

经导管主动脉瓣置换术治疗重度单纯自体 主动脉瓣反流患者疗效观察

陈鉴涛, 张 怡, 冯康倪, 黄穗青, 萧寒日, 梁孟亚, 吴钟凯

中山大学附属第一医院心脏外科, 广东 广州 510080

[摘 要] **目的:**评估经导管主动脉瓣置换术(TAVR)治疗不适合传统外科主动脉瓣置换术(SAVR)的重度单纯自体主动脉瓣反流(PNAR)患者的早期临床有效性和安全性。**方法:**回顾性分析2019年3月至2025年2月在中山大学附属第一医院心脏外科接受TAVR治疗的48例PNAR患者的资料,比较经股动脉入路(TF-TAVR组,25例)和经心尖入路(TA-TAVR组,23例)两种手术方法的临床结局。通过分析患者的基线特征、全因死亡率和手术相关并发症等指标,评估不同入路TAVR的疗效和安全性。**结果:**与TA-TAVR组比较,TF-TAVR组在主动脉瓣基底环周长和直径,左心室流出道周长和直径,左冠状窦、右冠状窦以及无冠状窦的直径、窦管结合部(STJ)直径等方面均较小,STJ距主动脉瓣基底环平面较近,瓣环角度较小(均 $P<0.05$),且人工瓣膜植入深度更靠近主动脉瓣基底环平面($P<0.01$)。两组患者TAVR整体技术成功率为91.67%,设备成功率为83.33%。TAVR后,两组左心室舒张末期内径均有改善(均 $P<0.05$),而左心室收缩末期内径仅TA-TAVR组有显著变化($P<0.05$)。在主要结局方面,住院期间患者死亡率为4.17%(2例);随访到术后60、90 d均无新增死亡病例;随访到术后90~180 d患者TF-TAVR组新增心源性猝死1例,TA-TAVR组新增因消化道出血死亡1例;随访到术后180 d~1年患者仅TF-TAVR组新增因低心排量综合征死亡1例。随访到术后1年,两组患者累计存活率差异无统计学意义($P>0.05$)。两组患者在传导阻滞事件发生率方面的差异无统计学意义,但TA-TAVR组患者在住院期间及随访到术后1年期间均未发生任何传导阻滞事件,而TF-TAVR组患者在住院期间高度房室传导阻滞、左束支传导阻滞和新植入永久起搏器发生率分别为12.00%、4.00%和12.00%。**结论:**TAVR在治疗不适合SAVR的重度PNAR患者中具有较高可行性,且TF-TAVR和TA-TAVR术后早期有效性和安全性相当。



收稿日期(Received):2024-09-18 修改返回日期(Revised):2025-03-25 接受日期(Accepted):2025-04-30 网络预发表日期(Online):2025-07-03

基金项目(Funding):国家重点研发计划(2023YFC2706200);国家自然科学基金(82370271)

第一作者(First author):陈鉴涛,主治医师,主要从事心脏大血管外科工作;E-mail:cjt_69@qq.com;ORCID:0009-0008-5511-3121. 张 怡,硕士研究生,主要从事心脏瓣膜性疾病研究;E-mail:zhangy2559@mail2.sysu.edu.cn;ORCID:0009-0005-6339-7302

通信作者(Corresponding author):梁孟亚,主任医师,硕士生导师,主要从事心脏大血管外科工作;E-mail:liangmya@mail.sysu.edu.cn;ORCID:0000-0002-5005-327X. 吴钟凯,主任医师,教授,博士生导师,主要从事心脏大血管外科工作;E-mail:wuzhk@mail.sysu.edu.cn;ORCID:0000-0003-1184-1182

[关键词] 自体主动脉瓣反流;经导管主动脉瓣置换术;经股动脉;经心尖;疗效;安全性;回顾性分析

[中图分类号] R654.2 [文献标志码] A

Clinical efficacy and safety of transcatheter aortic valve replacement for patients with severe pure native aortic regurgitation

CHEN Jiantao, ZHANG Yi, FENG Kangni, HUANG Suiqing, XIAO Hanri, LIANG Mengya, WU Zhongkai

(Department of Cardiac Surgery, the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

CHEN Jiantao and ZHANG Yi contributed equally to this work.

Corresponding authors: LIANG Mengya, E-mail: liangmya@mail.sysu.edu.cn, ORCID: 0000-0002-5005-327X; WU Zhongkai, E-mail: wuzhk@mail.sysu.edu.cn, ORCID: 0000-0003-1184-1182

[Abstract] **Objective:** To evaluate the early clinical efficacy and safety of transcatheter aortic valve replacement (TAVR) for patients with severe pure native aortic regurgitation (PNAR) who are not suitable for conventional surgical aortic valve replacement. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on 48 patients with PNAR who underwent TAVR at the Department of Cardiac Surgery, the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University between March 2019 and February 2025. These included 25 cases with transfemoral approach (TF-TAVR group) and 23 cases with transapical approach (TA-TAVR group). Efficacy and safety were assessed by analyzing baseline characteristics, all-cause mortality, and procedure-related complications. **Results:** Compared with the TA-TAVR group, the TF-TAVR group exhibited significantly smaller aortic annulus circumference and diameter, left ventricular outflow tract circumference and diameter, diameters of the left, right, and non-coronary sinuses, and sinotubular junction (STJ) diameter, along with a shorter distance from the STJ to the aortic annular plane ring plane, a smaller annulus angle (all $P<0.05$). Additionally, the TF-TAVR group showed a deeper prosthesis implantation depth relative to the aortic annular plane ($P<0.01$). The overall technical success rate was 91.67%, and the device success rate was 83.33%. Post-TAVR, both groups demonstrated significant improvement in left ventricular end-diastolic diameter (both $P<0.05$), while only the TA-TAVR group showed significant reduction in left ventricular end-systolic diameter ($P<0.05$). For primary outcomes, in-hospital mortality occurred in 2 patients (4.17%). No additional deaths were reported at 60 or 90 d after surgery. During 90–180 d after surgery, one patient in the TF-TAVR group died of sudden cardiac death, and one in the TA-TAVR group died of gastrointestinal bleeding. During 180 d–1 year after surgery, one patient in the TF-TAVR group died of low cardiac output syndrome. No statistically significant differences were observed in 1-year Kaplan-Meier survival curves between the two groups ($P>0.05$). No conduction block events occurred in TA-TAVR group during hospitalization or 1-year follow-up, while high-grade atrioventricular block, left bundle branch block, permanent pacemaker

implantation occurred in TF-TAVR group during hospitalization (12.00%, 4.00%, and 12.00%, respectively). **Conclusions:** TAVR demonstrates high feasibility and acceptable safety for severe PNAR patients who are not suitable for conventional SAVR. Both TF-TAVR and TA-TAVR show comparable early postoperative efficacy and safety profiles.

[**Key words**] Native aortic regurgitation; Transcatheter aortic valve replacement; Transfemoral; Transapical; Efficacy; Safety; Retrospective study

[J Zhejiang Univ (Med Sci), 2025, 54(4): 529-540.]

