

• 临床研究 •



专家简介:

陈竞青,1995年毕业于河北医科大学临床医学系本科,毕业后任教于本校基础医学院,2002年于河北医科大学医学硕士研究生毕业后就职于河北医科大学第三医院关节外科至今。医学博士,副主任医师,硕士研究生导师。曾通过国家卫健委选拔考试赴德国北威州诺伊斯市 Johanna-Etineen 教会医院及中国人民解放军总医院骨科进修培训。现年均门诊量5000例次,年均主刀手术500台次。系首位在国际专业杂志上报道膝关节内侧盘状半月板损伤的华人医生,连续2年主办以内侧半月板后根损伤为主题的省级继续医学教育项目,并保持此类手术的省内最高记录。现任中国研究型医院学会冲击波与精准能量医学专业软骨损伤与修复学组委员、中国医疗救援协会运动伤害分会常务理事及中国中医药信息学会中西医结合智能诊疗分会委员。获得省、厅级科技奖励各1项,以第一完成人获得科技成果2项,以第一作者或通讯作者发表SCI文章3篇及中文期刊文章10余篇,任副主编或参编著作4部,获得实用新型发明专利1项。

关节镜下单线双位点套扎缝合治疗 内侧半月板后根部损伤

陈竞青,牛海云,董振跃,李 铭,顾聚源,陈百成

(河北医科大学第三医院关节骨科,河北 石家庄 050051)

[摘要] 目的 探讨应用关节镜下单线双位点套扎缝合技术治疗内侧半月板后根部损伤(medial meniscus posterior root tear, MMPRT)的临床效果。方法 选择河北医科大学第三医院收治的行关节镜下单线双位点套扎缝合治疗的MMPRT患者17例17膝。X线片Kellgren-Larrence分级情况为0级2例,1级5例,2级10例。患者于术前及术后随访时进行相关功能评分与膝关节退变情况检测,包括疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、国际膝关节文献委员会(international knee documentation committee, IKDC)评分、Lysholm评分、X线片Kellgren-Larrence分级及内侧半月板外凸数值。结果 17例患者获得13~20个月的随访,平均(16.28±3.54)个月。末次随访时膝关节VAS评分[1.00(1.00)分]低于术前[5.00(1.00)分],IKDC评分、Lysholm评分及内侧半月板外凸均值[(60.29±3.98)分、(89.88±4.11)分及(3.08±0.19)mm]高于术前[(38.82±2.48)分、(51.65±4.27)分及(2.98±0.11)mm],差异有统计学意义($P<0.001$)。末次随访时的X线片Kellgren-Larrence分级与术前比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。结论 应用关节镜下单线双位点套扎缝合治疗MMPRT的临床疗效良好,同时具有良好的安全性与可操作性。

[关键词] 半月板;套扎缝合;关节镜检查 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2024.10.012

[中图分类号] R684.76 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2024)10-1200-06

Arthroscopic single thread double site ligation and suture technique in the treatment of medial meniscus posterior root tear

CHEN Jing-qing, NIU Hai-yun, DONG Zhen-yue, LI Ming, GU Ju-yuan, CHEN Bai-cheng

(Department of Joint Surgery, the Third Hospital of Hebei Medical University,
Shijiazhuang 050051, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate clinical effect of arthroscopic single thread double site ligation and suture technique in the treatment of medial meniscus posterior root tear (MMPRT).

