

# 半月板 Ramp 损伤手术治疗研究进展\*

武歆纯 王鼎予 综述 江 东\*\* 审校

(北京大学第三医院运动医学科 北京大学运动医学研究所 运动创伤治疗技术与器械教育部工程研究中心, 北京 100191)

文献标识: A 文章编号: 1009-6604(2023)07-0522-06

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2023.07.008

半月板撕裂的处理原则和手术方式主要取决于撕裂的部位和严重程度。1983 年, Hamberg 等<sup>[1]</sup>首次报道缝合修复对内侧半月板后角撕裂的重要意义。1988 年, Strobel<sup>[2]</sup>将这种位于内侧半月板后角、累及后角本身及其与关节囊的移行结构的半月板撕裂称为半月板 Ramp 损伤(meniscus ramp lesion, MRL)。随着学界对内侧半月板后角(posterior horn of the medial meniscus, PHMM)的解剖学结构的认识逐渐加深以及影像学技术的不断发展,越来越多的 Ramp 损伤在临床中诊断,尤其是在前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)损伤时,并发 Ramp 损伤的占比为 9.3%~42%<sup>[3-6]</sup>。近年来,不伴有明显 ACL 损伤的孤立性 Ramp 损伤也逐渐报道<sup>[7]</sup>。目前对 Ramp 损伤的处理原则和手术方式尚未达成共识<sup>[8-10]</sup>。本文从 Ramp 损伤的发生机制、生物力学影响、修复的必要性、手术指征、手术方式及疗效等方面对近年研究进展进行综述。

## 1 Ramp 损伤的发生机制

目前报道的可能与 Ramp 损伤有关的内侧半月板后角周围结构主要有内侧副韧带深层<sup>[11,12]</sup>、半膜肌腱关节囊支(capsular branch of the semimembranosus, CBSM)<sup>[11,13]</sup>以及后斜韧带中央束<sup>[11,14]</sup>。其中内侧副韧带深层根据止点的不同分为半月板关节囊韧带和半月板胫骨韧带(meniscotibial ligament, MTL) 2 部分<sup>[11,15]</sup>。

虽然 Ramp 损伤发生的具体机制仍没有定论,

但主流观点认为,Ramp 损伤主要是由于 ACL 损伤后,膝关节外翻应力、胫骨内旋以及轴向负荷力增加,引起膝关节后内侧囊病理应力增加导致的<sup>[16-20]</sup>; ACL 损伤后,膝关节发生的代偿性内翻以及股骨内旋也是导致 Ramp 损伤发生的重要因素<sup>[20-22]</sup>。

近年来,半膜肌在 Ramp 损伤的发生中所起的作用逐渐引起重视。Cavaignac 等<sup>[13]</sup>对 14 例尸体膝关节的研究显示,所有样本在内侧半月板后角处均有一束半膜肌腱关节囊支插入,其纤维在组织学上与半月板胫骨韧带以及半月板关节囊韧带直接相连,且在半月板后角与半膜肌腱关节囊支包膜分支之间还可见一富有血管的脂肪垫。DePhillipo 等<sup>[11]</sup>对 14 例尸体膝关节的描述性解剖研究也得出相似的结论,86%(12/14)的膝关节有半膜肌腱关节囊支插入。部分研究者<sup>[11,23,24]</sup>认为,半膜肌在膝关节后内侧稳定性的维持中发挥重要作用,当 ACL 损伤后,过度的胫骨前移引起半膜肌反射性收缩,使得与半膜肌腱相连的关节后内侧囊组织(包括后斜韧带中央束、半月板胫骨韧带、半月板关节囊韧带)处于高度紧张状态,这种拉应力还可通过半膜肌腱关节囊支与半月板后角之间的脂肪垫传导至内侧半月板后角本身,导致半月板胫骨韧带、半月板关节囊韧带、内侧半月板后角撕裂<sup>[13,25]</sup>。

