

超声心动图在经导管主动脉瓣置换术中的应用价值

李娜娜 朱向明 胡国兵

摘要 **目的** 探讨超声心动图在主动脉瓣膜病变患者经导管主动脉瓣置换术(TAVR)的术前评估、术中监测及术后随访中的应用价值。**方法** 回顾性分析我院收治的 32 例行 TAVR 的主动脉瓣膜病变患者的临床资料,分为单纯主动脉狭窄患者 13 例(I 组),单纯主动脉瓣反流患者 6 例(II 组),主动脉瓣狭窄合并反流患者 13 例(III 组)。分析各组术前多层计算机断层扫描(MSCT)对主动脉根部结构测值、术前及术后 1 个月超声心动图参数的差异,以及术中情况、术后并发症发生情况。**结果** 32 例患者术中均经股动脉植入瓣膜,并应用经食管超声心动图(TEE)监测,其中 2 例于 TEE 引导下经房间隔穿刺逆行跨主动脉瓣,4 例采用瓣中瓣手术。术前实时三维经食管超声心动图(RT-3D TEE)与 MSCT 测得的主动脉瓣环最大径、最小径、面积、周长,以及左、右冠状动脉开口高度比较,差异均无统计学意义。术后即刻 TEE 评估:少至中量瓣周漏 4 例,少量瓣周漏 9 例,微量瓣周漏 5 例,无瓣周漏 14 例。经胸超声心动图结果显示,与术前比较,I 组术后 1 个月主动脉瓣峰值流速(AV Vmax)、主动脉瓣平均跨瓣压差(AVPGmean)、室间隔厚度(IVST)、左室后壁厚度(PWT)均减小,左室射血分数(LVEF)增大,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);II 组术后 1 个月主动脉瓣反流面积(AR area)、主动脉瓣缩流径(AR width)及左室舒张末期径(LVEDD)均减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);III 组术后 1 个月 AV Vmax、AVPGmean、AR area、AR width、IVST、PWT、LVEDD 均减小,LVEF 增大,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。术后随访死亡 1 例,行永久起搏器植入 4 例。**结论** 超声心动图在不同类型的主动脉瓣膜病变患者 TAVR 的术前评估、术中监测及术后随访中均具有重要作用,可为 TAVR 的疗效评估及预后判断提供依据。

关键词 超声心动描记术;主动脉瓣置换,经导管;主动脉瓣狭窄;主动脉瓣反流

[中图法分类号]R540.45;R542.5

[文献标识码]A

Application value of echocardiography in transcatheter aortic valve replacement

LI Na'na, ZHU Xiangming, HU Guobing

Department of Ultrasound, Yijishan Hospital, Wannan Medical College, Anhui 241001, China

ABSTRACT **Objective** To investigate the application value of echocardiography in the preoperative evaluation, intraoperative monitoring, and postoperative follow-up of transcatheter aortic valve replacement (TAVR) in patients with aortic valve lesions. **Methods** The clinical data of 32 patients with aortic valve lesions underwent TAVR were retrospectively analyzed, including 13 patients with simple aortic stenosis (group I), 6 patients with simple aortic regurgitation (group II), and 13 patients with aortic stenosis with regurgitation (group III). Preoperative multilayer computed tomography (MSCT) measurements of aortic root structures, intraoperative conditions, preoperative and 1-month postoperative echocardiographic parameters, and postoperative complications in each group were analyzed. **Results** Intraoperative valve implantation via the femoral artery was performed in 32 patients and monitored by transesophageal echocardiography (TEE), including retrograde transaortic valve by TEE-guided septal puncture in 2 cases and valve-in-valve in 4 cases. The differences between preoperative real-time three-dimensional (RT-3D TEE) and MSCT measurements of the maximum diameter, minimum diameter, area, circumference of the aortic annulus, as well as the height of the left and right coronary artery openings, were not statistically significant. Immediate postoperative evaluation of TEE: few-moderate perivalvular leaks in 4 cases, few perivalvular leaks in 9 cases, microperivalvular leaks in 5 cases, and no perivalvular leaks in 14 cases. Compared with the preoperative results, the peak aortic valve velocity (AV Vmax), mean transvalvular pressure difference (AVPGmean), interventricular septal thickness

