

· 专家共识 ·

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

中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病学组

【摘要】 经导管主动脉瓣置换术 (TAVR) 最初被应用于治疗主动脉瓣狭窄 (AS), 随后逐渐拓展到主动脉瓣反流 (AR) 治疗领域。国内外学者探索使用已上市的经股动脉 TAVR (TF-TAVR) 瓣膜以“超适应证”方式治疗 AR 患者, 结果显示可作为外科手术高危患者的另一选择。但 AR 患者相较于 AS 解剖结构、瓣膜选择、操作方式以及并发症有其不同的特点, 总体上使用已上市的 TF-TAVR 瓣膜治疗 AR 手术难度大, 成功率较 AS 低。为了促进我国 TF-TAVR 治疗 AR 的安全、规范、健康发展, 为该技术的临床使用提供合规性支持和技术指导, 中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病学组编写了该共识。执笔专家团队针对 AR 患者 TF-TAVR 临床实践中的重点及难点, 结合所检索到文献 (截至 2023 年 9 月 1 日) 的证据力度, 梳理出 9 个核心问题并做出深入分析, 形成 9 个核心观点, 涵盖适应证、瓣膜选择、术前评估、术中操作要点、并发症防治、术后管理等方面。

【关键词】 经导管主动脉瓣置换术; 主动脉瓣反流; 经股动脉

【中图分类号】 R54

Chinese expert consensus on trans-femoral transcatheter aortic valve replacement for pure aortic regurgitation 2023 Structural Heart Disease Group of Chinese College of Cardiovascular Physician
Corresponding authors: ZHOU Da-xin, Email: zhou.daxin@zs-hospital.sh.cn; WU Yong-jian, Email: yongjianwu_nccd@163.com

【Abstract】 Transcatheter aortic valve replacement (TAVR) was initially used to treat aortic stenosis (AS), and gradually expanded to the field of aortic regurgitation (AR) treatment. Scholars world wide have explored the use of marketed transfemoral TAVR (TF-TAVR) valves in the treatment of AR patients in a “off-label” manner, and the results have shown that it can be another option for high-risk surgical patients. However, AR patients have different characteristics from AS in terms of anatomical structure, valve selection, operation methods, and complications. Overall, the procedure using TF-TAVR valves that have been marketed for treating AR is more difficult and has a lower success rate than AS. In order to promote the safe, standardized, and healthy development of TF-TAVR for AR in China, and to provide compliance support and technical guidance for the clinical use of this technology, the Structural Heart Disease Group of Chinese College of Cardiovascular Physician wrote this consensus. The writing expert team focused on the key and difficult points in the clinical practice of TF-TAVR in AR patients, combined with the evidence strength of the searched literature (as of September 1, 2023), sorted out nine core issues and conducted in-depth analysis and formed nine core viewpoints, covering indications, valve selection, preoperative evaluation, intraoperative operation points, complication prevention and treatment, postoperative management, and other aspects.

【Key words】 Transcatheter aortic valve replacement; Aortic regurgitation; Transfemoral

经导管主动脉瓣置换术 (transcatheter aortic valve replacement, TAVR) 作为一种安全、有效的微创介入治疗方式, 在治疗主动脉瓣狭窄 (aortic stenosis, AS) 方面已经成为高龄患者的一线治疗手段^[1-4]。TAVR 最初被应用于治疗 AS, 随后逐渐拓展到主动脉瓣反流 (aortic regurgitation, AR) 治疗领域。研究显示使用经心尖途径 TAVR (TA-TAVR) 治疗外科手术高危的 AR 患者是安全、有效的^[5-6], 已有器械在我国上市和临床应用, 并且得到我国专家共识的推荐^[7]。经股动脉 TAVR (TF-TAVR) 较 TA-TAVR 创伤更小, 安全性更高, 死亡及并发症发生率更低^[8-11], 我国尚无具有 AR 适应证的上市 TF-TAVR 器械。国内外学者探索使用已上市的 TF-TAVR 瓣膜以“超适应证”方式治疗 AR 患者, 结果显示可作为外科手术高危患者的另一选择^[12-19]。但 AR 患者相较于 AS 解剖结构、瓣膜选择、操作方式以及并发症有其不同的特点, 总体上使用已上市的 TF-TAVR 瓣膜治疗 AR 手术难度大, 成功率较 AS 低^[20-22]。为了促进我国 TF-TAVR 治疗 AR 的安全、规范、健康发展, 为该技术的临床使用提供合规性支持和技术指导, 中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病学组编写了该共识。

执笔专家团队针对 AR 患者 TF-TAVR 临床实践中的重点及难点, 结合所检索到文献 (截至 2023 年 9 月 1 日) 的证据力度, 梳理出 9 个核心问题并做出深入分析, 形成 9 个核心观点。推荐等级参照 GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation) 证据质量分级与定义: 强推荐, 有证据证明和已达成共识该治疗或操作有益、有用、有效, 推荐或建议应用; 一般推荐, 对于该治疗或操作的有用/有效性存在矛盾的证据或意见分歧, 但更支持有用/有效性的证据/意见; 不推荐, 有证据证明和已达成共识该治疗或操作无用/无效, 并且在某些情况下是有害的, 不推荐应用。所有核心观点均列出推荐等级及支持文献, 并由核心专家团队进行投票, $\geq 90\%$ 专家同意者列为有效推荐。

1 AR 的流行病学

美国一项以社区人群为基础、调查中度或重度瓣膜疾病的研究显示, AR 的患病率远低于 AS 的患病率: 65~74 岁分别为 0.6% 与 1.4%, ≥ 75 岁分别为 1.7% 与 4.6%^[23]。在我国, 目前尚无确切 AR 患病率的流行病学数据。复旦大学附属中山医院一项基于超声

