

## 介入超声心动图现状与进展

谢明星<sup>1</sup>

**[摘要]** 近年来,随着结构性心脏病介入治疗技术的不断创新及临床应用的不断扩展,超声心动图影像,特别是术中经食管超声心动图的实时引导与监测,具有十分重要的价值。超声心动图领域产生了一个对知识构架与临床技能有更高要求的新的亚专业,即介入超声心动图。针对结构性心脏病的不同病种、不同手术操作步骤、不同介入治疗器械以及不同临床应用场景,介入超声心动图对从业者有更高的技术与岗位胜任力要求。本文将简述介入超声心动图的起源与发展、介绍培训考核内容与基本技能要求,并展望未来发展趋势。

**[关键词]** 结构性心脏病;超声心动图;介入超声心动图

**DOI:**10.13201/j.issn.1001-1439.2024.12.002

**[中图分类号]** R541.3 **[文献标志码]** C

### Current progress in interventional echocardiography

XIE Mingxing

(Department of Ultrasound, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology; Clinical Research Center for Medical Imaging in Hubei Province; Hubei Province Key Laboratory of Molecular Imaging, Wuhan, 430022, China)

Corresponding author: XIE Mingxing, E-mail: xiemx@hust.edu.cn

**Abstract** In recent years, as the continuous innovation and clinical application of interventional treatment of structural heart disease, echocardiography, especially intraoperative transesophageal echocardiography guidance and monitoring, are of great value. Therefore, a new sub-specialty with higher requirements for knowledge framework and clinical skills emerged from echocardiography, which is interventional echocardiography. For different structural heart disease, different surgical procedures, different interventional treatment equipment and clinical application scenarios, interventional echocardiography has higher technical and job competency requirements for practitioners. In this review, we will briefly describe the origin and development of interventional echocardiography, introduce the training and assessment content and basic skill requirements, and look forward to the future.

**Key words** structural heart disease; echocardiography; interventional echocardiography

介入超声心动图(interventional echocardiography, IE)是近年来超声心动图领域产生的一个新的亚专业,发展迅速。最初,IE泛指心导管室或外科手术室应用的超声心动图技术,如经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, TTE)、经心脏表面超声心动图、经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)、心腔内超声心动图及血管内超声等<sup>[1]</sup>。结构性心脏病介入治疗新技术的不断创新与应用,使影像技术成为结构性心脏病 MDT 团队的核心力量之一。IE 术

中实时引导与评估扮演重要角色,对提高手术精准度、降低并发症发生率具有重要作用。结构性心脏病临床介入治疗领域内,针对不同病种与手术操作,IE 的术前评估、术中引导与监测以及术后随访评估,也具有不同的标准与要求。IE 高度依赖实时三维超声成像等新技术,以及非标准切面显像。在介入手术室,IE 具有显著的亚专业特点,如快速获取超声切面、精准显示关键结构、实时高质量三维成像、即时且准确的结果解读等<sup>[2]</sup>。随着结构性心脏病介入治疗领域的不断拓展,IE 亟需培养更多的具备岗位胜任能力的专业人员。本文将通过回顾 IE 的起源与发展、介绍 IE 基本技能要求,对 IE 进行简要介绍。

<sup>1</sup>华中科技大学同济医学院附属协和医院超声医学科 湖北省影像医学临床医学研究中心 分子影像湖北省重点实验室(武汉,430022)  
通信作者:谢明星, E-mail: xiemx@hust.edu.cn

