

·临床研究·

## 长期从事太极拳运动老年人足底压力分布特征及平衡能力研究\*

李立<sup>1</sup> 陈玉娟<sup>2</sup> 翟凤鸣<sup>2</sup> 张立立<sup>2</sup> 张岩<sup>2</sup>

### 摘要

**目的:**探索太极拳运动对老年人足底压力及平衡能力的影响。

**方法:**运用比利时Footscan足底压力测试系统和人体静态平衡能力测试系统对石家庄市长期从事太极拳运动的老年男性44例(太极拳组)和长期无体育运动的老年男性51例(普通组)进行测试。

**结果:**两组老年人左足峰力值/体重比较,除第2—5趾骨、足跟外侧的8个区域有显著性意义( $P<0.05$ ),右足比较,除足跟外侧的9个区域有显著性意义( $P<0.05$ ),太极拳组多数区域大于普通组;两组老年人达峰力值时间左、右足分别比较,各区域均有显著性意义( $P<0.05$ ),太极拳组各区域早于普通组;两组老年人左足各区域负荷率比较,除第2—5趾骨的9个区域有显著性意义( $P<0.05$ ),右足比较,除第1趾骨、第1跖骨的8个区域有显著性意义( $P<0.05$ ),太极拳组普遍大于普通组;两组老年人左足各区域冲量比较,除第3、4跖骨、足弓外的7个区域有显著性意义( $P<0.05$ ),右足比较,各区域均有显著性意义( $P<0.05$ ),太极拳组足跟冲量大于普通组,前脚掌内侧冲量小于普通组;太极拳组老年人平衡能力显著好于普通组老年人( $P<0.05$ )。

**结论:**太极拳运动可以有效促进老年人肌肉力量水平得到发展,提升老年人对身体姿势的控制能力,使得老年人足底区域峰力值、达峰力值时间、负荷率数值接近于青年人,平衡能力提升。

**关键词** 太极拳;足底压力;平衡能力

中图分类号:R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2016)-09-984-05

**A study on characteristics of foot pole pressure distribution and balance capacity for the elderly with long-term Taiji exercise/LI Li, CHEN Yujuan, ZHAI Fengming, et al.//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2016, 31(9): 984—988**

### Abstract

**Objective:** To determine the effect of the long-term Taiji exercise on the foot pole pressure and the balance capacity in elderly.

**Method:** Flat panel type footscan foot pole pressure test system(Belgium) was used to detect the difference between elderly with long-term Taiji exercise(T, n=24) and no-exercise(C, n=31) during natural walking.

**Result:** There was significant different peak torque in left (except Toe2-5 and Heel Lateral)and right feet(except Heel Lateral)( $P<0.05$ )between two groups. In most parts, T had greater peak torque. In terms of time to peak torque, the difference occurred for both side between two groups.( $P<0.05$ )and T also has earlier time to peak torque. There were different load rate in left(except Toe2-5) and right feet(except Toe1 and Meta1)( $P<0.05$ ). T had bigger load rate. The comparison of impulse also had the same results in 7 parts of left foot(except Meta3, Meta4 and Arch)( $P<0.05$ )and in all parts of right foot( $P<0.05$ ). T had bigger impulse in heel, while smaller impulse in forefoot medial.

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2016.09.011

\*基金项目:河北省人才培养工程资助项目(HB140016);石家庄学院科研团队建设项目(XJTD003)

1 石家庄学院科研处,河北石家庄,050035; 2 石家庄学院体育学院

作者简介:李立,男,副教授; 收稿日期:2015-05-08

**Conclusion:** Long-time Taiji training can promote the muscle strength development in elderly and improve the control of body posture. It is helpful for elderly to produce the Peak Torque, time to peak torque and load rate, which are closer to young people.

**Author's address** Science Faculty; Shijiazhuang University, Shijiazhuang, Hebei, 050035

**Key word** Taiji; foot sole pressure; balance ability

跌倒已成为老年人伤残、失能和死亡的重要原因。有研究表明,太极拳运动不仅可以有效改善老年人运动系统功能<sup>[1]</sup>,而且可以有效增强老年人对姿势的控制力,提升老年人平衡能力<sup>[2]</sup>。有研究结果证实长期从事太极拳运动的老年人在跨越障碍物时,对障碍物的判断更加准确,下肢的稳定性、柔韧性、协调性更为优秀,防跌倒能力和平衡能力明显好于同龄人<sup>[3-5]</sup>。人体的足底在姿势的控制与调整方面起着重要作用,通过足底压力测试可以反映太极拳运动对老年人平衡能力的影响<sup>[6]</sup>。鉴此,本研究通过对长期从事太极拳运动老年人和长期无体育运动老年人进行足底压力和平衡能力测试,探索太极拳运动对老年人足底压力及平衡能力的影响,分析太极拳运动对预防老年人跌倒的作用。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

