



· 论 著 ·

膝关节麻醉下手法松解术后的超声影像学动态评估

侯英敏¹, 高毅², 常才², 黄云霞²

1. 上海市奉贤区奉城医院超声科, 上海 201411 ;

2. 复旦大学附属肿瘤医院超声科, 复旦大学上海医学院肿瘤学系, 上海 200032

[摘要] 目的: 探讨高频超声动态观察膝关节麻醉下手法松解术 (manipulation under anesthesia, MUA) 后的超声影像学表现。方法: 回顾并分析2021年1月—2022年06月于上海市奉贤区奉城医院收治的35例MUA患者的临床及超声影像学资料。每例患者的超声影像学资料包括治疗前及术后2周和12周时膝关节积液、滑膜情况, 股四头肌肌腱、髌韧带回声及厚度, 比较治疗前及术后超声影像学变化。结果: MUA术后2周, 超声显示37.1%患者滑膜增厚, 20.0%患者膝关节积液; 股四头肌肌腱及髌韧带回声减低, 厚度平均增加23.2%及18.3% (均 $P<0.05$); 28.6%患者股四头肌/髌韧带肌腱内见粗大钙化灶, 8.6%患者髌韧带内见局部缺损灶。MUA术后12周各参数均改善。结论: 超声能够动态监测膝关节MUA术后关节腔及肌腱和韧带的形态学改变, 有助于指导临床制订进一步的治疗方案。

[关键词] 高频超声; 膝关节; 麻醉下手法松解术

中图分类号: R445.1 文献标志码: A DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2024.06.010

Dynamic evaluation of ultrasound imaging after manipulation under anesthesia of knee joint HOU Yingmin¹, GAO Yi², CHANG Cai², HUANG Yunxia² (1. Department of Ultrasonography, Fengcheng Hospital of Fengxian District, Shanghai 201411, China; 2. Department of Ultrasound, Fudan University Shanghai Cancer Center, Department of Oncology, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai 200032, China)

Correspondence to: HUANG Yunxia E-mail: applewinwin@sina.com

[Abstract] **Objective:** To explore the performance of high-frequency ultrasound after manipulation under anesthesia (MUA) of knee joint. **Methods:** The clinical and ultrasound imaging data of 35 patients who underwent MUA of knee joint in Shanghai Fengcheng hospital from January 2021 to June 2022 were retrospectively analyzed. The ultrasound parameters of each patient included joint effusion, synovium, quadriceps tendon and patellar ligament echo and thickness before and after the MUA. **Results:** After 2 weeks of MUA, 37.1% of the patients had signs of synovitis, and 20.0% of the patients had joint effusion. Echo reduction was observed in all the quadriceps tendon and patellar ligament, and the thickness were increased with an average of 23.2% and 18.3%, respectively. Macrocalcification was found in 28.6% of the quadriceps tendon and patellar ligaments, and a hypoechoic defect on the patellar ligament was found in 8.6% of the patients. All these parameters were improved after 12 weeks of MUA. **Conclusion:** Ultrasound provides morphological changes of the knee joint after MUA, which is helpful to guide the clinical decision of further treatment.

[Key Words] High-frequency ultrasound; Knee joint; Manipulation under anesthesia

随着人口日益老龄化和各种急慢性膝关节损伤发病率升高, 膝关节手术量呈逐年增长趋势。尽管手术方式不断改进, 术后并发症仍是影响患者生活质量的主要问题。研究^[1]显示, 膝关节手术后1.3%~5.2%的患者出现关节僵硬, 导致关节活动角度受限和疼痛。术后并发症中关节纤维粘连、关节腔肿胀及肌腱损伤等因素均与关节僵

硬有关, 其发生率为1%~10%^[2]。麻醉下手法松解术 (manipulation under anesthesia, MUA) 被认为是改善膝关节术后僵硬的有效治疗方法^[3]。

然而评估膝关节损伤状态与功能恢复的关系较为困难, 尤其是术后, 患者的临床表现与膝关节损伤状态并不一致。虽然磁共振成像

基金项目: 上海市奉贤区 (社会类) 科技发展基金医学类项目 (20211822)

