

# 前交叉韧带重建术及重建材料的研究进展

林中秋<sup>1\*</sup>, 孙炳慧<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>内蒙古民族大学第二临床学院, 内蒙古 通辽

<sup>2</sup>内蒙古林业总医院, 内蒙古 牙克石

收稿日期: 2022年6月13日; 录用日期: 2022年7月6日; 发布日期: 2022年7月14日

## 摘要

前交叉韧带(Anterior cruciate ligament, ACL)损伤是骨科常见的疾病, 通常有接触性损伤与非接触性损伤。随着医疗技术的提升, 人们对ACL的治疗已经不再是简单的恢复行走。因此前交叉韧带重建术(Anterior cruciate ligament reconstruction, ACLR)成为临床工作者关注的焦点。本文将对ACLR的术式选择及重建材料作一些概括。

## 关键词

前交叉韧带, 前交叉韧带重建术

# Advances in the Treatment of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

Zhongqiu Lin<sup>1\*</sup>, Binghui Sun<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>The Second Clinical Medical College, Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao Inner Mongolia

<sup>2</sup>Inner Mongolia Forestry General Hospital, Yakeshi Inner Mongolia

Received: Jun. 13<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jul. 6<sup>th</sup>, 2022; published: Jul. 14<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Anterior cruciate ligament (ACL) injury is a common orthopedic disease, usually including contact injury and non-contact injury. With the improvement of medical technology, the treatment of ACL is no longer a simple recovery of walking. Therefore, anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) has become the focus of clinical attention. In this paper, the selection of surgical methods and reconstruction materials for ACLR are summarized.

\*第一作者。

#通讯作者。

## Keywords

ACL, ACLR

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

前交叉韧带(Anterior cruciate ligament, ACL)作为膝关节的重要稳定器通过对胫骨前方运动的主要被动约束及对膝关节内翻和外翻的次要约束来维持膝关节的前后和旋转稳定性[1] [2]。ACL 由前内侧束(Anteromedial bundle, AMB)和后外侧束(Posterolateral bundle, PLB)组成, 它们共同作用于膝关节的屈曲和伸展。PLB 较 AMB 肥大, 在解剖位置上 AMB 更加偏后, 当膝关节屈曲时 AMB 收缩, 反之膝关节伸直时 PLB 收缩[3]。ACL 损伤可能导致膝关节前、后和旋转不稳定, 并可能增加半月板损伤和早期膝关节退变的风险[4]。现代运动员的运动强度逐渐提高的环境下, 前交叉韧带损伤几率也随之提高。因此, 对前交叉韧带的损伤的治疗一直是关注的焦点。本文将对前交叉韧带重建手术(Anterior cruciate ligament reconstruction, ACLR)的方式及重建材料作一些概括, 为 ACL 治疗提供一些治疗方案。

## 2. 前交叉韧带重建术治疗

众所周知, 近四分之三的前十字韧带损伤是在非接触的情况下发生的, 即使在像美国国家橄榄球联盟以及美国职业篮球联赛这样的高碰撞运动中也是如此。接触性的运动损伤则常涉及膝外翻的损伤, 且经常伴随半月板及内侧副韧带的损伤[5]。对于想要重返赛场且重新活动高强度对抗的运动员来说, 前交叉韧带重建的手术是他们唯一的办法。

前交叉韧带重建术经过不断的更新进步, 从传统的开放性手术, 演变为今日在膝关节镜下手术。通过膝关节镜完成的前交叉韧带重建术有着创伤小、定位准确、视野好、并发症少及康复快等优点, 已经成为 ACLR 的金标准。在 ACLR 中, 重建的方式以及重建的材料是手术迈向成功的重要因素。

## 3. 重建方式

### 3.1. 单束与双束的重建

近年来, 因为一些研究者的发现, ACL 事实上是由 AMB 和 PLB 组成, 重建方法也从原有的单束(Double-Bundle, DB)重建法演变成双束(Single-Bundle, SB)重建法。DB 重建技术比 SB 重建技术更好地模拟了 ACL 的原始解剖, 因为 DB 技术能重建 ACL 的 AMB 和 PLB 部分, 也打破了几十年来 SB 重建治疗前交叉韧带损伤的金标准。与 SB 技术相比, DB 技术的目的是对膝关节产生更多的旋转和前向稳定性, 特别是在较低的屈曲角[6] [7] [8]。虽然 DB 重建理论上效果比 SB 重建好, 但是 DB 重建所需要的材料比 SB 重建要多, 并且在手术操作上更难, 一定程度上阻碍了术者对 DB 重建的选择。因此探讨两种手术的争议一直存在。

