

实时三维斑点追踪技术评价完全性左束支传导阻滞患者左心室收缩功能

何姗姗¹ 赵宁² 张文华²

【摘要】 目的:应用实时三维斑点追踪技术对完全性左束支传导阻滞(CLBBB)患者左心室整体及局部收缩功能进行评价。**方法:**选取孤立性 CLBBB 患者 35 例,根据左心室射血分数(LVEF)将其分为 A 组(LVEF $\geq$ 50%,18 例)和 B 组(LVEF $<$ 50%,17 例)。另选取 30 例健康成年人作为对照组。采集各组二维超声数据,采用 Simpson 法测定 LVEF。记录并比较各组三维斑点追踪技术测量的三维应变数据:左心室整体纵向收缩期峰值应变(LVGLS)、左心室整体环向收缩期峰值应变(LVGCS)、左心室整体径向收缩期峰值应变(LVGRS)、左心室整体面积收缩期峰值应变(LVGAS),以及各组间左心室心肌基底段、中间段及心尖段三维应变值。采用 ROC 曲线分析各三维应变参数诊断 CLBBB 合并心功能减低的敏感性和特异性。**结果:**与对照组比较,A 组与 B 组 LVGLS、LVGRS、LVGCS、LVGAS 均减低,差异有统计学意义(均 $P<0.05$);与 A 组比较,B 组 LVGLS、LVGRS、LVGCS 及 LVGAS 均减低,差异有统计学意义(均 $P<0.05$)。各组左心室基底段、中间段、心尖段局部三维心肌应变数值均呈递减改变,差异均具有统计学意义(均 $P<0.05$)。ROC 曲线分析结果显示,各参数诊断 CLBBB 合并心功能减低的曲线下面积为 0.805~0.910,准确性较好,其中 LVGLS 的敏感性(96.4%)及特异性(76.7%)高于其他应变参数。**结论:**CLBBB 患者左心室心肌不协调运动,主要以前壁及前间隔的改变为主;左心室不协调运动导致左心室整体及局部心肌功能减低。实时三维斑点追踪技术可以早期、敏感、准确地评价 CLBBB 患者的左心功能,其中 LVGLS 更为敏感。

【关键词】 实时三维斑点追踪技术;完全性左束支传导阻滞;室性心律失常;左心功能

doi:10.13201/j.issn.1001-1439.2019.12.011

【中图分类号】 R541.7 **【文献标志码】** A

Evaluation of left ventricular systolic function in patients with complete left bundle branch block by real-time three-dimensional speckle tracking

HE Shanshan¹ ZHAO Ning² ZHANG Wenhua²

(¹Department of Ultrasound, Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing, 210029, China; ²Department of Ultrasound, the Second Hospital of Dalian Medical University)

Corresponding author: ZHANG Wenhua, E-mail: zhangwenhua686@163.com

Abstract Objective: To evaluate the global and regional left ventricle systolic function in patients with complete left bundle branch block (CLBBB) by real-time three-dimensional spot tracking technique. **Method:** Thirty-

¹南京中医药大学附属医院超声医学科(南京,210029)

²大连医科大学附属第二医院超声医学科

通信作者:张文华, E-mail: zhangwenhua686@163.com

- [11] Kahl KG, Fraccarollo D, Winter L, et al. Increased epicardial adipose tissue in young adults with congenital heart disease comorbid with major depressive disorder [J]. J Affect Disord, 2019, 257: 678—683.
- [12] 张梅青, 李越, 王秋霜, 等. 超声测量的心外膜脂肪厚度与心房颤动的相关性[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2017, 14(3): 186—192.
- [13] Packer M. Epicardial adipose tissue may mediate deleterious effects of obesity and inflammation on the myocardium[J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 71(20): 2360—2372.
- [14] Sepehri Shamloo A, Dagres N, Dinov B, et al. Is epicardial fat tissue associated with atrial fibrillation recurrence after ablation? A systematic review and meta-analysis[J]. Int J Cardiol Heart Vasc, 2019, 22: 132—138.
- [15] 于怡驰, 李毅刚. 心脏脂肪与心律失常: 心脏 CT 的研究价值[J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志, 2018, 32(3): 8—11.
- [16] Sepehri Shamloo A, Schoene K, Stauber A, et al. Epicardial adipose tissue thickness as an independent predictor of ventricular tachycardia recurrence following ablation[J]. Heart Rhythm, 2019, 16(10): 1492—1498.
- [17] 韩超, 崔志新, 丁振江, 等. 心表面脂肪体积与稳定型心绞痛患病的相关性[J]. 临床心血管病杂志, 2019, 35(9): 785—789.
- [18] Matloch Z, Cinkajzlova A, Mrazek M, et al. The role of inflammation in epicardial adipose tissue in heart diseases[J]. Curr Pharm Des, 2018, 24(3): 297—309. (收稿日期: 2019-06-30; 修回日期: 2019-10-26)

