DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20170494

·论 著·

应用实时三维超声心动图评价房间隔缺损介入封堵术前后左心室收缩同步性

周 怡[1△]，左武旭[2△]，潘翠珍[2]，葛均波[3*]

1. 新疆喀什地区第二人民医院心内科，喀什 844000
2. 复旦大学附属中山医院心脏超声诊断室，上海 200032
3. 复旦大学附属中山医院心内科，上海 200032

［摘要］ **目的**：应用实时三维超声心动图（real-time three-dimensional echocardiography，RT-3DE）技术评价房间隔缺损（atrial septal defect，ASD）患者介入封堵术前后左心室收缩同步性的变化。**方法**：选择 2015 年 9 月至 2016 年 1 月在复旦大学附属中山医院进行介入封堵术的 ASD 患者 52 例，于术前 1 d、术后 1 d 和术后 1 个月分别对患者进行 RT-3DE 检查。应用 TomTec 4D LV-Analysis CRT 1.0 软件，绘制左心室各节段的容积-时间曲线（volume-time curve，VTC），并计算 16 节段达到最小容积的时间（time to minimal segmental volume，Tmsv）及其标准差（time to minimal 16-segmental volume-standard deviation，Tmsv16-SD）、最大差值（time to minimal 16-segmental volume-difference，Tmsv16-Dif）。将上述数据与受检者心动周期时间相除之后标化，得到 Tmsv%、Tmsv16-SD%、Tmsv16-Dif%。定量分析左心室各节段术前及术后收缩幅度的变化情况。**结果**：VTC 显示：术前 1 d，ASD 患者左心室 16 节段收缩同步性较差；术后 1 d，左心室 16 节段收缩同步性得到改善；术后 1 个月与术后 1 d 改变相似。ASD 患者术后 1 d Tmsv 及 Tmsv%、Tmsv16-SD 及 Tmsv16-SD%、Tmsv16-Dif 及 Tmsv16-Dif% 均较术前 1 d 改善（$P<0.05$）；术后 1 个月与术后 1 d 差异无统计学意义。术后 1 d，仅少数左心室节段出现收缩幅度的明显改变；术后 1 个月大部分节段的收缩幅度明显改善（$P<0.05$）。**结论**：ASD 患者术前左心室各节段收缩同步性及收缩幅度均较差；术后 1 d 左心室各节段收缩同步性即得到改善，但收缩幅度改善不明显；术后 1 个月，左心室各节段收缩同步性改善不明显，但收缩幅度改善明显。

［关键词］ 实时三维超声心动图；左心室收缩同步性；介入封堵术

［中图分类号］ R 540.4^{+}5 ［文献标志码］ A

Real-time three-dimensional echocardiography in evaluating left ventricular systolic synchrony in patients with atrial septal defect before and after interventional occlusion

ZHOU Yi[1△], ZUO Wu-xu[2△], PAN Cui-zhen[2], GE Jun-bo[3*]

1. Department of Cardiology, the Second People's Hospital of Kashgar Prefecture, Kashgar 844000, Xinjiang, China
2. Department of Echocardiography, Zhongshan hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
3. Department of Cardiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

［**Abstract**］ **Objective**: To investigate the dynamic change of left ventricular systolic synchrony in patients with atrial septal defect (ASD) before and after interventional occlusion using real-time three-dimensional echocardiography (RT-3DE). **Methods**: A total of 52 patients undergoing interventional occlusion in Zhongshan Hospital from September 2015 to January 2016 were enrolled in this study. All subjects were assigned to take RT-3DE one day before, one day and one month after the interventional occlusion. TomTec 4D LV-Analysis CRT 1.0 software was used to analyze volume-time curves (VTC) of the 16 segments of the left ventricle. Parameters including time to minimal segmental volume (Tmsv), time to minimal segmental volume-standard deviation (Tmsv16-SD), and time to minimal segmental volume-difference (Tmsv16-Dif) were analysed. These three parameters were standardized by dividing cardiac cycle to generate other three parameters: Tmsv%, Tmsv16-

［收稿日期］ 2017-06-09 ［接受日期］ 2017-07-12

［基金项目］ 新疆维吾尔自治区自然科学基金（2015211C230）. Supported by Natural Science Foundation of the Xinjiang Uygur Autonomous Region of China (2015211C230).

