



# 运动员前交叉韧带重建术及重返赛场的康复策略

檀志宗, 李 男

**摘要:** 通过国内外文献资料,并结合运动康复实践,从运动员 ACL 手术类型、合并损伤类型及处理、ACL 重建术后康复周期的划分及具体康复目标与措施等方面进行详细分析,为 ACL 重建术后的运动员最终健康地重返赛场提供理论与实践依据。

**关键词:** ACL 重建;运动员;康复;重返赛场

中图分类号:G804.5 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2018)03-0076-05

DOI:10.12064/ssr.20180310

## Reconstruction of Athletes' Anterior Cruciate Ligament and Rehabilitation Practice

TAN Zhizong, LI Nan

(Shanghai institute of sports science, Shanghai 200030, China)

**Abstract:** By the ways of literature study and rehabilitation practice, the paper makes a detailed analysis of the ACL operation type, combined damage types and treatment, division of rehabilitation cycles after ACL reconstruction and target and measures for rehabilitation. It aims to provide theoretical and practical basis for athletes returning to competition after ACL reconstruction.

**Key Words:** ACL reconstruction; athlete; rehabilitation; back to competition

运动员有较高的膝关节前交叉韧带(Anterior Cruciate Ligaments, ACL)损伤的风险,常见于高强度对抗性的运动项目,如橄榄球、足球、篮球、手球等。这些运动的共同特点是需要快速地移动、变向、急停、急转等能力。文献资料显示,美国每年发生 ACL 损伤超过 20 万人,近半数需要手术治疗,其中多数为运动员或运动爱好者<sup>[1]</sup>。ACL 损伤会影响到膝关节的稳定性,增加半月板和关节软骨损伤的风险,严重影响到运动员的运动寿命。运动员 ACL 损伤程度和手术方法的选择会影响到愈后效果,而术后康复策略的科学性和系统性同样关系到运动员能否健康地重返赛场。本文就运动员 ACL 损伤的手术类型、合并损伤的处理,以及术后康复周期的划分进行阐述,以便为运动员 ACL 术后科学康复提供依据,对普通人群更具有借鉴意义。

## 1 ACL 手术类型

### 1.1 手术类型

ACL 手术类型一般分为单束重建和双束重建,以单束重建为主。不过,国际膝关节文献委员会对单

束重建术后康复效果的主观评分仅为 61%~67%,且术后 7~9 年,通过 X 拍片显示有 40%~90% 的人患有膝关节骨关节炎<sup>[2]</sup>。近些年来,有学者认为 ACL 分为前内束和后外束,单束重建的失败率约为 10%~20%<sup>[3]</sup>。力学研究发现,传统的单束重建能够很好地解决胫骨向前不稳,但不能完全克服胫骨的内旋伴随外翻的扭转力问题,故建议 ACL 双束解剖重建。不过,手术类型的选择要视膝关节髁间窝大小而定,只有尽可能恢复膝关节的正常解剖位置和生物力学功能,才有可能降低术后发生膝关节骨关节炎和再次 ACL 损伤的风险。

### 1.2 移植物的类型

ACL 重建术的移植物包括自体、异体和人工合成 3 种类型。自体包括骨-髌腱-骨、腘绳肌肌腱、股四头肌肌腱等。异体是采用他人的骨-髌腱-骨、半腱肌肌腱等。人工合成是各种材料合成的韧带。不同的移植物各有优缺点。人工合成韧带的特点是抗拉强度大,但久了会出现松弛、疲劳性断裂和自身排斥反应。异体移植的特点是手术时间较短,避免取自体会出现局部薄弱,能够很好地把握移植物的尺寸,

收稿日期:2018-04-08

第一作者简介:檀志宗,男,副研究员。主要研究方向:运动康复。E-mail:cheesharn@126.com。

作者单位:上海体育科学研究所,上海 200030。



但是易失败,恢复期较长,存在力学性质改变和病变风险。相对而言,自体重建对于优秀运动员更加可靠,成功率更高。目前临床上多采用腘绳肌肌腱自体重建或骨—髌腱—骨的自体重建。