[**缩略语**] 单纯自体主动脉瓣反流(pure native aortic regurgitation, PNAR); 外科主动脉瓣置换术(surgical aortic valve replacement, SAVR); 经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR); 经心尖入路TAVR(transapical TAVR, TA-TAVR); 经股动脉入路TAVR(transfemoral TAVR, TF-TAVR); 多排螺旋计算机体层摄影(multi-detector spiral computed tomography, MDCT); 左心室流出道(left ventricular outflow tract, LVOT); 窦管结合部(sinotubular junction, STJ); 纽约心脏协会(New York Heart Association, NYHA); 左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF); 氨基末端B型脑钠肽前体(N-terminal pro B-type natriuretic peptide, NT-proBNP); 心肌肌钙蛋白T(cardiac troponin T, cTnT); 高度房室传导阻滞(high-grade atrioventricular block, HAVB); 左束支传导阻滞(left bundle branch block, LBBB)

流行病学调查显示,中重度PNAR在中国人群中的患病率为1.2%^[1],在70岁以上老年人群中的患病率升高至2%^[2]。虽然现行指南仍推荐SAVR作为PNAR患者的首选治疗方式^[3],但随着人口老龄化加剧,仅5%的PNAR患者接受SAVR治疗,许多有症状的重度PNAR患者因并发症或不能耐受SAVR的高风险而无法进行SAVR^[4]。近年来,TAVR凭借微创、术后恢复快及并发症风险低等优势,迅速成为外科高危主动脉瓣狭窄患者的重要治疗选择^[5-6]。然而,有症状的重度PNAR仍被普遍视为TAVR的相对禁忌证,原因在于此类患者的主动脉瓣膜常缺乏钙化、瓣叶菲薄且合并根部扩张,导致TAVR瓣膜锚定困难,易引发植入失败、瓣膜移位、残余反流、瓣周漏甚至瓣环破裂等并发症^[7]。新一代TAVR装置具备可回收性和复位能力,并配备外部密封袖带或独特的锚定机制,有望克服术中种种困难。当前,我国TA-TAVR已批准用于治疗PNAR^[8-10],TF-TAVR治疗PNAR仍处于探索阶段。本研究旨在评估TAVR应用于PNAR患者中的手术和临床结局,并探讨TA-TAVR与TF-TAVR的临床效果差异。

1 对象与方法

1.1 对象

收集2019年3月1日至2025年2月28日在中山大学附属第一医院心脏外科接受TAVR治疗且以PNAR为主要诊断患者的资料。纳入标准:①根据欧洲心脏病学会/欧洲心胸外科协会指南^[5]评估需要外科干预的重度主动脉瓣反流患者;②存在外科手术禁忌证(预期术后30 d内发生死亡或不可逆合并症的风险超过50%,或存在手术禁忌的合并症如胸部放射治疗后、肝肾功能衰竭、主动脉弥漫性严重钙化、极度虚弱等严重影响手术效果或导致手术死亡的因素),或外科手术风险评估高危(美国胸外科医师学会评分8分及以上)^[5, 11];③MDCT显示主动脉根部解剖结构符合TAVR解剖适应证,即无主动脉根部夹层、无假性动脉瘤,根部锚定结构能够提供充足的锚定区域,主动脉瓣环、LVOT以及STJ直径适合,冠状动脉开口无畸形,瓣叶球囊扩张后无遮挡^[12-13];④手术方式为TAVR,包括TA-TAVR和TF-TAVR,具体入路依据器械特点和患者解剖情况,由心脏外科团队讨论后决定;⑤患者自愿接受TAVR治疗并签署

知情同意书。排除标准:①中重度主动脉瓣狭窄;②因主动脉夹层导致的急性主动脉瓣反流;③因感染性心内膜炎导致的主动脉瓣反流;④左心室内新鲜血栓;⑤无纠正措施的LVOT严重梗阻;⑥急性心肌梗死不稳定期;⑦主动脉根部解剖形态不适合行TAVR治疗;⑧因主动脉生物瓣衰败需再次接受TAVR治疗;⑨患者预期寿命短于1年^[6]。

2019年3月1日至2025年2月28日于本中心接受TAVR治疗的患者共109例,排除57例单纯或显性主动脉瓣狭窄患者、3例因主动脉生物瓣损毁而进行二次手术的患者,以及1例因主动脉夹层术后导致重度主动脉反流的患者,最终纳入分析48例患者,其中TF-TAVR组25例(均为2021年以后的病例),TA-TAVR组23例。与TF-TAVR组比较,TA-TAVR组NYHA心功能分级Ⅲ~Ⅳ级的比例较高(分别为65.22%和32.00%)且LVEF更低(分别为51.00%和58.00%)。两组基线临床特征见表1。

1.2 仪器和设备

TA-TAVR组均使用J-Valve[®]精准定位心脏瓣膜植入系统(中国苏州杰成医疗科技有限公司),TF-TAVR组均使用VitaFlow[®] TAVR系统(中国微创心通医疗科技有限公司)。

1.3 术前准备

所有患者术前完善MDCT检查,MDCT影像学数据通过3MENSIO软件(荷兰Pie Medical Imaging公司)进行分析和重建,涵盖升主动脉平面、LVOT平面、STJ平面、瓦氏窦平面、主动脉瓣基底环平面、血管路径的解剖结构。同时测量了左、右冠状窦至主动脉瓣基底环平面的距离。根据影像学资料评估患者主动脉根部的解剖特征及TAVR入路的适应性,经心脏外科团队充分讨论后决定TAVR入路方式。

1.4 手术方法

所有TAVR均由心脏外科团队在数字减影血管造影室内进行。患者均采用全身麻醉气管插管,穿刺左侧桡动脉行有创血流动力学监测,穿刺右侧颈内静脉置入深静脉管及临时起搏器电极。

1.4.1 TA-TAVR 通过右侧颈内静脉置入腔内临时起搏导线至右心室心尖。经股动脉穿刺,将弯头猪尾导管送至主动脉根部进行造影。术前经食管超声和数字减影血管造影辅助定位心尖所在的肋间;经左侧肋间开胸,切开心包及提吊,在心尖处缝合带毛毡垫片的双重荷包备用,用钢针穿刺心尖,泥鳅导丝引导导管通过主动脉瓣进入升主动脉,末端送至降主动脉,最终交换为加硬导丝。沿加硬导丝置入扩张器扩张心尖后,再

表1 患者基线临床特征比较

Table 1 Baseline clinical characteristics of the patients

[$\bar{x}\pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$ 或 $n(\%)$]								
组 别	n	年龄(岁)	男 性	体重指数(kg/m ²)	LVEF(%)	血肌酐(μmol/L)	NT-proBNP(pg/mL)	
TA-TAVR 组	23	71±11	20(86.96)	22.00 (19.00, 25.61)	51.00 (45.50, 56.00)	95.00 (76.50, 102.50)	1044.00 (225.60, 3012.50)	
TF-TAVR 组	25	70±7	19(76.00)	23.00 (21.00, 25.55)	58.00 (54.00, 68.00)**	84.00 (67.00, 130.00)	582.00 (170.00, 2617.00)	
合计	48	70±9	39(81.25)	22.88 (20.03, 25.59)	55.50 (47.00, 64.25)	88.00 (73.00, 108.50)	875.00 (201.40, 2862.25)	
组 别	n	cTnT(ng/mL)	NYHA Ⅲ~Ⅳ级	高血压	高血脂	糖尿病	慢性阻塞性肺疾病	慢性肾功能不全
TA-TAVR 组	23	0.02(0.01, 0.03)	15(65.22)	18(78.26)	2(8.70)	5(21.74)	3(13.04)	1(4.35)
TF-TAVR 组	25	0.02(0.01, 0.04)	8(32.00)*	16(64.00)	7(28.00)	7(28.00)	1(4.00)	1(4.00)
合计	48	0.02(0.01, 0.04)	23(47.92)	34(70.83)	9(18.75)	12(25.00)	4(8.33)	2(4.17)
组 别	n	冠心病	既往卒中	既往心房颤动	既往心肌梗死	既往 CABG	既往 PCI	既往二尖瓣置换术
TA-TAVR 组	23	7(30.43)	1(4.35)	4(17.39)	0(0.00)	0(0.00)	2(8.70)	0(0.00)
TF-TAVR 组	25	7(28.00)	3(12.00)	7(28.00)	1(4.00)	0(0.00)	2(8.00)	2(8.00)
合计	48	14(29.17)	4(8.33)	11(22.92)	1(2.08)	0(0.00)	4(8.33)	2(4.17)

