



# 跆拳道运动员与一般运动爱好者动态稳定性的研究

姜欣<sup>1</sup>,李昆懿<sup>2</sup>,陈婉菁<sup>2</sup>,陈铵淑<sup>3</sup>,陆阿明<sup>1\*</sup>

**摘要:** 通过比较跆拳道专业运动员和一般运动爱好者的动态姿势稳定性,意在研究跆拳道运动对人体动态稳定性的影响。实验共招募大学生男性跆拳道专业运动员及运动爱好者各10名,进行向前跳落实验。结果显示,与对照组相比,跆拳道专业运动员在前后、垂直、总体的稳定指数得分和最大地面垂直反作用力(vFmax)均有显著性差异,但在左右方向的稳定指数得分无显著性差异。表明长期进行跆拳道运动有助于提高人体的动态稳定性。

**关键词:** 动态稳定性;跆拳道;跳落

中图分类号:G804.6 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2017)05-0098-06

DOI:10.12064/ssr.20170516

## Comparison of Dynamic Stability between Professional Taekwondo Athletes and Ordinary Sport Enthusiasts

JIANG Xin<sup>1</sup>, LI Kunyi<sup>2</sup>, CHEN Wanchin<sup>2</sup>, CHEN Anxu<sup>3</sup>, LU Aming<sup>1\*</sup>

(1.School of Sports, soochow University, Suzhou 215000, China; 2.Institute of Sports Equipment Technology, Taipei University, taipei 11153, China; 3.Department of art, taipei University, Taipei 11153, China)

**Abstract:** Comparing the dynamic posture stability of the professional taekwondo athletes and ordinary sport enthusiasts, the article focuses on the effect of taekwondo on body dynamic stability. 10 male collegiate professional taekwondo athletes and 10 sport fans were included in the experiment for jumping forward and Landing test. The result shows that there is a significant difference between the forward-backward, vertical and total stability indexes and the maximum ground vertical reaction force (vFmax) of the professional athletes and those of the control group ( $P < 0.05$ ). But there is no obvious difference between the left-right stability indexes ( $P > 0.05$ ). This indicates that long-term taekwondo training helps improve human body's dynamic stability.

**Key Words:** dynamic stability; taekwondo; jump-landing

自1973年世界跆拳道联合会成立后,跆拳道在各国得到了迅速的推广和普及,受到了各个年龄层次人群的喜爱,现如今跆拳道运动早已成为奥运会竞技体育的新兴项目。在跆拳道运动中,选手以非优势腿做支撑,优势腿快速踢击对方的躯干部位或头部,攻其不意,以此来获取分数。在此过程中,维持动态姿势的平衡能力非常重要,运动员只有先保持自身动作的稳定,避免自我伤害,才能更准确的攻击对手。

姿势稳定性是指人体维持、达到或恢复平衡状态的内在能力。姿势稳定性分为静态姿势稳定性和

动态姿势稳定性。动态姿势稳定性是指人体处于动态的运动状态时和从动态的运动状态向静止状态转换时在支撑面上保持平衡的能力。从已有的研究来看,研究足球、体操、排球运动项目的偏多<sup>[1,2]</sup>,跆拳道运动项目较少,且大多数都是关于跆拳道运动对静态平衡能力的影响研究,研究对象集中在儿童、青少年<sup>[3,4]</sup>和老年人<sup>[5]</sup>。而关于动态平衡和高水平跆拳道运动员的研究较少。Wikstrom 等人在2005年的研究中提出了一种新型动态平衡检测方法——动态稳定指数(Dynamic Posture Stability Index, DPSI)<sup>[6]</sup>,且 Sell<sup>[7]</sup>和 Wikstrom 等<sup>[8]</sup>研究结果均表明 DPSI 的测试

收稿日期:2017-09-01

基金项目:江苏省高校优势学科建设工程项目(PAPD)。

第一作者简介:姜欣,女,在读硕士。主要研究方向:运动生物力学。E-mail:20154206012@stu.suda.edu.cn。

\* 通讯作者简介:陆阿明,男,教授,博士生导师,博士。主要研究方向:运动生物力学。E-mail:59445811@qq.com。

作者单位:1.苏州大学 体育学院,江苏 苏州 215000;2.台北市立大学 运动器材科技研究所,台湾 台北 11153;

