



U13 组和 U15 组女子足球运动员下肢功能特征与运动表现的异同

申小宝¹, 赵栋辉^{2*}

摘要:目的:处于生长高峰期的女子足球运动员的身体素质变化迅速,由于缺少有效的测试评价手段,教练员往往难以制定个性化体能发展计划。方法:选取山西体育职业学院 U13 组(42 人)和 U15 组(23 人)女子足球运动员,确保无疲劳情况下进行下肢功能力量(单脚跳、跨步跳和侧向跨步跳)特征和运动表现(反应力量指数、下肢刚度、20 m 冲刺和 T 测试)测试。结果:U13 和 U15 组在单脚跳、跨步跳、侧向跨步跳、反应力量指数(RSI)、下肢刚度、20 m 冲刺均存在统计学差异($P < 0.05$),而在 T 测试(12.53 ± 0.72)、(12.45 ± 1.06)未见统计学差异。U13 和 U15 组在单脚跳相对值(0.91 ± 0.10)、(0.89 ± 0.10),跨步跳相对值(0.99 ± 0.08)、(0.98 ± 0.08),侧向跨步跳相对值(1.01 ± 0.09)、(0.98 ± 0.07),均未见统计学差异($P > 0.05$)。两组单脚跳相对值均达到 89%,而相对跨步跳成绩两组均未达到 109%。结论:U13 和 U15 组女足运动员加速能力(单脚跳/身高值)普遍超过 89%,而减速能力(跨步跳/对侧单脚跳)均未达到 109%;U15 组女子足球运动员的下肢功能、20 m 冲刺和 RSI 成绩均有显著提高,但 T 测试成绩改善并不明显。

关键词: 女子足球;U13;U15;下肢功能特征;运动表现

中图分类号:G808.1 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2019)02-0091-06

DOI:10.12064/ssr.20190214

Changes of Lower-limb Functional Strength and Athletic Performance of Female Football Players in the U13 and U15 Groups

SHEN Xiaobao¹, ZHAO Donghui^{2*}

(1. Shanxi Sports vocational school, Taiyuan 030006, China; 2. Jinshan Youth Amateur Sports Schools, Shanghai 200051, China)

Abstract: Objectives: The physical fitness of female football players in PHV changes rapidly. Due to the lack of effective test and evaluation methods, coaches often find it difficult to formulate personalized fitness development plan. Methods: In this study, 42 female football players (U13 group) and 23 female football players (U15 group) in PHV from Shanxi Institute of Physical Education were selected to test their functional strength of lower limbs (hop, bound and lateral bound) and performance (RSI, lower extremity stiffness, 20m sprint and T test) without fatigue. Results: There were significant differences between U13 and U15 groups in hop, bound, lateral bound, RSI, lower extremity stiffness and 20m sprint ($P < 0.05$), but there was no significant difference in T test. There was no significant difference in the relative value of hop, bound and lateral bound ($P > 0.05$) between U13 and U15 groups. The relative value of the two groups reached 89%, while the relative jump score of the two groups did not reach 109%. Conclusion: The acceleration ability (hop/height) of female football players was generally over 89%, and the deceleration ability (bound/opposite side hop) did not reach 109%; The lower limb functional strength, 20 meter sprint and reaction strength index scores of female football players were significantly improved but the improvement of T test scores was not significant.

Key Words: Women's football; U13, U15; characteristics of lower limb function; athletic performance