心动图数据库资料显示, AR 的检出率比 AS 高^[24]。China-DVD 的研究 (NCT02865798) 也显示, 在中国就医人群中, AR 的检出率比 AS 高^[25]。浙江大学医学院附属第二医院的一项基于该医院就诊患者的超声心动图数据库研究显示, AR 与 AS 检出率相近^[26]。AR 可由原发性瓣叶疾病导致, 亦可由主动脉根部及升主动脉结构异常引起。欧洲心脏瓣膜病观察性注册研究 II 结果显示, 退行性变占 AR 病因的 2/3, 其他原因还包括感染性和风湿性^[27]。AR 患者可合并 AS, 多见于风湿性及退行性疾病。对于合并 AS 的 AR 患者, 其狭窄的瓣口可为 TAVR 瓣膜提供锚定, 这些患者行 TAVR 的技术可行性及安全性高。本共识讨论的是单纯主动脉瓣反流 (pure aortic regurgitation, PAR) 的患者, 将 PAR 定义为: 中重度或者重度 AR, 主动脉瓣口面积 $\geq 2.5 \text{ cm}^2$ ^[12]。

核心观点 1: 我国目前尚无确切 AR 患病率的流行病学数据, 但现有证据显示其流行病学规律不同于西方, 国内 PAR 可能更常见 (一般推荐, 支持文献 23-26)。

2 PAR 的干预指征及治疗现状

2021 年欧洲心脏病学会瓣膜病管理指南^[3]对于症状性重度 AR, 无论左心室功能如何, 推荐外科手术治疗 (I 类推荐, B 级证据); 对于无症状重度 AR, 若左心室收缩末期内径 $> 50 \text{ mm}$ 或左心室收缩末期内径指数 $> 25 \text{ mm/m}^2$ (小体格患者) 或左心室射血分数 $\leq 50\%$, 推荐手术治疗 (I 类推荐, B 级证据); 无症状重度 AR 伴左心室收缩末期内径指数 $> 20 \text{ mm/m}^2$ (小体格患者) 或左心室射血分数 $\leq 55\%$ 且外科手术低风险的无症状患者可考虑手术 (IIb 类推荐, C 级证据)。

该指南对 AR 的外科手术推荐更早期、更积极, 同时提出对于重度 AR, 且外科手术禁忌或高危的患者, 可在经验丰富的中心行 TAVR 治疗, 但没有给出具体推荐级别及证据。《经导管主动脉瓣置换术中国专家共识 (2020 更新版)》^[1]中提及, 使用国产的 J-Valve 瓣膜对 PAR 行 TA-TAVR 是安全有效的。目前国内、外有部分中心尝试使用自膨胀式瓣膜对 PAR 进行 TAVR 治疗, 积累了一定的临床证据。《中国经导管主动脉瓣置入术 (TAVI) 多学科专家共识》^[7]建议 PAR 的 TAVR 适应证: (1) 需要行手术治疗的症状性重度 AR; (2) 患者传统外科手术风险为禁忌、高危或中危; (3) AR 解除后预期生存期 > 1 年。该建议是基于使用已上市的瓣膜行 TA-TAVR。

部分PAR患者存在瓣环大、左心室流出道(left ventricular outflow tract, LVOT)扩张、无钙化狭窄的瓣上锚定区域、缺乏LVOT和窦管交界的锚定解剖结构,瓣膜无法承受舒张期强大的血流压力,使得TAVR瓣膜锚定困难,容易移位。其手术成功率低于AS患者,瓣中瓣置入率、瓣周漏、起搏器植入率、30 d死亡率均高于AS患者^[12-22]。虽然研究显示使用目前瓣膜以“超适应证”方式行TF-TAVR治疗AR是可行的,但仅能在解剖合适的患者中应用,具有可回收功能的二代瓣膜较一代瓣膜的成功率有明显增加^[22, 28]。自膨胀式瓣膜置入后若发生移位,可以选择瓣中瓣的方式进行补救,而球囊扩张式瓣膜一旦瓣膜移位,常需要外科手术,风险更大。虽然有个别研究探讨了球囊扩张式瓣膜对外科手术高危AR的可行性,但其瓣膜移位发生率(3.5%~10.8%)高^[29-30]。德国TAVR注册研究显示,TAVR治疗AR,自膨胀式瓣膜相对于球囊扩张式瓣膜有更低的住院死亡率(2.41%比5.17%, $P=0.039$)^[31]。数项研究显示,在外科手术高危的AR患者中,TF-TAVR(自膨胀式瓣膜)的疗效不劣于外科手术(德国注册研究显示要优于外科手术)^[31-33],可作为外科手术高危AR患者的一种治疗选择。因此,本共识更倾向于选择自膨胀式瓣膜。本共识对于PAR患者的TF-TAVR仅限于使用自膨胀式瓣膜。

随着器械的改进,在新一代的瓣膜TF-TAVR中研制出以PAR为主要适应证的瓣膜,此类瓣膜利用“定位件”来锚定瓣膜,防止人工瓣膜移位,手术成功率达95%以上^[34-35]。目前处于上市前的确证临床试验阶段。

核心观点2: 对PAR患者行TF-TAVR,“超适应证”应用时推荐使用自膨胀式瓣膜,选择可回收的瓣膜(强推荐,支持文献12-22, 28-33)。

核心观点3: 外科手术高危、解剖合适的PAR,应用自膨胀式瓣膜行TF-TAVR,其疗效不劣于外科手术,是可行的(一般推荐,支持文献31-33)。

3 适应证建议

目前指南推荐需要手术干预但外科手术禁忌或高危的重度PAR患者,可在经验丰富的中心行TAVR治疗。我国目前还没有以AR为适应证的TF-TAVR上市瓣膜。对于无法进行外科手术的PAR患者,应用自膨胀式瓣膜进行TF-TAVR是一个可行的选择。因此,PAR患者应用我国上市的自膨胀

