

· 论 著 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2021.05.09

实时三维经食管超声心动图在二尖瓣瓣周漏诊断中的应用

白 炜,孟 欣,吴 岳,李昱茜,刘丽文,徐臣年,杨 剑,金振晓

[摘要]:目的 探讨实时三维经食管超声心动图(RT 3D-TEE)在二尖瓣人工瓣膜置换术后瓣周漏(PVL)诊断中的应用价值。**方法** 67例经胸超声心动图(TTE)初步诊断为二尖瓣人工瓣膜PVL拟行PVL封堵的患者,均于术前再次接受RT 3D-TEE检查,采用3D-Zoom采集二尖瓣PVL局部放大容积图像,切割优化后进行径线测量,统计分析3D图像在PVL数量、位置、形态等,以数字减影血管造影(DSA)诊断结果为定性金标准,计算两种超声检测方法的正确率,进行对比。**结果** TTE检查67例疑似PVL的患者中,RT 3D-TEE确诊为PVL的为62例,共发现PVL 84处,其中40例为单发PVL,22例存在2处PVL,5例为人工瓣膜内少量反流,与DSA诊断结果一致。**结论** RT 3D-TEE技术能够快速、明确诊断二尖瓣人工瓣膜术后PVL,其准确率高于TTE,便于PVL术前评估,为临床选择合适的手术方式提供重要参考,是PVL诊断、治疗的重要影像学手段。

[关键词]: 实时三维经食管超声心动图;瓣周漏;二尖瓣;人工瓣膜置换

Application of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in the diagnosis of mitral paravalvular leakage

Bai Wei, Meng Xin, Wu Yue, Li Yuxi, Liu Liwen, Xu Chennian, Yang Jian, Jin Zhenxiao

Department of Cardiology, the First Affiliated Hospital, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China

Corresponding author: Wu Yue, Email: yue.wu@xjtu.edu.cn

[Abstract]: Objective To evaluate the value of three-dimensional echocardiography in the diagnosis of mitral paravalvular leakage (PVL) after mitral valve replacement. **Methods** 67 patients underwent transthoracic echocardiography (TTE) were initially diagnosed as PVL of mitral valve prosthesis. Those who planned to block the PVL underwent RT 3D-TEE examination using 3D-Zoom again before operation. After cutting and optimizing, the diameter line was measured. The accuracy of 3D image in the diagnosis of PVL was analyzed. The results were compared with that of TTE. **Results** 62 patients with suspected PVL were diagnosed by RT-3D-TEE, and 84 PVL were found, including 40 cases with single PVL, 22 cases with two PVLs, and 5 cases with a small amount of regurgitation in the artificial valve, which were consistent with the results of digital subtraction angiography (DSA). **Conclusion** RT 3D-TEE technology can quickly and clearly diagnose PVL after mitral valve prosthetic surgery. Its accuracy is higher than TTE, which is convenient for preoperative evaluation of PVL and can provide important reference for clinical selection of appropriate surgical methods. It is an important imaging method for the diagnosis and treatment of PVL.

[Key words]: RT 3D-TEE; Paravalvular leakage; Mitral valve; Prosthetic valve replacement

基金项目:国家自然科学基金(81970351,51837011),国家重点研发计划(2019YFA0802300),陕西省重点产业创新链(2019ZDLSF01-01-02)

作者单位:710061 西安,西安交通大学第一附属医院心血管内科(白 炜、吴 岳);710032 西安,空军军医大学西京医院超声医学科(白 炜、孟 欣、李昱茜、刘丽文),心血管外科(徐臣年、杨 剑、金振晓)

通信作者:吴 岳,Email:yue.wu@xjtu.edu.cn

瓣周漏(paravalvular leakage, PVL)是指相邻心血管腔在瓣膜周边出现的异常交通,是心脏人工瓣膜置换术后特有的并发症,发生率为0.75%~2.3%^[1],尤其是二尖瓣发生PVL的比例(12.6%)显著高于主动脉瓣(2.3%)^[2]。中重度PVL可引起溶血性贫血、肺动脉高压,严重时可出现人工瓣膜摆动、倾斜、移位甚至脱落,需要紧急手术治疗^[3]。超声心动图是目前诊断PVL最常用且最敏感的方法,实时三维经食管超声心动图(real-time three dimensional-

