

· 临床研究 ·

超微血流成像与能量多普勒超声评估血清阴性类风湿关节炎患者肌腱滑膜血流情况的对比研究

潘宇, 周荷英, 符丽, 秦远红

摘要 **目的** 比较超微血流成像(SMI)与能量多普勒超声(PDUS)评估血清阴性类风湿关节炎(SNRA)患者肌腱滑膜血流情况的临床价值。**方法** 选取我院收治的SNRA患者92例,应用二维超声观察手腕部肌腱和腱鞘并进行肌腱滑膜炎超声分级;SMI和PDUS检查肌腱滑膜血流情况并分别进行半定量分级和评分,比较SMI与PDUS对滑膜血流检查结果的差异;分析SNRA患者SMI和PDUS滑膜血流评分与红细胞沉降率(ESR)、C-反应蛋白(CRP)、28关节疾病活动度(DAS28)评分的相关性。**结果** 92例SNRA患者共检查2208根肌腱,二维超声检出790根(35.78%)肌腱显示异常,其中肌腱滑膜炎超声分级1级118根、2级539根、3级133根。SMI和PDUS对790根异常肌腱的滑膜血流显示率分别为87.72%和72.41%,二者比较差异有统计学意义($P<0.05$)。790根异常肌腱的SMI滑膜血流半定量分级高于PDUS滑膜血流半定量分级,差异有统计学意义($P<0.05$);SMI滑膜血流评分为(6.5 ± 2.3)分,PDUS滑膜血流评分为(6.2 ± 2.1)分。相关性分析显示,SMI和PDUS滑膜血流评分均与ESR、CRP、DAS28评分呈正相关($r=0.607, 0.721, 0.805$ 和 $0.581, 0.647, 0.605$,均 $P<0.05$)。**结论** SMI较PDUS可以更敏感地评估SNRA患者肌腱滑膜血流情况,为临床评估疾病活动性和肌腱滑膜炎提供影像学依据。

关键词 超声检查;超微血流成像;能量多普勒;类风湿关节炎;肌腱滑膜;血流情况

[中图法分类号]R445.1;R593.22

[文献标识码]A

Evaluation of tendon synovial blood flow in patients with seronegative rheumatoid arthritis by superb microvascular imaging and power Doppler ultrasound: a comparative study

PAN Yu, ZHOU Heying, FU Li, QIN Yuanhong

Department of Ultrasound Medicine, Huiyi Rheumatology Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Enshi 445000, China

ABSTRACT **Objective** To compare the clinical value of super microvascular imaging (SMI) and power Doppler ultrasound (PDUS) in evaluating tendon synovial blood flow in patients with seronegative rheumatoid arthritis (SNRA). **Methods** A total of 92 SNRA patients admitted to our hospital were enrolled. Two-dimensional ultrasound was used to observe wrist tendon and tendon sheath abnormalities, and ultrasound grading of tendon synovitis was performed. SMI and PDUS were used to examine tendon synovial blood flow, followed by semi-quantitative grading and scoring. The differences in detecting synovial blood flow between SMI and PDUS were compared. The correlation between the synovial blood flow scores obtained by SMI and PDUS and erythrocyte sedimentation rate (ESR), C-reactive protein (CRP), 28-joint disease activity (DAS28) score were analyzed. **Results** A total of 2208 tendons from 92 SNRA patients were evaluated. Two-dimensional ultrasound identified 790 abnormal tendons (35.78%), among which 118 were grade 1, 539 were grade 2, and 133 were grade 3. The detection rates of tendon synovial blood flow by SMI and PDUS were 87.72% and 72.41%, respectively, with a statistically significant difference ($P<0.05$). The semi-quantitative grading obtained by SMI were significantly higher than those by PDUS, with a statistically significant difference ($P<0.05$). The synovial blood flow scores were (6.5 ± 2.3) points for SMI and (6.2 ± 2.1) points for PDUS.

Correlation analysis showed that both SMI and PDUS synovial blood flow scores were positively correlated with ESR, CRP and DAS28 score ($r=0.607, 0.721, 0.805$ and $0.581, 0.647, 0.605$, all $P<0.05$). **Conclusion** SMI can more sensitively assess tendon synovial blood flow in SNRA patients compared to PDUS, providing imaging evidence for clinical evaluation of disease activity and tendon synovitis.

