

· 临床研究 ·

肌骨超声检查联合软骨代谢标志物与膝骨关节炎合并软骨损伤的相关性分析

黄勇嘉¹ 潘天孟¹ 谭扬¹ 金涛¹ 姚尉^{2△}

[摘要] **目的:**探讨肌骨超声检查联合软骨代谢标志物对膝骨关节炎合并软骨损伤的诊断价值及其与严重程度的相关性。**方法:**回顾性分析 2022 年 5 月至 2025 年 4 月收治的 96 例症状性膝骨关节炎患者资料,根据入院后关节镜检查结果,分为合并软骨损伤组($n=45$)和单纯膝骨关节炎组($n=51$)。通过肌骨超声检查对股骨滑车软骨形态、髌上囊积液深度、滑膜血流信号及股骨髁/胫骨平台骨赘形成情况进行半定量评分,并计算肌骨超声检查总分。ELISA 法测定血清 II 型胶原羧基端肽(CTX-II)、软骨寡聚基质蛋白(COMP)及基质金属蛋白酶-3(MMP-3)水平。对膝骨关节炎合并软骨损伤影响因素进行单因素和多因素 Logistic 回归分析,采用受试者工作特征曲线评估肌骨超声检查联合软骨代谢标志物对膝骨关节炎合并软骨损伤的诊断价值。所有患者入院后均接受关节镜检查,采用 Outerbridge 分级评估软骨损伤严重程度,将 I 级和 II 级定义为轻度损伤($n=23$),III 级定义为中度损伤($n=14$),IV 级定义为重度损伤($n=8$),分析肌骨超声检查总分及软骨代谢标志物与膝骨关节炎合并软骨损伤严重程度的相关性。**结果:**合并软骨损伤组软骨形态、积液深度、滑膜血流、骨赘评分及肌骨超声检查总分均显著大于单纯膝骨关节炎组,差异有统计学意义($P<0.05$)。合并软骨损伤组血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平均显著高于单纯膝骨关节炎组,差异有统计学意义($P<0.05$)。肌骨超声检查总分及血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平是膝骨关节炎合并软骨损伤的危险因素,差异有统计学意义($P<0.05$)。肌骨超声检查和软骨代谢标志物联合诊断的曲线下面积(AUC)显著高于单项指标,且联合指标越多 AUC 越高,其中肌骨超声检查总分+CTX-II+COMP+MMP-3 水平诊断效能最高(AUC 为 0.952),显著高于两项及三项指标联合的诊断效能,差异有统计学意义($P<0.05$)。随着软骨损伤程度加重,肌骨超声检查总分及血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平均呈逐渐升高趋势,不同严重程度组别上述指标比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。肌骨超声检查总分及血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平均与 Outerbridge 分级显著正相关,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**膝骨关节炎合并软骨损伤患者股骨滑车软骨形态、髌上囊积液深度、滑膜血流信号、股骨髁/胫骨平台骨赘及血清软骨代谢标志物水平较单纯膝骨关节炎患者显著改变,肌骨超声检查联合软骨代谢标志物水平对膝骨关节炎合并软骨损伤具有较高诊断价值,且与软骨损伤严重程度显著相关,可为临床诊疗提供可靠依据。

[关键词] 肌骨超声;膝骨关节炎;软骨损伤;软骨代谢标志物;诊断价值;严重程度

[中图分类号] R684.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2026)05-0032-07

DOI: 10. 20085/j. cnki. issn1005-0205. 260505

Correlation Analysis of Muscle Bone Ultrasound Combined with Cartilage Metabolic Markers on Cartilage Injury in Knee Osteoarthritis

HUANG Yongjia¹ PAN Tianmeng¹ TAN Yang¹ JIN Tao¹ YAO Wei^{2△}

¹ The First People's Hospital of Yibin, Yibin 644000, Sichuan China;

² 363 Hospital, Chengdu 610041, China.

基金项目:四川省医学会 2024 年度医学科研项目和青年创新项目(S2024073)

¹ 宜宾市第一人民医院(四川 宜宾, 644000)

² 三六三医院

[△]通信作者 E-mail: yzf090403@163. com

Abstract Objective: To explore the diagnostic value of musculoskeletal ultrasound (MSUS) combined with cartilage metabolism markers for cartilage injury in knee osteoarthritis (KOA) and to investigate its correlation with disease severity. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on the data of 96 patients with symptomatic KOA from May 2022 to

