

· 临床论著 ·

# 前交叉韧带部分损伤保留残束与标准重建比较

张青松, 文华伟, 方禹舜, 李亚楠, 张绍华, 李涛, 汤明\*

(武汉市第四医院, 湖北武汉 430000)

**摘要:** [目的] 探讨前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 部分损伤保留残束与标准重建的临床效果。[方法] 回顾性分析本院 2016 年 10 月—2020 年 1 月收治的 36 例术中确诊为 ACL 部分损伤患者的临床资料, 其中 2016 年 10 月—2018 年 1 月的连续 17 例行标准 ACL 重建手术 (常规组), 2018 年 2 月—2020 年 1 月的连续 19 例行保残束选择 ACL 束重建 (保残组)。比较两组围手术期、随访及影像结果。[结果] 两组均顺利完成手术, 两组手术时间、合并半月板损伤、合并软骨损伤、切口愈合等级、住院时间的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。所有患者随访 ( $32.8\pm 6.5$ ) 个月。术后 12 个月保残组的 Lysholm 评分、IKDC 评分显著优于常规组 ( $P>0.05$ )。术后 24 个月, 两组间松弛度侧侧差、轴移试验、Lachman 试验、Lysholm 评分、IKDC 评分的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。保残组重返运动时间显著早于常规组 ( $P<0.05$ )。至末次随访时, 重返运动率保残组为 47.4% (9/19), 常规组为 47.1% (8/17), 两组间差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。影像方面, 两组术后骨隧道定位优良率差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。术后 12 个月, 两组骨隧道扩大发生率的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。[结论] ACL 部分损伤选择束重建联合快速康复早期功能恢复更好, 重返运动时间更短, 是治疗 ACL 部分损伤的较好选择。

**关键词:** 前交叉韧带, 部分损伤, 保残, 重返运动, 快速康复

中图分类号: R686.5 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2023) 14-1254-05

**Comparison of the selective bundle reconstruction versus standard counterpart for partial anterior cruciate ligament tear // ZHANG Qing-song, WEN Hua-wei, FANG Yu-shun, LI Ya-nan, ZHANG Shao-hua, LI Tao, TANG Ming. The Fourth Hospital of Wuhan City, Wuhan 430000, China**

**Abstract:** [Objective] To compare the clinical results of selective bundle reconstruction with the remnant bundle preservation (SBR-RP) versus standard single-bundle reconstruction (SSBR) for partial anterior cruciate ligament (ACL) tear. [Methods] A retrospective study was conducted on 36 patients who received arthroscopic ACL reconstruction for partial ACL tear in our hospital from October 2016 to January 2020. Of them, 17 consecutive patients received SSBR from October 2016 to January 2018, whereas 19 consecutive patients received SNR-RP from February 2018 to January 2020. The documents regarding perioperative period, follow-up and images were compared between the two groups. [Results] All patients in both groups had corresponding ACL reconstructions performed smoothly, without significant differences in terms of operation time, combined meniscus injury and cartilage injury, incision healing grade, hospital duration between the two groups ( $P>0.05$ ). All the patients were followed up for ( $32.8\pm 6.5$ ) months on a mean. The SBR-RP proved significantly superior to the SSBR in terms of the Lysholm and IKDC scores 12 months after surgery ( $P<0.05$ ), regardless of that there were no significant differences in side-side difference of relaxation, pivot shift test, Lachman test, Lysholm score and IKDC score between the two groups 24 months postoperatively ( $P>0.05$ ). The patients in the SBR-RP group resumed sports activity significantly earlier than those in the SSBR group ( $P<0.05$ ). Up to the last follow-up the rate of returning to exercise was 47.4% (9/19) in the SBR-RP group, while 47.1% (8/17) in the SSBR group, which was not significantly different between them ( $P>0.05$ ). On imaging, there was no significant difference in the excellent and good rate of bone tunnel placement between the two groups ( $P>0.05$ ), moreover, there was no significant difference in the incidence of bone tunnel enlargement between the two groups 12 months after surgery ( $P>0.05$ ). [Conclusion] Selective bundle reconstruction with remnant bundle preservation is a better choice for partial ACL tear with better early functional recovery and shorter time to return exercise over the standard single bundle reconstruction.

