



# 不同项目足弓形态特点及其与跳深实验中支撑时间的关系

蔡广<sup>1</sup>, 许汪宇<sup>2</sup>, 刘慧琴<sup>1</sup>, 葛珺<sup>1</sup>

**摘要:** 从运动员选材角度探讨不同项目足弓形态特点及在跳深实验中足弓形态与支撑时间关系, 以期足弓形态应用于田径运动员选材提供科学依据。研究对象: 上海市一、二线短跑和中长跑共 84 名运动员, 其中男子短跑运动员 34 名, 女子短跑运动员 19 名, 男子中长跑运动员 21 名, 女子中长跑 10 名。方法: 所有研究对象均进行身高、体重、足弓形态、跳深实验测试, 然后分组研究足弓形态与跳深实验中支撑时间关系。结果: 男女均表现出足弓低的组支撑时间快于足弓高的组支撑时间; 短跑和中长跑项目中男女优秀组的足弓均出现低于一般组的趋势; 短跑男子优秀组和一般组的足弓基本都低于中长跑优秀组和一般组的趋势。结论: 足弓高低是影响短跑或中长跑运动员支撑时间长短的重要因素, 在运动员选材中或对教练员训练中有重要的指导意义。

**关键词:** 跳深实验; 支撑时间; 足弓; 短跑; 中长跑

中图分类号: G808.18 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2017)02-0070-04

DOI: 10.12064/ssr.20170213

## Foot-arch Characteristics of the Different Sports Athletes and the Relations between Foot-arch and Contact Time in Drop-jump

CAI Guang<sup>1</sup>, XU Wangyu<sup>2</sup>, LIU Huiqin<sup>1</sup>, GE Jun<sup>1</sup>

(1. Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China; 2. Shanghai Baoshan District Sports Management Center, Shanghai 200940, China)

**Abstract:** The purpose of the study is to discuss the characteristics of foot-arch of the different sports athletes and the relations between foot-arch and contact time in drop-jump from the viewpoint of talent selection so as to provide scientific reference for using foot-arch in selecting track and field athletes. Subject: A total of 84 athletes of sprint and distance running from Shanghai youth and professional teams (34 men and 19 women of sprint, 21 men and 10 women of distance running). Method: All the subjects took the measurement of height, weight and foot-arch and did drop-jump test. Then they were divided into groups for the study of the relations between foot-arch and contact time in drop-jump. Result: The contact time of the low foot-arch groups of both male and female is faster than that of the high foot-arch groups. The foot-arch of the elite male and female athletes of sprint and distance running tends to be lower than that of the ordinary athletes groups. The foot-arch of the elite male sprint group and ordinary group is basically lower than that of the elite distance running group and ordinary group. Conclusion: Foot-arch is an important factor affecting the contact time of the sprint and distance running athletes. It is of great significance in talent selection and training.

**Key Words:** drop-jump; contact time; foot-arch; sprint; distance running

跑是人类最基本的运动形式之一,也是田径竞赛中的主要项目。这种运动形式的一个重要特点就是在运动过程中人体所受到的主要外力是通过双脚与地面的接触传递到人体的,研究这一过程中足与地面相互作用力的具体细节对于深入了解人体运动的基本规律具有重要意义<sup>[1-2]</sup>,在跑的过程中脚与地面的支撑时间便是研究较多的一项指标<sup>[3-6]</sup>。早在 20 世纪 40 年代初,前苏联体育学者就有对支撑时间进行划分,他们将支撑时期划分为两个阶段:缓冲阶段和后蹬阶段,3 个瞬间:着地瞬间、垂直瞬间以及离

地瞬间,之后又有德国、美国等国家学者对其进行重新划分,这是由于拍摄技术和生物力学技术的发展,支撑期的划分有利于研究支撑期的动作过程,从而建立更合理的动作技术<sup>[7-10]</sup>。

