

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.15.007

文章编号: 1005-8982 (2026) 15-0039-07

膝关节疾病专题·论著

## 关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术治疗后交叉韧带 胫骨止点撕脱骨折对患者膝关节功能的影响\*

冯志伟, 刘殿奎, 李鹏涛, 丁勛博, 郭晓东

(华北医疗健康集团峰峰总医院邯郸院区 关节三科, 河北 邯郸 056000)

**摘要:** **目的** 探讨关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术(TightRope系统)对后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折患者膝关节功能、围手术期恢复及并发症的影响。**方法** 回顾性分析2022年1月—2025年3月华北医疗健康集团峰峰总医院邯郸院区收治的86例PCL胫骨止点撕脱骨折患者的临床资料,按治疗方式分为对照组和观察组,各43例。对照组采用切开复位内固定术治疗,观察组采用关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术治疗。比较两组患者围手术期指标,治疗前后不同时间点膝关节活动度,治疗前后Lysholm膝关节功能评分(Lysholm)、国际膝关节文献委员会膝关节功能评分(IKDC),治疗前后视觉模拟评分法(VAS)评分,以及并发症发生情况。**结果** 与对照组比较,观察组的手术时间更短,术中出血量更少,切口长度更短( $P<0.05$ )。观察组与对照组患者术前、术后1、3、6个月、1年膝关节活动度比较,不同时间点膝关节活动度比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ );两组患者膝关节活动度比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),观察组膝关节活动度更优;两组膝关节活动度变化趋势比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。观察组术后1年疼痛、稳定性、肿胀、上下楼梯、蹲姿、使用支撑物评分及Lysholm总分均高于对照组( $P<0.05$ ),IKDC评分高于对照组( $P<0.05$ )。观察组术后1年VAS评分低于对照组( $P<0.05$ )。两组并发症总发生率比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论** 关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术(TightRope系统)用于PCL胫骨止点撕脱骨折治疗,可优化围手术期恢复指标,减轻疼痛、促进膝关节活动度及功能恢复,并发症经针对性处理可有效控制,疗效优于传统切开复位内固定。

**关键词:** 胫骨止点撕脱骨折; 关节镜; 带袢钢板悬吊固定术(TightRope系统); 后交叉韧带; 膝关节功能; 并发症

中图分类号: R687.4

文献标识码: A

## Effects of arthroscopic-assisted TightRope internal fixation on knee function in patients with tibial avulsion fracture at the posterior cruciate ligament attachment\*

Feng Zhi-wei, Liu Dian-kui, Li Peng-tao, Ding Xu-bo, Guo Xiao-dong

(Department of Joint Surgery 3, Handan Branch of Fengfeng General Hospital, North China Medical Health Group, Handan, Hebei 056000, China)

**Abstract: Objective** To investigate the effect of arthroscopic-assisted TightRope suspension fixation on knee function, perioperative recovery, and complications in patients with tibial avulsion fracture at the posterior cruciate ligament (PCL) attachment. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 86 patients diagnosed with PCL tibial avulsion fracture between January 2022 and March 2025. These patients were assigned to two groups, with 43 cases in each group. The control group received conventional open reduction and internal fixation,

收稿日期: 2026-04-23

\* 基金项目: 河北省自然科学基金(H2025206536)

[通信作者] 冯志伟, E-mail: danlover831230@126.com

while the observation group received arthroscopic-assisted TightRope suspension fixation. Perioperative indicators, knee range of motion at preoperative and at 1, 3, 6, and 12 months postoperatively, Lysholm knee scores, International Knee Documentation Committee (IKDC) scores, visual analogue scale (VAS) pain scores, and complication rates were compared between the two groups. **Results** The observation group showed shorter operation time, less intraoperative blood loss, and smaller incision length than the control group (all  $P < 0.05$ ). The observation group presented greater knee range of motion than the control group at 1, 3, and 6 months postoperatively ( $P < 0.05$ ). At 1 year after surgery, the observation group achieved higher scores in pain, stability, swelling, stair climbing, squatting, support device use, total Lysholm score, and IKDC score, and lower VAS score than the control group (all  $P < 0.05$ ). There was no statistically significant difference in the overall incidence of complications between the two groups ( $P > 0.05$ ). All complications achieved effective clinical control after targeted treatment. **Conclusion** Arthroscopic-assisted TightRope suspension fixation for PCL tibial avulsion fracture improves perioperative parameters, relieves pain, promotes knee range of motion and functional recovery, and achieves effective control of complications with targeted treatment. It demonstrates superior efficacy compared with conventional open reduction and internal fixation.