［作者简介］ 周 怡，硕士，主治医师. E-mail:33755410@qq.com

左武旭，硕士生. E-mail:15211210017@fudan.edu.cn

△共同第一作者（Co-first authors）.

*通信作者（Corresponding author）. Tel: 021-64041990, E-mail:jbge@zs-hospital.sh.cn

SD%, and Tmsv16-Dif%. **Results**: VTC before the interventional occlusion suggested dyssynchronation of the left ventricular systole; VTC of one day after the interventional occlusion suggested synchronization of the left ventricle. So did the results of one month after the interventional occlusion. Accordingly, parameters including Tmsv, Tmsv%, Tmsv16-SD, Tmsv16-SD%, Tmsv16-Dif, and Tmsv16-Dif% were significantly improved one day after occlusion as compared with one day before occlusion. These parameters were not significantly changed one month after occlusion as compared with one day after occlusion. In terms of the contraction amplitude, only a few segments showed a significant improvement one day after the interventional occlusion, most segments did not improve until one month later. **Conclusions**: Interventional occlusion significantly improved left ventricular systolic synchronization in patients with ASD one day after occlusion. Additionally, the contraction amplitude was significantly improved one month after the interventional occlusion.

[**Key Words**] real-time three-dimensional echocardiography; left ventricular systolic synchronization; interventional occlusion

继发孔型房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)是成人中最常见的先天性心脏病[1]。ASD患者右心室容量负荷的增大会影响左心室的收缩功能[2]。随着介入治疗技术的发展,ASD患者已从中获益[3]。ASD患者接受经皮导管介入封堵术治疗后,左心室的功能可得到明显改善[4]。左心室收缩同步性是评价左心室收缩功能的良好指标[5-7]。本研究采用实时三维超声心动图(real-time three-dimensional echocardiography,RT-3DE)技术,从左心室收缩同步性方面进一步评价ASD患者介入封堵术前后左心室收缩功能的变化,评估该技术对于ASD患者左心室收缩功能的评价价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2015年9月至2016年1月在复旦大学附属中山医院拟行介入封堵术的ASD患者,进行前瞻性研究。入选标准:经胸或食管超声心动图诊断为继发孔型ASD;经胸超声可见清晰的右心室心内膜缘;患者已知情,有较好的依从性。排除标准:重度肺动脉高压伴右向左分流或双向分流且有发绀者;心电图示房颤或频发早搏;活动性心内膜炎,心内有赘生物,或引起菌血症的其他感染;合并需接受手术矫治的其他心脏畸形;依从性不良。共入选ASD患者67例,其中52例成功完成术前和术后1 d的检查。52例患者中,男性32例(61.5%),女性20例(38.5%),年龄为18～65岁,平均年龄(41.5±13.6)岁。本研究经医院伦理委员会批准,患者知情同意并签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 Philips公司iE33型超声心动图仪。该仪器可进行RT-3DE和全容积三维超声心动图(full volume three-dimensional echocardiography, FV-3DE)检测。配备S5-1(频率为1～5 MHz)和X5-1探头(频率为2～4 MHz)。

ASD患者在介入封堵术术前1 d、术后1 d及术后1个月,于静息状态下左侧卧位进行超声心动图检查(3次测量采用随机盲法)。使用S5-1探头,于心尖四腔观测量左心室舒张末期内径(left ventricular end diastolic diameter,LVEDD)、左心室收缩末期内径(left ventricular end systolic diameter,LVESV)、右心室舒张末期左右径(right ventricular end diastolic diameter,RVEDD)和右心室收缩末期左右径(right ventricular end systolic diameter,RVESD)。

使用X5-1探头,待患者呼吸维持平衡时,在心尖四腔观方位上,调整图像深度和增益并提醒患者保持静卧、短暂屏气,以清楚呈现心室壁的心内膜结构;将仪器调整为全容积显像方式,经心电图自动触发,收集4个相邻的15°×60°窄角"蛋糕块"立体图像,形成60°×60°的宽角"金字塔"样全容积成像三维数据库。用机器附带的TomTec 4D LV-Analysis CRT1.0软件进行三维图像分析:将获得的全容积三维图像实施切割旋转,在这个过程中将图像调整到三个平面中,分别显示左心室心尖四腔观、短轴观及两腔观;同时在心尖四腔以及两腔剖视面位置各自设定舒张末期以及收缩期,标定室间隔、前壁、侧壁、下壁、二尖瓣环的交接处及左心室心尖。软件能按照标定点针对心内膜缘实现自动识别,但须手动调节勾勒线至能和心内膜缘完全贴合。

