

# 后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折：关节镜治疗中的材料、植入物及内固定技术

余铭<sup>1</sup>, 王文<sup>1, 2</sup>

<https://doi.org/10.12307/2025.225>

投稿日期: 2023-11-29

采用日期: 2024-01-20

修回日期: 2024-02-29

在线日期: 2024-03-16

中图分类号:

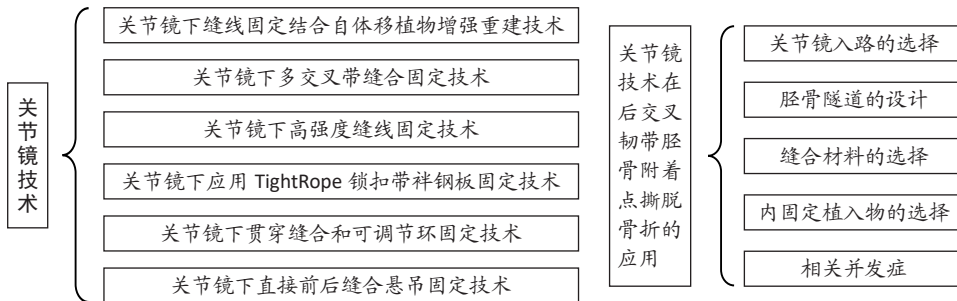
R459.9; R318.08; R-1

文章编号:

2095-4344(2025)04-00872-09

文献标识码: A

## 文章快速阅读: 后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折治疗中关节镜技术的应用



### 文题释义:

**后交叉韧带:** 起自胫骨髁间隆起的后方, 向前、上、内止于股骨内髁的外侧, 它对于膝关节的屈伸和旋转活动起着重要的稳定性作用。后交叉韧带发生损伤后, 会造成膝关节直向及旋转不稳。

**关节镜:** 是用于诊治关节疾患的内窥镜, 借助它可以直接观察滑膜、软骨、半月板与韧带等结构。关节镜不仅可以用于疾病的诊断, 而且已被广泛用于关节疾病的治疗。

### 摘要

**背景:** 治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的最佳手术技术仍值得商榷。随着关节镜手术的应用与成熟, 它在后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的诊疗中有很大前景。

**目的:** 综述关节镜技术在后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折治疗中的应用与进展, 包括不同关节镜治疗方法、手术入路、胫骨隧道设计、缝合材料选择以及内固定植入物选择等。

**方法:** 通过计算机对中国知网、PubMed、Web of Science及ScienceDirect等数据库中的相关文献进行检索, 检索时间为2003年1月至2023年11月, 中文检索词为“后交叉韧带, 后十字韧带, 撕脱骨折, 关节镜”; 英文检索词为“posterior cruciate ligament, avulsion, fracture, tibia, arthroscopic, operation, fixation, treatment”。共纳入97篇文献进行综述。

**结果与结论:** 关节镜技术提供了一种可靠的治疗方式来治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折。根据入路、缝合材料类型以及用于缝合的入路和胫骨隧道数量等不同, 关节镜技术可以分为关节镜下缝线固定结合自体移植物增强重建、关节镜下多交叉带缝合桥固定、关节镜下高强度缝线固定以及关节镜下直接前后缝合悬吊固定等几类。在各种研究中, 常用的临床结果评估指标包括关节活动度、Lysholm评分、国际膝关节文献委员会评分及KT-2000关节测量仪差等, 研究显示关节镜手术后末次随访时上述指标检测结果较术前显著改善, 影像学随访结果显示关节镜手术都取得了令人满意的结果。在随访过程中, 接受关节镜技术治疗后的各类交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折患者都未出现严重并发症, 例如创伤性关节炎、神经血管损伤、围手术期伤口感染、血栓形成以及骨折不愈合等。

**关键词:** 后交叉韧带; 胫骨撕脱骨折; 关节镜手术; 缝合材料; 内固定; 治疗

## Posterior cruciate ligament tibial attachment point avulsion fracture: materials, implants, and internal fixation techniques in arthroscopic treatment

Yu Ming<sup>1</sup>, Wang Wen<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Guizhou Medical University, Guiyang 550004, Guizhou Province, China; <sup>2</sup>Guangzhou Red Cross Hospital Affiliated to Jinan University, Guangzhou 510220, Guangdong Province, China

Yu Ming, Master candidate, Physician, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, Guizhou Province, China

**Corresponding author:** Wang Wen, MD, Master's supervisor, Chief physician, Guizhou Medical University, Guiyang 550004, Guizhou Province, China; Guangzhou Red Cross Hospital Affiliated to Jinan University, Guangzhou 510220, Guangdong Province, China

### Abstract

**BACKGROUND:** The optimal surgical technique for treating posterior cruciate ligament tibial attachment point avulsion injuries is debatable. With the application and maturity of arthroscopic surgery, it has great prospects in the diagnosis and treatment of posterior cruciate ligament tibial attachment point

<sup>1</sup>贵州医科大学, 贵州省贵阳市 550004; <sup>2</sup>暨南大学附属广州市红十字会医院, 广东省广州市 510220

第一作者: 余铭, 男, 1998年生, 贵州省贵阳市人, 汉族, 贵州医科大学在读硕士, 医师, 主要从事骨关节及运动系统损伤方面的研究。

通讯作者: 王文, 博士, 硕士生导师, 主任医师, 贵州医科大学, 贵州省贵阳市 550004; 暨南大学附属广州市红十字会医院, 广东省广州市 510220

<https://orcid.org/0009-0000-6095-1420>(余铭)

基金资助: 广州地区临床特色技术(2023-2025年)项目(2023C-TS11), 项目名称: 同种异体脱细胞真皮补片在巨大肩袖损伤中的应用, 项目负责人: 王文

引用本文: 余铭, 王文. 后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折: 关节镜治疗中的材料、植入物及内固定技术 [J]. 中国组织工程研究, 2025, 29(4):872-880.



avulsion fractures.

**OBJECTIVE:** To summarize the application and progress of arthroscopic technology in the treatment of posterior cruciate ligament tibial attachment point avulsion fractures, including different arthroscopic treatment methods, surgical approach, tibial tunnel design, suture material selection, and internal fixation implant selection.

**METHODS:** Relevant literature was retrieved from PubMed, Web of Science, and ScienceDirect databases through computers. The search period was from January 2003 to November 2023. Chinese search terms were "posterior cruciate ligament, posterior cruciate ligament, avulsion fracture, arthroscopy". English search terms were "posterior cruciate ligament, injury, fracture, tibia, arthroscopic, operation, fixation, treatment". Totally 97 articles were included for review.

**RESULTS AND CONCLUSION:** Arthroscopic technology provides a reliable treatment for posterior cruciate ligament tibial attachment point avulsion fractures. Arthroscopic treatment for avulsion fractures of the tibial attachment point of the cruciate ligament can be divided into several categories based on the type of approach, suture material, and the number of approaches used for suture and fixation of the tibial tunnel: arthroscopic suture fixation combined with autologous graft enhancement and reconstruction, arthroscopic multi cross band suture bridge fixation, arthroscopic strong thread fixation, and arthroscopic direct anterior posterior suture suspension fixation. In various studies, commonly used outcome measures include knee range of motion, Lysholm scale, International Knee Documentation Committee, and KT-2000 arthrometer. Studies have shown that at the last follow-up, the score results showed significant improvement compared to surgery. In the radiological follow-up results of various arthroscopic techniques, all studies have shown satisfactory results. During the follow-up process, all types of patients who received arthroscopic treatment for cruciate ligament tibial attachment point avulsion fractures did not experience serious complications, such as traumatic arthritis, neurovascular injury, perioperative wound infection, thrombosis, and nonunion of fractures.

**Key words:** posterior cruciate ligament; tibial avulsion fracture; arthroscopic surgery; suture material; internal fixation; treatment

**Funding:** Clinical Characteristic Technology in Guangzhou (2023-2025), No. 2023C-TS11 (to WW)

**How to cite this article:** YU M, WANG W. Posterior cruciate ligament tibial attachment point avulsion fracture: materials, implants, and internal fixation techniques in arthroscopic treatment. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2025;29(4):872-880.

