

❖ 心脏、血管影像学

Three-dimensional speckle tracking imaging in evaluation of left ventricular global strain before and after transcatheter closure of atrial septal defect

JIANG Haibo, CHEN Kaibei, SUN Li, XIONG Wenfeng, JIANG Dong,

ZHAO Baozhen, JIN Xiucui*

(Department of Ultrasound, Changhai Hospital, Second Military University,
Shanghai 200433, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the value of three-dimensional speckle tracking imaging (3D-STI) in quantitative evaluation of left ventricular global strain in patients with atrial septal defect (ASD) before and after transcatheter closure.

Methods Totally 35 patients with secondary ASD who received successful transcatheter occlusion were selected. Routine echocardiography and 3D-STI examination were performed before the operation, 2 days, 1 month, 3 months and 6 months after the operation. Routine echocardiography was used to obtain the parameters of left ventricular end diastolic diameter (LVEDD), left ventricular end systolic diameter (LVEDS), left ventricular end diastolic volume (LVEDV), left ventricular end systolic volume (LVESV), stroke volume (SV) and other parameters. The left ventricular global peak longitudinal strain (GPLS), left ventricular global peak circumferential strain (GPCS), left ventricular global peak radial strain (GPRS) and left ventricular global peak area strain (GPAS) were examined with 3D-STI. The preoperative and postoperative parameters at each time point were analyzed statistically. **Results** Routine echocardiography showed that LVEDD, LVEDS, LVEDV, LVESV and SV increased significantly after operation, but no significant difference was found to compare each other 2 days, 1 month, 3 months and 6 months after operation (all $P > 0.05$). 3D-STI examination showed that left ventricular GPLS, GPCS, GPRS and GPAS increased after operation, and the most increase was noticed at the second day after transcatheter occlusion. GPLS, GPCS and GPAS 6 months after operation were larger than those 3 months after operation (all $P > 0.05$). **Conclusion** 3D-STI technique can evaluate the left ventricular global strain in patients with ASD before and after occlusion. Compared with conventional echocardiography, 3D-STI technique can objectively and effectively evaluate the changes of left ventricular systolic function.

[Key words] Echocardiography, three-dimensional; Speckle tracking imaging; Strain; Heart septal defect, atrial; Ventricular, left

DOI:10.13929/j.1003-3289.201708008

三维斑点追踪成像技术评价房间隔缺损患者封堵前后左心室整体应变

蒋海波, 陈恺蓓, 孙 丽, 熊文峰, 蒋 栋, 赵宝珍, 金修才*

(第二军医大学附属长海医院超声科, 上海 200433)

[摘要] **目的** 探讨三维斑点追踪成像(3D-STI)技术定量评价房间隔缺损(ASD)患者封堵前后左心室整体应变。

[第一作者] 蒋海波(1987—),男,安徽舒城人,在读硕士,医师。研究方向:心脏超声。E-mail: navyhb@163.com

[通信作者] 金修才,第二军医大学附属长海医院超声科,200433。E-mail: goldenxc@126.com

[收稿日期] 2017-08-04 **[修回日期]** 2017-11-25

方法 选取介入封堵成功的继发孔型 ASD 患者 35 例,分别于术前、术后 2 天和 1、3、6 个月接受常规超声心动图检查及 3D-STI 检查。常规超声心动图检查获取左心室舒张末期内径(LVEDD)、左心室收缩末期内径(LVEDS)、左心室舒张末期容积(LVEDV)、左心室收缩末期容积(LVESV)、每搏量(SV)。采用 3D-STI 检查获取左心室整体纵向峰值应变(GPLS)、左心室整体圆周峰值应变(GPCS)、左心室整体径向峰值应变(GPRS)和左心室整体面积峰值应变(GPAS)。对术前与术后各时间点参数行统计学分析。**结果** 常规超声心动图检查示 ASD 患者术后各时间点 LVEDD、LVEDS、LVEDV、LVESV、SV 较术前增加(P 均 <0.05),但术后 2 天、1、3、6 个月间两两比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。3D-STI 检查结果示 ASD 患者术后各时间点左心室 GPLS、GPCS、GPRS、GPAS 较术前增加(P 均 <0.05),且以术后 2 天增加最为明显,术后 6 个月 GPLS、GPCS、GPAS 较术后 3 个月增加(P 均 <0.05)。**结论** 3D-STI 技术可全面、准确地评价 ASD 患者封堵前后左心室心肌应变,较常规超声心动图可更客观、有效地评价术后左心室收缩功能变化。