**Key words:** anterior cruciate ligament, partial tear, remnant bundle preservation, sports recovery, accelerated rehabilitation

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.14.02

作者简介: 张青松, 主任医师, 博士, 研究方向: 运动医学, (电话)18627858073, (电子信箱)zhpine@126.com

\* 通信作者: 汤明, (电话)13720232873, (电子信箱)tangmingdehao123@126.com

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 部分损伤占 ACL 损伤的 10%~12%<sup>[1]</sup>。目前, 针对 ACL 部分损伤的治疗仍存在争议, 一些研究表明, 年轻、活跃的患者在保守治疗时有发展为 ACL 完全断裂的风险, 是否手术的决策是基于病史和体格检查来评估 ACL 部分损伤为“功能性”或“非功能性”的<sup>[2]</sup>。手术治疗包括保残选择束重建与传统标准化 ACL 重建。对 ACL 部分损伤的患者行保留前内侧束 (anteromedial, AM) 或后外侧束 (posterolateral, PL) 的选择束重建的研究结果令人鼓舞, 能有效提供移植物的神经再支配和血管化, 并有助于本体感觉的恢复。然而, 目前可用的证据还不足以支持在临床实践中常规使用前交叉韧带保残重建术<sup>[2-5]</sup>。为此, 本研究回顾性统计分析 2016 年 10 月—2020 年 1 月本科收治的 630 例 ACL 损伤患者的临床资料, 术中证实为 ACL 部分损伤患者 36 例, 分别采用标准与保留残束 ACL 重建, 现将临床效果报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) MRI 显示 ACL 部分损伤 (图 1a, 1b), 关节镜下证实 ACL 部分损伤 (图 1c); (2) 年龄≤45 岁; (3) 能配合术后快速康复方案; (4) 获得完整随访。

排除标准: (1) 术中合并有内外侧副韧带或后交叉韧带等多韧带损伤需行修复术; (2) 术中合并半月板复杂撕裂 (如桶柄状撕裂、半月板根部断裂等) 或软骨损伤 (Outbridge 分型≥3 级) 行相应修复; (3) 前交叉翻修手术; (4) 患侧胫骨平台后倾角>12°或合并下肢力线不良; (5) 双侧 ACL 断裂或既往任一侧行膝关节镜手术; (6) Beighton 评分>5 分; (7) 现役运动员。

### 1.2 一般资料

回顾性分析本院 2016 年 10 月—2020 年 1 月收治的 36 例术中确诊为 ACL 部分损伤患者的临床资料, 其中 2016 年 10 月—2018 年 1 月的连续 17 例行标准 ACL 重建手术 (常规组), 2018 年 2 月—2020 年 1 月的连续 19 例行保残束选择 ACL 束重建 (保残组)。两组患者一般资料比较见表 1, 两组年龄、性别、BMI、损伤至手术时间、侧别等一般资料的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 本研究获本院医学伦理委员会批准 (KY2022-009-01), 患者均签署知情同意书。

表 1 两组患者一般资料与比较

指标	保残组 (n=19)	常规组 (n=17)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )	26.6±7.5	25.4±7.7	0.649
性别 (例, 男/女)	15/4	13/4	0.858
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )	22.3±2.0	21.7±1.9	0.419
损伤至手术时间 (周, $\bar{x} \pm s$ )	6.4±11.3	7.2±13.4	0.835
侧别 (例, 左/右)	7/12	7/10	1.000

### 1.3 手术方法

全麻或腰硬联合麻醉, 仰卧位。建立前外侧入路镜检, 切取自体股薄肌、半腱肌, 保残组肌腱均对折成 4 股, 移植物直径: 男≤7.5 mm, 女≤7 mm; 常规组移植物直径: 女≥7.5 mm、男≥8 mm, 股薄肌腱对折, 半腱肌腱 3 折。先探查处理半月板和软骨损伤。

