

· 临床研究 ·

神经肌肉康复训练对运动员前交叉韧带重建术后运动功能的影响

张晓辉 廖八根 陈速 刘存忠

【摘要】目的 探讨神经肌肉康复训练对运动员前交叉韧带 (ACL) 重建术后运动功能的影响。**方法** 选取 ACL 重建术后的运动员 20 例,按照随机数字表法将其分为神经肌肉训练 (NT) 组和力量训练 (ST) 组,每组 10 例。NT 组采用神经肌肉康复训练,ST 组采用力量康复训练。术前、术后 6 个月及 12 个月,采用国际膝关节文献委员会膝关节评估量表 (IKDC) 评分、Lysholm 膝关节功能评分对运动员的膝关节功能进行评定,对运动员膝关节伸肌群和屈肌群进行等速肌力测试,采用 Daniel 单腿水平跳跃试验、同步收缩测试、折返跑测试、卡里奥卡测试测定运动员的运动机能。**结果** 2 组运动员训练前 IKDC 评分、Lysholm 评分、等速肌力测试及运动机能测试指标间比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。术后 6 个月及 12 个月,2 组运动员 IKDC 评分、Lysholm 评分、等速肌力测试及运动机能测试成绩均优于术前,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。术后 12 个月,NT 组运动员 IKDC 评分、Lysholm 评分 $[(96.4 \pm 2.68) \text{ 分}、(96.8 \pm 2.68) \text{ 分}]$ 高于 ST 组 $[(93.2 \pm 2.59) \text{ 分}、(92.8 \pm 4.55) \text{ 分}]$,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。NT 组运动员术后 6 个月、12 个月屈肌 R 值、患侧 F/E 值高于 ST 组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。NT 组运动员 Daniel 单腿水平跳跃试验成绩优于 ST 组,差异有统计学意义 ($P < 0.05$);术后 6 个月、12 个月,2 组运动员的同步收缩测试、折返跑测试、卡里奥卡测试结果均优于术前,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。术后 6 个月,NT 组运动员同步收缩测试、折返跑测试、卡里奥卡测试成绩 $[(15.97 \pm 3.11) \text{ s}、(10.78 \pm 0.41) \text{ s}、(12.92 \pm 0.75) \text{ s}]$ 优于 ST 组 $[(16.28 \pm 2.02) \text{ s}、(11.53 \pm 0.36) \text{ s}、(13.45 \pm 1.08) \text{ s}]$,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。术后 12 个月,NT 组运动员运动机能测试指标的改善程度较 ST 组更加明显,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。**结论** NT 及 ST 均能有效促进 ACL 重建术后运动员的运动功能恢复,且 NT 更为优异,值得临床应用、推广。

【关键词】 神经肌肉康复训练; 运动员; 前交叉韧带重建术后; 运动功能

近年来,前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 断裂已成为影响运动员健康、妨碍其系统训练、威胁其运动生涯的严重运动损伤之一,但 ACL 断裂重建术后的康复效果却难以令人满意。有研究报道,ACL 重建术后 2~7 年内,仅有 45% 的运动员能恢复到受伤前的运动水平^[1]。如何更好地恢复并增强运动员 ACL 重建术后膝关节的机能状态及运动能力,仍然是运动医学界面临的艰巨任务之一。基于神经肌肉控制理论的重建技术被认为是 ACL 重建术后恢复下肢动态稳定性及运动机能模式的有效措施之一,也是当前的研究热点之一。目前,有关神经肌肉康复训练对运动员运动功能影响的研究较少。本研究采用神经肌肉康复训练促进运动员功能恢复,观察其对 ACL 断裂重建术后运动机能的影响,旨在为运动员的康复训练提供理论依据及参考。

对象与方法

一、研究对象

纳入标准:① ACL 断裂,经关节镜行 ACL 重建术后;② 年龄 15~30 岁;③ 采用自体骨-髌腱-骨复合物修复术,若合并半月板损伤,行半月板修复术;④ 由本院内同一组医生手术;⑤ 研究经

