

内侧半月板后根撕裂诊治的研究进展

吴瑞吉 马一鸣 王昌兴

【摘要】 内侧半月板后根撕裂(MMPRTs)会影响半月板的环箍效应,在轴向应力作用下半月板受到挤压向外突出,膝关节内负荷传递也因此受到影响,导致关节软骨磨损、内侧间室狭窄、下肢力线改变等膝关节骨性关节炎(KOA)表现。MMPRTs的治疗方式主要包括保守治疗、内侧半月板部分切除术以及内侧半月板后根修补术。在延缓 KOA 进展方面,半月板后根修补术效果优于保守治疗及半月板部分切除术。半月板后根修补术后持续存在内侧半月板外突(MME),不利于延缓 KOA 进展。本文就 MMPRTs 的临床表现、影像学表现、治疗方案以及 MME 的干预方式作一综述。

【关键词】 内侧半月板后根撕裂 内侧半月板外突 膝关节骨性关节炎 半月板部分切除术 半月板后根修补术

半月板主要由胶原纤维、蛋白多糖和糖蛋白相互交织而成,通过根部附着在胫骨平台上。半月板内呈环状排列的胶原纤维能产生环箍效应,在缓冲膝关节轴向负荷、分散应力、协同膝关节稳定及保护膝关节软骨等方面起着重要作用^[1]。半月板根部撕裂可以发生在急性和慢性损伤中,以后根部撕裂最常见。内侧半月板后根撕裂(medial meniscus posterior root tears, MMPRTs)指其附着点 1 cm 以内的半月板放射状撕裂或撕脱性损伤。外侧半月板后根撕裂通常发生在年轻患者中,常伴有前交叉韧带的急性撕裂,而 MMPRTs 主要见于中年女性,多是半月板退行性变的结果^[2]。半月板后根的纤维软骨化生及钙化等退行性改变会减弱半月板的抗拉能力,是 MMPRTs 的常见诱因^[3]。MMPRTs 会破坏半月板的完整性,导致半月板的环箍效应失效,内侧半月板在应力作用下发生内侧半月板外突(medial meniscus extrusion, MME)。MME 也可发生在 MMPRTs 之前。当半月板胫骨韧带因损伤等原因导致松弛时,半月板后根即可在应力作用下发生外突,而当半月板胫骨韧带完全失效后,后根可因难以承受逐渐增加的负荷而出现撕裂。研究显示从首次发现 MME 到 MMPRTs 大约需要 20 个月,而随着

MMPRTs 的发生 MME 程度也随之有着显著的增加^[4]。MME 通常伴随膝关节内股股接触面积减小、股股接触压力增大等生物力学上的改变,膝关节内侧间室因此而承受过度的压力,加速患者的关节软骨磨损,加快膝关节骨性关节炎(knee osteoarthritis, KOA)的进展^[5-6]。有研究发现在 MMPRTs 患者中 Outerbridge 分级 $\geq$ II 级和 Kellgren-Lawrence 分级 $\geq$ II 级的患者占比均超过 80%^[7]。因此, MMPRTs 的治疗关键是延缓甚至阻止 KOA 的进展。半月板后根修补术旨在恢复半月板结构与功能,其在延缓 KOA 进展上效果优于保守治疗及半月板部分切除术。但近期研究指出多数 MMPRTs 患者在接受半月板后根修补术后仍存在 MME,甚至部分患者 MME 较前进展^[8-9]。因此本文就 MMPRTs 的临床表现、影像学表现、治疗方案以及 MME 的干预方式作一综述。

1 MMPRTs 的临床表现

MMPRTs 的患者多数只有轻微的急性损伤或没有明确的外伤史,且缺乏膝关节交锁和弹响等典型的半月板损伤症状,仅表现为膝关节内侧间隙的压痛及极度屈曲时的疼痛,这可能为诊断带来困难。膝关节后内侧急性爆裂样疼痛可能提示 MMPRTs^[7]。38% 的 MMPRTs 发生在膝关节做下楼等低屈膝角度动作时,而步行和下蹲等高屈膝角度动作分别占 18% 和 13%^[10]。Bae 等^[11]报道指出爆裂样疼痛对 MMPRTs 的阳性预测值为 96.5%,阴性预测值为 81.8%,灵敏度为 35.0%,特异度为 99.5%,诊断准确率为 77.9%。

