

经导管主动脉瓣置换术治疗主动脉瓣重度狭窄的疗效评价

李柳¹, 郑庆厚¹, 王乐¹, 郑明奇¹, 刘刚¹, 王硕²

(1. 河北医科大学第一医院心内科, 石家庄 050011; 2. 石家庄市人民医院心内科, 石家庄 050031)

摘要 **目的** 评价经导管主动脉瓣置换术 (TAVR) 治疗主动脉瓣重度狭窄的效果。**方法** 回顾性研究2020年5月至2023年5月在河北医科大学第一医院心脏中心住院行TAVR并完成6个月随访的主动脉瓣重度狭窄患者46例的临床资料。患者均完善术前检查, 行简明精神状态检查 (MMSE) 和蒙特利尔认知评估量表 (MOCA) 检查, 观察手术安全性指标 (包括瓣膜置入即刻成功率、瓣膜移位、死亡、心脏传导阻滞、瓣周漏、冠状动脉阻塞、脑卒中、入径血管破裂、心脏压塞、主动脉夹层、大出血), 有效性指标 [包括术前及术后1 d、7 d、3个月、6个月的临床症状、B型利钠肽 (BNP)、可溶性生长刺激表达基因2蛋白 (sST2)、超声心动图结果], 以及认知功能指标 (包括术前及术后3个月、6个月的MMSE和MOCA检查)。通过上述指标评价TAVR的疗效。**结果** TAVR手术安全性指标: 瓣膜置入即刻成功率100%, 发生瓣膜移位1例, 新发束支传导阻滞4例, 瓣周漏2例, 脑卒中2例, 入径血管破裂1例, 大出血1例, 无死亡、冠状动脉阻塞、心脏压塞、主动脉夹层病例。TAVR手术有效性指标: 术后临床症状改善明显, NYHA I~II级 (30例) 显著高于术前 (18例)。心功能指标BNP、sST2下降显著, 主动脉瓣最大跨瓣流速、主动脉瓣收缩期跨瓣压差、主动脉瓣平均跨瓣压差、左心室舒张末期内径均明显改善。TAVR手术认知功能指标: 术后3个月、6个月MMSE和MOCA检查结果均明显改善。**结论** TAVR手术应用于主动脉瓣重度狭窄患者安全、有效, 且能改善患者的认知功能。

关键词 经导管主动脉瓣置换术; 主动脉瓣重度狭窄; 认知功能

中图分类号 R542.5 文献标志码 A 文章编号 0258-4646(2024)11-0989-05

网络出版地址 <https://link.cnki.net/urlid/21.1227.R.20241120.1429.024>

DOI: 10.12007/j.issn.0258-4646.2024.11.006

Efficacy of transcatheter aortic valve replacement in patients with severe aortic stenosis

