

三维斑点追踪成像评估左房功能的研究进展

刘瑞中 王 飞 赖玉琼

摘 要 左房在维持正常的收缩与舒张功能,以及预测心血管疾病患者预后等方面均具有重要的价值。传统超声心动图对左房功能的评估基于左房长度、面积及容积的测量,但在心脏疾病早期对左房功能评估具有一定的局限性。近年来,随着超声技术的不断发展,三维斑点追踪成像可以在左房解剖结构变化之前发现左房时相功能的变化,在心脏疾病的早期诊断及评估预后方面有着重要价值。本文就三维斑点追踪成像在评估左房功能方面的价值进行综述。

关键词 斑点追踪成像,三维;心房功能,左;应变;应变率

[中图分类号]R540.45

[文献标识码]A

Progress of three-dimensional speckle tracking imaging in evaluating left atrial function

LIU Ruizhong, WANG Fei, LAI Yuqiong

Department of Cardioultrasound, Affiliated Foshan Hospital of Sun Yat-Sen University, Guangdong 528000, China

ABSTRACT Left atrium plays a critical role in maintaining the normal left ventricular systolic and diastolic function and predicting the prognosis of patients with cardiovascular events. Conventional echocardiography detect left atrium dysfunction through mono-dimensional left atrial diameter quantification, bi-dimensional areas and volume estimation. The conventional parameters are often normal in early stage of the diseases, so there are some limits in evaluating the left atrial function early. Recently, with the progress of the echocardiography, especially three-dimensional speckle tracking imaging (3D-STI), it allows discovering the changes of left atrial function before anatomical alteration occurs and has great values in the diagnosis of the cardiovascular disease early and assessing the prognosis of diseases. The role of 3D-STI in evaluating left atrial function is reviewed in this article.

KEY WORDS Speckle tracking imaging, three-dimensional; Left atrial function, left; Strain, strain rate

左房位于心脏的左后上方,与右房比邻,由深、浅层两层心肌包裹,浅层心肌沿横径方向走行,深层心肌沿纵行、环行走行,形成了左房三维立体空间及心肌运动的复杂性。左房在心动周期中发挥存储、通道、辅助泵的功能,在调节左室充盈方面具有重要作用。相对于左室而言,左房壁薄,更易受压力及容量负荷的影响,在左室结构和功能改变之前便出现结构和功能的异常。研究^[1]表明,左房扩大与心房颤动、卒中、充血性心力衰竭及心肌梗死后全因死亡率密切相关,是心血管事件发生的强预测因子。因此,左房功能的系统评估,在心血管疾病及非心血管疾病的早期诊断及预后评估方面均有着重要的价值。传统超声心动图通过左房的前后径线、面积、容积,以及二尖瓣、肺静脉血流频谱等参数,对左房功能进行初步估测。基于传统超声参数本身的局限性,上述参数在疾病早期往往未见明显异常。斑点追踪成像(speckle tracking imaging, STI)通过对心肌组织的声学斑点进行追踪,无创地测量心肌组织在心动周期

的长度变化(应变)、变化率(应变率)、扭转及旋转角度,对心脏的局部与整体功能进行定量评价。与组织多普勒相比,具有无角度依赖性、相对不受邻近组织牵拉影响的优点。由于左房的三维立体结构及心肌运动的复杂性,二维斑点追踪成像(2-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI)可能存在“跨平面失追踪”现象。三维斑点追踪成像(3-dimensional speckle tracking imaging, 3D-STI)是在实时三维超声心动图及2D-STI技术基础上发展而来的新技术,可在三维空间上识别并追踪心肌斑点的运动轨迹,克服了2D-STI的空间局限性,提供心脏腔室的动态容积数据,准确评估左房的容积及时相功能变化。本文就3D-STI评估左房功能进行综述。

一、3D-STI评价左房时相功能相关参数

3D-STI追踪左房三维运动轨迹并逐帧比较,定量测量心肌运动,得到左房的时间-容积曲线,测量左房最大容积(LAV_{max})、左房最小容积(LAV_{min})、左房收缩前容积(LAV_{pre}),并

由此计算左房总射血分数(LATEF)、左房被动血分数(LAPEF)、左房主动血分数(LAAEF),同时测量左房心肌不同时相整体和节段的纵向应变(LS)、圆周应变(CS)、径向应变(RS)、面积应变(AS)及应变率(SR)。左房心肌不同时相的峰值应变、应变率及排空分数可以反映左房的时相功能^[2]。左房心肌各壁收缩期平均峰值应变、应变率及LATEF可反映左房存储功能,左房心肌各壁舒张早期平均峰值应变、应变率及LAPEF可反映左房通道功能,左房心肌各壁舒张晚期平均峰值应变、应变率及LAAEF可反映左房辅助泵功能^[3]。