April 2025. According to the arthroscopic examination results obtained after admission, they were divided into the group with cartilage injury ($n=45$) and the group with simple KOA ($n=51$). The morphology of femoral trochlear cartilage, the depth of suprapatellar bursa effusion, synovial blood flow signals and the formation of osteophytes at the femoral condyle/tibial plateau were assessed semi-quantitatively using MSUS examination, and the total scores of MSUS were calculated. The levels of serum type II collagen carboxyl-terminal peptide (CTX-II), cartilage oligomeric matrix protein (COMP), and matrix metalloproteinase-3 (MMP-3) were determined by ELISA. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were conducted to identify factors associated with KOA complicated by cartilage injury. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the diagnostic value of musculoskeletal ultrasound combined with cartilage metabolic markers for KOA with concurrent cartilage injury. All patients underwent arthroscopic examination after admission. The severity of cartilage injury was evaluated using the Outerbridge classification. Grade I and II were defined as mild injury ($n=23$), grade III as moderate injury ($n=14$), and grade IV as severe injury ($n=8$). To analyze the correlation between the total scores of MSUS and cartilage metabolism markers and the severity of cartilage injury in patients with KOA. **Results:** The cartilage morphology, effusion depth, synovial blood flow, osteophyte scores and total MSUS scores in the combined cartilage injury group were significantly greater than those in the simple KOA group ($P<0.05$). The levels of serum CTX-II, COMP and MMP-3 in the combined cartilage injury group were significantly higher than those in the simple KOA group ($P<0.05$). The total scores of MSUS and serum CTX-II, COMP, and MMP-3 were identified as risk factors for KOA combined with cartilage injury ($P<0.05$). The area under the curve (AUC) of the combined diagnosis of musculoskeletal ultrasound and cartilage metabolism markers was significantly higher than that of individual indicators. Moreover, the more combined indicators there were, the higher the AUC. Among them, the total scores of MSUS + CTX-II + COMP + MMP-3 had the highest diagnostic efficacy, with an AUC of 0.952, which was significantly higher than the diagnostic efficacy of the combination of two and three indicators ($P<0.05$). With the aggravation of cartilage injury, the total scores of MSUS and the levels of serum CTX-II, COMP, and MMP-3 all showed a gradually increasing trend. Comparisons of the above indicators across different severity groups showed statistically significant differences ($P<0.05$). The total scores of MSUS and the levels of serum CTX-II, COMP and MMP-3 were all significantly positively correlated with the Outerbridge grade ($P<0.05$). **Conclusion:** The morphology of femoral trochlear cartilage, the depth of supatellar bursa effusion, synovial blood flow signals, osteophytes at the femoral condyle/tibial plateau, and the levels of serum cartilage metabolism markers in patients with KOA combined with cartilage injury are significantly changed compared with those with simple KOA. MSUS combined with cartilage metabolism markers exhibits high diagnostic value for KOA combined with cartilage injury and shows a significant correlation with the severity of cartilage injury. It can provide a reliable basis for clinical diagnosis and treatment.

Keywords: musculoskeletal ultrasound; knee osteoarthritis; cartilage injury; markers of cartilage metabolism; diagnostic value; severity

膝骨关节炎 (Knee Osteoarthritis, KOA) 是临床常见的退行性关节疾病, 病理特征表现为关节软骨纤维化、磨损、剥脱, 伴发滑膜充血水肿及骨赘形成等。随着全球人口老龄化进程加速, 膝骨关节炎患病率呈持续上升趋势^[1]。该病不仅严重影响患者生存质量, 还对社会造成沉重经济负担, 因此, 早期发现并干预膝骨关节炎成为迫切需求。目前膝骨关节炎诊断主要依赖于临床症状和 X 线检查。X 线检查主要反映骨骼变化, 对软组织评估能力有限, 且通常在关节软骨发生明显破坏时才能发现异常, 不利于早期诊断^[2]。磁共振成像虽能够详细显示关节软骨、半月板、滑膜等软组织情况, 但检查成本高、时间长, 且不适合有金属植入物的患者^[3]。近年肌骨超声 (Musculoskeletal Ultrasound, MSUS) 检查作为一种经济、便捷、无辐射的影像学检查技术, 在膝骨关节炎诊断中的应用日益受到

关注。研究显示肌骨超声检查可清晰显示关节边缘骨赘、软骨退变、滑膜炎、关节积液及腘窝囊肿等病理改变, 对骨赘和滑膜炎敏感度较高^[4-5]。

除了影像学检查技术, 软骨代谢标志物的研究为膝骨关节炎早期诊断和病情监测提供了新方向。有研究表明, 软骨代谢标志物如软骨寡聚基质蛋白 (Cartilage Oligomeric Matrix Protein, COMP) 与膝骨关节炎严重程度和进展密切相关^[6]。超声检查结果主要反映形态学改变, 而软骨代谢标志物能够从分子水平揭示关节软骨合成与降解的过程, 两者结合可以为膝骨关节炎早期诊断提供更多依据。目前国内研究多集中于单一诊断手段的应用价值, 肌骨超声检查与软骨代谢标志物相结合用于膝骨关节炎合并软骨损伤评估的研究尚少。因此, 本研究旨在探讨肌骨超声检查联合软骨代谢标志物对膝骨关节

炎合并软骨损伤的诊断价值及其与病情严重程度的相关性,现报告如下。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2022 年 5 月至 2025 年 4 月宜宾市第一人民医院收治的 96 例症状性膝骨关节炎患者资料,根据入院后关节镜检查结果,分为合并软骨损伤组($n=45$)和单纯膝骨关节炎组($n=51$)。