本研究选取石家庄市坚持每周练习5次及其以上,连续练习5—10年太极拳的老年男性44例(太极拳组)和长期无体育运动的老年男性51例(普通组)为研究对象,基本情况见表1。经检查,研究对象均无心血管系统疾病、呼吸系统疾病,无足部外伤史、糖尿病史及手术史,无运动障碍,测试前24h内未参加过剧烈运动,测试时足、踝关节活动正常。

表1 研究对象一般资料

组别	例数	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	练习年限(年)
太极拳组	44	64.17±3.62	168.68±4.59	67.72±6.26	7.25±2.24
普通组	51	63.48±4.76	168.04±5.63	66.16±5.61	-

### 1.2 研究方法

**足底压力测试:** 本研究采用比利时平板足底压力测试系统 Footscan insole(测量频率为500Hz,传感器厚度2.2mm,传感器密度4个/cm<sup>2</sup>。引出厚度1.5mm,压力范围1—60N/cm<sup>2</sup>,最小分辨率为25g,一致性为±25g)对研究对象的足底压力进行测试。

测试时将200cm×40cm×2cm的Footscan测力平板放在地板上,两边连接延长跑道各2m,表面与测力板在一个水平面;测试时要求受试者赤足,以个人平常步态自然行走,测量3次,以足底压力测试系统获得完整步态压力分布图为准。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、足跟外侧。分析指标包括各区域峰力值、达峰力值时间、负荷率、冲量。

**平衡能力测试:** 本研究采用中国科学院合肥智能研究所生产的人体静态平衡能力测试系统进行测试,测试过程中要求对象脱鞋参加测试,左足站立、两手自然垂于体侧,尽量保持身体的稳定,每个研究对象进行单足睁眼站立、单足闭眼站立两个姿势的测试。主要分析指标为:重心动摇轨迹长(Lng)、包络面积(Area)、X轴的偏移(Mx)、Y轴的偏移(My)、X轴的摆动速度(X speed)、Y轴的摆动速度(Y speed)、重心动摇速度(Avg.Q.speed)等7个测试指标,每个姿势的测试时间为30s。

### 1.3 统计学分析

采用SPSS17.0统计软件包对所测试数据进行两样本t检验统计学比较,结果均以均数±标准差表示。

## 2 结果

### 2.1 太极拳组与普通组老年人足底各区域峰力值/体重分布结果与分析

太极拳组老年人足底各区域峰力值较大区域主要集中于足跟、前脚掌内侧、第1趾骨;普通组老年人较大区域集中于足跟、前脚掌外侧、第1趾骨。太极拳组老年人足底各区域峰力值左、右足统计学比较,在第4跖骨、第5跖骨、足弓3个区域有显著性意义( $P<0.05$ );普通组老年人足底各区域峰力值左、右足统计学比较,在第1趾骨、第2—5趾骨、第3跖骨、

第5跖骨、足弓5个区域有显著性意义( $P<0.05$ )。太极拳组与普通组老年人足底各区域峰力值统计学比较,多数区域有显著性意义( $P<0.05$ ),太极拳组老年人多数区域峰力值大于普通组老年人。见表2。

**2.2 太极拳组与普通组老年人足底各区域达峰力值时间结果与分析**

太极拳组和普通组老年人足底各区域达峰力值时间按照行走过程中足底接触地面的顺序(足跟—足弓—跖骨—脚趾)呈依次递增趋势,但太极拳组老年人左、右足单步完成的时间远小于普通组老年人( $P<0.05$ )。太极拳组老年人足底各区域达峰力值时间左、右足统计学比较,在第4跖骨、第5跖骨2个区域有显著性意义( $P<0.05$ ),左足两区域达峰力值时间晚于右足;普通组老年人足底各区域达峰力值时间左、右足统计学比较,除第5跖骨、足跟内侧2个区域外的8个区域均有显著性意义( $P<0.05$ ),左足8区域达峰力值时间晚于右足。见表3。

