

## 心腔内超声在“潜在型”卵圆孔未闭封堵术中的应用价值

彭松<sup>1</sup> 张晓春<sup>2,4△</sup> 李明飞<sup>2,4</sup> 张蕾<sup>2,4</sup> 陈海燕<sup>3,4</sup> 周达新<sup>2,4</sup> 葛均波<sup>2,4</sup>

(<sup>1</sup>武汉市第四医院-华中科技大学同济医学院附属普爱医院心内科 武汉 430030; <sup>2</sup>复旦大学附属中山医院心内科,

<sup>3</sup>心脏超声诊断科 上海 200032; <sup>4</sup>上海市心血管病研究所 上海 200032)

**【摘要】 目的** 探讨心腔内超声(intracardiac echocardiography, ICE)对“潜在型”卵圆孔未闭(patent foramen ovale, PFO)介入封堵术的应用价值。**方法** 回顾性研究复旦大学附属中山医院2021年6—9月收治的术前右心声学造影显示Valsalva动作后出现房水平分流的PFO患者并行介入手术者,根据术中是否运用ICE分为经胸心超(transthoracic echocardiography, TTE)组与ICE组,记录两组的一般情况、超声结果、合并症、并发症、手术时间以及透视时间等临床资料。Pearson法分析术中ICE下测量的卵圆孔直径与术前经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)测量直径的相关性。**结果** 纳入56例患者,其中TTE组37例,ICE组19例。术中ICE下测量的卵圆孔直径与术前TEE下测量的直径呈正相关( $R=0.81, P<0.01$ ),术中可以引导导丝通过卵圆孔,减少手术时间和射线照射时间。**结论** ICE对“潜在型”PFO介入封堵术有显著的应用价值,和TTE相比有更高的成功率和安全性,能减少手术时间和射线照射时间。

**【关键词】** 心腔内超声(ICE); 卵圆孔未闭(PFO); 经导管介入治疗

**【中图分类号】** R541.1 **【文献标志码】** A **doi:**10.3969/j.issn.1672-8467.2023.02.017

## Application value of intracardiac echocardiographic guidance in transcatheter closure of latent patent foramen ovale

PENG Song<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-chun<sup>2,4△</sup>, LI Ming-fei<sup>2,4</sup>, ZHANG Lei<sup>2,4</sup>,  
CHEN Hai-yan<sup>3,4</sup>, ZHOU Da-xin<sup>2,4</sup>, GE Jun-bo<sup>2,4</sup>

(<sup>1</sup>Department of Cardiology, Wuhan Fourth Hospital-Puai Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, Hubei Province, China; <sup>2</sup>Department of Cardiology, <sup>3</sup>Department of

Echocardiography, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China;

<sup>4</sup>Shanghai Institute of Cardiovascular Disease, Shanghai 200032, China)

**【Abstract】 Objective** To investigate the application value of intracardiac echocardiography (ICE) in transcatheter closure of latent patent foramen ovale (PFO). **Methods** This was a retrospective study of patients admitted to Zhongshan Hospital, Fudan University from Jun to Sep 2021 who showed atrium level shunt after Valsalva maneuver by right heart contrast echocardiography and received transcatheter closure. They were divided into transthoracic echocardiography (TTE) group and ICE group according to using ICE or not. The general condition, ultrasound results, comorbidity, complications, operative and fluoroscopy time of two group were recorded. Pearson correlation was used to analyze the correlation between diameter of foramen ovale measured by ICE during the operative and transesophageal echocardiography (TEE) before. **Results** Among 56 patients, there were 37 patients in TTE group and

<sup>△</sup>Corresponding author E-mail: zhang.xiaochun1@zs-hospital.sh.cn

网络首发时间:2023-01-11 17:05:53 网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1885.R.20230111.1324.001.html>

19 patients in ICE group. Correlation analysis showed that the diameter of foramen ovale measured by ICE was positively associated with TEE ( $R=0.81, P<0.01$ ). ICE could guide wire to pass through the foramen ovale during operation, which reduced the operation time and radiation exposure time. **Conclusion** ICE had significant value in transcatheter closure of latent PFO. It has not only a higher successful rate and safety, but also reduce the operation time and radiation exposure time compared to TTE.

