

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2023.07.001  
文章编号: 1005-8982 (2023) 07-0001-06

专家述评

## 经导管主动脉瓣置换术治疗选择与应用进展\*

汪宇鹏

(北京大学第三医院 心血管内科, 北京 100191)



**专家简介** 汪宇鹏, 中共党员, 北京大学第三医院心血管内科副主任兼党支部书记, 医学博士、副主任医师。中华医学会心血管病学分会临床研究学组委员, 中国医师协会心血管内科医师分会国际交流学组委员, 北京慢性病防治与健康教育研究会心血管病学分会委员, 京津冀蒙(G4)冠心病专家沙龙网络传播组组长。专业擅长冠心病及结构性心脏病介入治疗。发表科研论文30余篇, SCI收录7篇, 参与编写4部指南/共识, 参与编译多部专著。

**摘要:** 重度主动脉瓣狭窄是常见的心脏瓣膜疾病, 外科主动脉瓣置换术是其传统的治疗方法。随着技术的不断发展, 经导管主动脉瓣置换术已成为无法行外科手术或手术风险较高的严重症状性主动脉瓣狭窄患者的有效治疗手段, 其适应证也在不断扩大。该文阐述经导管主动脉瓣置换术在不同人群的适应证选择、手术入路、人工瓣膜类型选择、术后治疗和康复等进展, 为主动脉瓣狭窄患者的治疗提供参考。

**关键词:** 主动脉瓣狭窄; 经导管主动脉瓣置换术; 适应证

**中图分类号:** R542.5

**文献标识码:** A

## Treatment options and advances application of transcatheter aortic valve replacement\*

Wang Yu-peng

(Department of Cardiology and Institute of Vascular Medicine, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China)

**Abstract:** Severe aortic stenosis (AS) is a common heart valve disease. Surgical aortic valve replacement is a traditional treatment for patients with clinic symptoms. With the continuous development of technology, transcatheter aortic valve replacement has become an effective treatment for patients with severe symptomatic aortic stenosis who cannot undergo surgery or have a high surgical risk, and its scope of indications is also expanding. This article reviews the progress in the selection of indications, surgical approach, prosthetic valve type selection, postoperative treatment, and rehabilitation of transcatheter aortic valve replacement in different populations, providing reference for the treatment of patients with aortic valve disease.

**Keywords:** aortic valve stenosis; transcatheter aortic valve replacement; indication

收稿日期: 2022-03-10

\* 基金项目: 国家重点研发计划项目(No:2022YFB3807300)

自2002年CRIBIER<sup>[1]</sup>等首次进行经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve replacement, TAVR)以来,主动脉瓣狭窄的治疗发生了巨大变化,从无法手术到适应证逐步扩大。TAVR可用于外科手术低危的严重主动脉瓣狭窄患者。至此,TAVR的适应证已经覆盖了整个风险范围,包括不适合手术的患者、高危患者及中、低危患者。目前,TAVR不仅是严重主动脉瓣狭窄的一线疗法,也应用于主动脉瓣反流治疗<sup>[2-7]</sup>。

TAVR是将体外预装好的人工主动脉瓣膜经导管置入,替代原有主动脉瓣的功能,手术入路主要是经股动脉,也可根据实际情况选择经颈动脉、锁骨下动脉、升主动脉、心尖等其他入路<sup>[7]</sup>。

随着临床实践和不同规模循证研究的不断探索,形成了不同的适应证人群、不同的人工瓣膜类型<sup>[8-9]</sup>,围手术期管理方案持续完善,治疗效果不断提高。本文主要阐述TAVR在主动脉瓣狭窄患者中的治疗选择与应用进展。

## 1 适应证选择

主动脉瓣狭窄发病率随年龄增长逐渐升高,国外数据显示 $\geq 65$ 岁人群约占2%, $\geq 85$ 岁人群约占4%<sup>[10]</sup>。我国尚无主动脉瓣狭窄确切流行病学数据。阜外医院一项单中心调查<sup>[11]</sup>报道,2010年—2015年,139 496例接受超声心动图检查患者中,主动脉瓣狭窄、主动脉瓣反流的检出率分别为0.28%和0.27%,需要治疗的适应证人群和潜在人群数量巨大。TAVR治疗起初选择的是进行外科主动脉瓣置换术(surgical aortic valve replacement, SAVR)的高危主动脉瓣狭窄患者。目前研究显示,对SAVR中、低危主动脉瓣狭窄患者行TAVR同样取得了不错的疗效。