收稿日期: 2018-11-09

基金项目: 山西省体育局科研课题(17TY114)。

第一作者简介: 申小宝,男,讲师。主要研究方向: 体能训练。Email: 674837602@qq.com。

通讯作者简介: 赵栋辉,男,中学二级教师。主要研究方向: 体能训练。Email: 1215097358@qq.com。

作者单位: 1.山西体育职业学院,山西太原 030006; 2.上海市金山区青少年业余体育学校,上海 200540。



0 前言

青少年的生长高峰一般出现于13~14岁,这一阶段身体素质和机能能力会迅速提高。现已证实,生长高峰期伴随骨骼的快速生长和体脂的增加,柔韧性和协调性会相对降低^[1]。此外,在生长突增起点以及之后的生长高峰期间,骨骼和软骨极容易受到损伤,特别是女性,下肢肌力发展不平衡(股四头肌和腘绳肌)现象较为普遍^[2,3]。基于此方面考虑,这一阶段被看作运动技能的形成期,应当注重技能和运动能力的发展,而不是仅仅关注成绩和取胜^[4]。但实践中,教练员很难通过生长高峰前后的整体变化规律制定训练计划,了解个体运动能力中存在的优缺点。FMS动作筛查被广泛用于发现运动员动作模式中存在的不对称、不灵活和不稳定等限制因素,Stephen J. Atkins等研究发现,优秀青少年足球运动员的深蹲评分,U13(2.1±0.3)与U15(1.6±0.5)存在显著差异($P<0.05$),而反映加速动作模式的跨栏架和减速动作模式的弓箭步评分两组间则未见差异^[5]。近年来,FMS动作筛查对运动员运动能力薄弱环节和损伤风险的预测价值遭到较多质疑,特别是FMS无法有效评估双侧下肢力量及其对称性。

长期以来,教练员主要通过速度、灵敏测试的结果来确定足球运动员的运动表现,并以此了解运动员在哪方面需要加强训练。随着功能力量训练体系的推广,越来越多的教练员意识到下肢功能才是实现速度和灵敏提升的限制因素,如若这些限制因素没有得到有效的评估,运动员不仅难以提高训练的效率,还会增加受伤的风险。Michael Boyle提出采用两种单腿跳测试反映下肢的功能力量,包括单腿跳和跨步跳。在单腿跳测试中,如果双侧不平衡大于10%,运动员的受伤机率增加2.5倍;单腿跳的距离必须大于等于自己身高的89%方为达标,如果未达到这个标准,就说明这名运动员需要提高该侧腿的力量生成能力(加速);跨步跳的标准成绩是对侧腿单腿跳距离的109%。如果成绩低于这个标准,则说明该运动员需要提高落地腿力量吸收的能力(减速)^[6]。此外,美国体能协会将侧向跨步跳作为评估青少年基本运动能力的指标之一,但目前尚未见到相关的研究报告对此标准进行验证。本研究旨在通过比较生长高峰期前后女子足球运动员下肢功能特征和运动表现的差异,了解青春期不同阶段下肢功能力量特征变化,并采用下肢功能力量成绩分析足球运动员专项能力中存在的薄弱环节,为教练员制定个性化训练方案提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

山西省备战第十三届全运会U13、U15女足运动员72名(两组队员均归属同一主教练,参加训练的内容基本一致),其中7名运动员由于特殊原因未参加T测试和20m冲刺测试,有效数据65名。两组队员除训练年限不同外,目前接受的训练内容基本相同(见表1)。

表1 青少年女足运动员身高和体重统计结果($\bar{X}\pm SD$)
Table I Statistical Results of Height and Weight of Juvenile Female Football Players ($\bar{X}\pm SD$)

分组	样本量	身高/m	体重/kg	BMI/kg·m ²
U13	42	1.52±0.10	40.54±7.75	17.31±1.78
U15	23	1.64±0.05	52.70±5.15	19.60±1.75

1.2 下肢功能特征测试

测试前一周告知测试内容,所有研究对象按照测试要求熟悉测试动作和流程,测试前2d不进行大负荷训练。所有研究对象测试前统一进行10min动态拉伸和核心肌群激活练习,并做一次预测试,然后进行正式测试。测试在室内完成,所有受试者依次完成单脚跳、跨步跳、侧向跨步跳,测试顺序为:先优势腿(定位球踢得较远的一侧),后对侧腿,测试时允许摆动双臂。单脚跳:支撑腿蹬地向前跳出,相同腿落地。跨步跳:支撑腿蹬地向前跳出,对侧腿落地。侧向跨步跳:支撑腿蹬地横向跳出,对侧腿落地。努力完成最大距离位移(精确0.1cm),要求每次测试支撑脚落地保持稳定2s为有效测试,每项测试可尝试2次,取最大值。

1.3 运动项测试

完成下肢功能力量测试后1h内,所有研究对象分4组完成下列测试。其中,20m冲刺和T测试在室外操场完成(温度23℃,湿度30%)。

1.3.1 反应力量指数(RSI)

