综述

Progresses of echocardiography for diagnosis and resynchronization therapy of left bundle branch block

SUN Jiaying, HUANG Yunzhou*, WANG Cuihua
(Department of Ultrasound, TEDA International Cardiovascular Hospital, Tianjin 300457, China)

[**Abstract**] Echocardiography can detect myocardial systolic function and dyssynchrony caused by left bundle branch block (LBBB), hence guiding the selection of candidates for cardiac resynchronization therapy (CRT). The application of echocardiography in diagnosing LBBB and selecting candidates for CRT were reviewed in this article.

[**Keywords**] bundle-branch block; echocardiography; cardiac resynchronization therapy
DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2022.11.034

超声心动图用于诊断和再同步化治疗左束支传导阻滞进展

孙佳英,黄云洲*,王翠华
(泰达国际心血管病医院超声科,天津 300457)

[**摘 要**] 超声心动图可检测左束支传导阻滞(LBBB)所致心肌收缩功能及心肌运动不同步,指导筛选心脏再同步化治疗(CRT)适应证。本文对超声心动图在诊断 LBBB 和筛选 CRT 适应证中的应用进展进行综述。

[**关键词**] 束支传导阻滞; 超声心动描记术; 心脏再同步化治疗
[**中图分类号**] R541; R540.45 [**文献标识码**] A [**文章编号**] 1003-3289(2022)11-1743-04

左束支传导阻滞(left bundle branch block, LBBB)为电传导障碍性心律失常,继发于心力衰竭(简称心衰)时可致病情迅速恶化,或使心脏结构正常且无明显症状者发生心衰[1]。心脏再同步化治疗(cardiac resynchronization therapy, CRT)的临床应用极大地改善了 LBBB 伴心衰患者的预后,使 LBBB 或 QRS 波持续时间≥150 ms 的心衰患者获益[2],但对部分患者效果不佳[3]:并非所有 LBBB 患者均存在左心室收缩不同步[4],由心肌本身病变引发心衰者很难从 CRT 受益[5],故严格筛选适应证非常重要。

1 M 型和二维超声

M 型超声中的室间隔闪烁(septal flash, SF)现象和二维超声中的心尖摆动现象是 LBBB 较具特征性表现。

1.1 SF 现象 指 M 型超声显示室间隔在射血前期快速向内和向外的非典型运动[6-7]。GJESDAL 等[8]阐述其机制如下:LBBB 时,室间隔提前发生主动收缩向左运动,此时左心室内压力方向向左,推动左心室侧壁被动拉伸;随后左心室侧壁开始主动收缩,使左心室内压力向右,推动室间隔被动拉伸,而非增加左心室排血;室间隔和左心室侧壁的这种异常运动类似于室壁瘤,导致其无效收缩且耗能。WANG 等[9]发现 SF 可见于 55%的 LBBB 患者;孤立性 LBBB 患者中,SF 与左心室整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)呈负相关,故 SF 可预测孤立性 LBBB 患者左心室整体收缩功能恶化。李光源等[10]认为 SF 的面积与左心室收缩功能呈负相关,而其幅度则与后者无明显相关。CORTEVILLE 等[6]发现 42.5%的 LBBB 患者存在 SF,此类患者的 QRS 波持续时间较无 SF 者更长,认为 SF 可作为简单、快速且特异识别真性 LBBB 的超声特征,用于预测患者对 CRT 的反应。STANKOVIC 等[11]报道,SF 预测 LBBB 患者 CRT 术

[**第一作者**] 孙佳英(1982—),女,河北辛集人,硕士,主治医师。研究方向:心血管疾病超声诊断。E-mail: sunjiayinghappy@126.com
[**通信作者**] 黄云洲,泰达国际心血管病医院超声科,300457。E-mail: w32a2003@163.com
[**收稿日期**] 2021-12-28 [**修回日期**] 2022-04-28

后左心室逆重构的敏感度为 84%，特异度为 79%，准确率为 82%。AALEN 等[12]通过射频消融诱导犬出现 LBBB，分别阻断左回旋支和左前降支后，左心室侧壁功能障碍和瘢痕可减轻甚至消除 SF，而左心室前壁功能障碍则加重 SF，提示以 SF 评价非同步化时应考虑左心室侧壁收缩功能及瘢痕。

