

经导管主动脉瓣置换术对主动脉瓣反流患者心功能及心室重构的影响：一项真实世界观察研究

张茸祯¹, 朱桓², 程爱媛¹, 李昀初¹, 牟方俊¹, 王汝涛^{1*}, 陶凌¹

¹空军军医大学西京医院心血管内科, 陕西西安 710032; ²北京大学人民医院青岛医院超声科, 山东青岛 266000

[临床试验注册号] NCT06381271

[中图分类号] R542.5*2

[文献标志码] A

[DOI] 10.11855/j.issn.0577-7402.1543.2025.1218

[声明] 本文所有作者声明无利益冲突

[引用本文] 张茸祯, 朱桓, 程爱媛, 等. 经导管主动脉瓣置换术对主动脉瓣反流患者心功能及心室重构的影响: 一项真实世界观察研究[J]. 解放军医学杂志, 2026, 51(2): 164-170.

[收稿日期] 2025-07-29

[录用日期] 2025-11-25

[上线日期] 2025-12-18

[摘要] 目的 观察经导管主动脉瓣置换术(TAVR)对单纯主动脉瓣反流(AR)患者心功能及心室重构的影响。方法 本研究数据来源于真实世界的前瞻性、多中心、观察性研究“TRUST TAVR REGISTRY”(NCT06381271), 筛选出2018年10月—2023年7月在空军军医大学西京医院行TAVR治疗的单纯AR患者。收集患者术前、术后7 d内和1年的超声心动图检查结果, 观察TAVR治疗后单纯AR患者的心功能变化及心脏结构改变情况。结果 共纳入62例因单纯AR行TAVR治疗的患者, 其中男35例, 女27例, 年龄(67.7±7.2)岁。超声心动图检查结果显示, 与术前比较, 术后7 d的左心室射血分数(LVEF)有下降趋势(45.81%±10.40% vs. 48.10%±9.86%, $P=0.066$), 但差异无统计学意义, 而术后1年时的LVEF明显增加(52.60%±7.93% vs. 48.10%±9.86%, $P=0.001$); 与术前比较, 术后1年时的左心室收缩末期内径(LVESD)[(37.82±8.87) mm vs. (46.35±9.50) mm, $P<0.001$]、左心室舒张末期内径(LVEDD)[(51.56±8.30) mm vs. (60.66±8.36) mm, $P<0.001$]明显减小, 左心室收缩末期容积(LVESV)[(55.46±39.25) ml vs. (91.72±44.06) ml, $P<0.001$]和左心室舒张末期容积(LVEDV)[(112.53±50.87) ml vs. (172.64±60.32) ml, $P<0.001$]明显减小, 差异均有统计学意义。结论 TAVR可改善AR患者术后1年的心功能并逆转左心室重构。

[关键词] 经导管主动脉瓣置换术; 主动脉瓣反流; 左心室重构; 左心室射血分数

Effect of transcatheter aortic valve replacement on cardiac function and ventricular remodeling in patients with pure aortic regurgitation: a real-world observational study

Zhang Rong-Zhen¹, Zhu Huan², Cheng Ai-Yuan¹, Li Yun-Chu¹, Mou Fang-Jun¹, Wang Ru-Tao^{1*}, Tao Ling¹

¹Department of Cardiology, Xijing Hospital, Air Force Medical University, Xi'an, Shaanxi 710032, China

²Department of Ultrasound, Qingdao Hospital, Peking University People's Hospital, Qingdao, Shandong 266000, China

*Corresponding author, E-mail: rutaowang5@gmail.com

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (82470257), the National Science and Technology Major Project of China (2024ZD0527100), and the Xijing Hospital Discipline Promotion Program-Clinical Research Special Project (XJZT24LY37)

[Abstract] Objective To evaluate the effect of transcatheter aortic valve replacement (TAVR) on cardiac function and ventricular remodeling in patients with pure aortic regurgitation (AR). **Methods** This study utilized data from the real-world, prospective, multicenter, observational clinical trial "TRUST TAVR REGISTRY" (NCT06381271). Patients with pure AR who underwent TAVR at Xijing Hospital of Air Force Medical University between October 2018 and July 2023 were included. Echocardiographic results were collected before TAVR, within 7 days after TAVR, and 1 year after TAVR to observe changes in

[基金项目] 国家自然科学基金(82470257); 国家科技重大专项(2024ZD0527100); 西京医院学科助推计划-临床研究专项(XJZT24LY37)