## 2 Ramp 损伤对膝关节生物力学的影响

阐明 Ramp 损伤对膝关节生物力学的影响将为

\* 基金项目:北京市自然科学基金面上项目(7212132)

\*\* 通讯作者, E-mail: bsysjiangdong@126.com

临床决策提供充分的理论基础,目前主要通过旋转稳定性及间室应力 2 个角度开展研究。

膝关节稳定性的影响方面:DePhillipo 等<sup>[26]</sup>对 24 个伴或不伴 Ramp 损伤的 ACL 缺损的尸体膝关节进行研究,观察到半月板胫骨韧带和半月板关节囊韧带断裂导致膝关节轴移试验呈高度阳性,且这种影响不能被 ACL 重建所改变,但缝合半月板胫骨韧带和半月板关节囊韧带后,所有膝关节的轴移试验等级均显著下降。Mouton 等<sup>[27]</sup>的临床研究也得出类似的结论。Park 等<sup>[28]</sup>的研究显示,轴移试验等级  $\geq 2$  是 Ramp 损伤发生的预后因素,其相对风险度为 3.82。因此,Ramp 损伤可能是膝关节动态旋转稳定性的独立影响因素,修复 Ramp 损伤将恢复膝关节的生物力学功能,有助于改善预后。

膝关节间室应力变化方面:2 项尸体膝关节研究<sup>[29,30]</sup>表明,膝关节内外侧腔室的骨接触力、ACL 原位应力以及胫骨前移距离在修复 Ramp 损伤组与不修复 Ramp 损伤组之间均无显著差异。尽管在 Naendrup 等<sup>[29]</sup>的研究结果中,在膝关节处于高屈曲角且内旋或外旋的状态下,与不修复 Ramp 损伤的膝关节相比,修复 Ramp 损伤的膝关节的 ACL 原位应力显著降低,但从整体实验结果来看,Ramp 损伤几乎不会对膝关节的生物力学产生任何影响。因此认为,修复 Ramp 损伤对膝关节生物力学的恢复并无帮助,临床结局也不会因为 Ramp 损伤的修复而发生改变。

不同生物力学研究得出的结论不同的主要原因可能有以下 3 点:其一,是否排除 ACL 对膝关节生物力学的影响。ACL 对于膝关节稳定性的维持起主要作用。DePhillipo 等<sup>[26]</sup>通过人为切断并重建 ACL 在实验前后形成自身对照,排除 ACL 这一重要的混杂因素;而 Naendrup 等<sup>[29]</sup>的实验设计中仅比较孤立性 Ramp 损伤的出现与修复对 ACL 完整的膝关节所造成的影响。与 ACL 相比,Ramp 损伤的出现对于膝关节生物力学的改变可能是十分微小的,这可能是部分研究结果组间差异不显著的原因。其二,力学加载方法不同。与静态加载相比,动态加载条件下膝关节的生物力学机制更为复杂,所涉及的混杂因素也更多。其三,生物力学评价指标不同。由于 Ramp 损伤并未破坏半月板的环状结构,因此间室应力、ACL 原位应力可能并不会受到显著的影

响。然而,Ramp 损伤可能的确会引起膝关节旋转稳定性下降。研究<sup>[27,31]</sup>表明,膝关节的旋转稳定性与 Ramp 损伤高度相关,未来还需要进一步的生物力学研究以论证 Ramp 损伤的存在是否会通过膝关节的旋转稳定性来影响 ACL 损伤患者的预后。

### 3 Ramp 损伤对患者临床结局的影响

多项队列研究探讨 Ramp 损伤对膝关节所造成的影响,从研究方法上这些研究可大体分为 2 类,一类重点关注 Ramp 损伤的自然病程,而另一类则着重探讨修复 Ramp 损伤能给患者带来的收益,这些研究均为 Ramp 损伤的临床决策提供了证据支持。

