

## · 临床研究 ·

## 保残与非保残重建后交叉韧带的病例对照研究

王军, 姜鑫, 张益民, 郭永智

(潍坊市人民医院关节外科, 山东 潍坊 261041)

**【摘要】 目的:** 探讨关节镜下保留残端纤维与非保留残端重建后交叉韧带的方法与疗效。**方法:** 2006 年 1 月至 2011 年 1 月, 在关节镜下自体腘绳肌腱重建后交叉韧带 45 例, 可吸收挤压螺钉固定移植物。非保残技术重建后交叉韧带 25 例, 男 19 例, 女 6 例; 清理断端后胫骨骨道采用双螺钉全骨隧道固定技术。保留残端重建后交叉韧带 20 例, 男 15 例, 女 5 例; 保留残端纤维, 采用与非保残组同样的固定方法。两组均随访 18 个月, 采用 KT-2000 胫骨后移距离、Lysholm 膝关节评分、IKDC 评分及分级进行疗效评定。**结果:** 在术后 18 个月随访时, KT-2000 测胫骨后移距离、Lysholm 膝关节评分及 IKDC 评分, 非保残重建组分别为  $(4.2 \pm 2.1)$  mm,  $84.3 \pm 10.5$  和  $64.5 \pm 8.8$ ; 保残组  $(3.9 \pm 1.8)$  mm,  $86.5 \pm 8.9$  和  $68.6 \pm 7.9$ , 两组差异无统计学意义。IKDC 运动能力分级恢复正常或基本正常者, 保残组优于非保残组。**结论:** 保留残端纤维关节镜下后交叉韧带重建, 在恢复膝关节运动功能方面显示了较非保残重建更好的优势。

**【关键词】** 后交叉韧带; 膝关节; 修复外科手术; 关节镜; 病例对照研究

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2013.05.003

**Case-control studies on clinical effects of non- and remnant preservation for reconstruction of posterior cruciate ligament** WANG Jun, JIANG Xin, ZHANG Yi-min, and GUO Yong-zhi. Department of Joint Surgery, People's Hospital of Weifang, Weifang 261041, Shandong, China

**ABSTRACT Objective:** To evaluate the methods and therapeutic effects of the posterior cruciate ligament (PCL) reconstruction with remnant preservation and no preservation. **Methods:** From January 2006 to January 2011, 45 patients received arthroscopic PCL reconstruction by using hamstring tendon autograft fixed with bioabsorbable interference screw. Twenty-five patients were treated with PCL reconstruction with remnant no preservation, including 19 males and 6 females. During the operation, remnant PCL was not preserved, double-screws and whole-bone-tunnel technique was used to fix the tibial side. Twenty patients were treated with PCL reconstruction with remnant preservation, including 15 males and 5 females. Although the fixation technique was similar to the remnant no preservation group, the remnant was preserved. All the patients were followed up with a mean period of 18 months. Each patient was evaluated using the following variables: posterior laxity on KT-2000, Lysholm knee score, International Knee Documentation Committee (IKDC) knee score and grade. **Results:** At the latest follow-up, the results of mean side-to-side differences in posterior tibial translation, Lysholm knee score and IKDC score were  $(4.2 \pm 2.1)$  mm,  $84.3 \pm 10.5$  and  $64.5 \pm 8.8$  in the remnant no preservation group separately, and  $(3.9 \pm 1.8)$  mm,  $86.5 \pm 8.9$  and  $68.6 \pm 7.9$  in the remnant preservation group separately. There were no statistical differences of above results between the two groups. However, IKDC objective grade differed significantly between the two groups and the result in remnant preservation group was better than that of remnant no preservation group. **Conclusion:** Remnant preservation in PCL reconstruction can provide better activity-related outcomes than remnant no preservation.