**表2 太极拳组与普通组老年人足底各区域峰力值/体重分布比较** ( $\bar{x}\pm s, N/kg$ )

部位	太极拳组(44例)		普通组(51例)	
	左足	右足	左足	右足
第1趾骨	2.60±0.51 <sup>②</sup>	2.84±0.54 <sup>②</sup>	1.93±0.36	2.47±0.32 <sup>①</sup>
第2—5趾骨	0.58±0.11	0.65±0.15 <sup>②</sup>	0.58±0.10	0.85±0.12 <sup>①</sup>
第1跖骨	2.22±0.46 <sup>②</sup>	2.35±0.41 <sup>②</sup>	1.68±0.25	1.88±0.26
第2跖骨	3.27±0.52 <sup>②</sup>	3.63±0.54 <sup>②</sup>	2.68±0.47	2.59±0.40
第3跖骨	3.10±0.48 <sup>②</sup>	3.34±0.41 <sup>②</sup>	2.12±0.34	2.65±0.42 <sup>①</sup>
第4跖骨	2.30±0.39 <sup>②</sup>	1.83±0.34 <sup>①②</sup>	3.12±0.59	2.89±0.54
第5跖骨	1.31±0.27 <sup>②</sup>	0.96±0.32 <sup>①②</sup>	2.46±0.45	3.10±0.12 <sup>①</sup>
足弓	1.65±0.40 <sup>②</sup>	1.31±0.41 <sup>①②</sup>	1.54±0.25	2.09±0.34 <sup>①</sup>
足跟内侧	4.65±0.67 <sup>②</sup>	4.72±0.81 <sup>②</sup>	3.54±0.77	4.04±0.66
足跟外侧	4.00±0.61	4.09±0.80	3.83±0.70	4.17±0.65

注:①同组间左右足比较 $P<0.05$ ;②组间比较 $P<0.05$

**2.3 太极拳组与普通组老年人足底各区域负荷率分布结果与分析**

太极拳组和普通组老年人足底各区域负荷率较大区域主要集中在足跟、足弓和前脚掌内侧。太极拳组老年人左、右足统计学比较,在第1跖骨、第2跖骨、足弓3区域有显著性意义( $P<0.05$ );而普通组老年人左、右足统计学比较,在第1趾骨、第2—5趾骨、第1跖骨、第2跖骨、足弓、足跟内侧、足跟外侧7区域有显著性意义( $P<0.05$ );由此可见,太极拳组老年人左、右足各区域负荷率齐性好于普通组老年人。太极拳组与普通组老年人足底各区域负荷率统计学比较,多数区域有显著性意义( $P<0.05$ ),太极拳组普遍大于普通组老年人。见表4。

**2.4 太极拳组与普通组老年人足底各区域冲量分布结果与分析**

太极拳组老年人足底最大冲量位于足跟内侧,而普通组老年人足底最大冲量位于第2跖骨;太极拳组与普通组老年人足底各区域冲量统计学比较,多数区域有显著性意义( $P<0.05$ ),太极拳组老年人足跟冲量大于普通组老年人,前脚掌内侧冲量小于普通组老年人。见表5。

**2.5 太极拳组与普通组老年人平衡能力测试结果与分析**

太极拳组与普通组老年人平衡能力的测试结果比较表明,单足睁眼站立和单足闭眼站立各指标统计学比较均有显著性意义( $P<0.05$ ),太极拳组老年人各指标远小于普通组老年人。说明太极拳运动能够有效提升老年人的平衡能力。见表6。

**表3 太极拳组与普通组老年人足底各区域达峰力值时间分布比较** ( $\bar{x}\pm s, t/ms$ )

部位	太极拳组(44例)		普通组(51例)	
	左足	右足	左足	右足
第1趾骨	507.79±40.98 <sup>②</sup>	506.44±42.62 <sup>②</sup>	594.42±42.98	576.24±51.23 <sup>①</sup>
第2—5趾骨	491.56±58.65 <sup>②</sup>	493.41±46.42 <sup>②</sup>	553.78±57.64	510.25±68.23 <sup>①</sup>
第1跖骨	463.26±65.01 <sup>②</sup>	472.86±36.88 <sup>②</sup>	517.21±42.32	493.15±51.33 <sup>①</sup>
第2跖骨	471.37±39.43 <sup>②</sup>	470.73±47.73 <sup>②</sup>	550.27±52.28	538.26±59.82 <sup>①</sup>
第3跖骨	453.13±46.69 <sup>②</sup>	442.46±54.63 <sup>②</sup>	541.44±46.84	524.61±43.56 <sup>①</sup>
第4跖骨	402.59±74.54 <sup>②</sup>	359.04±52.91 <sup>①②</sup>	468.63±72.57	443.31±55.78 <sup>①</sup>
第5跖骨	291.69±53.80 <sup>②</sup>	257.86±45.05 <sup>①②</sup>	419.70±53.45	411.26±58.42
足弓	141.51±38.82 <sup>②</sup>	146.09±47.02 <sup>②</sup>	256.56±58.45	236.65±44.63 <sup>①</sup>
足跟内侧	103.67±25.51 <sup>②</sup>	100.97±23.74 <sup>②</sup>	148.88±37.28	142.64±35.52
足跟外侧	94.58±31.75 <sup>②</sup>	87.18±31.72 <sup>②</sup>	133.41±36.37	125.81±30.34 <sup>①</sup>