3.台北市立大学 技击系,台湾 台北 11153。

方法在评价动态稳定性上有很高的信度,尤其是在评价健康人的动态稳定性上,单脚支撑的测试方式增加了测试的难度,让测试结果更具有可靠性。而 Pau 等学者研究了足球运动员的动态平衡和静态平衡之间的相关性,结果发现动、静态平衡之间无相关<sup>[9]</sup>。所以作者建议以后对专业运动员的平衡能力进行评估时,动态和静态的稳定性均需要测试。因此本文对高水平跆拳道专业运动员的动态姿势稳定性进行评估,与一般运动爱好者的动态稳定性做对比,并采用信度较高的新型动态平衡检测方法(DPSI),更进一步研究跆拳道运动对人体动态稳定性的影响。

## 1 研究方法

### 1.1 受试者

本研究共招募 20 名男性大学生受试者,其中实验组为 10 名跆拳道专业的学生。平均年龄:(20.90±1.66)岁;身高:(173.23±5.81)cm;体重:(70.79±10.81)kg,对照组为 10 名一般运动爱好者。平均年龄:(23.40±1.43)岁;身高:(172.42±4.75)cm;体重:(73.38±10.25)kg。跆拳道专业学生筛选的条件是黑带级别,且受过 3 年及以上专项训练(每周训练 5 次以上,每次训练需达 2 h)。一般运动爱好者的定义是每周运动 3 次及以上,每次运动时间不低于 30 min,且无固定的专项运动训练。所有参与者半年内皆无任何头部及上下肢伤害的病史,亦无相关肌肉、骨骼、神经等伤害,正式实验前给予参与者说明详细实验步骤,并填写基本资料及签署知情同意书。

### 1.2 实验仪器与设备

本实验采用一块 90 cm×60 cm 的三维测力板 (Force plate, Advanced Mechanical Technology, Inc, USA, Model:BP600900-2000)(见图 1), 取样频率为 1 000 Hz。实验时,在测力板上铺设跆拳道专项运动中使用的垫子(见图 2),并同步使用 Cortex3.0 软件收集测力板数据。

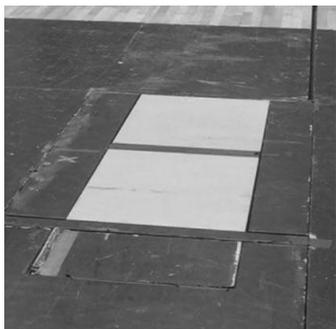


图 1 三维测力板

Figure 1 Three Dimensional Force-measuring

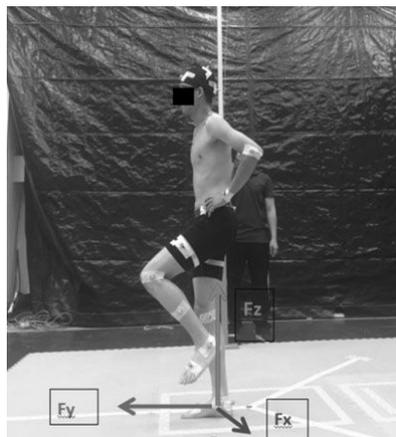


图 2 测力板上铺设跆拳道专项运动中使用的垫子  
Figure 2 Special Cushion for Taekwondo on the Force-measuring Board

### 1.3 实验的流程

本研究在实验开始前向参与者说明实验内容流程与规范,并请参与者填写基本资料及签署知情同意书,确认资料显示身体健康状况良好,及自愿参与本研究。请受试者着运动服或较宽松的服装进行实验,有利于动作的施展,以免干扰实验。正式实验前先测量参与者身高、体重及身体各肢段参数及确定非优势腿(以踢球脚区分优势腿和非优势腿)。进行 10 min 的动静态热身、伸展活动,热身完毕后,先进行最大垂直跳跃高度测量,并学习测试动作,再进行正式实验。本实验的测试动作为原地双脚起跳,单脚着地,要求参与者站立于距离测力板中心 70 cm 处,听闻开始口令,进行双脚跃跳动作,并利用惯用手碰触目标物(高度为站立时惯用手向上伸展加 50% 的最大垂直跳跃高度)<sup>[10]</sup>,着地时以非优势脚着地,优势脚向后膝盖屈曲,双手置于髋部两侧,并尽快维持稳定,两眼直视前方并保持稳定 10 s,测验过程中若参与者无碰触到标记点、着地后失去平衡、支撑脚跳动、非测试脚着地或碰触地面以及身体过大摆动等情形发生,皆算动作失败不以采收,须重新进行跃起着地检测,若无上述情形发生则为成功动作。本研究共取 3 次成功动作,每次中间休息 30 s。

