

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

金朝龙¹, 史学功¹, 张成鑫², 梁有峰³, 肖洁¹, 盛哲¹, 张定欣¹

(1. 安徽医科大学第一附属医院心脏超声影像中心, 安徽 合肥 230032; 2. 安徽医科大学第一附属医院心脏大血管外科, 安徽 合肥 230032; 3. 安徽医科大学第一附属医院心血管内科, 安徽 合肥 230032)

[摘要] **目的:** 探讨超声心动图在经心尖途径经导管主动脉瓣置换术(TAVR)后早期效果评价中的临床应用价值, 阐明超声心动图在评估该手术疗效中的作用。**方法:** 回顾性分析85例行经心尖途径TAVR植入J-Valve人工瓣膜患者的临床资料, 共分为单纯主动脉瓣狭窄组(AS组, $n=20$)、单纯主动脉瓣反流组(AR组, $n=37$)和主动脉瓣狭窄并发反流组(AS&AR组, $n=28$)。分别于术前、术后1周、术后3个月和术后6个月对各组患者进行超声心动图检查, 通过测量各组患者左室舒张末期容积(LVEDV)、左室收缩末期容积(LVESV)、左室射血分数(LVEF)、左室短轴缩短率(LVFS)、室间隔厚度(IVST)、左室后壁厚度(LVPWT)、主动脉瓣峰值流速($AV V_{max}$)、主动脉瓣平均跨瓣压差($AV PG_{mean}$)和瓣周漏(PVL)宽度等参数评估心脏及人工瓣膜功能, 并分析各组患者术后并发症发生情况。**结果:** 85例患者均成功植入J-Valve人工瓣膜。各组患者年龄、性别、纽约心脏病协会(NYHA)心功能分级、高血压病史、糖尿病史、高脂血症史和冠心病史等术前一般资料比较差异均无统计学意义($P>0.05$), 具有可比性。与术前比较, 术后1周AS组和AS&AR组患者 $AV V_{max}$ 及 $AV PG_{mean}$ 减小($P<0.05$); AR组患者各参数差异无统计学意义($P>0.05$)。与术前比较, 术后3个月AS组患者LVEF和LVFS增大($P<0.05$), $AV V_{max}$ 和 $AV PG_{mean}$ 减小($P<0.05$); AR组患者LVEDV和LVESV减小($P<0.05$), LVEF和LVFS增大($P<0.05$); AS&AR组患者LVEDV、LVESV、 $AV V_{max}$ 和 $AV PG_{mean}$ 减小($P<0.05$), LVEF和LVFS增大($P<0.05$)。与术前比较, 术后6个月3组患者LVEDV、LVESV、IVST和LVPWT减小($P<0.05$), LVEF和LVFS增大($P<0.05$); AS组和AS&AR组患者 $AV V_{max}$ 及 $AV PG_{mean}$ 减小($P<0.05$); AR组患者 $AV PG_{mean}$ 减小($P<0.05$)。术后并发症情况, 行永久起搏器植入3例(AS组2例, AR组1例), 脑卒中1例(AS组1例), PVL 13例(AS组4例, AR组5例, AS&AR组4例)。随访期间未出现死亡病例。**结论:** 超声心动图可准确定量评估心尖途径TAVR术后早期心脏功能变化及人工瓣膜功能状态, 为评价手术效果及术后并发症提供客观依据。

[关键词] 超声心动描记术; 经导管主动脉瓣置换术; 心尖途径; 主动脉瓣狭窄; 主动脉瓣反流

[中图分类号] R542.5; R540.45 **[文献标志码]** A

[收稿日期] 2024-01-21 [录用日期] 2024-05-14

[基金项目] 安徽省教育厅科学研究项目(KJ2021ZD0026)

[作者简介] 金朝龙(1984—), 男, 安徽省淮北市人, 副主任医师, 在读博士研究生, 主要从事心血管疾病的超声影像诊断方面的研究。

[通信作者] 史学功, 主任医师(E-mail: shixg@sohu.com)

©《吉林大学学报(医学版)》编辑部, 开放获取遵循CC BY-NC-ND协议。

© Editorial Board of Journal of Jilin University (Medicine Edition). Open access under CC BY-NC-ND license.

Application of echocardiography in early efficacy evaluation after transapical transcatheter aortic valve replacement via transapical approach

JIN Chaolong¹, SHI Xuegong¹, ZHANG Chengxin², LIANG Youfeng³, XIAO Jie¹, SHENG Zhe¹, ZHANG Dingxin¹

(1. Cardiac Ultrasound Imaging Center, First Affiliated Hospital, Anhui Medical University, Hefei 230032, China; 2. Department of Cardiac and Vascular Surgery, First Affiliated Hospital, Anhui Medical University, Hefei 230032, China; 3. Department of Cardiovascular Medicine, First Affiliated Hospital, Anhui Medical University, Hefei 230032, China)

