

·临床研究·

前交叉韧带重建术后患者的等速肌力训练和疗效评定

陶莉¹ 冯华¹ 郭险峰^{1,2} 侯燕¹ 张辉¹

摘要 目的:研究用 Biodex system 3 多关节等速肌力评定及训练系统对 ACL 重建术后患者肌力的影响。方法:将 50 例行 ACL 重建术后的患者随机分成试验组 25 例(等速训练患侧肌力)和对照组 25 例(等张训练患侧肌力)并分别进行功能训练,在术后第 12、24 周进行等速向心肌力测试。结果:术后第 12、24 周对患者进行膝关节等速向心肌力测试,试验组膝屈、伸肌患侧峰力矩/健侧峰力矩比值明显高于对照组,差异具有显著性($P<0.05$),试验组在 30°时的股内侧肌患侧峰力矩/健侧峰力矩比值明显高于对照组,差异具有显著性($P<0.05$)。结论:通过等速训练进行系统的康复治疗可使膝关节 ACL 重建术后的患者短期(6 个月)达到健侧屈伸肌力水平,并能达到运动水平。

关键词 等速训练;ACL 重建术;康复

中图分类号:R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2008)-11-0990-04

Isokinetic knee flexion- and extension-strength exercises and evaluation after anterior cruciate ligament reconstruction /TAO Li, FENG Hua, GUO Xianfeng, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2008, 23(11): 990—993

Abstract Objective:To study the effects of training flexion and extension of knee muscles on Biodex Multi-Joint System in ACL reconstruction patients. **Method:** Subjects were assigned randomly to either experimental group($n=25$, isokinetic exercises) or control group ($n=25$, isotonic exercises). Both groups received rehabilitation training after ACL reconstruction. Subjects were assessed with isokinetic measurement after 12 and 24 weeks postoperation. **Result:**In experimental group involved peak torque/uninvolved peak torque ratio were significantly higher than that in control group ($P<0.05$). In experimental group involved torque/uninvolved torque ratio at flexion 30° of knee were significantly higher than that in control group($P<0.05$). **Conclusion:**The knee muscles flexion- and extension-strength of patients in experimental group had significant improvement when compared with the control group after 6 month postoperation. After isokinetic training patients can return to sport.

Author's address Dept. of Rehabilitation Medicine, Beijing Jishuitan Hospital, 100035

Key words isokinetic exercise; anterior cruciate ligament reconstruction; rehabilitation

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 损伤是常见的膝关节损伤之一^[1-2],ACL 是防止胫骨相对股骨向前滑动和内旋的最主要的限制性韧带。ACL 的断裂允许胫骨向前移位和内旋,可造成膝关节不稳定的反复发作,并可损伤半月板和膝关节面^[3]。修复 ACL 的目的是恢复正常膝关节的动力学结构,消除膝关节的不稳定,使膝关节由于退行性疾病造成的功能障碍减到最低。对大多数运动员和爱好体育活动的人来说,关节镜下重建 ACL 是首选治疗。而骨-腱-骨自体移植物相对于其他移植物来说有愈合快、韧带强度大和可以早期负重的优点,因此本研究采用骨-腱-骨 (bone-patellar tendon-bone, BPTB) 自体移植物进行 ACL 重建术。康复治疗是患者功能恢复重返社会的关键。本研究采用了 Biodex system 3 多关节等速肌力评定及训练系统,以更加有效地恢复患者的肌力,使患者更早恢复功能水平^[4]。

1 资料与方法

1.1 一般资料

从 2004 年 11 月—2007 年 9 月北京积水潭医院物理康复科共收治 50 例膝关节 ACL 损伤患者。其中男性 32 例,女性 18 例。左膝损伤患者 22 例,右膝损伤患者 28 例。单纯 ACL 损伤患者 12 例,ACL 损伤伴有半月板损伤患者 33 例,ACL 损伤伴有侧副韧带损伤患者 5 例。平均年龄 23.4 岁。随机分成试验组 25 例和对照组 25 例。所有患者都在北京积水潭医院行膝关节镜 BPTB 自体移植物重建 ACL 手术,伴有半月板损伤患者行半月板修补缝合或部分切除手术。

