

斑点追踪超声心动图在系统性红斑狼疮亚临床心肌损害评估中的应用进展

裴新元

北华大学临床医学院, 吉林 吉林

收稿日期: 2026年8月7日; 录用日期: 2026年9月1日; 发布日期: 2026年9月8日

摘要

心脏损害是系统性红斑狼疮(SLE)病程中常见严重并发症,也是影响患者生存的核心诱因。传统超声心动图仅能检出中晚期显著心功能异常,对无临床症状的亚临床心肌病变检出能力有限。斑点追踪成像(STI)可定量测算心肌形变相关指标,可独立依托心肌声学斑点追踪轨迹,精准定量测算心肌纵向、圆周、径向形变相关参数,实现心肌细微功能损害的早期量化评估。现已广泛应用于SLE心肌损害的早期筛查工作。此文系统梳理斑点追踪超声心动图在SLE亚临床心肌损害评估中的临床应用与研究进展。

关键词

系统性红斑狼疮, 斑点追踪, 心肌损害

Advances in the Application of Speckle Tracking Echocardiography in the Evaluation of Subclinical Myocardial Damage in Systemic Lupus Erythematosus

Xinyuan Pei

College of Clinical Medicine, Beihua University, Jilin Jilin

Received: August 7, 2026; accepted: September 1, 2026; published: September 8, 2026

Abstract

Cardiac damage is a common and serious complication in the course of systemic lupus erythematosus

文章引用: 裴新元. 斑点追踪超声心动图在系统性红斑狼疮亚临床心肌损害评估中的应用进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(9): 974-981. DOI: 10.12677/acm.2026.1693127

(SLE) and a key factor affecting patient survival. Conventional echocardiography can only detect significant cardiac dysfunction in the middle to late stages of the disease and has limited ability to detect subclinical myocardial lesions in asymptomatic patients. Spot-Tracking Imaging (STI) can quantitatively measure parameters related to myocardial deformation. By independently tracking acoustic spots on the myocardium, it accurately quantifies parameters related to longitudinal, circumferential, and radial myocardial deformation, enabling early quantitative assessment of subtle myocardial functional damage. It is now widely used for the early screening of myocardial damage in SLE. This article systematically reviews the clinical applications and research progress of speckle-tracking echocardiography in the assessment of subclinical myocardial damage in SLE.

Keywords

Systemic Lupus Erythematosus, Spot Tracking, Myocardial Injury

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 绪论

项目背景及问题的提出

系统性红斑狼疮相关心肌病变多呈隐匿发病特征,临床症状缺乏特异性。多数合并心肌受累的 SLE 患者无典型心血管不适,仅少数可出现心悸、胸部隐痛、胸闷气短等不典型表现,给早期临床识别带来较大阻碍[1]。尸检相关数据显示,40%~50%的系统性红斑狼疮患者可检出心肌组织病理学异常,而临床随访中仅 5%~10%患者伴随心肌损害相关不适症状,二者数据差异直观印证大量亚临床心肌损害病例的客观存在[2]。从病理生理机制分析,SLE 心肌损害系免疫介导、炎症反应及治疗相关毒性等多种因素协同作用所致。免疫复合物沉积于心肌微血管壁,经补体经典途径激活后诱发血管炎及微循环障碍,而抗心磷脂抗体、抗 SSA/Ro 抗体等自身抗体可直接影响心肌细胞膜稳定性及线粒体能量代谢。此外,长期糖皮质激素暴露及疾病相关慢性炎症状态所诱导的氧化应激,共同促进心肌间质纤维化与内皮功能损伤。上述病理过程在早期常呈“静默”状态,临床体征缺如,而以心肌应变能力减退、收缩同步性受损等生物力学层面的异常作为其首要表现,这也正是斑点追踪超声心动图得以从功能学角度探查 SLE 亚临床心肌损害的价值所在。站在临床诊疗视角,心肌脏器受累对系统性红斑狼疮患者的影响尤为突出,心肌损害可作为提示该人群远期死亡风险上升的不良预后标志物[3]。现有相关研究证实,40% SLE 人群可出现心脏靶器官受累,但临床中仅 10% 左右的病例能够得到明确确诊,由此可见,如何尽早识别 SLE 合并心脏损害仍是临床待攻克的难题。基于上述现状[4],本文围绕斑点追踪成像技术用于评估 SLE 亚临床心脏损害的相关研究进展展开系统性综述。