1.2 纳入标准

1) 年龄为 18~60 岁;2) 符合《早期膝骨关节炎诊断与非手术治疗指南(2024 版)》^[7] 中膝骨关节炎诊断标准,单侧病变;3) 行关节镜、肌骨超声及血清软骨代谢标志物检查。

1.3 排除标准

1) 合并急慢性感染;2) 合并类风湿关节炎、强直性脊柱炎等其他类型关节炎;3) 近 3 个月内有膝关节外伤史或手术史;4) 合并心、肺、肝、肾等重要器官功能严重不全或恶性肿瘤;5) 合并代谢性或内分泌系统疾病;6) 孕妇或哺乳期妇女;7) 存在任何可能影响评估的精神或神经疾病。本研究符合宜宾市第一人民医院伦理要求,并获批准(审批号为 2025 年审(116)号)。

1.4 关节镜检查及严重程度分级

患者取仰卧位,患膝屈曲 90°并下垂于床旁;采用连续硬膜外麻醉,术中扎气囊止血带备用,常规消毒铺单。经髌骨外上入路注入含有肾上腺素的生理盐水 60~100 mL,充分扩张膝关节囊后,经前外侧入路进入髌上囊,观察滑膜形态、血管分布、有无滑膜皱襞及游离体。关节镜置于股骨滑车部位,向后缓慢拔出,倾斜镜头,观察髌骨关节面及股骨滑车软骨面,手指轻敲或推动髌骨,动态评估髌骨稳定性及软骨面完整性。沿股骨内髌关节面上方向内侧移动关节镜,观察内侧沟有无粘连及游离体。屈膝 45°,外旋外展小腿,扩大内侧间隙,检查内侧半月板及股骨内髌和胫骨平台软骨面。将关节镜移入髌间窝,观察前交叉韧带、后交叉韧带及黏膜皱襞。内翻内旋膝关节,检查外侧半月板、股骨外髌和胫骨平台外侧软骨面。检查结束后,大量生理盐水冲洗关节腔,清除组织碎片和血液;缝合切口前,关节腔内注射 0.5%罗哌卡因 10 mL,无菌敷料覆盖切口,弹力绷带加压包扎;术后患肢抬高,冰袋冷敷。采用 Outerbridge 分级^[8]评估软骨损伤严重程度,0 级表现为软骨完好,表面光滑、有光泽、有弹性;I 级表现为软骨表面软化、肿胀或出现轻微泡状结构;II 级表现为软骨表面出现轻度纤维化或裂缝,损伤深度小于软骨厚度的 50%;III 级表现为软骨表面出现深度纤维化或裂缝,损伤深度大于软骨厚度的 50%,但软骨下骨仍未暴露;IV 级表现为软骨全层磨损、缺失,软骨下骨完全暴露。将 I 级和 II 级定义为轻度损伤,III 级定义

为中度损伤,IV 级定义为重度损伤。

1.5 肌骨超声检查

充分暴露双侧膝关节(以对侧作为自身对照),去除衣物和敷料,根据检查部位采用不同体位。仪器采用 EPIQ 7 彩色超声诊断系统(荷兰 Philips),选用高频线性探头,探头频率设置为 5~18 MHz,肥胖或水肿严重患者,适当降低频率至 5~12 MHz。取仰卧位,膝关节屈曲 20°~30°,腘窝处垫一软枕。探头纵向放置于髌骨上方、股四头肌腱上方,测量关节积液深度,无积液或深度 < 2 mm 计 0 分,积液深度 2~4 mm 计 1 分,4~7 mm 计 2 分,> 7 mm 计 3 分。探头在髌骨上方旋转 90°变为横切面,进一步确认积液和滑膜情况后,启用多普勒模式评估滑膜血流。滑膜组织不可见或厚度 ≤ 2 mm,无血流信号计 0 分;滑膜厚度 > 2 mm,呈结节状或绒毛状突入关节腔,少量点状血流信号计 1 分;滑膜明显增厚,可见 > 3 个点状或 1 和 2 条粗大血流信号计 2 分;滑膜大量增生,可见 ≥ 4 条粗大血流信号或弥漫性血流信号计 3 分。探头横置于髌骨下稍下方,声束垂直于股骨滑车软骨面,轻微倾斜探头,获得清晰软骨界面,观察软骨形态;软骨低回声带均匀,表面光滑的高回声线连续、清晰计 0 分;软骨内部回声弥漫性增强、不均匀,或局部出现低回声区,表面高回声线连续、无中断计 1 分;软骨表面高回声线模糊、毛糙或不规则,出现局灶性中断,伴或不伴软骨弥漫性变薄计 2 分;软骨低回声带全层缺损,软骨下骨皮质高回声直接暴露于关节腔内,表面高回声线完全消失计 3 分。探头分别沿内侧和外侧关节线纵切,评估股骨髌/胫骨平台骨赘形成情况,骨皮质平滑计 0 分;骨皮质出现高度 < 2 mm,轻微、圆钝隆起计 1 分;形成高度 ≥ 2 mm,尖锐、突出骨性突起,后方伴声影计 2 分。以上操作由两名具有 5 年以上肌骨超声检查诊断经验的超声科医师独立操作和评估,且不知患者分组情况,肌骨超声检查总分 = 软骨形态评分 + 积液深度评分 + 滑膜血流评分 + 骨赘评分,得分范围为 0~12 分。