1.2 试验组治疗方法

1 北京积水潭医院物理康复科,北京,100035

2 通讯作者

作者简介:陶莉,女,住院医师

收稿日期:2008-07-03

试验组从术前就开始介入康复,一直到术后半年都进行了系统的康复治疗。术前阶段包括对患者的教育,减少肿胀、水肿并控制疼痛,佩带合适的支具,进行行走训练并强调正常步态,练习使用拐杖,关节活动度(ROM)达到正常,股四头肌和腘绳肌闭链训练。

1.2.1 第一阶段(术后 1—7d):运用冰敷、弹力绷带、抬高患肢以减轻水肿、肿胀并减轻疼痛,股四头肌电刺激,踝泵,活动髌骨,关节活动度练习(理想角度是主动 ROM 20—70°,被动 ROM 0—90°),股四头肌等长收缩,直腿抬高训练,髌关节外展、内收、后伸训练。

1.2.2 第二阶段(术后 2—3 周):继续上述训练,关节活动度练习(理想角度是主动 ROM 0—90°,被动 ROM 0—105°),股四头肌多点等长收缩训练,股四头肌短弧等速向心训练(0—30°),腘绳肌等速向心离心肌力训练,无负重的本体感觉训练,直腿抬高训练,髌关节外展内收后伸训练。

1.2.3 第三阶段(术后 4—5 周):负重从 25%体重开始逐步过渡到 100%体重,拄单拐行走(支具锁定在 0°)逐渐过渡到恢复正常步态,主动-助动关节活动度练习(理想角度是主动 ROM 0—105°,被动 ROM 0—120°),无负重的本体感觉训练,静态自行车练习,平衡板训练,直腿抬高(抗阻 2.27kg),股四头肌短弧等速向心训练(0—30°),腘绳肌等速向心离心训练,闭链训练^[5],微蹲训练,提踵训练,上下楼训练。

1.2.4 第四阶段(术后 6—12 周):关节活动度练习(直到主动 ROM 达到正常角度),股四头肌、腘绳肌等速向心强化肌力训练,本体感觉训练。

1.2.5 第五阶段(术后 13—24 周):关节活动度练习(直到主动运动无疼痛),股四头肌腘绳肌等速向心、离心强化肌力训练,本体感觉训练,慢跑,Plometrics 训练。

1.2.6 等速肌力训练:见表 1。

表 1 等速训练程序

时间	康复计划
术后第 3—4 周	股四头肌短弧等速向心训练(0—30°,角速度 120°/s),10 个/组×3 组,3 次/周;腘绳肌等速向心离心肌力训练(0—90°,角速度 30,60,90,60,30°/s),8 个/组×5 组,3 次/周
术后第 5—8 周	股四头肌短弧等速向心训练(0—30°,角速度 60°/s),15 个/组×3 组,3 次/周;腘绳肌等速向心离心肌力训练(0—100°,角速度 60,90,120°/s),10 个/组×3 组,3 次/周
术后第 9—10 周	股四头肌短弧等速向心离心训练(0—30°,角速度 30°/s),20 个/组×3 组,3 次/周;股四头肌、腘绳肌等速向心离心肌力训练(30—100°,角速度 120,150,180,210,210,180,150,120°/s),10 个/组×8 组,3 次/周;腘绳肌等速向心离心肌力训练(0—100°,角速度 60,90,120°/s),10 个/组×3 组,3 次/周;闭链股四头肌等速离心训练(20—110°,角速度 30,60,60,30°/s),5—10 个/组×4 组,3 次/周
术后第 11—12 周	股四头肌短弧等速向心离心训练(0—30°,角速度 30°/s),20 个/组×3 组,3 次/周;股四头肌、腘绳肌等速向心离心肌力训练(0—100°,角速度 60,90,150,210,210,150,90,60°/s),10—15 个/组×8 组,3 次/周;闭链股四头肌、腘绳肌等速离心训练(0—110°,角速度 30,60,90,90,60,30°/s),5—10 个/组×6 组,3 次/周
术后第 13—16 周	股四头肌短弧等速向心离心训练(0—30°,角速度 60°/s),20 个/组×3 组,3 次/周;股四头肌、腘绳肌等速向心离心肌力训练(0—100°,角速度 30,60,90,150,210,210,150,90,60,30°/s),5—15 个/组×10 组,3 次/周;闭链股四头肌、腘绳肌等速离心训练(0—110°,角速度 30,60,90,90,60,30°/s),5—10 个/组×6 组,3 次/周
术后第 17—20 周	股四头肌短弧等速向心离心训练(0—30°,角速度 60°/s),20 个/组×3 组,3 次/周;股四头肌等速向心离心肌力训练(0—100°,角速度 30,60,90,90,60,30°/s),8—15 个/组×6 组,3 次/周;腘绳肌等速向心离心肌力训练(0—100°,角速度 30,60,90,90,60,30°/s),8—15 个/组×6 组,3 次/周;闭链股四头肌等速向心离心训练(0—90°,角速度 30,60,90,90,60,30°/s),8—15 个/组×6 组,3 次/周
术后第 21—24 周	股四头肌短弧等速向心离心训练(0—30°,角速度 60°/s),20 个/组×3 组,3 次/周;股四头肌等速向心离心肌力训练(0—100°,角速度 60,90,120,150,150,120,90,60°/s),5—15 个/组×8 组,3 次/周;腘绳肌等速向心离心肌力训练(0—100°,角速度 60,90,120,150,150,90,60°/s),5—15 个/组×8 组,3 次/周;闭链股四头肌等速向心离心训练(0—120°,角速度 60,90,120,120,90,60,30°/s),8—15 个/组×8 组,3 次/周