five cases with isolated CLBBB were divided into two groups according to left ventricular ejection fraction (LVEF): group A ($LVEF \geq 50\%$, $n=18$) and group B ($LVEF < 50\%$, $n=17$). Other 30 healthy adults were included into control group. Two-dimensional ultrasonic parameters were measured. LVEF was tested by Simpson method. Real-time three-dimensional echocardiography were used to determine following parameters in three groups: left ventricular global longitudinal strain (LVGLS), left ventricular global circumferential strain (LVGCS), left ventricular global radial strain (LVGRS), left ventricular global area strain (LVGAS), and three-dimensional strain values of the basal, middle and apical segments of left ventricular myocardium. ROC curve was used to analyze the sensitivity and specificity of three-dimensional strain parameters in the diagnosis of CLBBB with cardiac dysfunction. **Result:** Compared with control group, LVGLS, LVGRS, LVGCS, and LVGAS were significantly decreased in group A and group B (all $P < 0.05$); Compared with group A, LVGLS, LVGRS, LVGCS and LVGAS were significantly decreased in group B (all $P < 0.05$). All three-dimensional strain values of the basal, middle and apical segments of left ventricular myocardium were decreased successively with significant differences (all $P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the area under the curve of three-dimensional strain parameters in the diagnosis of CLBBB with cardiac dysfunction were 0.805–0.910, and the accuracy was good. The sensitivity (96.4%) and specificity (76.7%) of LVGLS were higher than other strain parameters. **Conclusion:** The left ventricular myocardial motion is not coordinated in CLBBB patients, mainly including antetheca and front interval changes, which result in the global and regional myocardial dysfunction of left ventricular. Three-dimensional speckle tracking can be used to evaluate left ventricular systolic function in CLBBB patients, sensitively and accurately. LVGLS is a sensitive parameter.

Key words real-time three-dimensional echocardiography; ventricular arrhythmia; left bundle branch block disease; left ventricular function

完全性左束支传导阻滞 (complete left bundle branch block, CLBBB) 是一种室性心律失常, 多数为器质性心脏病引起, 但随着年龄增长, CLBBB 的发病率有增加趋势^[1]。CLBBB 发生在没有任何心脏病的人群, 称为孤立性的 CLBBB。临床上单独以 CLBBB 入院治疗的患者较少, 国内外学者对于孤立性 CLBBB 患者心功能的研究也较少, 但此类患者合并患有心血管疾病的风险增加, 患病后预后较差, 病死率高^[2]。有研究表明, CLBBB 已经成为缓慢进展的退化性心肌疾病的一个标志。学者在对孤立性 CLBBB 患者进行随访时发现, 部分患者心脏出现收缩及舒张功能减低, 而后引起心肌细胞重构最终导致心力衰竭的心肌病, 这种心肌病被称为 CLBBB 性心肌病。这种心肌病的诊断及治疗转归也成为近年来研究的热点。左心功能的评价研究对于 CLBBB 患者的远期预后转归及治疗方案的选择有着重要的意义。三维斑点追踪技术 (three-dimensional speckle tracking imaging, 3D-STI) 以二维斑点追踪技术原理为基础, 并结合三维空间优势, 更准确及全面地评价心肌功能及运动情况^[3]。本研究将应用实时 3D-STI 对 CLBBB 患者左心室整体及局部收缩功能进行评价。

1 对象与方法

1.1 对象

选取 2016-06–2018-10 门诊及病房收治的孤立性 CLBBB 患者 35 例, 根据常规超声测定的左心室射血分数 (LVEF) 将其分为两组: A 组, $LVEF \geq 50\%$, 18 例, 男 11 例, 女 7 例, 年龄 40~69 岁, 平均年龄 54.5 岁; B 组, $LVEF < 50\%$, 17 例, 男 10 例,