### 1.1 高危患者

美国FDA早在2011年批准TAVR用于无法手术的高危重度主动脉瓣狭窄患者。国内专家共识参考外科手术风险评估,外科手术极高危(无年龄要求)患者也是TAVR治疗的绝对适应证人群<sup>[7]</sup>。研究表明,TAVR治疗可以显著改善高危主动脉瓣狭窄患者的健康状况,为幸存患者提供了持久的健康改善<sup>[12]</sup>。TAVR和SAVR治疗后5年随访显示,患者的中位生存率和脑梗死发生率相似,瓣膜退化

和再手术干预均不常见<sup>[13]</sup>。

### 1.2 中、低危患者

在中危主动脉瓣狭窄患者中,2022年发表的SURTA VI研究共入选了2012年—2016年欧洲和北美的87个医疗中心登记的被认为有30 d手术死亡中等风险的严重主动脉瓣狭窄患者1 660人,接受TAVR( $n=864$ )或SAVR( $n=796$ ),结果显示,TAVR和SAVR治疗后5年的主要临床结局相似,TAVR治疗后可获得优越的瓣膜血流动力学性能,但也存在瓣周漏和瓣膜再干预治疗风险<sup>[14]</sup>。与SAVR相比,中危主动脉瓣狭窄患者TAVR术后有较低的死亡、脑卒中、主动脉瓣反流发生率,两种方式的死亡、致残性脑卒中发生率5年随访结果相近<sup>[15-16]</sup>。Evolut Low Risk试验(使用自膨式瓣膜Evolut R)和PARTNER 3(使用球扩式瓣膜Sapien 3)试验是两项在外科低危患者中进行TAVR治疗的重要研究<sup>[17-18]</sup>。PARTNER 3入选了1 000例严重主动脉瓣狭窄和低手术风险的患者,试验结果显示,TAVR在死亡、卒中和再住院的主要复合临床终点发生率更优于SAVR(8.5% VS 15.1%,非劣效性 $P<0.001$ ,优效性 $P=0.001$ ),且在2年随访结果中,TAVR仍具有这一优势。Evolut Low Risk试验结果也显示,TAVR在全因死亡和致残性卒中的主要复合临床终点发生率更优于SAVR,且在2年随访结果中保持同样趋势。超声心动图随访结果显示血流动力学获益持续,两组患者的主动脉瓣口面积、平均跨瓣压差和中重度瓣膜反流发生率均无显著差异<sup>[18]</sup>。与SAVR比较,TAVR术后患者早期和晚期健康状况有显著获益<sup>[19]</sup>。根据循证医学证据<sup>[20]</sup>,2020年ACC/AHA瓣膜性心脏病指南提出并阐释了TAVR适应证从高危扩大后的各风险分层的患者群体。

### 1.3 无症状患者

约50%的主动脉瓣狭窄患者确诊时并未出现明显临床症状。左室功能正常的无症状严重主动脉瓣狭窄患者瓣膜置换时机一直存在争议。传统观念认为,此类患者猝死风险较低,在出现症状之前暂不予手术干预似乎是安全的,倾向于采取观察等待的策略;一旦出现症状,则需要及时进行瓣膜置换。随着人们更深入的了解主动脉瓣狭窄对心肌产生的影响和危害,这一传统观念受到

