

心脏瓣膜病

经导管三尖瓣置换术治疗左心瓣膜术后重度三尖瓣反流的临床疗效分析*

谭桐^{1,2,3} 付冰奇^{1,4} 马坚锐^{1,3} 刘浩忠^{1,3} 刘健^{1,3} 黄焕雷^{1,3} 陈寄梅^{1,3} 庄建^{1,3} 郭惠明^{1,3}

【摘要】 目的:评估经导管三尖瓣置换术治疗左心瓣膜术后重度三尖瓣反流的临床疗效。**方法:**2020年10月—2022年10月,共7例左心瓣膜术后重度三尖瓣反流患者于广东省人民医院(广东省心血管病研究所)接受经导管三尖瓣置换术治疗,其中5例采用Lux-Valve装置(经右心房径路),2例采用Lux-Valve Plus装置(经颈静脉径路)。收集患者住院诊疗及随访资料,总结和分析临床效果。**结果:**患者年龄为(65.1±8.8)岁,以女性居多(5/7),5例(71.4%)患者伴随下肢水肿等典型右心衰竭症状;患者术前三尖瓣反流均达4⁺及以上,CRS评分中值8.0分,Child-Pugh评分均值7.3分,肺动脉收缩压(38.9±10.1) mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),右室面积变化分数(42.3±3.6)%,三尖瓣环收缩期位移(15.6±1.8) mm。术中顺利置入经导管三尖瓣装置,术后即刻器械成功率、手术成功率达100%(即刻三尖瓣反流改善至1⁺瓣周漏2例,5例无反流),无死亡、中转开胸、瓣膜移位等并发症。平均随访(14.2±10.2)个月,期间所有患者的人工三尖瓣瓣膜装置功能良好,仅1例患者残余1⁺的瓣周漏,与术前比较仍显著改善($P<0.001$),无中度以上肺动脉高压、肝静脉逆流、再次手术或因心力衰竭住院;NYHA心功能等级均恢复至Ⅱ级。**结论:**在右心衰竭早期对左心瓣膜术后重度三尖瓣反流患者行经导管三尖瓣置换术是安全可靠的,早中期临床结果优异,重度三尖瓣反流得到显著改善。未来仍需更进一步研究明确经导管三尖瓣置换系统对此类患者的疗效和优势。

【关键词】 经导管三尖瓣置换术;左心瓣膜术;三尖瓣再次手术;三尖瓣反流;右心衰竭

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.01.010

【中图分类号】 R654.2 **【文献标志码】** A

Clinical efficacy of transcatheter tricuspid valve replacement for isolated severe tricuspid regurgitation after left-side valve surgery

TAN Tong^{1,2,3} FU Bingqi^{1,4} MA Jianrui^{1,3} LIU Haozhong^{1,3} LIU Jian^{1,3}

HUANG Huanlei^{1,3} CHEN Jimei^{1,3} ZHUANG Jian^{1,3} GUO Huiming^{1,3}

(¹Guangdong Cardiovascular Institute, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangdong Academy of Medical Sciences, Southern Medical University, Guangzhou, 510080, China; ²Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University; ³Guangdong Provincial Key Laboratory of South China Structural Heart Disease; ⁴Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Disease, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College)

Corresponding author: GUO Huiming, E-mail: guohuiming@gdph.org.cn

Abstract Objective: To evaluate the clinical efficacy of transcatheter tricuspid valve replacement (TTVR) for isolated severe tricuspid regurgitation following left-side valve surgery. **Methods:** From October 2020 to October 2022, seven patients with isolated severe tricuspid regurgitation after left-side valve surgery underwent TTVR at Guangdong Provincial People's Hospital (Guangdong Institute of Cardiovascular Diseases). Among them, five were treated with the Lux-Valve device (via the right atrial pathway), and two with the Lux-Valve Plus device (via the jugular vein pathway). Inpatient treatment and follow-up data were collected for summarizing and analyzing clinical outcomes. **Results:** The mean age of the patients was (65.1±8.8) years, with a female predominance

*基金项目:广州市科技计划基金(No:202002030039);广州市科技计划项目(No:202201010768);广东省基础与应用基础研究基金(No:2022A151010157);广州地区临床高新、重大和特色技术项目(No:2023P-ZD09);广东省心血管系统疾病临床医学研究中心项目(No:2020B111170011);广东省人民医院心血管专项(No:2020XXG010)

¹广东省心血管病研究所 南方医科大学附属广东省人民医院(广东省医学科学院)(广州,510080)

²首都医科大学附属北京安贞医院

³广东省华南结构性心脏病重点实验室

⁴中国医学科学院北京协和医学院 国家心血管病中心 阜外医院

通信作者:郭惠明, E-mail: guohuiming@gdph.org.cn

引用本文:谭桐,付冰奇,马坚锐,等.经导管三尖瓣置换术治疗左心瓣膜术后重度三尖瓣反流的临床疗效分析[J].临床心血管病杂志,2024,40(1):52-56. DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.01.010.

