



田径运动员趾骨形态与跳深实验中支撑时间关系的研究

蔡广¹,朱世成²,潘其乐¹,朱镛鑫¹

摘要:目的:从运动员选材角度探讨趾骨形态与跳深实验中支撑时间关系,为田径运动员趾骨形态选材提供参考。方法:对84名上海市一二线运动员进行身高、体重、足底形态、跳深实验测试,记录其趾骨长度、趾骨整齐性、脚与地面支撑时间等指标。分别以趾骨长短(趾骨短组和趾骨长组)、趾骨整齐性(整齐性高组和整齐性低组)、运动员等级(优秀组和一般组)进行分组,研究趾骨形态与跳深实验中支撑时间关系。结果:男、女均表现出第一趾骨短组的支撑时间小于第一趾骨长组,趾骨整齐性高组支撑时间小于整齐低组,男子第二趾骨长组的支撑时间小于第二趾骨短组。结论:第一趾骨短,5趾骨整齐性好,特别是前3个趾骨整齐性好,有利于缩短跑跳过程中脚与地面的支撑时间。

关键词:跳深实验;趾骨;短跑;中长跑;支撑时间

中图分类号:G804 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2021)03-0088-04

DOI:10.12064/ssr.20210312

Research on Relationship between Phalanx of Toe and Touchdown Times in Drop-Jump Test

CAI Guang¹, ZHU Shicheng², PAN Qile¹, ZHU Rongxin¹

(1. Shanghai Research Institute of Sports Science & Shanghai Anti-Doping Agency, Shanghai 200030, China; 2. Shanghai Hongkou District Youth Sports School, Shanghai 200080, China)

Abstract: Objective: The purpose of study is to discuss the relationship between phalanx of toe and touchdown times in drop-jump test so as to provide reference for talent identification. Methods: A total of 84 athletes from Shanghai first and second lines were tested for their height, weight, plantar shape and drop jump. The length and regularity of their toe bones, and the touchdown times were recorded. In order to study the relationship between plantar shape and touchdown times in drop-jump test, the participants were divided into groups according to their toe length (short group and long group), regularity (regular group and less regular group) and the athlete grade (excellent group and general group). Results: Both male and female athletes with shorter first digit of foot and those with regular fifth toe bone have shorter touchdown time. Male athletes whose second digit of foot is longer had shorter touchdown time than others. Conclusion: Shorter touchdown time during jumping and running was seen in athletes with shorter first digit of foot and more regular toe bone.

Key Words: drop-jump test; toe bone; sprint; middle-distance run; touchdown times

速度素质是田径跑跳类项目最重要素质之一,它与运动员专项成绩有很大的相关性。影响最大速度的因素有很多,其中脚与地面支撑时间是最重要的因素之一^[1]。在动量保持或增加的情况下,脚与地面支撑时间越短,支撑力量越大,可见支撑时间是田径跑跳类项目的重要技术指标^[2-3]。国内外有关支

撑时间的研究很多^[4-9],研究重点多集中于支撑时间与运动成绩的关系,以及运动过程中支撑的力学分析,少见有关影响运动员支撑时间长短因素的报道。本研究以短跑和中长跑运动员为研究对象,从运动员选材角度探讨支撑时间与趾骨形态之间的关系。

收稿日期:2020-10-27

基金项目:上海市科学技术委员会科研计划项目(18dz1200600)。

第一作者简介:蔡广,男,硕士,副研究员。主要研究方向:运动人体科学。E-mail:leng8yang@126.com。

作者单位:1. 上海体育科学研究所(上海市反兴奋剂中心),上海 200030;2. 上海市虹口区青少年体育运动学校,上海 200080。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象及等级分组

研究对象为上海市一二线短跑、中长跑运动员84名。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。运动员基本信息、性别分布、运动等级分布见表1。

表1 研究对象基本信息

Table1 Basic Information of the Subjects

组别	性别	N	基本信息	$\bar{X}\pm SD$	等级分布
短跑 (100 m、 200 m、 400 m)	男	34	年龄/岁	17.4±2.2	健将2名,一级7
			身高/cm	180.1±6.6	名,二级18名,三
			体重/kg	65.3±13.0	级7名
中长跑 (800 m、 1 500 m、 5 000 m、 10 000 m)	女	19	年龄/岁	17.0±2.5	健将1名,一级6
			身高/cm	168.0±4.8	名,二级12名
			体重/kg	52.3±5.0	
短跑 (100 m、 200 m、 400 m)	男	21	年龄/岁	17.7±3.0	健将3名,一级3
			身高/cm	173.8±4.5	名,二级13名,三
			体重/kg	59.6±6.6	级2名
中长跑 (800 m、 1 500 m、 5 000 m、 10 000 m)	女	10	年龄/岁	16.5±2.6	健将0名,一级3
			身高/cm	167.2±2.7	名,二级5名,三级
			体重/kg	50.7±4.1	2名