## 0 引言 Introduction

后交叉韧带连接胫骨髁间隆起和股骨内髁外侧，起自胫骨髁间隆起的后方，向上、内止于股骨内髁<sup>[1]</sup>，是膝关节中重要的稳定结构<sup>[2]</sup>，可以防止胫骨向后移位、保持膝关节在弯曲和旋转时的稳定<sup>[3-5]</sup>。后交叉韧带损伤相对罕见<sup>[6]</sup>，据报道其发生率占急性膝关节损伤的3%~38%，主要原因是交通事故，多数后交叉韧带撕裂与其他韧带损伤同时发生。随着参与体育运动的人越来越多，后交叉韧带损伤病例也呈上升趋势<sup>[7-9]</sup>，多数受伤情况是由于对胫骨施加向后的外力造成的，后交叉韧带十分强韧，因此更容易发生后交叉韧带附着点的撕脱骨折<sup>[4, 10]</sup>。

胫骨附着部位的后交叉韧带撕脱骨折是一种特殊的后交叉韧带损伤类型<sup>[11-13]</sup>，相较于胫骨侧撕脱骨折较少见，仅有少数病例报道<sup>[14-16]</sup>。大多数撕脱骨折是单发的，但有学者发现16.8%的后交叉韧带撕脱骨折伴随半月板损伤，19.1%的患者还受到其他相关韧带损伤的影响<sup>[8]</sup>。如果后交叉韧带撕脱骨折没有得到及时发现、治疗或治疗不当，可能会因为骨不连或骨折不愈合而导致持续的疼痛和膝关节不稳定，甚至出现骨关节炎<sup>[13, 17-20]</sup>，严重影响患者膝关节功能<sup>[8, 21-22]</sup>。如果后交叉韧带撕脱骨折后没有恢复到解剖学位置，就无法完全恢复正常功能<sup>[23]</sup>，在大多数情况下保守治疗的结果并不令人满意，主要是因为功能障碍和骨折不愈合<sup>[24]</sup>。大多数外科医生认为，如果膝关节侧位X射线片显示关节线以上的骨碎片，并且在MRI成像上观察到骨折移位超过5 mm或不稳定的胫骨附着点撕脱骨折，应该通过各种手术技术达到解剖复位和解剖修复，以完全恢复后交叉韧带功能<sup>[25-29]</sup>。

后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的手术治疗包括关节镜手术及切开复位内固定，但最佳手术治疗方法仍然存在争议<sup>[30-35]</sup>。传统经验认为切开复位和螺钉固定是后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的标准治疗方法，可以实现可靠的螺钉固定，修复较大的骨折碎片<sup>[36-39]</sup>，但是如果后交叉韧带撕脱骨折碎片很小或粉碎性太严重，则可能无法实现可靠的螺钉固定，需要进行缝线固定<sup>[40-41]</sup>。与关节镜手术相比，传统经后路切开复位固定技术更容易，不需要使用专用设备<sup>[42]</sup>，但存在显著的软组织损伤和神经血管损伤

的风险<sup>[19, 43]</sup>。此外，考虑到后交叉韧带在胫骨附着处解剖位置较深，周围解剖结构复杂，以及关节镜技术和设备的进步，关节镜技术取得了重要进展<sup>[44]</sup>，关节镜手术的使用量也逐年增加<sup>[8, 38, 45-46]</sup>。关节镜辅助下复位固定具有创伤小、恢复快的优点<sup>[47-48]</sup>，当骨块粉碎或太小时，使用关节镜下缝合韧带也是一个很好的治疗方法<sup>[27-28, 36, 49]</sup>。关节镜手术的额外优势是可以直视下修复碎骨片并同时修补半月板撕裂，此外可以解决骨软骨碎片或韧带损伤等病症<sup>[11, 27-28, 43, 45, 50]</sup>。

文章旨在综述关节镜手术在诊治后交叉韧带胫骨侧撕脱骨折方面的应用，以及手术患者群体的结果，不同关节镜治疗方法、手术入路、胫骨隧道设计、缝合材料选择以及内固定植入物选择，并探讨了关节镜下各种技术治疗后的结果和可能发生的并发症，以期对后交叉韧带胫骨侧撕脱骨折的诊治提供指导性意义。

## 1 资料和方法 Data and methods

### 1.1 资料来源

1.1.1 检索人 由第一作者在2023年11月进行检索。

1.1.2 检索文献时限 2003年1月至2023年11月。

1.1.3 检索数据库 中文数据库：中国知网；英文数据库：PubMed、ScienceDirect及Web of Science等数据库。

1.1.4 检索词 中文检索词：后交叉韧带，后十字韧带，撕脱骨折，关节镜；英文检索词：posterior cruciate ligament, avulsion, fracture, tibia, arthroscopic, operation, fixation, treatment。

1.1.5 检索文献类型 研究原著、综述等。

1.1.6 检索策略 以PubMed数据库和中国知网数据库为例的检索策略，见图1。

1.1.7 检索文献量 中文文献31，英文文献217篇。

### 1.2 入选标准

1.2.1 纳入标准 ①关节镜手术对后交叉韧带胫骨侧撕脱骨折进行固定或缝合相关的文献；②后交叉韧带胫骨侧撕脱骨折手术治疗相关的文献；③关节镜技术相关文献。

1.2.2 排除标准 ①检索重复的文献；②相关性较低的文献；③参考价值较低的文献。

PubMed 数据库	中国知网数据库
#1 posterior cruciate ligament [Title/Abstract]	#1 后交叉韧带 [关键词]
#2 avulsion [Title/Abstract]	#2 后十字韧带 [关键词]
#3 fracture [Title/Abstract]	#3 撕脱骨折 [关键词]
#4 tibia [Title/Abstract]	#4 关节镜 [关键词]
#5 arthroscopic [Title/Abstract]	#5 #1 OR #2
#6 operation [Title/Abstract]	#6 #2 AND #3 AND #5
#7 fixation [Title/Abstract]	
#8 treatment [Title/Abstract]	
#9 #1 AND #2 AND #3 AND #4	
#10 #5 OR #6 OR #7 OR #8	
#11 #9 AND #10	

图 1 | PubMed 数据库和中国知网数据库检索策略图

1.3 质量评估 由 2 名独立研究人员按照设定的纳入和排除标准分别对检索出来的文献设立数据库, 阅读题目、摘要和全文对文献进行筛选, 如果筛选过程中遇见分歧, 2 人进行讨论, 并参考第 3 者意见获得最终决定。

初步检索得到 31 篇中文文献 (中国知网数据库 31 篇); 217 篇英文文献 (PubMed 数据库 93 篇, Science Direct 数据库 36 篇, Web of Science 数据库 88 篇), 通过阅读文题排除重复文献; 阅读摘要初步筛选出与研究目的相关性强的文献, 阅读全文后最终纳入 97 篇文献进行综述, 见图 2。

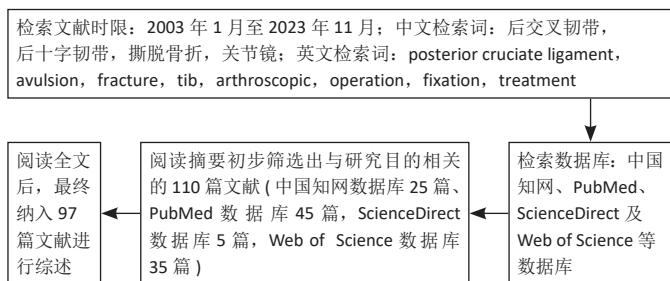


图 2 | 文献筛选流程图

## 2 结果 Results

2.1 关节镜手术方法和技术 关节镜不仅仅是一种辅助检查手段, 还是关节外科及运动医学领域的常用治疗手段<sup>[51]</sup>。关节镜手术已成为不可或缺的日常手术, 其演变经历了漫长历史过程, 经历了体腔窥镜应用阶段、膀胱镜阶段及关节镜阶段<sup>[51]</sup>。1912 年, SEVERIN NORDENTOFT 报道了第 1 篇关于用内窥镜观察膝关节的论文<sup>[52]</sup>, 至此迎来了关节镜微创手术时代。随着关节镜技术的发展, 其逐渐被应用于临床。KENJI TAKAGI 教授被公认为是将内窥镜用于膝关节的第一人<sup>[53]</sup>, 1919 年, 他率先使用膀胱镜探查了 1 例患者的膝关节。1931 年, 直径 3.5 mm 的关节镜研制成功, 成为现代关节镜设备的雏形。20 世纪 70 年代, 关节镜技术在西方国家逐渐得到了进一步的发展<sup>[51]</sup>。关节镜发展历史见表 1。关节镜技术提供了一种治疗交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的可靠方法, 根据 MARTINEZ-MORENO 等<sup>[54]</sup>在 1988 年对尸体膝关节进行的实验, 证实这种手术是可行的。LITTLEJOHN 等<sup>[55]</sup>为首次报道了这种技术在临床应用的人, 他们使用关节镜技术通过 3 个空心螺钉将一个较大的骨折碎片固定起来。KIM 等<sup>[37]</sup>

