

· 技术创新 ·

开放获取

急性前交叉韧带断裂镜下缝合和股骨双隧道悬吊固定[△]

刘超, 戴祝*, 陈丹, 阳志军, 刘江华, 吴彪, 范伟杰

(南华大学附属第一医院骨科中心运动医学专科, 湖南衡阳 421000)

摘要: [目的] 介绍急性前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 断裂镜下缝合和股骨双隧道悬吊固定的手术技术和初步结果。[方法] 2022年1月—2024年1月采用上述技术治疗急性 ACL 损伤患者 12 例。麻醉成功后患者取仰卧位, 常规关节镜检。编织缝合、捆扎 ACL 残端, 于 ACL 股骨前内侧束和后外侧束解剖起点向股骨外髁作双骨隧道, 将缝线分别穿过双骨隧道, 拉至股骨外髁皮质外, 穿过悬吊钛板线孔。并于线袢处引入缝线, 将缝线从前内侧骨道引入关节腔内, 一端穿过残端。屈膝 30° 后抽屉试验应力位, 收紧经过悬吊钛板的缝线, 拉紧引入关节腔内缝线, 打结固定。[结果] 12 例患者手术均顺利完成。患者均获 10~24 个月随访, 与术前相比, 末次随访时, Lysholm 膝关节功能评分 [(49.7±6.7), (93.5±2.9), $P<0.001$]、IKDC 评分 [(50.8±5.2), (89.1±3.3), $P<0.001$]、Tegner 膝关节活动水平量表评分 [(1.0±0.7), (5.3±1.1), $P<0.001$] 均显著改善。MRI 显示 12 例患者连续性分级均为 1 级, 纤维化信号强度分级均为 2 级及以上。[结论] 急性前交叉韧带断裂镜下缝合和股骨双隧道悬吊固定技术可行, 初步疗效满意, 但远期疗效有待进一步观察。

关键词: 急性前交叉韧带断裂, 镜下缝合, 股骨双隧道悬吊固定, 修复

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2025) 12-1111-05

Arthroscopic suture with double-tunnel suspension fixation of acute anterior cruciate ligament tear // LIU Chao, DAI Zhu, CHEN Dan, YANG Zhi-jun, LIU Jiang-hua, WU Biao, FAN Wei-jie. Department of Sports Medicine, Orthopaedics Center, The First Affiliated Hospital, University of South China, Hengyang 421000, Hunan, China

Abstract: [Objective] To present the surgical technique and preliminary outcomes of arthroscopic suture with double-tunnel suspension fixation of acute anterior cruciate ligament (ACL) rupture. [Methods] From January 2022 to January 2024, 12 patients with acute ACL injury were treated with the abovesaid technique. After successful anesthesia, arthroscopic examination was routinely performed. The ACL stump was knitted and sutured, and double bone tunnels were created from the anatomical sites the anteromedial and posterolateral bundles of the ACL on the lateral femoral condyle. The sutures were introduced through both tunnels to the outer cortex of the lateral condyle of the femur, the plate suture holes. Subsequently, the an Ethibond suture was introduced, which was passed through the anteromedial bone tunnel into the joint cavity, one end passes through the stump. At posterior drawer stress position with knee flexion of 30 degrees, the sutures were tighten over the suspension plate, until proper tensing on the ACL, finally the sutures were tied and secured. [Results] All patients had operation performed successfully without complications, and followed up for 12~24 months. The Lysholm [(49.7±6.7), (93.5±2.9), $P<0.001$], IKDC [(50.8±5.2), (89.1±3.3), $P<0.001$] and Tegner scores [(1.0±0.7), (5.3±1.1), $P<0.001$] were significantly improved at the last follow-up compared with those before surgery. The MRI showed grade 1 ACL continuity in the 12 patients, with grade 2 or above fibrosis signal intensity. [Conclusion] This arthroscopic suture with double-tunnel suspension fixation for acute ACL rupture is feasible technique with satisfactory preliminary consequence, however, the long-term outcomes need to be observed further.

