

## · 专家共识 ·

## 经导管主动脉瓣置换术中国专家共识 (2025 版)

国家放射与治疗临床医学研究中心 苏州工业园区东方华夏心血管健康研究院

**【摘要】** 经导管主动脉瓣置换术 (TAVR), 又称经导管主动脉瓣置入术, 是指将人工主动脉瓣在体外压缩组装后, 经导管输送并置入到病变的主动脉瓣处, 在功能上完成主动脉瓣置换的一种介入技术。我国分别在 2015 年 [《经导管主动脉瓣置换术中国专家共识》(以下简称 2015 版)] 和 2020 年 [《经导管主动脉瓣置换术中国专家共识 (2020 更新版)》(以下简称 2020 更新版)] 发布两个版本的 TAVR 中国专家共识。为及时更新行业对 TAVR 的认识, 推进 TAVR 在我国更广泛、更规范、更高质量的应用, 专家组编写了 2025 版专家共识。本共识对 2020 更新版的专家共识进行较多的更新, 涵盖了主动脉瓣疾病流行病学、TAVR 研究进展、适应证、操作规范及术后抗栓治疗、并发症防治、特殊病例处理及发展趋势等内容。本共识既结合国外的研究证据, 参考国外指南, 做到严谨、实证, 又结合国内研究及实践, 其内容更具有前沿性和实用性。

**【关键词】** 经导管主动脉瓣置换术; 专家共识; 适应证; 操作规范

**【中图分类号】** R541

**Chinese expert consensus on transcatheter aortic valve replacement (2025)** National Clinical Research Center for Interventional Medicine, China Heart House

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), also known as transcatheter aortic valve implantation, is an interventional technology that involves compressing and assembling an artificial aortic valve outside the body, then delivering and implanting it into the diseased aortic valve to functionally replace the aortic valve. China has issued two versions of the Chinese expert consensus on transcatheter aortic valve replacement in 2015 and 2020, respectively. To promptly update the industry's understanding of TAVR and promote its broader, more standardized, and higher-quality application in China, an expert panel has developed this new edition of the expert consensus. This consensus includes significant updates to the previous version, covering the epidemiology of aortic valve diseases, advancements in TAVR research, indications, procedural standards, postoperative anticoagulation therapy, complication prevention and management, special case handling, and future development trends. The consensus combines international research evidence and references to foreign guidelines to ensure rigor and empirical support, while also integrating domestic research and practice to maintain cutting-edge and practical content.

**【Key words】** Transcatheter aortic valve replacement; Expert consensus; Indications; Procedural standards

经导管主动脉瓣置换术 (transcatheter aortic valve replacement, TAVR), 又称经导管主动脉瓣置入术 (transcatheter aortic valve implantation,

TAVI), 是指将人工主动脉瓣在体外压缩组装后, 经导管输送并置入到病变的主动脉瓣处, 在功能上完成主动脉瓣置换的一种介入技术。自2002年4月世界首例TAVR、2010年10月我国首例TAVR完成以来, 国内外的TAVR器械研发及临床应用均取得快速发展。TAVR已成为老年主动脉瓣狭窄 (aortic stenosis, AS) 和主动脉瓣反流 (aortic regurgitation, AR) 患者的重要治疗手段。欧美国

DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2025.12.001

通信作者: 周达新, Email: zhou.daxin@zs-hospital.sh.cn; 吴永健, Email: yongjianwu\_nccd@163.com

本文同时发表在Cardiology Plus, 2026, 11 (2)。

家近十几年来颁布的多个瓣膜管理指南中, TAVR 一直为其中的重点内容<sup>[1-6]</sup>。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及中华医学会心血管病学分会结构性心脏病学组于2015年发布了我国首个TAVR指导性文件《经导管主动脉瓣置换术中国专家共识》(以下简称2015版)<sup>[7]</sup>, 并于2020年发布了《经导管主动脉瓣置换术中国专家共识(2020更新版)》(以下简称2020更新版)<sup>[8]</sup>, 这两个文件对TAVR在我国的开展及推广起到积极引导作用。自2020更新版发布以来, 国内外的TAVR在器械研发、适应证开拓、临床研究及经验积累等方面均取得重大进展。为及时更新行业对TAVR的认识, 推进TAVR在我国更广泛、更规范、更高质量的应用, 专家组编写了新一版的专家共识。

执笔专家团队结合2020更新版, 梳理出目前我国临床实践关注的12个前沿核心问题, 通过对所检索到文献(检索范围包括PubMed、Web of Science、中国期刊全文数据库、维普中文期刊全文数据库; 检索时间自2020年1月1日至2025年9月1日; 检索词: 经导管主动脉瓣置换术、经导管主动脉瓣置入术、主动脉瓣狭窄、主动脉瓣反流、transcatheter aortic valve replacement、transcatheter aortic valve implantation、aortic stenosis、aortic regurgitation)的深入分析, 同时结合2020更新版所引用的部分经典文献的、未被更新的观点和数据, 形成12个核心观点。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。推荐等级参照GRADE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(所有核心专家均同意); 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(>80%核心专家同意)。

## 1 我国主动脉瓣疾病流行病学特点

在欧美国家, AS是老年人群中常见的心脏疾病, 其发病率随着年龄增长逐渐增高, 在年龄 $\geq 65$ 岁人群中约2.0%, 在 $\geq 85$ 岁人群中约4%<sup>[8]</sup>。我国缺乏AS确切流行病学数据。一项包括34 994例35岁以上人群的分层多阶段随机抽样全国横断面调查显示我国AS和AR发病率在65~74岁人群分别为1.5%和3.1%, 75岁以上分别为3.4%和7.1%<sup>[9]</sup>。其他一些间接性的调查研究显示, 我国计划和接受TAVR的患者和欧美国家存在差异<sup>[8, 10-11]</sup>: 二叶式主动脉

瓣(bicuspid aortic valve, BAV)比例较高、主动脉瓣钙化程度较高、AR多于AS、风湿性病因比例高, 在接受TAVR的BAV患者各解剖亚型的构成比中, 我国患者0型(无嵴型)占比较欧美国家高。两项研究显示我国BAV的发病率和欧美国家可能无差异<sup>[12-13]</sup>, 我国接受TAVR人群中BAV比例较高可能和接受手术患者较年轻有关。

**【核心观点1】我国接受TAVR的患者和欧美国家存在差异, 表现为BAV比例较高、主动脉瓣钙化程度较高、AR多于AS、风湿性病因比例高。(强推荐, 支持文献8-11)**

## 2 国内外TAVR研究进展

近年来TAVR的进展主要包括无症状的AS、BAV、AR及瓣膜耐久性等几个方面, 这些研究进展促进欧洲心脏病学会(European Society of Cardiology, ESC)2025瓣膜管理指南关于TAVR的适应证进行了较多的更新<sup>[6]</sup>。截止2025年底, 国外已有十余种TAVR瓣膜获批上市应用于临床, 全球共完成TAVR超过170万例。

无症状重度AS患者过去被建议接受严密的临床监测, 而非手术干预, 但近年AVATAR、Early TAVR、RECOVERY等3项随机对照研究<sup>[14-16]</sup>均显示对于手术风险低的患者, 早期主动脉瓣干预相对于保守治疗带来明确获益, 据此ESC 2025瓣膜管理指南提出无症状重度AS患者即使左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)保留, 也应考虑评估提前干预<sup>[6]</sup>。既往国外指南对BAV的TAVR并未明确推荐, 随着技术的成熟、器械的迭代, 多个单臂研究显示新一代TAVR瓣膜治疗BAV获得良好的短期和中期结果<sup>[17-19]</sup>。国内既往多个研究证明BAV的TAVR效果及安全性不劣于三叶式主动脉瓣(tricuspid aortic valve, TAV)<sup>[20-22]</sup>。在国内TAVR临床实践中BAV患者约占40%<sup>[20]</sup>。一项5年随访显示, BAV和TAV具有同样耐久性, 瓣膜功能无差异, 为BAV耐久性提供新证据<sup>[23]</sup>。数项研究显示, 在外科手术高危的AR患者中, 应用自膨胀式瓣膜行经股动脉入路的经导管主动脉瓣置换(transfemoral transcatheter aortic valve replacement, TF-TAVR)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)<sup>[24-26]</sup>, 可作为外科手术高危AR患者的一种治

疗选择。国内在使用自膨胀式瓣膜行TF-TAVR方面具有丰富的经验,多家中心发表相关研究,证实其具有很高的技术成功率<sup>[27-29]</sup>,并于2023年公布《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》<sup>[30]</sup>。一些国内研究显示,对于解剖合适、外科手术中、低危单纯主动脉瓣反流(pure aortic regurgitation, PAR)患者行TF-TAVR(应用自膨胀式瓣膜)可取得优异疗效<sup>[29-31]</sup>。新近的临床研究结果,使用专用瓣膜可提高PAR的TAVR手术成功率,减少了瓣膜移位<sup>[32-34]</sup>。基于目前研究证据,ESC 2025瓣膜病管理指南将外科手术高危的BAV、PAR患者列为TAVR适应证(Ⅱb类推荐)<sup>[6]</sup>。多项TAVR患者的5~10年随访结果均显示,TAVR瓣膜的耐久性得到了验证,其耐久性在某些研究中甚至优于外科生物瓣<sup>[35-39]</sup>。TAVR瓣膜长期耐久性的验证以及经导管瓣中瓣技术的成熟,为TAVR适应证向低龄化拓展提供了基础。因此,ESC 2025瓣膜病管理指南将首选TAVR的患者年龄从75岁调整至70岁(I类推荐,A级证据)<sup>[6]</sup>。