**【Key words】** intracardiac echocardiography (ICE); patent foramen ovale (PFO); transcatheter interventional therapy

卒中是严重危害人类健康的疾病之一,而缺血性脑卒中占其中的大部分,全世界每年有数百万人口因缺血性脑卒中致残甚至死亡<sup>[1]</sup>。目前有30%的缺血性脑卒中患者病因无法明确,根据TOAST病因学分类系统,将不明原因的缺血性脑卒中统一定义为隐源性脑卒中<sup>[2]</sup>。研究表明,40%~50%的隐源性脑卒中患者存在卵圆孔未闭(patent foramen ovale, PFO)<sup>[3]</sup>,其机制可能与反常性栓塞、隐匿性心律失常等相关,目前尚无大规模循证医学证据。但是与单独长期药物治疗相比,针对PFO的封堵可以有效预防脑卒中复发<sup>[4-5]</sup>。由于卵圆孔结构的特异性,在介入封堵过程中,导管、导丝往往需要反复试探才能通过未闭的卵圆孔,尤其对于要通过Valsalva动作才能使卵圆孔开放的“潜在型”PFO患者,如何快速、准确地使导丝、导管通过未闭的卵圆孔便成为手术成败的关键。

结构性心脏病中先心病的介入治疗正在快速发展,经导管进行介入治疗一般以透视和超声引导作为标准操作手段。经食道超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)对于患者筛查、术中指导及器械选取具有关键性作用<sup>[6]</sup>,但是由于其操作时间过长并且需要对患者进行麻醉、插管,会增加麻醉相关风险(如误吸等),所以有一定的局限性。另外,因全麻下患者失去意识,无法完成医师指定的动作,尤其是“潜在性”PFO患者无法配合行Valsalva动作,增加了手术封堵难度。近年来,随着心腔内超声(intracardiac echocardiography, ICE)探头改进、频率降低、阵列增加,ICE成像清晰度增加,穿透力增强,能精准地显示心腔内的各种解剖结构,在复杂的病变中为术者直接呈现出心腔内的图像,且侵袭性小,只需局部麻醉,并发症发生率低,在先心病的介入治疗中有明显的优势<sup>[7-8]</sup>。以往国内外研究主要是针对ICE和TEE用于PFO介

入封堵进行比较,而对此种特定类型的PFO研究较少,本研究旨在阐明ICE在“潜在型”PFO介入封堵术中的应用价值。

## 资料和方法

**研究对象** 选择2021年6—9月复旦大学中山医院心内科因PFO入院并行经导管介入术的患者进行回顾性研究。纳入标准:(1)右心声学造影超声心动图示静息下未见明显房水平分流,而在Valsalva动作后出现右向左分流;(2)有偏头痛、短暂性脑缺血发作或脑卒中病史;(3)年龄<55岁。排除标准:(1)年龄>55周岁;(2)合并高血压、糖尿病、心脏、主动脉、脑血管等疾病引起的脑缺血症状。本研究通过复旦大学中山医院伦理委员会审批(批准号:B2022-452),纳入患者均签署知情同意书。

**ICE引导PFO封堵过程** 将10Fr的ICE超声导管探头经股静脉11Fr的血管鞘入路送入右心房,调整探头方向至观察卵圆窝的最佳位置,分别进行二维、彩色血流显像和频谱多普勒检查,观察PFO的解剖形态、周边结构以及血流动力学,并在二维图像上测量PFO通道的直径和长度,随后在ICE图像引导下将导管顶住卵圆窝,将导丝送出导管并穿过卵圆孔进入左房,确保导丝到达左上肺静脉,若导丝难以通过卵圆孔,可让患者行Valsalva动作时操控导丝通过卵圆孔。封堵器释放后,利用ICE观察其形态、位置以及有无残余分流,并行右心声学造影,嘱患者行Valsalva动作,观察左房有无气泡。

**TTE引导PFO封堵过程** 术前行经胸心超检查观察房间隔、心腔大小以及有无房水平分流情况,穿刺右侧股静脉,置入6F血管鞘,经血管鞘置入右心导管及导丝,在DSA下将导管、导丝送入右心

房,TTE下取胸骨旁四腔心切面或在DSA下,引导导管穿过PFO并将导丝送入左上肺静脉建立轨道,此过程中嘱患者行Valsalva动作。封堵器释放后,利用TTE观察其形态、位置以及有无残余分流,推拉推送杆确定封堵器是否牢固,并行右心声学造影,嘱患者行Valsalva动作,观察左房有无气泡。

**数据采集及分组** 记录患者性别、年龄,TTE、右心声学造影超声心动图、TEE、脑MRI、经导管介入PFO封堵的手术时间及透视时间,术中ICE使用情况以及封堵后随访的TTE等结果。根据介入术中是否运用ICE将患者分为TTE组和ICE组(图1)。