保残组: “4”字征体位, 经髌腱入路置入关节镜。若为 AM 束损伤, 定位于残留 PL 束的股骨止点后侧 (图 1d); 若为 PL 束损伤, 定位于 AM 束股骨止点前下; 经低位前内侧入路建立股骨隧道。屈膝 45°~60°, 标记外侧半月板前角与内侧髁间嵴连线中点, AM 胫骨定位点较该点更偏前偏内 (图 1e), PL 胫骨定位点较该点偏后偏外, 建立胫骨隧道。

常规组: 彻底清理 ACL 股骨侧残端, 显露股骨足印区及股骨后髁软骨缘确定标准 IDEAL 点建立股骨隧道, 于外侧半月板前角与内侧髁间嵴连线中点建立胫骨隧道。

导入肌腱移植物后, 股骨端可调悬吊钛板 (Tightrope, Arthrex), 胫骨端钉鞘系统 (Bio-intrafix, MITEK) 固定 (图 1f)。

两组术后均行快速康复方案, 术后即可行踝泵练习、股四头肌等长收缩、腓绳肌收缩等练习; 逐渐增加屈伸膝活动, 6 周至 120°; 术后第 2 d 即可扶拐部分负重行走, 4 周后可完全负重; 8 周后增加静态闭链训练如靠墙静蹲、静态箭步蹲, 本体感觉训练及平衡能力训练; 12 周后开始慢跑、上台阶、下蹲、下肢抗阻肌力专项训练。

### 1.4 评价指标

记录两组围手术期资料。采用膝关节松弛度侧侧差值, 即逸动 Ligs 关节韧带数字体查仪施以 120 N 时的双侧最大位移的差值; 轴移试验、Lachman 试验、Lysholm 评分、IKDC 评分评价临床效果。行影像学检查, 记录股骨隧道位置, 优良为位于解剖止点, 不良为偏离解剖止点, 末次随访时与术后即刻比较, 评价骨隧道扩大情况。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行统计学分析，计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验；资料呈非正态分布时，采用秩和检