基金项目:安徽省中央引导地方科技发展专项(2017070802D152);皖南医学院弋矶山医院科研能力“高峰”培育计划项目(弋院[2018]140号)

作者单位:241001 安徽省芜湖市,皖南医学院弋矶山医院超声科

通讯作者:胡国兵, Email: guobing.hu@163.com

(IVST), and posterior left ventricular wall thickness (PWT) decreased, and left ventricular ejection fraction (LVEF) increased in group I 1 month after surgery, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). The aortic regurgitation area (AR area), aortic valve constriction diameter (AR width) and left ventricular end-diastolic diameter (LVEDD) decreased in group II 1 month after surgery, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). The AV Vmax, AVPGmean, AR area, AR width, IVST, PWT, and LVEDD decreased, and LVEF increased in group III 1 month after surgery, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). There was 1 case of postoperative follow-up death and 4 cases of permanent pacemaker implantation. **Conclusion** Echocardiography plays an important role in preoperative evaluation, intraoperative monitoring and postoperative follow-up of TAVR in patients with different types of aortic valve lesions, and can provide evidence for the assessment of the efficacy and prognosis of TAVR.

KEY WORDS Echocardiography; Aortic valve replacement, transcatheter; Aortic stenosis; Aortic regurgitation

主动脉瓣膜病变是常见的心脏瓣膜病变,主要包括主动脉瓣狭窄(aortic stenosis, AS)和主动脉瓣反流(aortic regurgitation, AR),我国老年 AS 患者易合并 AR^[1]。既往主动脉瓣膜病变仅能通过外科手术干预治疗,近年来经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)为存在传统手术禁忌症或高风险的主动脉瓣膜病变患者提供了一种有效的替代治疗方法^[2]。超声心动图作为一种无创、便捷的检查手段,对早期识别主动脉瓣病变具有重要价值,本研究旨在探讨超声心动图在不同类型主动脉瓣膜病变患者 TAVR 术前评估、术中监测及术后随访中的应用价值,以期 TAVR 的疗效评估及预后判断提供依据。

资料与方法

一、研究对象

选取 2021 年 3 月至 2022 年 2 月我院心脏病中心收治的接受 TAVR 的主动脉瓣膜病变患者 32 例,男 18 例,女 14 例,年龄 53~84 岁,平均(73.2±8.2)岁;分为单纯 AS 患者 13 例(I 组),单纯 AR 患者 6 例(II 组),AS 合并 AR 患者 13 例(III 组)。纳入标准:①超声心动图检查提示主动脉瓣峰值流速(AV Vmax)≥4.0 m/s,或主动脉瓣平均跨瓣压差(AVPGmean)≥40 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa),或主动脉瓣口面积≤1.0 cm²;②有胸闷、晕厥等相关临床症状,美国纽约心脏病协会(NYHA)心功能分级 II 级以上;③存在外科手术禁忌、高危或其他危险因素;④患者预期寿命≥1 年;⑤外科主动脉生物瓣膜毁损且再次外科手术高危或禁忌患者;⑥症状性单纯严重 AR。排除标准:①左室内新鲜血栓;②急性心肌梗死;③左室流出道严重梗阻;④术后预期寿命<1 年。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均知情同意。

二、仪器与方法

1. 超声心动图检查:使用 Philips EPIQ 7C、iE 33 彩色多普勒超声诊断仪, S5-1 经胸探头和 X7-2t 经食管探头,频率分别为 1~5 MHz 和 2~7 MHz。①术前均行经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, TTE)检查,嘱受检者取左侧卧位或平卧位,使用 S5-1 探头先行常规超声心动图检查,于胸骨旁左室长轴切面测量左室舒张末期内径(LVEDD)、室间隔厚度(IVST)、左室后壁厚度(PWT),通过三尖瓣反流压差估测肺动脉收缩压;于心尖四腔心及两腔心切面应用 Simpson 双平面法测量左室射血分数(LVEF)。应用连续多普勒获取主动脉瓣相关参数,于心尖五腔心(尽量保持血流方向与超声束平行)切面测量 AV Vmax、AVPGmean,通过测量主动脉瓣反流面积(AR area)、主动脉瓣缩流径(AR width)评估 AR 程度。②TAVR 前均行经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)检查,于患者全身麻醉状态下,插入食管超声探头,获取食管中段主动脉瓣根部长轴和短轴切面,启动实时三维经食管超声心动图(RT-3D TEE)显像,应用 live 3D、full volume、3D zoom 显示主动脉瓣结构特征并采集图像,应用 3D TEE MultiVue 多平面定位切割获取主动脉瓣环最大径、最小径、面积、周长,以及左、右冠状动脉开口高度,术后即刻应用 TEE 评估人工瓣膜位置、形态及功能,以及人工主动脉瓣反流情况、左室功能等。③术后 1 个月复查 TTE,评估心脏整体功能、人工瓣膜形态及功能。以上操作均由检查经验丰富的高年资心脏超声医师完成。