一些研究<sup>[32-35]</sup>认为,修复 Ramp 损伤可以提高损伤的愈合率,并在术后显著改善患者的一些主观评分[如国际膝关节文献委员会(International Knee Documentation Committee, IKDC)评分、Lysholm 评分等]和膝关节生物力学功能(如降低术后膝关节松弛度等)。而不修复 Ramp 损伤会出现更多远期并发症,Tuph 等<sup>[36]</sup>对 28 例 ACL 断裂合并 Ramp 损伤进行回顾性队列研究,在长达 20 年的随访中,与法国关节镜协会所公布的 ACL 重建术 10 年内半月板并发症发生率(12%)相比,不修复 Ramp 损伤的 ACL 断裂患者术后半月板体部或根部撕裂的发生率显著增加(29%, 8/28),并发症出现的平均时间为 87.8 月,提示修复 Ramp 损伤可能改善 ACL 损伤的远期预后。然而,由于该研究缺乏对照组,其结论的可信度还有待商榷。

除增加 ACL 损伤术后半月板撕裂风险外,Ramp 损伤还可能对软骨有一定破坏作用。Guimaraes 等<sup>[37]</sup>的 2 年的前瞻性队列研究表明,与 12 例没有任何半月板病变的对照组相比,9 例伴 Ramp 损伤者内侧股骨软骨 T1 $\rho$  值(Ramp 损伤组  $6.0 \pm 0.8$  vs. 对照组  $2.3 \pm 0.6$ ,  $P = 0.004$ )和内侧胫骨软骨 T1 $\rho$  值(Ramp 损伤组  $4.4 \pm 1.4$  vs. 对照组  $0.4 \pm 0.6$ ,  $P = 0.027$ )更大,且内侧股骨软骨的 T2 值变化显著增加(Ramp 损伤组  $5.1 \pm 2.5$  ms vs. 对照组  $2.2 \pm 1.9$  ms,  $P = 0.012$ ),提示术后 2 年内膝关节内侧腔室软骨退行性改变的速度更快。Rodriguez 等<sup>[38]</sup>也提出,ACL 损伤术中如果发现 Ramp 损伤,应该常规将其修复,以实现对其软骨的长期保护。

然而也有一些研究者认为修复 Ramp 损伤是没有必要的, Ramp 损伤修复与否不会影响预后。刘心等<sup>[39]</sup>的前瞻性研究表明,对于稳定型 Ramp 损伤,仅需令创面新鲜化便可在 2~3 年内达到较高的愈合率(87.1%, 27/31),其在随后的研究<sup>[8]</sup>中纳入 91 例 ACL 撕裂伴稳定型 Ramp 损伤,随机分为 2 组,一组使用全关节内(全内, all-inside)缝合修复 Ramp 损伤,另一组不修复 Ramp 损伤,仅对撕裂部位进行磨削处理,随访 2 年,2 组在主观评分、生物力学功能以及损伤愈合状态上均无显著性差异。Balazs 等<sup>[9]</sup>和 Albayrak 等<sup>[10]</sup>的研究也得出类似的结论:即使术前发现 Ramp 损伤,如果术中探查半月板稳定,也不必进行处理。

D'Ambrosi 等<sup>[40]</sup>的系统综述纳入 10 项研究, 1145 个(92.1%) Ramp 损伤在 ACL 重建术中同时修复,只有 98 个(7.9%)损伤未治疗(或仅进行磨削处理),随访时间(40.9 ± 6.3)月,与术前相比,术后 IKDC 评分和 Lysholm 评分均显著改善(Lysholm 术前 60.03 ± 6.12, 术后 89.9 ± 5.0; IKDC 术前 56.2 ± 5.8, 术后 84.9 ± 3.7)。修复 Ramp 损伤似乎可以加快患者恢复正常运动功能的速度,这可能与 Ramp 损伤对膝关节旋转稳定性的影响有关。