【关键词】 超声心动描记术,三维;斑点追踪成像;应变;房间隔缺损;心室,左

【中图分类号】 R540.45; R542.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-3289(2018)04-0523-05

目前经皮介入封堵术是治疗房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)的主要方法^[1]。消除分流后 ASD 患者左心室充盈压增加^[2],左心室结构和功能发生适应性重构^[3],心肌形变能力也随之发生改变。既往研究^[4]主要采用组织多普勒成像(tissue Doppler imaging, TDI)和二维斑点追踪成像(two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI)技术评价 ASD 患者的心肌形变能力。TDI 技术具有“角度依赖”,仅能评价心肌组织纵向应变。2D-STI 技术受追踪平面的限制,所追踪心肌斑点会出现“斑点逃逸”的可能,两者均不可全面、准确地评价心肌形变。本研究旨在采用三维斑点追踪成像(three-dimensional speckle tracking imaging, 3D-STI)技术定量评价 ASD 患者封堵前后左心室的整体应变,以反映左心室收缩功能变化。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2015 年 10 月—2016 年 12 月本院心内科介入封堵成功的继发孔型 ASD 患者 35 例,其中男 14 例,女 21 例,年龄 14~67 岁,平均 (37.1 ± 13.6) 岁。ASD 直径 0.70~3.30 cm,平均 (1.89 ± 0.73) cm;肺动脉压力 22.00~38.00 mmHg,平均 (29.06 ± 4.21) mmHg。纳入标准:①二维超声剑突下双心房切面示房间隔中部回声缺失,CDFI 示红色为主五彩镶嵌的垂直穿隔血流,明确诊断为中央继发孔型 ASD;②心房水平左向右分流;③上残端和下残端均为硬边,符合经皮介入封堵治疗的手术指征;④术中封堵前肺动脉导管测压 ≤ 40 mmHg。排除标准:①心房水平右向左分流;②原发孔型 ASD;③合并有其他心内畸形;④合并有高血压、冠心病、心肌病、心律失常、瓣膜反流及其他引起心肌应变改变的疾病;⑤图像质量差,无法获取峰值应变值。对所有患者分别于术前、术后 2 天和 1、3、6 个月接受常规超声心动图检查

和 3D-STI 检查。

1.2 仪器与方法 采用 GE Vivid E9 彩色多普勒超声诊断仪,V4 矩阵探头(频率 1.7~3.3 MHz)及 M5Sc 探头(频率 1.7~3.3 MHz)。

所有检查均由同一检查者完成,被检查者取左侧卧位,连接同步心电图,采用 M5Sc 探头行常规检查,获取左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic dimension, LVEDD)、左心室收缩末期内径(left ventricular end-systolic dimension, LVEDS)、左心室舒张末期容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、左心室收缩末期容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)、每搏量(stroke volume, SV)、左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)。切换至 V4 矩阵探头,于心尖部获取四腔心图像,启动 4D 模式,设置 Num Cycles 为 4 个心动周期,调节帧频大于心率的 40%,并嘱患者呼气后屏气,待心律平稳,存储图像。