二、3D-STI评价左房功能的临床应用

1. 高血压病:高血压病近年来发病率增加,成为临床上常见的心血管疾病。患者因长期后负荷增加,造成左室心肌细胞肥大、间质纤维化,僵硬性增加,导致左室顺应性降低,最终引起左室舒张功能障碍。高血压病患者由于舒张功能受损,左室充盈压升高,造成左房残余血量增加,根据Frank-Starling定律,左房代偿性增强收缩^[4]。随着心房壁心肌间质胶原纤维合成增加,左房变形能力降低,造成左房顺应性降低,进而引起左房存储功能、通道功能的下降。随着舒张功能的进行性降低,左房纤维化进行性加重,左房辅助泵功能失代偿,出现左房结构和功能的异常^[5]。研究^[6]表明高血压病患者初期,在左房结构类型未发生改变之前,其房壁心肌已经出现异常运动,STI可早期发现高血压病患者左房功能变化,对早期干预具有重要意义。张瑞芳等^[7]将70例高血压病患者根据夜间血压下降是否 $\geq 10\%$,分为勺型组和非勺型组,利用3D-STI研究发现,高血压组左房整体纵向峰值应变(GLPS)、左房整体径向峰值应变(GRPS)、左房整体圆周峰值应变(GCPS)、左房整体面积峰值应变(GAPS)及左房射血分数(LAEF)均较正常对照组明显降低(均 $P<0.05$),非勺型组上述各参数均较勺型组下降更明显(均 $P<0.05$);而常规超声心动图参数未能检测到勺型组、非勺型组患者左房结构与功能的差异。分析原因可能是由于非勺型高血压病患者血压昼夜波动幅度低,长时间维持较高的心脏后负荷,左房功能进一步变差。非勺型高血压病患者发生心脑血管事件的风险更高也可能与此相关。Onish等^[8]利用3D-STI研究血压控制良好的高血压病患者左房功能,发现与健康成人相比,其LAAEF增加,LAPEF降低(均 $P<0.05$),说明高血压病患者即使血压控制良好,其左房时相功能已发生代偿性改变。陈晓沛等^[9]研究也发现左室构型正常的高血压病患者GLPS、GCPS、GRPS、LAPEF均较健康成人降低,LAAEF较健康成人增加(均 $P<0.05$)。由此可见,3D-STI可早期、准确地评价高血压病患者左房时相功能,于左室结构发生明显变化前敏感地发现左房功能变化,为临床早期干预提供参考依据。

2. 糖尿病:糖尿病是一种以糖代谢紊乱为基础的疾病。长期持续的高血糖引起糖基化代谢产物在心肌间质及心肌细胞内皮下沉积,导致心肌弥漫性纤维化及糖尿病微血管病变的发生,造成心肌细胞缺血性损伤,最终导致心脏收缩、舒张功能障碍,左房可先于心脏重构之前出现左房容积及心肌应变的变化^[10]。刘山俊等^[11]应用3D-STI检测2型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)患者的左房功能,研究发现与对照组比较,收缩期和舒张早期左房整体长轴应变均降低,舒张晚期左房整体长

轴应变增高,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);而常规超声心动图和2D-STI检测参数均未见明显异常。提示在糖尿病早期,患者的左房存储、通道功能降低,辅助泵功能代偿性增强。Nemes等^[12]应用3D-STI检测17例1型糖尿病患者(糖尿病组)的左房容积及其功能,研究发现糖尿病组LAV_{max}、LAV_{min}、LAV_{pre}均较健康对照组明显增加,平均节段圆周峰值应变较健康对照组减少,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);而两组传统超声心动图参数比较差异均无统计学意义。因此3D-STI可较常规超声心动图及2D-STI早期发现糖尿病患者左房功能的改变。

3. 心房颤动(以下简称房颤):房颤是临床上最常见的心律失常,其发生卒中、血管栓塞、心力衰竭的风险大。早期评价房颤患者的左房功能有助于临床上早期治疗。导管消融术是治疗房颤的有效方法之一,但房颤患者术后约1/3的患者会复发,而以往常以房颤类型、左房大小、年龄、血清脑钠肽水平、CHADS2评分作为预测房颤患者导管消融术之后复发的指标^[13]。研究^[14]发现,心房纤维化是心房重塑的表现,在房颤患者中十分常见,心房纤维化的程度与导管消融术术后是否复发明显相关。Marrouche等^[15]认为评估心房纤维化程度可预测导管消融术后远期效果。相关研究^[16]表明,左房应变与心房纤维化程度密切相关,且左房应变是导管消融术术后复发的独立预测指标。Mochizuki等^[17]应用3D-STI检测房颤患者导管消融术后左房功能,发现左房GAPS是术后复发的独立预测因子。3D-STI可识别术后复发高风险者,为临床早期干预提供依据。同时该研究还发现房颤患者整体应变达峰时间标准差增加,证实3D-STI可发现左房收缩的不同步性。Watanabe等^[18]应用3D-STI观察房颤患者功能重构与电重构的关系,发现其可指导导管消融的路径制定。总之,3D-STI可定量、准确地评价房颤患者心功能,早期发现房颤患者左房功能的异常并预测射频消融术后远期复发的风险。