于 2001 年描述了后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折碎片缝合固定的新关节镜技术。关节镜治疗交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的发展史见表 2。关节镜下缝合固定技术治疗交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折可根据入路、缝合材料的类型以及用于缝合的入路和固定胫骨隧道的数量进行分类<sup>[11, 27, 37, 49, 50, 56]</sup>。目前常用于治疗交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的关节镜术式见表 3。

表 1 | 关节镜的发展历史

时间	重要意义	发展事件
古罗马时代-1993 年	目前所知人类探索体腔内部最早 的证据	古罗马时代的专著详细介绍了阴道窥器使用方法, 10 世纪和 14 世纪的文献中见到窥器图示, 1818 年出土直肠镜和 1993 出土铜质阴道镜实物
1806-1880 年	基于膀胱镜的发展, 关节镜的发展也有了长足进步	1806 年, PHILIPP BOZZINI 设计了最早的膀胱镜; 1853 年, DÉSORMAUX 使用管道观察膀胱内部; 1880 年, EDISON 发明了白炽灯, 解决了窥镜的照明问题, 为内窥镜科学发展奠定了坚实基础
1912 年	迎来了关节镜微创手术时代, 关节镜手术和关节置换手术并列成为 20 世纪骨科领域重大发明之一	SEVERIN NORDENTOFT 报道了第 1 篇关于用内窥镜观察膝关节的论文
1919 年	KENJI TAKAGI 教授被公认为是将内窥镜用于膝关节的第一人	KENJI TAKAGI 率先使用膀胱镜探查了 1 例患者的膝关节
1931 年	直径 3.5 mm 的关节镜研制成功	直径 3.5 mm 的关节镜研制成功
20 世纪 70 年代	关节镜技术在美国等西方国家得到了进一步的长足发展; 关节镜及其操作系统不断得到改进, 促进了关节镜手术技术的提高, 关节镜技术应用越来越广泛	1974 年, 国际关节镜协会在美国费城成立; 20 世纪 70 年代中期, 光学、电镜及图像处理技术不断发展并应用于关节镜

表 2 | 关节镜技术治疗交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的发展历史

时间	重要意义	发展事件
1988 年	关节镜治疗交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折是可行的	1988 年, MARTINEZ-MORENO 和 BLANCO-BLANCO 在尸体膝关节进行了实验
1995 年	首次报道了关节镜治疗交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的临床应用	1995 年, LITTLEJOHN 和 GEISSLER 使用关节镜手术的方式, 通过 3 个空心螺钉固定了一个较大的骨折碎片
2001 年至今	关节镜治疗交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折不断发展并成熟	KIM 和同事们于 2001 年描述了后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折碎片缝合固定的新关节镜技术

2.1.1 关节镜下缝线固定结合自体移植物增强重建技术 BI 等<sup>[57]</sup>利用关节镜进行缝线固定和自体移植物增强重建治疗膝关节后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折, 首先进行膝关节镜检查, 在建立前内侧、前外侧入路后再建立后内侧、后外侧入路, 将 2 号不可吸收缝线穿入膝关节, 并按照相同的顺序至少包裹后交叉韧带 2 次, 然后在骨折块下方放置定位器并建立一个 7 mm 的隧道, 以便将缝合线的末端穿过并使用缝线进行复位。为了进一步加强重建, 使用了自体半腱肌和股薄肌的肌腱折叠作为自体移植物。根据后交叉韧带的解剖走向, 在股骨髁上钻取股骨隧道并在膝关节屈曲 90° 时穿过前外侧入路, 后交叉韧带前外侧束和后内侧束交汇处是隧道的中心, 在胫骨隧道中拉入移植物将缝合线绷紧并牵拉后交叉韧带, 在拉紧移植物时应尽量将其置于骨折碎片的上方, 以施加向下的压力。移植物被用 TightRope 带袢钛钢板固定在股骨侧, 而用 7 mm×25 mm 的螺钉固定在胫骨侧。治疗 15 例患者 (总

表 3 | 关节镜技术治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的研究汇总

研究者	发表年份	患者人数 (男/女, n)	平均年龄 (岁)	受伤至手术 平均时间(d)	相关伤害	手术方法	固定装置	随访时间 (月)
BI 等 <sup>[57]</sup>	2020	8/4	38.9(26-53)	37.8(26-61)	排除	关节镜下缝线固定结合自体移植植物增强重建技术	TightRope 锁扣带祥钢板 (Arthrex) 和 7 mm×25 mm 螺钉	34.4 (26-49)
YOON 等 <sup>[58]</sup>	2018	12/6	33.5(13-55)	6.4±5.9(2-21)	排除	关节镜下多交叉带缝合桥固定技术	缝线打结	26(22-30)
ZHU 等 <sup>[12]</sup>	2017	12/6(2 例没有参与随访)	31.6(21-48)	1-3 周	5 例合并半月板损伤; 3 例合并内侧副韧带损伤	关节镜下高强度缝线固定技术	强力线打结	13.6 (7-30)
GWINNER 等 <sup>[59]</sup>	2014	不适用	不适用	不适用	排除	关节镜下应用 TightRope 锁扣带祥钢板固定技术	锁扣带祥钢板	不适用
TANG 等 <sup>[60]</sup>	2021	不适用	不适用	不适用	不适用	关节镜下贯穿缝合和可调节环固定技术	可调节的环状皮质悬吊装置	不适用
TAO 等 <sup>[61]</sup>	2022	60	34.5(18-55)	不适用	排除	关节镜下直接前后缝合悬吊固定技术	Endobutton 内扣和螺钉	24(4-36)

共 12 例患者被纳入分析)后,使用后抽屉试验评估膝关节稳定性,并使用关节活动度、KT-1000 关节测量仪、国际膝关节文献委员会评分和 Lysholm 评分等来评估随访时临床结果,研究显示该方法治疗迟发性后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的效果良好。

**2.1.2 关节镜下多交叉带缝合桥固定技术** YOON 等<sup>[58]</sup>提出了一种新的治疗方法,首先建立前内侧和前外侧入路,随后构建后内侧和后外侧入路,用穿线器将 1 号聚二恶烷酮缝线(用作固定缝线)穿过后外侧入路,并从撕脱骨折碎片上方的后交叉韧带穿过,聚二恶烷酮缝线的一端通过前内侧入路回收,另一端留在后外侧入口。根据撕脱骨折碎片的大小和粉碎的程度,必要时可以进行三四次上述操作。将缝合线交叉分别从建立的 2 个胫骨隧道拉出并收紧实现骨折碎片复位,然后将收紧的缝线末端绑在 2 个胫骨隧道的开口之间的骨皮质上。该技术在 20 例患者(总共 18 例患者被纳入分析)中进行了应用,通过 X 射线片、Lysholm 评分和 Tegner 评分和 KT-2000 关节测量仪进行随访,评估了骨折愈合、膝关节活动范围和关节的功能,结果证实该技术是一种可行的治疗方法,对于后交叉韧带胫骨止附着点撕脱骨折具有令人满意的固定稳定性及骨折部位愈合效果。

**2.1.3 关节镜下高强度缝线固定技术** ZHU 等<sup>[12]</sup>使用高强度缝线于关节镜下在膝关节后纵隔处固定治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折,他们利用前内侧和前外侧入路进行膝关节镜检查,以确定病变,然后将关节镜和操作器械通过后内侧、后外侧入路插入。他们放置 2 条高强度缝合线,将其放置在撕脱骨折碎片上方的后交叉韧带上并打结,然后建立 2 个胫骨隧道,通过 2 条胫骨隧道将聚二恶烷酮缝线提至胫骨结节的前方并将强力线收紧,检查复位状态满意后打结系在胫骨结节的前部。他们对 18 例后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折患者均采用了这种技术,采用国际膝关节文献委员会评分和 Lysholm 评分来评估治疗效果,证实这项技术是一种简单、安全、可靠且微创的方法,有利于患者术后早期康复,并且可以避免进行额外的手术以移除植入物。