通信作者: 黄云霞 E-mail: applewinwin@sina.com

(magnetic resonance imaging, MRI)可清晰地显示膝关节韧带及半月板损伤、软组织肿胀及瘢痕形成等^[4]。但由于检查费用高、检查过程复杂且存在检查禁忌证,例如金属植入物或者植入物导致的伪影,因此MRI不宜作为一项常规检查。高频超声能清晰地显示膝关节周围软组织,且为无创性操作、简便快捷、费用相对较低,适合术前评估及术后随访。研究^[5-7]显示,高频超声可有效地评估膝关节韧带损伤及关节肿胀。本研究通过高频超声动态评估MUA后膝关节周围肌腱、韧带及关节腔,旨在为临床评估膝关节MUA后关节腔损伤改变提供影像学依据。

1 资料和方法

1.1 临床资料

本研究为回顾性研究,纳入2021年1月—2022年6月在上海市奉贤区奉城医院因膝关节创伤术后关节粘连收治入院行MUA治疗的患者。纳入标准:①经常规康复积极治疗后膝关节屈曲和/或伸展活动度受限,或者屈膝角度 $<110^{\circ}$;②膝关节术后病程2~8个月;③术前,术后2周、12周行超声检查;排除标准:①骨性关节炎(包括风湿性关节炎、感染性关节炎或者创伤);②肥胖(体重指数 $>40\text{ kg/m}^2$)、慢性疼痛、糖尿病;③骨折预后不良;④合并严重的心、肺及肝脏内科疾病。MUA方法:全身麻醉后,采用Kaltenborn流派的关节松动术,然后同侧髌关节屈曲 90° ,用手施压于胫骨近端逐渐增加压力弯曲膝关节,直到不再出现可触摸的粘连分离,并达到关节活动度的改善。术后即刻开始48 h综合镇痛、控制肿胀“3C”方案,包括48 h应用自控镇痛泵,48 h持续加压常冷疗,48 h被动运动和非固醇类抗炎药。

1.2 方法

1.2.1 超声仪器及图像记录

采用日本Canon公司的Aplio400超声诊断仪器(线阵探头4~14 MHz),以及美国GE公司的LOGIQ E9超声诊断仪(线阵探头6~15 MHz)进行检查。在MUA术前,术后2、12周,患者取半卧位,屈膝 30° ,超声探头紧贴膝关节,探头横

切、纵切扫查关节内侧、外侧及髌骨上方及下方,观察股四头肌肌腱、髌韧带的回声和连续性、关节腔内积液及滑膜回声。以股骨内上髁、胫骨近端、髌骨作为骨性标志在纵轴测量股四头肌肌腱、髌韧带厚度^[8]。

1.2.2 评估标准及参数

以关节腔积液最深处测量积液深度。膝关节积液诊断标准:膝关节积液深度 $>4\text{ mm}$ 。滑膜炎诊断标准:滑膜厚度 $>3\text{ mm}$ ^[9]。膝关节内彩色多普勒超声血流分级:0级,无彩色血流信号;I级,可见少量点状彩色血流信号;II级,可见较多点状、短线状彩色血流信号;III级,可见丰富网状、树枝状彩色血流信号^[10]。股四头肌肌腱:在纵轴切面上距离髌骨附着处2 cm测量肌腱厚度。髌韧带:在纵轴切面上髌骨和胫骨粗隆之间测量近、中、远段肌腱厚度,三者的平均值作为整体厚度进行评估^[11]。

股四头肌肌腱和髌韧带描述性评估:回声中断,肌腱纤维连续性,肌腱回声不均质改变,部分或者全部撕裂,肌腱钙化,或者彩色多普勒超声显示肌腱内血流信号。

所有检测均由同一名具有5年以上肌骨系统超声检查经验的医师进行操作,扫查时该医师并不知晓患者的临床相关资料。每例患者检测3次,取平均值。并由一名高年资医师复查和审核,如果出现不一致,由第三名高年资医师审核,直到结果一致。

1.3 统计学处理

采用SPSS 23.0软件进行统计学分析。比较MUA术前、术后2周及术后12周的超声特征,非正态分布的特征采用Wilcoxon秩和检验,正态分布则采用 t 检验,包括股四头肌厚度,髌腱厚度(近端、远端和中部)。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 的形式表示,不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。所有 P 值均为双侧检验结果, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