DOI: 10.12056/j.issn.1006-2785.2022.44.18.2022-577

作者单位: 310053 杭州, 浙江中医药大学第二临床医学院
(吴瑞吉、马一鸣); 浙江省新华医院骨关节外科(王昌兴)

通信作者: 王昌兴, E-mail: wcxhz@qq.com

2 MMPRTs 的影像学表现

MRI 是诊断半月板损伤的重要手段。MMPRTs 在 MRI 上的直接表现是可以在不同成像平面上观察到半月板根部连续性缺失。在矢状位图像上表现为“鬼影征”或“截断三角征”，冠状位图像上可见“长颈鹿征”及“裂隙征”^[12]。

MME 对于诊断 MMPRTs 具有重要意义。在 MRI 成像的冠状面上，浅内侧副韧带的水平上可以直接测量半月板外突程度即半月板外缘与胫骨平台外缘之间的距离，也可通过计算半月板外突率即内侧半月板外移程度和内侧半月板总体宽度的比值，对 MME 进行分级评估。超声检查也可观察是否存在 MME^[13]，但测量的准确性需进一步研究。X 线数字成像技术并不能直接显示是否存在 MME，但可通过对比双侧胫骨内侧隆起至股骨内侧髁外侧缘的距离及内侧关节间隙宽度可间接反映是否存在 MME，与健侧膝关节相比，存在 MME 的膝关节胫骨内侧隆起至股骨内侧髁外侧缘的距离较宽而内侧关节间隙偏窄^[14]。此外，Nakamura 等^[15]研究发现局限于内侧半月板后根附着点正下方的骨髓水肿可作为 MMPRTs 的先兆指标。

MRI 除了辅助诊断 MMPRTs 还能观察半月板愈合情况。MRI 是临床上最常用的判断半月板后根修复术后后根愈合情况的检查方法，愈合良好的半月板可以在后根处观察到正常且连续的半月板信号。根据 MRI 不同平面上显示的后根连续性可将半月板愈合状态分为：完全愈合（后根在矢状面、冠状面和轴向 3 个平面中均有连续性），部分愈合（任何 1 或 2 个平面的连续性丧失）或不愈合（所有平面的连续性丧失）。然而，要想获得准确且清晰的轴位图像对放射科医生的技术及设备存在一定的要求，因此很难准确确定后根修复术后患者的半月板愈合状态。“吊桥征”指在 MRI 的冠状位图像上，观察到类似吊桥形状的的内侧半月板后根。Furumatsu 等^[16]研究发现可以利用“吊桥征”评估半月板后根愈合情况。吊桥征的出现表示半月板愈合良好，以关节镜下的 Furumatsu 评分（评分 > 7 分代表半月板愈合良好，反之则愈合不良）作为标准，结果表明“吊桥征”可以作为半月板后根愈合状态的评判标准，其阳性预测值、阴性预测值、灵敏度、特异度及诊断准确率分别为 67.9%、86.7%、82.6%、74.3% 及 77.6%。

3 MMPRTs 的治疗方案

MMPRTs 的治疗主要包括保守治疗、半月板部分

切除术、半月板后根修补术。MMPRTs 最大的危害来自加速 KOA 的进展，因此根据半月板的损伤程度及 KOA 情况，治疗方案可分为对症治疗及对因治疗。对于膝关节内翻畸形 $> 5^\circ$ 、Outerbridge 分级 III ~ IV 级或伴随重度 KOA 的患者，可以采取保守治疗或半月板部分切除术对症治疗缓解疼痛，反之可对因治疗行半月板后根修复术。