伦理委员会批准,患者均签署治疗知情同意书。

排除标准:① 合并后交叉韧带损伤、关节脱位、关节内骨折者;② 合并膝关节剥脱性软骨炎、严重骨性关节炎、创伤性关节炎者;③ 合并风湿性疾病、代谢性疾病者;④ 连续 2 周以上未坚持康复训练者。

选取 2011 年 1 月至 2013 年 3 月行 ACL 重建术且符合上述标准的广东省运动员 20 例,按照随机数字表法将其分为神经肌肉训练 (neuromuscular training, NT) 组和力量训练 (strength training, ST) 组,每组 10 例。2 组患者性别、年龄、身高、体重、全腿长、训练年限等一般资料比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$),具有可比性,详见表 1。

表 1 2 组运动员一般资料比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	人数	年龄(岁)	体重(kg)
ST 组	10	21.35 ± 3.42	78.32 ± 4.55
NT 组	10	22.56 ± 2.35	78.53 ± 5.71

组别	人数	身高(cm)	全腿长(cm)	训练年限(年)
ST 组	10	180.14 ± 2.53	92.65 ± 2.52	6.26 ± 4.05
NT 组	10	179.25 ± 3.29	93.18 ± 3.31	6.05 ± 3.78

二、训练方法

进行 ACL 重建术的运动员出院后,遵医嘱进行 1 周的适应性康复训练,目的是恢复关节活动度、减轻肿胀。从第 2 周起,NT 组采用神经肌肉康复训练,ST 组采用力量康复训练,持续 12 个月^[1-3]。

1. 力量康复训练方案^[1]:参照美国运动医学会推荐的训练

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2015.06.017

基金项目:广东省自然科学基金 2013 年资助项目 (S2013010014849)

作者单位:510500 广州,广州体育学院运动医学教研室 (张晓辉、廖八根、陈速);广州体育学院技击教研室 (刘存忠)

通信作者:廖八根,Email:bagen@21.com

方法,对运动员下肢肌群展开力量练习,包括股四头肌、腓绳肌、臀中肌、腓肠肌等。康复训练中或训练后,运动员若出现疼痛、肿胀、积液等不良反应,应及时观察并记录相关症状,立即停止训练,接受冰敷或肌贴保护,适当行物理治疗,直至不良反应减轻或消失。ST 组康复训练共分为 4 个阶段,第 1 阶段(2~4 周)的目标是减轻肿胀程度、增加活动度,主要内容为仰卧位及俯卧位的活动度练习、固定自行车练习,训练初期,在固定自行车上进行钟摆式运动,适应后进行 20 min 左右的冰敷;第 2 阶段(5~8 周)通常在肿胀和疼痛程度减轻后进行,主要强调恢复正常行走步态、控制膝关节运动,半蹲位下,运动员膝盖在垂直方向上的投影不能超过脚尖,训练其通过髋部和臀部控制身体核心稳定性,可利用镜子进行反馈,以保证动作正确;第 3 阶段(9~24 周)内,除单腿平衡练习外,还需进行力量康复训练,根据受试者所能承受的负荷程度,给予中至高强度的 ST,一般推荐进行 3 组练习,每组由 12~15 次逐渐减少至 8~12 次,强度为受试者所能承受最大力量的 50%~80%,每周 2~3 次。若受试者已适应当前负荷,可视情况适当增加负荷。根据受试者膝关节的恢复情况,酌情增加跑步训练,为降低其对韧带和髌骨的压力,此训练可在一定倾斜角度的跑步机上进行,根据受试者的恢复情况及受伤前的运动水平,适当增加跑步距离、速度、台面倾斜度等;第 4 阶段(25~48 周)训练内容同第 3 阶段,提高负荷程度,每周训练 3 组,每组 6~8 次,具体参数视运动员恢复情况调整。