2. 各型斑点追踪成像技术特点

2.1. 二维斑点追踪技术

二维斑点追踪技术(2D-STI)属于一类新型超声心动图检测手段,在心功能定量评估方面具备显著的应用优势[5]。相较于传统超声心动图,2D-STI 不存在角度依赖的局限,检测结果不易受周边心肌节段、心脏整体位移运动干扰,可精准、客观地对心房、心室整体及局部心肌功能开展定量分析。现阶段临床普遍选用 GLS 作为左心室应变评估的标准指标,该参数对于高血压、冠状动脉粥样硬化性心脏病、心肌

病等疾病所致亚临床左室收缩功能异常的诊断价值, 已得到多项临床研究验证[6]。

2.2. 三维斑点追踪技术

三维斑点追踪技术(3D-STI)通过追踪声学斑点的多维度空间位移, 能够有效获取各类心肌应变参数, 从而从根本上克服了组织多普勒技术所固有的角度依赖性。该技术既可用于整体心肌应变效能评估, 也可量化分析左室 17 节段各方向位移, 精准获取单节段位点应变数值。弥补二维仅能在平面维度追踪斑点, 无法还原心肌空间运动轨迹的检测局限性[7]。

2.3. 四维斑点追踪技术

四维斑点追踪显像技术整合实时三维超声心动图(RT-3DE)与斑点追踪显像(STI), 属于新型超声定量检测手段。其在二维斑点追踪技术的基础上, 利用三维全容积数据, 于立体空间中动态捕捉心肌声学斑点的运动轨迹, 真实还原心腔立体形态并捕捉心内膜边界动态改变。其依靠半自动分割算法构建心脏三维模型、测算组织形变, 软件可自动生成容积-时间曲线, 输出精准完整的容积参数与射血分数, 检测重复性与左心房容积、功能评估准确度更具优势[8]。该技术还可追踪左心房多方位声学斑点间距变化, 基于分割线段长度差值测算应变指标, 量化心动周期各时相左心房应变特征, 完整反映左心房全程功能状态[9]。

3. SLE 心肌损害的临床概况

SLE 临床表现多样、个体差异显著, 该病完整致病机制尚未被彻底阐释, 现有研究提示免疫紊乱、内分泌紊乱、病原感染、遗传特质及紫外线、药物等外界理化刺激均为潜在诱发因素。既往狼疮患者死亡多由肾脏损伤、中枢神经系统病变、脓毒血症所致; 随着规范化诊疗方案不断完善, 患者生存周期显著延长, 心血管相关并发症的发病与死亡风险同步上升。心肌损害作为 SLE 高发靶器官并发症, 是继感染、急慢性肾功能衰竭之后, 造成患者死亡的核心危险因素[10]。

住院人群相关统计数据显示, SLE 住院人群动脉粥样硬化性心血管疾病(ASCVD)发生率可达 25%, 明显高于普通住院人群的 19%, 该患病差异在男女群体中均存在, 且青年患者 ASCVD 发病风险最为突出。SLE 会显著提升各类心血管病变发病概率: 患冠心病校正比值比(aOR)为 1.42 (95% CI: 1.40~1.44), 外周动脉疾病 aOR 为 1.25 (95% CI: 1.22~1.28), 脑血管病变 aOR 高达 1.68 (95% CI: 1.65~1.71), 各类血管病变持续进展最终会加重心肌受累程度[11], 进一步提升不良心血管事件发生风险。

