

· 临床研究论著 ·

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

汤睿 刘沛

【摘要】 目的 探讨关节镜下 Ethibond 缝线复位固定治疗后交叉韧带 (posterior cruciate ligament, PCL) 胫骨止点撕脱骨折的临床效果。**方法** 对 2015 年 2 月至 2017 年 12 月我院收治的 22 例 PCL 胫骨止点撕脱骨折病人, 在关节镜下常规前内、前外侧入路结合双后内侧入路显露骨折, 将 PCL 重建定位器置入并在其引导下由前内向后于撕脱骨折床 3 点和 9 点处钻出导针, 制造两骨隧道。术中使用双根 5 号 Ethibond 缝线在韧带后方骨块近侧打结, 经胫骨双骨隧道将缝线拉出于胫骨前侧, 充分复位骨折块, 缝线收紧打结固定。术后定期随访, 了解骨折复位、愈合情况及活动度, 采用 KT-1000 测量及后抽屉试验评估膝关节稳定性, 比较手术前后的 Lysholm 评分、Tegner 评分、国际膝关节评分委员会 (International Knee Documentation Committee, IKDC) 评分。**结果** 随访时间为 19~28 个月, 平均 24.5 个月。术后 6 周骨折均愈合, 复位良好。术后 6 个月, 所有病人后抽屉试验均为阴性, 无伸膝、屈膝受限, 平均屈膝活动度为 $138.5^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$ 。手术前后的 KT-1000 测量值分别为 (10.9 ± 0.7) mm、 (1.5 ± 0.6) mm, Lysholm 评分分别为 (36.5 ± 4.9) 分、 (94.2 ± 3.3) 分, Tegner 评分分别为 (2.6 ± 0.8) 分、 (6.7 ± 0.4) 分; IKDC 评分: 术前 C 级 7 例 (31.82%)、D 级 15 例 (68.18%), 术后 A 级 21 例 (95.45%)、B 级 1 例 (4.55%)。上述指标手术前后的数值比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。**结论** 关节镜下经胫骨双骨隧道应用 5 号 Ethibond 缝线复位固定治疗 PCL 胫骨止点撕脱骨折, 固定方法简便可靠, 临床疗效满意。

【关键词】 后交叉韧带; 骨折; 关节镜检查; 缝线

Clinical efficacy of Ethibond suture reduction and fixation under arthroscopy for posterior cruciate ligament tibial avulsion fracture. TANG Rui, LIU Pei. Department of Orthopaedics, Xiaogan First People's Hospital, Xiaogan 432100, China

Corresponding author: LIU Pei, E-mail: 37773613@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the clinical efficacy of Ethibond suture reduction and fixation under arthroscopic for posterior cruciate ligament (PCL) tibial avulsion fracture. **Methods** From February 2015 to December 2017, in 22 patients with PCL tibial avulsion fractures, conventional arthroscopy and anterior-lateral approach combined with double postero-medial approach revealed fractures under arthroscopy. The PCL reconstruction locator was placed and guided from the anterior-medial to the posterior direction. Guide needles were drilled at 3 and 9 o'clock on the avulsion fracture bed to create a two-bone tunnel. During the operation, two No.5 Ethibond sutures were used to tie the proximal bone mass behind the ligament. The suture was pulled out of the anterior side of the tibia through the tibial double bone tunnel to fully reduce the fracture mass. The suture was tightened and tied. Regular follow-up after surgery was performed to understand fracture reduction, healing and activity. KT-1000 measurement and posterior drawer test were used to evaluate knee stability. Lysholm score, Tegner score, and International Knee Documentation Committee (IKDC) score before and after surgery were compared. **Results** The follow-up time ranged from 19 to 28 months, with an average of 24.5 months. All fractures healed and the reduction was good at 6th week. At 6th month after operation, all patients had negative posterior drawer tests, no knee extension, and no knee flexion limitation. The average knee flexion activity was $138.5^{\circ} \pm 3.5^{\circ}$. KT-1000 values before and after surgery were (10.9 ± 0.7) mm and (1.5 ± 0.6) mm, Lysholm scores were 36.5 ± 4.9 and 94.2 ± 3.3 , and Tegner scores were 2.6 ± 0.8 and 6.7 ± 0.4 respectively. For IKDC score, there were 7 cases of grade C (31.82%), 15 cases of grade D (68.18%), 21 cases of grade A

(95.45%), and 1 case of grade B (4.55%). All the indexes above showed statistically significant differences (all $P < 0.05$). **Conclusion** Arthroscopic transtibial double bone tunnel application of No. 5 Ethibond suture reduction and fixation to treat PCL tibial avulsion fracture is simple and reliable, and the clinical efficacy is satisfactory.

