

论 著

320排CT心脏四维容积动态成像与TTE在先心病介入封堵术治疗中的比较研究*

高海超 李舒承* 王珠秀

承德医学院附属医院 (河北承德 067000)

【摘要】目的 比较研究先心病介入封堵术治疗中320排CT心脏四维容积动态成像(4D-CCTA)与经胸超声心动图(TTE)的应用价值。方法 选取2017年4月至2022年1月我院收治的93例房间隔缺损(ASD)患者,术前应用4D-CCTA、TTE对患者是否可进行介入封堵术进行筛选,确定ASD类型、部位、大小、左心室功能及是否合并其他畸形,术中在TTE引导下确定封堵器角度、位置及是否存在分流,并酌情对封堵器进行调整。应用Pearson分析4D-CCTA、TTE检测的ASD最大径、ASD最小径、房间隔总长、后上缘、后下缘、前上缘、前下缘及左心室功能之间的相关性。结果 术前4D-CCTA、TTE检测的ASD最大径、ASD最小径、房间隔总长、后上缘、后下缘、前上缘、前下缘比较,差异无统计学意义($P>0.05$);4D-CCTA检测的ASD最大径($r=0.938$)、ASD最小径($r=0.967$)、房间隔总长($r=0.925$)、后上缘($r=0.991$)、后下缘($r=0.973$)、前上缘($r=0.959$)、前下缘($r=0.934$)与TTE对应检测结果显著相关($P<0.001$);术前4D-CCTA、TTE检测的LVEF、SV、ESV、EDV比较,差异无统计学意义($P>0.05$);4D-CCTA检测的LVEF($r=0.976$)、SV($r=0.982$)、ESV($r=0.991$)、EDV($r=0.975$)与TTE对应检测结果显著相关($P<0.001$);93例ASD患者,78例成功行介入封堵术,15例采用外科手术治疗;采用外科手术治疗的15例中,5例为下腔型ASD,TTE未能清晰显示下腔缘,7例上腔静脉窦型ASD伴心上型肺静脉异位引流,TTE仅提示为上腔型ASD,3例上腔静脉窦型ASD伴心内型肺静脉异位引流,因ASD缺损位置较高,TTE未显示肺静脉异位引流,而4D-CCTA对以上15例患者准确显示,并与术中所见相同。结论 4D-CCTA在评估ASD解剖学信息与左心室功能方面效果与TTE相似,可实现ASD及左心功能参数的一站式扫描,且能提高对ASD伴心脏大血管畸形或病变检出率,从而为ASD介入封堵术决策、封堵器选取等提供准确参考。

【关键词】4D-CCTA; TTE; 先心病; 介入封堵术

【中图分类号】R541.1

【文献标识码】A

【基金项目】河北省医学科学研究课题计划(20211799)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.04.029

A Comparative Study of 320-Row CT Cardiac 4-Dimensional Volumetric Dynamic Imaging and TTE in the Treatment of Interventional Occlusion of Precardiac Disease*

GAO Hai-chao, LI Shu-cheng*, WANG Zhu-xiu.