## 1 IE 概念与范畴

1990年, Gerald Maurer 教授首次提出 IE 术语, 是超声心动图技术与结构性心脏病介入治疗相结合的一个里程碑<sup>[1]</sup>。相当长一段时间, 心导管室内应用传统 X 线成像方法引导与监测介入治疗过程, X 线成像是借助心内解剖结构的大致轮廓来引导器械植入, 其分辨率有限。IE 则可直观、实时、持续显示心内解剖结构与评价血流动力学改变, 提供传统 X 线成像无法获得的大量信息, 有助于术者实时监测手术过程, 了解血流动力学变化, 可准确指导治疗过程与显著提高治疗结果。结构性心脏病介入治疗中, 术前诊断、术中监测与术后随访等环节与过程, 高度依赖医学影像, 特别是超声心动图影像。同时, 结构性心脏病介入治疗的蓬勃开展, 不但推动了 IE 的技术创新, 而且对 IE 从业者提出了更高的掌握超声新技术的要求, 如三维超声心动图技术。2013 年, Gila Perk 教授发表题为 *Interventional echocardiography in structural heart disease* 的综述, 强调 IE 在结构性心脏病介入治疗中的重要价值<sup>[3]</sup>。IE 成像技术发展从业者的技能胜任力的显著提高, 使单纯 IE 即可引导与完成介入治疗手术, 且单纯 IE 引导介入治疗的手术量大幅增长。2020 年, 美国超声心动图学会 (ASE) 组建 IE 学组<sup>[4]</sup>, 标志着超声心动图领域内, 一个对成像技术与操作技术有更高要求的新的亚专业产生, 即 IE。IE 有独特的知识框架与技能要求, ASE 发布相关指南、标准及继续教育内容, 以帮助 IE 医师的专业发展和实践改进。

## 2 IE 培训与考核认证

超声心动图培训分为一级、二级和三级。一级培训目的在于掌握 TTE 的基本操作和图像解读, 培训时长通常为 3 个月以上, 需要了解超声心动图相关的解剖学、生理学基础以及常见心血管疾病的病理学知识, 参与至少 150 例的超声心动图 (M 型、2D、多普勒) 检查, 独立完成 75 例图像解读。二级培训旨在能独立完成复杂超声心动图检查及出具检查报告。培训者完成一级培训后继续完成至少 3 个月全日制培训, 参与 150 例超声心动图和多普勒血流动力学检查, 其中独立完成 75 例检查。三级培训旨在提升受训者术中超声、三维、应变、声学造影等高级技能, 以及培养受训者开展科学研究和领导超声心动图室的能力。受训者应完成 300 例及以上的 TTE 操作, 出具 750 例 TTE、TEE 超声报告及 TEE 等特殊操作。

三级 IE 培训与传统三级培训路径不同, 前者尤其强调与结构性心脏病介入治疗成像相关的理论知识和操作技能培训。拟行三级 IE 培训的学

员, 至少应完成 3 年常规心脏病专科培训。在掌握二级培训专业知识的基础上, 三级 IE 培训学员还应学习 IE 相关专业知识, 如理解器械植入相关解剖知识, 识别自体或人工瓣、房间隔等 TTE、TEE 及三维超声非标准切面, 掌握心腔内超声、CT 和 MRI 等多种影像方法的适用范围等。获取三级 IE 资质所需操作技能包括: TTE 及 TEE 均达到二级水平, 熟练应用二维及三维成像定量评估心室和瓣膜功能进行术前规划; 术中熟练操作并快速解读图像, 实时引导及监测手术过程; 快速评估容量状态、瓣膜功能及心室功能, 判断血流动力学不稳定的原因; 综合评估超声技术和介入治疗的风险获益和安全性。此外, 获取三级 IE 资质还应具备重要的沟通技巧和基本的安全技能, 能够与其他医务人员进行有效的口头和书面交流, 了解必要的感染控制措施, 以及具备基础生命支持的能力。