根据美国超声心动图学会相关标准,采取自动方式把左心室划分成16个节段,自动获得左心室舒张末期容积(left ventricular end diastolic volume, LVEDV)、收缩末容积(LVESV)及三维射血分数(left ventricular ejection fraction,LVEF)以及左心

室每搏输出量(left ventricular stroke volume, LVSV)。通过软件确定心电图 R 波顶点,作为时间轴零点,用多种颜色代表各个节段,并绘制容积-时间曲线(volume-time curve, VTC),计算 16 节段达到最小容积的时间(time to minimal 16-segmental volume, Tmsv)及其标准差(time to minimal segmental volume-standard deviation, Tmsv 16-SD)、最大差值(time to minimal 16-segmental volume-difference, Tmsv16-Dif)。将上述数据与受检者心动周期时间相除后标化,得到 Tmsv%、Tmsv16-SD%、Tmsv16-Dif%。定量分析左心室各节段术前及术后收缩幅度的变化情况。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 20.0 软件进行分析。所有呈正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验,多组比较采用方差分析。所有统计学检验均为双边。检验水准(α)为 0.05。

2 结 果

2.1 ASD 患者手术前后左、右心室常规超声指标比较 术前右心室明显增大,压迫室间隔朝向左心室,使左心室在短轴上呈现"非圆形"的结构。术后 1 d 左心室内径较术前明显增大,术后 1 个月左心室内径较术后 1 d 明显增大($P<0.05$)。3 个时间点,左心室每搏输出量有同样的趋势。右心室内径术后 1 d 较术前明显减小,术后 1 个月较术前 1 d 明显减小($P<0.05$)。ASD 患者接受房间隔缺损封堵术后 1 d 及术后 1 个月 LVEF 与术前 1 d 差异均未见统计学意义(表 1)。

表 1 ASD 患者常规超声心动图指标

$n=52$, $\bar{x}\pm s$

指 标	术前 1 d	术后 1 d	术后 1 个月
LVEDD d/mm	41.51±3.86	44.57±4.01*	46.06±4.06*△
LVESD d/mm	26.17±2.97	27.27±2.68*	28.27±2.84*△
LVEF/%	67.21±4.71	68.70±3.80	68.55±3.88
LVSV V/mL	53.05±10.66	56.75±11.61*	62.18±11.04*△
RVEDD d/mm	47.33±7.07	40.70±5.93*	37.84±5.87*△
EVESD d/mm	33.49±5.48	31.53±4.81*	28.72±5.07*△

LVEDD: 左心室舒张末内径; LVESD: 左心室收缩末内径; LVEF: 左心室射血分数; LVSV: 左心室每搏输出量; RVEDD: 右心室舒张末内径; EVESD: 右心室收缩末内径. *$P<0.05$ 与术前 1 d 相比; △$P<0.05$ 与术后 1 d 相比

2.2 ASD 患者手术前后左、右心室收缩同步性比较 术前 1 d,ASD 患者左心室 16 节段 VTC 呈不规则抛物线形,达峰值时间不一致,以前壁、前间隔、室间隔最为显著,说明左心室收缩不同步(图 1A)。术后 1 d,16 节段 VTC 形态规则、起伏一致,各节段几乎同时达到最大容积和最小容积,提示术后 1 d 左心室收缩同步性较术前好(图 1B)。术后 1 个月的 16 节段 VTC 和术后 1 d 相似。

