

# 心肌分层应变评估二叶式主动脉瓣畸形左室收缩功能的可行性研究

姬后亮 雍永宏 周敏 姜爽爽

**摘要** 目的 探讨超声心动图心肌分层应变评估二叶式主动脉瓣畸形患者亚临床心肌损害的可行性。方法 选择左室射血分数(LVEF)正常的二叶式主动脉瓣畸形患者 104 例,根据是否伴有瓣膜功能异常分为瓣膜功能正常者 44 例(A 组)和瓣膜功能异常者 60 例(B 组),另选 50 例健康志愿者为对照组。比较各组一般资料、常规超声心动图参数及心肌分层应变参数。随机选取 20 例患者进行观察者内和观察者间的重复性分析。结果 B 组平均年龄明显高于 A 组,差异有统计学意义( $P<0.05$ );B 组左室舒张末内径和升主动脉内径均较 A 组及对照组明显增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。A 组全层心肌收缩期整体纵向应变峰值(LSavg)、外层心肌收缩期纵向应变峰值(LSepi)、内层心肌收缩期纵向应变峰值(LSendo)均较对照组明显减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );B 组 LSavg、LSepi、中层心肌收缩期纵向应变峰值、全层心肌收缩期整体圆周应变峰值、外层心肌收缩期圆周应变峰值、中层心肌收缩期圆周应变峰值均较对照组和 A 组明显减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );B 组 LSendo、内层心肌收缩期圆周应变峰值均较对照组明显减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。心肌分层应变评估左室心肌整体全层、各层心动周期纵向应变峰值及圆周应变峰值观察者内部和观察者间一致性限度为 $-6.0\% \sim 5.0\%$ ,组内相关系数均 $\geq 0.80$ 。结论 应用超声心动图心肌分层应变评估 LVEF 正常的二叶式主动脉瓣畸形左室外层及内层纵向应变峰值,有利于早期检出亚临床心肌损害。

**关键词** 超声心动描记术;心肌分层应变;主动脉瓣畸形,二叶式;收缩功能,心室,左  
[中图分类号]R540.45 [文献标识码]A

## Feasibility of layer-specific myocardial strain in assessing left ventricular systolic function in patients with bicuspid aortic valve

Ji Houliang, YONG Yonghong, ZHOU Min, JIANG Shuangshuang  
Department of Ultrasound, Nanjing Pukou Hospital of TCM, Nanjing 211800, China

**ABSTRACT Objective** To investigate the feasibility of layer-specific myocardial strain based on echocardiography in evaluating subclinical myocardial injury in patients with bicuspid aortic valve. **Methods** One hundred and four patients with bicuspid aortic valve and normal LVEF were selected, they were divided into normal valve function group with 44 patients (group A) and abnormal valve function group with 60 patients (group B) according to whether valve dysfunction occurred. In addition, 50 healthy volunteers were selected as control group. The general clinical data, conventional ultrasound parameters and layer-specific myocardial strain parameters were compared. Twenty patients were randomly selected to analyze inter- and intra-observer coherence. **Results** The average age in group B was significantly higher than that in group A, and the difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). The average LVIDd and AAO in group B were significantly higher than those in group A and the control group, and the differences were statistically significant (all  $P<0.05$ ). LSavg, LSepi and LSendo in group A were significantly lower than those in the control group, and the differences were statistically significant (all  $P<0.05$ ). LSavg, LSepi, LSmid, CSavg, CSepi and CSmid in group B were significantly lower than those in the control group and group A, and the differences were statistically significant (all  $P<0.05$ ). LSendo and CSendo in group B were significantly lower than those in the control group, and the differences were statistically significant (all  $P<0.05$ ). The intra- and inter-observer LOA of the longitudinal strain peak and circumferential strain peak in all layers of left ventricular myocardium evaluated by layer-specific myocardial strain were  $-6.0\% \sim 5.0\%$ , and the intra-class correlation coefficient were  $\geq 0.80$ . **Conclusion** Layer-specific myocardial strain based on echocardiography can be used to assess the cardiac cycle longitudinal peak strain of the left

ventricular outer and inner layer in patients with bicuspid aortic valve and normal LVEF, which is beneficial to the early detection of subclinical myocardial injury.