(5/7). Five patients (71.4%) exhibited typical right heart failure symptoms such as lower limb edema. All patients had preoperative tricuspid regurgitation of 4⁺ or greater, a median CRS score of 8.0, average Child-Pugh score of 7.3, pulmonary artery systolic pressure of (38.9±10.1) mmHg, fractional area change of right ventricular (42.3±3.6)%, tricuspid annular plane systolic excursion 15.6±1.8 mm. Intraoperatively, the transcatheter tricuspid valve device was successfully placed, with an immediate postoperative device success rate and surgical success rate of 100% (immediate tricuspid regurgitation improvement, 2 cases of 1⁺ perivalvular leakage, 5 cases with no regurgitation). No complications such as death, thoracotomy conversion, or valve displacement occurred. The mean follow-up time was (14.2±10.2) months, during which the prosthetic tricuspid valve devices all functioned well. Only one patient had residual 1⁺ perivalvular leakage, significantly improved compared to preoperative conditions ($P<0.001$). There were no instances of more than moderate pulmonary hypertension, hepatic venous regurgitation, reoperation, or hospitalization for heart failure. All NYHA cardiac function classes recovered to Class II. **Conclusion:** Transcatheter tricuspid valve replacement is safe and reliable in patients with severe tricuspid regurgitation after left-side valve surgery at the early stage of right heart failure. It demonstrates excellent early and mid-term clinical outcomes with a significant improvement in severe tricuspid regurgitation. Future research on the specific effects and advantages of TTVR for these patients is still needed.

Key words transcatheter tricuspid valve replacement; left-side valve surgery; isolated tricuspid valve reoperation; tricuspid regurgitation; right heart failure

继发性三尖瓣反流是常见的三尖瓣反流(tricuspid regurgitation, TR)之一,但由于左心瓣膜手术后 TR 往往会得到一定程度上的缓解,以及右心系统代偿能力较强,三尖瓣被称为“被遗忘的瓣膜”^[1]。然而,左心瓣膜术后 TR 的进展已成为重度 TR 的重要病因之一,且严重影响患者的远期生存率^[2-3]。2021 年欧洲心脏病学会(ESC)和欧洲心胸外科协会(EACTS)制订的瓣膜性心脏病管理指南建议对经选择的有症状的继发性 TR 患者进行手术,但再次外科手术风险高,如何为该人群实施安全有效的治疗是临床亟待解决的难题^[4]。经导管三尖瓣置换术(transcatheter tricuspid valve replacement, TTVR)是左心瓣膜术后重度 TR 患者的选择之一,本研究旨在分析本中心采用 TTVR 治疗左心瓣膜术后重度 TR 患者的临床疗效。

1 对象与方法

1.1 对象

本研究是一项单中心的前瞻性研究。纳入 2020 年 10 月—2022 年 10 月于广东省人民医院(广东省心血管病研究所)就诊且经严格评估后接受 TTVR 治疗左心瓣膜术后重度 TR 患者共 7 例,其中 5 例采用 Lux-Valve 装置(经右心房径路),2 例采用 Lux-Valve Plus 装置(经颈静脉径路)。纳入标准:①年龄≥50 周岁;②左心瓣膜[主动脉瓣和(或)二尖瓣]术后继发的至少 4⁺ TR;③存在严重 TR 的临床表现, NYHA 分级≥Ⅲ级;④左心室射血分数(LVEF)≥50%;⑤经多学科心脏团队判断不适合外科手术治疗的高危患者,符合以下条件之一:临床风险评分(Clinical Risk Score, CRS)≥8 分;或美国胸外科医师协会(Society of Thoracic Surgeons, STS)评分≥8 分,或存在≥2 个虚弱指数/术后仍不能改善的主要脏器功能不全;⑥能够理解试验目的,自愿参加并签署知情同

意书,愿意接受相关检查和临床随访。排除标准:

①心脏超声评估肺动脉收缩压(pulmonary arterial systolic pressure, PASP)≥55 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa);②需要手术干预的左心瓣膜病变或冠状动脉狭窄;③人工瓣膜置换 1 年以内或存在人工瓣膜中度以上功能障碍;④先天性 Ebstein 畸形或有右心室结构发育不良、右心室结构异常如流出道梗阻、腔内肿物;⑤解剖结构不适合经心房或颈静脉入路;⑥有心源性休克或血循环不稳定或重要脏器功能衰竭;⑦3 个月内发生脑血管意外;⑧无法接受抗凝或抗血小板治疗;⑨预期寿命≤1 年。本研究严格按照赫尔辛基宣言要求开展,并获得广东省人民医院伦理委员会批准(No: KY-Q-2022-268-01),所有患者及家属均理解、愿意参加和配合本研究,入组前均已签署知情同意书。

1.2 定义和资料收集

对 TR 的超声评估采取五分法^[5],三尖瓣无反流或微量反流为 0 级,轻度反流为 1⁺级,中度反流为 2⁺级,严重反流为 3⁺级,重度反流为 4⁺级,极重度反流为 5⁺级。采用超声心动图下测量三尖瓣前瓣环收缩期运动幅度(tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE)与右心室面积变化分数(fractional area change, FAC)评价右心功能, TAPSE<16 mm 或 FAC<35% 认为存在右心室收缩功能降低。主要终点事件为手术成功率,定义为无手术中或术后 30 d 内死亡或严重心血管事件、未出现术中中转外科换瓣或成形术、植入人工瓣膜无移位且工作良好,无轻度以上瓣口反流,无中度以上瓣周漏;次要终点为器械成功率(器械成功导入三尖瓣位,人工瓣成功释放且解剖位置正确,室间隔成功锚定以及成功撤出输送系统)、治疗有效性评价(包括术后心脏功能评价、右心功能评价及人工瓣膜启闭状况、瓣口反流、跨瓣压差情况)。超声心

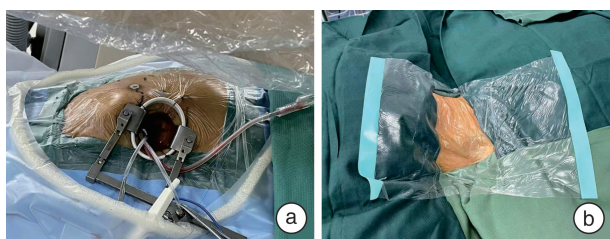
动图由独立团队进行评估,分别于术前筛查、出院前、术后1、3、6、12个月及此后每年重复评估。由单一研究团队负责临床评价系统资料的采集。

1.3 方法

手术入路包括经右心房径路及经颈静脉径路。

经右心房径路:术者位于患者右侧,患者右后背垫高,向左倾斜,消毒、铺巾。取右胸前外侧第5肋间切口(图1a),长约8 cm,逐层切开、分离,全身肝素化。同时穿刺右侧股静脉,置入6Fr动脉鞘管,置入造影导管。4-0 丙纶线做右侧荷包,经荷包置入6Fr猪尾导管行右心室造影,联合经食管彩超明确TR反流量。切开荷包内右心房,立即经切口置入LuX-Valve三尖瓣输送系统,在数字减影血管造影引导下置入右室,缓慢释放LuX-Valve介入三尖瓣至前瓣夹持键释放,调整输送器,见夹持键与瓣叶接触良好继续缓慢释放,至右房盘片释放;在经食管彩超监视下,微调瓣膜,在无瓣周漏或最小时释放固定针,随后彻底释放瓣膜,退出输送器,荷包打结止血。经右房植入猪尾导管至右室,再次造影明确瓣膜功能良好。

经颈静脉径路:术者位于患者头侧,患者头部向左侧倾斜,消毒、铺巾,显露右侧颈部(图1b)及双侧腹股沟切口。穿刺右侧颈静脉,穿刺点预置双层Proglide缝线备用,同时穿刺右侧股静脉,置入6F血管鞘,经股静脉置入6F猪尾管,行右心室造影,明确TR反流量及三尖瓣瓣环位置。在导丝引导下经颈静脉置入三尖瓣输送器鞘管,经鞘管置入Lux-Valve Plus三尖瓣装置输送器,在数字减影血管造影联合经食管彩超引导下将输送器推入右心房、调弯进入右心室。缓慢释放人工三尖瓣至前瓣夹持键释放,调整输送器,见夹持键与瓣叶接触良好,继续缓慢释放至右房盘片释放,经食管监视瓣周漏,微调瓣膜,释放固定针固定瓣膜;彻底释放瓣膜,退出输送器,再次造影明确瓣膜功能良好。