Key words: acute anterior cruciate ligament rupture, arthroscopic suture, femoral double-tunnel suspension fixation, repair

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 损伤是体育运动中最常见和危害性最大的损伤之一, 最常见的治疗方式为前交叉韧带重建术 (anterior cruciate ligament reconstruction, ACLR), 疗效确切^[1, 2]。但是

ACLR 需要取自体或者异体肌腱, 腱骨愈合及肌腱再血管化 (或者爬行替代) 是一个漫长过程^[3]。近年来研究发现, 前交叉韧带残端具有自愈的潜能^[4]。高强度带、弹簧技术、带线锚钉和再生支架等前交叉韧带

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110328

[△]基金项目:湖南省卫生健康委重点课题项目(编号:20201907)

作者简介:刘超,主治医师,研究方向:膝关节损伤及运动医学,(电子信箱)1542356375@qq.com

*通信作者:戴祝,(电子信箱)oliverdai@hotmail.com

修复技术分别被提出并应用于临床,但是疗效报道不一^[5-7]。带线锚钉修复是最基础的前交叉韧带修复技术,将穿过前交叉韧带残端的缝线,通过锚钉固定于股骨侧前交叉韧带足印区,但存在腱骨接触不充分、固定不牢靠等问题,且有生物力学实验证明股骨皮质悬吊固定载荷-失效生物力学优于带线锚钉修复^[8]。而前交叉韧带修复腱骨愈合的关键是腱骨接触面积及接触紧密程度。本研究设计急性前交叉韧带断裂关节镜下原位缝合结合股骨双隧道悬吊固定技术,它接近自然愈合过程,可改善膝关节的运动学和本体感觉,避免移植物获取和保存骨量储备,相对于股骨单骨道悬吊固定技术,腱骨接触面积更大且更紧密,固定更牢靠。本科 2022 年 1 月—2024 年 1 月采用原位镜下缝合结合股骨双隧道悬吊固定技术治疗 12 例急性前交叉韧带损伤患者,初期效果良好,现报道如下。

1 手术技术

1.1 术前准备

术前询问病史,进行体格检查及 MRI 检查,诊断为急性前交叉韧带股骨侧断裂, Sherman 分型 I 型, ACL 残端质量满意,术前 MRI 确诊 ACL 损伤(图 1a)。排除既往有患侧膝关节手术病史、需行前交叉韧带重建或后交叉韧带重建及下肢畸形患者。告知患者病情,术前进行心理辅导并告之术后康复步骤。

1.2 麻醉与体位

椎管内麻醉或者全身麻醉成功后,患者取仰卧位,患侧大腿根部捆扎气压止血带,可床缘下垂至屈膝 90°。

1.3 手术操作

关节镜检查:建立标准的前外侧和前内侧入路,常规关节镜检查,探查发现急性 ACL 股骨端断裂、 Sherman 分型 I 型,残端质量满意(图 1b)。若有半月板损伤行修复缝合,内侧副韧带损伤则行锚钉修复。

ACL 残端镜下原位缝合:加做前正中入路(即第 3 入路)。缝合钩带 PDS 线, PDS 线作为引线带入高强缝线(锐健,非吸收性外科缝线),从远点胫骨止点处来回编织缝合 2~3 针,缝线两端分别从残端前内侧束和后外侧束穿出,最后 1 针套锁缝合,作为第 1 道原位缝合缝线(图 1c)。缝合钩带 PDS 线绕过韧带实质部后方后套扎前交叉韧带,作为第 2 道原位缝合缝线(图 1d)。再用缝合钩带 PDS 线,实质部穿

入从残端穿出, PDS 线留做牵引线待用。

双骨道钻取:患者取仰卧位,屈膝 90°患肢下肢“4”字体位下,关节镜置于前正中入路,显露股骨外侧髁内侧面前内侧束和后外侧束解剖起点,经前内侧入路置入 3.0 mm 斯氏针,依次于前交叉韧带股骨内侧髁内侧面前内侧束和后外侧束解剖起点锤入 1 mm(图 1e, 1f),改为高屈膝位,用电钻将斯氏针打入股骨外髁,分别从股骨远端外上区域穿出皮肤。经过两骨道分别引入牵引线。

打结固定:将第 1、2 道原位缝合线两端在牵引线引导下,分别穿过股骨双骨道至皮质外,于患侧大腿下段外侧做长约 2 cm 纵行切口,将缝线从同一皮肤及软组织通道拉出,将第 1、2 道缝合线穿过悬吊钛板(锐健,可调节带袢钛板)线孔。于线袢处引入缝线,将缝线两端从前内侧骨道引入关节腔内。屈膝 30°后抽屉试验应力位,收紧经过悬吊钛板的第 1、2 道缝线并打结。置入关节镜,将引入关节腔的缝线经过预留的 PDS 牵引,一端穿过韧带残端后,两端打结固定,作为第 3 道原位缝合缝线。再次探查前交叉韧带张力恢复满意,腱骨贴合紧密(图 1g)。