本研究共纳入35例患者,包括前交叉韧带重

建术24例, 后交叉韧带重建术3例, 滑膜炎关节镜切除术2例, 膝关节周围骨折3例, 髌骨脱位术1例, 膝关节置换术2例。

2.1 MUA治疗效果

35例患者MUA术中被动屈膝角度显著高于术前 ($P < 0.05$), 平均改善 39.1° ; 术后2周主动屈膝角度较术中减小 ($P < 0.05$)。术后2周和12周主动屈膝角度均较术前角度逐渐提高 ($P < 0.05$), 分别平均改善 42.5° 、 48.6° , 所有患者均未出现并发症。

2.2 膝关节积液和滑膜炎

MUA术前超声显示膝关节滑膜增厚9例 (25.7%), 膝关节积液5例 (14.3%)。MUA术

后2周超声显示滑膜增厚例13例 (37.1%), 膝关节积液7例 (20.0%)。术后12周超声显示滑膜增厚4例 (11.4%), 膝关节积液2例 (5.7%)。

2.3 股四头肌肌腱

与MUA术前相比较, 术后2周股四头肌肌腱明显增厚 [(7.96 ± 2.51) mm vs (6.45 ± 1.43) mm, $P < 0.001$], 平均变化率23.2%。术后12周, 股四头肌肌腱仍较术前增厚 [(7.00 ± 1.74) mm vs (6.45 ± 1.43) mm, $P < 0.001$], 平均变化率9.1% (表1)。

股四头肌肌腱MUA术前及术后超声图像改变见图1。膝关节术后 (MUA术前) 肌腱回声稍紊乱, 肌纤维呈条索状。术后2周, 所有患者肌腱

表1 MUA术前与术后股四头肌肌腱与髌韧带厚度比较

项目	术前	术后					
		2周	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	12周	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
股四头肌腱厚度/mm	6.45 ± 1.43	7.96 ± 2.51	-5.214	<0.001	7.00 ± 1.74	-3.723	<0.001
髌韧带厚度/mm							
近端	3.55 ± 0.73	4.07 ± 1.52	-2.823	0.007	3.73 ± 0.90	-1.270	0.460
中部	3.07 ± 0.51	3.57 ± 0.91	-4.161	<0.001	3.29 ± 0.67	-3.220	0.003
远端	3.62 ± 0.78	4.28 ± 1.18	-2.621	0.013	4.06 ± 1.09	-2.646	0.007
平均值	3.41 ± 0.48	3.97 ± 1.04	-3.641	<0.001	3.69 ± 0.70	-2.864	0.006

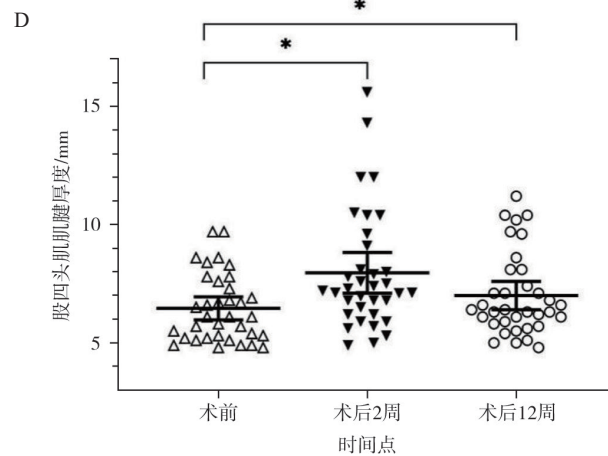
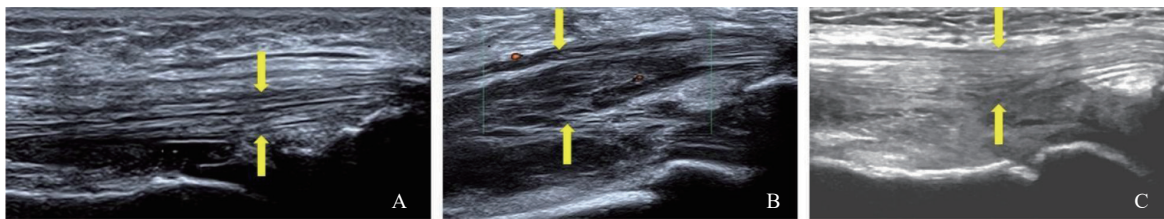