Affiliated Hospital of Chengde Medical College, Chengde 067000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To compare the application value of 320-slice CT four-dimensional volume dynamic imaging (4D-CCTA) and transthoracic echocardiography (TTE) in the treatment of congenital heart disease with interventional closure. **Methods** A total of 93 patients with atrial septal defect (ASD) who were treated in our hospital from April 2017 to January 2022 were selected, and 4D-CCTA and TTE were used to screen the patients for interventional closure before surgery, and to determine the type and location of ASD, size, left ventricular function and whether it is associated with other deformities, the angle, position and shunt of the occluder were determined under the guidance of TTE during the operation, and the occluder was adjusted as appropriate. Pearson was used to analyze the correlation between ASD maximum diameter, ASD minimum diameter, total length of atrial septum, posterior superior border, posterior inferior border, anterior superior border, anterior inferior border and left ventricular function detected by 4D-CCTA and TTE. **Results** There was no significant difference in the ASD maximum diameter, ASD minimum diameter, total length of atrial septum, posterior superior border, posterior inferior border, anterior superior border and anterior inferior border detected by 4D-CCTA and TTE before operation ($P>0.05$). 4D-CCTA detected ASD maximum diameter ($r=0.938$), ASD minimum diameter ($r=0.967$), total length of atrial septum ($r=0.925$), posterior superior edge ($r=0.991$), posterior inferior edge ($r=0.973$), The anterior superior edge ($r=0.959$) and the anterior inferior edge ($r=0.934$) were significantly correlated with the corresponding test results of TTE ($P<0.001$); there was no difference in LVEF, SV, ESV and EDV detected by preoperative 4D-CCTA and TTE. Statistical significance ($P>0.05$); LVEF ($r=0.976$), SV ($r=0.982$), ESV ($r=0.991$), EDV ($r=0.975$) detected by 4D-CCTA were significantly correlated with the corresponding detection results of TTE ($P<0.001$); 93 ASD patients, 78 were successfully treated with interventional occlusion, and 15 were treated by surgery; among the 15 patients treated by surgery, 5 were inferior cavity type ASD, and TTE could not clearly show the inferior cavity edge, 7 cases of superior vena cava sinus type ASD with supracardiac type pulmonary venous drainage, TTE only suggested superior vena cava type ASD, 3 cases of superior vena cava sinus type ASD with intracardiac type pulmonary vein ectopic drainage, due to the high position of the ASD defect, TTE did not show pulmonary venous ectopic drainage, while 4D-CCTA accurately showed the above 15 patients, and it was the same as the intraoperative findings. **Conclusion** 4D-CCTA is similar to TTE in assessing the anatomical information of ASD and left ventricular function, and can achieve one-stop scanning of ASD and left heart function parameters, and can improve the detection rate of ASD with cardiac macrovascular malformations or lesions, thus providing an accurate reference for the decision of ASD interventional occlusion and the selection of occluders.

Keywords: 320-Row CT Cardiac 4-Dimensional Volumetric Dynamic Imaging; TTE; Precardiac Disease; Interventional Occlusion

随着先天性心脏病介入技术发展,介入封堵术已成为目前房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)重要微创疗法,但介入封堵术的成功实施建立在对ASD解剖学精确评估的基础上^[1-2]。现阶段经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, TTE)是术前评估ASD主流影像学工具之一,有经济性高、方便、无创等优势,但TTE对操作者技术依赖性较高,且易受肥胖、肺气肿等因素影响^[3-4]。320排CT心脏四维容积动态成像(4 dimensional dynamic volume cardiac angiography with 320-detector computed tomography, 4D-CCTA)不仅成像速度快,且可为ASD解剖学评价提供清晰图像^[5-6]。根据既往报道^[7],4D-CCTA能动态观察房间隔异常,并能有效区分房间隔形态、房间对比剂分流特征。且4D-CCTA应用于急性大咳血介入栓塞术前,能为介入栓塞术实施、术后复发等提供量化客观的参考信息^[8]。经检索发现,4D-CCTA在ASD介入封堵术领域应用较少,其与TTE相比,能否保证ASD解剖学评估准确性及是否拥有相关优势尚不明确。基于以上背景,本研究尝试比较4D-CCTA、TTE在ASD介入封堵术中应用价值,期待为影像学工具选择决策提供参考,报告如下。

1 资料和方法

1.1 一般资料 选取2017年4月至2022年1月我院收治的93例ASD患者作为研究对象,纳入标准:符合房间隔缺损诊断标准^[9];自愿签署知情同意书并经医院伦理委员会批

【第一作者】高海超,男,主治医师,主要研究方向:冠心病和先天性心脏病的介入治疗。E-mail: nnoo2022@yeah.net

【通讯作者】李舒承,男,主任医师,主要研究方向:先天性心脏病和心律失常的介入治疗。E-mail: lishucheng3455@sina.com

注(20220025);排除标准:存在碘对比剂过敏史者;严重甲状腺毒症者;肾功能不全者;既往有心脏手术史者;其中女42例,男51例;年龄8~55岁,平均 (29.87 ± 9.64) 岁;体重27~71 kg,平均 (63.02 ± 6.30) kg;身高125.40~181.20 cm,平均 (169.49 ± 18.37) cm。