ABSTRACT Objective: To discuss the clinical application value of echocardiography in evaluating the early outcomes of transcatheter aortic valve replacement (TAVR) via the transapical approach, and to clarify the role of echocardiography in assessing the efficacy of the surgery. **Methods:** The clinical data of 85 patients who received J-Valve prosthetic valves via the transapical TAVR were retrospectively analyzed. The patients were divided into AS group (simple aortic stenosis, $n=20$), AR group (simple aortic regurgitation, $n=37$), and AS&AR group (aortic stenosis with regurgitation, $n=28$). Echocardiographic examination was performed on all the patients before operation, 1 week after operation, 3 months after operation, and 6 months after operation. The parameters including left ventricular end-diastolic volume (LVEDV), left ventricular end-systolic volume (LVESV), left ventricular ejection fraction (LVEF), left ventricular fractional shortening (LVFS), interventricular septal thickness (IVST), left ventricular posterior wall thickness (LVPWT), aortic valve peak flow velocity (AV V_{max}), aortic valve mean transvalvular pressure gradient (AV PG_{mean}), and paravalvular leak (PVL) width were measured to evaluate the cardiac function and the function of the prosthetic valve; the occurrence of postoperative complications of the patients in various groups was also analyzed. **Results:** J-Valve prosthetic valves were successfully implanted in all 85 patients. There were no significant differences in age, gender, New York Heart Association (NYHA) heart function classification, history of hypertension, history of diabetes, history of hyperlipidemia, and history of coronary artery disease among various groups before operation ($P>0.05$), ensuring comparability. Compared with before operation, 1 week after operation, the AV V_{max} and AV PG_{mean} of the patients in AS group and AS&AR group were decreased ($P<0.05$); there were no significant differences in various parameters of the patients in AR group ($P>0.05$). Compared with before operation, 3 months after operation, the LVEF and LVFS of the patients in AS group were increased ($P<0.05$), while the AV V_{max} and AV PG_{mean} were decreased ($P<0.05$); the LVEDV and LVESV of the patients in AR group were decreased ($P<0.05$), while the LVEF and LVFS were increased ($P<0.05$); the LVEDV, LVESV, AV V_{max} , and AV PG_{mean} of the patients in AS&AR group were decreased ($P<0.05$), while the LVEF and LVFS were increased ($P<0.05$). Compared with before operation, LVEDV, LVESV, IVST, and LVPWT of the patients in all three groups 6 months after operation were decreased ($P<0.05$), while LVEF and LVFS were increased ($P<0.05$); the AV V_{max} and AV PG_{mean} of the patients in AS group and AS&AR group were decreased ($P<0.05$); the AV PG_{mean} of the patients in AR group was decreased ($P<0.05$). The postoperative complications included 3 cases of permanent pacemaker implantation (2 cases in AS group, 1 case in AR group), 1 case of stroke (in AS group), and 13 cases of PVL (4 cases in AS group, 5 cases in AR group, 4 cases in AS&AR group). No deaths occurred during follow-up. **Conclusion:** Echocardiography can accurately and quantitatively

evaluate early changes in cardiac function and the functional state of prosthetic valves after transapical TAVR, providing objective evidence for evaluating surgical outcomes and postoperative complications.

KEYWORDS Echocardiography; Transcatheter aortic valve replacement; Transapical approach; Aortic stenosis; Aortic regurgitation

我国人口老龄化现状越来越明显,老年性瓣膜病发病率持续上升,其中退行性钙化是主动脉瓣病变的最常见病因^[1],既往对主动脉瓣病变的治疗以外科开胸换瓣为主,随着器械的更新和技术的进步,微创手术方式逐渐受到重视^[2],经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)创伤小,恢复快,有效性及安全性已得到证实^[3]。对于重度主动脉瓣狭窄(aortic stenosis, AS)和(或)主动脉瓣反流(aortic regurgitation, AR)的患者,其外周血管条件差,有较高的外科手术风险,可选择由心尖入路的J-Valve心脏瓣膜置换方法^[4-6]。J-Valve瓣膜是我国自主研发的生物瓣膜,经心尖途径TAVR治疗AR患者早期效果较好^[7],但对于AS或AS并发AR患者疗效及其并发症仍需要进一步探讨。超声心动图安全无创,能清晰显示主动脉瓣根部解剖结构,准确评估心脏和人工瓣膜功能及手术并发症^[8],因此,本研究通过超声心动图多模式成像及多参数评估方法,评价经心尖途径TAVR在多种主动脉瓣病变术后的早期疗效,探讨超声心动图在心尖途径TAVR术后早期效果评价中的临床应用价值,阐明超声心动图在评估该手术疗效中发挥的重要作用。

1 资料与方法

1.1 研究对象选择及分组 收集2020年1月—2023年6月本院收治的85例行心尖途径TAVR植入J-Valve人工瓣膜患者的完整临床资料,分为单纯AS组(AS组, $n=20$)、单纯AR组(AR组, $n=37$)和AS并发AR组(AS&AR组, $n=28$)。各组患者基线资料情况见表1。本研究均取得患者及其家属的知情同意,并经安徽医科大学第一附属医院临床试验伦理委员会批准(伦理审批号: PJ2022-13-37)。

1.2 研究对象纳入标准和排除标准 纳入标准: ①有胸闷和(或)晕厥等临床症状的主动脉瓣病变患者; ②超声心动图测量主动脉瓣峰值流速(maximum aortic valve velocity, $AV V_{max}$) $\geq 4.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 或主动脉瓣平均跨瓣压差(mean pressure gradient of aortic valve, $AV PG_{mean}$) $\geq 40 \text{ mmHg}$, 或主动

脉瓣口面积(aortic valve orifice area, AVA) $\leq 1.0 \text{ cm}^2$, 中度及以上AR; ③左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF) $\geq 20\%$; ④存在外科手术禁忌证或高危因素; ⑤纽约心脏病协会(New York Heart Association, NYHA)心功能分级Ⅱ级及以上; ⑥患者预期寿命 ≥ 1 年。

排除标准: ①近期出现急性心肌梗死; ②左心室流出道严重梗阻; ③术前2个月内出现脑血管意外; ④抗凝/抗血小板治疗过敏或禁忌者; ⑤并发严重肝、肺和肾脏疾病; ⑥无法接受超声心动图检查者。