[作者简介] 张茸祯, 博士研究生, 主要从事结构性心脏病的诊疗、缺血性心脏病方面的基础与临床研究

[通信作者] 王汝涛, E-mail: rutaowang5@gmail.com

cardiac function and cardiac structure in patients with pure AR after TAVR treatment. **Results** A total of 62 patients with pure AR who underwent TAVR were enrolled, including 35 males and 27 females, with an average age of (67.7±7.2) years. Echocardiographic results showed that compared with pre-TAVR, left ventricular ejection fraction (LVEF) had a downward trend within 7 days after TAVR (45.81%±10.40% vs. 48.10%±9.86%, $P=0.066$), but the difference was not statistically significant. However, LVEF was significantly increased 1 year after TAVR (52.60%±7.93% vs. 48.10%±9.86%, $P=0.001$). Compared with pre-TAVR, there was a significant reduction in left ventricular dimensions and volumes at 1 year after TAVR, including left ventricular end-systolic diameter [(37.82±8.87) mm vs. (46.35±9.50) mm, $P<0.001$], left ventricular end-diastolic diameter [(51.56±8.30) mm vs. (60.66±8.36) mm, $P<0.001$], left ventricular end-systolic volume [(55.46±39.25) ml vs. (91.72±44.06) ml, $P<0.001$], and left ventricular end-diastolic volume [(112.53±50.87) ml vs. (172.64±60.32) ml, $P<0.001$]. **Conclusion** TAVR can improve cardiac function and reverse left ventricular remodeling in patients with pure AR at 1 year after surgery.

[Key words] transcatheter aortic valve replacement; aortic regurgitation; left ventricular remodeling; left ventricular ejection fraction

经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)是目前治疗主动脉瓣狭窄(aortic stenosis, AS)的主要方式之一,随着TAVR技术的改进和器械的进步,目前已逐渐拓展到用于治疗主动脉瓣反流(aortic regurgitation, AR)^[1-2]。研究发现,TAVR手术能够减轻AS患者的心脏后负荷,增强心功能进而延缓心脏重构^[3-5],从而改善患者预后^[6]。然而,AR与AS的病理生理学机制及血流动力学作用不同,TAVR手术对AR患者术后心功能和心脏结构改变的影响目前报道较少^[7]。因此,本团队开展了一项前瞻性研究,探讨TAVR手术对AR患者术后中远期心功能及心脏重构的影响。

1 资料与方法

1.1 研究对象 TAVR在真实世界重度AR患者中的前瞻性、多中心、临床注册研究(TRUST TAVR REGISTRY),是一项来自真实世界的前瞻性、多中心、观察性研究(临床试验注册号:NCT06381271),旨在评估真实世界中TAVR治疗主动脉瓣关闭不全的有效性和安全性。本研究为前瞻性观察性研究,不做任何治疗干预,所有患者在接受TAVR手术后的围手术期,1个月、1、2、3、4、5、10年分别进行临床随访。本研究数据筛选自TRUST TAVR研究中2018年10月—2023年7月在西京医院行TAVR治疗的单纯AR患者。纳入标准:(1)心脏超声提示存在大量AR,且无明显主动脉瓣狭窄(峰值跨瓣压差<20 mmHg);(2)接受经股动脉路径TAVR手术,并使用已上市的国产自膨式人工瓣膜;(3)具备完整的术前、术后7d内及术后1年超声心动图随访资料。排除标准:(1)术后1年内死亡或失访;(2)合并需同期干预的其他瓣膜病;(3)感染性心内膜炎活动期或合并其他活动性感染。纳入患者的流程见图1。本研究符合《赫尔辛基宣言》的内容与要求,所有患者均已签署知情同意书,本研究获得西京医院医学伦理委员会批准(KY20242111-C-1)。

1.2 基线和随访资料收集 收集患者的基线资料:年龄、性别、身高、体重、体表面积(body surface area, BSA)、体重指数(body mass index, BMI)、胸外科医师学会(Society of Thoracic Surgeons, STS)评分,并发症[包括高血压、脑血管病、外周血管病、糖尿病、肾功能不全、慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、房颤、冠心病、既往心肌梗死,既往行经皮冠状动脉支架植入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)、既往冠状动脉旁路移植术治疗(coronary artery bypass grafting, CABG)],纽约心功能分级(New York Heart Association, NYHA),以及氨基末端脑利钠肽前体(N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-ProBNP)。影像学和随访资料:术前,术后7d内任意时间段和1年时的超声心动图检查结果及不良事件记录。所有临床资料均来源于西京医院结构化电子病历系统及TRUST TAVR注册研究专用电子病历报告表。

1.3 TAVR手术 TAVR手术根据目前的标准手术流程在全身麻醉下进行,依据术前CT影像学结果选择最佳入路。术中置入临时起搏器用于瓣膜释放时快速起搏,所有瓣膜于快速起搏时在主动脉造影和(或)经食管超声心动图指导下释放。术后由主动脉造影和(或)经食管超声心动图评估瓣膜定位、瓣膜功能及瓣周漏(paravalvular leak, PVL)情况。术后撤出所有导丝导管,使用血管缝合器缝合动脉入路。