1.2 方法

1.2.1 TTE检查 术前应用超声仪(PHILLIPS iE33)和S5-1探头,自然组织波普功能,观测经胸骨旁四腔、经剑突下双房与经胸骨旁主动脉根部短轴切面,记录ASD最大径、ASD最小径、房间隔总长、后上缘、后下缘、前上缘、前下缘。将探头置于胸骨左缘3、4肋间,二尖瓣下腱索为取样线,获得左心室后壁、前壁、室间隔运动曲线,记录左室射血分数(Left ventricular ejection fraction, LVEF)、每搏输出量(stroke volume, SV)、收缩末期容积(end systolic volume, ESV)、舒张末期容积(end diastolic volume, EDV)。

1.2.2 4D-CCTA检查 术前应用320排动态容积CT仪(Aquilion ONE, Toshiba),容积扫描模式,从器官隆突下扫描至膈下2 cm,旋转时间0.35 s,管电压80~120 kV,探测器准直为 320×0.5 mm,管电流250~500 mA,以上参数参考患者身高、体重、年龄酌情调节,自动触发扫描,降主动脉设置为感兴趣区。碘普罗胺按6 mg/s、370 mg/mL静脉团注60 mL,再注入生理盐水40 mL。扫描完毕后,机器首次自动重建图像,之后导入图像至Vitrea Fx2.0处理站,心脏电影播放模式动态观察ASD,记录ASD最大径、ASD最小径、房间隔总长、后上缘、后下缘、前上缘、前下缘。并应用Cardio-Function软件自动确定左心室长轴、上下界、左心室内膜面,基于阈值的分割算法获得LVEF、SV、ESV、EDV。

1.2.3 影像学质控方法 4D-CCTA、TTE检查间隔时间 ≤ 2 d,分别由一位高级职称医师独立完成。

1.2.4 介入封堵术 根据TTE、4D-CCTA检测对患者是否可进行介入封堵术进行筛选,符合介入封堵术指征者,参考ASD最大径选取合适的封堵器,术中在TTE引导下确定封堵器角度、位置及是否存在分流,并酌情对封堵器进行调整。

1.3 观察指标 (1)比较术前4D-CCTA、TTE检测ASD结果。(2)

分析术前4D-CCTA与TTE所检测的ASD参数相关性。(3)比较术前4D-CCTA、TTE检测ASD患者左心室功能结果。(4)分析术前4D-CCTA、TTE检测ASD患者左心室功能的相关性。(5)比较术中4D-CCTA、TTE的应用。

1.4 统计学方法 数据采用SPSS 24.0分析,计数资料用 $n(\%)$ 表示、 χ^2 检验,计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示、t检验,应用Pearson分析4D-CCTA、TTE检测的ASD最大径、ASD最小径、房间隔总长、后上缘、后下缘、前上缘、前下缘及左心室功能之间的相关性。检验水准=0.05。

2 结果

2.1 术前4D-CCTA、TTE检测ASD结果比较 术前4D-CCTA、TTE检测的ASD最大径、ASD最小径、房间隔总长、后上缘、后下缘、前上缘、前下缘比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。

2.2 术前4D-CCTA与TTE所检测的ASD参数相关性 4D-CCTA检测的ASD最大径($r=0.938$)、ASD最小径($r=0.967$)、房间隔总长($r=0.925$)、后上缘($r=0.991$)、后下缘($r=0.973$)、前上缘($r=0.959$)、前下缘($r=0.934$)与TTE对应检测结果显著相关($P<0.001$)。

2.3 术前4D-CCTA、TTE检测ASD患者左心室功能结果比较 术前4D-CCTA、TTE检测的LVEF、SV、ESV、EDV比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表2。

2.4 术前4D-CCTA、TTE检测ASD患者左心室功能的相关性 4D-CCTA检测的LVEF($r=0.976$)、SV($r=0.982$)、ESV($r=0.991$)、EDV($r=0.975$)与TTE对应检测结果显著相关($P<0.001$)。

2.5 术中4D-CCTA、TTE的比较 93例ASD患者,78例成功行介入封堵术,其中15例采用外科手术治疗。采用外科手术的15例中,5例为下腔型ASD,TTE未能清晰显示下腔缘(见图1A),4D-CCTA则显示为下腔型ASD(见图1B),且在手术被证实;7例上腔静脉窦型ASD伴心上型肺静脉异位引流,TTE仅提示为上腔型ASD(见图2A),4D-CCTA准确诊断(见图2B),且与术中所见相同;3例上腔静脉窦型ASD伴心内型肺静脉异位引流,TTE未显示肺静脉异位引流(见图3A),4D-CCTA(见图3B)则准确诊断。