4. STI 在 SLE 亚临床心肌损害评估中的临床应用

4.1. 评估 SLE 患者右室功能评估的研究进展

右心室功能是判断系统性红斑狼疮患者远期预后的核心指标, 当 SLE 合并肺动脉高压(pulmonary arterial hypertension, PAH)时, 极易诱发右心室功能受损。肺动脉高压属于 SLE 高发且危重的并发症, 也是造成狼疮患者死亡的一大诱因, 由此可见, 尽早识别隐匿性亚临床右室功能异常, 对优化 SLE 诊疗方案、改善患者预后具有重要临床意义。

Wu 等[12]研究显示, 右室解剖结构复杂, 单一超声切面无法同步显示流入道、流出道及全部心肌节段, 因此 3D-STI 在右室功能评估中较 2D-STI 具有更高的应用适配性。此外, SLE 患者左室应变与右室应变显著相关($P=0.001$), 推测该关联由室间隔介导的左右心室交互力学作用所致。Luo 等[3]通过早期识别右室功能障碍对 SLE 患者的预后评估具有重要临床价值。研究发现, 轻度 PAH 阶段, 通过对比面积变化率、右室射血分数等常规参数即可检测到右室应变的显著异常, 而传统超声心动图仅在中重度 PAH

时才会呈现明显的指标变化。右心房在心脏的储存、导管及收缩功能中均扮演着关键角色。季翔等[13]研究表明无肺动脉高压的 SLE 患者已存在右心室收缩功能损伤,合并肺动脉高压会进一步加重该损伤程度;2D-STI 能够对 SLE 患者右心室收缩功能开展早期、精准的定量评估,为临床实现早期干预与诊疗提供客观参考依据,具备临床推广价值。Buonauro 等[14]研究应用 3D-STI 对 SLE 患者右室游离壁应变(RVFWs)的检测表明,该组 RVFWs 水平较健康对照组明显减低($P < 0.001$),并与 SLE 损伤指数独立相关($P < 0.05$)。这一发现证实,3D-STI 在识别 SLE 亚临床右室收缩功能减退及预测患者预后方面具备不可忽视的临床价值。

4.2. 评估 SLE 患者右房功能评估的研究进展

右心房功能是保障右心室正常充盈状态的核心条件,一旦发生右房功能受损,会进一步加重肺动脉高压患者右心负荷,甚至诱发右心衰竭等严重不良结局。基于这一病理关联,精准评估右房功能指标能够为合并 PAH 的 SLE 患者制定个体化治疗方案、判断远期预后提供关键参考,具备十分重要的临床意义。

孙利华等[15]研究纳入 30 例健康对照者(A 组)与 102 例 SLE 患者,按肺动脉收缩压(PASP)分为 B 组 $PASP \leq 30$ mm Hg、C 组 30 mm Hg $< PASP < 50$ mm Hg、D 组 $PASP \geq 50$ mm Hg;采用二维超声测定 RAVmax、RAVmin、RAVpre 并计算 RAPEF、RAAEF,同时借助 2D-STI 检测 SRs、SRe、SRa。结果显示,B 组各项指标与 A 组无统计学差异(均 $P > 0.05$);C 组 RAVmax、RAVmin、RAVpre、RAAEF、SRa 升高,RAPEF、SRe、SRs 降低,与 A、B 组对比差异显著(均 $P < 0.05$);D 组上述指标异常程度进一步加剧,组间比较均有统计学意义(均 $P < 0.05$),提示 2D-STI 可有效评估不同 PASP 分级 SLE 患者的右心房功能。葛晓颖等[16]研究表明运用 3D-STI 对肺动脉压力处于正常水平的 SLE 人群开展检测,所得数据可见该群体右房 GLS 相较于健康受试者明显降低,组间差异具备统计学意义($P = 0.001$),说明右房 GLS 能够实现对 SLE 患者右房功能的早期评估。Bai Yang 等[17]研究显示,右房 GLS $< 22.9\%$ 的 SLE 患者发生病情进展的风险明显增高,提示 2D-STI-derived 右房应变参数在检出右房功能损伤方面具有较高灵敏度。右房功能异常作为合并 PAH 的 SLE 患者病情恶化的独立预测指标,其早期识别可为临床干预策略的制定提供参考,进而有助于改善患者长期预后。

