

· 基础研究 ·

前交叉韧带与 Ramp 损伤修复的生物力学对比[△]李书振¹, 王豪², 覃志², 朱圣旺², 曾泮², 秦煜², 孙可¹, 尹东^{1*}

(1. 广西壮族自治区人民医院关节·运动医学外科, 广西南宁 530022; 2. 广西中医药大学研究生院, 广西南宁 530001)

摘要: [目的] 比较前交叉韧带与 Ramp 损伤不同修复的运动学改变。[方法] 16 个新鲜尸体膝, 均依次进行以下模型建立与运动学测试, 处理顺序为: 正常对照 (normal control, NC), ACL 切断+Ramp 损伤组 (ACL cutting and Ramp injury, ACRI)、ACL 重建+Ramp 损伤组 (ACL reconstruction and Ramp injury, ARRI)。将 16 个膝分为两组, 每组 8 膝, 分别为 ACL 重建+Ramp 缝合钩修复组 (ACL reconstruction and suture hook repair for Ramp injury, ARSH) 和 ACL 重建+Ramp Fast-fix 修复组 (ACL reconstruction and fast-fix repair for Ramp injury, ARFF)。将标本固定于力学测试仪, 于屈曲 0°、30°、60°、90°, 施加前向 134 N 恒定载荷, 和内外旋 5 N·m 载荷, 测量胫骨前移距离、内旋和外旋角度。[结果] 各屈膝角度状态下, 胫骨前移、内旋和外旋由低至高总体依次为, NC < ARSH < ARFF < ARRI < ACRI, 总体差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。在各屈膝角度下, ARSH 组与 ARFF 组胫骨前移距离的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。在屈膝 0°、30° 和 60° 下 ARSH 组胫骨内旋均显著小于 ARFF 组 ($P < 0.05$), 但在屈膝 90° 下 ARSH 组与 ARFF 组胫骨内旋的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。在各屈膝角度下 ARSH 组与 ARFF 组胫骨外旋的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。[结论] 在膝关节 ACL 合并 Ramp 损伤 ACL 重建中, 缝合钩与 Fast-fix 缝合修复 Ramp 损伤均能提高膝关节的稳定性, 但与 Fast-fix 缝合修复相比, 缝合钩修复能更好地恢复膝关节内旋稳定性。

关键词: 膝关节, 前交叉韧带断裂, Ramp 损伤, 缝合钩修复, Fast-fix 修复, 膝关节稳定性

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2022) 16-1492-05

Biomechanical comparison of anterior cruciate ligament tear accompanied with Ramp injury and their repairs in cadaver knees // Li Shu-zhen¹, Wang Hao², Qin Zhi², Zhu Sheng-wang², Zeng Pan², Qin Yu², Sun Ke¹, Yin Dong¹. 1. Department of Arthroscopy and Sports Medicine, Guangxi Zhuang Autonomous Region People's Hospital, Nanning 530022, China; 2. Graduate School of West University of Chinese Medicine, Nanning 530001, China

Abstract: [Objective] To compare the biomechanical variations of anterior cruciate ligament (ACL) tear accompanied with Ramp injury and different repairs for them. [Methods] A total of 16 fresh cadaver knees were treated and tested in the following order: normal control (NC), ACL cutting and Ramp injury (ACRI), ACL reconstruction and Ramp injury (ARRI) group. After that, the 16 knees were divided into two groups with 8 knees in each group, including ACL reconstruction and suture hook repair for Ramp injury (ARSH) and ACL reconstruction and Fast-fix repair for Ramp injury (ARFF). After the specimens were fixed in the mechanical tester, the tibial translation, internal rotation and external rotation were measured under constant anteroposterior 134 N load and 5 N·m internal and external rotation torque at 0°, 30°, 60°, 90° flexion of the knee. [Results] The total order of tibial anterior displacement, internal rotation and external rotation from low to high was of NC < ARSH < ARFF < ARRI < ACRI, with statistically significant differences among the 5 groups ($P < 0.05$). In any degrees of knee flexion, there was no significant difference in the tibia anterior displacement between ARSH group and ARFF group ($P > 0.05$). However, the ARSH group had significantly less tibial internal rotation than ARFF group at 0°, 30° and 60° knee flexion ($P < 0.05$), although there was no statistical significance between them at 90° knee flexion ($P > 0.05$). In addition, there was no significant difference between ARSH group and ARFF group in tibial external rotation at any knee flexion angles ($P > 0.05$). [Conclusion] Both suture hook and fast fix for repair of Ramp injury following ACL reconstruction are effective treatments for the complex injuries, by contrast, suture hook repair achieve better restoration of internal rotation stability of the knee.