1.4 超声心动图检查 患者于TAVR术前、术后7d内及术后1年时分别进行超声心动图检查,包括M型、二维、脉冲多普勒、连续多普勒、彩色多普勒检测。通过心脏超声采集患者的跨主动脉瓣平均压差、跨主动脉瓣峰值流速、左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、左心室收缩末期内径(left ventricular end-systolic diameter, LVESD)、左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD)、左心室收缩末期容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)、左心室舒张末期容积(left

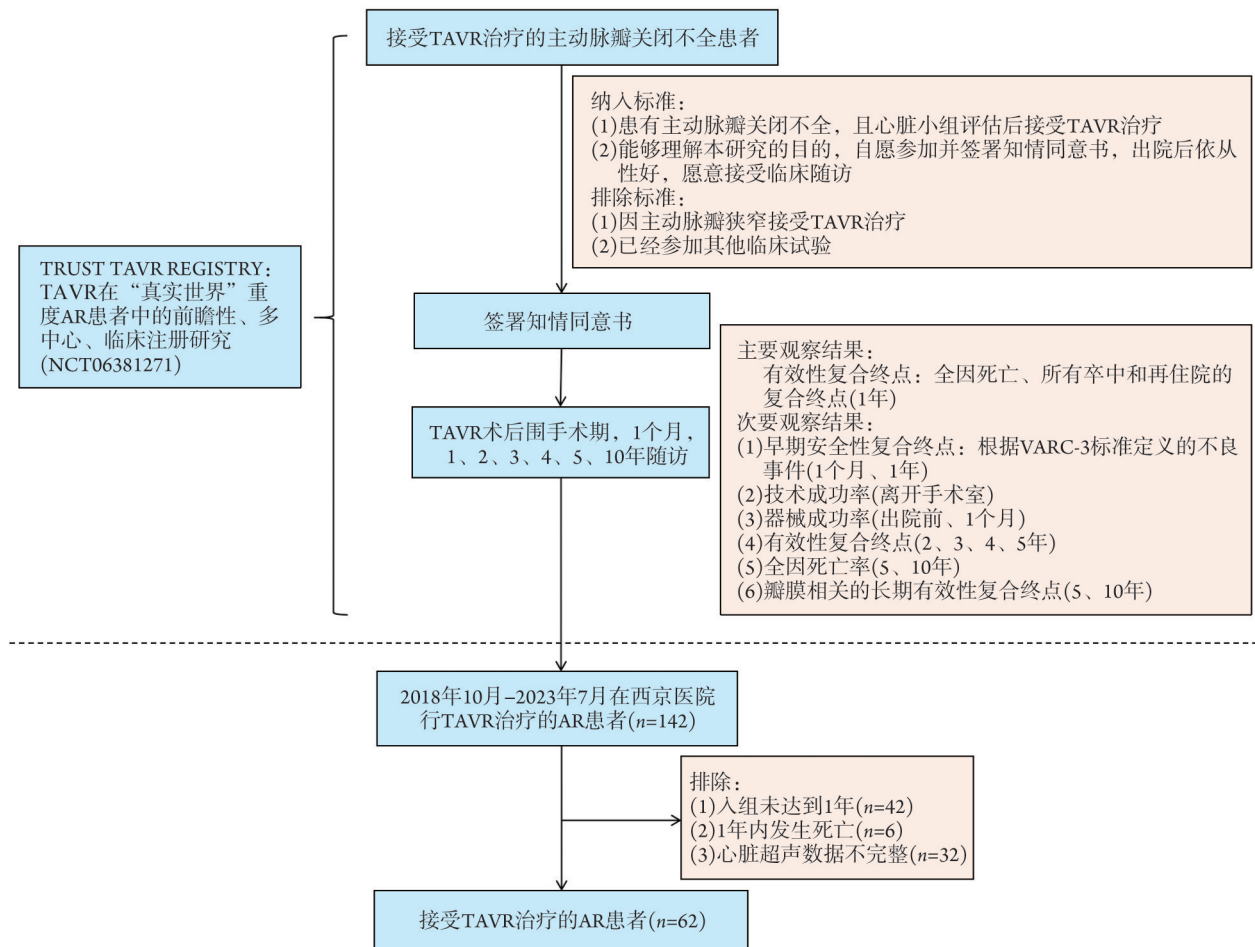


图1 接受TAVR治疗的AR患者纳入流程图

Fig.1 Enrollment flowchart of patients with AR who underwent TAVR

TAVR, 经导管主动脉瓣置换术; AR, 主动脉瓣反流

ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、二尖瓣反流(mitral regurgitation, MR)和三尖瓣反流(tricuspid regurgitation, TR)分级等多项指标。考虑到患者LVESD及LVESV的个体差异,本研究根据BSA对LVESD及LVESV进行了标准化处理,并计算了左心室收缩末期内径指数(left ventricular end-systolic diameter index, LVESDi)、左心室收缩末期容积指数(left ventricular end-systolic volume index, LVESVi)(计算公式为: $LVESDi = LVESD / BSA$; $LVESVi = LVESV / BSA$)。本研究分别以LVESDi为 25 mm/m^2 ^[8-9]和LVESVi为 46 ml/m^2 ^[10]作为截断值进行亚组分析,具体定义:LVESDi $>25 \text{ mm/m}^2$ 为高LVESDi, $\leq 25 \text{ mm/m}^2$ 为低LVESDi; LVESVi $\geq 46 \text{ ml/m}^2$ 为高LVESVi, $< 46 \text{ ml/m}^2$ 为低LVESVi。

1.5 指标分析 本研究以LVEF为主要功能终点,以LVESD、LVEDD、LVESV、LVEDV及其经BSA标准化的指数(LVESDi、LVEDDi、LVESVi、LVEDVi)为结构终点,并按文献、指南^[6-8]截断值(LVESDi 25 mm/m^2 、LVESVi 46 ml/m^2)进行亚组分析,同时评

估MR/TR程度、技术成功率、围手术期并发症和1年内心力衰竭再住院、中量以上PVL等安全性和有效性指标。