目前国内有十余个品牌瓣膜上市,涵盖球囊扩张式瓣膜、自膨胀式瓣膜两大类,新近的自膨胀式瓣膜还具有可回收、可调弯功能,有些瓣膜使用了干瓣为材料。截止2024年底,全国共完成55 000余例TAVR,其中2024年完成了17 000多例。来自国家经导管瓣膜治疗数据库(National Transcatheter Valve Registry, NTCVR)数据统计显示,2024年TAVR,经股动脉入路占80%,自膨胀式瓣膜占93%,PAR占21%,BAV占40%。综上,我国主动脉瓣病变患者特点及TAVR器械和国外有较大差异,在BAV和PAR方面积累了更丰富的经验及临床研究结果。因此,国外相关指南或指导性文件并不能完全适用于我国实际临床情况,有必要制订适合我国国情的指导性文件。

**【核心观点2】**国内外目前临床研究和实践显示,解剖合适的BAV和TAV患者的TAVR短期和长期临床效果无显著差异。(一般推荐,支持文献17-23)

**【核心观点3】**外科手术高危、解剖合适的PAR,应用上市的自膨胀式瓣膜行TF-TAVR,在手术经验丰富、技术成熟的中心,其疗效不劣于外科瓣膜置换手术;在有经验的中心应用上市的自膨胀式瓣膜和专用瓣膜对解剖合适的PAR患者行TF-TAVR,

技术安全、可靠。(一般推荐,支持文献24-34)

**【核心观点4】**TAVR瓣膜的长期耐久性不劣于外科生物瓣。(一般推荐,支持文献35-39)

### 3 TAVR适应证

2020年美国心脏病学会(American College of Cardiology, ACC)瓣膜管理指南<sup>[4]</sup>对于TAVR适应证主要建议:(1)外科手术高危的、预期生存期>1年症状性重度AS患者,若解剖合适,不考虑年龄,首选TAVR(I类推荐,A级证据);(2)对于外科手术非高危的患者,年龄是其治疗方式选择的重要参考因素,<65岁者首选外科主动脉瓣置换术(surgical aortic valve replacement, SAVR),>80岁若解剖合适首选TAVR,而65~80岁根据患者具体情况多学科团队讨论后由医患共同决定(I类推荐,A级证据)。2025年ESC瓣膜管理指南<sup>[6]</sup>的主要建议:(1)对于年龄≥70岁的症状性重度AS患者,解剖条件合适的TAV,应首选TAVR(I类推荐,A级证据);(2)而对于年龄<70岁且手术风险低的症状性重度AS患者,则推荐SAVR(I类推荐,B级证据);(3)指南还将外科手术高危的BAV的AS(Ⅱb类推荐)、PAR患者(Ⅱb类推荐)列为TAVR适应证。结合国情及国内外研究进展,建议TAVR适应证如下。

#### 3.1 绝对适应证

##### 3.1.1 症状性AS(应同时满足以下条件)

(1)重度AS。超声心动图提示跨主动脉瓣血流峰值速度≥4.0 m/s,或跨主动脉瓣平均压力差≥40 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),或主动脉瓣口面积<1.0 cm<sup>2</sup>,或有效主动脉瓣口面积指数<0.6 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>;低流速、低压差者经多巴酚丁胺负荷试验的多普勒超声评价或者其他影像学手段评估判断为重度AS者。(2)患者有相应症状。如气促、胸痛、晕厥,或纽约心脏病协会(New York Heart Association, NYHA)心功能分级Ⅱ级以上,且该症状为AS所致。(3)解剖学上适合TAVR,包括TAV或BAV(具体解剖评估见下文)。(4)纠治AS后的预期生存期超过12个月。(5)外科手术高危或年龄≥70岁,外科手术风险评估参考2020 ACC瓣膜管理指南<sup>[4]</sup>。

##### 3.1.2 无症状性AS(应同时满足以下条件)

(1)重度AS。(2)解剖上适合TAVR。(3)

纠正AS后的预期生存期超过12个月。(4) LVEF < 50%, 无其他病因; 或者 LVEF ≥ 50%, 合并以下情况之一: ① 极重度 AS (平均跨瓣压差 ≥ 60 mmHg 或峰值流速 > 5.0 m/s); ② 严重瓣膜钙化 (通过CT评估) 且峰值流速进展 ≥ 0.3 m/(s·年); ③ B型利钠肽 (B-type natriuretic peptide, BNP)/N末端B型脑钠肽前体 (amino-terminal probrain natriuretic peptide, NT-proBNP) 水平升高 > 3倍年龄校正的正常值; ④ 运动测试期间血压持续下降 (> 20 mmHg)。(5) 外科手术高危或年龄 ≥ 70岁。

### 3.1.3 生物瓣衰败

外科和介入生物瓣衰败 (重度狭窄或反流)、有相应症状 (或无症状但合并左心室扩大或 LVEF < 50%) 且解剖学上适合 TAVR, 为 TAVR 的绝对适应证<sup>[40-41]</sup>。

### 3.2 相对适应证

(1) 满足上述条件 [3.1.1、3.1.2 绝对适应证 (1)、(2)、(3)、(4)], 年龄 60~70 岁但外科手术中、低危, 由心脏团队根据全生命周期管理策略及患者意愿判断为适合行 TAVR。

(2) PAR 患者, 应用我国上市的自膨胀式瓣膜和专用于 PAR 的瓣膜行 TF-TAVR, 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 mm/m<sup>2</sup> 或 LVEF ≤ 50%; ② 外科手术中、高危 (中危患者年龄要求 60 岁以上), 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 > 30 台, 设有心外科备台); ⑤ 患者纠正 AR 后预期生存期超过 12 个月。

应用 J-Valve 等专用瓣膜对 PAR 行经心尖入路的 TAVR 安全可靠。本共识主要是针对经血管入路的 TAVR, 故对此不做阐述。综上, 在满足解剖结构合适、主动脉瓣干预指征及预期生存期等条件之后, 基于年龄和外科手术风险的 AS 患者 TAVR 适应证推荐见表 1。

**表 1** 基于年龄和外科手术风险的 AS 患者 TAVR 适应证推荐

**Table 1** Recommendations of indications for TAVR in AS patients based on age and surgical risk

| 手术风险   | 年龄 < 60 岁 | 年龄 60~70 岁         | 年龄 > 70 岁 |
|--------|-----------|--------------------|-----------|
| 外科手术高危 | 绝对适应证     | 绝对适应证              | 绝对适应证     |
| 外科手术中危 | 尚不明确      | 相对适应证 <sup>a</sup> | 绝对适应证     |
| 外科手术低危 | 非适应证      | 相对适应证 <sup>a</sup> | 绝对适应证     |

注: a, 需要考虑全生命周期管理策略 (包括预期生存期、首次瓣膜的选择、多枚瓣膜置入后的瓣口面积及压差以及冠状动脉通路的保留); AS, 主动脉瓣狭窄; TAVR, 经导管主动脉瓣置换术。

### 3.3 禁忌证

TAVR 的禁忌证包括: 左心室内血栓、左心室流出道严重梗阻、入路或者主动脉根部解剖形态上不适合 TAVR (如冠状动脉阻塞风险高)。

**【核心观点 5】**TAVR 绝对适应证包括: 有症状、解剖合适、预期生存期长于 12 个月、70 岁以上或者外科手术高危、重度 AS 患者, 症状性或左心功能受损的外科或介入生物瓣衰败患者, 以及无症状但合并左心室功能受损重度 AS 或无症状极重度 AS 患者。(强推荐, 支持文献 6, 14-23, 40-41)

**【核心观点 6】**TAVR 相对适应证包括: 年龄 60~70 岁、外科手术中或低危、满足其他绝对适应证条件、由心脏团队根据全生命周期管理策略及患者意愿判断适合行 TAVR 的 AS 患者; 或者外科手术中危 (需年龄 > 60 岁) 或高危、需要手术干预、解剖合适的 PAR 患者 (应用自膨胀式瓣膜或专用瓣膜行 TF-TAVR, 由有经验中心团队实施)。(一般推荐, 支持文献 6, 24-39)

## 4 术前筛选

TAVR 术前筛选包括临床评估及影像学评估。

临床因素评估包括: (1) 是否需要置换瓣膜, 包括 TAVR 预期获益程度; (2) 外科手术风险; (3) TAVR 手术的风险, 目前一些 TAVR 专用风险模型可以预测 TAVR 风险<sup>[42-43]</sup>。

影像学评估是 TAVR 术前评估的重点, 以判断是否适合 TAVR、预测 TAVR 手术风险、选择合适瓣膜及其型号和制订手术策略。(1) 经胸超声心动图 (transthoracic echocardiography, TTE) 或经食管超声心动图 (transesophageal echocardiography, TEE)。可评估心脏形态及功能、瓣膜功能及解剖、主动脉根部的解剖。对于不能耐受 CT 检查患者, 超声心动图检查可作为术前主动脉根部解剖评估主要手段。大部分患者主动脉瓣环的形态为椭圆形, 使用常规二维超声心动图从单一切面测量瓣环不够准确, 三维超声心动图可弥补该缺陷。(2) 多排计算机断层扫描 (multi-slice computed tomography, MSCT)。MSCT 是 TAVR 影像学评估最主要的手段, 是判断患者是否适合 TAVR、预测 TAVR 手术风险及选择人工瓣膜类型及型号的主要依据<sup>[44]</sup>。通过三维重建, 可以多平面观察瓣叶形态、厚度、钙化程度及其分布, 测量瓣环、流出道及瓣上结构的周长、

