

临床研究

肌肉骨骼超声与类风湿关节炎患者血清学指标的相关性及其诊断价值

曲星宇, 张明珠, 张照苑, 张 博, 余艳银, 武晓桐, 王叶红

(遵义医科大学第五附属(珠海)医院 超声科, 广东 珠海 519000)

[摘要] **目的** 探讨类风湿关节炎(RA)患者肌肉骨骼超声(MSUS)与血清学指标的相关性,并评估 MSUS 对 RA 疾病活动度的诊断价值。**方法** 回顾性分析 85 例 RA 患者的临床资料。血清学指标包括红细胞沉降率(ESR)、C 反应蛋白(CRP)及类风湿因子(RF)。采用 MSUS 评估双侧腕关节、掌指关节、近端指间关节及跖趾关节的关节积液、滑膜增生、能量多普勒(PD)血流信号及骨侵蚀情况,并进行 0~3 分半定量评分。采用 Spearman 相关性分析评估 MSUS 半定量评分与血清学指标的相关性,以 28 个关节疾病活动度评分(DAS28) > 3.2 定义为中/高疾病活动度,通过受试者工作特征(ROC)曲线分析 MSUS 评分对其诊断效能。**结果** MSUS 总评分与 ESR、CRP、RF 均呈正相关(r 值分别为 0.740、0.470、0.606, $P < 0.01$)。ROC 曲线分析显示,MSUS 总评分及滑膜增生评分鉴别中/高疾病活动度(DAS28) > 3.2 的曲线下面积(AUC)分别为 0.850、0.764,MSUS 总评分的诊断效能最高,其最佳截断值为 7 分时,敏感度为 85.3%,特异度为 66.7%。**结论** RA 患者 MSUS 表现与血清学指标具有显著相关性,能够反映疾病的局部与全身炎症状态。MSUS 总评分在鉴别 RA 中/高疾病活动度具有重要诊断价值。基于滑膜增生联合骨侵蚀的简化方案与总评分在诊断效能上差异无统计学意义,在临床资源有限时可作为快速筛查工具。

[关键词] 类风湿关节炎;肌肉骨骼超声;疾病活动度;敏感性与特异性;血清学指标

[中图分类号] R445.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2096-8159(2026)07-0768-07

Study on the correlation between musculoskeletal ultrasound and serological markers and its diagnostic value in patients with rheumatoid arthritis

Qu Xingyu, Zhang Mingzhu, Zhang Zhaoyuan, Zhang Bo, Yu Yanyin, Wu Xiaotong, Wang Yehong

(Department of Ultrasound, The Fifth Affiliated (Zhuhai) Hospital of Zunyi Medical University, Zhuhai Guangdong 519000, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the correlation between musculoskeletal ultrasound (MSUS) findings and serological markers in patients with rheumatoid arthritis (RA), and to evaluate the diagnostic value of MSUS for assessing disease activity in RA. **Methods** Clinical data from 85 RA patients were retrospectively analyzed, including serological markers: erythrocyte sedimentation rate (ESR), C-reactive protein (CRP), and rheumatoid factor (RF). Musculoskeletal ultrasound (MSUS) was performed to assess joint effusion, synovial hyperplasia, power Doppler (PD) signals, and bone erosion in bilateral wrist, metacarpophalangeal, proximal interphalangeal, and metatarsophalangeal joints, with each finding semi-quantitatively scored (0-3). Spearman correlation analysis was used to evaluate the relationship between MSUS semi quantitative scores and serological markers. A 28 joint Disease Activity Score (DAS28) > 3.2 was defined as moderate to high disease activity. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was conducted to assess the diagnostic performance of MSUS scores in identifying moderate to high disease activity. **Results** The total MSUS score showed positive correlations with

[基金项目] 贵州省卫健委科学技术基金资助项目(NO:gzwkj2022-443)。

[通信作者] 王叶红,女,博士,副主任医师,硕士生导师,研究方向:肌肉骨骼超声检查及介入超声,E-mail:yehong820903@163.com。

ESR, CRP, and RF ($r=0.740, 0.470$, and 0.606 , respectively; $P<0.01$). ROC curve analysis revealed that the areas under the curve (AUC) of the total MSUS score and synovial hyperplasia score for distinguishing moderate-to-high disease activity ($\text{DAS28}>3.2$) were 0.850 and 0.764 , respectively. The total MSUS score had the highest diagnostic efficacy, with an optimal cut-off value of 7 , yielding a sensitivity of 85.3% and a specificity of 66.7% . **Conclusion** MSUS findings in patients with RA demonstrate a significant correlation with serological markers, reflecting both local and systemic inflammatory states of the disease. The total MSUS score demonstrates valuable diagnostic performance for discriminating moderate-to-high disease activity in RA. The simplified protocol incorporating synovial hyperplasia and bone erosion yields diagnostic efficacy comparable to the total MSUS score ($P>0.05$), and can be applied as a rapid screening strategy under conditions of limited clinical resources.