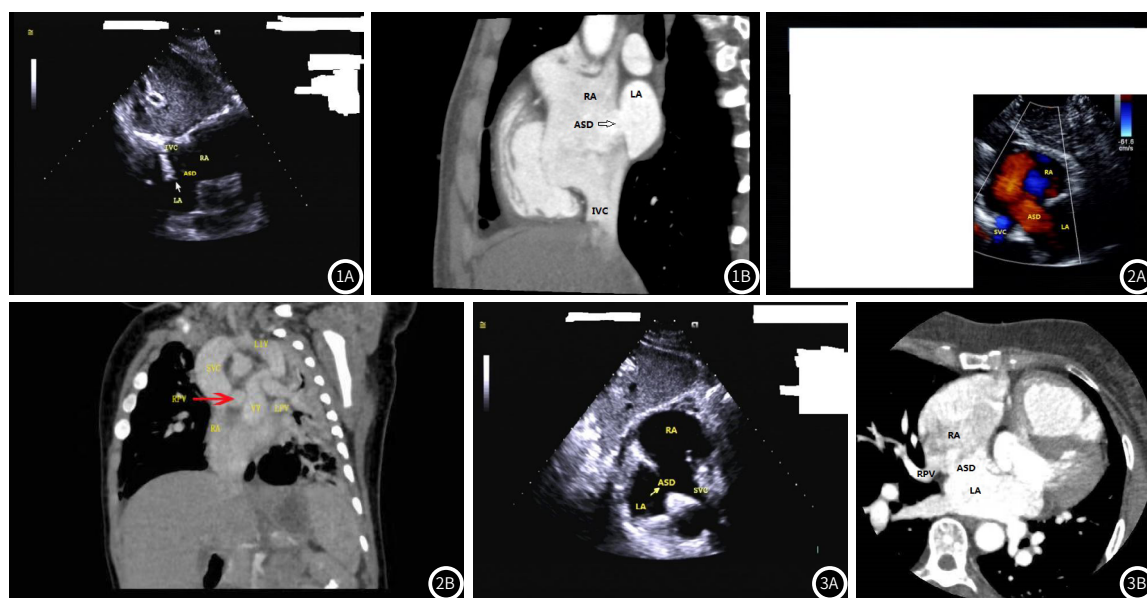


图1 下腔型ASD。注:图1A:TTE未能清晰显示下腔缘;图1B:4D-CCTA显示下腔型ASD;LA:左心房;RA:右心房;IVC:下腔静脉。**图2** 上腔静脉窦型ASD伴心上型肺静脉异位引流。注:图2A:TTE显示上腔型ASD;图2B:4D-CCTA显示上腔静脉窦型ASD伴心上型肺静脉异位引流;LA:左心房;LV:左心室;RA:右心房;LPV:左肺静脉;RPV:右肺静脉;SVC:上腔静脉;VV:垂直静脉;LIV:左无名静脉。**图3** 上腔静脉窦型ASD伴心内型肺静脉异位引流。注:图3A:TTE未显示肺静脉异位引流;图3B:4D-CCTA显示上腔静脉窦型ASD伴心内型肺静脉异位引流;LA:左心房;RA:右心房;RPV:右肺静脉;SVC:上腔静脉。

表1 术前4D-CCTA、TTE检测ASD结果比较(mm)

组别	例数	ASD最大径	ASD最小径	房间隔总长	后上缘	后下缘	前上缘	前下缘
4D-CCTA	93	12.36±4.87	9.87±3.10	48.44±8.57	7.11±1.55	14.67±3.18	16.90±4.71	15.00±4.24
TTE	93	11.49±5.25	9.46±3.03	47.25±7.66	7.07±1.69	14.53±3.09	16.59±3.98	14.87±4.15
t值		1.172	0.912	0.998	0.168	0.305	0.485	0.211
P值		0.243	0.363	0.319	0.867	0.761	0.628	0.833

表2 术前4D-CCTA、TTE检测ASD患者左心室功能结果比较

组别	例数	LVEF(%)	SV(ml)	ESV(ml)	EDV(ml)
4D-CCTA	93	63.84±3.29	66.59±9.40	37.15±6.39	104.33±9.92
TTE	93	62.95±2.87	65.88±8.14	37.68±8.02	102.89±10.34
t值		1.966	0.551	0.498	0.969
P值		0.051	0.583	0.619	0.334

