

下肢功能测试在评估前十字韧带重建术后安全返回赛场中的应用

杨 涛

摘要: 下肢功能测试(单脚跳远、单脚侧向跳、单脚箱跳和单脚 8 字跳)可较好评估前十字韧带功能不良,但目前相关应用研究较少。本研究对 15 名接受前十字韧带重建术重返赛场的女子运动员,平均年龄(22.3±3.5)岁,重返时间为术后 9~12 个月依次完成 KOOS 量表、等速肌力测试和下肢功能测试,采用配对 T 检验比较手术腿与健侧腿的下肢功能测试和等速肌力成绩的差异。采用皮尔逊积差相关系数检验全部测试结果的相关性。结果发现,单脚跳远成绩患侧腿明显低于健侧腿,箱跳成绩患侧腿低于健侧腿,8 字跳和侧向跳成绩两侧无差异;60°/s 伸展、180°/s 屈曲峰力矩患侧腿与健侧腿存在差异;单腿跳远成绩与 60°/s 伸展峰力矩具有相关性($r=0.605$),箱跳成绩与 180°/s 屈曲峰力矩具有相关性($r=0.560$)。表明 ACLR 术后 9~12 个月重返赛场的女子运动员仍普遍存在股四头肌力量和腘绳肌力量耐力对称性不良,应避免全力的制动和起跳落地动作;运动员重返赛前应该通过膝关节等速肌力和下肢功能测试完整了解膝关节功能的恢复情况;而 KOOS 评分量表用于运动员 ACLR 术后重返赛场决策敏感度不佳。

关键词: 前十字韧带重建术;下肢功能测试;膝关节等速肌力;KOOS 量表;重返赛场
中图分类号:G804.5 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2017)05-0089-05
DOI:10.12064/ssr.20170514

Application of Lower Extremity Functional Test to the Evaluation of the Safety in Returning to Competition after ACLR

YANG Tao

(Shanghai sports institute, Shanghai 200237, China)

Abstract: Lower extremity functional tests (single-leg long jump, single-leg box jump, single-leg lateral jump and single-leg figure 8 jump) are recognized as an effective way to evaluate anterior cruciate ligament (ACL) dysfunction. However, there are few related researches in this regard. 15 professional female athletes (average age 22.3±3.5), who had received ACL and returned to competition for 9-12 months after the operation, passed the tests of KOOS scoring scale, isokinetic muscle strength and lower extremity function. Paired sample T test was applied to comparing the difference of lower extremity function and isokinetic muscle strength between the operation leg and non-operation leg. And Pearson product moment correlation coefficient was applied to test the correlation of all the test results. The result shows that the result of single-leg long jump of the operation leg is apparently lower than that of the non-operation leg. The result of single-leg box jump of the operation leg is lower than that of the non-operation leg. There is no difference between the results of the figure 8 jump and lateral jump. There is difference between the 60°/s extension torque and 180°/s flexion torque of the leg that received the surgery and that of the other one. There is correlation between the single-leg long jump results and the 60°/s extension torque ($r=0.605$). And there is correlation between the box jump results and 180°/s flexion torque ($r=0.560$). The conclusion is that 9-12 months after ACLR, poor symmetry of quadriceps strength and hamstring strength endurance of the female athletes returning to competition still exists. Therefore, high-intensity braking and

收稿日期:2017-09-02

项目基金:上海市体育局综合服务课题(14ZH003)。

作者简介:杨涛,男,讲师,博士。主要研究方向:运动医学。E-mail:yangtao318@126.com。

作者单位:上海体育职业学院,上海 200237。



takeoff landing should be avoided. Before returning to competition, knee isokinetic muscle strength and lower extremity function should be tested so as to know if the knee function has been recovered. KOOS scoring scale is not sensitive in help decide whether the athlete can return to competition after ACLR.