1.3 对照组治疗方法

对照组从术前开始介入康复,治疗师发给患者康复计划并定期指导患者功能训练。肌力训练由治疗师指导患者用器械进行等张训练,关节活动度练习应用持续被动运动(CPM)机进行训练。

1.4 治疗效果测评方法

在术后第 12 周、24 周,研究人员对 50 例患者进行等速测试,并采用 Lysholm 膝关节评分对 50 例

患者进行膝关节功能评估。

1.5 统计学分析

使用 SPSS10.0 测量结果用 *t* 检验方法进行统计学分析,设定 $P<0.05$ 为显著性差异水平。

2 结果

2.1 等速训练对患者股四头肌和腘绳肌肌力影响

在术后第 12、24 周分别对 50 例患者进行等速

肌力评定,采用患侧峰力矩/健侧峰力矩的比值来评定患肢肌力的恢复程度。

术后第 12、24 周不同角速度股四头肌峰力矩的比较,试验组股四头肌肌力明显高于对照组,差异具有显著性($P<0.05$),见表 2。

术后第 12、24 周不同角速度腘绳肌峰力矩比较,试验组腘绳肌患侧峰力矩/健侧峰力矩比值明显高于对照组,差异具有显著性($P<0.05$),见表 3。

试验组在 30°时的股内侧肌患侧峰力矩/健侧峰力矩比值明显高于对照组,差异具有显著性($P<0.05$),见表 4。

2.2 Lysholm 膝关节评分

术后第 12、24 周分别对 50 例患者进行膝关节评定,试验组膝关节评分明显高于对照组($P<0.05$),见表 5。

2.3 膝关节检查

试验组和对照组术后第 24 周复查 Lachmen 试验和前抽屉试验阴性,KT-1000 测试胫骨前移<5mm,与健侧比前移差异<3mm,两组无显著差异。

表 2 术后第 12、24 周不同角速度
股四头肌峰力矩的比较 (患侧/健侧,%)

	术后第 12 周		术后第 24 周	
	60°/s	180°/s	60°/s	180°/s
对照组	40.1±10.8	42.3±9.5	54.9±10.2	62.6±9.7
试验组	69.5±8.4	73.5±7.6	85.2±7.6	88.2±11.5
P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

表 3 术后第 12、24 周不同角速度
腘绳肌峰力矩的比较 (患侧/健侧,%)

	术后第 12 周		术后第 24 周	
	60°/s	180°/s	60°/s	180°/s
对照组	72.7±7.6	79.3±9.9	82.7±7.8	90.2±10.5
试验组	92.7±9.7	96.0±6.7	105.7±7.4	111.7±14.4
P 值	<0.05	<0.01	<0.05	<0.05