验。计数资料采用卡方检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

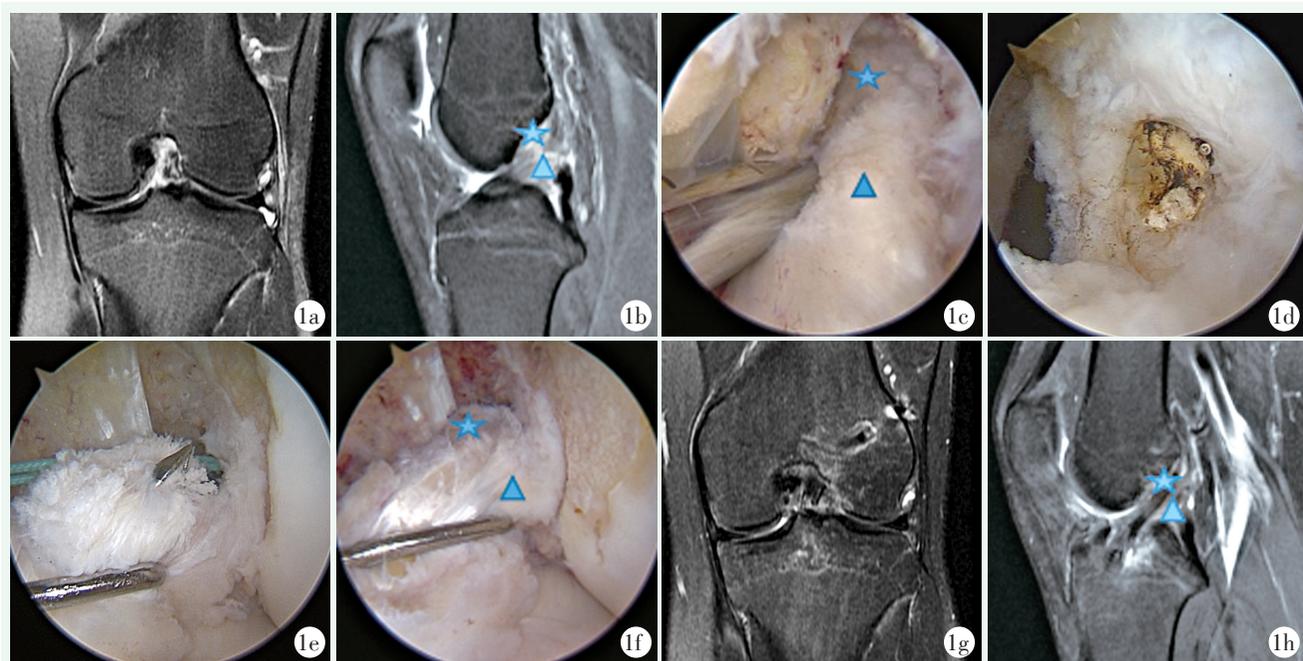


图 1 患者，男，27 岁，前交叉韧带部分损伤，行保留 PL 束重建 AM 束。1a, 1b: 术前 MRI 可显示 PL 束残留 (▲)，AM 束撕裂 (★)；1c: “4” 字征体位经髌腱入路见 AM 束 (★) 断裂、PL 束 (▲) 完整；1d: 适度清理显露股骨后髁及足印区标记 AM 束股骨隧道定位点；1e: 于 ACL 胫骨残端前内侧打入胫骨隧道定位导针；1f: 重建移植物镜下表现；1g, 1h: 术后 24 个月复查 MRI 矢状位可分辨重建 AM 束 (★) 和保留的 PL 束 (▲)。

## 2 结果

### 2.1 围手术期资料

两组患者均顺利完成手术，保残组 19 例中，术中确认 AM 束断裂 17 例，PL 束断裂 2 例。常规组 17 例中，术中确认 AM 束断裂 16 例，PL 束断裂 1 例。两组围手术期资料见表 2，两组手术时间、合并半月板损伤、合并软骨损伤、切口愈合等级、住院时间的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。下肢肌间静脉血栓形成保残组 3 例，常规组 2 例，经 3 个月抗凝治疗后均好转，无肺栓塞或死亡发生。

表 2 两组患者围手术期资料与比较

指标	保残组 (n=19)	常规组 (n=17)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )	68.2±11.1	59.4±14.8	0.051
合并半月板损伤 (例, 是/否)	15/4	16/1	0.342
合并软骨损伤 (例, 是/否)	5/14	6/11	0.721
切口愈合 (例, 甲/乙/丙)	19/0/0	17/0/0	ns
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	7.8±1.8	7.9±2.5	0.899

### 2.2 随访结果

所有患者均获随访，随访时间 24~60 个月，平均 (32.8±6.5) 个月。两组患者随访结果见表 3。术前两组间松弛度侧侧差、轴移试验、Lachman 试验、Lysholm 评分、IKDC 评分的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。术后 12 个月保残组的 Lysholm 评分、IKDC 评分显著优于常规组 ( $P > 0.05$ )，但是两组间松弛度侧侧差、轴移试验和 Lachman 试验的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。术后 24 个月，两组间松弛度侧侧差、轴移试验、Lachman 试验、Lysholm 评分、IKDC 评分的差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

随访过程中两组患者均无再损伤，无膝关节僵硬，无翻修手术。保残组重返运动时间显著早于常规组 ( $P < 0.05$ )。至末次随访时，重返运动率保残组为 47.4% (9/19)，常规组为 47.1% (8/17)，两组间差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3 影像评估