[**Key words**] rheumatoid arthritis; musculoskeletal ultrasound; disease activity; sensitivity and specificity; serological markers

类风湿关节炎(rheumatoid arthritis, RA)是一种以慢性、对称性多关节滑膜炎为主要表现的自身免疫性疾病,其核心病理改变包括滑膜增生、血管翳形成及关节软骨和骨破坏,最终导致关节畸形和功能丧失^[1]。早期诊断与疾病活动度的精准评估,对控制病情进展、改善患者预后至关重要。

目前,RA 的临床评估主要依赖临床表现、血清学指标及影像学检查。血清学指标如红细胞沉降率(erythrocyte sedimentation rate, ESR)、C 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)和类风湿因子(rheumatoid factor, RF)虽常用于反映炎症水平和疾病活动度,但特异性有限,且无法直接体现关节局部病变情况^[2]。传统 X 线检查对早期滑膜炎和骨侵蚀的敏感性较低^[3]。近年来,肌肉骨骼超声(musculoskeletal ultrasound, MSUS)凭借其高分辨率、无辐射、可实时动态成像等优势,已成为 RA 诊断与病情监测的重要影像学手段^[4-5]。MSUS 能够清晰显示关节积液、滑膜增生、骨侵蚀等病变,其能量多普勒(power doppler, PD)技术还可评估滑膜血流,为炎症活动度提供直观依据^[6]。研究显示,MSUS 在检测滑膜炎和骨侵蚀方面比临床检查更为敏感且可重复性更好,尤其在早期 RA 的诊断中展现出显著优势^[7]。然而,既往研究仍存在以下局限:(1)骨侵蚀与血清学指标(尤其是 RF)的系统性定量分析较少,其在全身炎症状态中的代表性尚不明确;(2)MSUS 总评分与 DAS28 的关联虽被认可,但其额外评估价值仍需验证;(3)尽管部分研究提出了超声总评分概念,但尚未形成统一的总评分构建方法及其诊断中/高疾病活动度的最佳截断值,限制了其在临床决策中的推广与应用^[8]。因此,本研究系统分析 RA 患者 MSUS 4 项核心征

象(关节积液、滑膜增生、PD、骨侵蚀)与 ESR、CRP、RF 的相关性,并在本中心人群中确立 MSUS 总评分判别中/高疾病活动度的最佳截断值,旨在为临床提供一种可操作的影像学辅助评估依据,并为 RA 疾病活动度的综合判断提供参考。

1 资料与方法

1.1 对象 回顾性分析 2021 年 12 月至 2025 年 6 月于遵义医科大学第五附属(珠海)医院就诊的 85 例 RA 患者的临床资料。纳入标准:(1)符合 2010 年美国风湿病学会(ACR)/欧洲抗风湿病联盟(EULAR)制定的 RA 分类标准;(2)年龄 ≥ 18 岁;(3)病程 ≥ 3 个月;(4)临床及影像学资料完整。排除标准:(1)合并其他结缔组织病;(2)伴有严重心、肝、肾功能不全;(3)妊娠或哺乳期妇女;(4)有关节手术史。85 例患者中,男性 23 例(27.1%),女性 62 例(72.9%);年龄 $29\sim 77$ 岁,平均(51.2 ± 11.8)岁。本研究经遵义医科大学第五附属(珠海)医院伦理委员会批准(NO:2021ZHKY0051)。

