

# 斑点追踪技术评估系统性红斑狼疮患者心脏损害的应用进展

章 旭 姜 岚 王志刚

**摘 要** 系统性红斑狼疮(SLE)是一种慢性自身免疫性疾病,心脏损害是SLE患者病情进展和死亡的主要原因。斑点追踪成技术(STI)是一种量化心肌功能的超声新技术,可以早期发现SLE患者心肌功能的细微变化,在识别亚临床心功能改变方面具有优势。本文就STI评估SLE患者心脏损害的应用进展进行综述。

**关键词** 超声心动描记术;斑点追踪成像;系统性红斑狼疮;心脏损害

[中图法分类号]R540.45

[文献标识码]A

## Application progress of speckle tracking imaging in the evaluation of cardiac involvement in patients with systemic lupus erythematosus

QIN Xu, JIANG Lan, WANG Zhigang

Department of Ultrasound, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China

**ABSTRACT** Systemic lupus erythematosus is a chronic autoimmune disease in which cardiac involvement is a leading cause of morbidity and mortality. Speckle tracking imaging is a new ultrasound technique for quantitative assessing myocardial function that allows early detecting subtle changes in myocardial function, and has advantages in identifying subclinical cardiac dysfunction. This article reviews the application progress of speckle tracking imaging in the evaluation of cardiac involvement in patients with systemic lupus erythematosus.

**KEY WORDS** Echocardiography; Speckle tracking imaging; Systemic lupus erythematosus; Cardiac involvement

系统性红斑狼疮(systemic lupus erythematosus, SLE)是一种临床表现复杂的多系统、多脏器受累的自身免疫性疾病<sup>[1]</sup>,心脏损害是其病情进展和死亡的主要原因<sup>[2]</sup>。研究<sup>[3]</sup>显示,约40%的SLE患者存在心脏受累,然而仅约10%的患者被明确诊断,因此早期诊断SLE患者心脏损害对临床而言仍是一项挑战。超声心动图因具有安全、便捷等优势已广泛应用,左室射血分数(LVEF)是临床评估心脏功能最常用的参数,但LVEF减低常在疾病晚期出现,因此亟需寻找更敏感的参数以评估早期心功能损害。斑点追踪技术(speckle tracking imaging, STI)具有无角度依赖性、重复性好、稳定性高等优点,可以更准确、客观地定量评估心脏功能<sup>[4]</sup>,且STI所测应变参数较LVEF更敏感,可用于评估亚临床心功能障碍<sup>[5]</sup>。本文就STI评估SLE患者心脏损害的应用进展进行综述。

### 一、STI概况

1. 二维STI(two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI):其是在二维超声心动图基础上,通过识别感兴趣区心肌斑点的位置和运动,在整个心动周期中逐帧自动跟踪心肌的运动轨迹,通过图像后处理获得心肌应变及应变率,主要包括整体纵向应变(GLS)、整体径向应变(GRS)及整体圆周应变(GCS)<sup>[6]</sup>,分别用于评估心肌在纵向、径向和圆周方向上的形变。与常规超声心动图相比,2D-STI无角度依赖性,不受邻近心肌节段和心脏整体运动的影响,能够准确、客观、定量地评估心房和心室的整体和局部功能。目前临床多将GLS作为评估左室应变的常规参数,其价值已在高血压、冠心病、心肌病等亚临床左室收缩功能障碍评估中得到证实<sup>[7]</sup>。

### 2. 三维STI(three-dimensional speckle tracking imaging, 3D-

基金项目:国家自然科学基金项目(82172092)

作者单位:400010 重庆市,重庆医科大学附属第二医院超声科

通讯作者:王志刚,Email:wzg62942443@163.com

STI): 其是在 2D-STI 和实时三维超声心动图基础上发展起来的新技术, 可同时三维空间中所有心肌斑点进行追踪, 建立心腔虚拟三维模型, 直观显示心脏的解剖结构和空间关系, 反映心肌运动轨迹, 弥补了 2D-STI 仅局限于二维平面内追踪心肌斑点的不足<sup>[8]</sup>。此外, 3D-STI 还引入了一个新的应变参数——面积应变, 为准确评估整体和局部心肌功能提供了可能<sup>[9]</sup>。Altman 等<sup>[10]</sup>研究显示, 3D-STI 在评估左室收缩功能方面表现出良好的准确性和可重复性。

