

## · 综述 ·

# 关节镜下前交叉韧带重建移植物固定方式选择的研究进展

常晗<sup>1</sup>, 唐翔宇<sup>1</sup>, 曲峰<sup>1</sup>, 申学振<sup>1</sup>, 王江涛<sup>2</sup>, 李春宝<sup>1</sup>, 齐玮<sup>1</sup>, 刘玉杰<sup>1</sup>

(1. 解放军总医院骨科, 北京 100853; 2. 白求恩国际和平医院骨二科, 河北 石家庄 050000)

**【摘要】** 前交叉韧带损伤是最常见的膝关节运动损伤之一, 临床上治疗多采用关节镜下微创前交叉韧带重建术。目前临床上存在多种固定方式, 如界面螺钉固定、皮质悬吊固定、横穿钉固定等, 均能取得较好的固定效果, 并各有其优缺点。然而重建移植物的愈合是一个复杂的长期过程, 可受多种因素的影响, 愈合各个阶段其力学性能也存在较大的变化, 为术后康复增添了变数。

**【关键词】** 前交叉韧带; 手术治疗; 综述文献

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2017.04.022

**Progress on graft and fixation options of arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction** CHANG Han, TANG Xiang-yu, QU Feng, SHEN Xue-zhen, WANG Jiang-tao, LI Chun-bao, QI Wei, and LIU Yu-jie\*. \*Department of Orthopaedics, General Hospital of Chinese PLA, Beijing 100853, China

**ABSTRACT** Anterior cruciate ligament injury is one of the most common injuries of knee joint. Arthroscopic reconstruction of anterior cruciate ligament is the most commonly performed procedure. A variety type of fixation techniques are being used nowadays, such as interference screw, cortical suspension fixation and transfix, all of which can achieve good effect, with both advantages and disadvantages. However, the healing of reconstructed grafts is a complicated and long-term process, which can be affected by many factors. The mechanical properties of the grafts are also changed greatly in all stages of healing process, adding variables for the post-operative rehabilitation.

**KEYWORDS** Anterior cruciate ligament; Surgical treatment; Review

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2017, 30(4):387-390 www.zggszz.com

前交叉韧带是维持膝关节功能及稳定性的重要结构, 其损伤在膝关节外伤中十分常见, 并且对关节功能以及患者的生活质量影响较大<sup>[1]</sup>, 一直是骨科学运动医学领域中的一个重要研究项目。随着关节镜技术普及, 使得前交叉韧带的治疗更为便捷。关节镜下前交叉韧带重建术也已成为前交叉韧带损伤的常规治疗方法。近年来, 在前交叉韧带的修复中, 对于应用移植物、固定方式的选择以及术后康复愈合的基础和临床研究逐渐增多。本文针对以上 3 点的研究进展予以综述。

## 1 移植物的选择

目前临床重建前交叉韧带常用的移植物有自体移植物、同种异体移植物以及利用组织工程学的人工合成移植物。自体移植物包括骨-髌腱-骨、腓绳肌腱和股四头肌腱等<sup>[2]</sup>。骨-髌腱-骨作为移植物, 最初在临床上使用较为广泛, 取髌腱中 1/3 处约 10 mm

宽的韧带条, 两终止点各取一定体积的骨块。髌腱强度一般大于前交叉韧带的 1.5 倍, 刚度为其 3 倍。并且由于两端带有骨块, 更加利于固定, 而骨块可与骨隧道产生骨性愈合, 是目前最可靠的愈合形式<sup>[3]</sup>。但由于其存在髌腱断裂、髌骨骨折和供区疼痛等并发症, 目前临床已较少采用。股四头肌腱最近在国外应用较广, 其优点在于供区股四头肌肌群较为发达肥厚, 移植物容易取到较为满意的直径和长度, 取腱后并发症较骨-髌腱-骨少, 且髌骨端可带骨块, 但术后有部分患者存在股四头肌萎缩等并发症。腓绳肌腱为目前临床最常用的自体移植物, 单束的半腱肌腱和股薄肌腱强度均小于前交叉韧带, 分别为前交叉韧带的 74% 和 49% 左右<sup>[4]</sup>。故应用半腱肌腱或股薄肌腱重建前交叉韧带时, 一般使用 2 股或 4 股<sup>[5]</sup>。自体移植物尽管有创伤, 可能存在一定的供区并发症, 且腱骨愈合较骨性愈合可靠性差, 但仍旧是目前最常用的移植物。同种异体移植物作为自体移植物的补充, 可以达到与其相似的稳定性。但由于异体移植存在细胞因子介导的非特异性炎症反应, 可能存在