采用在机 4D Auto-LVQ 图像分析软件进行分析,测量左心室整体纵向峰值应变(global peak longitudinal strain, GPLS)、左心室整体圆周峰值应变(global peak circumferential strain, GPCS)、左心室整体径向峰值应变(global peak radial strain, GPRS)和左心室整体面积峰值应变(global peak area strain, GPAS)。各参数由同一检查者测量 3 次,取均值。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 21.0 统计分析软件,正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。不同时间各超声参数间比较采用重复测量方差分析,两两比较采用 LSD- t 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 常规超声心动图检查 与术前比较,术后 2 天、1 个月、3 个月、6 个月 LVEDD、LVEDS、LVEDV、

LVESV、SV 增加 (P 均 <0.05), 术后 2 天、1 个月、3 个月、6 个月间两两比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$)。术后 2 天、1 个月 LVEF 与术前比较差异无统计学意义 ($P>0.05$), 术后 3、6 个月较术前增大 (P 均 <0.05), 但均在正常范围内, 术后各时间节点两两比较 LVEF 差异无统计学意义 (表 1)。

2.2 3D-STI 检查 与术前比较, 术后左心室 GPLS、

GPCS、GPRS、GPAS 均增加 (P 均 <0.05), 其中以术后 2 天增加最为明显, 与术后其余时间比较差异有统计学意义 (P 均 <0.05), 与术后 1 个月比较, 术后 3 个月 GPRS 降低 (P 均 <0.05), 术后 6 个月 GPLS、GPCS 升高 (P 均 <0.05); 术后 6 个月 GPLS、GPCS、GPAS 较术后 3 个月增加 (P 均 <0.05), GPRS 未见明显变化 (表 2、图 1)。

表 1 ASD 患者常规超声心动图结果 ($\bar{x} \pm s$)

时间点	LVEDD(cm)	LVEDS(cm)	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	SV(ml)	LVEF(%)
术前	3.83±0.22	2.08±0.19	63.43±12.12	25.81±6.12	37.62±6.75	59.47±3.62
术后						
2 天	4.28±0.25*	2.53±0.19*	79.16±12.24*	31.34±5.90*	47.81±7.55*	60.42±3.58
1 个月	4.29±0.16*	2.54±0.17*	79.85±10.14*	31.14±5.93*	48.71±6.38*	61.08±4.32
3 个月	4.31±0.21*	2.56±0.17*	80.77±10.55*	31.26±6.25*	49.51±6.01*	61.47±3.99*
6 个月	4.35±0.15*	2.55±0.14*	80.59±10.31*	31.29±6.11*	49.30±6.12*	61.30±4.21*
F 值	159.29	116.13	61.11	32.83	51.00	5.36
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

注: *: 与术前比较, $P<0.05$

表 2 ASD 患者三维应变值比较 (% , $\bar{x} \pm s$)

时间点	GPLS	GPCS	GPRS	GPAS
术前	10.46±2.89	10.47±2.96	24.02±5.28	16.89±2.70
术后				
2 天	19.36±1.20*	20.29±0.97*	41.88±6.17*	29.67±4.18*
1 个月	16.73±1.31* ^{&}	17.28±1.42* ^{&}	37.03±4.90* ^{&}	26.09±3.80* ^{&}
3 个月	16.76±1.23* ^{&}	17.15±1.12* ^{&}	36.61±4.51* ^{&#}	25.61±3.24* ^{&}
6 个月	17.31±1.20* ^{&#Δ}	17.90±1.24* ^{&#Δ}	37.00±4.83* ^{&}	26.18±3.12* ^{&Δ}
F 值	86.24	86.24	127.14	107.44
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

注: *: 与术前比较, $P<0.05$; &: 与术后 2 天比较, $P<0.05$; #: 与术后 1 个月比较, $P<0.05$; Δ: 与术后 3 个月比较, $P<0.05$