2. 神经肌肉康复训练方案^[2-3]:共 6 个训练阶段,包括术后早期恢复阶段、行走阶段、平衡和动态关节稳定性训练阶段、肌肉 ST 阶段、跑跳训练阶段、渐进式训练及灵敏性训练阶段。具体如下:①术后早期阶段(1~2 周),主要是进行股四头肌、股后肌群等长收缩练习,目的是降低肿胀程度,垫高脚跟利用腿部重力进行膝关节伸直练习,佩戴支具,扶拐行走,每组 100 次,共 5 组,每日训练 30 min,疗程 2 周;②行走阶段(2~4 周),内容包括靠墙蹲、上下楼、功率自行车等,目的是恢复正常行走步态、改善腿部动态平衡,每组进行 5 min,每 5 min 内需完成 15~20 次训练,共 3 组,每日训练 40 min,疗程 2 周;③平衡和动态关节稳定性训练阶段(5~10 周),主要进行受控双足支撑动态平衡训练、受控患肢动态平衡训练、双腿蹲、侧方向及后方向行走训练,每次 1 min,每组 3 次,共 3 组,每日训练 50 min,疗程 6 周;④肌肉 ST 阶段(11~18 周),主要目标是增加肌肉力量,包括滑板练习、负重单腿闭眼站立、单腿平衡板站立、平衡板半蹲练习、负重箭步练习、负重上台阶练习、双腿弹簧垫跳跃练习及等速肌力训练,每次 1 min,每组 3 次,共 3 组,每日训练 60 min,疗程 8 周;⑤跑跳训练阶段(19~24 周),包括跑步、伸展-收缩循环训练、受控的双腿跳、旋转、跳楼梯、跳远等,每次 1 min,每组 3 次,共 3 组,每日训练 80 min,疗程 6 周;⑥渐进式训练及灵敏性训练阶段(25~48 周),主要进行受控的单腿跳、垂直跳、剪切性运动及专项训练,每次 1 min,每组 3 次,共 3 组,每日训练 90 min,疗程 25 周。平衡练习时,患者双脚或单脚站立于平地,逐渐过渡至在平衡板、弹簧垫等处维持站立平衡。渐进式练习主要是进行跳跃训练,目的是改善患者落地时的膝部功能状态、稳定性及平衡能力。灵敏性练习时,患者进行多方向的加减速冲刺练习,以促进其局部本体感觉改善、改善膝关节稳定性。康复训练中或训练后,如患者出现疼痛、肿胀、活动度减小

等症状,则立即行冰敷、肌贴保护、活动度练习等干预手段,并记录临床不良反应,直至上述症状消失或好转。

三、评定方法

术前、术后 6 个月及 12 个月,对 2 组运动员进行主观功能评分、等速肌力测试及运动机能测定。

1. 膝关节功能评分^[4]:分别采用国际膝关节文献委员会膝关节评估量表(International Knee Documentation Committee Evaluation form, IKDC)、Lysholm 评分量表对 2 组运动员的膝关节功能进行评定。

2. 等速肌力测试^[5]:采用美国 Primus RS 型多关节等速测试系统进行测评,测试前对系统进行常规校正。测试方法:测试前,运动员骑 5 min 功率自行车进行热身活动,测试时,运动员坐于测试椅上,座位与地面角度为 90°。受试者膝关节轴心需与动力臂轴心一致,动力臂末端的阻力垫固定在踝关节内踝上缘 3 cm 处,设定关节活动范围为 0°~100°,测试速度为 60°/s、240°/s。不同速度测试前,先进行 3 次屈伸练习,作为热身活动,然后进行正式测试。先测量健侧腿部,间隔 2 min 后,再测量患侧腿部。记录峰力矩,计算健侧与患侧同名肌群峰力矩比 R 值及屈肌群肌力与伸肌群肌力比 F/E 值。其中, R 值越趋近于 1,表明运动员最大肌力和耐力恢复越好;患侧 F/E 值越接近健侧 F/E 值,提示运动员平衡能力和动作控制能力越好。