LI Liu¹, ZHENG Qinghou¹, WANG Le¹, ZHENG Mingqi¹, LIU Gang¹, WANG Shuo²

(1. Department of Cardiology, The First Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050011, China; 2. Department of Cardiology, Shijiazhuang People's Hospital, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract **Objective** To evaluate the efficacy of transcatheter aortic valve replacement (TAVR) in patients with severe aortic valve stenosis. **Methods** This study included 46 patients with severe aortic valve stenosis who underwent TAVR and completed a six-month follow-up at the Heart Center of the First Hospital of Hebei Medical University between May 2020 and May 2023. All patients underwent a preoperative examination, mini-mental state examination (MMSE), the Montreal cognitive assessment scale (MOCA), and the following safety indicators of surgery, including immediate success rate of valve implantation, valve displacement, death, heart conduction block, perivalve leakage, coronary occlusion, stroke, approach vessel rupture, cardiac tamponade, aortic dissection, and massive bleeding. Effectiveness indicators included clinical symptoms, BNP, sST2, and cardiac color Doppler ultrasound preoperatively and one day, seven days, three months, and six months postoperatively. Cognitive function indicators (MMSE and MOCA), were used preoperatively and three and six months postoperatively. The efficacy of transcatheter aortic was evaluated using these indicators. **Results** The immediate success rate of valve implantation was 100%, with one case of valve displacement, four cases of new bundle branch block, two cases of perivalve leakage, two cases of stroke, one case of inlet vessel rupture, one case of major bleeding, and no deaths, coronary artery occlusion, cardiac tamponade, or aortic dissection. Clinical symptoms improved significantly postoperatively, with 30 cases of NYHA grades I to II being significantly higher than the 18 cases preoperatively. The indicators of cardiac function, BNP, and sST2 significantly decreased, and the maximum aortic valve cross-valve flow velocity, aortic valve systolic cross-valve pressure difference, average aortic valve cross-valve pressure difference, and left ventricular end-diastolic diameter significantly improved. The MMSE and MOCA showed significant improvements three and six months postoperatively. **Conclusion** TAVR is a safe and effective method to improve cognitive function in patients with severe aortic stenosis.

Keywords transcatheter aortic valve replacement; severe aortic stenosis; cognitive function

基金项目: 河北省中医药管理局科研计划 (2023322)

作者简介: 李柳 (1984-), 男, 副主任医师, 硕士。

通信作者: 王硕, E-mail: ws19860913@163.com

收稿日期: 2023-11-07

网络出版时间: 2024-11-21 11:15:20

我国老年性退行性瓣膜病发病率逐年升高,75岁以上的老年人中,主动脉瓣狭窄(aortic stenosis, AS)的发病率约为4%^[1],而AS,尤其是重度狭窄的患者,5年死亡率高达50%^[2]。主动脉瓣置换手术是主动脉瓣重度狭窄的首选方案^[3],但老年患者常难以耐受^[4],经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)使此类高危患者获益^[5],且目前适应证已扩展至中、低危患者^[6]。自国产VitaFlow自膨式瓣膜上市后^[7],我国的TAVR治疗也得到长足发展,但对其疗效的报道较少。本研究对河北医科大学第一医院心脏中心完成的46例TAVR手术患者的临床资料进行回顾性分析,总结国产VitaFlow自膨式瓣膜的疗效,旨在为临床治疗提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象

选择2020年5月至2023年5月在河北医科大学第一医院心脏中心住院行TAVR手术并完成6个月随访的患者46例。本研究获得河北医科大学第一医院医学伦理委员会审查批准(审批号S00489),所有患者签署知情同意书。

纳入标准^[8]:年龄60~85岁;主动脉瓣重度狭窄,超声心动图示跨主动脉瓣血流速度 ≥ 4.0 m/s,或跨主动脉瓣平均压力差 ≥ 40 mmHg,或主动脉瓣口面积 < 1.0 cm²,或有效主动脉瓣口面积指数 < 0.5 cm²/m²;解剖学指标适合TAVR,包括瓣膜钙化程度、主动脉瓣环内径、主动脉窦内径及高度、冠状动脉开口高度、入径血管内径等;有气促、胸痛、晕厥症状,纽约心脏病协会(New York Heart Association, NYHA)心功能分级 \geq II级,且症状明确为AS所致;外科术后人工生物瓣衰败;参考2014年美国瓣膜管理指南^[9],外科手术极高危,或中高危及年龄 ≥ 70 岁;纠治AS后的预期寿命 ≥ 12 个月。

排除标准^[10]:对镍钛合金、造影剂及相关成分过敏或抵抗;无法接受抗凝或抗血小板治疗;感染性心内膜炎活动期或其他活动性感染;左心室内血栓;主动脉瓣赘生物;左心室流出道梗阻;入径或主动脉根部解剖形态上不适合TAVR;纠治AS后的预期寿命 < 12 个月;心肌梗死、脑梗死急性期;医学伦理委员会认为不适宜入选者。