**KEYWORDS** Posterior cruciate ligament; Knee joint; Reconstructive surgical procedures; Arthroscopes; Case-control studies

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2013, 26(5): 365-369 www.zggszz.com

膝关节后交叉韧带 (posterior cruciate ligament, PCL) 损伤近年来呈现增长的趋势<sup>[1]</sup>。随着关节镜技术的发展, PCL 损伤关节镜下 PCL 重建技术得到广泛应用, PCL 重建的方法也多种多样<sup>[2-4]</sup>。前交叉韧带保残重建收到良好的临床效果<sup>[5]</sup>。由于 PCL 有血运及滑膜覆盖, 所以较前交叉韧带更容易愈合。后交叉韧带保残重建能促进移植物的再血管化以及关节

本体感觉恢复, 增加膝关节的稳定性<sup>[6]</sup>。笔者对 45 例 PCL 完全断裂非保残重建和保留残端重建组进行对比研究, 评估其疗效。

## 1 资料与方法

**1.1 临床资料与分组** 自 2006 年 1 月至 2011 年 1 月, 关节镜下自体腘绳肌腱重建 PCL 45 例。非保残技术重建 PCL 25 例, 内侧半月板损伤 3 例, 外侧半月板损伤 2 例; 保留残端重建 PCL 20 例, 内侧半月板损伤 5 例, 外侧半月板损伤 2 例。两组患者临床资

料比较见表 1, 差异无统计学意义, 有可比性。

**1.2 诊断、入选及排除标准** 诊断标准: ①明确膝关节外伤史; ②体格检查后抽屉试验 (posterior drawer test, PDT) 阳性 II 度以上, 提示后交叉韧带断裂; ③磁共振检查提示后交叉韧带断裂 (图 1a); ④关节镜下证实后交叉韧带断裂。纳入标准: 关节镜下诊断为单纯后交叉韧带断裂患者, 合并内外侧半月板损伤或软骨 Outerbridge 分级 I - II 度。排除标准: ①伴有血管神经损伤以及骨折患者; ②多发韧带损伤者 (包括后外结构损伤); ③ Outerbridge 分级 III 度以上; ④后交叉韧带翻修术。

**1.3 治疗方法**

**1.3.1 保残组**

(1) 手术探查。采用腰麻, 常规内侧高位入路和前外侧低位入路行膝关节镜检查膝, 探查前、后交叉韧带及半月板损伤情况, PCL 体部断裂最为常见, 胫骨、股骨端纤维残存, 有少部分患者通常 PCL 包绕的滑膜尚有连续性但韧带纤维断裂 (图 1b)。还有较少的患者前外束或后内束 1 束纤维断裂, 另 1 束完整。发现内侧半月板损伤 5 例, 外侧半月板损伤 2 例。清理炎性滑膜并处理损伤的半月板。

(2) 肌腱准备。胫骨结节内侧 1.5 cm, 沿皮纹方向斜行切口 2 cm, 逐层切开皮肤、皮下, 达半腱肌、股薄肌肌腱止点。钝性分离后切断胫骨侧止点, 以取腱器完整切取半腱肌、股薄肌腱性部分, 去除残余肌肉对折后将两端编织缝合 3 cm (图 1c)。

(3) 胫骨、股骨隧道的准备。关节镜前内侧入路监视下, 屈膝 90°, 建立后内和后外入路。刨刀清理后间室滑膜组织, 显露后交叉韧带胫骨止点 (图 1d)。尽可能保留残端韧带纤维, 后内入路进关节镜。导向器自前内入路进入关节腔, 尖端置于 PCL 胫骨残端中心偏外 2 mm, 胫骨关节软骨下 1.5 cm, 定位器与胫骨平台呈 60°, 与胫骨纵轴呈 10°, 钻入直径 2 mm 克氏针 1 枚, 突破胫骨后方皮质骨。采用与移植肌腱相同直径的空心钻, 沿导针建立后交叉韧带胫骨隧道。扩隧道时注意钻头恰好钻透骨质为宜, 避免对残端纤维造成损伤, 测量胫骨隧道长度。股骨止点中心位于股骨髁关节软骨后方 8 mm, 左膝 10:30, 右膝 1:30。保留残端纤维, 膝关节屈曲 >90°, 低位前外入路