**Keywords:** tibial avulsion fracture at ligament attachment; arthroscopy; TightRope suspension fixation; posterior cruciate ligament; knee function; complications

后交叉韧带 (posterior cruciate ligament, PCL) 胫骨止点撕脱骨折是一种常见的膝关节损伤,指 PCL 胫骨附着点因间接暴力或直接撞击发生骨块撕脱,临床表现为膝关节疼痛、肿胀、活动受限及稳定性下降,严重影响患者肢体功能和生活质量<sup>[1-2]</sup>。该病多发生于青壮年,多由运动损伤、交通事故等外力因素引发,近年来发病率随外伤发生率升高呈上升趋势<sup>[3-4]</sup>。以往临床常用切开复位内固定术,但其存在手术创伤大、术后膝关节粘连及创伤性关节炎发生率高缺陷,整体疗效欠佳<sup>[5]</sup>。为优化治疗方案,改善患者预后,本研究引入关节镜辅助关节镜辅助带袢钢板悬吊固定系统 (TightRope 系统,美国 Arthrex 公司)。该术式凭借微创优势已广泛应用于前交叉韧带损伤、肩锁关节脱位等疾病治疗,可有效减少手术创伤、促进组织修复、降低并发症发生率<sup>[6-7]</sup>。本研究回顾性分析 PCL 胫骨止点撕脱骨折

患者的临床资料,对比微创术式与切开复位内固定术的临床疗效,探讨其在围手术期恢复、膝关节功能及并发症方面的差异,为临床方案选择提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2022 年 1 月—2025 年 3 月于华北医疗健康集团峰峰总医院邯郸院区收治的 86 例 PCL 胫骨止点撕脱骨折患者的临床资料。根据治疗方式分为对照组和观察组,各 43 例。对照组与观察组性别构成、年龄、致伤原因构成和 Meyers-McKeeever 分型构成比较,经  $\chi^2/t$  检验,差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表 1。本研究经医院医学伦理委员会审核批准 (2021B12)。

表 1 两组一般资料比较 (n=43)

| 组别           | 男/女/例 | 年龄/ $(\bar{x} \pm s, \text{岁})$ | 致伤原因 例(%) |           |          | Meyers-McKeeever 分型 例(%) |           |
|--------------|-------|---------------------------------|-----------|-----------|----------|--------------------------|-----------|
|              |       |                                 | 运动损伤      | 交通事故      | 其他       | Ⅱ型                       | Ⅲ型        |
| 对照组          | 27/16 | 48.52 $\pm$ 12.85               | 18(41.86) | 20(46.51) | 5(11.63) | 33(76.74)                | 10(23.26) |
| 观察组          | 29/14 | 51.85 $\pm$ 13.11               | 20(46.51) | 19(44.19) | 4(9.30)  | 28(65.12)                | 15(34.88) |
| $\chi^2/t$ 值 | 0.205 | 1.190                           |           | 0.242     |          | 1.410                    |           |
| P 值          | 0.651 | 0.238                           |           | 0.886     |          | 0.235                    |           |

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①经膝关节 X 射线、CT 与 MRI

检查确诊 PCL 胫骨止点撕脱骨折,骨折块移位 > 3 mm,且 Meyers-McKeeever 分型为 Ⅱ型或 Ⅲ型<sup>[8]</sup>;

②均为新鲜骨折,受伤至手术时间 $<14$  d;③年龄 $>18$ 岁,性别不限;④临床资料完整,术后随访时间 $>6$ 个月,各项功能评估及随访资料完整。

**1.2.2 排除标准** ①合并膝关节其他韧带(如前交叉韧带、内外侧副韧带)或半月板损伤;②合并严重心、肝、肾、肺等重要脏器功能障碍,无法耐受手术;③既往有膝关节手术史,或合并严重膝关节骨关节炎、畸形;④病理性骨折(如肿瘤、骨质疏松症等引发的骨折);⑤存在精神障碍或认知功能异常,无法配合术后康复及功能评估。

### 1.3 方法

入院后,给予两组患者常规预处理,包括抬高患肢、局部冰敷消肿、止痛治疗,完善术前各项检查(血常规、凝血功能、肝肾功能、膝关节影像学检查等),排除手术禁忌证后,择期进行手术治疗,均采用全身麻醉,术中在大腿根部绑扎止血带。