[收稿日期]2024-05-17

[基金项目]河北省重点研发计划项目(192777116D)

[作者简介]陈竞青(1972-),男,河北石家庄人,河北医科大学第三医院副主任医师,医学博士,从事骨科运动医学与关节外科疾病诊治研究。

Methods In total, 17 knees from 17 patients with MMPRT were selected and treated with arthroscopic single thread double site ligation and suture in the Third Hospital of Hebei Medical University. The Kellgren-Larence grading of 17 knees on X-ray was grade 0 in 2 patients, grade 1 in 5 patients, and grade 2 in 10 patients. During preoperative and postoperative follow-up, patients were evaluated for relevant functional scores and knee joint degeneration, including visual analogue scale (VAS) pain score, international knee documentation committee (IKDC) score, Lysholm score, X-ray Kellgren-Larence grading, and medial meniscus extrusion (MME) value. **Results** Seventeen patients were followed up for 13 to 20 months, with an average of (16.28 ± 3.54) months. At the last follow-up, the knee joint VAS score $[1.00 (1.00) \text{ points}]$ was lower than that $[5.00 (1.00) \text{ points}]$ before operation, while the IKDC score, Lysholm score, and MME value were $[(60.29 \pm 3.98) \text{ points}, (89.88 \pm 4.11) \text{ points}, \text{ and } (3.08 \pm 0.19) \text{ mm}]$ respectively, which were higher than those $[(38.82 \pm 2.48) \text{ points}, (51.65 \pm 4.27) \text{ points}, \text{ and } (2.98 \pm 0.11) \text{ mm}]$ before operation, with statistical significance ($P < 0.001$). At the last follow-up, there was no significant difference in the Kellgren-Lawrence grading of X-ray films compared with preoperative levels ($P > 0.05$). **Conclusion** Arthroscopic single thread double site ligation and suture for the treatment of MMPRT has good clinical efficacy, as well as good security and operability.

[Key words] meniscus; ligation and suture technique; arthroscopy

内侧半月板后根部损伤 (medial meniscus posterior root tear, MMPRT) 的发病率非常高, 占全部半月板损伤的 $10.1\% \sim 27.8\%$ ^[1]; 若未得到及时、有效的治疗, 将迅速引发膝部骨关节炎, 或使既有的骨关节炎病情快速进展加剧。大量研究已证实, 关节镜下手术修复重建内侧半月板后根止点是本病的最佳疗法, 其中经过胫骨隧道的拉出固定法是目前应用最为广泛的术式^[2-6]。在该种术式的具体操作环节中, 对半月板残端的缝合套扎及对缝线的固定有多种方式^[7-9], 若选择不当或操作不利, 可能会导致缝线切割残端、操作损伤软骨、牵拉稳定性差以及残端与骨床的界面愈合不良。为了克服上述弊端, 开发应用关节镜下单线双位点套扎缝合及经胫骨渐次收紧固定技术治疗 MMPRT, 既实现了对半月板残端的可靠固定, 也提高了手术的安全性与可操作性, 同时取得了良好的临床效果, 为该领域的疗法改进提供了有益的参考与借鉴。报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究纳入 2022 年 8 月—2023 年 3 月河北医科大学第三医院收治的 MMPRT 患者共 17 例 17 膝, 其中男性 6 例, 女性 11 例, 年龄 41~65 岁, 平均 (53.7 ± 6.8) 岁。均为单侧膝关节内侧半月板后根部完全断裂, 其患膝骨关节炎 X 线片 Kellgren-Larenc 分级情况: 0 级 2 例, 1 级 5 例, 2 级

10 例。自发病至手术时间 4 d~9 个月。

纳入标准: ①经关节镜下探查确诊为 MMPRT, 且不合并撕脱骨折; ②合并骨关节炎者, 其 X 线片 Kellgren-Larence 分级 ≤ 2 级, 膝关节冠状面内翻畸形 $\leq 5^\circ$, 矢状面屈曲畸形 $\leq 10^\circ$; ③具有良好的手术耐受性; ④年龄满 18 周岁。排除标准: ①并发严重的肌骨运动系统疾病、神经肌肉疾病, 或具有患膝外伤及手术史者; ②合并骨与关节感染病史者; ③具有严重精神疾病、脑血管病史及出血功能障碍者; ④妊娠期及哺乳期患者。