1.2 研究方法

1.2.1 趾骨长度测试

1.2.1.1 仪器

平整场地或桌椅等其他平面一块,透明薄层玻璃板、薄层锦纶棉(50 cm×30 cm)一张,珠印油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。

1.2.1.2 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,足印取完后,受试者自己用干净毛巾蘸少量洗洁精,将足下残留印油擦去。

1.2.1.3 趾骨长度测量

如图1所示,在第一趾骨印记内侧缘最外侧选取点A,在脚掌印记内侧缘最外侧选取点B,连接A、B两点,做直线AB。取5个趾印中心点分别为D1、D2、D3、D4、D5,然后通过5个脚趾印中心点作平行于AB的直线,这些直线与脚掌印前缘相交,交点与中心点间的线段长度P1、P2、P3、P4、P5分别近似等于第一趾骨长度、第二趾骨长度、第三趾骨长度、第四趾骨长度、第五趾骨长度。

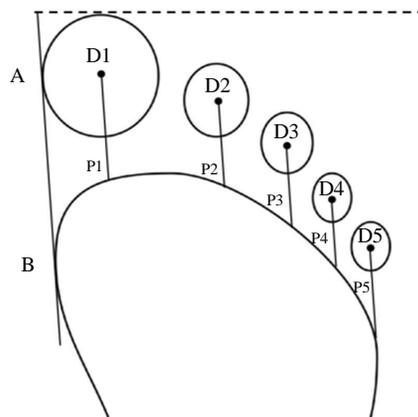


图1 趾骨长度测量图

Figure1 Measurement of Plantar Length

1.2.1.4 趾骨整齐性量化

以第一趾骨印记前缘为切点,在水平面上做垂直于人体矢状轴的切线,如图1虚线所示。本文整齐性定义是指5个趾骨前缘越靠近切线,说明5个趾骨整齐性越高。由图1可见,5个趾骨整齐性越高,那么P2/P1、P3/P1、P4/P1、P5/P1也会越大,因此也可以认为第二、第三、第四、第五跖骨与第一跖骨比值越大,或几个比值之和越大,趾骨整齐性越高。本文用P2/P1比值大小代表第一和第二跖骨整齐性;用P2/P1+P3/P1之和大小代表前3个跖骨整齐性;用P2/P1+P3/P1+P4/P1+P5/P1之和大小代表5个跖骨整齐性。

1.2.2 跳深实验

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,2个40 cm高架杆。

1.2.2.2 测试方法

测试记录被试脚与地面支撑时间。反应垫连接主机,主机连接电脑。台阶放置离反应垫边缘20 cm处,两40 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小值,分别表示平均支撑时间和最快支撑时间。

1.2.3 数据分组

为探讨趾骨形态(趾骨长度、趾骨整齐性)对支撑时间的影响,本研究中需要对趾骨长度及趾骨整齐性进行分组,分组方式采用百分位数法,处于百分位数25%以内为25%组(分别为跖骨短组、整齐性低组),处于百分位数75%以上为75%组(分别为跖骨长组、



整齐性高组)。为比较不同水平运动员趾骨形态特征, 本文将受试者分为优秀组和一般组, 优秀组包括健将和一级运动员, 一般组包括二级和三级运动员。

1.2.4 数据统计

所有数据用 SPSS18.0 进行处理, 结果用均值±标准差($\bar{X}\pm SD$)表示。2组之间的比较采用双样本均数 T 检验。

2 结果与讨论

2.1 趾骨长度对支撑时间的影响

男子和女子第一趾骨长度趾骨短组的最快和平均支撑时间都小于趾骨长组(表 2), 虽然趋势差异无显著性, 但是该趋势与教练员经验及科研人员提出理论基本符合^[9]。男子第二趾骨长度趾骨短组最快和平均支撑时间都大于趾骨长组, 差异具有显著性。女子最快支撑时间趾骨短组小于趾骨长组, 平均支撑时间趾骨短组大于趾骨长组, 差异均无显著性。第二趾骨长度与支撑时间关系的结果正好与第一趾骨长度结果相反, 男子出现趾骨长组支撑时间小于趾骨短组, 女子平均支撑时间出现同样的趋势(表 3)。