从运动生物力学角度来说,研究者普遍认为支撑阶段水平方向上的支撑反作用力是人体加速动力的源泉,缩短支撑时间和腾空时间,并且使支撑时间和腾空时间之间形成一个合理的时间比值范围是现代短跑单步技术发展的趋势,另一方面,关于短跑途中跑支撑缓冲技术的研究中

收稿日期: 2016-06-21

基金项目: 上海市体育局腾飞计划(10TF015)。

第一作者简介: 蔡广,男,副研究员。主要研究方向: 运动员选材。E-mail: leng8yang@126.com。

作者单位: 1. 上海体育科学研究所,上海 200030; 2. 宝山区体育事业管理中心,上海 200940。

普遍对髌膝踝 3 个关节角度、关节角速度、重心速度等指标进行分析,说明以上几个指标是影响支撑缓冲技术的重要因素,同时在支撑阶段的着地瞬间,最大缓冲瞬间和离地瞬间是 3 个重要的时刻,这 3 个时刻的运动学数据是评价运动员完成支撑缓冲技术好坏的重要依据<sup>[11-13]</sup>。

因此从当前国内外的研究看,其重点大多集中于支撑时间与运动成绩的关系,以及对运动过程中支撑的力学分析,而对于影响运动员支撑时间长短因素,如小腿形态、足弓形态、反应时等,鲜见相关的报道。本研究将以短跑和中长跑运动员为研究对象,探讨足弓形态与支撑时间之间的关系,以期足弓形态应用于田径运动员选材进一步提供科学依据。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

研究对象均为上海市一、二线运动员,短跑项目包括 100 m、200 m、400 m,运动员取样于莘庄运动基地;中长跑项目包括 800 m、1 500 m、5 000 m、10 000 m,运动员取样于上海体育学院附属竞技体育学校。各项目男女运动员基本信息、运动等级人数分布见表 1。本文以运动等级分为 2 组:优秀组包括健将和一级,一般组包括二级和三级。

表 1 研究对象基本信息

Table I Basic Information of the Subjects

指标	短跑		中长跑	
	男	女	男	女
人数/人	34	19	21	10
年龄/岁	17.4±2.23	17.0±2.49	17.7±3.04	16.5±2.59
身高/cm	180.1±6.55	168.0±4.80	173.8±4.46	167.2±2.65
体重/kg	65.3±12.95	52.3±4.99	59.6±6.57	50.7±4.06
备注	优秀组 9 名 (健将 2 名, 一级 7 名); 一般组 25 名 (二级 18 名, 三级 7 名)	优秀组 7 名 (健将 1 名, 一级 6 名) 一般组 12 名 (二级 12 名, 三级 0 名)	优秀组 6 名 (健将 3 名, 一级 3 名); 一般组 15 名 (二级 13 名, 三级 2 名)	优秀组 3 名 (健将 0 名, 一级 3 名); 一般组 7 名 (二级 5 名, 三级 2 名)

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 足底形态测试

##### 1.2.1.1 记录指标

足弓<sub>1</sub>、足底最宽、足底最窄。

##### 1.2.1.2 测试仪器

利用平整场地或平面凳桌椅一块,透明薄层玻璃板、薄层锦纶棉(长 50 cm×宽 30 cm)一张,珠印油 50 g,少许均匀地涂抹在薄层锦纶棉上,30 cm 长塑料尺一把,干净毛巾 2 块,50 g 洗洁精备用。