本研究经医院伦理委员会审批通过 (批件编号 2023-086-1), 所有参与研究的患者均知情同意并签署知情同意书。

1.2 治疗方法及康复指导 患者取平卧位, 于股神经阻滞联合全身麻醉下手术。自髌下前外侧工作入路置入关节镜探查, 明确诊断 (图 1); 自髌下前内侧工作入路置入手术器械, 以篮钳及电动刨削器对半月板残端进行新鲜化处理, 以刮匙或单向磨钻对拟建立胫骨隧道的内口部位去除关节软骨。在距残端 0.5~1.0 cm 处选取两个位点, 分别靠近半月板的游离缘及滑膜缘, 且与边缘保持 0.2 cm 以上间距。以携有 PDS 线的缝合钩或 18 号腰穿针自其中一点贯穿半月板, 用上述 PDS 线引入对折后的 2 号 ARTHREX 外科缝合线一条, 其中返折端祥环自半月板背侧穿出至腹侧 (图 2A), 将背侧两条尾线中的一条穿过腹侧的祥环, 并收紧锁定 (图 2B); 再用同

上方法引导背侧另一条尾线的返折部自另一点贯穿至腹侧形成袢环(图 2C),再将其背侧的游离端穿过腹侧的袢环并收紧锁定(图 2D),即完成对半月板残端的单线双位点套扎缝合(图 3)。

选取 Gerdy's 结节下缘作为外口制作直径 4.5 mm 的胫骨隧道,经隧道通路取出残端套扎后两条尾线中的一条,在体外穿过 ARTHREX 可调袢微型钛板的袢环部位后,再经隧道返回至关节腔内,于镜头监视下与另一条尾线在隧道内口处打结固定(图 4),至此套扎固定残端的缝线与可调袢组合成一链式牵拉复合体。然后,于隧道外口处交替逐次牵拉可调袢的两条尾线(图 5),其末端附带的微型钛板即逐渐紧贴于隧道外口的骨皮质上。镜下探

查残端止点重建的位置及张力,若稳定性或张力不足,可再次收紧,加强牵拉力度。调整至满意(图 6),于隧道外口处将可调袢的两条尾线打结固定于微型钛板表面,预防可能出现的松动现象。再次关节镜下检查腔室内各个部位,确认无误后,以大量生理盐水冲洗,逐层闭合切口。

关节腔内不放置引流,术毕即刻行 X 线检查(图 7),麻醉效应消退后,即鼓励开始踝泵运动。术后 1~2 d 可主动直腿抬高时,即扶拐下地,进行患肢不负重行走训练。术后 11~13 d 拆线(图 8),1 个月内屈曲不超过 100°,2 个月后患肢逐渐开始负重,3 个月复查无异常即开始练习完全屈膝下蹲。



图 1 关节镜下显示内侧半月板后根部撕裂
Figure 1 Arthroscopic display of medial meniscus posterior root tear

图 2 单线双位点套扎缝合内侧半月板残端的操作步骤

A.将一条外科缝线对折后的返折端由半月板残端的背侧引至腹侧;B.将一条尾线穿过返折部的袢环,收紧锁定;C.将另一条尾线返折形成的袢环由背侧引至腹侧;D.再将该尾线的游离端穿过上述袢环,收紧锁定

Figure 2 The procedures of suturing the residual end of the medial meniscus with single thread and double site ligation

图 3 对内侧半月板残端的单线双位点套扎缝合

Figure 3 Single thread double site ligation and suturing of the residual end of the medial meniscus

图 4 套扎残端的两条尾线与微型钛板所附的可调袢环打结组合为一体

Figure 4 The two tail wires for tying the residual end and the adjustable loop attached to the micro titanium plate tied together as a whole

图 5 牵拉可调袢环的两条尾线,将微型钛板收紧固定于胫骨隧道外口

Figure 5 The two tail lines of the adjustable loop pulled to tighten and fix the micro titanium plate to the outer opening of the tibial tunnel

图 6 内侧半月板残端止点完成修复重建

Figure 6 Repair and reconstruction of the residual end of the medial meniscus

图 7 术后即刻患膝正侧位 X 线片

Figure 7 Anteroposterior and lateral X-rays of the affected knee immediately after operation