面积及内径,为瓣膜类型、型号选择提供依据;可预测术后瓣周漏(paravalvular leak, PVL)的风险;可以用来评估冠状动脉开口与自身瓣叶距离及主动脉窦、窦管交界内径等,预估冠状动脉阻塞的风险;可以评估冠状动脉病变情况;可提供术中跨瓣、球囊扩张及瓣膜释放等关键步骤的最佳数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)投射角度;对血管入路及主动脉进行全面评估也是其重要的作用。(3)血管造影。术前很少应用,主要是术中用来评估血管入路的情况。冠状动脉造影可用来准确评估是否合并冠心病及冠状动脉狭窄程度,但术前CT已经排除冠状动脉明显狭窄者,无需术中冠状动脉造影。

**【核心观点7】TAVR术前临床因素评估包括是否需要置换瓣膜、外科手术风险及TAVR手术的风险。TAVR影像学评估主要包括超声和MSCT评估,MSCT是判断是否适合TAVR、预测TAVR手术风险、选择合适瓣膜类型及其型号和制订手术策略的主要依据。(强推荐,参考文献42-44)**

## 5 操作规范及术后抗栓治疗

### 5.1 硬件设施及人员配备

建议TAVR在心导管室或杂交手术室进行,并建立多学科心脏团队,相关人员应接受系统性规范化培训。开展中心应具备心外科手术备台能力。

### 5.2 自膨胀式瓣膜操作要点

初步开展的中心,建议TAVR在全身麻醉、TEE及DSA引导下完成。在经验丰富的中心,也可选择局部麻醉联合镇静下、无TEE引导实施简化式TAVR<sup>[45]</sup>。需要指出的是,目前我国TAVR开展广泛,出现多种技术策略及方法,各中心操作方法、习惯不尽相同,本共识仅简要介绍其中最常见的方法。

(1)血管入路的建立。穿刺辅路(股动脉或桡动脉)置入6 F动脉鞘,放置猪尾导管至主动脉根部,供术中测压与造影。经外周静脉路径放置临时起搏器导管于右心室心尖部。在超声引导或者辅路的导管造影引导下,经皮穿刺主路的股动脉,穿刺针进入点应在股动脉前壁的中间,随后预置动脉缝合装置。主路动脉的建立也可以采用切开分离、直视下穿刺股动脉的方法。在超硬导丝的支撑引导下缓慢将引导鞘管(16~22 F)推进至腹主动脉。

(2)导丝进入左心室。跨瓣导丝一般选用直头导丝或直头亲水涂层导丝,指引导管一般为6 F Amplatzer L左冠状动脉造影导管。跨瓣导丝及指引导管进入左心室后,将指引导管交换为猪尾导管,退出导丝进行左心室内压力测定,再由猪尾导管导入塑型后的超硬导丝(Luderquist或配套的预塑形导丝)至左心室内。超硬导丝头端应塑型成2个以上圆圈的形状,增加和左心室壁接触面积,以支撑扩张球囊及瓣膜输送系统。

(3)球囊扩张。球囊扩张应在右心室快速起搏下进行,起搏的频率以动脉收缩压<60 mmHg、脉压差低于20 mmHg为宜,一般为180~220次/分。当起搏后血压达到目标血压时,快速充分地扩张球囊,停顿3 s左右,快速抽瘪球囊,随后停止起搏。球囊充盈、排空应快速,总起搏时间建议<15 s,以免长时间低灌注造成的并发症。球囊预扩张有利于输送系统通过瓣口、稳定血流动力学,还可协助选择人工的瓣膜型号<sup>[46]</sup>、预测冠状动脉阻塞的风险。各中心对球囊直径选择经验有所不同,国内倾向于用<自身瓣环直径15%以上的小球囊扩张<sup>[47]</sup>。球囊扩张时应该注意控制、固定球囊,避免球囊向左心室或者升主动脉滑脱。对于钙化或狭窄不严重的患者,可以不采用球囊预扩张。

(4)释放瓣膜。瓣膜释放前,应将由辅路送入的猪尾导管放置于无冠窦的最低点作为参考。瓣膜释放角度采用窦重叠及无冠窦最低法,可通过术前的CT预测,但术中需要根据情况在这个角度附近稍作调整,使得DSA显示下瓣膜支架下缘呈一直线。由于多数情况下瓣膜释放过程中瓣膜会向下移位,故起始释放深度在无冠窦底至其上方2 mm以内,并在释放过程中根据瓣膜移位情况随时调整瓣膜的深度,瓣膜深度的调整可通过推拉输送系统或者超硬导丝来完成。瓣膜释放过程中可根据猪尾导管、瓣膜钙化影等标记或主动脉根部造影确认瓣膜深度。瓣膜释放后理想深度为在各个窦深度均处于0~6 mm。瓣膜释放起始缓慢,但从瓣膜下缘展开呈锥体状到锚定状态时瓣膜容易发生移位,此过程中可快速起搏(一般频率120~150次/分,起搏时间10~20 s)并快速释放,将瓣膜释放至可回收极限位。复查造影(及超声),对瓣膜位置、形态、型号选择及冠状动脉阻塞风险评估满意者,完全释放瓣膜;若不满意,可回收瓣膜再进行重复操作。完全释放瓣膜后,进行影像学、心电、血流动力学评估。对

于瓣膜膨胀不全或者PVL严重者,可采取球囊后扩张或置入瓣中瓣等处理。

(5) 入路闭合处理。在手术结束前建议常规行主动脉根部及入路血管造影,以排除相关血管并发症。入路血管的止血可采用血管缝合器闭合、外科缝合等方法。

### 5.3 球囊扩张式瓣膜操作要点

球囊扩张式瓣膜的TAVR操作要点除了瓣膜释放过程不同外,其余操作与自膨胀式瓣膜相似。球囊扩张式瓣膜普遍具有可调弯功能,在通过主动脉弓和跨瓣时,可以调节旋钮让输送系统自然成弯,减少对主动脉血管的损伤,而跨瓣后也可以通过调弯功能让瓣膜支架和左心室更好地同轴,故在应对主动脉弓迂曲和横位心等解剖方面有其一定的优势。部分瓣膜如Sapien 3推出引导鞘后需要在体内组装,使得瓣膜从输送管移动并固定到球囊上。球囊扩张式瓣膜由于支架短,所以对瓣膜支架定位精确度要求高。精确的瓣膜定位需要在猪尾导管造影或者TEE引导下完成。瓣膜释放时,猪尾导管放在右冠窦,右冠窦在DSA下投影处于另外两个窦之间的中央位置(右冠窦居中位)。输送系统及瓣膜定位到理想位置后,在保证起搏器完全夺获的快速(180次/分以上)起搏心律下,使得收缩压降到50 mmHg、脉压差10 mmHg以下,扩张、停顿5 s、抽瘪球囊释放瓣膜。过程中要保证起搏器完全夺获心室。瓣膜支架扩张前应该精细调整输送系统使瓣膜处在良好的同轴及初始深度。瓣膜释放一半之前,球囊起始扩张速度要缓慢,给第一术者调整时间,之后确认位置满意快速扩张锚定。瓣膜支架有标记点协助瓣膜的定位,瓣膜上缘应该超过自体瓣叶,瓣膜在瓣环上与瓣环下的比例在8:2或9:1为宜。应注意瓣膜支架下段扩张释放后的短缩效应。

### 5.4 术后抗栓治疗

参考目前国外瓣膜管理指南,总体上对于抗栓治疗推荐方案趋于简化:对于无抗凝指征的患者,在TAVR术后12个月内使用低剂量阿司匹林(75~100 mg、每日1次)或氯吡格雷(75 mg、每日1次),12个月以后长期使用低剂量阿司匹林(75~100 mg、每日1次)治疗<sup>[6]</sup>;对于有其他抗凝适应证的TAVR患者,建议使用口服抗凝药;不建议在TAVR术后常规使用口服抗凝药或双联抗血小板治疗<sup>[48-50]</sup>。

**【核心观点8】**建议TAVR在心导管室或杂交手术室

进行,并建立多学科心脏团队,相关人员应该接受系统性规范化培训,应有外科手术备台能力。(一般推荐,专家观点)

**【核心观点9】**TAVR术后抗栓建议:对于无抗凝指征的患者,在TAVR术后12个月内使用低剂量阿司匹林(75~100 mg、每日1次)或氯吡格雷(75 mg、每日1次),12个月以后使用低剂量阿司匹林(75~100 mg、每日1次)治疗;对于有其他抗凝适应证的TAVR患者,建议口服抗凝药。(强推荐,参考文献6, 48-50)

## 6 并发症防治

为了统一各并发症的定义、方便各研究之间的对比,瓣膜学术研究联盟(Valve Academic Research Consortium, VARC)发表了TAVR临床研究终点标准定义,目前已更新至VARC-3<sup>[51]</sup>,常见并发症及其防治如下。