### 1.4 资料处理

本文测试中,测力板使用 1 000 Hz 的采样频率。收集受试者测试脚着地后即刻 3 s 中的测力板上的地面反作用力(包括:X 方向、Y 方向和 Z 方向的力)数据。本实验中收集优势腿着地后即刻 3 s 的地面反作用力的数据用来计算动态稳定指数(DPSI)。动态稳定指数(DPSI)是一个综合了前后、左右



和垂直方向的地面反作用力计算而来的指标。它综合地反应了前后方向、左右方向和垂直方向的稳定指数。该参数数值越高,说明测试对象的不稳定性越大,数值越低说明稳定性高。测力板的数据使用受试者的体重做标准化。本研究还通过收集的 Fz 计算出 3 s 中最大的垂直方向的地面反作用力 (The Vertical Ground Reaction Force, vGRFmax) 的数据,并找出到达最大地面反作用力时的时间点,记作 T1。受试者着地瞬间测力板上出现力时刻的时间记作 T0,利用冲击负荷率的计算公式,冲击负荷率 =vGRFmax/(T1-T0),并使用体重做标准化处理。本文采用 3 次测试的平均值进行数据分析。

### 1.5 数据分析

实验结束后,收集落地即刻后 3 s 内力(Fx、Fy 和 Fz)的数据,并导出 Excel 格式的数据文档。再将数据导入 MATLAB7.0 中,使用已写好的程序进行数据处理和计算。程序内容主要包括:使用内插法将 1 000 Hz 转换成 200 Hz,并以 5 Hz 低通滤波方法进行数据平滑化处理。计算动态稳定指数(DPSI)、前后方向的稳定指数(APS I)、左右方向的稳定指数(MLS I)、垂直方向的稳定指数(VS I)和最大地面反作用力(vGRFmax),计算公式见表 1<sup>[11]</sup>。再使用 Excel 2010 计算 3 次测试结果均值,最后将两组的均值以 SPSS16.0 进行独立样本 t 检验,比较两组的 DPS、APS、MLS I、VS I、vGRFmax 以及冲击负荷率,检验水准  $\alpha=0.05$ ,置信区间 95%。

表 1 计算 (DPSI, APSI, MLSI, VS I 和 vGRFmax) 的方程式

Table I Calculation Equation for DPSI, APSI, MLSI and vGRFmax

变量	公式
APSI	$\sqrt{\sum [(0-GRFx)^2 / \text{Number of data points}] / \text{Body Weight}}$
MLS I	$\sqrt{\sum [(0-GRFy)^2 / \text{Number of data points}] / \text{Body Weight}}$
VS I	$\sqrt{\sum [(body\ weight-GRFz)^2 / \text{Number of data points}] / \text{Body Weight}}$
DPSI	$\sqrt{[\sum (0-GRFx)^2 + \sum (0-GRFy)^2 + \sum (body\ weight-GRFz)^2] / \text{Number of data points}] / \text{Body Weight}}$
vGRFmax (%BW)	vGRFmax/Body weight

## 2 结果

跆拳道运动员与一般运动爱好者在前后、垂直方向的稳定指数和总体稳定指数上均出现显著性差

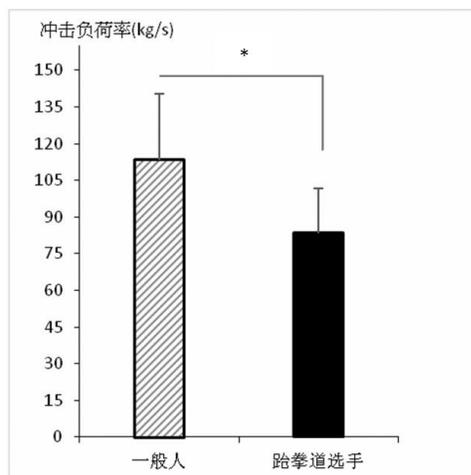
异( $P < 0.05$ ),但两组在左右方向的稳定指数上未出现显著性差异( $P > 0.05$ ),见表 2。在冲击负荷率结果比较中,发现跆拳道运动员与一般运动爱好者存在显著性差异( $P < 0.05$ ),见图 3。