Key words: knee, anterior cruciate ligament tear, Ramp injury, suture hook repair, fast-fix repair, knee stability

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.16.11

△基金项目:广西自然科学基金项目(编号:2017GXNSFAA198374)

作者简介:李书振,主任医师,硕士学位,研究方向:运动医学,(电话)13977125975,(电子信箱)lishuzhenjoint@163.com

*通信作者:尹东,(电话)13737097052,(电子信箱)tangin2002@sina.com

膝关节 Ramp 损伤是一种特殊类型的半月板损伤, Smigielski 等^[1, 2]将其定义为内侧半月板后角与关节囊交界区域的损伤或内侧半月板后角胫骨韧带区域的损伤。Ramp 损伤与前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 损伤有密切的关系, 常见于陈旧性 ACL 损伤和高能量损伤^[3]。据报道, 在 ACL 损伤的病例中 Ramp 损伤发病率约为 9.3%~24.0%^[4]。半月板解剖和生物力学研究提示, 半月板环形排列的胶原纤维束可以有效抵抗环形张力, 从而分散胫股关节面之间承受的重力, 当胫骨受到前向拉力时, ACL 损伤会使内侧半月板的接触力和箍力增加, 使内侧半月板后角区域更容易发生损伤^[5-10]。单纯重建 ACL 而不修复 Ramp 损伤, 会使重建后的 ACL 承受更大应力, 继而影响膝关节的稳定性, 因此需要进一步修复 Ramp 损伤, 从而恢复膝关节运动力学、维持膝关节稳定性以及减少移植物的应力^[11, 12]。

目前 Ramp 损伤修复手术方法主要是缝合钩与 Fast-fix 修复, 两种修复方法在临床上均获得较满意的治疗效果^[13-16], 但关于两种缝合技术对比的基础研究及临床研究没有相关报道。本研究目的是采用人体膝关节标本造模后进行生物力学研究, 比较缝合钩与 Fast-fix 缝合修复 Ramp 损伤后的胫骨前移距离和内外旋转角度, 假设: (1) 当 ACL 断裂合并 Ramp 损伤时, 行 ACL 重建时进行 Ramp 损伤修复后可恢复膝关节稳定性; (2) 与 Fast-fix 缝合相比, 缝合钩缝合修复能更好恢复膝关节稳定性。

1 材料与方法

1.1 标本来源

选取 16 具人体膝关节标本, 年龄 40~73 岁, 平均 (61.94±8.76) 岁, 其中左侧 9 具, 右侧 7 具; 男 6 具, 女 10 具。所有标本均放置在 -20℃ 冰柜中冷冻, 在模型制备前 24 h 放置在室温下解冻。在关节线以下 20 cm 处轴向切断胫腓骨, 保留胫骨近端部分; 在关节线以上 20 cm 处轴向切断股骨, 保留股骨远端部分。

1.2 模型建立与处理

16 个新鲜尸体膝, 均依次进行以下模型建立与力学测试, 处理顺序为: 正常对照 (normal control, NC), ACL 切断+Ramp 损伤组 (ACL cutting and Ramp injury, ACRI)、ACL 重建+Ramp 损伤组 (ACL reconstruction and Ramp injury, ARRI)。将 16 个膝分为两组, 每组 8 膝, 分别为 ACL 重建+Ramp 缝合钩修复组 (ACL reconstruction and suture hook repair for Ramp injury, ARSH) 和 ACL 重建+Ramp Fast-fix 修复