注:①同组间左右足比较 $P<0.05$ ;②组间比较 $P<0.05$

表4 太极拳组与普通组老年人足底各区域负荷率分布比较 ( $\bar{x}\pm s, N, s^{-1}$ )

部位	太极拳组(44例)		普通组(51例)	
	左足	右足	左足	右足
第1趾骨	0.52±0.14 <sup>②</sup>	0.58±0.21	0.37±0.07	0.54±0.12 <sup>①</sup>
第2—5趾骨	0.22±0.09	0.24±0.08 <sup>②</sup>	0.18±0.10	0.32±0.11 <sup>①</sup>
第1跖骨	0.51±0.13 <sup>②</sup>	0.62±0.17 <sup>①</sup>	0.43±0.15	0.61±0.20 <sup>①</sup>
第2跖骨	0.74±0.26 <sup>②</sup>	0.95±0.31 <sup>①②</sup>	0.52±0.12	0.87±0.22 <sup>①</sup>
第3跖骨	0.83±0.23 <sup>②</sup>	0.78±0.24 <sup>②</sup>	0.48±0.09	0.51±0.11
第4跖骨	0.56±0.12 <sup>②</sup>	0.51±0.26 <sup>②</sup>	0.21±0.06	0.19±0.06
第5跖骨	0.31±0.13 <sup>②</sup>	0.29±0.11 <sup>②</sup>	0.23±0.09	0.18±0.07
足弓	1.87±0.49 <sup>②</sup>	1.45±0.52 <sup>①②</sup>	0.77±0.28	0.46±0.22 <sup>①</sup>
足跟内侧	12.01±4.33 <sup>②</sup>	11.77±5.12 <sup>②</sup>	5.61±1.78	6.83±2.06 <sup>①</sup>
足跟外侧	10.16±4.31 <sup>②</sup>	10.43±3.27 <sup>②</sup>	8.22±2.03	6.22±1.78 <sup>①</sup>

注:①同组间左右足比较 $P < 0.05$ ;②组间比较 $P < 0.05$ 。

表5 太极拳组与普通组老年人足底各区域冲量/体重分布比较 ( $\bar{x}\pm s, Ns/kg$ )

部位	太极拳组(44例)		普通组(51例)	
	左足	右足	左足	右足
第1趾骨	0.41±0.11 <sup>②</sup>	0.43±0.12 <sup>②</sup>	0.32±0.13	0.52±0.16 <sup>①</sup>
第2—5趾骨	0.09±0.03 <sup>②</sup>	0.10±0.04 <sup>①②</sup>	0.08±0.05	0.12±0.08 <sup>①</sup>
第1跖骨	0.39±0.12 <sup>②</sup>	0.41±0.11 <sup>②</sup>	0.59±0.19	0.65±0.21
第2跖骨	0.73±0.18 <sup>②</sup>	0.86±0.21 <sup>①②</sup>	1.05±0.25	1.33±0.17 <sup>①</sup>
第3跖骨	0.91±0.28	0.83±0.25 <sup>②</sup>	0.96±0.17	0.89±0.14
第4跖骨	0.45±0.19	0.33±0.32 <sup>①②</sup>	0.42±0.12	0.80±0.21 <sup>①</sup>
第5跖骨	0.32±0.12 <sup>②</sup>	0.22±0.11 <sup>①②</sup>	0.25±0.07	0.30±0.06
足弓	0.27±0.10	0.21±0.09 <sup>①②</sup>	0.25±0.08	0.23±0.06
足跟内侧	1.06±0.25 <sup>②</sup>	1.07±0.34 <sup>②</sup>	0.73±0.25	0.85±0.27 <sup>①</sup>
足跟外侧	0.88±0.27 <sup>②</sup>	0.89±0.30 <sup>②</sup>	0.77±0.20	0.80±0.27