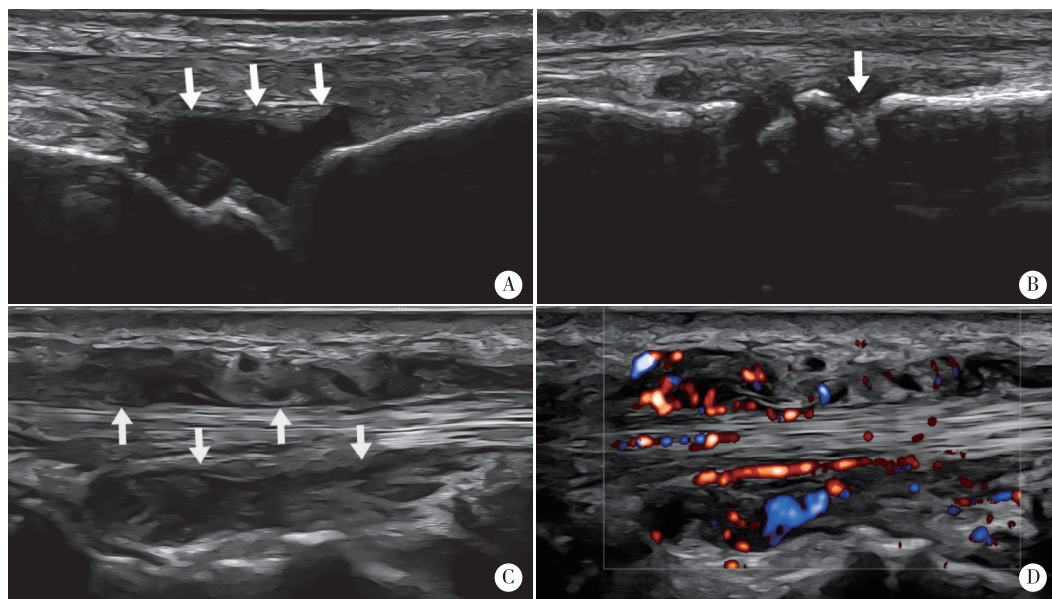
1.2 仪器与方法

1.2.1 血清学指标检测 本研究涉及的血清学指标检测严格遵循标准操作流程。所有受试者均于清晨空腹状态下,由专业人员采集肘静脉血 5 mL 。样本处理与分析均在实验室统一完成:使用全自动生化分析仪测定 RF 与 CRP 水平;ESR 水平则通过魏氏法进行测定。

1.2.2 MSUS 检查 采用 GE Logiq E11 超声诊断及 L6-24 线阵探头(频率范围 $6\sim 24\text{ MHz}$)进行 MSUS 检查。检查由 2 名具备 5 年以上 MSUS 工作经验的医师独立完成,且操作者对患者的血清学检

测结果不知情。若两位医师的评分存在分歧,将首先通过共同讨论以达成共识;若仍无法统一意见,则由第3位高年资的医师作出最终判定。检查部位包括双侧腕关节、掌指关节、近端指间关节和跖趾关节。评估内容包括:(1)关节积液:表现为关

节腔内可压缩的无回声或低回声区域;(2)滑膜增生:多表现为关节腔内不可压缩的低回声组织增厚;(3)PD:用于评估滑膜内的血流情况;(4)骨侵蚀:指在两个相互垂直的切面上均可见的关节骨表面连续性中断,见图1。



A:第2跖趾关节积液;B:第2掌指关节骨侵蚀;C:尺侧腕伸肌腱鞘滑膜增生;D:同一患者尺侧腕伸肌腱鞘(同C图)的PD成像,血流信号显著增多。

图1 类风湿关节炎超声检查结果

根据《欧洲风湿病学肌肉骨骼超声指南》,对上述关节的关节积液、滑膜增生、PD和骨侵蚀进行4级半定量评分。关节积液评分为0~3分,滑膜增生评分为0~3分,PD评分为0~3分,骨侵蚀评分为0~3分。首先,在所有被检关节中,分别提取关节积液、滑膜增生、PD及骨侵蚀这4个超声征象各自的最高评分。然后,将这4项最高评分相加,所得总和即为MSUS总评分(范围0~12分)。本评分方法侧重于评估患者最严重的关节病变程度^[9]。

1.3 疾病活动度评估 采用28个关节疾病活动度评分(DAS28)综合评估RA的疾病活动度。根据DAS28评分将患者分为:缓解期($\text{DAS28} < 2.6$)、低疾病活动度($2.6 \leq \text{DAS28} \leq 3.2$)、中度疾病活动度($3.2 < \text{DAS28} \leq 5.1$)及高疾病活动度($\text{DAS28} > 5.1$)^[10]。

1.4 统计学分析 采用SPSS 29.0软件进行统计学分析。计量资料符合正态分布以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,不符合正态分布以中位数 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示;计数资料以例数(百分比)[$n(\%)$]表