在 Arttu Seppänen 等人[9]的 META 分析中可得知, 在国际膝关节文件委员会评分(International Knee Documentation Committee, IKDC)中 DB 重建的评分要高于 SB 重建, DB 重建的 Lysholm 评分也高于 SB 重建, 因此 Arttu Seppänen 等人认为 DB 重建前交叉韧带对膝关节松弛性的恢复和主观结果优于 SB 的前

交叉韧带重建。在一项前瞻性试验中, Ramazan Akmeşe 等[10]将 33 例 SB 重建和 32 例 DB 重建的患者做对比试验。在术后评估方面, 两组术后的 IKDC 和 Lysholm 评分差异无统计学意义, 枢移试验在 DB 重建组呈阴性, 在 SB 重建组有 2 例呈阳性。术后 1 年的核磁共振显示, DB 重建组 16 例患者前交叉韧带高强度, SB 重建组 6 例患者高强度。术后 5 年的核磁共振显示, SB 重建组 3 例、DB 重建组 2 例未见前交叉韧带低信号, 两组间无差异。因此, Ramazan Akmeşe 等认为在 5 年随访期间, 接受 SB 前交叉韧带重建的患者和接受 DB 重建的患者在临床评分、膝关节稳定性和 MRI 表现方面没有差异, 但接受 DB 重建的患者移植成熟较晚。在另一项随机对照实验中, Scott Tashman 等[11]表示 DB 重建并没有显示出优于 SB 前交叉韧带重建的运动学结果, 虽然两种手术都不能完全恢复正常的膝关节运动学, 但两种重建手术对恢复接近正常的膝关节动态功能同样有效。这项研究的结果表明 SB 重建和 DB 重建技术都可以用于平均大小的前交叉韧带插入位点的患者。Zimu Mao 等人[12]通过长达 12 年的随访中表示 DB 前交叉韧带重建技术在软骨保护和膝关节松弛控制方面优于 SB 重建技术。Chaiwat Chuaychoosakoon 等[13]在一项回顾性研究发现, SB 前交叉韧带重建术后的疼痛评分明显低于 DB 重建, DB 重建导致更高的术后疼痛, 这可能会减缓康复的开始和降低患者满意度, 因此对于活动需求低的中年患者, Chaiwat Chuaychoosakoon 等建议进行 SB 前交叉韧带重建术。因此, 两种术式在临床上并没有绝对的优势, 临床医生需要结合实际情况选择 SB 重建或是 DB 重建。

### 3.2. 保残与未保残治疗

在传统的 ACLR 中, 临床医生会将破损的韧带在关节镜下清除, 让手术有更好的手术视野。但近来, 一些研究表明, 保存前交叉韧带残留组织可能对术后的促进血运重建、移植物成熟和韧带化方面产生积极作用[14], 并具有增强愈合过程的潜力。因此, 保残治疗的出现引起各学者的关注。

廖欣宇等人[15]对此观点进行了一项随机对照试验, 将 70 例前交叉韧带断裂的患者分为保留残端 ACL 单束重建组以及不保留残端 ACL 单束重建组, 结果通过患者术后的 Lysholm 评分、IKDC 评分、被动活动察觉阈值分析两组病患的膝关节功能及本体感觉恢复的情况。术后 3 及 6 个月保留残端组的 Lysholm 评分、国际膝关节文献委员会评分较对不保留残端组高, 被动活动察觉阈值较不保留残端组低, 但术后 12 个月两组各项评分差异不大, 因此保残单束前交叉韧带重建有利于患者早期本体感觉功能及膝关节稳定性恢复。Hui Huang 等[16]在回顾性研究中采用保存残端前交叉韧带重建术的患者在生理和心理上均优于采用不保存残端前交叉韧带重建术的患者。就临床相关性而言, 与不保存残端前交叉韧带重建术的患者, 保存残端前交叉韧带重建术的患者在移植物破裂和恢复损伤前运动水平方面可能获得更好的结果, 但在总体运动恢复或满意度方面没有差异。Byung-Ill Lee 等人[17]在回顾性研究中也得出前交叉韧带重建的残体保留技术可获得更好的本体感觉和功能结果, 并可能有助于实现术后患者的满意度。Shinya Yanagisawa 等[18]在对照试验中发现, 保留残端可减少前交叉韧带重建手术骨隧道扩大的数量, 显示了保留残端重建术的优越性, 因此 Shinya Yanagisawa 等认为在 ACLR 中保留残端应被推荐使用。综上所述, 保留残端的前交叉韧带重建术应被临床中所提倡。但在手术中因为残端的存在会增加手术的难度, 因此临床工作者必须要更加熟悉解剖解构以及器械的操作来应对术中的视野问题。

