

· 论 著 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2022.13.001

网络首发 https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220315.1855.004.html(2022-03-17)

心尖入路 J-Valve 瓣膜置入术治疗高危心脏瓣膜病效果研究^{*}许金国¹, 张成鑫¹, 龚文辉¹, 金朝龙², 盛 哲², 刘海渊³, 葛圣林^{1△}

(安徽医科大学第一附属医院:1. 心脏大血管外科;2. 心脏彩超室;3. 心脏大血管外科, 合肥 230022)

[摘要] **目的** 了解心尖入路 J-Valve 瓣膜置入术在高危主动脉瓣、二尖瓣疾病中的应用效果。**方法** 回顾性分析 2018 年 6 月至 2021 年 1 月该院心脏大血管外科收治的采用心尖入路 J-Valve 瓣膜置入术治疗的高危主动脉瓣、二尖瓣病变患者 7 例。观察围术期手术效果, 随访 1~30 个月, 了解随访期间患者瓣膜功能及心功能改善情况。**结果** 7 例患者中行心尖入路经导管主动脉瓣置入术 6 例, 经导管二尖瓣置入术 1 例; 术前平均美国胸外科医师协会评分(6.5 ± 1.3)分, 平均欧洲心脏手术风险评估系统 II 评分(4.9 ± 1.5)分; 心尖入路经导管主动脉瓣置入术中球囊扩张时出现心室颤动 1 例, 紧急股股转流体外循环辅助下释放成功; 心尖部荷包出血 1 例, 术中难止血, 术后心功能衰竭死亡; 其余患者手术过程均顺利, 术后无二度以上房室传导阻滞, 随访期间无死亡, 无明显瓣周漏, 患者心功能状态明显好转。**结论** 心尖入路 J-Valve 瓣膜置入术是治疗高危心脏瓣膜病的一种较好的选择, 瓣膜置入术后近中期随访结果良好。

[关键词] 主动脉瓣关闭不全; 二尖瓣生物瓣毁损; 经导管主动脉瓣置入术; J-Valve 瓣膜**[中图分类号]** R654.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2022)13-2161-05Study on effect of transapical approach J-Valve valve implantation in treatment of high-risk cardiac valve diseases^{*}XU Jinguo¹, ZHANG Chengxing¹, GONG Wenhui¹, JIN Chaolong²,
SHENG Zhe², LIU Haiyuan³, GE Shenglin^{1△}(1. Department of Cardiovascular Surgery; 2. Cardiac Color Echocardiography Room;
3. Department of Cardiovascular Surgery, First Affiliated Hospital
of Anhui Medical University, Hefei, Anhui 230022, China)

[Abstract] **Objective** To understand the application effect of transapical approach J-Valve implantation in high-risk aortic valve and mitral valve diseases. **Methods** A total of 7 patients with high-risk aortic valve and mitral valve diseases treated by transapical approach J-Valve valve implantation in the cardiovascular surgery department of this hospital from June 2018 to October 2020 were retrospectively analyzed. The perioperative effect was observed. The follow-up lasted for 1—30 months. The valve function and the improvement of heart function were understood during the follow up period. **Results** Among 7 cases, 6 cases underwent transapical approach aortic valve implantation and 1 case underwent transcatheter mitral valve implantation. The preoperative mean STS score was (6.5 ± 1.3) points and the mean Euroscore II score was (4.9 ± 1.5) points. The ventricular fibrillation occurred in 1 case during balloon dilation in transapical approach aortic valve implantation, the release was successful with the aid of extracorporeal circulation of emergent femoral-femoral bypass. The apical purse-string suture hemorrhage occurred in 1 case, which was difficult to hemostasis and died due to heart failure after operation. The operation process in other cases was smooth. No more than second degree atrioventricular block occurred. There was no death case during the follow-up period. There was no obvious paravalvular leak, and the cardiac function of the patients was significantly improved. **Conclusion** Transapical approach J-Valve valve implantation is a good choice for the treatment of high-risk heart valvular disease, and the results of early and mid-term follow-up after valve implantation are excellent.