组 (ACL reconstruction and fast-fix repair for Ramp injury, ARFF)。

NC 组: 未经任何建模手术处理。

ACRI: 经前外侧入路镜下观察, 经前内侧入路置入 10 号刀片将 ACL 切断, 建立后内侧及后外侧关节镜入路, 后内侧入路置入 10 号尖刀片, 对内侧半月板 Ramp 区域进行 20 mm 的切断 (图 1a)。

ARRI: 取标本半腱肌和股薄肌肌腱, 编织成直径 8 mm、长 10 cm 的移植物。采用内侧入路进行 ACL 重建术, 建立 8 mm 股骨骨道和胫骨骨道, 股骨端采用 Endobutton 悬吊固定, 胫骨端采用挤压螺钉固定。

ARSH: ACL 重建后 8 例进行以下处理: 屈膝 90°, 经后内、后外入路, 打开后纵膈, 采用直 90° 弯缝合钩带 0 号可吸收 PDS-II 缝线经后内侧入路进入后内侧间室。缝合钩垂直穿过撕裂关节囊缘, 然后垂直从撕裂半月板缘穿出, 推送足够长 PDS-II 缝线进入后内侧间室并退出缝合钩, 然后抓线钳将 PDS-II 缝线两端引出关节外, 打结器打结固定, 针距为 5 mm, 共缝 3 针 (图 1b)。

ARFF: ACL 重建后 8 例进行以下处理: 采用常规前内、前外入路, 前外入路置入关节镜并穿髁间窝观察, 前内入路操作, 膝关节处于外翻接近伸直位, 采用 Fast-fix 缝合器垂直褥式缝合撕裂关节囊缘和半月板缘, 针距为 5 mm, 共缝 3 针 (图 1c)。

1.3 力学检测方法

将膝关节标本股骨和胫骨端分别固定在生物力学仪器的夹具上, 膝关节在 0°~90° 伸屈活动可调节, 2 根铁丝通过圆盘卡槽固定, 铁丝尾端固定直径 5 cm 承重圆盘, 铁丝通过滑轮放置在两端, 通过承重圆盘放置砝码给予内外旋的应力; 下方圆筒前方有套环和铁丝组成, 铁丝固定于拉力感应器处, 通过前方螺旋手柄可施加前向拉力, 同时通过拉力感应器得出应力数值。

分别将标本膝关节屈曲角度设置为屈曲 0°、30°、60°、90°, 施加前向 134 N 恒定载荷, 和内外旋 5 N·m 载荷。高速摄影机进行追踪拍摄胫骨前移距离, 旋转角度通过下方圆筒表盘进行读数 (图 1d)。

1.4 统计学方法

使用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 资料呈正态分布时, 整体比较采用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD 检验法。资料呈非正态分布时, 整体比较采用 Krushal-Wallis H 检验, 两两比较采用 Mann-whitney U 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