### 6.1 心脏传导阻滞

心脏传导阻滞为TAVR常见的并发症,主要包括新发的左束支传导阻滞(left bundle branch block, LBBB)和房室传导阻滞,严重者需要永久起搏器植入(permanent pacemaker implantation, PPMI)。该并发症的既往发生率较高,早期研究报道自膨胀式瓣膜(CoreValve)约28%,球囊扩张式瓣膜(Edwards Sapien)约6%<sup>[52]</sup>。随着经验积累,目前倾向于将瓣膜更高位地置入,使自膨胀式瓣膜置入后PPMI发生率下降至10%以下<sup>[53-54]</sup>。导致PPMI的房室传导阻滞大多数发生于TAVR术中,但仍有30%患者发生在48 h后,有些病例甚至发生在术后1~6个月内<sup>[55]</sup>。TAVR术后发生PPMI的危险因素包括术前存在右束支传导阻滞(right bundle branch block, RBBB)或一度房室传导阻滞、置入自膨胀式瓣膜、瓣膜置入过深、选择直径过大的瓣膜或过大的球囊、室间隔膜部长度较短、无冠瓣钙化容积大等因素<sup>[56-58]</sup>。避免将瓣膜支架置入太深(>6 mm)、避免选择直径过大的瓣膜、对已存在RBBB的患者选用球囊扩张式瓣膜、选择内径较小的球囊扩张等措施,可减少这一并发症的发生。对于大多数患者,术后心电图若无变化且术前无RBBB患者,术后即刻可拔除临时起搏电极,术后持续心电监护24 h;对于术前存在RBBB或者术后有心电图改变(QRS波增宽、PR延长)患者,需要留置临时起搏电极24 h,并进一步评估;对于术中或术后出现高度或者完全性房室传导

阻滞且在术后48 h内未恢复患者,可PPMI<sup>[56-58]</sup>。对于需要PPMI的患者,若合并LVEF下降,左束支或希氏束起搏,可能带来更好的左心室重构<sup>[56-58]</sup>。

6.2 PVL

目前瓣膜多含有防PVL外裙边,该并发症发生率明显下降,中度以上PVL在自膨胀式瓣膜(Evolut R/PRO)为5.4%~5.9%,球囊扩张式瓣膜(Sapien 3/Ultra)为2.8%<sup>[59]</sup>,自膨胀式瓣膜PVL随着时间延长可能减轻。研究显示,中度以上PVL和患者远期死亡率相关<sup>[60]</sup>,瓣膜选择过小、瓣膜置入过浅或过深、存在较大钙化团块被多项研究确认是中重度PVL的独立危险因素<sup>[61-62]</sup>。瓣膜置入后应对PVL及其程度进行评估,使用包括主动脉根部造影、血流动力学测定(可使用AR指数)、超声多普勒等手段,对PVL的程度、发生部位、血流动力学的影响进行综合评估。对于中度以上PVL,应该积极干预。可使用球囊后扩张(瓣膜膨胀不全或贴合欠佳时)、瓣中瓣置入瓣膜支架(瓣膜位置过高或过低时)、封堵器封堵(局限性或束状PVL)等技术。无法介入干预的严重PVL需外科手术。选择合适型号的瓣膜、瓣膜深度的精准定位,可以降低PVL的发生。

6.3 冠状动脉阻塞

冠状动脉阻塞是TAVR少见(<1%)却是致命性的并发症<sup>[63]</sup>,也是术前影像学筛选重点以及患者被排除行TAVR的主要原因之一。TAVR冠状动脉阻塞的主要机制是自体瓣膜上翻堵住冠状动脉开口。此外,瓣膜支架放置过高,裙边挡住冠状动脉开口,也可影响冠状动脉血流甚至导致冠状动脉阻塞。术前CT评估应从瓣叶情况、主动脉窦解剖、拟置入的瓣膜特性3个方面综合考虑(表2)<sup>[63-64]</sup>。球囊扩张时或者瓣膜释放至可回收极限位置时,在冠状动脉开口切线位进行主动脉根部造影或使用TEE观察冠状动脉开口及血流情况,可进一步评估冠状动脉阻塞的风险。冠状动脉阻塞高风险患者防治策略:(1)允许的情况下瓣膜选小一号、置入适度深一些,可降低冠状动脉阻塞的风险,但PVL可能会增多;(2)采取冠状动脉保护策略,在冠状动脉开口预置入支架或者瓣叶切割技术BASILICA<sup>[64-67]</sup>; (3)若发生冠状动脉急性或延迟性闭塞,可行急诊冠状动脉介入或外科冠状动脉旁路移植术进行补救。

6.4 脑卒中

TAVR相关脑卒中可能与术中操作导致主动脉瓣或主动脉上的碎片物质或者器械相关血栓脱落相

表2 冠状动脉阻塞风险相关因素

| 位置    | 相关因素                                                                                                                                                                 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 瓣叶    | (1) 自身瓣叶过长, 高于冠状动脉开口甚至窦管交界处的高度<br>(2) 靠近冠状动脉开口的瓣叶存在钙化或增厚团块<br>(3) 存在不对称钙化, 冠状动脉开口对侧的瓣叶明显钙化或存在难以打开钙化融合嵴而同侧瓣叶钙化轻, 预计人工瓣膜置入后移向该冠状动脉开口<br>(4) 外科生物瓣或者介入瓣术后(生物瓣叶更冗长、瓣环更高) |
| 主动脉窦  | (1) 冠状动脉开口高度低(< 12 mm)<br>(2) 瓦氏窦较小(< 30 mm)<br>(3) 窦管交界处高度低<br>(4) 窦管交界直径较小<br>(5) 综合评估指标: 瓣架至冠状动脉开口距离< 3 mm、瓣架至窦管交界距离< 1 mm <sup>[64]</sup>                        |
| 置入的瓣膜 | (1) 瓣膜置入位置过高<br>(2) 自膨胀式瓣膜裙边不对称, 裙边吊桥处对着冠状动脉开口<br>(3) 使用瓣中瓣技术                                                                                                        |

关。临床有症状的脑卒中发生率为1.9%~2.9%<sup>[68-70]</sup>, 头颅磁共振显像显示术后无症状缺血性脑损伤十分常见(约70%~85%)<sup>[71-72]</sup>。危险因素除患者特性外, 还包括球囊预扩张、术中操作时间过长或操作过于复杂、低灌注(快速起搏)以及瓣膜回收重置等<sup>[73]</sup>。术中避免反复操作及低灌注可能减少脑卒中的发生。高危患者可考虑使用脑保护装置。临床研究显示, 脑保护装置可以减少磁共振检测的脑梗死面积, 但尚未能证明减少临床终点事件<sup>[69]</sup>。若发生有临床症状的脑卒中, 应请神经专科医师协同处理。

6.5 其他并发症

(1) 局部血管并发症。主要是入路血管(股动脉、髂动脉、腹主动脉)出现夹层、闭塞、破裂出血等。随着低尺寸的输送系统应用, 该并发症发生率大幅下降至约2%~8%<sup>[74]</sup>。老年患者, 特别是合并如高血压病、慢性肾功能不全、糖尿病、遗传性高胆固醇血症等多病症的患者, 易发生血管狭窄、粥样斑块、钙化、过度扭曲等, 可致血管并发症。术前应使用MSCT全面仔细评估血管入路, 选择血管条件较好的入路。避免选择内径过小、过于扭曲的入路血管, 避免粗暴操作。一旦出现血管并发症, 可采用外周血管球囊、外周覆膜支架, 必要时进行血管外科手术处理。

(2) 目前心脏压塞发生率<1%<sup>[75]</sup>。通常由瓣环撕裂、超硬导丝或起搏电极损伤心室或主动脉瓣

钙化团块刺伤主动脉窦引起。术中应该注意超硬导丝在左心的张力,在输送系统推进时应固定、回拉超硬导丝,球囊扩张时避免球囊滑落左心室。进行球囊扩张前评估主动脉窦损伤可能性,避免选择过大球囊。根据心脏损伤及心包积液的情况,选择心包穿刺引流保守治疗及外科手术干预。

(3) 主动脉夹层是 TAVR 少见但致命的并发症。输送系统推进时注意回拉超硬导丝,以避免输送系统鼻锥顶伤升主动脉。

**【核心观点10】**虽然 TAVR 并发症较前已明显下降,但仍然需要关注和预防房室传导阻滞、冠状动脉阻塞、脑卒中、局部血管并发症、心脏压塞、瓣环破裂、主动脉夹层等并发症。(强推荐,参考文献52-75)

## 7 特殊病例处理

### 7.1 外科生物瓣衰败

外科主动脉生物瓣发生衰败时,二次外科手术换瓣风险较高,TAVR的瓣中瓣技术为此类患者的优先选择。操作技巧和手术要点如下。(1) 术前明确外科生物瓣的类型、尺寸,不同生物瓣类型的标记(规格)尺寸比瓣膜的真实内径大1~4 mm,应与MSCT结果互相印证,选择合适的瓣膜型号(尺寸oversizing率应10%以上)。(2) 了解病变瓣膜的X线影像特性,为瓣膜置入深度提供参照(注意有些瓣膜X线显示的环并非瓣膜支架的最低点);为了获得更好的血流动力学,自膨胀式瓣膜的置入深度(以缝合环最低边缘为参考)<5 mm,球囊扩张式瓣膜为9:1。(3) 有些患者外科生物瓣瓣环内径较小(如19 mm),主动脉瓣口压差可能是由于左心室流出道狭窄或者人工瓣膜与患者不匹配导致而非瓣膜狭窄,应该观察生物瓣膜病变及开放情况,仔细鉴别。对于MSCT测得瓣环内径<17 mm,应该谨慎。对于一些外科生物瓣膜,可以使用瓣环重塑和瓣环破裂技术<sup>[76]</sup>,以扩大置入瓣膜的瓣口面积。对于冠状动脉高风险的病例可使用BASILICA技术切割瓣叶<sup>[64-66]</sup>。