1.6 血清软骨代谢标志物水平测定

采集患者清晨空腹肘静脉血 5 mL,置于无抗凝剂的真空采血管,室温下静置 30~60 min,4 °C 下 3 000 r/min 离心 15 min,取上清液,分装至无菌 EP 管中,-80 °C 保存待检。-20 °C 冰箱中取出试剂盒,严格按照说明书操作,采用 ELISA 法测定血清 II 型胶原羧基端端肽(CTX-II)、COMP 及基质金属蛋白酶-3(MMP-3)水平。以上采用的检测试剂盒分别购自南京赛泓瑞生物科技有限公司(货号为 CEA686Ra)、广州奥瑞达生物科技有限公司(货号分别为 ARD11647、ARD11105),所有样本均在同一批次实验内完成检测,每个样本和标准品做双复孔检测,取平均值。

1.7 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件对数据进行统计分析。采用 Bartlett 方差齐性检验和 Kolmogorov-Smirnov 正态性检验对计量资料进行分析。本研究数据均符合方差齐性并近似符合正态分布,用 $\bar{x} \pm s$ 形式表示,两组比较采用独立样本 *t* 检验,组内比较采用配对样本 *t* 检验,多组比较采用单因素方差分析,两两比较采用 SNK-*q* 检验。计数资料用“例(%)”表示,采用 χ^2 检验。危险因素采用 Logistic 回归分析。绘制受试者工作特征(ROC)曲线,计算敏感度、特异度,以曲线下面积(AUC)评估肌骨超声检查联合软骨代谢标志物对膝骨关节炎合并软骨损伤的诊断价值,采用 Delong 检验比较不同指标对膝骨关节炎合并软骨损伤诊断价值的差异性。肌骨超声检查总分及软骨代谢标志物水平与 Outerbridge 分级相关性采用 Spearman 秩相关分析, $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

合并软骨损伤组男 17 例,女 28 例;年龄为 45~58 岁,平均为(49.64±4.52)岁;病程为 2~10 个月,

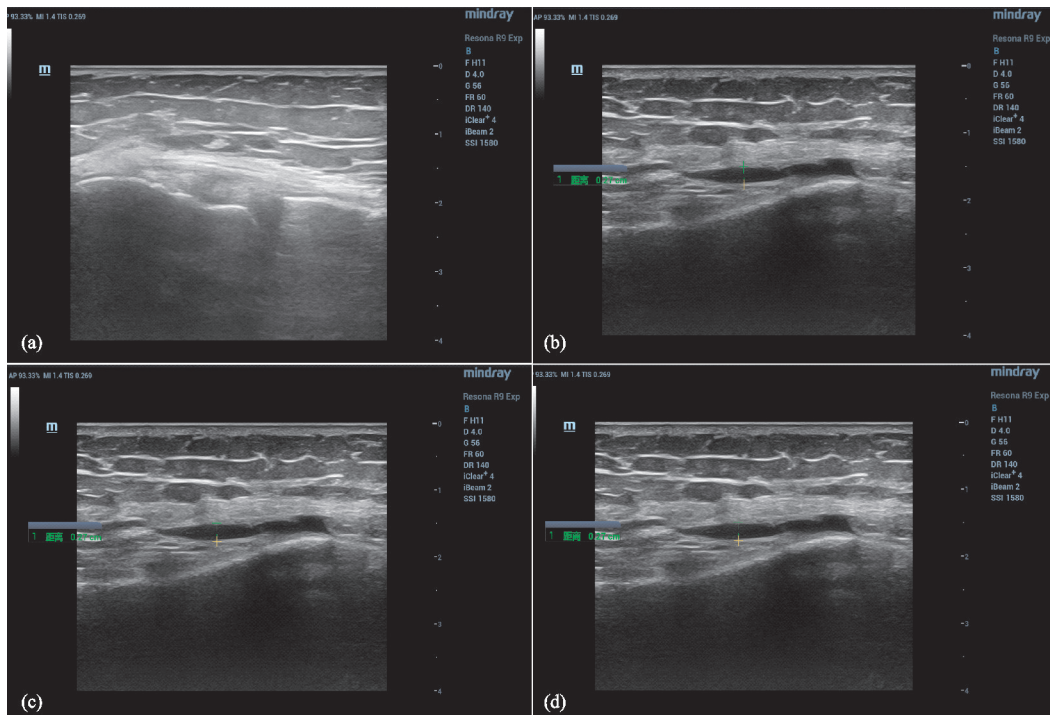
平均为(8.34±1.25)个月;体重指数(BMI)为 19.69~29.48 kg/m²,平均为(25.34±2.11)kg/m²;病变部位,左膝 23 例,右膝 22 例。单纯膝骨关节炎组男 21 例,女 30 例;年龄为 46~60 岁,平均为(51.26±4.67)岁;病程为 2~10 个月,平均为(7.98±1.14)个月;体重指数为 20.35~30.46 kg/m²,平均为(26.48±2.15)kg/m²;病变部位,左膝 24 例,右膝 27 例。两组患者一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

