

超声半定量评分和剪切波弹性成像参数诊断重度膝骨关节炎的临床价值

林云¹, 寇晋丽², 张兰³, 李心娜¹, 王位¹, 李光玲¹

摘要 **目的** 分析膝骨关节炎患者超声半定量评分和剪切波弹性成像(SWE)参数与西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎(WOMAC OA)指数的关系,探讨二者诊断重度膝骨关节炎的临床价值。**方法** 选取我院收治的膝骨关节炎患者 90 例,根据 Kellgren-Lawrence 分级标准分为轻度组(I ~ II 级, 26 例)和重度组(III ~ IV 级, 64 例),均行超声、SWE 检查获得超声半定量评分、股四头肌(股直肌、股中间肌、股内侧肌、股外侧肌)及其肌腱剪切波速度(SWV);评估患者 WOMAC OA 指数。比较两组上述参数的差异;分析超声半定量评分和 SWE 参数与 WOMAC OA 指数的相关性;绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估超声半定量评分和 SWE 参数对重度膝骨关节炎的诊断效能。**结果** 轻度组超声半定量评分、股外侧肌 SWV、WOMAC OA 指数均低于重度组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。相关性分析显示,超声半定量评分、股外侧肌 SWV 与 WOMAC OA 指数均呈正相关($r = 0.550, 0.553$, 均 $P < 0.001$)。ROC 曲线分析显示,超声半定量评分和股外侧肌 SWV 诊断重度膝骨关节炎的曲线下面积分别为 0.984、0.789(均 $P < 0.05$),对应的截断值分别为 6 分和 4.9 m/s。**结论** 超声半定量评分和股外侧肌 SWV 均与 WOMAC OA 指数呈正相关,二者可较准确地评估膝骨关节炎患者的关节损伤程度,在诊断重度膝骨关节炎中有较好的临床价值。

关键词 超声检查;剪切波弹性成像;超声半定量评分;膝骨关节炎;骨关节炎指数;相关性

[中图分类号]R445.1;R684.3

[文献标识码]A

Clinical value of ultrasound semi-quantitative score and shear wave elastography in the diagnosis of severe knee osteoarthritis

LIN Yun¹, KOU Jinli², ZHANG Lan³, LI Xinna¹, WANG Wei¹, LI Guangling¹

1. Electrocardiography of Medical Technology Support Department, 2. Department of General Surgery, 3. Outpatient Department, Jingzhong Medical District of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100120, China

ABSTRACT **Objective** To analyze the relationship between ultrasound semi-quantitative score, shear wave elastography (SWE) parameters and the osteoarthritis index of Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC OA) in patients with knee osteoarthritis, and to explore the clinical value of them in the diagnosis of severe knee osteoarthritis. **Methods** A total of 90 patients with knee osteoarthritis admitted to our hospital were enrolled. According to Kellgren-Lawrence grading, they were divided into mild group (grade I ~ II, 26 cases) and severe group (grade III ~ IV, 64 cases). All underwent ultrasonography and SWE to obtain ultrasound semi-quantitative score and shear wave velocity (SWV) of quadriceps (rectus femoris, vastus intermedius, vastus medialis, vastus lateralis and quadriceps tendon). The index of the WOMAC OA was evaluated, and differences of the above parameters between the two groups were compared. The correlation between ultrasound semi-quantitative score, SWE parameters and WOMAC OA index were analyzed. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the diagnostic efficiency of ultrasound semi-quantitative score and SWE parameters in severe knee osteoarthritis. **Results** The ultrasound semi-quantitative score, SWV of vastus lateralis and WOMAC OA index in mild group were lower than those in severe group, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). Correlation analysis showed that ultrasound semi-quantitative score and SWV of vastus lateralis were positively correlated with WOMAC OA index ($r = 0.550, 0.553$, both $P < 0.001$). ROC curve analysis showed that the area under the curve of ultrasound semi-quantitative score and vastus lateralis SWV in the diagnosis of severe knee osteoarthritis were 0.984 and 0.789 (both $P < 0.05$), and their cut-off values were 6 points

and 4.9 m/s. **Conclusion** Ultrasound semi-quantitative score and SWV of vastus lateralis are positively correlated with WOMAC OA index, which can better reflect the severity of joint injury and have good diagnostic value in patients with severe knee arthritis.