【Key words】 Posterior cruciate ligament; Fracture; Arthroscopy; Suture

后交叉韧带(posterior cruciate ligament, PCL)胫骨止点撕脱骨折是一种常见的PCL损伤类型^[1],发生率高于单纯的PCL断裂。PCL胫骨止点部分位于关节囊外,撕脱骨折发生后,由于关节囊等软组织的嵌夹常使骨块难以闭合复位,保守治疗骨折不愈合发生率高,容易造成PCL功能不全。对于PCL胫骨止点撕脱骨折,尤其是骨折块较大的骨折,过去通常行后路切开复位内固定术,但该方法创伤较大且难以处理关节内的合并损伤,对于骨折块较小或粉碎性骨折,常缺乏可靠的固定方法^[2]。

随着关节镜技术的进步和生物材料的发展,PCL胫骨止点撕脱骨折的固定方式也逐渐增多,如空心螺钉^[3,4]、钢丝^[5]、缝线(或加纽扣)^[6,7]、逆行克氏针^[8-10]等。Sasaki等^[11]的研究表明,螺钉固定与缝线固定的生物力学强度无明显差异;Eggers等^[12]研究发现螺钉固定和缝线固定具有一致的可靠性,由于缝线固定操作简便、固定可靠且无需二次手术取出,是目前最为普遍的固定方式。常用的缝线固定材料包括PDS与Ethibond,PDS具有高强度和可吸收的优点,但一旦在操作过程中受损,强度将会明显减弱^[13];而Ethibond在体内具有更好的生物力学强度^[14],因此更为常用。

本研究采用关节镜下双骨道、5号Ethibond缝线固定治疗22例PCL胫骨止点撕脱骨折病人,通过2年左右随访,观察手术相关指标、术后关节功能恢

复和并发症情况,评估该手术方式治疗PCL胫骨止点撕脱骨折的临床疗效。

资料与方法

一、纳入与排除标准

纳入标准:①膝关节后向不稳定Ⅱ度以上;②Meyers-McKeeever分型^[15]为Ⅱ型和Ⅲ型;③可合并内、外侧半月板损伤。排除标准:①骨折移位不明显;②PCL胫骨止点周围复合性撕脱骨折,累及周围胫骨平台或股骨;③前交叉韧带(ACL)损伤需要进行韧带重建;④合并后外复合体损伤;⑤合并Ⅱ度以上内侧副韧带损伤。

二、一般资料

共纳入2015年2月至2017年12月于我院经关节镜治疗的22例PCL胫骨止点撕脱骨折病人,其中男20例,女2例;年龄为20~55岁,平均37岁。损伤原因:交通伤12例,运动伤10例。手术时间为伤后8~34 d,平均13 d。Meyers-McKeeever骨折分型:Ⅱ型14例,Ⅲ型8例。

所有病人术前签署知情同意书,术前常规行X线、MRI检查(图1);由同一名医生完成体格检查,在麻醉后完成KT-1000测量及后抽屉试验:后抽屉试验Ⅱ度(移位为5~10 mm)15例,Ⅲ度(移位>10 mm)7例;术前KT-1000值为 (10.9 ± 0.7) mm(7.0~13.0 mm),2例合并内侧半月板损伤。术前评估所