3. 运动机能测试^[6]:包括 Daniel 单腿水平跳跃试验、同步收缩测试、折返跑测试、卡里奥卡测试。具体如下:①Daniel 单腿水平跳跃试验——受试者患肢单腿跳跃 3 次,将患侧跳跃的平均距离与健侧比较,≥90% 为正常,76%~89% 接近正常,50%~75% 为异常,<50% 为严重异常或不能测试;②同步收缩测试——受试者腰部均固定尼龙扣带,扣带连接条为长度 122 cm、直径 2.54 cm 的弹力管,另一端用金属环固定在高度为 154 cm 的金属管上,在地板上画 1 个半径为 244 cm 的半圆形,受试者沿半圆形线跑 5 次(3 次由右到左、2 次由左到右),记录完成时间;③折返跑测试——受试者在长 6.1 m 的直线上,进行前后疾速变向折返跑,重复 2 次,共完成 24.4 m,记录完成时间;④卡里奥卡测试——受试者在 12 m 的直线上,从起点由左到右横向交叉步跑,至终点后反向跑回起点,连续测量 3 次,取其中成绩最好的 1 次作为成绩。

四、统计学分析

采用 SPSS 17.0 版统计学软件包对数据进行处理,计量数据采用($\bar{x} \pm s$)形式表示,IKDC、Lysholm 评分、等速肌力测试、同步收缩测试、折返跑测试及卡里奥卡测试组间比较采用双因素方差分析,有主效应后采用配对 *t* 检验, Daniel 单腿水平跳跃试验采用卡方检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

一、术前、术后 6 个月及 12 个月 2 组运动员膝关节功能评分情况

术前,2 组运动员 IKDC 评分、Lysholm 评分之间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。与组内术前比较,2 组运动员术后 6 个月及 12 个月的 IKDC 评分、Lysholm 评分均显著改善,差异有统计学意义($P < 0.05$)。与 ST 组术后同时点比较,NT 组运动员术后 12 个月时的 IKDC 评分、Lysholm 评分较高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 2。

表 2 术前、术后 6 个月及 12 个月 2 组运动员 IKDC 评分、Lysholm 评分比较(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	IKDC 评分	Lysholm 评分
ST 组			
术前	10	55.12 $\pm$ 4.20	52.15 $\pm$ 4.30
术后 6 个月	10	83.40 $\pm$ 4.54 ^a	79.80 $\pm$ 5.52 ^a
术后 12 个月	10	93.20 $\pm$ 2.59 ^a	92.80 $\pm$ 4.55 ^a
NT 组			
术前	10	56.31 $\pm$ 5.10	53.16 $\pm$ 5.12
术后 6 个月	10	81.70 $\pm$ 5.79 ^a	78.00 $\pm$ 2.45 ^a
术后 12 个月	10	96.40 $\pm$ 2.68 ^{ab}	96.80 $\pm$ 2.68 ^{ab}

注:与组内术前比较,^a $P < 0.05$;与 ST 组术后同时时间点比较,^b $P < 0.05$

二、术前、术后 6 个月及 12 个月 2 组运动员等速肌力测试 R 值、F/E 值比较

术前,2 组运动员等速肌力测试 R 值、F/E 值之间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。与组内术前比较,2 组运动员术后 6 个月、12 个月在 60°/s、240°/s 的速度下伸肌 R 值、屈肌 R 值、患侧 F/E 值显著改善,差异有统计学意义($P < 0.05$)。与 ST 组术后同时时间点比较,NT 组术后 6 个月、12 个月在 60°/s、240°/s 的速度下屈肌 R 值、患侧 F/E 值均较高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。术后 6 个月,2 组运动员患侧 F/E 值均低于健侧 F/E 值($P < 0.05$)。术后 12 个月,ST 组运动员患侧与健侧 F/E 值间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),NT 组患侧 F/E 值高于健侧($P < 0.05$)。详见表 3。

三、术前、术后 6 个月及 12 个月 2 组运动员运动机能测试情况

术前,2 组运动员 Daniel 单腿水平跳跃试验、同步收缩测试、折返跑测试、卡里奥卡测试结果之间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。术后 6 个月及 12 个月,2 组运动员 Daniel 单腿水平跳跃试验结果较组内术前显著改善($P < 0.05$),NT 组运动员在正常水平的表现优于 ST 组($P < 0.05$)。2 组运动员术后 6 个月及 12 个月同步收缩测试、折返跑测试、卡里奥卡测试结果较组内术前显著改善($P < 0.05$)。术后 6 个月及 12 个月,NT 组同步收缩测试、折返跑测试、卡里奥卡测试结果均较 ST 组优异,差异有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 4、表 5。