## 2 合并损伤类型及处理

### 2.1 合并内侧副韧带损伤 (Medial Collateral Ligament, MCL)

ACL 损伤合并 MCL 损伤约为 13%<sup>[4]</sup>。合并 MCL 损伤的 ACL 重建术后会加重疼痛,造成内侧关节囊形成较多的疤痕组织,影响到关节活动度的恢复,尤其 III 度 MCL 损伤,需要手术修补,会形成更多的疤痕组织。对于无需手术的 MCL 损伤,在 ACL 手术之前,通常需要适当的固定,优先治疗 MCL 损伤。而 MCL 损伤的康复效果与损伤的部位有关,若损伤点在韧带的远端,不加固定和较长时间的修复,容易发生膝关节的外翻性松弛。相反,近端和中段 MCL 损伤要适当加快关节活动度的恢复进度,减少疤痕组织的形成。因此,ACL 损伤合并 MCL 损伤的运动员,术后完全恢复膝关节活动度是康复的关键。

### 2.2 合并外侧副韧带损伤 (Lateral Collateral Ligament, LCL)

ACL 损伤合并 LCL 损伤较少见,仅为 1%<sup>[4]</sup>。一旦发生合并 LCL 损伤,ACL 重建术后的康复周期要适当延长,术后 4 周内需要支具固定和举拐行走。若出现 III 度损伤需要手术修复。在康复过程中,需要避免膝关节内外翻应力的影响,必要时,需要支持带加固来控制内翻应力。术后 6~8 周之前避免单独的腘绳肌力量练习。

### 2.3 合并关节软骨损伤

创伤性 ACL 损伤合并关节软骨和骨挫伤高达 70%~90%,甚至有研究报道为 100%<sup>[5-6]</sup>。骨挫伤主要出现在股骨外侧髁和外侧胫骨平台。为了促进骨损伤的愈合,在康复过程中,要避免负重面和软骨下骨骼受到过度应力的作用,适当延迟跑步和增强式训练。而合并关节软骨损伤的 ACL 重建术后的康复过程中,关键要限制负重和提高关节活动度,而不负重和长时间的固定不利于关节软骨的修复,会引起组织内蛋白聚多糖的丢失,因此,可控的负重和适度练习有助于恢复软骨健康和预防退化,刺激软骨基质的生成,改善组织的力学特性。具体康复方法可以采用举拐、水下运动或减重跑台运动来渐进性增加关节面负荷,为关节软骨提供营养,修复软骨组织。

另外,活动度练习有助于创造一个平滑的低摩擦关节面,是关节软骨修复的重要条件。通过人为对抗或仪器进行可控的被动活动度练习,能促进关节软骨的修复,预防组织粘连,同时避免肌肉主动收缩产生有害的压力或剪切力。有研究发现 ACL 合并关节软骨损伤术后 7~12 年有 40%~70% 的患者发生了退行性骨关节炎<sup>[7]</sup>。

### 2.4 合并半月板损伤

ACL 损伤合并半月板损伤约为 64%~77%,且多为创伤型,需要部分半月板切除或修复<sup>[8]</sup>。对于合并半月板损伤的 ACL 重建,需要推迟负重时间,如举拐行走和部分负重行走要推迟 1~2 周,也要放慢关节活动度的恢复周期。术后可利用支具固定于完全伸膝位前提下尽早可控的负重,以便对半月板产生环形压力,促进半月板的修复。复合性半月板撕裂的修复比外围撕裂修复恢复进度要慢些,在术后 8~10 周才能进行单独的腘绳肌力量练习,而开始下蹲和转体运动至少要到 16 周。

## 3 ACL 术后康复周期的划分及康复

有关 ACL 术后康复周期明显存在争议,一般 3~12 个月不等<sup>[9]</sup>。有研究显示,对于年轻人或运动员采取相对比较激进的康复计划,取得了比较满意的效果,较少出现关节炎、关节松弛等并发症,能够较早地重返赛场<sup>[10-11]</sup>。当然,科学的康复计划要考虑损伤程度和运动项目的专项特点,对于球类项目运动员如足球、篮球等 ACL 术后康复周期约为 7~12 个月。康复周期按照组织结构与功能的恢复进程,可划分为 5 个阶段:术前康复期、急性期、神经肌肉控制期、功能性提高期和重返专项训练期。