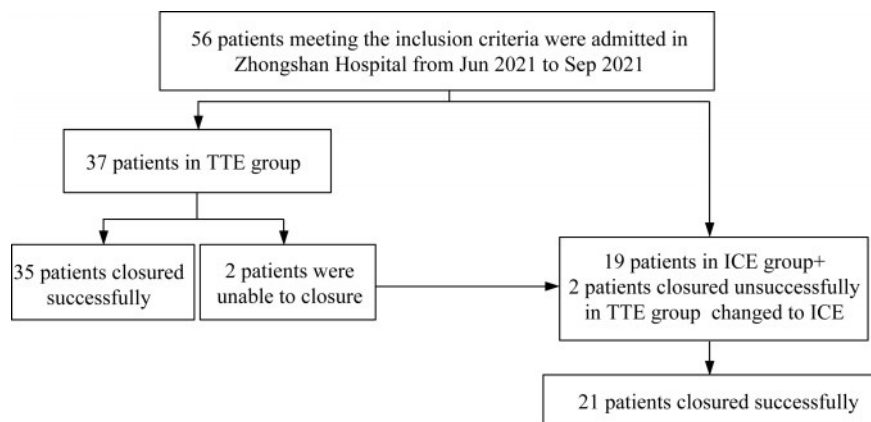


图1 患者分组流程图

Fig 1 Flow chart of grouping

**统计学分析** 应用SPSS 25.0统计软件对数据进行统计分析,满足正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 $t$ 检验;非正态分布资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,分类变量以 $n(\%)$ 表示。事件频率用 $\chi^2$ 检验比较;Pearson相关性分析计算ICE与TEE对PFO长度及直径的相关性, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结 果

**临床资料** 共纳入56例患者,其中男性25例,女性31例。介入封堵手术中,TTE组在术前右心声学造影超声心动图中左心气泡数多于ICE组,介入手术时间和透视时间均长于ICE组。TTE组中有2例导丝未能成功通过PFO,换成ICE下引导,SL1房间隔穿刺鞘加强支撑的协助下指引导丝通过卵圆孔(表1、2)。

**ICE与TEE对PFO长度和直径的相关性分析** 患者术中ICE下测量的PFO直径与术前TEE下测量的直径呈正相关( $R=0.81, P < 0.01$ ,图2)。

**影像学表现** “潜在型”PFO是指右心声学造影结果,平静状态下左房未见气泡,Valsalva动作后左心可见气泡(图3),介入术中DSA下未见造影剂经卵圆孔通过房间隔到达左房(图4),术中在ICE

表1 经胸心超(TTE)组与心腔内超声(ICE)组的临床资料

Tab 1 Comparison of baseline data between TTE group and ICE group [ $\bar{x} \pm s$  or  $n(\%)$ ]

Parameters	TTE group ( $n=37$ )	ICE group ( $n=19$ )
Age (y)	42.8 $\pm$ 12.9	43.8 $\pm$ 10.4
Gender		
Male	17 (45.9)	8 (42.1)
Female	20 (54.1)	11 (57.9)
Complications		
Migraine	9 (24.3)	5 (26.3)
TIA	16 (43.2)	6 (31.6)
Stroke	12 (32.5)	8 (42.1)
The numbers of left heart bubbles in foaming test	34 (29, 37)	31 (26, 38)
Heart rate	80.2 $\pm$ 7.9	78.3 $\pm$ 5.9
Outcome of TEE		
Length of PFO (mm)	13.7 $\pm$ 4.5	11.8 $\pm$ 3.3
Diameter of PFO (mm)	2.8 $\pm$ 0.5	1.3 $\pm$ 0.7
Outcome of TTE		
Left atrium size (mm)	47.2 $\pm$ 5.8	51.2 $\pm$ 4.7

TIA: Transient ischemic attacks; PFO: Patent foramen ovale; TTE: Transthoracic echocardiography.