保残组 19 例中，5 例术后 MRI 可分辨 AM/PL 两束结构 (图 1g, 1h)，2 例移植物周围可见少许水肿信

号。常规组 3 例移植物周围可见少许水肿信号。两组影像评估结果见表 4，两组术后股骨隧道定位优良率、胫骨隧道定位优良率的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。术后 12 个月三维 CT 显示，保残组骨隧道扩大 2 例，其中股骨隧道 1 例，胫骨隧道 1 例；常规组仅 1 例胫骨隧道扩大；两组骨隧道扩大发生率的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。至末次随访时，两组患者均未见移植物断裂征象，膝关节无显著退变征象 (K-L 分级均  $< \text{II}$  级)。

表 3 两组患者随访结果与比较

指标	保残组 (n=19)	常规组 (n=17)	P 值
松弛度侧侧差 (mm, $\bar{x} \pm s$ )			
术前	4.3±0.8	3.7±0.9	0.053
术后 12 个月	2.3±1.0	2.0±1.1	0.384
术后 24 个月	2.4±0.8	2.2±0.6	0.384
轴移试验 (例, 阴性/1 级)			
术前	16/3	15/2	ns
术后 12 个月	19/0	17/0	ns
术后 24 个月	19/0	17/0	ns
Lachman 试验 (例, -/1+/2+)			
术前	2/15/2	2/14/1	0.879
术后 12 个月	17/2/0	14/3/0	0.650
术后 24 个月	18/1/0	16/1/0	>0.999
Lysholm 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )			
术前	76.3±8.8	79.1±7.7	0.330
术后 12 个月	93.1±4.2	86.0±4.4	<0.001
术后 24 个月	94.3±2.6	95.2±3.6	0.385
IKDC 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )			
术前	58.3±4.9	56.2±3.7	0.176
术后 12 个月	89.1±2.8	81.2±2.8	<0.001
术后 24 个月	92.0±1.3	91.2±2.4	0.237
重返运动时间 (月, $\bar{x} \pm s$ )	7.1±3.4	12.3±4.3	0.029
重返运动 (例, 是/否)	9/10	8/9	0.736

表 4 两组患者影像评估结果与比较

指标	保残组 (n=19)	常规组 (n=17)	P 值
股骨隧道位置 (例, 优良/不良)	17/2	17/0	0.487
胫骨隧道位置 (例, 优良/不良)	18/1	17/0	ns
术后 24 月骨隧道扩大 (例, 无/轻/重)	17/2/0	16/1/0	ns
移植物再断裂 (例)	0	0	ns
膝关节 K-L 分级 (<II 级/≥II 级)	19/0	17/0	ns

### 3 讨论

有学者对残留束行组织学检测显示残留韧带内也存在新生血管形成、成纤维细胞增生、胶原纤维走行改变等损伤表现<sup>[4-6]</sup>。麻醉下查体和 MRI 检查是术前诊断 ACL 部分损伤的有效手段，其敏感性分别为 100% 和 90.9%，特异性分别为 65% 和 85.7%<sup>[6]</sup>，最终确诊需依靠关节镜探查<sup>[4]</sup>。Zantop 等<sup>[7]</sup>发现 AM 束撕裂主要涉及以前后向为主的高能量损伤，而 PL 束损伤可能涉及能量较低的旋转损伤。38% 的 ACL 部分撕裂进展为完全 ACL 缺损，62% 的部分撕裂患者出现膝关节不稳定和活动水平显著降低，此外，11% 的 ACL 部分撕裂患者由于进展到完全断裂，在第 1 年内接受了 ACL 重建<sup>[8]</sup>。故 Sonnerly-Cottet 等<sup>[4]</sup>建议针对有症状的 ACL 部分损伤患者，尤其是从事轴移等高危运动者建议行手术治疗。