1.2 研究方法

本研究共纳入46例患者,河北医科大学第一医院TAVR多学科团队(multiple disciplinary team, MDT)^[11]专家组负责患者全程管理,包括筛选、评估、术前准备、围手术期管理以及出院随访。TAVR MDT专家组包括心血管内科、心脏外科、心脏超声科、麻醉科、血管外科、心脏重症监护室(cardiac intensive care unit, CCU)、护理团队及上海微创心通医疗科技有限公司工程师。由于TAVR手术的特殊性,所有患者的超声心动图及复查由河北医科大学第一医院心脏超声科同一位主任医师操作。

1.2.1 TAVR术前管理:患者入院均完善TAVR术常规检查,包括血常规、血生化、凝血、动脉血气分析、超声心动图、双下肢血管彩超、肺功能、主动脉多排计算机断层扫描(multislices computed tomography, MSCT)^[10]、冠状动脉计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA)+计算机断层扫描血管造影血流储备分数(computed tomography fractional flow reserve, CTFFR)、头胸CT、简明精神状态检查(mini-mental state examination, MMSE)、蒙特利尔认知评估量表(Montreal cognitive assessment scale, MOCA)检查,并给予双联抗血小板、调血脂、降血压、降血糖等对症治疗。术前备血,并在术前24 h行MDT讨论,对术式、入路、瓣膜型号进行准备。

1.2.2 手术过程^[10]:手术在心脏专用杂交手术室进行,体外循环湿化备用,非插管全身麻醉下进行。根据术前冠状动脉CTA+CTFFR结果,6例患者TAVR术前行经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)+TAVR一站式手术,4例冠状动脉开口偏低患者给予指引导丝至冠状动脉保护,经术前处理所有患者未发生冠状动脉阻塞。经颈内静脉入径放置临时起搏器导管于右心室心尖部。在超声引导下穿刺双侧股动脉,预先放置动脉缝合装置,随后置入动脉鞘管,选择优势路径应用敖广瓣膜球囊扩张导管扩张后送入VitaFlow自膨式瓣膜(上海微创心通医疗科技有限公司),对侧放置猪尾导管至主动脉根部,供测压与造影用。瓣膜置入成功率100%,随后行超声心动图评估,应用压迫及外科缝合入径血管止血,术毕送入CCU恢复。

1.2.3 TAVR术后管理:(1)所有患者给予双联抗血小板(阿司匹林100 mg口服1次/d+氯吡格雷75 mg口

服1次/d)治疗3~6个月后,终身单抗血小板治疗(阿司匹林100 mg口服1次/d)^[12];对于心房颤动患者,联合抗凝治疗(利伐沙班10 mg口服1次/d)^[13]。根据具体情况给予改善心力衰竭预后药物(包括美托洛尔、沙库巴曲缬沙坦、维立西呱、伊伐布雷定等)。(2)术后7 d严密心电监护^[14],所有患者术后1 d、7 d、3个月、6个月复查心功能指标和超声心动图。(3)所有患者于TAVR术前及术后3个月、6个月由相同的2位资深神经内科主任医师行MMSE和MOCA检查,为了保证准确性,本研究委托首都医科大学附属宣武医院河北医院(国家区域医疗中心)认知障碍专业组2位主任医师进行测评。

1.2.4 随访:TAVR术后3个月、6个月时,所有患者完善血常规、心功能指标、心电图、超声心动图及MMSE、MOCA检查(程序同前)。

1.3 观察指标

1.3.1 安全性指标^[10]:瓣膜置入即刻成功率、瓣膜移位、死亡、心脏传导阻滞、瓣周漏、冠状动脉阻塞、脑卒中、入径血管破裂、心脏压塞、主动脉夹层、大出血。

1.3.2 有效性指标^[15]:术前及术后1 d、7 d、3个月、6个月的临床症状、B型利尿钠肽(B-type natriuretic peptide, BNP)、可溶性生长刺激表达基因2蛋白(soluble growth stimulation expressed gene 2, sST2)、超声心动图(主动脉瓣最大跨瓣流速、收缩期主动脉瓣跨瓣压差、左室射血分数、左心室舒张末期内径)。