[Key words] aortic valve regurgitation; mitral tissue valve damage; transcatheter aortic valve implantation; J-Valve

^{*} 基金项目: 安徽省教育厅高校自然科学研究项目(KJ2019A0246)。 作者简介: 许金国(1987—), 主治医师, 博士, 主要从事心脏瓣膜病的外科治疗研究。 [△] 通信作者, E-mail: aydgs1@sina.com。

自 2002 年法国学者 CRIBIER 等^[1]首次对 1 例高危主动脉瓣狭窄患者使用经导管主动脉瓣置入术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)后,近年来该技术在全世界范围内得到快速普及和飞速发展。外科体外循环下主动脉瓣置换术(SAVR)一直是主动脉瓣疾病的经典术式,但对于一些高危患者由于无法耐受体外循环下心脏手术的创伤让很多患者拒绝手术治疗。TAVI 的问世,让很多无法进行常规手术的患者得到新的治疗机会,尤其是 2019 年相继发表在《新英格兰杂志》上的 2 篇文献指出,在低危患者中应用 TAVI 效果确切,显示出优于 SAVR 的 12 个月或 24 个月随访结果^[2-3]。目前,美国食品药品监督管理局已批准 TAVI 用于低危患者,而德国和美国每年应用 TAVI 的数量已超过 SAVR 量^[4]。但西方国家主动脉瓣的病因主要以狭窄为主,研发的瓣膜也主要是针对主动脉瓣狭窄设计的,针对主动脉瓣反流的器械目前较少。由我国苏州杰成公司自主研发的 J-valve 瓣膜是中国食品药品监督管理局批准的唯一可治疗主动脉瓣狭窄和反流的瓣膜,已于 2017 年获得临床上市,并取得良好效果。本研究回顾性分析了 7 例心尖入路 J-Valve 瓣膜在高危主动脉瓣及二尖瓣生物瓣毁损中的应用效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2018 年 6 月至 2021 年 1 月在本院心脏大血管外科进行心尖入路 J-valve 瓣膜治疗的高危主动脉瓣、二尖瓣疾病患者 7 例,其中男 5 例(71.4%),女 2 例(28.6%);主动脉瓣关闭不全 5 例(71.4%),主动脉瓣狭窄合并关闭不全 1 例(14.3%),二尖瓣生物瓣术后毁损 1 例(14.3%);年龄 58~75 岁,平均(68.0±5.5)岁;合并疾病:高血压 4 例(57.1%),糖尿病 3 例(42.9%),心房颤动 4 例(57.1%),外周血管疾病 5 例(71.4%),脑梗死 4 例(57.1%),肾功能不全 4 例(57.1%),慢性阻塞性肺疾病 4 例(57.1%);纽约心脏病协会(new york heart association, NYHA)分级:Ⅱ级 1 例,Ⅲ级 4 例,Ⅳ级 2 例;术前平均美国胸外科医师协会(STS)评分(6.5±1.3)分;平均欧洲心脏手术风险评估系统Ⅱ(EuroscoreⅡ)评分(4.9±1.5)分;平均左室射血分数(0.45±0.11)%;平均左室收缩末期内径(4.52±0.69)cm,平均左室舒张末期内径(6.73±0.86)cm;平均肺动脉压力(22.8±6.8)mm Hg。纳入标准:(1)外科手术是高危患者;(2)主动脉瓣关闭不全和(或)合并主动脉瓣狭窄;(3)二尖瓣生物瓣置换术后衰败。排除标准:需同期施行体外循环下心脏其他手术,如冠状动脉(冠脉)搭桥术、三尖瓣成形、房颤射频消融术等。

1.2 手术方法

1.2.1 心尖入路 TAVI

在杂交手术室进行手术。麻醉成功后单腔气管插管,右侧颈内静脉置入临时起搏电极至右室心尖部。数字减影血管造影(angiographie subtraction digitale, DSA)透视下确定用于心尖穿刺的肋间切口位置(一般选择第四或第五肋间),于心尖部 2-0 Prolene 线带毛毡片缝合直径约 0.8~1.0 cm 六边形荷包 2 个,穿刺后置入导丝、鞘管,更换加硬(Land-erquist)导丝,注意避免缠绕左心室内自身腱索。根据术前 CT 检查选择合适大小介入瓣膜,将瓣膜压缩于输送鞘内,经心尖部送至升主动脉后打开 3 个定位键,定位键入主动脉窦后将压缩于输送鞘胶囊内的瓣膜下移至主动脉瓣位置,后上移胶囊后瓣膜自动打开。释放定位键上的 3 个牵引线,瓣膜与输送器完全分离。将输送器头端胶囊回位,撤出输送器及导丝,荷包打结。如为主动脉瓣狭窄患者更换加硬导丝后一般需预先球囊扩张;单纯主动脉瓣关闭不全患者不需进行此步骤。全程在 DSA 和经食管超声心动图(transesophageal echocardiograph, TEE)引导下完成。