### 7.2 再次行经导管主动脉瓣置换术(redo-transcatheter aortic valve replacement, Redo-TAVR)

经导管心脏瓣膜(transcatheter heart valve, THV)失败的治疗方案包括外科手术取出THV并行生物瓣置换或Redo-TAVR。虽然缺乏直接的随机比较,但注册数据表明,Redo-TAVR的30 d和1

年死亡率低于外科手术<sup>[77]</sup>。在实施Redo-TAVR并进行CT检查前,除了需考量瓣膜尺寸问题,冠状动脉阻塞风险是关键要点。由于不同瓣膜的瓣叶设计各异,当置入第2枚瓣膜时,第1枚瓣膜的瓣叶会被掀起从而形成新的裙边。在CT分析层面,需重点关注2个距离参数<sup>[78]</sup>:(1) THV瓣架(短支架瓣)与有风险的冠状动脉开口之间的距离(valve to coronary ostial distance, VTC),若VTC<4 mm,则发生冠状动脉阻塞的风险偏高;(2) 瓣架至窦管交界的距离(valve to sinotubular junction distance, VTSTJ),若VTSTJ<2 mm,无论冠状动脉开口位置高低,均存在窦隔离风险,此时冠状动脉阻塞的发生风险亦显著升高。在术前获取这2个关键距离点时,还需将新裙边高度(特别是长支架瓣)纳入考量范畴。对于Redo-TAVR,第2枚瓣膜置入后可导致瓣口面积进一步缩小,术后瓣口面积及瓣膜压差也是需要重点关注内容<sup>[79]</sup>。

### 7.3 PAR

我国PAR专用瓣膜目前还未广泛应用,我国PAR的TF-TAVR多数使用已上市自膨胀式瓣膜进行。关于患者适应证见《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》<sup>[30]</sup>。近期,一系列研究证实对于解剖合适(主动脉瓣环周长内径≤83 mm、主动脉瓣环成角30°~60°)的患者,无冠窦支点法(noncoronary sinus pivot implantation, NCPI)可以明显提高该类手术成功率,降低并发症发生率<sup>[28-29, 80]</sup>。随着近期我国经股入路专用治疗PAR介入瓣膜上市,将改变PAR治疗局面。

### 7.4 血管入路不良

目前,国内上市的经股动脉瓣膜输送系统最大外径为18 F或以上,若使用引导鞘一般要求股动脉最狭窄直径在6.0 mm以上。当股动脉血管入路不佳时,如存在较严重狭窄或者钙化(非环形)的,可考虑采用无鞘技术,可把血管直径要求降低至5.0 mm。若无鞘技术不可行或仍存在较大风险,可根据患者的实际情况选择颈动脉、锁骨下动脉、升主动脉、心尖等其他路径。也可以使用髂股动脉改良技术,如震波球囊扩张,或者预先支架置入后择期再行TAVR。

### 7.5 水平型主动脉

水平型主动脉瓣环成角大,自膨胀式瓣膜输送系统通过瓣环困难,同时输送系统与主动脉不同轴,瓣膜支架下缘释放后在X线下与瓣环平面不

平行,使得瓣膜释放时定位困难,瓣膜完全释放后左冠窦侧容易放置过深(“高低瓣”现象),导致PVL、传导阻滞、二尖瓣功能受影响发生的概率增加<sup>[81]</sup>。关于自膨胀式瓣膜操作技巧和注意事项如下:(1)输送系统跨瓣困难时,可用圈套器辅助,尤其是在因为PVL严重需要置入第2枚瓣膜时;(2)释放瓣膜可采用超高位释放、无冠窦支点、调整导丝和系统张力改变同轴性、圈套器辅助等技巧释放瓣膜;(3)新一代可调弯、可回收瓣膜输送系统可有助于解决跨瓣和定位困难的问题。球囊扩张式瓣膜含有可调弯系统,可克服该类问题,操作较容易。

### 7.6 合并多瓣膜病变

主动脉瓣外的心脏损伤在重度AS患者中有着较高的发生率,60%的重度AS患者存在左心室肥大,约20%的患者存在二尖瓣反流,47%~75%存在肺动脉高压,约25%的患者出现右心室功能不全及三尖瓣反流<sup>[82]</sup>。AS按照心脏损伤情况可分为4期:1期为左心室受损,2期二尖瓣和左心房受损,3期肺动脉或三尖瓣受损,4期为右心室受损。3~4期患者预后明显差于1~2期<sup>[82-83]</sup>。因此,对于合并肺动脉高压、三尖瓣反流、右心室功能受损患者应该注意手术风险及预后<sup>[84]</sup>,目前缺少TAVR联合三尖瓣介入干预研究。对于合并二尖瓣反流患者,若为功能性反流,可先行TAVR,根据术后二尖瓣反流变化情况再决策是否行二尖瓣介入;若合并器质性二尖瓣反流,可同期行二尖瓣介入手术<sup>[85]</sup>。

### 7.7 瓣膜极度钙化的AS

这类患者瓣膜极度钙化、钙化团块巨大或存在穿透瓣叶的钙化,容易导致输送系统难以跨瓣、瓣膜支架无法充分展开、严重PVL、需要球囊后扩张等不利情况。应该较充分地预扩张,根据球囊扩张结果选择更小型号瓣膜。对于严重非对称钙化,避免过大球囊扩张,注意流出道瓣环破裂风险。

### 7.8 合并肾功能不全

TAVR术中由于使用对比剂以及低灌注,可导致急性肾损伤,继而影响患者预后<sup>[86]</sup>。然而,研究显示由于TAVR改善患者的肾脏灌注,更多的患者表现为肾功能的改善<sup>[87-88]</sup>。因此,肾功能不全(包括尿毒症患者)不是TAVR患者手术禁忌证。对于术前有肾功能不全而未行血液透析者,术中应该尽量少用对比剂,避免长时间低灌注,必要时术后予血液透析。对于平时维持血液透析患者,TAVR术

中容易循环崩溃,建议在术前24 h内行血液透析,术中减少对比剂的使用,快速操作,必要时机械循环支持,术后尽快行血液透析<sup>[88]</sup>。

### 7.9 合并冠心病

接受TAVR患者中15%~80%合并有冠心病,美国胸外科医师协会评分越高者发生率越高<sup>[89]</sup>。新近研究显示对于冠状动脉狭窄>90%的患者TAVR同时经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)相对于仅行TAVR获得更好的预后<sup>[90]</sup>。鉴于TAVR术后再行PCI存在困难,建议对主要的冠状动脉狭窄>70%患者在TAVR前进行PCI,但新近一些研究并未证实其能降低患者死亡率<sup>[91-92]</sup>。多项研究显示在TAVR术前分期的PCI或者与TAVR同期的PCI均是可行的且结果相似<sup>[91-92]</sup>。但对于LVEF低于30%患者,PCI风险明显增加,建议选择同期PCI,术中可先予主动脉瓣球囊扩张改善血流动力学再予PCI。对于年轻合并多种心血管危险因素或者冠状动脉轻中度患者,需要考虑将来PCI冠状动脉通路保留,交界对齐技术(人工瓣叶的交界与原生瓣叶的交界保持较小角度差,以保证冠状动脉通路顺畅及更好的血流动力学)有利于解决该问题<sup>[93]</sup>。

### 7.10 危重患者或紧急TAVR

某些患者就诊时病情就已危重,出现严重心力衰竭或血流动力学不稳,无法择期TAVR,需紧急(24 h内)行TAVR。这些患者往往无法耐受MSCT检查,故术前评估主要依赖于超声心动图,尤其是三维超声。术中以血管造影评估入路情况,以球囊扩张评估瓣环大小及冠状动脉阻塞的风险。有些患者LVEF特别低(<25%),或者血流动力学不稳,可术前或术中使用体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)等预防性循环辅助支持<sup>[94]</sup>。对于未建立循环支持患者,术中若出现明显低血压或循环崩溃,因迅速寻找和纠正原因,立即进行有效心外按压,快速进行球囊扩张和瓣膜置入,同时准备和启动循环支持。特别危重患者在导管室无配备人工瓣膜的情况下,亦可先行单纯主动脉瓣扩张术,待病情相对稳定再行MSCT检查评估,后择期行TAVR<sup>[6]</sup>。

**【核心观点11】**不同疾病状态、不同解剖的主动脉瓣病变患者行TAVR时,应该采取个体化技术和临床

管理策略。(强推荐, 参考文献76-94)