式瓣膜行TF-TAVR的适应证建议(需同时满足以下条件): (1) 中重度或者重度PAR,具有手术干预指征(有AR相关症状或者无症状但伴有左心室收缩末期内径指数 $>25\text{ mm/m}^2$ 或左心室射血分数 $\leq 50\%$); (2) 外科手术禁忌或高危,具体由心脏团队判定; (3) 主动脉根部及入路解剖合适; (4) 在经验丰富的中心实施或由成熟术者带教完成(中心或术者年TAVR完成数 >50 台,有心外科备台); (5) 患者纠正AR后预期生存期超过1年。

建议由心脏团队结合患者手术指征、外科手术风险、TF-TAVR的解剖分层、临床医疗条件、患者目前病况和意愿等多方面因素去综合决策。鉴于目前器械并非专用于AR治疗器械,仍不够完善,应该准确地评估AR量,选择合适的手术时机。对于反流量在中重度及以上且有症状或左心室形态和功能明显改变者(见适应证要求1)才具有手术指征^[2]。对于生物瓣毁损导致的AR, TAVR安全性及有效性良好^[36-38],之前《经导管主动脉瓣置换术中国专家共识(2020更新版)》已将外科术后人工生物瓣膜衰败作为绝对适应证^[1],不在本共识的讨论之内。

核心观点4: PAR患者应用我国上市的自膨胀式瓣膜行TF-TAVR的适应证如下。(1) 中重度或者重度AR,具有手术干预指征; (2) 外科手术禁忌或高危; (3) 解剖合适; (4) 在经验丰富的中心由成熟团队实施; (5) 患者纠正AR后预期生存期超过1年(一般推荐,支持文献12-22, 31-33)。

4 术前影像学评估及解剖适应证

4.1 超声心动图

超声心动图在描述瓣膜解剖、量化AR、评估发病机制、评估心脏大小及功能等方面有不可替代的作用,AR的量化需结合定性、定量及半定量等参数进行综合考虑^[3]。术前应该准确客观地评估反流量及反流程度,注意反流量随着血压改变的动态变化。当超声心动图检查存在疑问时可进行心脏磁共振检查,有助于对反流进行量化。超声心动图可以对主动脉根部解剖及主动脉瓣形态进行测量,作为瓣膜选择的参考。

4.2 CT血管造影(computed tomography angiography, CTA)评估

CTA是评估TF-TAVR解剖结构,预判术中风险,指导TF-TAVR手术策略制定的金标准^[39]。需

要多切面、精细地评估可能提供瓣膜锚定力的区域,需要对整体路径血管和冠状动脉阻塞风险进行评估。建议术者及其手术团队、影像科医师对患者术前CTA进行分析。

CTA应用回顾性心电门控扫描,扫描范围从颈内外动脉分叉以上2 cm到股深浅动脉分叉以下2 cm。为更准确地评估LVOT和瓣环情况,测量主动脉根部各平面时建议选用收缩末期时相(多时相对比后寻找瓣环最大的收缩期时相)。重点分析可能为人工瓣膜提供锚定力的对象,包括瓣环和LVOT区域,窦管交界和升主动脉区域,瓣叶是否增厚、粘连、钙化,以及瓣环平面的角度;同时评估风险,制定完整的手术策略(表1)。需要注意的是,由于主动脉根部角度不同,自膨胀式瓣膜瓣架与主动脉根部结构的接触面则不同,建议以瓣环平面为参照,平行于瓣环平面定义其他结构平面,而非以垂直主动脉根部中轴线来确定结构平面。具体术前评估参数及注意事项见表1。

4.3 依据CTA的TF-TAVR解剖适应证

术前依据CTA对主动脉根部、血管路径解剖学结构进行准确、充分评估。究竟哪些患者解剖更适合,目前研究证据有限,多是基于经验性的总结。首

都医科大学附属北京安贞医院团队提出的解剖分型来预测不同类型的手术成功率^[14-15],复旦大学附属中山医院结构团队提出以瓣环为中心的解剖适应证推荐^[40]并得到南京市第一医院团队研究的支持^[41],这些理论的可靠性有待于进一步验证。理想的主动脉根部解剖包括:瓣环较小(周长<80 mm),升主动脉(直径<40 mm)及窦管交界不宽,主动脉瓣叶增厚、钙化或粘连,LVOT较小或者室间隔有突出结构等;含有上述2个以上条件的为理想解剖。不利解剖包括:瓣环过大(周长>88 mm),LVOT过宽,升主动脉过宽(直径>45 mm),横位心(主动脉瓣环成角>60°),冠状动脉阻塞风险高等;含有以上1个及以上的为挑战性解剖。同时,还需要对患者入路情况进行评估。

核心观点5: 建议术前采用CTA评估患者的解剖,根据CTA分析结果判断患者是否适合手术,并选择合适的瓣膜型号。主动脉根部解剖评估要素包括主动脉瓣环、LVOT、窦管交界、升主动脉、主动脉瓣环成角及瓣叶、冠状动脉开口等。同时,还需要对患者入路进行评估(强推荐,支持文献12, 14-15, 41)。

表1 PAR患者应用自膨胀式瓣膜行TF-TAVR的术前CTA评估

Table 1 Preoperative CTA evaluation of TF-TAVR using self expanding valves in PAR patients