了挑战。无症状的重度主动脉瓣狭窄患者长期结局不容乐观，未及时行瓣膜置换的患者的2年生存率平均仅有50%。一项随访4年内主动脉瓣狭窄患者发生心血管死亡的研究<sup>[21]</sup>结果显示，早期手术组心血管死亡率低于观察组(1.4% VS 5.7%,  $P < 0.05$ )；随访8年时，早期手术组心血管死亡率更低(1.4% VS 25.5%,  $P = 0.003$ )；次要终点结果，与观察组比较，早期手术组的8年全因死亡率(31.8% VS 10.2%,  $P < 0.05$ )和心力衰竭住院率(11% VS 0%,  $P < 0.05$ )均较低。2022年AVATAR试验<sup>[22]</sup>同样也支持无症状重度主动脉瓣狭窄患者早期行瓣膜置换手术：无症状的严重主动脉瓣狭窄患者，早期手术治疗相较保守治疗可显著减少全因死亡、急性心肌梗死、卒中，3年时心力衰竭住院率从35%降到15% [HR = 0.46 (95% CI: 0.23, 0.90),  $P = 0.02$ ]。随着SAVR和TAVR技术的进步与经验的积累，将为无症状重度主动脉瓣狭窄患者早期行瓣膜置换提供更多的可能<sup>[22-23]</sup>。

#### 1.4 年轻患者

生物瓣膜的一个主要局限性是其长期耐用性，尤其是年轻患者，他们的预期寿命更长，因此更可能需要重复瓣膜干预。由于最初的TAVR研究主要是无法手术且风险较高的80岁老年人，不少受试者在瓣膜退化前就死于其他病因，因此很难对晚期瓣膜功能障碍进行持续随访。近期研究表明，TAVR术后5年以上的耐用性和6~9年的结构瓣膜退化是有希望的<sup>[24-25]</sup>。目前尚不明确生物瓣膜超过10年的耐用性，也没有专门的风险工具来预测生物假体的退化率。在此种不确定性的情况下，建议年轻患者在选择人工瓣膜时，通过考虑多个因素，包括年龄、价值观、偏好及再次手术，并权衡抗凝的风险和获益，综合作出决策。主动脉瓣机械瓣的SAVR在年轻患者中仍然是一个有效的选择。

50~69岁患者接受机械瓣膜或生物瓣膜置换术的长期生存率相似。有研究<sup>[20]</sup>报道，小于65岁的患者生物瓣膜手术的瓣膜衰败、再次手术和生存率下降更高，但与机械瓣膜相比，中风和出血的风险更低。因此，在这一人群中，应权衡接受机械瓣膜的出血和血栓风险与接受生物瓣膜的再次手术需求之间的利弊。

## 2 手术入路选择

目前TAVR术通常选择股动脉入路。但对股动脉、髂动脉和腹主动脉等血管严重钙化、迂曲或狭窄不能通过的患者也可考虑其他入路，包括颈动脉、腋动脉、锁骨下动脉及心尖入路。一项关于低流速、低跨瓣压差主动脉瓣狭窄患者的前瞻性观察性研究<sup>[26]</sup>表明，早期TAVR对经典低流速和反常低流速患者的生存率有显著获益。此种获益似乎延伸到了不严重主动脉瓣狭窄亚组，与SAVR相比，经股动脉TAVR可能是此类患者的最佳治疗策略<sup>[20,27]</sup>。临床实践发现，直接心尖入路TAVR在技术上是安全有效的，经心尖的J-Valve瓣膜通过定位键辅助，在主动脉瓣反流治疗中安全性占优，可减少微栓子形成，近期和1年内的疗效和安全性稳定<sup>[28]</sup>。

## 3 人工瓣膜类型选择

TAVR发展演进中，出现了自扩张式瓣膜(self-expanding valves)、机械扩张瓣膜(mechanically expandable valves)和球囊扩张瓣膜(balloon-expandable valves)，它们在扩张性、瓣叶位置、再定位性、瓣架材料、瓣叶组织和鞘管尺寸等方面各具特点，有着不同的原理和操作流程。对Core Valve自扩张式瓣膜的研究发现，其用于治疗主动脉瓣狭窄患者安全有效，术后2年全因死亡率或致残性脑卒中发生率与机械扩张瓣膜相似，且在瓣膜血流动力学、血栓形成和永久起搏器植入方面占有优势<sup>[29]</sup>。新一代Evolut自扩张式瓣膜临床应用显示，其与球囊扩张瓣膜相比有较高的瓣膜反流、较长的住院时间和较高的2年病死率<sup>[30]</sup>。2020年，CHOICE临床试验结果公布，球囊扩张瓣膜和自扩张式瓣膜全因病死率、心力衰竭再入院率以及瓣周漏、瓣膜血栓等并发症发生率相近，生物瓣膜衰败率较低，5年随访数据比例不足2%<sup>[31]</sup>。