1.2.2 心尖入路经导管二尖瓣置入术(transcatheter mitral valve implantation, TMVI)

在杂交手术室进行手术。麻醉成功后单腔气管插管,右侧颈内静脉置入临时起搏点至右室心尖部。DSA 透视下确定用于心尖穿刺的肋间切口位置(一般选择第四或第五肋间,心尖切口较 TAVI 略高),于心尖部 2-0 Prolene 线带毛毡片缝合直径约 0.8~1.0 cm 六边形荷包 2 个(心尖荷包位置较 TAVI 略高),穿刺后置入导丝、鞘管,更换加硬导丝,注意避免缠绕左心室内自身腱索和防止损伤左心房壁。根据术前 CT 检查选择合适大小介入瓣膜,将瓣膜和定位键压缩反装于输送鞘内,经加硬导丝送入输送鞘,于 3 个生物瓣瓣脚之间打开定位键后打开支架瓣膜。退出输送器,心尖部荷包打结。手术全程在 DSA 和 TEE 引导下完成。术中使用的 J-valve 瓣膜及输送器见图 1~3。



图 1 J-Valve 瓣膜

1.3 随访

存活的 6 例患者均完成随访,随访率为 100%。

随访时间 1~30 个月,平均(17.0±6.9)个月。

1.4 统计学处理

采用 SPSS26.0 统计软件进行数据分析,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验;计数资料采用例数或率表示,组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

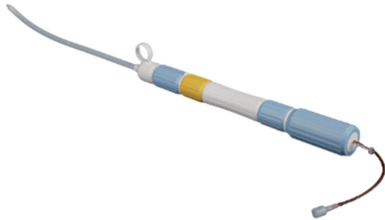


图 2 输送器

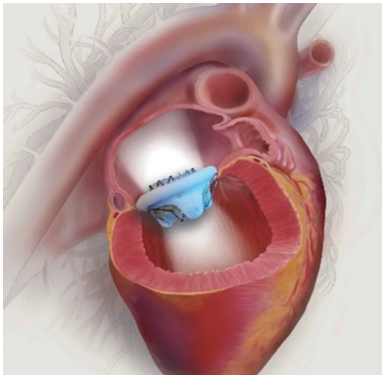


图 3 TMVI 示意图

2 结 果

2.1 手术情况

7 例患者中主动脉瓣病变 6 例,行心尖入路 TAVI;二尖瓣生物瓣置换术后毁损 1 例,11 年前置换 1 枚 31 号 St-Jude Epic 生物瓣,目前出现重度反流,行 TMVI。6 例行 TAVI 患者中植入 J-Valve 瓣膜 29 号 2 例,27 号 3 例,25 号 1 例;1 例行 TMVI 患者置入 J-valve 瓣膜 29 号。1 例主动脉瓣关闭不全患者撤输送器时心尖荷包打结时撕裂,出血难以止住,最后多次加针缝合后出血止住,但低血压时间过长,术后心功能衰竭死亡;1 例主动脉瓣狭窄伴关闭不全患者心脏快速起搏(起搏心率 160 次/分)球囊扩张时出现心室颤动(简称室颤),胸外按压及电除颤后效果不佳,紧急股股转流体外循环辅助下释放瓣膜后病情逐渐稳定;其余患者无明显恶性不良事件的发生。1 例主动脉瓣狭窄患者术后有轻度瓣周漏;无新发二度以上房室传导阻滞;无新发脑卒中及外周血管并发症的出现。TEE 监测 TAVI 术后主动脉瓣平均压差为 (11.8 ± 3.4) mm Hg;1 例行 TMVI 患者术中测跨瓣平均压差为 2 mm Hg。7 例患者术后第 1 天平均左侧胸腔引流量为 (167 ± 56) mL,平均气管插管呼吸机辅助时间为 (14.2 ± 4.6) h,平均停留监护室时间为 (26.0 ± 8.4) h。