表 2 一般运动爱好者与跆拳道运动员稳定指数之差异

Table II Difference between the Stability Indexes of the Ordinary Sport Enthusiasts and Those of the Taekwondo Athletes

	一般运动爱好者	跆拳道运动员	P
	平均±标准差	平均±标准差	
APSI	0.094±0.011	0.079±0.009	0.003*
MLS I	0.033±0.004	0.033±0.005	0.839
VS I	0.415±0.040	0.364±0.044	0.015*
DPSI	0.427±0.040	0.375±0.044	0.013*
vGRFmax (%BW)	4.246±0.456	3.745±0.413	0.019*

注:\* 为  $P < 0.05$ 。



注:\* 为  $P < 0.05$ 。

图 3 一般运动爱好者与跆拳道运动员的冲击负荷率之差异

Figure 3 Difference between the Impact Load Rate of the Ordinary Sport Enthusiasts and That of the Taekwondo Athletes

## 3 讨论

本文主要目的是通过比较跆拳道专业运动员和一般运动爱好者的动态姿势稳定性,研究跆拳道运动对运动员动态稳定性的影响。结果显示在向前跳落时,跆拳道专业运动员的前后、垂直方向以及总体动态稳定指数的均值和标准差都比一般运动爱好者小。表明跆拳道专业运动员的前后、垂直方向的稳定性以及总体动态稳定性均比一般运动爱好者好。在



冲击负荷率上,跆拳道组的平均冲击率为 83.4 kg/s,一般运动爱好组的平均冲击率为 113.3 kg/s。说明跆拳道运动员在着地时,地面对各个关节的冲击力小于一般运动爱好者。这些结果表明长期进行跆拳道训练有助于动态稳定性的提高。

目前姿势稳定性的评价方法可分为主观和客观测试方法两大类。动态姿势稳定性的主观评价方法主要是由 Riemann 等人基于改良的 Bass 测试提出的多级单腿跳稳定性测试。由于主观测试的科学性、严谨性较低,因此目前大多数的研究都是利用精密的仪器做研究。动态姿势稳定性的客观评价方法主要有星形移动平衡测试(SEBT)、Biodex Balance System 的非稳界面平衡测试和基于测力台的落地稳定性测试<sup>[12]</sup>。Wikstrom 等人在 2005 年的研究中提出了一种新型动态平衡检测方式,动态平衡检测是以测力板为工具,主要是利用跃起着地的方式进行检测<sup>[9]</sup>。此检测方法评价受试者由动态的运动状态向静止状态转换时在支撑面上保持平衡的能力,能较真实地模拟运动员在实际运动中的状态,因此测试结果更贴近运动员在现实运动中的表现,更具有实用价值。Wikstrom 等学者在 2006 年的不同性别和下肢在下落时对动态稳定性的影响一文中,验证了 DPSI 的测试方法具有很高的信度 (ICC=0.96)<sup>[18]</sup>。与此结论相一致的, Sell 通过计算动态稳定指数(DPSI),比较了有体力活动的人和健康人的静态、动态稳定性,结果发现有体力活动的健康人稳定性比一般人的稳定性好<sup>[7]</sup>。同时再次证明了 DPSI 的测试方法在评价动态稳定性上有很高的信度,尤其是在评价健康人的动态稳定性上,单脚支撑的测试方式增加了测试的难度,让测试结果更具有可靠性。

目前有关于跆拳道对平衡能力影响的研究中,大多数都是关于跆拳道运动对老年人、青少年和儿童的静态平衡能力的影响,对于动态平衡能力影响的研究较少。Cromwell 等人共选取 40 名平均年龄 70 岁左右的老年人,结果发现长期进行跆拳道运动的老年组的静态平衡能力显著好于无锻炼的老年组,并且长期进行跆拳道运动的老年人行走的步态更稳健,减小了摔倒的风险<sup>[13]</sup>。Fong 等学者发现跆拳道训练可以促进青少年的静态平衡能力和本体感觉系统的发展<sup>[14]</sup>。从以上的研究结果可以看出,长期的跆拳道运动有利于老年人和青少年的静态平衡能力发展。而本文在探究跆拳道运动对专业运动员的动态稳定性的影响时,也得到了相似的结论。跆拳道组运动员的前后、垂直方向和总体稳定指数均值都小于一般运动爱好组,表明跆拳道专业的运动员在