获取三级 IE 资质应达到的最低要求: 至少完成 75 例超声引导介入治疗 (包括 30 例瓣膜病介入治疗, 10 例房间隔穿刺引导, 15 例房间隔缺损及瓣周漏封堵, 10 例酒精性室间隔消融, 10 例左心耳封堵), 75 例术中 TEE 监测 (50 例外科瓣膜修复或置换, 20 例心室辅助装置植入及评估)<sup>[2]</sup>。值得注意的是, 在评估 IE 培训有效性时, 最重要的衡量标准是展示特定 IE 技能, 而非培训的时长和完成的病例数。提供三级 IE 培训的基地应当具备成熟的心脏瓣膜团队、足够数量的病例和复杂病种。指导学员的教师应达到三级水平, 在病例选择、术前影像评估、术中影像引导及并发症识别、术后随访评估等方面提供有针对性的反馈和指导。由于 IE 是一个不断进展的领域, 教师和学员都需要在培训后接受继续教育。

## 3 应用技能要求

结构性心脏病介入治疗病种繁多, 技术及方法内容广博, 拓展迅速, 下面介绍几种常见介入治疗手术中 IE 的应用。

### 3.1 房间隔穿刺

房间隔 (interatrial septum, IAS) 穿刺是介入心脏病学最常用的手术步骤与操作技术之一, 用于左心耳 (left atrial appendage, LAA) 封堵术、经皮左心室辅助装置植入和各种二尖瓣病变手术等。准确定位穿刺点是穿刺成功的关键。传统 IAS 穿刺在 X 线指导下进行, 但 X 线对心腔内解剖结构的分辨力有限, 操作过程依赖 X 线显示的大致解剖标志与术者经验。对初学者来说, 凭借 X 线影像准确寻找 IAS 穿刺点, 学习曲线较长, 通常不易穿刺到理想部位。IE 能清晰显示卵圆窝及其毗邻解剖结构, 以及穿刺针鞘的位置与行进方法、过程

等,获取最佳穿刺位点,降低学习难度。在 IAS 穿刺过程中,IE 医师应具备以下专业技能:①熟悉 IAS 解剖学组成及毗邻结构;术前评估 IAS 有无解剖学变异及病理性异常,如 Eustachian 瓣和 Chiari's 网、房间隔膨出瘤、房间隔脂肪瘤样肥厚等;②掌握 IAS 多切面成像:术中于四腔心、大动脉短轴和双腔静脉切面快速进行 IAS 成像;③依据手术方式确定最佳穿刺点:最佳穿刺点因手术类型而异,经皮 LAA 封堵术的穿刺点应位于卵圆窝中间偏后偏下;经导管二尖瓣缘对缘修复的穿刺点应位于卵圆窝的后上方;④准确识别卵圆窝“帐篷”征:术中实时监测穿刺组件运动轨迹,判断是否位于最佳穿刺点,及时识别穿刺组件将卵圆窝组织顶起形成的“帐篷”征,以及有无相关并发症。

### 3.2 经导管主动脉瓣介入治疗

影像学评估与监测,贯穿经导管主动脉瓣介入治疗(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)手术全过程,包括:①术前评估及手术规划:通过超声心动图和增强 CT 等影像学检查,评估主动脉瓣形态和功能、血管入路条件和心脏功能等,以明确是否适合行 TAVR 手术;根据影像学评估结果选择最适宜的人工瓣膜系统及手术入路;②人工瓣膜植入:将载有人工瓣膜的输送系统送至主动脉瓣区域,准确定位后释放瓣膜;③术后评估:瓣膜释放后,再次行主动脉根部造影和超声心动图检查,评估瓣膜的位置、功能以及有无并发症。

作为 TAVR 治疗 MDT 团队核心成员,IE 医师应了解评估主动脉根部的多种影像学方法,以及不同 TAVR 产品特点和型号尺寸。术前评估时,IE 医师应掌握主动脉根部三维图像的采集、重建和测量,特别是主动脉瓣环和冠状动脉高度的测量。对于急诊 TAVR 手术或者无法耐受 CT 检查的患者,超声可作为术前主动脉根部解剖评估及入路评估的主要方法。手术过程中,IE 可精准定位人工瓣膜的位置,在瓣膜释放后即刻评估瓣膜形态和功能、瓣周漏及程度,以及室壁运动和心包积液情况。

