57±0.26 ^④	0.56±0.23 ^①
第4跖骨	0.69±0.35	0.66±0.42	0.43±0.21 ^④	0.48±0.27 ^④
第5跖骨	1.24±1.47	0.85±0.98 ^②	0.42±0.24 ^④	0.26±0.13 ^{②④}
足弓	2.09±1.12	1.56±1.16 ^②	1.31±0.88 ^④	0.54±0.18 ^{①④}
足跟内侧	16.41±15.35	16.37±14.30	9.77±2.46 ^④	5.25±1.93 ^①
足跟外侧	17.10±14.73	18.96±15.14	7.21±3.54 ^④	7.59±2.33 ^①

左右足比较,① $P<0.05$,② $P<0.01$;长期体育健身青年与普通青年比较,③ $P<0.05$,④ $P<0.01$

($P<0.01$),在第1趾骨、第3跖骨两区域的差异具有显著性($P<0.05$)。普通青年左、右足足底各区域的负荷率比较,在第1趾骨、第5跖骨两区域的统计学差异具有高度显著性($P<0.01$);在第2跖骨、足弓两区域的差异具有显著性($P<0.05$)。长期体育健身青年与普通青年足底各区域的负荷率统计学比较均具有高度显著性($P<0.01$)。从数据中可以看出行走过程中足跟区域的负荷率最大。

2.4 长期体育健身青年与普通青年足底各区域冲量分布结果与分析

从表5可知,长期体育健身青年行走过程中左、右足足底各区域的冲量统计学比较在第1跖骨、第2

跖骨、第4跖骨、第5跖骨、足弓5各区域的差异具有高度显著性($P<0.01$),在第2—5趾骨、第3跖骨两区域的差异具有显著性($P<0.05$)。普通青年左、右足足底各区域的冲量统计学比较除足跟外侧外的9个区域差异均具有高度显著性或显著性。长期体育健身青年与普通青年左、右足足底各区域的冲量统计学比较均在第1趾骨、第2—5趾骨、第1跖骨、第2跖骨、第3跖骨、足跟内侧、足跟外侧7个区域差异具有高度显著性($P<0.01$)。长期体育健身青年与普通青年足底冲量最大的区域主要分布在足跟内侧、第3跖骨、足跟外侧、第2跖骨,冲量较小的区域主要分布在第2—5趾骨、足弓,表现出较好的一致性。

表5 长期体育健身青年与普通青年足底各区域冲量分布

($\bar{x}\pm s, N/s$)

部位	长期体育健身青年 (n=103)		普通青年 (n=107)	
	左足	右足	左足	右足
第1趾骨	31.58±18.17	33.44±20.13	25.24±13.81 ^③	28.59±14.29 ^{②③}
第2—5趾骨	6.25±3.95	7.36±5.23 ^①	4.73±5.04 ^③	8.05±3.62 ^{①③}
第1跖骨	21.89±12.57	32.57±17.75 ^②	24.01±14.23 ^③	36.81±20.15 ^{①③}
第2跖骨	49.21±16.94	67.85±30.67 ^②	42.59±16.44 ^③	52.16±16.88 ^{②③}
第3跖骨	67.72±24.15	62.12±28.09 ^①	44.27±16.85 ^③	46.28±17.25 ^{①③}
第4跖骨	39.59±17.13	31.02±15.58 ^②	37.02±14.81	32.57±14.27 ^②
第5跖骨	26.91±14.26	14.69±8.65 ^②	25.69±15.24	13.28±7.85 ^②
足弓	20.94±10.22	13.90±10.01 ^②	22.26±12.38	14.55±9.87 ^②
足跟内侧	72.16±21.63	68.48±23.10	46.17±15.66 ^③	50.83±19.36 ^{①③}
足跟外侧	60.44±22.32	60.24±21.78	39.26±12.76 ^③	42.81±16.28 ^③

左右足比较,① $P<0.05$,② $P<0.01$;长期体育健身青年与普通青年比较,③ $P<0.01$

3 讨论

足底压力的峰值值是反映足底压力分布的重要指标,峰值的大小和部位对于足部损伤的发生具有重要的影响^[5]。本研究表明长期体育健身青年与普通青年左、右足足底压力峰值均是足跟内侧最大,其次是足跟外侧、第2跖骨、第3跖骨,足底峰值较小的区域主要分布在第5跖骨、第2—5趾骨,且长期体育健身青年与普通青年分布规律一致,这一结果与严励等^[6-7]的研究结论基本一致。有很多人行走一段时间后足跟感到疼痛的原因,可能与足跟受力较大有关:人们在自然行走时,摆动腿腾空后足跟首先着地,这样就会有一定的冲击力,同时由于踝关节的结构和足跟下肌肉、脂肪较少的原因不可能形成较好的缓冲效果,就会造成足部足跟处受力较大,行走时间较长后导致足跟疼痛。也有研究结果与此不同,袁刚等^[8]研究表明,行走时足底最大压力主要位于第2跖骨(57%)和跟骨(16%);国外研究显示,正常人足底最大压力位于第1跖骨头^[9]。国内

与国外数据的不同可能与种族差异或生活习惯不同有关;国内不同学者研究数据的差异可能因测试仪器的不同、研究对象的地域差异,实验误差等原因所致。本研究的结果还显示长期体育健身青年足底各区域峰值均大于普通青年,统计学检验差异均表现出高度显著性。形成这一结果原因可能是:一是与步速有关,有研究表明步速加快可使足底压力增高,步速与足底压力呈正相关^[10-13];由表3可知长期体育健身青年的步速远快于普通青年;二是与体重有关,有研究表明体重与足底压力也呈正相关^[14-15];由表1可知长期体育健身青年的体重大于普通青年。