前后、垂直方向的稳定性和总体稳定性均显著好于一般运动爱好者。但在左右方向的稳定性上,两组未出现显著性差异。笔者分析,本文的测试动作为向前跳落,并要求腾空时达到一定的高度。所以起跳时有向前、向上的作用力,当落地时,就会产生向前、向上运动的惯性。其次长期从事跆拳道训练,有助于前庭觉和本体感觉的发展,也使视觉系统捕捉信息的功能更强,更加准确。维持姿势稳定性的能力需要前庭觉、视觉和本体感觉的共同协同作用,其中前庭感受器起到最主要的作用<sup>[15]</sup>。Fong 等学者在 2012 年研究结果发现跆拳道训练可以加快青少年前庭功能的发展速度,因此有跆拳道训练的青少年比无跆拳道训练的青少年静态稳定性好<sup>[16]</sup>。庞尔江等学者在 2015 年研究跆拳道对学前儿童的静态平衡能力的影响中,结果证明跆拳道训练可以促进儿童的前庭觉和本体感觉的发展,有跆拳道训练的儿童的双足和右足站立的静态平衡能力与正常儿童相比都有显著提高<sup>[17]</sup>。而本文中选取的跆拳道受试者,均有从小就有进行跆拳道训练的经历,因此他们的前庭感受器、视觉和本体感受器功能也会比一般的运动爱好者好,表现出整体的动态稳定性比一般的运动爱好者好,有效减小跆拳道运动员在下落过程受伤的几率。与本文结论相一致的, Rabello 等学者通过计算压力中心(COP)的轨迹长度与面积,比较了跆拳道专业运动员与一般成年男性的静态稳定性<sup>[18]</sup>。研究结果发现跆拳道专业运动员的静态稳定性也是显著好于一般的成年男性。Leong 等人比较了低水平跆拳道运动员与久坐的人群站立静态稳定性,结果发现跆拳道运动员到达稳定的时间(TTS)比久坐者短,静态稳定性好<sup>[19]</sup>。此外,长期进行其他的体育训练也有利于平衡能力的发展,例如江劲政等学者比较了体操专项的运动员与一般人的平衡能力,结果发现体操运动员的平衡能力显著好于普通人<sup>[20]</sup>。在 2002 年, Perrin 等人比较了柔道和舞蹈运动员与一般人的平衡能力,结果发现柔道和舞蹈专业的运动员平衡能力显著比一般人好<sup>[21]</sup>。

跆拳道是一项对速度、准确性以及灵敏性要求极高的运动项目。在比赛中,选手需要快速的转换、运用各种攻击的腿法和步法,并且运动的路线有直线、曲线和旋转的运动变换,因此要求跆拳道选手具备在处于极为不稳的、困难的姿势下,可以灵活的转移重心的同时,仍然可以维持身体稳定的能力。因此稳定性是跆拳道运动中可以随时能有效地进行进攻与反击的基础。跆拳道运动的特点之一以腿法为主,在跆拳道训练中,腿部攻击技术是主要的训练内容。



在跆拳道比赛中常用的攻击动作有旋踢、后踢、后旋踢、下压踢等动作。根据洪诗涵等人对获得两次奥运冠军的跆拳道选手吴静钰的攻击动作分析一文得知,无论是在初赛、复赛还是决赛比赛中,吴静钰攻击技术使用旋踢和前踢动作次数最多,旋踢得分率最高<sup>[2]</sup>。旋踢是原地主动左后右前,以单击正面中端得分为主。在比赛中,两只脚前后开立的步法是跆拳道运动中准备的基本姿势,在比赛中,当选手采用主要攻击时,选手会保持基本的两只脚前后开立,试探着向前移动,步步逼近对手,找时机攻击对手,而处于被动的一方,会保持两只脚一前一后的步法,向后移动,以退为进。无论是主动和被动的攻击形态均要求运动员快速地在前后方向上移动脚步。因此跆拳道运动员在前后方向上的稳定性得到了充分的训练。而在激烈的比赛中,如遇身型高大难以攻击的对手,跆拳道选手需要使用大量的跳跃攻击动作,又因跳跃攻击会有较高的得分,比赛技术会偏向轻盈跳跃攻击及着重一击到位有效。所以跆拳道选手常常需要双脚向上跳起,踢击对方。运动员在垂直方向落地的平衡能力也得到了充分的发展,相比于前后和垂直方向,跆拳道运动员在左右方向的平衡能力较少有机会得到训练。因此跆拳道运动员在前后方向和垂直方向的稳定性会明显的好于一般的运动爱好者,而在左右方向的稳定性指数得分上两组未出现显著差异性。