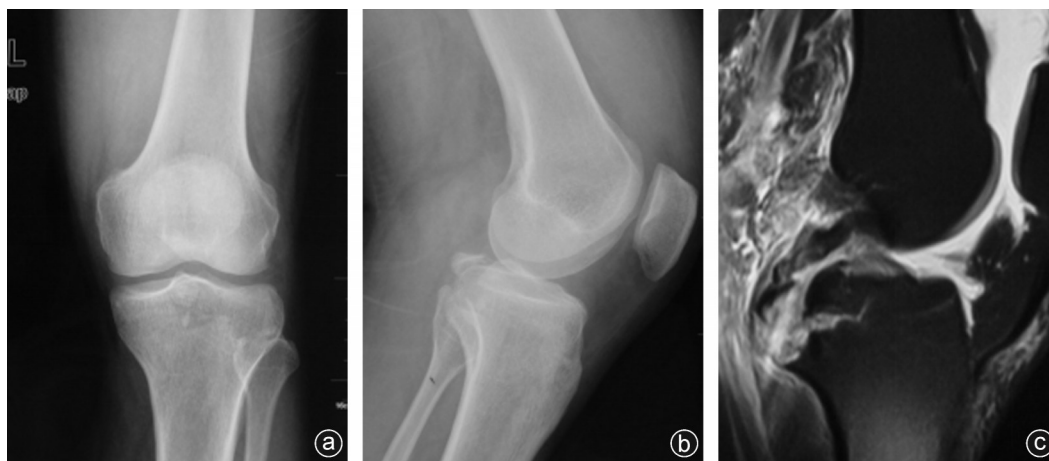


图1 术前影像学检查 a、b:术前正侧位X线片可见PCL胫骨止点撕脱骨折;c:术前MRI可见PCL胫骨止点撕脱骨折

有病人的 Lysholm 评分、Tegner 评分、国际膝关节评分委员会 (International Knee Documentation Committee, IKDC) 评分。本研究通过湖北省孝感市第一人民医院伦理委员会批准。

三、手术方法

常规腰硬联合麻醉后,病人取仰卧位,使用气囊止血带。采用前内、前外侧入路常规探查膝关节,处理合并损伤。

将关节镜镜头自前外侧入路,经 PCL 和股骨内髁间隙插入后内侧室,关节镜监视下分别于关节线

近侧 3 cm 和略高于关节线水平建立后内侧高位和低位入路及工作通道(图 2 a、b)。自后内侧低位入路插入刨刀,自后内侧高位入路置入交换棒,顺其置入镜鞘并置换交换棒为镜头,监控下刨刀、消融头清理骨床,清除血凝块及嵌于骨折间的软组织,充分显露骨折。打开 PCL 后方的后纵间隔以方便后续操作,试行复位骨折。