受试者双手置于腰间站在30cm跳箱边缘,听到口令后先完成下落跳,要求尽可能双脚同时落地,全脚掌触地后尽快地再次跳起,采用PUSH BAND的测试程序直接收集RSI值,每位测试者进行2次测试,取最佳值。

1.3.2 下肢刚度(stiffness)

受试者双手置于腰间站在GLOBUS ERGO SYSTEM测试垫上,将程序调至下肢刚度(stiffness)测试。要求受试者尽可能保持下肢三关节角度固定,

采用次最大强度连续跳跃 10 次,强调跳跃的连续性而非跳跃高度。程序自动过滤前 4 次成绩,取后 6 次的均值作为最终的结果。每位测试者进行 2 次测试,取平均值。

1.3.3 20 m 冲刺

起点放置红外测速仪(Mega gate)光门,受试者距离起点线 30 cm 采取站姿起跑,每位测试者进行 2 次测试,取最佳值。

1.3.4 T 测试

(1)受试者站在 A 标志桶左侧(起点),运动员面朝跑动方向,自行选择起跑时机,首先跑至 B 点,并用右手触 B 标志桶;(2)之后侧滑步至 C 点,并用左手触 C 标志桶;(3)之后侧滑步至 D 点,并用右手触 D 标志桶;(4)再从 D 点侧滑步至 B 点,并用左手触 B 标志桶;(5)最后后退跑至 A 点右侧(终点)(见图 1)。在测试过程中,运动员始终面朝前,在侧滑步时,不能采用交叉跑的方式。每位测试者进行 2 次测试,取平均值,2 次测试之间安排 5 min 休息^[7]。

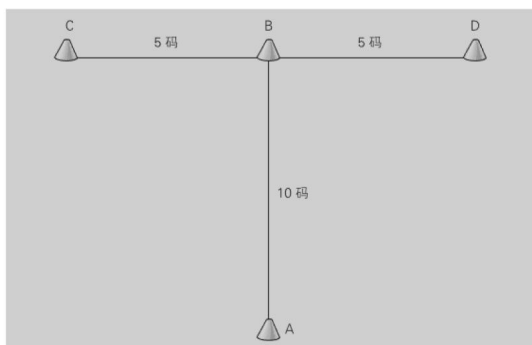


图 1 T 测试流程图

Figure 1 T-Test Flow Chart

1.4 数据处理

采用 SPSS22.0 系统进行统计分析,所有测试数据采用均数±标准差($\bar{X}\pm SD$)表示,按照实际年龄 U13 和 U15 分组,对下肢功能特征和运动表现数据进行描述性统计,单脚跳相对值计算公式:单脚跳距离/身高;跨步跳/侧向跨步跳相对值计算公式:跨步跳距离/对侧单脚跳距离。组间计量数据采用独立样本 T 检验, $P < 0.05$ 认为具有统计学意义。

2 结果

2.1 U13 和 U15 女足运动员下肢功能特征对称性比较

U13 组和 U15 组 3 种单脚跳成绩的左右对称性均值均超过 90%。其中,单脚跳的达标率偏低(U13

组 78.6%、U15 组 72.7%),跨步跳(U13 组 83.3%、U15 组 95.7%)和侧向跨步跳(U13 组 80.9%、U15 组 100%)的达标率略好(见表 2)。

表 2 U13 和 U15 女足运动员 3 种单脚跳左右对称性比较($\bar{X}\pm SD$)

Table II Comparison of Left-right Symmetry of Three Kinds of Single-foot Jumps by Female Football Players ($\bar{X}\pm SD$)

	年龄	N	$\bar{X}\pm SD$	左右差异<10%的频数(比例)
单脚跳 /%	U13	42	0.94±0.04	33(78.6%)
	U15	23	0.93±0.05	16(72.7%)
跨步跳 /%	U13	42	0.95±0.04	35(83.3%)
	U15	23	0.95±0.03	22(95.7%)
侧向跨步跳 /%	U13	42	0.94±0.04	34(80.9%)
	U15	23	0.97±0.03	23(100%)