**2.1.4 关节镜下应用 TightRope 锁扣带祥钢板固定技术** GWINNER 等<sup>[59]</sup>提出了一种关节镜下使用 TightRope 锁扣带祥钢板治疗交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的技术,该技术采用了前内侧、前外侧以及 2 个后内侧入路,将 TightRope 锁扣带祥钢板装置连接在钢丝上,经胫骨穿过骨折撕脱伤,完全复位后将钢丝绳与胫骨撕脱碎片固定

在胫骨上。这项技术为患者提供了严格的解剖固定条件,有利于早期康复。

**2.1.5 关节镜下贯穿缝合和可调节环固定技术** TANG 等<sup>[60]</sup>介绍一种关节镜下贯穿缝合和可调节环固定技术治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折,该治疗方法通过膝关节镜检查和治疗病变,利用前内侧、前外侧、低后内侧、高后内侧及后外侧入路进行手术。手术过程中使用 3 条超高分子聚乙烯缝线穿过后交叉韧带和外侧半月板股骨韧带之间的间隔,到达后隔室并包裹后交叉韧带,从下后内侧门穿出,在关节内交叉并打结,然后推入后交叉韧带的后方并越过骨折碎片。通过定位,建立 2 个胫骨隧道,将聚二恶烷酮缝线作为引导缝线植入每个隧道,借助聚二恶烷酮缝线将后交叉韧带内、外缝合线分别穿过胫骨内侧和外侧隧道,通过拉动缝合线可以观察到骨折碎片在后方及远方的移位减少。在胫骨末端建立一个横穿过胫骨脊的胫骨隧道,并将 1 个可调节的环状皮质悬吊装置从内向外穿过该隧道,将缝合线连接到可调节环上,最后通过可调节环拉紧骨折碎片。他们认为该技术可以作为治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的一种合理的选择。

**2.1.6 关节镜下直接前后缝合悬吊固定技术** TAO 等<sup>[61]</sup>提出了关节镜下直接前后缝合悬吊固定技术,用于治疗交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折。首先,通过建立前内侧及前外侧入路进行膝关节镜检查,确认是否存在孤立的后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折;然后,在关节镜引导下分别构建高后内侧入路及后内侧入路,在完成胫骨隧道准备后,将 5 号缝合线从前内侧门穿入,将装有不可吸收超分子量聚乙烯缝线的钩子从撕脱骨折碎片上方的后交叉韧带的穿过,以相同的方法穿过另一条缝线。通过胫骨隧道抓住 2 条缝线并拉紧向胫骨隧道的方向移动,以实现骨折的复位,然后将 2 条缝线穿过内扣固定装置的绳索,在后内侧入口沿胫骨隧道方向拉动缝线,以复位骨折。最后,将缝合线的根部系在内扣固定装置上,放置于隧道的外口。研究人员对 60 例后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折患者均采用了这种技术,通过关节活动度、KT-2000 关节测量仪、国际膝关节文献委员会、Tegner 活动量表和 Lysholm 评分来评估疗效,认为这种技术具有简单可靠、能够提供良好的临床效果的优点,并且适用于任何大小的撕脱骨折碎片的固定。

**2.2 关节镜技术的总体临床结果** 用于记载临床结果的指标是关节活动度、Lysholm 功能评分、国际膝关节文献委员会评分以及 KT-2000 关节测量仪差等,见表 4。

表 4 | 关节镜技术治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的临床结果汇总

指标	BI 等 <sup>[57]</sup>	YOON 等 <sup>[58]</sup>	ZHU 等 <sup>[12]</sup>	TAO 等 <sup>[61]</sup>
患者人数 (男/女, n)	8/4	12/6	12/6(2 例没有参与随访)	60
术前膝关节活动度 (°)	110.7±9.3(120-150)	0	不适用	0
末次随访时膝关节活动度 (°)	134.6±8.8(120-150)	140.0±5.6	均恢复到受伤前的屈伸角度	140.0±5.6
术前国际膝关节文献委员会评分	54.67±7.13(41-67)	不适用	57.1±10.3	23.6±2.6
末次随访时的国际膝关节文献委员会评分	91.13±3.78(86-96)	A(正常): 10 例 (56%), B(接近正常): 7 例 (39%), C(异常): 1 例 (5%)	94.3±4.4	91.4±4.1
术前 Lysholm 评分	53.50±7.90(37-67)	40±10	38.9±4.9	40.4±5.2
末次随访时 Lysholm 评分	94.25±3.32(88-100)	90±5	95.2±3.8	90.1±10.1
术前 KT-1000 或 KT-2000 关节测量仪差 (mm)	8.25±1.96(6-14)	7.8(5.5-8.9)	3.6±0.39	8.2±1.6
末次随访时 KT-1000 或 KT-2000 关节测量仪差 (mm)	1.08±0.86(0-3)	3.2(2.4-3.8)	1.1±0.27	4.3±1.8
术前后抽屉试验	1 度阳性: n=42 度阳性: n=8	不适用	不适用	不适用
最后一次随访时后抽屉试验	全部阴性	不适用	不适用	不适用
术前 Tegner 活动量表评分	不适用	3.5(2-5)	不适用	1.2±0.6
末次随访时 Tegner 活动量表评分	不适用	7.4(5-9)	不适用	7.3±2.3

**2.2.1 关节活动度** 4 项研究采用了膝关节活动度来评估随访的临床结果<sup>[12, 57-58, 61]</sup>, 分析了术前及末次随访时的膝关节活动度。BI 等<sup>[57]</sup>发现大部分患者在术后 3 个月出现了手术侧的膝关节纤维化, 而在术后 1 年有 7 例患者恢复了正常的膝关节活动范围, 其余 5 例患者则出现了不同程度的膝关节屈曲受限。在鼓励患者加强康复锻炼后, 12 例患者中的 10 例膝关节活动范围恢复到了正常, 2 例患者存在轻度的膝关节屈曲受限, 但不会对日常活动产生影响。根据 ZHU 等<sup>[12]</sup>的研究, 1 例患者在术后 6 周进行了麻醉下的手法松解, 其膝关节恢复到了受伤前的屈伸角度, 另外 15 例患者的膝关节屈伸功能正常, 并且都恢复到了受伤前状态。在剩下的 2 项研究中<sup>[58, 61]</sup>, 膝关节活动范围从术前的 0° 改善到了 140° 左右。

**2.2.2 Lysholm 评分** Lysholm 膝关节评分被应用于 4 项研究中的膝关节功能临床评估, 并且在最末次随访时的平均评分与术前相比有显著改善<sup>[12, 57-58, 61]</sup>。

**2.2.3 国际膝关节文献委员会评分** 国际膝关节文献委员会评分用于 4 项研究的随访<sup>[12, 57-58, 61]</sup>。YOON 等<sup>[58]</sup>的研究共有 18 例患者接受关节镜下多交叉带缝合桥固定治疗<sup>[12]</sup>, 其中 10 例患者 IKDC 评分为 A(正常), 7 例患者为 IKDC 评分 B(接近正常), 1 例患者为 IKDC 评分 C(异常)。在另外的 3 项研究中<sup>[57-58, 61]</sup>, IKDC 评分的末次随访结果与术前相比都有显著提高, 并且这种提高具有统计学上的意义。

**2.2.4 KT1000 或 KT2000 关节测量仪差** KT1000 或 KT2000 关节测量仪用于确定 4 项研究的膝关节的胫骨股骨间的移动距离差<sup>[12, 57-58, 61]</sup>。经过随访发现, 无论采用哪种方法, 膝关节的胫骨股骨间的移动距离差都有所改善, 差异的范围在 0-5 mm。

**2.2.5 后抽屉试验** 12 例后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折患者接受关节镜下缝线固定结合自体移植物增强重建治疗<sup>[57]</sup>, 术前 4 例患者后抽屉试验 1 度阳性、8 例患者为 2 度阳性, 末次随访时所有患者的后抽屉试验检查结果都转为阴性。

**2.2.6 Tegner 评分** 在 2 项研究中采用了 Tegner 评分对术后临床结果进行了评估<sup>[12, 61]</sup>, 末次随访时 Tegner 评分与手术前相比都有显著改善且差异均具有统计学意义。

**2.3 关节镜技术影像学评估** BI 等<sup>[57]</sup>的研究在术后进行 X

射线片随访时发现, 撕脱骨折碎片通常在术后 10-15 周(平均 3.2 个月)内愈合, 在随访中没有发现固定失败、再发骨折或后交叉韧带撕裂。YOON 等<sup>[58]</sup>的研究对 18 例患者后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折在关节镜术后 3, 6, 12 和 24 个月拍摄了膝关节正侧位平片来随访评估, 末次随访结果显示所有患者的骨折部位均牢固愈合。在 ZHU 等<sup>[12]</sup>的研究中, 16 例后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折患者的骨折碎片复位效果良好, 通过 X 射线片和三维重建 CT 扫描可以观察到所有患者术后 3 个月骨折愈合。在 TAO 等<sup>[61]</sup>的研究中, 关节镜术后立即对 60 例患者拍摄了膝关节的横断 CT、三维 CT 重建和 X 射线片, 以评估固定物位置和骨折碎片复位情况, 末次影像学随访结果显示所有患者骨折部位都已牢固愈合。