保留 ACL 残留束中的神经机械感受器有利于移植本体感觉功能的恢复，也助于更精准的隧道定位<sup>[6, 9, 10]</sup>。Adachi 等<sup>[11]</sup>发现保留完好的残留束可以减少术后膝关节松弛，增加关节的稳定性和本体感觉。Sonnerly-Cottet 等<sup>[4]</sup>分析了 805 例前交叉韧带部分损伤选择性束重建，发现在所有研究中主观和客观评分都有显著改善。黄东红等<sup>[12]</sup>、Pujol 等<sup>[13]</sup>亦发现自体腘绳肌单束保残重建功能恢复良好。Li 等<sup>[14]</sup>比较了术前侧侧差异  $< 5 \text{ mm}$  且轴移试验  $< \text{II}$  级的患者与  $\geq 5 \text{ mm}$  和/或轴移试验  $\geq \text{II}$  级的患者选择性重建前交叉韧带的结果，提出术前侧侧差异  $\geq 5 \text{ mm}$  或者轴移  $\geq 2$  度的患者需谨慎应用选择束重建技术。

使用内支架技术修复 ACL，早期内支架能承受一部分应力，减小移植物早期所受应力，有助于加速患者术后康复进程<sup>[15-17]</sup>。毛健宇等<sup>[18]</sup>采用“三角编织”方法编织减张线减张重建 ACL 结合术后快速康复取得较好的效果。2020 年发布的国际专家共识提出将重返运动的标准设定为重返伤前的同一运动水平，即不仅应重返到伤前的同一运动项目中，同时还应达到与术前相同的运动频率、强度和表现<sup>[19]</sup>。Arderm 等<sup>[20]</sup>对 48 项研究共计 5 770 名参与者的文献荟萃分析显示，63% 恢复了受伤前的运动水平，44% 恢复了竞技体育<sup>[20]</sup>。国内报道重返运动率为 36.3%~52.2%<sup>[21, 22]</sup>。目前大部分研究认为重返运动时间不应短于 6 个月，Streich 等<sup>[23]</sup>研究发现 ACLR 后 6~9 个月是再次损伤发生率最高的时间段，而术后 10 个月后回归运动损伤的风险则显著降低。部分学者则认为目前的早期快速康复方案和预计 6~12 个月的重返运

动时间仍有较高的风险<sup>[24]</sup>。而针对 ACL 部分损伤选择束重建重返运动时间更短, Carulli 等<sup>[1]</sup>的 36 例患者中有 33 例在 4~7 个月内恢复到了伤前的运动水平。本研究发现保残选择束重建配合术后快速康复重返运动时间为 7.14 个月, 优于常规组, 但是保残组重返运动率与常规组无差异, 究其原因可能是部分损伤保残选择束重建由于保留了 ACL 完整残束相当于提供了生理减张结构, 可为重建移植提供早期额外机械稳定性, 亦有利于快速康复时减轻移植物的牵张应力, 同时残留束中保留的自体感受器也能为重返运动提供帮助。

本研究仍有不足, 后松弛度侧侧差值评估为门诊非麻醉状态下评估, 受患者肌肉紧张度影响较大; 术后未行二次镜检无法直观评估重建束及残留束愈合情况。本研究提示针对 ACL 部分损伤尤其是低度轴移的患者, 保残选择束重建术后膝关节早期功能更优, 配合术后快速康复重返运动时间更短。