2.2 U13 和 U15 女足运动员优势腿下肢功能特征和运动表现比较

U13 和 U15 组在单脚跳、跨步跳、侧向跨步跳、RSI、下肢刚度、20 m 冲刺等均存在统计学差异($P < 0.05$),而在 T 测试未见统计学差异。除下肢刚度外,所有测试值 U15 组均好于 U13 组。见表 3。

表 3 U13 和 U15 女足运动员优势腿下肢功能特征和运动表现比较($\bar{X}\pm SD$)

Table III Comparison of Functional Strength and Athletic Performance of the Dominant Leg Lower Limb of Female Football Players ($\bar{X}\pm SD$)

测试项目	年龄	N	$\bar{X}\pm SD$
单脚跳 /m	U13	42	1.38±0.12
	U15	23	1.46±0.14*
跨步跳 /m	U13	42	1.50±0.10
	U15	23	1.60±0.13**
侧向跨步跳 /m	U13	42	1.54±0.10
	U15	23	1.62±0.12**
RSI	U13	42	0.87±0.31
	U15	23	1.48±0.40**
stiffness	U13	42	586.24±144.58
	U15	23	437.16±85.66**
20 m 冲刺 /s	U13	42	3.79±0.16
	U15	23	3.63±0.13**
T 测试 /s	U13	42	12.53±0.72
	U15	23	12.45±1.06

注:*表示 U15 与 U13 女足运动员相比差异具有显著差异, $P < 0.05$;**表示差异具有非常显著意义, $P < 0.01$ 。

2.3 U13 和 U15 女足运动员优势腿下肢功能特征相对值比较

U13 和 U15 组在单脚跳相对值、跨步跳相对值、



侧向跨步跳相对值均未见统计学差异($P > 0.05$)。两组单脚跳相对值均达到 89%，而相对跨步跳成绩两组均未达到 109%。见表 4。

表 4 U13 和 U15 女足运动员优势腿下肢功能力量相对值比较($\bar{X} \pm SD$)

Table IV Comparison of Relative Value of the Dominant Leg Lower Limb Functional Strength between U13 and U15 Female Football Players($\bar{X} \pm SD$)

	年龄	N	$\bar{X} \pm SD$
单脚跳 /%	U13	42	0.91 \pm 0.10
	U15	23	0.89 \pm 0.10
跨步跳 /%	U13	42	0.99 \pm 0.08
	U15	23	0.98 \pm 0.08
侧向跨步跳 /%	U13	42	1.01 \pm 0.09
	U15	23	0.98 \pm 0.07

3 讨论

足球运动员的下肢功能力量是近年来足球专项体能训练的焦点，足球的项目特征要求运动员在场上频繁进行单腿支撑下的加速减速和急停变向动作，这要求运动员具有良好的单侧下肢力量。Michael Boyle 等对功能训练本质的阐述为训练的是动作而非肌肉，因此，他将单侧练习作为功能性训练的一个主要手段^[6]。近些年，单脚跳和跨步跳成绩逐渐受到足球教练员的重视。

单脚跳是目前最常采用的神经肌肉控制评价指标，可以反映下肢力量、爆发力和姿势稳定性的整体水平^[8-10]。当运动员完成竞技动作时(如跳起后的落地、变向、减速)，作用于膝关节的力量包括动态力量和静态力量，这两种力量的协同保持了关节的稳定性。动态力量包括有意识和无意识的激活骨骼肌，而静态力量是由韧带、软组织、骨骼产生的非收缩性力量。在完成关节稳定过程中，这两种力量的程度由个人特征和动作要求所决定^[11]。动态力量生成的神经肌肉控制模式的不佳会导致静态力量的增加，从而使关节功能稳定性下降，降低运动表现或导致膝关节损伤^[12]。Donald V. Fischer 等认为，下肢单脚跳测试可以反映运动员的膝关节韧带压力的均衡、腘绳肌肌力或激活程度、双腿肌力的均衡，以及核心稳定性和神经疲劳程度^[13]。FMS 中涉及下肢对称性的有弓箭步(lunge)、跨栏(hurdle step)和主动直腿上举(active straight-leg raise)3种，尽管 Gray Cook 认为，这种动作筛查可以较好地发现动作中的不良补偿，这种不良的补偿会降低动作的效率，影响技术动作的正确执行^[14]。但不可否认的是，这种评估方法是远离竞技运动的，并不能有