通讯作者: 刘玉杰 E-mail: liuyujie301@163.com

Corresponding author: LIU Yu-jie E-mail: liuyujie301@163.com

的潜在免疫排斥反应以及传播疾病的风险<sup>[6]</sup>。尽管可以取得近期的满意效果<sup>[7-8]</sup>,其远期效应有待进一步长期随访进行验证。自体及异体肌腱移植物共同的缺点在于,移植的肌腱需要经过 1~1.5 年的时间才能真正韧带化,其重塑改建的过程,不但影响早期的完全活动,而且有发生蠕变松弛的风险。人工合成移植物随着组织工程学的发展,也越来越为临床所接受。其优点在于使用方便、节省手术时间、不会增加感染风险<sup>[9]</sup>、不会传播疾病<sup>[10]</sup>,能提供较大的关节强度与稳性,术后恢复快,早期即可最大限度恢复关节功能,适于年轻患者、运动员等需求早期恢复运动能力的病例<sup>[11]</sup>。但人工肌腱同样存在愈合周期长,肌腱延展性差,翻修困难等缺点。综上所述,临床工作中对于移植物的选择,需要针对患者的病情、年龄、运动等级和经济状况等方面,结合各种移植物各自的优缺点进行综合考虑。

## 2 固定方式的选择

目前临床最常用的固定方法有皮质悬吊固定、界面螺钉固定和横穿钉固定,3 种固定方法都能获得较牢靠的初始固定强度,同时也各有优缺点。

皮质悬吊固定据文献报道是目前所有固定方式中初始强度最高的<sup>[12-13]</sup>,采用带袢的纽扣钢板。目前临床常用的有固定长度袢和可调节长度袢两种,操作简单,使用更灵活。但由于其固定点远离解剖止点,术后产生“蹦极效应”“雨刷效应”和骨隧道扩大等并发症的概率相对较高<sup>[14]</sup>。另外,由于钢板翻转需要预留 6~8 mm 骨隧道长度,肌腱移植物不能与骨隧道完全贴合,不利于腱骨愈合。

界面螺钉根据其材质的不同,分为金属螺钉以及生物可吸收材料螺钉<sup>[15]</sup>。金属螺钉因其固定牢靠、坚固持久,能在早期就提供较大的固定强度和张力负荷,在过去曾被广泛应用。但由于其金属材质的特性,影响术后核磁共振等影像学检查,并且还可能存在切割移植物、术后易脱落和骨隧道扩张等并发症,影响移植物使用寿命且不利于翻修<sup>[16]</sup>。生物可吸收材料螺钉作为金属螺钉的可靠替代物,近年来发展迅速,在临床应用增长最快,随着生物工程学及材料学的进步,有逐渐取代金属螺钉的趋势<sup>[17-18]</sup>。生物可吸收螺钉继承了金属螺钉的大部分优点,同时具有更好的组织相容性、术后降解吸收,相对金属螺钉无异物残留,无须二次手术取出。而且对影像学检查不会产生干扰,不干扰 CT、MRI 检查结果,更利于对术后韧带康复效果进行评估<sup>[19]</sup>。目前临床常用的生物可吸收螺钉材料有 PLA (聚乳酸)、PLLA (多聚左旋乳酸)、TMC (三亚甲基碳酸酯)等<sup>[20]</sup>。Shen 等<sup>[21]</sup>对可吸收材料螺钉和金属材料螺钉在前交叉韧带重建的疗

效进行的 Meta 分析,在研究了 10 余个 RCT,包括 900 余例前交叉韧带损伤患者的情况之后,认为可吸收材料螺钉与金属材料螺钉的临床疗效相当,但由于其种类繁多、成分复杂,远期疗效尚不能确定。有研究指出可吸收材料螺钉同样存在骨隧道扩大问题,且其降解代谢产物对腱骨愈合有一定的影响<sup>[22]</sup>,尚需进一步临床研究来全面评估。