图 8 术后两周患膝外观情况

Figure 8 Appearance of the affected knee at two weeks after operation

1.3 观察指标 对患者在术前及术后 12 个月以上的末次随访时,分别观察记录疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、国际膝关节文献委员会(the International Knee Document Committee, IKDC)评分、Lysholm 评分、患膝骨关节炎 X 线片 Kellgren-Larance 分级及患膝内侧半月板外凸峰值。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 19.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料比较采用配对样本 t 检验,不符合正态分布的计量资料比较采用秩和检验,等级资料比较采用秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

型钛板松动、缝线断裂、深部静脉血栓及凝血功能异常等并发症。17 例患者的随访时间为 13~20 个月,平均(16.28±3.54)个月。患者症状较术前普遍改善,疼痛缓解或消失,关节活动能力明显增强;同时,大部位患者仍存在下蹲困难现象。末次随访时的 VAS 评分均低于术前,IKDC 评分、Lysholm 评分内侧半月板外凸峰值高于术前,差异有统计学意义($P < 0.001$),患膝骨关节炎 X 线片 Kellgren-Larance 分级与术前比较差异无统计学($P > 0.05$)。见表 1。

2 结 果

所有患者手术切口均一期愈合,未发生感染、微

表 1 术前和末次随访时观察指标比较

Table 1 Comparison of observation indicators before operation and at the last follow-up

($n = 17$)

时间	VAS 评分 [M(QR),分]	IKDC 评分 ($\bar{x} \pm s$,分)	Lysholm 评分 ($\bar{x} \pm s$,分)	Kellgren-Larance 分级(例数,%)				内侧半月板外凸 峰值($\bar{x} \pm s$,mm)
				0	1	2	3	
术前	5.00(1.00)	38.82±2.48	51.65±4.27	2(11.76)	5(29.41)	10(58.82)	0(0.00)	2.98±0.11
末次随访	1.00(1.00)	60.29±3.98	89.88±4.11	2(11.76)	4(23.53)	11(64.71)	1(5.88)	3.08±0.19
Z/t 值	3.666	26.524	27.195		0.224			3.342
P 值	<0.001	<0.001	<0.001		1.000			0.004

3 讨 论

3.1 修复重建后根止点的意义 膝关节骨关节炎的是发病率最高的骨科疾病之一,严重影响着广大患者的生活质量和劳动能力,同时带来了沉重的卫生经济负担。MMPRT 正是导致膝部骨关节炎快速形成与进展的重要因素,对于在生活和工作中惯于采用高度屈膝体位的亚洲人群意义尤为重大。当前,手术治疗已经成为该病的首选疗法。Zhang 等^[10]研究证实,后根止点的手术修复保持了其动力学的稳定性,这可以有效改善临床状况。对于骨关节炎尚未发生或病变轻微的患者,后根止点获得修复重建后可有效预防骨关节炎的发生与快速进展^[11];反之,符合适应证的患者若延误了手术治疗,不但同侧膝关节病变将持续加重,也可能导致对侧膝关节发生 MMPRT^[12]。在手术治疗方面,缝线套

扎后根残端后经胫骨隧道的拉出固定法已发展为主流术式,这也是当前运动医学及关节骨科领域的热点板块之一。

3.2 本疗法的开发背景及实施效果 当前,胫骨隧道法中对半月板残端的套扎缝合存在不同的方式,主要包括两针简单缝合技术、水平褥式缝合技术、改良 Mason-Allen 缝合技术、环形缝合技术及双套环锁定技术^[7-9]。Feucht 等^[13-14]研究证实,在前四种方式中尽管改良 Mason-Allen 缝合技术的抗牵拉失效强度最大,但两针简单缝合技术与之相比在生物力学性能上差异无统计学意义,既能提供可靠的固定强度,又具有最佳的位移稳定性,而术后的半月板残端的稳定性与其在骨床界面的愈合状况密切相关。第五种方式须穿过半月板残端上呈等腰三角形分布的 3 个位点引线,具有最大的操作难度与最长的学习曲线,其次是改良 Mason-Allen 缝合技术。