注:①同组间左右足比较 $P < 0.05$ ;②组间比较 $P < 0.05$ 。

表6 太极拳组与普通组老年人平衡能力测试结果比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

部位	太极拳组(44例)		普通组(51例)	
	单足睁眼	单足闭眼	单足睁眼	单足闭眼
Lng	205.63±85.42 <sup>①</sup>	322.42±108.53 <sup>①</sup>	386.45±121.02	409.66±180.25
Area	185.25±72.45 <sup>①</sup>	341.28±145.77 <sup>①</sup>	215.22±103.85	415.29±151.47
Mx	6.02± 1.27 <sup>①</sup>	7.26± 2.04 <sup>①</sup>	7.06± 2.11	9.94± 3.21
My	5.15± 1.72 <sup>①</sup>	8.52± 2.12 <sup>①</sup>	6.53± 2.87	10.94± 2.86
X speed	21.26± 8.15 <sup>①</sup>	29.86± 7.17 <sup>①</sup>	27.54± 11.32	36.04± 10.51
Y speed	21.48± 8.07 <sup>①</sup>	29.65± 9.56 <sup>①</sup>	26.38± 9.57	38.79± 12.18
Avg.Q.speed	32.58±10.84 <sup>①</sup>	45.14± 14.24 <sup>①</sup>	41.29± 10.25	50.66± 12.18

注:①组间比较 $P < 0.05$ 。

### 3 讨论

太极拳组老年人的平衡能力、足底多数区域峰值、负荷率显著高于普通组老年人,形成这一结果的原因可能与太极拳运动使老年人下肢力量增加有关。太极拳运动强调重心的动静结合、虚实转换,较多的“开胯屈膝”、“下蹲弯腰”动作,可以有效促进股四头肌肌力得到发展。下肢力量的增强无形中提高了老年人对身体姿势的控制能力、平衡能力的提升<sup>[7-8]</sup>。力量和平衡能力的提升大大增加了太极拳组老年人自然行走时避免摔倒的信心,因而走起来稳健、有力量、步幅也随之增大,很多研究表明,步幅加大可使足底压力、压强增高<sup>[9-11]</sup>。这使得太极拳组老年人足底区域峰值、达峰力值时间、负荷率数值接近于青年人<sup>[12]</sup>。而普通老年人峰值、负荷率较小与他们害怕摔倒的自身的保护机制有关,为避免摔倒的发生,他们足跟着地点更靠近身体的总重心,着地角度更垂直,步速降低,脚跟着地、屈膝和踝跖屈等动作缓慢,伸髋不充分,外观表现为行走时拖拉,但这样就大大降低了足部着地时受到的冲击力<sup>[13]</sup>。太极

拳组老年人前脚掌最大峰值力值靠近内侧,而普通组老年人靠近外侧,相同之处是脚趾区域峰值力值集中于第1趾骨。Nurse<sup>[14]</sup>的研究发现,人体主要通过第1趾骨和第一跖骨部位的触觉感受器来维持平衡,特别是前脚掌内侧的高压力可以有效强化第1趾骨、第一跖骨部位的触觉感受器,第一跖骨部位的触觉感受器尤为敏感。因此,他认为前脚掌内侧区域的峰值力值较大可以达到使人体及时反馈—修正姿势—维持平衡的作用。

太极拳组与普通组老年人足底最大峰值力值、负荷率均出现在足跟,形成这一结果的原因可能与行走时相及足跟关节及面积有关。人的行走过程分为站立时相(站立时相又包括后跟着地期、中间稳定期、推进期3个阶段)和摆动时相<sup>[15]</sup>,随人体重心的移动,足由摆动时相进入着地时相时,足跟首先着地,由于踝关节骨骼紧密,足跟受力面积又较小,无法起到很好的缓冲作用,这时人体的重量及行走时所获得的动量都会作用于足跟,使得足跟区域峰值力值、负荷率都很大,而足弓、脚掌、脚趾行走过程中接