现有证据无法证实修复 Ramp 损伤的必要性。值得注意的是,目前所有不支持修复 Ramp 损伤的观点都出自随访时间 < 5 年的研究<sup>[8-10, 39]</sup>。Tuphé 等<sup>[36]</sup>的长期随访研究缺乏对照组,但提示 Ramp 损伤对于膝关节的影响可能需要在 5~10 年之后才能显现,修复 Ramp 损伤所带来的保护作用可能并不能在短期随访的研究中体现出来,仍需要大样本的长期前瞻性随机对照研究进一步明确 Ramp 损伤治疗的临床效果。

#### 4 Ramp 损伤修复的手术指征

虽然 Ramp 损伤是否需要修复尚无定论,但目前大部分探讨 Ramp 损伤修复必要性的研究都以“半月板是否稳定”作为分组的主要标准。通常认为,术中使用探钩牵拉半月板时,若能够将半月板拉至脱位或半脱位,则认为半月板“不稳定”,若不能则为“稳定”。然而,半月板稳定性的判定过于主观,且目前尚无循证医学证据证明 Ramp 损伤与半月板在术中的活动度有直接关系。因此,部分研究

者提出新的分组标准。

#### 4.1 Ramp 损伤的解剖学分型

公认的 Ramp 损伤分型方法是由 Thauat 等<sup>[41]</sup> 2016 年根据 Ramp 损伤的病理生理机制提出的解剖学分型方法。其将 Ramp 损伤分为 5 个类型:1 型,半月板关节囊韧带撕裂型,是 Ramp 损伤最常见的类型;2 型,半月板后角上表面撕裂型;3 型,半月板后角下表面撕裂型,其病理改变为半月板与胫骨平台的连接处撕裂,由于撕裂发生的解剖学位置不易被常规入路关节镜视野所发现,故 3 型病变又称为“隐匿型病变”;4 型,红-红区完全纵向撕裂型,其中撕裂发生于半月板体部者为 4A 型,发生于半月板后角韧带连接处者为 4B 型;5 型,红-红区双重完全纵向撕裂型。

与其他分型系统<sup>[42]</sup>相比, Thauat 分型系统的优势在于,能让临床工作者更直观地了解发生撕裂的具体位置,且能根据不同分型制定不同的手术策略。通常认为,1 型和 2 型 Ramp 病变并未累及半月板胫骨韧带,故半月板与胫骨平台之间的连接较为稳定;而 3~5 型病变均导致半月板胫骨韧带功能丧失,半月板活动性显著增大,属于不稳定病变。因此,对于 3~5 型 Ramp 病变更倾向于手术修复半月板后角的解剖结构。4A 型和 5 型病变位于半月板后角血供丰富的红-红区,对于这两种病变的修复更加积极,预后也更良好;而 4B 型病变由于所在部位并没有丰富的血供,故手术时应行更广泛的修复,以保证修复后半月板与胫骨平台连接的稳定。

#### 4.2 Ramp 损伤的大小

半月板撕裂的长度能够直观地反映出 Ramp 损伤的严重程度,许多研究用 Ramp 损伤的大小进行分组,并常识性地认为撕裂较长的一组应该修复,撕裂较小的则不必修复<sup>[43]</sup>。Ahn 等<sup>[44]</sup>认为撕裂长度 > 1 cm 者应该使用全内式缝合法对撕裂创口进行修复,而 Liu 等<sup>[8]</sup>认为撕裂长度 < 1.5 cm 且术中判断半月板稳定者仅需磨钻处理使创面恢复生物愈合活性即可。Acosta 等<sup>[45]</sup>的系统综述结果表明,撕裂长度 < 2 cm 且稳定的 Ramp 损伤可仅进行磨削处理,不需要额外修复。但值得注意的是,根据 DePhillipo 等<sup>[11]</sup>对尸体膝关节的定量解剖学研究,男性膝关节半月板后角 Ramp 区的平均总长度仅为 2 cm 左右。因此,决定是否修复的撕裂长度的界值