transesophageal echocardiography, RT 3D-TEE) 实时显示二尖瓣人工瓣膜三维立体图像,并可从不同方位和角度观察二尖瓣人工瓣膜及其毗邻结构,精准定位 PVL 发生的部位、数目,测量漏口的大小,观察漏口形态以及 PVL 与瓣环的空间关系,评估人工瓣膜功能及返流程度^[4-8]。数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)可以反映有无 PVL 和 PVL 的位置,是 PVL 诊断的金标准之一,但造影并不能精确测量 PVL 的形态、大小、反流量,而超声诊断则能够动态显示 PVL 的位置形态、大小及反流量等测量数据,指导术中手术操作及封堵器选择策略。本研究通过对比分析 RT 3D-TEE 与经胸超声心动图(transsthoracic echocardiography, TTE)在二尖瓣人工瓣膜置换术后 PVL 的诊断,探讨 RT 3D-TEE 对二尖瓣人工瓣膜置换术后 PVL 诊断的作用,旨在提高二尖瓣人工瓣膜置换术后 PVL 诊断的准确性,为进一步临床治疗选择合适的手术方式提供重要参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象 收集 2009 年 3 月至 2019 年 6 月因二尖瓣置换术后怀疑人工瓣膜 PVL 拟行 PVL 封堵术治疗的患者 67 例,其中 55 例为人工机械瓣,12 例为人工生物瓣,男性 38 例,女性 29 例,年龄 29~76(56.8±19.3)岁,所有患者术前均于门诊食道超声检查室行 TTE 及 RT 3D-TEE 检查。

1.2 方法 所有患者均于检查前测量血压,签署经食管超声心动图检查知情同意书,常规 TTE 检查评估后并行 RT 3D-TEE 检查。采用 Philips iE33 彩色多普勒超声诊断仪,常规 TTE 探头 S5,频率 1~5 MHz,实时三维经食管超声矩阵探头 X7-2t,频率为 3~7 MHz,连接心电监护仪,所有患者均在咽部利多卡因凝胶局麻状态下,在经食道超声检查室内进行。检查时均需同时配备急救药品及仪器。

1.2.1 TEE 检查方法 超声探头于食管中段切面观察二尖瓣人工瓣膜。局部调节探头深度及角度,调节仪器增益及对比度,二维超声图像清晰显示人工瓣膜,重点于 0°、50~70°、110~130°观察人工瓣膜结构,利用 x-Plane 结合彩色多普勒观察反流测量 PVL 长度、宽度,并利用 3D-zoom 等三维成像模式,结合 3D Color 图像识别及定位 PVL 位置,采集二尖瓣 PVL 局部放大三维容积图像,通过 Q-LAB 三维分析软件切割优化后进行相关径线测量并予以记录。

PVL 反流严重程度通过测量反流束的面积来

评估,轻度反流为 $<4\text{ cm}^2$,中度反流为 $4\sim 10\text{ cm}^2$,重度反流为 $>10\text{ cm}^2$ 。为与外科手术野保持一致,RT 3D-TEE 根据时钟定位法对 PVL 进行定位^[9]。具体操作步骤为:采集三维超声图像,通过三维软件切割优化后显示主动脉瓣及左心耳结构,将主动脉瓣旋转至 12 点位,定为前方,左心耳旋转至 9 点位,定为外侧,并将二尖瓣瓣环平均划分为 4 个象限,即前外象限为 9~12 点,前内象限为 12~3 点,后内象限为 3~6 点;后外象限为 6~9 点。通过 RT 3D-TEE 可进一步对 PVL 形态进一步分类,包括圆形、椭圆形、新月形及不规则形,并根据漏口大小将 PVL 分为大型(6~15 mm)、中型(3~5 mm)和小型(1~2 mm)^[10]。

1.2.2 DSA 所有患者均于行瓣周封堵术前行 DSA,通过不同的投射体位,在 DSA 下确定二尖瓣人工瓣膜是否存在 PVL 以及 PVL 的位置及数量。

1.3 统计学处理 采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析,测量数据以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,患者分别经 DSA、TTE 与 RT 3D-TEE 诊断 PVL 准确度比较采用卡方检验,62 例 PVL 患者的 PVL 长宽测量数据比较采用配对 *t* 检验, $P<0.05$ 为差异具有统计学差异。