将 PCL 胫骨隧道定位器从前内侧入路置入,经 ACL、PCL 之间至后室,根据定位器位置方向在胫骨前内侧作一 1.5~2.0 cm 的切口,在定位器引导下从

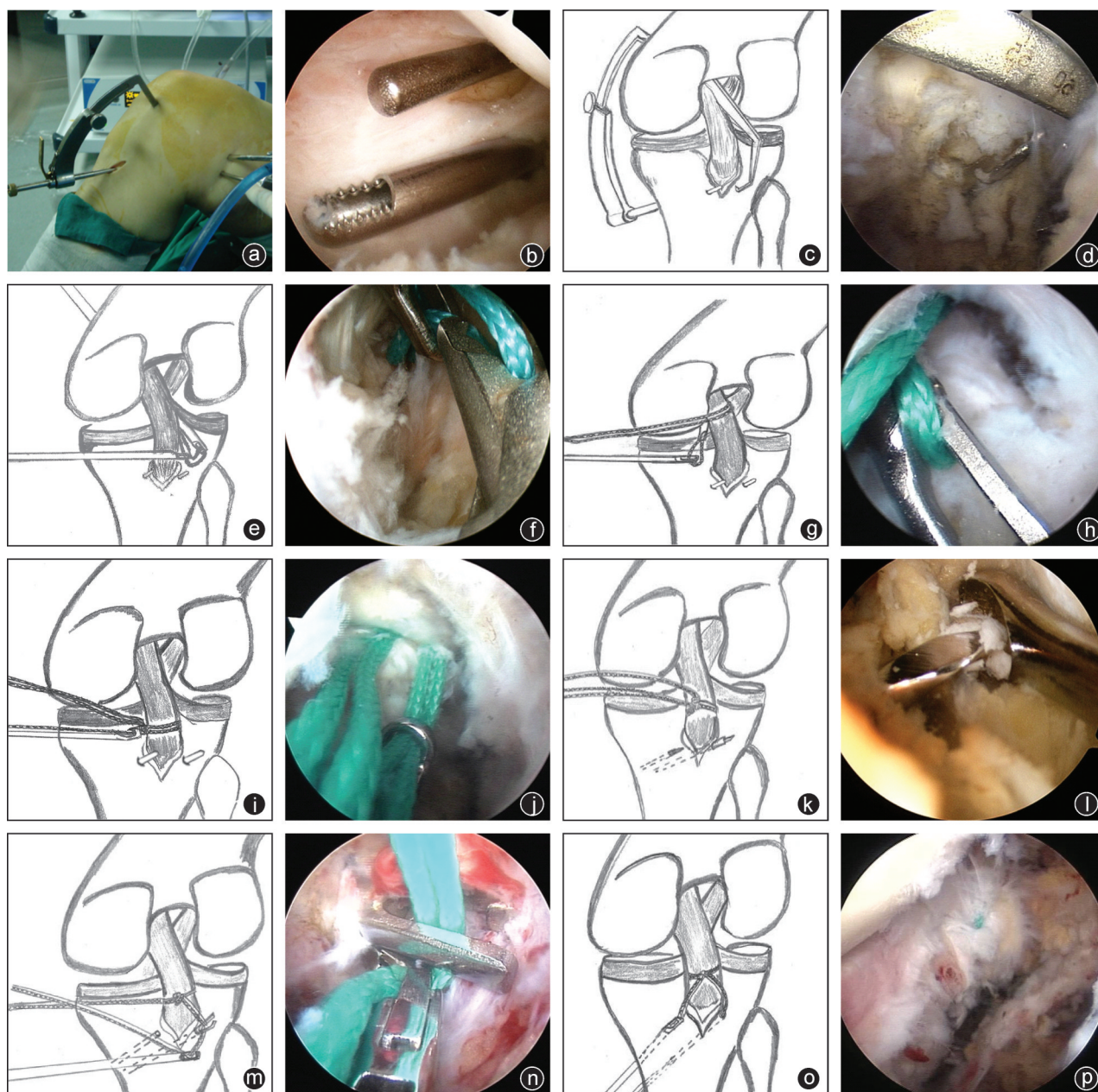


图 2 手术过程示意图和关节镜下操作图 a、b:建立高低位后内侧入路;c、d:自胫骨结节内侧向胫骨骨床边缘3点及9点位置钻入克氏针;e、f:从前外侧入路将 Ethibond 线于 PCL 外侧置入后室,将线从后内侧入路引出;g、h:从前外侧入路将 Ethibond 线于 PCL 内侧置入后室;i、j:将 Ethibond 线从后内侧入路引出,于骨折块近侧 PCL 上打结;k、l:沿克氏针用 4.5 mm 钻头钻通,制作胫骨隧道;m、n:将 Ethibond 线引入骨隧道,从胫骨前内侧穿出;o、p:拉紧 Ethibond 线,复位骨折(手术过程示意图由武汉大学中南医院铁楷绘制)

前内下朝后上对准骨床边缘3点及9点处分别钻出2.0 mm克氏针备用,克氏针外口距离约为1 cm(图2 c、d)。从前外侧入路将双根5号 Ethibond 缝线两端分别自PCL内、外侧置入后内侧室(图2 e~h),分别自后内侧低位入路引出,为防止打结时软组织嵌顿阻挡,再次同时将PCL内、外侧双线同时从后内侧低位入路引出(图2 i、j),于骨折块近侧PCL上打结。

沿2枚克氏针用4.5 mm钻头钻通作2个胫骨隧道(图2 k、l)。顺两侧骨隧道插入缝线夹持器,将 Ethibond 固定线两端分别引入骨隧道(图2 m、n),从胫骨前内侧穿出,复位骨折,拉紧 Ethibond 线,胫骨前侧打结固定(图2 o、p)。

四、术后康复训练

术后膝关节可调支具固定,参照PCL重建康复训练计划进行功能锻炼。前2周膝关节固定于伸直位并进行股四头肌等长收缩和直腿抬高训练。术后3周开始行渐进的膝关节活动度训练,每周增加15°,支具保护下部分负重。术后5~8周由部分负重过渡至完全负重,术后8周内屈膝活动度超过90°。12周后去除支具,可行45°以内半蹲训练,并行软垫上行走的本体感觉训练。术后4个月开始各种灵活性训练,可以上平衡板或者软垫上慢跑,向前匀速跑。术后6个月恢复所有正常运动。

五、随访和疗效评估

术后定期随访,了解病人骨折复位及愈合情况、膝关节活动度、稳定性和功能。根据X线片检查评估骨折恢复情况,采用KT-1000测量评估膝关节稳定性,采用Lysholm评分、Tegner评分、IKDC评分评估膝关节功能。