示。采用Mann-Whitney U检验比较不同疾病活动度组间MSUS评分及血清学指标的差异。采用Spearman相关分析检验MSUS半定量评分与各血清学指标(ESR、CRP、RF)之间的相关性。通过绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,评估MSUS各项评分及总评分对中/高疾病活动度(定义为 $\text{DAS28} > 3.2$)的鉴别诊断效能。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 血清学指标与MSUS半定量评分的初步相关性探索 Spearman相关分析结果显示,MSUS半定量评分与血清学指标之间存在显著关联。相关性如下:关节积液、滑膜增生及PD评分与ESR、CRP、RF均呈正相关($P < 0.05$);骨侵蚀评分与ESR、RF呈正相关(r 值分别为0.427,0.887, $P < 0.01$),但与CRP未见显著相关性($r = 0.142, P = 0.194$)。MSUS总评分与ESR、CRP、RF均呈正相关(r 值分别为0.740,0.470,0.606, $P < 0.01$,表1)。

表 1 MSUS 半定量评分与血清学指标的 Spearman 相关性分析

血清学指标	关节积液		滑膜增生		PD		骨侵蚀		总评分	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
ESR	0.519	<0.01	0.724	<0.01	0.704	<0.01	0.427	<0.01	0.740	<0.01
CRP	0.413	<0.01	0.487	<0.01	0.606	<0.01	0.142	0.194	0.470	<0.01
RF	0.339	<0.01	0.354	0.019	0.361	<0.01	0.887	<0.01	0.606	<0.01

2.2 不同疾病活动度患者 MSUS 半定量评分比较 为比较不同疾病活动度患者的 MSUS 表现差异,根据 DAS28 评分将患者分为中/高疾病活动度组($n=58$)与缓解/低疾病活动度组($n=27$)。采用 Mann-Whitney *U* 检验比较发现,中/高疾病活动度

组的 MSUS 总评分中位数为 8.00(7.00~10.00),显著高于缓解/低活动度组的 6.00(5.00~7.00), $P=0.005$ 。此外,中/高活动度组在关节积液、滑膜增生、PD 及骨侵蚀评分上也均高于缓解/低活动度组($P<0.05$,表 2)。

表 2 不同疾病活动度患者 MSUS 半定量评分比较[$M(P_{25},P_{75})$]

组别	关节积液	滑膜增生	PD	骨侵蚀	总评分
缓解/低疾病活动度组	1.00(0.00,1.00)	2.00(2.00,2.00)	2.00(1.00,2.00)	1.00(0.50,1.00)	6.00(5.00,7.00)
中/高疾病活动度组	1.00(0.00,2.00)	2.00(2.00,3.00)	2.00(2.00,2.00)	1.00(1.00,2.00)	8.00(7.00,10.00)
<i>P</i>	0.045	0.004	0.047	0.007	0.005

2.3 不同疾病活动度患者血清学指标比较 对不同疾病活动度分组患者的血清学指标进行比较。结果显示,中/高疾病活动度组患者的 ESR 水平为 37.50(19.00,60.00) mm/h,显著高于缓解/低疾病

活动度组 17.00(10.50,22.00) mm/h($P<0.001$)。中/高疾病活动度组在 CRP 与 RF 水平也均高于缓解/低疾病活动度组,且疾病活动度越高,ESR, CRP 与 RF 水平呈上升趋势(表 3)。

表 3 不同疾病活动度患者各血清学指标比较[$M(P_{25},P_{75})$]

组别	ESR/(mm/h)	CRP/(mg/L)	RF/(U/mL)
缓解/低疾病活动度组	17.00(10.50,22.00)	3.42(1.55,7.84)	41.10(13.60,125.40)
中/高疾病活动度组	37.50(19.00,60.00)	7.48(3.49,29.54)	76.85(35.20,254.40)
<i>P</i>	<0.001	0.012	0.045

2.4 MSUS 半定量评分预测 RA 患者疾病活动度的价值 为评估 MSUS 半定量评分对 RA 疾病活动度的诊断效能,将关节积液、滑膜增生、PD、骨侵蚀评分及 MSUS 总评分作为检验变量,以疾病活动度分组(中/高疾病活动度组为阳性组,缓解/低疾病活动度组为阴性组)作为因变量,绘制受试者工作特征(ROC)曲线(图 2)。