2 结果

常规 TTE 检查 67 例患者疑似存在 PVL,RT 3D-TEE 检查 62 例存在不同程度 PVL,共发现 PVL 84 处,其中 40 例仅存在 1 处 PVL,22 例存在 2 处 PVL,剩余 5 例为少量的人工瓣返流,RT 3D-TEE 检查 PVL 数目及位置与 DSA 造影结果一致。TTE 诊断 PVL 的准确度为 94.38%,RT 3D-TEE 诊断准确度为 100%。62 例经 RT 3D-TEE 诊断发生 PVL 患者中,36 处(占 42.85%)位于前外象限(9~12 点),20 处(占 23.80%)位于前内象限(12~3 点),13 处(占 15.47%)位于后内象限(3~6 点),15 处(占 17.85%)位于后外象限(6~9 点)(见图 1),其中有 22 例两个象限内同时合并 PVL,占总例数的 35.4%,并且外上象限同时合并内上象限者占 45.4%;62 例 PVL 患者中有 3 例出现瓣环移位,1 例瓣环周围组织撕脱,1 例合并感染性心内膜炎(见表 1)。

RT 3D-TEE 显示全部 PVL 患者漏口形态所占百分比分别(见图 2)为:新月形 66%,圆形 17%,椭圆形 14%,不规则形 3%。其中 1 例 TTE 显示为二尖瓣机械瓣后外侧一处 PVL(见图 3),RT 3D-TEE 显示漏口较大,漏口处可清晰显示有 1 处撕裂的缝线断头(见图 4)。

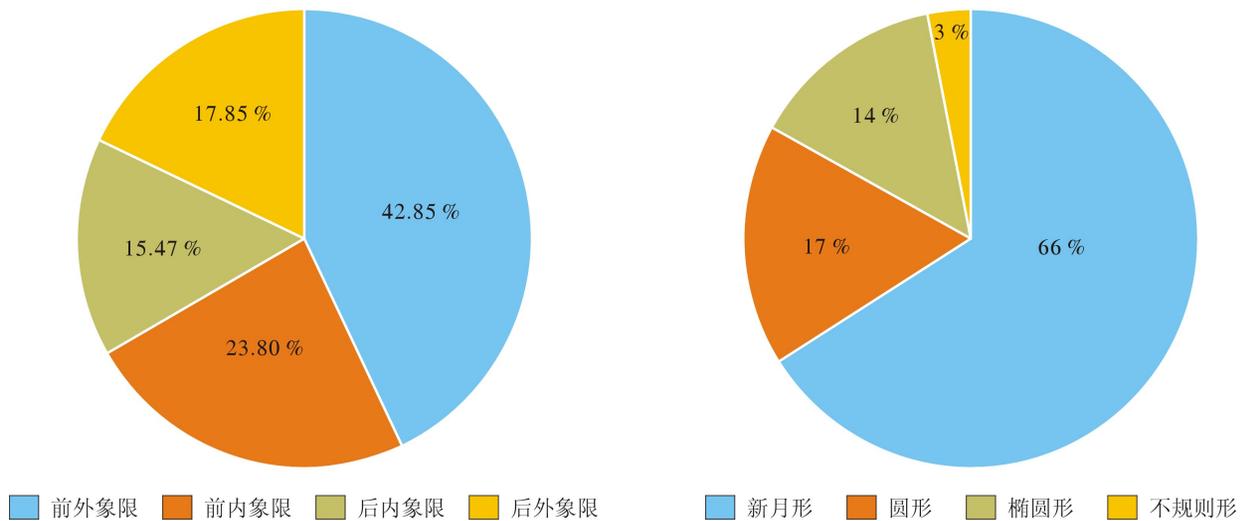


图 1 患者瓣周漏发生位置分布百分比

图 2 瓣周漏漏口形态分布百分比

表 1 TTE 与 TEE 测量二尖瓣置换术后 PVL 结果比较(n=62)

PVL 位置	PVL 数量 (n)	PVL 宽度 (mm)				PVL 长度 (mm)			
		TTE	TEE	t 值	P 值	TTE	TEE	t 值	P 值
9~12 点	36	4.21±1.90	4.50±1.95	1.353	0.185	7.40±6.08	11.11±8.30	4.859	0.000
12~3 点	20	4.01±2.55	4.17±2.61	0.801	0.434	5.35±3.57	8.23±6.44	3.382	0.004
3~6 点	13	3.80±1.29	4.34±2.09	1.222	0.245	6.03±2.49	9.03±7.32	1.877	0.085
6~9 点	15	4.40±1.98	4.70±1.87	1.165	0.263	6.24±2.87	9.16±5.41	3.229	0.006