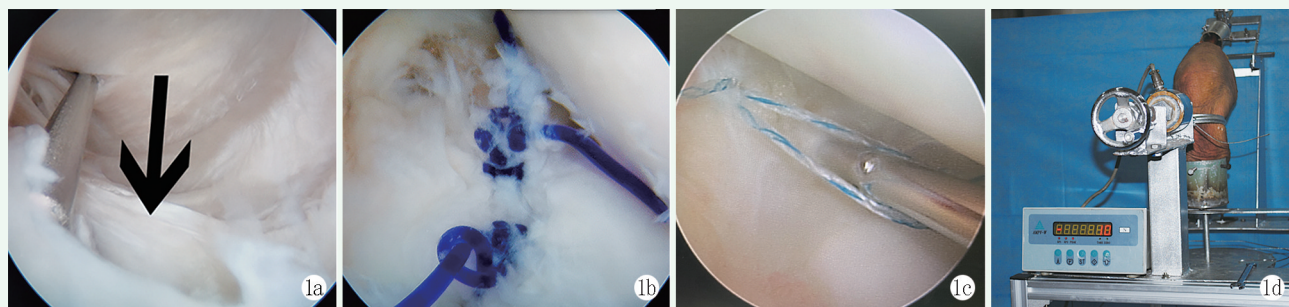


图 1 两种缝合修复 Ramp 损伤的运动学比较 1a: 后外侧入路观察, 后内侧入路 Ramp 损伤建立 1b: 后外侧入路观察, 后内侧入路缝合钩缝合 Ramp 损伤 1c: 穿髁间窝入路观察, 内侧入路 Fast-fix 缝合 Ramp 损伤 1d: 生物力学测试仪器

2 结果

2.1 胫骨前移距离

胫骨前移距离测量结果见表 1。在屈膝 30° 和 60° 下, ACRI、ARRI、ARSH 和 ARFF 的胫骨前移距离均显著大于 NC 组 ($P < 0.05$), 但在屈膝 0° 和屈膝 90° 状态下, ACRI 和 ARRI 胫骨前移距离均大于

NC 组 ($P < 0.05$), 而 ARSH 和 ARFF 与 NC 组胫骨前移距离的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。在各屈膝角度下, ARRI、ARSH 和 ARFF 胫骨前移距离均小于 ACRI ($P < 0.05$); 在各屈膝角度下, ARSH 和 ARFF 胫骨前移距离均小于 ARRI ($P < 0.05$); 在各屈膝角度下, ARSH 与 ARFF 相比胫骨前移距离差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 1 各组不同屈膝角度下胫骨前移距离测量结果 (mm, $\bar{x} \pm s$) 与比较

屈膝角	NC (n=16)	ACRI (n=16)	ARRI (n=16)	ARSH (n=8)	ARFF (n=8)	P 值
0°	3.44±0.81	22.19±4.10	12.46±1.47	3.84±0.62	4.09±0.9	<0.001
30°	4.57±0.71	23.78±3.20	15.81±1.52	6.98±0.56	7.48±0.62	<0.001
60°	5.57±1.04	20.47±2.53	15.89±1.20	6.08±1.16	6.83±1.14	<0.001
90°	7.59±0.82	22.24±3.70	15.81±1.39	5.94±0.45	6.31±0.57	<0.001

2.2 内旋角度

胫骨内旋角度测量结果见表 2。在各屈膝角度下, ACRI、ARRI 膝关节内旋均显著大于 NC 组 ($P < 0.05$)。在屈膝 30° 下 ARSH 膝关节内旋显著小于 NC 组 ($P < 0.05$), 而在屈膝 0°、60° 和 90° 下 ARSH 组与 NC 组的内旋角度差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。在屈膝 0° 和 60° 下 ARFF 组膝关节内旋均显

著大于 NC 组 ($P < 0.05$)。在各屈膝角度下, ARRI 及 ARSH 和 ARFF 的内旋角度均显著小于 ACRI ($P < 0.05$)。在各屈膝角度下 ARSH 和 ARFF 的内旋角度均显著小于 ARRI ($P < 0.05$)。在屈膝 0°、30° 和 60° 下 ARSH 膝关节内旋角度均显著小于 ARFF 组 ($P < 0.05$), 但在屈膝 90° 下 ARSH 与 ARFF 组的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 2 各组不同屈膝角度下胫骨内旋角度测量结果 (°, $\bar{x} \pm s$) 与比较

屈膝角	NC (n=16)	ACRI (n=16)	ARRI (n=16)	ARSH (n=8)	ARFF (n=8)	P 值
0°	18.38±1.61	28.69±1.46	26.17±3.05	19.32±1.02	23.87±1.88	<0.001
30°	22.19±1.44	30.40±1.58	27.66±3.24	19.43±1.02	23.62±1.81	<0.001
60°	15.23±0.84	27.69±1.02	24.46±3.51	15.29±0.49	18.03±1.59	<0.001
90°	20.71±2.72	31.25±1.72	27.31±4.15	20.20±1.12	21.65±1.73	<0.001