1.3 图像采集设备及方法 超声心动图机器: 美国GE公司, 型号: Vivid E95, 探头: M5Sc-D (频率1.4~4.6 MHz)、三维4Vc-D (频率1.4~5.2 MHz), 配备Echo PAC工作站。患者于术前、术后1周、术后3个月和术后6个月分别通过心尖部及胸骨旁声窗进行图像采集。患者平卧位同步连接心电图, 所有超声心动图图像由同一名超声医师采集。

1.4 资料收集及分析 通过医院电子病历系统, 收集患者的基本临床资料, 包括患者性别、年龄、身高、体质量、吸烟史、NYHA心功能分级、术前并发症[高血压病、冠状动脉粥样硬化性心脏病(coronary heart disease, CHD)、糖尿病、高脂血症、肾功能不全和心律失常]及围手术期资料。术后随访患者超声心动图报告, 记录术后并发症情况。①心尖部声窗: 应用4Vc-D探头, 4D模式下取标准四腔心切面, 使用Multi-Slice控键获得实时多层三维视图(12 Slice), 调整切面、增益、扇角及帧频, 嘱患者屏住呼吸, 使每层左室内膜清晰显示, 实时三维帧频维持在25帧以上, 连续采集3个心动周期获得满意三维图像。选中待分析图像, 启动4D LVQ键, 三维图像以“实时三平面”显示, 通过“Auto键”自动调整切面, 如不满意则手动调节, 描记心内膜轨迹, 获得左室舒张末期容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、左室收缩末期容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)和LVEF; ②心尖部声窗: 应用M5Sc-D探头清晰显示左室五腔心切面, 启用CW功能模式, 将基线与主动脉口血流方向平行, 得出

AV V_{\max} 和 AV PG_{mean} ; ③胸骨旁声窗: 应用M5Sc-D探头清晰显示左室长轴切面, 启用M型模式, 将基线置于二尖瓣口水平, 得出左室M型波形, 测量舒张期和收缩期左室内径, 计算左室短轴缩短率 (left ventricular brachy-axis shortening rate, LVFS), 于舒张末期测量室间隔厚度 (inter ventricular septal thickness, IVST) 和左室后壁厚度 (left ventricular posterior wall thickness, LVPWT)。术后如并发瓣周漏 (perivalvular leakage, PVL), 清晰显示PVL位置, 测量PVL的宽度。

1.5 统计学分析 采用SPSS 26.0统计软件进行统计学分析。术前各组患者一般资料 (年龄、身高和体质量)、术后各阶段参数和PVL宽度均符合正态分布且方差齐, 以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 多组间样本均数

比较采用单因素方差分析, 组间两两比较采用SNK- q 检验; 重复测量数据比较采用重复测量数据方差分析。各组患者性别、吸烟史、术前并发症 (高血压病、CHD、肾功能不全和心律失常) 及术后PVL例数以例数 (百分率) [n (%)] 表示, 多组间率的比较采用 χ^2 检验。术前各组患者NYHA心功能分级和并发症 (糖尿病和高脂血症) 的比较采用Fisher确切概率法。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 各组患者基线资料 本研究共纳入85例患者, 各组患者术前基线资料 (年龄、性别、身高、体质量、吸烟史、NYHA心功能分级和术前并发症) 比较差异均无统计学意义 ($P>0.05$), 具有可比性。见表1。

表1 各组患者术前基线资料
Tab. 1 General characteristics of patients in various groups before operation

Characteristic	AS Group ($n=20$)	AR Group ($n=37$)	AS&AR Group ($n=28$)	F/χ^2	P
Age ($\bar{x} \pm s$, year)	71.60 \pm 4.58	69.70 \pm 8.10	70.11 \pm 11.59	1.239	0.058
Gender [n (%)]				2.992	0.245
Male	9(45.0)	25(67.6)	15(53.6)		
Female	11(55.0)	12(32.4)	13(46.4)		
Height ($\bar{x} \pm s$, cm)	160.90 \pm 8.30	161.78 \pm 6.68	160.54 \pm 10.60	1.457	0.830
Weight ($\bar{x} \pm s$, kg)	63.18 \pm 11.39	62.92 \pm 9.81	63.43 \pm 10.76	0.019	0.981
History of smoking [n (%)]				2.033	0.391
Yes	8(40.0)	10(27.0)	6(21.4)		
No	12(60.0)	27(73.0)	22(78.6)		
Classification of cardiac function [n (%)]				—	0.612*
II	0(0.0)	2(5.4)	0(0.0)		
III	13(65.0)	27(73.0)	20(71.4)		
IV	7(35.0)	8(21.6)	8(28.6)		
Hypertension [n (%)]	10(50.0)	15(40.5)	13(46.4)	0.520	0.819
CHD [n (%)]	11(55.0)	15(40.5)	10(35.7)	1.865	0.409
Diabetes [n (%)]	1(5.0)	1(2.7)	0(0.0)	—	0.710*
Hyperlipidemia [n (%)]	0(0.0)	0(0.0)	1(3.6)	—	0.565*
Renal insufficiency [n (%)]	5(25.0)	7(18.9)	6(21.4)	—	0.942
Arrhythmology [n (%)]	10(50.0)	13(35.1)	10(35.7)	1.378	0.512

*Fisher exact probability method; “—”: No data.