4.3. 评估 SLE 患者左室功能评估的研究进展

刘娜娜[18]研究中选取 30 例 SLE 患者与 24 例性别、年龄匹配的健康志愿者,两组均采用 3D-STI 检测左室各节段收缩期纵向应变(SLS)、环向应变(SCS)及径向应变(SRS)。结果表明:SLE 组左室各节段 SLS 均低于对照组,前壁节段降低最为显著($P < 0.01$);部分左室节段 SCS、SRS 呈不同程度减低,其中多节段指标差异分别达到 $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 水平。提示 3D-STI 可早期识别 SLE 患者左室局部心肌收缩功能异常,检测便捷精准,适宜临床推广。郝国艳、范梅贞[19]研究纳入 50 例 SLE 患者与 50 例健康对照,依据病程将患者分为短病程组 22 例、长病程组 28 例,对比常规超声及二维斑点追踪分层应变相关指标。SLE 组与对照组常规超声参数无明显差异,但 GLS、GCS、LVTW 存在统计学区别;长短病程组间 LVEF、LVFS 及各项整体应变指标对比均有差异。可见常规超声无法早期识别 SLE 左室损伤,二维斑点追踪分层应变技术可及早检出心肌功能异常,便于临床及时干预以改善预后。Tea Gegenava [20]研究表明 2D-STI 对 SLE 人群左室收缩功能开展评估,数据证实左室 GLS 和心血管事件呈独立相关($P < 0.05$),该指标既可提示亚临床心肌损伤,也可预估心血管事件发生概率。

4.4. 评估 SLE 患者左房功能评估的研究进展

左心房在维持心输出量中扮演关键角色。SLE 患者早期左房功能异常以管道功能受损和储存功能下

降为主要特征,辅助泵功能则呈代偿性升高。借助 STI 技术可定量评估上述三种功能,其中左房应变参数有望作为早期筛查亚临床心功能不全的潜在指标。

宋焱等[2]研究表明将 30 例健康人作为对照,45 例 SLE 患者按 SLEDAI 分为低活动组 25 例、高活动组 20 例,采用 RT-3DE、2D-STI 检测左房容积、射血分数与应变率参数,并分析指标相关性。低活动组已出现左房容积、主动射血分数、mSRa 升高,其余功能指标下降;高活动组心肌功能损伤进一步加重。各项应变率与对应射血分数呈正相关,mSRs 与 SLEDAI 负相关且关联度最高。可见 RT-3DE 联合 2D-STI 可精准评估不同疾病活动度 SLE 患者左房结构及功能,为临床诊疗提供客观依据。郭雪婷等[21]研究对比 30 例 SLE 患者与 30 例健康人群的常规超声及 3D-STI 指标,检测左室形态、容量、心功能参数与 GLS、GCS、GRS、GAS、SI-DI。SLE 组多项常规心功能指标、整体应变、SI-DI 均低于对照组,其余形态参数无明显差异;各应变、SI-DI 诊断效能各有优势。SLE 患者左室收缩、舒张功能同步下降,4D-STI 可早期识别此类心肌功能异常。Pérez-Topete 等[22]本研究采用 STI 技术测定 SLE 患者左房储血期、管道期及收缩期的应变与应变率指标,结果表明该技术对早期左房功能异常的识别具有较高的精准性。此类功能异常在病理生理上主要表现为舒张功能减退,并常与亚临床心肌损伤共存。