众所周知,单位点过线由于牵拉应力过于集中,易于对套扎的组织造成切割损伤,而两个及以上的位点同时牵拉将分散应力从而规避上述危害。本文所采用的单线双位点套扎缝合即改良于两针简单缝合技术,后者在生物力学方面的失效载荷几乎是单线缝合的两倍^[15],近期的半月板残端修复临床研究也见证了其良好的术后功能改善^[16]。

Wu等^[17]的研究表明,经骨隧道的缝合方式在应力干预下容易导致松动,其原因可能是固定时收紧胫骨皮质上的缝线困难或缝线逐渐松动导致。为克服此种弊端,本研究将套扎缝合残端的两条尾线与带可调袢微型钛板的袢环部分在胫骨隧道内口处打结组合,成为线性链式牵拉复合体;将微型钛板横贯在隧道外口,交替牵拉两条尾线,逐渐收紧袢环,即可逐渐增加对半月板残端的牵拉固定强度。上述过程可结合镜下探查情况分次执行,体现出良好的可操作性;达到满意的牵拉强度后,再将两条牵拉的袢环尾线打结固定于微型钛板上,防止可能出现的松动,进一步保障了牵拉张力的稳定性。

本研究结果显示,患者经上述方案治疗后1年以上的随访效果良好,不但患膝关节的疼痛症状明显缓解,而且患膝关节的功能状况显著优于术前,有效保障了患者的生活质量和劳动能力。尽管本疗法尚不能控制内侧半月板在站立时的外凸移位以及内侧关节间隙变窄的趋势,但残端止点得到修复重建后的稳定性明显增强,关节内的生物学应力均值与峰值均获得改善^[18-19];而且,近期已有研究发现,残端止点修复重建后可减少内侧半月板在屈膝位时的外凸移位程度^[10]。本研究结果表明,上述改良术式的实践应用是安全有效的,而且可操作性较强,为关节镜下修复重建内侧半月板后根止点提供了有益的技术选项和临床依据。

3.3 本疗法的技术优势 本疗法吸收、借鉴了多种同类技术,具有一定的先进性和优越性。第一,其创新点在于应用一条外科缝线完成了双位点的套扎固定,使所有被套扎的残端组织作为一整体承受牵拉应力,既规避了单位点缝线受力的组织切割现象,也规避了三位点穿线操作的高难度与软骨损伤的高风险。第二,与两针简单缝合技术相比,单线双位点套扎缝合后的尾线由四条变为两条,不但节省耗材,而且便于与可调节袢环组合时的内窥镜下打结固定。其次,该种过线方式对特殊器械的依赖性较小,既可通过缝合钩过线,也可通过腰穿针过线,在技术推广方面具有更大的便捷性与灵活性。第三,将残端缝合线与带袢微型钛板的可调节袢环部分组合成线性

链式牵拉复合体后,通过袢环部分两条尾线的交替牵拉,可逐渐增加半月板残端止点重建的稳固性,并结合镜下探查情况决定收紧程度。上述过程展现出了良好的可操作性,为手术医生提供了友好、从容的操控体验。第四,与常规胫骨隧道远端开口于胫骨平台前内侧^[16,20]不同,本疗法将其定位于 Gerdy's 结节下缘,缝合固定半月板残端的线性链式牵拉复合体的作用力方向与半月板体部的走行方向基本一致,符合解剖学修复原则^[21],避免在进入骨隧道后大幅度地改变角度,不但可减少牵拉力度的损失,也可防止外科缝线遭受的高强度磨损^[22],而且解除了制作隧道可能导致的腓绳肌肌腱损伤。