## 4. 重建材料

重建的材料也是影响 ACLR 的重要因素, 通常包括自体移植、同种异体移植以及人工合成材料。

### 4.1. 自体移植物

临床上自体移植物包括骨 - 髌腱 - 骨移植物(bone-patellar tendon-bone, BTB)、腘绳肌移植物(hamstring tendon, HT)、股四头肌移植物(quadriceps tendon, QT)、腓骨长肌腱等。各个移植物都有相应的

特点, 如 BTB 虽然在各个自体移植物中较为坚固, 但髌骨损伤的并发症会影响患者愈合速度及术后满意率; HT 对伸肌的影响较小, 而对屈肌的影响较大; QT 取材方便, 却面临股四头肌萎缩的风险; 腓骨长肌腱因为长度而容易编织移植物, 但需要考虑踝关节功能紊乱的问题。

在 Kirk W Jeffers 等的回顾性研究中[19], 研究者应用自体四倍腓绳肌移植物(Quadrupled Hamstring tendon, QHT)行前交叉韧带重建。34 名运动员进行了 QHT 自体前交叉韧带重建, 29 名运动员实现了重返赛场, 在这些球员中, 有 18 人成为了职业球员, 17 人加入了国家橄榄球联盟, 1 人加入了竞技球队, 这项研究表明, QHT 自体移植可能是精英运动员的一种可行选择。在 Eoghan T Hurley 等人的荟萃分析中[20], 研究显示自体股四头肌移植(QT)的再破裂率低于自体腿肌腱移植, 供区发病率也较低。Hideaki Fukuda 等[21]根据解剖学 ACLR 后的形态学和 MRI 评估, 骨-髌腱-骨移植物(BTB)成熟优于双束腓绳肌移植物(HT), 尽管在临床评分上没有显著差异, 就临床相关性而言, 由于 BTB 和双束 HT 在形态学评估、MRI 评估和膝关节前松解性评估方面存在显著差异, BTB 的优势可能有助于临床医生决定对具有较高动机的运动员使用自体移植物, 以恢复运动活动。

## 4.2. 同种异体移植

同种异体移植物是取自他人的移植物。Caroline Vincelot-Chainard 等[22]在回顾性研究通过确定主观评分(IKDC 评分和 KOOS 评分)、测量松弛度和评估运动恢复率来评估同种异体移植前交叉韧带的修复。同种异体移植物包括伸肌机构、胫前或胫后肌腱、阔筋膜肌腱、腿筋膜肌腱和短腓骨腱, 重建前交叉韧带 39 根, 侧副韧带 11 根, 测定所有患者的 IKDC 评分及 KOOS 评分, 得到同种异体肌腱移植是一种可靠的复合韧带重建修复方法。Stephen M Sylvia 等[23]通过回顾性研究得出 40 岁及以上接受同种异体移植前交叉韧带重建的大多数患者达到了可接受的状态。但是需要顾虑的是同种异体移植因为排斥反应及传播疾病的风险, 依然存在一定的局限性[24]。

## 4.3. 人工合成材料

人工移植物在 1980 年代开始流行用于 ACLR, 它们提供更大的强度和稳定性, 并降低供体部位的发病率和疾病传播的风险[25]。目前临床大多使用的是第三代人工合成韧带, 它是一种不可吸收的聚对苯二甲酸乙二醇酯移植物[26], 它试图为修复提供网状结构并避免反应性滑膜炎的并发症, 其临床疗效得到了肯定。

DingYuan Fan 等荟萃分析[27]的结果显示, 在成人 ACLR 中, 骨-髌腱-骨移植物在膝关节稳定性、功能和并发症方面优于人工合成移植物。在另一项荟萃分析中 Zhen-Yu Jia 等人[28]认为早期的人工合成韧带不建议用于 ACLR, 而建议使用新一代人工合成韧带。

## 5. 展望

随着医学的不断发展, 即使较为成熟的 ACLR 技术也会不断进步, 临床工作者需要从更多的方面考虑手术方式及移植物的选择, 为更多的患者提供治疗方案, 甚至为受伤的运动员重新找回运动赛场。