Key Words: anterior cruciate ligament reconstruction; lower extremity functional test; isokinetic strength of knee; KOOS scoring scale; returning to competition

前十字韧带(ACL)损伤是目前最常见的运动伤病之一。运动员和反复的膝关节不稳的普通患者都倾向于接受重建手术(ACLR)。Arderm 等采用 META 分析发现, ACLR 后, 63% 的患者回到了受伤前的运动水平, 仅有 44% 可以重返赛场^[1]。重返赛后手术膝关节二次损伤率约为 6%~13%, 对侧膝关节损伤率为 2%~6%^[2]。因此, 安全重返赛场的评价标准是近年来研究的焦点。

研究文献发现, 接受 ACLR 后的运动员重返运动的标准为双侧下肢的对称指数 LSI (Lower Bodysymmetry Index) > 90%, 涉及的测试包括: (1) 股四头肌和腘绳肌在 60° /s, 180° /s 和 300° /s 的等速肌力测试值; (2) 下肢功能测试中的各种单脚跳^[3]。

膝关节等速肌力被认为是 ACL 重返运动效率最高的评价指标被广泛采用, 但仅能反映单关节肌力, 与实际运动能力存在差距。单脚跳(single-leg hop for distance)是目前常用的神经肌肉控制评价指标, 可以反映下肢力量、爆发和姿势稳定性的整体水平, 已被国际膝关节文献文员会(IKDC)纳入膝关节评估方案^[4]。但仅用单脚跳测试的敏感度仅能达到 42%, Itoh 等将 8 字单脚跳 (figure 8 hop test)、单脚箱跳 (up-down test)、单脚侧向跳 (side-to-side hop test) 和单脚跳远 (single hop for distance) 4 个测试整合为一个测试组, 对 ACL 功能不良的患者进行评估, 由于其分别代表了膝关节运动中所需要的 4 种能力, 所以将这一组测试命名为下肢功能测试, 对 ACL 损伤预测敏感度提高至 82%^[5]。此外, 主观问卷也是一直医生广泛采用的膝关节功能评估工具, ACLR 后常用的是 KOOS 量表。

目前国内运动员重返运动前通常仅采用膝关节等速肌力和 KOOS 量表的结果作为决策的参考依据, 而对于下肢功能测试则较少涉及。本研究对接受 ACLR 运动员重返运动前同时进行上述 3 种测试评估, 为其提供更为详细的决策依据, 并探讨下肢功能测试与膝关节等速肌力和 KOOS 量表之间的关系, 明确下肢功能测试在十字韧带重建术后安全重返运动评估中的作用。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

从国家体育总局体育医院 2013—2015 年电子病历中 235 名 ACLR 患者作为数据库。录入标准为: (1) 女子职业运动员; (2) 单侧腿 ACL 损伤, 未合并其他严重损伤; (3) 进行系统康复, 准备重返专项运动; (4) 从事项目中包含跳跃、扭转和急速切步等动作。共 15 名运动员纳入研究, 基本信息见表 1。

表 1 研究对象的基本信息

Table I Basic Information of the Subjects

年龄 /岁	身高 /cm	体重 /kg	重返 时间/月	从事 项目
N=15	22.3±3.5	175±11.0	68.9±12.1	9.1±2.9 手球、曲棍球

1.2 康复方案

研究对象接受统一的康复方案(表 2)。急性期以控制肿胀和恢复关节活动为主, 采用等长肌力练习; 术后 2~3 周开始逐渐负重, 开始进行功率自行车练习; 8 周以后开始特定关节角度的膝关节伸展练习; 12~16 周开始慢跑逐渐过渡到全速跑; 16 周以后开始进行灵敏训练和增强式训练; 术后 6 个月开始逐渐返回专项训练。

表 2 标准康复流程

Table II Standard Recovery Process

康复阶段	康复内容	实施方法
0~2 周	恢复关节活动度练习、股四头肌控制	院内执行
2~4 周	逐步负重、等长肌力练习	队医执行
4~6 周	传统力量训练、神经肌肉控制	队医执行
6 周~4 个月	慢跑过渡至全速跑	队医执行
4~6 个月	灵敏训练、落地训练、增强式训练	体能教练执行
6~12 个月	专项训练	体能教练执行

备注: 1. 详细的康复内容参照《Orthopaedic Rehabilitation Of The Athlete Getting Back In The Game》; 2. 建议练习频率 2~3 次 / 周, 重复次数 8~10 次, 组数 2~3 组, 实际练习的组数和次数依据队员实际表现进行调整。