现阶段 STI 技术在 SLE 患者左房功能评估方面的临床应用价值与诊断精准性,目前尚缺乏充分的研究证据支持,仍有待后续大规模、多中心的临床研究加以验证与完善。

4.5. STI 新参数评估 SLE 患者心脏损害评估中的研究进展

GLS 作为峰值应变的均值指标,虽已广泛应用于亚临床心功能异常的筛查,但其无法反映心肌收缩的协调性及同步性。伴随 STI 技术迭代,多种新型参数弥补了 GLS 的缺陷,可更精准评判 SLE 患者心脏受累程度。

Wan 等[23]研究采用 STI 技术对 LVEF 保留的 SLE 患者进行左室收缩功能检测,结果显示:活动组与非活动组间 GLS 比较未见统计学差异,而收缩后应变指数及收缩早期应变指数组间差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)。由此表明,这两项应变指数在早期评估 SLE 患者左室收缩功能受损方面具有潜在应用价值。Fang 等[24]研究表明检测 SLE 患者 LVGLS、左室扭转角(LVtw)、扭转(Tor)及心肌综合指数 MCI ($MCI = GLS \times LVtw$)后可见,相较于健康对照,以上指标均明显下降;其中 MCI 诊断 SLE 心肌损伤敏感度可达 90%,可作为筛查早期心脏受累的新型敏感指标,为临床尽早干预、调整用药、防止进展为不可逆心肌损伤提供参考依据。

5. 临床启示与实践建议

5.1. 应变参数异常阈值参考

综合文献分析,LV GLS 绝对值低于 18%可作为 SLE 患者亚临床心肌损伤的警示界值,而心内膜下 GLS 的显著降低(降幅较健康对照逾 20%)则表现出更早期的敏感识别价值。值得注意的是,各厂商设备在斑点追踪算法及后处理软件方面存在差异,各检测中心依据所用设备型号建立本土化的正常值参考体系,以保障判读结果的可靠性。

5.2. SLE 患者心脏筛查分层流程图

本文综合现有文献基础上,本研究提出以下 SLE 患者心脏分层筛查管理流程。该流程以年度二维 STE 筛查为起点,依据 GLS 异常与否及高危特征的有无,将患者划分为低危、中危、高危三个管理层级,旨在实现亚临床心肌损害的早期识别与分层干预。见图 1。

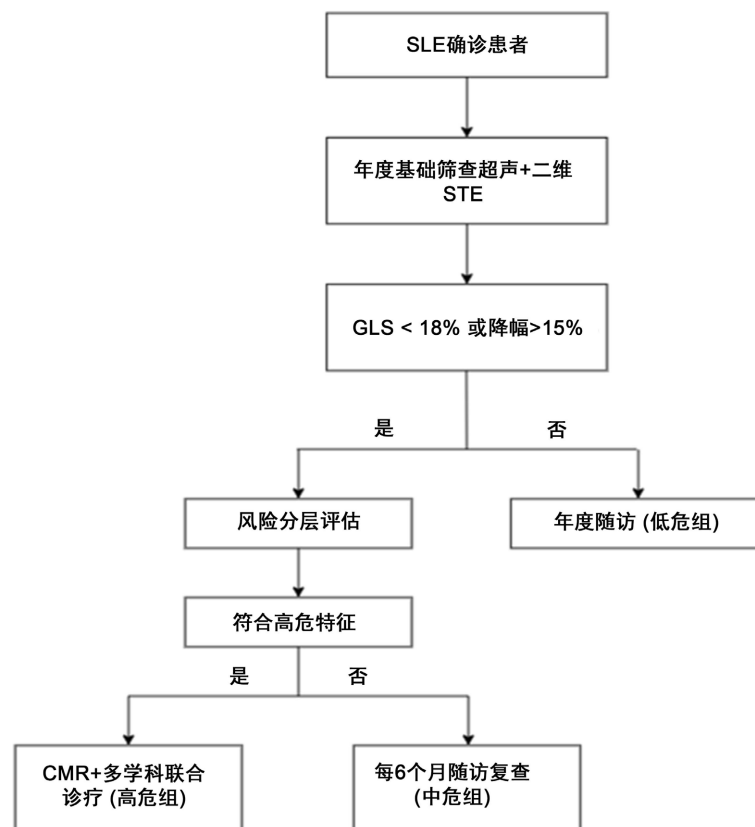


Figure 1. Cardiac stratified screening management flowchart for SLE patients
图 1. SLE 患者心脏分层筛查管理流程图