**KEY WORDS** Echocardiography; Myocardial stratification strain; Aortic valve malformation, bilobal; Systolic function, ventricle, left

二叶式主动脉瓣畸形是一种常见的先天性心脏病,患病率约0.5%~2.0%,以男性多见<sup>[1]</sup>。亚临床期的二叶式主动脉瓣畸形患者左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)多在正常水平,但部分患者可能已经存在心肌结构和功能损伤,出现一系列不可逆的心肌改变,即使采取手术治疗预后也欠理想<sup>[2]</sup>。故对二叶式主动脉瓣畸形的潜在心肌功能改变需早期识别,并及时制定科学有效的治疗方案。本研究旨在分析超声心动图心肌分层应变评估LVEF正常的二叶式主动脉瓣畸形左室收缩功能损伤的可行性。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取2010年1月至2019年6月我院和江苏省人民医院收治的二叶式主动脉瓣畸形患者104例,其中男74例,女30例,年龄23~70岁,平均(41.54±10.18)岁。入选病例均符合美国心脏学会相关指南关于二叶式主动脉瓣畸形的诊断标准<sup>[3]</sup>,且LVEF>50%。排除标准:①冠状动脉粥样硬化性心脏病、心肌病、肺源性心脏病、心律失常、心力衰竭者;②伴有严重瓣叶融合、主动脉瓣钙化或其他瓣膜病变者;③合并其他先天性心脏疾病;④合并肝、肾功能衰竭、高血压病、系统性红斑狼疮等全身性严重疾病。根据是否伴有主动脉瓣膜功能异常分为瓣膜功能正常者44例(A组)和瓣膜功能异常者60例(B组)。主动脉瓣反流不明显且前向流速<2.5 m/s者判断为瓣膜功能正常<sup>[4]</sup>,纳入A组;主动脉瓣狭窄、主动脉瓣反流及主动脉瓣狭窄合并主动脉瓣反流者判断为瓣膜功能异常,纳入B组。A组中男30例,女14例,年龄23~64岁,平均(39.35±8.79)岁;B组中男44例,女16例,年龄25~70岁,平均(46.70±9.02)岁。主动脉瓣狭窄29例,主动脉瓣反流16例,主动脉瓣狭窄合并主动脉瓣反流15例。另选同期健康志愿者50例为对照组,其中男38例,女12例,年龄18~65岁,平均(42.27±9.56)岁。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均签署知情同意书。

### 二、仪器与方法

1.仪器:使用GE Vivid E 9彩色多普勒超声诊断仪, M5S心脏探头,频率1.0~5.0 MHz,帧频50~80帧/s;配备EchoPAC工作站。

2.常规超声心动图检查:患者取左侧卧位,同步连接心电图。应用常规超声心动图测量左室舒张末内径(LVIDd)、LVEF及升主动脉内径(AAO);再应用二维超声采集左室两腔观、心尖左室三腔观、四腔观、左室短轴心尖段、中间段及基底段的动态图像,连续记录3个心动周期。最后储存数据用于脱机分析。

3.心肌分层应变分析:使用EchoPAC工作站对图像进行分析处理。选择二维应变界面,手动追踪描记心外膜与心内膜边界,软件自动追踪感兴趣区的回声斑点,如果追踪图像不满意则采取手动微调的方式,直至心室壁厚度与感兴趣区完全适应。软件将左室壁自动分成外、中、内层,并对三层心肌进行斑点追踪分析,为确保追踪效果满意可适当调整感兴趣区。于心脏收缩期行心肌分层应变分析,获取全层心肌收缩期整体纵向应变峰值(LSavg)、外层心肌收缩期纵向应变峰值(LSepi)、中层心肌收缩期纵向应变峰值(LSmid)、内层心肌收缩期纵向应变峰值(LSendo)、全层心肌收缩期整体圆周应变峰值(CSavg)、外层心肌收缩期圆周应变峰值(CSepi)、中层心肌收缩期圆周应变峰值(CSmid)、内层心肌收缩期圆周应变峰值(CSendo),同时获得左室各节段相应的牛眼图。