讨 论

膝关节 ACL 重建后,长期制动状态容易导致肌肉萎缩、肌

力下降、本体感觉缺失、神经肌肉控制能力下降、功能性不稳等。ACL 断裂后导致的膝关节功能性不稳通常有两种原因:①韧带断裂导致膝关节机械性不稳;②本体感觉缺失导致韧带肌肉反射弧中断,进而导致神经肌肉控制能力下降。ACL 的机械刺激感受器主要分布于韧带的股骨和胫骨附着处,换能器样机械刺激受体不断向中枢传入信息,这些本体感觉信息和视觉、前庭觉信息通过反馈作用调节肌肉的兴奋程度,进而参与到膝关节动态稳定性控制中^[7]。手术可以促进 ACL 机械稳定性恢复,但本体感觉和神经肌肉控制的重建需要较长一段时间。神经肌肉控制能力增强有助于减少关节松弛引起的半脱位现象,降低再次损伤的风险。神经肌肉控制能力下降及下肢肌力缺失是 ACL 损伤的两个主要因素,也是该疾病康复治疗的靶点所在。ACL 损伤的康复重点是恢复肌力还是改善神经肌肉控制能力仍存有争议^[8]。近年来,高强度的康复训练已被证实可以减少关节纤维化及活动受限情况,但也有研究对此存在质疑,认为过度的康复训练会影响移植物的愈合程度及关节稳定性^[9-11]。

本研究中,ACL 重建后 6 个月,2 组运动员 IKDC 及 Lysholm 评分之间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),分析其原因是 ACL 正处于术后初期血运重建、纤维化等过程中,康复疗效尚不明显。康复训练后期,2 组运动员术后 12 个月时 IKDC 及 Lysholm 评分较术前显著改善,且 NT 组 IKDC 及 Lysholm 评分显著优于 ST 组($P < 0.05$),提示神经肌肉康复训练在 ACL 康复中后期的疗效优于力量康复训练。

促进膝关节屈伸肌力量比达到相对平衡是损伤后康复和预防再伤的目标之一^[12]。屈伸肌峰力矩比值的理想范围为 50%~80%,等速测试角速度为 60°/s 时,健康男青年膝关节屈伸肌峰力矩比值范围为 51.9%~53.1%,而优秀运动员此值较常人偏大。ACL 重建术后,肌肉力量的恢复是康复的主要目标之一。一般来说,两侧下肢肌力的差值较为稳定,范围为 10%~15%,且其不同测试速度下变化不大;两侧下肢肌力的差值若超过 20%,则提示两侧肌力不平衡或康复后肌力恢复较差,易导致弱侧肌群和相应关节损伤^[7,13]。肌肉的耐力恢复是康复训练中另一关键点,但却常被忽视。有研究报道,由于耐力恢复较差,其所引起的骨骼肌疲劳是影响动态平衡控制、导致术后再次损伤的重要原因之一^[14]。

术后 6 个月及 12 个月,2 组运动员伸肌 R 值、屈肌 R 值、患侧 F/E 值均较术前有所改善($P < 0.05$),提示神经肌肉康复训练及力量康复训练均能有效改善 ACL 重建术后运动员的肌力平