1.2　心尖摆动现象　在等容收缩期，室间隔短暂的提前收缩导致其短暂向内运动、左心室侧壁被动拉伸，心尖向室间隔运动；而在收缩期，左心室侧壁的延迟收缩伴随室间隔被动拉伸，使心尖向左心室侧壁运动；此种左心室心尖运动模式称为心尖摆动[13]。心尖摆动发生率在 LBBB 患者为 45%，在 QRS 波持续时间≥150 ms者为 53%，而在 QRS 波持续时间＜150 ms 者则为 30%[13]。STANKOVIC 等[11]发现，以心尖摆动预测 LBBB 患者 CRT 术后左心室逆重构的敏感度为 79%，特异度为 74%，准确率为 77%。多项研究[11,13-15]结果表明，心尖摆动可用于筛选 CRT 适应证，并为 CRT 患者长期预后的独立预测因子。

2　组织多普勒成像

以组织多普勒成像（tissue Doppler imaging，TDI）及其衍生的应变率技术所见纵向延迟收缩心肌范围可预测 CTR 术后左心室功能恢复[16-17]。YU 等[18]发现，根据 TDI 所测非同步化参数——左心室基底段和中间段十二节段达峰时间最大差值≥100 ms、室间隔-侧壁达峰时间差值≥60 ms 及十二节段达峰时间标准差≥33 ms 均能较好地预测心衰患者 CRT 术后左心室逆向重构，其敏感度分别为 92%、70%和 93%，特异度分别为 68%、76%和 78%；但 CHUNG 等[19]的多中心前瞻性研究未得到类似结果。TDI 存在方向依赖性，故无法用于评估心尖心肌运动。

3　斑点追踪成像

斑点追踪成像（speckle tracking echocardiography，STE）技术无角度依赖性，可评估心肌收缩功能和同步性。

3.1　壁间峰值延迟　径向应变同步性取决于前间隔与左心室后壁之间的峰值延迟，纵向应变同步性则取决于心尖四腔心切面室间隔与左心室侧壁之间的峰值延迟，峰值延迟≥130 ms 提示显著不同步[20]；但壁间峰值延迟仅为时间参数，并不能反映室壁运动情况，瘢痕引起的室壁矛盾运动也可表现为壁间峰值延迟≥130 ms[21]，而患者并无真正的左心室运动不同步。

3.2　经典 LBBB 应变曲线　在 LBBB 患者心尖四腔心切面可得到经典 LBBB 应变曲线，须同时满足以下各项[22-23]如下：①至少 1 个节段（基底段或中间段）室间隔提前缩短及至少 1 个节段左心室侧壁（基底段或中间段）提前拉伸；②室间隔提前缩短的峰值出现在射血期的前 70%时间内；③侧壁缩短最低点在主动脉瓣关闭之后；如不能同时满足，则为异构 LBBB 应变曲线。

经典 LBBB 应变曲线可反映左心室的延迟激动。RISUM 等[22]发现 62.5%的 LBBB 患者存在经典 LBBB 应变曲线，在 30%的 QRS 波持续 120～140 ms 者、65%的 QRS 波持续＞140 ms 者可见经典 LBBB 应变曲线。缺乏经典 LBBB 应变曲线与 CRT 术后无反应或病情加重有关[22-23]，40%异构 LBBB 应变曲线者术后发生不良事件，而在经典者仅为 14%。RISUM 等[23]根据 LBBB 应变曲线将 66 例接受 CRT 治疗的心衰合并 LBBB 患者分为经典组（43 例）和异构组（23 例），经典组 41 例、异构组仅 2 例对 CRT 有效应答；以经典 LBBB 应变曲线预测 CRT 有效应答率的敏感度为 95%，特异度为 91%。此外，亦有研究[24]发现经典 LBBB 径向应变曲线也可预测 CRT 预后；经 STE 软件获得的 LBBB 圆周应变模式与 MRI 结果相关[25]。