**1.3.1 对照组行切开复位内固定术** 患者取俯卧位,术野常规消毒后铺无菌巾,在膝关节后内侧取 $5\sim 7$  cm纵形切口,依次切开皮肤、皮下、深筋膜,分离腓肠肌内侧头与半膜肌间隙,牵开并保护腘动静脉、胫神经等重要组织,切开后关节囊,充分暴露PCL胫骨止点骨折部位。清理骨折断端血肿、机化组织及游离骨碎片,用探针精准复位骨折块,以克氏针临时固定,经C臂X射线机确认复位无误后,选用适配空心螺钉进行永久固定,确保骨折块牢固、PCL张力正常。固定后反复活动膝关节检查稳定性,生理盐水冲洗切口后,逐层缝合、无菌包扎。

**1.3.2 观察组行关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术(TightRope系统)** 患者取仰卧位,术野消毒铺巾后,建立膝关节前外侧与前内侧常规关节镜通道,将镜头置入关节腔,对膝关节内部结构进行全面探查,重点查看PCL胫骨止点撕脱骨折状况,同时评估半月板、关节软骨有无合并损伤,存在损伤者同期予以对症处理。

用射频离子刀清理骨折断端血肿、滑膜组织及游离骨碎片,充分显露骨折块及PCL止点。将PCL定位器经前内侧入路置入后关节室,尖端对准撕脱骨折块中心,在关节镜监视下将骨折块复位并维持复位状态。在胫骨结节内侧约 $2$  cm位置做 $2\sim 3$  cm纵切口,依次分离皮下组织与肌层,显露胫骨前内侧骨面,经PCL定位器引导钻入克氏针,沿克氏针用

空心钻建立直径 $4.5$  mm的骨隧道,确保骨隧道贯穿骨折块。

选取合适长度的带袢钢板悬吊固定系统(TightRope系统),将其引导线经骨隧道远端送入,从关节腔侧拉出,绕过骨折块下方后,再经骨隧道另一端穿出至胫骨前方。牵拉引导线调整缝线张力,使骨折块与胫骨止点紧密贴合,翻转袢钢板纽扣使其压紧骨折块,屈膝 $90^\circ$ 状态下拉紧悬吊固定系统尾线,确保骨折块固定牢固、PCL张力恢复正常,再次通过关节镜及C臂X射线机确认复位及固定效果。冲洗关节腔,逐层缝合切口,无菌敷料覆盖包扎。

**1.3.3 术后处理** 两组患者术后均采用可调式膝关节支具固定(屈膝 $30^\circ$ 位),常规给予抗生素预防感染、消肿止痛等对症治疗。术后第1天指导患者进行股四头肌等长收缩、踝泵运动,预防下肢深静脉血栓;术后1周开始在支具保护下进行膝关节被动屈伸训练,4周内被动屈曲角度不超过 $90^\circ$ ,4周后逐渐增加屈伸角度,12周达到正常活动范围;术后8周内患肢部分负重,8周后逐渐过渡至完全负重,术后3个月内保护性使用膝关节支具,定期指导患者进行康复训练,促进膝关节功能恢复。

### 1.4 观察指标

**1.4.1 围手术期指标** 记录并比较两组患者的手术时间、术中出血量、切口长度,所有指标均由同一组医护人员进行测量及记录。

**1.4.2 膝关节活动度** 分别于术前,术后1、3、6个月,术后1年,用量角器测定患膝屈伸幅度,每侧测量3次后取均值记录。

**1.4.3 膝关节功能评分** 分别于术前、术后1年,采用Lysholm膝关节功能评分量表(Lysholm)<sup>[9]</sup>评估,该量表包含疼痛、稳定性、交锁感、肿胀、跛行、上下楼梯、蹲姿、使用支撑物8个维度,总分100分,评分越高提示膝关节功能越好,由专业骨科医师进行评估。采用国际膝关节文献委员会(International Knee Documentation Committee, IKDC)<sup>[10]</sup>评分评估膝关节功能,总分100分,评分越高提示膝关节功能及稳定性越好,由专业骨科医师进行评估。

**1.4.4 疼痛评分** 分别于术前、术后1年,采用视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)<sup>[11]</sup>评估患者疼痛程度,该量表评分范围 $0\sim 10$ 分,0分表示无

痛,10分表示剧烈疼痛,由患者自行评分。

**1.4.5 并发症发生情况** 记录两组患者术后1年内并发症发生情况,包括切口感染、关节粘连、下肢深静脉血栓。

## 1.5 统计学方法

数据分析采用SPSS 26.0统计软件。计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,比较用 $t$ 检验或配对 $t$ 检验或重复测量设计的方差分析;计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 $\chi^2$ 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义