2.3 外旋角度

胫骨外旋角度测量结果见表 3。在各屈膝角度下, ACRI 和 ARRI 的胫骨外旋均显著大于 NC 组 ($P < 0.05$)。在屈膝 0° 和 30° 下 ARSH 的胫骨外旋均

显著大于 NC 组 ($P < 0.05$), 但在屈膝 60° 和 90° 下 ARSH 组与 NC 组的差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。在屈膝 0° 和 90° 下 ARFF 胫骨外旋均显著大于 NC 组 ($P < 0.05$), 但在屈膝 30° 和 60° 下 ARFF 组

与 NC 组的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。在各屈膝角度下, AESH 和 ARFF 的胫骨外旋均显著小于

ARRI 组 ($P<0.05$)。在各屈膝角度下, ARSH 与 ARFF 的胫骨外旋差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。

表3 各组不同屈膝角度下胫骨外旋角度测量结果 ($^{\circ}$, $\bar{x} \pm s$) 与比较

屈膝角	NC (n=16)	ACRI (n=16)	ARRI (n=16)	ARSH (n=8)	ARFF (n=8)	P 值
0°	15.25±0.88	30.12±2.08	24.72±3.83	20.57±1.09	21.65±2.50	<0.001
30°	19.50±1.69	31.56±2.56	25.05±1.49	22.80±1.13	21.13±1.04	<0.001
60°	20.85±1.68	35.45±2.20	26.07±1.77	19.90±1.39	20.74±1.41	<0.001
90°	18.52±3.28	30.35±2.78	25.03±2.89	20.73±1.32	21.20±0.99	<0.001

3 讨论

本研究显示缝合修复 Ramp 损伤可以提高膝关节稳定性, 包括膝关节前向稳定性和旋转稳定性, 尤其是旋转稳定性。缝合钩与 Fast-fix 修复均可以有效提高膝关节稳定性, 但与 Fast-fix 相比, 缝合钩修复能更好地恢复膝关节内旋稳定性, 与假设结果相一致。

研究表明如果对不稳定型的 Ramp 损伤不进行处理, 将影响膝关节稳定性。新鲜化处理治疗 Ramp 损伤针对稳定型损伤具有良好的治疗效果, 当 Ramp 损伤的长度在 15 mm 以内时, 新鲜化处理即可, 而当 Ramp 损伤长度>15 mm 为不稳定型损伤时, 则需进行缝合治疗^[17]。因此本研究对 Ramp 损伤造模是长度 20 mm。Muriuki 等^[18]生物力学研究证明, 内侧半月板垂直撕裂增加了股股接触压力, 减少了内侧和外侧间室的接触面积。Peltier 等^[19]证实 ACL 重建移植与内侧半月板之间的生物力学依赖关系, 认为内侧半月板切除术后 ACL 重建移植受力增加到 54%, 进一步证实内侧半月板缺损会增加 ACL 移植物的失败。在本研究中, Ramp 损伤可显著增加 ACL 断裂下膝关节的胫骨前移。Ahn 等^[20]报道在除 90° 外的所有屈曲角度胫骨前移均显著增加, 与本研究相一致, 即 Ramp 损伤增加了 ACL 断裂的膝关节不稳定性。此外, Stephen 等^[21]研究结果也显示在 ACL 断裂合并 Ramp 损伤后胫骨前移明显增加, 而仅通过 ACL 重建并不能完全恢复膝关节前向稳定性, ACL 重建联合 Ramp 损伤修复能更好地恢复膝关节稳定性。因此, 对于不稳定的 Ramp 损伤, 应进行手术修复以恢复膝关节稳定性。

关节镜下修复 Ramp 损伤的方法有全内的缝合钩和 Fast-fix 修复, 以及最近报道的自内向外修复技术^[13], 关节镜下缝合钩缝合技术已广泛应用于半月板损伤的修复^[22], 如放射状撕裂、腓肌腱裂孔区的