1.3 研究方法

跟踪所有研究对象的康复进程,记录每名运动员重返训练赛的具体时间。队医在运动员准备重返运动前1周内进行测试,测试前3d告知受试者测试内容,测试由相同测试人员完成。测试内容包括:填写KOOS量表、膝关节等速肌力测试(60°/s反映最大力量和180°/s反映力量耐力)、下肢功能测试(单脚跳远、单脚侧向跳、单脚箱跳、单脚8字跳)。

1.3.1 填写KOOS量表

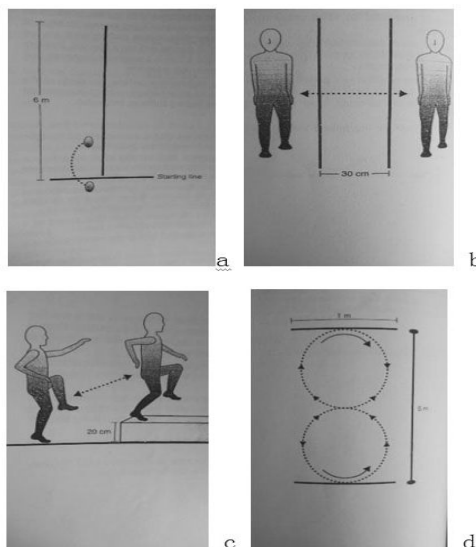
所有研究对象填写标准的KOOS量表(1998)。问卷包括5个方面的评分:疼痛(9项),症状(7项),日常活动(17项),运动和娱乐功能(5项)和膝关节相关生活质量(4项),每个问题分成0~4五个等级,每个分量表单独换算成百分制评分,每个方面的得分汇总转化为标准分,总分0~100。0分代表膝关节问题非常严重,100代表膝关节没有任何问题,要求10min内完成填写^[6]。

1.3.2 膝关节等速肌力测试

等速肌力采用Biodex System III对双侧下肢膝关节进行向心肌力测试。测试前,先对肢体重量产生的力矩进行排除,并进行3次练习,熟悉动作。动作幅度设置为从屈膝90°至充分伸膝的位置,角速度设为60°/s和180°/s分别做5次和10次最大向心伸展和屈曲,不同速度测试组间休息3min。首先进行健侧腿测试,测试两次,记录相对峰力矩值(最大峰力矩/体重)值,计算LSI。

1.3.3 下肢功能测试

测试前进行10min动态拉伸,然后做一次预测试后进行正式测试。所有受试者在木质地板上(手球场)依次完成:单脚跳远、单脚侧向跳、单脚箱跳和单脚8字跳测试(见图1)。首先做健侧腿测试,然后做手术腿测试,测试时允许摆动双臂,测试中采用相同的提示语。单脚跳远:为支撑腿起跳,相同腿落地,努力完成最大距离位移(精确到0.1cm),要求每次测试支撑脚落地保持稳定2s为有效测试;单脚侧向跳:在两条相距30cm的边线尽快完成10次横向单脚跳(精确到0.01s),记录时间;单脚箱跳:在30cm高的跳箱上尽快完成10次单脚的跳上跳下(精确到0.01s);8字跳为在1m宽、5m长的场地上将7个圆锥摆成“8”字形,受试者尽快用单脚跳完成绕圈(精确到0.01s)。两侧下肢分别测试两次,记录测试结果并取平均值。对每种测试进行(LSI)计算,公式为(手术腿成绩/健侧腿成绩)×100%^[7]。



注:a.单脚跳远 b.单脚侧向跳 c.单脚箱跳 d.单脚8字跳

图1 下肢功能测试

Figure 1 Lower Extremity Function Test

1.4 数据处理

所有变量采用均数±标准差来表示,所有数据采用SPSS20.0进行处理。采用非参数检验比较组间LSI数据(百分比)的差异;采用皮尔逊积差相关系数检验下肢功能测试结果与膝关节等速肌力测试结果和KOOS量表结果的相关性。