### 3.3 经导管二尖瓣介入治疗

二尖瓣反流是常见心脏瓣膜疾病,对高龄特别是无法耐受常规手术的患者,经导管二尖瓣介入治疗具有独特优势<sup>[5]</sup>。超声心动图是术前评估二尖瓣装置几何结构、反流性质与程度的首选影像学方法<sup>[6]</sup>。术前评估目的在于明确病变发生机制及器械植入的解剖适宜性。除超声心动图外,经导管二尖瓣置换或瓣环成形术中,CT 评估十分重要,其可模拟 IAS 穿刺和人工瓣膜植入过程。IE 医师需要了解上述不同成像方式,并能将不同成像信息进行

综合分析,以规划手术路径。此外,IE 医师还应全面了解每种器械的入路和锚定方法,结合多模态影像学资料,预判术中可能出现的并发症。

二尖瓣介入治疗手术全程需经食管三维超声心动图辅助。IE 医师应熟练进行 X-plane 多平面、Multi-View 三维成像,实时显示手术器械与心腔内解剖结构的位置关系,引导器械操作,即刻评估手术疗效<sup>[7]</sup>。关键手术步骤及超声引导如下:①房间隔穿刺:X-plane 多平面测量穿刺点距二尖瓣瓣环平面的高度(图 1a);②引导可调弯指引导管植入深度:双房切面测量可调弯指引导管的外鞘管通过房间隔 2 cm 左右(图 1b);③引导输送系统:X-plane 多平面观察输送系统是否垂直于左室长轴,调整夹合器方位,使其在左室长轴切面呈 V 字形,在二尖瓣交界切面呈 I 字形(图 1c、1d)。三维成像显示二尖瓣口“外科视野”,确认夹合器垂直瓣膜闭合线(图 1e);④捕获及夹合瓣膜:X-plane 多平面确认瓣叶是否落于夹合器双臂上,稳固捕获后关闭夹合器双臂(图 1f);⑤评估夹合效果:X-plane 多平面评估夹合器位置及方向、二尖瓣反流程度变化,测量前、后瓣叶残余长度以评估稳定性(图 1g、1h);⑥释放夹合器并再次评估:夹合器释放后需再次评估反流程度及瓣口有无狭窄,获取二尖瓣口前向血流频谱,测量平均跨瓣压差是否在 5 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)以内。