表 2 第一趾骨长度分组支撑时间比较(单位: ms)

Table2 Comparison on Touchdown Times of the First Toe Length Groups (Unit: ms)

性别	指标	25%组(趾骨短组)		75%组(趾骨长组)	
		N	$\bar{X}\pm SD$	N	$\bar{X}\pm SD$
男	最快支撑时间	19	136.5±19.2	19	139.7±16.9
	平均支撑时间		147.2±21.0		151.1±17.7
女	最快支撑时间	9	142.7±24.8	9	147.0±24.4
	平均支撑时间		156.6±31.2		162.1±28.6

表 3 第二趾骨长度分组支撑时间比较(单位: ms)

Table3 Comparison on Touchdown Times of the Second Toe Length Groups (Unit: ms)

性别	指标	25%组(趾骨短组)		75%组(趾骨长组)	
		N	$\bar{X}\pm SD$	N	$\bar{X}\pm SD$
男	最快支撑时间	15	148.2±23.7	17	128.8±16.3*
	平均支撑时间		163.2±38.2		137.3±18.9*
女	最快支撑时间	8	134.0±29.4	8	138.4±20.7
	平均支撑时间		154.5±37.3		153.3±26.6

注: * 表示与 25%组相比, 差异具有显著性, $P < 0.05$ 。

2.2 趾骨整齐性对支撑时间的影响

表 4 可见男、女最快和平均支撑时间整齐性低组大于整齐性高组, 男子差异具有显著性($P < 0.05$), 女子差异无显著性。表 5 是第二、三与第一趾骨长度

比值之和分组后支撑时间比较, 显示男子和女子最快和平均支撑时间都是整齐性低组大于整齐性高组, 但差异无显著性; 表 6 是第二、第三、第四、第五趾骨与第一跖骨长度比值之和分组后支撑时间比较, 其规律与表 5 结果所示一致。

表 4 P2/P1 比值百分位数分组触地时间比较(单位: ms)

Table4 Comparison on Touchdown Times of P2 / P1 Ratio Percentile Groups (Unit: ms)

性别	指标	25%组(整齐性低组)		75%组(整齐性高组)	
		N	$\bar{X}\pm SD$	N	$\bar{X}\pm SD$
男	最快支撑时间	14	145.4±24.7	14	125.4±16.6*
	平均支撑时间		161.8±40.3		134.6±20.3*
女	最快支撑时间	8	148.9±24.8	7	139.4±10.2
	平均支撑时间		170.0±29.7		149.3±15.5

注: * 表示与 25%组相比, 差异具有显著性, $P < 0.05$ 。

表 5 P2/P1 和 P3/P1 比值之和百分位数分组支撑时间比较(单位: ms)

Table5 Comparison on Touchdown Times of P2/P1 and P3/P1 Ratio Percentile Groups (Unit: ms)

性别	指标	25%组(整齐性低组)		75%组(整齐性高组)	
		N	$\bar{X}\pm SD$	N	$\bar{X}\pm SD$
男	最快支撑时间	14	141.2±24.6	14	132.5±19.2
	平均支撑时间		157.7±41.6		144.4±21.4
女	最快支撑时间	6	146.3±25.0	6	133.1±18.9
	平均支撑时间		168.0±26.2		144.7±19.7

表 6 P2/P1、P3/P1、P4/P1 和 P5/P1 比值之和百分位数分组支撑时间比较(单位: ms)

Table6 Comparison on Touchdown Times of P2/P1, P3/P1, P4/P1 and P5/P1 Ratio Percentile Groups (Unit: ms)

性别	指标	25%组(整齐性低组)		75%组(整齐性高组)	
		N	$\bar{X}\pm SD$	N	$\bar{X}\pm SD$
男	最快支撑时间	14	142.1±21.1	14	135.8±20.9
	平均支撑时间		160.4±39.9		146.7±24.2
女	最快支撑时间	7	147.1±25.8	7	144.7±10.9
	平均支撑时间		172.7±30.8		164.4±19.5

从表 4~6 可见, 第一、第二趾骨整齐性, 第一、第二、第三趾骨整齐性以及全部趾骨整齐性与支撑时间的关系, 男女均表现出整齐性高组支撑时间小于整齐性低组趋势, 此结果表明短跑或中长跑项目运动员趾骨形态应具备良好的整齐性趋势, 但是只有表 4 中男子结果有显著性。