**2.4 关节镜技术相关并发症** 在所有的研究中随访时没有患者出现严重并发症, 例如创伤性关节炎、神经血管损伤、围术期伤口感染、血栓形成及骨折不愈合等。

### 3 总结与展望 Summary and prospects

**3.1 既往他人在该领域研究的贡献和存在的问题** 目前参与体育运动的人不断增加, 并且随着对后交叉韧带解剖、生理功能和生物力学研究的进展, 人们对后交叉韧带损伤越来越关注<sup>[62]</sup>。后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折是后交叉韧带损伤中的一种特殊类型, 在后交叉韧带损伤中较为常见<sup>[63]</sup>, 最常见的受伤机制是在交通事故中发生碰撞, 在膝关节弯曲时直接向胫骨近端施加压力<sup>[9-10]</sup>, 如果不进行治疗, 这种损伤会导致继发性关节变化, 从而导致骨关节炎<sup>[64]</sup>。各种研究中都描述了后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的固定方法<sup>[4, 11, 27-28, 42-43, 65-68]</sup>, 除了骨折碎片较大且没有移位的骨折可采用石膏固定治疗外, 移位的骨折都需要进行手术重建膝关节的稳定性<sup>[69-71]</sup>。在过去, 后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折通常采用直接开放下后入路进行骨折复位和固定, 这种手术方法固定效果好, 但具有较高的侵入性伤害风险, 并且由于复杂的解剖结构而导致手术过程困难。另外, 使用螺钉固定可能会导致撕脱骨折的愈合时间较长, 术后容易发生膝关节内组织粘连, 康复效果通常不够理想<sup>[70, 72]</sup>。随着关节镜技术的不断发展, 后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的关节镜下诊断、重建以及术后康复均得到了快速发展<sup>[73]</sup>。

**3.2 作者综述区别于他人他篇的特点** 这篇综述描述了多种关节镜方法治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折,包括手术入路、胫骨隧道的设计、缝合材料的选择以及内固定植入物的选择,以及这些治疗方法在治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折时的结果和可能出现的一些并发症。

**3.2.1 关节镜入路的选择** 关节镜治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折需要先建立前内侧及前外侧入路,用于膝关节镜检查,以便清楚显示后交叉韧带胫骨附着点的撕脱情况以及是否存在其它膝关节相关的结构性损伤。此外,研究同时建立了后内侧和后外侧入路<sup>[12, 32, 57-58, 60, 64]</sup>,这种入路对于膝关节后交叉韧带后方的后纵隔显示的更为清楚,目前后内侧入路是最常见的入路选择<sup>[54, 74-75]</sup>。大多数关节镜技术使用1个或2个后内侧入口进行手术<sup>[4, 50, 59, 61]</sup>。单纯的后内侧入路技术无法显示后交叉韧带胫骨附着部位的后部。有一种技术主要使用后内侧入口作为工作入路,用于插入器械或抓取缝合线,手术部位的视野需要使用关节镜从前内侧入路到膝关节后纵隔进行跨切口观察,但提供的视野不如使用后内侧及后外侧入路提供的视野清楚。仅使用2个后内侧入路的技术无法完全解决视野狭窄问题,而且使用该技术还有空间狭小和操作器械拥挤的缺点。研究表明,建立高位后内侧入路可以更方便地观察后交叉韧带胫骨附着点的位置<sup>[27, 61]</sup>,但是仅建立后内侧入路并非最佳选择,因为从同一侧很难全面观察膝关节后内侧间隙。通过同时建立后内侧及后外侧入路,以上问题都可以得到解决。

**3.2.2 胫骨隧道的设计** 大部分关节镜技术需要开放1个或2个胫骨隧道来进行缝合和固定。单个胫骨隧道技术需要额外的方法固定缝合线末端<sup>[27, 57, 61, 76-78]</sup>,例如:使用内扣装置和螺钉进行固定,在拧紧螺钉的过程中可能会导致结过度扭曲和螺纹断裂,并且还需要进行额外的手术来移除垫圈和螺钉。Y型胫骨隧道和双胫骨隧道技术不需要这些额外的手术<sup>[12, 28, 58, 79-80]</sup>,因为它们不需要额外的固定装置,只需要在缝合线的末端打个结就能完成固定。虽然这些研究显示了良好的临床结果和术后膝关节稳定性,但有学者认为与单一的胫骨隧道相比,通过关节镜手术建立双胫骨或Y形胫骨隧道可能是不必要的,采用双胫骨隧道手术步骤多,操作复杂,增加了手术时间<sup>[81]</sup>;此外,当扩大手术程序时,关节纤维化的并发症可能会增加<sup>[19]</sup>。TANG等<sup>[60]</sup>的研究设计了一种特殊的胫骨隧道系统,在常规建立2个胫骨隧道的同时在胫骨远端建立了1个经胫骨脊的横向隧道,并安装了一个可以调节的环状皮质悬吊装置,从内向外穿过该隧道,将缝合线连接到可调节环上,这个可调节环的作用是固定和最终拉紧骨折碎片,他们认为在进行骨折碎片初步固定后缝合固定结构有时会有些松弛,这个可调节环可以确保缝合固定结构保持紧凑。

**3.2.3 缝合材料的选择** 聚二恶烷酮缝线是一种适宜的缝合材料选择<sup>[58]</sup>,与其他不可吸收外科缝线相比,它具有与它们相当甚至更强的缝合强度<sup>[26]</sup>。有学者通过体外拉力实验证明,聚二恶烷酮缝线有较高的强度,还具有可吸收性强、异物反应小以及减少感染等优点<sup>[82]</sup>。ZHU等<sup>[12]</sup>

采用强力线固定技术来处理骨折碎片,虽然这种治疗方法属于软性固定范畴,但高强度缝线具有较高的机械强度,同时具备一定的柔韧性,这种治疗方法允许撕脱骨折碎片轻微移动,从而更符合生物力学原理。

**3.2.4 内固定植入物的选择** 在关节镜下,通过使用螺钉、锚钉<sup>[83]</sup>、钢丝、缝合线<sup>[27]</sup>、EndoButton 祥钢板及TightRope 祥钢板等来固定撕脱骨折<sup>[84-86]</sup>。螺钉固定适用于没有粉碎的大块骨折碎片<sup>[58]</sup>。普通钢丝具有价格低廉且取材方便的优势,但钢丝固定要求较高的手术技术,并且钢丝会对周围骨块、韧带产生切割效应<sup>[87]</sup>。KIM等<sup>[37]</sup>首次报道了关节镜下采用胫骨缝线固定治疗后交叉韧带撕脱骨折。使用缝线无需额外固定材料,但需要在后交叉韧带靠近骨折块上方打结,有切割骨块导致破裂的风险<sup>[27, 88]</sup>;同时,缝线被拉得太紧时可能导致应力过度集中,有割断韧带的风险<sup>[1]</sup>。YOON等<sup>[58]</sup>对18例后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折患者进行了双隧道缝合桥固定治疗。人们意识到,胫骨止点有小骨折碎片的后交叉韧带撕脱伤可以通过缝线进行复位并固定,与简单的缝线固定相比,使用悬吊固定装置的方法进一步提高了固定强度<sup>[61, 63]</sup>。郑杰等<sup>[89]</sup>也使用了悬吊固定装置,这种技术允许患者术后早期进行关节功能锻炼,从而提升膝关节的功能。TAO等<sup>[61]</sup>采用了关节镜下直接前后缝合悬吊固定技术,2条缝合线穿过后交叉韧带基底部分而不是撕脱的骨块,从而降低了发生后续骨折的风险;通过将后交叉韧带的2个缝合端穿进内扣并构成网状物,可以均匀分配压力并减少小移位的可能性,这项技术不仅适用于没有粉碎的大块骨碎片( $\geq 15\text{ mm}$ ),还适用于粉碎的小块骨折碎片( $\leq 10\text{ mm}$ )。有研究表明,使用Endobutton固定比单纯高强度缝线和带线锚钉固定具有更好的生物力学稳定性<sup>[90]</sup>。但有学者认为Endobutton装置可能会导致移植物松动、膝关节不稳定<sup>[91]</sup>。BI等<sup>[57]</sup>使用2号不可吸收缝线(Arthrex)至少包裹后交叉韧带3次,同时使用自体移植物增强,这种固定技术在治疗延迟性后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折取得了良好的效果。