表 3 术前、术后 6 个月及 12 个月 2 组运动员等速肌力测试 R 值、F/E 值比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	60°/s				240°/s			
		伸肌 R	屈肌 R	健侧 F/E	患侧 F/E	伸肌 R	屈肌 R	健侧 F/E	患侧 F/E
ST 组									
术前	10	0.35 $\pm$ 0.04	0.40 $\pm$ 0.02	0.59 $\pm$ 0.04	0.45 $\pm$ 0.03	0.45 $\pm$ 0.06	0.42 $\pm$ 0.05	0.59 $\pm$ 0.04	0.45 $\pm$ 0.03
术后 6 个月	10	0.77 $\pm$ 0.04 ^a	0.69 $\pm$ 0.03 ^a	0.60 $\pm$ 0.05	0.55 $\pm$ 0.01 ^a	0.72 $\pm$ 0.02 ^a	0.66 $\pm$ 0.01 ^a	0.59 $\pm$ 0.06	0.53 $\pm$ 0.02 ^a
术后 12 个月	10	0.99 $\pm$ 0.01 ^a	0.91 $\pm$ 0.02 ^a	0.61 $\pm$ 0.03	0.63 $\pm$ 0.04 ^a	0.97 $\pm$ 0.01 ^a	0.90 $\pm$ 0.03 ^a	0.60 $\pm$ 0.04	0.62 $\pm$ 0.01 ^a
NT 组									
术前	10	0.34 $\pm$ 0.06	0.41 $\pm$ 0.03	0.60 $\pm$ 0.02	0.46 $\pm$ 0.01	0.47 $\pm$ 0.01	0.43 $\pm$ 0.03	0.60 $\pm$ 0.02	0.46 $\pm$ 0.01
术后 6 个月	10	0.76 $\pm$ 0.05 ^a	0.72 $\pm$ 0.05 ^{ab}	0.61 $\pm$ 0.02	0.58 $\pm$ 0.02 ^{ab}	0.71 $\pm$ 0.04 ^a	0.69 $\pm$ 0.02 ^{ab}	0.60 $\pm$ 0.05	0.55 $\pm$ 0.05 ^{ab}
术后 12 个月	10	0.98 $\pm$ 0.01 ^a	0.94 $\pm$ 0.06 ^{ab}	0.62 $\pm$ 0.01	0.65 $\pm$ 0.02 ^{ab}	0.98 $\pm$ 0.02 ^a	0.93 $\pm$ 0.06 ^{ab}	0.61 $\pm$ 0.02	0.64 $\pm$ 0.04 ^{ab}

注:与组内术前比较,^a $P < 0.05$;与 ST 组术后同时时间点比较,^b $P < 0.05$

表 4 术前、术后 6 个月及 12 个月 2 组运动员 Daniel 单腿水平跳跃试验结果(例, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	正常	接近正常	异常	严重异常
ST 组					
术前	10	1	2	5	2
术后 6 个月	10	4 ^a	4 ^a	2 ^{ab}	0 ^a
术后 12 个月	10	6 ^a	3 ^a	1 ^a	0
NT 组					
术前	10	1	3	6	1
术后 6 个月	10	5 ^{ab}	4 ^a	1 ^a	0 ^a
术后 12 个月	10	7 ^{ab}	3 ^a	0 ^{ab}	0

注:与组内术前比较,^a $P < 0.05$;与 ST 组术后同时时间点比较,^b $P < 0.05$

表 5 术前、术后 6 个月及 12 个月 2 组运动员同步收缩测试、折返跑测试、卡里奥卡测试结果($s, \bar{x} \pm s$)

组别	例数	同步收缩测试	折返跑测试	卡里奥卡测试
ST 组				
术前	10	18.22 ± 3.12	14.55 ± 0.98	15.13 ± 0.86
术后 6 个月	10	16.28 ± 2.02 ^a	11.53 ± 0.36 ^a	13.45 ± 1.08 ^a
术后 12 个月	10	13.55 ± 1.35 ^a	9.22 ± 0.36 ^a	10.35 ± 2.43 ^a
NT 组				
术前	10	17.95 ± 1.23	14.31 ± 1.02	14.96 ± 1.01
术后 6 个月	10	15.97 ± 3.11 ^{ab}	10.78 ± 0.41 ^{ab}	12.92 ± 0.75 ^{ab}
术后 12 个月	10	12.83 ± 1.03 ^{ab}	8.15 ± 0.65 ^{ab}	9.46 ± 2.31 ^{ab}

注:与组内术前比较,^a $P < 0.05$;与 ST 组术后同时时间点比较,^b $P < 0.05$

衡能力。2 组运动员术后患侧膝关节 F/E 值比较,NT 组改善更为明显($P < 0.05$),提示 NT 组康复方法更能有效恢复膝关节屈伸肌间的平衡。ST 组主要是采用等长、等张方式进行肌肉力量练习,NT 组则主要进行伸展、收缩循环训练、跳跃练习、激活牵张-收缩循环,训练中,肌肉在被拉长的过程中储存能量并利用其产生更强有力的收缩。此外,NT 还包括强化平衡训练、动态膝稳定性训练、本体感觉训练、灵敏性训练等,这一系列渐进式训练可激活牵张-收缩循环,进而促进肌肉力量增加。