效地评价下肢的静态和动态力量。实际运动中，运动起加速、落地变向的时间往往不足 1 s，要求身体在非常短的时间内保持完全的稳定和最优地传递运动冲量。因此，Michael Boyle 提出单脚跳和跨步跳测试作为下肢功能力量的评价指标，来反映下肢力量的爆发力和吸收缓冲能力，对评价足球运动员神经肌肉控制中的动态力量有着极其重要的价值^[6]。

单脚跳的左右差异值(劣势腿成绩/优势腿成绩 $\times 100\%$)常被用作反映下肢对称性(Limb Symmetry Index, LSI)。两侧下肢单脚跳存在 10% 以上的差异可以被认为是在运动能力上存在真正差异，提示具有更高的受伤风险^[15-17]。Drogse 和 Möller E. 的研究认为，下肢单脚跳存在 15% 以内的差异也可以正常地参加竞技运动^[18-20]。本研究中，两组的单脚跳 LSI 达到 90% 的比率尚可，所有运动员的 LSI 均在 85% 以上。提示研究对象双侧下肢的对称性较好，受伤的风险较低。以往研究中，仅将 LSI 作为受伤风险预测的一项指标，LSI 是否对运动表现产生影响，目前尚未见到明确报道。除此之外，LSI 预测伤病风险的缺陷已逐渐引起研究者的重视。弱侧腿的本体感觉和力量缺损、肌肉活动减少、姿势控制改变和步态和跳跃落地等缺陷均被证实^[21-23]，但 LSI 容易将两侧腿的肌力都薄的现象掩盖。Michael Boyle 提出，运动员单腿跳的距离必须大于等于自己身高的 89%，如果达不到这一标准，预示这名运动员需要提高该侧腿的力量和功率的生成能力，跨步跳应达到对侧腿单腿跳距离的 109%，如果达不到这一标准，预示运动员需要提高落地腿缓冲吸收力量的能力。本研究中，两个组的单脚跳的相对值均值均超过 89%，两个组跨步跳和侧向跨步跳则都未达到对侧单脚跳的 109%。提示所有研究对象优势腿的加速能力较好，而减速制动能力存在明显缺陷。

本研究中，U13 组队员已开始发育，但均未进入生长高峰期，而 U15 队员则都进入生长高峰期。与 U13 组相比，U15 组的 3 种单脚跳、反应力量指数、20 m 冲刺均有显著差异。考虑到两个年龄组接受的训练基本相同，这种组间差异应该与进入生长高峰期力量、爆发和速度素质会自然发生明显提高有关。此外，由于生长高峰期阶段身体骨骼快速增长，身体的柔韧和协调能力会暂时下降。T 测试的成绩 U15 组略好于 U13 组，但组间未见统计学差异，提示灵敏素质在生长高峰期并不会像力量、爆发和速度素质一样，随着身体的快速发育而自然提高。灵敏素质被定义为快速变向或者改变动作模式(Change Of Direction, DOC)^[24]，是足球运动员完成技战术任务的关键体能



要素。如果运动员想要快速地变向,首先必须减速,然后再向另一个方向迅速移动,因此,多维度的减速-加速能力是实现DOC基础要素。T测试是最常用的灵敏测试方法,Melrose D. R.等^[25-27]指出,T测试成绩包含直线加速和DOC两部分,该测试包含了向前冲刺、侧向滑步移动的后退跑,适用于美式橄榄球、足球、棒球、垒球和排球项目。T测试成绩的改善并不能成为灵敏素质(DOC)提高的直接证据,实践中普遍存在仅通过发展直线加速能力提高T测试成绩的现象。本研究结果显示,尽管单脚跳和跨步跳的绝对值、直线加速能力均随着发育有所提高,但T测试成绩的改善并不明显。这可能有两种原因:一是单脚跳和跨步跳的相对值随着发育而提高的幅度并不明显,尤其是与减速制动关系密切的跨步跳相对值在生长高峰期前后均存在较大的不足,提示本研究中的运动员平时训练中发展减速制动的练习安排较少;二是灵敏素质的影响因素较为复杂,除了需要良好的身体素质外,还受到认知、决策能力和基本技术的限制。灵敏素质的提高需要专门的学习强化才能获得改善,尤其在生长高峰期时期,与灵敏相关的准备姿势、侧滑步、后退步、切步和制动技术需要专门安排时间进行动作技能学习。此外,关于灵敏素质的评估还应结合同等距离的直线速度测试,用以排除T测试成绩的改善基本来自直线速度的提升,而非减速-加速能力的改善。