3.4 临床应用中的注意事项 本疗法在实践应用时应当注意以下几个方面:第一,须慎重选取适应证,应充分考虑软骨的损伤和退变、患膝畸形及体重过大等因素,避免应用于存在争议的胫骨高位截骨术后患者,但可联合胫骨高位截骨术同时开展本疗法^[23-24]。第二,在半月板残端穿刺位点的选取要避免过于贴近边缘,防止施加牵拉力量时发生切割与松脱现象;第三,要注意关节腔内各条线绳的管理,必要时可附加工作通道,避免发生线绳之间或线绳与关节内组织之间的相互缠绕或羁绊,干扰手术操作。第四,将套扎残端后的两条尾线与可调节袢环部组合成线性链式牵拉复合体时,一定要打结牢固,避免出现牵拉受力时的结扣滑动、松开现象。第五,若关节间隙太小,难以容纳手术操作,可适度针刺松解内侧副韧带深层的胫骨止点区。第六,制作胫骨隧道的4.5 mm钻头撤出之前,要提前备好滑线钳并沿循打钻方向经隧道外口进入关节腔内。否则,可能因滑线钳进入困难而延长手术时间。

3.5 存在的不足与改进愿景 本技术的不足之处在于仅能提供内侧半月板后根残端的稳定性,而不能阻止其逐渐增大的外凸现象,对骨关节炎病程进展的迟滞作用还有待加强;开展后续研究时应借鉴相关研究报道^[25-27],可考虑利用铆钉使外凸移位的半月板中心化,利用腓绳肌腱代替缝合线以改进修复重建疗效。本疗法中为防止屈膝角度增大带来的应力损伤,而较长时间地限制患者做大角度屈膝动作,结果绝大部分患者遗留了不同程度的下蹲障碍,今后须更多地探寻组织保护与功能康复之间的平衡措施;另外,所纳入研究的病例数目较小,有待于更多临床样本的参与及前瞻性研究的对比分析。

综上所述,在关节镜下应用单线双位点套扎技术治疗 MMPRT 的疗法安全有效,具有显著的操作优越性和良好的现实可行性。

[参考文献]