2 结果

2.1 KOOS量表评分

受试者完成KOOS问卷的平均分数为90.1(78~100),其中,疼痛的平均分90.6(82~100),症状得分85.5(78~100),日常活动得分95.6(88~100),体育活动得分92.5(88~100),生活质量89.5(79~100)(见表3)。

表3 所有研究对象KOOS量表评分结果

Table III KOOS Scoring Results of All the Subjects

总分	疼痛	症状	日常生活	体育活动	生活质量
91.0±8.1	90.6±9.8	85.5±12.6	95.6±3.9	92.5±12.4	89.3±10.7

2.2 膝关节等速肌力测试

表4表明,膝关节伸展力矩在60°/s患侧腿(2.82±0.48)明显低于健侧腿(3.37±0.66)(P<0.01),而在180°/s患侧腿(1.48±0.27)与健侧腿(1.51±0.36)无差异;膝关节屈曲力矩在180°/s患侧腿(1.07±0.27)低于健侧腿(1.25±0.26)(P<0.05),而在60°/s患侧腿(2.26±0.80)与健侧腿(2.58±0.83)无差异。对称指



数(LSI)的平均值为:60°/s 伸展 87% (76%~110%), 60°/s 屈曲 93% (93%~110%), 180°/s 伸展 99% (91%~107%), 180°/s 屈曲 91% (64%~114%)。

表 4 膝关节等速肌力测试患侧腿和健侧腿相对峰值扭矩的比较

Table IV Comparison between the Relative Peak Torque of the Isokinetic Strength Test of the Leg That received the Surgery and That of the Other One

	60°/s (Nm/kg)		180°/s (Nm/kg)	
	伸展	屈曲	伸展	屈曲
健侧	3.37±0.66	2.58±0.83	1.51±0.36	1.25±0.26
患侧	2.82±0.48**	2.26±0.80	1.48±0.27	1.07±0.27*
LSI	0.87±0.25	0.93±0.17	0.99±0.08	0.91±0.23

注:**表示 P<0.01, 具有显著性差异;*表示 P<0.05, 具有显著性差异。

2.3 下肢功能测试结果

表 5 表明, 单脚跳远测试成绩患侧腿(159.77±12.02)明显低于健侧腿(169.77±9.17)(P<0.01), 单脚箱跳成绩患侧腿(9.27±1.13)低于健侧腿(9.72±1.08)(P<0.05), 单脚侧向跳和单脚 8 字跳两侧则无差异。对称指数(LSI)的平均值为: 单脚跳远 89% (85%~93%), 单脚侧向跳 102% (97%~107%), 单脚箱跳 107% (90%~124%), 单脚 8 字跳 105% (96%~114)。

表 5 下肢功能测试患侧腿和健侧腿的比较

Table V Comparison between the Operation-received Leg and the Other One in Lower Extremity Function Test

	单脚跳远	单脚侧向跳	单脚箱跳	单脚 8 字跳
	/cm	/s	/s	/s
健侧	169.77±9.17	7.34±0.65	9.72±1.08	7.62±0.55
患侧	159.77±12.02**	7.48±0.60	9.27±1.13*	7.99±0.58
LSI	0.89±0.04	1.02±0.05	1.07±0.17	1.05±0.09

注:**表示 P<0.01, 具有显著性差异;*表示 P<0.05, 具有显著性差异。

2.4 3 种评估测试结果的相关性

表 6 显示, 单脚跳远成绩与膝关节 60°/s 伸展力矩具有相关性(r=0.605, P=0.040), 箱跳成绩与膝关节 180°/s 屈曲力矩具有相关性(r=-0.560, P=0.026)。4 种跳跃测试与 KOOS 总分均无相关性。

3 分析讨论

对称指数(LSI)是判断双侧下肢是否存在伤病风险的有效指标^[8,9]。Myer 等和 Thomée et al 认为, 可以安全返回运动的安全阈值是各种单脚跳 LSI 不低于 90%^[10,11]。对于重返赛场的运动员, LSI 越接近 100% 潜在的风险就越低。下肢功能测试可反映整体

表 6 下肢功能对称指数与膝关节等速肌力测试和 KOOS 总分的相关系数(r)

Table VI Correlation Coefficient of the Symmetry Indexes of Lower Extremity Function, Knee Isokinetic Strength Test and KOOS Total Scores (r)