### 3.1 术前康复期

通常,术前康复周期不超过 3 周。若合并严重的 MCL 损伤,需延长至 4~6 周再进行 ACL 重建手术。术前康复的目的是恢复关节内正常的内在自稳态,包括降低关节肿胀、炎症,减轻疼痛,恢复正常的关节活动度、正常的步态,以及预防术前肌肉萎缩,降低术后关节纤维化的风险。

对于合并 MCL 或 LCL 损伤,需要适当的固定,消肿止痛,改善关节活动度,逐渐加强或维持肌肉力量。每周 3~5 次康复训练,渐进性固定器械的力量训练,或在康复师辅助下完成肌力练习。

### 3.2 急性阶段

首先是消炎、消肿和止痛,防止组织粘连。术后



可以选择冷疗、止痛药、电刺激和渐进性被动活动度练习来减轻或缓解疼痛,利用冷疗和加压包扎固定来消肿,并用支具固定膝关节于完全伸直位,尤其在术后的两周内,行走和睡觉均需支具固定。在术后7~10 d内举双拐行走,之后举单拐行走,至10~14 d去拐行走。若合并半月板和关节软骨修复,或者骨挫伤,主动负重行走的时间再延迟1~2周。

其次是改善关节活动度。在支具锁定的前提下,渐进性改善膝关节被动活动度,以及尽快恢复完全伸膝活动度。对于自体髌腱移植,需要加强全方位的推髌练习,防止局部疤痕组织的形成,避免与内外支持带、脂肪垫或移植物发生过度粘连,进而阻碍完全伸膝活动度。膝关节不能完全伸直会发生异常的关节动力学改变,促使膝前疤痕组织的形成,增加髌股关节和胫股关节接触压力。恢复伸膝活动度可采用负重持续牵拉法:要求患者仰卧,下肢伸直,脚后跟下面垫高,在大腿的近髌骨处负重2~5 kg,持续低负荷牵拉,每天3~5次,每次15 min。随着疼痛和肿胀的消除,开始直腿抬高增加股四头肌肌力,并拆去支具,渐进性负重行走。屈膝活动度在术后4~6周获得完全恢复<sup>[12]</sup>。

### 3.3 神经肌肉控制训练期

本周期重点是恢复膝关节本体感觉,改善膝关节周围肌群的神经肌肉控制能力,为正常步态做准备。近期有研究显示,生物电刺激结合肌力练习比单纯肌力练习更能提高股四头肌肌力,可在术后2周就采用电刺激结合在膝关节90~40°内的伸膝练习,会较快地恢复膝关节本体感觉<sup>[13]</sup>。其他常见的本体感觉训练方法,如利用器械进行关节位置重置和自感用力觉练习,以及膝关节微蹲练习。有研究发现微蹲至屈膝30°时,股四头肌和腘绳肌共激活作用最大<sup>[14]</sup>。起初在稳定界面上进行双腿微蹲控制练习,术后3周后可以在平衡垫、泡沫垫或斜板等不稳定的界面上进行微蹲练习,并维持2~3 s。膝关节周围肌肉的共激活与收缩会加强膝关节的稳定性,降低内外翻的风险。

随着膝关节神经肌肉控制能力的提高,患者有信心参与更高难度的康复训练,如患侧单腿站立通过健侧脚触及前后方和侧方的标志物,或抬高膝关节至髌关节水平,跨过前后方和侧方的障碍物,并轻轻地屈膝落地。随着康复训练难度的增加,逐渐由单一平面过渡到多平面练习,加入转体动作,如在泡沫垫上侧弓步转体,或单腿站立来回抛球练习,以及增加人为干扰练习等,逐渐提高膝关节的控制能力,降