4.重复性分析:随机选取20例病例进行重复性测试。观察者内差异:由同一超声医师间隔2周再次测量,比较两次测量结果的差异;观察者间差异:由两名超声医师分别测量,比较两者间的差异。

### 三、统计学处理

应用SPSS 23.0统计软件,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用单因素方差分析,两两比较行SNK检验;采用Bland-Altman法及组内相关系数(ICC)进行重复性分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、一般资料和常规超声心动图参数比较

各组年龄、心率、LVIDd、AAO比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。B组平均年龄明显高于A组,差异有统计学意义( $P<0.05$ );B组LVIDd和AAO均较A组及对照组明显增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。其余参数比较差异均无统计学意义。见表1。

表1 各组一般资料和常规超声心动图参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	年龄 (岁)	心率 (次/min)	LVIDd (mm)	LVEF (%)	AAO (mm)
对照组(50)	42.27±9.56	70.21±9.60	42.97±4.78	64.87±3.82	26.64±4.59
A组(44)	39.35±8.79	73.18±11.82	44.31±4.86	64.05±5.17	28.11±5.85
B组(60)	46.70±9.02*	74.98±12.15	48.84±5.22*#	63.42±6.28	35.94±8.87*#
F值	8.569	2.453	21.154	1.033	29.232
P值	0.000	0.090	0.000	0.358	0.000

与A组比较,\* $P<0.05$ ;与对照组比较,\* $P<0.05$ 。LVIDd:左室舒张末内径;LVEF:左室射血分数;AAO:升主动脉内径

### 二、超声心动图心肌分层应变参数比较

三组左室心肌整体全层、各层的心动周期纵向应变峰值及圆周应变峰值由外层向内层均逐渐增高,各组间比较差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。A组LSavg、LSeppi、LSendo均较对照组明显减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );B组LSavg、LSeppi、LSmid、CSavg、CSeppi、CSmid均较对照组及A组明显减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ );B组LSendo、CSendo均较对照组明显减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。见图1,2和表2。

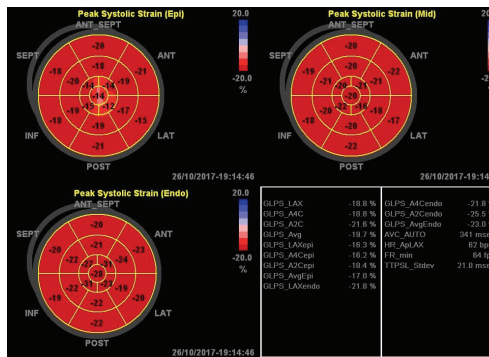


图1 对照组左室各层心肌纵向应变牛眼图

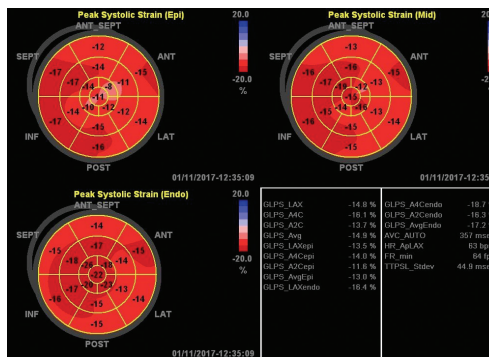


图2 B组左室各层心肌纵向应变牛眼图

表2 各组超声心动图心肌分层应变参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

组别	LSavg	LSeppi	LSmid	LSendo	CSavg	CSeppi	CSmid	CSendo
对照组(50)	-23.01±3.21	-20.81±3.17	-22.07±2.41	-25.49±2.62	-21.50±2.25	-14.22±3.04	-21.58±2.90	-30.12±5.15
A组(44)	-21.82±3.02#	-18.74±3.04#	-21.39±3.14	-23.21±2.16#	-20.46±2.95	-13.87±2.79	-20.49±2.82	-28.29±5.32
B组(60)	-18.47±2.97*#	-15.89±2.97*#	-18.25±3.70*#	-22.28±3.03#	-17.75±2.72*#	-11.81±3.69*#	-17.17±3.74*#	-26.15±6.30#
F值	32.711	35.978	22.900	20.286	29.614	8.905	27.956	6.735
P值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002