2.2 两组患者肌骨超声检查指标评分比较

肌骨超声检查显示,与单纯膝骨关节炎患者相比,合并软骨损伤的膝骨关节炎患者股骨滑车软骨表面高回声线模糊、中断、消失,厚度显著变薄,软骨全层缺损,软骨下骨暴露,可见关节积液,滑膜增生明显,滑膜内可见丰富的血流信号,有骨赘形成。合并软骨损伤组软骨形态、积液深度、滑膜血流、骨赘评分及肌骨超声检查总分均显著大于单纯膝骨关节炎组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者肌骨超声检查指标评分见表 1。典型病例肌骨超声检查结果见图 1 和图 2。

表 1 两组患者肌骨超声检查指标评分比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数/例	软骨形态/分	积液深度/分	滑膜血流/分	骨赘/分	肌骨超声检查总分/分
单纯膝骨关节炎组	51	0.78±0.47	0.88±0.51	0.82±0.54	0.75±0.48	3.12±1.86
合并软骨损伤组	45	2.49±0.53	1.86±0.64	1.78±0.58	1.16±0.51	7.26±1.97
<i>t</i>		16.756	8.340	8.396	4.056	10.585
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001



(a) 右侧股骨下端、胫骨上端及髌骨骨皮质连续,但表面欠光滑;(b) 右膝关节腔内可见液性无回声区,宽度约2.7 mm;(c) 右膝关节腔内可见液性无回声区,宽度约2.7 mm,彩色多普勒血流成像显示增厚髓体内未见确切血流信号;(d) 右膝关节滑膜增厚,最厚处约3.0 mm,彩色多普勒血流成像显示增厚滑膜内未见确切血流信号

图 1 膝骨关节炎患者肌骨超声检查结果(男,67岁,右膝部肿胀不适)

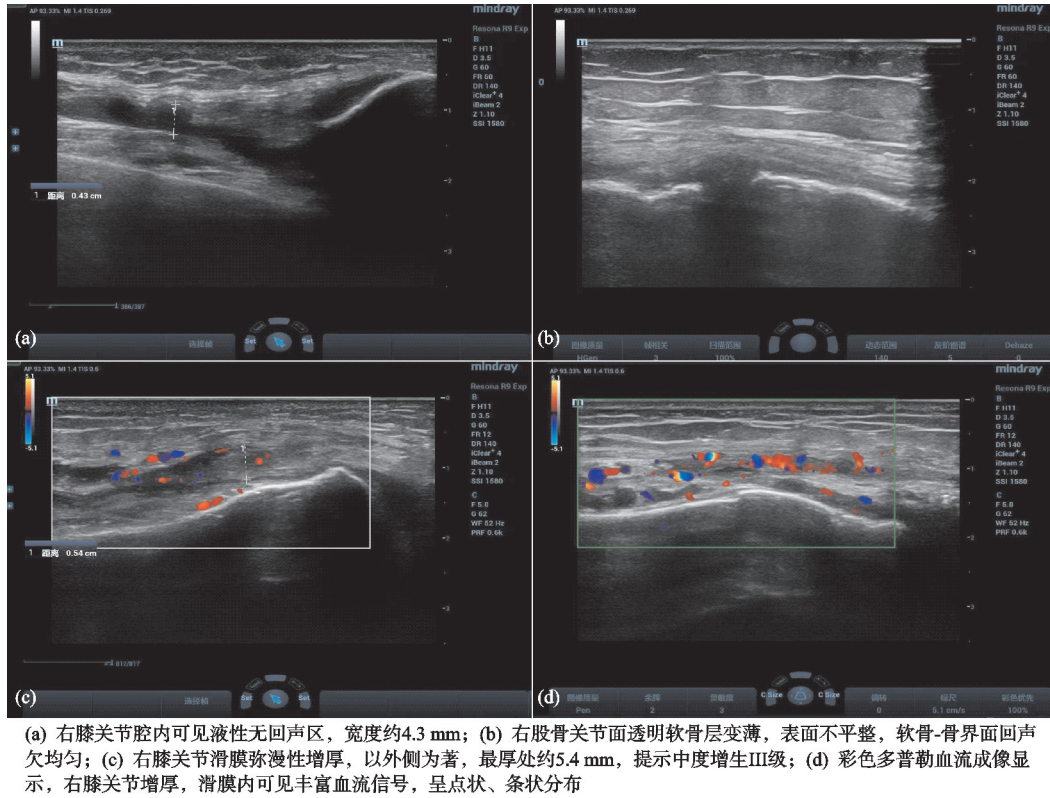


图2 膝骨关节炎合并软骨损伤患者肌骨超声检查结果(男,62岁,膝部疼痛伴活动受限,确诊为膝骨关节炎合并软骨损伤)