指引下并嘱患者行Valsalva动作后,将导丝通过未闭的卵圆孔到达肺静脉,观察封堵术后效果(图5、6)。

表2 经胸心超(TTE)组与心腔内超声(ICE)组的手术结果

Tab 2 Comparison of operation details between TTE group and ICE group ( $\bar{x} \pm s$ or $n$ )		
Paramters	TTE group ( $n=37$ )	ICE group ( $n=19$ )
Time for catheter passing through PFO (min)	21.3±4.5	12.3±3.8
Numbers of intraoperative Valsalva maneuver	28	11
Size of occluder (mm)	25	25
Inpatient days	4.6±1.2	4.2±0.9
Operation time (min)	60.1±6.2	47.5±5.2 <sup>(1)</sup>
Fluoroscopy time (min)	24.3±5.2	12.5±4.2 <sup>(1)</sup>
Unsuccessful closure number	2	0
Numbers of occluder falling off	0	0
Pericardial effusion	1	0
Vascular complication	0	0
Successful rate of operation	94.6%	100%

PFO:Patent foramen ovale. <sup>(1)</sup>vs. TTE group,  $P<0.05$ .

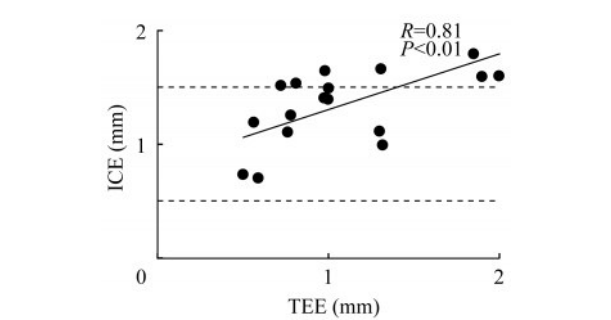
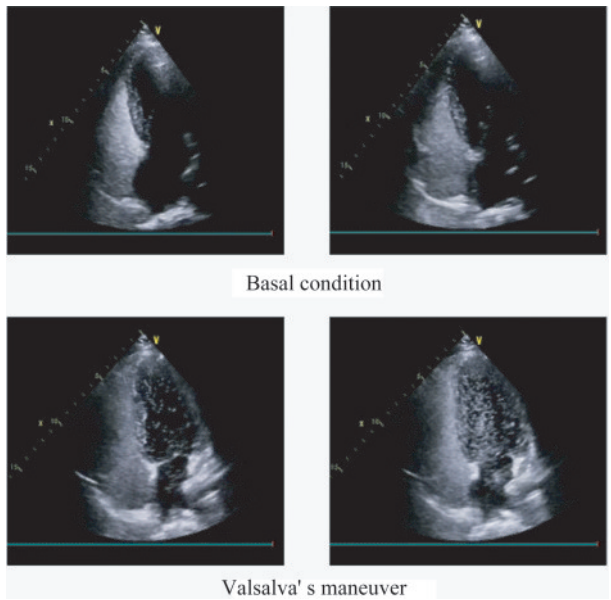


图2 心腔内超声(ICE)与经食管心超(TEE)测量的卵圆孔直径相关分析

Fig 2 Correlation analysis of PFO diameter detected by ICE and TEE

## 讨 论

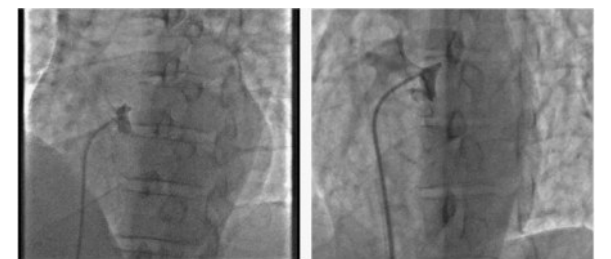
本研究发现,在经导管PFO封堵介入手术中应用ICE对术中指引导丝通过卵圆孔有一定的价值,并且可以减少手术时间和透视时间,且测量的卵圆孔直径与术前TEE下测量值呈正相关。术前发泡试验中左心气泡数越多证明右向左分流越明显,反之气泡数少则证明分流量少,卵圆孔往往开放不明显,尤其对于需经Valsalva动作后才能出现右向左分流的病例,封堵术中导丝、导管不容易通过,此时ICE便可以清晰地显示出卵圆孔、房间隔的形态和位置;相比于TEE,ICE不需要全麻,术中可嘱患者行Valsalva动作,使卵圆孔开放,从而指引导丝、导管通过卵圆孔,并且可以实时查看封堵后的效果,



There was no bubble in basal conditon, but lots of bubbles were detected in left heart after valsalva maneuver.

图3 术前右心声学造影结果

Fig 3 Preoperative right heart contrast echocardiography



Right atrium angiography showed there was no contrast agent reaching left atrial through foramen ovale.