六、统计学分析

应用SPSS 17.0统计学软件(IBM公司,美国)对

手术前后数据行统计学分析,采用卡方检验比较IKDC等级评分, Mann - Whitney U 秩和检验比较Lysholm评分、Tegner评分,配对t检验比较KT-1000测量值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

22例病人术后均未出现感染、血管神经损伤等并发症。手术时间为50~90 min,平均70 min。初期手术时间较长,为70~90 min;后期手术时间较短,为50~70 min。

随访时间为19~28个月,平均24.5个月。术后6周骨折均愈合,复位良好(图3)。术后6个月,所有病人后抽屉试验均为阴性。病人均无屈膝、伸膝受限,平均屈膝活动度为 $138.5^\circ \pm 3.5^\circ$ 。手术前后的KT-1000测量值分别为 (10.9 ± 0.7) mm、 (1.5 ± 0.6) mm, Lysholm评分分别为 (36.5 ± 4.9) 分、 (94.2 ± 3.3) 分, Tegner评分分别为 (2.6 ± 0.8) 分、 (6.7 ± 0.4) 分;上述指标手术前后的数值比较,差异均有统计学意义($t = 42.301, P < 0.001; t = 45.810, P < 0.001; t = 21.503, P < 0.001$)。IKDC评分:术前C级7例(31.82%)、D级15例(68.18%),术后A级21例(95.45%)、B级1例(4.55%),手术前后的IKDC评分等级比较,差异有统计学意义($\chi^2 = 16.598, P < 0.001$)。

讨 论

PCL胫骨止点撕脱骨折的临床症状与PCL损伤相似,少数情况下也存在不典型症状,诊断时主要依据体格检查与影像学检查相结合。后抽屉试验是PCL损伤最为敏感的体征,但在急性损伤期由于关节肿胀、疼痛、股四头肌紧张、关节腔积血等原因,可能造成假阴性结果,从而影响正确判断^[16],因此需要



图3 术中及术后复位图片 a:镜下可见撕脱的PCL止点骨折块;b:镜下复位PCL止点骨折块;c:术后正位X线片可见固定PCL止点撕脱骨折的骨隧道;d:术后侧位X线片可见PCL止点撕脱骨折复位良好

结合影像学检查进行判断。但因为 PCL 胫骨止点位于胫骨后侧关节线远端 10 mm 处^[17], 在胫骨内、外侧平台后部中间形成的沟槽底部, 当骨折移位 < 10 mm 时, 侧位 X 线片难以发现骨折块, 而 MRI 和 CT 可直接反映骨折移位情况, 且 MRI 可反映膝关节所有相关结构, 有利于明确合并损伤, 尤其是膝关节后外侧角等重要结构的损伤情况^[18], 因此在高度怀疑 PCL 胫骨止点撕脱骨折时, 应行膝关节 MRI 检查。

PCL 胫骨止点撕脱骨折分为 3 型^[19], 未出现移位为 I 型; II 型为骨折块上缘固定下缘移位, 类似“铰链”样部分移位; III 型为完全移位。对于 I 型骨折通常采用石膏或支具外固定保守治疗, 对于 II、III 型通常需要关节镜下手术治疗^[20]。