表 4 30°时不同角速度股内侧
肌峰力矩的比较 (患侧/健侧,%)

	术后第 12 周		术后第 24 周	
	60°/s	180°/s	60°/s	180°/s
对照组	50.8±11.8	48.9±9.6	75.3±7.3	65.6±8.4
试验组	85.2±12.5	86.1±7.5	100.2±9.4	93.3±11.6
P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

患侧峰力矩/健侧峰力矩比值≥90%表示患侧肌力与健侧比无明显差异;75%—90%表示肌力与健侧比有轻微差异;≤75%表示肌力与健侧比有明显差异

表 5 术后 12、24 周 Lysholm 膝关节评分 ($\bar{x}\pm s$)

	术后第 12 周	术后第 24 周
对照组	67.0±7.7	87.8±8.7
试验组	82.2±5.8	95.7±2.6
P 值	0.018	0.048

3 讨论

在本研究中采用 Shelbourne 的快速进展的康复程序^[6],这使康复时间缩短为半年。对于 ACL 重建术后的患者来说恢复到损伤前的运动水平和功能才是

最终目的。膝关节的稳定性包括静力稳定和动力稳定两个因素。通过膝关节镜下用自体 BPTB 重建 ACL 术可以恢复膝关节的静力稳定。如果关节周围肌力不足可造成膝关节动力性不稳定,因此恢复膝关节周围肌肉的力量对于稳定膝关节和功能恢复极为重要。术后重建的韧带要经历炎症反应、血运重建、纤维化与重塑的韧带化(ligamentization)过程。在这个过程中重建的韧带要经历由强到弱、再逐渐增强的变化^[7]。术后早期重建的韧带要经历由强到弱的过程,所以为保护 ACL 避免胫骨的前移主要以训练腘绳肌肌力为主^[8-9]。手术中后期由于移植韧带强度逐渐增强,因此进行股四头肌和腘绳肌的等速强化肌力训练可促进韧带的重塑。

等速训练的技术是 20 世纪 60 年代由 Hislop 提出的^[10-11],其定义是指肢体在自主运动过程中角速度相等,是一种顺应性的肌力训练,因此理论上等速训练比等张训练在同一活动范围内完成更大的功^[12-13],也允许在活动范围内的任意角度产生最大的机械输出力。所以等速训练比其他肌力训练模式更有效、更安全、更准确。等速向心训练指运动的方向和肌肉收缩方向一致,分为低速组(角速度为 0—90°/s)、中速组(角速度为 90—180°/s)和高速组(角速度>180°/s),低速组主要募集 II 型肌纤维,以训练爆发力为主,快速组主要募集 I 型肌纤维,以训练耐力为主。由于高速组比低速组对关节产生的应力相对较小,所以等速训练的秩序是先快速后慢速。根据超量恢复理论等速训练一周进行 3—4 次为宜。离心训练指运动的方向和肌肉收缩方向相反,这种不能被克服的阻力可使大脑皮质及脊髓发出更多的传出冲动到肌肉使其产生比向心收缩更大的力量,而且这种离心的刺激可为随意控制和保证治愈组织的弹性成分提供帮助,增加胶原再适应的控制,这样患者能最大程度地恢复功能^[14]。此外,Biodex 通过显示力量或力矩的“窗口”为患者提供反馈,患者可通过这种方式看到他们在计算机监视器上所作用的力,并根据治疗计划达到训练的目标值。评价肌力恢复程度主要用患肢峰力矩/健肢峰力矩的百分比来衡量,本研究结果显示角速度 180°/s 的峰力矩恢复比角速度 60°/s 的峰力矩恢复快,这可能是由于开始等速训练是以高速训练为主,主要训练耐力肌群所以耐力肌力增长较快。

ACL 重建术后的常见并发症之一是髌股疼痛综合征,主要由于髌骨在股骨滑车内的异常轨迹造成^[15],造成这种异常的原因之一是股内侧肌收缩启动时间迟于股外侧肌^[16-17]。本研究通过在伸膝 0—