1.6 统计学处理 采用SPSS 26.0软件进行统计分析。计量资料若符合正态分布以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用 t 检验,同一患者不同时间点(≥ 3 个时间点)的比较采用单因素重复测量的方差分析,进一步两两比较采用Bonferroni法;若不符合正态分布以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,两组间比较采用Mann-Whitney U 检验,同一患者不同时间点(≥ 3 个时间点)的比较采用Friedman检验,进一步两两比较采用Wilcoxon符号秩检验(Bonferroni校正检验水准)。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料、手术资料及围手术期并发症 共纳入62例患者,其中男35例(56.4%),女27例(43.6%),年龄(67.7 ± 7.2)岁,STS评分为(2.9 ± 2.4)分,术前

NYHA为III或IV级患者占比高达96.8%(60/62)。62例患者均采用经股动脉入路接受国产自膨胀式人工主动脉瓣膜植入治疗。因6例于术中置入瓣中瓣,所以62例共置入68枚人工主动脉瓣膜:其中Venus A瓣膜19个, Vitaflow瓣膜49个,包含21例第1代不可回收瓣膜和47例第2代可回收瓣膜。技术成功率为85.4%,其中6例(9.7%)术中置入瓣中瓣。围手术期并发症发生情况:3例发生血管并发症,其中2例为髂动脉夹层,1例为主动脉夹层;4例发生严重出血;1例术后发生急性肾损伤;28例术后新发完全性左束支传导阻滞(LBBB);10例行永久起搏器植入(permanent pacemaker implantation, PPI),其中8例发生于院内,2例发生在出院后(表1)。

2.2 TAVR手术对AR患者心功能及心室重构的影响 心脏超声心动图结果显示,与术前比较,术后7d内LVEF呈下降趋势($P=0.066$),但差异无统计学意义,而术后1年时LVEF明显增加($P=0.001$)。与术前比较,LVESD、LVEDD、LVEDV术后7d时即呈现出降低趋势($P<0.05$),LVESV术后7d时有降低趋势但差异无统计学意义($P>0.05$),在术后1年时LVESD、LVEDD、LVESV、LVEDV与术前和术后7d相比均明显降低($P<0.05$)。此外,与术前相比,TAVR术后7d及1年时合并中/大量MR、TR患者比例均明显降低($P<0.05$)(表2)。

2.3 TAVR术后1年临床随访结果 所有患者均完成术后1年的随访,无卒中或死亡病例。再住院(原因为心力衰竭)者3例(4.8%);中量及以上PVL发生者4例(6.5%),其中1例因出现中量以上PVL再次植入人工主动脉瓣膜1枚。

2.4 基线LVESDi和LVESVi对术后LVEF的影响 按照术前超声结果LVESDi是否 $>25\text{ mm/m}^2$ 分为两组:高LVESDi组40例(64.5%),低LVESDi组22例(35.5%)。与低LVESDi组比较,高LVESDi组患者术前及术后7d的LVEF明显降低($P<0.001$);术后1年时,高LVESDi组的LVEF较术前明显增高($P<0.05$),而低LVESDi组LVEF较术前差异无统计学意义($P>0.05$)。两组内部各时段的LVEF差异均有统计学意义($P<0.05$)。按照术前超声结果LVESVi是否 $\geq 46\text{ ml/m}^2$ 分为两组:高LVESVi组37例(59.6%),低LVESVi组25例(40.3%),结果发现与LVESDi分组的结果一致,高LVESVi组患者的LVEF在术后1年时较术前相比明显改善($P<0.05$),而低LVESVi组LVEF则较术前差异无统计学意义($P>0.05$)(表3)。基于基线LVESDi和LVESVi亚组间技术成功率、术后并发症(瓣中瓣植入、血管并发症、出血、急性肾损伤、新发LBBB、PPI)和随访期事件(心力衰竭再住院、中量