KEY WORDS Ultrasonography; Shear wave elastography; Ultrasound semi-quantitative score; Knee osteoarthritis; Osteoarthritis index; Correlation

膝关节是最易罹患骨关节炎的部位, 膝骨关节炎以骨质增生、软骨钙化、关节积液、滑膜增厚的软骨性病变和周围软组织退行性病变为主要特征^[1-2], 主要临床症状为关节疼痛、僵硬、肿胀、活动受限, 对患者的日常生活具有较大影响。既往治疗仅以缓解患者临床症状为主, 并不能满足患者需求。近年来随着分子生物和软骨修复学的不断深入研究, 有望逆转膝骨关节炎患者的疾病进程, 故准确评估关节病变程度尤为重要。超声是目前临床诊断关节性疾病的主要辅助手段, 其半定量评分系统可对关节软组织和骨质病变情况进行评价, 具有较好的临床价值。既往研究^[3-4]已证实超声评估类风湿性关节炎的临床价值, 但对膝骨关节炎病情的诊断价值仍需进一步验证。随着膝骨关节炎的疾病进展, 股四头肌性质可出现不同程度改变, 但既往临床对股四头肌张力和肌肉力量关注颇多, 对其弹性变化关注尚少。而研究^[5]指出骨骼肌作为关节组成的重要部分, 其弹性变化与关节病变密切相关。剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 通过对组织施压检测其形变程度, 从而较好地反映组织弹性^[6]。西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎 (WOMAC OA) 指数可有效评估膝关节结构和功能状态, 是临床评估骨关节炎疾病进展、治疗效果的常用指标^[7]。基于此, 本研究通过分析膝骨关节炎患者超声半定量评分和 SWE 参数与 WOMAC OA 指数的关系, 探讨二者诊断重度膝骨关节炎的临床价值, 以期临床诊疗提供循证依据。

资料与方法

一、研究对象

选取 2021 年 7 月至 2023 年 7 月我院收治的膝骨关节炎患者 90 例, 根据 Kellgren-Lawrence 分级标准^[8]分为轻度组 (I ~ II 级, 26 例) 和重度组 (III ~ IV 级, 64 例)。其中轻度组男 12 例, 女 14 例, 平均年龄 (58.67±3.54) 岁, 平均体质量指数 (22.34±1.65) kg/m², 病变位于左侧 10 例, 右侧 16 例; 重度组男 28 例, 女 36 例, 平均年龄 (59.12±4.13) 岁, 平均体质量指数 (22.14±1.57) kg/m², 病变位于左侧 24 例, 右侧 40 例。两组性别、年龄、体质量指数、病变部位比较差异均无统计学意义。纳入标准: ①符合膝骨关节炎诊断标准^[9]; ②均为单膝病变。排除标准: ①既往膝关节外伤史; ②合并其他膝关节疾病或继发性膝骨关节炎; ③既往关节手术史; ④1 个月内有膝关节药物治疗史或检查前 1 天服用止痛药; ⑤局部皮肤破损、溃烂、感染或患肢无法平放至检查床等, 不宜进行超声检查或影响超声检查结果。本研究经我院医学伦理委员会批准 (批准号: 2023KY138-KS001), 入选者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 超声检查及半定量评分: 使用西门子 Acuson S2000、Acuson Sequoia 彩色多普勒超声诊断仪, 9L4 探头。患者取仰卧位, 平放膝关节, 不能平放者膝窝下垫软垫使膝盖保持稳定, 检查时调整探头频率为 10 ~ 12 MHz, 采用骨骼肌肉检查模式对患侧膝关节进行多方位扫描, 观察膝关节特征, 包括骨质侵蚀、关节积液、滑膜增生、半月板形态及信号, 并采用超声半定量评分系统^[10] (表 1) 进行评分, 每一特征评分 0 ~ 3 分, 总分 0 ~ 12 分, 分值越高提示症状越重。