4. 慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD):近年来,CKD已成为威胁人类健康的全球性公共卫生问题,CKD患者由于水钠潴留、高血压、钙磷代谢异常、贫血,以及肾性毒素对心肌损害,其发生心血管事件的风险大大提高,且随肾功能的减退,心血管事件的发病率增加,心血管疾病是CKD患者的主要死亡原因^[19]。CKD患者心脏受前、后负荷及心肌毒素的影响,导致心肌纤维化和顺应性降低,最终引起左房重构及左房功能失代偿。Papadopoulos等^[20]应用3D-STI检测终末期肾脏病(end stage renal disease, ESRD)患者的左房功能并对其进行随访,根据发生房颤与否,分为房颤组与非房颤组;与非房颤组比较,ESRD房颤组左房平均纵向应变及应变率均明显降低[(17±7)% vs. (27±9)%],(-1.19±0.50)s⁻¹ vs. (-1.95±0.50)s⁻¹,均 $P<0.001$],并且发现左房平均纵向应变及应变率是预测ESRD患者发生房颤与否的敏感超声指标,提示3D-STI可早期评估ESRD发生房颤的风险。李英涛等^[21]应用3D-STI检测ESRD患者的左房收缩功能,根据LAEF是否 $>40\%$,将其分为左房收缩功能正常组(A组)、左房收缩功能减低组(B组);研究发现ESRD患者GLPS、GCPS、GRPS、3D-LAEF均较正常对照组降低,且B组低于A组(均 $P<0.05$);提示3D-STI可早期发现尿毒症患者的左房收缩功能异常。

5. 其他: 肥厚型心肌病(hypertrophic cardiomyopathy, HCM)是以心肌非对称性肥厚为特征, 主要表现为舒张功能障碍。由于左室舒张末压增高, 左房时相功能可表现为不同程度的异常。张瑞芳等^[22]应用3D-STI评价HCM患者左房面积应变变化, 与对照组比较, HCM患者左房局部及整体峰值AS均降低($P < 0.05$), 表明HCM患者左房局部与整体功能均受损。心肌淀粉样变形是由于淀粉样物质沉积在心脏, 导致心肌舒张受限的一类心肌病。Mohty等^[23]研究发现, 与健康对照组比较, 3D-STI所测心脏淀粉样变患者左房纵向峰值应变(3D-PALS)、3D-LATEF均降低(均 $P < 0.05$), 且当3D-LATEF $< +34\%$ 、3D-PALS $< +14\%$, 其2年生存率明显降低[(60±8)% vs. (68±7)% vs. (63±7)% vs. (70±7)%], 均 $P < 0.05$ 。

三、3D-STI的局限性

3D-STI评价左房功能存在以下局限性: ①左房相对于左室, 解剖形态不规则、心房肌菲薄, 不易追踪; ②目前无针对左房的分析软件; ③图像质量要求较高; ④要求受检查者心电图有规则的R-R间期, 并能配合呼吸以减少呼吸运动的干扰; ⑤需要手动追踪或调整心内膜边界, 具有一定的主观性, 对操作者的经验有一定的依赖性。

综上所述, 3D-STI可通过追踪左房在三维空间上的运动和形变, 准确评估左房容积及其心肌应变, 在其结构变化之前, 发现其时相功能的细微变化, 为早期评估各亚临床疾病的左室收缩、舒张功能提供依据。