表1 AR患者基线资料、手术资料及围手术期并发症($n=62$)

Tab.1 Baseline characteristics, procedural characteristics and perioperative complications of the AR patients ($n=62$)

项目	数值
术前	
性别[例(%)]	
男	35(56.4)
女	27(43.6)
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	67.7 \pm 7.2
BMI(kg/m^2 , $\bar{x}\pm s$)	23.3 \pm 3.2
BSA(m^2 , $\bar{x}\pm s$)	1.7 \pm 0.2
STS评分(分, $\bar{x}\pm s$)	2.9 \pm 2.4
NT-proBNP[pg/ml, M(Q ₁ , Q ₃)]	1447.50(378.25, 3092.25)
NYHA III-IV级[例(%)]	60(96.8)
吸烟史[例(%)]	19(30.6)
高血压[例(%)]	40(64.5)
房颤[例(%)]	12(19.3)
脑血管病史[例(%)]	4(6.4)
外周血管病[例(%)]	5(8.0)
糖尿病[例(%)]	5(8.0)
CKD(GFR $<60\text{ ml/min}$)[例(%)]	14(22.6)
COPD[例(%)]	2(3.2)
冠心病[例(%)]	16(25.8)
既往心肌梗死[例(%)]	4(6.4)
既往PCI[例(%)]	7(11.2)
手术资料[例(%)]	
Venus A瓣膜*	19(27.9)
第1代	8(11.8)
第2代	11(14.7)
Vitaflow瓣膜*	49(72.1)
第1代	13(19.1)
第2代	36(52.9)
技术成功率	53(85.4)
植入瓣中瓣	6(9.7)
围手术期并发症[例(%)]	
血管并发症	3(4.8)
出血	4(6.4)
急性肾损伤	1(1.6)
新发LBBB	28(45.2)
PPI	10(16.1)

*有6例患者术中植入瓣中瓣,共植入68例瓣膜。AR.主动脉瓣反流;BMI.体重指数;BSA.体表面积;STS评分.美国胸外科医师协会评分;NT-proBNP.氨基末端脑利钠肽前体;NYHA.纽约心功能分级;CKD.慢性肾脏疾病;GFR.肾小球滤过率;COPD.慢性阻塞性肺疾病;PCI.经皮冠状动脉介入治疗;LBBB.完全性左束支传导阻滞;PPI.永久性起搏器植入

及以上PVL)差异均无统计学意义($P>0.05$)(表4)。

表2 AR患者TAVR术前及术后随访超声心动图结果($n=62$)Tab.2 Echocardiographic characteristics pre-, post-TAVR and follow-up of AR patients ($n=62$)

项目	术前	术后7 d	术后1年	P
LVEF(% , $\bar{x}\pm s$)	48.10 \pm 9.86	45.81 \pm 10.40	52.60 \pm 7.93 ⁽¹⁾⁽²⁾	<0.001
LVESD(mm, $\bar{x}\pm s$)	46.35 \pm 9.50	43.80 \pm 11.39 ⁽¹⁾	37.82 \pm 8.87 ⁽¹⁾⁽²⁾	<0.001
LVEDD(mm, $\bar{x}\pm s$)	60.66 \pm 8.36	56.07 \pm 9.71 ⁽¹⁾	51.56 \pm 8.30 ⁽¹⁾⁽²⁾	<0.001
LVESV(ml, $\bar{x}\pm s$)	91.72 \pm 44.06	85.33 \pm 54.85	55.46 \pm 39.25 ⁽¹⁾⁽²⁾	<0.001
LVEDV(ml, $\bar{x}\pm s$)	172.64 \pm 60.32	145.48 \pm 67.70 ⁽¹⁾	112.53 \pm 50.87 ⁽¹⁾⁽²⁾	<0.001
LVESDi(mm/m ² , $\bar{x}\pm s$)	28.36 \pm 6.33	26.65 \pm 6.99 ⁽¹⁾	23.18 \pm 6.16 ⁽¹⁾⁽²⁾	<0.001
LVEDDi(mm/m ² , $\bar{x}\pm s$)	37.11 \pm 6.01	34.16 \pm 6.38 ⁽¹⁾	31.58 \pm 6.08 ⁽¹⁾⁽²⁾	<0.001
LVESVi(ml/m ² , $\bar{x}\pm s$)	54.91 \pm 27.56	51.69 \pm 32.72	33.74 \pm 24.47 ⁽¹⁾⁽²⁾	<0.001
LVEDVi(ml/m ² , $\bar{x}\pm s$)	105.10 \pm 37.31	88.04 \pm 40.85 ⁽¹⁾	68.42 \pm 31.65 ⁽¹⁾⁽²⁾	<0.001
中/大量MR[例(%)]	30(48.4)	16(25.8) ⁽¹⁾	12(19.4) ⁽¹⁾	<0.001
中/大量TR[例(%)]	14(22.6)	6(9.6) ⁽¹⁾	7(11.3) ⁽¹⁾	0.009