钻入克氏针, 减少股骨隧道与股骨髁间的角。为避免股骨止点残端分散, 空心钻顶到股骨内髁的外侧壁, 逆时针旋转, 建立股骨隧道, 深度 30~35 mm (图 1e)。

(4) 肌腱固定。用 5 号 Ethibond 聚乙烯线将肌腱移植体从胫骨端引入关节腔并牵引至股骨隧道, 拉紧后取与股骨隧道相同直径、长度 30 mm 的可吸收界面螺钉, 自关节腔内拧入股骨隧道固定韧带股骨端。拉紧韧带屈伸膝 20 次后, 以 1 枚直径较骨道直径细 1 mm、长 25 mm 的可吸收界面螺钉从胫骨隧道外口拧入, 一直拧到胫骨后方骨皮质。根据测量长度, 计算余下隧道长度, 选择直径与骨道直径相同、相对应长度 (25 mm 或 30 mm) 的可吸收钉拧入股骨隧道。探针检查重建韧带的张力和稳定性 (图 1f)。

**1.3.2 非保残组**

(1) 手术探查。采用腰麻, 常规内侧高位入路和前外侧低位入路行膝关节镜检查膝, 探查前、后交叉韧带及半月板损伤情况, PCL 体部断裂最常见。发现内侧半月板损伤 3 例, 外侧半月板损伤 2 例。清理炎性滑膜及后交叉韧带残存纤维并处理损伤的半月板。

(2) 肌腱准备。肌腱准备同保残重建组。

(3) 胫骨、股骨隧道的准备。关节镜前内侧入路监视下, 屈膝 90°, 建立后内和后外入路。刨刀清理后间室滑膜组织, 显露后交叉韧带胫骨止点。清理后交叉韧带残存纤维。导向器自前内入路进入关节腔, 尖端置于 PCL 胫骨残端中心偏外 2 mm, 胫骨关节软骨下 1.5 cm, 定位器与胫骨平台呈 60°, 与胫骨纵轴呈 10°, 钻入直径 2 mm 克氏针 1 枚, 突破胫骨后方皮质骨。采用与移植肌腱相同直径的空心钻, 沿导针建立后交叉韧带胫骨隧道。测量胫骨隧道长度。股骨止点中心位于股骨髁关节软骨后方 8 mm, 左膝 10:30, 右膝 1:30。膝关节屈曲 >90°, 低位前外入路钻入克氏针, 减少股骨隧道与股骨髁间的角, 建立股骨隧道, 深度 30~35 mm。

(4) 肌腱固定。同保残重建组固定方法。

**1.3.3 术后康复计划** 两组患者术后以可调式支具保护 12 周, 早期进行踝泵运动, 采用个性化康复训练程序。进行股四头肌力练习、髌骨推移练习及膝关节活动度训练。术后 2 周被动屈膝达 90°, 4 周达

表 1 两组后交叉韧带损伤患者术前临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data between two groups of patients with posterior cruciate ligament injuries

组别	例数 (例)	性别 (例)		年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	受伤至手术时间 ( $\bar{x} \pm s$ , 月)	PDT (例)	
		男	女			III 度阳性	II 度阳性
非保残组	25	19	6	30.2±8.3	2.2±1.1	21	4
保残组	20	15	5	28.4±10.4	2.5±1.5	17	3
检验值	-	$\chi^2=0.07$		$t=0.65$	$t=0.77$	$\chi^2=0.10$	
P 值	-	0.79		0.52	0.44	0.75	