横穿钉自问世以来,一直受到临床医生的广泛认可。根据解剖学重建的理论<sup>[23-24]</sup>,固定点越接近解剖止点,固定效果越好,骨隧道扩大等并发症的发生概率也越低。目前临床应用最广泛的为强生 RIGIDFIX 固定系统,采用可降解吸收材料。横穿钉固定的优点在于操作简单、节省手术时间、肌腱可与骨隧道全方位接触,减少微动效应,利于腱骨愈合,翻修较简单。其不足之处在于肌腱移植物直径不能小于 7 mm,隧道内长度不能小于 2.5 cm,否则会增加固定失败风险<sup>[25-26]</sup>。另外,由于采用可降解吸收材料,所以同样存在吸收断钉风险。

除上述 3 种外,临床上还存在门型钉固定、骨桥固定和骨栓肌腱结固定等方式<sup>[27]</sup>。但因临床病例较少、推广较差、未成体系、报道罕见,在此不做赘述。

## 3 肌腱移植物康复

前交叉韧带重建后,移植物的强度经历一段由强迅速减弱、再逐渐由弱到强的过程<sup>[28]</sup>。这是因为术后移植物需要依次经历细胞凋亡期、细胞增殖期和韧带化期 3 个阶段<sup>[29]</sup>。术后 1~4 周称作细胞凋亡期,在这一时期由于血供的变化以及环境的改变,肌腱移植物原有细胞大量凋亡坏死,前交叉韧带残端、周围滑膜及关节液中细胞的长入相对较少,细胞增殖程度低,胞外基质及纤维结构的破坏较少,移植物生物力学强度变化不大<sup>[30]</sup>。

术后 5~12 周为细胞增殖期,来源于韧带残端、周围滑膜及关节液中细胞开始大量长入肌腱移植物,并迅速增殖。细胞增殖水平迅速达到最高峰,同时由于细胞活动的刺激,bFGF、TGF- $\beta$ -1 和 PDGF 等生长因子的局部表达水平也开始提高。生长因子表达的上调,诱导周围血管长入,移植物开始再血管化。血供的恢复为细胞提供了足够的营养,反过来又会促进细胞增殖。胞外基质以及原有纤维结构在细胞增殖以及再血管化的双重影响下,开始不断崩解并重建,移植物开始进入重塑过程。原有纤维结构的破坏同样会影响移植物整体的生物力学强度。进入细胞增殖期之后,移植物生物力学强度开始逐渐下降,并在术后 6~8 周进入“蠕变期”,力学性能降幅可达 30%~50%<sup>[31-32]</sup>。

术后 3~6 个月为韧带化期,在这一时期,细胞增

殖已经基本完成,胞外基质成分以及再血管化程度已经十分接近正常前交叉韧带。成纤维细胞活性较高,不断产生新的胶原纤维。新生的胶原纤维则在成纤维细胞以及牵拉应力的共同作用下,不断改建并重新排列,最终恢复正常前交叉韧带的纤维走行以及力学性能<sup>[33]</sup>。

综上所述,移植物康复是一个复杂的长期过程,可受到多种因素的干扰。尤其当移植物进入“蠕变期”,生物力学性能大幅下降,极易受到应力损伤。目前的固定方式虽然多种多样,但都不能为肌腱移植物实质提供有效的保护,文献也鲜有这方面的报道。

#### 4 展望

关节镜技术不仅为关节创伤的重建与治疗提供了新的方法和技术,也为骨科运动医学的发展提供新的视野和研究方向。关节镜下前交叉韧带重建术随着国内外一线工作者的不断钻研,日趋完善,现已成为前交叉韧带损伤的常规手术。虽然有学者认为由于前交叉韧带复杂的结构和生物力学特性,现阶段的手术难以做到完全解剖生理重建。然而随着膝关节运动医学及生物力学方面更进一步的研究,随着新技术、新术式、新材料的开发与运用,前交叉韧带重建术也必将迎来新的突破、造福更多的患者。