a: Lux-Valve, 经右心房径路; b: Lux-Valve Plus, 经颈静脉径路。

图1 手术径路

Figure 1 Surgical approach

1.4 统计学处理

使用SPSS 26.0和GraphPad Prism 9软件完成数据分析。正态分布的计量资料采用 $\bar{X} \pm S$ 描

述,同组间手术前后数据比较采用配对 t 检验;非正态分布的计量资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述,同组间手术前后数据比较采用Wilcoxon秩和检验;计数资料采用例(%)描述,同组间手术前后数据的比较采用 χ^2 检验或Fisher精确检验。 $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料

纳入7例患者的基线资料见表1。患者平均年龄(65.1 ± 8.8)岁,以女性居多(5/7),BMI(23.1 ± 2.9) kg/m^2 ,体表面积(1.6 ± 0.2) m^2 。所有患者均有心力衰竭表现,多为右心衰竭,5例(71.4%)伴下肢水肿等典型右心衰竭症状。4例曾诊断风湿性心脏病。总体平均距离上一次左心瓣膜手术史(15.6 ± 4.4)年,左心瓣膜置换均为机械瓣膜,瓣膜功能良好;术前合并症以心房颤动最常见(7/7),其余包括高血压1例,糖尿病2例,冠状动脉狭窄3例,肝炎2例,慢性肺部疾病2例,卒中史1例,胰腺肿瘤切除史1例,冠状动脉支架植入史1例。术前患者NYHA分级6例为Ⅲ级,1例为Ⅳ级,手术风险均达到高危,CRS评分中值8.0分,采用Child-Pugh评分评估肝功能,平均7.3分,5例(71.4%)患者处于B级。N末端B型脑钠肽前体(NT-proBNP)中位数456.3(322.2, 740.1) pg/mL ,肌酐51.8(50.2, 92.7) $\mu\text{mol}/\text{L}$,胆红素15.0(14.0, 20.8) $\mu\text{mol}/\text{L}$,丙氨酸氨基转移酶(15.1 ± 4.5) U/L 。

围术期心脏超声资料见表2。术前6例患者TR程度达4⁺,1例达5⁺,平均PASP为(38.9 ± 10.1) mmHg ,左右心房容积增大,分别为(217.8 ± 131.1)、(117.0 ± 27.9) mL ;平均FAC为(42.3 ± 3.6)%,TAPSE为(15.6 ± 1.8) mm 。

2.2 手术结果

手术即刻至出院前的资料总结见表3。总体手术时间为(119.0 ± 22.7) min ,出血量为(167.1 ± 101.1) mL ,其中Lux-Valve Plus的出血量更少[(75.0 ± 35.4) mL] vs (204.0 ± 95.3) mL , $P < 0.05$ 。两个介入三尖瓣瓣膜及输送系统的手术成功率和器械成功率均为100%,围术期无死亡、中转开胸、再次手术等主要并发症。术后即刻采用Lux-Valve瓣膜的5例患者中,2例仍有1⁺的瓣周漏;采用Lux-Valve Plus瓣膜的2例患者均无反流。所有患者术后康复顺利,平均(8.2 ± 6.9) h 拔除气管导管,且均在术后24 h 内,1例患者于手术室实施快速通道麻醉拔管;ICU停留时间中位数为1.8(1.2, 3.8) d ,术后无严重出血、脑卒中、心肌梗死、急性肾损伤等不良心血管事件。出院前超声提示人工瓣膜工作良好,TR情况同术后即刻,较术前显著改善($P < 0.05$),所有患者顺利康复出院。

表 1 7 例患者的基线资料
Table 1 Baseline data of 7 patients

编号	性别	年龄 /岁	心力衰竭症状	瓣膜手术史/ 间隔年限	风湿性 心脏病	CRS 评分	Child-Pugh 评分/分级	NYHA 分级	置入人工 瓣膜
01	女	68	气促、腹胀、下肢水肿	MVR+TVP/17	是	8	7/B	Ⅲ	Lux-Valve
02	女	50	胸闷、下肢水肿	MVR/20	是	8	6/A	Ⅲ	Lux-Valve
03	女	64	胸闷、晕厥	MVR/17	否	9	8/B	Ⅲ	Lux-Valve
04	女	68	下肢水肿、气促	MVR/13	是	8	6/A	Ⅲ	Lux-Valve
05	男	58	气促	DVR+TVP/12	否	9	8/B	Ⅲ	Lux-Valve
06	男	72	下肢水肿、腹水增多、脾大	DVR+TVP/9	是	8	9/B	Ⅲ	Lux-Valve Plus
07	女	76	下肢水肿	MVR+TVP/21	否	10	7/B	Ⅳ	Lux-Valve Plus