## 二、STI 评估 SLE 患者心脏损害的应用

1. 评估 SLE 患者左室功能的应用: 最新发布的中国专家共识<sup>[11]</sup>明确了基于 2D-STI 的左室 GLS 正常参考值, 将左室 GLS 绝对值 <17% (男) 或 <18% (女) 定义为亚临床左室收缩功能障碍, 极大地推动及拓展了左室 GLS 的临床应用。Farag 等<sup>[12]</sup>应用 2D-STI 评估 SLE 患者左室功能, 发现 LVEF 正常的 SLE 患者左室 GLS 显著低于健康成人, 差异有统计学意义 ( $P < 0.001$ ), 且其病程、SLE 活动性指数均与左室 GLS 呈正相关 ( $r = 0.417$ 、 $0.700$ , 均  $P < 0.05$ ), 提示左室 GLS 是早期发现 SLE 患者亚临床左室收缩功能障碍的敏感参数。Luo 等<sup>[13]</sup>研究显示, 与健康成人比较, LVEF 正常的 SLE 患者左室 GLS 已降低 ( $P < 0.05$ ), 提示即使 LVEF 正常, SLE 患者也可能出现亚临床左室功能损害。Azpiri-Lopez 等<sup>[14]</sup>研究显示, 与健康成人比较, SLE 患者亚临床左室收缩功能障碍的发生率更高 (37.0% vs. 8.7%), 差异有统计学意义 ( $P = 0.001$ ), 且性别、肥胖和高血压与 SLE 患者亚临床左室收缩功能障碍均相关 (均  $P < 0.05$ )。Gegenava 等<sup>[15]</sup>应用 2D-STI 评估 SLE 患者左室收缩功能, 发现左室 GLS 与心血管事件独立相关 ( $P < 0.05$ ), 提示其不仅能反映亚临床心肌受累, 还能预测心血管事件的发生风险。Du Toi 等<sup>[16]</sup>研究显示, 2D-STI 所测 SLE 相关心肌炎患者 LVEF、室壁运动评分、左室 GLS 均低于健康志愿者, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.001$ ), 且左室 GLS 与 LVEF、室壁运动评分均相关 ( $r = -0.808$ 、 $0.715$ , 均  $P < 0.05$ ); 而 SLE 相关心肌炎患者治疗后 LVEF 和室壁运动评分均较治疗前显著改善 ( $P = 0.023$ 、 $0.017$ ), 左室 GLS 无明显变化 ( $P = 0.47$ ), 表明 STI 可用于 SLE 相关心肌炎患者的早期诊断和预后评估。总之, 2D-STI 测得的左室 GLS 测值稳定、可重复性好, 在评估 SLE 患者左室功能方面优于 LVEF, 是目前临床应用最广泛的应变参数。

2. 评估 SLE 患者左房功能的应用: 左房在维持心输出量方面具有关键作用, SLE 患者左房功能早期改变表现为管道功能损伤、储存功能降低和辅助泵功能增强, STI 可对左房储存、管道和泵功能进行量化评估, 左房应变是早期识别亚临床左室功能不全的潜在标志。宋焱等<sup>[17]</sup>研究显示, 随着 SLE 病程的进展, 左房储存功能受损亦加重。Pérez-Topete 等<sup>[18]</sup>应用 STI 测量 SLE 患者左房储血期、管道期、收缩期应变和应变率, 结果显示 STI 可准确识别 SLE 患者早期左房功能障碍, 表现为与亚临床心肌损伤有关的舒张功能障碍。Dai 等<sup>[19]</sup>研究显示, 左房收缩期应变率和舒张早期应变率均与左室舒张功能障碍的严重程

度呈负相关 ( $r = -0.44$ 、 $-0.49$ , 均  $P < 0.05$ ), 表明左房受损程度随着左室舒张功能障碍的加重而增加, 左房应变参数对评估左室舒张功能有一定的临床意义。但目前 STI 在评估 SLE 患者左房功能中的研究相对较少, 其诊断准确性及临床应用价值尚待今后进一步研究。