##### 1.2.1.3 测试方法

受试者赤脚踩在锦纶棉上,然后平稳站到透明薄层玻璃板上(脚底不得搓动),以免印记模糊,待站稳后离开玻璃板。受试者足弓取样均用右脚。

##### 1.2.1.4 足弓的测量

在脚掌印记内侧缘最外侧分别选取 A、B 两点,连接 A、B 两点,做直线垂直于 AB 与脚掌印内侧缘相交,并使

该垂直线最宽,此直线距离代表足弓<sub>1</sub>,值越大表示足弓越高;足弓<sub>2</sub>为脚掌印最宽和最窄之比,值越大表示足弓越高(图 1)。

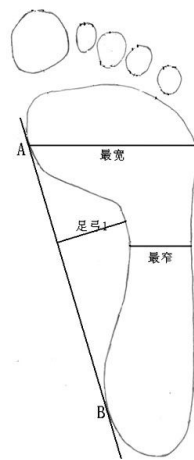


图 1 足弓测量示意图

Figure 1 Measurement of Foot-arches

#### 1.2.2 跳深试验

##### 1.2.2.1 测试仪器

NEWTEST Powertimer —便携式体能测试系统,40 cm 台阶、1.5 m 长杆、两个 40 cm 高架杆。

##### 1.2.2.2 记录指标

支撑时间、反弹高度、下落距离。

##### 1.2.2.3 测试方法

反应垫子连上主机,主机再连接电脑。台阶放置在离反应垫边缘 20 cm 位置,两个 40 cm 高的架杆放置垫子两侧,1.5 m 长杆放置在架杆上。受试者双手叉腰站光脚站在台阶上,仪器准备就绪,开始跳下,落在垫子上后,以最快的速度跳起,并跳过长杆,落在长杆的另外一侧,且保证落在垫子上。每人测试 3 次,取测试支撑时间平均值和最快值,分别表示为最快支撑时间和平均支撑时间。

#### 1.2.3 数据分组

为了探讨足弓形态对支撑时间的影响,需要对足弓进行分组,比较不同分组的支撑时间的差别。分组方式采用百分位数法,处于百分位数 25% 以下为 25% 组,处于百分位数 75% 以上为 75% 组。

#### 1.2.4 数据统计

所有的数据用 SPSS18.0 统计软件进行处理,结果用均数±标准差表示。两组之间的比较采用双样本均数 T 检验,相关分析为 Pearson Correlation, P < 0.05 为显著性, P < 0.01 为高度显著性。

## 2 结果

### 2.1 足弓对支撑时间的影响

表 2 是足弓<sub>1</sub> 分组支撑时间比较。表中显示:男子足弓<sub>1</sub> 最快和平均支撑时间 25% 组都快于 75% 组,但差异不具有显著性。女子也表现出同样的规律,足弓<sub>1</sub> 最快和平均支撑时间 25% 组都快于 75% 组,但差异无显著性。

表 2 足弓<sub>1</sub> 分组支撑时间比较(单位: ms)

Table II Comparison between the Group Support Time of Foot-arch 1 (ms)

组别	人数	男		人数	女	
		最快支撑时间	平均支撑时间		最快支撑时间	平均支撑时间
25%组	14	122.4±13.9	131.3±17.8	10	132.0±26.5	147.1±35.6
75%组	17	137.0±15.7	150.9±16.7	9	140.3±8.7	153.1±18.1

表 3 是足弓<sub>2</sub> 分组支撑时间比较。从表中可见:男子足弓<sub>2</sub> 最快和平均支撑时间 25%组都快于 75%组,但差异不具有显著性。女子足弓<sub>2</sub> 最快支撑时间 25%组快于 75%组,平均支撑时间 25%组慢于 75%组,差异均无显著性。

表 3 足弓<sub>2</sub> 分组支撑时间比较(单位: ms)

Table III Comparison between the Group Support Time of Foot-arch 2 (ms)

组别	人数	男		人数	女	
		最快支撑时间	平均支撑时间		最快支撑时间	平均支撑时间
25%组	14	134.2±21.6	141.7±23.7	10	144.4±21.4	164.5±33.3
75%组	17	136.7±15.0	150.0±13.7	9	147.6±7.8	159.7±13.7

表 4 是足弓<sub>1</sub> 和足弓<sub>2</sub> 与触底时间的相关性分析,分析对象为全体男子和女子运动员,从表中可见,男子足弓<sub>1</sub> 与最快支撑时间和平均支撑时间都存在低度相关,但相关具有显著性。女子足弓<sub>1</sub> 与最快支撑时间和平均支撑时间没有表现出相同的趋势,可能与样本量较少有关。足弓<sub>2</sub> 与最快支撑时间和平均支撑时间男女都是非常低度相关且无显著性。

