·综 述·

超声心动图在心力衰竭诊治中的应用进展

幸敬芬，伍 锋，樊 民*
（上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院心内科，上海 200437）

摘要：心力衰竭是一种全球性的心血管疾病，给医疗保健系统带来沉重的经济负担，经胸超声心动图显像在急性、慢性心力衰竭的临床诊断中应用广泛，但超声心动图受患者体位影响较大，也面临着诸多问题和挑战。随着人工智能技术的发展，机械人可以代替超声医师采集超声心动图图像，同时全自动化三维超声右心室量化软件不断开发，有望实现临床疾病更高效、更精准地诊断和治疗。

关键词：超声心动图；急性心力衰竭；慢性心力衰竭
中图分类号：R541.6+1 **文献标志码：**A **文章编号：**1672-9188(2022)05-0509-05
DOI：10.13683/j.wph.2022.05.005

Application progress of echocardiography in the diagnosis and treatment of heart failure

XING Jingfen, WU Feng, FAN Min*
(*Department of Cardiology, Yueyang Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 200437, China*)

Abstract: Heart failure(HF) is a global cardiovascular disease, which brings economic burden to the health care system. Transthoracic echocardiography is widely used in clinical diagnosis of acute and chronic HF, but the echocardiography is greatly affected by patient's position, and also faces many problems and challenges. With the development of artificial intelligence technology, robots collect echocardiographic images instead of sonographers, and the development of fully automated three-dimensional ultrasound quantization software for right ventricle is expected to achieve more efficient and accurate diagnosis in clinical practice.

Key words: echocardiogram; acute heart failure; chronic heart failure

心力衰竭（heart faliure，HF）是一种全球性的心血管疾病，给医疗保健系统带来沉重的经济负担。据报道，全球大约有 3 800 万 HF 患者[1]，在发达国家中，1%～2% 的人患有 HF，而在 70 岁以上的人群中约 10% 患有 HF。据《中国心血管健康与疾病报告 2020》[2] 显示，目前我国 HF 患者达 890 万，中国 HF 患者注册登记显示，HF 住院患者病死率为 4.1%，HF 患者 5 年生存率与恶性肿瘤相当[3]。预计到 2030 年，患病人数将比 2013 年增加 50%[4]。经胸超声心动图显像（transthoracic echocardiography，TTE）是一种明确 HF 诊断的安全、便捷的检查方式。20 世纪 50 年代早期，超声波被用于二尖瓣疾病评估，60 年代 M 模式首次用于评估左心室大小，目前 TTE 已有了较大发展，可定性、定量 / 半定量评价心脏结构及功能。其 M 型、二维和三维超声成像可量化心脏结构及左、右心室功能。多普勒模式可更精准地无创评估左心室充盈压（left ventricular

收稿日期：2022-03-03
作者简介：幸敬芬，主治医师，研究方向：中西医结合治疗心血管疾病。
通信作者：樊民，主任医师，教授，研究方向：中西医结合治疗心血管疾病。
基金项目：国家自然科学基金面上项目(82074266)

filling pressures，LVFP）、肺动脉压（pulmonary artery pressures，PAP）和瓣膜功能。应变成像（speckle tracking echocardiography，STE）可在保留心室射血分数的情况下识别异常心肌。超声造影及负荷 TTE 可协调识别心内异常结构及心肌功能、冠状动脉微血管病变。而 TTE 所有模式均可评估 HF 患者[5]。本文主要综述了 TTE 在 HF 诊治中的应用进展，以期为临床应用提供参考。

1 TTE 用于急性 HF 诊断

急性 HF 的临床表现通常为非特异性。大多数急性 HF 患者表现为呼吸困难、活动耐力下降和体循环淤血，然而急性 HF 的“传统”特征（如胸片显示肺动脉充血）经常被忽视，对这些因素的过度依赖导致多达 20% 的患者被误诊或漏诊[6]。虽然根据临床表现、心电图和胸部平片可初步诊断急性 HF，但仍有 44% 的病例无法明确诊断；此外，生化血清标志物 *N*- 末端脑钠肽前体（*N*-terminal pro-B-type natriuretic peptide，NT-proBNP）可提高诊断的准确性，但其假阳性率高达 14% ～ 29%[7]。为规避以上不确定因素带来的误诊风险，可使用 TTE 评价心脏结构、功能及血流动力学指标，提高急性 HF 诊断的准确率，并确定病因，制定最佳治疗方案，改善预后。近年来，专家们进一步提出，TTE 与肺部超声检查相结合可提高急性 HF 诊断的准确性[8]，更快速且无创地确定急性 HF 病因和类型，改善预后。