与A组比较,\* $P<0.05$ ;与对照组比较,\* $P<0.05$ 。LSavg:全层心肌收缩期整体纵向应变峰值;LSeppi:外层心肌收缩期纵向应变峰值;LSmid:中层心肌收缩期纵向应变峰值;LSendo:内层心肌收缩期纵向应变峰值;CSavg:全层心肌收缩期整体圆周应变峰值;CSeppi:外层心肌收缩期圆周应变峰值;CSmid:中层心肌收缩期圆周应变峰值;CSendo:内层心肌收缩期圆周应变峰值

### 三、重复性分析

心肌分层应变评估左室心肌整体全层、各层心动周期纵向应变峰值及圆周应变峰值观察者内部和观察者间的一致性限度和ICC见表3。

表3 心肌分层应变参数观察者内和观察者间一致性对比

参数	观察者内变异			观察者间变异		
	LOA	ICC	Bias	LOA	ICC	Bias
LSavg	-3.81~2.99	0.81	1.54	-0.82~4.53	0.90	1.74
LSeppi	-3.11~3.89	0.88	0.25	-2.23~4.89	0.86	2.15
LSmid	-4.32~4.50	0.69	0.46	-0.15~4.81	0.87	2.24
LSendo	-2.79~3.86	0.92	0.60	-2.03~3.85	0.92	1.46
CSavg	-3.15~2.38	0.89	-0.39	-5.12~2.95	0.80	-0.39
CSeppi	-2.13~3.51	0.84	0.70	-5.57~0.83	0.85	-1.89
CSmid	-2.68~3.11	0.92	-0.31	-3.71~0.89	0.88	-1.82
CSendo	-3.72~3.51	0.93	-0.59	-3.69~3.01	0.90	-0.34

LOA:一致性限度;ICC:组内相关系数;Bias:偏移

### 讨论

LVEF是评价左室收缩功能最重要的指标,但其受负荷条件的影响较大,在一定程度上影响了对左室功能损伤的早期识别<sup>[5]</sup>。斑点追踪成像可以对心肌整体及局部功能进行定量分析,早期检出亚临床心肌功能损伤。研究<sup>[6]</sup>表明,若LVEF正常的主动脉瓣反流患者左室收缩期整体纵向应变峰值降低,提示该患者存在预后不良的风险。超声分层应变技术能够有效分析心肌形态及各层心肌功能,但对于LVEF正常的二叶式主动脉瓣畸形患者心肌分层应变的评估却鲜见报道。

本研究应用超声心动图心肌分层应变评估LVEF正常的二叶式主动脉瓣畸形患者左室收缩功能,根据二叶式主动脉瓣畸形患者是否伴有瓣膜功能异常

分成A组和B组。结果提示A、B组和对照组左室心肌整体全层、各层的心动周期纵向应变峰值及圆周应变峰值由外层向内层逐渐增加,与既往报道<sup>[7]</sup>结果一致。A、B组及对照组的LVEF均处于正常水平,且三组比较差异无统计学意义,但A、B组LSavg、LSepi及LSendo均较对照组明显减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ ),说明二叶式主动脉瓣畸形患者行常规超声检查时,即使LVEF正常且瓣膜功能良好,但已经出现了一定程度的心肌损害。此外,各层心肌功能的变化也不尽相同,对LSavg、LSepi及LSendo进行测量能够敏感地反映二叶式主动脉瓣畸形患者的亚临床左室心肌损伤。分析原因可能是心肌中层由环形肌纤维构成,可对圆周应变峰值造成影响,而70%的左室心肌由心外膜和心内膜中的纵行肌纤维构成,可对纵向应变峰值造成影响,且左室心肌整体功能及心肌活力均由纵向收缩功能反映<sup>[8]</sup>,同时还有大量血流对心内膜下心肌进行不停冲刷,使其受损风险增大,进而引起LSepi、LSendo的早期改变。所以,临床中结合新指标评估二叶式主动脉瓣畸形患者的心室收缩功能早期亚临床改变,有助于选择更佳的治疗方案及干预时机<sup>[9]</sup>。