	KOOS	伸展力矩		屈曲力矩	
		60°/s	80°/s	60°/s	180°/s
单脚跳远	-0.240	0.605*	0.361	0.124	0.071
单脚侧向跳	0.229	-0.372	-0.369	-0.341	-0.365
单脚箱跳	0.349	-0.153	-0.236	-0.365	-0.560*
单脚 8 字跳	0.088	-0.303	-0.192	-0.171	-0.237

注:**表示 P<0.01, *表示 P<0.05。

下肢的运动技能和运动表现(performance), 单脚跳远代表下肢爆发力, 单脚侧向跳代表切步和扭转动作, 单脚箱跳代表下肢的反应力量(离心力量)和膝关节动态稳定性, 8 字跳代表旋转动作的力量^[12]。本研究中, 全部 4 项单脚跳 LSI 指数均高于 90% 人数仅有 7 人(46%)。其中单脚跳(P<0.01)和箱跳(P<0.05)对称性存在不足; 侧向跳和 8 字跳对称性则无明显差异。这提示膝关节的绝对力量、反应力量(离心力量)和动态稳定性存在对称性不佳, 切步和旋转力量对称性尚可, 上述结果显示运动员做全力的减速制动和起跳落地等高度依赖离心力量动作时的损伤风险较高, 而切步变向和横向移动时则风险较低。对于手球和曲棍球项目来说, 运动员需要在比赛中反复完成高强度的落地、变向、减速和制动等加大 ACL 负荷的动作。因此, 建议运动员重返赛前和重返赛场后都应该定期进行下肢功能测试, 及时发现下肢肌力和下肢运动技能中存在的不对称, 降低二次损伤发生率。

尽管膝关节等速肌力测试仅反映单关节的肌力情况, 与运动实践存在较大差异, 但股四头肌肌力对手术后膝关节功能的影响已经被充分证实, 该测试已成为 ACLR 后了解膝关节功能恢复状况的首选方法。通常, 60°/s(低速)力矩值代表最大力量, 180°/s(中速)力矩值代表力量耐力(这是由力-速度曲线规律决定的, 最大力量一定需要在低速下才能测得, 而相对速度较快重复次数较多的测试则反映了力量耐力), 伸展代表过股四头肌力量, 屈曲代表腘绳肌力量。本研究中, 4 种测试结果 LSI 均达到 90% 比例为 46%。其中, 伸展力矩在 60°/s(LSI87%)患侧腿明显低于健侧腿(P<0.01), 提示股四头肌的绝对力量存在对称性不佳; 屈曲力矩在 180°/s(LSI91%)患侧腿低于健侧腿(P<0.05), 提示腘绳肌的力量耐力存在对称性不佳。作为膝关节力量产生和控制的主要肌群, 股四头肌薄弱会影响专项动作的完成。近年来的康复方案倾向于早期负重、尽早恢复活动度和力



量,以及增加神经肌肉训练^[13,14,15]。尽管如此,本研究中股四头肌力量薄弱和双侧不对称的现象仍较普遍,这可能与接受 ACLR 的运动员存在康复后期力量训练发展目标不明确、训练负荷不恰当等现象,从而导致长期不能提升患侧腿股四头肌最大力量而仅发展了力量耐力,同时对腘绳肌的力量耐力重视不够。Kuenze C 等认为患侧腿 60°/s 的相对峰力矩应大于 3.0 Nm/kg 才符合安全重返赛场的条件^[16],本研究中仅有 4 名(26%)运动员达到该标准。

KOOS 的全称是膝关节损伤与骨性关节炎评分(Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score),是以病人主观感受来评价运动损伤情况的工具。Englund 模型是常被采用的通过 KOOS 量表评分鉴别膝关节异常的标准:疼痛 ≤ 86.1 、症状 ≤ 85.7 、日常生活 ≤ 86.8 、运动娱乐 ≤ 85.0 、生活质量 ≤ 87.5 ,如果生活质量 ≤ 87.5 ,同时有两项或更多的其他指标异常,即认为膝关节功能存在不足^[17]。本研究中,KOOS 评分均高于该标准。提示 KOOS 量表作为常规评价膝关节功能方法,用于判断膝关节运动功能失常时,匹配度和敏感度并不佳,尤其与专项运动表现的相关性较低,这与 Yumi Nomura 的研究结论一致^[18]。但作为膝关节主观感受评价方法,KOOS 量表可用于运动员对比赛和训练适应程度的评估。