AA 和 LVOT 区域	
AA	主动脉窦最低点所在平面:测量周长、面积、最长直径、最短直径、平均直径 ^a
LVOT	平行于AA平面向左心室方向下移4~8 mm,每间隔2 mm测量该平面的周长、面积、最长直径、最短直径、平均直径 ^a ;在长轴切面观察室间隔有无突出点及台阶。
瓣上结构	(1)平行于AA平面向升主动脉方向上移4 mm,每间隔2 mm测量该平面的周长、面积、最长直径、最短直径、平均直径 ^a ; (2)若为二叶式主动脉瓣,平行于AA平面向升主动脉方向上移至瓣上开口最小平面,每间隔2 mm测量该平面的周长、面积、最长直径、最短直径、平均直径 ^a
STJ 和 AAO 区域	
STJ	平行于AA平面向升主动脉方向上移至所有的主动脉窦消失的平面,测量周长、面积、最长直径、最短直径、平均直径 ^a
AAO	平行于AA平面向升主动脉方向上移40 mm,测量该平面周长、面积、最长直径、最短直径、平均直径 ^a
瓣叶情况	
类型	二叶瓣(窦融合情况)或三叶瓣
形态	有无增厚或钙化或交界粘连
赘生物	有无血栓、菌栓或其他
主动脉窦和冠状动脉	
主动脉窦	观察有无窦扩张或窦瘤形成,测量各个窦部直径
冠状动脉高度	测量冠状动脉开口到AA平面的垂直距离
主动脉根部角度	
角度	测量AA平面与水平面的夹角

注:a,平均直径=周长/3.14;PAR,单纯主动脉瓣反流;TF-TAVR,经股动脉导管主动脉瓣置换术;CTA,CT血管造影;AA,主动脉瓣环;LVOT,左心室流出道;STJ,窦管交界;AAO,升主动脉。

5 操作规范

5.1 场地设施及人员配备

建议在心脏杂交手术室或导管室进行,应具备心导管介入手术和心外科手术条件^[42]。要求建立多学科心脏团队,具体要求见《经导管主动脉瓣置换团队建设及运行规范中国专家建议》^[43],并强调有资质的心外科医师和体外循环团队备台,体外循环或体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)等循环支持设备要求能快速获得,必要时循环辅助装置在运行状态下准备。

5.2 麻醉方式

对于大部分 PAR 的患者,由于患者病情较重,手术风险较大,有中转外科手术的可能,并且释放过程需要呼吸控制,因此建议在全身麻醉下,由经食管超声心动图和数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)进行术中监测并引导完成自膨胀式瓣膜的 TF-TAVR。某些解剖条件较理想,预估手术难度低,在经验丰富的中心可以尝试局部麻醉或局部麻醉联合静脉镇静麻醉,在经胸超声心动图和 DSA 引导下进行。

5.3 瓣膜的选择

在选择自膨胀式瓣膜的尺寸方面,相较于 AS, PAR 患者往往需要扩大型号的瓣膜来获得更大的径向支撑力,从而增加锚定力。建议人工瓣膜的直径(周长)超大比率在 15%~30%。优先选择具有可回收功能瓣膜。

5.4 跨瓣和有创血流动力学评估

大部分患者跨瓣容易,可直接使用猪尾导管配合普通 J 形导丝进行跨瓣,也可使用 Amplatzer L 等指引导管配合直头导丝或亲水涂层直头导丝来完成。跨瓣成功后记录主动脉血压、左心室压力,计算平均跨瓣压差和 AR 指数(aortic regurgitation index, ARI), $ARI = (\text{主动脉舒张压} - \text{左心室舒张末期压力}) / \text{主动脉收缩压} \times 100\%$ 。同时应行主动脉根部造影,评估反流程度。评估结束后,在超硬导丝的支撑和引导下送入输送系统。横位心的患者输送系统跨瓣存在困难,尤其是使用可回收功能的二代瓣膜,且 AR 患者常合并升主动脉扩张,容易出现夹层或破裂^[44-45],建议使用抓捕器改善输送系统与主动脉根部的同轴性,协助完成跨瓣。在整个瓣膜输送过程中,切勿使用暴力。

5.5 瓣膜的释放

建议采用“无冠窦最低法”作为释放时的 DSA

投照角度^[46],使三维解剖最低窦的最低点显示在 X 线二维图像时,也同样是最低点,并且不被其他根部结构(包括 LVOT)影像所遮挡。也可以采用窦重叠法(cusp overlapping)。将辅路进入的猪尾导管放置于解剖最低窦(通常为无冠窦)的最低点作为位置参照。将 DSA 调整到术前 CT 确定的瓣膜释放角度。术者通过先推送输送系统进行瓣膜定位调整,并保持超硬导丝与左心室室壁有一定的相互作用力,以此来增加整个系统的稳定性及调整瓣膜位置。

释放瓣膜过程中建议快速心室起搏(频率一般在 160~200 次/分),收缩压稳定在 ≤ 60 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)。起始稍慢释放,根据主动脉根部造影微调输送系统位置,一旦确认位置合适并且瓣膜即将锚定,快速释放瓣膜到可回收位置,过程中若瓣膜发生移位、位置不满意,应在可回收位置临界点前停止释放瓣膜,进行回收再释放。若患者血压偏低,应及时停止快速起搏,恢复患者呼吸,待血压、心率、氧饱和度等生命体征稳定后再重新开始准备第二次定位与释放。注意瓣膜回收后可能会出现形态变化,控制瓣膜回收次数,不要超过推荐回收次数。

5.6 瓣膜释放后的评估

有创血流动力学:测量升主动脉和左心室的压力,计算跨瓣压差和 ARI。超声心动图评估瓣膜深度、瓣周漏和瓣中反流、瓣膜形态、跨瓣压差、左心室功能、冠状动脉、二尖瓣、心包以及主动脉根部、主动脉弓和降主动脉情况。对于置入较深的瓣膜,超声心动图除了准确评估瓣周漏的程度以外,需要仔细评估二尖瓣前叶是否受到人工瓣膜瓣架的影响,观察二尖瓣与瓣架的毗邻关系,二尖瓣瓣叶和瓣下结构(如腱索)是否受损,以及二尖瓣启闭情况和跨瓣压差。主动脉根部造影评估主动脉瓣残余反流、冠状动脉情况和排除主动脉夹层。对于走形迂曲、过弓或跨瓣困难、主动脉根部明显扩张和横位心的患者,术后造影除了验证超声心动图评估的残余反流结果外,还需注意血管路径的情况,尤其是夹层。对比手术前后心电图,结合术中心电图变化和瓣膜置入情况来判断是否留置临时起搏器。

