

# 斑点追踪技术评估糖尿病患者左心功能的应用进展

王逸轩 代 杨 沈 迎

**摘 要** 糖尿病前期或糖尿病心肌病早期患者的心肌可出现不同程度损害,及时发现患者心脏结构和功能改变对糖尿病的有效治疗及糖尿病心肌病的预防具有重要意义。斑点追踪(STI)技术能在常规超声心动图的基础上更灵敏、准确地评估糖尿病患者左心功能。本文就STI技术在糖尿病患者左房和左室功能评估中的应用进展进行综述。

**关键词** 超声心动描记术;斑点追踪;糖尿病;心功能

[中图法分类号]R540.45;R587.1

[文献标识码]A

## Application progress of speckle tracking imaging in assessing left cardiac function in diabetic mellitus patients

WANG Yixuan, DAI Yang, SHEN Ying

Department of Cardiovascular Medicine, Ruijin Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine, Shanghai 200025, China

**ABSTRACT** The myocardium of patients in the pre-diabetic or early stages of diabetic cardiomyopathy may exhibit varying degrees of damage. Timely detection of changes in cardiac structure and function in diabetes mellitus patients is crucial for effective treatment and prevention of diabetic cardiomyopathy. Speckle tracking imaging (STI) technology provides a more sensitive and accurate quantitative assessment of left ventricular function in diabetic patients, building upon conventional echocardiography. This article reviews the application progress of STI technology in the evaluation of left atrial and left ventricular function in diabetes mellitus patients.

**KEY WORDS** Echocardiography; Speckle tracking; Diabetes mellitus; Cardiac function

糖尿病患者长期高血糖状态导致全身大血管和微血管受损,造成心肌组织不同程度的损害,并逐步发展为糖尿病心肌病(diabetes cardiomyopathy, DCM)。DCM是独立于冠心病、高血压性心脏病及其他心脏病变的心肌疾病,也是导致糖尿病患者不良预后的主要原因之一<sup>[1]</sup>。糖尿病前期和DCM早期心肌病理改变主要表现为心肌细胞超微结构的改变包括心肌细胞的肌丝变形断裂或排列紊乱、线粒体变形或断裂、胞质面积和含量增加等,进而导致心肌运动功能的变化,表现为左室射血分数(LVEF)保留的心脏结构和功能异常,其中以左室舒张功能障碍为主要特征,因此对左室心肌功能进行准确评估有助于检测糖尿病前期和DCM早期患者心脏细微变化<sup>[2]</sup>。随着病程的延长,心肌细胞能量代谢障碍加重,内皮细胞进一步损伤,逐

步形成DCM,引起心肌重塑、凋亡和纤维化及心肌微血管病变,左室质量增加及左室壁增厚,早期表现为舒张功能障碍,进展到中晚期时左心舒缩功能同时受损,最终引起以LVEF降低为主要表现的左心衰竭<sup>[3-4]</sup>。同时由于心脏循环过程中左房功能与左室功能密切相关,左室结构和功能动态变化会直接影响左房,因此同时进行左房、左室结构和功能的定量评估将有助于全面分析糖尿病和DCM患者左心功能<sup>[5]</sup>。斑点追踪(speckle tracking imaging, STI)技术通过测量心肌纵向、径向和周向应变及应变率,获得上述多个方位的心肌运动信息,能较为全面、准确地定量评估各种心脏疾病患者心肌功能,在定量分析和评估左室和左房局部及整体心肌力学变化方面具有重要的临床价值。目前STI技术包括基于二维超声心动图的斑点追踪(two-

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82170417)

作者单位:200025 上海市,上海交通大学医学院附属瑞金医院心脏科

通讯作者:沈迎, Email: sy11218@rjh.com.cn

dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI) 和基于三维超声心动图的斑点追踪(three-dimensional speckle tracking imaging, 3D-STI)技术, 研究<sup>[6-7]</sup>证实, 2D-STI 技术和 3D-STI 技术均能敏感地检测糖尿病前期和 DCM 早期患者左心功能损害, 特别在评估 LVEF 保留患者早期心功能损害中具有良好的临床应用价值。本文就 STI 技术在糖尿病患者左心功能评估中的应用进展进行综述。