1.1 TTE 可快速评估左心室收缩和舒张功能

在诊断急性 HF 过程中，评估左心室收缩功能至关重要，即量化左心室大小、左心室容积变化（分别为左心室舒张末期容积和收缩末期容积）及二维成像的左心室射血分数（left ventricular ejection fraction，LVEF）。其中依据射血分数确定 HF 分型可指导药物治疗和装置治疗[9]。目前指南建议通过改良的双平面 Simpson 法获取射血分数及左心室容积[10]。但随着超声检查仪器的发展，三维成像技术已被证明在确定左心室容积方面较二维成像更具优势，尤其对充血性 HF 患者，可弥补二维成像的诸多不足[11]。STE 是近年来发展的一种 TTE 新技术，尤其适用于评估左心室功能。与二维成像容积测量相比，灰度图像的斑点追踪在检测心肌形态方面更具优势，不仅能检测纵向位移、径向位移及轴向位移，还能检测心肌缩短和扭曲的功能障碍[12]。因此，在测量整体左心室收缩功能时，斑点追踪可直接获得该区域异常的整体纵向应变（global longitudinal strain，GLS）值，GLS 值可在 LVEF 下降发生前发现早期的亚临床左心室收缩功能障碍，故 STE 可用于急性 HF 的早期诊断[13]。研究表明，GLS 在检测左心室微小血管病变方面较 LVEF 更敏感、准确，并能动态监测疾病进展情况[14]。

另一方面，评估左心室舒张功能在诊断急性 HF 时尤为重要。左心室舒张功能障碍（left ventricular diastolic dusfunction，LVDD）可引起 LVFP 升高。研究表明，30% ～ 50% 急性 HF 患者表现为高 LVFP[15]。尽管绝对 LVFP 无法测量，但研究显示，TTE 可通过追踪特殊生物标记物确定是否存在 LVDD[16]。专家指出，TTE 多普勒成像技术，包括彩色多普勒、脉冲多普勒和连续多普勒，可用于半定量左心室舒张功能。其中脉冲多普勒可检测跨心室充盈速度、二尖瓣口舒张早期血流峰速（E）/ 二尖瓣口舒张晚期血流峰速（A）比值以及 E 波减速时间和等容舒张时间；连续多普勒成像可测得二尖瓣环根部舒张早期峰速（E'）及 E/E' 比值；M 模式彩色多普勒可测定传播速度和肺静脉流量等，这些都是评估左心室舒张功能的重要指标[17]。此外，评估左心室舒张功能通常还需结合二维成像下的左心房内径大小。2016 年美国超声心动图学会和欧洲心血管成像协会简化了指南，将 3 个关键变量（E/A、E/E' 比值及左心房内径）纳入诊断中[18]。

1.2 TTE 可定性及半定量二尖瓣返流

研究表明，急性二尖瓣大量返流所引起的血流动力学改变是导致急性 HF 的重要原因之一[19]，利用 TTE 结合彩色多普勒和脉冲多普勒模式可快速对二尖瓣返流进行定性和半定量评估[20]。

1.3 TTE 可评估右心功能和 PAP

评估右心功能和 PAP 对急性 HF 的诊断同样非常重要，右心功能不全（right ventricular dysfunction，RVD）和 PAP 增高直接影响患者预后，因而有效评

估右心功能和 PAP 是早期诊断及改善预后的关键。据报道，TTE 可用于评估急性 HF 患者的肺动脉收缩压 [21]。在临床实践中，将 TTE 用于评估肺动脉收缩压后，发现大多数急性 HF 患者存在被动或混合型肺动脉高压 [22]。目前推荐使用三尖瓣环平面收缩偏移（tricuspid annular planesy stolic excursion，TAPSE）、三尖瓣环横向收缩速度（S'）、分数面积变化（fraction alarea change，FAC）以及右心大小相结合量化评估右心室功能。近年来，右心 STE 技术越来越受关注，更多学者研究和报道使用右心 STE 评估右心功能 [23]。