1.4 术后处理

术后采用快速康复、多模式镇痛。无菌切口换药,一代或二代头孢类抗生素静脉滴注 24~48 h 预防感染。鼓励踝泵、股四头肌收缩、直腿抬高功能锻炼,予以气压治疗、低分子肝素钠抗凝治疗。术后 0~4 周,佩戴支具,不负重,行股四头肌等长收缩、直腿抬高、踝泵功能锻炼,每日屈膝 30°功能锻炼 10 次。4~12 周,佩戴支具,避免膝关节旋转、侧向的移动,加强平衡能力训练,增强肌力,部分负重至完全负重,行股四头肌等长收缩、直腿抬高、踝泵功能锻炼,逐渐增加活动度至正常。12 周之后,恢复日常生活及工作,避免剧烈运动。

2 临床资料

2.1 一般资料

2021 年 1 月—2024 年 1 月 12 例急性 ACL 股骨端断裂、 Sherman 分型 I 型患者,均行原位缝合结合股骨双骨道悬吊固定术,其中男 5 例,女 7 例。年龄 25~55 岁,平均(35.0±10.1)岁。左膝 8 例,右膝 4 例。致伤原因:非接触性运动损伤 10 例,车祸外伤 2 例。本研究经南华大学附属第一医院伦理委员会批准(批准编号:2021LL0104003),所有患者均知情同意并签署手术同意书。

2.2 初步结果

所有患者手术均顺利完成,术中无血管、神经损伤等并发症。术后随访 10~24 个月,平均 (14.3 ± 4.9) 个月。Lysholm 膝关节功能评分、国际膝关节文献委员会(international knee documentation committee, IKDC)评分、Tegner 膝关节活动水平量表评分分别由术前的 (49.7 ± 6.7) 、 (50.8 ± 5.2) 、 (1.0 ± 0.7) 分提高至末次随访时 (93.5 ± 2.9) 、 (89.1 ± 3.3) 、 (5.3 ± 1.1) 分,差异均有统计学意义($P<0.001$)。根据

Eggli 等^[9]报告的连续性及形态评价标准,术后 3、6、12、18 个月 MRI 提示 12 例连续性分级均为 1 级,根据 Hakozaki 等^[10]报告的纤维化信号强度标准,12 例均为 2 级及以上。末次随访,1 例前抽屉试验 I 度阳性、Lachman 试验阴性,但是患者自身无膝关节不稳感。李克特(Likert)评分非常满意 10 例,比较满意 2 例,总体满意度 100%。无患者需要翻修或者二次手术。典型病例术前、术后影像见图 1a~1h。