2.3 两组患者血清软骨代谢标志物水平比较

MMP-3 水平均显著高于单纯膝骨关节炎组,差异有统
合并软骨损伤组患者血清 CTX-II、COMP、 计学意义($P < 0.05$),见表2。

表2 两组患者血清软骨代谢标志物水平比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数/例	CTX-II/(ng·mL ⁻¹)	COMP/($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	MMP-3/($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)
单纯膝骨关节炎组	51	12.93 ± 4.32	6.96 ± 2.23	34.69 ± 4.32
合并软骨损伤组	45	18.54 ± 5.29	8.11 ± 2.47	52.43 ± 5.14
<i>t</i>		5.716	2.397	18.370
<i>P</i>		<0.001	0.019	<0.001

2.4 膝骨关节炎合并软骨损伤影响因素的多因素 Logistic 回归分析

以膝骨关节炎是否合并软骨损伤为因变量,肌骨
超声检查总分、CTX-II、COMP、MMP-3 水平作为自

变量,纳入 Logistic 回归分析模型,结果显示肌骨超声
检查总分及血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平是膝
骨关节炎合并软骨损伤的危险因素,差异有统计学意
义($P < 0.05$),见表3。

表3 膝骨关节炎合并软骨损伤影响因素的多因素 Logistic 回归分析

变量	β	SE	Wald χ^2	<i>P</i>	OR(95%CI)
肌骨超声检查总分	0.851	0.161	27.983	<0.001	2.342(1.738~3.208)
CTX-II 水平	0.221	0.071	9.711	0.002	1.247(1.085~1.433)
COMP 水平	0.205	0.098	4.372	0.037	1.277(1.013~1.486)
MMP-3 水平	0.186	0.069	7.276	0.007	1.204(1.052~1.379)

2.5 肌骨超声检查联合软骨代谢标志物水平对膝骨
关节炎合并软骨损伤的诊断价值

单项指标中,肌骨超声检查总分诊断效能最高
(AUC=0.857),其次是 MMP-3 水平(AUC=0.824)、
CTX-II 水平(AUC=0.782)、COMP 水平(AUC=
0.751)。联合诊断的 AUC 显著高于单项指标诊断,且
联合指标越多,AUC 越高,其中肌骨超声检查总分+
CTX-II+COMP+MMP-3 水平诊断效能最高(AUC=

0.952),显著高于两项及三项指标联合的诊断效能,差
异有统计学意义($P < 0.05$),见表4。

2.6 肌骨超声检查总分及软骨代谢标志物水平与膝
骨关节炎合并软骨损伤严重程度的相关性

随着软骨损伤程度加重,肌骨超声检查总分及
血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平均呈逐渐升高趋
势,不同严重程度组别上述指标比较,差异均有统计
学意义($P < 0.05$)。Spearman 相关性分析显示,肌

骨超声检查总分及血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平均与 Outerbridge 分级显著正相关,差异有统计学

意义($r=0.724, 0.582, 0.493, 0.634, P<0.05$),见表 5。

表 4 肌骨超声检查联合软骨代谢标志物水平诊断膝骨关节炎合并软骨损伤的 ROC 曲线分析结果

指标	截断值	敏感度/%	特异度/%	AUC(95%CI)	P
肌骨超声检查总分	5.53	84.44	82.35	0.857(0.781~0.926)	<0.001
CTX-II 水平	15.84	75.56	74.51	0.782(0.692~0.873)	<0.001
COMP 水平	7.82	71.11	72.55	0.751(0.663~0.844)	<0.001
MMP-3 水平	43.27	79.64	76.47	0.824(0.746~0.897)	<0.001
肌骨超声检查总分+CTX-II 水平		86.67	84.31	0.895(0.831~0.954)	<0.001
肌骨超声检查总分+COMP 水平		85.56	83.24	0.882(0.812~0.946)	<0.001
肌骨超声检查总分+MMP-3 水平		88.89	86.27	0.911(0.855~0.962)	<0.001
肌骨超声检查总分+CTX-II+COMP 水平		89.22	87.45	0.929(0.873~0.976)	<0.001
肌骨超声检查总分+CTX-II+MMP-3 水平		91.82	88.89	0.945(0.902~0.984)	<0.001
肌骨超声检查总分+COMP+MMP-3 水平		90.48	87.76	0.934(0.883~0.975)	<0.001
肌骨超声检查总分+CTX-II+COMP+MMP-3 水平		93.33	90.20	0.952(0.920~0.984)	<0.001