本研究结果显示,A组心肌受损相对轻微,心肌功能处于整体正常水平,但患者LSavg、LSepi及LSendo仍有改变,可能与左室扭转运动的增强有关<sup>[10]</sup>;各层圆周应变峰值变化不明显的原因可能与圆周应变峰值有明显的代偿效用有关。但其内外层心肌应变已减小,提示心肌损伤并非仅由血流动力学变化引起。有学者<sup>[11]</sup>发现,未发生瓣膜功能异常的二叶式主动脉瓣畸形患者整体纵向应变峰值均较正常人低,旋转角度降低,并出现一定程度的心肌收缩功能损坏。本研究中A组整体纵向应变峰值较对照组明显减小,进一步证实了上述观点。B组的整体全层及各层的纵向应变峰值、圆周应变峰值均显著低于A组和对照组(均 $P<0.05$ ),证实维持瓣膜功能正常对预防心肌受损加重有重要意义。同时,LSavg、LSepi及LSendo的减小可能提示患者左室收缩功能减退过程已经开始,所以应用心肌分层应变对二叶式主动脉瓣畸形患者左室收缩功能进行评估,有利于早期发现患者的心功能受损风险。

目前尚无统一的左室圆周应变峰值及纵向应变峰值的正常参考值范围,如何采用心肌分层应变技术

判断单个患者所测指标是否异常及其严重程度是值得后续研究的问题。所以,目前针对LVEF正常的二叶式主动脉瓣畸形患者,应最大可能维持瓣膜功能正常,防止左室收缩功能进一步受损。此外,无论瓣膜功能是否正常,当发现上述有统计学意义指标的绝对值小于、等于或接近本研究对应的均值时,应引起重视,并增加此类患者的随访频率,以确保心肌在出现不可逆损害之前能及时采取有效的治疗方案,防止病情进一步恶化。

#### 参考文献

- [1] 焦轩,陈巍,孙露,等.主动脉瓣二叶式畸形的临床进展[J].中国心血管杂志,2019,24(3):286-288.
- [2] 方思华,姜凡,解翔,等.二维斑点追踪成像技术评价主动脉瓣二叶畸形患者心动周期不同时相左室旋转与扭转功能[J].中国超声医学杂志,2019,35(4):317-320.
- [3] Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, et al. 2017 AHA/ACC focused update of the 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on clinical practice guidelines[J]. Circulation, 2017, 135(25):1159-1195.
- [4] Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, et al. 2017 ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease [J]. Rev Esp Cardiol (Engl Ed), 2018, 71(2):110.
- [5] Knutsen AK, Ma N, Taggar AK, et al. Heterogeneous distribution of left ventricular contractile injury in chronic aortic insufficiency [J]. Ann Thorac Surg, 2012, 93(4):1121-1127.
- [6] 梁慧莉. 心肌分层应变评价慢性中重度主动脉瓣反流患者的左室收缩功能[D]. 沈阳:中国医科大学,2018.
- [7] 石臻. 功能正常的主动脉瓣二叶式畸形患者的动脉弹性及左心室功能的超声探究[D]. 沈阳:中国医科大学,2018.
- [8] Ma CY, Liu S, Yang J, et al. Evaluation of global longitudinal strain of left ventricle and regional longitudinal strain in the region of left ventricular leads predicts the response to cardiac resynchronization therapy in patients with ischemic heart failure [J]. Cell Biochem Biophys, 2014, 70(1):143-148.
- [9] 蔡兴文. 经胸超声心动图诊断二叶式主动脉瓣畸形及其并发症的临床价值[J]. 临床超声医学杂志, 2018, 20(6):401-404.
- [10] Tumenbayar M, Yamaguchi K, Yoshitomi H, et al. Increased apical rotation in patients with severe aortic stenosis assessed by three-dimensional speckle tracking imaging [J]. J Echocardiogr, 2018, 16(1):28-33.
- [11] Kurt M, Tanboga IH, Bilen E, et al. Abnormal left ventricular mechanics in isolated bicuspid aortic valve disease may be independent of aortic distensibility: 2D strain imaging study [J]. J Heart Valve Dis, 2012, 21(5):608-614.

(收稿日期:2019-10-30)