既往研究认为, 由于操作空间的限制, 对于骨折块 < 10 mm 的骨折多应用缝线固定, 10~20 mm 大小的骨折块应用钢丝固定, 对于 > 20 mm 的骨折块建议螺钉固定^[5]。随着关节镜技术和生物材料的发展, 骨折块大小已不再是固定方式的决定因素^[10], 固定方式也逐渐增多, 如可吸收螺钉、钢丝、空心螺钉、逆行克氏针等, 但均有不足之处。撕脱骨折的骨块一般都较小且薄, 可吸收螺钉、空心钉等直径较粗, 钻孔拧钉过程中容易导致骨块破裂, 同时使用空心钉固定时如透视导针位置不佳需反复钻入导针, 增加手术时间的同时也容易将骨块钻碎; 可吸收螺钉技术操作要求较高, 且本身强度不足, 容易出现断钉或固定不牢; 钢丝或缝线固定需经胫骨隧道, 增加了手术步骤及创伤, 固定强度不足也容易出现骨块松动及翘起移位, 且钢丝收紧后应力集中易致骨块破裂; 金属内固定物还需再次手术取出从而导致二次创伤; 对于粉碎性骨折的病例, 传统内固定物均难以达到牢固固定。由于缝线固定操作简便、固定可靠、与螺钉固定的生物力学强度无明显差异, 且无需二次手术取出, 是目前最为普遍的固定方式。缝合固定技术必须建立胫骨隧道引出缝线并固定, 关于缝线固定的胫骨隧道主要有单隧道、双隧道和“Y”型隧道。Gui 等^[7]和 Camara-Arrigunaga 等^[21]采用单隧道并在隧道外口置入螺钉或锚钉固定缝线尾端, Chen 等^[10]采用双骨道在隧道外口打结固定缝线, Zhao 等^[6]采用“Y”型骨道在骨道外口处应用纽扣固定缝线, 以上方法均取得良好的骨折固定效果。与双胫骨隧道相比, 单隧道与“Y”型隧道缝线均需要额外的辅助装置固定缝线尾端, 增加操作难度, 双隧道仅需要将缝线直接打结固定, 操作简便, 固定效果可靠, 因此胫骨双隧道应用更为合理。

本研究采用关节镜下经胫骨双骨隧道 5 号 Ethibond 缝线打结固定的方法治疗 PCL 胫骨止点撕脱骨折, 随访结果表明骨折固定可靠, 临床效果好。本技术具有一定的优势: ①操作简便, 应用双后内侧入路, 先经后内侧高位入路清理骨床, 后在该入路下监控, 经后内侧低位入路复位固定骨块; ②骨折固定可靠, Ethibond 缝线具有高强度, 在操作过程中即使受损仍可保持良好的强度维持骨折固定; ③线结使撕脱骨块难以松脱, 尤其适用于粉碎性骨折和骨块较小的骨折, 并可辅助骨折复位; ④缝线具有一定的弹性, 固定后骨折块存在微动, 符合骨折生物固定的原则; ⑤骨折愈合不需要手术取出, 减轻病人经济负担和二次手术痛苦。但本手术方法不适用于以下病例: ①骨折移位不明显; ②PCL 胫骨止点周围复合性撕脱骨折, 累及周围胫骨平台或股骨; ③合并 ACL 损伤需要进行韧带重建; ④合并后外复合体损伤; ⑤合并 II 度以上内侧副韧带损伤者。

手术技术要点和体会: ①因为缝线分别经 PCL 两侧引入时先后经后内侧低位入路引出, 在两次引出的间隔过程中可能嵌入软组织, 因此在缝线经 PCL 内外侧穿出后, 打结前将两侧缝线再次同时经低位后内侧入路拉出, 避免打结时软组织嵌顿影响骨折复位; ②因为板股韧带连接外侧半月板后角和股骨内髁, 打结绞入后会产生悬吊作用阻止缝线对骨块的牵拉从而影响复位, 因此缝线从 PCL 两侧引出后, 应尽量从 PCL 胫骨侧低位拉出, 避免打结时将板股韧带绞入影响复位效果; ③缝线打结时不需要太紧, 因为 PCL 表面滑膜附有血管, 可为与之相连的骨折块提供血运, 打结太紧可能影响骨折块血供; ④骨隧道内口应位于骨床两端偏下, 否则会直接影响骨块复位; ⑤两隧道内口间隔不能太小, 否则不容易控制骨块旋转。

本研究中后期手术时间的减少说明本技术具有一定的学习曲线, 因为常规关节操作多为膝关节水平面三角定位, 而双后内入路操作需要在膝关节冠状面进行三角定位, 操作中的三角对位关系发生变化, 因此习惯常规关节镜操作的医师需要再次学习的过程。但本手术方法学习曲线对于熟练掌握关节镜手术技术的医生学习曲线较短。

本研究通过 2 年左右随访, 评估关节镜下经胫骨双骨隧道应用 5 号 Ethibond 缝线固定治疗 22 例 PCL 胫骨止点撕脱骨折的临床效果和并发症, 我们认为, 该手术方式操作简单、创伤较小、安全可靠, 膝关节功能恢复良好, 临床疗效满意。