女 7 例, 年龄 52~79 岁, 平均年龄 60.1 岁。同时选取 30 例健康成年人纳入对照组, 其中男 15 例, 女 15 例, 年龄 30~75 岁, 平均年龄 53.6 岁。3 组之间年龄、身高、体重及血压等差异均无统计学意义, 均排除高血压、冠心病、心包积液、其他心律失常及心肌梗死等。

1.2 仪器与方法

采用多普勒超声诊断仪, 选用探头频率 1.5~4.5 MHz 的 M5S-D 二维超声探头和探头频率为 1.7~3.3 MHz 的三维超声矩阵探头 4V-D, 配有导联心电图。连接导联心电图, 采集常规超声参数: 左心房前后径 (LAd)、左心室舒张末期内径 (LVDd)、左心室收缩末期内径 (LVSD)、舒张末期室间隔厚度 (IVST) 及左心室后壁厚度 (LVPW), Simpson 法测得 LVEF。调整探头, 将 M5S-D 切换至 4V, 同时完整显示心尖四腔心切面左心室内膜面及外膜面、多心动周期动态采集并存储, 在机分析获得左心室整体及各节段应变值。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 25.0 统计学软件对 3 组数据进行分析。所有数据均使用 $\bar{x} \pm s$ 表示。3 组计量资料间采用单因素方差分析两两比较。评价诊断试验采用 ROC 曲线, 确定曲线下面积。将 A 组及 B 组 3D-STI 参数分别采用 Pearson 法进行相关性分析, 分析各参数的检验效能。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

对照组、A 组和 B 组男女性别比例、年龄、身高

及体重等一般资料均差异无统计学意义。详见表 1。

2.2 二维超声测量结果

与对照组比较, A 组 LVSd 显著升高 ($P<0.05$), B 组 LAd、LVDd、LVSd、IVST 与 LVPW 均显著升高, LVEF 显著降低 (均 $P<0.05$); 与 A 组比较, B 组 LVDd 显著升高 ($P<0.05$)。详见表 2。

2.3 三维超声测量结果

与对照组比较, A 组与 B 组收缩期左心室整体纵向峰值应变 (LVGLS)、收缩期左心室整体环向峰值应变 (LVGCS)、收缩期左心室整体径向峰值

应变 (LVGRS) 及收缩期左心室整体面积峰值应变 (LVGAS) 均显著降低 (均 $P<0.05$); 与 A 组比较, B 组 LVGLS、LVGCS、LVGRS 及 LVGAS 均显著降低 (均 $P<0.05$)。详见表 3。

各组基底段、中间段、心尖段应变参数均依次显著降低 (均 $P<0.05$)。见表 4~7 及图 1。

2.4 三维应变参数的诊断价值

各三维应变参数对 CLBBB 合并心功能减低均具有良好的诊断价值, 准确性较高。其中, LVGLS 的敏感性 & 特异性高于其他应变参数。详见图 2 和表 8。

表 1 各组一般资料比较

Table 1 General data					$\bar{x}\pm s$
组别	男/女/例	年龄/岁	身高/cm	体重/kg	
对照组 (30 例)	15/15	53.66±13.32	167.00±5.24	69.67±12.89	
A 组 (18 例)	11/7	54.50±11.95	162.67±7.20	67.17±5.24	
B 组 (17 例)	10/7	60.05±11.69	163.33±6.78	69.00±8.67	

表 2 各组二维超声心动图参数比较

Table 2 Parameters of two-dimensional echocardiography in each group							$\bar{x}\pm s$
组别	LAd/mm	LVDd/mm	LVSd/mm	LVEF/%	IVST/mm	LVPW/mm	
对照组 (30 例)	35.78±1.53	44.34±5.79	22.33±5.58	64.67±2.73	8.1±2.04	8.2±2.44	
A 组 (18 例)	38.05±1.528	46.55±5.32	29.55±4.43 ¹⁾	55.00±2.96	9.88±1.632	9.6±0.64	
B 组 (17 例)	41.00±2.607 ¹⁾	48.98±2.89 ^{1) 2)}	37.67±2.34 ¹⁾	46.83±1.60 ¹⁾	11.26±1.252 ¹⁾	10.16±1.04 ¹⁾	