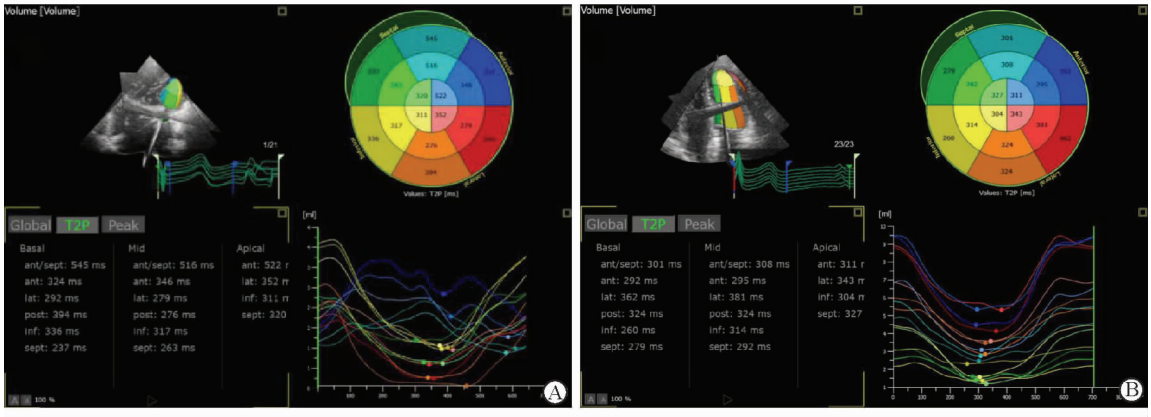


图 1 ASD 患者术前 1 d(A)及术后 1 d(B)左心室 16 节段 VTC

ASD 患者术后 1 d 及术后 1 个月 Tmsv、Tmsv%、Tmsv16-SD、Tmsv16-SD%、Tmsv16-Dif、Tmsv-Dif%与术前 1 d 差异均有统计学意义($P<0.05$);术后 1 个月与术后 1 d 相比上述指标差异无统计学意义(表 2)。

表2 RT-3DE对ASD患者介入封堵术前后左心室收缩同步性的分析

$n=52$, $\bar{x}\pm s$

指 标	术前1 d	术后1 d	术后1个月
Tmsv t/ms	63.75±19.24	54.14±16.78*	50.45±15.97*
Tmsv%/%	9.11±2.90	7.85±2.75*	7.23±2.32*
Tmsv16-SD t/ms	63.90±19.28	63.90±19.28*	50.69±16.06*
Tmsv16-SD%/%	9.11±2.90	7.85±2.74*	7.23±2.32*
Tmsv16-Dif t/ms	198.81±80.52	158.72±59.45*	154.27±50.46*
Tmsv16-Dif%/%	27.98±11.23	23.20±9.28*	21.91±6.84*

Tmsv：16节段容积达到最小值时间；Tmsv%：Tmsv占心动周期的百分率；Tmsv16-SD：16节段Tmsv的标准差；Tmsv16-SD%：Tmsv16-SD占心动周期的百分率；Tmsv16-Dif：16节段Tmsv之间的最大差值；Tmsv16-Dif%：Tmsv16-Dif占心动周期的百分率. *$P<0.05$ 与术前1 d相比

2.3 ASD患者手术前后16节段收缩幅度 术后1 d，侧壁基底段和前壁中间段的收缩幅度较术前1 d增加，下壁基底段收缩幅度较术前1 d降低（$P<0.05$），其余节段与术前1 d差异无统计学意义；术后1个月前壁基底段、前间隔基底段、室间隔基底段、侧壁基底段、前壁中间段、室间隔中间段、侧壁中间段和室间隔心尖段的收缩幅度较术前1 d增加（$P<0.05$，表3）；术后1个月前壁基底段、前间隔基底段、室间隔基底段、室间隔中间段、下壁中间段、后壁中间段、侧壁中间段、室间隔心尖段、下壁心尖段和侧壁心尖段较术后1 d增加（$P<0.05$，表3）。