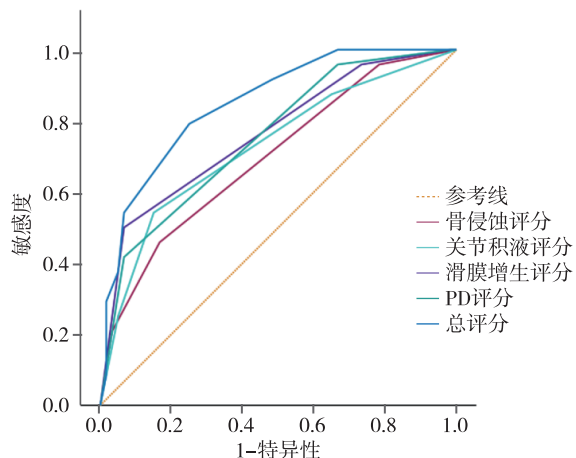


图 2 MSUS 半定量评分指标诊断 RA 疾病活动度的 ROC 曲线

结果显示,各项 MSUS 评分指标预测中/高疾病活动度的 ROC 曲线下面积(area under the curve, AUC)分别为:MSUS 总评分 0.850,滑膜增生评分 0.764,PD 评分 0.753,关节积液评分 0.728,骨侵蚀评分 0.697。其中,MSUS 总评分的诊断效能最高(AUC=0.850),见表 4。当以 7 分作为 MSUS 总评分诊断中/高疾病活动度的最佳截断值时,其敏感度为 85.3%,特异度为 66.7%,约登指数为 0.52。为进一步探索 MSUS 各分项指标的联合应用价值,本研究采用二元逻辑回归构建了联合预测方案,见表 5。其中,滑膜增生联合骨侵蚀评分的组合鉴别中/高疾病活动度的 AUC 为 0.826(95% CI:0.730~0.921);在滑膜增生与骨侵蚀基础上进一步联合 PD 评分后,AUC 提升至 0.841(95% CI:0.753~0.930)。采用 DeLong 检验对上述联合方案与 MSUS 总评分(AUC=0.850)的 AUC 进行两两比较,结果显示:滑膜增生联合骨侵蚀方案与总评分之间的 AUC 差异无统计学意义($Z=0.812, P=0.417$),滑膜增生联合骨侵蚀及 PD 方案与总评分之间的 AUC 差异亦无统计学意义($Z=0.356, P=0.722$)。

表 4 MSUS 半定量评分预测 RA 患者疾病活动度的价值

超声参数	AUC	P	95% CI
关节积液	0.728	<0.01	0.603 ~ 0.853
滑膜增生	0.764	<0.01	0.647 ~ 0.881
PD	0.753	<0.01	0.639 ~ 0.867
骨侵蚀	0.697	<0.01	0.571 ~ 0.822
总评分	0.850	<0.01	0.763 ~ 0.937

表 5 MSUS 半定量评分各分项指标联合应用的诊断效能

超声参数	AUC	P	95% CI
PD 联合滑膜增生	0.794	<0.01	0.686 ~ 0.901
PD 联合骨侵蚀	0.807	<0.01	0.709 ~ 0.905
PD 联合关节积液	0.775	<0.01	0.666 ~ 0.884
滑膜增生联合骨侵蚀	0.826	<0.01	0.730 ~ 0.921
滑膜增生联合关节积液	0.785	<0.01	0.677 ~ 0.892
骨侵蚀联合关节积液	0.778	<0.01	0.666 ~ 0.891
PD-滑膜增生-关节积液联合	0.799	<0.01	0.697 ~ 0.902
PD-滑膜增生-骨侵蚀联合	0.841	<0.01	0.753 ~ 0.930

3 讨论

本研究通过回顾性分析 85 例 RA 患者的临床资料,探讨了 MSUS 半定量评分与血清学指标(ESR、CRP、RF)的相关性,并评估了 MSUS 判断 RA 疾病活动度的诊断价值。结果显示,MSUS 总评分与 ESR、CRP、RF 均呈正相关(r 分别为 0.740、0.470、0.606, $P < 0.01$),提示关节局部超声炎症表现与全身血清学炎症指标存在显著关联,MSUS 能有效反映 RA 的全身炎症活动度。其中,滑膜增生评分和 PD 评分与 3 项血清学指标均显著相关,PD 信号作为滑膜内新生血管形成的直接标志,是炎症活动的重要体现,与文献报道相符^[11]。

在诊断效能方面,本研究 MSUS 总评分判断中/高疾病活动度的 AUC 为 0.850,高于 Chu 等^[12]的单腕关节评分(AUC = 0.814),差异可能源于本研究采用了 4 项超声征象的联合总评分,更全面反映 RA 的异质性病变。然而,尽管两组间 MSUS 总评分中位数差异仅为 2 分,且四分位区间存在一定重叠(缓解/低活动度组:5 ~ 7 分;中/高活动度组:7 ~ 10 分),提示在个体层面该评分对疾病活动度的区分能力有限;但其整体诊断效能良好,结合 66.7% 的中等特异度,提示临床应用时应与其他临床及实验室指标综合判断,不宜作为独立诊断依据。