1.3.3 认知功能指标:术前及术后3个月、6个月进行MMSE和MOCA检查。

1.4 统计学分析

采用SPSS 23.0软件进行统计学分析。对连续性变量先进行正态分布检验,符合正态分布者以 $\bar{x} \pm s$ 表示,用 t 检验比较;不符合正态分布者以 $M(P_{25} \sim P_{75})$ 表示,用 U 检验比较。计数资料以率(%)表示,用 χ^2 检验或Fisher确切概率法比较。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床特征

本研究共纳入46例患者,其中男28例(60.8%),平均年龄(76.31 ± 7.04)岁;体重指数平均(23.5 ± 3.6) kg/m²;NYHA I~II级18例(39.1%), III~IV级28例

(60.9%);二叶式主动脉瓣18例(39.1%);合并糖尿病7例(15.2%),高血压16例(34.7%),冠状动脉粥样硬化性心脏病20例(43.4%),心房颤动11例(23.9%),完全性束支传导阻滞3例(6.5%),陈旧性脑梗死10例(21.7%),慢性阻塞性肺疾病4例(8.6%),慢性肾功能衰竭6例(13.0%),长期透析2例(4.3%)。第一秒用力呼气容积(forced expiratory volume in one second, FEV₁)平均(75.6 ± 16.3)%。所有患者主动脉瓣收缩期跨瓣压差(96.7 ± 23.4) mmHg,平均跨瓣压差(55.6 ± 21.3) mmHg,主动脉瓣最大跨瓣流速(476.2 ± 73.4) cm/s,左室射血分数(56.2 ± 11.6)%,左心室舒张末期内径(55.2 ± 10.5) mm, BNP(876.5 ± 162.8) pg/mL, sST2(71.6 ± 26.40) μg/mL, 丙氨酸转氨酶(42.5 ± 14.34) U/L, 谷氨酸转氨酶(43.8 ± 11.30) U/L, 血肌酐(93.2 ± 26.98) μmol/L。

2.2 合并用药情况

46例患者中,合并用药情况如下:他汀类18例(39.1%),阿司匹林46例(100%),氯吡格雷46例(100%),利伐沙班10例(21.7%),β受体阻滞剂27例(58.6%),降糖药物7例(15.2%),利尿剂34例(73.9%),血管紧张素转换酶抑制剂/血管紧张素II受体拮抗剂/血管紧张素受体脑啡肽酶抑制剂21例(45.6%)。

2.3 安全性指标

本组患者瓣膜置入即刻成功率100%,发生瓣膜移位1例(2.1%),但术后超声心动图复查显示仅轻度瓣周漏(<2 mm);新发束支传导阻滞4例(8.6%),均无症状;瓣周漏2例(4.3%),均<2 mm;脑卒中2例(4.3%);入径血管破裂1例(2.1%),经血管外科修补后脱离危险;大出血1例(2.1%),经输血治疗后好转。无死亡、冠状动脉阻塞、心脏压塞、主动脉夹层病例。

2.4 有效性指标

术后临床症状改善明显,从术后3个月开始,NYHA I~II级30例(65.2%),显著高于术前[18例(39.1%)],至第6个月NYHA I~II级升至34例(73.9%),显示出良好的疗效。心功能指标BNP下降明显,术后1 d与术前比较差异有统计学意义($P = 0.001$),之后呈逐渐下降趋势;心肌纤维化指标sST2从术后7 d开始低于术前,差异有统计学意义($P = 0.003$),之后逐渐下降。主动脉瓣最大跨瓣流速、主动脉瓣收缩期跨瓣压差、主动脉瓣平均跨瓣压差均在术后1 d复查