#### 参考文献

- [1] Papathanasiou I, Michalitsis S, Hantes ME, et al. Molecular changes indicative of cartilage degeneration and osteoarthritis development in patients with anterior cruciate ligament injury[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2016, 17: 21.
- [2] Baverel L, Demey G, Odri GA, et al. Do outcomes of outpatient ACL reconstruction vary with graft type[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2015, 101(7): 803–806.
- [3] Takazawa Y, Ikeda H, Saita Y, et al. Case series: Revision anterior cruciate ligament reconstructions using patellar tendon autografts[J]. *Knee*, 2015, 22(6): 569–573.
- [4] 余家阔. 前交叉韧带单束和双束重建比较研究的现状[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(5): 391–366.  
YU JK. Comparative study on the clinic effects of arthroscopic reconstructions of single bundle and double bundle anterior cruciate ligament[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2016, 29(5): 391–366. Chinese.
- [5] 魏民, 刘玉杰, 刘洋. 关节镜下前交叉韧带重建和微创重建膝关节内侧结构的临床效果[J]. *中国骨伤*, 2016, 29(5): 464–467.  
WEI M, LIU YJ, LIU Y. Clinical effects of arthroscopic reconstruction of anterior cruciate ligament and minimally invasive reconstruction of posteromedial corner[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2016, 29(5): 464–467. Chinese with abstract in English.
- [6] Mariscalco MW, Magnussen RA, Mehta D, et al. Autograft versus nonirradiated allograft tissue for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review[J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42(2): 492–499.
- [7] Zeng C, Gao SG, Li H, et al. Autograft versus allograft in anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials and systematic review of overlapping systematic reviews[J]. *Arthroscopy*, 2016, 32(1): 153–163.
- [8] Lenehan EA, Payne WB, Askam BM, et al. Long-term outcomes of allograft reconstruction of the anterior cruciate ligament[J]. *Am J (Belle Mead NJ)*, 2015, 44(5): 217–222.
- [9] Hamido F, AlHarran H, AlMisfer AR, et al. Augmented short undersized hamstring tendon graft with LARS (R) artificial ligament versus four-strand hamstring tendon in anterior cruciate ligament reconstruction: preliminary results[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2015, 101(5): 535–538.
- [10] Viateau V, Manassero M, Anagnostou F, et al. Biological and biomechanical evaluation of the ligament advanced reinforcement system (LARS AC) in a sheep model of anterior cruciate ligament replacement: a 3-month and 12-month study[J]. *Arthroscopy*, 2013, 29(6): 1079–1088.
- [11] Marcheggiani Muccioli GM, Manning C, Wright P, et al. Acromioclavicular joint reconstruction with the LARS ligament in professional versus non-professional athletes[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(6): 1961–1967.
- [12] Eguchi A, Ochi M, Adachi N, et al. Mechanical properties of suspensory fixation devices for anterior cruciate ligament reconstruction: comparison of the fixed-length loop device versus the adjustable-length loop device[J]. *Knee*, 2014, 21(3): 743–748.
- [13] Ping LW, Bin S, Rui Y, et al. Arthroscopic ACL reconstruction with reverse "Y"-plasty grafts and fixation in the femur with either a bioabsorbable interference screw or an Endobutton[J]. *Knee*, 2012, 19(2): 78–83.
- [14] Lind M, Feller J, Webster KE. Bone tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction using EndoButton or EndoButton continuous loop[J]. *Arthroscopy*, 2009, 25(11): 1275–1280.
- [15] Hélder P, Vitor MC, Joana SC, et al. Migration of "bioabsorbable" screws in ACL repair. How much do we know? A systematic review[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013, 21(4): 986–994.
- [16] Stolarz M, Ficek K, Binkowski M, et al. Bone tunnel enlargement following hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a comprehensive review[J]. *Physi Sportsmed*, 2017, 45(1): 31–40.
- [17] Watson JN, McQueen P, Kim W, et al. Bioabsorbable interference screw failure in anterior cruciate ligament reconstruction: a case series and review of the literature[J]. *Knee*, 2015, 22(3): 256–261.
- [18] Shen MX, Sathappan SS. Painful pretibial pseudocyst at bioabsorbable interference screw aperture two years after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Singapore Med J*, 2013, 54(10): e211–e214.
- [19] 毕擎, 朱丹杰, 夏冰, 等. 关节镜下重建前交叉韧带时可吸收界面螺钉骨隧道内口固定技术探讨[J]. *中国骨伤*, 2007, 20(4): 234–236.  
BI Q, ZHU DJ, XIA B, et al. Study on fixation technique of TCP/PLA (Tricalcium phosphate / Poly lactic acid) absorbable interference screw in the inlet of femoral tunnel during arthroscopic reconstruction of anterior cruciate ligament with four-stranded autogenic hamstring tend[J]. *Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma*, 2007, 20(4): 234–236. Chinese with abstract in English.
- [20] Yamauchi K, Nogami S, Martinez-de La Cruz G, et al. Timed-release system for periosteal expansion osteogenesis using NiTi mesh and absorbable material in the rabbit calvaria[J]. *J Craniomaxillofac Surg*, 2016, 44(9): 1366–1372.