与TA-TAVR组比较,* $P < 0.05$,** $P < 0.01$ 。TA-TAVR:经心尖入路经导管主动脉瓣置换术;TF-TAVR:经股动脉入路经导管主动脉瓣置换术;LVEF:左心室射血分数;NT-proBNP:氨基末端B型脑钠肽前体;cTnT:心肌肌钙蛋白T;NYHA:纽约心脏协会;CABG:冠状动脉旁路移植术;PCI:经皮冠状动脉介入术。

沿加硬导丝送入装载J-Valve[®]瓣膜的输送系统,调整输送系统位置将瓣膜送至主动脉瓣环处。定位装置打开后调整角度,使定位件进入主动脉窦内。经食管超声和造影确认位置后,释放瓣膜至主动脉瓣环。确认人工瓣膜位置及功能正常后,撤出导丝和输送系统,打结固定荷包,检查无活动性出血后逐层关胸。

1.4.2 TF-TAVR 右侧股动脉切开作为主入路,经左股动脉置入猪尾导管至主动脉无冠状窦底部作为瓣环深度参考标识。经右侧股动脉由加硬导丝置入20F或22F大鞘,随后将主动脉瓣跨瓣导管送至主动脉根部,通过直头导丝跨主动脉瓣入左心室,最终交换为尖端塑形的加硬导丝。沿加硬导丝送入瓣膜输送系统,过弓后送至主动脉瓣环。球管角度采用术前CT计算的左冠窦和右冠窦重叠位角度,以无冠状窦的猪尾巴导管为最低点标识,经造影确认位置后,快速(180次/min)起搏下释放VitaFlow[®]瓣膜至工作位,通过造影或超声确认位置满意后,完全脱钩释放瓣膜。释放完成后,撤出输送系统,并通过造影和超声验证人工瓣膜的位置及功能。术后保留临时起搏器。

1.5 资料收集

临床资料在中山大学附属第一医院的电子病历系统中查询收集,随访资料通过电话或门诊复诊的电子病历查询并收集。

收集的资料包括:①人口学资料:年龄、性别、体重指数等;②既往史:高血压、高血脂、糖尿病、NYHA心功能分级、慢性阻塞性肺疾病、慢性肾功能不全、冠心病、脑卒中、心房颤动、心肌梗死、冠状动脉旁路移植术、经皮冠状动脉介入术、二尖瓣置换术等;③术前最后一次血肌酐、NT-proBNP、cTnT等检验结果;④MDCT分析指标:主动脉瓣基底环周长及直径、LVOT周长及直径、STJ直径及高度、升主动脉直径、左冠状动脉开口高度、右冠状动脉开口高度、左冠状窦直径、右冠状窦直径、无冠状窦直径、瓣环角度、主动脉瓣钙化积分、主动脉瓣钙化程度、瓣环压缩比等;⑤术前及术后超声心动图结果:LVEF、主动脉瓣二叶瓣畸形、主动脉瓣反流程度、二尖瓣反流程度、左心室收缩末期内径及舒张末期内径等;⑥主要及次要研究终点相关事件。

1.6 随访及研究终点

通过电话或门诊对所有患者术后进行定期随

访,详细记录不良终点事件的发生及其时间,随访时间截至2025年2月28日,随访时长为17.50(10.40,27.30)个月。主要终点为患者住院期间及出院后随访期内的全因死亡率。次要终点包括技术成功率、设备成功率、手术时长、住院时长及与手术相关的各种不良事件,包括瓣中瓣、即刻瓣膜移位、即刻瓣周漏(中度及以上)、心脏压塞、心脏骤停、急性肾损伤、术后透析治疗、中转外科手术治疗以及住院和随访期间新发HAVB、新发LBBB、新植入永久起搏器、脑血管事件及因心力衰竭再住院等。主要结局和手术相关不良事件的定义参照瓣膜学术研究联盟指南VARC-3^[14]。

①全因死亡包括心血管死亡和非心血管死亡。心血管死亡包括由心脏问题引起的死亡,如心肌梗死、心脏压塞、恶性心律失常等;由非冠状动脉疾病引起的死亡,如脑出血或脑卒中事件、肺梗死、主动脉瘤破裂或其他血管疾病;与手术直接相关的死亡,如术中或术后并发症及其干预措施导致的死亡;由瓣膜相关事件引起的死亡,如结构性或非结构性瓣膜功能障碍、瓣膜血栓形成或相关心力衰竭等;以及猝死或死亡原因不明的情况。非心血管死亡主要包括由外伤、恶性肿瘤或自杀等其他因素引起的死亡。围手术期全因死亡率定义为术后30 d内或住院期间因任何原因引起的死亡。②技术成功定义为无死亡发生,成功递送设备和取回递送系统,瓣膜定位准确,无死亡或在手术室退出时没有与设备、通路或心脏结构相关的手术并发症。③设备成功定义为在30 d内达到技术成功,同时瓣膜性能令人满意[平均压差小于20 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),且反流程度小于中度]。④瓣周漏:术中依据Selles分级标准将反流分为四个等级,I级为无反流;II级为轻度反流,即对比剂进入LVOT及中部,经过一次心脏搏动可被清除;III级为中度反流,对比剂进入整个左心室,经过一次心脏搏动无法完全清除,需数次心脏搏动后显影才变淡;IV级为重度反流,整个左心室及主动脉均匀显影,经过一次心脏搏动后对比剂仍保留。术后通过超声心动图评估,计算彩色多普勒反流束的内径与LVOT的比值,胸骨旁短轴切面测量的弧形反流长度与主动脉瓣基底环周长的比值(无反流:无彩色反流;轻度反流:10%以下;中度反流:10%~30%;重度反流:30%以上),以及主动脉舒张期反向血流频谱。⑤瓣中瓣

是指在TAVR过程中,由于第一枚瓣膜位置的变化,植入了附加的瓣膜假体。⑥即刻瓣膜移位是指在初步正确定位后,瓣膜假体在主动脉瓣基底环内从原位置向上或向下移动,未发生瓣膜栓塞。⑦HAVB指与植入物相关的新发或恶化的二度及以上房室传导阻滞。⑧LBBB指与植入瓣膜相关的新发左束支传导延迟或阻滞。主要出血事件的定义参考Généreux等^[15]提出的出血标准,即需有明确出血部位且符合以下标准之一的情况:导致死亡、再住院、心包穿刺或手术修复、永久性残疾(如失明、瘫痪或听力丧失),或24 h内需输血至少3个单位。