仍无定论,这也可能是导致 Ramp 损伤这一领域研究异质性较大的原因,需要进行大样本、多中心的队列研究。

## 5 Ramp 损伤的手术方式及疗效

关节镜下缝合半月板撕裂是 Ramp 损伤的首选手术方式,当 Ramp 损伤撕裂过大,缝合困难或预计缝合后稳定性较差时,部分术者选择行半月板部分切除术。关节镜下半月板缝合主要有由外而内、由内而外以及全关节内 3 种方法,其中经后内侧入路的全内缝合法已被证明是修复 Ramp 损伤的有效方法。

经后内侧入路的全内缝合主要过程<sup>[46]</sup>:膝关节屈曲至 90°,用关节镜探钩拉动半月板判断其稳定性。用 Gilquist 技术进入后交叉韧带内侧,探查半月板后内侧角。在硬膜外针定位的辅助下创建后内侧入路,并由此对半月板关节囊连接处进行清创操作,以恢复其生物愈合活性。利用弯曲的 Lasso 牵引 0 号 PDS 缝线由内到外缝合撕裂缘,直至恢复半月板后内侧角的解剖学结构。用探钩证实半月板稳定性恢复。

多项研究证实关节镜下全内式缝合对 Ramp 损伤的良好疗效。Ahn 等<sup>[47]</sup>的回顾性研究证明全内式缝合可以有效促进 Ramp 损伤愈合,Thaunat 等<sup>[6]</sup>的研究也得出相似的结论。Keyhani 等<sup>[48]</sup>对 128 例合并 Ramp 损伤的 ACL 断裂患者进行全内式缝合以修复 Ramp 损伤,随访 2 年,Lysholm 评分和 IKDC 评分均显著提升(Lysholm 术前  $61.7 \pm 3.2$ ,末次随访  $87.8 \pm 3.9$ , $P < 0.001$ ;IKDC 术前  $53.6 \pm 2.1$ ,末次随访  $82.1 \pm 3.5$ , $P < 0.001$ ),且无腘血管及神经损伤。后内侧入路全内式缝合不仅可以直接对 Ramp 损伤的病变情况进行评估,还能实现对撕裂缘的直接牵拉以恢复其解剖学结构,保证半月板的稳定。

关节镜下 Ramp 损伤的全内式缝合修复可以通过多种缝合技术实现,不同的技术各有优劣。传统缝合钩缝合操作难度较大,且由于存在反复穿刺半月板的操作,易造成医源性半月板损伤以及腘窝血管神经损伤。FasT-Fix 装置具有高效、安全、简单的优势,不需要额外创建后内侧入路,仅需从标准前入路即可完成对 Ramp 损伤的修复。然而 Gousopoulos

等<sup>[49]</sup>的研究表明,与全内式缝合相比,传统的缝合钩修复可以显著降低半月板二次切除率[全内式缝合组 31.2% (74/237) vs. 缝合钩修复组 15.6% (31/237), $P = 0.003$ ]。李书振等<sup>[50]</sup>对 16 个尸体膝关节的生物力学研究显示,与 FasT-Fix 装置相比,缝合钩修复能够更好地恢复膝关节的内旋稳定性。Brito de Alencar Neto 等<sup>[51]</sup>设计 Scorpion 装置进行全内式缝合,兼顾费用低和操作简单的优点,然而其需要建立膝关节后内侧入路,且远期效果尚未进一步评估。因此,使用哪种技术对 Ramp 损伤进行修复,需要综合多方因素进行考量。

## 6 小结

Ramp 损伤可能导致膝关节旋转稳定性下降,但其是否会对膝关节的其他生物力学指标产生影响尚待证实。许多研究已在 Ramp 损伤的愈合率、远期并发症发生率、主观评分的改变等多个方面对 Ramp 损伤修复的必要性进行了探讨,其手术指征取决于撕裂口大小、Ramp 损伤分型以及半月板是否稳定等多个因素,需要更多高级别证据形成指南。全内缝合是 Ramp 损伤的主要修复术式,其长期疗效及其对运动机能、软骨保护的作用仍需进一步研究,同时还需要研发更加安全、便捷、廉价的 Ramp 损伤全内缝合器械及术式,以提高手术效率,改善疗效。