表3 ASD患者手术前后16节段收缩幅度分析

$n=52$, $\bar{x}\pm s$; V/mL

节 段	术前1 d	术后1 d	术后1个月
前壁基底段	1.357±0.523	1.466±0.571	1.711±0.673*△
前间隔基底段	2.282±0.933	2.270±0.861	2.709±1.268*△
室间隔基底段	3.370±0.992	3.208±1.088	3.735±1.295*△
下壁基底段	2.899±0.836	2.488±0.788*	2.921±1.094
后壁基底段	2.099±0.681	1.950±0.662	2.146±0.863
侧壁基底段	1.426±0.623	1.624±0.576*	1.720±0.736*
前壁中间段	1.499±0.535	1.932±0.823*	1.786±0.660*
前间隔中间段	1.845±0.800	1.911±0.784	2.121±1.154
室间隔中间段	2.731±0.839	2.714±1.072	3.147±1.163*△
下壁中间段	2.480±0.855	2.210±0.867	2.616±1.092△
后壁中间段	1.658±0.642	1.543±0.574	1.754±0.805△
侧壁中间段	1.492±0.528	1.559±0.627	1.775±0.747*△
前壁心尖段	1.645±0.661	1.732±0.671	1.787±0.725
室间隔心尖段	2.088±0.598	2.040±0.705	2.292±0.796*△
下壁心尖段	1.749±0.616	1.581±0.583	1.855±0.722△
侧壁心尖段	1.638±0.498	1.670±0.604	1.940±0.753*△

*$P<0.05$ 与术前1 d相比；△$P<0.05$ 与术后1 d相比

3 讨 论

在正常情况下，左心室内各节段可同步、协调地收缩和舒张，这对维持左心室正常的射血功能有重要作用。某些疾病会导致左心室内各个节段收缩活动不同步。心室运动的不同步可分为电不同步和机械不同步。电不同步在心电图上可表现为QRS波群持续时间≥120 ms。研究[5-7]表明，通过RT-3DE获得的左心室机械同步性指标具有很高的临床应用价值。

本研究中，ASD患者术前1 d左心室16节段VTC呈不规则抛物线形，达峰时间不一致，以前壁、前间隔、室间隔最为显著，显示出左心室收缩不同步。在术后1 d，16节段VTC形态规则、起伏一致，

各节段几乎同时达到最大容积和最小容积，提示术后 1 d 左心室 16 节段收缩同步性较术前好。术后 1 个月的 16 节段 VTC 和术后 1 d 相似。已有文献[2]表明，由于心室间相互依赖，右心室容量负荷的增加会影响室间隔的活动，继而影响左心室的收缩功能。ASD 患者心脏由于存在左向右分流，导致右心室的容量负荷增加，增大的右心室会推动室间隔向左心室移动，使左心室的内径减小，在短轴上呈现一个“非圆形”的形态改变。左心室的这种形态改变是收缩不同步的主要原因。虽然室间隔被动参与到右心室的运动中，但是其结构及功能没有发生不可逆的变化。因此，ASD 患者接受封堵术后，右心室容量负荷减小，左心室容积在短时间内即增大，形态也逐渐趋于正常，左心室各节段的收缩活动逐渐恢复正常。研究[8]表明，RT-3DE 和磁共振评价 LVEF 有高度的一致性。但是，本研究中，与术前 1 d 相比，术后 1 d 和术后 1 个月 LVEF 没有明显变化。值得注意的是，ASD 患者有一部分血液进入右心而不是进入体循环，因此术前 LVEF 可能会高估。由此可见，LVEF 对于评价 ASD 患者左心室的收缩功能存在一定的局限性。

本研究还发现，ASD 患者术后 1 d、术后 1 个月相比，左心室 16 节段 Tmsv、Tmsv%、Tmsv16-SD、Tmsv16-SD%、Tmsv16-Dif、Tmsv16-Dif%与术前 1 d 差异均有统计学意义，且呈逐渐减小的趋势。Tmsv16-SD%显示的是收缩不同步性指数(systolic dyssynchrony index，SDI)，SDI 越大，则同步性越差[9]。在实时三维超声应用于临床前，评价左心室收缩同步性最常用的方法是二维组织多普勒超声：以 QRS 波起点到心肌收缩速度峰值之间的延迟时间为收缩达峰时间(Ts-SD)，在心尖四腔切面，测量左心室基底段和心尖段 12 个节段的 Ts-SD[10]；Ts-SD≥33 ms 被认为存在收缩不同步。RT-3DE 较二维超声操作更简便、结果更可靠。其不受心肌运动方向及运动方式的影响，可以提供时间对比，同时分析 16 个节段的左心室 VTC，增强评价左心室收缩同步性的准确性。RT-3DE 不仅可以分析长轴、径向和圆周方向的运动，还能用不同颜色的曲线代表不同的节段，在同一个时间段内和同一个心动周期，判别比较各个节段的同步性，进而清晰反映左心室每个节段的收缩期达峰时间。