30°的范围内进行股内侧肌的等速运动训练, 训练中交替使用离心收缩和向心收缩运动模式, 不但改善了股内侧肌的肌力而且纠正了髌股关节的异常轨迹, 减轻了髌股疼痛综合征。ACL 重建术后另一个常见并发症是膝关节打软腿现象, 主要原因是股四头肌的神经肌肉控制性和膝关节本体感觉差造成的。本研究通过闭链的股四头肌等速向心及离心训练改善了患者打软腿的症状。

通过等速训练, 试验组的患者在术后 6 个月膝关节屈伸肌力与健侧没有明显差异或有轻微差异。患侧 H/Q 比率 58.3%, 健侧 H/Q 比率为 52.1%, 造成 H/Q 比率改变的原因可能是取 BPTB 自体移植物对伸膝装置的影响。

术后第 12 周试验组 Lysholm 膝关节功能评分明显高于对照组, 这说明试验组患者在术后第 12 周功能恢复比对照组要快。术后第 24 周试验组和对照组的功能评分差距缩小, 这可能是由于 Lysholm 功能评定仅局限于日常功能的评定上, 对于运动水平的评定还有所欠缺, 所以在术后第 24 周试验组和对照组的功能评分差距缩小, 今后对 ACL 重建术后的患者还应进行运动功能的评定。

系统康复治疗可使膝关节 ACL 重建术后的患者短期基本达到健侧膝关节屈伸肌力水平, 改善髌股疼痛综合征和膝关节打软腿现象, 并且能恢复正常的运动(如跑步、单腿跳跃、爬山等)。对于更加剧烈的运动要根据个人的需要进一步增加训练项目。

参考文献

- [1] Wascher DC, Markolf KL, Shapiro MS, et al. Direct in vitro measurement of forces in the cruciate ligaments [J]. *J Bone Joint Surg(Am)*, 1993, 75: 377—386.
- [2] 高凯, 王予彬, 王惠芳. ACL 损伤与重建术后的等速肌力评价[J]. *中国康复医学杂志*, 2006, 21: 467—469.
- [3] Johnson RJ, Urban WP, Caborn DNM. 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(2): 409.
- [4] DeMaio M, Mangine RE, Noyes FR, et al. Traditional versus accelerated rehabilitation[J]. *Orthopedics Sports Medicine Rehab Series*, 1992, 15: 757—767.
- [5] Young MA, Cook JL. Comparison of 2 eccentric exercise protocols for patellar tendinopathy in volleyball players[J]. *Br J Sports Med*, 2005, 39: 102—105.
- [6] Shelbourne KD, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Am J Sports Med*, 1990, 18: 292—299.
- [7] 马燕红, 程安龙, 江澜, 等. 半腱肌半膜肌重建前交叉韧带术后早期康复[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2002, 24: 331—333.
- [8] 郁可, 范建中. 等速测试在我国康复医学中应用的现状和趋势[J]. *中国康复医学杂志*, 2004, 19: 309—310.
- [9] 葛杰, 周谋望, 敖英芳, 等. 关节镜下膝前交叉韧带重建术后的康复[J]. *中国康复医学杂志*, 2003, 18: 743—746.
- [10] 吴毅, 占飞. 等速肌力测试和训练技术在运动医学中的应用[J]. *中国运动医学杂志*, 2002, 21: 81—84, 101.
- [11] Hislop HJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise[J]. *Phys Ther*, 1967, 47: 114—117.
- [12] Thistle HG, Hislop HJ, Moffroid M, et al. Isokinetic contraction: a new concept of resistive exercise [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1967, 48: 279—282.
- [13] Rosentswieg J, Hinson MM. Comparison of isometric, isotonic and isokinetic exercises by electromyography [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1972, 53: 249—252.
- [14] Young MA, Cook JL. Comparison of 2 eccentric exercise protocols for patellar tendinopathy in volleyball players [J]. *Br J Sports Med*, 2005, 39: 102—105.
- [15] Fulkerson J. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain[J]. *Am J Sports Med*, 2002, 30: 447—456.
- [16] Cowan S, Hodges PW. Altered vastii recruitment when people with patellofemoral pain syndrome complete a postural task[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2002, 83: 989—995.
- [17] Cowan S, Bennell K, Hodges PW. Delayed onset of electromyographic activity of the vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2001, 82: 183—189.