与术前比较, (1) $P<0.05$; 与术后7 d比较, (2) $P<0.05$ 。AR. 主动脉瓣反流; TVAR. 经导管主动脉瓣置换术; LVEF. 左心室射血分数; LVESD. 左心室收缩末期内径; LVEDD. 左心室舒张末期内径; LVESV. 左心室收缩末期容积; LVEDV. 左心室舒张末期容积; LVESDi. 左心室收缩末期内径指数; LVEDDi. 左心室舒张末期内径指数; LVESVi. 左心室收缩末期容积指数; LVEDVi. 左心室舒张末期容积指数; MR. 二尖瓣反流; TR. 三尖瓣反流

表3 术前LVESDi和LVESVi对AR患者LVEF的影响(% , $\bar{x}\pm s$)Tab.3 Effect of preoperative LVESDi and LVESVi on LVEF changes of AR patients (% , $\bar{x}\pm s$)

时间点	LVESDi 分组		P	LVESVi 分组		P
	低 LVESDi 组($n=22$)	高 LVESDi 组($n=40$)		低 LVESVi 组($n=25$)	高 LVESVi 组($n=37$)	
术前	56.23 \pm 4.98	43.63 \pm 8.99	<0.001	56.08 \pm 3.90	42.70 \pm 8.96	<0.001
术后7 d	54.23 \pm 5.70	41.18 \pm 9.46	<0.001	54.68 \pm 4.10	39.81 \pm 8.96	<0.001
术后1年	55.36 \pm 5.19	51.08 \pm 8.78 ⁽¹⁾	0.034	56.36 \pm 2.77	50.05 \pm 9.22 ⁽¹⁾	0.002

与术前、术后7 d比较, (1) $P<0.05$ 。LVESDi. 左心室收缩末期内径指数; LVESVi. 左心室收缩末期容积指数; AR. 主动脉瓣反流; LVEF. 左心室射血分数

表4 术前LVESDi和LVESVi各亚组TAVR术中情况及术后事件发生率[例(%)]

Tab.4 In-TAVR parameters and post-TAVR event rates in subgroups based on preoperative LVESDi and LVESVi [n (%)]

项目	LVESDi 分组		P	LVESVi 分组		P
	低 LVESDi 组($n=22$)	高 LVESDi 组($n=40$)		低 LVESVi 组($n=25$)	高 LVESVi 组($n=37$)	
技术成功率	19(86.4)	34(85.0)	0.601	22(88.0)	31(83.8)	0.728
植入瓣中瓣	2(9.1)	4(10.0)	0.641	2(8.0)	4(10.8)	0.537
术后并发症						
血管并发症	1(4.5)	2(5.0)	0.715	1(4.0)	2(5.4)	0.646
出血	0	4(10.0)	0.287	0	4(10.8)	0.141
急性肾损伤	0	1(2.5)	0.645	1(4.0)	0	0.403
新发LBBB	11(50.0)	17(42.5)	0.570	13(52.0)	15(40.5)	0.374
PPI	4(18.2)	6(15.0)	0.733	5(20.0)	5(13.5)	0.234
随访期事件						
心力衰竭再住院 ^a	2(9.1)	1(2.5)	0.285	2(8.0)	1(2.7)	0.354
中量及以上PVL ^a	2(9.1)	2(5.0)	0.610	2(8.0)	2(5.4)	0.533

^a随访1年时的临床结果。LVESDi. 左心室收缩末期内径指数; LVESVi. 左心室收缩末期容积指数; TVAR. 经导管主动脉瓣置换术; LBBB. 完全性左束支传导阻滞; PPI. 永久性起搏器植入, PVL. 瓣周漏

3 讨论

AR的发展过程通常比较缓慢, 慢性AR患者甚

至可能没有症状, 运动能力也不会降低。虽然可能没有症状, 但指南仍推荐对于存在严重AR和左心室收缩功能受损(LVEF \leq 50%)或左心室明显扩张(LVESD

>50 mm, LVESDi>25 mm/m²或LVEDD>65 mm)的患者,以手术作为其首选治疗方法^[8-9]。尽管对单纯AR的经导管介入治疗具有多重挑战,国内已有许多有经验的中心使用TAVR治疗AR^[10],但对于单纯AR患者TAVR术后心脏结构及心功能的变化情况研究较少。