随着严重主动脉瓣狭窄患者接受手术治疗的数目逐渐增多，生物主动脉瓣膜衰败接受治疗的数目也日渐增多。传统的外科再手术一直被认为是生物主动脉瓣膜衰败治疗的标准策略，也确实能够改善患者预后。PARTNER系列研究结果的发布使患者除了外科手术之外，有了微创化的选择。PARTNER 2 ViV注册研究显示，从全因死亡



来看,高危患者和被外科手术拒之门外的患者,5年随访结果差异明显;外科生物瓣膜衰败再次手术高危患者,选择保守治疗组的死亡率明显高于接受ViV-TAVR治疗组;接受23 mm SAPIEN XT瓣膜患者的死亡率高于26 mm SAPIEN XT瓣膜组,但其原因需要进一步分析;从复合终点的分析来看,行ViV-TAVR患者脑卒中的发生率并无显著增加,并且,在压力梯度、多普勒速度指数、瓣周反流、生活质量KCCQ评分等几个方面,从术后30 d到5年随访期内持续保持稳定<sup>[32]</sup>。

## 4 伴随疾病的TAVR策略

### 4.1 伴随冠状动脉性心脏病

接受TAVR的患者中15%~80%合并有冠状动脉性心脏病(以下简称冠心病),美国胸外科协会(STS)评分越高者发生率越高。经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)对合并冠心病患者的益处尚存争议,目前指南及临床实践仍建议对近端冠状动脉狭窄大于70%的患者在TAVR前进行PCI。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>[33]</sup>。但对于左心室射血分数低于30%或者STS评分大于10%者,PCI风险明显增加,术中先予主动脉瓣球囊扩张改善血流动力学可考虑再予PCI<sup>[7]</sup>。

### 4.2 肺动脉高压

有症状主动脉瓣狭窄患者通常伴随肺动脉高压,术后死亡率增加。没有共识指出肺动脉高压的临界点为多少时患者可以安全地接受TAVI,其益处大于风险。一项总共涉及大约30 000例患者的系统回顾分析<sup>[34]</sup>发现,基线肺动脉高压和TAVI后肺动脉高压的持久性与全因和心脏死亡密切相关。很少有研究指明,TAVI后肺动脉高压的下降会提高死亡率。通过积极干预减少TAVI前肺动脉高压或许会产生一定有益的影响。

## 5 术后管理与康复

TAVR术后应权衡患者的血栓风险和出血风险制订个体化方案,重视预防亚临床小叶血栓形成。此类患者术前除了心功能受累,可能患有多系统疾病,常见的包括肺部疾病、贫血、心房颤动以及卒中等。在这些患者参与不同阶段运动康复训

练过程中,临床医师、康复医师、康复治疗师应动态观察患者的重要生命体征和临床表现,同时依据患者的运动耐受力、相关疾病的临床治疗及康复指南来制订和调整运动康复方案<sup>[35]</sup>。

## 6 全生命周期策略

对预期寿命超过预期生物瓣膜耐用性的患者,医师应遵循全生命周期策略,充分考虑第1次治疗选择对未来干预措施的影响。潜在的策略包括SAVR优先(SAVR-TAVR-TAVR-TAVR)、TAVR优先(TAVR-SAVR-TAVR)和仅TAVR(TAVR-TAVR-TAVR)。SAVR优先策略应优先用于年轻患者,并与该队列中较低的发病率和死亡率相关,而不会有损害冠状动脉口的风险。此外,患有小主动脉根和低冠状动脉的患者应是该策略的首选患者。可能的主动脉根扩大旨在优化SAVR中未来的TAVR。在外科瓣膜变性的情况下,SAVR中TAVR被认为是安全有效的。第3种手术(TAVR-SAVR-TAVR)可能会增加急性冠状动脉阻塞和患者假体不匹配的风险。

TAVR第1种策略提供了一种微创手术的优势,可以快速恢复。在第一个瓣膜退化后,SAVR是可行的;然而,更可能需要同时进行TAVR假体的外科移植和主动脉修复。在外科假体退化后,SAVR中的TAVR应该是可行的。