低膝关节“打软”现象。

### 3.4 功能性提高期

本周期重点是恢复患侧大腿围度和正常的步态。需要采取合理的负重练习来恢复股四头肌的功能和形态,负重练习更能降低膝关节的疼痛,提高动态稳定性。有研究显示,在不负重座位伸膝时,ACL会承受较高的负荷,尤其膝关节在0~30°时,ACL张力最大,峰值约150 N。而做各种负重练习如杠铃下蹲、单腿蹲、靠墙蹲、弓步走,以及闭链蹬腿练习等,ACL张力峰值仅为50 N<sup>[15-17]</sup>。因此,要选择对ACL影响更小的运动形式,如在下蹲起和弓箭步练习时,要求增加躯干前倾来更多地募集腘绳肌和臀肌,既能降低ACL张力,又能提高膝关节控制内外翻的能力。在负重练习过程中要避免膝关节超过脚尖,控制好膝关节的活动角度,常见练习包括双侧下蹲起、单腿前下台阶、侧向下台阶和单腿平衡等。为了提高膝关节周围肌肉围度和力量,等速肌力练习是一种安全有效的康复方法。当患者膝关节前后肌群的等速肌力与健侧差异在10%以内,甚至更小,且大腿围度恢复到健侧水平,表明患侧膝关节周围肌群形态和基础力量得到了较好的恢复。

患侧膝关节周围肌肉功能的恢复是恢复正常步态的前提。通常,慢跑练习在术后10~12周开始,起初采用水下跑步和减重跑台练习,目的是纠正错误动作,降低关节负荷,提高心肺功能。通过步态技术分析,强调两侧的对称性,改善屈髋角度和提高自信心,首先恢复减重状态下的正常步态。随后逐渐开始陆上行走和慢跑,直至完全恢复正常的跑步步态。

### 3.5 重返专项训练期

运动员ACL重建术后能否成功重返赛场,专项技术训练阶段是最重要的环节。从术后第15~16周开始,运动员需要结合自己的专项特点,渐进性地开展专项技术训练。本阶段可分成3个阶段:动态稳定性阶段、专项能力训练阶段和重返训练场。把专项技术动作训练纳入每个阶段,按照专项要求,做到动作可控,避免运动中发生疼痛、肿胀和僵硬等症状,不断提高专项能力,最终做到运动员能自信而没有运动限制地重返赛场。

#### 3.5.1 动态稳定性阶段

动态稳定性是指运动中有能力控制自身重心的能力,是运动员专项能力的基础,涉及动态核心稳定性和下肢关节动态稳定性。在动态稳定性训练过程中,渐进性地结合专项技术动作,在起动、冲刺、变



向、减速、落地等动作中保持正确的姿态和平衡。

提高动态稳定性能力具体包括动态核心稳定性、单腿的动态控制能力和肌力的均衡性。在不稳定界面上提高核心稳定性和下肢动态控制力,利用平衡球和悬吊训练来提高动态核心稳定性,如在平衡球上的俯桥、侧桥和背桥练习等。康复训练中融入专项技术动作,例如球类项目把球引入到平衡性训练中,如患侧单腿站在平衡垫上颠球,传递不同方向的来球练习等,在冲刺跑中引入带球跑动或运球跑动等。通过改变跑步的距离、方向、次数和速度来不断地提高训练量和训练强度。采用后退跑来减轻髌股关节的负荷,有效地增加股四头肌和腘绳肌的力量,形成合理的膝关节前后肌力比值,最终形成无痛的、对称性的冲刺步态。

### 3.5.2 专项能力训练阶段

本阶段重点提高基础力量、有氧能力和爆发力素质。在基础力量上发展专项力量,如足球中的踢球力量、篮球中的投篮力量、手球中的射门力量等。因此,需要结合专项技术动作把基础力量转化为专项力量。基础力量主要发展最大力量,改善膝关节前后肌群的均衡性,改善单腿落地的稳定性等。在保证技术动作正确性和节约化的前提下,渐进性地提高阻力负荷。改善并完全掌握单腿落地技术,落地时要微屈膝,形成一定的缓冲作用。