下肢刚度(lower extremity stiffness)是量化腿的压缩幅度与外加负荷之间的关系的指标,可反映神经肌肉控制的疲劳程度^[28]。有证据显示下肢刚度较低会影响运动表现,但下肢刚度过高也会诱发伤病风险^[29],目前尚未见到青少年足球运动员下肢刚度的文献报道。本研究中,下肢刚度的测试结果U15组低于U13组,而代表下肢爆发力的反应力量指数U15组明显好于U13组,提示这可能与U13组队员存在一定程度的神经肌肉疲劳或平时缺少下肢肌肉的拉伸造成小腿肌群僵硬有关。

综上所述,青少年女子足球运动员的下肢功能尤为重要,双腿下肢功能测试的对称性,对女足运动员来说可以预防伤病产生,同时,下肢功能的不平衡也会制约着青少年女足运动员的赛场运动表现。足球运动中需要良好的下肢爆发力、下肢减速制动、加速等运动技能,单脚跳、跨步跳、侧向跨步跳能反映运动员的下肢功能。足球运动赛场上的表现主要体现在运动员的变向能力、爆发性冲刺能力、机体的快速反应能力,以及赛场上快速恢复能力等,通过对下肢刚度、T测试、20 m冲刺、RSI测试可以宏观地反

映出女足运动员在球场上的运动表现。

通过U13和U15组女子足球运动员的下肢功能特征和运动表现的比较,为教练员提供评价运动员身体素质测试思路 and 评价依据,可为教练员制定个性化身体训练计划提供参考。本研究存在两点局限:一是样本量较少,无法形成常模性数据,且无法进一步探究不同测试指标间的关联程度;二是未进行与T测试相同距离的直线速度测试,对两组的灵敏素质进行进一步甄别,有待在今后的研究中予以证实。

4 结论

4.1 U13和U15组女足运动员加速能力(单脚跳/身高值)普遍超过89%,而减速能力(跨步跳/对侧单脚跳)均未达到109%。

4.2 U15组女子足球运动员的下肢功能、20 m冲刺和反应力量指数成绩均有显著提高,但T测试成绩改善并不明显。

参考文献:

- [1] Tudor Bompa, Michael Carrera. 青少年运动员体能训练[M]. 尹晓峰等,译. 上海:海文化出版社,2017.
- [2] O. Farmer, S. Belton, W. O'Brien. The Relationship between Actual Fundamental Motor Skill Proficiency, Perceived Motor Skill Confidence and Competence, and Physical Activity in 8-12-Year-Old Irish Female Youth [J]. Sports, 2017, 5(4):74.
- [3] Gil S. M., Gil J., Ruiz F., Irazusta A., et al. Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process[J]. J. Strength Cond. Res., 2007, 21(2):438-445.
- [4] J. D. Goodway, H. Crowe, P. Ward. Effects of motor skill instruction on fundamental motor skill development [J]. Adapted Physical Activity Quarterly, 2003, 20(3): 298-314.
- [5] Stephen J. A., IAN B. H. The Presence of Bilateral Imbalance of the Lower Limbs in Elite Youth Soccer Players[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2013, 30(4):1007-1013.
- [6] Michael Boyle. Advances in Functional Training: Training Techniques for Coaches, Personal Trainers and Athletes[M]. On Target Publications, 2010.
- [7] Reiman P. R., Robert C. M. Functional Testing in Human Performance[M]. Human Kinetic, 2009:192-193.
- [8] Peschnig R. The Relationship between isokinetic quadri-