由于峰力矩值与运动机能间无直接关联,所以除等速肌力测试外,还需结合运动机能测试来评定运动员的功能恢复状况。有研究证实,评估 ACL 重建术后的运动能力需采用运动能力测试^[6]。Daniel 单腿水平跳跃试验在评定运动机能恢复方面具有较高的可靠性,同步收缩测试主要是对运动时膝关节的旋转负荷能力进行评定,折返跑可对运动员的加速及减速能力进行评测,卡里奥卡测试主要是对运动员的膝关节动态稳定性进行评定。本研究中,康复训练 12 个月时,NT 组运动员在 Daniel 单腿水平跳跃试验中的表现明显优于 ST 组,提示该组运动员的肌力恢复情况较为理想,另外 3 种运动机能测试的成绩也优于 ST 组,说明该组运动员的膝关节动态稳定性、旋转应力、加速能力、减速能力恢复较为理想。

综上所述,NT 及 ST 均能有效促进 ACL 重建术后运动员的运动功能恢复,NT 在促进等速肌力及运动机能恢复方面更有优势。虽然 NT 组运动员的膝关节各项评分及机能测试成绩较为

理想,但早期训练的最佳强度及介入时间尚有待商榷。随着运动机能的逐渐改善,运动员所继发的骨性关节炎、再次损伤等问题仍有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, et al. Return-to-sport outcomes at 2 to 7 years after anterior cruciate ligament reconstruction surgery[J]. Am J Sports Med, 2012, 40(1): 41-48.
- [2] Risberg MA, Holm I, Myklebust G, et al. Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial[J]. Phys Ther, 2007, 87(6): 737-750.
- [3] Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, et al. Return to the preinjury level of competitive sport 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(3): 538-543.
- [4] Gadek A, Miskowicz K, Wordliczek J, et al. Effectiveness and safety of intra-articular use of hyaluronic acid (Suplasyn) in the treatment of knee osteoarthritis[J]. Przegl Lek, 2011, 68(6): 307-310.
- [5] Bonfim TR, Jansen Paccola CA, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2003, 84(8): 1217.
- [6] Kong DH, Yang SJ, Ka JH, et al. Validation of functional performance tests after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Knee Surg Relat Res, 2012, 24(1): 40-45.
- [7] 吴术红, 刘毅, 张亦南. 前交叉韧带重建后本体感觉的改变及康复[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(50): 9962-9965.
- [8] Lewek M, Rudolph K, Axe M, et al. The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Clin Biomech (Bristol, Avon) [J]. 2002, 17(1): 56-63.
- [9] YU JK. Relationship between tunnel widening and different rehabilitation procedures after anterior cruciate ligament reconstruction with quadrupled hamstring tendons[J]. Chin Med J (Engl), 2005, 118(4): 320-326.
- [10] Hantes ME, Mastrokaos DS, Yu J, et al. The effect of early motion on tibial tunnel widening after anterior cruciate ligament replacement using hamstring tendon grafts[J]. Arthroscopy, 2004, 20(4): 572-580.
- [11] Vadalà A, Iorio R, De Carli A, et al. The effect of accelerated, brace free, rehabilitation on bone tunnel enlargement after ACL reconstruction using hamstring tendons: a CT study[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2007, 15(4): 365-371.
- [12] Sole G, Hamrén J, Milosavljevic S, et al. Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2007, 88(5): 626-631.
- [13] 郑光新, 赵晓鸥, 常智跃. 等速运动系统测试膝关节本体感觉功能的信度研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2013, 35(8): 609-611.
- [14] Ortiz A, Olson SL, Etnyre B, et al. Fatigue effects on knee joint stability during two jump tasks in women[J]. J Strength Cond Res, 2010, 24(4): 1019-1027.

(修回日期: 2015-03-13)

(本文编辑: 凌 琛)