核心观点 6: PAR 患者应用自膨胀式瓣膜行 TAVR,术中应以高速心室起搏辅助,快速释放瓣膜到可回收位置,然后根据情况选择回收或完全释放(一般推荐,支持文献 14-15, 40)。

6 并发症的防治

本共识 AR 患者 TAVR 并发症相关定义参照 2021 年瓣膜学术研究联盟 (Valve Academic Research Consortium, VARC) 发布的 TAVR 临床终点标准定义更新 (VARC-3)^[47]。PAR 患者应用自膨胀式瓣膜行 TF-TAVR, 并发症谱和发生因素与 AS 患者有所不同, 其中相对常见的并发症防治如下:

6.1 瓣膜位置不良或移位

瓣膜位置不良或移位是 AR 患者行 TAVR 最重要的并发症之一。AR 患者因锚定力弱, 进行自膨胀式瓣膜 TF-TAVR 治疗时容易出现瓣膜位置不良或移位, 包括: (1) 瓣膜下滑导致置入过深, 一般在释放后不久即可发生; (2) 瓣膜置入位置过高, 部分或完全位于瓣环平面以上, 移位到主动脉窦上; (3) 迟发的瓣膜移位, 患者回到病房之后发生瓣膜移位, 多为瓣膜向下移位。这也是 AR 患者 TAVR 手术成功率较低、瓣中瓣概率较高的最主要原因^[12, 22]。可回收自膨胀式瓣膜在完全释放之前, 可有限次地回收瓣膜进行重新定位释放, 一定程度上避免了术者单次操作失误导致的瓣膜位置不良, 有助于提高手术成功率^[22, 28]。对于术中发生的瓣膜置入过深, 首先是评估 TAVR 的效果, 主要参考瓣周漏和二尖瓣的情况。瓣周漏中度及以上, 二尖瓣功能不受影响, 采用瓣中瓣处理。若影响了二尖瓣, 可谨慎尝试球囊、第二瓣膜或者圈套器拖拽等将瓣膜上拉^[40], 应注意动作轻柔, 避免主动脉夹层等并发症发生。若上述措施失败或者不适合, 则需要紧急外科干预。术中发生的瓣膜置入位置过高, 需要瓣中瓣置入, 可将瓣膜推送到窦底再置入第二个瓣膜, 但需注意冠状动脉阻塞风险^[48]。由于术后有迟发的瓣膜移位可能, 建议复查超声来追踪瓣膜位置和功能情况。发现术后移位, 结合患者生命体征、瓣膜目前位置和对周围结构的影响选择再次 TAVR 或外科干预。

6.2 瓣周漏

AR 患者的瓣周漏病因绝大部分来源于瓣膜位置不良, 包括置入过深或过高。在瓣膜完全释放以后, 从血流动力学和影像学两方面综合评估瓣膜位置和瓣周漏程度^[49], 对需要处理的中度以上瓣周漏, 在不影响周围结构 (二尖瓣、冠状动脉和升主动脉) 的前提下, 建议行瓣中瓣置入。

6.3 传导阻滞

心脏传导阻滞是 TAVR 最常见的并发症, 其中高度房室传导阻滞和完全性心脏传导阻滞需要永

久性起搏器 (permanent pacemaker implantation, PPM) 植入。PPM 的主要危险因素有已经存在的右束支传导阻滞、植入较深 (>6 mm)、选择的瓣膜直径过大、LVOT 钙化等^[50]。PAR 患者, 由于瓣膜选择过大、瓣膜经常置入过深、瓣上没有限制作用, 因此心脏传导阻滞发生率比 AS 更高, 起搏器植入率也更高^[12, 22]。因此, 术后更需要心电评估和监测, 适当延长临时起搏器留置时间及心电监测时间。

6.4 血管并发症

血管并发症包括从穿刺点到主动脉根部所有路径血管发生的医源性损伤。PAR 患者, 因其常合并升主动脉扩张, 此类血管管壁常薄弱, 更易发生升主动脉夹层^[44-45], 操作应更谨慎, 以改善输送系统与血管同轴性为主要手段寻求平顺通过, 切忌暴力。加强术中监测, 超声心动图和主动脉造影时均可随时查探升主动脉、主动脉弓和降主动脉近段情况。一旦发生升主动脉夹层, 往往需要外科干预。其他路径血管 (股动脉、髂动脉、腹主动脉) 一旦发生夹层, 首先评估严重程度, 采取保守治疗还是手术干预, 心脏团队中的心外科或血管外科医师可协助评估, 若需要手术干预, 可选择外周血管球囊封堵、覆膜支架置入或开放手术处理。

6.5 其他并发症

其他的并发症, 包括冠状动脉阻塞、脑卒中、循环崩溃、出血、血栓形成、栓塞、急性肾损伤等。参照 AS 的 TAVR 处理^[1-2]。

核心观点 7: PAR 患者应用自膨胀式瓣膜行 TAVR, 术后应该重点监测瓣膜移位、传导阻滞的发生 (强推荐, 支持文献 12, 21, 22, 41)。

7 术后管理

近年来, 在 TAVR 术后抗栓方面有很多的高质量临床研究涌现, 其结果也推动了指南的更新。但是, 这些证据均是来自于治疗 AS 患者的经验, 对于 PAR 患者是否有别于 AS 患者尚未可知。参考最新心脏瓣膜病管理指南^[3-4]和 TAVR 术后抗栓共识^[51], 对 TAVR 术后的抗栓策略推荐为: (1) 存在其他抗凝指征的患者, 单纯口服抗凝药物 (oral anticoagulant, OAC) 治疗终身, 若 3 个月内有经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 史, 予以 OAC 联合一种抗血小板药物 (single antiplatelet therapy, SAPT) 治疗至 PCI 术后 6 个月, 之后单纯 OAC 终身; (2) 不存在其他抗凝指征的患者, SAPT