#### 参考文献

- [1] Carulli C, Innocenti M, Roselli G, et al. Partial rupture of anterior cruciate ligament: preliminary experience of selective reconstruction [J]. *J Orthop Traumatol*, 2020, 21 (1): 5.
- [2] Stone AV, Marx S, Conley CW. Management of partial tears of the anterior cruciate ligament: a review of the anatomy, diagnosis, and treatment [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2021, 29 (2): 60-70.
- [3] Papalia R, Franceschi F, Zampogna B, et al. Surgical management of partial tears of the anterior cruciate ligament [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 22 (1): 154-165.
- [4] Sonnery-Cottet B, Colombet P. Partial tears of the anterior cruciate ligament [J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2016, 102 (1): S59-S67.
- [5] Adachi N, Ochi M, Uchio Y, et al. Anterior cruciate ligament augmentation under arthroscopy. A minimum 2-year follow-up in 40 patients [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2000, 120: 128-133.
- [6] Jog AV, Smith TJ, Pipitone PS, et al. Is a partial anterior cruciate ligament tear truly partial? A clinical, arthroscopic, and histologic investigation [J]. *Arthroscopy*, 2020, 36 (6): 1706-1713.
- [7] Zantop T, Brucker PU, Vidal A, et al. Intraarticular rupture pattern of the ACL [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2007, 454 (454): 48-53.
- [8] Bak K, Scavenius M, Hansen S, et al. Isolated partial rupture of the anterior cruciate ligament. Long-term follow-up of 56 cases [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 1997, 5: 66-71.
- [9] Jog AV, Smith TJ, Pipitone PS, et al. Is a partial anterior cruciate ligament tear truly partial? A clinical, arthroscopic, and histologic investigation [J]. *Arthroscopy*, 2020, 36 (6): 1706-1713.
- [10] 赵瑞鹏, 王小健, 尹崑, 等. 前交叉韧带损伤自体韧带重建残端保留与不保留临床疗效的 Meta 分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (18): 1663-1669.
- [11] Adachi N, Ochi M, Uchio Y, et al. Anterior cruciate ligament augmentation under arthroscopy. A minimum 2-year follow-up in 40 patients [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2000, 120: 128-133.
- [12] 黄东红, 卢启贵, 李长树, 等. 关节镜下自体腘绳肌腱保残单束重建前交叉韧带疗效分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24 (18): 1644-1649.
- [13] Pujol N, Colombet P, Potel JF, et al. Anterior cruciate ligament reconstruction in partial tear: selective anteromedial bundle reconstruction conserving the posterolateral remnant versus single-bundle anatomic ACL reconstruction: Preliminary 1-year results of a prospective randomized study [J]. *Orthop Traumatol Surg Res Elsevier Masson*, 2012, 98: S171-S177.
- [14] Li B, Wang G, Wang Y, et al. Effects of pre-operative knee laxity on clinical outcomes after partial anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Knee*, 2018, 25: 445-452.
- [15] van Eck CF, Limpisvasti O, ElAttrache NS. Is there a role for internal bracing and repair of the anterior cruciate ligament? A systematic literature review [J]. *Am J Sports Med*, 2018, 46 (9): 2291-2298.
- [16] Wilson WT, Hopper GP, Byrne PA, et al. Anterior cruciate ligament repair with internal brace ligament augmentation [J]. *Surg Technol Int*, 2016, 29: 273-278.
- [17] 刘训志, 郑天胜, 项卫卫, 等. 增强自体腘绳肌腱移植重建前交叉韧带 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28 (18): 1662-1665.
- [18] 毛健宇, 李彦林, 王国梁, 等. 减张技术解剖重建前交叉韧带结合术后快速康复治疗前交叉韧带断裂 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2018, 20 (1): 38-44.
- [19] Meredith SJ, Rauer T, Chmielewski TL, et al. Return to sport after anterior cruciate ligament injury: panther symposium ACL injury return to sport consensus group [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 8 (8): 2403-2414.
- [20] Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, et al. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play [J]. *Br J Sports Med*, 2011, 45 (7): 596-606.
- [21] 赵立连, 卢明峰, 邢基斯, 等. 前交叉韧带重建术后膝关节功能及三维运动步态分析 [J/CD]. *中华关节外科杂志 (电子版)*, 2021, 15 (1): 23-32.
- [22] 程凯. 前交叉韧带自体腘绳肌腱重建术后重返运动相关因素分析 [D]. 山东大学, 2021.
- [23] Streich NA, Friedrich K, Gotterbarm T, et al. Reconstruction of the ACL with a semitendinosus tendon graft: a prospective randomized single blinded comparison of double-bundle versus single-bundle technique in male athletes [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2008, 16 (3): 232-238.
- [24] Janssen RP, Scheffler SU. Intra-articular remodelling of hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2014, 22: 2102-2108.

(收稿:2022-05-09 修回:2022-12-16)

(同行评议专家: 王东辰 柴瑞宝 魏世隽)

(本文编辑: 闫承杰)