结合不同专项技术动作的专项力量是重返赛场的重要步骤,如足球中的间歇性线性冲刺训练,可以获得足球专项所需的力和无氧能力,延缓肌肉的疲劳,改善动作效率和缓冲能力。而有氧能力是大运动量训练和预防肌肉疲劳的必要条件,可结合专项特点采用匀速跑、高强度间歇跑等来获得提高。对于球类项目,在专项训练场地上进行灵敏性训练,提高变向、起动、加速、减速能力。

最后,提高爆发力离不开增强式训练。有研究显示,对运动员进行6周的增强式和落地技术练习,产生的地面作用下降了22%,在落地过程中膝关节内外翻力矩降低了50%,且明显提高垂直纵跳的高度<sup>[18]</sup>。对于ACL重建的运动员,通常在术后12~16周开始进行中低强度的双侧下肢增强式跳远和低强度的单腿重复跳练习,要求脚尖先落地,落地时微微屈膝,并逐渐进行踝跳、原地跳、侧方跳、旋转跳等,不断提高下肢的爆发力素质。刚开始在运动量和强度上要适当控制,避免神经肌肉疲劳,后期增强式训练结合抗阻训练效果会更好。最终的目标是运动员两侧单腿跳距离、单腿横向三级跳距离、6 m跨步跳计时和单腿垂直跳高度差异均小于10%。

### 3.5.3 重返训练场

本阶段重点关注专项技术与运动能力的最大节约化发展。需要达到良好的落地衰减策略的均衡性,高速变向运动中保持膝关节动态稳定性的能力和自信心,两侧下肢产生爆发力的均衡性,以及完成高强度增强式训练时,符合安全的生物力学要求,如足球运动中的变向和抢断训练时,要在相反的两个方向上对称性完成动作,充分利用屈髋屈膝角度,减少膝关节的外展角度。并且进一步提高动作的不可预见性和多平面活动,以调动更多的肌肉参与维持关节的动态稳定性。

运动员回到训练场要从参加热身运动开始,渐进性地参与日常的技术训练,部分地参与对抗性训练或队内比赛,并在身体上和心理上做好充分准备,随后逐渐开始高强度训练和比赛。有研究表明在ACL重建之后6个月以上可能一直存在着两侧力量的不平衡,从而增加再次受伤的风险<sup>[19]</sup>。能否重返比赛,还要全面进行专项能力的测试与评估。

## 4 小结

4.1 运动员ACL重建术需要考虑运动专项特点,选择合适的手术类型和移植物,并充分考虑合并症的影响,为术后康复创造良好的临床治疗条件。

4.2 在术前康复期、术后急性期、神经肌肉控制能力恢复期、功能性提高期和重返专项训练期5个阶段,有计划地完成每个阶段的康复目标与任务,渐进性参与专项训练和比赛。在每个康复阶段,有意识地把专项技术动作融入到康复计划中,以便尽早产生专项适应性,从而保证受伤运动员能够早日重返赛场,降低再次损伤的风险。

## 参考文献:

- [1] Wilk K. E., Macrina L. C., Cain E. L., et al. Recent advances in the rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries[J]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 2012, 42(3):153-71.
- [2] Liden M., Sernert N., Rostgard-Christensen L., et al. Osteoarthritic changes after anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone or hamstring tendon autografts: a retrospective, 7-year radiographic and clinical follow-up study[J]. *Arthroscopy*, 2008, 24: 899-908.
- [3] Daniel Hensler, Carola V. E., Freddie H., et al. Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Utilizing the Double-Bundle Technique[J]. *J. Orthop. Sports Phys.*