3.1 保守治疗及半月板部分切除术 保守治疗及半月板部分切除术主要目的是缓解患者的临床症状，不追求恢复半月板功能，两者在延缓 KOA 进展方面效果欠佳。研究显示退行性 MMPRTs 患者在接受保守治疗后 3 个月内症状及 Lysholm 膝关节评分较前改善，但 KOA 情况较前进展^[17]。Neogi 等^[18]一项平均随访 35 个月的研究发现，33 例保守治疗患者 Kellgren-Lawrence 分级较术前进展，其中有 9 例患者从术前的 I / II 级进展到 III / IV 级。Krych 等^[19]报道了 52 例平均年龄 58 岁的 MMPRTs 患者，在 5 年的随访中保守治疗总体失败率超过 85%。Krych 等^[20]研究纳入了 26 例接受半月板部分切除术的患者，在 5 年的随访中发现超过半数的患者接受了全膝关节置换术。Lee 等^[21]研究纳入 288 例半月板部分切除术患者，252 例患者在术后 2 年随访时接受了负重位双下肢全长 X 线检查，有 54.0% 的患者（136/252）Kellgren-Lawrence 分级增加 1 级，7.9% 的患者（20/252）Kellgren-Lawrence 分级至少增加 2 级，在平均 7 年随访中，有 20.8% 患者行全膝关节置换术。Kim 等^[22]报道了 114 例接受半月板部分切除术的 MMPRTs 患者，在至少 5 年的随访中，69 例患者在负重位双下肢全长 X 线检查中表现出膝内侧间室间隙变窄以及 Kellgren-Lawrence 分级的进展，合并有膝内翻 $> 3^\circ$ 的患者在接受半月板部分切除术后出现 KOA 进展的概率高达 77.8%。以上研究均证实保守治疗及半月板部分切除术可以缓解疼痛症状但在延缓膝关节软骨的退变及 KOA 的进展上效果不佳。

3.2 半月板后根修补术 半月板后根修补术旨在恢复膝关节结构及生物力学功能，尽可能缓解 KOA 的进展，延长膝关节寿命^[23]。手术方式主要有经胫骨 pull-out 缝合固定、缝合锚钉缝合固定及边对边单纯缝合。不同手术方式有各自的优缺点。边对边单纯缝合修复术操作简单，但适应证较窄，目前主要应用于后根部分撕裂的患者。缝合锚钉缝合固定不需要建立胫骨隧道，但需要建立高后内侧入路，因此可能导致血管神经的损伤。经胫骨 pull-out 缝合固定避免了血管神经的损伤，但需要建立胫骨隧道并将半月板后根的

缝线经胫骨隧道拉出并固定在胫骨前端,缝线固定时的张力不适宜可能导致缝线磨损及出现蹦极现象。

3.2.1 半月板后根修补术的疗效 半月板后根修补术在延缓 KOA 进展方面优于保守治疗及半月板部分切除术。Krivicich 等^[24]对接受半月板后根修补术或半月板部分切除术的 MMPRTs 患者资料进行系统性回顾,共纳入 4 项研究,82 例患者接受经胫骨 pull-out 缝合固定,平均年龄 52 岁,随访 64 个月,22% 患者影像学上表现出 KOA 进展;62 例接受半月板部分切除术的患者,平均年龄 54 岁,随访 62 个月,有 66% 的患者出现 KOA 进展;经胫骨 pull-out 缝合固定及半月板部分切除术的全膝关节置换率分别为 9.8% (8/82) 及 36% (22/62)。Dragoo 等^[25]报道了 48 例 MMPRTs,其中 30 例行边对边单纯缝合修复后根,18 例行保守治疗,平均随访 4.4 年,修复组 1 例患者 (3.3%) 和保守组 6 例患者 (33.3%) 接受了全膝关节置换。Chung 等^[26]对 91 例接受经胫骨 pull-out 缝合固定的患者进行了 5 到 10 年的随访,患者术前平均 Lysholm 膝关节评分 (51.8 ± 7.9) 分,末次随访时提高到 (83.0 ± 11.0) 分;最终有 4 例患者被认为手术失败,其中 1 例患者因严重 KOA 接受全膝关节置换,3 例患者 Lysholm 膝关节评分过低,术后 8 年的膝关节生存率为 92%。以上结果均证明在延缓 KOA 进展方面,半月板后根修补术优于半月板部分切除术及保守治疗。此外,Faucett 等^[27]研究显示与半月板部分切除术和保守治疗相比,半月板后根修补术经济效益更明显,分别从指征手术之日起 1.1 年和 4.9 年开始节省成本。由此可见,半月板后根修补术更符合当前趋势,但是仍有部分患者在术后出现严重 KOA 并接受了全膝关节置换。这些研究证明针对 MMPRTs 的治疗取得阶段性的成果,但仍存在进步空间。