## 2 结果

### 2.1 两组患者围手术期指标比较

两组患者的手术时间、术中出血量和切口长度比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );观察组手术时间更短,术中出血量更少,切口长度更短。见表2。

### 2.2 两组患者膝关节活动度比较

两组患者术前,术后1、3、6个月,术后1年的膝关节活动度比较,采用重复测量设计的方差分析,

表2 两组患者围手术期指标比较 ( $n=43, \bar{x}\pm s$ )

| 组别    | 手术时间/min        | 术中出血量/mL         | 切口长度/cm        |
|-------|-----------------|------------------|----------------|
| 观察组   | 59.7 $\pm$ 9.5  | 71.4 $\pm$ 14.0  | 4.2 $\pm$ 1.2  |
| 对照组   | 71.8 $\pm$ 10.6 | 143.3 $\pm$ 22.9 | 16.2 $\pm$ 2.1 |
| $t$ 值 | 5.575           | 17.542           | 31.848         |
| $P$ 值 | 0.000           | 0.000            | 0.000          |

结果:①不同时间点的膝关节活动度比较,差异有统计学意义( $F=2\,304.893, P=0.000$ );②两组患者的膝关节活动度比较,差异有统计学意义( $F=140.224, P=0.000$ ),观察组膝关节活动度更优;③两组患者膝关节活动度的变化趋势比较,差异有统计学意义( $F=7.272, P=0.000$ )。见表3。

表3 两组患者膝关节活动度比较 [ $n=43, (^{\circ}), \bar{x}\pm s$ ]

| 组别  | 术前             | 术后1个月                        | 术后3个月                        | 术后6个月                        | 术后1年                         |
|-----|----------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 观察组 | 65.4 $\pm$ 7.3 | 103.0 $\pm$ 5.5 <sup>†</sup> | 110.5 $\pm$ 4.7 <sup>†</sup> | 128.4 $\pm$ 3.4 <sup>†</sup> | 136.6 $\pm$ 3.2 <sup>†</sup> |
| 对照组 | 65.5 $\pm$ 6.4 | 96.1 $\pm$ 4.6               | 103.4 $\pm$ 5.3              | 122.2 $\pm$ 2.2              | 128.3 $\pm$ 3.2              |

注:†与对照组比较, $P<0.05$ 。

### 2.3 两组患者膝关节功能评分比较

两组患者术前疼痛、稳定性、交锁感、肿胀、跛行、上下楼梯、蹲姿、使用支撑物评分及Lysholm总分比较,经 $t$ 检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。两组患者术后1年疼痛、稳定性、肿胀、上下楼梯、蹲姿、使用支撑物评分及Lysholm总分比较,经 $t$ 检验,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );观察组术后1年疼痛、稳定性、肿胀、上下楼梯、蹲姿、使用支撑物评分及Lysholm总分均高于对照组。同组内,术后1年疼痛、稳定性、交锁感、肿胀、跛行、上下楼梯、蹲姿、使用支撑物评分及Lysholm总分均高于术前( $P<0.05$ )。见表4。

两组患者术前IKDC评分比较,经 $t$ 检验,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。两组患者术后1年

表4 两组患者Lysholm评分比较 ( $n=43, \text{分}, \bar{x}\pm s$ )

| 组别    | 疼痛              |                               | 稳定性              |                               | 交锁感             |                               | 肿胀              |                              |
|-------|-----------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|
|       | 术前              | 术后1年                          | 术前               | 术后1年                          | 术前              | 术后1年                          | 术前              | 术后1年                         |
| 观察组   | 8.98 $\pm$ 1.23 | 23.86 $\pm$ 2.57 <sup>†</sup> | 10.23 $\pm$ 1.21 | 24.07 $\pm$ 1.05 <sup>†</sup> | 2.77 $\pm$ 0.42 | 12.11 $\pm$ 1.57 <sup>†</sup> | 1.74 $\pm$ 0.38 | 8.21 $\pm$ 1.21 <sup>†</sup> |
| 对照组   | 8.96 $\pm$ 1.25 | 20.15 $\pm$ 2.33 <sup>†</sup> | 10.27 $\pm$ 1.16 | 22.03 $\pm$ 2.43 <sup>†</sup> | 2.75 $\pm$ 0.35 | 11.86 $\pm$ 1.08 <sup>†</sup> | 1.78 $\pm$ 0.41 | 6.74 $\pm$ 1.15 <sup>†</sup> |
| $t$ 值 | 0.075           | 7.013                         | 0.156            | 5.053                         | 0.240           | 0.860                         | 0.469           | 5.775                        |
| $P$ 值 | 0.941           | 0.000                         | 0.876            | 0.000                         | 0.811           | 0.392                         | 0.640           | 0.000                        |