表 4 足弓<sub>1</sub> 和足弓<sub>2</sub> 与支撑时间相关性

Table IV Correlation between the Support Time of Foot-arch 1 and Foot-arch 2

性别	指标	N	相关	最快支撑时间	平均支撑时间
男	足弓 <sub>1</sub>	55	Pearson Correlation	0.265 <sup>*</sup>	0.258 <sup>*</sup>
			P	0.026	0.041
	足弓 <sub>2</sub>	55	Pearson Correlation	0.049	0.080
			P	0.725	0.564
女	足弓 <sub>1</sub>	29	Pearson Correlation	0.194	0.097
			P	0.313	0.616
	足弓 <sub>2</sub>	29	Pearson Correlation	0.081	-0.034
			P	0.676	0.862

注:25%组与 75%组比较;\*代表 P<0.05。

## 2.2 不同等级运动员足弓形态特征的比较

足弓是应用于运动员选材中较为成熟的一项指标,本研究为了探讨足弓与支撑时间的关系,对足弓进行了不同层次分组对比研究。表 5 为短跑优秀组和一般组足弓特征对比研究,从表中可见,男子足弓<sub>1</sub> 和足弓<sub>2</sub> 都是一般组高于优秀组,但差异未有显著性;女子足弓<sub>1</sub> 和足弓<sub>2</sub> 都是一般组高于优秀组,且差异均具有显著性。表 6 为中长跑优秀组与一般组足弓特征比较,表中显示:男子足弓<sub>1</sub> 一般组高于优秀组,足弓<sub>2</sub> 一般组低于优秀组;女子足弓<sub>1</sub> 和足弓<sub>2</sub> 都是一般组高于优秀组,但差异均无显著性。

表 5 短跑优秀组和一般组足弓比较

Table V Comparison between the Foot-arches of the Elite Sprint Group and the Ordinary Group

指标	男		女	
	优秀组(N=9)	一般组(N=25)	优秀组(N=7)	一般组(N=12)
足弓 <sub>1</sub>	3.60±1.00	4.08±0.68	4.00±0.28	4.33±0.28 <sup>*</sup>
足弓 <sub>2</sub>	2.66±0.57	2.98±0.82	2.96±0.25	4.19±0.88 <sup>**</sup>

注:优秀组与一般组比较;\*代表 P<0.05,\*\*代表 P<0.01。

表 6 中长跑优秀组和一般组足弓比较

Table VI Comparison between the Foot-arches of the Elite Distance Running Group and the Ordinary Group

指标	男		女	
	优秀组(N=6)	一般组(N=15)	优秀组(N=3)	一般组(N=7)
足弓 <sub>1</sub>	4.13±0.46	4.31±0.72	3.80±0.46	4.01±0.48
足弓 <sub>2</sub>	2.98±0.63	2.97±0.63	2.70±0.19	3.08±0.41

## 2.3 不同项目运动员足弓形态特征的比较

短跑优秀组和中长跑优秀组足弓形态见表 7。从表中可见:男子足弓<sub>1</sub> 和足弓<sub>2</sub> 短跑组均小于中长跑组,差异无显著性;女子短跑组均大于中长跑组,差异也无显著性。表 8 为一般组的短跑和中长跑足弓形态比较。男子短跑组足弓<sub>1</sub> 小于中长跑组,足弓<sub>2</sub> 大于中长跑组,差异无显著性。女子运动员足弓<sub>1</sub>、足弓<sub>2</sub> 都是短跑组高于中长跑组,足弓<sub>1</sub> 差异无显著性,足弓<sub>2</sub> 差异具有显著性。

表 7 短跑优秀组和中长跑优秀组足弓比较

Table VII Comparison between the Foot-arches of the Elite Sprint Group and the Elite Distance Running Group