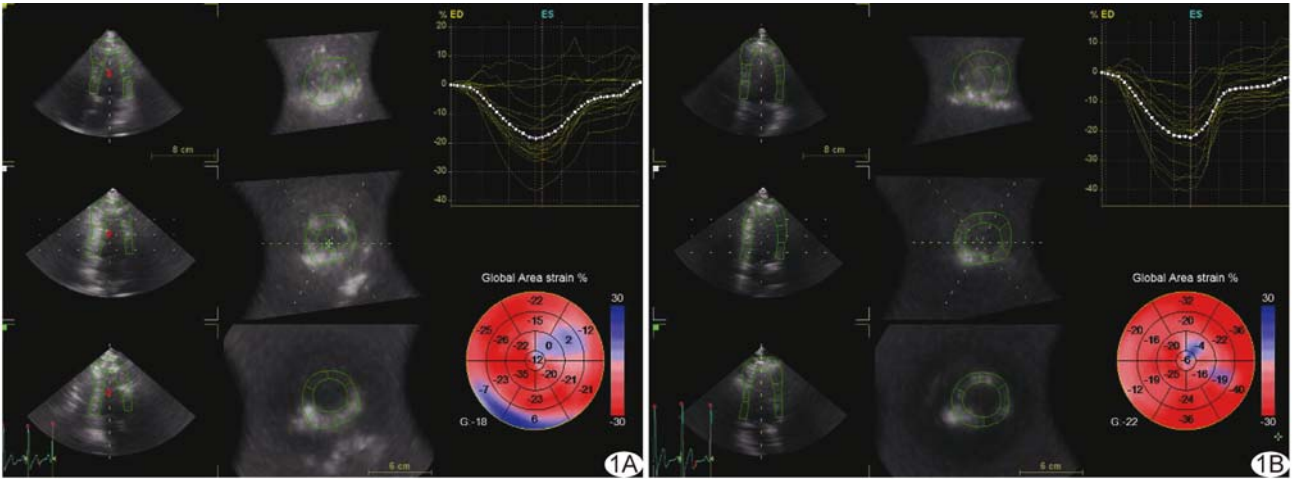


图 1 患者男, 38 岁, ASD 封堵术后面积应变 A. 术前; B. 术后 2 天

3 讨论

左心室收缩功能主要受前负荷、后负荷和心肌收缩能力的影响。ASD 患者由于左向右分流致右心室负荷增加,并压迫室间隔致左心室不能有效舒张,前负荷下降,左心室心肌形变能力减低^[5-6]。ASD 患者接受封堵术后,消除了右心室对室间隔的压迫,左心室舒张功能明显改善,LVEDV 和压力增加,心肌应变也发生相应改变。2D-STI 和 TDI 技术分别受“角度依赖”和“斑点逃逸”的局限,不能全面、有效地评价 ASD 患者术后心肌应变。3D-STI 技术是于三维空间对心肌“声学斑点”进行追踪,可有效避免上述局限性^[7],通过获取左心室纵向、径向、圆周峰值应变,以及面积峰值应变,综合反映心内膜立体结构和功能的变化。另外,3D-STI 技术评价左心室心功能与 MRI 技术具有很好的相关性^[8-9],在肥厚性心脏病、冠心病等方面的应用均已得到证实。

本研究中常规超声心动图结果显示,ASD 患者封堵后 2 天 LVEDD、LVESD、LVEDV、LVESV、SV 较术前增加。这是由于 ASD 患者术前左心室充盈减少,左心室输出量下降^[10],经封堵消除分流后,左心室充盈迅速增加。根据 Frank-Starling 调节机制,心肌收缩能力不变的前提下,随着心肌初长度的增加,心肌收缩力增强^[11-12],心输出量增加。但本研究发现,术后 1、3、6 个月上述指标与术后 2 天比较并未出现明显变化(P 均 > 0.05)。