[21] Shen C, Jiang SD, Jiang LS, et al. Bioabsorbable versus metallic interference screw fixation in anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Arthroscopy, 2010, 26(5): 705-713.

[22] Nakase J, Kitaoka K, Toratani T, et al. Grafted tendon healing in femoral and tibial tunnels after anterior cruciate ligament reconstruction[J]. J Orthop Surg(Hong Kong), 2014, 22(1): 65-69.

[23] Dabirrahmani D, Christopher Hogg M, Walker P, et al. Comparison of isometric and anatomical graft placement in synthetic ACL reconstructions; a pilot study[J]. Comput Biol Med, 2013, 43(12): 2287-2296.

[24] Claes S, Vereecke E, Maes M, et al. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee[J]. J Anat, 2013, 223(4): 321-328.

[25] Choi NH, Yoo SY, Victoroff BN. Tibial tunnel widening after hamstring anterior cruciate ligament reconstructions; comparison between Rigidfix and Bio-TransFix[J]. Knee, 2013, 20(1): 31-35.

[26] 刘玉杰, 李海峰, 王俊良, 等. 腘绳肌腱移植股骨与胫骨端可吸收横钉固定法重建前交叉韧带[J]. 中华医学杂志, 2009, 89(29): 2034-2037.  
LIU YJ, LI HF, WANG JL, et al. Rigidfix<sup>®</sup> tibial and femur cross pin system used for hamstring grafted anterior cruciate ligament reconstruction[J]. Zhonghua Yi Xue Za Zhi, 2009, 89(29): 2034-2037. Chinese.

[27] 周密, 刘玉杰, 柴伟, 等. 嵌入固定法重建前交叉韧带: 肌腱-骨和肌腱结的生物力学和组织学研究[J]. 中华老年多器官杂志, 2006, 5(4): 288-296.

ZHOU M, LIU YJ, CHAI W, et al. A biomechanical and histological study of reconstruction of anterior cruciate ligament with tendon knot and bone-tendon implant fixation[J]. Zhonghua Lao Nian Duo Qi Guan Za Zhi, 2006, 5(4): 288-296. Chinese.

[28] Muller B, Bowman KF Jr, Bedi A. ACL graft healing and biologics[J]. Clin Sports Med, 2013, 32(1): 93-109.

[29] Scheffler SU, Unterhauser FN, Weiler A. Graft remodeling and ligamentization after cruciate ligament reconstruction[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2008, 16(9): 834-842.

[30] Ma Y, Murawski CD, Rahnama-Azar AA, et al. Graft maturity of the reconstructed anterior cruciate ligament 6 months postoperatively: a magnetic resonance imaging evaluation of quadriceps tendon with bone block and hamstring tendon autografts[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2015, 23(3): 661-668.

[31] Mayr HO, Stoehr A, Dietrich M, et al. Graft-dependent differences in the ligamentization process of anterior cruciate ligament grafts in a sheep trial[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2012, 20(5): 947-956.

[32] Weiler A, Peine R, Pashmineh-Azar A, et al. Tendon healing in a bone tunnel; Part I biomechanical results after biodegradable interference fit fixation in a model of anterior cruciate ligament reconstruction in sheep[J]. Arthroscopy, 2002, 18(2): 113-123.

[33] Janssen RP, Scheffler SU. Intra-articular remodelling of hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014, 22(9): 2102-2108.

(收稿日期: 2016-12-16 本文编辑: 连智华)

·读者·作者·编者·

### 本刊关于参考文献著录的要求

按 GB/T 7714-2015《信息与文献 文后参考文献著录规则》采用顺序编码著录, 依照其在文中出现的先后顺序用阿拉伯数字标出, 并将序号置于方括号中, 排列于文后。中文参考文献要求用英汉双语著录; 用汉语拼音书写的人名, 姓全大写, 其名缩写, 取每个汉字拼音的首字母; 刊名用汉语拼音拼写。参考文献中的作者, 1-3 名全部列出, 3 名以上只列前 3 名, 后加“等”。外文期刊名称用缩写, 以 Index Medicus 中的格式为准。每条参考文献均须著录起止页。①期刊: [序号]作者. 题名[J]. 刊名, 年, 卷(期); 起止页码。②专著: [序号] 著者. 书名 [M]. 版次. 出版地: 出版者, 出版年; 起止页码。③专著中析出文献: [序号]作者. 题名[M]//编者. 书名. 版次. 出版地: 出版者, 出版年; 起止页码。

《中国骨伤》杂志社