### 一、2D-STI 技术在糖尿病患者左心功能评估中的应用进展

#### 1.2D-STI 技术在糖尿病患者左心功能评估中的应用进展

常用的评估左室功能 2D-STI 参数包括整体纵向应变(GLS)、整体圆周应变(GCS)、整体径向应变(GRS)。研究<sup>[8]</sup>显示, DCM 患者(DCM 组)左室 GLS、GRS、GCS 均明显小于正常对照组(均  $P < 0.05$ ), 其中 DCM 组 GLS 较正常对照组低 2%, 表明 GLS 有助于早期发现 DCM 患者心功能降低, 可用于检测 LVEF 保留患者早期亚临床左室功能障碍。国内外研究<sup>[9-10]</sup>结果显示, 单纯糖尿病组、糖尿病合并微血管病变组左室 GLS 和 GCS 均正常对照组降低, 其中糖尿病合并微血管病变组降低更为显著, 差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ); 且左室 GLS 与糖化血红蛋白浓度呈负相关( $r = -0.746, P < 0.001$ )。为了进一步研究糖尿病病变过程中心肌应变的变化规律, Liu 等<sup>[11]</sup>分别应用常规超声心动图和 2D-STI 技术动态研究了糖尿病大鼠左室功能变化规律, 结果显示, 与正常大鼠比较, 糖尿病早期大鼠 LVEF、左室缩短分数(LVFS)、左室舒张末期径(LVEDV)、左室收缩末期径(LVESV)、二尖瓣口舒张早期血流峰值速度(E)与二尖瓣环间隔侧舒张早期运动峰值速度(E')的比值(E/E')、Tei 指数等常规超声心动图参数均无明显变化, 而 GLS 明显下降( $P < 0.05$ ), 表明 2D-STI 技术能检测糖尿病早期左室细微功能变化。吴婷等<sup>[12]</sup>应用 2D-STI 分层应变技术评估糖尿病早期患者左室功能, 结果显示, 与正常对照组比较, 糖尿病前期(糖耐量异常)组左室 GLS 和心内膜下心肌 GLS 均明显下降(均  $P < 0.05$ ), 而中层心肌和心外膜下心肌 GLS 比较差异均无统计学意义, 表明左室 GLS 和心内膜下心肌 GLS 可较为灵敏地检测糖尿病早期左室功能损害, 分析原因可能为左室心内膜下心肌主要为纵行肌纤维, 而高血糖环境易导致心内膜下冠状动脉微循环异常, 故心内膜下心肌的功能减退。

由于左室收缩主要是从心内膜、中层心肌到心外膜, 从基底段到心尖段的传导过程, 左室同步顺序收缩, 保持左室各个节段心肌 GLS 的达峰时间(TTP)一致是确保左室正常功能的基础。峰值应变离散度(PSD)是基于 STI 技术衍生出的一个应变参数, 是指左室 17 节段心肌纵向应变 TTP 的标准差, PSD 值低表示各个节段同步性好, PSD 值高表明同步性差<sup>[13]</sup>。Li 等<sup>[14]</sup>应用 PSD 评估正常对照组、糖尿病血糖控制不佳组及糖尿病血糖控制组心功能情况, 结果显示, 与正常对照组比较, 糖尿病血糖控制不佳组 GLS 明显下降( $P < 0.05$ ), 而糖尿病血糖控制组 GLS 无明显变化; 但糖尿病血糖控制组和糖尿病血糖控制不佳组 PSD 均较正常对照组明显增加(均  $P < 0.05$ )。分析其原因: GLS 忽略了心肌运动序列或峰值时间参数的变化, 导致其在评估心脏病变的早期心

肌损害中灵敏度低。PSD 能弥补 GLS 的不足, 应用心脏机械运动的协调性和同步性来评估左室早期收缩功能障碍, 可作为 GLS 评价左室收缩功能的有力补充。随着糖尿病病情的加重, 患者左室会出现向心性肥厚和纤维化, 常规超声心动图可显示左室的形态学改变; DCM 终末期疾病患者超声心动图表现为类似扩张型心肌病的特点, 主要表现为 LVEF 降低和左室扩大<sup>[15]</sup>。因此, GLS 和 PSD 均能成为有效评价糖尿病患者左室功能早期损害的定量参数, 但是随着糖尿病病情的进展, 需联合常规超声心动图参数进行综合评估。