MVR:二尖瓣置换;AVR:主动脉瓣置换;DVR:双瓣(二尖瓣+主动脉瓣)置换;TVP:三尖瓣成形。

表 2 7 例患者术前及最新随访期的心脏超声资料比较

Table 2 Preoperative and latest follow-up cardiac ultrasound data of 7 patients 例(%), $\bar{X} \pm S$

项目	术前(7 例)	随访(7 例)	P 值
TR 等级			0.001
5 ⁺	1(14.3)	0	
4 ⁺	6(85.7)	0	
3 ⁺	0	0	
2 ⁺	0	0	
1 ⁺	0	1(14.3)	
0	0	6(85.7)	
PASP 30~55 mmHg	6(85.7)	0	0.005
左心房容积/mL	217.8±131.1	157.8±70.5	0.102
右心房容积/mL	117.0±27.9	83.0±10.4	0.025
左心室舒张末期容 积/mL	69.4±18.4	64.8±21.4	0.457
右心室舒张末期容 积/mL	82.8±55.4	57.0±25.8	0.239
LVEF/%	61.0±6.4	65.3±3.9	0.067
FAC/%	42.3±3.6	40.9±5.4	0.626
TAPSE/mm	15.6±1.8	15.7±2.5	0.940

2.3 随访结果

所有患者按期完成随访,平均随访时间(14.2±10.2)个月,最长随访时间为术后 2 年,最新随访超声心动图结果见表 2。随访结果显示,人工瓣膜均良好工作,无移位或狭窄;与出院前相比,植入 Lux-Valve 瓣膜术后的 1 例 1⁺瓣周漏患者在随访期得到改善,达到微量(0 级),而另 1 例 1⁺瓣周漏患者反流量无变化,余患者的三尖瓣人工瓣膜情况基本同前,保持无反流。PASP 较术前显著改善($P=0.001$),随访无中度以上肺动脉高压,无肝静脉逆流。患者的右心房容积较术前显著改善,同时左心房、左心室舒张末期容积、右心室舒张末期容积均呈下降趋势,但未见明显统计学意义。随访期间无再次手术或因心力衰竭住院等不良事件。最近一次门诊记录显示,总体患者的症状及体征均较术前好转,下肢水肿消失,NYHA 心功能等级均恢复至Ⅱ级。

表 3 TTVR 手术结果

Table 3 TTVR results

项目	总体(7 例)	Lux-Valve(5 例)	Lux-Valve(2 例)	$\bar{X} \pm S$ P 值
手术成功率/%	100	100	100	—
器械成功率/%	100	100	100	—
出血量/mL	167.1±101.1	204.0±95.3	75.0±35.4	0.049
机械通气<24 h	7(100)	5(100)	2(100)	—
肺炎/例(%)	2(28.6)	1(20.0)	1(50.0)	1

3 讨论

左心瓣膜术后的重度 TR 可来自原发性的三尖瓣疾病,如风湿性病变,其疾病进展独立于左心功能。即使左心瓣膜仍然正常工作,高龄、心房颤动、肺动脉高压等危险因素仍然促进了左心瓣膜术后孤立性 TR 的发展^[6]。本研究中 7 例患者均合并心房颤动,再次验证了两者之间的强关联性。部分左心瓣膜疾病患者在手术后仍因长期的腔内压

力改变,保持着右心室的功能障碍,当合并心房颤动时,右心房随之增大,三尖瓣瓣环扩张,即引发 TR;TR 导致右心房进一步增大,互相促进,最后进展成孤立性的重度 TR。尽管 ESC 指南推荐对有症状的患者进行手术,但患者往往错过外科手术干预的最佳时机,原因是右心系统代偿能力较强,在利尿剂等药物控制下,症状较隐匿,药物控制不佳时右心功能已严重恶化;此时伴随患者的是外科手