KEY WORDS Ultrasonography; Super microvascular imaging; Power Doppler; Rheumatoid arthritis; Tendon synovium; Blood flow

类风湿关节炎(rheumatoid arthritis, RA)是临床常见的一类以滑膜炎为主要表现的慢性风湿免疫性疾病,常表现为血清类风湿因子、抗瓜氨酸蛋白抗体等阳性,但仍有10%~30%的RA患者血清学检查结果为阴性,此类患者被称为血清阴性类风湿关节炎(serum negative rheumatoid arthritis, SNRA)^[1-2]。SNRA与血清阳性RA具有相似的临床表现,如骨侵蚀、滑膜炎。研究^[3]表明,65%以上的早期关节炎患者合并肌腱滑膜炎,而RA患者肌腱滑膜炎发病率更高达75%。早期监测和及时诊断RA患者是否存在肌腱滑膜炎对于RA分类、预防和延缓肌腱或关节损伤具有重要作用。能量多普勒超声(power Doppler ultrasound, PDUS)可观察肌腱内血流情况,但易受扫查角度、深度等因素影响,在低信噪比情况下检测性能欠佳^[4];超微血流成像(super microvascular imaging, SMI)是一种改进型多普勒超声技术,其应用新的自适应算法,能够消除组织运动的杂乱信号和血流外溢现象,从而清晰反映血管内血流情况^[5],现已在肝脏疾病、肾动脉狭窄等方面得到广泛应用。本研究旨在比较SMI与PDUS评估SNRA患者肌腱滑膜血流情况的临床价值。

资料与方法

一、研究对象

选取2022年4月至2023年3月我院收治的SNRA患者92例,男54例,女38例;年龄32~74岁,平均(56.17 ± 7.43)岁;体质指数(BMI)18.5~33.8 kg/m²,平均(22.95 ± 3.94)kg/m²;病程1~9年,平均(3.28 ± 0.93)年;28关节疾病活动度(DAS28)评分2.6~7.9分,平均(5.36 ± 1.43)分。纳入标准:①符合美国风湿病学会/欧洲抗风湿联盟关于RA诊断标准^[6];②血清类风湿因子、抗瓜氨酸蛋白抗体均呈阴性;③均行二维超声、PDUS及SMI检查,图像质量佳,临床资料完整。排除标准:①合并痛风、系统性红斑狼疮、外伤等影响关节活动的疾病;②关节畸形、手指缺失;③无法耐受超声检查;④精神障碍或认知功能障碍。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 超声检查:使用Philips EPIQ7彩色多普勒超声诊断仪,eL18-4线阵探头,频率8 MHz。患者取平卧位,对手腕伸肌肌腱(I~VI区)、桡侧腕屈肌和五指屈肌肌腱共24根肌腱行二维超声、PDUS和SMI检查(设置增益50,脉冲重复频率0.16 kHz)。首先应用二维超声观察肌腱和腱鞘回声变化,以及是否有肌腱或腱鞘增粗、鞘内积液增加等,并进行肌腱滑膜炎超声分级^[7],具体为:①0级,正常;②1级,轻微;③2级,中度;④3级,严重。应用SMI和PDUS分别观察肌腱滑膜血流情况,并参照RA滑膜血流半定量分级标准^[8]进行评估,具体为:0级,滑膜内未探及明显血流信号;Ⅰ级,滑膜内探及1~2处点状血流信号;Ⅱ级,滑膜内探及3~4处血流信号,且分布面积<50%;Ⅲ级,滑膜内血流信号分布面积>50%。为保证两种技术评估的一致性,本研究进一步采用统一的半定量评分标准^[9]对肌腱滑膜血流进行量化,具体为:0分,滑膜内未见血流信号;1分,滑膜一侧可见少量点状或短线状血流信号(<4个);2分,滑膜内可见弥漫分布的线状或树枝状血流信号。计算患者异常肌腱滑膜血流评分之和即为SMI或PDUS滑膜血流评分。以上操作均由2名经验丰富的超声医师分别独立评估,若结果存在差异则经讨论后达成一致。

2. 临床资料收集:于超声检查当日清晨抽取患者空腹静脉血5 ml,采用魏氏法检测红细胞沉降率(ESR),化学发光法检测C-反应蛋白(CRP)。检查患者双侧近端指间关节、掌指关节、腕关节、肘关节、肩关节、膝关节等28个关节,记录肿胀关节数、压痛关节数,并采用视觉模拟标尺法获得患者自评病情得分,计算DAS28评分^[10]。