2. SWE 检查: 嘱患者安静放松, 体位保持不变, 调

表 1 超声半定量评分系统

评分	骨质侵蚀	关节积液	滑膜增生	半月板形态及信号
0 分	无骨质侵蚀	无积液	无增生	半月板呈三角形或新月形, 边缘整齐无缺损; 半月板内部回声均匀, 无高回声或低回声区
1 分	骨面有毛糙感, 但未见连续性损坏	少量积液	有可明显辨认的小增生点, 但不超过骨面最高点连线	半月板边缘略不整齐, 局部可能出现轻微凹陷或凸起; 半月板内部回声略不均匀, 局部可出现轻度高回声或低回声区
2 分	骨面可见连续性损坏	中量积液, 关节囊无扩张表现	有明显增生, 且超过骨面最高点连线	半月板边缘严重不整齐, 出现明显缺失或撕裂, 可伴关节囊积液或关节滑膜增生; 半月板内部回声严重不均匀, 出现大片状高回声或低回声区
3 分	骨面可见明显受损, 且有广泛性损伤	大量积液, 关节囊有扩张表现	有明显增生, 且增生组织延伸超出一侧骨干	半月板几乎完全撕裂或脱落, 关节腔内可见游离的半月板碎片; 半月板内部回声极为紊乱, 无法分辨正常结构

整探头频率为9 MHz,启动SWE模式,设置取样框大小为0.15 cm×0.15 cm,分别对患侧股四头肌(股直肌、股中间肌、股内侧肌、股外侧肌)及其肌腱进行扫描,至少测得5个剪切波片段,重复测量3次取平均值,获取相应部位的剪切波速度(SWV)。以上超声检查(肌骨超声、SWE)均由2名具有5年以上工作经验的超声医师共同完成,意见不一时请上级医师进行最终判断。

3.WOMAC OA指数^[11]评估:由2名具有5年以上工作经验的综合外科医师共同对患侧膝关节功能及症状进行评估,意见不一时请上级医师作出最终判断。包含疼痛(5项)、僵硬(2项)、功能障碍(17项)3个方面,共24项,每项评分0~10分,总分0~240分,分值越高提示膝关节症状越重,功能越差。

三、统计学处理

应用SPSS 21.0统计软件,正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本t检验;非正态分布的计量资

料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,采用非参数检验。计数资料以例或率表示,采用 χ^2 检验。超声半定量评分和SWE参数与WOMAC OA指数的相关性分析采用Pearson相关分析法。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估超声半定量评分和SWE参数对重度膝关节关节炎的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、轻度组与重度组超声半定量评分比较

轻度组骨质侵蚀、关节积液、滑膜增生、半月板形态及信号评分及总分均低于重度组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。见表2和图1,2。

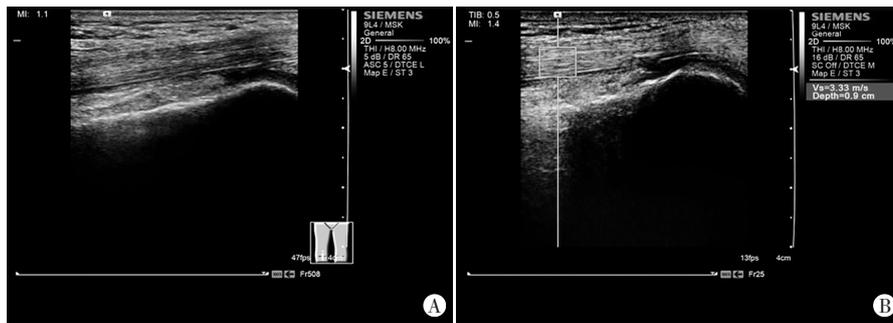
二、轻度组与重度组SWE参数比较

轻度组股外侧肌SWV低于重度组,差异有统计学意义($P < 0.001$);两组股直肌、股中间肌、股内侧肌和股四头肌肌腱SWV比较差异均无统计学意义。见表3和图1,2。