骨侵蚀评分与 ESR、RF 相关,但与 CRP 无关,提示结构性损伤可能与长期自身免疫异常导致的

持续骨破坏关系更密切,而非仅反映急性炎症反应^[13],这与文献^[14]观点一致。需注意的是,本研究中骨侵蚀与 RF 的相关系数高达 0.887,提示 RF 水平可能对预测关节结构性破坏具有重要价值,亦可能与样本选择偏倚(如 RF 高滴度患者占比较高)或样本量有限有关,后续需扩大样本验证。

ROC 曲线分析显示,MSUS 总评分及各分项评分预测中/高疾病活动度(DAS28 > 3.2)的 AUC 分别为:总评分 0.850,滑膜增生评分 0.764,PD 评分 0.753,关节积液评分 0.728,骨侵蚀评分 0.697。以 7 分作为最佳截断值时,其敏感度为 85.3%,特异度为 66.7%。为进一步优化诊断方案,采用二元逻辑回归分析各分项评分的联合应用效能,结果显示:滑膜增生联合骨侵蚀评分的 AUC 为 0.826(95% CI:0.730 ~ 0.921),联合 PD 后 AUC 提升至 0.841(95% CI:0.753 ~ 0.930)。经 DeLong 检验,上述联合方案与总评分(AUC = 0.850)的差异均无统计学意义($P > 0.05$)。因此,临床资源有限时可优先采用滑膜增生 + 骨侵蚀 2 项核心指标作为快速筛查工具,而需全面评估时仍推荐 4 项征象的总评分。此外,微细血流技术可进一步提高滑膜内低速血流的检测灵敏度^[15]。综上,MSUS 总评分在识别需强化治疗的活跃期 RA 患者中具有重要临床价值,可作为辅助治疗决策的有效工具^[12]。

相较于传统评估方法,MSUS 具有独特优势:DAS28 等复合指标包含主观成分且无法直接观察关节内病变^[16];ESR、CRP 虽反映全身炎症状态,但缺乏特异性且无法定位具体关节。MSUS 能实时、直观显示滑膜增生、关节积液、骨侵蚀及血流情况,提供“视觉病理学”信息^[17],即使在临床缓解期患者中仍可能检测到亚临床炎症活动^[18-19]。当前 RA 治疗策略日趋多元化,中西医结合及细胞治疗等新方法不断涌现^[20-21],未来 RA 管理需整合影像、血清学及个体化治疗等多维度信息,MSUS 在其中将发挥重要辅助作用。

本研究存在局限性:单中心回顾性设计、样本量有限,可能存在选择偏倚;MSUS 评估虽由经验丰富医师完成,仍存在一定主观性。未来需开展多中心、大样本前瞻性研究,探索自动化超声采集及人工智能分析模型以提高标准化与可重复性^[22-23]。本研究中 DAS28 评分包含 ESR 或 CRP,而 MSUS 评分与这些指标存在相关性,因此二者之间的关联在一定程度上反映了方法学的一致性;未来可使用不依赖急性期反应物的复合指标或长期预后指标进行验证。

此外,可探索 MSUS 与其他无创影像技术(如热成像^[24])的联合应用,或拓展至肩、踝等更多关节^[25-26],并进一步探索 MSUS 表现与特异性生物标志物(如细胞因子谱^[27])的关联,为 RA 异质性解析与个体化治疗提供新思路。

本研究提示,RA 患者 MSUS 表现与血清学指标显著相关,可有效反映局部及全身炎症状态。MSUS 总评分对中/高疾病活动度具有较高诊断效能,且与滑膜增生+骨侵蚀简化方案效能相当,临床可据资源情况灵活选用。结合超声评分与血流成像,MSUS 在疾病活动度评估、治疗反应判断及预后预测中均有重要价值。将 MSUS 整合入 RA 诊疗流程,有助于实现更精准的疾病管理。未来需开展多中心、大样本前瞻性研究,结合自动化超声与人工智能技术,推动 MSUS 在 RA 全程管理中的标准化应用。

[参考文献]