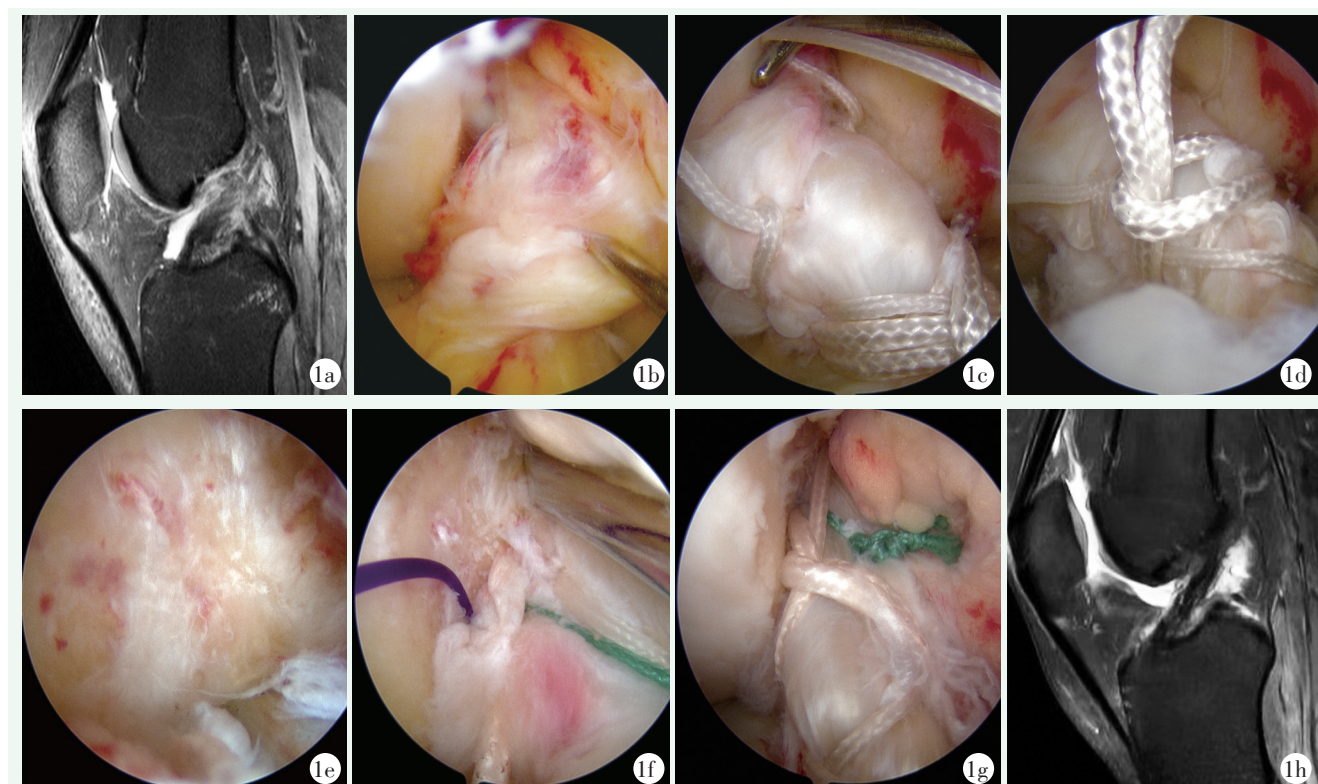


图 1. 患者男性, 25 岁, 右膝急性 ACL 断裂。1a: MRI 示前交叉韧带股骨端损伤; 1b: 关节镜探查见 ACL 股骨端断裂、Sherman 分型 I 型; 1c: 高强线第 1 道原位缝合后外观; 1d: 高强线第 2 道原位缝合后外观; 1e: 关节镜下第 1 枚骨道定位; 1f: 关节镜下第 2 枚骨道定位; 1g: 再次探查前交叉韧带张力恢复满意; 1h: 术后 18 个月复查右膝关节 MRI。

Figure 1. A 25-year-old male suffered from acute ACL rupture of the right knee. 1a: MRI showed ACL torn near the femoral insertion; 1b: Arthroscopic view presented Sherman type I ACL rupture; 1c: Appearance after in-situ suture with the first high-strength thread placed; 1d: Appearance after the second in-situ suture with the second high-strength suture placed; 1e: Arthroscopic positioning of the first bone tunnel; 1f: Arthroscopic positioning of the second bone tunnel; 1g: The ACL recovered proper tension under arthroscope after finishing the suspension fixation; 1h: MRI findings of right knee 18 months after surgery.

3 讨论

ACL 损伤是常见的骨科运动损伤, ACLR 是近几十年来的标准治疗方法^[1, 2]。近年来, 研究发现急性期前交叉韧带断端可表达多种愈合基因, 其本身具有愈合的潜力^[4]。前交叉韧带修复再次受到越来越多的学者关注^[11]。ACL 修复相比与重建的优势在于保留

自身组织和本体感觉, 避免移植物获取, 保留骨储备, 减少术后疼痛, 且可增加术后活动范围, 腓绳肌肌力恢复等客观指标较佳^[12, 13], 骨关节炎发生率降低^[14]。且有随机对照试验证实 ACL 修复在膝关节松弛度及短期随访疗效不劣于 ACL 重建^[15]。

Schneider 等^[16]对 93 例 ACL 损伤患者行前交叉韧带修复, 中位随访时间为 35 个月, 发现关节镜下 ACL 修复术后患者功能恢复良好, 然而, 10% 的失败

率不容忽视。需要严格把握手术指征,一般来说, Sherman I型或者 ACL 单束损伤、21 岁以上患者、受伤后 3 个月内手术、残端质量良好,适合于 ACL 修复^[17, 18]。对于 ACL 损伤后高度运动活跃并渴望及时重返竞技运动的年轻患者,修复有高失败率,选择修复需要慎重^[19]。