对主动脉瓣环较大且冠状动脉高度足够的患者,仅采用球囊扩张瓣膜的TAVR策略可能是降低冠状动脉阻塞风险的首选方法。在球囊扩张瓣膜退化后,TAVR与自扩张瓣膜的联合对齐是可行的。最后,在第2种生物瓣膜退化的情况下,可以考虑使用另一种球囊可扩张瓣膜的TAVR-TAVR-TAVR,但可能会带来冠状动脉阻塞、冠状动脉进入困难和患者假体不匹配的风险。总之,应该根据解剖结构和生命周期的优先级来考虑为患者量身定制治疗方案。

## 7 结语

在过去的10年里,主动脉瓣狭窄的治疗模式发生了从SAVR到TAVR的转变,这种转变肯定会在2023年及以后继续下去。经导管心脏瓣膜技术的完善,以及新数据的积累,将进一步扩大TAVR

的研究范围和应用人群。尽管如此，临床中SAVR仍不失为一种较优的选择。在决定症状严重主动脉瓣狭窄患者理想的主动脉瓣介入治疗方式时，医师团队共同决策，充分权衡患者偏好、手术风险和益处，以及制订长期健康管理目标都至关重要。

#### 参考文献：

- [1] CRIBIER A, ELTCHANINOFF H, BASH A, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description[J]. *Circulation*, 2002, 106(24): 3006-3008.
- [2] WAKSMAN R, CRAIG P E, TORGUSON R, et al. Transcatheter aortic valve replacement in low-risk patients with symptomatic severe bicuspid aortic valve stenosis[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2020, 13(9): 1019-1027.
- [3] LEON M B, SMITH C R, MACK M, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery[J]. *N Engl J Med*, 2010, 363(17): 1597-1607.
- [4] SMITH C R, LEON M B, MACK M J, et al. Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients[J]. *N Engl J Med*, 2011, 364(23): 2187-2198.
- [5] LEON M B, SMITH C R, MACK M J, et al. Transcatheter or surgical aortic-valve replacement in intermediate-risk patients[J]. *N Engl J Med*, 2016, 374(17): 1609-1620.
- [6] MACK M J, LEON M B, THOURANI V H, 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.
- [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. 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.
- [8] POPMA J J, REARDON M J, KHABBAZ K, et al. Early clinical outcomes after transcatheter aortic valve replacement using a novel self-expanding bioprosthesis in patients with severe aortic stenosis who are suboptimal for surgery: results of the evolut R U. S. study[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2017, 10(3): 268-275.
- [9] FELDMAN T E, REARDON M J, RAJAGOPAL V, et al. Effect of mechanically expanded vs self-expanding transcatheter aortic valve replacement on mortality and major adverse clinical events in high-risk patients with aortic stenosis: the REPRISSE III randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2018, 319(1): 27-37.
- [10] IUNG B, BARON G, BUTCHART E G, et al. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease[J]. *Eur Heart J*, 2003, 24(3): 1231-1243.
- [11] 高润霖. 中国心瓣膜病现状[J]. *华西医学*, 2018, 33(2): 127-131.
- [12] BARON S J, ARNOLD S V, REYNOLDS M R, et al. Durability of quality of life benefits of transcatheter aortic valve replacement: long-term results from the CoreValve US extreme risk trial[J]. *Am Heart J*, 2017, 194: 39-48.
- [13] GLEASON T G, REARDON M J, POPMA J J, et al. 5-year outcomes of self-expanding transcatheter versus surgical aortic valve replacement in high-risk patients[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 72(22): 2687-2696.
- [14] van MIEGHEM N M, DEEB G M, SØNDERGAARD 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.
- [15] MAKKAR R R, THOURANI V H, MACK M J, et al. Five-year outcomes of transcatheter or surgical aortic-valve replacement[J]. *N Engl J Med*, 2020, 382(9): 799-809.
- [16] THOURANI V H, KODALI S, MAKKAR R R, et al. Transcatheter aortic valve replacement versus surgical valve replacement in intermediate-risk patients: a propensity score analysis[J]. *Lancet*, 2016, 387(10034): 2218-2225.
- [17] FORREST J K, DEEB G M, YAKUBOV S J, et al. 2-year outcomes after transcatheter versus surgical aortic valve replacement in low-risk patients[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 79(9): 882-896.
- [18] PIBAROT P, SALAUN E, DAHOU A, et al. Echocardiographic results of transcatheter versus surgical aortic valve replacement in low-risk patients: the PARTNER 3 trial[J]. *Circulation*, 2020, 141(19): 1527-1537.
- [19] POPMA J J, DEEB G M, YAKUBOV S J, 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.
- [20] OTTO C M, NISHIMURA R A, BONOW R O, et al. 2020 ACC/AHA guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J]. *Circulation*, 2021, 143(5): e72-e227.
- [21] KANG D H, PARK S J, LEE S A, et al. Early surgery or conservative care for asymptomatic aortic stenosis[J]. *N Engl J Med*, 2020, 382(2): 111-119.
- [22] 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.
- [23] MERHI W M, HEISER J, DEEB G M, et al. Outcomes in patients with asymptomatic aortic stenosis (from the evolut low risk trial)[J]. *Am J Cardiol*, 2022, 168: 110-116.
- [24] HOLY E W, KEBERNIK J, ABDELGHANI M, et al. Long-term durability and haemodynamic performance of a self-expanding transcatheter heart valve beyond five years after implantation: a prospective observational study applying the standardised definitions of structural deterioration and valve failure[J]. *EuroIntervention*, 2018, 14(4): e390-e396.
- [25] BLACKMAN D J, SARAF S, MACCARTHY P A, et al. Long-term durability of transcatheter aortic valve prostheses[J]. *J Am*