3.3　室间隔变形模式　LEENDERS 等[26]以计算机模拟 LBBB 患者的 3 种室间隔变形模式：模式 1，通过模拟典型 LBBB 非同步性心室激活获得，左心室侧壁和室间隔收缩均正常，表现为双收缩峰值模式；模式 2，通过在模式 1 基础上降低室间隔收缩力获得，表现为射血前期提前收缩伴明显收缩期拉伸；模式 3，通过在模式 1 基础上降低左心室侧壁收缩力获得，表现为延迟收缩及收缩末拉伸均不明显。研究[27]发现，根据室间隔应变模式可预测 CRT 术后心肌逆重构，模式 1 的 GLS 明显高于模式 2、3，模式 1、2 对 CRT 反应良好且优于模式 3。SLETTEN 等[28]发现左心室射血分数（left ventricular ejection fraction，LVEF）保留的 LBBB 患者，射血前期室间隔提前收缩、在射血期继续收缩；在 LVEF 中、重度减低的 LBBB 患者，室间隔在射血前期提前收缩后，在射血期出现回弹伸展而非收缩，提示室间隔和左心室游离壁的收缩性有助于预测 CRT 反应。

3.4　心肌做功（myocardial work，MW）　MW 是结合 STE 应变曲线，以非侵入性方法测量左心室压力而获得的压力-应变曲线，克服了传统方法对后负荷的依赖性。EchoPAC 软件所测 MW 参数包括有用功（constructive work，CW）、无用功（wasted work，WW）、做功效率（work efficiency，WE）、整体 CW（global CW，GCW）、整体 WW（global WW，GWW）

及整体 WE(global WE, GWE)。LBBB 致心功能下降的机制可能为室间隔对左心室收缩功能的影响下降,使左心室游离壁负荷增加,进而发生心室重构甚至失代偿[29-31]。SLETTEN 等[28]发现,相比健康人,LVEF 保留的 LBBB 患者室间隔做功显著降低、左心室侧壁做功增多;LVEF 重度减低的 LBBB 患者左心室侧壁做功亦减低,室间隔功能障碍是 LBBB 患者整体左心室功能恶化的最初驱动因素,左心室侧壁失代偿时,其整体收缩功能下降。左心室侧壁收缩功能失代偿是 LBBB 患者出现心衰的表现,提示 CRT 效果不理想;纤维化可能是部分患者 CRT 术后左心室功能恢复不良的原因之一,左心室侧壁功能降低时段可能是施行 CRT 的最佳时机[28]。

3.5 收缩拉伸指数 LUMENS 等[32]用计算机模拟程序模拟 LBBB,设计了一种基于径向应变的指数,即收缩拉伸指数(systolic stretch index, SSI),可用于识别 CRT 的电机械不同步及非电信号引起的不同步(如瘢痕等)。除电不同步性外,局部室壁收缩功能变化也可影响左心室室壁之间的运动延迟。有学者[32]以计算机模拟改变不同室壁之间的收缩力,发现峰值延迟参数增加,而此时各室壁间的运动并非真正不同步;左心室壁瘢痕形成增加室壁运动延迟;进一步观察左心室负荷条件对左心室机械非同步化的影响,发现后负荷增加可致更严重的机械不同步、减少后负荷则可减轻机械不同步,提示壁间峰值延迟参数不仅与心肌运动不同步有关,还与室壁局部收缩和后负荷有关;SSI<9.7%者 CRT 术后 2 年内因心衰住院率或死亡率均显著增加,且在心电图显示 QRS 波中等持续时间(120～149 ms)患者中,SSI≥9.7%患者中,心脏移植或需左心室辅助装置者占比更低。

4 实时三维超声心动图

利用实时三维超声心动图(real-time three-dimensional echocardiography, RT-3DE)可得到左心室整体及 17 节段的时间-容积曲线,测量各节段(除心尖帽)达到最小容积的时间最大差(Tmsv16-Dif%)和标准差(Tmsv16-SD%)可反映左心室运动的同步性[33],评价左心室容积变化及整体收缩功能[34]。吴沛营等[33]发现 LBBB 患者希氏束起搏术前各节段时间-容积曲线无序,术后 1 个月曲线排列较为有序且运动幅度增加,术后 6 个月曲线排列更为有序;且术后 LVEF 提高,Tmsv16-Dif%和 Tmsv16-SD%减小,提示希氏束起搏可纠正机械运动不同步,进而逆转心室重构、提高左心室收缩功能。左心室收缩不同步指数(systolic dyssynchrony index, SDI)即左心室 16 个节段达到最小容积时间的标准差被标准化为整个心动周期的百分比,可准确预测 CRT 术后 LVEF 改善和左心室收缩末容积减小[35]。RT-3DE 可在 1 个心动周期内评价各节段的室壁运动,但受图像质量及帧频影响较大,且存在左心室过大时不能将左心室所有节段包含在扫描容积内的可能。