有学者报告采用高强线带、弹簧技术、带线锚钉和再生支架等技术行 ACL 修复,各有优劣,疗效报道不一^[5-7]。高强线带技术是在传统 ACL 修复基础上加入 1 条桥接股骨起点及胫骨止点的线带作为内部支撑,可在 ACL 愈合阶段保护韧带,支持早期活动,提高手术成功率^[6]。弹簧技术是在胫骨隧道处打入 1 个螺纹套管,套管内预先置入 1 枚金属弹簧,将内支撑物自股骨侧骨隧道穿入,胫骨侧骨隧道的螺纹套管中穿出,然后再用套管配套的螺纹盖拧紧固定,用以增强韧带修复效果,以弹性固定方式来取代其他修复技术中的刚性固定^[5]。Senfil 等^[20]进行的一项多中心回顾性研究显示,弹簧技术失败率高于自体肌腱重建手术,但在治疗成功的患者中均获得满意的临床效果。再生支架技术是以聚丙烯缝合线为导向,用胶原蛋白-PRP 水凝胶作为桥梁,桥接撕裂的前交叉韧带残端,但疗效仍需随访观察^[7]。

带线锚钉修复是最基础的 ACL 修复技术,穿过 ACL 残端的缝线,通过锚钉固定于股骨侧 ACL 足印区,存在腱骨接触不充分、固定不牢靠等问题,且有生物力学实验证明,股骨皮质悬吊固定载荷-失效生物力学优于带线锚钉修复^[8]。而 ACL 修复腱骨愈合的关键是接触面积及接触紧密程度。本研究采用原位缝合结合股骨双隧道悬吊固定技术,其优势如下:(1)在 ACL 损伤附着区钻取双骨隧道,深部骨髓血可顺骨道持续引出,干细胞数量多且不断增加,有利于腱骨愈合;(2)原位缝合后股骨皮质悬吊固定,固定强度高,可避免缝合锚钉拔出失效的风险;(3)原位缝线经过股骨双骨道固定,相对于股骨单骨道悬吊固定技术,腱骨接触更紧密,面积更大,也有利于腱骨愈合。因本研究 12 例病例均为 Sherman I 型,腱骨贴合紧密,3 道缝合牢固可靠,故未采取高强线带增强保护。

综上所述,急性前交叉韧带断裂镜下缝合和股骨双隧道悬吊固定,接近自然愈合过程,可改善膝关节的运动学和本体感觉,避免获取自体移植物并保存骨量储备,腱骨接触更紧密,面积更大,固定更牢靠,可作为前交叉韧带修复的一种手术方式。但远期疗效有待进一步观察。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 刘超:课题设计、实施和论文写作、采集分析和解释数据、统计分析;戴祝:课题设计实施、采集分析和解释数据、文章审阅、获取研究经费、行政、技术或材料支持及支持性贡献;陈丹:课题实施、采集分析数据、文章审阅及支持性贡献;阳志军:课题实施、采集和解释数据及支持性贡献;刘江华:课题实施、采集分析数据及支持性贡献;吴彪:课题实施、采集和解释数据及支持性贡献;范伟杰:课题实施、采集和解释数据、文章审阅及行政、技术或材料支持

参考文献

- [1] D'Ambrosi R, Meena A, Arora ES, et al. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: a historical view [J]. *Ann Transl Med*, 2023, 11 (10): 364. DOI: 10.21037/atm-23-87.
- [2] 许正文,李振,苏长征,等.自体腘绳肌腱与股四头肌腱前交叉韧带重建比较[J].中国矫形外科杂志,2023,31(14):1259-1264. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.14.03.
Xu ZW, Li Z, Su CZ, et al. Hamstring tendon versus quadriceps tendon autografts for arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (14): 1259-1264. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.14.03.
- [3] 孙玖阳,杨久山,王少山,等.关节镜下锚钉保残与常规前交叉韧带重建比较[J].中国矫形外科杂志,2022,30(24):2223-2228. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.24.04.
Sun JY, Yang JS, Wang SS, et al. Comparison of arthroscopic anterior cruciate ligament reconstructions with remnant preservation by suture anchor versus without remnant preservation [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2022, 30 (24): 2223-2228. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.24.04.
- [4] Novaretti JV, Astur DC, Casadio D, et al. Higher gene expression of healing factors in anterior cruciate ligament remnant in acute anterior cruciate ligament tear [J]. *Am J Sports Med*, 2018, 46 (7): 1583-1591. DOI: 10.1177/0363546518760577.
- [5] Glasbrenner J, Raschke MJ, Kittl C, et al. Comparable instrumented knee joint laxity and patient-reported outcomes after ACL repair with dynamic intraligamentary stabilization or ACL reconstruction: 5-year results of a randomized controlled trial [J]. *Am J Sports Med*, 2022, 50 (12): 3256-3264. DOI: 10.1177/0363546521117777.
- [6] Wilson WT, Hopper GP, Banger MS, et al. Anterior cruciate ligament repair with internal brace augmentation: A systematic review [J]. *Knee*, 2022, 35: 192-200. DOI: 10.1016/j.knee.2022.03.009.
- [7] Murray MM, Fleming BC, Badger GJ, et al. Bridge-enhanced anterior cruciate ligament repair is not inferior to autograft anterior cruciate ligament reconstruction at 2 years: Results of a prospective randomized clinical trial [J]. *Am J Sports Med*, 2020, 48 (6): 1305-1315. DOI: 10.1177/0363546520913532.
- [8] Itthipanichpong T, Thamrongsuksiri N, Tangpornprasert P, et al. Cortical suspensory button fixation has superior biomechanical properties to knotless anchor suture in anterior cruciate ligament repair: a biomechanical study [J]. *Sci Rep*, 2023, 13 (1): 7572.