图4 术中数字减影血管造影

Fig 4 Intraoperative DSA imaging



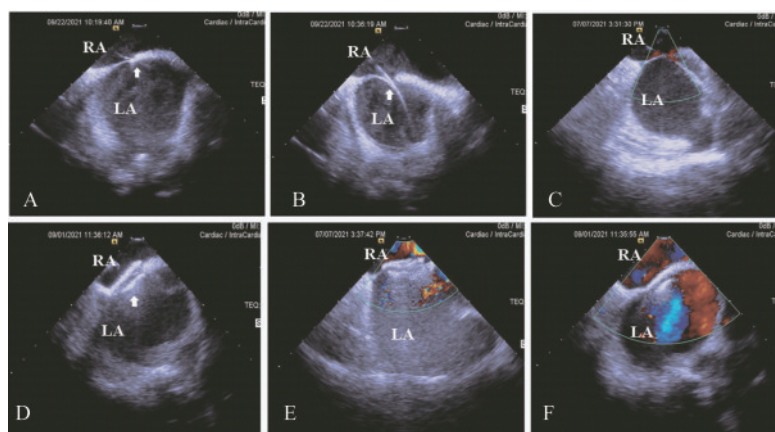
ICE guided wire to reach the pulmonary vein.

图5 术中心腔内超声(ICE)指导导丝通过卵圆窝

Fig 5 Intraoperative Intracardiac echocardiography (ICE) guided wire to pass through the fossa ovale

从而提高手术的成功率。本研究中,TTE组中有2例未能成功进行封堵,术中行ICE后成功完成封堵。TTE组有1例出现心包积液,考虑可能为导丝冲破右心耳所致,因样本量较少,差异并无统计学





RA: Right atrium; LA: Left atrium. A: White arrow refers to wire reached the fossa ovale; B: The wire passed through the foramen ovale (white arrow refers to wire passing through the atrial septum to LA); C: Blood flow diagram of the foramen ovale; D: Testing the stability of occluder (white arrow refers to the occluder device); E and F: Observing residual shunt after closure.

**图6 术中经心腔内超声(ICE)引导下指引导丝通过卵圆窝及观察封堵后效果**

**Fig 6 Intraoperative ICE guided wire to pass through the fossa ovale and observed the effect after closure**

意义。在“潜在型”PFO患者中,若无TEE或ICE的引导且TTE影像不佳的情况下,导丝通过PFO的过程中不易对准房间隔,从而导致并发症。ICE无需全麻,患者可配合医师完成相应的动作,对于需在Valsalva动作下才会出现右向左分流的“潜在型”PFO尤为适合。相比TTE,ICE能更好地引导鞘管,尤其是支撑力比较强的鞘,从而在保证安全性的基础上提高手术成功率。

PFO是引起反常性栓塞的重要途径,静脉系统血栓通过心房水平右向左分流进入体循环形成反常栓塞,最常见的栓塞部位是脑<sup>[9]</sup>。既往的治疗方案(如抗血小板剂,抗凝剂等)尚不能有效防止反常性栓塞的再次发生,所以通过对PFO的封堵来防止脑卒中等反常性栓塞的发生得到了广泛认可。经导管介入封堵术已经成为替代外科开胸手术的一种方法,随着各种器械的发明和完善,使其成功率高而并发症低的优势越来越突显<sup>[10-11]</sup>。在患者术前筛查以及术中指引过程中,TEE检查已经成为重要一环<sup>[12]</sup>,但因其操作时间较长,患者耐受不佳,往往需要对患者进行麻醉,因此也增加了术后并发症的发生率。自20世纪90年代以来,随着成像技术的快速发展,ICE已经从早期的单纯二维成像发展到现在的集实时三维、血流彩色多普勒、组织多普勒和脉冲多普勒为一体的超声探测系统。与TEE、TTE相比,ICE不受成像窗的限制、不受气体影响,患者无需全麻,术后并发症减少<sup>[13]</sup>。

本研究中,我们在ICE指引下进行了21例“潜

在型”PFO封堵术均成功,过程中无任何并发症出现。通过对这部分患者的回顾性分析,认为ICE在封堵术中不仅可以清晰地显示PFO通道的直径和长度,还可以显示房间隔的形态和各心房、心室腔的位置,指引导丝经卵圆孔通过房间隔进入左房。ICE探头可以直接由介入医师操控,整个过程更简便,无需彩超医师协助,而且手术过程中仅需要在X线透视下将ICE探头送到右房即可,其余步骤可在ICE图像指示下完成,减少了术中透视时间和整个手术时间,术后可立即观察封堵器的形态、位置以及有无残余分流<sup>[14-15]</sup>。