测试指标相关性方面,下肢功能测试中的单脚跳远与 60°/s 伸展峰力矩具有较高相关($r=0.605$),这与之前的文献报道一致^[19-21]。箱跳与 180°/s 屈曲峰力矩具有相关性($r=0.560$),可能与运动员完成箱跳测试时腘绳肌参与程度较高有关。建议单脚跳远和箱跳可尝试用于股四头肌力量和腘绳肌力量耐力的鉴别,但其敏感程度仍需要进一步验证。侧向跳和 8 字跳与膝关节等速肌力测试均无相关,这与侧向移动和旋转力量无法用等速肌力测试直接评估有关。下肢功能测试与 KOOS 量表总分均无相关性。

目前,大部分研究中将 ACLR 重返运动的时间标准确定为时间不少术后 6 个月,而本研究中的重返时间均在 9~12 个月,但测试结果说明不少运动员膝关节功能仍未达到重返标准。这提示存在两种可能:一是运动员安全重返赛场的时间应该在术后 12 个月;二是术后的康复可能仍存在不足。

本研究首次采用 3 种方法对高水平运动员 ACLR 后重返赛场的膝关节功能进行评价,尤其是下肢功能测试的数据可为重返赛场的运动员日常评估损伤风险和康复体能训练提供参考范例。不足之处有:一,样本量较少,且均为女性,一定程度上影响了实验结果的信度;二,仅为横断面研究,今后应继续开展纵向跟踪研究对相关结果进行验证。

4 结论

4.1 ACLR 术后 9~12 个月重返赛场的女子运动员仍普遍存在股四头肌力量和腘绳肌力量耐力对称性不良,应避免全力的制动和起跳落地动作。

4.2 运动员重返赛前应该通过膝关节等速肌力和下肢功能测试完整了解膝关节功能的恢复情况。

4.3 KOOS 评分量表用于运动员 ACLR 术后重返赛场决策敏感度不佳。

参考文献:

- [1] Ardern C.L. Return to the preinjury level of competitive sports after anterior cruciate ligament reconstruction surgery:two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery[J].*Am. J. Sports Med.*,2011,39: 538-543.
- [2] Salmon L.Incidence and risk factors for graft rupture and contralateral rupture after anterior cruciate ligament reconstruction[J].*Arthroscopy*, 2005, 21:948-957.
- [3] Alli G. Development of a test battery to enhance safe return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Knee Surg. Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25(6):192-199.
- [4] Randy C. ACL reconstruction healing and Return to Play [J].*Clin. Sports Med.*, 2004, 23:395-408.
- [5] Itoh H, Kurosaka M., Yoshiya S., et al. Evaluation of functional deficits determined by four different hop tests in patients with anterior cruciate ligament deficiency[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*,1998, 6:241-245.
- [6] Roos E. M.Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS):development of a self-administered outcome measure[J]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 1998, 28(5):88-96.
- [7] Anderson. Functional Testing in Human Performance [M]. *Human Kinetics*,2009,141-143.
- [8] Kvist J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury:current recommendations for sports participation [J]. *Sports Med.* ,2004,34:269-280.
- [9] Mayer S. W. Functional Testing Differences in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients Released Versus Not Released to Return to Sports[J].*American Journal of Sports Medicine*,2015,43(7):98-99.
- [10] Fitzgerald G.K.,Piva S. R., Irrgang J. J. A modified neuromuscular electrical stimulation protocol for quadriceps strength training following anterior cruciate ligament reconstruction[J].*Orthop. Sports Phys. Ther.*, 2003, 33:

(下转第 103 页)



- 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(ACL R): a multicenter Orthopaedic Outcomes network(MOON) ACL R cohort study[J]. *Am. J. Sports Med.*, 2010, 38:2040-2050.

(责任编辑:何聪)