在本文的实验中,两组除了稳定性有显著性差异,在冲击负荷率上也出现了显著性差异,且跆拳道选手的冲击负荷率小于一般运动爱好者(3.718<4.405 kg/s)。且跆拳道组的最大垂直地面反作用力(vGRFmax)均值也显著小于一般运动爱好者(3.75<4.25 kg/s)。根据冲击负荷率的计算公式,冲击负荷率= $vGRFmax/(T1-T0)$ ,可以得知,跆拳道组到达vGRFmax的时间比一般运动爱好者的时间长。因此我们推测是否由于跆拳道组的运动员跳跃高度较高,腾空时间较长造成了冲击负荷率较小。但经过统计,我们发现跆拳道组的最大垂直跳跃高度为(58.540±3.622)cm与一般运动爱好者组的(60.36±4.64)cm无显著性差异。反而跆拳道组的最大垂直跳高略低于一般运动爱好者组。说明跆拳道组的专业运动员的下肢肌肉爆发力并没有显著好于一般运动爱好者。因此可以推断可能是由于两组采用的着地策略不同造成地面的冲击负荷率不同。跆拳道专业的运动员,由于在练习或比赛中经常做下落单脚支撑的动作,所以习惯性采用软着陆策略,利用屈曲膝关节和踝关节动作来缓冲,自我保护意识比较强。而一般运动爱好者则

采用硬着陆策略。

在本文的研究中,存在一些不足的地方,本文只收集了测力板的数据,做了动力学分析,而没有做相关的运动学分析。希望在今后的研究中可以做动力学相关的研究。

## 4 结论

长期进行跆拳道运动有助于提高运动员的整体动态稳定性,尤其对跆拳道运动员前后方向以及垂直方向上的稳定性有明显提高。跆拳道运动员的下肢爆发力并没有比一般运动爱好者表现突出,其落地时的低冲击负荷率可能是由于采用了软着陆的落地策略造成的。

## 参考文献:

- [1] Davlin C. D. Dynamic balance in high level athletes[J]. Perceptual and motor skills, 2004, 98(3):1171-1176.
- [2] Bressel E., Yonker J. C., Kras J., et al. Comparison of Static and Dynamic Balance in Female Collegiate Soccer, Basketball, and Gymnastics Athletes[J]. Journal of Athletic Training, 2007, 42(1):42-46.
- [3] Suzana M. A., Pieter W. Motor ability profile of junior and senior Taekwondo club athletes[J]. Brazilian Journal of Biomechanics, 2009, 3(4):325-331.
- [4] Jlid M. C., Maffulli N., Souissi N., et al. Pre-pubertal males practising Taekwondo exhibit favourable postural and neuromuscular performance[J]. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 2016, 8(1):8-16.
- [5] Brudnak M. A., Dundero D., Van Hecke F. M. Are the 'hard' martial arts, such as the Korean martial art, TaeKwon-Do, of benefit to senior citizens?[J]. Medical Hypotheses, 2002, 59(4):485-491.
- [6] Wikstrom E. A., Tillman M. D., Smith A. N., et al. A new force-plate technology measure of dynamic postural stability: the dynamic postural stability index.[J]. Journal of Athletic Training, 2005, 40(4):305-309.
- [7] Timothy C. S. An examination, correlation, and comparison of static and dynamic measures of postural stability in healthy, physically active adult[J]. Physical Therapy in Sport, 2012, 13(2):80-86.
- [8] Wikstrom E. A., Tillman M. D., et al. Gender and Limb Differences in Dynamic [J]. Clinical Journal of Sport Medicine, 2006, 16(4):311-315.
- [9] Pau M., Arippa F., Leban B., et al. Relationship between static and dynamic balance abilities in Italian professional and youth league soccer players[J]. PhysTher Sport,