2.2 随访情况

存活的 6 例患者随访期间无死亡,心功能状态好转,心功能指标较术前明显改善;人工瓣膜功能良好,无明显瓣周漏(轻度以上)。2 种手术方式随访情况比较见表 1。

表 1 2 种手术方式手术前后一般资料比较

项目	TAVI($n=5$)		P	TMVI($n=1$)	
	术前	术后		术前	术后
左心室收缩末期内径($\bar{x} \pm s$, cm)	4.43±0.64	4.16±0.49	0.025 5	4.59	4.23
左心室舒张末期内径($\bar{x} \pm s$, cm)	6.61±0.83	5.86±0.73	0.003 6	6.14	5.78
左心室射血分数($\bar{x} \pm s$, %)	0.43±0.12	0.49±0.08	0.018 2	0.49	0.50
跨瓣压差($\bar{x} \pm s$, mm Hg)		13.20±2.80			2
NYHA 分级(n)			0.039 0		
I 级	0	2			
II 级	1	2			1
III 级	3	1			
IV 级	1	0		1	

3 讨 论

心脏瓣膜病是临床常见疾病,体外循环下瓣膜置换或成形术一直是治疗严重瓣膜病的首选方法。但对于高龄及高危患者心脏瓣膜病的治疗体外循环下手术的高风险常让医生和患者望而却步。法国学者 CRIBIER 等^[1]于 2002 年首次报道对 1 例外科手术高风险的主动脉瓣狭窄患者行 TAVI,开创了经导管治疗重症心脏瓣膜病的先河。随着技术的全球普及,手

术数量呈井喷式增长,全球范围内已成功完成约四十万例 TAVI;2010 年我国实施首例 TAVI,至 2020 年我国已完成各类介入瓣膜治疗约 5 000 例^[5]。但国外绝大多数 TAVI 为经股动脉途径,并以治疗主动脉瓣狭窄为主,对主动脉瓣关闭不全的疗效尚不确切;同时 TAVI 后发生传导阻滞、瓣周漏、冠脉梗阻、瓣膜移位、外周血管等并发症的风险不容忽视^[6]。

针对老年、高危主动脉瓣关闭不全患者的诊治是

一重大课题,由我国自主研发的苏州杰成公司的 J-Valve 瓣膜是中国食品药品监督管理局通过的唯一可治疗主动脉瓣关闭不全和狭窄的介入瓣膜。区别于其他介入瓣膜依靠径向支撑力来固定瓣膜,其综合轴向支撑力和径向支撑力无需选择更大型号瓣膜,降低了传导阻滞发生率;其 3 个独特的定位键设计对自身瓣叶组织的再利用,降低了瓣周漏及冠脉梗阻发生率,同时经心尖途径不受外周血管入路的影响^[7]。

本研究 7 例患者中术前低射血分数主动脉瓣狭窄合并关闭不全 1 例,术中球囊预扩张时出现室颤,立即予以边胸外心脏按压边经股静动脉建立体外循环后患者逐渐循环稳定,成功释放瓣膜后好转。针对这类心功能差的患者术前需做好充分预案,防止术中出现恶性心律失常,甚至室颤的发生。据文献报道,对于心功能很差的患者术前预防性使用体外循环或体外膜肺氧合维持下进行 TAVI 可获得较好的结果,能避免发生术中恶性不良事件^[8]。本研究 7 例患者中术前重度主动脉瓣反流 1 例,出现置入器退出后心尖荷包大出血难以止住。心尖入路 TAVI 中最需要重视的一点便是心尖荷包的缝合方法,目前,主流观点是 2-0 滑线带毛毡片缝合 2 个六边形荷包,直径 1.0 cm,缝合深度占心肌厚度的 2/3。对于心肌变薄或心脏表面脂肪很厚的患者可采用全层心肌缝合法,避免缝合过浅引起心肌撕裂导致灾难性后果。该例患者术前主动脉瓣重度反流,左心室明显离心性扩大,心室壁变薄厚度仅有 6 mm 左右,加之早期缝合经验有限,导致心肌撕裂大出血的发生。正确的缝合方法及打结,同时注意降压是预防大出血的重要方面;随着经验积累,后期未再出现心尖荷包大出血事件。对于单纯主动脉瓣关闭不全患者一般三窦三叶多见,TAVI 后瓣周漏发生率较低;但介入瓣膜对于严重钙化的主动脉瓣狭窄尤其是二叶化畸形者具有一定的挑战^[9],术后瓣周漏、残余高压差等发生率较高,但 J-Valve 瓣膜在二叶化畸形的治疗中也显示出与三瓣叶同样的效果^[5];同时,由于 J-valve 瓣膜的特点,在置入策略和技巧方面对于瓣膜严重狭窄、瓣叶重度钙化及二叶化的病例,目前国内有些专家的意见是可适当选择更小型号瓣膜,防止置入后瓣膜形态不规则及置入器从瓣膜中退出困难等可能。