终身,若3个月内有PCI史,予以双联抗血小板药物至PCI术后6个月,之后SAPT终身。

通常情况下,患者对慢性AR的耐受性较好,出现症状时往往心脏储备功能很差,常有左心室扩大心功能下降,患者左心收缩功能的恢复往往较慢,部分患者术后左心室重构无法逆转,建议术前加强评估及与患者及家属充分告知^[52-54]。建议术后加强指南推荐的标准药物特别是可改善预后的药物。存在心脏房室传导阻滞需要植入起搏器者,推荐希氏束起搏或左束支起搏等生理性起搏方式^[55-56]。对于有左束支传导阻滞者,若心功能持续不能恢复,可以考虑行心脏再同步化治疗^[57]。建议术后1个月(必要时3个月)、6个月、12个月之后每年对患者进行随访,随访内容包括患者症状、不良事件、生活质量评分及用药情况等,随访的检查包括超声心动图、心电图及相关的生化检查。

核心观点8: 目前推荐PAR患者使用自膨胀式瓣膜行TAVR,术后抗栓方案参照AS患者的TAVR(一般推荐,专家观点,无文献支持)。

核心观点9: PAR患者TAVR术后,应该加强指南建议的抗心力衰竭治疗,特别是逆转心肌重构的药物治疗及生理性起搏(一般推荐,支持文献52-57)。

8 展望

现有的经验及研究显示,应用我国已上市的自膨胀式瓣膜对解剖合适的PAR患者行TF-TAVR安全、有效。然而,由于缺乏随机对照研究,必然存在一些不足之处。呼吁相关学者进一步探索,从而惠及更多患者。同时,期待经股带瓣膜锚定装置的TAVR瓣膜早日获批上市,进一步提高TF-TAVR的安全性和有效性。

核心专家: 潘文志(复旦大学附属中山医院),宋光远(首都医科大学附属北京安贞医院),周达新(复旦大学附属中山医院),吴永健(中国医学科学院阜外医院),苏晞(武汉亚洲心脏病医院),尚小珂(华中科技大学同济医学院附属协和医院),陈良龙(福建医科大学附属协和医院),刘先宝(浙江大学医学院附属第二医院),张俊杰(南京市第一医院),罗建方(广东省人民医院),汤圣兴(皖南医学院第一附属医院),陶凌(中国人民解放军空军军医大学第一附属医院),陈茂(四川大学华西医院),王焱(厦门大学附属心血管病医院),王建安(浙江大学医学院附

属第二医院),葛均波(复旦大学附属中山医院)

参与专家(按姓氏汉语拼音排序): 安健(山西省心血管病医院),白明(兰州大学第一医院),陈莎莎(复旦大学附属中山医院),陈韵岱(中国人民解放军总医院第一医学中心),方军(福建医科大学附属协和医院),方臻飞(中南大学湘雅二医院),冯沅(四川大学华西医院),傅国胜(浙江大学医学院附属邵逸夫医院),郭延松(福建省立医院),韩克(西安交通大学第一附属医院),何奔(上海市胸科医院),江磊(青岛大学附属医院),姜正明(首都医科大学附属北京安贞医院),晋军(中国人民解放军陆军军医大学第二附属医院),孔祥清(江苏省人民医院),李飞(中国人民解放军空军军医大学第一附属医院),李捷(广东省人民医院),李妍(中国人民解放军空军军医大学第一附属医院),刘长福(中国人民解放军总医院第一医学中心),刘巍(北京积水潭医院),陆方林(上海市第一人民医院),马根山(东南大学附属中大医院),马为(北京大学第一医院),潘湘斌(中国医学科学院阜外医院),彭小平(南昌大学第一附属医院),宋治远(陆军军医大学第一附属医院),王斌(厦门大学附属心血管病医院),王圣(阜外华中心血管病医院),王震(河北医科大学第一医院),吴延庆(南昌大学第二附属医院),伍伟锋(广西医科大学第一附属医院),徐健(安徽省立医院),徐凯(中国人民解放军北部战区总医院),杨剑(中国人民解放军空军军医大学第一附属医院),杨毅宁(新疆维吾尔自治区人民医院),于波(哈尔滨医科大学附属第二医院),袁义强(河南省胸科医院),张戈军(中国医学科学院阜外医院),张海波(首都医科大学附属北京安贞医院),张龙岩(武汉亚洲心脏病医院),张瑞岩(上海交通大学医学院附属瑞金医院),张玉顺(西安交通大学第一附属医院),张志辉(陆军军医大学第一附属医院),赵仙先(中国人民解放军海军军医大学第一附属医院),周玉杰(首都医科大学附属北京安贞医院),朱政斌(上海交通大学医学院附属瑞金医院)