图1 超声股四头肌肌腱厚度MUA术前及术后变化

A~C: 典型病例1术前及术后股四头肌肌腱厚度及回声变化。A: 膝关节手术后 (MUA术前) 股四头肌肌腱纤维呈条索状, 局部回声稍紊乱, 可见肌纤维连续性。B: 术后2周肌腱增厚明显, 肌纤维局部呈不均质片状低回声, 彩色多普勒超声示肌腱内见点状血流信号。C: 术后12周肌腱肿胀程度、回声均较术后2周改善。D: 股四头肌肌腱厚度变化, 水平线表示平均值, 误差线表示平均值的95% CI。

均回声减低，12例（34.3%）患者彩色多普勒超声显示肌腱内见点状血流信号。术后12周，15例（42.9%）患者肌腱回声减低，3例（8.6%）患者彩色多普勒超声显示肌腱内有点状血流信号。

2.4 髌韧带

髌韧带MUA术前及术后超声图像改变见图2。术后2周髌韧带厚度明显增宽 [(3.97 ± 1.04) mm vs (3.41 ± 0.48) mm, $P < 0.001$]，平均变化率18.3%。术后12周髌韧带厚度减小，但仍较术前

增宽 [(3.69 ± 0.70) mm vs (3.41 ± 0.48) mm, $P = 0.006$]，平均变化率10.1%。术后2周所有患者髌韧带回声减低，7例患者彩色多普勒超声显示点状血流信号；术后12周这些改变仍分别见于5例（14.3%）及2例（5.7%）患者中。