短跑或中长跑项目运动员趾骨不宜过长(特别是第一跖骨), 5 个跖骨越整齐越好的原因可能如下: (1) 陆地上以足运动为主的项目, 在快速运动过



程中,必须以蹠趾关节强有力地支撑起整个人体,因此当趾骨过长时,支点变长,脚掌围绕支点运动距离也就变长,脚在地面支撑过渡的时间也会变长,从而导致支撑时间变长;(2)在跑跳中,第一趾骨是过渡期最后支点,且所受压力最大^[10-11],垂直重力与趾骨支点之间形成的阻力臂,水平方向的动力与趾骨支点形成的动力臂,当趾骨过长时,阻力臂将增加,而水平动力臂不变,支撑时间将会变长;(3)5个脚趾整齐,则在蹬伸过程中支撑点较为一致,水平方向的作用力产生的力矩较大,从而缩短支撑时间。

2.3 不同级别运动员趾骨形态特征的比较

由表 7 可见:男子短跑运动员优秀组第一趾骨长度小于一般组,而第二、第三、第四、第五大于一般组,这正符合第一趾骨短,5个趾骨整齐的规律。表 8 中长跑组也表现出了优秀组第一趾骨短于一般组趋势,而第二、第三、第四、第五趾骨并未出现优秀组长于一般组趋势,此外这些趋势均未出现显著性差异,可能与样本量较少有关。

表 7 短跑优秀组和一般组趾骨长度比较 ($\bar{X}\pm SD$) (单位:cm)

Table7 Comparison on Plantar Length between Excellent and Average Sprinters($\bar{X}\pm SD$) (Unit: cm)

指标	男		女	
	优秀组 (N=9)	一般组 (N=25)	优秀组 (N=7)	一般组 (N=12)
第一趾骨长度(P1)	2.38±0.31	2.41±0.30	2.24±0.29	2.25±0.34
第二趾骨长度(P2)	3.03±0.30	2.83±0.40	2.41±0.42	2.65±0.36
第三趾骨长度(P3)	2.34±0.32	2.22±0.40	1.97±0.24	1.93±0.47
第四趾骨长度(P4)	1.97±0.21	1.91±0.39	1.56±0.35	1.77±0.37
第五趾骨长度(P5)	1.71±0.15	1.49±0.30*	1.11±0.25	1.35±0.31

注:*表示与优秀组相比,差异具有显著性, $P < 0.05$ 。

表 8 中长跑优秀组和一般组趾骨长度比较 ($\bar{X}\pm SD$) (单位:cm)

Table8 Comparison on Plantar Length between Excellent and Average Runners of Middle and Long Distance ($\bar{X}\pm SD$) (Unit: cm)

指标	男		女	
	优秀组 (N=6)	一般组 (N=15)	优秀组 (N=3)	一般组 (N=7)
第一趾骨长度(P1)	2.13±0.08	2.15±0.34	1.83±0.21	2.21±0.39
第二趾骨长度(P2)	2.50±0.48	2.79±0.42	2.00±0.75	2.40±0.48
第三趾骨长度(P3)	2.05±0.36	2.24±0.38	1.70±0.70	1.91±0.52
第四趾骨长度(P4)	1.63±0.38	1.76±0.33	1.70±0.89	1.77±0.31
第五趾骨长度(P5)	1.28±0.18	1.28±0.35	1.30±0.26	1.34±0.21

2.4 趾骨形态特征对速度类运动项目选材启示

身体形态是从事任何运动项目的物质基础,大部分优秀运动员身体形态都有其特定的项目特征。在传统的选材学中,下肢长度是田径项目选材中重要的形态指标^[12-13],部分项目涉及足弓形态选材,如中长跑项目需要定性评估其足弓形态等级(高足弓、低足弓),因为在中长跑项目中,如果足弓过低,神经血管就会受到压迫,长时间的跑动,会引起疲劳和不适^[14]。本研究区别于传统足弓形态研究,主要集中于足底形态中趾骨形态,并进行了探索性量化测试,探讨了趾骨整齐性对支撑时间的影响。本研究结果显示第一趾骨及趾骨整齐性与支撑时间有明显的关系,且不同等级的运动员趾骨形态有明显特点,由于样本量不平衡和样本较少的原因,只有部分表现统计学意义,但是由于大多结果表现出一致的趋势性特点,且其趋势与教练员的实践经验一致,也就是短跑运动员在选材过程需要选第一趾骨短,且5个趾骨整齐性较高的运动员^[9],因此本研究结果提示在速度类运动员选材中趾骨形态可以作为一项探索性形态指标进行应用,待样本量完善后,可以再进行回顾性研究,进一步证实教练员的经验与想法。