参 考 文 献

- [1] Katsman A, Strauss EJ, Campbell KA, et al. Posterior cruciate ligament avulsion fractures[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2018, 11(3): 503-509.
- [2] Hooper PO 3rd, Silko C, Malcolm TL, et al. Management of posterior cruciate ligament tibial avulsion injuries: a systematic review [J]. *Am J Sports Med*, 2018, 46(3): 734-742.
- [3] Abdallah AA, Arafa MS. Treatment of posterior cruciate ligament tibial avulsion by a minimally-invasive open posterior approach [J]. *Injury*, 2017, 48(7): 1644-1649.
- [4] Littlejohn SG, Geissler WB. Arthroscopic repair of a posterior cruciate ligament avulsion[J]. *Arthroscopy*, 1995, 11(2): 235-238.
- [5] Deehan DJ, Pinczewski LA. Arthroscopic reattachment of an avulsion fracture of the tibial insertion of the posterior cruciate ligament [J]. *Arthroscopy*, 2001, 17(4): 422-425.
- [6] 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[J]. *Arthroscopy*, 2006, 22(2): 172-181.
- [7] Gui J, Wang L, Jiang Y, et al. Single-tunnel suture fixation of posterior cruciate ligament avulsion fracture [J]. *Arthroscopy*, 2009, 25(1): 78-85.
- [8] Horas U, Meissner SA, Heiss C, et al. Arthroscopic fixation of posterior cruciate ligament avulsion fractures: a new minimally invasive technique[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2010, 18(6): 781-783.
- [9] Reverte-Vinaixa MM, Nuñez JH, Muñeton D, et al. Outcomes of posterior cruciate ligament tibial avulsion treated with staple fixation: stress TELOS X-ray evaluation [J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2019, 29(4): 883-891.
- [10] Chen SY, Cheng CY, Chang SS, et al. Arthroscopic suture fixation for avulsion fractures in the tibial attachment of the posterior cruciate ligament[J]. *Arthroscopy*, 2012, 28(10): 1454-1463.
- [11] Sasaki SU, da Mota e Albuquerque RF, Amatuzzi MM, et al. Open screw fixation versus arthroscopic suture fixation of tibial posterior cruciate ligament avulsion injuries: a mechanical comparison [J]. *Arthroscopy*, 2007, 23(11): 1226-1230.
- [12] Eggers AK, Becker C, Weimann A, et al. Biomechanical evaluation of different fixation methods for tibial eminence fractures [J]. *Am J Sports Med*, 2007, 35(3): 404-410.
- [13] Wright PB, Budoff JE, Yeh ML, et al. Strength of damaged suture: an *in vitro* study[J]. *Arthroscopy*, 2006, 22(12): 1270-1275.
- [14] Greenwald D, Shumway S, Albear P, et al. Mechanical comparison of 10 suture materials before and after *in vivo* incubation [J]. *J Surg Res*, 1994, 56(4): 372-377.
- [15] Meyers MH, McKeever FM. Fracture of the intercondylar eminence of the tibia[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1970, 52(8): 1677-1684.
- [16] Covey CD, Sapega AA. Injuries of the posterior cruciate ligament [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1993, 75(9): 1376-1386.
- [17] Chandrasekaran S, Ma D, Scarvell JM, et al. A review of the anatomical, biomechanical and kinematic findings of posterior cruciate ligament injury with respect to non-operative management [J]. *Knee*, 2012, 19(6): 738-745.
- [18] Sudasna S, Harnsiriwattanagit K. The ligamentous structures of the posterolateral aspect of the knee [J]. *Bull Hosp Jt Dis Orthop Inst*, 1990, 50(1): 35-40.
- [19] White EA, Patel DB, Matcuk GR, et al. Cruciate ligament avulsion fractures: anatomy, biomechanics, injury patterns, and approach to management[J]. *Emerg Radiol*, 2013, 20(5): 429-440.
- [20] Griffith JF, Antonio GE, Tong CW, et al. Cruciate ligament avulsion fractures[J]. *Arthroscopy*, 2004, 20(8): 803-812.
- [21] Camara-Arrigunaga F, Camposeco-Longo P, Nieves-Silva J, et al. Fixation with anchors for posterior cruciate ligament avulsion by arthroscopy: a new technique[J]. *Arthroscopy*, 2005, 21(9): 1146.

(收稿日期: 2019-11-13)

(本文编辑:陈姗姗)

本文引用格式

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.
DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2020.02.007.