在二尖瓣生物瓣置换术后毁损方面 J-valve 瓣膜展示出良好的性能。目前,国际上使用最多的是 Edwards 公司的 SAPIEN 瓣膜,已取得确切效果,但 SAPIEN 3 瓣膜刚进入中国市场,尚需大样本量的实践和随访。心尖入路 J-valve 瓣膜 TMVI 是在主动脉瓣置入基础上创新发展而来的,采用瓣膜和定位键反装技术将 3 个定位键卡住原生物瓣 3 个瓣角之间;可有效将介入瓣膜卡在原生物瓣内,3 个定位键可防止左心室收缩时的高压将瓣膜推至左心房侧。目前,国内主流的 3 种生物瓣膜分别为爱德华(Edwards)、美

敦力(Medtronic)和圣尤达(St-Jude)公司生产。不同瓣膜在 DSA 检查的显影不同,Edwards 公司的 Perimount、Magna Ease 和 Medtronic 公司的 Hancock II、mosaic 瓣膜在 DSA 检查的显影良好,操作方便,但 St-Jude 生物瓣膜很难显影^[10]。该例患者为 11 年前置换的 St-Jude 公司的 Epic 瓣膜,术中显影较差,但手术过程仍较顺利,效果满意;相信针对其他种类生物膜而言,J-Valve 瓣膜可同样获得良好结果。

最早行主动脉瓣瓣中瓣技术的是由德国学者 WENAWESER 等^[11]报道的,患者为 80 岁老年男性,1994 年行冠脉搭桥术,2000 年行主动脉瓣生物瓣置换术后主动脉瓣衰败出现严重返流,术中置入 1 枚 21 号 Medtronic 公司的 CoreValve 瓣,手术过程顺利,术后 1 年随访瓣膜功能正常,无返流,平均跨瓣压差为 12 mm Hg。

最早开展二尖瓣瓣中瓣技术的是加拿大圣保罗医院的 CHEUNG 等^[12],使用的是 26 号 Edwards 介入瓣膜,术中术后采用 TEE 监测介入瓣膜位置良好,无瓣周漏,平均跨瓣压差为 3 mm Hg,麻醉后按时苏醒。但 3 d 后出现脑梗死,最后出现多脏器功能衰竭。而最早使用 J-valve 主动脉瓣中瓣技术的叶箭教授同样来自加拿大圣保罗医院^[13],术中使用 25 号 J-valve 瓣膜治疗 1 例主动脉瓣生物瓣置换术后 11 年衰败的患者,术后 3 d 出院,术后 1 年复查超声提示主动脉瓣平均压差为 14 mm Hg,无返流,血流动力学良好。国际上首次报道使用 J-valve 瓣膜行二尖瓣瓣中瓣技术的是安贞医院张海波等^[14],该研究共纳入 9 例患者,器械置入成功率为 100%,手术结果满意。相较于其他瓣膜,J-valve 瓣膜在预防左室流出道梗阻和冠脉阻塞方面同样具有优势^[15]。2020 年美国心脏协会/美国心脏病学会指南已对 TAVI 的适应证进行了更个体化、精细化推荐^[16]。相信随着生物瓣膜置换术后瓣中瓣技术的开展,未来首次手术时生物瓣膜的选择会年轻化。

本研究通过 1~30 个月随访,存活的 6 例患者均完成随访,患者瓣膜功能均良好,无瓣周漏,无瓣叶撕裂、钙化等瓣膜失功的表现;血流动力学较前改善,左心室腔大小较前缩小,射血分数上升,心功能状态明显好转,与既往研究结果类似^[17-18]。提示 J-valve 瓣膜近中期效果满意。