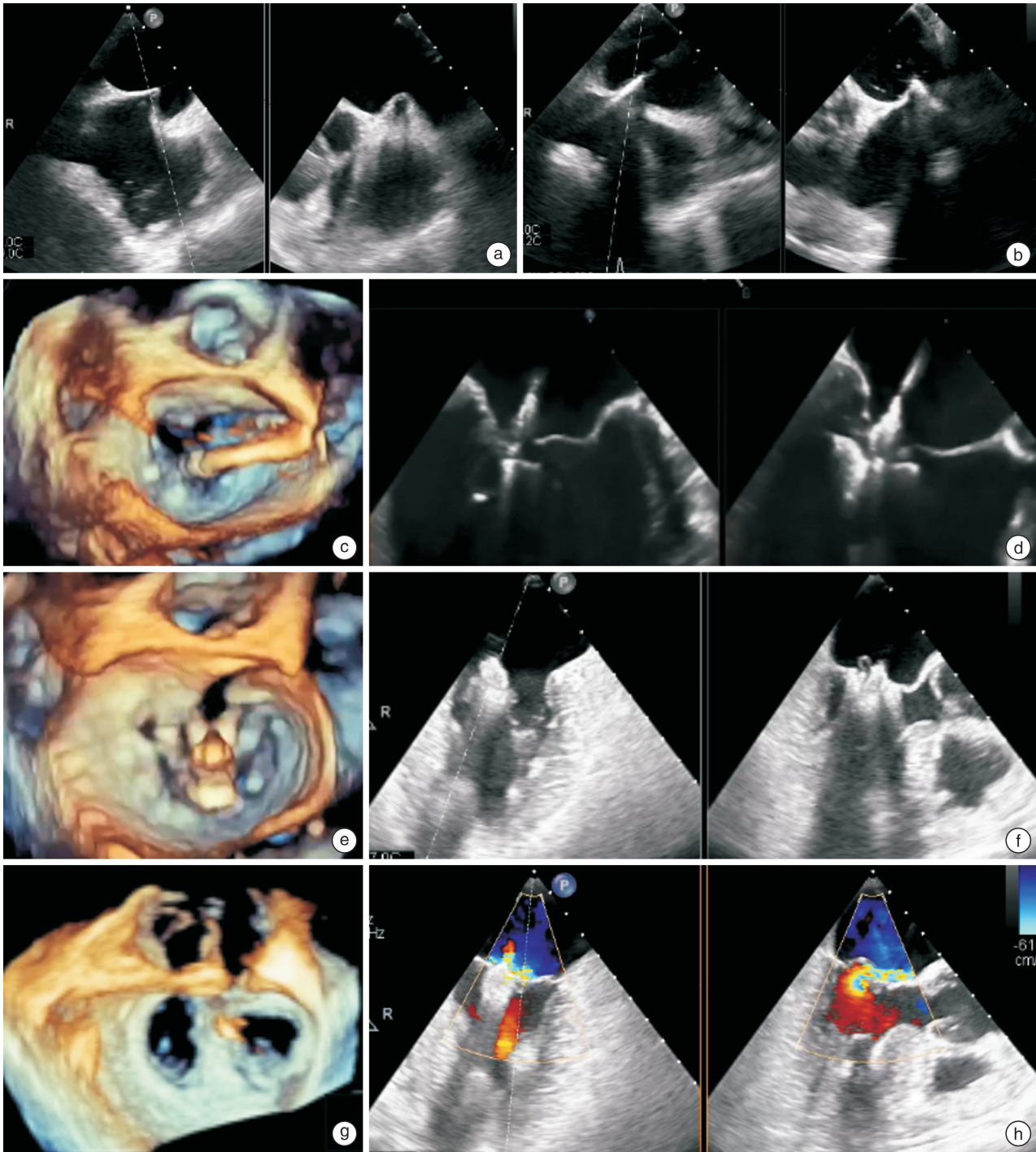
### 3.4 LAA 封堵术

对于无法进行抗凝治疗的非瓣膜性心房颤动患者,经皮 LAA 封堵可预防血栓栓塞事件。LAA 封堵术关键步骤包括:①术前评估:超声及 CT 成像测量左心耳大小、形状及开口直径,以指导选择合适的封堵器;②房间隔穿刺和封堵器植入:选择合适的穿刺点进行 IAS 穿刺,输送系统进入左心房,确认封堵器位置及方向是否合适;③封堵效果评估:评估封堵器位置及稳定性,必要时可在 TEE 监测下进行牵拉试验;④封堵器释放:确认 LAA 封堵效果良好且无相关并发症后释放封堵器。

对于术前评估,IE 医师应全面了解 LAA 解剖结构特征。通常情况下,二维 TEE 至少在 0°、45°、90°和 135°四个成像角度切面上,评估 LAA 形态和分叶,测量 LAA 最大开口直径、可用深度(着陆区深度),评估左心耳内有无血栓及自发显影程度<sup>[8]</sup>。三维 TEE 可直观显示 LAA 开口形状及腔内解剖特征,此外 IE 医师还应熟悉 LAA 的 CT 成像<sup>[9]</sup>。上述评估有助于选择合适尺寸和形态(盘式或塞式)的封堵器,以及适宜的植入位置<sup>[10]</sup>。术中引导 IAS 穿刺时,IE 医师应根据 LAA 开口的形态和位置确定最佳穿刺点。封堵器植入后即刻评估其位