3. 评估 SLE 患者右室功能的应用: 右室功能是 SLE 患者预后的关键因素, SLE 合并肺动脉高压 (pulmonary arterial hypertension, PAH) 可导致右室功能障碍。PAH 是 SLE 常见且严重的并发症之一, 已成为 SLE 患者死亡的第三大原因, 因此早期发现亚临床右室功能障碍对 SLE 患者的治疗和预后至关重要。Luo 等<sup>[20]</sup>研究显示, 2D-STI 测得的右室纵向应变及应变率在 SLE 合并轻度 PAH 组与健康对照组中比较差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ), 而常规超声心动图测得的右室功能参数 (如面积变化率、射血分数) 在 SLE 合并中、重度 PAH 组中比较差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ), 提示 2D-STI 能早期准确识别右室功能障碍。此外, 何艳洁等<sup>[21]</sup>研究显示, 2D-STI 能敏感地评估 SLE 患者早期右室收缩功能变化。赖宝春等<sup>[22]</sup>应用 3D-STI 评估 SLE 患者右室功能, 结果显示右室 GLS 较常规超声心动图参数能更敏感地发现早期右室功能改变, 提高了 SLE 患者亚临床右室收缩功能障碍的检出率。Wu 等<sup>[23]</sup>研究显示 SLE 患者左室应变与右室应变显著相关 ( $P = 0.001$ ), 分析可能与室间隔在左室与右室之间的相互作用有关。由于右室形态结构复杂, 流入道和流出道各节段心肌无法在同一切面上同时显示, 因此 3D-STI 较 2D-STI 更适用于右室的评估。Buonauro 等<sup>[24]</sup>应用 3D-STI 检测 SLE 患者 (SLE 组) 右室游离壁应变 (RVFWS), 结果显示 SLE 组 RVFWS 显著低于健康对照组 ( $P < 0.001$ ), 且与 SLE 损伤指数独立相关 ( $P < 0.05$ ), 表明 3D-STI 在评估 SLE 患者亚临床右室收缩功能障碍和预后中具有重要的价值。总之, SLE 患者右室功能与 PAH 密切相关, 右室应变参数可用于评估 SLE 患者的右室功能障碍。

4. 评估 SLE 患者右房功能的应用: 右房功能是右室充盈的关键因素, 右房功能障碍可能会引发 PAH 患者右心衰竭, 因此评估右房功能对指导合并 PAH 的 SLE 患者治疗及预后非常重要。Padeletti 等<sup>[25]</sup>认为 2D-STI 参数是 PAH 的最强预测因子, 右房功能随着肺动脉压的增加而下降。Sun 等<sup>[26]</sup>研究发现合并不同程度 PAH 的 SLE 患者右房应变率存在差异, 其中与健康对照组和  $PAH \leq 30$  mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 组比较,  $30$  mmHg <  $PAH < 50$  mmHg 组右房收缩期应变率和舒张早期应变率均降低,  $PAH \geq 50$  mmHg 组右房收缩期应变率和舒张早期应变率均低于  $30$  mmHg <  $PAH < 50$  mmHg 组, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ), 表明 STI 可有效评估合并不同程度 PAH 的 SLE 患者右房功能。Bai 等<sup>[27]</sup>研究显示, 右房 GLS < 22.9% 的 SLE 患者更易发生临床恶化, 提示 2D-STI 测量右房应变参数能更敏感地反映右房功能障碍。右房功能障碍是合并 PAH 的 SLE 患者临床恶化的重要预测参数, 早期发现可以积极指导治疗, 改善预后。葛晓颖等<sup>[28]</sup>应用 3D-STI 检测肺动脉压正常的 SLE 患者, 结果显示其

右房 GLS 低于健康人群, 差异有统计学意义 ( $P=0.001$ ), 提示右房 GLS 可以早期评估 SLE 患者右房功能。

5. STI 新参数评估 SLE 患者心脏损害的应用: GLS 虽已被用于检测多种疾病的亚临床心功能障碍, 但其是峰值应变的平均测值, 不能用于评估心肌机械运动的协调性和同步性。随着 STI 的发展, 一些新参数克服了 GLS 的局限性, 能更准确地评估 SLE 患者心脏损害。Li 等<sup>[29]</sup> 研究显示, 在疾病活动性指数 (SLEDAI)  $\geq 5$  的 SLE 患者中, 峰值应变离散度 (PSD) 与 SLEDAI 的相关性最高 ( $r=0.646, P<0.001$ ), 而 GLS 与 SLEDAI 的相关性较低 ( $r=0.359, P=0.025$ ), 且在 SLEDAI  $< 5$  的 SLE 患者中 GLS 与 SLEDAI 无相关性, 表明 PSD 较 GLS 能更全面、准确地评估 SLE 患者的亚临床左室收缩功能障碍。Feng 等<sup>[30]</sup> 研究显示, 基于 GLS 和左室扭转角的新参数——心肌综合指数 (MCI) 评估 SLE 患者左室功能的灵敏度和曲线下面积均高于 GLS, MCI 与高敏肌钙蛋白 T 之间存在较好的相关性 ( $r=-0.636, P<0.01$ ), 表明 MCI 可以早期评估 SLE 患者左室收缩功能。Wan 等<sup>[31]</sup> 研究应用 STI 检测 LVEF 保留的 SLE 患者左室收缩功能, 结果显示活动性疾病组与非活动性疾病组 GLS 比较差异无统计学意义, 而两组收缩后应变指数和收缩早期应变指数比较差异均有统计学意义 (均  $P<0.05$ ), 表明收缩后应变指数和收缩早期应变指数有助于早期评估 SLE 患者左室收缩功能障碍。Li 等<sup>[32]</sup> 应用无创心肌做功定量评估 SLE 患者左室收缩功能, 结果显示无论 SLE 患者 GLS 是否降低, 与健康志愿者比较, 其整体无用功 (GWW) 升高, 整体做功效率 (GWE) 降低, 差异均有统计学意义 (均  $P<0.05$ )。表明无创心肌做功可早期发现 SLE 患者亚临床心肌损伤。此外, He 等<sup>[33]</sup> 研究显示, 疾病活动度高的 SLE 患者 GWW 升高和 GWE 降低较疾病活动度低的患者更显著 (均  $P<0.05$ ), 提示 GWW 和 GWE 均为与疾病活动度相关的评估心肌损伤的敏感参数。