5.3. 临床推广面临的困境与对策

1) 现实困境

首先，不同超声设备制造商采用差异化的斑点追踪算法体系，使得同一受检者在跨设备检测时所得的 GLS 数值缺乏可比性，这一现状严重制约了多中心研究数据的整合利用，也给统一诊断阈值的确立带来障碍。其次，STE 分析的准确性高度依赖于清晰的心内膜边界显示，在肥胖、肺气干扰等情况下追踪效果显著下降，且操作者的经验水平对测定结果影响明显。此外，针对 SLE 群体的大样本 STE 正常值研究尚属空白，现有文献中异常界值的选取标准参差不齐，临床转化应用缺乏可依循的统一准则。

2) 改进途径

建议依托超声医学专业学会组织多中心协作研究，针对 SLE 人群构建 STE 参数的标准参考数据库，同时探索建立不同设备间的测定值换算关系。各机构应制定规范化的图像采集与后处理流程，涵盖标准切面选取、帧频设定(推荐 > 50 帧/秒)及心内膜边界勾画规则等方面，尽可能减小操作者间的测定偏移。在设备型号维持不变的前提下，STE 的核心应用价值在于对同一患者进行长期纵向追踪中应变指标的动态演化分析，建议为 SLE 患者设立超声影像专项随访档案，便于历次检测结果的前后对照。

6. 结论与展望

综上，STI 能够量化心肌功能，相比普通超声，评估系统性红斑狼疮患者心房、心室心肌功能更加准确可靠。2D-STI 受成像平面限制，检查效果不如 3D-STI；4D-STI 虽然成像优势更大，但目前将其用于狼疮心肌损伤的相关研究还不多。现有研究大多围绕左心室展开，利用 STI 评估左心房功能的相关探索

相对有限。同时 2D、3D-STI 都会受图像清晰度影响, 不同设备测出的数值存在差别; GLS 的临床作用已经得到认可, PSD、MCI 等新指标还缺少足够研究数据支撑。

展望未来, 该领域尚有不少值得深入挖掘的方向。当前多数研究仍停留在报告 SLE 患者群体 GLS 均值低于对照组的层面, 而心肌应变在不同节段间的空间分布差异却鲜有人关注, 譬如心尖保留这一现象是否与特定脏器受累或自身抗体谱存在内在联系, 目前尚缺乏系统性的数据支撑, 若能结合抗磷脂抗体、干扰素评分等指标进行分层分析, 或可为理解狼疮心肌损伤的异质性提供新的视角。预后研究方面, 尽管已有零星文献提示 STE 参数与短期随访事件存在关联, 但样本量普遍偏小且随访周期有限, 尚不足以回答 GLS 等指标是否独立于传统危险因素而具备增量预测价值这一核心问题, 推动多中心前瞻性队列建设并统一图像采集与分析标准, 理应是下一步亟需补上的工作。技术层面, 人工智能在超声图像处理中的应用正在快速推进, 其在心内膜边界识别和追踪质量把控上的优势, 有望将 STE 从目前尚依赖操作者经验的技术, 转变为更稳定、更高效的自动化工具, 而一旦这一技术瓶颈得以突破, STE 在狼疮人群中的大规模筛查应用也将具备现实可行性。总体而言, 从现象观察到临床转化, 中间还有不少扎实的研究工作要做。

未来可开展多中心、大样本临床研究, 统一检查标准, 对比几种 STI 技术的检测效果, 进一步研究各类新型应变指标的临床意义, 同时补充左心房功能相关研究, 更好地用 STI 早期发现红斑狼疮患者的心脏损伤。