指标	男		女	
	短跑(N=9)	中长跑(N=6)	短跑(N=7)	中长跑(N=3)
足弓 <sub>1</sub>	3.60±1.00	4.13±0.46	4.00±0.28	3.80±0.46
足弓 <sub>2</sub>	2.66±0.57	2.98±0.63	2.96±0.25	2.70±0.19

表 8 短跑一般组和中长跑一般组足弓比较

Table VIII Comparison between the Foot-arches of the Ordinary Sprint Group and Ordinary Distance Running Group

指标	男		女	
	短跑(N=25)	中长跑(N=15)	短跑(N=12)	中长跑(N=7)
足弓 <sub>1</sub>	4.08±0.68	4.31±0.72	4.33±0.28	4.01±0.48
足弓 <sub>2</sub>	2.98±0.82	2.97±0.63	4.19±0.88	3.08±0.41 <sup>**</sup>

注:短跑组与中长跑组比较;\*\*代表 P<0.01。

## 3 讨论

足弓是由 7 块跗骨与 5 块跖骨借韧带和肌腱连接而成,可分为外侧弓、内侧弓和横弓 3 部分。足弓测试方法有很多,本研究中足弓测试采用印记法,足弓<sub>1</sub> 和足弓<sub>2</sub> 值越高,表示足弓也越高。足弓的构造对于人体具有重要的生理意义,由于内侧纵弓构造弯曲成弧形,稍高于地面,加上内部附着的肌肉和肌腱,使足弓具有一定的弹性,这种弹性可使人体在运动中的走、跑、跳跃或者从高处向下跳时减轻地面对人体的反作用力,起到缓冲作用,避免人体受到伤害,另外一方面在周期性的运动过程中,足弓的这种弹性还可以把一部分的动能转化成弹性势能,并在下一个动作中,把这种势能转化为动能<sup>[14]</sup>。在跳深实验过程中,足



弓是否对支撑时间产生影响,其结果见表2、3、4。表2、3中男女足弓<sub>1</sub>、足弓<sub>2</sub>基本都出现了25%组支撑时间快于75%组支撑时间的趋势,也就是足弓低的运动员的支撑时间快于足弓高的支撑时间;表4中显示男子运动员足弓<sub>1</sub>最快支撑时间和平均支撑时间都存在一定的相关度,且具有统计学意义。以上趋势产生的原因应该与足弓具有一定的弹性有关,足弓较高时,足弓的弹性会增加,当脚与地面接触时,缓冲时间将会拉长,从而导致支撑时间增加。表2、3、4从不同的方面显示出足弓与支撑时间有较为密切的关系,但是大多没有出现统计学上的显著性,这可能与样本量较少、样本年龄分布和等级分布不均衡有关。

既然上面研究结果显示足弓低的运动员支撑时间短于足弓高的运动员趋势,那么对于短跑或中长跑项目来说,优秀运动员足弓应该低于一般运动员,以利于缩短脚与地面支撑时间,增加运动速度,提高运动成绩,实际情况是否如此,为此本研究中也进行了探讨,研究结果见表5、6。短跑项目中优秀组男子和女子足弓均出现低于一般组的趋势,这种结果与国内研究报道一致,陆晓峰在对优秀运动员足弓研究中发现:在其研究对象中,最优秀的短跑选手,其足弓是最低的,研究从生物力学角度分析认为足弓过高者,跟距角较大,从而影响足踝骨杠杆动力臂和阻力臂之间的比例,最后导致支撑阶段足踝骨杠杆的效益下降<sup>[14]</sup>。中长跑组与短跑组结果基本一致,也是优秀组男女足弓低于一般组,两个项目的男女运动员表现出基本相同的规律,与本文研究假设也是基本一致,其原因为足弓过高会增加运动员脚与地面支撑时间,从而会影响跑速。