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

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.
- [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. 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. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2022.01.002.
- [3] 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. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab395.
- [4] Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, et al. 2020 ACC/AHA guideline for the management of patients with valvular heart disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association joint committee on clinical practice guidelines [J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 77 (4): 450-500. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.11.035.
- [5] 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. DOI: 10.1111/jocs.16238.
- [6] Liu H, Yang Y, Wang W, et al. Transapical transcatheter aortic valve replacement for aortic regurgitation with a second-generation heart valve [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2018, 156 (1): 106-116. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2017.12.150.
- [7] 国家心血管病专家委员会微创心血管外科专业委员会. 中国经导管主动脉瓣置入术 (TAVI) 多学科专家共识 [J]. 中华胸心血管外科杂志, 2018, 34 (12): 705-712. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001.4497.2018.12.001.
- [8] Guo R, Xie M, Yim WY, et al. Dose approach matter? A meta-analysis of outcomes following transfemoral versus transapical transcatheter aortic valve replacement [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2021, 21 (1): 358. DOI: 10.1186/s12872-021-02158-4.
- [9] Kumar N, Khera R, Fonarow GC, et al. Comparison of outcomes of transfemoral versus transapical approach for transcatheter aortic valve implantation [J]. Am J Cardiol, 2018, 122 (9): 1520-1526. DOI: 10.1016/j.amjcard.2018.07.025.
- [10] Li X, Kong M, Jiang D, et al. Comparison 30-day clinical complications between transfemoral versus transapical aortic valve replacement for aortic stenosis: a meta-analysis review [J]. J Cardiothorac Surg, 2013, 8: 168. DOI: 10.1186/1749-8090-8-168.
- [11] Kaneko T, Vemulapalli S, Kohsaka S, et al. Practice patterns and outcomes of transcatheter aortic valve replacement in the United States and Japan: a report from joint data harmonization initiative of STS/ACC TVT and J-TVT [J]. J Am Heart Assoc, 2022, 11 (6): e023848. DOI: 10.1161/JAHA.121.023848.
- [12] 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. DOI: 10.21037/atm-22-2588.
- [13] Sawaya FJ, Deutsch MA, Seiffert M, et al. Safety and efficacy of transcatheter aortic valve replacement in the treatment of pure aortic regurgitation in native valves and failing surgical bioprostheses: results from an international registry study [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2017, 10 (10): 1048-1056. DOI: 10.1016/j.jcin.2017.03.004.
- [14] Zheng HJ, Cheng YB, Yan CJ, et al. Transfemoral transcatheter aortic valve replacement for pure native aortic regurgitation: one-year outcomes of a single-center study [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2023, 23 (1): 330. DOI: 10.1186/s12872-023-03329-1.
- [15] Chen Y, Lu ZN, Yao J, et al. A novel anatomic classification to guide transcatheter aortic valve replacement for pure aortic regurgitation [J]. Echocardiography, 2022, 39 (12): 1571-1580. DOI: 10.1111/echo.15490.
- [16] Dai H, Zhou D, Yidilisi A, et al. Self-expanding transcatheter aortic valve replacement for pure aortic regurgitation with extremely horizontal aorta: a case series [J]. J Invasive Cardiol, 2022, 34 (3): E257-E258.
- [17] 金屏, 徐臣年, 翟蒙恩, 等. 股动脉经导管主动脉瓣置换治疗单纯主动脉瓣反流 [J]. 中国体外循环杂志, 2022, 20 (3): 160-164. DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2022.03.07.
- [18] 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. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2021.12.005.
- [19] 程帅, 张铮, 曹丰, 等. 经股动脉途径主动脉瓣置入术治疗严重主动脉瓣反流效果观察 [J]. 临床心血管病杂志, 2021, 37 (11): 1051-1055. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2021.11.017.
- [20] Wernly B, Eder S, Navarese EP, et al. Transcatheter aortic valve replacement for pure aortic valve regurgitation: "on-label" versus "off-label" use of TAVR devices [J]. Clin Res Cardiol, 2019, 108 (8): 921-930. DOI: 10.1007/s00392-019-01422-0.
- [21] Huded CP, Allen KB, Chhatrwalla AK. Counterpoint: challenges and limitations of transcatheter aortic valve implantation for aortic regurgitation [J]. Heart, 2021, 107 (24): 1942-1945. DOI: 10.1136/heartjnl-2020-318682.
- [22] Yoon SH, 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. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.10.006.
- [23] Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN, et al. Burden of valvular heart diseases: a population-based study [J]. Lancet, 2006, 368 (9540): 1005-1011. DOI: 10.1016/S0140-6736 (06) 69208-8.
- [24] 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: 547-548. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.10.069.
- [25] 齐喜玲, 许海燕, 刘庆荣, 等. 中国老年退行性心脏瓣膜病住院患者诊疗现状分析 [J]. 中国循环杂志, 2019, 34 (8): 771-776. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2019.08.007.
- [26] Hu P, Liu XB, Liang J, et al. A 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.
- [27] Iung B, Delgado V, Rosenhek R, et al. Contemporary presentation and management of valvular heart disease: the Eurobservational research programme valvular heart disease II survey [J]. Circulation, 2019, 140 (14): 1156-1169. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.041080.
- [28] Yin WH, Lee YT, Tsao TP, et al. Outcomes of transcatheter aortic valve replacement for pure native aortic regurgitation with the use of newer- vs. early-generation devices [J]. Ann Transl Med, 2022, 10 (1): 24. DOI: 10.21037/atm-21-6936.
- [29] Delhomme C, Urena M, Zouaghi O, et al. Transcatheter aortic valve implantation using the SAPIEN 3 valve to treat aortic regurgitation: the French multicentre S3AR study [J]. Arch Cardiovasc Dis, 2023, 116 (2): 98-105. DOI: 10.1016/j.acvd.2022.12.003.
- [30] Sanchez-Luna JP, Martín P, Dager AE, et al. Clinical outcomes of TAVI with the Myval balloon-expandable valve for non-calcified aortic regurgitation [J]. EuroIntervention, 2023, 19 (7): 580-588. DOI: 10.4244/EIJ-D-23-00344.
- [31] Oettinger V, Hilgendorf I, Wolf D, et al. Treatment of pure aortic regurgitation using surgical or transcatheter aortic valve replacement between 2018 and 2020 in Germany [J]. Front Cardiovasc Med, 2023, 10: 1091983. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1091983.