3 小结

男女均表现出第一趾骨短组最快和平均支撑时间短,第二趾骨长组平均支撑时间短,5个趾骨整齐性高组支撑时间小于整齐性低组的趋势。本文结果表明短跑或中长跑项目第一趾骨越短,5个趾骨的整齐性越高,越有利于减少跑动过程中脚与地面支撑时间,但是由于部分结果在统计学上并无显著性,因此有待扩大样本量进一步证实。

参考文献:

- [1] 朱民华,杨明媛,刘璐,等.少年女子短跑运动员途中跑支撑时间及影响因素[J].上海体育学院学报,2007,31(5):60-64.
- [2] 王志强,罗跃兵,邱爱华.对短跑新技术理论的综述与分析[J].武汉体育学院学报,1997(3):44-47.
- [3] 王志强,吴飞,李清华,等.对短跑途中跑支撑摆动技术机制研究[J].北京体育大学学报,2003(1):127-129.
- [4] 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,(3):66-71+87.
- [5] 骆建,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(1):29-35.

(下转第 98 页)



- 867-874.
- [50] Chevront S. N., Ely B. R., Kenefick R. W., et al. No effect of nutritional adenosine receptor antagonists on exercise performance in the heat[J]. *American Journal of Physiology Regulatory Integrative & Comparative Physiology*, 2009, 296(2): R394-R401.
- [51] Roelands L., De Pauw K., Meeusen R. Neurophysiological effects of exercise in the heat[J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2015, 25(1): 65-78.
- [52] Suvi S., Timpmann S., Tamm M., et al. Effects of caffeine on endurance capacity and psychological state in young females and males exercising in the heat[J]. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 2017, 42(1): 68-76.
- [53] Pitchford N. W., Fell J. W., Leveritt M. D., et al. Effect of caffeine on cycling time-trial performance in the heat[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2014, 17(4):445-449.
- [54] Beaumont R. E., James L. J. Effect of a moderate caffeine dose on endurance cycle performance and thermoregulation during prolonged exercise in the heat[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2017, 20(11): 1024-1028.
- [55] Hanson N. J., Martinez S. C., Byl E. N., et al. Increased rate of heat storage, and no performance benefits, with caffeine ingestion before a 10-km Run in hot, humid conditions[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2019, 14(2):196-202.
- [56] Cohen B. S., Nelson A. G., Prevost M. C., et al. Effects of caffeine ingestion on endurance racing in heat and humidity[J]. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 1996, 73(3-4):358-363.
- [57] Ganio M. S., Johnson E. C., Lopez R. M., et al. Caffeine lowers muscle pain during exercise in hot but not cool environments[J]. *Physiology & Behavior*, 2011, 102(3-4): 429-435.

(责任编辑:刘畅)

(上接第 91 页)

- [6] 王志强.短跑地面支撑反作用力研究综述[J].*湖北体育科技*,2010,29(3):328-330.
- [7] 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.
- [8] Radcliffe J., Farentinos R. Explosive power training champion human kinetics Publishers Inc[J]. *Exercise and Sports Science*, 1985, 67(4):231-234.
- [9] 许汪宇,潘其乐,蔡广.短跑和中长跑运动员跳深实验中支撑时间特征的研究[J].*体育科研*,2019,40(6): 98-101.
- [10] 周华.优秀中长跑运动员途中跑的步态和足底压力分布特征的研究[D].济南:山东体育学院,2007.
- [11] 苍海,李翰君,高维纬.排球运动员步态支撑期的足底压力特征[J].*沈阳体育学院学报*,2012,31(1):84-87.
- [12] 曾凡辉,王路德,刑文华,等.运动员科学选材:国家体委体育科技成果专辑[M].北京:人民体育出版社,1992: 78-80.
- [13] 蔡广,许汪宇,葛珺.下肢形态等因素与跳深实验中支撑时间关系研究[J].*四川体育科学*,2017,36(1):72-75.
- [14] 蔡广,许汪宇,刘慧琴,等.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[J].*体育科研*,2017,38(2):70-73+77.

(责任编辑:刘畅)