急性 HF 失代偿期，心脏前、后负荷均在迅速变化，受此影响，TTE 的使用受限。在急性 HF 患者中，E/E' 被证明会随着肺毛细血管楔形压力（pulmonary capilly wedge pressure，PCWP）效应而改变。研究表明，TTE 所得到的 E/E' 比值在 PCWP 为 15 mmHg 时敏感性为 89%，特异性为 91%，具有最大的测量效益 [24]。

2 TTE 用于指导急性 HF 治疗

急性 HF 的治疗可分为住院急性失代偿期、缓解和稳定期的初始管理，以及出院后前 3 个月过渡期的优化和功能维持，在上述每个阶段，TTE 与肺部超声、利钠肽联合使用可指导治疗决策，改善患者预后 [25]。

单独使用 TTE 作临床评估很难识别急性 HF 治疗后早期的改善征兆，如肺动脉充血是否减轻。目前 HF 指南尚未提供一种标准化方法评估肺动脉充血，通常临床评估多依赖二维成像 TTE 动态观察右心室和左心室之间的联系。当右侧和左侧压力不匹配时，考虑存在肺动脉充血。文献 [26] 报道 37% 的急性 HF 患者存在肺动脉充血这一现象。研究表明，将 TTE 与 NT-proBNP 联合治疗急性 HF，可改善患者预后 [27]。

3 TTE 判断慢性 HF 预后

尽管现在建议多血管、多模态相结合诊治 HF，但 TTE 因其便利及可重复操作性，仍作为一线技术被使用，指南依据 TTE 获得的射血分数将慢性 HF 分为射血分数保留的 HF（heart failure with preserved ejection fraction，HFpEF）、射血分数降低的 HF（heart failure with reduced ejection fraction，HFrEF）及射血分数轻度降低的 HF（heart failure with mildly reduced ejection fraction，HFmrEF），其中 HFpEF 为临床常见类型，与肥胖、缺乏运动、糖尿病（diabetes mellitus）等均有关 [28]。

HFpEF 是一种高患病率、高死亡率的复杂临床综合征，占 HF 的 56%，且其患病率仍在升高。HFpEF 患者 LVEF 保持不变（LVEF ＞ 50%），但心脏的特征结构改变，左心房容积指数（left atrial volume index，LAVI）和左心室质量指数增加；同时心脏功能指标发生变化，包括 LVDD 及 LVFP 升高，其中 LVDD 可通过侵入性右心导管检查获得，也可通过 TTE 获得 [29]。多项指标的组合可评估左心室舒张功能，如 E'、E/E' 比值、A、E/A 比值以及 E 峰减速时间，LAVI 和三尖瓣返流速度是目前推荐采用的变量。研究显示，多普勒或左心室 STE 可检测出与 HFpEF 患者预后不良相关的左心功能轻微损伤 [30]。同时，有研究表明，HFpEF 患者左心房功能参数与 LVFP 临床状态存在显著相关性，左心房功能恢复提示 HFpEF 症状改善 [31]。近期，欧洲心脏病学会和欧洲 HF 年会提出了一种逐步诊断法，具体包括临床症状，实验室、影像学检查及 HFA-PEFF 评分，目的是将新信息整合到综合算法中，以更好地识别处于不同阶段的 HFpEF 患者 [32]。

LVEF 是一项可以有效评估 HFrEF 患者预后的指标。研究表明，LVEF 降低与 HF 死亡率增加和再次住院独立相关；三维 TTE 在评估 HFrEF 患者疾病严重程度及住院预后方面可能优于二维成像 TTE，且能为临床医生确定治疗方案提供参考，三维 TTE 指导下的治疗措施有望改善 HFrEF 患者的临床结局 [33]。

由于右心室后负荷增加，肺动脉高压是导致 HFpEF 患者 RVD 的主要机制，心房颤动（atrial fibrillation）、冠状动脉疾病和肥胖症等可能会加重 RVD 的进展。RVD 的存在与 HFpEF 患病率和死亡率增加有关 [34]。因此，RVD 的出现被认为是 HFpEF 已进入病程晚期。目前评估右心室收缩功能的 TTE 指标包括 TAPSE、三尖瓣环 S' 及 FAC。而上述指标大部分受肺动脉高压严重程度的影响 [35]。TAPSE/