三、统计学处理

应用SPSS 25.0统计软件进行数据分析。计数资料和等级资料以频数或率表示,组间比较采用 χ^2 检验或Kruskal-Wallis H 检验。采用Pearson相关分析法分析SNRA患者SMI和PDUS滑膜血流评分与ESR、CRP、DAS28评分的相关性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、二维超声、SMI 和 PDUS 检查结果

92 例 SNRA 患者共检查 2208 根肌腱,二维超声检出 790 根(35.78%)肌腱显示异常,其中肌腱滑膜炎超声分级 1 级 118 根、2 级 539 根、3 级 133 根。

SMI 和 PDUS 对 790 根异常肌腱的滑膜血流显示率分别为 87.72%(693/790)和 72.41%(572/790),二者比较差异有统计学意义($\chi^2=58.053, P<0.05$)。790 根异常肌腱的 SMI 滑膜血流半定量分级高于 PDUS 滑膜血流半定量分级,差异有统计学意义($H=58.053, P<0.05$); SMI 滑膜血流评分为(6.5±2.3)分,PDUS 滑膜血流评分为(6.2±2.1)分。见表 1 和图 1。

表 1 790 根异常肌腱的 SMI 和 PDUS 滑膜血流半定量分级结果

方法	0 级	I 级	II 级	III 级	合计
SMI	97	148	402	143	790
PDUS	218	257	232	83	790

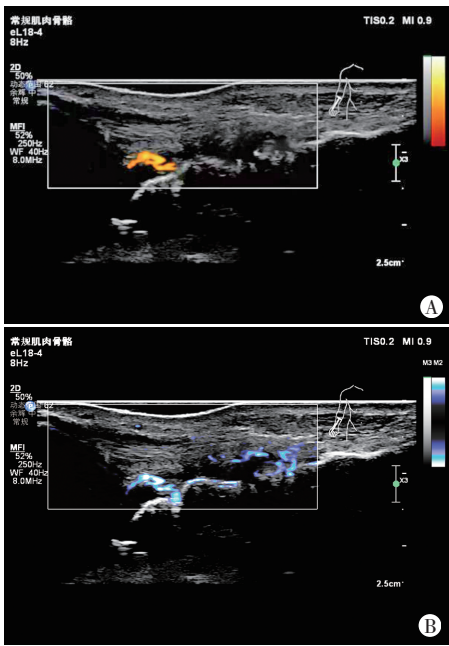


图 1 A:PDUS 滑膜血流半定量分级 II 级,PDUS 滑膜血流评分 1 分;B:SIM 滑膜血流半定量分级 II 级,SIM 滑膜血流评分 2 分

图 1 — 59 岁男性患者尺侧腕伸肌肌腱纵切面 PDUS 和 SMI 图

二、实验室检查结果

92 例 SNRA 患者 ESR 为(60.60±8.87) mm/h, CRP 为(74.17±9.62)mg/L, DAS 28 评分为(4.71±1.03)分。

三、相关性分析

SNRA 患者 SMI 和 PDUS 滑膜血流评分与 ESR、CRP、DAS28 评分均呈正相关($r=0.607、0.721、0.805$ 和 $0.581、0.647、0.605$,均 $P<0.05$)。见图 2。