使用不可吸收缝线进行固定具有许多优势:首先,使用缝线固定胫骨撕脱骨块是弹性固定,也是网状结构,不会对后交叉韧带产生剪切作用,这优于刚性固定,尤其是在一些粉碎性骨折患者和骨骺未闭合的青少年患者中<sup>[92-93]</sup>;此外,它不需要进行二次手术来移除固定物。有研究使用TightRope 祥钢板固定治疗后交叉韧带止点撕脱骨折,TightRope 祥钢板体积小,操作简单,不需要多次缝合,并且无需二次手术移除固定物,可获得较好的临床疗效<sup>[94]</sup>。缝合桥固定技术用线器将3条或者4条聚二恶烷酮缝线穿过后交叉韧带,然后缝合到胫骨附着点上,这些缝合线形成了一个网状结构,即使在儿童患者的小粉碎骨折中也可以间接固定骨折碎片<sup>[49, 95-96]</sup>。穿过后交叉韧带附着点的缝合线末端形成X形状结构,这种多条缝线形成交叉状结构可以有效固定和压缩抬高的骨折碎片<sup>[58]</sup>。根据生物力学研究表明,对于后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折采用缝线固定和螺钉固定患者的最大负荷和刚度无显著差异<sup>[73, 97]</sup>。

**3.2.5 临床结果** 相关关节镜技术治疗后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的研究, 末次随访时所有患者的膝关节活动度较术前得到了显著改善, 恢复到了受伤前的状态。虽然 BI 等<sup>[57]</sup> 的研究中有 2 例患者遗留有轻度 (10°) 的膝关节屈曲受限, 但并未对患者日常生活造成影响, 末次随访时 Lysholm 得分范围为 80-100。各项研究术后 Lysholm 评分方面没有明显差异, 末次随访的国际膝关节文献委员会评分与术前相比均得到了显著提高, 末次随访的 Tegner 活动量表评估结果与术前相比有显著改善, 所有研究的影像学随访结果也都令人满意<sup>[12, 61]</sup>。

**3.2.6 相关并发症** 无论是采用哪种关节镜技术进行治疗, 后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的并发症发生率没有明显差异。尽管有个别案例在术后发生了膝关节纤维化, 但在末次随访时只有轻度的膝关节屈曲受限, 对患者日常生活没有明显影响。在所有的研究中没有出现创伤性关节炎、神经血管损伤、围术期伤口感染、血栓形成或骨折不愈合等严重并发症的情况。

**3.3 综述的局限性** 文章引用了大量文献, 年度跨越较大, 但没有包括随机对照试验。大多数文章的撰写都是以手术技术为重点, 并报道了随访的结果; 部分研究病例数量较少, 这可能会增加 II 型错误的风险, 应采用更大的样本量来降低错误率。所涵盖的研究显示出显著的异质性, 涉及到各种手术技术、手术入路、胫骨隧道的设计、缝合材料以及固定装置等, 无法使用统计方法比较各种手术技术, 也无法确定哪种手术方法更好。

**3.4 综述的重要意义** 这篇综述系统阐述了目前常用的关节镜技术在后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折中的应用, 在手术技术、手术入路、胫骨隧道的设计、缝合材料、固定装置、随访期以及各种关节镜下治疗后的结果和并发症等方面展示了研究进展。综上所述, 尽管各种研究具有显著的异质性, 但所有关于后交叉韧带胫骨附着点撕脱骨折的关节镜治疗技术研究都显示出令人满意的结果。

**作者贡献:** 文章设计为王文、余铭, 资料收集、分析及论文撰写为余铭, 王文负责文章审核。

**利益冲突:** 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

**开放获取声明:** 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

**版权转让:** 文章出版前全体作者与编辑部签署了文章版权转让协议。

**出版规范:** 该研究遵守《系统综述和荟萃分析报告规范》(PRISMA 指南)。文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合期刊发表宗旨。

## 4 参考文献 References

[1] ZHAO D, ZHONG J, ZHAO B, et al. Clinical outcomes of acute displaced posterior cruciate ligament tibial avulsion fracture: A retrospective comparative study between the arthroscopic suture and EndoButton fixation techniques. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021;107(2):102798.

[2] 徐鸿尧, 戴志宏, 邹相杰, 等. 关节镜下缝线桥技术与切开复位内固定治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折疗效比较 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2021, 36(2):186-188.

[3] 史俊恒, 钟的桂, 范智荣, 等. 后交叉韧带保留型假体对比后稳定型假体用于全膝关节置换的 Meta 分析 [J]. *中国组织工程研究*, 2019, 23(8):1282-1290.

[4] SABAT D, JAIN A, KUMAR V. Displaced Posterior Cruciate Ligament Avulsion Fractures: A Retrospective Comparative Study Between Open Posterior Approach and Arthroscopic Single-Tunnel Suture Fixation. *Arthroscopy.* 2016;32(1):44-53.

[5] WIJDIKS CA, KENNEDY NI, GOLDSMITH MT, et al. Kinematic analysis of the posterior cruciate ligament, part 2: a comparison of anatomic single-versus double-bundle reconstruction. *Am J Sports Med.* 2013; 41(12):2839-2848.

[6] YIN Q, RUI Y, WU Y, et al. Surgical treatment of avulsion fracture around joints of extremities using hook plate fixation. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):200.

[7] FANELLI GC, EDSON CJ. Posterior cruciate ligament injuries in trauma patients: Part II. *Arthroscopy.* 1995;11(5):526-529.

[8] HOOPER PO, 3RD, SILKO C, MALCOLM TL, et al. Management of Posterior Cruciate Ligament Tibial Avulsion Injuries: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2018;46(3):734-742.

[9] JANOUSEK AT, JONES DG, CLATWORTHY M, et al. Posterior cruciate ligament injuries of the knee joint. *Sports Med.* 1999;28(6):429-441.

[10] SCHULZ MS, RUSSE K, WEILER A, et al. Epidemiology of posterior cruciate ligament injuries. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2003;123(4): 186-191.

[11] WIJDIKS CA, KENNEDY NI, GOLDSMITH MT, et al. Kinematic analysis of the posterior cruciate ligament, part 2: a comparison of anatomic single- versus double-bundle reconstruction. *Am J Sports Med.* 2013; 41(12):2839-2848.

[12] ZHU W, LU W, CUI J, et al. Treatment of tibia avulsion fracture of posterior cruciate ligament with high-strength suture fixation under arthroscopy. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2017;43(1):137-143.

[13] KATSMAN A, STRAUSS EJ, CAMPBELL KA, et al. Posterior Cruciate Ligament Avulsion Fractures. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018;11(3): 503-509.

[14] HESSE E, BASTIAN L, ZEICHEN J, et al. Femoral avulsion fracture of the posterior cruciate ligament in association with a rupture of the popliteal artery in a 9-year-old boy: a case report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(4):335-339.

[15] MISHRA AK, VIKAS R. A rare case of bony avulsion of posterior cruciate ligament from its femoral attachment. *Med J Armed Forces India.* 2016;72(Suppl 1):S98-s100.

[16] PARK IS, KIM SJ. Arthroscopic fixation of avulsion of the posterior cruciate ligament from femoral insertion. *Arthroscopy.* 2005;21(11): 1397.

[17] AURICH M, KOENIG V, HOFMANN G. Comminuted intraarticular fractures of the tibial plateau lead to posttraumatic osteoarthritis of the knee: Current treatment review. *Asian J Surg.* 2018;41(2):99-105.

[18] STEVENS DG, BEHARRY R, MCKEE MD, et al. The long-term functional outcome of operatively treated tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma.* 2001;15(5):312-320.

[19] 姜祖康, 周红星, 张保健, 等. 关节镜下 Ethibond 缝线结合可调节 Endobutton 固定治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折 [J]. *中国现代手术学杂志*, 2021, 25(3):192-195.