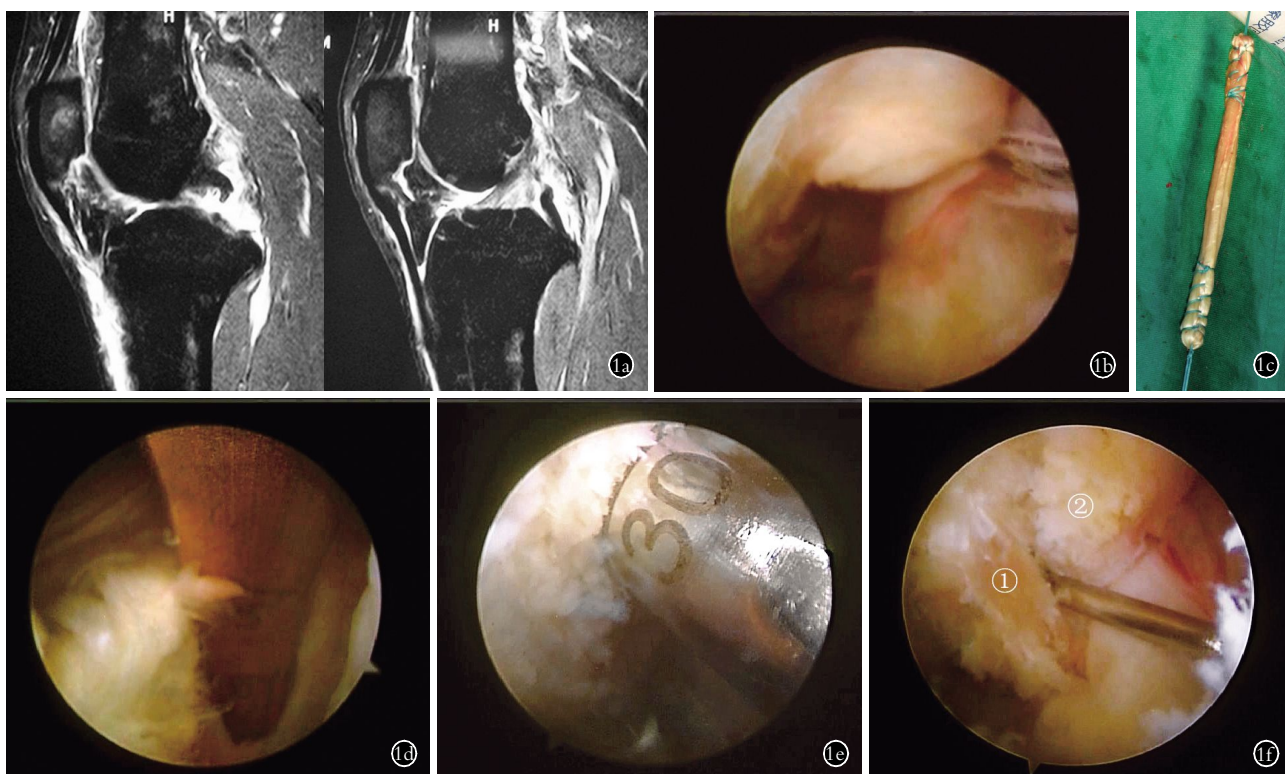


图1 患者,男,36岁,PCL断裂 1a.术前MRI示PCL断裂 1b.关节镜下PCL断裂 1c.自体腘绳肌腱 1d.PCL胫骨止点 1e.PCL股骨隧道建立 1f.PCL保残重建术后。①:重建韧带;②:PCL残端

Fig.1 Male, 36-year-old, PCL rupture 1a. Preoperative MRI showed PCL rupture 1b. Arthroscopic view of PCL rupture 1c. Autologous hamstring tendons 1d. Tibial insertion of PCL 1e. Femoral tunnel of PCL reconstruction 1f. PCL reconstruction with remnant preservation. ①: Reconstructed ligament; ②: Remnant of PCL