- DOI: 10.1038/s41598-023-34766-9.
- [9] Eggl S, Kohlhof H, Zumstein M, et al. Dynamic intraligamentary stabilization: novel technique for preserving the ruptured ACL [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23 (4) : 1215-1221. DOI: 10.1007/s00167-014-2949-x.
- [10] Hakozi A, Niki Y, Enomoto H, et al. Clinical significance of T2*-weighted gradient-echo MRI to monitor graft maturation over one year after anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a comparative study with proton density-weighted MRI [J]. *Knee*, 2015, 22 (1) : 4-10. DOI: 10.1016/j.knee.2014.11.004.
- [11] 曹慧源, 王广积. 前交叉韧带内增强修复的研究现状 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31 (15) : 1410-1414. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.15.13.
- Cao HY, Wang GJ. Current research in anterior cruciate ligament repair with internal brace [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2023, 31 (15) : 1410-1414. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.15.13.
- [12] Duong J, Bolton C, Murphy GT, et al. Anterior cruciate ligament repair versus reconstruction: A clinical, MRI and patient-reported outcome comparison [J]. *Knee*, 2023, 45: 100-109. DOI: 10.1016/j.knee.2023.09.008.
- [13] Vermeijden HD, Holuba K, Yang XA, et al. Prospective comparison of postoperative pain and opioid consumption between primary repair and reconstruction of the anterior cruciate ligament [J]. *Orthop J Sports Med*, 2023, 11 (9) : 23259671231187442. DOI: 10.1177/23259671231187442.
- [14] Wilson WT, Banger MS, Hopper GP, et al. Deficits in muscle strength are not seen following recovery from augmented primary repair of anterior cruciate ligament tears [J]. *J ISAKOS*, 2023, 8 (6) : 436-441. DOI: 10.1016/j.jisako.2023.09.008.
- [15] Batista JP, Maestu R, Barbier J, et al. Propensity for clinically meaningful improvement and surgical failure after anterior cruciate ligament repair [J]. *Orthop J Sports Med*, 2023, 11 (4) : 23259671221146815. DOI: 10.1177/23259671221146815.
- [16] Schneider KN, Ahlbäumer G, Gosheger G, et al. Promising functional outcomes following anterior cruciate ligament repair with suture augmentation [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31 (7) : 2836-2843. DOI: 10.1007/s00167-022-07236-4.
- [17] Vermeijden HD, Yang XA, van der List JP, et al. Role of age on success of arthroscopic primary repair of proximal anterior cruciate ligament tears [J]. *Arthroscopy*, 2021, 37 (4) : 1194-1201. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.11.024.
- [18] Vermeijden HD, van der List JP, Benner JL, et al. Primary repair with suture augmentation for proximal anterior cruciate ligament tears: A systematic review with meta-analysis [J]. *Knee*, 2022, 38: 19-29. DOI: 10.1016/j.knee.2022.07.001.
- [19] Webster KE. Editorial Commentary: Anterior cruciate ligament suture repair could have high failure rates in active athletes of all ages [J]. *Arthroscopy*, 2021, 37 (4) : 1202-1203. DOI: 10.1016/j.arthro.2021.01.054.
- [20] Senfil M, Petek D, Jacobi M, et al. Occurrence of inadequate ACL healing after dynamic intraligamentary stabilization and functional outcome—a multicentre case series [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2022, 32 (7) : 1265-1274. DOI: 10.1007/s00590-021-03096-9.
- (收稿:2024-04-27 修回:2024-12-27)
- (同行评议专家: 吴波, 尹东, 朱威宏, 徐大启, 廖瑛)
- (本文编辑: 郭秀婷)