3.2.2 半月板后根修补术的影响因素 半月板愈合情况、MME 程度及 Kellgren-Lawrence 分级的进展是 MMPRTs 患者的重点随访项目。半月板后根不愈合会导致不良的临床结果。在随访过程中发现半月板后根不愈合患者的 MME 程度及软骨磨损程度明显高于半月板后根愈合的患者。因此,提高半月板后根的愈合率对半月板后根修补术至关重要。研究发现患者的年龄、BMI、临床发病至手术时间间隔的长短、术前骨软骨损伤程度以及术前 MME 与膝关节临床评分相关^[28-29]。Sundararajan 等^[9]研究显示患者年龄与 MME 的矫正程度呈负相关,接受半月板后根修补术的患者年龄每增加 10 岁 MME 的矫正程度减少 0.7 ~ 0.8 mm,此外膝内翻角度也是 MME 矫正程度的影响因素。许多

因素影响半月板后根修复术的临床结果,因此对于 MMPRTs 患者需严格把握半月板后根修补术的手术适应证。Kamatsuki 等^[30]研究发现胫骨隧道位置会影响半月板愈合,对 62 例接受经胫骨隧道固定的患者进行二次关节镜检查发现胫骨隧道位置越接近半月板后根的解剖附着点,半月板后根的愈合评分越好。而胫骨隧道位于后根解剖附着点稍偏外侧能改善患者术后 1 年时膝关节损伤和 KOA 评分。胫骨隧道在横向上不同带来的改变可能与隧道周围环境相关,后根解剖附着点偏外区域为胫骨髁间区有滑膜组织,而滑膜可以通过爬行充当生长因子的支架帮助半月板愈合。Kwon 等^[31]研究发现与胫骨内侧隧道相比,建立胫骨外侧隧道可减少导针滑动造成的技术误差,有助于实现解剖位置固定修复后根。对于经胫骨 pull-out 缝合固定,半月板缝合强度不足或稳定性欠佳可导致半月板后根固定失效继而出现后根不愈合,而通过改良缝合方式可以获得更好的固定强度以及稳定性。研究表明,Mason-Allen 及双束 double-locking loop 两种缝合方式在生物力学上具有良好的表现^[32-33]。此外,缝线种类及缝线的固定区域与效果之间也存在相关性。使用 FiberWire 缝线固定以及在半月板红区进行固定在最大失败载荷、固定强度及稳定性方面具有较好的表现^[34]。Prado-nova 等^[35]研究指出经胫骨 pull-out 缝合固定修复 MMPRTs 时,在胫骨端用外排锚钉固定经隧道拉出的缝线比打结固定更不易失效。由于膝关节内侧间室空间有限以及内侧股骨髁的阻挡,通常关节镜及其他手术器械难以到达内侧半月板后根区域,在有限的手术视野及操作空间下不仅不利于修复半月板后根,可能还会导致医源性软骨损伤,因此在行半月板后根修复时,良好的手术视野和足够的操作空间是必不可少的。为了取得良好的手术视野和足够的操作空间,往往需要打开内侧关节间隙,而这可能导致不必要的并发症。Chung 等^[36]报道了膝关节内侧间隙的松解手法,在胫骨近端前内侧切开 3 cm 的纵向切口,在保留深层内侧副韧带和浅层内侧副韧带近端的前提下,将浅层内侧副韧带向远端和后内侧两个方向进行松解。结果证明松解浅层内侧副韧带有利于手术操作,可缩减手术时间,且不影响膝关节稳定性。总之,许多因素会影响内侧半月板后根修补术的临床结果,需要进一步开展研究。