## 8 发展趋势

由于TAVR具有创伤小、恢复快、舒适度高优点, 接受手术患者已经趋于年轻化。随着接受TAVR手术的人群向年轻患者迈进, 全生命周期管理策略(首枚瓣膜选择SAVR还是TAVR, 若是TAVR选择哪种类型瓣膜)、Redo-TAVR、交界对齐技术、新型瓣叶材料(抗钙化生物瓣、干瓣、聚合物瓣膜)是目前研究的热点<sup>[77, 93, 95-96]</sup>。随着器械的改进及技术的进步, 无需全身麻醉、无需TEE、无需起搏器电极的简化式TAVR逐步普遍开展<sup>[97]</sup>。人工智能辅助TAVR术前影像分析及手术决策、术中导航及术后风险预测, 也是目前发展热点<sup>[98]</sup>。

**【核心观点12】全生命周期管理策略、Redo-TAVR、交界对齐技术、新型瓣叶材料、简化式TAVR、人工智能辅助TAVR是目前TAVR研究热点。(强推荐, 77, 93, 95-98)**

**执笔专家:** 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), 刘先宝(浙江大学医学院附属第二医院), 李捷(广东省人民医院), 陈莎莎(复旦大学附属中山医院)

**指导专家:** 葛均波(复旦大学附属中山医院), 王建安(浙江大学医学院附属第二医院)

**核心专家(按姓氏拼音排序):** 白元(中国人民解放军海军军医大学第一附属医院), 陈良龙(福建医科大学附属协和医院), 陈茂(四川大学华西医院), 陈晓敏(宁波大学附属第一医院), 陈韵岱(中国人民解放军总医院), 董念国(华中科技大学同济医学院附属协和医院), 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), 郭亮(中国医科大学附属第一医院), 郭延松(福建省立医院), 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二附属医院), 刘先宝(浙江大学医学院附属第二医院), 陆方林(上海市第一人民医院), 罗建方(广东省人民医院), 潘文志(复旦大学附属中山医院), 潘欣(上海市胸科医院), 彭小平(南昌大学第一附属医院), 尚小珂(华中科技大学同济医

学院附属协和医院), 宋光远(首都医科大学附属北京安贞医院), 苏晞(武汉亚心总医院), 陶凌(中国人民解放军空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), 王焱(厦门大学附属心血管病医院), 吴连拼(温州医科大学附属第二医院), 吴永健(中国医学科学院阜外医院), 修建成(南方医科大学南方医院), 杨毅宁(新疆维吾尔自治区人民医院), 张俊杰(南京市第一医院), 张龙岩(武汉亚心总医院), 周达新(复旦大学附属中山医院), 周浩(温州医科大学附属第一医院), 朱政斌(上海交通大学医学院附属瑞金医院)

**其他专家(按姓氏拼音排序):** 卜军(上海交通大学医学院附属仁济医院), 柴大军(福建医科大学附属第一医院), 陈静(武汉大学人民医院), 陈新敬(福建省立医院), 程标(四川省医学科学院·四川省人民医院), 方军(福建医科大学附属协和医院), 龚韧(南昌大学第二附属医院), 谷兴华(山东大学齐鲁医院), 郭晓纲(浙江大学医学院附属第一医院), 韩克(西安交通大学第一附属医院), 江磊(青岛大学附属医院), 姜楠(天津市胸科医院), 姜小飞(珠海市人民医院), 姜正明(首都医科大学附属北京安贞医院), 晋军(陆军军医大学第二附属医院), 李传保(山东大学齐鲁医院), 廉哲勋(青岛大学附属医院), 刘长福(中国人民解放军总医院), 刘进军(蚌埠医科大学第一附属医院), 刘新民(首都医科大学附属北京安贞医院), 马为(北京大学第一医院), 马翔(新疆医科大学第一附属医院), 马学平(宁夏医科大学总医院), 彭勇(四川大学华西医院), 乔帆(中国人民解放军海军军医大学第一附属医院), 石凤梧(河北医科大学第二医院), 王墨扬(中国医学科学院阜外医院), 王圣(海南省人民医院), 王正东(玉林市第一人民医院), 吴延庆(南昌大学第二附属医院), 徐承义(武汉亚洲心脏病医院), 徐吉喆(兰州大学第一医院), 徐健(中国科学技术大学附属第一医院), 杨剑(中国人民解放军空军军医大学第一附属医院), 杨人强(南昌大学第二附属医院), 袁义强(河南省胸科医院), 曾杰(四川省人民医院), 张东会(哈尔滨医科大学附属第二医院), 张海波(首都医科大学附属北京安贞医院), 张力(上海交通大学医学院附属新华医院), 张申伟(郑州市第七人民医院), 郑宝石(广西医科大学第一附属医院), 庄晓东(中山大学附属第一医院)