#### 2.2D-STI 技术在糖尿病患者左房功能评估中的应用进展

定量评估左房结构和功能能更早地发现左室舒张功能异常, 从而能有效预防糖尿病患者心血管不良事件的发生。左室舒张功能损害是糖尿病前期和早期患者心功能损害的主要表现, 而左房功能与左室舒张功能密切相关。研究<sup>[16]</sup>显示, 2D-STI 技术可对左房应变进行精确评估, 左房在不同心动周期的应变值会发生相应变化。在左房填充阶段测得的应变值为左房储存期应变(LASr), 此时相当于左室收缩期, 左房心肌由于回收肺静脉血流而达到最大伸展及形变, 其应变率即为左室收缩期左房储存期应变率(LASRs); 随后血液从左房被动流向左室, 此时左房相当于一个管道功能, 应变曲线下降, 此阶段测得的应变值为左房管道期应变(LAScd), 其应变率即为左室舒张早期左房应变率(LASRe); 随着左房主动收缩时应变曲线出现第二次上升, 在该阶段测得的峰值应变值为左房收缩期应变(LASct), 这一阶段与左室舒张晚期左房主动收缩时心房心肌的峰值应变相对应, 其应变率即为左室舒张晚期左房应变率(LASRa)<sup>[17-18]</sup>。研究<sup>[19-20]</sup>显示, 单纯糖尿病组 E、二尖瓣口舒张晚期血流峰值速度(A)及二者比值(E/A)与正常对照组比较差异均无统计学意义; 但单纯糖尿病组 LASr、LASRs、LASRe 均较正常对照组降低, LASRa 较正常对照组增加, 差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ); DCM 组 E、E/A、A、LASr、LASRs、LASRe 均较正常对照组降低, 差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ), 提示对于单纯糖尿病患者常规超声心动图检测其左室舒张功能正常时, 左房储存、管道应变能力已降低; DCM 患者左室舒张功能出现损害时, 左房功能减低已非常明显, 进一步提示糖尿病患者左房功能的改变是早于和独立于左室舒张功能损害出现的, 左房应变参数 LASr、LASRs、LASRe 均能有效动态评估糖尿病和 DCM 患者左房心肌纤维化、左房硬度变化规律, 可作为一种常用评估方法, 为临床早期干预糖尿病、避免 DCM 不良预后提供可靠依据。

#### 二、3D-STI 技术在糖尿病患者左心功能评估中的应用进展

##### 1.3D-STI 技术在糖尿病患者左心功能评估中的应用进展

2D-STI 技术是基于常规二维超声心动图基础上的平面应变追踪技术, 存在二维超声心动图固有的局限性, 如重复性欠佳、不能较完整地显示左室从基底段到心尖段的缩短、增厚及扭转运动, 从而在一定程度上影响了 STI 技术在评估 DCM 患者左心功能中的准确性和普及推广。3D-STI 技术能完整地显示心脏的立体结构, 测量心室和心房局部和整体容积、功能及运

动情况,是一种准确定量评估左室和左房运动状态的方法<sup>[21-22]</sup>。国内学者<sup>[23]</sup>选取 65 例糖尿病和 40 例健康体检者(正常对照组),其中糖尿病患者按糖化血红蛋白控制水平分为血糖控制组 30 例和血糖控制不佳组 35 例;应用 3D-STI 技术分别检测各组心肌 GLS(3D-GLS)、GCS(3D-GCS)、GAS(3D-GAS)、GRS(3D-GRS)及常规超声心动图参数 LVEDV、LVESV、LVEF,结果显示,各组 LVEDV、LVESV、LVEF 比较差异均无统计学意义;而血糖控制组 3D-GLS 较正常对照组降低,血糖控制不佳组 3D-GLS、3D-GAS、3D-GCS、3D-GRS 均较其他两组降低,其中 3D-GLS 降低最为显著,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ),表明长期血糖控制不佳可导致左室心肌各个方向的收缩能力均受到损害,尤以心肌 3D-GLS 的损害更为明显。3D-GAS 是 3D-STI 技术特有的心肌应变参数,能准确反映左室收缩末期和舒张末期左室心内膜面积缩小的百分比,综合了纵向应变和圆周应变,体现了左室心肌在多个方向上的运动力学改变。另有研究<sup>[24]</sup>证实,糖尿病前期组和 DCM 组 3D-GAS 均较正常对照组降低,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ );表明 3D-GAS 可作为评估 LVEF 保留的糖尿病患者左心收缩功能的敏感指标。糖尿病患者在早期血糖控制良好且 LVEF 正常时,左室收缩功能已发生改变,3D-STI 技术可早期发现其心功能损害,3D-GLS 及 3D-GAS 或可成为血糖控制良好的糖尿病患者心功能损害的早期预测指标。