由于单纯AR患者的临床症状出现较晚,入院时左心室往往已扩大,所以心功能更差^[11]。本研究主要纳入的是重度AR患者,患者入院时NYHA III—IV级占比达96.8%,总体NT-proBNP水平偏高,左心室扩大明显。此外AR患者通常伴随着主动脉根部异常扩张,较少的钙化导致术中人工瓣膜锚定困难、容易发生移位而引起各种并发症,技术成功率较TAVR治疗AS患者略低,本研究中TAVR技术成功率为85.4%,但需注意的是本研究中有18例使用的是不可回收的第1代瓣膜,44例使用了第2代可回收瓣膜系统,后者具备可回收功能,这在一定程度上减少了瓣中瓣的发生,提高了技术成功率。在并发症方面,本研究中6例(9.6%)于术中植入瓣中瓣,8例(12.9%)于院内行PPI,28例(45.2%)出现LBBB,尽管本研究的样本量较少,但在术后并发症方面与荟萃分析结果相近^[12]。

本研究对心脏结构和心功能的各项指标进行前后对比,发现AR患者在TAVR术后1年时点观察到LVEF显著改善,同时其心脏结构发生了逆重构,表现为左室内径和容积以及左室内径和容积指数减小。同样,一项25例重度AR患者接受外科主动脉瓣膜置换术后6个月,LVEF明显改善(59.1%±5.6% vs. 44.7%±8.4%; $P<0.001$),LVEDD也明显降低[(52.7±3.9) mm vs. (67.5±5.0) mm; $P=0.0088$]^[13]。有研究显示在TAVR术后30 d可观察到左心室逆重构,表现为左心室质量指数降低(132 g/m² vs. 110 g/m²; $P=0.01$)^[14]。值得注意的是,本研究将观察窗口前移至术后7 d内,即可观察到左心室逆重构的发生,这表明TAVR术后心脏逆重构过程可能在早期启动,并持续进行。既往研究多聚焦TAVR术后30 d乃至更长时间点,虽然已证实LVEF持续改善与结构逆重构的存在,但这些研究却未能捕捉到术后早期LVEF的波动。本研究还发现,术后7 d内心脏超声提示LVEF首先出现一过性降低,尽管未达到统计学差异。该结果与另一项纳入22例严重AR患者的回顾性研究结果一致:研究者在TAVR术后早期(24~72 h)也观察到LVEF下降(49.1%±13.5% vs. 43.3%±13.1%; $P=0.008$)^[15]。术后早期LVEF的下降可能反映了心肌对急性后负荷降低的“顿抑”现象。

不同于AS患者心脏主要表现为后负荷增加,TAVR术后患者的LVEF会增高^[16-17]。重度AR的病理

生理学特点主要是心脏前负荷增加,即心室容积和左心室壁应力增加,在疾病代偿期可通过Frank-Starling机制调节心排量。而TAVR减少患者AR量,LVEDV减少和压力降低,会导致Frank-Starling机制失效,出现一过性的LVEF降低^[18]。另外也有研究发现,AS和AR在外科主动脉瓣置换术后心肌收缩力-速度关系变化并不一样,AS术后心脏收缩期左心室壁负荷减低,与之相对应的是心肌短轴缩短速度增加。而AR则是由于Frank-Starling机制术前左心室搏出量较多,术后减低,心肌短轴缩短速度并不会持续增加,术后左心室收缩功能恢复需要较长的时间,且更不完全^[19-20],同理在TAVR术后也有类似的病理生理改变。

相较于LVESD和LVESV,LVESDi和LVESVi是左心室容量过载和心脏收缩功能更为可靠的指标。在一项纳入1417例严重AR但症状轻微或无症状患者的研究中,LVESDi>20 mm/m²时患者死亡率明显增高^[21],这一阈值明显低于指南建议的手术阈值(LVESDi>25 mm/m²)。另一项研究结果也表明了左心室容积的重要性,研究发现LVESVi≥46 ml/m²与死亡率和不良事件的风险增加明显相关^[22]。据此,本研究将LVESDi和LVESVi升高的患者进行分组,发现LVESDi>25 mm/m²和LVESVi≥46 ml/m²组尽管术前LVEF更低,但在术后1年时LVEF改善比LVESDi≤25 mm/m²和LVESVi<46 ml/m²组更明显,提示在发生结构重构的AR患者中TAVR对远期心功能改善效果良好。

综上所述,本研究发现,对于单纯AR患者,TAVR具有较高的技术成功率,而且TAVR可改善AR患者术后1年的左心室重构并提高患者心功能。本研究亚组分析还发现基线左心室扩大更为明显的患者(LVESDi>25 mm/m²和LVESVi≥46 ml/m²),TAVR术后1年时心功能改善更为明显。但本研究具有一定的局限性:首先,本研究为单中心研究;其次,样本量相对较小,但目前国内使用自膨瓣治疗AR的研究例数较少,相关研究更少;再者,本研究为观察性研究,缺乏对照,而且随访时间仅为1年。因此,本研究的结果需要在多中心、更大样本、更长随访的随机对照研究中进一步验证。