- Coll Cardiol, 2019, 73(5): 537-545.
- [26] SØNDERGAARD L, IHLEMANN N, CAPODANNO D, et al. Durability of transcatheter and surgical bioprosthetic aortic valves in patients at lower surgical risk[J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 73(5): 546-553.
- [27] ANNABI M S, CÔTÉ N, DAHOU A, et al. Comparison of early surgical or transcatheter aortic valve replacement versus conservative management in low-flow, low-gradient aortic stenosis using inverse probability of treatment weighting: results from the TOPAS prospective observational cohort study[J]. J Am Heart Assoc, 2020, 9(24): e017870.
- [28] POSCHNER T, WERNER P, KOCHER A, et al. The JenaValve pericardial transcatheter aortic valve replacement system to treat aortic valve disease[J]. Future Cardiol, 2022, 18(2): 101-113.
- [29] REARDON M J, FELDMAN T E, MEDURI C U, et al. Two-year outcomes after transcatheter aortic valve replacement with mechanical vs self-expanding valves: The REPRISE III randomized clinical trial[J]. JAMA Cardiol, 2019, 4(3): 223-229.
- [30] van BELLE E, VINCENT F, LABREUCHE J, et al. Balloon-expandable versus self-expanding transcatheter aortic valve replacement: a propensity-matched comparison from the FRANCE-TAVI registry[J]. Circulation, 2020, 141(4): 243-259.
- [31] ABDEL-WAHAB M, LANDT M, NEUMANN F J, et al. 5-year outcomes after TAVR with balloon-expandable versus self-expanding valves: results from the CHOICE randomized clinical trial[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2020, 13(9): 1071-1082.
- [32] HAHN R T, WEBB J, PIBAROT P, et al. 5-year follow-up from the PARTNER 2 aortic valve-in-valve registry for degenerated aortic surgical bioprostheses[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2022, 15(7): 698-708.
- [33] 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.
- [34] DESAI A, DESAI D M, JAMIL A, et al. Outcomes of preprocedural pulmonary hypertension on all-cause and cardiac mortality in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation: a systematic review[J]. Cureus, 2023, 15(1): e34300.
- [35] 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后运动康复专家共识[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2020, 28(7): 361-368.

(张蕾 编辑)

**本文引用格式:** 汪宇鹏. 经导管主动脉瓣置换术治疗选择与应用进展[J]. 中国现代医学杂志, 2023, 33(7): 1-6.

**Cite this article as:** WANG Y P. Treatment options and advances application of transcatheter aortic valve replacement[J]. China Journal of Modern Medicine, 2023, 33(7): 1-6.