[20] 王宁, 黄建霞, 高德玉, 等. 微创小切口下双排线桥技术治疗后交叉韧带胫骨止点粉碎性骨折 12 例 [J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2019, 27(2):60-63.

[21] 李小建, 郗海涛, 李兵, 等. 带线锚钉结合骨桥内固定治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折的疗效分析 [J]. *骨科*, 2019, 10(3):184-187.

- [22] SCHUMAIER A, MINOUGHAN C, JIMENEZ A, et al. Treatments of Choice for Isolated, Full-Thickness Tears of the Posterior Cruciate Ligament: A Nationwide Survey of Orthopaedic Surgeons. *J Knee Surg.* 2019;32(8):812-819.
- [23] ABDALLAH AA, ARAFA MS. Treatment of posterior cruciate ligament tibial avulsion by a minimally-invasive open posterior approach. *Injury.* 2017;48(7):1644-1649.
- [24] GOPINATH V, MAMERI ES, CASANOVA FJ, et al. Systematic Review and Meta-analysis of Clinical Outcomes After Management of Posterior Cruciate Ligament Tibial Avulsion Fractures. *Orthop J Sports Med.* 2023;11(9):23259671231188383.
- [25] BAGHERIFARD A, JABALAMELI M, KHEZRI M, et al. Conservative management of posterior cruciate ligament avulsion with a large bony fragment: a prospective cohort study. *Curr Orthop Pract.* 2021;32(4):361-365.
- [26] GREENWALD D, SHUMWAY S, ALBEAR P, et al. Mechanical comparison of 10 suture materials before and after in vivo incubation. *J Surg Res.* 1994;56(4):372-377.
- [27] GUI J, WANG L, JIANG Y, et al. Single-tunnel suture fixation of posterior cruciate ligament avulsion fracture. *Arthroscopy.* 2009;25(1):78-85.
- [28] ZHAO J, HE Y, WANG J. Arthroscopic treatment of acute tibial avulsion fracture of the posterior cruciate ligament with suture fixation technique through Y-shaped bone tunnels. *Arthroscopy.* 2006;22(2):172-181.
- [29] 杨波, 吴长坤, 刘建永, 等. 关节镜下后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折缝合固定术的中远期疗效分析 [J]. *中国运动医学杂志*, 2018, 37(8): 646-651.
- [30] NAKAGAWA S, ARAI Y, HARA K, et al. Arthroscopic pullout fixation for a small and comminuted avulsion fracture of the posterior cruciate ligament from the tibia. *Knee Surg Relat Res.* 2017;29(4):316.
- [31] JOSHI S, BHATIA C, GONDANE A, et al. Open reduction and internal fixation of isolated posterior cruciate ligament avulsion fractures: clinical and functional outcome. *Knee Surg Relat Res.* 2017;29(3):210.
- [32] HERMANOWICZ K, GÓRALCZYK A, DANOWSKA K, et al. All-Arthroscopic posterior cruciate ligament distal reattachment with extracortical fixation. *Arthrosc Tech.* 2019;8(11):e1425-e1430.
- [33] 赵智, 邓煜, 陈宇, 等. 关节镜下免打结锚钉联合 Endobutton 钛板治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折 [J]. *中国骨伤*, 2021, 34(12): 1136-1140.
- [34] 覃志, 秦煜, 黄玉文, 等. 关节镜下缝线“8”字捆扎固定治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折疗效探讨 [J]. *中国临床新医学*, 2020, 13(6): 560-564.
- [35] 龙治强, 黄松涛, 景周, 等. 后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折应用小切口切开复位锚钉内固定手术的分析 [J]. *浙江创伤外科*, 2020, 25(6):1173-1174.
- [36] JOSEPH CM, GUNASEKARAN C, LIVINGSTON A, et al. Outcome of screw post fixation of neglected posterior cruciate ligament bony avulsions. *Injury.* 2019;50(3):784-789.
- [37] KIM SJ, SHIN SJ, CHO SK, et al. Arthroscopic suture fixation for bony avulsion of the posterior cruciate ligament. *Arthroscopy.* 2001;17(7):776-780.
- [38] BALI K, PRABHAKAR S, SAINI U, et al. Open reduction and internal fixation of isolated PCL fossa avulsion fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(2):315-321.
- [39] FROSCHE KH, PROKSCH N, PREISS A, et al. Treatment of bony avulsions of the posterior cruciate ligament (PCL) by a minimally invasive dorsal approach. *Oper Orthop Traumatol.* 2012;24:348-353.
- [40] LEE KW, YANG DS, LEE GS, et al. Suture bridge fixation technique for posterior cruciate ligament avulsion fracture. *Clin Orthop Surg.* 2015;7(4):505-508.
- [41] WHITE EA, PATEL DB, MATCUK GR, et al. Cruciate ligament avulsion fractures: anatomy, biomechanics, injury patterns, and approach to management. *Emerg Radiol.* 2013;20(5):429-440.
- [42] YANG CK, WU CD, CHIH CJ, et al. Surgical treatment of avulsion fracture of the posterior cruciate ligament and postoperative management. *J Trauma Acute Care Surg.* 2003;54(3):516-519.
- [43] HUANG W, GONG X, RAHUL M, et al. Anterior arthroscopic-assisted fixation of posterior cruciate ligament avulsion fractures. *Eur J Med Res.* 2015;20:1-6.
- [44] ZHANG X, CAI G, XU J, et al. A minimally invasive postero-medial approach with suture anchors for isolated tibial avulsion fracture of the posterior cruciate ligament. *Knee.* 2013;20(2):96-99.
- [45] GWINNER C, HOBURG A, WILDE S, et al. All-arthroscopic treatment of tibial avulsion fractures of the posterior cruciate ligament. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW.* 2016;5:Doc02.
- [46] 袁云峰. 改良 Burks-Schaffer 入路切开复位空心钉固定与关节镜下 Endobutton 带钢板固定治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折的疗效 [J]. *吉林医学*, 2021, 42(9):2141-2142.
- [47] CHEN CW, CHEN L, PAN ZE, et al. Open reduction and internal fixation via a posterior approach for posterior fractures of tibial plateau. *Zhongguo gu Shang.* 2012;25(7):561-565.
- [48] 王戈, 高志, 张威, 等. 关节镜下 PushLock 缝合锚固系统治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折 40 例 [J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2020, 28(4):69-71.
- [49] KWON OS, PARK MJ, KELLY JD 4TH. Arthroscopic treatment of a PCL avulsion fracture in a skeletally immature patient. *Orthopedics.* 2011;34(2):137.
- [50] CHEN LB, WANG H, TIE K, et al. Arthroscopic fixation of an avulsion fracture of the tibia involving the posterior cruciate ligament: a modified technique in a series of 22 cases. *Bone Joint J.* 2015;97(9):1220-1225.
- [51] MAGRILL ACL, NAKANO N, KHANDUJA V. Historical review of arthroscopic surgery of the hip. *Int Orthop.* 2017;41(10):1983-1994.
- [52] KIESER CW, JACKSON RW. Severin Nordentoft: the first arthroscopist. *Arthroscopy.* 2001;17(5):532-535.
- [53] FONTES D. [Historical developments of upper limb arthroscopy]. *Chir Main.* 2006;25 Suppl 1:S4-7.
- [54] MARTINEZ-MORENO JL, BLANCO-BLANCO E. Avulsion Fractures of the Posterior Cruciate Ligament of the Knee: An Experimental Percutaneous Rigid Fixation Technique Under Arthroscopic Control. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;237:204-208.
- [55] LITTLEJOHN SG, GEISSLER WB. Arthroscopic repair of a posterior cruciate ligament avulsion. *Arthroscopy.* 1995;11(2):235-238.
- [56] ZHANG H, HONG L, WANG XS, et al. All-arthroscopic repair of arcuate avulsion fracture with suture anchor. *Arthroscopy.* 2011;27(5):728-734.
- [57] BI M, ZHAO C, CHEN J, et al. Arthroscopic suture fixation with autograft augmentation reconstruction for delayed tibial avulsion fractures of the posterior cruciate ligament. *Orthop J Sports Med.* 2020;8(8):2325967120944047.
- [58] YOON JR, PARK CD, LEE DH. Arthroscopic suture bridge fixation technique with multiple crossover ties for posterior cruciate ligament tibial avulsion fracture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(3):912-918.
- [59] GWINNER C, KOPF S, HOBURG A, et al. Arthroscopic treatment of acute tibial avulsion fracture of the posterior cruciate ligament using the TightRope fixation device. *Arthrosc Tech.* 2014;3(3):e377-e382.
- [60] TANG J, ZHAO J. Arthroscopic suture-to-loop fixation of posterior cruciate ligament tibial avulsion fracture. *Arthrosc Tech.* 2021;10(6):e1595-e1602.