2. MSCT 检查:术前 3~5 d 所有患者均行 MSCT 检测,由 TAVR 团队中的专家分析主动脉瓣环最大径、最小径、面积、周长,以及左、右冠状动脉开口高度,选取合适的瓣膜型号。

3. 临床资料获取:收集并记录患者基本资料、术前

主要合并症、术后并发症发生情况等。

三、统计学处理

应用 SPSS 25.0 统计软件, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 多组比较采用方差分析, 组内两两比较采用配对 t 检验, RT-3D TEE 与 MSCT 术前主动脉根部结构测值比较采用独立样本 t 检验; 计数资料以频数表示, 采用 Fisher 精确检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组一般资料比较

32 例患者中, 主动脉瓣生物瓣置换后再次重度狭

窄 1 例, 慢性肾功能不全 4 例; 二尖瓣中度及以上反流 13 例, 三尖瓣中度及以上反流 4 例, 肺动脉高压 2 例 (均为中度肺动脉高压)。 各组一般资料比较, 差异均无统计学意义。 见表 1。

二、RT-3D TEE 与 MSCT 术前主动脉根部结构测值比较

术前 RT-3D TEE 与 MSCT 测得主动脉瓣环最大径、最小径、面积、周长, 以及左、右冠状动脉开口高度比较, 差异均无统计学意义。 见表 2。

三、术中及并发症发生情况

32 例患者均经股动脉途径成功植入瓣膜。 术中

表 1 各组一般资料比较

组别	男/女(例)	年龄(岁)	NYHA 心功能分级Ⅲ级及以上(例)	高血压(例)	糖尿病(例)	冠状动脉粥样硬化性心脏病(例)
I 组(13)	8/5	73.69±7.47	7	3	2	2
II 组(6)	3/3	70.83±9.50	4	2	1	1
III 组(13)	7/6	72.46±10.01	9	4	1	3
P 值	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

组别	慢性阻塞性肺病(例)	慢性肾功能不全(例)	主动脉瓣瓣膜置换术(例)	二尖瓣中度及以上反流(例)	三尖瓣中度及以上反流(例)	肺动脉高压(例)
I 组(13)	1	0	1	4	3	1
II 组(6)	0	0	0	2	1	0
III 组(13)	1	4	0	7	0	1
P 值	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

NYHA: 美国纽约心脏病协会

表 2 RT-3D TEE 与 MSCT 术前主动脉根部结构测值比较($\bar{x} \pm s$)

方法	主动脉瓣环				左冠状动脉开口	右冠状动脉开口
	最大径(mm)	最小径(mm)	面积(mm ²)	周长(mm)	高度(mm)	高度(mm)
RT-3D TEE	27.72±4.28	22.18±3.44	477.70±167.05	78.68±11.74	12.87±2.61	14.62±2.80
MSCT	27.85±4.13	22.23±3.57	487.87±145.48	78.82±11.70	13.09±2.78	15.21±3.40
<i>t</i> 值	-0.12	-0.06	-0.25	-0.32	-0.75	-0.05
<i>P</i> 值	0.905	0.953	0.802	0.751	0.454	0.963

均经 TEE 监测, 2 例于 TEE 引导下房间隔穿刺逆行跨主动脉瓣, 4 例采用瓣中瓣手术。 术后即刻评估: 少至中等量瓣周漏 4 例, 少量瓣周漏 9 例, 微量瓣周漏 5 例, 无瓣周漏 14 例。 1 例术后 1 周因多器官衰竭死亡, 4 例因出现Ⅲ度房室传导阻滞行永久起搏器植入术。