3 讨论

当前外科手术、介入封堵术是治疗ASD两种常用方法，其中后者较前者创伤更小，并发症更少，术后恢复更快，所以对符合介入封堵术指征患者建议优先选取介入封堵术^[10]。ASD大小、位置等解剖学信息是筛选符合介入封堵术指征患者的一个重要参考，并是选择合适封堵器的基础，所以对其进行准确评估有积极意义，且是必要的^[11]。

现阶段TTE被视为ASD介入封堵术前评估及术中操作的首选方法^[12]。本研究结果显示，术前4D-CCTA检测的ASD最大径、ASD最小径、房间隔总长、后上缘、后下缘、前上缘、前下缘与TTE比较，差异无统计学意义(P>0.05)，且4D-CCTA检测的以上参数与TTE检测的对应参数显著相关，提示4D-CCTA能准确评估ASD的解剖学信息，具有在介入封堵术中应用的可行性。王子荣等^[13]报道将4D-CCTA应用于左心耳封堵术患者中，发现其测量左心耳开口最长径与封堵器直径呈正相比，可为经皮左心耳封堵术提供重要的解剖学数据，证实4D-CCTA在心脏介入术中的应用价值。4D-CCTA拥有0.35 ms/周转速和160 mm宽探测器，成像速度快，回顾性心电门控全心周期和容积扫描成像配合三维重建后处理技术，可对整个心动周期中房间隔性质、缺损孔径大小等ASD相关参数进行观测，从而对ASD大小、部位等作出诊断与评价^[14]。且有观点^[15]指出，与TTE相比，4D-CCTA可通过不同平面动态观察，测量的ASD数据更接近于传统术中球囊测量值。

在以上研究基础上，本研究还发现，术前4D-CCTA、TTE检测的LVEF、SV、ESV、EDV比较，差异无统计学意义(P>0.05)，且两种影像学方法所检测的以上左心室功能参数显著相关，表明4D-CCTA还能准确评估ASD患者左心室功能，这对ASD病情、干预决策、预后等具有重要参考意义。谢玮慧等^[16]纳入了25例儿童先天性心脏病者，发现采用4D-CCTA评估患儿术后心功能与磁共振有良好的相关性，并指出4D-CCTA可作为评估患儿术后心功能的一种工具。Lee JW等^[17]报道，心脏CT血管造影和超声心动图评估左心室功能、冠状动脉解剖结构效果相似，可作为一种功能评估的替代选择，本研究结论与以上学者存在相似之处。4D-CCTA利用系统自带的心功能软件，导入原始全心周期图像，即可计算出LVEF、SV、ESV、EDV，不会增加患者曝光剂量，无需患者额外进行扫描，可实现ASD及左心功能参数的一站式扫描。

是否伴有完全或部分型肺静脉异位引流是决定患者行外科手术或介入封堵术的一个重要因素，所以需准确评估^[18]。本研究结果显示，5例为下腔型ASD，TTE未能清晰显示下腔缘，7例上腔静脉窦型ASD伴心上型肺静脉异位引流，TTE仅提示为上腔型ASD，3例上腔静脉窦型ASD伴心内型肺静脉异位引流，因ASD缺损位置较高，TTE未显示肺静脉异位引流，而4D-CCTA对以上15例患者准确显示，并与术中所见相同，造成TTE漏诊的原因是其有限断层解剖和较低的分辨率，所以在评估伴有以上特征ASD时，4D-CCTA准确性更高。准确选取封堵器大小是保证介入封堵术效果的基础，鉴于4D-CCTA、TTE各自的优势，建议临床在介入封堵术前将4D-CCTA作为TTE的一种补充进行使用，从而提高对心外结构评估准确性，为手术方式选取、封堵器大小选择等提供可靠参考，最大程度减少残余分流、封堵器侵蚀、封堵器撞击

心脏结构等的发生，增加患者临床获益。

综上所述，4D-CCTA在评估ASD解剖学信息与左心室功能方面效果与TTE相似，可实现ASD及左心功能参数的一站式扫描，且能提高对ASD伴心脏大血管畸形或病变检出率，从而为ASD介入封堵术决策、封堵器选取等提供准确参考。

参考文献

[1]Thompson J.Beyond atrial septal defect closure,it is time to start seriously considering closing ventricular septal defects with devices[J].Curr Opin Cardiol,2020,35(1):58-62.