在足底各区域达峰力值时间方面,本研究表明,长期体育健身青年足底各区域达峰力值时间左、右双足之间比较,只在第1跖骨、第4跖骨、第5跖骨3个区域的差异具有显著性差异,而普通青年足底各区域达峰力值时间左、右双足之间比较,除第5跖骨之外各区域的差异均具有显著性差异。形成这一结

果的可能原因是:优势腿在力量性、速度感、平衡能力等方面要远好于非优势腿,这有可能造成左足在自然行走过程中步幅大于右足,形成左、右双足各区域达峰力值时间差异较大。吕导中^[16]的研究证明了普通人在行走时左足的步长远大于右足的步长。这一问题有待进一步深入研究。

负荷率,表示压强的变化快慢,可解释为足底各解剖区域的负荷变化速率,变化越快,局部接受压力刺激越大^[17]。本研究表明,长期体育健身青年足底各区域的负荷率均大于普通青年具有显著性差异。这一结果可能还是和长期体育健身青年体重大、步速快,致使单位时间内负荷变化较快所致。

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^[18-19]。所以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^[20]。本研究表明,长期体育健身青年与普通青年左、右双足在各区域的冲量都存在不同程度的显著性差异,冲量最大的区域主要分布在足跟内侧、第3跖骨、足跟外侧、第2跖骨,冲量较小的区域主要分布在第2—5趾骨、足弓,且表现出的长期体育健身青年冲量值大于普通青年的一致性。形成这一结果的原因可能与长期体育健身青年足底压力大(由表2可见长期体育健身青年足底压力值远高于普通青年),行走速度较快、时间短(由表3可见长期体育健身青年达到峰力值的时间低于普通青年)有关。这一结果也提示我们在体育运动中或日常生活中,当足与地面接触过程中应注意足底压力和作用时间的关系,若足部所受动量的变化量恒定时,应充分利用髌、膝、足弓、鞋等的减震功能,增加足与地面的接触时间,从而减小足的冲击力,避免运动损伤的发生^[21]。

综上所述可知,体育健身对人体下肢力量素质、速度素质、平衡能力等具有较好的促进作用。本研究也存在一定的不足,在纳入数据时并没有考虑“异常步态”——“内八字”、“外八字”的问题,这一影响需要进一步的研究。

参考文献

[1] 王兰美,郭业民,潘志国.人体足底压力分布研究与应用[J].机械

- 制造与自动化,2005,34(1):35—38.
- [2] 王军,徐新智.动态足底压应力测试分析及骨科临床应用[J].医用生物力学,1997,(12):170—174.
- [3] 董襄,樊瑜波,张明,等.人体足部生物力学的研究[J].生物医学工程杂志,2002,19(1):148—153.
- [4] 吴剑,李建设.青少年女性穿不同鞋行走时足底压力分布研究[J].体育科学,2006,26(6):67—69.
- [5] 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[J].中国康复医学杂志,2009,24(12):1119—1121.
- [6] 严励,王永慧,杨川,等.非糖尿病人群足底压力的研究[J].中山大学学报(医学科学版),2006,27(2):197—200.
- [7] 张庆来,宋绍兴,董杰.健康大学生足底压力分布参数特征研究[J].中国学校卫生,2007,28(9):814—816.
- [8] 袁刚,张木勋,王中琴,等.正常人足底压力分布及其影响因素分析[J].中华物理医学与康复杂志,2004,26(3):156—159.
- [9] Hallemans A, DAout K, De Clercq D, et al. Pressure distribution patterns under the feet of new walkers: the first two months of independent walking[J]. Foot Ankle Int, 2003, 24(5): 444—453.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Pham H, Armstrong DG, Harvey C, et al. Screening techniques to identify people at high risk for diabetic foot ulceration[J]. Diabetes Care, 2000, 23(5): 606—611.
- [13] De Cock A, Willem 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.
- [14] 高原,肖丹丹.肥胖人步态生物力学研究的现状及进展[J].北京体育大学学报,2005,28(8):1097—1099.
- [15] 李艳霞,刘颖,韩涛,等.肥胖青年平地自然行走时足底压力分析与步态特征[J].中国组织工程研究与临床康复,2008,12(15):2870—2874.
- [16] 吕导中.监控人像步幅特征的矫正测量方法研究[J].中国人民公安大学学报(自然科学版),2007,53(3):32—35.
- [17] 宋雅伟,钱竞光,岳璐.正常成人裸足与穿普通运动鞋足底压力的比较[J].中国组织工程研究与临床康复,2008,12(50):9879—9883.
- [18] 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[J].中国体育科技,2008,44(6):89—92.
- [19] 赵焕彬,霍洪峰,张静,等.老年人健身背向走的足底压力与步态特征[J].中国康复医学杂志,2010,25(5):435—438.
- [20] 张庆来,孟站领.正常青年人左右足底压力分布特征的对比分析[J].中国组织工程研究与临床康复,2007,11(5):889—892.
- [21] 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.
- [22] 霍洪峰,吴艳霞,付丽敏,等.女青年异常步态行走时的足底压力特征[J].中国康复医学杂志,2009,24(9):841—843.