3D-STI 技术对心肌声学斑点进行追踪,获取的指标有 GPLS、GPCS 和 GPRS。GPLS 反映心脏长轴心肌形变能力,舒张期心肌变长,收缩期心肌变短。GPCS 和 GPRS 反映心脏短轴心肌形变能力,收缩期心肌圆周变短,径向变厚;舒张期心肌圆周变长,径向变薄。本研究 3D-STI 结果显示,ASD 患者术后 2 天左心室心肌 GPLS、GPCS、GPRS 和 GPAS 均较术前明显增加。ASD 患者异常分流致左心室几何形态发生改变^[13],室间隔和左心室后壁心肌也发生不同程度的重构。术后 2 天左心室充盈增加,心肌初始长度变长,根据公式 $S = |L - L_0| / L_0$ (其中 L 为心肌收缩末期长度, L_0 为心肌初始长度)和 Frank-Starling 调节机制可知,3 个方向的峰值应变值均增加。ASD 患者术后 1 个月左心室心肌应变值稍有下降,可能与室间隔运动幅度逐渐恢复,致舒张末期压力下降,造成心肌前负荷下降有关。本研究术后 6 个月左心室心肌 GPLS、GPCS 较术后 1、3 个月有所增加,可能与左心室心肌因容量负荷改变发生动态逆行重构^[6],心肌初长度逐渐恢复至最佳初长度有关。另外,本研究还发现,左心室 GPRS 术后 3 个月较术后 1

个月下降,术后 6 个月较术后 1、3 个月无明显变化,原因可能为 ASD 患者经封堵消除分流后,左心室容量负荷增加,右心室容量负荷减低,室间隔运动幅度逐渐恢复,但进程较慢,有待延长随访时间进一步研究。

3D-STI 技术所测的面积峰值应变指标 GPAS,由 GPLS、GPCS 共同决定,反映左心室心内膜于心动周期中的立体结构变化,是评价左心室心肌形变的有效参数^[14],较 GPLS、GPCS 和 GPRS 更能代表左心室整体收缩功能。本研究中 ASD 患者术后 6 个月左心室 GPAS 较术后 1 个月略有增加,但差异无统计学意义,可能与左心室心肌逆行重构,尤其是室间隔面未完全达到最佳收缩状态,或样本量较小等有关。

本研究的局限性:①3D-STI 技术对图像质量要求较高,虽然软件能自动识别心内膜界线,但部分仍需手动微调,存在人为误差;②样本量较小,仍需扩大样本量并延长随访时间。

综上所述,3D-STI 技术可全面、准确地评价 ASD 患者封堵前后左心室心肌应变变化,较常规超声心动图可以更客观、有效地评价术后左心室收缩功能变化。

[参考文献]

- [1] Tadros VX, Asgar AW. Atrial septal defect closure with left ventricular dysfunction. *Euro Intervention*, 2016, 12 (Suppl X): X13-X17.
- [2] Kong YH, Song J, Kim KH, et al. Acute changes in left ventricular end diastolic pressure following the transcatheter closure of an atrial septal defect in adults. *Heart Surg Forum*, 2016, 19(3):E145-E149.
- [3] Yilmazer MM, Guven B, Vupa-Cilengiroglu O, et al. Improvement in cardiac structure and functions early after transcatheter closure of secundum atrial septal defect in children and adolescents. *Turk J Pediatr*, 2013, 55(4):401-410.
- [4] Klitsie LM, Roest AA, Blom NA, et al. Ventricular performance after surgery for a congenital heart defect as assessed using advanced echocardiography: From Doppler flow to 3D echocardiography and speckle-tracking strain imaging. *Pediatr Cardiol*, 2014, 35(1):3-15.
- [5] 段艳,张军,拓胜军,等.二维斑点追踪技术对房间隔缺损患者封堵术前后左心室扭转运动的定量评价. *中国超声医学杂志*, 2015, 31(7):605-607.
- [6] 段艳,张军,拓胜军,等.斑点追踪技术对房间隔缺损封堵术前后左心室短轴应变的定量评价. *中华超声影像学杂志*, 2015, 31(7):562-565.
- [7] Lo IF, Petitto M, Ferrone M, et al. Determinants of myocardial mechanics in top-level endurance athletes: Three-dimensional speckle tracking evaluation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2017, 18(5):549-555.
- [8] Nesser HJ, Mor-Avi V, Gorissen W, et al. Quantification of left