  

| 组别    | 跛行              |                              | 上下楼梯            |                              | 蹲姿              |                              | 使用支撑物           |                              | 总分               |                               |
|-------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|
|       | 术前              | 术后1年                         | 术前              | 术后1年                         | 术前              | 术后1年                         | 术前              | 术后1年                         | 术前               | 术后1年                          |
| 观察组   | 2.54 $\pm$ 1.53 | 3.25 $\pm$ 1.12 <sup>†</sup> | 4.53 $\pm$ 1.41 | 9.15 $\pm$ 1.25 <sup>†</sup> | 3.67 $\pm$ 0.45 | 4.62 $\pm$ 0.15 <sup>†</sup> | 2.46 $\pm$ 0.48 | 4.21 $\pm$ 0.27 <sup>†</sup> | 36.86 $\pm$ 5.14 | 90.39 $\pm$ 6.35 <sup>†</sup> |
| 对照组   | 2.34 $\pm$ 1.57 | 2.87 $\pm$ 1.04 <sup>†</sup> | 4.37 $\pm$ 1.34 | 6.34 $\pm$ 1.18 <sup>†</sup> | 3.54 $\pm$ 0.68 | 4.19 $\pm$ 0.14 <sup>†</sup> | 2.37 $\pm$ 0.57 | 3.78 $\pm$ 0.17 <sup>†</sup> | 36.89 $\pm$ 5.13 | 81.45 $\pm$ 5.45 <sup>†</sup> |
| $t$ 值 | 0.598           | 1.630                        | 0.539           | 10.719                       | 1.045           | 10.170                       | 0.792           | 8.837                        | 0.027            | 7.006                         |
| $P$ 值 | 0.551           | 0.107                        | 0.591           | 0.000                        | 0.299           | 0.000                        | 0.431           | 0.000                        | 0.979            | 0.000                         |

注:†与术前比较, $P<0.05$ 。

IKDC 评分比较,经  $t$  检验,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );观察组术后 1 年 IKDC 评分高于对照组。同组内,术后 1 年 IKDC 评分高于术前( $P < 0.05$ )。见表 5。

表 5 两组患者膝关节 IKDC 评分比较 ( $n=43$ ,分,  $\bar{x} \pm s$ )

| 组别    | 术前           | 术后 1 年                    |
|-------|--------------|---------------------------|
| 观察组   | 18.77 ± 5.74 | 95.87 ± 5.53 <sup>‡</sup> |
| 对照组   | 18.58 ± 5.75 | 88.63 ± 3.14 <sup>‡</sup> |
| $t$ 值 | 0.161        | 7.466                     |
| $P$ 值 | 0.872        | 0.000                     |

注: ‡与术前比较,  $P < 0.05$ 。

## 2.4 两组患者疼痛 VAS 评分比较

两组患者术前 VAS 评分比较,经  $t$  检验,差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组患者术后 1 年 VAS 评分比较,经  $t$  检验,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );观察组术后 1 年 VAS 评分低于对照组。同组内,术后 1 年 VAS 评分低于术前( $P < 0.05$ )。见表 6。

表 6 两组患者疼痛 VAS 评分比较 ( $n=43$ ,分,  $\bar{x} \pm s$ )

| 组别    | 术前          | 术后 1 年                   |
|-------|-------------|--------------------------|
| 观察组   | 6.56 ± 1.24 | 2.05 ± 0.31 <sup>‡</sup> |
| 对照组   | 6.76 ± 1.15 | 3.42 ± 0.45 <sup>‡</sup> |
| $t$ 值 | 0.775       | 16.440                   |
| $P$ 值 | 0.440       | 0.000                    |

注: ‡与术前比较,  $P < 0.05$ 。

## 2.5 两组患者并发症发生情况比较

两组患者并发症总发生率比较,经  $\chi^2$  检验,差异无统计学意义( $\chi^2=0.551$ ,  $P=0.458$ )。见表 7。

表 7 两组患者并发症发生情况比较 [ $n=43$ ,例(%)]

| 组别  | 切口感染    | 关节粘连    | 下肢深静脉血栓 | 合计       |
|-----|---------|---------|---------|----------|
| 观察组 | 1(2.33) | 2(4.65) | 0(0.00) | 3(6.98)  |
| 对照组 | 2(4.65) | 2(4.65) | 1(2.33) | 5(11.63) |