表 5 不同软骨损伤严重程度的膝骨关节炎患者肌骨超声检查总分及软骨代谢标志物水平比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数/例	肌骨超声检查总分/分	CTX-II/(ng·mL ⁻¹)	COMP/(μg·L ⁻¹)	MMP-3/(μg·L ⁻¹)
轻度损伤组	23	6.21±1.45	16.42±5.11	7.35±1.79	50.24±4.31
中度损伤组	14	7.78±1.56 ¹⁾	19.87±4.32 ¹⁾	8.44±1.83 ¹⁾	53.87±4.15 ¹⁾
重度损伤组	8	8.95±1.62 ¹⁾²⁾	22.76±5.23 ¹⁾²⁾	9.78±1.94 ¹⁾²⁾	57.69±4.22 ¹⁾²⁾
F		11.288	5.628	5.552	9.916
P		<0.001	0.007	0.007	<0.001

注:1)与轻度损伤组比较, $P<0.05$;2)与中度损伤组比较, $P<0.05$ 。

3 讨论

软骨损伤是膝骨关节炎的核心病理改变,也是导致患者关节疼痛、功能障碍和疾病进展的重要原因^[9]。如何早期、准确诊断软骨损伤并评估其严重程度,对于指导临床治疗和改善患者预后具有重要意义。关节镜是评估关节软骨状态的金标准,能直接观察软骨表面细微变化,但其为有创操作,存在一定风险,且不适用于常规筛查和随访^[10-11]。近年来,肌骨超声检查技术因其对软组织具有较高分辨率、无辐射、经济便捷等优势,已广泛应用于膝骨关节炎诊断和评估^[12]。有研究表明,肌骨超声检查在评估膝骨关节炎病变方面与 MRI 一致性较高,特别是在检测滑膜增生、关节积液和骨赘形成方面具有较高敏感度^[13]。软骨基质降解与合成代谢失衡在膝骨关节炎发生发展过程中发挥重要作用^[14]。李晓云等^[15]研究发现,膝骨关节炎患者关节滑液中 COMP 水平升高,且随着 Kellgren-Lawrence 分级增加而升高。毛嘉敏^[16]通过细胞实验发现,人关节软骨细胞 MMP-3 表达上调可促使软骨组织细胞外基质中蛋白聚糖大量流失,导致骨关节炎样软骨损伤。Singh 等^[17]报道称,膝骨关节炎患者血清 CTX-II 水平显著升高,并与疾病严重程度相关。血清软骨代谢标志物检测为膝骨关节炎诊断和病情评估提供了新思路。

中医学认为膝骨关节炎归属“痹证”“骨痹”“筋伤”范畴,其核心病机与“虚、邪、瘀”相关。本研究结果显

示,与单纯膝骨关节炎患者相比,合并软骨损伤的膝骨关节炎患者股骨滑车软骨表面高回声线模糊、中断、消失,厚度显著变薄,软骨全层缺损,软骨下骨暴露,可见关节积液,滑膜增生明显,滑膜内可见丰富的血流信号,有骨赘形成,符合以往研究结果^[4]。从中西医结合视角分析,本研究中肌骨超声检查所观察到的软骨形态异常、滑膜增生、关节积液等影像学表现,与中医“筋骨失养”“瘀血阻络”“湿邪内停”的病机特点高度契合。进一步采用半定量评分法对以上特征进行评估,发现合并软骨损伤组患者软骨形态、积液深度、滑膜血流、骨赘评分及肌骨超声检查总分均显著大于单纯膝骨关节炎组,提示肌骨超声检查能够有效区分单纯软骨软化和结构性破坏。CTX-II 是 II 型胶原的直接降解产物,其水平升高反映了软骨基质破坏程度。COMP 是软骨细胞外基质重要成分,其水平升高反映了软骨基质整体代谢紊乱。MMP-3 是一种能降解多种细胞外基质的关键蛋白酶,参与软骨破坏和滑膜炎过程。本研究结果显示,合并软骨损伤组患者血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平均显著高于单纯膝骨关节炎组,进一步说明合并软骨损伤的膝骨关节炎患者体内存在软骨基质降解与合成代谢的紊乱,血清软骨代谢标志物水平可作为评估膝骨关节炎软骨损伤的指标。本研究对膝骨关节炎合并软骨损伤影响因素进行单因素和多因素 Logistic 回归分析,发现肌骨超声检查总分及血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平是膝骨关节炎合

并软骨损伤的危险因素,同时 ROC 曲线分析显示,肌骨超声检查总分+CTX-II+COMP+MMP-3 水平诊断效能最高,AUC 为 0.952,显著高于两项及三项指标联合的诊断效能,表明这种多模态联合诊断策略能够更全面、更精准地评估膝骨关节炎患者关节状态,尤其是对于鉴别是否合并结构性软骨损伤具有重要临床意义。中医认为肝主筋,肾主骨。《素问·上古天真论》提出“五八肾气衰,发堕齿槁;六八阳气衰竭于上,面焦,发鬓颁白”,中老年群体随年龄增长肝肾精血渐耗,筋骨失于濡养,易出现软骨退变、骨赘形成,这与本研究“随着软骨损伤程度加重,肌骨超声检查总分及血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平均呈逐渐升高趋势”的结果一致,提示西医中的软骨退行性改变可对应中医的肝肾亏虚。Spearman 相关性分析显示,肌骨超声检查总分及血清 CTX-II、COMP、MMP-3 水平均与 Outerbridge 分级显著正相关,结果表明肌骨超声检查相关指标及血清软骨代谢标志物水平不仅能用于诊断膝骨关节炎合并软骨损伤,还能作为评估疾病严重程度的有力工具,定期监测可能有助于动态评估治疗效果和疾病进展,为实现个体化治疗和精准医疗提供依据。