## 利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, et al. 2014 AHA/ACC guideline 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.
- [2] Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, et al. 2017 ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease [J]. Eur Heart J, 2017, 38 (36): 2739-2791. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx391.
- [3] Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, et al. 2017 AHA/ACC focused update of the 2014 AHA/ACC guideline 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.
- [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] 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.
- [6] Praz F, Borger MA, Lanz J, et al. 2025 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease [J]. Eur Heart J, 2025: ehaf194. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaf194. Online ahead of print.
- [7] 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中国专家共识 [J]. 中国介入心脏病学杂志, 2015, 23 (12): 661-667. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2015.12.001.
- [8] 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.
- [9] Yang Y, Wang Z, Chen Z, et al. Current status and etiology of valvular heart disease in China: a population-based survey [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2021, 21 (1): 339. DOI: 10.1186/s12872-021-02154-8.
- [10] Jilalawi H, Wu Y, Yang Y, et al. Morphological characteristics of severe aortic stenosis in China: imaging corelab observations from the first Chinese transcatheter aortic valve trial [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2015, 85 Suppl 1: 752-761. DOI: 10.1002/ccd.25863.
- [11] Xu H, Liu Q, Cao K, et al. Distribution, characteristics, and management of older patients with valvular heart disease in China: China-DVD study [J]. JACC Asia, 2022, 2 (3): 354-365. DOI: 10.1016/j.jacasi.2021.11.013.
- [12] Li Y, Wei X, Zhao Z, et al. Prevalence and complications of bicuspid aortic valve in Chinese according to echocardiographic database [J]. Am J Cardiol, 2017, 120 (2): 287-291. DOI: 10.1016/j.amjcard.2017.04.025.
- [13] 潘文志, 李明飞, 周达新, 等. 重度主动脉瓣狭窄患者二叶式主动脉瓣的超声心动图分析 [J]. 中华心血管病杂志, 2015, 43 (3): 244-247. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2015.03.012.
- [14] G  n  reux P, Schwartz A, Oldemeyer JB, et al. Transcatheter aortic-valve replacement for asymptomatic severe aortic stenosis [J]. N Engl J Med, 2025, 392 (3): 217-227. DOI: 10.1056/NEJMoa2405880.
- [15] Kang DH, Park SJ, Lee SA, et al. Early surgery or conservative care for asymptomatic aortic stenosis [J]. N Engl J Med, 2020, 382 (2): 111-119. DOI: 10.1056/NEJMoa1912846.
- [16] Banovic M, Putnik S, Penicka M, et al. Aortic valve replacement versus conservative treatment in asymptomatic severe aortic stenosis: the AVATAR trial [J]. Circulation, 2022, 145 (9): 648-658. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.121.057639.
- [17] Halim SA, Edwards FH, Dai D, et al. Outcomes of transcatheter aortic valve replacement in patients with bicuspid aortic valve disease: a report from the Society of Thoracic Surgeons/American College of Cardiology Transcatheter Valve Therapy Registry [J]. Circulation, 2020, 141 (13): 1071-1079. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.040333.
- [18] Zahr F, Ramlawi B, Reardon MJ, et al. 3-Year outcomes from the Evolut low risk TAVR bicuspid study [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2024, 17 (14): 1667-1675. DOI: 10.1016/j.jcin.2024.05.017.
- [19] Forrest JK, Ramlawi B, Deeb GM, et al. Transcatheter aortic valve replacement in low-risk patients with bicuspid aortic valve stenosis [J]. JAMA Cardiol, 2021, 6 (1): 50-57. DOI: 10.1001/jamacardio.2020.4738.
- [20] Li YM, Xiong TY, Xu K, et al. Characteristics and outcomes following transcatheter aortic valve replacement in China: a report from China aortic valve transcatheter replacement registry (CARRY) [J]. Chin Med J (Engl), 2021, 134 (22): 2678-2684. DOI: 10.1097/CM9.0000000000001882.
- [21] Hong N, Pan W, Liu X, et al. Transcatheter aortic valve replacement for bicuspid vs. tricuspid aortic stenosis among patients at low surgical risk in China: from the multicenter national NTCVR database [J]. J Clin Med, 2023, 12 (1): 387. DOI: 10.3390/jcm12010387.
- [22] Zhou D, Yidilisi A, Fan J, et al. Three-year outcomes of transcatheter aortic valve implantation for bicuspid versus tricuspid aortic stenosis [J]. EuroIntervention, 2022, 18 (3): 193-202. DOI: 10.4244/EIJ-D-21-00734.
- [23] Li HD, Li WY, Li JL, et al. Long-term durability of transcatheter aortic valve prostheses in patients with bicuspid versus tricuspid aortic valve [J]. J Am Heart Assoc, 2024, 13 (21): e035772. DOI: 10.1161/JAHA.124.035772.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] Xia F, Chen X, Weng Z, et al. Noncoronary Sinus Pivot Implantation (NCPI) strategy for transcatheter aortic valve replacement with self-expanding valve in pure native aortic regurgitation: a multicenter, registry study from the CCA database-NTCVR [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2025. DOI: 10.1002/ccd.70183. Online ahead of print.
- [29] Yang L, Weng Z, Chen S, et al. Noncoronary sinus pivot implantation for transcatheter aortic valve replacement with self-expanding valve for aortic regurgitation [J]. *JACC Asia*, 2025, 5 (7): 884-894. DOI: 10.1016/j.jacasi.2025.04.004.
- [30] 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. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2023.11.001.
- [31] Da-Wei L, Zi-Long W, Yan-Xing F, et al. Short-term outcomes of transcatheter aortic valve replacement in low-risk patients with pure severe aortic regurgitation [J]. *Am J Cardiol*, 2024, 222: 58-64. DOI: 10.1016/j.amjcard.2024.04.056.
- [32] Garcia S, Ye J, Webb J, et al. Transcatheter treatment of native aortic valve regurgitation: the North American experience with a novel device [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2023, 16 (16): 1953-1960. DOI: 10.1016/j.jcin.2023.05.018.
- [33] Adam M, Tamm AR, Wienemann H, et al. Transcatheter aortic valve replacement for isolated aortic regurgitation using a new self-expanding TAVR system [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2023, 16 (16): 1965-1973. DOI: 10.1016/j.jcin.2023.07.038.
- [34] Vahl TP, Thourani VH, Makkar RR, et al. Transcatheter aortic valve implantation in patients with high-risk symptomatic native aortic regurgitation (ALIGN-AR): a prospective, multicentre, single-arm study [J]. *Lancet*, 2024, 403 (10435): 1451-1459. DOI: 10.1016/S0140-6736 (23) 02806-4.
- [35] Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, et al. Transcatheter aortic-valve replacement in low-risk patients at five years [J]. *N Engl J Med*, 2023, 389 (21): 1949-1960. DOI: 10.1056/NEJMoa2307447.
- [36] Makkar RR, Thourani VH, Mack MJ, et al. Five-year outcomes of transcatheter or surgical aortic-valve replacement [J]. *N Engl J Med*, 2020, 382 (9): 799-809. DOI: 10.1056/NEJMoa1910555.
- [37] Van Mieghem NM, Deeb GM, Sondergaard L, et al. Self-expanding transcatheter vs surgical aortic valve replacement in intermediate-risk patients: 5-year outcomes of the SURTAVI randomized clinical trial [J]. *JAMA Cardiol*, 2022, 7 (10): 1000-1008. DOI: 10.1001/jamacardio.2022.2695.
- [38] Thyregod HGH, Jørgensen TH, Ihlemann N, et al. Transcatheter or surgical aortic valve implantation: 10-year outcomes of the NOTION trial [J]. *Eur Heart J*, 2024, 45 (13): 1116-1124. DOI: 10.1093/eurheartj/ehae043.
- [39] Baron SJ, Ryan MP, Chikermane SG, et al. Long-term risk of reintervention after transcatheter aortic valve replacement [J]. *Am Heart J*, 2024, 267: 44-51. DOI: 10.1016/j.ahj.2023.10.002.
- [40] Tam DY, Dharma C, Rocha RV, et al. Transcatheter ViV versus redo surgical AVR for the management of failed biological prosthesis: early and late outcomes in a propensity-matched cohort [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13 (6): 765-774. DOI: 10.1016/j.jcin.2019.10.030.
- [41] Sá MBPO, Van den Eynde J, Simonato M, et al. Valve-in-valve transcatheter aortic valve replacement versus redo surgical aortic valve replacement: an updated meta-analysis [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2021, 14 (2): 211-220. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.10.020.
- [42] Edwards FH, Cohen DJ, O'Brien SM, et al. Development and validation of a risk prediction model for in-hospital mortality after transcatheter aortic valve replacement [J]. *JAMA Cardiol*, 2016, 1 (1): 46-52. DOI: 10.1001/jamacardio.2015.0326.
- [43] Yamamoto M, Otsuka T, Shimura T, et al. Clinical risk model for predicting 1-year mortality after transcatheter aortic valve replacement [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2021, 97 (4): E544-E551. DOI: 10.1002/ccd.29130.
- [44] 中国医师协会放射医师分会心血管学组, 国家心血管病专业质控中心心血管影像质控专家工作组, 中国研究型医院学会心血管影像专业委员会. 经导管主动脉瓣置换术CT规范化评估中国专家共识 [J]. *中华放射学杂志*, 2024, 58 (6): 576-586. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20231214-00470.
- [45] Wood DA, Lauck SB, Cairns JA, et al. The Vancouver 3M (Multidisciplinary, Multimodality, But Minimalist) clinical pathway facilitates safe next-day discharge home at low-, medium-, and high-volume transfemoral transcatheter aortic valve replacement centers: the 3M TAVR study [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2019, 12 (5): 459-469. DOI: 10.1016/j.jcin.2018.12.020.
- [46] Liu X, He Y, Zhu Q, et al. Supra-annular structure assessment for self-expanding transcatheter heart valve size selection in patients with bicuspid aortic valve [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2018, 91 (5): 986-994. DOI: 10.1002/ccd.27467.
- [47] Zhang Y, Pan WZ, Guan LH, et al. Small balloon strategy associated with low pacemaker implantation rate after self-expanding transcatheter valve implantation [J]. *World J Emerg Med*, 2021, 12 (1): 48-53. DOI: 10.5847/wjem.j.1920-8642.2021.01.008.
- [48] Brouwer J, Nijenhuis VJ, Delewi R, et al. Aspirin with or without Clopidogrel after transcatheter aortic-valve implantation [J]. *N Engl J Med*, 2020, 383 (15): 1447-1457. DOI: 10.1056/NEJMoa2017815.
- [49] Nijenhuis VJ, Brouwer J, Delewi R, et al. Anticoagulation with or without clopidogrel after transcatheter aortic-valve implantation [J]. *N Engl J Med*, 2020, 382 (18): 1696-1707. DOI: 10.1056/NEJMoa1915152.
- [50] Dangas GD, Tijssen JGP, Wöhrle J, et al. A controlled trial of rivaroxaban after transcatheter aortic-valve replacement [J]. *N Engl J Med*, 2020, 382 (2): 120-129. DOI: 10.1056/NEJMoa1911425.
- [51] 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.
- [52] Siontis GC, Jüni 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.
- [53] Gada H, Khalil RF, Chetcuti SJ, et al. 30-day and 1-year outcomes from the optimize PRO TAVR Evolut FX addendum study [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2025, 18 (16): 2004-2017. DOI: 10.1016/j.jcin.2025.06.021.