四、各组术前与术后 1 个月 TTE 参数比较

与术前比较, I 组术后 1 个月 AV Vmax、AVPGmean 下降, IVST、PWT 减小, LVEF 增大, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$); II 组术后 1 个月 AR area、AR width、LVEDD 均减小, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$); III 组术后 1 个月 AV Vmax、AVPGmean 下降, AR area、AR width、IVST、PWT、LVEDD 均减小, LVEF 增大, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。 见表 3 和图 1。

讨 论

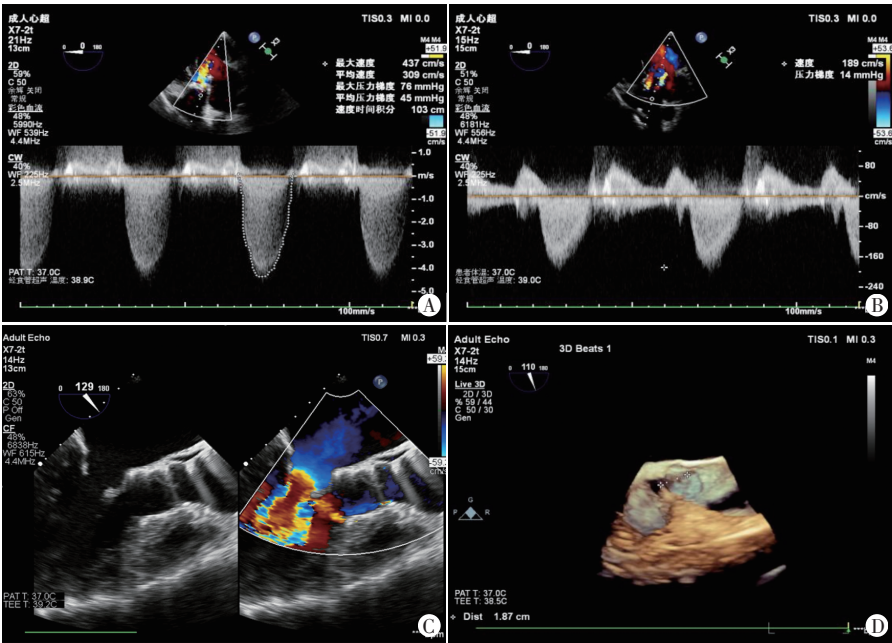
TAVR 已成为临床公认的外科主动脉瓣置换术的替代治疗方法, 适用于不能手术或手术风险相对较高的重度 AS 患者^[3]。 研究^[4-5]报道即使在手术风险较低的患者中, TAVR 的疗效也不亚于外科主动脉瓣置换术。 《中国经导管主动脉瓣置换术临床路径专家共识 (2021 版)》^[6]更新并扩大了 TAVR 适应证, 对于单纯严重 AR 可在有经验的中心及术者中进行探索性尝试。 研究^[7]显示 75 岁以上人群中中度以上 AR 发病率为 2.85%。 李捷等^[8]研究证实经动脉入路 TAVR 治疗单纯 AR 安全有效。 TAVR 术前准确评估主动脉瓣根部解剖结构对手术成功与否至关重要, MSCT 是目前评估主动脉瓣环、主动脉、冠状动脉及外周动脉解剖结

表3 各组术前与术后1个月TTE参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	AV Vmax(m/s)		AVPGmean(mm Hg)		AR area(cm ²)		AR width(mm)	
	术前	术后1个月	术前	术后1个月	术前	术后1个月	术前	术后1个月
I 组(13)	4.8±0.7	2.3±0.7*	53.2±15.2	11.5±7.6*	—	—	—	—
II 组(6)	—	—	—	—	8.2±1.4	0.7±0.3*	6.8±0.9	0.5±0.3*
III 组(13)	3.9±1.0	2.1±0.4*	35.7±18.2	9.4±4.4*	8.9±4.5	1.6±1.1*	6.6±1.2	1.1±0.9*