2.2 各组患者术前、术后1周、术后3个月和术后6个月超声心动图参数 与术前比较, 术后1周AS组和AS&AR组患者AV V_{\max} 及AV PG_{mean} 减小 ($P<0.05$); AR组患者各参数差异无统计学意义 ($P>0.05$)。与术前比较, 术后3个月AS组患者LVEF和LVFS增大 ($P<0.05$), AV V_{\max} 和

AV PG_{mean} 减小 ($P<0.05$); AR组患者LVEDV和LVESV减小 ($P<0.05$), LVEF和LVFS增大 ($P<0.05$); AS组、AR组和AS&AR组患者LVEDV、LVESV、AV V_{\max} 及AV PG_{mean} 减小 ($P<0.05$), LVEF和LVFS增大 ($P<0.05$)。与术前比较, 术后6个月AS组、AR组和AS&AR组患者

LVEDV、LVESV、IVST及LVPWT减小($P<0.05$), LVEF和LVFS均增大($P<0.05$); AS组和AS&AR组患者AV V_{max} 及AV PG_{mean} 均减小($P<0.05$); AR组患者AV PG_{mean} 减小($P<0.05$), 术后随访各时期参数见表2和图1~3。

2.3 术后并发症 85例患者均经心尖途径TAVR成功植入瓣膜, 术后PVL共13例(AS组4例, AR组5例, AS&AR组4例), 行永久起搏器植入3例(AS组2例, AR组1例), 脑卒中1例(AS组1例)。随访期间未出现死亡病例。

2.4 各组患者术后PVL随访 术后1周, 发生PVL患者共13例(AS组4例, AR组5例, AS&AR组4例); 术后3个月, 发生PVL患者共10例(AS组4例, AR组4例, AS&AR组2例); 术后6个月, 发生PVL患者共5例(AS组2例, AR组1例,

AS&AR组2例)。随着术后时间的延长, 各组PVL例数逐渐减少, 但各组内术后各期比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。PVL宽度: 随着术后时间的延长, 各组患者PVL宽度均逐渐减小, 与术后1周比较, 术后6个月AR组PVL宽度减小($P<0.05$)。见表3和图4。

3 讨论

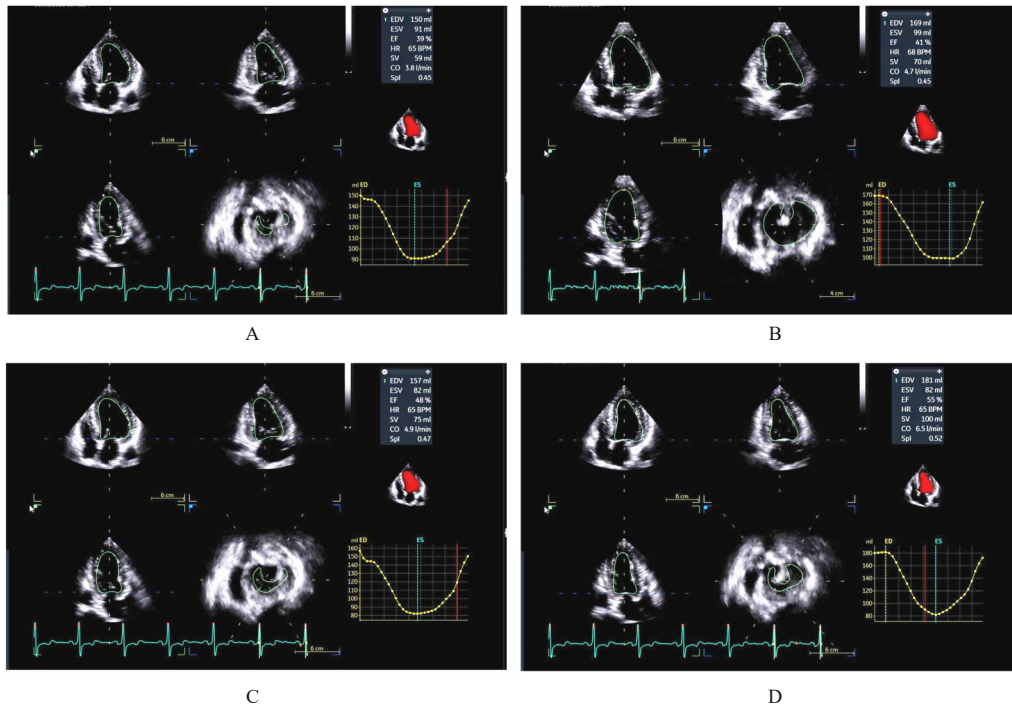
主动脉瓣病变包括AS和AR, AS病理生理特点是瓣膜狭窄导致左室射血受阻, 左室后负荷增加, 为克服增加的后负荷, 心肌细胞代偿性肥大、左室壁肥厚, 瓣膜狭窄长时间得不到解除, 导致左房扩大和二尖瓣瓣环扩张, 进而引起功能性二尖瓣反流(mitral regurgitation, MR)^[9]。AR病理生理特点是瓣膜增厚和瓣环扩张等原因导致瓣膜对合不

表2 术前、术后1周、术后3个月和术后6个月各组患者超声心动图参数

Tab. 2 Echocardiography parameters of patients in various groups before operation, 1 week after operation, 3 months after operation and 6 months after operation