120°, 6周内支具保护下扶拐部分负重行走, 术后7~8周完全负重行走。逐步加强主动性肌力、关节活动度及耐力训练, 6个月基本恢复正常活动。

**1.4 观测指标与方法** 患者入院及术后18个月随访时记录下列相关数据: 后抽屉试验不稳定程度(KT-2000), Lysholm膝关节评分<sup>[7]</sup>, 国际膝关节文献委员会(International Knee Documentation Committee, IKDC)评分及分级<sup>[8]</sup>进行疗效评定。

**1.5 统计学处理** 采用SPSS 18.0统计学软件, 对各项评分等定量资料, 术后与术前比较采用配对设计定量资料的t检验, 组间比较采用成组设计定量资料的t检验, 性别等定性资料比较采用 $\chi^2$ 检验。两组IKDC分级比较采用秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

两组患者均获随访, 随访18个月, 所有患者术中无神经、血管损伤及其他并发症发生。

**2.1 两组Lysholm膝关节评分比较** 结果见表2。保残组与非保残组患者Lysholm膝关节评分术后均较术前提高, 术前与术后两组间比较差异均无统计学意义。

**2.2 两组IKDC膝关节主观功能评分比较** 结果见

表3。保残组与非保残组患者IKDC膝关节主观功能评分术后均较术前提高, 术前与术后两组间比较差异均无统计学意义。

**2.3 两组KT-2000后移距离及IKDC分级比较** 结果见表4。保残组与非保残组患者胫骨后移距离术后较术前改善, 术前与术后两组比较差异均无统计学意义。保残组与非保残组患者IKDC分级术后均较术前改善, 术前两组间比较差异无统计学意义, 术后保残组IKDC分级优于非保残组。

## 3 讨论

关于单纯后交叉韧带损伤是否手术治疗曾经存在争议<sup>[9-10]</sup>。越来越多的研究表明, 手术治疗后交叉韧带损伤效果好于非手术<sup>[11-13]</sup>。因为PCL损伤后, 膝关节失稳, 继发其他韧带松弛、半月板及关节软骨退变等并发症<sup>[14]</sup>。目前, 关节镜下PCL重建术已被普遍接受。

笔者选用自体4股腘绳肌腱(股薄肌和半腱肌)作为PCL重建肌腱移植。在采用经胫骨隧道技术重建PCL时, 由于移植物绕过胫骨后缘转向前方, 几何模型提示这种移植物的走行方向将使移植物遭受较高的张力<sup>[15]</sup>。移植物在紧张状态时会与胫骨后缘产生摩擦和撞击, 使得移植物受损, 最终都会导致

表 2 两组后交叉韧带损伤患者术前与术后 Lysholm 膝关节评分比较( $\bar{x}\pm s$ , 分)

Tab.2 Comparison of pre- and post-operative Lysholm scores between two groups of patients with posterior cruciate ligament

injuries( $\bar{x}\pm s$ , score)											
组别	例数(例)	时间	跛行	支撑	交锁	疼痛	不稳	肿胀	上楼	下蹲	总分
保残组	20	术前	4.0±0.8	4.5±0.7	10.6±1.1	14.6±2.8	8.0±1.1	5.5±0.7	5.7±1.8	4.5±0.4	60.7±8.2
		术后	4.1±0.6	4.7±0.8	15.3±1.7	21.2±2.6	23.6±2.3	8.1±1.7	9.5±1.2	4.8±0.6	86.5±8.9 <sup>a1</sup>
非保残组	25	术前	4.2±0.7	4.3±0.6	10.9±1.8	12.2±2.6	6.8±0.8	5.1±0.8	6.0±1.6	4.2±0.4	59.3±7.0 <sup>a3</sup>
		术后	4.3±0.8	5.0±0.0	13.0±2.1	21.5±1.9	22.8±2.3	8.5±1.2	9.1±1.3	4.8±0.4	84.3±10.5 <sup>a2a4</sup>

注:术后与术前比较, <sup>a1</sup>t=9.38, P<0.01; <sup>a2</sup>t=9.04, P<0.01。两组间比较, <sup>a3</sup>t=0.53, P=0.59; <sup>a4</sup>t=0.76, P=0.46