## 参考文献

- [1] Kocabey, Y., Yalçın, S., Erdil, M. and Polat, G. (2019) An Alternative Femoral Fixation in All-Inside Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Solution for Preventing Possible Graft Loosening. *Arthroscopy Techniques*, **8**, E861-E865. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2019.03.028>
- [2] Bradley, J.P. and Tejwani, S.G. (2009) All-Inside Patellar Tendon Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*, **17**, 252-258. <https://doi.org/10.1097/JSA.0b013e3181bf664f>
- [3] 胥少汀, 葛宝丰, 徐印坎. 实用骨科学[M]. 第 4 版. 北京: 人民军医出版社, 2012.



- [4] Kouloumentas, P., Kavroudakis, E., Charalampidis, E., Kavroudakis, D. and Triantafyllopoulos, G.K. (2019) Superior Knee Flexor Strength at 2 Years with All-Inside Short-Graft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction vs a Conventional Hamstring Technique. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **27**, 3592-3598. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05456-9>
- [5] 陈世益, 冯华. 现代骨科运动医学[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2020: 483-484.
- [6] Fujita, N., Kuroda, R., Matsumoto, T., Yamaguchi, M., Yagi, M., Matsumoto, A., *et al.* (2011) Comparison of the Clinical Outcome of Double-Bundle, Anteromedial Single-Bundle, and Posterolateral Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Hamstring Tendon Graft with Minimum 2-Year Follow-Up. *Arthroscopy*, **27**, 906-913. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.02.015>
- [7] Hussein, M., Van Eck, C.F., Cretnik, A., Dinevski, D. and Fu, F.H. (2012) Prospective Randomized Clinical Evaluation of Conventional Single-Bundle, Anatomic Single-Bundle, and Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: 281 Cases with 3- to 5-Year Follow-Up. *The American Journal of Sports Medicine*, **40**, 512-520. <https://doi.org/10.1177/0363546511426416>
- [8] Ibrahim, S.A.R., Hamido, F., Al Misfer, A.K., Mahgoob, A., Ghafar, S.A. and Alhran, H. (2009) Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Autologous Hamstring Double Bundle Graft Compared with Single Bundle Procedures. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, **91-B**, 1310-1315. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B10.21886>
- [9] Seppänen, A., Suomalainen, P., Huhtala, H., Mäenpää, H., Kiekara, T. and Järvelä, T. (2022) Double Bundle ACL Reconstruction Leads to Better Restoration of Knee Laxity and Subjective Outcomes than Single Bundle ACL Reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **30**, 1795-1808. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06744-z>
- [10] Akmeşe, R., Yoğun, Y., Küçükkarapinar, İ., Ertan, M.B., Çelebi, M.M. and Akkaya, Z. (2022) Radiological Maturation and Clinical Results of Double-Bundle and Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. A 5-Year Prospective Case-Controlled Trial. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **142**, 1125-1132. <https://doi.org/10.1007/s00402-021-03971-4>
- [11] Tashman, S., Zandiyeh, P., Irrgang, J.J., Musahl, V., West, R.V., Shah, N. and Fu, F.H. (2021) Anatomic Single- and Double-Bundle ACL Reconstruction Both Restore Dynamic Knee Function: A Randomized Clinical Trial-Part II: Knee Kinematics. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **29**, 2676-2683. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06479-x>
- [12] Mao, Z., Wang, J., Wang, Y., Jiang, D., Wang, X., Wang, H., Lin, L., Liu, Y., Zeng, L. and Yu, J. (2021) Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Technique Has Advantages in Chondroprotection and Knee Laxity Control Compared with Single-Bundle Technique: A Long-Term Follow-Up with a Minimum of 12 Years. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **29**, 3105-3114. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06350-5>
- [13] Chuaychoosakoon, C., Parinyakhup, W., Wiwatboworn, A., Purngpiputtrakul, P., Wanasitchaiwat, P. and Boonriong, T. (2021) Comparing Post-Operative Pain Between Single Bundle and Double Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Retrospective Study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **22**, Article No. 753. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04635-5>
- [14] Lee, B.I., Kim, B.M., Kho, D.H., Kwon, S.W., Kim, H.J. and Hwang, H.R. (2016) Does the Tibial Remnant of the Anterior Cruciate Ligament Promote Ligamentization? *Knee*, **23**, 1133-1142. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2016.09.008>
- [15] 廖欣宇, 何璐, 李彦林, 王福科, 周晓翔, 王旭, 钟瑞颖, 王国梁. 前交叉韧带保残单束解剖重建有利于本体感觉功能的恢复[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(17): 2631-2635.
- [16] Huang, H., Nagao, M., Nishio, H., Kaneko, H., Saita, Y., Takazawa, Y., Ikeda, H., Kaneko, K. and Ishijima, M. (2021) Remnant Preservation Provides Good Clinical Outcomes after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **29**, 3763-3772. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06406-6>
- [17] Lee, B.I., Kim, C.H., Jang, B.W., Hong, Y.C. and Kwon, S.W. (2020) Preservation of the Tibial Remnant in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction May Improve Postoperative Proprioceptive Function. *Orthopedics*, **43**, e231-e236. <https://doi.org/10.3928/01477447-20200404-04>
- [18] Yanagisawa, S., Kimura, M., Hagiwara, K., Ogoshi, A., Nakagawa, T., Shiozawa, H., Ohsawa, T. and Chikuda, H. (2018) The Remnant Preservation Technique Reduces the Amount of Bone Tunnel Enlargement Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **26**, 491-499. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4679-3>
- [19] Jeffers, K.W., Shah, S.A., Calvert, D.D., Lemoine, N.P., Marucci, J., Mullenix, S., Zura, R.D., Bankston, A.B. and Bankston, L.S. (2022) High Return to Play and Low Reinjury Rates in National Collegiate Athletic Association Division I Football Players Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Quadrupled Hamstring Autograft. *Arthroscopy*, **38**, 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2021.04.057>
- [20] Hurley, E.T., Mojica, E.S., Kanakamedala, A.C., Meislin, R.J., Strauss, E.J., Campbell, K.A. and Alaia, M.J. (2022)