Clinical data	Group	<i>n</i>	Before operation	1 week after operation	3 months after operation	6 months after operation	<i>F</i>	<i>P</i>
LVEDV(mL)	AS	20	139±40	130±39	118±35	100±25*	4.62	0.005
	AR	37	233±52	207±52	181±51*	150±43*	18.93	<0.001
	AS&AR	28	180±46	158±41	138±35*	118±30*	13.21	<0.001
LVESV(mL)	AS	20	71±33	63±30	54±25	37±11*	6.23	0.001
	AR	37	129±42	119±39	90±35*	64±24*	22.45	<0.001
	AS&AR	28	98±33	82±29	66±24*	48±17*	18.64	<0.001
LVEF(%)	AS	20	50±8	53±7	56±6*	63±3*	14.24	<0.001
	AR	37	45±7	48±7	51±7*	58±6*	24.93	<0.001
	AS&AR	28	46±8	49±8	53±7*	60±5*	20.01	<0.001
LVFS(%)	AS	20	26±4	28±4	29±3*	33±2*	16.33	<0.001
	AR	37	23±4	25±4	26±4*	31±4*	23.80	<0.001
	AS&AR	28	24±5	25±4	28±5*	32±4*	13.92	<0.001
IVST(cm)	AS	20	1.43±0.21	1.42±0.19	1.35±0.18	1.19±0.13*	7.91	<0.001
	AR	37	1.23±0.11	1.23±0.11	1.20±0.12	1.04±0.18*	17.08	<0.001
	AS&AR	28	1.33±0.15	1.33±0.16	1.26±0.13	1.13±0.09*	13.92	<0.001
LVPWT(cm)	AS	20	1.31±0.12	1.28±0.28	1.24±0.11	1.09±0.10*	7.47	<0.001
	AR	37	1.18±0.11	1.18±0.10	1.15±0.11	0.98±0.09*	30.65	<0.001
	AS&AR	28	1.24±0.10	1.25±0.10	1.21±0.09	1.03±0.09*	32.98	<0.001
AV V_{max} (mmHg)	AS	20	482.14±87.73	248.05±29.11*	237.15±27.74*	196.85±33.40*	128.04	<0.001
	AR	37	190.73±18.58	188.35±18.08	185.49±18.10	183.46±16.39	1.62	0.204
	AS&AR	28	458.01±78.22	265.29±34.54*	254.04±38.97*	207.93±29.56*	142.27	<0.001
AV PG_{mean} (mmHg)	AS	20	56.88±20.35	18.35±4.83*	14.90±5.58*	9.80±3.65*	82.52	<0.001
	AR	37	10.86±2.54	9.68±2.29	9.08±2.14	8.73±1.81*	9.00	0.001
	AS&AR	28	50.94±16.80	17.89±4.24*	14.75±4.76*	8.96±3.05*	116.95	<0.001

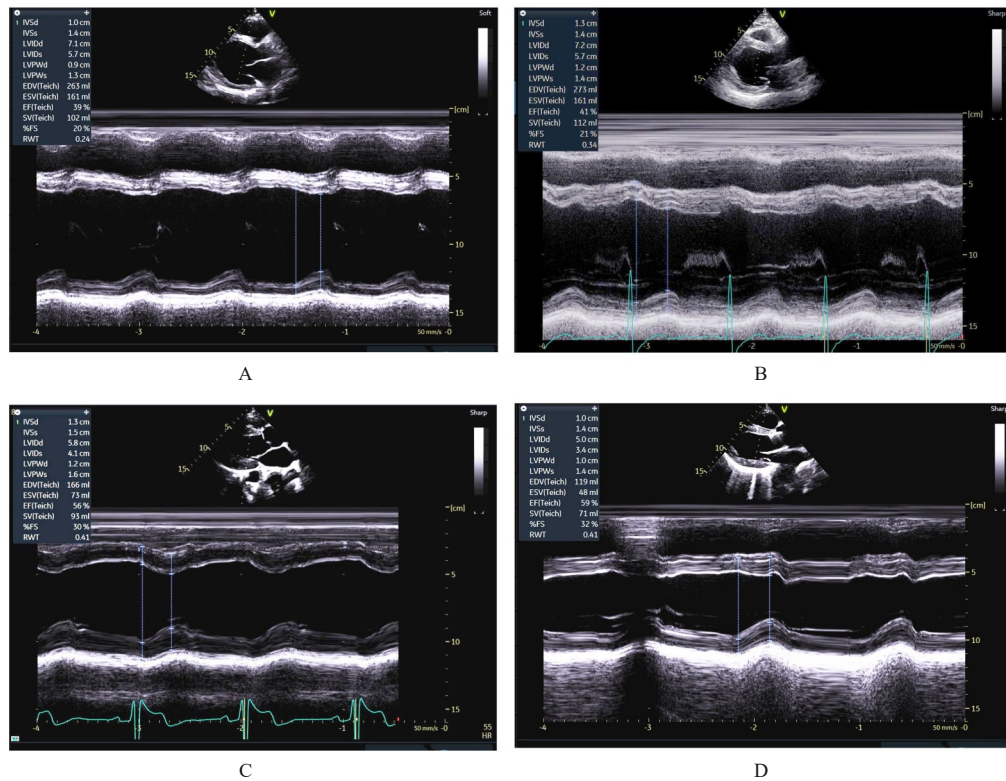
* $P<0.05$ compared with before operation.



A: Before operation; B: 1 week after operation; C: 3 months after operation; D: 6 months after operation.