参考文献

- [1] Kizer JR, Bella JN, Palmieri V, et al. Left atrial diameter as an independent predictor of first clinical cardiovascular events in middle-aged and elderly adults: the Strong Heart Study (SHS) [J]. *Am Heart J*, 2006, 151(2): 412-418.
- [2] Rimbas RC, Vinereanu D. Left atrial regional phasic strain, strain rate and velocity by speckle-tracking echocardiography: normal values and effects of aging in a large group of normal subjects--our reply [J]. *Int J Cardiol*, 2014, 174(1): 219-222.
- [3] HOIT B D. Left atrial size and function: role in prognosis [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(6): 493-505.
- [4] Anwar AM, Geleijnse ML, Soliman OI, et al. Left atrial Frank-Starling law assessed by real-time, three-dimensional echocardiographic left atrial volume changes [J]. *Heart*, 2007, 93(11): 1393-1397.
- [5] 易懿, 刘旭. 心房纤维化机制的研究进展 [J]. *国际心血管病杂志*, 2018, 45(3): 146-148, 164.
- [6] Thomas L, Abhayaratna WP. Left atrial reverse remodeling: mechanisms, evaluation, and clinical significance [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2017, 10(1): 65-77.
- [7] 张瑞芳, 杨凌霄, 郭玮涛, 等. 三维斑点追踪技术评价高血压患者左房收缩功能的初步研究 [J]. *中国超声医学杂志*, 2015, 31(11): 988-990.
- [8] Onish N, Kawasaki M, Tanaka R, et al. Comparison between left atrial features in well-controlled hypertensive patients and normal subjects assessed by three-dimensional speckle tracking echocardiography [J]. *J Cardiol*, 2014, 63(4): 291-295.
- [9] 陈晓沛, 姜志荣, 田雨, 等. 三维斑点追踪成像评价原发性高血压患者早期左心房功能 [J]. *中国超声医学杂志*, 2019, 35(4): 321-323.
- [10] 孙秀云, 赵兴长, 吕镛. 二维斑点追踪技术在评价2型糖尿病患者早期左心房功能中的应用 [J]. *临床心血管病杂志*, 2016, 32(5): 480-483.
- [11] 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.
- [12] Nemes A, Piros GA, Lengyel C, et al. Complex evaluation of left atrial dysfunction in patients with type 1 diabetes mellitus by three-dimensional speckle tracking echocardiography: results from the MAGYAR-Path Study [J]. *Anatol J Cardiol*, 2016, 16(8): 587-593.
- [13] Bunch TJ, May HT, Bair TL, et al. The impact of age on 5-year outcomes after atrial fibrillation catheter ablation [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2016, 27(2): 141-146.
- [14] Kuppahally SS, Akoum N, Burgon NS, et al. Left atrial strain and strain rate in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation: relationship to left atrial structural remodeling detected by delayed-enhancement MRI [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2010, 3(3): 231-239.
- [15] Marrouche NF, Wilber D, Hindricks G, et al. Association of atrial tissue fibrosis identified by delayed enhancement MRI and atrial fibrillation catheter ablation: the DECAAF study [J]. *Jama*, 2014, 311(5): 498-506.
- [16] Cameli M, Lisi M, Righini FM, et al. Usefulness of atrial deformation analysis to predict left atrial fibrosis and endocardial thickness in patients undergoing mitral valve operations for severe mitral regurgitation secondary to mitral valve prolapse [J]. *Am J Cardiol*, 2013, 111(4): 595-601.
- [17] Mochizuki A, Yuda S, Fujito T, et al. Left atrial strain assessed by three-dimensional speckle tracking echocardiography predicts atrial fibrillation recurrence after catheter ablation in patients with paroxysmal atrial fibrillation [J]. *J Echocardiogr*, 2017, 15(2): 79-87.
- [18] Watanabe Y, Nakano Y, Hidaka T, et al. Mechanical and substrate abnormalities of the left atrium assessed by 3-dimensional speckle-tracking echocardiography and electroanatomic mapping system in patients with paroxysmal atrial fibrillation [J]. *Heart Rhythm*, 2015, 12(3): 490-497.
- [19] Mencarelli F, Fabi M, Corazzi V, et al. Left ventricular mass and cardiac function in a population of children with chronic kidney disease [J]. *Pediatr Nephrol*, 2014, 29(5): 893-900.
- [20] Papadopoulos CE, Pagourelis E, Bakogiannis C, et al. Left atrial deformation as a potent predictor for paroxysmal atrial fibrillation in patients with end-stage renal disease [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2018, 34(9): 1393-1401.
- [21] 李英涛, 章蓉, 刘伟刚, 等. 三维斑点追踪技术评价尿毒症患者左心房收缩功能 [J]. *中国超声医学杂志*, 2018, 34(3): 225-227.
- [22] 张瑞芳, 武丽娜, 刘会若, 等. 超声三维斑点追踪技术评价肥厚型心肌病患者左心房心肌面积应变 [J]. *中国医学影像技术*, 2014, 30(7): 1023-1027.
- [23] Mohty D, Petitalot V, Magne J, et al. Left atrial function in patients with light chain amyloidosis: a transthoracic 3D speckle tracking imaging study [J]. *J Cardiol*, 2018, 71(4): 419-427.