### 2.3D-STI 技术在糖尿病患者左房功能评估中的应用进展

3D-STI 技术是评估左房运动和形变的有效方法,重复性良好。既往研究<sup>[25-26]</sup>显示,与健康志愿者比较,左室舒张功能正常的糖尿病患者在常规超声心动图参数尚未出现显著变化时,3D-STI 技术所测 LASr 及 2D-STI 技术所测 LASr<sub>s</sub> 和 LASr<sub>e</sub> 均降低,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ );且与左房 2D-STI 参数相比,3D-STI 技术更能早期发现糖尿病患者左房重构。Jain 等<sup>[17]</sup>研究显示,与健康志愿者比较,左室功能正常的糖尿病患者 2D-STI 技术所测 LASc<sub>d</sub>、LASc<sub>t</sub> 和 LASr 均无明显改变;而 3D-STI 技术所测 LASr<sub>a</sub> 增高, LASr<sub>e</sub> 和 LASr 均降低,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。提示 3D-STI 技术较 2D-STI 技术能更早发现糖尿病患者左房功能改变,为临床评估糖尿病患者左房功能提供了一种可靠而有潜力的检测方法<sup>[27]</sup>。但是 3D-STI 技术也存在以下的缺点:①对帧频要求较高,当帧频过低时,图像无法识别;②患者肥胖、肋间隙窄等会引起二维超声图像欠清或者不清;③对有心律失常的患者,心动周期判断不准确<sup>[28-29]</sup>。

### 三、总结与展望

总之,STI 技术能提供左室和左房功能、心肌应变等定量参数信息,是早期检测糖尿病和 DCM 患者心肌损伤的敏感方法。其中 GLS 已成为糖尿病和 DCM 患者左室和左房功能检测的有效指标,具有较高的潜在应用价值。但是,STI 技术在临床准确诊断和预测 DCM 中依然存在一些局限性。首先,目前对于 STI 技术评估糖尿病患者心肌功能的研究样本量小且多为单中心,需更大规模的多中心随机研究;其次,STI 技术的诊断准确性依

赖于良好的图像质量,且目前缺乏公认的参考范围及规范的测量方式,从而难以完全替代传统的超声心动图参数。因此,STI 技术在临床应用中需与常规超声心动图、负荷超声心动图及心肌声学造影等多种技术结合,多参数综合评估,以进一步提高其准确性和敏感性,从而构建更加完善的糖尿病和 DCM 患者心功能评估体系。

### 参考文献

- [1] Lorenzo-Almorós A, Tuñón J, Orejas M, et al. Diagnostic approaches for diabetic cardiomyopathy[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2017, 16(1):28.
- [2] Nakamura K, Miyoshi T, Yoshida M, et al. Pathophysiology and treatment of diabetic cardiomyopathy and heart failure in patients with diabetes mellitus[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(7):3587.
- [3] Braunwald E. Diabetes, heart failure, and renal dysfunction: the vicious circles[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2019, 62(4):298-302.
- [4] Al Hroob AM, Abukhalil MH, Hussein OE, et al. Pathophysiological mechanisms of diabetic cardiomyopathy and the therapeutic potential of epigallocatechin-3-gallate[J]. *Biomed Pharmacother*, 2019, 109(1):2155-2172.
- [5] Jia G, Whaley-Connell A, Sowers JR. Diabetic cardiomyopathy: a hyperglycaemia- and insulin-resistance-induced heart disease[J]. *Diabetologia*, 2018, 61(1):21-28.
- [6] Plasek J, Rychly T, Drienikova D, et al. The agreement of a two- and a three-dimensional speckle-tracking global longitudinal strain[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(9):2402.
- [7] Ghoreyshi-Hefzabad SM, Jeyaprakash P, Gupta A, et al. Three-dimensional global left ventricular myocardial strain reduced in all directions in subclinical diabetic cardiomyopathy: a systematic review and Meta-analysis[J]. *J Am Heart Assoc*, 2021, 10(19):e20811.
- [8] Philouze C, Obert P, Nottin S, et al. Dobutamine stress echocardiography unmasks early left ventricular dysfunction in asymptomatic patients with uncomplicated type 2 diabetes: a comprehensive two-dimensional speckle-tracking imaging study[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2018, 31(5):587-597.
- [9] 韩红生,郑哲岚,王群萃,等.二维斑点追踪技术评价 2 型糖尿病合并微血管病变患者左心室收缩功能的价值[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2018, 15(3):178-183.
- [10] Zairi I, Mzoughi K, Kamoun S, et al. Impairment of left and right ventricular longitudinal strain in asymptomatic children with type 1 diabetes[J]. *Indian Heart J*, 2019, 71(3):249-255.
- [11] Liu J, Wang Y, Zhang J, et al. Dynamic evolution of left ventricular strain and microvascular perfusion assessed by speckle tracking echocardiography and myocardial contrast echocardiography in diabetic rats: effect of dapagliflozin[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2023, 10(1):1109946.
- [12] 吴婷,章春泉,龚良庚.超声分层应变技术评估糖耐量异常患者左心室收缩功能及同步性[J]. *中国医学影像学杂志*, 2021, 29(9):872-876.
- [13] 兰津,尹璐瑶,鲁洪涛,等.斑点追踪分层应变联合心肌做功技术