- [1] Agrawal A, Shukla P, Dhakad H, et al. Ultrasonographic detection of joint abnormalities in rheumatoid arthritis: a cross-sectional study[J]. *APIK J Intern Med*, 2025, 13(3): 183-188.
- [2] Hammad R, Eldosoky M A, Elmadbouly A A, et al. Evaluation of circulating miR-16-5p and miR-223-5p in association with musculoskeletal ultrasonography seven joint score in the assessment of rheumatoid arthritis activity[J]. *Egypt J Immunol*, 2023, 30(1): 20-30.
- [3] Mohammed R H A, Alazizi H, Taha A N E, et al. Musculoskeletal ultrasonography versus conventional radiography: correlation with DAS28 and MDHAQ scores in early rheumatoid arthritis[J]. *J Int Med Res*, 2024, 52(12): 1-11.
- [4] Hoque A, Steultjens M, Dickson D M, et al. Assessing the construct validity of musculoskeletal ultrasound and the rheumatoid arthritis foot disease activity index (RA-DAI-F5) for managing rheumatoid foot disease[J]. *Rheumatol Adv Pract*, 2023, 7(2): rkad048.
- [5] 储开昀,王雅婷,刘雪梅. 肌肉骨骼超声与 MRI 检查对类风湿膝关节炎诊断的对比研究[J]. *中国超声医学杂志*, 2021, 37(2): 204-206.
- [6] Tan Y K, Thumboo J. Understanding ultrasound power Doppler synovitis at clinically quiescent joints and thermographic joint inflammation assessment in patients with rheumatoid arthritis[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2024, 14(21): 2384.
- [7] Silvagni E, Zandonella Callegger S, Mauric E, et al. Musculoskeletal ultrasound for treating rheumatoid arthritis to target: a systematic literature review[J]. *Rheumatology*, 2022, 61(12): 4590-4602.
- [8] Ogura T, Katagiri T, Kameda H. Cartilage evaluation by ultrasonography in patients with rheumatoid arthritis: a scoping review[J]. *Inflamm Regen*, 2023, 43(1): 34.
- [9] Huang Y, Liu K J, Chen G W, et al. Diagnostic value of semi-quantitative grading of musculoskeletal ultrasound in wrist and hand lesions of subclinical synovitis in rheumatoid arthritis[J]. *Am J Nucl Med Mol Imaging*, 2022, 12(1): 25-32.
- [10] Shen D, Li Z, Shan Z, et al. Relationship between the degree of illness in elderly patients with rheumatoid arthritis and parameters of musculoskeletal ultrasound and Oswestry dysfunction index and clinical value analysis[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022, 2022: 4307864.
- [11] Song P Z, Wu N, Huo C, et al. Correlation analysis and clinical significance of musculoskeletal ultrasound semi-quantitative grading with bone salt metabolism, rheumatoid factor and erythrocyte sedimentation rate in patients with rheumatoid arthritis[J]. *Pak J Med Sci*, 2023, 39(6): 1652-1656.
- [12] Chu Z, Zhou Z, Iqbal M A, et al. A study of the diagnostic value of Doppler ultrasound score in a single wrist joint to assess the activity of rheumatoid arthritis[J]. *Int J Rheum Dis*, 2025, 28(3): e70185.
- [13] Cen Y, He D, Wang P, et al. Contribution of musculoskeletal ultrasound in the diagnosis of seronegative rheumatoid arthritis[J]. *J Ultrasound Med*, 2024, 43(10): 1929-1936.
- [14] Tan Y K, Thumboo J. The EULAR-OMERACT joint-level scoring of ultrasound synovitis demonstrates good construct validity when tested at the patient-level in comparison with measures of disease activity and joint damage in patients with rheumatoid arthritis[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2025, 12: 1564381.
- [15] 王霞, 缪旭, 李文娟, 等. 微细血流技术在类风湿关节炎患者达标治疗中的评估效能[J]. *中国超声医学杂志*, 2025, 41(6): 708-712.
- [16] Medina Y F, Rondón M A. Diagnostic accuracy and concordance of standardized vs. non-standardized joint physical examination for assessing disease activity in rheumatoid arthritis: a paired comparison using ultrasound as reference standard[J]. *J Clin Med*, 2025, 14(15): 5334.
- [17] Ishizaki J. Assessment of musculoskeletal ultrasound of rheumatoid arthritis[J]. *Methods Mol Biol*, 2024, 2766: 773.