与对照组比较, ¹⁾ $P<0.05$; 与 A 组比较, ²⁾ $P<0.05$ 。

表 3 各组左心室收缩期整体峰值应变参数比较

Table 3 Left ventricular global strain parameters in each group					$\%, \bar{x}\pm s$
组别	LVGLS	LVGCS	LVGRS	LVGAS	
对照组 (30 例)	-23.77±4.804	-22.44±3.390	45.13±3.350	-29.80±3.418	
A 组 (18 例)	-18.11±1.711 ¹⁾	-18.61±1.944 ¹⁾	40.61±4.002 ¹⁾	-28.00±2.142 ¹⁾	
B 组 (17 例)	-11.50±1.841 ^{1) 2)}	-8.90±1.100 ^{1) 2)}	28.30±5.229 ^{1) 2)}	-19.60±2.547 ^{1) 2)}	

与对照组比较, ¹⁾ $P<0.05$; 与 A 组比较, ²⁾ $P<0.05$ 。

表 4 各组左心室局部收缩期纵向应变参数比较

Table 4 Left ventricular regional longitudinal strain parameters in each group				$\%, \bar{x}\pm s$
组别	基底段	中间段	心尖段	
对照组 (30 例)	-28.2±3.11	-24.73±2.13 ¹⁾	-18.27±8.96 ^{1) 2)}	
A 组 (18 例)	-22.39±2.81	-18.83±1.50 ¹⁾	-13.11±4.59 ^{1) 2)}	
B 组 (17 例)	-15.20±2.53	-11.80±2.04 ¹⁾	-7.50±1.84 ^{1) 2)}	

与同组基底段比较, ¹⁾ $P<0.05$; 与同组中间段比较, ²⁾ $P<0.05$ 。

表 5 各组左心室局部收缩期环向应变参数比较

Table 5 Left ventricular regional circumferential strain parameters in each group				$\%, \bar{x}\pm s$
组别	基底段	中间段	心尖段	
对照组 (30 例)	-26.77±2.99	-23.07±2.68 ¹⁾	-17.47±9.54 ^{1) 2)}	
A 组 (18 例)	-22.06±2.55	-18.78±1.35 ¹⁾	-15.00±5.35 ^{1) 2)}	
B 组 (17 例)	-11.20±1.32	-8.70±1.25 ¹⁾	-6.80±1.23 ^{1) 2)}	

与同组基底段比较, ¹⁾ $P<0.05$; 与同组中间段比较, ²⁾ $P<0.05$ 。

表 6 各组左心室局部收缩期径向应变参数比较
Table 6 Left ventricular regional radial strain parameters in each group %, $\bar{x} \pm s$