触地面时已进入中间稳定期,因此,与足跟相比最大峰值、负荷率较小。这与孔德刚<sup>[16]</sup>、范丽<sup>[17]</sup>等研究结果一致。

太极拳组老年人足底各区域达峰力值时间与普通组老年人对应区域相比,远早于普通组老年人;自身左、右足统计学比较,只在第4跖骨、第5跖骨2个区域有显著性意义( $P<0.05$ );而普通组老年人左、右足统计学比较,在除第5跖骨、足跟内侧2个区域外的8个区域均有显著性意义( $P<0.05$ )。这可能是由于太极拳组老年人长年从事太极拳运动,左右下肢的力量素质、平衡能力、速度感等发展较为均衡,所以左右步态一致性较好。而普通组老年人随着年龄的自然增长,长期也没有系统的健身运动,身体各项功能会自然退化,维持平衡的能力也会随之减弱,特别是力量水平的降低,会导致老年人无法很好地控制身体重心的连贯性移动<sup>[18]</sup>,因此,在自然行走时担心摔倒,而降低行走速度,导致左、右足达峰力值时间一致性较差,时间较长。

冲量是指作用于物体的外力与外力作用时间的乘积<sup>[19]</sup>。本研究表明,太极拳组老年人足跟冲量大于普通组老年人,前脚掌内侧冲量小于普通组老年人。形成这一结果的原因可能与两组老年人下肢力量及足底着地方式有关。因为冲量由外力与外力作用时间的乘积所得,受压力值和接触时间两因素影响,所以当足着地过程中注意足底压力与作用时间的关系,就可以改变冲量。例如,当足部动量的变化量恒定时,通过髌、膝、足弓等的减震功能,就可以达到减小压力值或增加足与地面的接触时间,来减小地面对足的冲量<sup>[20]</sup>。

从以上的分析可以看出,太极拳运动可以有效促进老年人肌肉力量水平的发展,提升老年人对身体姿势的控制能力,使得老年人足底区域峰值、达峰力值时间、负荷率数值接近于青年人水平,促使老年人平衡能力得以提升。

## 参考文献

[1] 王华.太极拳和快步走锻炼对老年人静态平衡功能的改善效果

[J].中国老年学杂志,2014,34(23):6657—6658.

[2] 杨慧馨,虞定海.太极拳锻炼与快走锻炼中老年女性静态平衡功能比较[J].中国运动医学杂志,2013,32(5):437—440.

[3] 黄豪,张文召,杨朴,等.太极拳对早期帕金森病平衡能力和运动能力的影响[J].中国康复医学杂志,2015,30(3):281—282.

[4] 王红雨,张林.24式简化太极拳对老年人平衡功能的影响[J].中国老年学杂志,2013,33(13):3011—3013.

[5] 陈孝道.太极拳对老年人静态平衡能力的现状调查与分析[J].内蒙古体育科技,2011,24(3):119—121.

[6] Wang J, Chen Z, Song Y. Falls in aged people of the Chinese mainland: epidemiology, risk factors and clinical strategies[J]. Ageing Res Rev, 2010, 9(5):13—17.

[7] 张彩芳.太极拳锻炼对老年人肌力与平衡能力关系的研究[J].中外医疗,2011,(14):185.

[8] 常书婉,周继和,洪友廉,等.长期太极拳练习对老年女性平衡能力的影响[J].成都体育学院学报,2014,40(4):42—47.

[9] 刘静,王雪强,吕志,等.太极拳运动对中老年人膝关节本体感觉的影响[J].中国康复医学杂志,2012,27(10):962—964.

[10] Szczciel E, Golec E, Golec J, et al. Comparative analysis of distribution on the sole surface of arched feet and flat feet [J]. Przegł Lek, 2008, 65(1):4—7.

[11] 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.

[12] 李立,陈玉娟,翟凤鸣,等.老年人与青年人足底压力分布特征比较[J].中国老年学杂志,2011,31(23):1453—1455.

[13] 许晓峰,李世森,邸建勇.老年男性足底压力分布特征测试与分析[J].中国组织工程研究,2012,16(28):5237—5240.

[14] Nurse MA, Nigg BM. The effect of changes in foot sensation on plantar pressure and muscle activity[J]. Clin Biomech, 2001, 16(8):719—721.

[15] 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.

[16] 孔德刚,高虹,王璐.太极拳运动对老年人足底压力的影响[J].中国老年学杂志,2013,33(5):2029—2031.

[17] 范丽.一年太极拳的练习对老年人足底压力和平衡能力的影响[D].湖北大学,2009.

[18] 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,2010,26(5):435—438.

[19] 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.

[20] 陈玉娟,李立,崔巴特尔,等.长期体育健身对青年足底压力及步态的影响[J].中国康复医学杂志,2011,26(6):533—537.