- ceps strength test and hop tests for distance and one-legged vertical jump test following anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 1998, 28(1):23-31.
- [9] Barber S. D., Noyes F. R., Mangine R. E., et al. Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees[J]. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1990, 255:204-214.
- [10] Ross M. D., Langford B., Whelan P. J. Test-retest reliability of 4 single-leg horizontal hop tests[J]. *J. Strength Cond. Res.* 2002, 16: 617-622.
- [11] De Jong S. N., Van Caspel D. R., Van Haeff M. J., et al. Functional assessment and muscle strength before and after reconstruction of chronic anterior cruciate ligament lesions[J]. *Arthroscopy*, 2007, 23:21-28.
- [12] Karasel S., Akpinar B., Gulbahar S., et al. Clinical and functional outcomes and proprioception after a modified accelerated rehabilitation program following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft[J]. *Acta. Orthop. Traumatol. Turc.*, 2010, 44:220-228.
- [13] Donald V. F. Neuromuscular Training to Prevent Anterior Cruciate Ligament Injury in the Female Athlete[J]. *Strength and Conditioning Journal*, 2006, 28(5):44-54.
- [14] G. Cook, L. Burton, K. Kiesel, et al. Movement: functional movement systems: screening, assessment, and corrective strategies[M]. On Target Publications Aptos, CA, 2010.
- [15] Drogset J. O., Grøntvedt T., Tegnander A. Endoscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon-bone grafts fixed with bioabsorbable or metal interference screws: a prospective randomized study of the clinical outcome[J]. *Am. J. Sports Med.*, 2005, 33:1160-1165.
- [16] Drogset J. O., Grøntvedt T. Anterior cruciate ligament reconstruction with and without a ligament augmentation device: results at 8-year follow-up[J]. *Am. J. Sports Med.*, 2002, 30:851-856.
- [17] Henriksson M., Rockborn P., Good L. Range of motion training in brace vs. plaster immobilization after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized comparison with a 2-year follow-up[J]. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 2002, 12:73-80.
- [18] Drogset J. O., Grøntvedt T., Tegnander A. Endoscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon-bone grafts fixed with bioabsorbable or metal interference screws: a prospective randomized study of the clinical outcome[J]. *Am. J. Sports Med.*, 2005, 33:1160-1165.
- [19] Drogset J. O., Grøntvedt T. Anterior cruciate ligament reconstruction with and without a ligament augmentation device: results at 8-year follow-up[J]. *Am. J. Sports Med.*, 2002, 30:851-856.
- [20] Möller E., Forssblad M., Hansson L., et al. Bracing versus nonbracing in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized prospective study with 2-year follow-up[J]. *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2001, 9:102-108.
- [21] Paterno M. V., Schmitt L. C., Ford K. R., et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport [J]. *Am. J. Sports Med.*, 2010, 38(10):1968-1978.
- [22] Roemer F. W., Froebel I. R., Hunter D. J., et al. MRI-detected subchondral bone marrow signal alterations of the knee joint: terminology, imaging appearance, relevance and radiological differential diagnosis[J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2009, 17(9):1115-1131.
- [23] Johnson D. L., Bealle D. P., Brand J. C., et al. The effect of a geographic lateral bone bruise on knee inflammation after acute anterior cruciate ligament rupture[J]. *Am. J. Sports Med.*, 2000, 28(2):152-155.
- [24] Gabbett T. J., Kelly Jason N., Sheppard J. M. Speed, Change of Direction Speed, and Reactive Agility of Rugby League Players[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2008, 22(1):174-181.
- [25] Melrose D. R., Spaniol F. J., Bohling M. E., et al. Physiological and performance characteristics of adolescent club volleyball players[J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2007, 21: 481-486.
- [26] Miller M. G., Herniman J. J., Ricard M. D., et al. The effect of a 6-week plyometric training program on agility [J]. *J. Sports Sci. Med.*, 2006, 5:459-465.
- [27] Peterson M. D., Alvar B. A., Rhea M. R. The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes[J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2006, 20:867-873.
- [28] Elizabeth C., Pruyne M. L. Watsford A. J. Murphy. Differences in Lower-Body Stiffness between Levels of Netball Competition[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015, 29(5):1197-1202.
- [29] Bret C., Rahmani A., Dufour A. B., et al. Leg strength and stiffness as ability factors in 100 m sprint running[J]. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 2002, 42:274-281.

(责任编辑:刘畅)