- Ther., 2012, 42:184-195.
- [4] Hirshman H. P., Daniel D. M., Miyasaka K. The fate of unoperated knee ligament injuries[M]. *Knee Ligaments: Structure, Function, Injury and Repair*, New York, NY: Raven Press, 1990:481-503.
- [5] Johnson D. L., Urban W. P., Jr Caborn D. N., et al. Articular cartilage changes seen with magnetic resonance imaging-detected bone bruises associated with acute anterior cruciate ligament rupture[J]. *Am. J. Sports Med.*, 1998, 26:409-414.
- [6] Murphy B. J., Smith R. L., Uribe J. W., et al. Bone signal abnormalities in the posterolateral tibia and lateral femoral condyle in complete tears of the anterior cruciate ligament: a specific sign?[J]. *Radiology*, 1992, 182: 221-224.
- [7] Nebelung W., Wuschech H. Thirty-five years of follow-up of anterior cruciate ligament-deficient knees in high-level athletes[J]. *Arthroscopy*, 2005, 21:696-702.
- [8] Cerabona F., Sherman M. F., Bonamo J. R., et al. Patterns of meniscal injury with acute anterior cruciate ligament tears[J]. *Am. J. Sports Med.*, 1988, 16:603-609.
- [9] Kvist J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation[J]. *Sports Med*, 2004, 34:269-280.
- [10] Wright R. W., Preston E., Fleming B. C., et al. A systematic review of anterior cruciate ligament re-construction rehabilitation: part II: open versus closed kinetic chain exercises, neuromuscular electrical stimulation, accelerated rehabilitation, and miscellaneous topics[J]. *J. Knee Surg.*, 2008, 21:225-234.
- [11] Kim S. J., Kumar P., Oh K. S. Anterior cruciate ligament reconstruction: autogenous quadriceps tendon-bone compared with bone-patellar tendon-bone grafts at 2-year follow-up. *Arthroscopy the Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 2009, 25:137-144.
- [12] Millett P. J., Wickiewicz T. L., Warren R. F. Motion loss after ligament injuries to the knee. Part II: prevention and treatment[J]. *Am. J. Sports Med.*, 2001, 29: 822-828.
- [13] Kim K. M., Croy T., Hertel J., et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength, function, and patient-oriented outcomes: a systematic review[J]. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 2010, 40:383-391.
- [14] Wilk K. E., Escamilla R. F., Fleisig G. S., et al. A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises[J]. *Am. J. Sports Med.*, 1996, 24:518-527.
- [15] Escamilla R. F., Zheng N., Imamura R., et al. Cruciate ligament force during the wall squat and the one-leg squat [J]. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2009, 41:408-417.
- [16] Escamilla R. F., Zheng N., Macleod T. D., et al. Cruciate ligament forces between short-step and long-step forward lunge[J]. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2010, 42:1932-1942.
- [17] Escamilla R. F., Zheng N., MacLeod T. D., et al. Cruciate ligament tensile forces during the forward and side lunge[J]. *Clin. Biomech.*, 2010, 25:213-221.
- [18] Hewett T. E., Stroupe A. L., Nance T. A., et al. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques[J]. *Am. J. Sports Med.*, 1996, 24:765-773.
- [19] Gustavsson A., Neeter C., Thomeé P., et al. Atest battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction[J]. *Knee Surg. Sports Traumatol Arthrosc.*, 2006, 14:778-788.

(责任编辑:何聪)

(上接第 75 页)

- phy and Kinesiology, 2010, 20:256-263.
- [11] 李春雷,夏吉祥.田径核心力量训练研究[J].北京体育大学学报,2009,32(4):108-112.
- [12] 孙树椿,赵文海.中医骨伤科学[M].北京:中国中医药出版社,2005:337.
- [13] 黄美光,刘新华.腰椎后关节紊乱症治疗的探讨[J].中华理疗杂志,1982,5(2):77.
- [14] WHO. WHO guidelines on basic training and safety in chiropractic[S]. Geneva: World Health Organization. 2005:3.
- [15] 李佩芳.针刺拮抗肌群治疗脑卒中后肌张力增高[J].中国康复,2001,16(1):42-43.
- [16] 毕胜,燕铁斌,王宁华.运动控制原理与实践[M].北京:人民卫生出版社,2009:93-94.
- [17] 程英武,詹红生,元唯安,等.滚法对健康人腓肠肌肌张力影响的初步研究[J].上海中医药杂志,2007,41(7): 42-43.
- [18] 庞军.推拿手法意外的综述及其原因与对策分析[J].按摩与导引,2006,22(12):14-16.
- [19] 吕强,周楠,房敏,等.三种腰椎侧卧调整手法的数学模拟研究[J].上海中医药大学学报,2016,30(1):27-31.

(责任编辑:何聪)