Note: Comparison between pre-and post-operative scores, <sup>a1</sup>t=9.38, P<0.01; <sup>a2</sup>t=9.04, P<0.01. Comparison between two groups, <sup>a3</sup>t=0.53, P=0.59; <sup>a4</sup>t=0.76, P=0.46

表 3 两组后交叉韧带损伤患者术前与术后 IKDC 膝关节主观功能评分比较( $\bar{x}\pm s$ , 分)

Tab.3 Comparison of pre- and post-operative IKDC scores between two groups of patients with posterior cruciate ligament

injuries( $\bar{x}\pm s$ , score)											
组别	例数(例)	时间	疼痛	肿胀	交锁	不稳	运动	功能	自我评价	总分	
保残组	20	术前	12.3±1.7	4.1±0.8	3.6±0.7	1.9±0.5	1.0±0.5	12.4±1.8	10.5±1.2	43.5±6.1	
		术后	20.5±2.3	7.1±0.9	4.3±0.5	4.1±0.4	3.6±0.4	18.3±2.6	16.5±1.7	68.6±7.9 <sup>b1</sup>	
非保残	25	术前	11.9±1.8	4.2±0.6	3.5±1.2	1.5±0.4	1.2±0.4	10.0±1.1	9.3±1.5	42.1±5.7 <sup>b3</sup>	
		术后	18.2±2.6	6.9±0.7	4.1±0.3	3.8±0.4	3.5±0.3	15.6±1.8	15.2±1.5	64.5±8.8 <sup>b2b4</sup>	

注:术后与术前比较, <sup>b1</sup>t=9.67, P<0.01; <sup>b2</sup>t=9.85, P<0.01。两组间比较, <sup>b3</sup>t=0.60, P=0.55; <sup>b4</sup>t=1.62, P=0.11

Note: Comparison between pre-and post-operative scores, <sup>b1</sup>t=9.67, P<0.01; <sup>b2</sup>t=9.85, P<0.01. Comparison between two groups, <sup>b3</sup>t=0.60, P=0.55; <sup>b4</sup>t=1.62, P=0.11

表 4 两组后交叉韧带损伤患者术前与术后 KT-2000 后移距离及 IKDC 分级比较

Tab.4 Comparison of pre- and post-operative IKDC degrees and posterior laxity on KT-2000 between two groups of patients with posterior cruciate ligament injuries

组别	例数(例)	KT-2000 后移距离( $\bar{x}\pm s$ , mm)		术前 IKDC 分级(例)				术后 IKDC 分级(例)			
		术前	术后	A 级	B 级	C 级	D 级	A 级	B 级	C 级	D 级
保残组	20	10.5±1.5	3.9±1.8 <sup>c1</sup>	0	0	12	8	10	11	1	1 <sup>c3</sup>
非保残组	25	10.2±1.2	4.2±2.1 <sup>c2</sup>	0	0	12	13	5	8	8	1 <sup>c4</sup>
统计值	-	t=0.27	t=0.51	U=0.69				U=2.20			
P 值	-	0.78	0.61	0.49				0.03			

注:与术前比较, <sup>c1</sup>t=5.97, P<0.01; <sup>c2</sup>t=10.10, P<0.01; <sup>c3</sup>U=4.65, P<0.01; <sup>c4</sup>U=4.68, P<0.01

Note: Comparison between pre-and post-operative results, <sup>c1</sup>t=5.97, P<0.01; <sup>c2</sup>t=10.10, P<0.01; <sup>c3</sup>U=4.65, P<0.01; <sup>c4</sup>U=4.68, P<0.01

移植物的松弛,从而影响手术效果。解剖固定限制了移植物在骨隧道中的微动,有效地减小其磨损。同号界面螺钉常使移植物旋转,其挤压作用会影响移植物的重塑性,小号螺钉固定强度会明显降低。采用经胫骨隧道选择小一号的螺钉挤压固定胫骨近端,同号螺钉固定胫骨隧道远端肌腱,双螺钉全骨道挤压固定技术,移植物与皮质骨紧密挤压固定,减少隧道内口对移植物的磨损,而且防止滑液流入骨隧道,避免骨道扩大、移植物松动。