1.7 统计学方法

使用R 4.2.2统计软件包进行统计分析。符合正态分布的定量资料采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较使用独立样本 t 检验;不符合正态分布的定量资料采用中位数(上下四分位数)[$M(Q_1, Q_3)$]表示,组间比较采用秩和检验;计数资料采用例数(百分比)[$n(\%)$]表示,组间比较使用Pearson χ^2 检验或Fisher确切概率法检验。采用Kaplan-Meier法绘制术后1年生存曲线,并采用log-rank检验进行组间比较,删失数据定义为未到随访时间或失访的患者,其生存时间记录为末次随访时间,生存曲线中删失事件以垂直标记表示。双侧检验, $P<0.05$ 为具有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组主动脉根部解剖特征比较

术前MDCT显示,与TA-TAVR组比较,TF-TAVR组的主动脉瓣基底环周长和直径、LVOT周长和直径、STJ直径较小,STJ距离主动脉瓣基底环平面更近,左冠状窦、右冠状窦和无冠状窦直径更小,瓣环角度更小(均 $P<0.05$)。两组左右冠状动脉开口高度、升主动脉直径、主动脉瓣二叶瓣畸形以及主动脉瓣钙化情况差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。见表2。两组主动脉瓣基底环周长、直径和STJ直径等参数存在差异,提示TA-TAVR应用于主动脉根部结构较大及瓣环角度较大的患者中有优势。

2.2 两组手术情况及围手术期临床结局比较

两组整体技术成功率为91.67%,设备成功率为83.33%,手术时长为167 min,术后住院时长为9 d,组间差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。TA-TAVR组69.57%(16/23)的患者使用J-Valve 29号瓣膜,TF-TAVR组88.00%(22/25)的患者使用VitaFlow 30号瓣膜。两组瓣环压缩比中位数为12.48%,其中TA-TAVR组瓣环压缩比低于TF-TAVR组($P<0.01$)。TF-TAVR组的人工瓣膜植入深度较TA-TAVR组更接近主动脉瓣基底环平面($P<0.01$)。见表3。共有4例患者出现即刻瓣膜

表2 两组主动脉多排螺旋计算机体层摄影测量结果比较

Table 2 Comparison of measurement results of aortic multi-detector computed tomography between the two groups

[$\bar{x}\pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$ 或 $n(\%)$]								
组 别	n	主动脉瓣基底环周长(mm)	主动脉瓣基底环直径(mm)	LVOT周长(mm)	LVOT直径(mm)	STJ直径(mm)	STJ高度(mm)	
TA-TAVR组	23	84.65±8.20	26.78±2.58	90.00(83.40, 94.95)	28.30(26.45, 29.45)	38.59±7.51	30.23±6.69	
TF-TAVR组	25	78.30±5.28*	24.89±1.69*	81.50(78.00, 85.60)**	25.90(24.60, 27.30)*	34.05±5.02*	24.48±4.66**	
合计	48	81.34±7.48	25.80±2.35	83.75(79.40, 91.30)	26.55(24.78, 28.77)	36.23±6.67	27.24±6.36	
组 别	n	升主动脉直径(mm)	左冠状动脉开口高度(mm)	右冠状动脉开口高度(mm)	左冠状窦直径(mm)	右冠状窦直径(mm)	无冠状窦直径(mm)	
TA-TAVR组	23	41.43±6.34	14.21±4.08	18.99±4.77	40.30±5.16	39.29±5.30	40.84±5.34	
TF-TAVR组	25	38.18±5.63	13.42±3.07	17.48±3.94	35.04±3.80**	33.70±4.55**	35.05±3.97**	
合计	48	39.73±6.14	13.79±3.56	18.21±4.37	37.56±5.19	36.38±5.63	37.83±5.47	
主动脉瓣钙化程度								
组 别	n	瓣环角度(°)	主动脉瓣二叶瓣畸形	主动脉瓣钙化积分	无	轻 度	中 度	重 度
TA-TAVR组	23	59.79±9.76	1(4.35)	0.00(0.00, 0.00)	21(91.30)	1(4.35)	1(4.35)	0(0.00)
TF-TAVR组	25	53.00±8.82*	2(8.00)	0.00(0.00, 18.00)	17(68.00)	7(28.00)	1(4.00)	0(0.00)
合计	48	56.07±9.76	3(6.25)	0.00(0.00, 0.00)	38(79.17)	8(16.67)	2(4.17)	0(0.00)

与TA-TAVR组比较,* $P<0.05$,** $P<0.01$ 。TA-TAVR:经心尖入路经导管主动脉瓣置换术;TF-TAVR:经股动脉入路经导管主动脉瓣置换术;LVOT:左心室流出道;STJ:窦管结合部。

移位合并重度瓣周漏(TF-TAVR组3例,TA-TAVR组1例)。其中,TF-TAVR组1例患者术中出现瓣膜下移至LVOT并伴随重度瓣周漏,中转开胸手术取出介入瓣膜并行生物瓣置换术;2例患者在释放瓣膜时发生瓣膜上移,最终通过使用瓣中瓣技术成功解决,术后无瓣膜移位及瓣周漏。TA-TAVR组1例患者在置入J-Valve 29号瓣膜时因人工瓣膜下移导致即刻重度瓣周漏,使用瓣中瓣技术并行球囊扩张解决,术后轻微瓣周漏。TF-TAVR组还出现1例左冠状动脉开口受压情况,最终通过释放烟囱支架保护左冠状动脉解决。

住院期间,TF-TAVR组有2例(4.17%)患者死亡,其中1例因术中TAVR瓣膜下滑出现重度瓣周漏,中转开胸行SAVR,术后因多器官功能衰竭死亡;另1例因术后消化道大出血死亡,患者术前合并严重心力衰竭、酸碱失衡及电解质紊乱,并接受透析等治疗。TA-TAVR组围手术期无患者死亡事件发生。TA-TAVR组未出现有临床意义的传导阻滞,而TF-TAVR组有3例(12.00%)患者发生HAVB并植入永久起搏器。此外,TF-TAVR组还有1例(4.00%)患者发生LBBB。4例(8.33%)患者术后发生急性肾损伤(每组各2例),2例

(4.17%)患者术后新发急性心肌梗死(每组各1例),TF-TAVR组1例(4.00%)患者术后发生感染性心内膜炎。共有5例(10.42%)患者术后新发主要出血事件:TA-TAVR组3例(13.04%)因左侧胸腔积血急诊开胸探查止血;TF-TAVR组2例(8.00%)消化道出血,其中1例因消化道出血、血红蛋白持续下降(不除外合并全身溶血)而最终死亡,另1例经输注血制品、抑酸抑酶等对症处理后情况恢复稳定。见表3。

超声心动图检测结果显示,与术前比较,出院前两组左心室舒张末期内径均缩小(均 $P<0.05$),且TA-TAVR组左心室收缩末期内径也缩小($P<0.05$);但两组LVEF、左心室后壁厚度、室间隔厚度差异无统计学意义(均 $P>0.05$),见表4。结果提示,两组患者术后心脏的容量负荷均有所减少,但LVEF、左心室后壁厚度和室间隔厚度等反映心功能或心脏结构的指标变化不明显,需要进一步随访。