### 三、总结与展望

总之, STI 作为一种可量化心肌功能的超声新技术, 其评估 SLE 患者心房和心室的整体和局部功能较常规超声心动图更客观、准确。与 2D-STI 相比, 3D-STI 不受二维平面的限制, 可以实时追踪心肌斑点运动。但 2D-STI 和 3D-STI 均易受图像质量的影响, 且不同厂家的仪器测值存在差异。目前临床已证实 GLS 具有重要价值, 而 PSD、MCI、GWW、GWE 等 STI 新参数虽然可以提供增量价值, 但当前研究的数据尚不够充分, 今后需行大样本、多中心研究进一步探讨其临床实用性。STI 作为早期评估 SLE 患者心脏功能的敏感工具具有潜在的应用前景。

### 参考文献

- [1] Kiriakidou M, Ching CL. Systemic lupus erythematosus [J]. Ann Intern Med, 2020, 172(11): ITC81-ITC96.
- [2] Frostegård J. Systemic lupus erythematosus and cardiovascular disease [J]. J Intern Med, 2023, 293(1): 48-62.
- [3] Sierra-Galan LM, Bhatia M, Alberto-Delgado AL, et al. Cardiac magnetic resonance in rheumatology to detect cardiac involvement since early and pre-clinical stages of the autoimmune diseases: a narrative review [J]. Front Cardiovasc Med, 2022, 9(7): 870200.
- [4] Luis SA, Pellikka PA. Is speckle tracking imaging ready for prime time in current echo clinical practice? [J]. Prog Cardiovasc Dis, 2018, 61(5-6): 437-445.
- [5] Potter E, Marwick TH. Assessment of left ventricular function by echocardiography: the case for routinely adding global longitudinal strain to ejection fraction [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2018, 11(2 Pt 1): 260-274.
- [6] Collier P, Phelan D, Klein A. A test in context: myocardial strain measured by speckle-tracking echocardiography [J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 69(8): 1043-1056.
- [7] Tops LF, Delgado V, Marsan NA, et al. Myocardial strain to detect subtle left ventricular systolic dysfunction [J]. Eur J Heart Fail, 2017, 19(3): 307-313.
- [8] Gao L, Lin Y, Ji M, et al. Clinical utility of three-dimensional speckle-tracking echocardiography in heart failure [J]. J Clin Med, 2022, 11(21): 6307.
- [9] Muraru D, Niero A, Rodriguez-Zanella H, et al. Three-dimensional speckle-tracking echocardiography: benefits and limitations of integrating myocardial mechanics with three-dimensional imaging [J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2018, 8(1): 101-117.
- [10] Altman M, Bergerot C, Aussoleil A, et al. Assessment of left ventricular systolic function by deformation imaging derived from speckle tracking: a comparison between 2D and 3D echo modalities [J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2014, 15(3): 316-323.
- [11] 中国医师协会超声医师分会心脏超声专业委员会. 二维斑点追踪超声心动图心肌纵向应变规范化检查中国专家共识 (2023 版) [J]. 中华超声影像学杂志, 2023, 32(4): 277-287.
- [12] Farag S, Bastawisy R, Hamouda M, et al. Value of speckle tracking echocardiography for early detection of left ventricular dysfunction in patients with systemic lupus erythematosus [J]. J Cardiovasc Echogr, 2020, 30(3): 140.
- [13] Luo T, Wang Z, Chen Z, et al. Layer-specific strain and dyssynchrony index alteration in new-onset systemic lupus erythematosus patients without cardiac symptoms [J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(4): 1271-1283.
- [14] Azpiri-Lopez JR, Galarza-Delgado DA, Garza-Cisneros AN, et al. Subclinical systolic dysfunction by speckle tracking echocardiography in patients with systemic lupus erythematosus [J]. Lupus, 2022, 31(9): 1127-1131.
- [15] Gegenava T, Gegenava M, Steup-Beekman GM, et al. Left ventricular systolic function in patients with systemic lupus erythematosus and its association with cardiovascular events [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2020, 33(9): 1116-1122.
- [16] Du Toit R, Herbst PG, van Rensburg A, et al. Speckle tracking echocardiography in acute lupus myocarditis: comparison to