所有患者肌腱及韧带呈连续性，粗大钙化灶分别见于6例股四头肌肌腱及4例髌韧带（28.6%，图3）患者中。3例（8.6%）患者超声提示髌韧带内局灶性缺损（图4）。

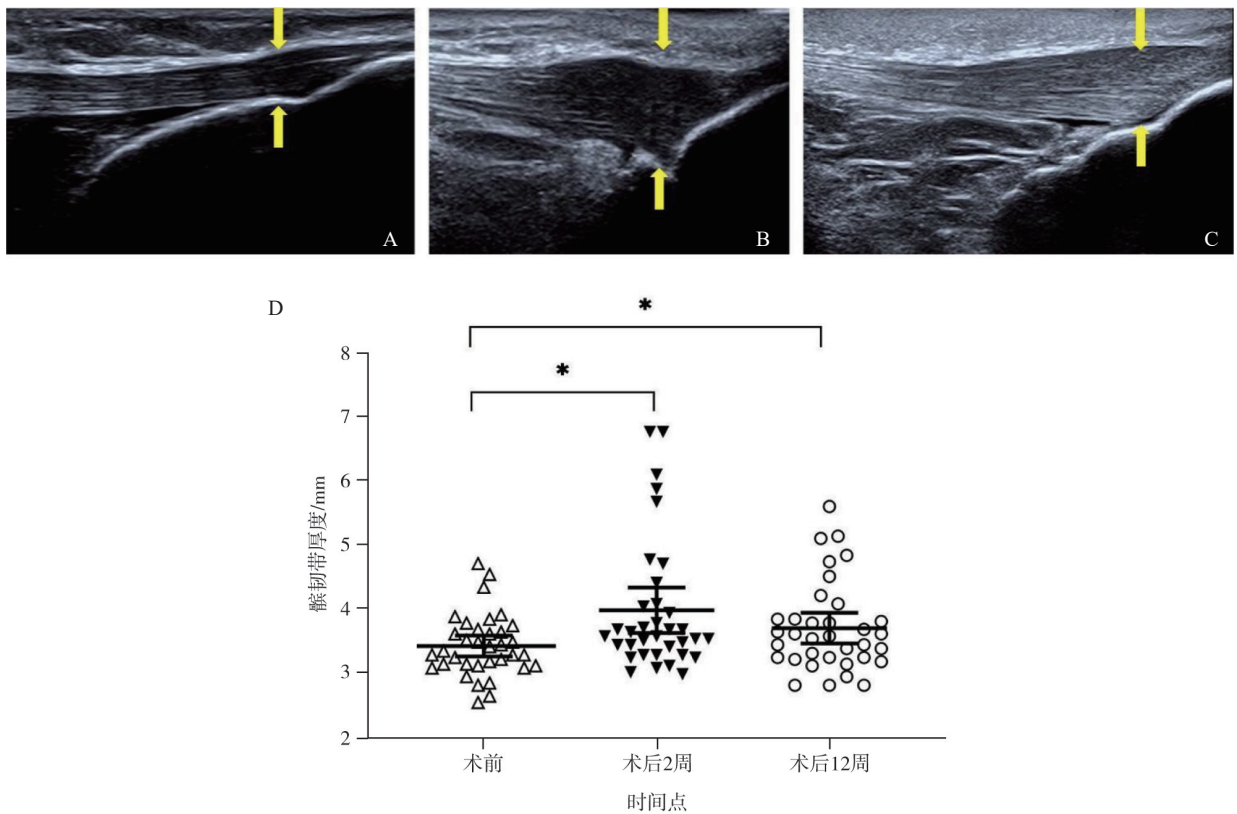


图2 超声髌韧带厚度MUA术前及术后变化

A~D: 典型病例2 MUA术前及术后髌韧带回声及厚度变化。A: 膝关节手术后（MUA术前）；B: 术后2周髌韧带厚度增宽；C: 术后12周厚度减小；D: 髌韧带厚度变化，水平线表示平均值，误差线表示平均值的95% CI。

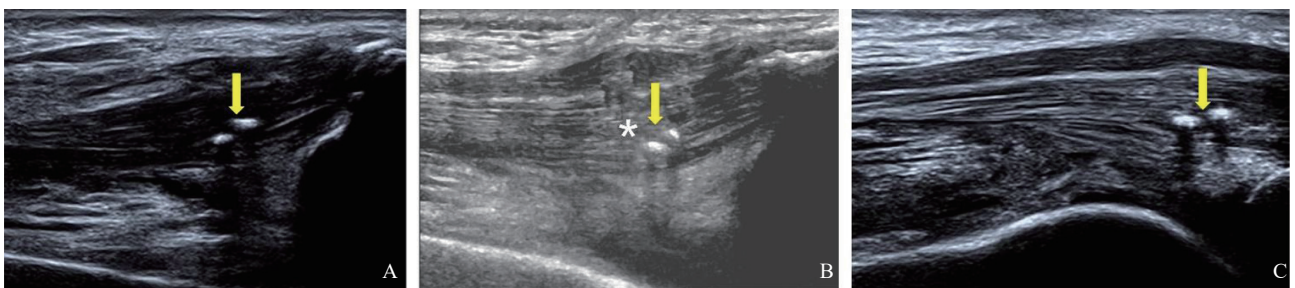


图3 股四头肌肌腱术前及术后超声图像改变

A~C: 典型病例3股四头肌肌腱术前及术后超声图像改变：A: 膝关节手术后（MUA术前），钙化灶（箭头所示）提示手术后改变；B: 术后2周钙化灶持续存在，肌腱局部回声不均质改变（星号所示）；C: 术后12周，钙化灶持续存在，周边肌腱回声连续性可。