同样,由于短跑速度快于中长跑,因此既然足弓低的运动员支撑时间短于足弓高的运动员,那么短跑运动员其足弓也应该低于中长跑运动员,以利于缩短脚与地面支撑时间,提高运动速度,对此假设,本研究也进行了论证,结果见表7、8。无论是男子优秀组和一般组,短跑运动员足弓基本都有低于中长跑组趋势,因此男子组趋势是符合本研究假设,也就是短跑项目运动员足弓低于中长跑项目。其原因除了由于低足弓可以缩短支撑时间,从而有利于提高运动速度外,还有另外的原因可能是:脚底足弓下有许多神经和血管通过,足弓的存在可以保护足底神经血管免受过大压力,中长跑运动时间较长,如果足弓过低,足底神经和血管承受的压力也较大,容易造成机体较早疲劳,从而影响运动成绩;而短跑运动员由于运动时间较短,足底神经和血管承受压力时间不会过长,即使是平足,也不会引起机体的疲劳,因此不会对运动成绩产生负面影响。曾凡辉等也认为平足者不宜选为耐力性运动员,但平足者,只要踝趾关节强而有力可能在短跑、甚至跳远、三级跳项目中取得运动成绩<sup>[16]</sup>。

足关节是运动支撑的主要结构,它支撑得好与坏,发力的快与慢,及其在一定范围内的灵活性,均与小腿和足部的肌肉力量有关。并直接影响到下肢的最后用力的速度,凡是要依靠足关节去最后用力完成运动的任何运动项目,在选材时,必须对足关节进行专门的选择,主要涉及3个部份:踝关节、踝趾关节、足弓。因此在青少年田径选材中足弓是选材科研人员和教练员较为关注的一项指标,但

是这些关注更多的是根据教练员的经验,本研究从科研的角度为教练员的经验提供依据,进一步阐明了足弓在运动员选材应用的科学性。从实践应用来讲,可以通过制定不同等级运动员足弓标准,为各级运动员选材或教练员训练监控提供依据,因为一些文献表明:训练也可能导致运动员足弓的变化,因此教练员在训练时,也需要根据项目特点,注意足弓的变化,以免对运动员发展产生负面影响,例如中长跑运动员必须保持一定的足弓。

## 4 小结

**4.1** 男女运动员均表现出足弓低的支撑时间快于足弓高的支撑时间。男子运动员足弓<sub>1</sub>与最快支撑时间、平均支撑时间都存在低度相关,但相关具有显著性,女子运动员未出现同样的结果。男女运动员足弓<sub>2</sub>与最快支撑时间、平均支撑时间男女都呈非常低度相关且无显著性。

**4.2** 短跑和中长跑项目中男女优秀组足弓均出现低于一般组的趋势,短跑男子优秀组和一般组足弓基本都有低于中长跑组的趋势。

**4.3** 本文中一些结果只表现一致性的趋势,但是由于这些趋势相互之间不矛盾,环环相扣,因此对运动员选材还是具有一定指导意义。统计学上没有出现显著性意义,可能与优秀组样本量较少有关,后续可以扩大优秀运动员样本量并加以验证。

## 参考文献:

- [1] 郑秀媛主编.现代运动生物力学[M].北京:国防工业出版社,2002.
- [2] Tom F., Novacheck. The biomechanics of running[J]. Gait and posture,1998,18(3):77-95.
- [3] 袁庆成,邹继豪,赵广富,等.对短跑途中跑三维支撑反作用力的实测[J].体育科学,1985,15(1):66-71.
- [4] 路建,王全会,吴天明,等.对短跑途中跑着地缓冲技术的生物力学研究[J].成都体育学院学报,1995,21(1):29-35.
- [5] Blallner S., Nobel L. Relative effects of isokinetic and plyometric training on vertical jump performance[J]. Research Quarterly for Exercise and Sports, 1979, 17(1):18-23.
- [6] Radeliffe J., Farentinos R. Explosive power training champaign human kinetics Publishers Inc[J]. Exercise and Sports Science, 1985, 67(4):231-234.
- [7] Ball N. B., C. G. Stock, J. C. Scurr. Bilateral contact ground reaction forces and contact times during plyometric drop jumping[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2010, 24(10):2762-2769.
- [8] Phillips J. H., Flanagan S. P. Effect of ankle joint contact angle and ground contact time on depth jump performance[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2015, 29(11):3143-3148.
- [9] Hough P. A., E. Z. Ross, G. Howatson, ?Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2009, 23(2):507-512.