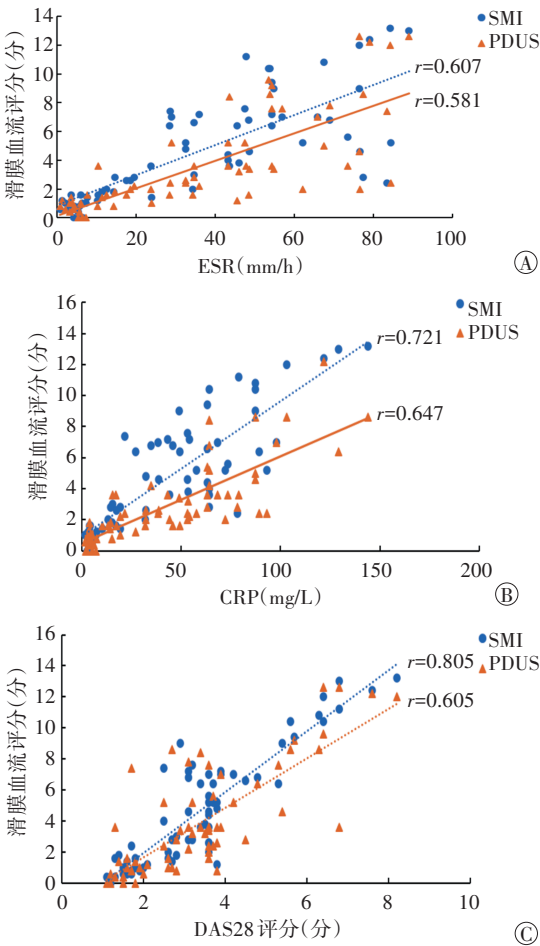


图 2 A:SMI 和 PDUS 滑膜血流评分与 ESR 的相关性分析散点图;B:SMI 和 PDUS 滑膜血流评分与 CRP 的相关性分析散点图;C:SMI 和 PDUS 滑膜血流评分与 DAS28 评分的相关性分析散点图

图 2 SMI 和 PDUS 滑膜血流评分与 ESR、CRP、DAS28 评分的相关性分析散点图

讨 论

研究^[6,11]发现将肌腱滑膜炎作为辅助指标能够提高 RA 分类诊断的准确性,且超声诊断手指屈肌肌腱滑膜炎可作为早期关节炎进展为持续性 RA 的预测指标。但由于肌腱滑膜炎的主要临床症状(如关节肿胀、疼痛)特异性较差,临床诊断中容易被忽略。SNRA 患者的血清抗体呈阴性,晨僵、关节疼痛、手关节炎及畸形等临床症状轻于普通 RA 患者,更具隐匿性,临床较易漏诊,导致患者错失早期诊断、治疗的最佳时期。MRI 在诊断肌腱和腱鞘病变方面具有极高的敏感性,软组织分辨能力较好,能显示 RA 早期软骨骨质破坏,但检测时间长、费用高、检查禁忌证较多,不适用于临床长期随访检查。超声具有操作简便、价格低廉等优势,能够识别 RA 患者关节腔积液、肌腱炎、腱鞘炎等多种病变,对滑膜炎和早期骨侵蚀也有较高的检出率。2010 年相关指南^[12]已将超声检查明确有

滑膜炎的关节计数纳入 RA 分类标准中,应用超声有助于判定 RA 疾病活动性,对于达到临床缓解的 RA 患者,超声能预测其关节侵蚀和疾病复发的亚临床滑膜炎发生风险,有助于指导药物的成功减停^[13]。应用超声检测肌腱滑膜内血流情况,有助于临床评估疾病活动性和肌腱滑膜炎。基于此,本研究比较了 SMI 与 PDUS 评估 SNRA 患者肌腱滑膜血流情况的临床价值,旨在为临床诊治提供参考依据。

本研究纳入的 92 例 SNRA 患者均进行二维超声、PDUS 和 SMI 检查,结果显示 SMI 对二维超声提示异常的 790 根肌腱滑膜血流显示率为 87.72%,高于 PDUS (72.41%),且其 SMI 滑膜血流半定量分级高于 PDUS 滑膜血流半定量分级,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),与张艳等^[14]研究结果一致。分析其原因:PDUS 是临床常用的血流检测方法,虽然灵敏度高但存在小血管检测不全和低速血流可视化不足的问题^[10];SMI 应用了新的自适应算法,能够消除组织运动杂乱运动信号和血流外溢现象,减少了对血流显示的干扰,且该技术具有高空间分辨率,能够更清晰地显示血管的结构和血流分布情况,同时其高帧速率可确保在动态观察血流时能够更清晰地显示其变化。

肌腱滑膜炎是评价 RA 疾病活动性和治疗反应的可靠指标;ESR 和 CRP 是常见的炎症活动评价指标,二者与肌腱滑膜炎均相关;DAS28 评分是目前临床最常用的监测 RA 疾病活动性及评估药物治疗有效性的综合指标^[15]。Lee 等^[16]应用 SMI 和彩色多普勒超声评估 56 例 RA 患者活动性滑膜炎,发现其 SMI、彩色多普勒超声滑膜血流分级与 DAS28 评分均呈正相关($r = 0.651$ 、 0.583 ,均 $P < 0.05$),且 SMI 滑膜血流分级与 DAS28 评分的相关性更高。本研究结果与其一致,790 根异常肌腱的 SMI 和 PDUS 滑膜血流评分分别为 (6.5 ± 2.3) 分、 (6.2 ± 2.1) 分,相关性分析显示二者与 ESR、CRP、DAS28 评分均呈正相关($r = 0.607$ 、 0.721 、 0.805 和 0.581 、 0.647 、 0.605 ,均 $P < 0.05$),其中 SMI 滑膜血流评分与 ESR、CRP、DAS28 评分的相关性更高。提示 SMI 较 PDUS 在评估 RA 肌腱患者滑膜血流情况方面更具价值。