肺动脉收缩压比值已成为评估右心室后负荷（即右心室 - 肺动脉耦合）的重要指标，且 TAPSE/ 肺动脉收缩压比值降低已被证明可用于 HFpEF 的风险分层[36]。据报道，右心室 GLS 值可能较其他 TTE 指标更好地评估 HFrEF 和 HFpEF 患者的预后[37]。

4 结语

TTE 为急性 HF 患者的病因诊断、治疗方案及预后评判提供了重要依据，但也面临着诸多问题和挑战。因 TTE 受患者体位影响较大，如何获取高质量的超声图像则极为重要，获取较为客观的参数亦很关键。随着人工智能技术的发展，可使用机械人代替超声医师采集 TTE 图像，同时随着全自动化三维超声右心室量化软件的不断开发和发展，有望实现 TTE 更高效、更精准地评估患者右心室容积及射血分数。

参考文献：

[1] Hunt SA, Abraham WT, Chin MH, *et al*. 2009 Focused update incorporated into the ACC/AHA 2005 Guidelines for the diagnosis and management of heart failure in adults a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines developed in collaboration with the International Society for Heart and Lung Transplantation[J]. J Am Coll Cardiol, 2009, 53(15): e1-e90.

[2] 国家心血管病中心. 中国心血管健康与疾病报告2020[J]. 心肺血管病杂志, 2021, 40(10): 1005-1009.

[3] 张健, 张宇辉. 多中心、前瞻性中国心力衰竭注册登记研究—病因、临床特点和治疗情况初步分析[J]. 中国循环杂志, 2015, 30(5): 413-416.

[4] Heidenreich PA, Albert NM, Allen LA, *et al*. Forecasting the impact of heart failure in the United States: a policy statement from the American Heart Association[J]. Circ Heart Fail, 2013, 6(3): 606-619.

[5] Marwick TH. The role of echocardiography in heart failure[J]. J Nucl Med, 2015, 56: 31S-38S.

[6] Fitzsimons S, Doughty RN. Role of transthoracic echocardiogram in acute heart failure[J]. Rev Cardiovasc Med, 2021, 22(3): 741-754.

[7] Price S, Platz E, Cullen L, *et al*. Expert consensus document: echocardiography and lung ultrasonography for the assessment and management of acute heart failure[J]. Nat Rev Cardiol, 2017, 14(7): 427-440.

[8] Martindale JL, Wakai A, Collins SP, *et al*. Diagnosing acute heart failure in the emergency department: a systematic review and meta-analysis[J]. Acad Emerg Med, 2016, 23(3): 223-242.

[9] McMurray JJV, Adamopoulos S, Anker SD, *et al*. ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: the task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association(HFA) of the ESC[J]. Eur Heart J, 2012, 33(14): 1787-1847.

[10] Yancy CW, Jessup M, Bozkurt B, *et al*. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of heart failure: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on practice guidelines[J]. Circulation, 2013, 128(16): e240-e327.

[11] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, *et al*. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2015, 28(1): 1-39.

[12] Wang N, Hung C, Shin S, *et al*. Regional cardiac dysfunction and outcome in patients with left ventricular dysfunction, heart failure, or both after myocardial infarction[J]. Eur Heart J, 2016, 37(5): 466-472.

[13] DeVore AD, McNulty S, Alenezi F, *et al*. Impaired left ventricular global longitudinal strain in patients with heart failure with preserved ejection fraction: insights from the RELAX trial[J]. Eur J Heart Fail, 2017, 19(7): 893-900.

[14] Park JJ, Park JB, Park JH, *et al*. Global longitudinal strain to predict mortality in patients with acute heart failure[J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 71(18): 1947-1957.

[15] Papadimitriou L, Georgiopoulou VV, Kort S, *et al*. Echocardiography in acute heart failure: current perspectives[J]. J Card Fail, 2016, 22(1): 82-94.

[16] Dini FL, Bajraktari G, Zara C, *et al*. Optimizing management of heart failure by using echo and natriuretic peptides in the outpatient unit[J]. Adv Exp Med Biol, 2018, 1067: 145-159.

[17] Andersen OS, Smiseth OA, Dokainish H, *et al*. Estimating left ventricular filling pressure by echocardiography[J]. J Am Coll Cardiol, 2017, 69(15): 1937-1948.

[18] Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, *et al*. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016, 17(12): 1321-1360.