(下转第77页)



高、体重、体脂率及 BMI 与平衡能力均呈显著负相关, 身高越高、体重越重、体脂率越高、BMI 值越大平衡能力越差; 女性受试者维持平衡的能力显著好于男性受试者, 而在移动平衡能力方面男女受试者间无显著性差异。

**参考文献:**

[1] 刘阳. 人体平衡能力测试方法及平衡能力训练的研究进展[J]. 沈阳体育学院学报, 2007, 26(4): 75-77.  
 [2] 陈海霞, 宁宁. 人体平衡功能评定研究的最新进展[J]. 现代护理, 2006, 23(12): 2173-2175.  
 [3] 刘汉良, 尤春景, 黄晓琳, 等. 正常人动态平衡能力测试的信度和效度分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2004, 26(3): 152-155.  
 [4] Leroux A., Pinet H., Nadeau S. Task-oriented intervention in chronic stroke: changes in clinical and laboratory measures of balance and mobility[J]. Am. J. Phys. Med. Rehabil., 2006, 85: 820-830.  
 [5] 刘崇, 任立峰, 史建伟. 人体平衡能力的评价系统[J]. 中国组织工程研究与临床康, 2009, 13(2): 363-367.  
 [6] Lord S.R. The effects of a community exercise program on frac-

ture risk factors in older women[J]. Osteoporos Int., 1996, 6(5): 361-367.  
 [7] 任玉庆, 史曙生, 孙洪亮. 男性核心肌力与平衡能力的增龄性变化及其相关性[J]. 天津体育学院学报, 2011, 26(3): 269-272.  
 [8] 国家体委群体司编. 中国职工体质调查研究报告[M]. 北京: 人民出版社, 2000.  
 [9] 肖春梅, 陈晓光, 李一. 老年人平衡能力测试方法的研究[J]. 北京体育大学学报, 2003, 26(2): 201-203.  
 [10] 肖春梅, 李阳, 党繁义. 老年人跌倒与平衡能力下降的相关测试指标[J]. 中国康复医学杂志, 2003, 18(8): 457-459.  
 [11] 陈明达, 于道中. 实用体质学[M]. 北京: 北京医科大学, 中国协和医科大学联合出版社, 1996: 457-459.  
 [12] Schwartz A. V., Villa M. L., Prill M., et al. Falls in older Mexican American women[J]. Journal of the American Geriatrics Society, 1999, 47(11): 1371-1378.  
 [13] Goulding A., Jones I. E., Taylor R. W., et al. Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity[J]. Gait Posture, 2003, 17(2): 136-141.

(责任编辑: 何聪)

(上接第 73 页)

[10] William J., Markwick, Stephen P., et al. The Intraday Reliability of the Reactive Strength Index Calculated from a Drop Jump in Professional Men's Basketball [J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2014, 10(4): 482-488.  
 [11] 徐伟峻. 男子 100 米途中跑阶段支撑技术环节的生物力学特征分析[D]. 上海体育学院. 2011: 9-11.  
 [12] 诸文兵. 我国优秀 110 m 栏运动员谢文骏跨栏技术分析[J]. 上海体育学院学报, 2015, 39(3): 68-70.  
 [13] 张怀川. 我国优秀短跑运动员张培萌百米途中跑技术运动学

分析[D]. 北京体育大学, 2015: 11-12.  
 [14] 郑孙谦. 足弓及其生理意义[J]. 生物学通报, 1958, (7): 46-47.  
 [15] 陆晓峰. 优秀短跑运动员的足弓研究[J]. 山东体育科技, 1989, (2): 27-28.  
 [16] 曾凡辉, 王路德, 刑文华, 等. 运动员科学选材[M]. 北京: 人民体育出版社, 1992: 78-80.

(责任编辑: 何聪)