综上所述,SMI 较 PDUS 可更敏感地评估 SNRA 患者肌腱滑膜血流情况,有助于临床评估疾病活动性和肌腱滑膜炎。但本研究样本量较小,可能存在选择偏倚,且 SMI 缺少标准化评分系统,今后需扩大样本量,设计更全面的临床研究方案进一步深入探讨。

参考文献

[1] 赵敏,王雅哲,段莎莎,等.类风湿性关节炎滑膜增生的影像学评

价方法[J].中国医学影像学杂志,2021,29(9):952-956.

[2] 林长艺,宋明辉,吴培埕.缓解性血清阴性对称性滑膜炎伴凹陷性水肿综合征与血清阴性类风湿性关节炎患者临床和实验室特征比较[J].临床荟萃,2022,37(3):262-265.

[3] 徐华军,陈士芳,张惠美.超声引导下局部注射治疗类风湿性关节炎手腕部腱鞘炎[J].中国医学影像技术,2019,35(8):1123-1127.

[4] Ammitzbøll-Danielsen M, Østergaard M, Naredo E, et al. The use of the OMERACT ultrasound tenosynovitis scoring system in multicenter clinical trials[J]. J Rheumatol 2018, 45(2):165-169.

[5] Chen X, Wei X, Zhao S, et al. Characterization of placental microvascular architecture by MV-flow imaging in normal and fetal growth-restricted pregnancies [J]. J Ultrasound Med 2021, 40(8):1533-1542.

[6] 赵迎,駱林萍,杜明瑞,等.超声造影在类风湿性关节炎缓解期腕关节亚临床滑膜炎评估中的应用[J].河南医学研究,2021,30(14):2649-2651.

[7] Kobayashi K, Nakagomi D, Kobayashi Y, et al. Ultrasound of shoulder and knee improves the accuracy of the 2012 EULAR/ACR provisional classification criteria for polymyalgia rheumatica [J]. Rheumatology (Oxford), 2022, 61(3):1185-1194.

[8] Gitto S, Messina C, Chianca V, et al. Superb microvascular imaging (SMI) in the evaluation of musculoskeletal disorders: a systematic review[J]. Radiol Med, 2020, 125(5):481-490.

[9] Clark HY, Walker C, Roh EY. Advanced Visualization of musculoskeletal pathologies using MV-flow ultrasound: a case series[J]. Cureus, 2024, 16(11):e73453.

[10] 李苏华,李惠,廖湘平,等. NGAL、OPG、RANKL 及 DAS28 对 RA 骨质疏松的预测作用[J]. 重庆医科大学学报, 2019, 44(9):1155-1158.

[11] 梁彤,陈浩宇,涂滨,等.超声诊断类风湿关节炎致指伸肌腱自发性断裂的应用价值[J].中国超声医学杂志,2021,37(1):81-83.

[12] Funovits J, Aletaha D, Bykerk V, et al. The 2010 American college of rheumatology/European league against rheumatism classification criteria for rheumatoid arthritis: methodological report phase I [J]. Ann Rheum Dis, 2010, 69(9):1589-1595.

[13] Ammitzbøll-Danielsen M, Østergaard M, Naredo E, et al. Validity and sensitivity to change of the semi-quantitative OMERACT ultrasound scoring system for tenosynovitis in patients with rheumatoid arthritis [J]. Rheumatology (Oxford), 2016, 55(12):2156-2166.

[14] 张艳,杜方雪,杨颖,等.超微血管成像在诊断早期类风湿关节炎患者腱鞘炎中的应用价值[J].中国实用医刊,2018,45(12):1-3.

[15] 罗寰,张霞,冯娅娆,等.甲氨蝶呤联合雷公藤多苷片治疗中重度类风湿关节炎效果及对 DAS28 评分,炎症指标水平的影响[J].实用医院临床杂志,2022,19(4):5-8.

[16] Lee GY, Kim S, Choi ST, et al. The superb microvascular imaging is more sensitive than conventional power Doppler imaging in detection of active synovitis in patients with rheumatoid arthritis [J]. Clin Rheumatol, 2019, 38(9):2613-2620.

(收稿日期:2024-05-14)