本研究不足之处:(1)由于该类手术刚刚起步,纳入病例较少;(2)需更长随访时间,以了解远期瓣膜功能。

综上所述,心尖入路 J-valve 瓣膜置入术是治疗高危心脏瓣膜病的一种好的选择,瓣膜置入术后近中期随访结果良好。

参考文献

[1] CRIBIER A,ELTCHANINOFF H,BASH A,

- et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description[J]. *Circulation*, 2002, 106(24): 3006-3008.
- [2] POPMA J J, DEEB G M, YAKUBOV S J, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a Self-Expanding valve in low-risk patients[J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(18): 1706-1715.
- [3] MACK M J, LEON M B, THOURANI V H, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a balloon-expandable valve in low-risk patients [J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(18): 1695-1705.
- [4] CARROLL J D, MACK M J, VEMULAPALLI S, et al. STS-ACC TVT registry of transcatheter aortic valve replacement[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 76(21): 2492-2516.
- [5] FU B, CHEN Q, ZHAO F, et al. Efficacy and safety of transcatheter aortic valve implantation in patients with severe bicuspid aortic stenosis[J]. *Ann Transl Med*, 2020, 8(14): 873.
- [6] 国家心血管病专家委员会微创心血管外科专业委员会. 中国经导管主动脉瓣置入术(TAVI)多学科专家共识[J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2018, 34(12): 705-712.
- [7] 罗一纯, 刘路路, 石峻, 等. 应用 J-Valve 瓣膜经导管主动脉瓣置换术治疗高危单纯主动脉瓣反流多中心研究早期临床结果[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2019, 26(8): 737-743.
- [8] 刘洋, 丁鹏, 程亮, 等. 体外膜肺氧合辅助经导管主动脉瓣植入治疗极低射血分数值的重度主动脉瓣狭窄[J]. *中国体外循环杂志*, 2019, 17(1): 20-24.
- [9] ATTINGER-TOLLER A, BHINDI R, PERLMAN G Y, et al. Mid-term outcome in patients with bicuspid aortic valve stenosis following transcatheter aortic valve replacement with a current generation device: a multicenter study[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2020, 95(6): 1186-1192.
- [10] ALLEN K B, CHHATRIWALLA A K, COHEN D J, et al. Bioprosthetic valve fracture to facilitate transcatheter valve-in-valve implantation[J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 104(5): 1501-1508.
- [11] WENAWESER P, BUELLESFELD L, GERCKENS U, et al. Percutaneous aortic valve replacement for severe aortic regurgitation in de-generated bioprosthesis: the first valve in valve procedure using the Corevalve Revalving system[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2007, 70(5): 760-764.
- [12] CHEUNG A, WEBB J G, WONG D R, et al. Transapical transcatheter mitral valve-in-valve implantation in a human[J]. *Ann Thorac Surg*, 2009, 87(3): e18-20.
- [13] YE J, LEE A J, BLANKE P, et al. The first transapical transcatheter aortic valve-in-valve implantation using the J-Valve system into a failed biophysio aortic prosthesis in a patient with high risk of coronary obstruction [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2018, 92(6): 1209-1214.
- [14] 张海波, 孟旭, 王胜洵, 等. 经导管二尖瓣生物瓣毁损的瓣中瓣治疗技术[J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2019, 35(6): 331-333.
- [15] HENSEY M, SELLERS S, SATHANANTHAN J, et al. Bioprosthetic valve leaflet displacement during valve-in-valve intervention: an ex vivo bench study[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13(6): 667-678.
- [16] OTTO C M, NISHIMURA R A, BONOW R O, et al. 2020 ACC/AHA guideline for the management of patients with valvular heart disease: executive summary: a report of the American college of cardiology/American heart association joint committee on clinical practice guidelines[J]. *Circulation*, 2021, 143(5): e35-71.
- [17] ZHU L, GUO Y, WANG W, et al. Transapical transcatheter aortic valve replacement with a novel transcatheter aortic valve replacement system in high-risk patients with severe aortic valve diseases[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018, 155(2): 588-597.
- [18] LL F, WANG X, WANG Y, et al. Structural Valve Deterioration after transcatheter aortic valve implantation using J-Valve: a long-term follow-up [J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 26(3): 158-165.