- [32] Mentias A, Saad M, Menon V, et al. Transcatheter vs. surgical aortic valve replacement in pure native aortic regurgitation [J]. *Ann Thorac Surg*, 2023, 115 (4): 870-876. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2022.09.016.
- [33] Koch R, Inci E, Grubb K, et al. A comparison of thirty-day clinical and echocardiographic outcomes of patients undergoing transcatheter vs. surgical aortic valve replacement for native aortic insufficiency [J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2023, 46: 85-89. DOI: 10.1016/j.carrev.2022.08.010.
- [34] Baumbach A, Patel KP, Kennon S, et al. A heart valve dedicated for aortic regurgitation: review of technology and early clinical experience with the transfemoral Trilogi system [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2023, 102 (4): 766-771. DOI: 10.1002/ccd.30795.
- [35] Hensey M, Murdoch DJ, Sathananthan J, et al. First-in-human experience of a new-generation transfemoral transcatheter aortic valve for the treatment of severe aortic regurgitation: the J-Valve transfemoral system [J]. *EuroIntervention*, 2019, 14 (15): e1553-e1555. DOI: 10.4244/EIJ-D-18-00935.
- [36] Deharo P, Bisson A, Herbert J, et al. Transcatheter valve-in-valve aortic valve replacement as an alternative to surgical re-replacement [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 76 (5): 489-499. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.06.010.
- [37] Bleiziffer S, Simonato M, Webb JG, et al. Long-term outcomes after transcatheter aortic valve implantation in failed bioprosthetic valves [J]. *Eur Heart J*, 2020, 41 (29): 2731-2742. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa544.
- [38] Hirji SA, Percy ED, Zogg CK, et al. Comparison of in-hospital outcomes and readmissions for valve-in-valve transcatheter aortic valve replacement vs. reoperative surgical aortic valve replacement: a contemporary assessment of real-world outcomes [J]. *Eur Heart J*, 2020, 41 (29): 2747-2755. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa252.
- [39] Blanke P, Weir-McCall JR, 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. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.12.003.
- [40] 潘文志, 龙愉良, 周达新, 等. 单纯主动脉瓣反流经导管主动脉瓣置换的解剖分析及操作技巧 [J]. *中华心脏与心律电子杂志*, 2023, 11 (3): 141-146. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-6568.2023.03.002.
- [41] Gao X, Zhang J, Kong X, et al. Transcatheter aortic valve replacement in patients with pure native aortic regurgitation: results from a multicenter registry study [J]. *Cardiol Discov*, 2023. DOI: 10.1097/CD9.000000000000101.
- [42] Nishimura RA, O' Gara PT, Bavaria JE, et al. 2019 AATS/ACC/AASE/SCAI/STS expert consensus systems of care document: a proposal to optimize care for patients with valvular heart disease: a joint report of the American Association for Thoracic Surgery, American College of Cardiology, American Society of Echocardiography, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73 (20): 2609-2635. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.10.007.
- [43] 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术团队建设与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.
- [44] Malaisrie SC, Szeto WY, Halas M, et al. 2021 The American Association for Thoracic Surgery expert consensus document: Surgical treatment of acute type A aortic dissection [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 162 (3): 735-758. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2021.04.053.
- [45] Lv WY, Zhao ZG, Li SJ, et al. Progression of the ascending aortic diameter after transcatheter aortic valve implantation: based on computed tomography images [J]. *J Invasive Cardiol*, 2019, 31 (8): E234-E241.
- [46] 侯士强, 陈莎莎, 龙愉良, 等. 经导管主动脉瓣置换术治疗二叶式主动脉瓣狭窄的术中投照角度预测值分析 [J]. *中国介入心脏病学杂志*. 2021, 29 (2): 68-74. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2021.02.003.
- [47] Généreux P, Piazza N, Alu MC, et al. Valve Academic Research Consortium 3: updated endpoint definitions for aortic valve clinical research [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2021, 77 (21): 2717-2746. DOI: 10.1016/j.jacc.2021.02.038.
- [48] Chen SS, Lin DW, Qi YM, et al. A transcatheter "sandwich" valve-in-valve implantation for pure aortic regurgitation: a report of 2 cases [J]. *Cardiology Plus*, 2023, 8 (3): 211-215. DOI: 10.1097/CP9.000000000000059.
- [49] Pibarot P, Hahn RT, Weissman NJ, et al. Assessment of paravalvular regurgitation following TAVR: a proposal of unifying grading scheme [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2015, 8 (3): 340-360. DOI: 10.1016/j.jcmg.2015.01.008.
- [50] Siontis GC, Juni 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. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.04.033.
- [51] Ten Berg J, Sibbing D, Rocca B, et al. Management of antithrombotic therapy in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation: a consensus document of the ESC Working Group on Thrombosis and the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI), in collaboration with the ESC Council on Valvular Heart Disease [J]. *Eur Heart J*, 2021, 42 (23): 2265-2269. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab196.
- [52] Zhang MK, Li LN, Xue H, et al. Left ventricle reverse remodeling in chronic aortic regurgitation patients with dilated ventricle after aortic valve replacement [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2022, 17 (1): 8. DOI: 10.1186/s13019-022-01754-5.
- [53] Amano M, Izumi C, Imamura S, et al. Late recurrence of left ventricular dysfunction after aortic valve replacement for severe chronic aortic regurgitation [J]. *Int J Cardiol*, 2016, 224: 240-244. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.09.032.
- [54] 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.
- [55] Niu HX, Liu X, Gu M, et al. Conduction system pacing for post transcatheter aortic valve replacement patients: comparison with right ventricular pacing [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8: 772548. DOI: 10.3389/fcvm.2021.772548.
- [56] Vijayaraman P, Cano Ó, Koruth JS, et al. His-purkinje conduction system pacing following transcatheter aortic valve replacement: feasibility and safety [J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2020, 6 (6): 649-657. DOI: 10.1016/j.jacep.2020.02.010.
- [57] Kalsi MS, Dayawansa N, Mutha V. Cardiac resynchronisation therapy for reversal of new-onset left bundle branch block and heart failure after surgical aortic valve replacement [J]. *BMJ Case Rep*, 2020, 13 (12): e238130. DOI: 10.1136/bcr-2020-238130.

(收稿日期: 2023-11-03)

(编辑: 齐彤)