图1 术前和术后患者LVEDV、LVESV及LVEF(AS&AR组患者,男性,78岁)

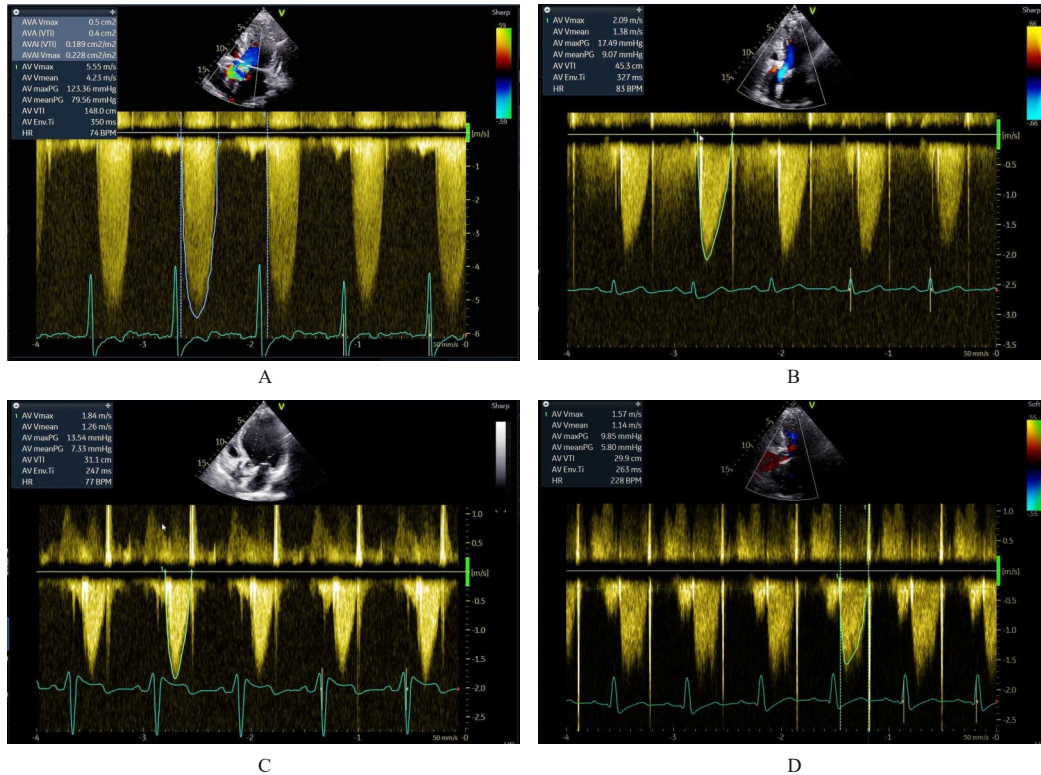
Fig. 1 LVEDV, LVESV, and LVEF of patient before and after operation (Patient in AS&AR group, male, 78 years old)



A: Before operation; B: 1 week after operation; C: 3 months after operation; D: 6 months after operation.

图2 术前和术后患者LVEF、IVST及LVPWT(AR组患者,男性,74岁)

Fig. 2 LVEF, IVST, and LVPWT of patient before and after operation (Patient in AR group, male, 74 years old)



A: Before operation; B: 1 week after operation; C: 3 months after operation; D: 6 months after operation.

图3 术前和术后患者 AV V_{max} 和 AV PG_{mean} (AS组患者, 女性, 70岁)

Fig. 3 AV V_{max} and AV PG_{mean} of patient before and after operation (Patient in AS group, female, 70 years old)

表3 各组患者PVL参数

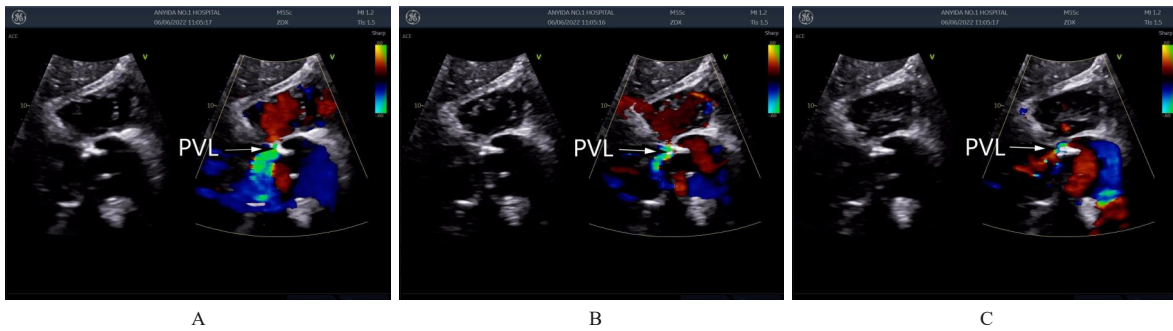
Tab. 3 PVL parameters of patients in various groups

Group	n	Parameter	PVL			F/χ^2	P
			1 week after operation	3 months after operation	6 months after operation		
AS	20	Width(l/cm)	0.06±0.12	0.04±0.09	0.02±0.05	1.100	0.340
		Case[n/(%)]	4(20.0)	4(20.0)	2(10.0)	1.035	0.749
AR	37	Width(l/cm)	0.05±0.12	0.03±0.08	0.01±0.32*	1.905	0.044
		Case[n/(%)]	5(13.5)	4(10.8)	1(2.7)	3.211	0.305
AS&AR	28	Width(l/cm)	0.05±0.13	0.03±0.07	0.03±0.06	2.666	0.076
		Case[n/(%)]	4(14.3)	2(7.1)	2(7.1)	1.113	0.710

* $P < 0.05$ compared with 1 week after operation.