- 335-342.
- [18] Batalov Z, Sapundzhieva T, Batalov K, et al. The role of musculoskeletal ultrasound in biologic drug tapering and relapse monitoring: findings from a one-year prospective study in a cohort of rheumatoid arthritis patients in sustained clinical remission [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2025, 15(14): 1753.
- [19] Manzo A, Bozzalla Cassione E, Montecucco C, et al. Prediction of long-term drug-free outcomes in ACPA-positive and ACPA-negative rheumatoid arthritis by combined clinical and ultrasound assessment of residual disease: a 5-year prospective study [J]. *RMD Open*, 2025, 11(1): e005079.
- [20] 张长江, 漆翔宇, 程勇, 等. 海桐皮汤外敷联合常规西药治疗湿热痹阻型类风湿关节炎的疗效与安全性 [J]. *遵义医科大学学报*, 2025, 48(12): 1273-1279.
- [21] 彭淋坤, 刘娟, 李林艳, 等. 羊膜间充质干细胞经 PGE2/EP2 途径调节类风湿关节炎患者 T 细胞免疫 [J]. *遵义医科大学学报*, 2024, 47(6): 558-568.
- [22] Frederiksen B A, Hammer H B, Terslev L, et al. Automated ultrasound system ARTHUR V.2.0 with AI analysis DIANA V.2.0 matches expert rheumatologist in hand joint assessment of rheumatoid arthritis patients [J]. *RMD Open*, 2025, 11(3): e005805.
- [23] Fukae J, Amasaki Y, Fujieda Y, et al. Pre-trained convolutional neural network with transfer learning by artificial illustrated images classify power Doppler ultrasound images of rheumatoid arthritis joints [J]. *J Int Med Res*, 2025, 53(2): 3000605251318195.
- [24] Tan Y K, Lim G H. Comparing thermographic heat signatures with joint inflammation detected by ultrasound at the knees in patients with rheumatoid arthritis [J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1): 31960.
- [25] Azzam A I. Ultrasonographic evaluation of the ankle joint in relation to rheumatoid factor status and disease activity in patients with rheumatoid arthritis [J]. *J Med Ultrasound*, 2025, 33(1): 15-22.
- [26] Kumar G, Kumar R, Singh A, et al. Shoulder pain in rheumatoid arthritis: ultrasound findings and clinical correlations [J]. *Cureus*, 2025, 17(5): e84228.
- [27] Fukui S, Michitsuji T, Endo Y, et al. Distinct clinical outcomes based on multiple serum cytokine and chemokine profiles rather than autoantibody profiles and ultrasound findings in rheumatoid arthritis: a prospective ultrasound cohort study [J]. *RMD Open*, 2025, 11(1): e005163.
- [收稿 2026-04-15; 修回 2026-05-11]
(编辑: 王福军)

(上接第 767 页)

- [12] Zhang Y Q, Huang C R, Qiu Y, et al. Synergistic elimination of bacillus Calmette-Guérin biofilm and tissue restoration facilitated by ultrasound-mediated nanoparticles and antioxidants [J]. *Int Immunopharmacol*, 2025, 166: 115582.
- [13] 王国卫, 梁亚充, 韩朝, 等. 常规抗结核药物联合中药口服加超声导入治疗浸润型淋巴结核临床观察 [J]. *医学动物防制*, 2023, 39(2): 136-140.
- [14] 秦志华, 施军卫, 邱青, 等. 超声电导仪透药治疗包裹性结核性胸膜炎疗效分析 [J]. *中国医学装备*, 2014, 11(S2): 135-137.
- [15] 郑亚妹, 谢甜, 伍卓乐, 等. 经胸壁超声导入三联药品辅助治疗结核性胸膜炎的临床价值 [J]. *中国防痨杂志*, 2020, 42(7): 695-700.
- [16] 管婷婷, 王莹, 王莲芝. 经内科胸腔镜冷冻活检对疑似结核性胸膜炎的诊疗价值 [J]. *结核与肺部疾病杂志*, 2025, 6(6): 738-746.
- [17] Xiong Y, Gao X S, Zhu H Y, et al. Role of medical thoracoscopy in the treatment of tuberculous pleural effusion [J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8(1): 52-60.
- [18] 张廷梅, 袁国琴, 潘慧兰, 等. 内科胸腔镜用于结核性胸腔积液 104 例效果评价 [J]. *山东医药*, 2012, 52(31): 58-60.
- [19] Wang K, Zuo L, Tian P W, et al. Beyond diagnosis: maximizing the role of medical thoracoscopy in pleural disease treatment [J]. *Respir Res*, 2024, 25(1): 406.
- [20] Tome G R, Vartanyan A, Kim C, et al. Use of robotic-like articulated instruments in medical thoracoscopy: a case series [J]. *Respiration*, 2026, 105(3): 438-444.
- [21] Bansal R K, Arnold T D, Tucker E, et al. First-line medical thoracoscopy for pleural infection: the SPIRIT randomised controlled feasibility trial [J]. *BMJ Open Respir Res*, 2025, 12(1): e003675.
- [22] Xu J, Chen Y H, Gong C, et al. Impact of drainage strategies on recovery in Stage III tuberculous empyema: a retrospective study [J]. *J Infect Dev Ctries*, 2025, 19(9): 1400-1406.
- [收稿 2026-01-16; 修回 2026-04-26]
(编辑: 王福军)