[19] Milleron O, Bouleti C, Mazouz S, *et al*. Eclipsed mitral regurgitation: an unusual cause of acute heart failure[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2017, 18(10): 1163-1169.

[20] Nagueh SF. Non-invasive assessment of left ventricular filling pressure[J]. Eur J Heart Fail, 2018, 20(1): 38-48.

[21] Izumo M. Value of echocardiography in the treatment of patients with acute heart failure[J]. Front Cardiovasc Med, 2021, 8: 740439.

[22] Maron BA, Kovacs G, Vaidya A, *et al*. Cardiopulmonary hemodynamics in pulmonary hypertension and heart failure: JACC review topic of the week[J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 76(22): 2671-2681.

[23] Kobayashi M, Gargani L, Palazzuoli A, *et al*. Association between right-sided cardiac function and ultrasound based pulmonary congestion on acutely decompensated heart failure: findings from a pooled analysis of four cohort studies[J]. Clin Res Cardiol, 2021, 110(8): 1181-1192.

[24] Obokata M, Kane GC, Reddy YN, *et al*. Role of diastolic stress testing in the evaluation for heart failure with preserved ejection fraction: a simultaneous invasive-echocardiographic study[J]. Circulation, 2017, 135(9): 825-838.

[25] Gargani L, Pugliese NR, Frassi F, *et al*. Prognostic value of lung ultrasound in patients hospitalized for heart disease irrespective of symptoms and ejection fraction[J]. ESC Heart Fail, 2021, 8(4): 2660-2669.

[26] Reddy YNV, Obokata M, Egbe A, *et al*. Left atrial strain and compliance in the diagnostic evaluation of heart failure with preserved ejection fraction[J]. Eur J Heart Fail, 2019, 21(7): 891-900.

[27] Lundberg A, Johnson J, Hage C, *et al*. Left atrial strain improves estimation of filling pressures in heart failure: a simultaneous echocardiographic and invasive haemodynamic study[J]. Clin Res Cardiol, 2019, 108(6): 703-715.

[28] Nagueh SF, Bhatt R, Vivo RP, *et al*. Echocardiographic evaluation of hemodynamics in patients with decompensated systolic heart failure[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2011, 4(3): 220-227.

[29] Galderisi M, Cosyns B, Edvardsen T, *et al*. Standardization of adult transthoracic echocardiography reporting in agreement with recent chamber quantification, diastolic function, and heart valve disease recommendations: an expert consensus document of the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2017, 18(12): 1301-1310.

[30] Zhang Y, Li S, Xie J, *et al*. Twist/untwist parameters are promising evaluators of myocardial mechanic changes in heart failure patients with preserved ejection fraction[J]. Clin Cardiol, 2020, 43(6): 587-593.

[31] Mancuso FJN, Moises VA, Almeida DR, *et al*. Prognostic value of real-time three-dimensional echocardiography compared to two-dimensional echocardiography in patients with systolic heart failure[J]. Int J Card Imaging, 2018, 34(4): 553-560.

[32] 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.

[33] Vachalcova M, Valočik G, Kurečko M, *et al*. The three-dimensional speckle tracking echocardiography in distinguishing between ischaemic and non-ischaemic aetiology of heart failure[J]. ESC Heart Fail, 2020, 7(5): 2297-2304.

[34] Bueno H, Moura B, Lancellotti P, *et al*. The year in cardiovascular medicine 2020: heart failure and cardiomyopathies[J]. Eur Heart J, 2021, 42(6): 657-670.

[35] Gorter TM, van Veldhuisen DJ, Voors AA, *et al*. Right ventricular-vascular coupling in heart failure with preserved ejection fraction and pre- *vs* post-capillary pulmonary hypertension[J]. Eur Hear J Cardiovasc Imaging, 2017, 19(4): 425-432.

[36] Fayyaz AU, Edwards WD, Maleszewski JJ, *et al*. Global pulmonary vascular remodeling in pulmonary hypertension associated with heart failure and preserved or reduced ejection fraction[J]. Circulation, 2018, 137(17): 1796810.

[37] Houard L, Benaets MB, de Meester de Ravenstein C, *et al*. Additional prognostic value of 2D right ventricular speckle-tracking strain for prediction of survival in heart failure and reduced ejection fraction[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2019, 12(12): 2373-2385.

（编辑：王　佳）