- [61] TAO T, YANG W, TAO X, et al. Arthroscopic Direct Anterior-to-Posterior Suture Suspension Fixation for the Treatment of Posterior Cruciate Ligament Tibial Avulsion Fracture. *Orthop Surg.* 2022;14(9):2031-2041.
- [62] NICANDRI GT, KLINEBERG EO, WAHL CJ, et al. Treatment of posterior cruciate ligament tibial avulsion fractures through a modified open posterior approach: operative technique and 12-to 48-month outcomes. *J Orthop Trauma.* 2008;22(5):317-324.
- [63] WAJSFISZ A, MAKRIDIS KG, VAN DEN STEENE JY, et al. Fixation of posterior cruciate ligament avulsion fracture with the use of a suspensory fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012;20(5):996-999.
- [64] SONG JG, NHA KW, LEE SW. Open posterior approach versus arthroscopic suture fixation for displaced posterior cruciate ligament avulsion fractures: systematic review. *Knee Surg Relat Res.* 2018;130(4):275.
- [65] CHEN W, TANG D, KANG L, et al. Effects of microendoscopy-assisted reduction and screw fixation through a single mini-incision on posterior cruciate ligament tibial avulsion fracture. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012;132(4):429-435.
- [66] CHIARAPATTANAKOM P, PAKPIANPAIROJ C, LIUPOLVANISH P, et al. Isolated PCL avulsion from the tibial attachment: residual laxity and function of the knee after screw fixation. *J Med Assoc Thai.* 2009;92 Suppl 6: S181-188.
- [67] INOUE M, YASUDA K, KONDO E, et al. Primary repair of posterior cruciate ligament avulsion fracture: the effect of occult injury in the midsubstance on postoperative instability. *Am J Sports Med.* 2004;32(5):1230-1237.
- [68] WILLINGER L, IMHOFF AB, SCHMITT A, et al. Fixation of bony avulsions of the posterior cruciate ligament by a suture-bridge™ technique. *Oper Orthop Traumatol.* 2019;31(1):3-11.
- [69] SHELBOURNE KD, URCH SE, FREEMAN H. Outcomes after arthroscopic excision of the bony prominence in the treatment of tibial spine avulsion fractures. *Arthroscopy.* 2011;27(6):784-791.
- [70] 刘子桃, 陈善创, 黄永铨, 等. 膝后内侧入路空心钉张力带治疗后交叉韧带胫骨止点骨折 13 例 [J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2019,27(8):53-55.
- [71] DEHOUST J, BROJA M, MULL C, et al. Pseudarthrosis after bony avulsion fracture of the posterior cruciate ligament. *Unfallchirurg.* 2019;122:784-790.
- [72] HOOGERVORST P, GARDENIERS JW, MORET-WEVER S, et al. Pseudoarthrosis repair of a posterior cruciate ligament avulsion fracture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(11):1612-1616.
- [73] SASAKI SU, DA MOTA E ALBUQUERQUE RF, et al. Open screw fixation versus arthroscopic suture fixation of tibial posterior cruciate ligament avulsion injuries: a mechanical comparison. *Arthroscopy.* 2007;23(11):1226-1230.
- [74] TIFTIKÇI U, SERBEST S. Repair of isolated horizontal meniscal tears with all-inside suture materials using the overlock method: outcome study with a minimum 2-year follow-up. *J Orthop Surg Res.* 2016;11(1):131.
- [75] TIFTIKÇI U, SERBEST S. Does the location of placement of meniscal sutures have a clinical effect in the all-inside repair of meniscocapsular tears? *J Orthop Surg Res.* 2017;12(1):87.
- [76] 汤睿, 刘沛. 关节镜下 Ethibond 缝线复位固定治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折的临床疗效 [J]. *骨科*, 2020,11(2):125-130.
- [77] 孙法瑞, 孙秋萍, 张远金, 等. 关节镜下 Orthocord 线治疗青少年后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折 [J]. *骨科*, 2022,13(4):370-372.
- [78] VISHWAKARMA NS, GALI JC, GALI JCF, et al. Dual postero-medial portal technique for posterior cruciate ligament tibial avulsion fracture fixations. *Arthrosc Tech.* 2021;10(10):e2229-e2235.
- [79] 陈定启, 潘宇朝, 陈德焱, 等. 关节镜下 Y 型骨隧道缝线捆绑治疗后十字韧带胫骨附丽点撕脱骨折效果观察 [J]. *中国临床新医学*, 2017,10(7):674-676.
- [80] WU S, XU W, LIN W, LI H. [Comparison of early effectiveness of arthroscopic suture bridge technique and conventional double tunnel suture technique in treatment of avulsion fracture of posterior cruciate ligament insertion]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2021;35(7):829-835.
- [81] 熊小龙, 王广积, 方业汉, 等. 关节镜下单骨道双 Endobutton 固定治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折 22 例分析 [J]. *临床外科杂志*, 2020,28(11):1051-1054.
- [82] WRIGHT PB, BUDOFF JE, YEH ML, et al. Strength of damaged suture: an in vitro study. *Arthroscopy.* 2006;22(12):1270-1275.
- [83] 张中兴, 许峰, 金伟. 带线锚钉治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折 21 例报告 [J]. *中国骨与关节杂志*, 2016(2):120-122.
- [84] SUN C, DU R, LUO S, et al. A New Arthroscopic Tightrope Suture-Button Fixation Procedure for Tibial Eminence Avulsion Fracture. *J Knee Surg.* 2021;36(2):132-138.
- [85] DOMNICK C, KÖSTERS C, FRANKE F, et al. Biomechanical properties of different fixation techniques for posterior cruciate ligament avulsion fractures. *Arthroscopy.* 2016;32(6):1065-1071.
- [86] 王良勇, 李建刚, 张春, 等. 植入物固定后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折: 膝关节活动度及功能评价 [J]. *中国组织工程研究*, 2015,19(24):3793-3797.
- [87] 姚沛全, 余颖锋, 张贤森. 关节镜下空心钉和钢丝固定治疗胫骨髁间前棘撕脱骨折的疗效分析 [J]. *智慧健康*, 2021,7(8):61-63.
- [88] ZHOU P, LIU J, XU Y, et al. [Early effectiveness of minimally invasive open reduction and internal fixation versus arthroscopic double-tunnel suture fixation for tibial avulsion fracture of posterior cruciate ligament]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2020;34(6):707-712.
- [89] 郑杰, 蒋伟亚, 赵嘉懿. 关节镜下 TightRope 治疗后交叉韧带撕脱骨折 [J]. *中国内镜杂志*, 2019,25(7):22-25.
- [90] HAPA O, BARBER FA, SÜNER G, et al. Biomechanical comparison of tibial eminence fracture fixation with high-strength suture, EndoButton, and suture anchor. *Arthroscopy.* 2012;28(5):681-687.
- [91] 袁伶俐, 徐斌, 姜少伟, 等. Tightrope 与 Endobutton 应用在交叉韧带重建中的效果比较 [J]. *中国组织工程研究*, 2016,20(11):1616-1622.
- [92] MEYERS MH. Isolated avulsion of the tibial attachment of the posterior cruciate ligament of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57(5):669-672.
- [93] SU WR, WANG PH, WANG HN, et al. A simple, modified arthroscopic suture fixation of avulsion fracture of the tibial intercondylar eminence in children. *J Pediatr Orthop B.* 2011;20(1):17-21.
- [94] EZECHIELI M, SCHÄFER M, BECHER C, et al. Biomechanical comparison of different fixation techniques for reconstruction of tibial avulsion fractures of the anterior cruciate ligament. *Int Orthop.* 2013;37:919-923.
- [95] PANDYA NK, JANIK L, CHAN G, et al. pediatric PCL insufficiency from tibial insertion osteochondral avulsions. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466:2878-2883.
- [96] XU Z, CHEN D, SHI D, et al. Case report: osteochondral avulsion fracture of the posteromedial bundle of the PCL in knee hyperflexion. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470:3616-3623.
- [97] EGGERS AK, BECKER C, WEIMANN A, et al. Biomechanical evaluation of different fixation methods for tibial eminence fractures. *Am J Sports Med.* 2007;35(3):404-410.

(责任编辑: GW, ZN, QY, LWJ)