- Quadriceps Tendon Has a Lower Re-Rupture Rate than Hamstring Tendon Autograft for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction—A Meta-Analysis. *Journal of ISAKOS*, **7**, 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.jisako.2021.10.001>
- [21] Fukuda, H., Ogura, T., Asai, S., Omodani, T., Takahashi, T., Yamaura, I., Sakai, H., Saito, C., Tsuchiya, A. and Takahashi, K. (2022) Bone-Patellar Tendon-Bone Autograft Maturation Is Superior to Double-Bundle Hamstring Tendon Autograft Maturation Following Anatomical Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **30**, 1661-1671. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06653-1>
- [22] Vincelot-Chainard, C., Buisson, X., Taburet, J.F., Djian, P. and Robert, H. (2022) ACL Autograft Reconstruction Revisions with Tendon Allografts: Possibilities and Outcomes. A One-Year Follow-Up of 39 Patients. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, **108**, Article ID: 102832. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2021.102832>
- [23] Sylvia, S.M., Perrone, G.S., Stone, J.A., Miltenberg, B., Nezewek, T.A., Zhang, Y., Golenbock, S.W., Richmond, J.C. and Salzler, M.J. (2022) The Majority of Patients Aged 40 and Older Having Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Achieve a Patient Acceptable Symptomatic State. *Arthroscopy*, **38**, 1537-1543. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2021.09.024>
- [24] Tian, S., Wang, B., Liu, L., Wang, Y., Ha, C., Li, Q., *et al.* (2016) Irradiated Hamstring Tendon Allograft versus Autograft for Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Midterm Clinical Outcomes. *The American Journal of Sports Medicine*, **44**, 2579-2588. <https://doi.org/10.1177/0363546516655333>
- [25] Ventura, A., Terzaghi, C., Legnani, C., Borgo, E. and Albisetti, W. (2010) Synthetic Grafts for Anterior Cruciate Ligament Rupture: 19-Year Outcome Study. *Knee*, **17**, 108-113. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2009.07.013>
- [26] Longo, U.G., Lamberti, A., Maffulli, N. and Denaro, V. (2010) Tendon Augmentation Grafts: A Systematic Review. *British Medical Bulletin*, **94**, 165-188. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldp051>
- [27] Fan, D., Ma, J. and Zhang, L. (2021) Patellar Tendon versus Artificial Grafts in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **16**, Article No. 478. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02624-x>
- [28] Jia, Z.Y., Zhang, C., Cao, S.Q., Xue, C.C., Liu, T.Z., Huang, X. and Xu, W.D. (2017) Comparison of Artificial Graft versus Autograft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-Analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **18**, Article No. 309. <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1672-4>