置和稳定性,在超声实时监测下行牵拉试验,观察封堵器是否稳定,与心耳壁有无相对运动。在封堵器释放前,IE 医师应多角度测量封堵器压缩比及观察有无残余分流,无残余分流是植入成功的标志

之一<sup>[11]</sup>。此外,IE 医师还需快速识别可能出现的严重并发症,如心包积液及心包填塞、封堵器脱落等。



a:房间隔穿刺;b:引导可调弯指引导管植入深度;c:引导输送系统;d:调整夹合器方位;e:三维成像显示夹合器垂直瓣膜闭合线;f:捕获及夹合瓣膜;g~h:评估夹合效果。

图1 经食管三维超声心动图辅助二尖瓣介入手术

Figure 1 Transesophageal echocardiography assisted mitral valve intervention

4 小结与展望

IE 专业的快速发展,使其正在跨越“超声心动

图医生只负责诊断,不参与治疗”的传统医学界限。如今 IE 医师与介入心脏病专家协同工作,推动结

构性心脏病介入治疗实现更加绿色、健康发展。IE与结构性心脏病介入治疗的紧密结合,不但拓展了传统介入治疗的手术适应证,还为介入治疗带来了新方法和新理念,尤其促进了单纯超声引导介入治疗方法学的发展和成熟。然而,临床实践中,缺乏标准与规范,特别是准入资质缺乏监管,使IE这一新兴专业的发展面临严峻挑战,使接受治疗的患者面临更大的风险,也是制约我国IE专业发展的主要因素。随着结构性心脏病介入治疗朝向更微创、更安全、更精准的趋势发展,我国IE专业在系统、全面及持续性职业培训计划等方面,应努力探索,持续改进,提高IE医师的岗位胜任能力,造福患者。

**利益冲突** 作者声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] Maurer G. Intraoperative and interventional echocardiography: current use and future promise[J]. Echocardiography, 1990, 7(3): 177.
- [2] Little SH, Rigolin VH, Garcia-Sayan E, et al. Recommendations for special competency in echocardiographic guidance of structural heart disease interventions: from the American Society of Echocardiography[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2023, 36(4): 350-365.
- [3] Perk G, Kronzon I. Interventional echocardiography in structural heart disease[J]. Curr Cardiol Rep, 2013, 15(3): 338.
- [4] Hahn RT, Rubenson D, Mackensen GB, et al. Interventional echocardiography: a new specialty interest group for American society of echocardiography[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2020, 33(12): A10-A11.
- [5] Writing Committee Members, Otto CM, Nishimura RA, et al. 2020 ACC/AHA guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American college of cardiology/American heart association joint committee on clinical practice guidelines[J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 77(4): e25-e197.
- [6] Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, et al. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease[J]. Eur Heart J, 2017, 38(36): 2739-2791.
- [7] Praz F, Muraru D, Kreidel F, et al. Transcatheter treatment for tricuspid valve disease[J]. EuroIntervention, 2021, 17(10): 791-808.
- [8] Hahn RT, Saric M, Faletta FF, et al. Recommended standards for the performance of transesophageal echocardiographic screening for structural heart intervention: from the American society of echocardiography[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2022, 35(1): 1-76.
- [9] Wang DD, Forbes TJ, Lee JC, et al. Echocardiographic imaging for left atrial appendage occlusion: Transesophageal Echocardiography and Intracardiac Echocardiographic Imaging[J]. Interv Cardiol Clin, 2018, 7(2): 219-228.
- [10] Alfadhel M, Nestelberger T, Samuel R, et al. Left atrial appendage closure—Current status and future directions[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2021, 69: 101-109.
- [11] Afzal MR, Gabriels JK, Jackson GG, et al. Temporal changes and clinical implications of delayed peridevice leak following left atrial appendage closure[J]. JACC Clin Electrophysiol, 2022, 8(1): 15-25.

(收稿日期: 2024-10-08)