参考文献

- [1] Azpiri-Lopez, J.R., Galarza-Delgado, D.A., Garza-Cisneros, A.N., Guajardo-Jauregui, N., Balderas-Palacios, M.A., Garcia-Heredia, A., *et al.* (2022) Subclinical Systolic Dysfunction by Speckle Tracking Echocardiography in Patients with Systemic Lupus Erythematosus. *Lupus*, **31**, 1127-1131. <https://doi.org/10.1177/09612033221106581>
- [2] 宋焱, 赵瑞, 李名龙. 实时三维超声心动图与斑点追踪技术评价系统性红斑狼疮患者左心房结构与功能[J]. 江西医药, 2020, 55(4): 386-389.
- [3] Luo, R.L., Cui, H.Y., Huang, D.M., Sun, L.H., *et al.* (2018) Early Assessment of Right Ventricular Function in Systemic Lupus Erythematosus Patients Using Strain and Strain Rate Imaging. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, **111**, 75-81.
- [4] Sierra-Galan, L.M., Bhatia, M., Alberto-Delgado, A.L., Madrazo-Shiordia, J., Salcido, C., Santoyo, B., *et al.* (2022) Cardiac Magnetic Resonance in Rheumatology to Detect Cardiac Involvement Since Early and Pre-Clinical Stages of the Autoimmune Diseases: A Narrative Review. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **9**, Article 870200. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.870200>
- [5] 杜琛. 二维斑点追踪技术评估糖尿病合并肾功能不全右心功能的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安医学院, 2025.
- [6] Tops, L.F., Delgado, V., Marsan, N.A. and Bax, J.J. (2016) Myocardial Strain to Detect Subtle Left Ventricular Systolic Dysfunction. *European Journal of Heart Failure*, **19**, 307-313. <https://doi.org/10.1002/ejhf.694>
- [7] 罗莉. 三维斑点追踪技术评价腹膜透析对尿毒症患者右心功能的影响[D]: [硕士学位论文]. 苏州: 苏州大学, 2016.
- [8] Yin, X.H., Xu, R., Wang, Y.C., Cheng, T. and Zhou, H. (2018) Implication of Coronary CT Angiography Combined with Four-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography for Predicting Major Adverse Cardiac Events. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, **34**, 1287-1293. <https://doi.org/10.1007/s10554-018-1337-x>
- [9] Kleijn, S.A., Brouwer, W.P., Aly, M.F.A., Russel, I.K., de Roest, G.J., Beek, A.M., *et al.* (2012) Comparison between Three-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging for Quantification of Left Ventricular Volumes and Function. *European Heart Journal—Cardiovascular Imaging*, **13**, 834-839. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jes030>.
- [10] Fors Nieves, C.E. and Izmirly, P.M. (2016) Mortality in Systemic Lupus Erythematosus: An Updated Review. *Current Rheumatology Reports*, **18**, Article No. 21. <https://doi.org/10.1007/s11926-016-0571-2>.
- [11] Ward, M.M. (1999) Premature Morbidity from Cardiovascular and Cerebrovascular Diseases in Women with Systemic Lupus Erythematosus. *Arthritis & Rheumatism*, **42**, 338-346. [https://doi.org/10.1002/1529-0131\(199902\)42:2<338::aid-anr17>3.0.co;2-u](https://doi.org/10.1002/1529-0131(199902)42:2<338::aid-anr17>3.0.co;2-u)