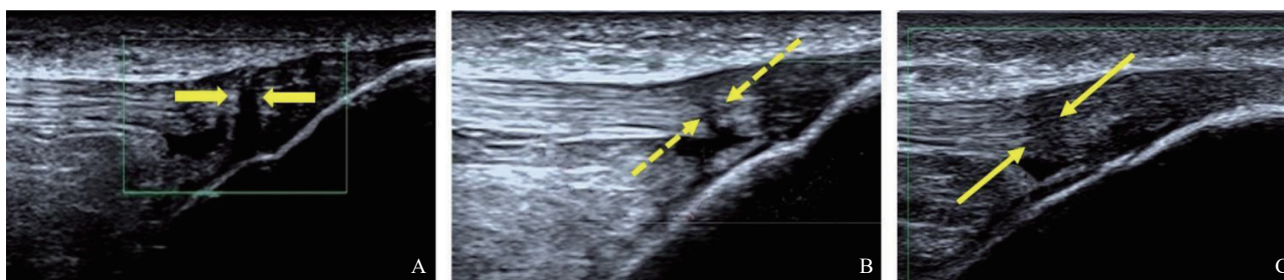


图4 髌韧带缺损在术前及术后的超声图像变化

A~C: 典型病例4髌韧带术前及术后超声图像改变: A: 膝关节手术后 (MUA术前) 髌韧带髌骨附着处肌腱局部连续性中段 (粗箭头所示); B: 缺损在术后2周变小 (点状箭头所示); C: 术后12周呈不均匀片状低回声, 边缘模糊 (细箭头所示)

3 讨 论

MUA的核心是松解关节内瘢痕粘连及纤维软组织以释放膝关节术后僵硬患者膝关节的活动度。然而MUA属于有创治疗, 可能加重膝关节损伤修复过程中的炎症反应, 导致关节疼痛、肿胀。本研究发现膝关节术后僵硬患者超声显示滑膜增厚、膝关节积液、股四头肌肌腱及髌韧带增厚、回声减低, 这些表现在MUA术后2周最显著, 在术后12周缓解。同时超声发现肌腱内缺损灶及肌腱内钙化灶等术后改变。这些影像学表现给MUA术后针对性治疗提供依据。

滑膜炎常见于膝关节手术及创伤中, 本研究中约1/3膝关节术后患者出现滑膜增生。Creteur等^[6]报道膝关节置换术后43%的患者合并滑膜增生。有研究^[12]显示, 膝关节术后1年超声提示滑膜增生 (>3 mm)。滑膜是软骨内软骨细胞重要的营养来源, 并维持关节周围软组织动态平衡。膝关节术后滑膜炎可能与膝关节植入的聚合物诱导有关^[4], 术后短期内膝关节积液及滑膜厚度增加, 这解释了术后2周滑膜增生程度较高, 而随着术后关节周围充血、肿胀逐渐吸收, 在术后12周时膝关节滑膜增生程度明显减少。

膝关节积液亦常见于膝关节手术后^[13]。慢性损伤刺激滑膜巨噬细胞释放的炎性介质介导滑膜无菌性炎症性改变, 临床表现为膝关节周围肿痛、关节积液、关节活动受限等。同时膝关节积液应警惕深度感染、对金属植入物敏感或者类风湿性关节炎活动度急剧增加等严重并发

症可能。本研究中20%患者出现膝关节积液, 在MUA术后2周膝关节积液深度最大, 最大者深度18 mm, 在术后12周积液深度明显下降, 提示超声可作为无创的影像学工具用于动态评估膝关节术后并发症。

研究^[14]显示, 膝关节术后可出现股四头肌肌腱或韧带端撕裂或断裂, 导致软组织肿胀、疼痛。本研究超声提示, MUA术后髌韧带及股四头肌肌腱增厚、回声减低, 部分内血流增多, 但未发现肌腱或韧带撕裂或断裂。肌腱增厚及回声减低等改变可能与手法修复后股四头肌肌腱及髌韧带的胶原损伤反应及新生血管修复有关^[6]。股四头肌肌腱及髌韧带肌腱增厚、纤维结构消失和低回声, 可能与手术相关, 此时呈急性反应性肌腱病^[15]。与Lee等^[16]和Malliaras等^[17]的研究结果相似, 既往研究显示在术后6周和12周期间观察到了类似的超声结果, 但是没有临床症状。因此术后肌腱增厚非病理性改变, 动态监测随访有助于随访观察。另一方面, 本研究中3例患者髌韧带内出现类似于髌韧带内横向切口的低回声缺损灶, 在术后12周时缺损灶欠清晰, 边缘模糊 (图4)。这一发现与相关研究^[6, 16]提及的股四头肌肌腱内缺损相似, 考虑为在术后12周内与术后反应有关的正常表现。

高频超声对附着在关节表面的肌腱、韧带及浅表软组织有良好的分辨能力。本研究结果表明, MUA术后膝关节可有积液、滑膜增生、股四头肌肌腱及髌韧带厚度及回声改变等表现, 这些表现可能与炎症相关。通过超声动态观察可为临床进一步治疗提供重要的信息和参考依据。