术风险升至高危和欠佳的远期生存率——文献报道再次手术死亡率为10%~35%,10年生存率为40%~61%^[7-8]。

微创三尖瓣手术是左心瓣膜术后孤立性重度TR患者的选择之一,手术安全性及有效性较传统外科手术优异^[9]。TTVR是一种新型的微创三尖瓣手术。本研究采用LuX-Valve及其新一代输送系统LuX-Valve Plus治疗孤立性重度TR取得优异的临床成果。两个系统均达到了100%的手术成功率及器械成功率,无器械并发症,为该瓣膜系统的安全性补充了用于左心瓣膜术后患者的循证证据。目前国内对于Lux-Valve Plus输送系统仍鲜有报道,本研究则扩大了Lux-Valve Plus输送系统扩大了TR患者的适应证,另外经血管入路比经心房入路出血量更少,无需留置胸管,微创的切口有利于患者术后实现快通道拔除气管、缩短住院时间等快速康复。未来仍需针对经血管入路器械进行更详尽的研究以验证其入路的优势。

LuX-Valve及Lux-Valve Plus瓣膜均有独特的非径向支撑力、心房盘片和裙边设计,可以有效地稳定瓣膜位置并防止瓣周漏发生^[10]。TR得到改善后,右心房明显缩小,其他心腔随着正常的血流动力可能会进一步重构,形成良性循环。本研究1例术后1+瓣周漏患者,随着心腔的缩小,瓣周漏进一步减少。另外,本研究采用FAC、TAPSE以及PASP评估右心功能,对于重度肺动脉高压患者不建议手术治疗,而FAC、TAPSE等指标提示患者仍处于右心衰竭早期,同时Child-Pugh评分、术前影像学等检查发现患者未出现严重心力衰竭表现,此时把握时机进行介入手术干预,不仅安全性高,术后TR及心功能均有显著的临床改善。

本研究存在一定局限性。首先本研究是单中心研究,鉴于临床试验阶段对患者纳入标准有着严格标准,且本研究人群为左心瓣膜术后的特殊人群,因此入组样本量较少,需要更多中心、更大样本的数据以验证新型介入三尖瓣系统对其治疗的安全性和有效性;其次,Lux-Valve Plus系统为器械迭代产品,随访时间较Lux-Valve系统短,仍需长时间随访以验证其长期疗效。最后,本研究缺乏与传统术式的倾向性评分对比。

综上所述,在右心衰竭早期对左心瓣膜术后重

度TR患者行TTVR安全可靠,早中期临床结果优异,TR及心功能得到显著改善。未来仍需更进一步研究明确经导管三尖瓣置换系统对此类患者的疗效和优势。

致谢:本文受广东省属科研机构创新能力建设稳定性支持专题2021支持。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Braunwald NS, Ross J Jr, Morrow AG. Conservative management of tricuspid regurgitation in patients undergoing mitral valve replacement[J]. Circulation, 1967, 35(4 Suppl): I63-69.
- [2] Mangieri A, Montalto C, Pagnesi M, et al. Mechanism and Implications of the Tricuspid Regurgitation: From the Pathophysiology to the Current and Future Therapeutic Options[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2017, 10(7): e005043.
- [3] Desai RR, Vargas Abello LM, Klein AL, et al. Tricuspid regurgitation and right ventricular function after mitral valve surgery with or without concomitant tricuspid valve procedure[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2013, 146(5): 1126-1132. e10.
- [4] Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease[J]. Eur Heart J, 2022, 43(7): 561-632.
- [5] Hahn RT, Thomas JD, Khalique OK, et al. Imaging Assessment of Tricuspid Regurgitation Severity[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2019, 12(3): 469-490.
- [6] Izumi C. Tricuspid regurgitation following left-sided valve surgery: echocardiographic evaluation and optimal timing of surgical treatment[J]. J Echocardiogr, 2015, 13(1): 15-19.
- [7] Hwang HY, Kim KH, Kim KB, et al. Reoperations after tricuspid valve repair: re-repair versus replacement[J]. J Thorac Dis, 2016, 8(1): 133-139.
- [8] Jeganathan R, Armstrong S, Al-Alao B, et al. The risk and outcomes of reoperative tricuspid valve surgery[J]. Ann Thorac Surg, 2013, 95(1): 119-124.
- [9] Yang L, Zhou K, Yang YC, et al. Outcomes of redo-isolated tricuspid valve surgery after left-sided valve surgery[J]. J Card Surg, 2021, 36(9): 3060-3069.
- [10] 宁小平, 安朝, 乔帆, 等. 经导管介入三尖瓣置换装置LuX-Valve在重度三尖瓣反流治疗中的应用[J]. 中华心血管病杂志, 2021, 49(5): 455-460.

(收稿日期:2023-08-03)