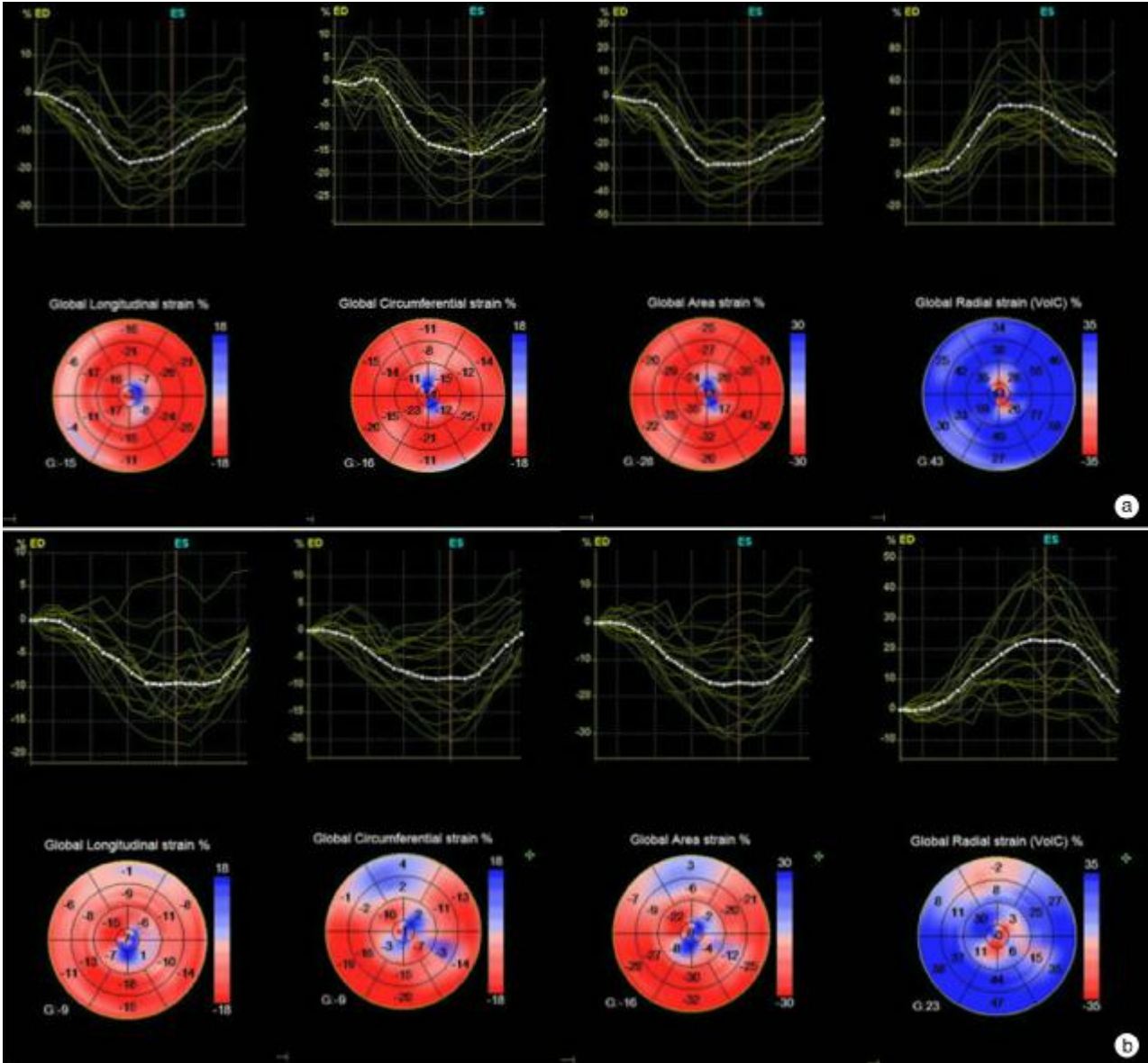
组别	基底段	中间段	心尖段
对照组(30 例)	53.5±6.00	47.10±3.93 ¹⁾	34.80±11.94 ^{1) 2)}
A 组(18 例)	46.11±3.64	40.94±5.45 ¹⁾	34.78±7.88 ^{1) 2)}
B 组(17 例)	34.00±5.19	28.00±5.21 ¹⁾	22.90±5.45 ^{1) 2)}

与同组基底段比较,¹⁾ $P<0.05$;与同组中间段比较,²⁾ $P<0.05$ 。

表 7 各组左心室局部收缩期面积应变参数比较
Table 7 Left ventricular regional area strain parameters in each group %, $\bar{x} \pm s$

组别	基底段	中间段	心尖段
对照组(30 例)	-34.30±3.91	-30.47±4.13 ¹⁾	-24.63±9.52 ^{1) 2)}
A 组(18 例)	-32.33±2.59	-28.28±2.32 ¹⁾	-23.39±6.46 ^{1) 2)}
B 组(17 例)	-25.10±2.08	-20.30±3.37 ¹⁾	-13.40±3.69 ^{1) 2)}

与同组基底段比较,¹⁾ $P<0.05$;与同组中间段比较,²⁾ $P<0.05$ 。



a:A 组;b:B 组。从左至右依次为纵向、环向、面积与径向三维应变。

图 1 左心室收缩期局部应变
Figure 1 Left ventricular regional strain

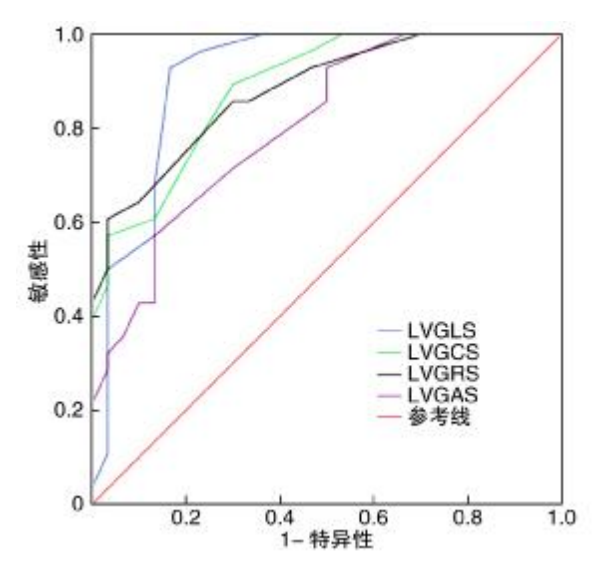


图 2 ROC 曲线分析结果
Figure 2 ROC curves

表 8 3D-STI 应变参数的诊断价值
Table 8 Diagnostic value of 3D-STI strain parameters

参数	曲线下面积	截断点/%	敏感性/%	特异性/%
LVGLS	0.910	-21.0	96.4	76.7
LVGCS	0.886	-20.5	89.3	70.0
LVGRS	0.880	-39.5	85.7	70.0
LVGAS	0.805	-27.5	71.4	69.3