4 MME 的干预方式

解剖修复内侧半月板后根及矫正 MME 至关重

要。Chung 等^[37]报道指出 MMPRTs 修复后 MME 较术前减小的患者中期随访时在 Lysholm 膝关节评分、国际膝关节文献委员会膝关节评估表、膝关节内侧间室间隙以及 Kellgren-Lawrence 分级上有更好的临床结果。然而,研究显示单纯行半月板后根修补术不能完全矫正 MME,仍有部分患者表现出 KOA 的持续进展^[38]。因此,矫正 MME 是延缓 KOA 进展的关键因素。Koga 等^[39]提出了半月板中央化理念,在经胫骨隧道固定修复后根的同时,利用缝合锚钉将半月板拉向在胫骨平台中央,以减少 MME,恢复半月板功能,但该技术可减少 MME 的同时也限制了半月板的正常活动。Okazaki 等^[40]在经胫骨 pull-out 缝合固定中增加了新的技术。该技术在两根 ULTRA-Braid 缝线简单缝合半月板后根的同时,用 Fast-Fix 装置缝合半月板后角与关节囊,缝线末端与 ULTRA-Braid 缝线一起经胫股隧道拉出并固定。Okazaki^[40]等认为增加 Fast-Fix 装置可以在矫正半月板外突的同时减少对半月板活动的限制。Hiranaka 等^[41]进行了回顾性研究,52 例接受经胫骨 pull-out 缝合固定的 MMPRTs 患者,其中 27 例采用双束单纯缝合方式缝合半月板,25 例采用单纯缝合联合 Fast-Fix 装置缝合方式,结果显示术后 1 年时两组患者的临床评分均较术前改善,但两组在临床评分和半月板愈合率方面的差异无统计学意义。此外,单纯缝合联合 Fast-Fix 装置组的 MME 较术前进展,而双束单纯缝合组术后 MME 与术前相比差异无统计学意义。Kim 等^[42]报道了相似关节镜技术,用 PDS II 缝线连续穿过半月板后角与后内侧关节囊后,与半月板后根的缝线一同经胫骨隧道拉出并固定。该技术可以在减少半月板外移的同时分散半月板后根缝线的负荷,从而减少半月板切割发生率,但需要更多的研究来证明其在矫正 MME 及延缓 KOA 进展方面的作用。也有学者认为可以通过充分松解内侧半月板与后内侧关节囊来实现内侧半月板后根的解剖复位,从而矫正 MME^[43]。

5 小结与展望

半月板后根的完整性对维持半月板的功能至关重要。MMPRTs 及 MME 会导致膝关节内生物力学发生改变,加速 KOA 的进展。多项研究证实在延缓 KOA 的进展方面,半月板后根修补术优于保守治疗及半月板部分切除术。目前临床上半月板后根修补术主要包括经胫骨 pull-out 缝合固定、缝合锚钉缝合固定及边对边单纯缝合。通过改良胫股隧道位置及加强后根固定强度和稳定性,可以提高半月板愈合率。然

而,半月板后根修补术在矫正 MME 方面仍存在不足。半月板中央化在解剖修复半月板后根、恢复半月板功能及阻止 KOA 进展方面具有理论意义,但是目前缺乏更多长期的、大规模的群体研究来支持半月板中央化技术治疗 MMPRTs 的理论优势。因此,后续关于 MMPRTs 的研究应着眼于远期疗效,注重对 MME 的矫正,围绕半月板中央化技术,以阻止 KOA 进展为最终目标。