【参考文献】

- [1] 中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病学组. 单纯主动脉瓣反流经股动脉主动脉瓣置换中国专家共识2023[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2023, 31(11): 801-809.
- [2] 刘娟,王颖东,梁振洋,等. 应用血管内超声评估经导管主动脉瓣置换术中冠状动脉阻塞风险12例回顾分析[J]. 中国实用内科杂志, 2024, 44(5): 409-414.
- [3] Manla Y, Khalouf A, Edris A, et al. Left ventricular remodelling and

- changes in functional measurements in patients undergoing transcatheter vs. surgical aortic valve replacement: a head-to-head comparison[J]. *Asia Intervention*, 2022, 8(2): 153-155.
- [4] Chau KH, Douglas PS, Pibarot P, *et al.* Regression of left ventricular mass after transcatheter aortic valve replacement: the PARTNER trials and registries[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 75(19): 2446-2458.
- [5] 金朝龙, 史学功, 张成鑫, 等. 超声心动图在经心尖途径经导管主动脉瓣置换术后早期疗效评价中的应用[J]. *吉林大学学报(医学版)*, 2025, 51(1): 228-237.
- [6] Kolte D, Bhardwaj B, Lu M, *et al.* Association between early left ventricular ejection fraction improvement after transcatheter aortic valve replacement and 5-year clinical outcomes[J]. *JAMA Cardiol*, 2022, 7(9): 934-944.
- [7] 赵星, 姜兆磊, 梅举, 等. 经导管主动脉瓣置换术对主动脉瓣反流患者术后左心室逆重构影响的临床研究[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2023, 30(8): 1121-1127.
- [8] Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, *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]. *Circulation*, 2021, 143(5): e72-e227.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] Peigh G, Puthumana JJ, Bonow RO. Aortic regurgitation and heart failure: advances in diagnosis, management, and interventions[J]. *Heart Fail Clin*, 2023, 19(3): 285-296.
- [12] Liu R, Fu Z, Jiang Z, *et al.* Transcatheter aortic valve replacement for aortic regurgitation: a systematic review and meta-analysis[J]. *ESC Heart Fail*, 2024, 11(6): 3488-3500.
- [13] Arnold Z, Elnekheli A, Geisler D, *et al.* Left ventricular reverse remodeling after surgical aortic valve replacement for aortic regurgitation-an explorative study[J]. *Diseases*, 2024, 12(8): 191.
- [14] Feghaly J, Das D, Oman Z, *et al.* Cardiac structural remodeling and hemodynamic patterns following transcatheter aortic valve replacement[J]. *Cureus*, 2021, 13(11): e19224.
- [15] Graziani F, Mencarelli E, Burzotta F, *et al.* Early hemodynamic and structural impact of transcatheter aortic valve replacement in pure aortic regurgitation[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13(21): 2582-2584.
- [16] Jeong YJ, Ahn JM, Kang DY, *et al.* Incidence, predictors, and prognostic impact of immediate improvement in left ventricular systolic function after transcatheter aortic valve implantation[J]. *Am J Cardiol*, 2021, 152: 99-105.
- [17] Reichl JJ, Stolte T, Tang S, *et al.* Prognostic impact of left ventricular ejection fraction improvement after transcatheter aortic valve replacement[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(13): 3639.
- [18] 陶世鑫, 宋宏宁, 曹省, 等. 超声心动图评估经股动脉经导管主动脉瓣置换术治疗单纯主动脉瓣反流的近中期疗效[J]. *武汉大学学报(医学版)*, 2023, 44(11): 1395-1403.
- [19] Jin XY, Pepper JR, Gibson DG, *et al.* Early changes in the time course of myocardial contraction after correcting aortic regurgitation[J]. *Ann Thorac Surg*, 1999, 67(1): 139-145.
- [20] Jin XY, Petrou M, Hu JT, *et al.* Challenges and opportunities in improving left ventricular remodelling and clinical outcome following surgical and trans-catheter aortic valve replacement[J]. *Front Med*, 2021, 15(3): 416-437.
- [21] Mentias A, Feng K, Alashi A, *et al.* Long-term outcomes in patients with aortic regurgitation and preserved left ventricular ejection fraction[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 68(20): 2144-2153.
- [22] Yang LT, Lee CC, Su CH, *et al.* Analysis of left ventricular indexes and mortality among Asian adults with hemodynamically significant chronic aortic regurgitation[J]. *JAMA Netw Open*, 2023, 6(3): e234632.