- [12] Wu, R., Shi, R.Y., An, D.A.L., Chen, B.H., Jiang, M., Bacyinski, A., *et al.* (2020) Biventricular Tissue Tracking Demonstrating Associations between Left Ventricular Myocardial Extracellular Volume, Pulmonary Artery Pressure, and Reduced Right Ventricular Ejection Fraction in Patients with Systemic Lupus Erythematosus Using Cardiovascular MRI. *Clinical Radiology*, **75**, 237.e17-237.e25. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2019.09.136>
- [13] 季翔, 张霞, 冯慧俊. 二维斑点追踪技术评价系统性红斑狼疮患者右心室收缩功能的研究[J]. 皖南医学院学报, 2020, 39(5): 466-469.
- [14] Buonauro, A., Sorrentino, R., Esposito, R., Nappi, L., Lobasso, A., Santoro, C., *et al.* (2019) Three-Dimensional Echocardiographic Evaluation of the Right Ventricle in Patients with Uncomplicated Systemic Lupus Erythematosus. *Lupus*, **28**, 538-544. <https://doi.org/10.1177/0961203319833786>
- [15] 孙利华, 崔洪岩, 黄冬梅, 宋昇达, 罗润兰, 谭碧君, 礼广森. 二维斑点追踪技术评价系统性红斑狼疮患者右心房功能[J]. 中国超声医学杂志, 2017, 33(6): 522-525.
- [16] 葛晓颖, 邵璐, 郑哲岚. 实时三维超声和斑点追踪技术早期评价系统性红斑狼疮患者右心房功能[J]. 中华医学杂志, 2016, 96(47): 3815-3818.
- [17] Bai, Y., Yang, J., Liu, J.J., Ning, H.X. and Zhang, R. (2019) Right Atrial Function for the Prediction of Prognosis in Connective Tissue Disease-Associated Pulmonary Arterial Hypertension: A Study with Two-Dimensional Speckle Tracking. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, **35**, 1637-1649. <https://doi.org/10.1007/s10554-019-01613-w>
- [18] 刘娜娜, 张禄桐, 任敏, 王鸿凤. 三维斑点追踪成像评价系统性红斑狼疮患者左室局部心肌应变[J]. 临床超声医学杂志, 2016, 18(4): 221-224.
- [19] 郝国艳, 范梅贞. 二维斑点追踪分层应变技术评估系统性红斑狼疮患者左心室各层心肌收缩功能[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2023, 24(3): 338-341.
- [20] Gegenava, T., Gegenava, M., Steup-Beekman, G.M., Huizinga, T.W.J., Bax, J.J., Delgado, V., *et al.* (2020) Left Ventricular Systolic Function in Patients with Systemic Lupus Erythematosus and Its Association with Cardiovascular Events. *Journal of the American Society of Echocardiography*, **33**, 1116-1122. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2020.04.018>
- [21] 郭雪婷, 秦文娟, 黄磊, 董珊珊, 王忠, 芦桂林. 三维斑点追踪技术评价系统性红斑狼疮患者左心室收缩功能及舒张功能[J]. 广州医药, 2020, 51(2): 58-64+93.
- [22] Pérez-Topete, S.E., Miranda-Aquino, T., Hernández-del Río, J.E., Cerpa-Cruz, S., Gutiérrez-Ureña, S.R., Martínez-Bonilla, G., *et al.* (2021) Left Atrial Strain in Patients with Systemic Lupus Erythematosus. *Reumatología Clínica (English Edition)*, **17**, 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.reumae.2019.03.010>
- [23] Wan, M.J., Liu, D.H., Zhang, P.Y., Xie, P.H., Liang, L.Q. and He, W. (2022) Postsystolic Shortening and Early Systolic Lengthening for Early Detection of Myocardial Involvement in Patients with Systemic Lupus Erythematosus. *Echocardiography*, **39**, 1284-1290. <https://doi.org/10.1111/echo.15442>
- [24] Feng, J., Zhai, Z.J., Wang, Z., Huang, L., *et al.* (2021) Speckle Tracking Imaging Combined with Myocardial Comprehensive Index to Evaluate Left Ventricular Function Changes in Patients with Systemic Lupus Erythematosus. *Echocardiography*, **38**, 1632-1640. <https://doi.org/10.1111/echo.15189>