上述结果提示,尽管两组手术情况和围手术期临床结局无显著差异,但与TA-TAVR组比较,TF-TAVR组可能面临更高的术后传导阻滞发生风险。

表3 两组手术情况及围手术期临床结局比较
Table 3 Surgical details and perioperative clinical outcomes of the two groups

		[$\bar{x}\pm s$ 或 $M(Q_1,Q_3)$ 或 $n(\%)$]								
组别	<i>n</i>	全因死亡率	技术成功率	设备成功率	瓣环压缩比(%)	人工瓣膜植入深度(mm)				
TA-TAVR组	23	0(0.00)	22(95.65)	21(91.30)	5.01(2.17,9.64)	-6.96±3.28				
TF-TAVR组	25	2(8.00)	22(88.00)	19(76.00)	17.39(13.21,23.00)**	-3.88±3.23**				
合计	48	2(4.17)	44(91.67)	40(83.33)	12.48(5.34,19.64)	-5.35±3.58				
组别	<i>n</i>	植入瓣膜型号					即刻瓣周漏 (≥中度)	即刻瓣 膜移位	瓣中瓣	冠状动脉 阻塞
		24	25	27	29	30				
TA-TAVR组	23	0(0.00)	3(13.04)	4(17.39)	16(69.57)	0(0.00)	1(4.35)	1(4.35)	1(4.35)	0(0.00)
TF-TAVR组	25	1(4.00)	0(0.00)	2(8.00)	0(0.00)	22(88.00)	3(12.00)	3(12.00)	2(8.00)	0(0.00)
合计	48	1(2.08)	3(6.25)	6(12.50)	16(33.33)	22(45.83)	4(8.33)	4(8.33)	3(6.25)	0(0.00)
组别	<i>n</i>	中转外科手术	新发HAVB	新发LBBB	手术时长(min)	植入永久起搏器	术后急性肾损伤			
TA-TAVR组	23	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	180.00(117.50,220.00)	0(0.00)	2(8.70)			
TF-TAVR组	25	1(4.00)	3(12.00)	1(4.00)	157.00(130.00,198.00)	3(12.00)	2(8.00)			
合计	48	1(2.08)	3(6.25)	1(2.08)	167.00(120.00,210.00)	3(6.25)	4(8.33)			
组别	<i>n</i>	术后透析	术后感染性心内膜炎	新发心房颤动	新发急性心肌梗死	主要出血事件	术后住院时长(d)			
TA-TAVR组	23	2(8.70)	0(0.00)	1(4.35)	1(4.35)	3(13.04)	10.00(8.00,12.50)			
TF-TAVR组	25	2(8.00)	1(4.00)	0(0.00)	1(4.00)	2(8.00)	8.00(7.00,11.00)			
合计	48	4(8.33)	1(2.08)	1(2.08)	2(4.17)	5(10.42)	9.00(7.75,12.00)			

与TA-TAVR组比较,** $P<0.01$ 。主要出血事件指有明确出血部位且符合以下标准之一的情况:导致死亡、再住院、心包穿刺或手术修复、永久性残疾(如失明、瘫痪或听力丧失),或24 h内需输血至少3个单位。TA-TAVR:经心尖入路经导管主动脉瓣置换术;TF-TAVR:经股动脉入路经导管主动脉瓣置换术;HAVB:高度房室传导阻滞;LBBB:左束支传导阻滞。

表4 两组术前及出院前超声心动图参数比较

Table 4 Echocardiographic parameters before surgery and at the discharge in two groups

		n	(x±s)				
组别			左心室射血分数 (%)	左心室舒张末期内径 (mm)	左心室收缩末期内径 (mm)	左心室后壁厚度 (mm)	室间隔厚度 (mm)
TA-TAVR组	术前	23	51.3±9.1	65.8±8.3	47.1±8.9	10.2±1.4	10.8±1.6
	出院前	23	51.9±11.9	53.1±6.1*	40.1±7.0*	10.7±1.9	11.9±2.1
TF-TAVR组	术前	25	58.0±14.4	59.9±9.8	39.6±6.6	10.2±1.6	11.2±2.3
	出院前	25	56.9±13.1	54.4±8.1*	38.4±8.3	9.8±2.2	11.2±2.6

与同组术前比较,* $P<0.05$. TA-TAVR:经心尖入路经导管主动脉瓣置换术;TF-TAVR:经股动脉入路经导管主动脉瓣置换术。

2.3 两组随访结局比较

随访到术后60~90 d患者TF-TAVR组和TA-TAVR组各有1例因心力衰竭再次入院治疗;TF-TAVR组1例患者因发生消化道出血再次入院治疗,1例患者新发心房颤动。随访到术后90~180 d患者TA-TAVR组1例新发主要出血事件;TF-TAVR组和TA-TAVR组各有1例患者因心力衰竭而再次入院治疗;TF-TAVR组1例患者发生心源性猝死,TA-TAVR组1例患者发生消化道出血死亡。随访到术后180 d~1年患者TF-TAVR组和TA-TAVR组各有1例因心力衰竭再次入院;TF-TAVR组1例患者因低心排量综合征在当地医院就诊后死亡。见表5。术后1年随访期间两组均无病例发生HABV、LBBB、植入永久起搏器、中度及重度瓣周漏、脑血管意外以及心肌梗死等不良事件。Kaplan-Meier生存曲线分析结果显示,术后1年两组患者累计存活率差异无统计学意义($P>0.05$),见图1。

上述结果提示,TAVR治疗重度PNAR患者的中期随访结果展现较高的成功率和安全性。

3 讨论

主动脉瓣反流的发病率随着年龄增长而增加,据统计,60岁以上人群中约有13%的男性和8.5%的女性患有不同程度的主动脉瓣反流^[16]。若主动脉瓣反流长期未得到治疗,可导致左心室容积负荷增加,心脏重塑,最终发展为心力衰竭。对于严重主动脉瓣反流患者,若不及时干预,5年存活率仅约为50%^[5]。TAVR最初用于治疗主动脉瓣狭窄,特别是在无法耐受外科手术的高龄或高危患者中,已成为标准治疗方式之一。随着技术的不断进步和临床经验的积累,TAVR的应用范围逐渐扩展至其他心脏瓣膜

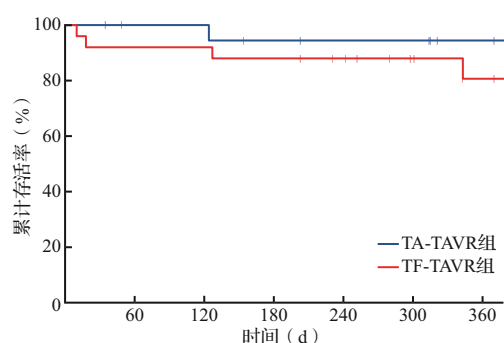
病,包括PNAR。然而,TAVR治疗PNAR的可行性仍需进一步研究,特别是主动脉瓣反流患者通常存在瓣环扩张且瓣叶钙化较少,增加了经导管瓣膜锚定的难度,导致较高的手术并发症风险^[17-18]。经验丰富的中心可将TAVR用于选择性主动脉瓣关闭不全且不符合SAVR条件的患者^[3,6]。近年来,越来越多的研究证实了TAVR治疗PNAR的可行性。一项针对201例严重PNAR患者的研究显示,TAVR治疗的技术成功率为