撕裂及 Ramp 损伤, 常规 Fast-fix 等修复方法也难以解决^[23]。对于 Ramp 区域, 由于位置隐蔽, 常规的关节镜入路难以探查到该区域, 易造成漏诊及操作困难。Ahn 及 Morgan^[22, 24]采用后内侧入路观察, 通过缝合钩进行全内缝合, 使缝合强度达到最佳, 且能解剖学上精确地将 Ramp 区滑膜恢复到解剖附着点, 使撕裂缘对齐平整, 可有效防止后关节囊嵌入。冯华^[25]对此方法进行改良, 采用高位后内入路作为关节镜观察入路, 经髁间窝入路及低位后内侧入路作为工作通道, 使术中视野及操作空间明显扩大。然而后内侧入路增加了医源性神经及血管损伤的风险。同时, 缝合钩修复技术需要更好的熟练度及较长学习曲线。Fast-fix 修复技术使用微小的植入物通过前入路缝合半月板后角, 使用不可吸收聚酯线和聚合物锚直接修复 Ramp 损伤^[13, 26], 不仅更加容易操作, 同时明显降低了神经血管损伤并发症的风险。但 Fast-fix 对于 1、2 型的 Ramp 损伤可能难以操作, 特别是肥胖及内侧关节间隙狭窄的患者。另外相对于缝合钩, Fast-fix 不能穿过半月板撕裂缘的上下表面, 达不到真正意义上的垂直缝合, 因此修复后强度、牢固性及稳定性理论上不如缝合钩修复。本研究也发现缝合钩修复与 Fast-fix 缝合修复相比, 缝合钩修复能更好地恢复膝关节内旋稳定性。

本研究存在如下局限性: (1) 尸体标本的年龄偏大, 并在多次进行生物力学测试时可能因为周围软组织状态欠佳导致数据误差; (2) 样本量较少, 本次研究仅纳入 16 例人体膝关节标本, 容易出现误差; (3) 尸体标本的应力状态不全, 如膝关节屈曲状态仅有 4 个, 不能满足正常人体的屈曲状态。

综上所述, ACL 合并 Ramp 损伤会增加膝关节前向、内旋及外旋不稳。单纯的 ACL 重建不能完全恢复膝关节稳定性, 需加以修复 Ramp 损伤。缝合钩与 Fast-fix 缝合修复 Ramp 损伤均能提高膝关节的稳定性, 但与 Fast-fix 缝合修复相比, 缝合钩修复能更好地恢复膝关节内旋稳定性。但临床效果尚不清楚,