## 参考文献

- Hamberg P, Gillquist J, Lysholm J. Suture of new and old peripheral meniscus tears. *J Bone Joint Surg Am*, 1983, 65(2):193-197.
- Strobel MJ. Menisci. In: Fett HM, Flechtner P, eds. *Manual of Arthroscopic Surgery*. New York: Springer, 1998. 171-178.
- Balazs GC, Greditzer HG 4th, Wang D, et al. Ramp lesions of the medial meniscus in patients undergoing primary and revision acl reconstruction: prevalence and risk factors. *Orthop J Sports Med*, 2019, 7(5):2325967119843509.
- Abreu FG, Canuto SMG, Canuto MMG, et al. Incidence of meniscal ramp lesion in anterior cruciate ligament reconstructions. *Rev Bras Ortop (Sao Paulo)*, 2022, 57(3):422-428.
- 星月, 姚伟武, 郗艳, 等. 前交叉韧带撕裂合并半月板 Ramp 损伤磁共振评价. *临床放射学杂志*, 2020, 39(6):1157-1161.
- Thaunat M, Jan N, Fayard JM, et al. Repair of meniscal ramp lesions through a posteromedial portal during anterior cruciate ligament reconstruction: outcome study with a minimum 2-year follow-up.

- Arthroscopy, 2016, 32(11):2269–2277.
- 7 Jiang J, Ni L, Chen J. Isolated meniscal ramp lesion without obvious anterior cruciate ligament rupture. *Orthop Surg*, 2021, 13(2):402–407.
  - 8 Liu X, Zhang H, Feng H, et al. Is it necessary to repair stable ramp lesions of the medial meniscus during anterior cruciate ligament reconstruction? A prospective randomized controlled trial. *Am J Sports Med*, 2017, 45(5):1004–1011.
  - 9 Balazs GC, Greditzer HG 4th, Wang D, et al. Non-treatment of stable ramp lesions does not degrade clinical outcomes in the setting of primary ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28(11):3576–3586.
  - 10 Albayrak K, Buyukkusu MO, Kurk MB, et al. Leaving the stable ramp lesion unrepaired does not negatively affect clinical and functional outcomes as well as return to sports rates after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2021, 29(11):3773–3781.
  - 11 DePhillipo NN, Moatshe G, Chahla J, et al. Quantitative and qualitative assessment of the posterior medial meniscus anatomy: defining meniscal ramp lesions. *Am J Sports Med*, 2019, 47(2):372–378.
  - 12 Liu F, Yue B, Gadikota HR, et al. Morphology of the medial collateral ligament of the knee. *J Orthop Surg Res*, 2010, 5:69.
  - 13 Cavaignac E, Sylvie R, Teulières M, et al. What is the relationship between the distal semimembranosus tendon and the medial meniscus? A gross and microscopic analysis from the SANTI Study Group. *Am J Sports Med*, 2021, 49(2):459–466.
  - 14 Cinque ME, Chahla J, Kruckeberg BM, et al. Posteromedial corner knee injuries: diagnosis, management, and outcomes: a critical analysis review. *JBJS Rev*, 2017, 5(11):e4.
  - 15 Guy S, Ferreira A, Carrozzo A, et al. Isolated meniscotibial ligament rupture: the medial meniscus “belt lesion”. *Arthrosc Tech*, 2022, 11(2):e133–e138.
  - 16 王剑宇, 齐岩松, 徐永胜. 膝关节半月板 Ramp 损伤的研究进展. *大连医科大学学报*, 2019, 41(3):259–262, 267.
  - 17 Sonnery-Cottet B. Editorial commentary. Ramp lesion: the eye sees only what the mind is prepared to comprehend. *Arthroscopy*, 2020, 36(11):2934–2937.
  - 18 Cristiani R, van de Bunt F, Kvist J, et al. High prevalence of meniscal ramp lesions in anterior cruciate ligament injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31(1):316–324.