3 讨论

左束支由希氏束发出,希氏束在经室间隔膜部下缘和肌部的顶端分为左、右束支。左、右两束支沿室间隔的左、右两侧分别为向下走行并出现分支,形成心内膜下的浦肯野纤维网,被称为希-浦系统^[4]。在左心室面上的左束支分布为前、后、间隔 3 支。左前及左后分支支配着左心室的大部分心肌。正常左心室运动时心底-心尖其旋转角度递增,且基底段和心尖段运动主轴向是相反的,整体呈现出以逆时针方向为主的扭转,维持左心室功能的动力就来源于此,也就是左心室收缩期的旋转和舒张期的解旋运动^[5]。当发生 CLBBB 时,左心室间隔部的正常初始除极不发生,心肌没有沿着浦肯野纤维快速发生激动,而是通过右束支使得室间隔的右侧部分首先发生除极,而左心室发生除极延迟,除极时间>40 ms,这种除极的不同步性造成当左心室发生除极时,室间隔除极过程已经完成成为复极化状态,导致左心室出现局部的收缩,左心室室间隔与游离壁发生矛盾运动,左心室呈现出“摆动样”不协调运动状态。另一方面,CLBBB 导致一部分心肌在舒张早期的时相中仍处于收缩期状态中,这个时相差导致左心室舒张期充盈时间及充盈量的减低,二尖瓣正常开放及主动脉瓣的开放和关闭不能准

时发生,这会造成心脏腔室扩张,心肌收缩力减低,导致心功能不全。

本研究结果显示,B 组 LVEF 较对照组及 A 组减低,且 LVEF 在对照组、A 组、B 组依次呈递减趋势,说明 CLBBB 患者随着病情进展,左心室收缩功能逐渐减低。B 组 LVDd 较对照组及 A 组增大,提示当左心室收缩功能指标 LVEF 逐渐减低时,LVDd 及 LVSD 也随之逐渐增大,且 LVSD 增大程度较 LVDd 明显,这使得有效射血量减少的程度增加,收缩末期心腔容积增加,导致收缩功能减低直至左心衰竭。

目前广泛应用于临床的超声技术受到来自角度、空间分辨率、帧频等的干扰,其评估左心室功能的指标测值重复性不高,因此准确性欠佳^[6]。三维斑点追踪技术应运而生,其将心肌细胞看作无数个像素,这些像素通过自动追踪在整个心动周期心肌斑点的运动路线,再将轨迹散射在三维立体图像上,从而直观且准确地评价心肌在各个方向上的运动状态,进而对心肌运动情况等做定量、定性的判定。其所得结果与心脏磁共振、超声微测仪测值等结果具有较好的一致性^[7]。

国内外研究均提示,从心内膜至心外膜逐层,正常人群的 LVGLS 与 LVGCS 是递减的^[8-9]。这与本研究结果一致性较高。本研究 A 组为心功能正常(LVEF≥50%)的 CLBBB 患者,其 LVEF 在正常范围内,但其三维应变参数与正常对照组相比已经有所降低,这说明,当发生 CLBBB 时,虽然部分患者早期 LVEF 在正常范围内,但已经出现了左心室心肌收缩功能的减低。有研究^[10-11]表明, LVGLS 与左心室功能状态尤为密切,且 LVGLS 可早于 LVEF 发现左心室心肌收缩功能的下降。对于经治疗后 LVEF 有所好转的患者, LVGLS 应变值的减低仍预示着该部分患者可能会面临远期的左心室功能下降,体现了 LVGLS 的下降与临床预后的密切相关性。圆周应变反映的是心肌短轴上局部心肌的改变。有分析表明, LVGCS 的减低与室性心律失常的发生比例呈正相关^[12]。本研究结果也显示, LVGCS 在反映 CLBBB 患者收缩功能减低方面是较为敏感的。