表5 两组术后随访期间的临床结局比较

Table 5 Postoperative follow-up outcomes of the two groups [n(%)]

组别	n	主要出血事件*	因心力衰竭再入院	新发心房颤动	全因死亡率
TA-TAVR组					
术后60 d	21	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
术后90 d	21	0(0.00)	1(4.76)	0(0.00)	0(0.00)
术后180 d	19	1(5.26)	1(5.26)	0(0.00)	1(5.26)
术后1年	14	0(0.00)	1(7.14)	0(0.00)	0(0.00)
TF-TAVR组					
术后60 d	23	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
术后90 d	23	1(4.35)	1(4.35)	1(4.35)	0(0.00)
术后180 d	21	0(0.00)	1(4.76)	0(0.00)	1(4.76)
术后1年	9	0(0.00)	1(11.11)	0(0.00)	1(11.11)
合计					
术后60 d	44	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)
术后90 d	44	1(2.27)	2(4.55)	1(2.27)	0(0.00)
术后180 d	40	1(2.50)	2(5.00)	0(0.00)	2(5.00)
术后1年	23	0(0.00)	2(8.70)	0(0.00)	1(4.35)

*有明确出血部位且符合以下标准之一的情况:导致死亡、再住院、心包穿刺或手术修复、永久性残疾(如失明、瘫痪或听力丧失),或24 h内需输血至少3个单位。出院后随访期间未观察到高度房室传导阻滞、左束支传导阻滞、植入永久起搏器、中度及以上瓣周漏、脑血管意外和心肌梗死等不良事件。术后60、90、180 d和1年分别有2、0、4和15例删失。



TA-TAVR:经心尖入路经导管主动脉瓣置换术;TF-TAVR:经股动脉入路经导管主动脉瓣置换术。

图1 两组患者术后1年累计存活率比较

Figure 1 Comparison of cumulative survival rates at 1 year postoperatively between the two groups

83.6%,设备成功率为76.1%^[19]。此外,也有研究显示,TAVR治疗的设备成功率约为90%,但术后并发症发生率较高(主要是瓣周漏和心律失常),一年的随访数据显示TAVR后PNAR患者的生活质量和心功能明显改善,表明其治疗PNAR患者中的潜在优势^[20]。本文资料中,患者术前和出院前超声心动图数据的变化提示两组术后左心室舒张末期内径明显减小,表明TAVR能有效减轻患者的左心室容量负荷,有助于心腔的容量恢复和血流动力学的稳定,改善心室重构。但是,TAVR后两组患者LVEF、左心室后壁厚度和室间隔厚度与术前比较差异无统计学意义。一般来说,患者对慢性主动脉瓣反流的耐受性较强,症状出现时通常伴随心脏储备功能明显下降,常见左心室扩张和心功能减退,左心收缩功能的恢复往往较为缓慢,这些指标的改善通常需要较长的时间才能显现。但从长远来看,TAVR为患者提供了心肌结构改善的机会。

TAVR治疗PNAR可采取多种入路,其中最常用的为经心尖入路和经股动脉入路。TA-TAVR扩大了TAVR的适用范围,特别适用于外周股动脉解剖异常、严重钙化狭窄、动脉入路严重扭曲畸形或因疾病而无法采用其他入路的患者^[21]。尽管经心尖入路比其他外周入路的切口创伤稍大,但其具有入路短、同轴性好、调整操作方便等优点,且许多研究已经证实其有效性和安全性良好^[22-24]。而TF-TAVR由于无需开胸,对患者胸部创伤明显减少,尤其适合高龄、合并多种疾病不能耐受开胸手术的患者。既往研究发现,TF-TAVR和TA-TAVR治疗的PNAR患者住院期间的病死

率随着时间推移逐渐下降,且TF-TAVR组并发症的发生率和病死率均呈现出低于TA-TAVR组的趋势,表明TF-TAVR的安全性和有效性不逊于TA-TAVR^[25]。本研究对TA-TAVR和TF-TAVR治疗重度PNAR患者进行了比较分析,发现:①TAVR治疗PNAR患者的整体技术成功率高达91.67%,设备成功率为83.33%;②与TA-TAVR组比较,TF-TAVR组的人工瓣膜植入深度距离主动脉瓣基底环平面更近;③两组患者术后传导阻滞事件发生率差异无统计学意义,但TF-TAVR组显示出较高的传导阻滞风险。本研究中TA-TAVR组主动脉瓣基底环周长、LVOT直径和STJ高度均显著大于TF-TAVR组,较大的瓣环和根部结构、较高的STJ位置可能增加自膨瓣膜经股动脉释放后的移位风险,而经心尖入路因同轴性优势可降低此类风险。此外,TA-TAVR组的瓣环角度更大,过大的瓣环角度可能影响TF-TAVR输送系统的同轴性,导致瓣膜定位偏差或传导系统损伤。TF-TAVR组瓣环压缩比显著大于TA-TAVR组,导致传导阻滞风险升高。因此,对于瓣环扩张(周长超过84 mm)、STJ高度超过30 mm、LVOT直径25 mm以上或瓣环角度大于60°的患者,TA-TAVR可能更具解剖适应性。反之,选择径向力适中的自膨瓣(如VitaFlow®)并严格控制瓣环压缩比(建议控制在15%以下)可能可以减少传导阻滞相关并发症的发生。

瓣膜技术迭代显著影响了TAVR患者的术后结局。Arai等^[26]探讨了新一代TAVR设备在PNAR治疗中的表现,与早期器械比较,新一代器械设备成功率显著提高,二次瓣膜植入和术后中度以上瓣周漏的发生率降低。本研究选择J-Valve®瓣膜进行TA-TAVR。J-Valve®瓣膜是专为主动脉瓣反流设计的经导管瓣膜系统,其独特之处在于具有三对“自主定位”翼片,可在瓣膜植入时自主定位,防止瓣膜下滑的同时降低了瓣周漏的发生率。一项针对J-Valve®瓣膜的早期可行性研究显示,J-Valve®瓣膜植入成功率超过95%,且30 d内无心血管死亡或卒中发生^[27]。VitaFlow®瓣膜是另一种广泛应用的经股动脉自膨式瓣膜系统,其特点在于瓣膜底座设置了内外衬里的双层结构,能更好地封闭LVOT,大大减少了TAVR治疗主动脉瓣反流术后瓣周漏的发生,且其输送系统的可回收设计提高了瓣膜锚定的容错度,尤其适用于主动脉

瓣反流患者。研究表明,VitaFlow[®]瓣膜治疗主动脉瓣反流的手术成功率高达93%^[28]。本文资料中,整体技术成功率高达91.67%,设备成功率为83.33%,显示出令人满意的结果。本研究队列中仅有4例患者发生了瓣膜移位(TF-TAVR组3例,TA-TAVR组1例),除1例中转开胸手术,另外3例通过瓣中瓣技术均取得较好的治疗效果。这种较高的手术成功率可能与手术团队日益积累的经验以及严格选择具有合适解剖结构的患者有关。术前CT成像分析显示,PNAR患者可能依赖升主动脉、LVOT和STJ的尺寸来确保人工瓣膜的锚定力。对于PNAR患者而言,较小的升主动脉和LVOT为瓣膜提供了锚定力,而较小的STJ周长可为人工瓣膜的“冠”结构提供锚定力,避免其移位。本研究中TF-TAVR组采用的VitaFlow[®]瓣膜具有非A形框架,这种框架可能会对周围组织施加更大的压力,并在增厚的天然瓣膜和人工瓣膜框架之间产生更大的摩擦,可能更适用于PNAR治疗。