时差异即有统计学意义 ($P = 0.001$), 之后逐渐好转; 左心室舒张末期内径在术后6个月开始低于术前, 差异有统计学意义 ($P = 0.004$)。左室射血分数在术后6个月内与术前比较差异无统计学意义。见表1。

2.5 认知功能指标

术后3个月、6个月时MMSE和MOCA结果与术前比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 术后认知功能改善明显。见表2。

表1 TAVR手术前后有效性指标比较
Tab.1 Comparison of the effectiveness indicators between pre- and post-TAVR

Validity index	Preoperation	1 d after TAVR	7 d after TAVR	3 months after TAVR	6 months after TAVR
NYHA I to II [n (%)]	18 (39.1)	20 (43.4)	27 (58.6)	30 (65.2) ¹⁾	34 (73.9) ¹⁾
NYHA III to IV [n (%)]	28 (60.9)	26 (56.6)	19 (41.3)	16 (34.8) ¹⁾	12 (26.1) ¹⁾
BNP (pg/mL)	876.5 ± 162.8	476.4 ± 273.5 ¹⁾	410.7 ± 241.9 ¹⁾	384.4 ± 164.2 ¹⁾	375.6 ± 155.4 ¹⁾
sST2 (µg/mL)	71.6 ± 26.4	69.8 ± 19.8	57.3 ± 18.7 ¹⁾	39.5 ± 20.4 ¹⁾	40.2 ± 18.6 ¹⁾
Maximum transvalvular flow velocity of aortic valve (cm/s)	476.2 ± 73.4	246.3 ± 43.9 ¹⁾	224.7 ± 50.2 ¹⁾	209.8 ± 46.4 ¹⁾	201.8 ± 39.4 ¹⁾
Systolic transvalvular pressure gradient of aortic valve (mmHg)	96.7 ± 23.4	23.4 ± 8.6 ¹⁾	22.1 ± 6.5 ¹⁾	20.9 ± 5.7 ¹⁾	20.1 ± 4.6 ¹⁾
Mean transaortic pressure gradient (mmHg)	55.6 ± 21.3	14.6 ± 7.8 ¹⁾	13.5 ± 6.8 ¹⁾	13.3 ± 6.2 ¹⁾	11.7 ± 5.1 ¹⁾
Left ventricular ejection fraction (%)	56.2 ± 11.6	56.4 ± 10.8	57.6 ± 9.2	59.3 ± 8.4	58.6 ± 10.7
Left ventricular end diastolic diameter (mm)	55.2 ± 10.5	55.9 ± 9.4	54.3 ± 8.4	52.2 ± 10.7	49.5 ± 8.1 ¹⁾

1) $P < 0.05$ vs. preoperation.

表2 TAVR手术前后认知功能比较 ($\bar{x} \pm s$)
Tab.2 Comparison of cognitive function pre- and post-TAVR ($\bar{x} \pm s$)

Item	Preoperation	3 months after TAVR	6 months after TAVR
MMSE	22.85 ± 2.41	21.79 ± 2.62 ¹⁾	18.84 ± 2.63 ¹⁾
MOCA	23.53 ± 2.58	21.51 ± 2.42 ¹⁾	19.65 ± 6.87 ¹⁾

1) $P < 0.05$ vs. preoperation.