注: TTE: 经胸超声心动图; TEE: 经食管超声心动图; PVL: 瓣周漏

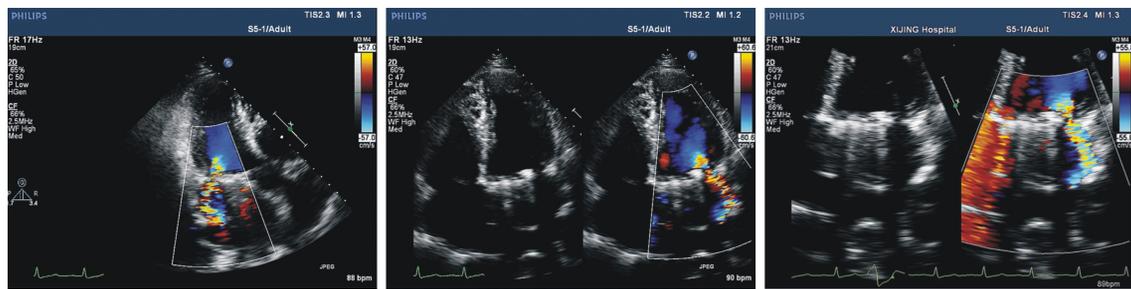


图 3 经胸超声心动图位显示为二尖瓣机械瓣后外侧瓣周漏

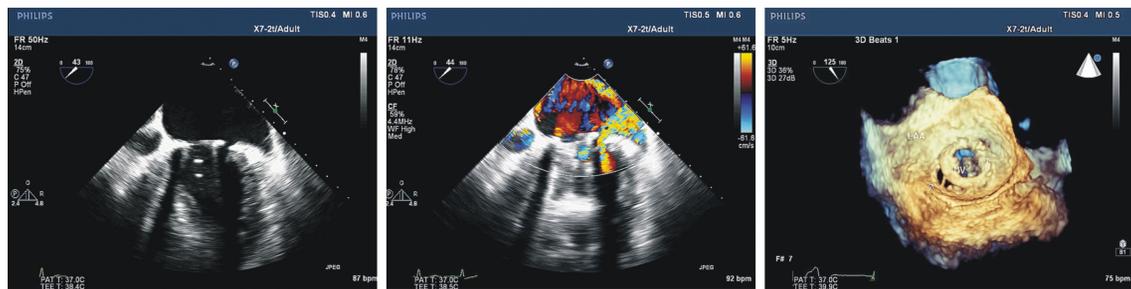


图 4 实时三维经食管超声心动图显示两处瓣周漏

注: 漏口分别位于 6-8 点及 1-2 点, 其中 6-8 点位较大, 为新月形, 其漏口处可见 1 针撕裂的缝线断头

62 例经 RT 3D-TEE 检出 PVL 患者中,小型 5 处(占 6.0%),中型 19 处(占 23%),大型 60 处(占 71%)(见图 5);其中 34 例共 45 处 PVL 成功行 PVL 封堵术,2 例 PVL 漏口小,症状较轻,建议随访观察,26 例大型 PVL 不宜行介入封堵治疗者,其中 3 例患者行外科再次瓣膜置换治疗,23 例患者经临床综合评估后,外科再次治疗风险较大,选择药物治疗改善症状,随访观察。

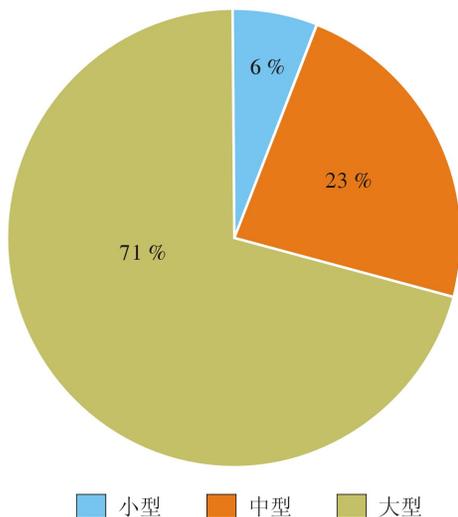


图 5 瓣周漏大小所占百分比

3 讨论

二尖瓣人工瓣膜置换术后轻度 PVL 在长期随访过程中有可能发展为明显 PVL,进而引起溶血性贫血、进行性心功能不全、肺动脉高压等并发症,严重影响患者生存质量。形成 PVL 的原因主要包括^[11-12]:①人工瓣膜置换术前患者合并有肾功能不全、免疫功能异常和全身营养不良等;患者自身瓣叶及瓣环严重钙化,瓣环周围组织结构异常,如感染性心内膜炎致瓣周脓肿及水肿。②术中缝合技术不当,如损伤瓣环结构、缝合间距过大、缝线松弛、瓣环缝合位置异常;术中选择人工瓣膜与自身瓣环大小不匹配等因素。③人工瓣膜置换术后反复感染发热等。