6 参考文献

- [1] Padalecki JR, Jansson KS, Smith SD, et al. Biomechanical consequences of a complete radial tear adjacent to the medial meniscus posterior root attachment site: in situ pull-out repair restores derangement of joint mechanics[J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42(3):699-707. DOI:10.1177/0363546513499314.
- [2] Koo JH, Choi SH, Lee SA, et al. Comparison of medial and lateral meniscus root tears[J]. *PLoS One*, 2015, 10(10):e0141021. DOI:10.1371/journal.pone.0141021.
- [3] Park DY, Min BH, Choi BH, et al. The degeneration of meniscus roots is accompanied by fibrocartilage formation, which may precede meniscus root tears in osteoarthritic knees[J]. *Am J Sports Med*, 2015, 43(12):3034-3044. DOI:10.1177/0363546515605086.
- [4] Krych AJ, LaPrade MD, Hevesi M, et al. Investigating the chronology of meniscus root tears: do medial meniscus posterior root tears cause extrusion or the other way around?[J]. *Orthop J Sports Med*, 2020, 8(11):232596712096136. DOI:10.1177/2325967120961368.
- [5] Debieux P, Jimenez AE, Novaretti JV, et al. Medial meniscal extrusion greater than 4 mm reduces medial tibiofemoral compartment contact area: a biomechanical analysis of tibiofemoral contact area and pressures with varying amounts of meniscal extrusion[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2021, 29(9):3124-3132. DOI:10.1007/s00167-020-06363-0.
- [6] Krych A, Johnson N, Mohan R, et al. Arthritis progression on serial mris following diagnosis of medial meniscal posterior horn root tear[J]. *J Knee Surg*, 2018, 31(7):698-704. DOI:10.1055/s-0037-1607038.
- [7] Lee DW, Moon SG, Kim NR, et al. Medial knee osteoarthritis precedes medial meniscal posterior root tear with an event of painful popping[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2018, 104(7):1009-1015. DOI:10.1016/j.otsr.2018.07.010.
- [8] Kaplan DJ, Alaia EF, Dold AP, et al. Increased extrusion and ICRS grades at 2-year follow-up following transtibial medial meniscal root repair evaluated by MRI[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2018, 26(9):2826-2834. DOI:10.1007/s00167-017-4755-8.
- [9] Sundararajan SR, Ramakanth R, Sethuraman AS, et al. Correlation of factors affecting correction of meniscal extrusion and