综上所述,膝骨关节炎合并软骨损伤患者股骨滑车软骨形态、髌上囊积液深度、滑膜血流信号、股骨髁/胫骨平台骨赘及血清软骨代谢标志物水平较单纯膝骨关节炎者显著改变,肌骨超声检查联合软骨代谢标志物对膝骨关节炎合并软骨损伤具有较高诊断价值,且与软骨损伤严重程度显著相关,可为临床诊疗提供可靠依据。本研究亦存在局限性:首先,本研究样本量有限,特别是重度损伤组仅 8 例,可能存在选择偏倚,未来将扩大样本量,进行多中心前瞻性研究来进一步验证本研究结论。其次,本研究仅关注了 CTX-II、COMP 和 MMP-3 三个血清标志物,未来拟纳入更多反映软骨合成代谢和炎症反应的标志物,以更全面评价血清标志物水平在诊断膝骨关节炎合并软骨损伤及评估严重程度的价值。

参考文献

- [1] 王成岩,安静楠,刘畅,等. 1990 至 2019 年中国不同部位骨关节炎疾病负担的年龄-时期-队列分析[J]. 中国骨与关节杂志,2024,13(8):614-620.
- [2] SUKERKAR P A, DOYLE Z. Imaging of osteoarthritis of the knee[J]. Radiologic Clinics of North America, 2022, 60(4):605-616.
- [3] 张苗苗,张丽娟,郑玉兰,等. 超声和 MRI 对膝骨关节炎诊断价值的 Meta 分析[J]. 中国现代医生,2025,63(8):1-4.

- [4] 邵越,周京晶,白炜,等. 肌骨超声对骨性膝关节炎患者滑膜病变的评估价值[J]. 川北医学院学报,2024,39(6):780-782.
- [5] 查先方,徐仕琴. 肌骨超声在不同严重程度血友病 A 患者关节状况评估中的应用价值[J]. 影像研究与医学应用,2025,9(11):168-170.
- [6] 李乐阳,姜宁,郑文洁,等. 膝骨关节炎合并软骨损伤患者血清 BMP-2、COMP 水平与关节功能、全身炎症反应的关系分析[J]. 中国基层医药,2025,32(5):688-693.
- [7] 中国老年保健协会骨关节分会. 早期膝骨关节炎诊断与非手术治疗指南(2024 版)[J]. 中华医学杂志,2024,104(31):2895-2909.
- [8] SLATTERY C, KWEON C Y. Classifications in brief: outerbridge classification of chondral lesions[J]. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2018, 476(10):2101-2104.
- [9] WIRTH W, LADEL C, MASCHEK S, et al. Quantitative measurement of cartilage morphology in osteoarthritis: current knowledge and future directions[J]. Skeletal Radiology, 2023, 52(11):2107-2122.
- [10] MARKHARDT B K, HUANG B K, SPIKER A M, et al. Interpretation of cartilage damage at routine clinical MRI: how to match arthroscopic findings[J]. Radiographics, 2022, 42(5):1457-1473.
- [11] 郭浪山,张慧丽,董从松,等. MRI 在评估膝关节骨性关节炎软骨损害程度及临床分期的应用研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2023,21(12):167-169.
- [12] LIU B, XU H Y, ZHANG R, et al. An update on clinical utility of musculoskeletal ultrasonography in knee osteoarthritis[J]. Journal of Ultrasound in Medicine, 2023, 42(7):1413-1422.
- [13] 朱陈,邓琪,温乔,等. 肌骨超声及 MRI 对膝关节退行性骨关节炎的诊断价值[J]. 分子影像学杂志,2023,46(2):311-315.
- [14] CHENG L L, HUANG C B, LI M, et al. Chonggu granules improve cartilage matrix metabolism in knee osteoarthritis via the miR-148a-3p/Wnt/ β -catenin pathway[J]. Journal of Inflammation Research, 2023, 16:4751-4762.
- [15] 李晓云,沈正祥,杨丹. 膝骨关节炎患者关节滑液中骨桥蛋白和软骨寡聚基质蛋白水平与疾病严重程度相关性[J]. 中国骨伤,2022,35(7):655-660.
- [16] 毛嘉敏. II 型胶原端肽致骨关节炎性软骨损伤机制研究[D]. 无锡:江南大学,2023.
- [17] SINGH S, KHANNA R, JINDAL D. Estimation of serum C-terminal cross-linked telopeptide type II collagen (CTX II) level to diagnose early knee osteoarthritis[J]. Malaysian Orthopaedic Journal, 2025, 19(2):18-24.

(收稿日期:2025-09-26)