- conventional echocardiography [J]. *Echo Res Pract*, 2017, 4(2): 9-19.
- [17] 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.
- [18] Pérez-Topete SE, Miranda-Aquino T, Hernández-del Río JE, et al. Left atrial strain in patients with systemic lupus erythematorus [J]. *Reumatol Clin (Engl Ed)*, 2021, 17(2): 74-81.
- [19] Dai M, Li KL, Qian DJ, et al. Evaluation of left atrial function by speckle tracking echocardiography in patients with systemic lupus erythematorus [J]. *Lupus*, 2016, 25(5): 496-504.
- [20] Luo R, Cui H, Huang D, et al. Early assessment of right ventricular function in systemic lupus erythematorus patients using strain and strain rate imaging [J]. *Arq Bras Cardiol*, 2018, 111(1): 75-81.
- [21] 何艳洁, 王志刚, 杨扬. 二维斑点追踪成像技术评价未合并肺动脉高压的系统性红斑狼疮患者早期右室收缩功能改变的研究 [J]. *临床超声医学杂志*, 2016, 18(6): 371-374.
- [22] 赖宝春, 林宁, 兰三荣, 等. 实时三维超声技术在系统性红斑狼疮患者早期右心功能受损评价中的应用 [J]. *中国医药科学*, 2019, 24(9): 12-16.
- [23] Wu R, Shi RY, An DAL, et al. 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 erythematorus using cardiovascular MRI [J]. *Clin Radiol*, 2020, 75(3): 237.e17-237.e25.
- [24] Buonauro A, Sorrentino R, Esposito R, et al. Three-dimensional echocardiographic evaluation of the right ventricle in patients with uncomplicated systemic lupus erythematorus [J]. *Lupus*, 2019, 28(4): 538-544.
- [25] Padeletti M, Cameli M, Lisi M, et al. Right atrial speckle tracking analysis as a novel noninvasive method for pulmonary hemodynamics assessment in patients with chronic systolic heart failure [J]. *Echocardiography*, 2011, 28(6): 658-664.
- [26] Sun L, Wang Y, Don Y, et al. Assessment of right atrium function in patients with systemic lupus erythematorus with different pulmonary artery systolic pressures by 2-dimensional speckle-tracking echocardiography [J]. *J Ultrasound Med*, 2018, 37(10): 2345-2351.
- [27] Bai Y, Yang J, Liu J, et al. Right atrial function for the prediction of prognosis in connective tissue disease-associated pulmonary arterial hypertension: a study with two-dimensional speckle tracking [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2019, 35(9): 1637-1649.
- [28] 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.
- [29] Li C, Li K, Yuan M, et al. Peak strain dispersion within the left ventricle detected by two-dimensional speckle tracking in patients with uncomplicated systemic lupus erythematorus [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2021, 37(7): 2197-2205.
- [30] Feng J, Zhai Z, Wang Z, et al. Speckle tracking imaging combined with myocardial comprehensive index to evaluate left ventricular function changes in patients with systemic lupus erythematorus [J]. *Echocardiography*, 2021, 38(9): 1632-1640.
- [31] Wan M, Liu D, Zhang P, et al. Postsystolic shortening and early systolic lengthening for early detection of myocardial involvement in patients with systemic lupus erythematorus [J]. *Echocardiography*, 2022, 39(10): 1284-1290.
- [32] Li X, Chen H, Han M, et al. Quantitative assessment of left ventricular systolic function in patients with systemic lupus erythematorus: a non-invasive pressure-strain loop technique [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2022, 12(6): 3170-3183.
- [33] He W, Li J, Zhang P, et al. Non-invasive left ventricular myocardial work identifies subclinical myocardial involvement in patients with systemic lupus erythematorus [J]. *Int J Cardiol*, 2023, 381(7): 145-152.

(收稿日期: 2024-04-20)