良, 出现主动脉瓣反流, 导致左室前负荷增大, 前负荷的持续升高使左室发生重构, 逐渐扩张, 最终可使左室收缩能力降低和功能减退, 出现心力衰竭^[10]。传统的主动脉瓣病变治疗方式是外科主动脉瓣膜置换 (surgical aortic valve replacement, SAVR), 通过开胸置入人工瓣膜, 能有效地改善患者症状、提高生活质量并延长寿命^[11]。但部分患者因年龄较大、心肺功能低下、肾功能不全和外周血管条件较差等原因, 无法耐受SAVR, 又不能行经股动脉TAVR, 心尖途径TAVR是首选治疗

方案, 该手术方式具有入路近、手术时间短、创伤小和恢复快等优点, 现已成为SAVR治疗的有效替代方案^[12]。超声心动图能实时、快速地采集图像, 立体显示心腔内解剖结构, 对先天性心脏病微创封堵治疗有一定价值^[13], 同时能全面地显示心脏瓣膜结构、病变部位, 准确量化瓣膜病变程度, 快速评估左心室功能等优势, 为TAVR的顺利进行提供重要的影像学参数^[14]。超声心动图术后早期随访, 主要是与术前检测结果进行比较, 评估心脏结构和功能、人工瓣膜的形态功能及血流动力学



A: 1 week after operation; B: 3 months after operation; C: 6 months after operation.

图4 术后患者PVL情况(AR组患者,男性,79岁)

Fig. 4 PVL of patient after operation(Patient in AR group, male, 79 years old)

的变化,国内外的多个瓣膜学术研究联盟均推荐TAVR术后1、6和12个月及以后每年均应进行常规超声心动图随访观察^[15]。

不同的主动脉瓣病变导致的病理生理变化也存在差异,超声心动图测量的各项指标在术后恢复的情况也不尽相同。本研究结果显示:术后1周,与术前比较,AS组和AS&AR组患者AV V_{max} 及AV PG_{mean} 明显减小。AV V_{max} 和AV PG_{mean} 是评估狭窄程度的重要参数,人工瓣膜释放后,狭窄的瓣膜得到解除,血流通畅,主动脉瓣峰值流速和跨瓣压差会明显降低,冯晔子等^[16]研究表明TAVR治疗AS患者临床疗效确切,在围术期即可改善狭窄程度,缓解临床症状。术后3个月,与术前比较,AS组患者LVEF和LVFS增大;AR组和AS&AR组患者LVEDV及LVESV减小,LVEF和LVFS增大。对于AS组患者,收缩功能得到改善,但容积变化不明显,是因为主动脉瓣狭窄主要引起心室的向心性重构,以室壁的增厚为主要表现,狭窄解除后,后负荷减低,心功能得以改善。对于AR组和AS&AR组患者,人工瓣膜使主动脉瓣关闭不全得以纠正,主动脉瓣反流量减少,进而使左室容积逐步减小,心室的前负荷减轻,心功能逐步改善,与周广为等^[17]研究结果一致。术后6个月,与术前比较,各组患者IVST和LVPWT减小,其可能原因是人工瓣膜植入后,纠正主动脉瓣狭窄和(或)关闭不全,左室心肌发生逆重构,增厚的心肌逐渐变薄。AR组患者术前由于瓣口反流的存在,使收缩期主动脉瓣口出现相对性狭窄,平均压差较正常偏高,植入人工瓣膜后反流解除,平均压差较术前下降。TAVR术后随访结果显示:术后最先出现主动脉瓣流速和跨瓣压差降低,其后患者的左室容积和心功能得以改善,最后室壁厚度逐渐变薄,符合

左室逆重构的过程。

J-Valve永久性心脏起搏器植入率明显低于经股动脉支架瓣膜^[18],本研究结果显示:TAVR术后植入永久起搏器3例,其中AS组2例,原因是该2例患者均存在左室流出道明显钙化,移植物植入后发生重度房室传导阻滞,随即植入永久起搏器。SAMMOUR等^[19]研究表明:左冠窦或无冠窦底部钙化是TAVR术后发生房室传导阻滞的独立危险因素。本研究中AR组1例,原因是人工主动脉瓣植入后移位,影响传导束,导致左束支传导阻滞,术后1周进展为重度房室传导阻滞,植入永久起搏器。AUFFRET等^[20]研究表明:在TAVR围手术期发生左束支传导阻滞的概率高达90%,其中自膨式主动脉瓣膜发生率明显高于球扩式瓣膜,对于围手术期产生房室传导阻滞,需要临床医师提高警惕,避免不良事件的发生。脑卒中是TAVR的少见并发症,本研究结果显示:AS组1例患者术后1周出现脑卒中,其可能原因是主动脉瓣人工瓣膜挤压钙化组织,使钙化斑块破裂脱落所导致,故对于重度钙化导致AS患者应给予足够的重视,避免脑卒中事件的发生。PVL是TAVR术后的常见并发症,其是5年生存率的独立预测因子^[21-22],随着人工瓣膜产品的更新换代,设计更加合理,PVL发生率随之减低,多数患者中度及以上的PVL相对较少^[23],对于自膨式瓣膜而言,PVL的宽度可随着时间的延长而变窄^[24],但如长时间大量PVL持续存在,会对患者预后产生严重影响,增加患者死亡率^[25]。本研究结果显示:术后1周共13例PVL,对于AS患者,考虑出现PVL的主要原因是主动脉瓣钙化,主动脉瓣环形状不规则,与人工瓣膜不敷贴出现瓣周反流。对于主动脉瓣关闭不全患者,主要原因是置换的人工瓣膜尺寸

偏小, 无后扩张, 或是后扩张不充分导致PVL。随着随访时间的延长, PVL宽度逐渐变小, 尤其是AR组患者术后6个月较术后1周出现有统计学意义的变化, 表明TAVR术后随着人工瓣膜与自身组织之间内膜组织的形成, PVL宽度逐渐变小, 甚至消失。PVL例数逐渐减少, 但差异无统计学意义, 可能是由于随访时间较短, 需要进一步延长随访时间。

本研究存在一定的局限性: 本研究为单中心小样本量研究; 入选手术病例数相对较少; 随访时间较短, 缺乏远期随访结果。

综上所述, 超声心动图可准确定量评估心尖途径TAVR术后早期心脏功能变化及人工瓣膜功能状态, 能为评价手术效果及术后并发症提供客观依据。

利益冲突声明:

所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:

金朝龙参与论文的撰写, 史学功参与论文的设计, 张成鑫参与论文病例的收集, 梁有峰参与论文讨论部分的分析, 肖洁参与论文数据的统计学分析, 盛哲参与论文参考文献的检索, 张定欣参与论文病例资料的收集。

[参考文献]

- [1] 李 喆, 郭 帅, 叶蕴青, 等. 中国中重度主动脉瓣疾病患者的临床特点及预后: 来自China-VHD研究的分析[J]. 中国循环杂志, 2022, 37(4): 322-328.
- [2] 张 泽, 蒋 伟, 李思聪, 等. 全胸腔镜微创心脏手术临床疗效分析[J]. 中国临床新医学, 2023, 16(4): 375-378.
- [3] KHEIRI B, OSMAN M, BAKHIT A, et al. Meta-analysis of transcatheter aortic valve replacement in low-risk patients[J]. Am J Med, 2020, 133(2): e38-e41.
- [4] 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.
- [5] 时应路, 张成鑫, 郭志祥, 等. 经心尖途径经导管主动脉瓣置换术治疗主动脉瓣关闭不全的早期疗效分析[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2023, 30(8): 1116-1120.
- [6] 张 航, 安景辉, 刘 苏, 等. 经心尖经导管主动脉瓣置换术治疗主动脉瓣膜病变的临床研究[J]. 心脑血管病防治, 2023, 23(11): 47-48, 52.
- [7] 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.
- [8] 孙艳丹, 李昱茜, 白 炜, 等. 三维经食管超声心动图在心尖入路经导管主动脉瓣置换术中的应用价值[J]. 临床超声医学杂志, 2023, 25(1): 58-61.
- [9] BENFARI G, SETTI M, NISTRISI S, et al. Relevance of functional mitral regurgitation in aortic valve stenosis[J]. Am J Cardiol, 2020, 136: 115-121.
- [10] ILIUTA L, ANDRONESI A G, DIACONU C C, et al. Diastolic versus systolic left ventricular dysfunction as independent predictors for unfavorable postoperative evolution in patients with aortic regurgitation undergoing aortic valve replacement[J]. Medicina (Kaunas), 2022, 58(11): 1676.
- [11] 宋 羿, 张大发. 主动脉瓣置换治疗主动脉瓣膜疾病的临床效果[J]. 右江民族医学院学报, 2020, 42(1): 61-63.
- [12] PANÇ C, YILMAZ E, GÜRBAK İ, et al. Effect of prognostic nutritional index on short-term survival after transcatheter aortic valve implantation[J]. Turk Kardiyol Dern Ars, 2020, 48(6): 585-593.
- [13] 金朝龙, 史学功, 林先和, 等. 实时三维经食道超声心动图在空间缺损微创封堵术中的应用[J]. 安徽医科大学学报, 2018, 53(5): 812-815.
- [14] BLEAKLEY C, MONAGHAN M. 3D transesophageal echocardiography in TAVR [J]. Echocardiography, 2020, 37(10): 1654-1664.
- [15] MEHTA A, SALE S, CAPDEVILLE M. The deployment of valve academic research consortium 3 (VARC-3): new endpoints, broader definitions, and plenty of unanswered questions[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2021, 35(12): 3463-3466.
- [16] 冯胖子, 张申伟, 马倩倩, 等. 主动脉瓣重度狭窄经导管主动脉瓣置换术后患者围术期效果观察[J]. 心肺血管病杂志, 2019, 38(11): 1146-1149.
- [17] 周广为, 李 宁, 费 翔, 等. 二维超声心动图评价经导管主动脉瓣置入术后早期左心形态及收缩功能[J]. 第二军医大学学报, 2020, 41(8): 864-870.
- [18] LIU L, PENG Y, SHI J, et al. Initial experience with repositionable J-Valve for severe aortic regurgitation: a single-center experience[J]. J Cardiovasc Surg(Torino), 2022, 63(4): 521-528.
- [19] SAMMOUR Y, KRISHNASWAMY A, KUMAR A, et al. Incidence, predictors, and implications of permanent pacemaker requirement after transcatheter aortic valve replacement[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2021, 14(2): 115-134.

- [20] AUFFRET V, PURI, URENA M, et al. Conduction disturbances after transcatheter aortic valve replacement: current status and future perspectives [J]. *Circulation*, 2017, 136(11): 1049-1069.
- [21] SCHOECHLIN S, HEIN M, BRENNEMANN T, et al. 5-year outcomes after transcatheter aortic valve implantation: focus on paravalvular leakage assessed by echocardiography and hemodynamic parameters [J]. *Cathet Cardio Intervent*, 2022, 99(5): 1582-1589.
- [22] LAAKSO T, LAINE M, MORIYAMA N, et al. Impact of paravalvular regurgitation on the mid-term outcome after transcatheter and surgical aortic valve replacement [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2020, 58(6): 1145-1152.
- [23] XUE Y, ZHOU Q, LI S, et al. Transapical transcatheter valve replacement using J-valve for aortic valve diseases [J]. *Ann Thorac Surg*, 2021, 112(4): 1243-1249.
- [24] 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. 经导管主动脉瓣置换术中国专家共识(2020更新版) [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2020, 28(6): 301-309.
- [25] SCHEWEL D, FRERKER C, SCHEWEL J, et al. Clinical impact of paravalvular leaks on biomarkers and survival after transcatheter aortic valve implantation [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2015, 85(3): 502-514.