5 小结与展望

近年来,超声心动图对于筛选 LBBB 患者中的 CRT 适应证发挥着越来越重要的作用,但仍缺乏相应指南。传统的壁间延迟参数不仅与心肌机械运动不同步有关,还与室壁的局部收缩功能和后负荷有关;SF 现象、心尖摆动、STE 衍生的各种参数及 RT-3DE 可更好地评估机械运动不同步,预测患者对 CRT 的反应,尤其适用于 QRS 波持续 120～149 ms 者。此外,超声心动图还可明确心肌收缩力、识别心肌瘢痕,未来有望指导选择施行 CRT 的最佳时机。

[参考文献]

[1] SZE E, DAUBERT J P. Left bundle branch block-induced left ventricular remodeling and its potential for reverse remodeling[J]. J Interv Card Electrophysiol, 2018,52(3):343-352.

[2] ZAREBA W, KLEIN H, CYGANKIEWICZ I, et al. Effectiveness of cardiac resynchronization therapy by QRS morphology in the multicenter automatic defibrillator implantation trial-cardiac resynchronization therapy (MADIT-CRT)[J]. Circulation, 2011,123(10):1061-1072.

[3] SOMMER A, KRONBORG M B, NØRGAARD B L, et al. Multimodality imaging-guided left ventricular lead placement in cardiac resynchronization therapy: A randomized controlled trial[J]. Eur J Heart Fail, 2016,18(11):1365-1374.

[4] GALEOTTI L, van DAM P M, LORING Z, et al. Evaluating strict and conventional left bundle branch block criteria using electrocardiographic simulations[J]. Europace, 2013,15(12):1816-1821.

[5] KASS D A. An epidemic of dyssynchrony: But what does it mean?[J]. J Am Coll Cardiol, 2008,51(1):12-17.

[6] CORTEVILLE B, DE POOTER J, DE BACKER T, et al. The electrocardiographic characteristics of septal flash in patients with left bundle branch block[J]. Europace, 2017,19(1):103-109.

[7] REMME E W, NIEDERER S, GJESDAL O, et al. Factors determining the magnitude of the pre-ejection leftward septal motion in left bundle branch block[J]. Europace, 2016,18(12):1905-1913.

[8] GJESDAL O, REMME E W, OPDAHL A, et al. Mechanisms of abnormal systolic motion of the interventricular septum during left bundle-brunch block[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2011,4(3):264-273.

[9] WANG Y, LI G, MA C, et al. Predictive value of septal flash for reduction of left ventricular systolic function as reflected by global longitudinal strain using echocardiography in patients with

isolated complete left bundle-branch block[J]. Circ J, 2018, 82(8):2111-2118.

[10] 李光源,孟平平,马春燕,等.室间隔闪烁现象对左束支传导阻滞患者左心室功能及收缩同步性的影响[J].中华超声影像学杂志,2018,27(2):118-122.

[11] STANKOVIC I, PRINZ C, CIARKA A, et al. Relationship of visually assessed apical rocking and septal flash to response and long-term survival following cardiac resynchronization therapy (PREDICT-CRT)[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016, 17(3):262-269.

[12] AALEN J M, REMME E W, LARSEN C K, et al. Mechanism of abnormal septal motion in left bundle branch block: Role of left ventricular wall interactions and myocardial scar[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2019,12(12):2402-2413.

[13] GHANI A, DELNOY P P, OTTERVANGER J P, et al. Association of apical rocking with long-term major adverse cardiac events in patients undergoing cardiac resynchronization therapy[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016, 17(2):146-153.

[14] SZULIK M, TILLEKAERTS M, VANGEEL V, et al. Assessment of apical rocking: A new, integrative approach for selection of candidates for cardiac resynchronization therapy[J]. Eur J Echocardiogr, 2010,11(10):863-869.

[15] TOURNOUX F, SINGH J P, CHAN R C, et al. Absence of left ventricular apical rocking and atrial-ventricular dyssynchrony predicts non-response to cardiac resynchronization therapy[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaing, 2012,13(1):86-94.

[16] SØGAARD P, EGEBLAD H, KIM W Y, et al. Tissue Doppler imaging predicts improved systolic performance and reversed left ventricular remodeling during long-term cardiac resynchronization therapy[J]. J Am Coll Cardiol, 2002,40(4):723-730.