PCL 保残重建手术注意钻隧道时要减少附着点 PCL 纤维损伤;PCL 鞘内损伤、滑膜尚有连续性时,术中应尽量保留韧带和滑膜的连续性;单束 PCL 损伤,重建结束后可用等离子刀皱缩残存的纤维,让其保持一定的张力。

传统的清除残留的韧带组织重建手术有利于获

得清楚的关节镜视野,便于股骨和胫骨隧道的定位;但残端清除,不利于保护滑膜血运及感受器。手术效果与感受器的数量直接相关<sup>[16]</sup>。保残重建的血供更丰富,血管化程度更高。有研究表明,保残重建的 ACL 可观察到感受器<sup>[17]</sup>。Ochi 等<sup>[16]</sup>观察了 45 例 ACL 重建前后的膝关节位置感觉以及本体感觉唤醒电位的变化,发现膝关节神经支配的重建与膝关节功能恢复有直接关系,因此认为在手术中保留残端有利于术后膝关节位置觉的恢复。与前交叉韧带相比,后交叉韧带本体感受器的研究较少。有用组织学检验发现后交叉韧带拥有的神经元和机械感受器占所有韧带的 1%<sup>[18]</sup>。并且后交叉韧带有更好的滑膜覆盖、血液供应及比 ACL 更强的自己愈合潜能。所以后交叉韧带保残重建也开始受到重视。Ahn 等<sup>[19]</sup>行后交叉韧带保残重建,随访 48 个月, Lysholm 评分从

65.8 提高至 92.9, IKDC 客观评分正常或基本正常比例占 97%。Jung 等<sup>[20]</sup>保留残存韧带 Inlay 技术重建后交叉韧带前外束, 随访 45.7 个月, SSD、膝关节功能评分及 IKDC 评分都较术前明显提高。这些研究仅比较了术前及保残重建术后关节的功能, 并没有就保残重建与传统重建的效果做比较。Kim 等<sup>[18]</sup>通过对比单束 PCL 重建联合后外结构重建与 PCL 保残重建联合后外结构重建, 发现在膝关节稳定性、后向松弛、IKDC 评分上两组无明显差异; 但 Tegner 运动功能的评分, 主观 IKDC 评分上, 保残组与不保残组有明显差异。由于 Kim 等<sup>[18]</sup>研究的是后交叉韧带合并后外结构的损伤, 单独的 PCL 损伤保残重建的效果如何, 尚不得而知。笔者对 PCL 保残重建与非保残重建手术效果做了对比研究, 术后膝关节稳定性均得到大幅提高; IKDC 运动能力分级保残重建组优于非保残重建组, 说明保残重建组患者恢复运动或基本恢复运动功能高于非保残重建组。

本研究表明, 关节镜下经胫骨隧道双螺钉固定技术结合自体腘绳肌腱保残重建 PCL 能恢复膝关节稳定性, 较好地恢复膝关节的部分运动功能。由于病例数较少、观察评估时间不长, 临床效果还待进一步研究证实。