## 3 讨论

PCL 作为膝关节后向稳定的核心结构,其胫骨止点撕脱骨折后若未及时给予有效治疗,骨折块移位易导致 PCL 张力异常,继发膝关节后向不稳、半月板损伤及关节软骨退变<sup>[12-14]</sup>。目前临床治疗 PCL 胫骨止点撕脱骨折的核心原则是实现骨折块精准复

位与牢固固定,恢复 PCL 正常张力,减少并发症并促进功能恢复,常用治疗方式包括切开复位内固定术、关节镜辅助螺钉固定术、关节镜下缝线桥固定术及 TightRope 袢钢板固定术等<sup>[15]</sup>。传统切开复位内固定术凭借操作直观、固定可靠的特点,曾是临床治疗的主流术式,但存在创伤大、术后恢复慢等弊端;随着关节镜技术的快速发展,微创治疗已成为该病治疗的主要发展方向,关节镜辅助内固定术可在微创视野下完成骨折复位与固定,减少对周围软组织的损伤,促进术后康复<sup>[16]</sup>。本研究采用的关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术,是一种新型微创固定技术,依托关节镜的精准探查优势与 TightRope 袢钢板的弹性固定特性,可实现骨折块的解剖复位与牢固固定,同时兼顾微创性与稳定性,相较于传统切开复位内固定术,更符合临床微创治疗的发展需求。

本研究结果显示,观察组围手术期指标显著优于对照组,核心原因在于两种术式的操作路径与创伤程度存在本质差异。传统切开复位内固定术需在膝关节后内侧做 5 ~ 7 cm 纵行切口,逐层分离皮肤、皮下组织及深筋膜,牵拉保护腘动静脉、胫神经等重要组织后才能显露骨折部位,操作步骤繁琐,不仅延长手术时间,还会导致术中出血量增多,且较长的手术切口增加了组织损伤范围。相关研究指出<sup>[17]</sup>,传统切开复位内固定术治疗 PCL 胫骨止点撕脱骨折,术中出血量为 120 ~ 180 mL,手术时间多超过 70 min,与本研究对照组数据基本一致。而关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术仅需建立膝关节前外侧、前内侧标准关节镜入路及胫骨结节内侧 2 ~ 3 cm 辅助切口,无需广泛分离软组织,通过关节镜即可清晰观察骨折部位,简化了操作流程,缩短了手术时间。同时,该术式无需切开后关节囊,对关节周围软组织及血管神经的损伤显著减轻,术中出血量可控制在 80 mL 以内,且辅助切口短小,进一步优化了围手术期恢复指标<sup>[18-19]</sup>。关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术的标准化操作流程,无需根据骨折块大小调整固定方式,可快速完成骨折复位与固定,进一步缩短手术时间,这也是观察组手术效率优于对照组的重要原因。术后膝关节活动恢复可直接体现治疗效果。本研究显示,观察组在术后 1、3、6 个月的膝关节活动度均明显优于对照组,且两组活动能

力均随时间逐步提升,这与两类术式对关节结构的损伤程度及固定牢靠程度直接相关。传统切开复位内固定术因广泛分离关节周围软组织、切开后关节囊,会破坏膝关节周围的力学平衡,术后易出现软组织粘连,限制膝关节屈伸活动,且术后需较长时间制动以保证骨折愈合,进一步加重关节粘连,导致膝关节活动度恢复缓慢<sup>[20]</sup>。而关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术对关节周围软组织损伤轻微,未破坏后关节囊的完整性,可最大程度保留膝关节的正常解剖结构与力学平衡,减少术后软组织粘连的发生<sup>[21]</sup>。同时,TightRope 带袢钢板可提供弹性固定,允许骨折块在生理范围内轻微活动,避免了刚性固定导致的关节僵硬,为膝关节早期康复训练创造了条件。术后早期在支具保护下进行被动屈伸训练,可进一步促进关节液循环,减轻组织水肿,预防关节粘连,加速膝关节活动度的恢复,这与相关文献报道的“关节镜下微创固定术可显著促进 PCL 胫骨止点撕脱骨折患者膝关节活动度恢复”的结论一致<sup>[22]</sup>。术后 1 年观察组 Lysholm 评分(疼痛、稳定性等 6 个维度及总分)、IKDC 评分均高于对照组,VAS 评分低于对照组,提示关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术在改善膝关节功能、减轻疼痛方面更具优势,其核心机制在于精准复位、牢固固定及微创损伤的协同作用。在疼痛控制上,传统切开固定手术创伤偏大,术后软组织炎症反应较重,切口痛感持续更久,因此患者疼痛评分整体偏高;而关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术创伤小,术后炎症反应轻微,且切口疼痛程度轻、持续时间短,同时精准的骨折复位可减少骨折端对周围神经的刺激,进一步减轻疼痛,使患者 VAS 评分显著降低<sup>[23]</sup>。膝关节功能改善方面,TightRope 带袢钢板通过骨隧道实现骨折块的解剖复位,可有效恢复 PCL 的正常张力,增强膝关节后向稳定性,这也是观察组稳定性评分高于对照组的关键<sup>[24]</sup>。同时,该术式对关节软骨、半月板等结构的干扰较小,可减少术后关节肿胀,改善患者上下楼梯、蹲姿等功能,提升 Lysholm 总分与 IKDC 评分<sup>[25-26]</sup>。