本研究中，各节段的收缩幅度在术后 1 d 的变化却并不显著，至术后 1 个月明显改善。这说明相比于收缩同步性，左心室收缩幅度的恢复需要更长的时间。但是术后 1 d 左、右心室的内径即明显改变，左心室明显增大，右心室明显减小。左心室内径的变化与收缩幅度变化不一致，这可能是因为 ASD(右心室容量负荷过重)患者的左心室收缩幅度也可能受心脏移动的影响，即术前“右大左小”的形态使得心脏整体畸形，与周围组织的相对关系发生改变，而需要一定的时间才能恢复。

此外，研究[11-12]证实，RT-3DE 技术在 ASD 封堵术中亦发挥着重要的作用，不仅可以实时监测导管和封堵器的位置以及固定情况，观察有无反流等并发症，同时还能指导封堵器的释放，对整个手术过程进行监测。RT-3DE 技术亦有其局限性：RT-3DE 不受性别及年龄的影响，但是 Tmsv16-SD 和 Tmsv16-Dif 受到心率的影响[14]。因此，本研究将这两个数据用心动周期进行标化，以消除这种影响。

综上所述，ASD 患者术前左心室收缩同步性及收缩幅度均较差，术后 1 d 左心室收缩同步性即得到显著改善，术后 1 个月各节段收缩幅度显著改善。本研究结果说明，RT-3DE 技术可较好地评价 ASD 患者术前、术后左心室收缩同步性。

参考文献

[1] GEVA T, MARTINS J D, WALD R M. Atrial septal defects[J]. Lancet, 2014, 383(9932): 1921-1932.

[2] WALKER R E, MORAN A M, GAUVREAU K, et al. Evidence of adverse ventricular interdependence in patients with atrial septal defects[J]. Am J Cardiol, 2004, 93(11): 1374-1377, A6.

[3] DU Z D, HIJAZI Z M, KLEINMAN C S, et al. Comparison between transcatheter and surgical closure of secundum atrial septal defect in children and adults: results of a multicenter nonrandomized trial[J]. J Am Coll Cardiol, 2002, 39(11): 1836-1844.

[4] DONG L, ZHANG F, SHU X, et al. Left ventricular torsional deformation in patients undergoing transcatheter closure of secundum atrial septal defect[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2009, 25(5): 479-486.

[5] 薛衍敏，潘翠珍，王 蔚，等. 实时三维超声心动图评价右室不同部位起搏对左室收缩功能及收缩同步性的影响[J]. 中国临床医学，2014(3)：304-306.

[6] CHANG S A, KIM H K, KIM D H, et al. Left ventricular systolic and diastolic dyssynchrony in asymptomatic hypertensive patients[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2009, 22(4): 337-342.

[7] 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.

[8] JENKINS C, BRICKNELL K, HANEKOM L, et al. Reproducibility and accuracy of echocardiographic measurements of left ventricular parameters using real-time three-dimensional echocardiography[J]. J Am Coll Cardiol, 2004,44(4):878-886.

[9] BICUDO L S, TSUTSUI J M, SHIOZAKI A, et al. Value of real time three-dimensional echocardiography in patients with hypertrophic cardiomyopathy: comparison with two-dimensional echocardiography and magnetic resonance imaging[J]. Echocardiography, 2008,25(7):717-726.

[10] YU C M, FUNG J W, ZHANG Q, et al. Tissue Doppler imaging is superior to strain rate imaging and postsystolic shortening on the prediction of reverse remodeling in both ischemic and nonischemic heart failure after cardiac resynchronization therapy[J]. Circulation, 2004,110(1):66-73.

[11] TANIGUCHI M, AKAGI T, KIJIMA Y, et al. Clinical advantage of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography for transcatheter closure of multiple atrial septal defects[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2013,29(6):1273-1280.

[12] JOHRI A M, WITZKE C, SOLIS J, et al. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in patients with secundum atrial septal defects: outcomes following transcatheter closure[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2011,24(4):431-437.

[13] 马春燕, 杨 军, 刘 爽, 等. 实时三维超声心动图评价正常人左心室收缩同步性及其影响因素[J]. 中国超声医学杂志, 2013,29(7):597-600.

[本文编辑] 姬静芳