#### 参考文献

- [1] Mariani PP, Becker R, Rihn J, et al. Surgical treatment of posterior cruciate ligament and posterolateral corner injuries. An anatomical, biomechanical and clinical review[J]. *Knee*, 2003, 10(4): 311-324.
- [2] Chhabra A, Kline AJ, Harner CD. Single-bundle versus double-bundle posterior cruciate ligament reconstruction: scientific rationale and surgical technique[J]. *Instr Course Lect*, 2006, 55: 497-507.
- [3] Sekiya JK, West RV, Ong BC, et al. Clinical outcomes after isolated arthroscopic single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Arthroscopy*, 2005, 21(9): 1042-1050.
- [4] Musil D, Sadovsky P, Filip L, et al. Short-term evaluation of the hamstring tendon graft technique with use of Rigidfix system[J]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech*, 2005, 72(4): 239-245.
- [5] Lee BI, Min KD, Choi HS, et al. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with the tibial-remnant preserving technique using a hamstring graft[J]. *Arthroscopy*, 2006, 22(3): e1-7.
- [6] Shelbourne KD, Jennings RW, Vahey TN. Magnetic resonance imaging of posterior cruciate ligament injuries: assessment of healing[J]. *Am J Knee Surg*, 1999, 12(4): 209-213.
- [7] Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1985, (198): 43-49.
- [8] Weitzel PP, Richmon JC. Critical evaluation of different scoring systems of the knee[J]. *Sports Med Arthrosc*, 2002, 10: 183-190.
- [9] Grasmayr MJ, Parker DA, Coolican MR, et al. Posterior cruciate ligament deficiency: biomechanical and biological consequences and the outcomes of conservative treatment. A systematic review[J]. *J Sci Med Sport*, 2008, 11(5): 433-443.
- [10] Hammoud S, Reinhardt KR, Marx RG. Outcomes of posterior cruciate ligament treatment: a review of the evidence[J]. *Sports Med Arthrosc*, 2010, 18(4): 280-291.
- [11] Wang CJ, Chen SH, Huang TW. Outcome of arthroscopic single bundle reconstruction for complete posterior cruciate ligament tear[J]. *Injury*, 2003, 34(10): 747-751.
- [12] MacGillivray JD, Stein BE, Park M, et al. Comparison of tibial inlay versus transtibial techniques for isolated posterior cruciate ligament reconstruction: minimum 2-year follow-up[J]. *Arthroscopy*, 2006, 22(3): 320-328.
- [13] 王健, 敖英芳. 后交叉韧带断裂继发关节软骨退行性变的实验研究[J]. *中国运动医学杂志*, 2004, 23(5): 476-479.  
Wang J, Ao YF. Study on the articular cartilage degeneration secondary to posterior cruciate ligament rupture in rabbit knee[J]. *Zhongguo Yun Dong Yi Xue Za Zhi*, 2004, 23(5): 476-479. Chinese.
- [14] Sidles JA, Clark JM, Garbini JL. A geometric theory of the equilibrium mechanics of fibers in ligaments and tendons[J]. *J Biomech*, 1991, 24(10): 943-949.
- [15] Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: mechanisms of injury and underlying risk factors[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2009, 17(7): 705-729.
- [16] Ochi M, Iwasa J, Uchio Y, et al. Induction of somatosensory evoked potentials by mechanical stimulation in reconstructed anterior cruciate ligaments[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2002, 84(5): 761-766.
- [17] Muaidi QI, Nicholson LL, Refshauge KM, et al. Effect of anterior cruciate ligament injury and reconstruction on proprioceptive acuity of knee rotation in the transverse plane[J]. *Am J Sports Med*, 2009, 37(8): 1618-1626.
- [18] Kim SJ, Kim SH, Chun YM, et al. Clinical comparison of conventional and remnant-preserving transtibial single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction combined with posterolateral corner reconstruction[J]. *Am J Sports Med*, 2012, 40(3): 640-649.
- [19] Ahn JH, Yang HS, Jeong WK, et al. Arthroscopic transtibial posterior cruciate ligament reconstruction with preservation of posterior cruciate ligament fibers: clinical results of minimum 2-year follow-up[J]. *Am J Sports Med*, 2006, 34(2): 194-204.
- [20] Jung YB, Jung HJ, Tae SK, et al. Tensioning of remnant posterior cruciate ligament and reconstruction of anterolateral bundle in chronic posterior cruciate ligament injury[J]. *Arthroscopy*, 2006, 22(3): 329-338.

(收稿日期: 2013-03-11 本文编辑: 连智华)