表2 轻度组与重度组超声半定量评分比较 $[M(Q_1, Q_3)]$

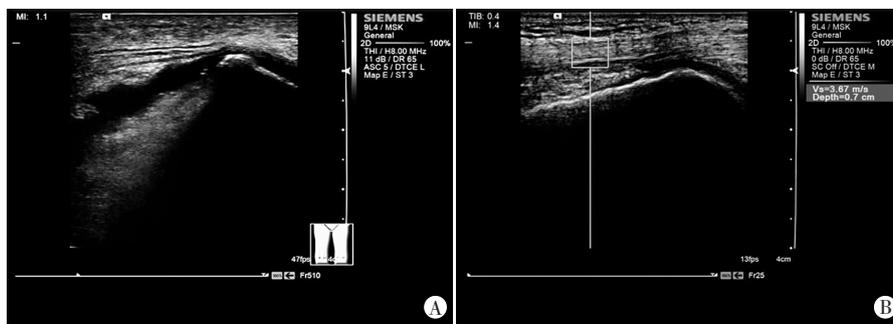
分

组别	骨质侵蚀评分	关节积液评分	滑膜增生评分	半月板形态及信号评分	总分
轻度组(26)	1.00(1.00, 1.00)	1.00(1.00, 1.00)	1.00(1.00, 1.00)	1.00(1.00, 1.00)	4.00(4.00, 4.25)
重度组(64)	2.00(2.00, 3.00)	2.00(2.00, 2.00)	2.00(2.00, 2.00)	2.00(1.00, 2.00)	8.00(8.00, 8.75)
Z值	7.467	8.682	8.446	5.751	7.727
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001



A:二维超声示股四头肌肌腱下方极少量积液;B:SWE示股四头肌肌腱SWV为3.33 m/s

图1 轻度组患者(女,47岁)二维超声及SWE图



A:二维超声示股四头肌肌腱下方大量积液,内见滑膜呈乳头状凸起;B:SWE示股四头肌肌腱SWV为3.67 m/s

图2 重度组患者(女,57岁)二维超声及SWE图

三、轻度组与重度组 WOMAC OA 指数比较

轻度组疼痛、僵硬、功能障碍评分及总分均低于重度组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表4。

四、相关性分析

超声半定量评分、股外侧肌SWV与WOMAC OA指数均呈正相关($r=0.550, 0.553$, 均 $P < 0.001$)。见图3。

五、ROC曲线分析

超声半定量评分、股外侧肌SWV诊断重度膝关节关节炎的曲线下面积(AUC)分别为0.984(95%可信区间:0.957~1.000)、0.789(95%可信区间:0.691~0.868),其截断值分别为6分、4.9 m/s,对应的灵敏度和特异度分别为98.44%、62.50%和100%、88.46%。见图4。

表3 轻度组与重度组SWE参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	股直肌SWV	股中间肌SWV	股内侧肌SWV	股外侧肌SWV	股四头肌肌腱SWV
轻度组(26)	2.68±0.52	2.89±0.36	2.58±0.34	4.24±0.74	3.02±0.88
重度组(64)	2.55±0.49	2.96±0.39	2.62±0.38	5.48±0.93	3.29±1.22
<i>t</i> 值	1.121	0.789	0.466	6.058	1.024
<i>P</i> 值	0.265	0.433	0.642	<0.001	0.309

SWV:剪切波速度

表4 轻度组与重度组WOMAC OA指数比较($\bar{x}\pm s$) 分

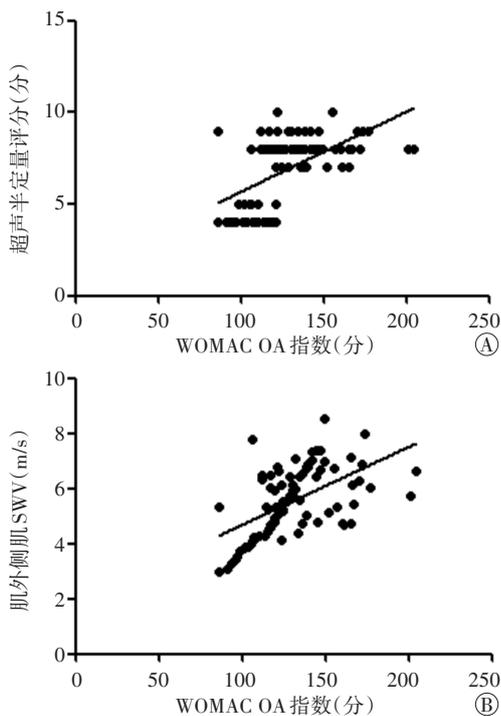
组别	疼痛评分	僵硬评分	功能障碍评分	总分
轻度组(26)	18.14±6.15	10.32±2.59	87.42±12.62	113.88±18.16
重度组(64)	23.12±5.37	12.13±2.18	98.56±19.37	133.80±20.19
<i>t</i> 值	3.822	3.378	2.712	3.705
<i>P</i> 值	<0.001	0.001	0.008	<0.001