组别	IVST(mm)		PWT(mm)		LVEDD(mm)		LVEF(%)	
	术前	术后1个月	术前	术后1个月	术前	术后1个月	术前	术后1个月
I 组(13)	13.9±1.1	11.9±1.8*	13.2±1.2	11.6±1.3*	50.5±7.8	48.9±9.4	54.1±8.9	59.7±7.9*
II 组(6)	—	—	—	—	57.2±10.1	53.2±10.4*	47.7±12.1	50.0±12.3
III 组(13)	13.5±2.7	11.9±2.5*	12.2±2.0	11.1±2.2*	58.9±7.9	53.4±6.7*	53.2±9.0	59.5±10.0*

与同组术前比较,* $P<0.05$ 。AV Vmax:主动脉瓣峰值流速;AVPGmean:主动脉瓣平均跨瓣压差;AR area:主动脉瓣反流面积;AR width:主动脉瓣缩径径;LVEDD:左室舒张末期径;IVST:室间隔厚度;PWT:左室后壁厚度;LVEF:左室射血分数。1 mm Hg=0.133 kPa



A:TEE于心尖五腔心切面测得AV Vmax、峰值跨瓣压差及AVPGmean分别为4.37 m/s、76 mm Hg及45 mm Hg; B:术后即刻TEE于心尖五腔心切面测得AV Vmax、峰值跨瓣压差分别为1.89 m/s、14 mm Hg; C:术中TEE监测瓣膜释放后见少量瓣周漏; D:RT-3D TEE测得右冠状动脉开口高度为18.7 mm

图1 重度AS患者超声心动图表现

构的金标准,可用于判断是否适合TAVR及植入瓣膜的型号。对于不能耐受CT检查患者,超声心动图检查可作为评估术前主动脉根部解剖结构的主要手段^[2],且具有可重复检查、无辐射及操作便捷等优点。

本研究结果显示,RT-3D TEE与MSCT测得的主动脉瓣环最大径、最小径、面积、周长,以及左、右冠状动脉开口高度比较差异均无统计学意义,表明应用RT-3D TEE能准确评估主动脉瓣结构特征。研究^[9]报道应用TEE评估主动脉瓣结构特征并引导完成TAVR,获得了良好的手术效果,TEE可在有CT禁忌症或急诊患者行TAVR术中发挥有效的替代作用^[10]。此外,本研究中有2例患者因顺行跨瓣困难,在TEE引导

下经房间隔穿刺逆行跨瓣成功,进一步证实了TEE在TAVR术中的应用价值。

瓣周漏是TAVR术后的常见并发症,但随着防瓣周漏技术的新一代瓣膜的使用,其发生率越来越低。大多患者的瓣周漏为轻微至轻度,且自膨式瓣膜可能随着时间的延长而减轻^[2]。本研究前期筛选病例时,1例患者因二尖瓣、三尖瓣反流较重,血流动力学不稳定转胸心外科行SAVR;1例因在术前行冠状动脉造影引导下经皮冠状动脉介入治疗,导致手术时间过长,患者身体难以耐受,后择期行外科主动脉瓣置换术。最终纳入的32例患者均经股动脉途径植入自膨式瓣膜,其中4例植入第1个瓣膜后因中度及以上瓣周漏而采取瓣中瓣手术,植入第2个

瓣膜后几乎无瓣周漏。研究^[11]表明大量瓣周漏严重影响患者预后,因此术中应用TEE监测植入第1个瓣膜后是否有中度及以上瓣周漏,并及时考虑瓣中瓣手术或球囊后扩张,对患者的预后至关重要。

TAVR术后主要通过TTE进行随访,不同类型的主动脉瓣膜病变随访的重点也不同^[12]。本研究术前二尖瓣中度及以上反流患者13例,术后1个月减少至8例;术前三尖瓣中度及以上反流患者4例,术后1个月减少至2例,肺动脉收缩压均较术前降低。I组和III组术后1个月AV Vmax、AVPGmax均低于术前,LVEF均高于术前(均 $P<0.05$),与既往研究^[13-14]结果一致。原因可能是人工瓣膜植入替代原有瓣膜后,左室后负