综上所述,关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术(TightRope 系统)治疗 PCL 胫骨止点撕脱骨折,可显著优化围手术期指标,缩短手术时间、减少术中出血量、缩小切口长度,同时促进膝关节活动度恢复,

改善膝关节功能,减轻患者疼痛,两组并发症发生率无显著差异,且所有并发症经针对性治疗后均得到有效控制。本研究的优势在于采用回顾性队列研究设计,两组患者基线资料均衡可比,减少了混杂因素对研究结果的影响;同时详细对比了两种术式的围手术期指标、关节功能及并发症情况,结合术式操作细节分析疗效差异的机制,结论更具可靠性。本研究也存在一定局限性:首先,本研究为单中心回顾性研究,样本量有限,且随访时间仅为 1 年,长期疗效及并发症发生情况仍需多中心、大样本、长期随访研究进一步验证;其次,本研究未对比两种术式对骨折愈合时间的影响,后续可增加相关观察指标,完善研究结论;最后,本研究未纳入老年、儿童等特殊人群,研究结果的适用性存在一定局限,后续可扩大研究人群范围,为不同人群的治疗方案选择提供依据。

#### 参 考 文 献 :

- [1] Zhao Y, Guo H H, Gao L, et al. Minimally invasive versus traditional inverted "L" approach for posterior cruciate ligament avulsion fractures: a retrospective study[J]. PeerJ, 2022, 10: e13732.
- [2] Wang X, Zhang Z, Zi S M, et al. Biomechanical evaluation of three different fixation methods for treating displaced tibial avulsion fracture of the posterior cruciate ligament: a finite element analysis[J]. Injury, 2025, 56(8): 112568.
- [3] Ghoti S D, Shah N Z, Marfatia A, et al. Posterior cruciate ligament avulsion fracture of tibia: fixation with screw and augmentation using ethibond suture for improved clinical outcomes[J]. J Orthop Case Rep, 2024, 14(9): 194-201.
- [4] Hu Z H, Xia Y Z, She C, et al. Clinical outcomes and complications of four surgical techniques for tibial avulsion fractures of the posterior cruciate ligament: a retrospective comparative study[J]. J Orthop Surg Res, 2025, 20(1): 578.
- [5] Qi H F, Lu Y, Li M, et al. Open reduction and internal fixation of the tibial avulsion fracture of the posterior cruciate ligament: which is better, a hollow lag screw combined with a gasket or a homemade hook plate?[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 143.
- [6] 王志相, 赖建鸿, 林永飞, 等. 镜下缝线联合 Tightrope 固定后交叉韧带胫骨撕脱骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2025, 33(12): 1140-1144.
- [7] Ko S H, Lee C C, Jeon Y D, et al. Long-term clinical outcomes after TightRope versus hook plate fixation for acute acromioclavicular joint dislocation[J]. Orthop J Sports Med, 2023, 11(4): 23259671231165097.
- [8] Katsman A, Strauss E J, Campbell K A, et al. Posterior cruciate