常规 TTE 检查易受患者体型、体位、术后胸腔气体以及人工机械瓣瓣叶、瓣环伪影或生物瓣瓣架、自身瓣环钙化等的干扰,超声图像采集声窗及切面受限,因此常规 TTE 对鉴别少量 PVL 还是人工瓣膜少量反流时存在困难,尤其在机械瓣声影多重反射干扰时辨别更加困难。二维经食管超声心动图(2D-TEE)对仅能显示人工瓣膜的二维平面,不能直观

显示其立体形态结构、与周围组织的空间关系、彩色血流的分布特点及范围。国内研究^[13]显示 RT 3D-TEE 同时结合 3D 彩色颜色对少量 PVL、人工瓣膜少量反流检测的敏感性和分辨率均较 TTE 及 2D-TEE 明显增加。本研究 62 例患者经 RT 3D-TEE 检出 84 处 PVL,其中前外象限发生率最高(占 43%),漏口呈新月形发生率最高(占 66%),与国外文献研究^[2]报道一致。对于人工二尖瓣 PVL 的评估,DSA 可通过不同的投射体位,明确是否存在 PVL,确定 PVL 的位置及数量,DSA 可作为定性金标准,但在现有仪器条件下 DSA 无法精准测量 PVL 大小,仅可通过对比漏口周边结构,如瓣环、鞘管直径等粗略评估 PVL 大小,通过瓣周返流造影剂充填的密度及范围评估 PVL 的程度^[14]。结合 DSA 造影结果,RT 3D-TEE 诊断准确度较高,一定程度上反映了 TEE 测量具有更高的精确性,而在 PVL 长短径的测量中,RT 3D-TEE 与 TTE 对 PVL 长径测量上显示出了显著的统计学差异。本组患者中 34 例共 45 处 PVL 成功实施介入封堵术,RT 3D-TEE 可帮助介入医生选择相对合适的封堵器的种类、尺寸并决定放置的数量。

本研究对二尖瓣置换术后行常规 TTE 检查疑似 PVL 的患者行 RT 3D-TEE 检查,发现 RT 3D-TEE 以其特殊的观察角度可以成功避免机械瓣瓣环、瓣叶金属伪影以及生物瓣瓣架造成的影响,在二维高分辨率超声成像基础上,通过 Live 3D,Full volume 等三维成像技术显示人工瓣膜及其毗邻结构的立体形态、人工瓣膜的工作状态、瓣环是否移位、随心动周期的摆动幅度、是否存在瓣膜启闭异常等状况,尤其是能准确定位 PVL 发生的部位,并与外科手术视野保持一致,若存在两处以上 PVL,可通过三维图像测量 PVL 的间距,结合 DSA 造影结果对介入医生术中释放多枚封堵器及外科再次修补 PVL 提供理论支持。采用 3D-ZOOM 局部放大后可清晰显示漏口的形态及周边组织情况,如人工瓣膜缝线间距是否过大、漏口处是否有缝线相隔、漏口周边组织有无水肿及赘生物形成等,并通过 Q-LAB 软件多角度、多平面切割漏口,测量漏口的长径、短径及横截面积^[15-16]。结合 3D 彩色图像,适当调节血流速度标尺及彩色增益,更能准确判断确定是否存在 PVL,并能确定瓣周反流的方向及评估瓣周反流程度。

综上所述,RT 3D-TEE 通过二维食管超声检查技术与实时三维技术相结合,显著提高了三维图像空间及时间分辨率。与经胸超声心动图相比,避免了多种因素如胸骨及肺气的干扰,图像显示更加清晰;与经食管二维超声心动图相比,在二维超声图像