荷明显减低,左室心肌发生逆重构,从而改善左心功能。此外,术后 1 个月 IVST、LVPT 较术前减小,这也符合左室逆重构的结论。Ⅱ、Ⅲ组术后 1 个月 LVEDD、AR area、AR width 均较术前减小(均 $P < 0.05$),但Ⅱ组术后 LVEF 未见明显改善。究其原因,AR 患者因长期主动脉瓣关闭不全,左室舒张末期充盈压较高,使左室失代偿,这可能需要较长时间的随访来观察心脏功能的改善情况。研究^[15]报道 TAVR 术后 LVEF 未明显改善的患者可能是由于缺乏收缩储备或存在显著的瓣周漏。虽然术前 LVEF 保留(>50%)患者在 TAVR 术后通常不会立即出现 LVEF 增大,但二维斑点追踪技术仍可以发现其左室整体纵向应变在术后早期有所改善^[16-19],说明早期 LVEF 未出现显著增加时,左室已经出现逆重构。

本研究的局限性:①为单中心回顾性研究,样本量较小,特别是单纯 AR 患者数量最少;②本研究随访时间短,仅随访至术后 1 个月,对 TAVR 术后的远期评估不全。有待后续进行多中心、大样本的研究,以及更长期的随访进一步探讨。

综上所述,超声心动图在不同类型的主动脉瓣膜病变 TAVR 的术前评估、术中监测及术后随访中均具有重要作用,可为 TAVR 的疗效评估及预后判断提供依据。

参考文献

- [1] 韩康宁,马晓腾,杜保,等.中国人群主动脉瓣狭窄的特点[J].心肺血管病杂志,2021,40(9):990-991,1000.
- [2] 周达新,潘文志,吴永健,等.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.
- [3] 魏薪,李茜,钟雪梅,等.超声心动图在经导管主动脉瓣置换术中的研究进展[J].华西医学,2021,36(9):1282-1287.
- [4] Popma JJ, Deeb GM, Yakubov SJ, 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.
- [5] Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, 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.
- [6] 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(2021 版)[J].中国介入心脏病学杂志,2022,30(1):7-16.
- [7] Pan W, Zhou D, Cheng L, et al. Aortic regurgitation is more prevalent than aortic stenosis in Chinese elderly population: Implications for transcatheter aortic valve replacement[J]. Int J Cardiol, 2015, 201(15):547-548.
- [8] 李捷,孙英皓,李光,等.经动脉入路经导管主动脉瓣置换术治疗单纯主动脉瓣反流的初步经验[J].中国介入心脏病学杂志,2021,29(12):678-683.
- [9] 邵若宸,赵振刚,魏薪,等.重度主动脉瓣狭窄致心源性休克患者行急诊经导管主动脉瓣置换术一例[J].华西医学,2020,35(4):430-433.
- [10] Vaquerizo B, Spaziano M, Alali J, et al. Three-dimensional echocardiography vs. computed tomography for transcatheter aortic valve replacement sizing[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016, 17(1):15-23.
- [11] 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.
- [12] 朱振辉.超声心动图评估主动脉瓣狭窄:2017 年 EACVI/ASE 临床建议更新解读[J].中国循环杂志,2017,11(32):1000-1004.
- [13] 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换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.
- [14] Ayhan H, Kasapkara HA, Durmazt, et al. Impact of transcatheter aortic valve implantation in patients with reduced ejection fraction[J]. Cardiol J, 2015, 22(1):108-114.
- [15] Bianchi M, Marom G, Ghosh RP, et al. Patient-specific simulation of transcatheter aortic valve replacement: impact of deployment options on paravalvular leakage[J]. Biomech Model Mechanobiol, 2019, 18(2):435-451.
- [16] Schymik G, Tzamalís P, Herzberger V, et al. Transcatheter aortic valve implantation in patients with a reduced left ventricular ejection fraction: a single-centre experience in 2000 patients (TAVIK Registry)[J]. Clin Res Cardiol, 2017, 106(12):1018-1025.
- [17] Naeim HA, Abuelatta R, Alatawi FO, et al. Assessment of left ventricular mechanics in patients with severe aortic stenosis after transcatheter aortic valve implantation: 2-D speckle tracking imaging study[J]. J Saudi Heart Assoc, 2020, 32(2):248-255.
- [18] Zhang H, Xie JJ, Li RJ, et al. Change and impact of left ventricular global longitudinal strain during transcatheter aortic valve implantation[J]. World J Clin Cases, 2022, 10(6):1806-1814.
- [19] Al-Rashid F, Totzeck M, Saur N, et al. Global longitudinal strain is associated with better outcomes in transcatheter aortic valve replacement[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2020, 20(1):267.

(收稿日期:2022-04-15)