ICE以其操作安全、形态结构和血流监测的实时性、精确引导等优势,将在PFO等介入封堵手术中拥有广阔的应用前景。但目前ICE因成本较高,且部分介入医师对心腔内超声切面图像不熟悉,使其在临床上的推广受到一定的限制;本研究中ICE组病例数较少,单中心回顾性研究会造成一定的选择偏移;未能进一步随访经ICE封堵PFO患者的长期预后情况。将来需要收集多中心、长期随访的结果来进一步探讨ICE对PFO封堵的效果。

**作者贡献声明** 彭松 数据采集,论文撰写。张晓春 论文构思和修订。李明飞,张蕾 数据统计和分析。陈海燕 数据采集。周达新,葛均波 论文指导。

**利益冲突声明** 所有作者均声明不存在利益冲突。

## 参 考 文 献

- [1] GALIMANIS A, MONO ML, ARNOLD M, *et al.* Lifestyle and stroke risk: a review[J]. *Curr Opin Neurol*, 2009, 22(1): 60-68.
- [2] ADAMS HJ, BENDIXEN BH, KAPPELLE LJ, *et al.* Classification of subtype of acute ischemic stroke. Definitions for use in a multicenter clinical trial. TOAST. Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment[J]. *Stroke*, 1993, 24(1): 35-41.
- [3] MOJADIDI MK, ZAMANO, ELGENDY IY, *et al.* Cryptogenic stroke and patent foramen ovale[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 71(9): 1035-1043.
- [4] SAVER JL, MATTLE HP, THALER D. Patent foramen ovale closure versus medical therapy for cryptogenic ischemic stroke: a topical review[J]. *Stroke*, 2018, 49(6): 1541-1548.
- [5] EGIDY AG, SPINARDI L, MARIUCCI E, *et al.* Transcatheter closure of PFO and ASD: multimodality imaging for patient selection and perioperative guidance[J]. *J Cardiovasc Dev Dis*, 2021, 8(7): 78.
- [6] HELLENBRAND WE, FAHEY JT, MCGOWAN FX, *et al.* Transesophageal echocardiographic guidance of transcatheter closure of atrial septal defect [J]. *Am J Cardiol*, 1990, 66(2): 207-213.
- [7] 刘俊, 方丕华. 心内超声技术在心脏介入诊疗中的应用进展[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2019, 27(10): 582-584.
- [8] REN JF, SCHWARTZMAN D, CALLANS D, *et al.* Imaging technique and clinical utility for electrophysiologic procedures of lower frequency (9 MHz) intracardiac echocardiography [J]. *Am J Cardiol*, 1998, 82(12): 1557-1560, A8.
- [9] PETTY GW, KHANDHERIA BK, CHU CP, *et al.* Patent foramen ovale in patients with cerebral infarction. A transesophageal echocardiographic study [J]. *Arch Neurol*, 1997, 54(7): 819-822.
- [10] KOENIG P, CAO QL, HEITSCHMIDT M, *et al.* Role of intracardiac echocardiographic guidance in transcatheter closure of atrial septal defects and patent foramen ovale using the Amplatzer device [J]. *J Interv Cardiol*, 2003, 16(1): 51-62.
- [11] 刘政, 张萍, DANIEL MCCORMICK, 等. 心腔内超声引导下经导管卵圆孔未闭封堵术[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2005, 13(3): 167-170.
- [12] HELLENBRAND WE, FAHEY JT, MCGOWAN FX, *et al.* Transesophageal echocardiographic guidance of transcatheter closure of atrial septal defect [J]. *Am J Cardiol*, 1990, 66(2): 207-213.
- [13] 陈发东, 周达新. 心腔内超声指导结构性心脏病的介入治疗[J]. 中国临床医学, 2008, 15(5): 579-581.
- [14] KAVVOURAS C, VAVURANAKIS M, VAINA S, *et al.* Intracardiac echocardiography for percutaneous patent foramen ovale and atrial septal defect occlusion [J]. *Herz*, 2019, 44(5): 445-449.
- [15] HAN KN, MA XT, YANG SW, *et al.* Intracardiac echocardiography in the diagnosis and closure of patent foramen ovale [J]. *J Geriatr Cardiol*, 2021, 18(9): 697-701.

(收稿日期: 2022-01-05; 编辑: 王蔚)