3 讨论

AS是常见的瓣膜性心脏病, 其发病率与年龄呈正相关, 在老年人群中其发病率约为2%~4%^[16], 具有高致死率和高致残率^[17]。TAVR是应用导管将组装完备的人工主动脉瓣置入病变的主动脉瓣处, 避免了开胸手术及体外循环, 自2002年开展至今, 已成为AS的一线治疗手段^[18]。1项日本的针对重度AS患者的研究^[19]显示, TAVR治疗可显著改善术后6个月的临床症状。我国的AS患者与欧美相比具有二叶式主动脉瓣较多^[20]、钙化程度重^[21]、合并主动脉瓣反流多^[22]、风湿性病因占比高^[23]、入径血管细^[24]等特点。TAVR手术在改善心功能的同时也改善了脑灌注, 但其对认知功能的影响目前国内尚无研究。

TAVR手术的安全性和有效性是临床上重点关注的问题。本研究选取在我院行TAVR手术并完成6个月随访的46例患者, 观察其术前、术中、术后的手术安全性、有效性以及认知功能情况。本研究应用MMSE和MOCA对患者的认知功能进行评估, 结果显示, 瓣膜置入即刻成功率100%, 发生瓣膜移位1例(2.1%), 但是经术后超声心动图复查发现仅轻度瓣周漏(<2 mm); 新发束支传导阻滞4例(8.6%), 均无症状; 瓣周漏2例(4.3%), 均<2 mm; 脑卒中2例(4.3%); 入径血管破裂1例(2.1%), 经血管外科修补后脱离危险; 大出血1例(2.1%), 经输血治疗后好转; 无死亡、冠状动脉阻塞、心脏压塞、主动脉夹层病例, 表明安全性指标良好。另外, 患者术后临床症状改善明显, 术后3个月NYHA I~II级比例(65.2%)

显著高于术前(39.1%),术后6个月NYHA I~II级比例升至73.9%。心功能指标BNP、sST2显著下降。主动脉瓣最大跨瓣流速、主动脉瓣收缩期跨瓣压差、主动脉瓣平均跨瓣压差、左心室舒张末期内径均明显改善,表明有效性指标改善显著。术后3、6个月MMSE和MOCA均较术前明显改善。以上结果提示,TAVR手术应用于主动脉瓣重度狭窄患者安全、有效,且能显著改善患者的认知功能。本研究为单中心数据,样本量偏少,随访时间较短,仍需多中心、大样本、长期随访验证。

参考文献:

- [1] NKOMO VT, GARDIN JM, SKELTON TN, et al. Burden of valvular heart disease: a population-based study [J]. *Lancet*, 2006, 368 (9540): 1005-1011. DOI: 10.1016/S0140-6736(06)69208-8.
- [2] 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. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2020.06.001.
- [3] BONOW RO, CARABELLO BA, CHATTERJEE K, et al. ACC/AHA 2006 guidelines for the management of patients with valvular heart disease [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48(3): 598-675. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.05.030.
- [4] IUNG B, CACHIER A, BARON G, et al. Decision making in elderly patients with severe aortic stenosis: why are so many denied surgeries? [J]. *Eur Heart J*, 2005, 26(24): 2714-2720. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi471.
- [5] POPMA JJ, ADAMS DH, REARDON MJ. Transcatheter aortic valve replacement using a self-expanding bioprosthesis in patients with severe aortic stenosis at extreme surgical risk for surgery [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(19): 1972-1981. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.02.556.
- [6] MACK MJ, LEON MB, THOURANI VH, et al. Transcatheter aortic valve replacement with balloon-expandable valve in low-risk patients [J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(18): 1695-1705. DOI: 10.1056/NEJMoa1814052.
- [7] 邢利菲, 韩宇, 刘煜昊, 等. 自膨式Venus-A瓣膜和VitaFlow瓣膜治疗重度主动脉瓣狭窄的临床效果[J]. *介入放射学杂志*, 2022, 31(8): 756-760. DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2022.08.004.
- [8] 张倩, 王墨扬, 吴永健. 《经导管主动脉瓣置换术中国专家共识(2020更新版)》解读[J]. *华西医学*, 2021, 36(9): 1191-1195. DOI: 10.7507/1002-0179.202108023.
- [9] NISHIMURA RA, OTTO CM, BONOW RO, et al. 2014 AHA/ACC guidelines for the management of patients with valvular heart disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(22): 2438-2488. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.02.537.
- [10] 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]. *中国循环杂志*, 2022, 37(1): 12-23. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2022.01.003.
- [11] 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, 中华医学会心血管病学分会结构性心脏病学组. 经导管主动脉瓣置换团队建设及运行规范中国专家建议[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2018, 26(1): 2-6. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2018.01.002.
- [12] FALK V, BAUMGARTNER H, BAX JJ, et al. 2017 ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease [J]. *Eur J Cardiothorac Surg* 2017, 52(4): 616-664. DOI: 10.1093/ejcts/ezx324.
- [13] NISHIMURA RA, OTTO CM, BONOW RO, et al. 2017 AHA/ACC focused update of the 2014 AHA/ACC guidelines 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]. *Circulation*, 2017, 135(25): e1159-e1195. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000503.
- [14] KAPPETEIN AP, HEAD SJ, et al. Updated standardized endpoint definitions for transcatheter aortic valve implantation: the valve academic research consortium-2 consensus document (VARC-2)[J]. *Eur J Cardiothorac Surg* 2012, 42(5): S45-S60. DOI: 10.1093/ejcts/ezs533.
- [15] 冯晔子, 曹丰, 李苏雷, 等. 主动脉瓣重度狭窄患者经导管主动脉瓣置换术的安全性和有效性分析[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2022, 30(1): 4. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2022.01.005.
- [16] NKOMO VT, GARDIN JM, SKELTON TN, et al. Burden of valvular heart disease: a population-based study [J]. *Lancet*, 2006, 368(9540): 1005-1011. DOI: 10.1016/S0140-6736(06)69208-8.
- [17] VARADARAJAN P, KAPOOR N, et al. Survival in elderly patients with severe aortic stenosis is dramatically improved by aortic valve replacement: results from a cohort of 277 patients aged > or =80 years [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2006, 30(5): 722-727. DOI: 10.1016/j.ejcts.2006.07.028.
- [18] OTTO CM, KUMBHANI DJ, ALEXANDER KP, et al. 2017 ACC expert consensus decision pathway for transcatheter aortic valve replacement in the management of adults with aortic stenosis: a report of the American College of Cardiology Task Force on clinical expert consensus documents [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 69(10): 1313-1346. DOI: 10.1016/j.jacc.2016.12.006.
- [19] SAWA Y, TAKAYAMA M, MITSUDO K, et al. Clinical efficacy of transcatheter aortic valve replacement for severe aortic stenosis in high-risk patients: The PREVAIL JAPAN Trial [J]. *Surg Today*, 2015, 45(1): 34-43. DOI: 10.1007/s00595-014-0855-y.
- [20] PAN WZ, ZHOU DX, CHENG LE, et al. There may be fewer candidates for TAVI in China [J]. *Int J Cardiol*, 2013, 168(5): e133-e134. DOI: 10.1016/j.ijcard.2013.08.028.
- [21] JILAIHAWI H, WU YJ, YANG YJ, et al. Morphological characteristics of severe aortic stenosis in China: imaging core laboratory observations from the first Chinese transcatheter aortic valve trial [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2015, 85(Suppl 1): 752-761. DOI: 10.1002/ccd.25863.
- [22] PAN WZ, ZHOU DX, CHENG LL, et al. Aortic regurgitation is more prevalent than aortic stenosis in the elderly Chinese population: implications for transcatheter aortic valve replacement [J]. *Int J Cardiol*, 2015, 201: 547-548. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.10.069.
- [23] LI YJ, WEI X, ZHAO ZG, et al. Prevalence and complications of bicuspid aortic valve in Chinese patients according to the echocardiographic database [J]. *Am J Cardiol*, 2017, 120(2): 287-291. DOI: 10.1016/j.amjcard.2017.04.025.
- [24] HU P, LIU XB, LIANG J, et al. Hospital-based survey of patients with severe valvular heart disease in China [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 231: 244-247. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.11.301.