  - 19 Brophy RH, Steinmetz RG, Smith MV, et al. Meniscal ramp lesions: anatomy, epidemiology, diagnosis, and treatment. *J Am Acad Orthop Surg*, 2022, 30(6):255–262.
  - 20 Kim SH, Seo HJ, Seo DW, et al. Analysis of risk factors for ramp lesions associated with anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med*, 2020, 48(7):1673–1681.
  - 21 Yoon KH, Yoo JH, Kim KI. Bone contusion and associated meniscal and medial collateral ligament injury in patients with anterior cruciate ligament rupture. *J Bone Joint Surg Am*, 2011, 93(16):1510–1518.
  - 22 DePhillipo NN, Cinque ME, Chahla J, et al. Incidence and detection of meniscal ramp lesions on magnetic resonance imaging in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 2017, 45(10):2233–2237.
  - 23 LaPrade RF, Morgan PM, Wentorf FA, et al. The anatomy of the posterior aspect of the knee: an anatomic study. *J Bone Joint Surg Am*, 2007, 89(4):758–764.
  - 24 Vieira TD, Pioger C, Franck F, et al. Arthroscopic dissection of the distal semimembranosus tendon: an anatomical perspective on posteromedial instability and ramp lesions. *Arthrosc Tech*, 2019, 8(9):e987–e991.
  - 25 Hassebrock JD, Gulbrandsen MT, Asprey WL, et al. Knee ligament anatomy and biomechanics. *Sports Med Arthrosc Rev*, 2020, 28(3):80–86.
  - 26 DePhillipo NN, Moatshe G, Brady A, et al. Effect of meniscocapsular and meniscotibial lesions in ACL-deficient and ACL-reconstructed knees: a biomechanical study. *Am J Sports Med*, 2018, 46(10):2422–2431.
  - 27 Mouton C, Magosch A, Pape D, et al. Ramp lesions of the medial meniscus are associated with a higher grade of dynamic rotatory laxity in ACL-injured patients in comparison to patients with an isolated injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28(4):1023–1028.
  - 28 Park YB, Kim H, Lee HJ, et al. The clinical application of machine learning models for risk analysis of ramp lesions in anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*, 2023, 51(1):107–118.
  - 29 Naendrup JH, Pfeiffer TR, Chan C, et al. Effect of meniscal ramp lesion repair on knee kinematics, bony contact forces, and in situ forces in the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med*, 2019, 47(13):3195–3202.
  - 30 Matsumoto Y, Takahashi T, Hatayama K, et al. Medial meniscal ramp lesion repair concomitant with anterior cruciate ligament reconstruction did not contribute to better anterior knee stability and structural properties after cyclic loading: a porcine model. *Arthrosc Sports Med Rehabil*, 2021, 3(6):e1967–e1973.
  - 31 Sonnery-Cottet B, Praz C, Rosenstiel N, et al. Epidemiological evaluation of meniscal ramp lesions in 3214 anterior cruciate ligament-injured knees from the SANTI Study Group Database: a risk factor analysis and study of secondary meniscectomy rates following 769 ramp repairs. *Am J Sports Med*, 2018, 46(13):3189–3197.
  - 32 汤明, 王寒琪, 李谓林, 等. 应用 Fast-fix 360 全内缝合技术修复半月板 Ramp 区损伤的临床研究. *骨科*, 2020, 11(3):186–191.
  - 33 Karaca MO, Özbek EA, Ertan MB, et al. Short-term outcomes after treatment of isolated hidden meniscal ramp lesions. *Orthop J Sports*