- outcome after medial meniscus root repair[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2022, 142(5):823–834. DOI:10.1007/s00402–021–03870–8.
- [10] Furumatsu T, Okazaki Y, Okazaki Y, et al. Injury patterns of medial meniscus posterior root tears[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2019, 105(1):107–111. DOI:10.1016/j.otsr.2018.10.001.
- [11] Bae JH, Paik NH, Park GW, et al. Predictive value of painful popping for a posterior root tear of the medial meniscus in middle-aged to older asian patients[J]. Arthrosc J Arthrosc Relat Surg, 2013, 29(3):545–549. DOI:10.1016/j.arthro.2012.10.026.
- [12] de Oliveira CV, Lôbo CFT, Helito PVP, et al. The role of MRI in evaluation of arthroscopic transtibial pullout repair for medial meniscus posterior root tears[J]. Clin Imaging, 2021, 77:158–168. DOI:10.1016/j.clinimag.2021.02.029.
- [13] Sharafat Vaziri A, Aghaghazvini L, Jahangiri S, et al. Determination of normal reference values for meniscal extrusion using ultrasonography during the different range of motion: a pilot, feasibility study[J]. J Ultrasound Med, 2022, 2(9). DOI:10.1002/jum.15955. Online ahead of print.
- [14] Kodama Y, Furumatsu T, Kamatsuki Y, et al. Preliminary diagnosis of medial meniscus posterior root tears using the rosenberg radiographic view[J]. Knee Surg Relat Res, 2019, 31(1):9. DOI:10.1186/s43019–019–0011–5.
- [15] Nakamura R, Okano A, Yoshida I, et al. A spreading roots sign: characteristic sign of the preliminary stage of medial meniscus posterior root tear on magnetic resonance imaging[J]. J Orthop Sci, 2022, 27(5):1107–1113. DOI:10.1016/j.jos.2021.07.005.
- [16] Furumatsu T, Okazaki Y, Hiranaka T, et al. An MRI-based suspension bridge sign can predict an arthroscopically favorable meniscal healing following the medial meniscus posterior root repair[J]. J Orthop Sci, 2021, 26(2):237–242. DOI:10.1016/j.jos.2020.03.012.
- [17] Lim HC, Bae JH, Wang JH, et al. Non-operative treatment of degenerative posterior root tear of the medial meniscus[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA, 2010, 18(4):535–539. DOI:10.1007/s00167–009–0891–0.
- [18] Neogi DS, Kumar A, Rijal L, et al. Role of nonoperative treatment in managing degenerative tears of the medial meniscus posterior root[J]. J Orthop Traumatol, 2013, 14(3):193–199. DOI:10.1007/s10195–013–0234–2.
- [19] Krych AJ, Reardon PJ, Johnson NR, et al. Non-operative management of medial meniscus posterior horn root tears is associated with worsening arthritis and poor clinical outcome at 5-year follow-up[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2017, 25(2):383–389. DOI:10.1007/s00167–016–4359–8.
- [20] Krych AJ, Johnson NR, Mohan R, et al. Partial meniscectomy provides no benefit for symptomatic degenerative medial meniscus posterior root tears[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2018, 26(4):1117–1122. DOI:10.1007/s00167–017–4454–5.
- [21] Lee BS, Bin SI, Kim JM, et al. Partial meniscectomy for degenerative medial meniscal root tears shows favorable outcomes in well-aligned, nonarthritic knees[J]. Am J Sports Med, 2019, 47(3):606–611. DOI:10.1177/0363546518819225.
- [22] Kim C, Bin SI, Kim JM, et al. Progression of radiographic osteoarthritis after partial meniscectomy in degenerative medial meniscal posterior root tears was greater in varus than in neutral-aligned knees: a minimum 5-year follow-up[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2020, 28(11):3443–3449. DOI:10.1007/s00167–020–05905–w.
- [23] Kim JG. Editorial commentary: save the meniscal root, why not?[J]. Arthrosc J Arthrosc Relat Surg, 2019, 35(7):2207–2210. DOI:10.1016/j.arthro.2019.03.002.
- [24] Krivicich LM, Kunze KN, Paryavesh KC, et al. Comparison of long-term radiographic outcomes and rate and time for conversion to total knee arthroplasty between repair and meniscectomy for medial meniscus posterior root tears: a systematic review and meta-analysis[J]. Am J Sports Med, 2022, 50(7):2023–2031. DOI:10.1177/03635465211017514.
- [25] Dragoo JL, Konopka JA, Guzman RA, et al. Outcomes of arthroscopic all-inside repair versus observation in older patients with meniscus root tears[J]. Am J Sports Med, 2020, 48(5):1127–1133. DOI:10.1177/0363546520909828.
- [26] Chung KS, Noh JM, Ha JK, et al. Survivorship analysis and clinical outcomes of transtibial pullout repair for medial meniscus posterior root tears: a 5- to 10-year follow-up study[J]. Arthrosc J Arthrosc Relat Surg, 2018, 34(2):530–535. DOI:10.1016/j.arthro.2017.08.266.
- [27] Faucett SC, Geisler BP, Chahla J, et al. Meniscus root repair vs meniscectomy or nonoperative management to prevent knee osteoarthritis after medial meniscus root tears: clinical and economic effectiveness[J]. Am J Sports Med, 2019, 47(3):762–769. DOI:10.1177/0363546518755754.
- [28] Kim JH, Chung JH, Lee DH, et al. Arthroscopic suture anchor repair versus pullout suture repair in posterior root tear of the medial meniscus: a prospective comparison study[J]. Arthroscopy, 2011, 27(12):1644–1653. DOI:10.1016/j.arthro.2011.06.033.
- [29] Dzidzishvili L, López-Torres II, Sáez D, et al. A comparison of the transtibial pullout technique and all-inside meniscal repair in medial meniscus posterior root tear: Prognostic factors and midterm clinical outcomes[J]. J Orthop, 2021, 26:130–134. DOI:10.1016/j.jor.2021.08.001.
- [30] Kamatsuki Y, Furumatsu T, Hiranaka T, et al. Accurate placement of a tibial tunnel significantly improves meniscal healing and clinical outcomes at 1 year after medial meniscus posterior root repair[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2021, 29(11):3715–3723. DOI:10.1007/s00167–020–06376–9.
- [31] Kwon SW, Kim JB, Kim CH, et al. Comparison of medial and lateral tibial tunnel in pullout repair of posterior root tear of me-