左心室基底段、中间段及心尖段的局部节段三维应变数值分析也是本研究的重要部分,结果提示,随着心室收缩功能的减低,左心室基底段、中间段及心尖段的局部心肌应变值逐渐减低,提示 CLBBB 患者左心室节段基底段、中间段、心尖段的收缩功能随着左心室收缩功能的减低而减低。CLBBB 不合并心力衰竭的患者三维应变数据以前壁、前间隔应变值减低更为明显,这与左束支的解剖分布有着密切关系。左前束支邻近左心室流出道,较左后支细且长,这是其较容易发生损伤的原

因。左束支的间隔支是左心室最早发生除极的位置,左束支的间隔支分布范围较广,主要支配室间隔的运动,所以间隔运动最早受影响,而前间隔与左心室前壁比邻,并且是同一支动脉供血,二者运动异常容易同时受累,故提示可能与其前壁运动的改变有关。这与本文超声心动图结果一致,提示CLBBB患者左心室收缩功能减低主要以前壁及前间隔的改变为著,从而加重左心室整体收缩运动的不协调。

本研究采用ROC曲线评价三维应变的多项指标对CLBBB左心室收缩功能减低的诊断价值,发现以反映长轴方向纵向运动的应变值LVGLS的减低最为显著,即灵敏性最高,其次为短轴方向上的环向应变LVGCS。

本研究通过对35例孤立性CLBBB患者左心室功能的三维应变分析得出,CLBBB患者左心室心肌不协调运动主要以前壁及前间隔的改变为主,左心室不协调运动导致左心室整体及局部心肌功能减低。实时三维斑点追踪技术可以早期、敏感、准确地评价CLBBB患者的左心功能,其中LVGLS更为敏感。

参考文献

- [1] Li GY, Wang YH, Guan ZY, et al. Effect of septal flash on right ventricular systolic function in left bundle-branch block patients with preserved left ventricular ejection fraction[J]. Sci Rep, 2017, 7(1):5936.
- [2] 王亚萍, 田新桥, 李爱丽. 2D-STI在CLBBB患者左心室功能及同步性评价中的应用[J]. 重庆医学, 2019, 48(10):1693—1696.
- [3] Forsey J, Benson L, Rozenblyum E, et al. Early changes in apical rotation in genotype positive children with hypertrophic cardiomyopathy mutations without hypertrophic changes on two-dimensional imaging[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2014, 27(2):215—221.
- [4] Breithardt G, Breithardt OA. Left bundle branch block, an old-new entity [J]. J Cardiovasc Transl Res, 2012, 5(2):107—116.
- [5] Dogan C, Bayram Z, Candan O, et al. Prediction of infarct size using two-dimensional speckle tracking echocardiography in acute myocardial infarction [J]. Echocardiography, 2017, 34(3):376—382.
- [6] 蔡璐, 尹立雪. 超声斑点追踪技术评价扩张型心肌病左心室心肌功能研究进展[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2018, 15(3):161—165.
- [7] Hayat D, Kloeckner M, Nahum J, et al. Comparison of real-time three-dimensional speckle tracking to magnetic resonance imaging in patients with coronary heart disease[J]. Am J Cardiol, 2012, 109(2):180—186.
- [8] Duan F, Xie M, Wang X, et al. Preliminary clinical study of left ventricular myocardial strain in patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy by three-dimensional speckle tracking imaging [J]. Cardiovasc Ultrasound, 2012, 10:8.
- [9] 史静, 潘翠珍, 舒先红, 等. 二维斑点追踪显像技术定量评价正常成年人左心肌分层应变[J]. 中华超声影像学杂志, 2015, 24(5):378—381.
- [10] Hasselberg NE, Haugaa K, Sarvari SI, et al. Left ventricular global longitudinal strain correlates to diastolic function and reduced exercise capacity in patients with preserved ejection and ejection fraction[J]. J Am Coll Cardiol, 2013, 61(10):819—819.
- [11] 邵宏增, 孙品, 张芬, 等. 二维应变超声成像对心力衰竭病人再同步化治疗后左心室功能评价[J]. 青岛大学医学院学报, 2016, 52(4):390—391, 395.
- [12] Akhabue E, Seok CP, Pinney S, et al. Usefulness of speckle tracking strain echocardiography for assessment of risk of ventricular arrhythmias after placement of a left ventricular assist device[J]. Am J Cardiol, 2017, 120(9):1578—1583.

(收稿日期:2019-04-02; 修回日期:2019-10-18)