讨 论

膝关节炎是以疼痛、肿胀、僵硬、活动障碍为主要临床症状的关节炎性疾病,对患者的日常生活影响较大。积极干预可有效缓解患者临床症状,延缓疾病进展,故准确评估膝关节炎的疾病程度对临床治疗具有较好的指导意义。WOMAC OA指数是评估骨关节炎疾病转归及进展的有效指标,本研究对膝关节炎患者的超声半定量评分和SWE参数与WOMAC OA指数的关系进行分析,探讨二者诊断重度膝关节炎的临床价值,旨在为临床诊疗提供循证依据。

应用超声可对关节滑膜、血流信号和关节积液等进行评估,了解关节病变情况,已成为诊断多种关节性疾病的辅助手段,可间接反映膝关节炎的炎症改变和周围组织变化情况^[12-13]。本研究对不同病情严重程度的膝关节炎患者进行超声检查,结果显示轻度组骨质侵蚀、关节积液、滑膜增生、半月板形态及信号评分及总分均低于重度组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$),表明随着膝关节炎疾病进展,其超声半定量评分呈逐步上升趋势,提示膝关节周围软组织损伤逐渐加重。炎症因子对关节的侵袭程度越重,则对关节腔内及其周围软组织的损害越大^[14],超声可清晰显示关节腔内及其周围软组织的炎症侵袭情况,包括关节软组织、关节间隙、滑膜、软骨病变及血管翳形成等。本研究相关性分析显示,超声半定量评分与WOMAC OA指数呈正相关($r=0.550, P<0.001$),与既往研究^[15]结果相似,且ROC曲线分析显示超声半定量评分诊断重度膝关节炎的AUC为0.984,灵敏度和特异度分别为98.44%、100%,提示超声半定量评分在膝关节炎的病情评估方面有一定的临床价值,可为临床治疗提供指导。

股四头肌是膝关节的稳定器,具有固定和防震的作用,其性质改变与膝关节炎的发生发展息息相关^[16-17]。《中国二维剪切波弹性成像检查肌骨组织操作规范指南》^[18]提出SWV是评估肌肉软组织弹性的有效参数。本研究中轻度组股外侧肌SWV低于重度组,差



A: 超声半定量评分与WOMAC OA指数的相关性分析散点图; B: 股外侧肌SWV与WOMAC OA指数的相关性分析散点图

图3 超声半定量评分、股外侧肌SWV与WOMAC OA指数的相关性分析散点图

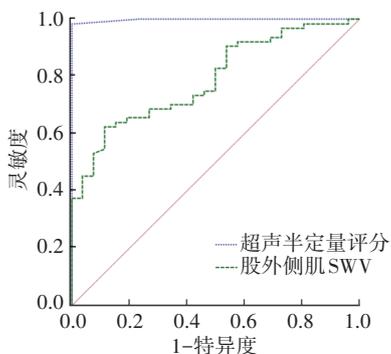


图4 超声半定量评分、股外侧肌SWV诊断重度膝关节炎的ROC曲线图

异有统计学意义($P<0.001$),且相关性分析显示股外侧肌 SWV 与 WOMAC OA 指数呈正相关($r=0.553, P<0.001$),提示股外侧肌弹性改变可能是膝骨关节炎的特征性表现之一。分析其原因可能与股外侧肌激活程度增高有关。当出现关节病变时,股外侧肌作为股四头肌中最重要和肌力最强的部分,在活动时为保证平衡性其代偿活动增多,从而肌肉激活,尤其在关节负荷增加如进行爬楼梯等活动时,股四头肌共激活程度增高^[19-20],刺激股外侧肌结缔组织和胶原纤维生成,导致肌肉弹性发生改变,硬度增加。研究^[21]显示膝骨关节炎患者股直肌、股内侧肌、股外侧肌弹性模量值在治疗前后均有不同程度变化,但本研究结果显示两组股直肌、股中间肌、股内侧肌和股四头肌肌腱 SWV 比较差异均无统计学意义。分析本研究结果与其部分不一致的原因可能与观察对象和检测指标具有差异有关。本研究 ROC 曲线分析显示,股外侧肌 SWV 诊断重度膝骨关节炎的 AUC 达 0.789,灵敏度和特异度分别为 62.50%、88.46%,表明该参数亦有较好的诊断效能。

综上所述,超声半定量评分和股外侧肌 SWV 均与 WOMAC OA 指数呈正相关,二者可较好地反映膝骨关节炎患者的关节损伤程度,在诊断重度膝骨关节炎中有较好的临床价值。但由于本研究为单中心、回顾性研究,且样本量较小,结果可能存在一定的偏倚,有待今后开展多中心、大样本的前瞻性研究进一步探讨。