的基础上,呈现人工瓣膜的三维空间立体结构,并通过多种处理软件,获得类似外科手术野所观察的效果,便于临床医师更加直观的理解 PVL 的位置、形态、大小及周边组织情况,最大程度帮助临床医生术前制定最优化的治疗方案。随着 3D 打印技术的发展,与患者重建 3D 打印模型能够更为清晰的显示患者 PVL 的形态及位置,同时结合 3D Grid 测量 PVL 的长度及宽度,结合 3D 彩色颜色技术,对 PVL 或人工瓣膜反流进行鉴别诊断,为临床诊断及治疗提供更加及时、精确、可靠依据。总之,RT 3D-TEE 技术能实现心脏各解剖结构的立体形态,尤其能实时显示二尖瓣结构,有利于超声医师与介入、外科医生之间的信息交流,弥补了常规 TTE 和 2D-TEE 检查的不足,及时指导临床采取干预措施,减少相关并发症的发生。值得提出的是,由于开展 RT 3D-TEE 技术受仪器条件配备等诸多因素的影响,目前尚未普及,不能作为常规检查,并与超声操作医生对经食管超声心动图的掌握程度、相关疾病诊断的临床经验以及对人工瓣膜的功能评估、手术方式的认识程度相关。近年来,随着新一代高帧频、高分辨率的 RT 3D-TEE 出现以及经食管超声心动图的培训逐渐规范,相信在精准医疗时代 RT 3D-TEE 将扮演更加重要的角色。

参考文献:

- [1] Gürsoy MO, Guner A, Kalçık M, *et al*. A comprehensive review of the diagnosis and management of mitral paravalvular leakage [J]. *Anatol J Cardiol*, 2020, 24(6): 350-360.
- [2] Ozan Gürsoy M, Kalçık M, Ozkan M, *et al*. Evaluation of aortic paravalvular leak: a special reference for anatomical localization [J]. *J Heart Valve Dis*, 2016, 25(4): 403-409.
- [3] Ruiz CE, Hahn RT, Berrebi A, *et al*. Clinical trial principles and endpoint definitions for paravalvular leaks in surgical prosthesis: an expert statement [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 69(16): 2067-2087.
- [4] Bertrand PB, Mihos CG, Yucel E. Mitral annular calcification and calcific mitral stenosis: therapeutic challenges and considerations [J]. *Curr Treat Options Cardiovasc Med*, 2019, 21(4): 19.
- [5] Jiang Q, Yu T, Huang K, *et al*. Feasibility, safety, and short-term outcome of totally thoracoscopic mitral valve procedure [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2018, 13(1): 133.
- [6] Meghji Z, Nguyen A, Geske JB, *et al*. Myectomy and left atrial-to-left ventricular conduit for severe calcific mitral stenosis and hypertrophic cardiomyopathy [J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 106(1): e21-e23.
- [7] Yanartas M, Demir S, Baysal A, *et al*. The relation between location of paravalvular leakage and time to reoperation after mitral valve replacement [J]. *Anadolu Kardiyol Derg*, 2014, 14(1): 61-67.
- [8] Chung EJ, Kim TY, Hwang JM, *et al*. Cases of hemolytic anemia with periprosthetic leaks evaluated by real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography [J]. *J Cardiovasc Ultrasound*, 2012, 20(1): 52-56.
- [9] Giblett JP, Rana BS, Shapiro LM, *et al*. Percutaneous management of paravalvular leaks [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2019, 16(5): 275-285.
- [10] Eleid M. Interventional management of paravalvular leak [J]. *Heart*, 2018, 104(21): 1797-1802.
- [11] 徐臣年, 刘洋, 李晓峰, 等. 二尖瓣置换术后瓣周漏的介入治疗效果分析 [J]. *中华心血管病杂志*, 2016, 44(3): 238-243.
- [12] 俞世强, 徐学增, 易蔚, 等. 全胸腔镜微创心脏手术单中心临床经验 [J]. *中国体外循环杂志*, 2016, 14(2): 87-90.
- [13] 李华, 陈晓峰, 孙运峰, 等. 经食管三维超声心动图评价二尖瓣人工瓣微量-少量瓣周漏及反流的临床价值 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2012, 21(8): 732-733.
- [14] Werner N, Zeymer U, Fraiture B, *et al*. Interventional treatment of paravalvular regurgitation by plug implantation following prosthetic valve replacement: a single-center experience [J]. *Clin Res Cardiol*, 2018, 107(12): 1160-1169.
- [15] 林艳端, 阎国辉, 张绍洁, 等. 经食管三维超声在心血管疾病手术中的应用价值 [J]. *临床超声医学杂志*, 2016, 18(7): 463-466.
- [16] Zorinas A, Janusauskas V, Davidavicius G, *et al*. Fusion of real-time 3D transesophageal echocardiography and cardiac fluoroscopy imaging in transapical catheter-based mitral paravalvular leak closure [J]. *Postepy Kardiol Interwencyjne*, 2017, 13(3): 263-268.

(收稿日期:2020-12-28)

(修订日期:2021-03-08)