- ventricular volumes using three-dimensional echocardiographic speckle tracking: Comparison with MRI. *Eur Heart J*, 2009, 30 (13): 1565-1573.
- [9] 杨杨,孙红光. 三维斑点追踪技术在心脏疾病中的应用进展. *临床超声医学杂志*, 2013, 15(5):330-333.
- [10] Lim DS, Gutgesell HP, Rocchini AP. Left ventricular function by pressure-volume loop analysis before and after percutaneous repair of large atrial septal defects. *J Interv Cardiol*, 2014, 27(2):204-211.
- [11] Dong L, Zhang F, Shu X, et al. Left ventricular torsional deformation in patients undergoing transcatheter closure of secundum atrial septal defect. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2009, 25(5):479-486.
- [12] Kaya MG, Baykan A, Dogan A, et al. Intermediate-term effects of transcatheter secundum atrial septal defect closure on cardiac remodeling in children and adults. *Pediatr Cardiol*, 2010, 31(4):474-482.
- [13] Ermis P, Franklin W, Mulukutla V, et al. Left ventricular hemodynamic changes and clinical outcomes after transcatheter atrial septal defect closure in adults. *Congenit Heart Dis*, 2015, 10(2): E48-E53.
- [14] Ran H, Zhang PY, Zhang YX, et al. Assessment of left ventricular myocardial viability by 3-dimensional speckle-tracking echocardiography in patients with myocardial infarction. *J Ultrasound Med*, 2016, 35(8):1631-1638.

《中国医学影像技术》投稿要求(二)

8 基金项目 书写格式应为:××基金(编号××)。基金论文投稿时应同时将基金项目批文扫描上传。本刊将优先选登基金论文。

9 第一作者 书写格式为:姓名(出生年-),性别,籍贯,学位,职称,研究方向和 E-mail。尚未毕业者学位写为“在读××”,如“在读硕士”、“在读博士”。投稿时,简介中需注明第一作者联系电话。

10 通信作者 通常为稿件所涉及研究工作的负责人,通信作者简介包括其姓名、单位、邮编和 E-mail。

11 摘要 研究论著和综述性论文均须附中、英文摘要,英文在前,中文在后;经验交流和短篇报道不设摘要。摘要应以第三人称撰写,不宜超过 350 个汉字,不宜使用“我们”、“作者”等词作为主语。研究论著类论文的摘要应按结构式摘要的特征撰写,包括目的(Objective)、方法(Methods)、结果(Results)、结论(Conclusion)四项。综述性论文的摘要应按指示性摘要的特征撰写,简要叙述文章内容,无须按“四项式”编写。摘要应具有独立性和自明性,并且拥有与文献同等量的主要信息,在有限的字数内向读者提供尽可能多的定性或定量的信息,充分反映该研究的创新之处。英文摘要在 300 个实词左右,内容和形式要求与中文摘要基本对应。

12 关键词 中文关键词应以《医学主题词注释字顺表(2002 年版)》为准,以标引能表达全文主题概念的叙词 2~5 个,尽量少用自由词。英文关键词应与中文对应,以《医学主题词注释字顺表(2002 年版)》及《Mesh》内所列的主题词为准,每个英文关键词第一个词的首字母大写,各关键词之间用分号隔开。

13 正文标题层次 如:1 资料与方法(或材料与方法),1.1 资料(或材料),1.2 方法,2 结果,3 讨论,一般不超过三级标题,文内连序号为圈码,如①、②、③……表示。

14 医学名词 应注意规范、标准、前后统一,尽量少用缩略语,原词过长且在文中多次出现(2 次以上)者,可于括号内写出全称并加注简称,以后用简称。医学名词术语,以全国科学技术名词审定委员会审定公布的医学名词为准。