- 评价射血分数保留的心力衰竭患者左心室功能[J].中华超声影像学杂志,2021,30(10):836-842.
- [14] Li C, Yuan M, Li K, et al. Value of peak strain dispersion in discovering left ventricular dysfunction in diabetes mellitus [J]. Sci Rep, 2020, 10(1):21437.
- [15] Katogiannis K, Vlastos D, Kousathana F, et al. Echocardiography, an indispensable tool for the management of diabetics, with or without coronary artery disease, in clinical practice [J]. Medicina (Kaunas), 2020, 56(12):709.
- [16] Aimo A, Fabiani I, Giannoni A, et al. Multi-chamber speckle tracking imaging and diagnostic value of left atrial strain in cardiac amyloidosis [J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2022, 24(1):130-141.
- [17] Jain V, Ghosh R, Gupta M, et al. Contemporary narrative review on left atrial strain mechanics in echocardiography: cardiomyopathy, valvular heart disease and beyond [J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2021, 11(3):924-938.
- [18] Miskowicz D, Karolina K, Michalski BW, et al. Left atrial dysfunction assessed by two-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with impaired left ventricular ejection fraction and sleep-disordered breathing [J]. Echocardiography, 2016, 33(1):38-45.
- [19] 郭华丽, 王倩, 侯志敏, 等. 二维斑点追踪评价糖尿病患者左房功能的价值 [J]. 临床超声医学杂志, 2020, 22(9):651-654.
- [20] Davarpassand T, Hosseinsabet A, Omid F, et al. Interaction effect of diabetes and acute myocardial infarction on the left atrial function as evaluated by 2-D speckle-tracking echocardiography [J]. Ultrasound Med Biol, 2020, 46(6):1490-1503.
- [21] Kim HM, Hwang IC, Yoon YE, et al. Prediction of deterioration of left ventricular function using 3-Dimensional speckle-tracking echocardiography in patients with left bundle-branch block [J]. J Am Heart Assoc, 2023, 12(1):e26194.
- [22] Chen X, Guo H, Yang Q, et al. Quantitative evaluation of subclinical left ventricular dysfunction in patients with type 2 diabetes mellitus by three-dimensional echocardiography [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2020, 36(7):1311-1319.
- [23] 赵洋, 黄朴忠, 姜艳娜, 等. 三维斑点追踪技术评价糖尿病患者左心室整体收缩功能 [J]. 中国超声医学杂志, 2017, 33(8):686-689.
- [24] Wang Q, Fu C, Xia H, et al. Elevated plasma homocysteine level associated with further left ventricular structure and function damages in type 2 diabetic patients: a three-dimensional speckle tracking echocardiography study [J]. Metab Syndr Relat Disord, 2021, 19(8):443-451.
- [25] 刘山俊, 甘玲, 尹家保, 等. 三维斑点追踪技术评价 2 型糖尿病左心房功能 [J]. 影像诊断与介入放射学, 2018, 27(6):457-462.
- [26] Liu Y, Wang K, Su D, et al. Noninvasive assessment of left atrial phasic function in patients with hypertension and diabetes using two-dimensional speckle tracking and volumetric parameters [J]. Echocardiography, 2014, 31(6):727-735.
- [27] Dogdus M, Dindas F, Akhan O, et al. Impaired left atrial strain in the presence of interatrial block in patients with type 2 diabetes mellitus [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2021, 37(7):2127-2134.
- [28] Mohseni-Badalabadi R, Mehrabi-Pari S, Hosseinsabet A. Evaluation of the left atrial function by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in diabetic patients with obesity [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2020, 36(4):643-652.
- [29] Li X, Dong Y, Zheng C, et al. Assessment of real-time three-dimensional echocardiography as a tool for evaluating left atrial volume and function in patients with type 2 diabetes mellitus [J]. Aging (Albany NY), 2020, 13(1):991-1000.

(收稿日期:2023-03-31)

## 超声及影像学专业常用术语中英文对照

CDFI (color Doppler flow imaging) —— 彩色多普勒血流成像  
 CT (computed tomography) —— 计算机断层成像  
 CTA —— CT 血管造影  
 PET (positron emission tomography) —— 正电子发射计算机断层显像  
 DSA (digital subtraction angiography) —— 数字减影血管造影技术  
 MRI (magnetic resonance imaging) —— 磁共振成像  
 MRA (magnetic resonance angiography) —— 磁共振血管造影  
 今后本刊将在文中直接使用以上专业术语的英文缩写, 不再注明英文全称。

本刊编辑部