- [1] Lee DW, Ha JK, Kim JG. Medial meniscus posterior root tear: a comprehensive review[J]. *Knee Surg Relat Res*, 2014, 26(3):125-134.
- [2] Wang L, Zhang K, Liu X, et al. The efficacy of meniscus posterior root tears repair: A systematic review and meta-analysis[J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2021, 29(1): 23094990211003350.
- [3] Bernard CD, Kennedy NI, Tagliero AJ, et al. Medial meniscus posterior root tear treatment: a matched cohort comparison of nonoperative management, partial meniscectomy, and repair [J]. *Am J Sports Med*, 2020, 48(1):128-132.
- [4] Okazaki Y, Furumatsu T, Hiranaka T, et al. Medial meniscus posterior root repair prevents the progression of subchondral insufficiency fracture of the knee[J]. *J Orthop Sci*, 2021, 26(6):1051-1055.
- [5] Dzdizshvili L, Calvo E, López-Torres II. Medial meniscus posterior root repair reduces but does not avoid histologic progression of osteoarthritis: randomized in vivo experimental study in a rabbit model[J]. *Am J Sports Med*, 2023, 51(11): 2964-2974.
- [6] Yang Q, Zhu XY, Bao JY, et al. Medial meniscus posterior root tears and partial meniscectomy significantly increase stress in the knee joint during dynamic gait[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2023, 31(6):2289-2298.
- [7] Feucht MJ, Izadpanah K, Lacheta L, et al. Arthroscopic transtibial pullout repair for posterior meniscus root tears[J]. *Oper Orthop Traumatol*, 2019, 31(3):248-260.
- [8] Samy TM, Nassar W, Zakaria ZM, et al. Medial meniscus posterior root tear repair using a 2-simple-suture pullout technique[J]. *Arthrosc Tech*, 2017, 6(3):e579-e583.
- [9] 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.
- [10] Zhang X, Furumatsu T, Okazaki Y, et al. Medial meniscus posterior root repair reduces the extruded meniscus volume during knee flexion with favorable clinical outcome[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2021, 29(12):4205-4212.
- [11] Jackson GR, Warriar AA, Wessels M, et al. A systematic review of adverse events and complications after isolated posterior medial meniscus root repairs[J]. *Am J Sports Med*, 2024, 52(4):1109-1115.
- [12] Hiranaka T, Furumatsu T, Okazaki Y, et al. Steep medial tibial slope and prolonged delay to surgery are associated with bilateral medial meniscus posterior root tear[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*, 2021, 29(4):1052-1057.
- [13] 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.
- [14] Feucht MJ, Grande E, Brunhuber J, et al. Biomechanical evaluation of different suture materials for arthroscopic transtibial pull-out repair of posterior meniscus root tears[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23(1):132-139.
- [15] Rosslenbroich SB, Borgmann J, Herbolt M, et al. Root tear of the meniscus: biomechanical evaluation of an arthroscopic refixation technique[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2013, 133(1):111-115.
- [16] 李尚仲, 方玉基, 李仕本, 等. 关节镜下经胫骨隧道修复内侧半月板后根撕裂短期疗效观察[J]. *海南医学*, 2023, 34(5):650-654.
- [17] Wu SH, Yeh TT, Hsu WC, et al. Biomechanical comparison of four tibial fixation techniques for meniscal root sutures in posterior medial meniscus root repair: A porcine study[J]. *J Orthop Translat*, 2020, 24:144-149.
- [18] Kawada K, Furumatsu T, Tamura M, et al. Medial joint space narrowing progresses after pullout repair of medial meniscus posterior root tear[J]. *Int Orthop*, 2023, 47(10):2401-2407.
- [19] Perry AK, Lavoie-Gagne O, Knapik DM, et al. Examining the efficacy of medial meniscus posterior root repair: a meta-analysis and systematic review of biomechanical and clinical outcomes[J]. *Am J Sports Med*, 2023, 51(7):1914-1926.
- [20] 杨晓, 莫国伟, 王昕. 关节镜下单针套扎法结合经胫骨拉线修复技术治疗内侧半月板后根部损伤[J]. *临床骨科杂志*, 2022, 25(5):653-656.
- [21] Kwon SW, Kim JB, Kim CH, et al. Comparison of medial and lateral tibial tunnel in pullout repair of posterior root tear of medial meniscus: Radiologic, clinical, and arthroscopic outcomes[J]. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 2020, 28(2): 2309499020918759.
- [22] Samy TM, Nassar WAM, Zakaria ZM, et al. Medial meniscus posterior root tear repair using a 2-simple-suture pullout technique[J]. *Arthroscopy Techniques*, 2017, 6(3):pp e579-e583.
- [23] Srimongkolpitak S, Chernchujit B. Posterior root medial meniscus tear with medial opening wedge high tibial osteotomy: a step-by-step systematic arthroscopic repair technique[J]. *Arthrosc Tech*, 2022, 11(9):e1515-e1523.
- [24] Rocha de Faria JL, Pavao DM, Moreirao MC, et al. Posterior root repair of medial meniscus combined with valgus opening wedge tibial osteotomy [J]. *Arthrosc Tech*, 2021, 10(5): e1373-e1382.
- [25] Wu TY. Posterior root repair with centralization using knotless suture anchors[J]. *Arthrosc Tech*, 2022, 11(4): e661-e668.
- [26] Li H, Nie S, Lan M. Medial meniscus posterior root repair reduces but does not avoid histologic progression of osteoarthritis: randomized in vivo experimental study in a rabbit model[J]. *MC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 1094.
- [27] 王敏, 李基新, 杨建磊, 等. 自体股薄肌腱修复重建内侧半月板后根部技术的临床疗效观察[J]. *吉林医学*, 2021, 42(4):859-862.