在以后研究中应进一步探讨两种缝合方法的临床疗效差异。

参考文献

- [1] Smigielski R, Becker R, Zdanowicz U, et al. Medial meniscus anatomy—from basic science to treatment [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23 (1) : 8–14.
- [2] Pedersen RR. The medial and posteromedial ligamentous and capsular structures of the knee: review of anatomy and relevant imaging findings [J]. *Semin Musculoskelet Radiol*, 2016, 20 (1) : 12–25.
- [3] Poulsen MR, Johnson DL. Meniscal injuries in the young, athletically active patient [J]. *Phys Sportsmed*, 2011, 39 (1) : 123–130.
- [4] Seil R, Mouton C, Coquay J, et al. Ramp lesions associated with ACL injuries are more likely to be present in contact injuries and complete ACL tears [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26 (4) : 1080–1085.
- [5] DePhillipo NN, Moatshe G, Chahla J, et al. Quantitative and qualitative assessment of the posterior medial meniscus anatomy: defining meniscal ramp lesions [J]. *Am J Sports Med*, 2019, 47 (2) : 372–378.
- [6] Kummer B. Anatomie und Biomechanik des Kniegelenksmeniscus Anatomy and biomechanics of the meniscus of the knee joint [J]. *Langenbecks Arch Chir*, 1987, 372 (2) : 241–246.
- [7] Guess TM, Razu S. Loading of the medial meniscus in the ACL deficient knee: a multibody computational study [J]. *Med Eng Phys*, 2017, 41 (1) : 26–34.
- [8] 万浪, 王小珍, 闫亮, 等. 内侧半月板 Ramp 损伤的研究进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2018, 26 (18) : 1688–1691.
- [9] 李光磊, 王宝鹏, 张汉宽, 等. 前交叉韧带解剖学研究进展 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (16) : 1491–1495.
- [10] 傅德杰, 杨柳, 郭林. 半月板损伤与下肢力线 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (4) : 330–333.
- [11] Peltier A, Lording T, Maubisson L, et al. The role of the meniscotibial ligament in posteromedial rotational knee stability [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23 (10) : 2967–2973.
- [12] Sonnery-Cottet B, Conteduca J, Thauinat M, et al. Hidden lesions of the posterior horn of the medial meniscus: a systematic arthroscopic exploration of the concealed portion of the knee [J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42 (4) : 921–926.
- [13] Chen Z, Li WP, Yang R, et al. Meniscal ramp lesion repair using the FasT-Fix technique: evaluating healing and patient outcomes with second-look arthroscopy [J]. *J Knee Surg*, 2018, 31 (8) : 710–715.
- [14] Gülenç B, Kemah B, Yalçın S, et al. Surgical treatment of meniscal RAMP lesion [J]. *J Knee Surg*, 2020, 33 (3) : 255–259.
- [15] Acosta J, Ravaei S, Brown SM, et al. Examining techniques for treatment of medial meniscal ramp lesions during anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review [J]. *Arthroscopy*, 2020, 36 (11) : 2921–2933.
- [16] Heilpern G, Stephen J, Ball S, et al. It is safe and effective to use all inside meniscal repair devices for posteromedial meniscal ‘Ramp’ lesions [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26 (8) : 2310–2316.
- [17] Shelbourne KD, Rask BP. The sequelae of salvaged nondegenerative peripheral vertical medial meniscus tears with anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Arthroscopy*, 2001, 17 (3) : 270–274.
- [18] Muriuki MG, Tuason DA, Tucker BG, et al. Changes in tibiofemoral contact mechanics following radial split and vertical tears of the medial meniscus an in vitro investigation of the efficacy of arthroscopic repair [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93 (12) : 1089–1095.
- [19] Peltier A, Lording T, Maubisson L, et al. The role of the meniscotibial ligament in posteromedial rotational knee stability [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23 (10) : 2967–2973.
- [20] Ahn JH, Bae TS, Kang KS, et al. Longitudinal tear of the medial meniscus posterior horn in the anterior cruciate ligament-deficient knee significantly influences anterior stability [J]. *Am J Sports Med*, 2011, 39 (10) : 2187–2193.
- [21] Stephen JM, Halewood C, Kittl C, et al. Posteromedial meniscocapsular lesions increase tibiofemoral joint laxity with anterior cruciate ligament deficiency, and their repair reduces laxity [J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44 (2) : 400–408.
- [22] Ahn JH, Lee YS, Yoo JC, et al. Clinical and second-look arthroscopic evaluation of repaired medial meniscus in anterior cruciate ligament-reconstructed knees [J]. *Am J Sports Med*, 2010, 38 (3) : 472–477.
- [23] 顾军, 王睿, 孔晓海, 等. 关节镜下 Fast-Fix 半月板缝合术治疗膝关节外侧盘状半月板损伤 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2017, 25 (22) : 2093–2096.
- [24] Morgan CD. The “all-inside” meniscus repair [J]. *Arthroscopy*, 1991, 7 (1) : 120–125.
- [25] 冯华, 洪雷, 耿向苏, 等. 关节镜下全内缝合法修补内侧半月板后角损伤 [J]. *中国运动医学杂志*, 2006, 25 (2) : 138–141.
- [26] Tachibana Y, Sakaguchi K, Goto T, et al. Repair integrity evaluated by second-look arthroscopy after arthroscopic meniscal repair with the FasT-Fix during anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Am J Sports Med*, 2010, 38 (5) : 965–971.

(收稿:2021-11-01 修回:2022-03-28)
(同行评议专家:秦宏敏 李颖)
(本文编辑:宁桦)