- ligament avulsion fractures[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2018, 11(3): 503-509.
- [9] 万俊锋, 兰家平, 李磊, 等. 后内侧安全入路治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折[J]. *实用骨科杂志*, 2025, 31(11): 1036-1038.
- [10] 查方景, 杨建平, 王彦, 等. 全关节镜下双隧道高强线套扎"8"字固定治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折的短期临床研究[J]. *国际骨科学杂志*, 2025, 46(1): 64-68.
- [11] 龚礼, 周明, 侯慧铭, 等. 关节镜下"三点固定"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*, 2024, 28(5): 351-356.
- [12] Huang W T, Kang K, Wang J, et al. Morphological risk factors for posterior cruciate ligament tear and tibial avulsion injuries of the tibial plateau and femoral condyle[J]. *Am J Sports Med*, 2023, 51(1): 129-140.
- [13] Gopinath V, Mameri E S, Casanova F J, et al. Systematic review and meta-analysis of clinical outcomes after management of posterior cruciate ligament tibial avulsion fractures[J]. *Orthop J Sports Med*, 2023, 11(9): 23259671231188383.
- [14] Chen G D, Xu W G, Chen Y B, et al. Classification and bundle-weaving fixation for posterior cruciate ligament tibial avulsion fractures: innovations and applications of key techniques[J]. *Orthop Surg*, 2025, 17(10): 2943-2959.
- [15] Wen G G, Chen C L, Wang S, et al. Comparison of three surgical methods for displaced posterior cruciate ligament tibial insertion avulsion fractures: a retrospective study[J]. *J Orthop Surg Res*, 2025, 20(1): 333.
- [16] Rajnish R K, Yadav S K, Srivastava A, et al. Arthroscopic fixation versus open reduction and internal fixation for displaced tibial side posterior cruciate ligament avulsion fractures: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Orthop*, 2025, 66: 271-281.
- [17] 吴荣, 张占丰, 翁伟, 等. 切开复位空心钉锚钉与关节镜下带袢钢板固定后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折的疗效比较[J]. *中国骨伤*, 2024, 37(6): 583-590.
- [18] 王飞, 权松涛. 关节镜下 TightRope 锁扣带袢双钛板内固定治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折的效果观察[J]. *中国实用医刊*, 2025, 52(5): 17-20.
- [19] Ouyang J A, Hui M, Lu J F, et al. Arthroscopic management of posterior cruciate ligament avulsion fractures utilizing anterior compartment loop-and-tack suspension fixation[J]. *Orthop J Sports Med*, 2025, 13(12): 23259671251386462.
- [20] 潘汝南, 唐承杰, 李峰, 等. 带线锚钉缝合固定老年后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折的临床疗效[J]. *中国骨与关节杂志*, 2023, 12(11): 828-832.
- [21] Ulusoy İ, Güzel İ. Comparable outcomes of arthroscopic and mini-open tightrope fixation for acute acromioclavicular joint dislocations[J]. *BMC Surg*, 2026, 26(1): 86.
- [22] 张刘会, 张田宇, 陈玉宏. 切开复位锁定加压钢板与关节镜下带袢钢板内固定治疗后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折的疗效比较[J]. *中华创伤杂志*, 2025, 41(12): 1164-1171.
- [23] 朱意然, 袁堂波, 董家纯, 等. 关节镜下 TightRope 袢钢板固定治疗后交叉韧带止点撕脱骨折的临床疗效观察[J]. *中华解剖与临床杂志*, 2023, 28(2): 93-97.
- [24] Khalil M H, Waly M R. Functional and radiological outcomes following arthroscopic-assisted tight-rope technique versus clavicular hook plate fixation in management of acute acromioclavicular joint dislocation[J]. *Egypt Orthop J*, 2025, 59(4): 451-457.
- [25] 陆军帅, 高礼层, 窦帮, 等. 关节镜下 TightRope 环扎固定治疗前交叉韧带胫骨止点撕脱性骨折的疗效评估[J]. *创伤外科杂志*, 2023, 25(2): 118-123.
- [26] 孙长蛟, 杜瑞勇, 吴厦, 等. 胫骨平台髁间嵴撕脱骨折缝线钛板固定手术一例及文献复习[J]. *中国医师杂志*, 2023, 25(5): 782-785.

(张蕾 编辑)

**本文引用格式:** 冯志伟, 刘殿奎, 李鹏涛, 等. 关节镜辅助带袢钢板悬吊固定术后交叉韧带胫骨止点撕脱骨折对患者膝关节功能的影响[J]. *中国现代医学杂志*, 2026, 36(15): 39-45.

**Cite this article as:** Feng Z W, Liu D K, Li P T, et al. Effects of arthroscopic-assisted TightRope internal fixation on knee function in patients with tibial avulsion fracture at the posterior cruciate ligament attachment[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2026, 36(15): 39-45.