HAVB和LBBB是自膨式瓣膜TAVR术后的常见并发症,发生率分别为2.3%~36.1%和10.5%~52.3%,患者往往需要植入永久起搏器^[29-31]。本研究队列中TA-TAVR组无HAVB和LBBB新发病例,而TF-TAVR组中HAVB和LBBB发生率分别为12.00%和4.00%,低于文献报道的发生率(18%~65%)^[29]。TF-TAVR组术后新发HAVB、LBBB以及植入永久起搏器的风险较TA-TAVR组略高可能与器械设计及主动脉根部的解剖结构密切相关。首先,TF-TAVR组采用的VitaFlow[®]瓣膜需要在多个解剖水平提供锚定才能最终达到位置稳态,瓣膜释放时的再同轴特性导致最终位置的可预测性较差,选择瓣膜尺寸过大导致较高的瓣环压缩比,这可能是其较易发生HAVB和LBBB的原因。TF-TAVR组中,与未发生传导阻滞的患者比较,发生HAVB的3例患者LVOT直径、升主动脉直径均缩短,但瓣环压缩比明显增大,较高的瓣环压缩比可能导致人工瓣膜对传导系统的机械压迫增强,尤其是在LVOT直径较小的患者中,这种压迫可能直接损伤希氏束或左束支。其次,主动脉根部钙化较少或无钙化的PNAR患者瓣膜定位不稳,同轴性差或植入过深导致的机械冲击可能进一步加剧传导系统的损伤,导致新发传导阻滞。在TF-TAVR过程中,瓣膜从股动脉入路

后,经过弯曲的主动脉弓和主动脉瓣,这一过程需要一定的引导和调整,尤其是对于解剖结构有变异的患者,须精准操控。这些过程中释放瓣膜时的角度、位置、压力都有可能对心脏传导系统造成影响。如果瓣膜植入不当,过度扩张或错位均可能引起心脏传导系统的损伤。这种损伤的发生机制可能与瓣膜植入后压力变化对心脏电生理的影响有关,进而引发传导系统的异常。此外,在VitaFlow[®]瓣膜的应用中,由于其自膨胀的结构特性,相较于球囊扩张型瓣膜,其自膨式的径向支撑力较强,可能在某些情况下导致更大的瓣膜扩展力或植入位置的微调困难,这也可能增加传导系统受损风险^[32-33]。本文资料中TA-TAVR组住院期间新发HAVB、LBBB、永久起搏器的发生率低于TF-TAVR组,一方面反映了J-Valve[®]瓣膜的优势,另一方面也可能与经心尖入路顺行操作、跨瓣损伤较小、植入深度可控及操作路径短且同轴等手术因素相关。

本研究存在一定的局限性。首先,本研究样本量较小且为单中心研究,可能影响结果的外部有效性和推广性。其次,本研究缺乏长期随访信息,因此无法评估TAVR治疗PNAR患者的长期疗效和安全性。未来研究应包括更长时间的随访,以便评估患者长期预后。最后,本研究为回顾性分析,可能存在一定的选择偏倚。但是,基于本文分析,初步可认为TAVR在治疗不适合SAVR的重度PNAR患者中具有较高可行性,且TF-TAVR治疗PNAR患者的术后近期有效性和安全性与TA-TAVR相当。

本文附加文件见电子版。



致谢 研究得到国家重点研发计划(2023YFC2706200)和国家自然科学基金(82370271)资助

Acknowledgements This work was supported by National Key R&D Program of China (2023YFC2706200) and National Natural Science Foundation of China (82370271)

作者贡献 陈鉴涛、张怡、冯康倪、黄穗青、萧寒日、梁孟亚和吴钟凯参与论文选题和设计或参与资料获取、分析或解释,起草研究论文或修改重要智力性内容。所有作者均已阅读并认可最终稿件,并对数据的完整性和安全性负责。具体见电子版

Author Contributions CHEN Jiantao, ZHANG Yi, FENG Kangni, HUANG Suiqing, XIAO Hanri, LIANG Mengya and WU Zhongkai participated in brewing and designing experiments, or acquisition, analysis, or interpretation of data for the work; drafting the work, or revising it critically for important intellectual content. All authors have read and approved the final manuscript, and take responsibility for the integrity and security of the data. See the electronic version for details

数据可用性 本研究的相关数据可根据合理请求从通信作者(E-mail:wuzhk@mail.sysu.edu.cn)处获得

Data Availability All relevant data supporting the findings of this study can be accessed upon reasonable request from the corresponding author at wuzhk@mail.sysu.edu.cn

医学伦理 研究通过中山大学附属第一医院伦理委员会审查(伦审临〔2023〕140号)并符合1964年《赫尔辛基宣言》及之后的修订版或类似的伦理标准.研究豁免患者知情同意

Ethical Approval All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University School of Medicine ([2023] 140), and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments or comparable ethical standards. The exemption from informed consent for the study was approved

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

Conflict of Interests The authors declare that there is no conflict of interests

©The author(s) 2025. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

参考文献(References)

- [1] YANG Y, WANG Z, CHEN Z, et al. Current status and etiology of valvular heart disease in China: a population-based survey[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2021, 21(1): 339.
- [2] SINGH J P, EVANS J C, LEVY D, et al. Prevalence and clinical determinants of mitral, tricuspid, and aortic regurgitation (the Framingham Heart Study)[J]. *Am J Cardiol*, 1999, 83(6): 897-902.
- [3] NISHIMURA R A, OTTO C M, BONOW R O, et al. 2017 AHA/ACC focused update of the 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines[J/OL]. *Circulation*, 2017, 135(25): e1159-e1195.
- [4] IUNG B, BARON G, BUTCHART E G, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: the Euro Heart Survey on valvular heart disease[J]. *Eur Heart J*, 2003, 24(13): 1231-1243.
- [5] VAHANIAN A, BEYERSDORF F, PRAZ F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease: developed by the task force for the management of valvular heart disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS)[J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2022, 75(6): 524.
- [6] 中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病学组, 亚太结构性心脏病俱乐部. 中国经导管主动脉瓣置换术临床路径专家共识(2024版)[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2024, 31(12): 1713-1727. Structural Cardiology Committee of Cardiovascular Physicians Branch, Chinese Medical Doctor Association; Asia Pacific Structural Heart Disease Club. 2024 expert consensus on clinical pathway for transcatheter aortic valve replacement in China[J]. *Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2024, 31(12): 1713-1727. (in Chinese)
- [7] BEKEREDJIAN R, GRAYBURN P A. Valvular heart disease: aortic regurgitation[J]. *Circulation*, 2005, 112(1): 125-134.
- [8] LIU L, CHEN S, SHI J, et al. Transcatheter aortic valve replacement in aortic regurgitation[J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 110(6): 1959-1965.
- [9] SHI J, WEI L, CHEN Y, et al. Transcatheter aortic valve implantation with J-valve: 2-year outcomes from a multicenter study[J]. *Ann Thorac Surg*, 2021, 111(5): 1530-1536.
- [10] LIU L, YAO X, PENG Y, et al. One-year outcome after transcatheter aortic valve replacement for aortic regurgitation: a single-center study[J]. *J Card Surg*, 2022, 37(4): 882-892.
- [11] 中华医学会心血管病学分会结构性心脏病学组, 中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病专业委员会. 中国经导管主动脉瓣置换术临床路径专家共识[J]. *中国循环杂志*, 2018, 33(12): 1162-1169. Structural Heart Disease Group, Society of Cardiovascular Diseases, Chinese Medical Association; Structural Cardiology Committee of Cardiovascular Physicians Branch, Chinese Medical Doctor Association. Expert consensus on clinical pathway of transcatheter aortic valve replacement in China[J]. *Chinese Circulation Journal*, 2018, 33(12): 1162-1169. (in Chinese)
- [12] BLANKE P, WEIR-MCCALL J R, ACHENBACH S, et al. Computed tomography imaging in the context of transcatheter aortic valve implantation (TAVI)/transcatheter aortic valve replacement (TAVR): an expert consensus document of the Society of Cardiovascular