- dial meniscus: radiologic, clinical, and arthroscopic outcomes [J]. J Orthop Surg, 2020, 28(2):2309499020918759. DOI:10.1177/2309499020918759.
- [32] Feucht MJ, Grande E, Brunhuber J, et al. Biomechanical evaluation of different suture techniques for arthroscopic transtibial pull-out repair of posterior medial meniscus root tears[J]. Am J Sports Med, 2013, 41(12):2784–2790. DOI:10.1177/0363546513502464.
- [33] Anz AW, Branch EA, Saliman JD. Biomechanical comparison of arthroscopic repair constructs for meniscal root tears[J]. Am J Sports Med, 2014, 42(11):2699–2706. DOI:10.1177/0363546514549445.
- [34] 王江涛, 步建立, 申学振, 等. 采用不同缝线及缝合位点缝合内侧半月板后根部损伤的生物力学研究[J]. 中国骨伤, 2021, 34(5): 442. DOI:10.12200/j.issn.1003-0034.2021.05.009.
- [35] Prado-Novoa M, Perez-Blanca A, Espejo-Reina A, et al. Initial biomechanical properties of transtibial meniscal root repair are improved by using a knotless anchor as a post-insertion tensioning device[J]. Sci Rep, 2020, 10(1):1748. DOI:10.1038/s41598-020-58656-6.
- [36] Chung KS, Ha JK, Ra HJ, et al. Does release of the superficial medial collateral ligament result in clinically harmful effects after the fixation of medial meniscus posterior root tears?[J]. Arthrosc J Arthrosc Relat Surg, 2017, 33(1):199–208. DOI:10.1016/j.arthro.2016.06.030.
- [37] Chung KS, Ha JK, Ra HJ, et al. A meta-analysis of clinical and radiographic outcomes of posterior horn medial meniscus root repairs[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2016, 24(5):1455–1468. DOI:10.1007/s00167-015-3832-0.
- [38] Chung KS, Ha JK, Ra HJ, et al. Pullout fixation of posterior medial meniscus root tears: correlation between meniscus extrusion and midterm clinical results[J]. Am J Sports Med, 2017, 45(1):42–49. DOI:10.1177/0363546516662445.
- [39] Koga H, Watanabe T, Horie M, et al. Augmentation of the pull-out repair of a medial meniscus posterior root tear by arthroscopic centralization[J]. Arthrosc Tech, 2017, 6(4):e1335–e1339. DOI:10.1016/j.eats.2017.05.014.
- [40] Okazaki Y, Furumatsu T, Miyazawa S, et al. A novel suture technique to reduce the meniscus extrusion in the pullout repair for medial meniscus posterior root tears[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2019, 29(8):1805–1809. DOI:10.1007/s00590-019-02513-4.
- [41] Hiranaka T, Furumatsu T, Miyazawa S, et al. Transtibial pullout repair techniques using two simple stitches for medial meniscus posterior root tear can prevent the progression of medial meniscus extrusion and obtain successful outcomes[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2022, 32(5):795–802. DOI:10.1007/s00590-021-03035-8.
- [42] Kim JH, Ryu DJ, Park JS, et al. Arthroscopic transtibial pull-out repair of medial meniscus posterior root tear with a whip running suture technique[J]. Arthrosc Tech, 2021, 10(4): e1017–e1024. DOI:10.1016/j.eats.2020.11.016.
- [43] DePhillipo NN, Kennedy MI, Chahla J, et al. Type II medial meniscus root repair with peripheral release for addressing meniscal extrusion[J]. Arthrosc Tech, 2019, 8(9):e941–e946. DOI:10.1016/j.eats.2019.05.001.

(收稿日期:2022-03-01)

(本文编辑:孙家衍)

欢迎投稿

欢迎订阅