- 2015, 16(3):236-241.
- [10] Wikstrom E. A., Tillman M. D., Schenker S. M., et al. Jump-landing direction influences dynamic postural stability scores[J]. *Science & Medicine in Sport*, 2008, 11(2):106-111.
- [11] Maeda N., Urabe Y., Tsutsumi S., et al. Effect of Semi-Rigid and Soft Ankle Braces on Static and Dynamic Postural Stability in Young Male Adults[J]. *Science & Medicine in Sport*, 2016, 15(2):352-357.
- [12] 尹彦, 罗冬梅, 刘卉, 等. 功能性踝关节不稳者姿势稳定性的研究进展[J]. *体育科学*, 2016, 36(4):61-67.
- [13] Cromwell R. L., Meyers P. M., Meyers P. E., et al. Tae Kwon Do: an effective exercise for improving balance and walking ability in older adults[J]. *J. Gerontol A. Biol. Sci. Med. Sci.*, 2007, 62(6):641-646.
- [14] Fong S. S., Fu S. N., Ng G. Y. Taekwondo training speeds up the development of balance and sensory functions in young adolescents[J]. *Science & Medicine in Sport*, 2012, 15(1):64-68.
- [15] 郭丽敏, 迟放鲁. 姿势平衡中的感觉相互作用[J]. *上海医学*, 2003, 26(4):258-261.
- [16] Fong S. M., Ng G. Y. Sensory integration and standing balance in adolescent taekwondo practitioners[J]. *Pediatric Exercise Science*, 2012, 24(1):142.
- [17] 庞尔江, 张秋霞, 程丽茹. 跆拳道训练对学龄儿童静态平衡能力的影响[J]. *体育科研*, 2015, 36(5):80-84.
- [18] Rabello L. M., Gil A. W., Oliveira M. R. D., et al. Comparison of postural balance between professional taekwondo athletes and young adults[J]. *Fisioter Pesqui*, 2014, 21(2):139-143.
- [19] Leong H. T., Fu S. N., Ng G. Y., et al. Low-level Taekwondo practitioners have better somatosensory organisation in standing balance than sedentary people[J]. *European journal of applied physiology*, 2011, 111(8):1787-1793.
- [20] 江劲政, 江劲彦, 相子元. 体操选手与非运动员平衡能力之定量评估[J]. *大专体育学刊*, 2004, 6(1):203-212.
- [21] Perrin P., Deviterne D., Hugel F., et al. Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control[J]. *Gait & Posture*, 2002, 15(2):187-194.
- [22] 洪诗涵, 蔡明志. 2012年伦敦奥运会跆拳道女子组49kg级金牌选手比赛技术分析[J]. *跆拳道学刊*, 2014, 1(1):15-30.

(责任编辑:何聪)

(上接第93页)

- 492-501.
- [11] Mayer S.W., Queen R. M., Taylor D., et al. Functional Testing Differences in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients Released Versus Not Released to Return to Sport[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2015, 43(7):1105-1108.
- [12] Anderson. Functional Testing in Human Performance[M]. *Human Kinetics*, 2009:148-149.
- [13] Tjong V. K. A qualitative investigation of the decision to return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction: to play or not to play[J]. *American Journal of Sports Medicine*, 2014, 42(2):336-342.
- [14] Ericsson Y.B. Lower extremity performance following ACL rehabilitation in the KANON-trial: impact of reconstruction and predictive value at 2 and 5 years[J]. *Br. J. Sports Med.*, 2013, 47:980-985.
- [15] Xergia S. A., Pappas E., Zampeli F., et al. Asymmetries in functional hop tests, lower extremity kinematics, and isokinetic strength persist 6 to 9 months following anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Orthop. Sports Phys. Ther.*, 2013, 43:154-162.
- [16] Kuenze C. Clinical thresholds for quadriceps assessment after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Sport Rehab*, 2015, 24(1):36-46.
- [17] Wasserstein D. KOOS pain as a marker for significant knee pain two and six years after primary ACL reconstruction: a Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) prospective longitudinal cohort study[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2015, 23(10):1674-1684.
- [18] Yumi N. *Sports Injuries and Prevention*[M]. Springer Japan 2015.
- [19] Newton. ACSM'S Health-related physical Fitness Assessment Manual[M]. *Human Kinetics*, 2008.
- [20] Feller J. A., Webster K. E. A randomized comparison of patellar tendon and hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Am. J. Sports Med.*, 2003, 31:564-573.
- [21] Dunn Spindler. Predictors of activity level 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR): a multicenter Orthopaedic Outcomes network (MOON) ACLR cohort study[J]. *Am. J. Sports Med.*, 2010, 38:2040-2050.

(责任编辑:何聪)