[参 考 文 献]

- [1] KIM J, NELSON C L, LOTKE P A. Stiffness after total knee arthroplasty. Prevalence of the complication and outcomes of revision [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2004, 86(7): 1479–1484.
- [2] VAJAPHEY S P, BLACKWELL R E, MAKI A J, et al. Treatment of extensor tendon disruption after total knee arthroplasty: a systematic review [J]. *J Arthroplasty*, 2019, 34(6): 1279–1286.
- [3] YERCAN H S, SUGUN T S, BUSSIERE C, et al. Stiffness after total knee arthroplasty: prevalence, management and outcomes [J]. *Knee*, 2006, 13(2): 111–117.
- [4] ATTARD V, LI C Y, SELF A, et al. Quantification of intra-articular fibrosis in patients with stiff knee arthroplasties using metal–reduction MRI [J]. *Bone Joint J*, 2020, 102–B(10): 1331–1340.
- [5] LUTZ P M, HÖHER L S, FEUCHT M J, et al. Ultrasound-based evaluation revealed reliable postoperative knee stability after combined acute ACL and MCL injuries [J]. *J Exp Orthop*, 2021, 8(1): 76.
- [6] CRETEUR V, ANGELIS R D, ABSIL J, et al. Sonographic and radiographic evaluation of the extensor tendons in early postoperative period after total knee arthroplasty [J]. *Skeletal Radiol*, 2021, 50(3): 485–494.
- [7] WADUGODAPITIYA S, SAKAMOTO M, TANAKA M, et al. Assessment of knee collateral ligament stiffness by strain ultrasound elastography [J]. *Biomed Mater Eng*, 2022, 33(5): 337–349.
- [8] ZHU J A, LI B, QIU L, et al. A measurement method of knee joint space width by ultrasound: a large multicenter study [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2020, 10(5): 979–987.
- [9] CONAGHAN P, D’AGOSTINO M A, RAVAUD P, et al. EULAR report on the use of ultrasonography in painful knee osteoarthritis. Part 2: exploring decision rules for clinical utility [J]. *Ann Rheum Dis*, 2005, 64(12): 1710–1714.
- [10] 汤晓菲, 丁秋玲, 孙鹏飞. 膝类风湿关节炎与骨关节炎的MRI及超声表现分析 [J]. *北京医学*, 2019, 41(7): 538–541.
- [11] GELLHORN A C, MORGENROTH D C, GOLDSTEIN B. A novel sonographic method of measuring patellar tendon length [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2012, 38(5): 719–726.
- [12] BOLDT J G, MUNZINGER U K, ZANETTI M, et al. Arthrofibrosis associated with total knee arthroplasty: gray-scale and power Doppler sonographic findings [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2004, 182(2): 337–340.
- [13] NIKI Y, MATSUMOTO H, OTANI T, et al. Phenotypic characteristics of joint fluid cells from patients with continuous joint effusion after total knee arthroplasty [J]. *Biomaterials*, 2006, 27(8): 1558–1565.
- [14] COTTINO U, DELEDDA D, ROSSO F, et al. Chronic knee extensor mechanism lesions in total knee arthroplasty: a literature review [J]. *Joints*, 2016, 4(3): 159–164.
- [15] MALLIARAS P, COOK J. Changes in anteroposterior patellar tendon diameter support a continuum of pathological changes [J]. *Br J Sports Med*, 2011, 45(13): 1048–1051.
- [16] LEE J, ROBINSON G, FINLAY K, et al. Evaluation of the quadriceps tendon, patellar tendon, and collateral ligaments after total knee arthroplasty: appearances in the early postoperative period [J]. *J L’ association Can Des Radiol*, 2006, 57(5): 291–298.
- [17] MALLIARAS P, PURDAM C, MAFFULLI N, et al. Temporal sequence of greyscale ultrasound changes and their relationship with neovascularity and pain in the patellar tendon [J]. *Br J Sports Med*, 2010, 44(13): 944–947.

(收稿日期: 2024-07-10 修回日期: 2024-08-21)