[2]Ogura S,Takaya Y,Akagi T,et al.Percutaneous closure of residual atrial septal defect after surgical closure[J].Cardiovasc Interv Ther,2021,36(2):256-259.

[3]Jian WY,Lin SM,Tsai SK,et al.Transthoracic echocardiography monitoring during atrial septal defect and ventricular septal defect device closures using a three-dimensional printed transducer holder[J].J Chin Med Assoc,2021,84(5):550-554.

[4]Furugen M,Watanabe N,Nishino S,et al.Unique mechanism of mitral valve prolapse in atrial septal defect:Three-dimensional insights into mitral complex geometry using real-time transesophageal echocardiography[J].Echocardiography,2020,37(3):445-452.

[5]Izoe Y,Nagao M,Tokai M,et al.Radiation dose for 320-row dose-modulated dynamic coronary CT angiography[J].J Appl Clin Med Phys,2021,22(9):307-312.

[6]Takaoka H,Uehara M,Saito Y,et al.Improved Diagnostic Performance of New-generation 320-slice Computed Tomography with Forward-projected Model-based Iterative Reconstruction SoLution for the Assessment of Late Enhancement in Left Ventricular Myocardium[J].Intern Med,2020,59(17):2095-2103.

[7]钱勇,王夕富,匡元勋,等.320排CT对中央型房间隔缺损和卵圆孔未闭的鉴别诊断价值[J].临床放射学杂志,2021,40(9):1731-1735.

[8]于红梅,蒋锐,王鹏,等.320排容积CT在急性大咯血介入栓塞术前应用及预测复发风险评估[J].临床放射学杂志,2021,40(12):2292-2296.

[9]中国医师协会心血管外科医师分会.经胸微创室间隔缺损封堵术中国专家共识[J].中华胸心血管外科杂志,2011,27(9):516-518.

[10]Schusterova I,Jakubova M,Vachalcova M,et al.Three-dimensional transesophageal echocardiography in diagnosis of intermediate atrioventricular septal defect in the adult:case report and literature review[J].J Cardiothorac Surg,2021,16(1):209.

[11]Aggarwal V,Mohan AK,Bass J,et al.Gore Cardioform atrial septal occluder:deployment procedure and techniques for closing challenging secundum atrial septal defects[J].Cardiol Young,2021,31(12):1885-1892.

[12]Dou H,Kan T,Guo X,et al.Long-Term Follow-Up of Transthoracic Echocardiography-Guided Transcatheter Closure of Large Atrial Septal Defects (> 30 mm) Using the SHSMA Occluder[J].Pediatr Cardiol,2020,41(4):716-723.

[13]王子荣,杨栋,张那炜,等.东芝320排CT扫描容积成像在左心耳封堵术中的临床应用价值[J].浙江医学,2020,42(18):1949-1953. DOI:10.12056/j.issn.1006-2785.2020.42.18.2020-645.

[14]Qamar SR,Jalal S,Nicolaou S,et al.Comparison of cardiac computed tomography angiography and transoesophageal echocardiography for device surveillance after left atrial appendage closure[J].EuroIntervention,2019,15(8):663-670.

[15]Sreedher G,Bruckman D,Ganapathy SS.320 Slice CT in Imaging of Congenital Heart Diseases in Infants:A Single-Center Experience[J].Cureus,2021,13(2):e13348.

[16]谢玮慧,郭辰,姚小芬,等.320排宽探测器CT评估儿童先天性心脏病术后心功能[J].中国医学影像技术,2020,36(9):1314-1318.

[17]Lee JW,Nam KJ,Kim JY,et al.Simultaneous Assessment of Left Ventricular Function and Coronary Artery Anatomy by Third-generation Dual-source Computed Tomography Using a Low Radiation Dose[J].J Cardiovasc Imaging,2020,28(1):21-32.

[18]Tanaka S,Imamura T,Narang N,et al.Practical Therapeutic Management of Percutaneous Atrial Septal Defect Closure[J].Intern Med,2022,61(1):15-22.