参考文献

- [1] 周鑫茹,吴雨浓,田一然,等.我国中老年人群骨关节炎罹患现状及关联因素分析[J].现代预防医学,2022,49(22):4071-4076.
- [2] Jang S, Lee K, Ju JH. Recent updates of diagnosis, pathophysiology, and treatment on osteoarthritis of the knee [J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(5):2619.
- [3] 冯彪,张荣荣,魏娜,等.肌骨超声半定量分级与类风湿性关节炎患者关节活动度的相关性研究[J].临床和实验医学杂志,2019,18(3):318-321.
- [4] 王倩雯.肌骨超声在膝关节类风湿关节炎病情评估及临床疾病活动监测中的价值研究[J].实用医院临床杂志,2021,18(3):24-27.
- [5] 韩海慧,夏梦熊,易南星,等.骨骼肌影响膝骨关节炎的研究进展[J].国际骨科学杂志,2019,40(5):285-289.
- [6] 张心培,张丽,张元鸣飞,等.运用弹性超声动态测量不同肌张力下肌肉硬度的初步研究[J].中华物理医学与康复杂志,2023,45(1):29-34.
- [7] Anil U, Markus DH, Hurley ET, et al. The efficacy of intra-articular injections in the treatment of knee osteoarthritis: a network Meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Knee, 2021, 10(32):173-182.
- [8] Menkes CJ. Radiographic criteria for classification of osteoarthritis [J]. J Rheumatol Suppl, 1991, 2(27):13-15.
- [9] 中华医学会骨科学分会关节外科学组.中国骨关节炎疼痛管理临床实践指南(2020年版)[J].中华骨科杂志,2020,40(8):469-476.
- [10] 温朝美.肌骨超声评分系统在类风湿关节炎中的应用[J].中国医学影像技术,2016,32(5):807-810.
- [11] 严攀,刘波,阴俊,等.西安大略和麦克马斯特大学骨关节炎指数用于膝退行性骨关节炎患者评定的反应度研究[J].中国康复医学杂志,2016,31(2):215-216.
- [12] 潘巍一,葛俊胜,张捷洪,等.肌骨超声技术在针刀治疗膝骨关节炎患者中图像表现及与临床效果的相关性[J].生物医学工程与临床,2020,24(1):50-54.
- [13] Tagliafico AS. Musculoskeletal ultrasound [J]. Semin Musculoskelet Radiol, 2020, 24(2):81-82.
- [14] 邓磊,胡伟民,蔡雪平,等.观察针刀联合关节腔内臭氧注射治疗膝骨性关节炎临床疗效及对炎症因子水平的影响[J].湖北中医药大学学报,2020,22(3):86-89.
- [15] 卢一丹,詹梦娜,尤晨宇,等.膝关节骨关节炎肌骨超声半定量评分与西安大略麦克马斯特大学骨关节炎指数相关性分析[J].中国基层医药,2020,27(17):2068-2071.
- [16] Kus G, Yeldan I. Strengthening the quadriceps femoris muscle versus other knee training programs for the treatment of knee osteoarthritis [J]. Rheumatol Int, 2019, 39(2):203-218.
- [17] Aslan Ö, Batur EB, Meray J. The importance of functional hamstring/quadriceps ratios in knee osteoarthritis [J]. J Sport Rehabil, 2020, 29(7):866-870.
- [18] 中国医师协会超声医师分会.中国二维剪切波弹性成像检查肌骨组织操作规范指南[J].中华超声影像学杂志,2024,33(3):193-200.
- [19] 黄钰颖,郭忆,韩新祚,等.剪切波弹性超声成像测量股四头肌及肌腱弹性与膝骨关节炎功能的相关性[J].中国组织工程研究,2023,27(31):4971-4976.
- [20] Smith SL, Woodburn J, Steultjens MPM. Sex- and osteoarthritis-related differences in muscle co-activation during weight-bearing tasks [J]. Gait Posture, 2020, 6(79):117-125.
- [21] 郑乙,陈国材,邹玉婵,等.剪切波弹性成像评价女性膝骨关节炎患者股四头肌弹性模量变化[J].河北医学,2019,25(10):1634-1638.

(收稿日期:2024-07-09)