- [54] Grubb KJ, Gada H, Mittal S, et al. Clinical impact of standardized TAVR technique and care pathway: insights from the optimize PRO study [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2023, 16 (5): 558-570. DOI: 10.1016/j.jcin.2023.01.016.
- [55] 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. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.09.063.
- [56] Rodés-Cabau J, Ellenbogen KA, Krahm AD, et al. Management of conduction disturbances associated with transcatheter aortic valve replacement: JACC scientific expert panel [J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 74 (8): 1086-1106. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.07.014.
- [57] Lilly SM, Deshmukh AJ, Epstein AE, et al. 2020 ACC expert consensus decision pathway on management of conduction disturbances in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement: a report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee [J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 76 (20): 2391-2411. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.08.050.
- [58] Badertscher P, Knecht S, Zeljković I, et al. Management of conduction disorders after transcatheter aortic valve implantation: results of the EHRA survey [J]. Europace, 2022, 24 (7): 1179-1185. DOI: 10.1093/europace/euac027.
- [59] Wang B, Mei Z, Ge X, et al. Comparison of outcomes of self-expanding versus balloon-expandable valves for transcatheter aortic valve replacement: a meta-analysis of randomized and propensity-matched studies [J]. BMC Cardiovasc Disord, 2023, 23 (1): 382. DOI: 10.1186/s12872-023-03397-3.
- [60] Synetos A, Ktenopoulos N, Katsaros O, et al. Paravalvular leak in transcatheter aortic valve implantation: a review of current challenges and future directions [J]. J Cardiovasc Dev Dis, 2025, 12 (4): 125. DOI: 10.3390/jcdd12040125.
- [61] Wang H, Wu X, Zhang H, et al. Risk factors and predictive model for moderate to severe perivalvular leakage following transcatheter aortic valve replacement [J]. Am J Transl Res, 2024, 16 (12): 7563-7572. DOI: 10.62347/VRXS6310.
- [62] van Wely M, Rooijackers M, Stens N, et al. Paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve replacement: incidence, quantification, and prognostic impact [J]. Eur Heart J Imaging Methods Pract, 2024, 2 (2): qyae040. DOI: 10.1093/ehjimp/qyae040.
- [63] Ibrahim H, Chaus A, Alkhalil A, et al. Coronary artery obstruction after transcatheter aortic valve implantation: past, present, and future [J]. Circ Cardiovasc Interv, 2024, 17 (6): e012827. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.123.012827.
- [64] Kitamura M, Wilde J, Dumpies O, et al. Risk assessment of coronary obstruction during transcatheter aortic valve replacement: insights from post-BASILICA computed tomography [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2022, 15 (5): 496-507. DOI: 10.1016/j.jcin.2022.01.003.
- [65] Mangieri A, Richter I, Gitto M, et al. Chimney stenting vs BASILICA for prevention of acute coronary obstruction during transcatheter aortic valve replacement [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2024, 17 (6): 742-752. DOI: 10.1016/j.jcin.2024.01.007.
- [66] Tagliari AP, Petersen Saadi R, Medronha EF, et al. The use of BASILICA technique to prevent coronary obstruction in a TAVI-TAVI procedure [J]. J Clin Med, 2021, 10 (23): 5534. DOI: 10.3390/jcm10235534.
- [67] Palmerini T, Chakravarty T, Saia F, et al. Coronary protection to prevent coronary obstruction during TAVR: a multicenter international registry [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2020, 13 (6): 739-747. DOI: 10.1016/j.jcin.2019.11.024.
- [68] Grossman PM, Sukul D, Lall SC, et al. The relationship between hospital stroke center designation and TAV reported stroke: the michigan TAVR experience [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2023, 16 (2): 168-176. DOI: 10.1016/j.jcin.2022.10.020.
- [69] Kapadia SR, Makkar R, Leon M, et al. Cerebral embolic protection during transcatheter aortic-valve replacement [J]. N Engl J Med, 2022, 387 (14): 1253-1263. DOI: 10.1056/NEJMoa2204961.
- [70] Shekhar S, Isogai T, Agrawal A, et al. Outcomes and predictors of stroke after transcatheter aortic valve replacement in the cerebral protection device era [J]. J Am Heart Assoc, 2024, 13 (15): e034298. DOI: 10.1161/JAHA.124.034298.
- [71] Gorla R, Tua L, D'Errigo P, et al. Incidence and predictors of 30-day and 6-month stroke after TAVR: insights from the multicenter OBSERVANT II study [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2023, 102 (6): 1122-1131. DOI: 10.1002/ccd.30848.
- [72] Castelo A, Grazina A, Teixeira B, et al. Outcomes and predictors of periprocedural stroke after transcatheter aortic valve implantation [J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2023, 32 (5): 107054. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2023.107054.
- [73] Misra S, Khokhar AA, Lucarelli C, et al. Incidence, risk factors, and stroke prevention during transcatheter aortic valve implantation [J]. Rev Cardiovasc Med, 2025, 26 (4): 26867. DOI: 10.31083/RCM26867.
- [74] Pan E, Kroon HG, Tonino PAL, et al. Impact of sheath type on vascular and bleeding complications after transcatheter aortic valve replacement: a post hoc analysis from the MARVEL registry study [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2025, 105 (4): 787-794. DOI: 10.1002/ccd.31396.
- [75] Kaur S, Nagaraja V, Schoenhagen P, et al. Outcomes of Cardiac tamponade post-transcatheter aortic valve replacement: results from a Tertiary Cardiac Center [J]. Struct Heart, 2024, 9 (2): 100356. DOI: 10.1016/j.shj.2024.100356.
- [76] Chopko TC, Afoke JN, Khan FW, et al. Bioprosthetic valve fracture for transcatheter aortic valve-in-valve replacement: a systematic literature review [J]. Ann Thorac Surg, 2025, 120 (5): 817-825. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2025.01.009.
- [77] Reddy P, Cohen J, Chitturi KR, et al. What are the implications of choosing a TAVR-first strategy in the lifetime management of aortic stenosis?: a critical review of TAVR-Explant-and Redo-TAVR [J]. Circ Cardiovasc Interv, 2025, 18 (2): e014882. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.124.014882.
- [78] Windecker S, Tomii D. Planning for the future: CT-Based insights into Redo-TAVR and lifetime aortic valve care [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2025, 18 (9): 1186-1189. DOI: 10.1016/j.jcin.2025.04.005.
- [79] Krishnamoorthy P, Onishi T, Zaid S, et al. CT and fluoroscopic analyses of valve expansion in redo-TAVR: a first-in-human report [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2025, 18 (16): 1971-1985. DOI: 10.1016/j.jcin.2025.06.017.
- [80] Yang L, Chen S, Zhang X, et al. Comparisons of noncoronary sinus pivot implantation (NCPI) and conventional method for transcatheter aortic valve replacement with self-expanding valve in pure aortic regurgitation (PAR) [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2024, 103 (7): 1093-1100. DOI: 10.1002/ccd.31064.
- [81] Khalefa BB, Gonnah AR, Yassin MNA, et al. Impact of aortic

- angulation on outcomes in transcatheter aortic valve replacement with balloon-expandable and self-expanding valves: a systematic review and meta-analysis [J]. *Cardiovasc Interv Ther*, 2025, 40 (4): 746-766. DOI: 10.1007/s12928-025-01169-8.
- [82] Génèreux P, Pibarot P, Redfors B, et al. Staging classification of aortic stenosis based on the extent of cardiac damage [J]. *Eur Heart J*, 2017, 38 (45): 3351-3358. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx381.
- [83] Vollema EM, Amanullah MR, Ng ACT, et al. Staging cardiac damage in patients with symptomatic aortic valve stenosis [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74 (4): 538-549. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.05.048.
- [84] Amano M, Izumi C, Taniguchi T, et al. Impact of concomitant tricuspid regurgitation on longterm outcomes in severe aortic stenosis [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019, 20 (3): 353-360. DOI: 10.1093/ehjci/jez105.
- [85] Doldi PM, Steffen J, Gehlich A, et al. Interplay of aortic stenosis flow groups and mitral regurgitation etiology in patients undergoing TAVR [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2025, jeaf254. DOI: 10.1093/ehjci/jeaf254.
- [86] Ye C, Ma X, Shi B, et al. Acute kidney injury and in-hospital outcomes after transcatheter aortic valve replacement in patients without chronic kidney disease: insights from the national inpatient sample [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2024, 24 (1): 706. DOI: 10.1186/s12872-024-04303-1.
- [87] Soodi D, Yeung P, Umukoro P, et al. The potential renal protective effect of transcatheter aortic valve replacement [J]. *Cureus*, 2025, 17 (3): e80465. DOI: 10.7759/cureus.80465.
- [88] Lorente-Ros M, Das S, Malik A, et al. In-hospital outcomes of transcatheter aortic valve replacement in patients with chronic and end-stage renal disease: a nationwide database study [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2024, 24 (1): 21. DOI: 10.1186/s12872-023-03684-z.
- [89] Faroux L, Guimaraes L, Wintzer-Wehekind J, et al. Coronary artery disease and transcatheter aortic valve replacement: JACC state-of-the-art review [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74 (3): 362-372. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.06.012.
- [90] Lønborg J, Jabbari R, Sabbah M, et al. PCI in patients undergoing transcatheter aortic-valve implantation [J]. *N Engl J Med*, 2024, 391 (23): 2189-2200. DOI: 10.1056/NEJMoa2401513.
- [91] Yassen M, Moustafa A, Venkataramany B, et al. Clinical outcomes of transcatheter aortic valve replacement with and without percutaneous coronary intervention—an updated meta-analysis and systematic review [J]. *Curr Probl Cardiol*, 2023, 48 (11): 101980. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2023.101980.
- [92] Tarantini G, Tang G, Nai Fovino L, et al. Management of coronary artery disease in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. A clinical consensus statement from the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions in collaboration with the ESC Working Group on Cardiovascular Surgery [J]. *EuroIntervention*, 2023, 19 (1): 37-52. DOI: 10.4244/EIJ-D-22-00958.
- [93] Costa G, Sammartino S, Strazzieri O, et al. Coronary cannulation following TAVR using self-expanding devices with commissural alignment: the RE-ACCESS 2 study [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2024, 17 (6): 727-737. DOI: 10.1016/j.jcin.2023.12.015.
- [94] Banga A, Bansal V, Pattnaik H, et al. Extracorporeal membrane oxygenation-supported patient outcome undergoing transcatheter aortic valve replacement [J]. *ASAIO J*, 2024, 70 (11): 920-928. DOI: 10.1097/MAT.0000000000002305.
- [95] Sava RI, Garot P, Benamer H, et al. Redo-transcatheter aortic valve replacement procedural optimization and patient selection: from bench to clinical practice [J]. *J Clin Med*, 2025, 14 (8): 2770. DOI: 10.3390/jcm14082770.
- [96] Ge J, Zhou D, Zhang X, Hou S, et al. Preliminary implantation of a novel TAVR device with polymeric leaflets for symptomatic calcific aortic disease [J]. *JACC Case Rep*, 2023, 17: 101901. DOI: 10.1016/j.jaccas.2023.101901.
- [97] Abadié G, Metzdorf PA, Lauria G, et al. Feasibility and safety of transfemoral aortic valve replacement using local anesthesia in the catheterization suite versus general anesthesia in the operation theater [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2025, 106 (4): 2454-2468. DOI: 10.1002/ccd.70084.
- [98] Wang M, Niu G, Chen Y, et al. Development and validation of a deep learning-based fully automated algorithm for pre-TAVR CT assessment of the aortic valvular complex and detection of anatomical risk factors: a retrospective, multicentre study [J]. *EBioMedicine*, 2023, 96: 104794. DOI: 10.1016/j.ebiom.2023.104794.

(收稿日期: 2025-08-17 录用日期: 2025-11-30)

(编辑: 齐彤 李明星)