- Med, 2022, 10(4) : 23259671221085977.
- 34 Gülenü B, Kemah B, Yalçın S, et al. Surgical treatment of meniscal RAMP lesion. *J Knee Surg*, 2020, 33(3) : 255 – 259.
- 35 Hatayama K, Terauchi M, Saito K, et al. Healing status of meniscal ramp lesion affects anterior knee stability after ACL reconstruction. *Orthop J Sports Med*, 2020, 8(5) : 2325967120917674.
- 36 Tuphé P, Foissey C, Unal P, et al. Long-term natural history of unrepaired stable ramp lesions: a retrospective analysis of 28 patients with a minimum follow-up of 20 years. *Am J Sports Med*, 2022, 50(12) : 3273 – 3279.
- 37 Guimaraes JB, Schwaiger BJ, Gersing AS, et al. Meniscal ramp lesions: frequency, natural history, and the effect on knee cartilage over 2 years in subjects with anterior cruciate ligament tears. *Skeletal Radiol*, 2021, 50(3) : 551 – 558.
- 38 Rodríguez AN, LaPrade RF, Geeslin AG. Combined meniscus repair and anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 2022, 38(3) : 670 – 672.
- 39 刘心, 冯华, 洪雷, 等. 关节镜下创面新鲜化处理治疗稳定型内侧半月板 ramp 损伤的临床研究. *中国运动医学杂志*, 2015, 34(8) : 730 – 734.
- 40 D' Ambrosi R, Meena A, Raj A, et al. Good results after treatment of RAMP lesions in association with ACL reconstruction: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31(1) : 358 – 371.
- 41 Thanaat M, Fayard JM, Guimaraes TM, et al. Classification and surgical repair of ramp lesions of the medial meniscus. *Arthrosc Tech*, 2016, 5(4) : e871 – e875.
- 42 Seil R, Hoffmann A, Scheffler S, et al. Ramp lesions: tips and tricks in diagnostics and therapy. *Orthopade*, 2017, 46(10) : 846 – 854.
- 43 DePhillipo NN, Engebretsen L, LaPrade RF. Current trends among US surgeons in the identification, treatment, and time of repair for medial meniscal ramp lesions at the time of ACL surgery. *Orthop J Sports Med*, 2019, 7(2) : 2325967119827267.
- 44 Ahn JH, Wang JH, Yoo JC. Arthroscopic all-inside suture repair of medial meniscus lesion in anterior cruciate ligament deficient knees: results of second-look arthroscopies in 39 cases. *Arthroscopy*, 2004, 20(9) : 936 – 945.
- 45 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. *Arthroscopy*, 2020, 36(11) : 2921 – 2933.
- 46 Vadhera AS, Parvaresh K, Swindell HW, et al. Arthroscopic all-inside repair of meniscal ramp lesions. *J ISAKOS*, 2022, 7(4) : 82 – 83.
- 47 Ahn JH, Lee YS, Yoo JC, et al. Clinical and second-look arthroscopic evaluation of repaired medial meniscus in anterior cruciate ligament-reconstructed knees. *Am J Sports Med*, 2010, 38(3) : 472 – 477.
- 48 Keyhani S, Ahn JH, Verdonk R, et al. Arthroscopic all-inside ramp lesion repair using the posterolateral transseptal portal view. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25(2) : 454 – 458.
- 49 Gousopoulos L, Hopper GP, Saithna A, et al. Suture hook versus all-inside repair for longitudinal tears of the posterior horn of the medial meniscus concomitant to anterior cruciate ligament reconstruction: a matched-pair analysis from the SANTI Study Group. *Am J Sports Med*, 2022, 50(9) : 2357 – 2366.
- 50 李书振, 王豪, 覃志, 等. 前交叉韧带与 Ramp 损伤修复的生物力学对比. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30(16) : 1492 – 1496.
- 51 Brito de Alencar Neto J, Marinho de Gusmão Canuto S, Antônio da Silva Girão M, et al. All-inside technique for ramp lesion repair: arthroscopic suture with knee scorpion suture passer. *Arthrosc Tech*, 2022, 11(11) : e2091 – e2096.

(收稿日期: 2023-05-06)

(修回日期: 2023-05-19)

(责任编辑: 王惠群)