- Computed Tomography[J]. **JACC Cardiovasc Imaging**, 2019, 12(1): 1-24.
- [13] 中国医师协会放射医师分会心血管学组, 国家心血管病专业质控中心心血管影像质控专家工作组, 中国研究型医院学会心血管影像专业委员会. 经导管主动脉瓣置换术CT规范化评估中国专家共识[J]. **中华放射学杂志**, 2024, 58(6): 576-586.
- Cardiovascular Group of Chinese Association of Radiologists, Expert Group on Quality Control of Cardiovascular Imaging of National Center for Cardiovascular Quality Improvement, Cardiovascular Imaging Committee of Chinese Research Hospital Association. Chinese expert consensus on standardized evaluation of CT for transcatheter aortic valve replacement[J]. **Chinese Journal of Radiology**, 2024, 58(6): 576-586. (in Chinese)
- [14] VARC-3 WRITING COMMITTEE, GÉNÉREUX P, PIAZZA N, et al. Valve academic research consortium 3: updated endpoint definitions for aortic valve clinical research[J]. **Eur Heart J**, 2021, 42(19): 1825-1857.
- [15] GÉNÉREUX P, COHEN D J, WILLIAMS M R, et al. Bleeding complications after surgical aortic valve replacement compared with transcatheter aortic valve replacement: insights from the PARTNER I trial (placement of aortic transcatheter valve)[J]. **J Am Coll Cardiol**, 2014, 63(11): 1100-1109.
- [16] NKOMO V T, GARDIN J M, SKELTON T N, et al. Burden of valvular heart diseases: a population-based study[J]. **Lancet**, 2006, 368(9540): 1005-1011.
- [17] FRANZONE A, PICCOLO R, SIONTIS G C M, et al. Transcatheter aortic valve replacement for the treatment of pure native aortic valve regurgitation: a systematic review[J]. **JACC Cardiovasc Interv**, 2016, 9(22): 2308-2317.
- [18] ROY D A, SCHAEFER U, GUETTA V, et al. Transcatheter aortic valve implantation for pure severe native aortic valve regurgitation[J]. **J Am Coll Cardiol**, 2013, 61(15): 1577-1584.
- [19] NARAYAN P. Native aortic valve regurgitation: TAVR's place in the PANTHEON[J]. **Indian J Thorac Cardiovasc Surg**, 2023, 39(6): 643-645.
- [20] FERRARI E, EECKHOUT E, KELLER S, et al. Transfemoral versus transapical approach for transcatheter aortic valve implantation: hospital outcome and risk factor analysis[J]. **J Cardiothorac Surg**, 2017, 12(1): 78.
- [21] WALTHER T, SIMON P, DEWEY T, et al. Transapical minimally invasive aortic valve implantation: multicenter experience[J]. **Circulation**, 2007, 116(11 Suppl): I240-I245.
- [22] KONG M, HONG Z, LIU X, et al. 30-day outcomes after surgical or transapical aortic valve replacement in symptomatic aortic regurgitation[J]. **J Cardiovasc Dev Dis**, 2022, 9(7): 224.
- [23] YOON S H, SCHMIDT T, BLEIZIFFER S, et al. Transcatheter aortic valve replacement in pure native aortic valve regurgitation[J]. **J Am Coll Cardiol**, 2017, 70(22): 2752-2763.
- [24] GARCIA S, KANEKO T, REARDON M, et al. Treatment of aortic regurgitation with a novel device results of the J-valve early feasibility study[J]. **JACC Cardiovasc Interv**, 2024, 17(17): 2090-2091.
- [25] STACHON P, KAIER K, HEIDT T, et al. Nationwide outcomes of aortic valve replacement for pure aortic regurgitation in Germany 2008—2015[J]. **Catheter Cardiovasc Interv**, 2020, 95(4): 810-816.
- [26] ARAI T, ROMANO M, LEFÈVRE T, et al. Direct comparison of feasibility and safety of transfemoral versus transaortic versus transapical transcatheter aortic valve replacement[J]. **JACC Cardiovasc Interv**, 2016, 9(22): 2320-2325.
- [27] YAO J, LU Z N, MODINE T, et al. Evaluation of the safety and efficacy of a novel Anatomical classification and dUal anchoRing theory to Optimize the tavR strategy for pure severe Aortic regurgitation (AURORA): a prospective cohort study[J]. **BMC Cardiovasc Disord**, 2022, 22(1): 445.
- [28] CHEN S, ZHENG F, LI M, et al. A study on correlation between preprocedural CT indexes and procedural success rate of transfemoral transcatheter aortic valve replacement with different self-expanding valves (VitaFlow or VenusA-Valve) in patients with pure native aortic regurgitation[J]. **Ann Transl Med**, 2022, 10(11): 643.
- [29] CHAMANDI C, BARBANTI M, MUNOZ-GARCIA A, et al. Long-term outcomes in patients with new-onset persistent left bundle branch block following TAVR[J]. **JACC Cardiovasc Interv**, 2019, 12(12): 1175-1184.
- [30] SIONTIS G C M, JÜNI P, PILGRIM T, et al. Predictors of permanent pacemaker implantation in patients with severe aortic stenosis undergoing TAVR: a meta-analysis[J]. **J Am Coll Cardiol**, 2014, 64(2): 129-140.
- [31] FAROUX L, CHEN S, MUNTANÉ-CAROL G, et al. Clinical impact of conduction disturbances in transcatheter aortic valve replacement recipients: a systematic review and meta-analysis[J]. **Eur Heart J**, 2020, 41(29): 2771-2781.
- [32] EL-SABAWI B, WELLE G A, CHA Y M, et al. Temporal incidence and predictors of high-grade atrioventricular block after transcatheter aortic valve replacement[J/OL]. **J Am Heart Assoc**, 2021, 10(10): e020033.
- [33] FISCHER Q, HIMBERT D, WEBB J G, et al. Impact of preexisting left bundle branch block in transcatheter aortic valve replacement recipients[J/OL]. **Circ Cardiovasc Interv**, 2018, 11(11): e006927.

[本文编辑 余 方 刘丽娜]