[17] CAPASSO F, GIUNTA A, STABILE G, et al. Left Ventricular functional recovery during cardiac resynchronization therapy: Predictive role of asynchrony measured by strain rate analysis[J]. Pacing Clin Electrophysiol, 2005,28(Suppl 1):S1-S4.

[18] YU C M, GORCSAN J 3rd, BLEEKER G B, et al. Usefulness of tissue Doppler velocity and strain dyssynchrony for predicting left ventricular reverse remodeling response after cardiac resynchronization therapy[J]. Am J Cardiol, 2007, 100(8):1263-1270.

[19] CHUNG E S, LEON A R, TAVAZZI L, et al. Results of the predictors of response to CRT (PROSPECT) trial[J]. Circulation, 2008,117(20):2608-2616.

[20] TANAKA H, NESSER H J, BUCK T, et al. Dyssynchrony by speckle-tracking echocardiography and response to cardiac resynchronization therapy: Results of the speckle tracking and resynchronization (STAR) study[J]. Eur Heart J, 2010, 31(14):1690-1700.

[21] SHIN S H, HUNG C L, UNO H, et al. Mechanical dyssynchrony after myocardial infarction in patients with left ventricular dysfunction, heart failure, or both[J]. Circulation, 2010,121(9):1096-1103.

[22] RISUM N, TAYAL B, HANSEN T F, et al. Identification of typical left bundle branch block contraction by strain echocardiography is additive to electrocardiography in prediction of long-term outcome after cardiac resynchronization therapy[J]. J Am Coll Cardiol, 2015,66(6):631-641.

[23] RISUM N, JONS C, OLSEN N T, et al. Simple regional strain pattern analysis to predict response to cardiac resynchronization therapy: Rationale, initial results, and advantages[J]. Am Heart J, 2012,163(4):697-704.

[24] WANG C L, WU C T, YEH Y H, et al. Left bundle-branch block contraction patterns identified from radial-strain analysis predicts outcomes following cardiac resynchronization therapy[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2017,33(6):869-877.

[25] FIXSEN L S, de LEPPER A G W, STRIK M, et al. Echocardiographic assessment of left bundle branch-related strain dyssynchrony: A comparison with tagged MRI[J]. Ultrasound Med Biol, 2019,45(8):2063-2074.

[26] LEENDERS G E, LUMENS J, CRAMER M J, et al. Septal deformation patterns delineate mechanical dyssynchrony and regional differences in contractility: Analysis of patient data using a computer model[J]. Circ Heart Fail, 2012,5(1):87-96.

[27] MARÉCHAUX S, GUIOT A, CASTEL A L, et al. Relationship between two-dimensional speckle-tracking septal strain and response to cardiac resynchronization therapy in patients with left ventricular dysfunction and left bundle branch block: A prospective pilot study[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2014,27(5):501-511.

[28] SLETTEN O J, AALEN J M, IZCI H, et al. Lateral wall dysfunction signals onset of progressive heart failure in left bundle branch block[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2021, 14(11):2059-2069.

[29] VECERA J, PENICKA M, ERIKSEN M, et al. Wasted septal work in left ventricular dyssynchrony: A noval principle to predict response to cardiac resynchronization therapy[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016,17(6):624-632.

[30] 葛贝贝,许迪,缪长青,等.左束支传导阻滞对左心室功能及运动模式的影响[J].中华超声影像学杂志,2020,29(9):799-806.

[31] SCHRUB F, SCHNELL F, DONAL E, et al. Myocardial work is a predictor of exercise tolerance in patients with dilated cardiomyopathy and left ventricular dyssynchrony[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2020,36(1):45-53.

[32] LUMENS J, TAYAL B, WALMSLEY J, et al. Differentiating electromechanical from non-electrical substrates of mechanical discoordination to identify responders to cardiac resynchronization therapy[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2015,8(9):e003744.

[33] 吴沛营,周微微,焦晓芳,等.二维及三维超声心动图参数评估希氏束起搏治疗慢性心力衰竭伴左束支传导阻滞效果[J].中国介入影像与治疗学,2021,18(4):212-215.

[34] 刘梅,尹立雪.左束支传导阻滞左心室不同步的影像学研究进展[J].中国医学影像技术,2013,29(8):1397-1400.

[35] KAPETANAKIS S, BHAN A, MURGATROYD F, et al. Real-time 3D echo in patient selection for cardiac resynchronization therapy[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2011,4(1):16-26.