

经导管心脏瓣膜置换治疗的发展现状

郭丹麒^{1,2}, 刘子由^{1,2,3*}

¹赣南医科大学第一临床医学院, 江西 赣州

²赣南医科大学第一附属医院心胸外科, 江西 赣州

³赣南医科大学心脑血管疾病防治教育部重点实验室临床分部, 江西 赣州

收稿日期: 2025年12月27日; 录用日期: 2026年1月21日; 发布日期: 2026年1月30日

摘要

心脏瓣膜病已成为我国最常见的心脏疾病类型, 且随着人口老龄化进程的加快, 该病已对全球人类健康构成重大威胁。目前, 手术治疗仍是治疗心脏瓣膜疾病最有效的手段。然而, 约30%~50%的患者因高龄、合并多器官疾病或左心功能不全等因素被评估为外科手术的高风险或禁忌人群。在此背景下, 经导管心脏瓣膜置换治疗逐渐成为心血管介入治疗的研究热点与临床难点, 并在过去十年中取得了革命性进展。然而, 该技术在应用过程中也伴随着一系列并发症, 如瓣周漏、心包填塞等, 若未能及时识别与处理, 可能危及患者生命。随着瓣膜介入器材和技术的快速发展, 如何科学筛选适应症患者、把握最佳治疗时机、应对术中突发状况以及优化围术期管理等问题, 亟需进一步研究与规范。本文就近年来经导管心脏瓣膜置换治疗的发展现状进行系统综述。

关键词

经导管心脏瓣膜置换, TAVI, TTVR, TMVR, TPVR

Current Development Status in Transcatheter Heart Valve Replacement Therapy

Danqi Guo^{1,2}, Ziyou Liu^{1,2,3*}

¹The First Clinical Medicine School of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

²Department of Cardiothoracic Surgery, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

³Clinical Division of Key Laboratory of Prevention and Treatment of Cardiovascular and Cerebrovascular Diseases of Ministry of Education, Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

Received: December 27, 2025; accepted: January 21, 2026; published: January 30, 2026

*通讯作者。

文章引用: 郭丹麒, 刘子由. 经导管心脏瓣膜置换治疗的发展现状[J]. 临床医学进展, 2026, 16(2): 384-389.
DOI: 10.12677/acm.2026.162404

Abstract

Valvular heart disease has become the most prevalent form of heart disease in China. As the global population continues to age, this condition has emerged as a significant threat to public health worldwide. Currently, surgical intervention remains the gold standard for treating valvular heart disease. Nevertheless, approximately 30% to 50% of patients are deemed high-risk or unsuitable candidates for surgery due to factors such as advanced age, comorbid multi-organ dysfunction, or impaired left ventricular function. In this context, transcatheter heart valve replacement has evolved into a key focus of cardiovascular interventional research and a major challenge in clinical practice, witnessing groundbreaking advancements over the past decade. However, the procedure is associated with several complications, such as paravalvular leakage and pericardial tamponade. If not identified and managed in a timely manner, these complications may endanger the patient's life. With rapid innovations in interventional valve devices and procedural techniques, critical questions remain regarding patient selection, optimal timing of intervention, intraoperative emergency response, and perioperative care. These issues require further investigation and standardized guidelines. This article presents a systematic review of recent developments in transcatheter heart valve replacement therapy.

Keywords

Transcatheter Heart Valve Replacement, TAVI, TTVR, TMVR, TPVR

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

心脏瓣膜的经导管介入技术近年来发展迅速, 临床应用日益广泛, 手术量呈逐年上升趋势。自最早开展、目前已较为成熟的经导管主动脉瓣置换术(transcatheter aortic valve implantation, TAVI)起步, 该技术逐步拓展至三尖瓣与二尖瓣领域, 而且近年来部分先天性心脏病术后以及肺动脉瓣狭窄修复术后患者出现右心室流出道功能障碍, 为了纠正这种功能障碍, 防止出现右心衰竭, 经导管肺动脉瓣置换也在如火如荼地开展[1]。由于二尖瓣和三尖瓣解剖结构更为复杂, 经导管介入手术的技术难度显著增加, 因此在临床实践中往往需要医生根据患者具体情况制定个体化诊疗方案, 同时要求相关企业和研发机构进一步开发更加高效、定制化的瓣膜产品以满足多样化临床需求。

2. 经导管主动脉瓣置换治疗

TAVI 手术的发展历史虽仅有短短 20 余年, 但其进展极为迅速。自 2002 年 4 月 Cribier 完成全球首例经导管主动脉瓣置换术以来, 该技术已广泛应用于临床, 2024 年一年全球手术量已超过 50,000 例, 国内手术量也超过了 17,000 例; 已经成为了高风险主动脉瓣狭窄患者的重要治疗手段之一[2]。TAVI 手术在有效性和安全性方面也取得了显著提升, 围术期死亡率由最初的 6.3%下降至目前的 1.8%; 在许多国家, 对于无法耐受手术及外科手术风险高的患者, TAVI 甚至已逐步取代传统外科手术, 成为主动脉瓣狭窄的首选治疗方法[3]。多个专家团队对接受 TAVI 与传统手术的患者进行了长期随访研究。其中, PARTNER3 研究长达 5 年的随访结果以及 Evolut Low Risk 团队 4 年的数据显示: 对于低风险患者, TAVR

在全因死亡率及长期不良事件发生率方面并不劣于传统外科手术,甚至在血流动力学表现等方面展现出更优的优势[4]。TAVI 手术入路方式多样,在国内接近 80%的手术入路途径为经股动脉,其次为经心尖和其他入路方式。对于无症状重度主动脉瓣狭窄或者中度狭窄伴有收缩性心衰患者,最新研究包括 EARLY-TAVR 实验中发现,通过早期实施 TAVI 干预,可以显著地降低患者的死亡率和卒中发生率。我国王建安院士团队的研究也揭示了对于中度主动脉瓣狭窄的射血分数的价值, $LVEF \leq 60\%$ 可视为手术干预的最佳时机,早期的介入干预治疗对于心脏瓣膜病的作用逐渐被重视[5][6]。近年来,已有针对提高瓣膜耐久性的新型瓣膜及循环栓塞保护装置的研究进展,预计这些新技术投入临床应用后,将进一步拓展 TAVI 的适应症范围并提升其临床适用性[7]。我国的球扩瓣产品 PrizValve 和 Renatus 瓣膜已获上市,扩充了自膨胀瓣膜市场。此外,除主动脉瓣狭窄外,国内外学者也在积极探索 TAVI 在主动脉瓣关闭不全等其他病变类型中的应用。例如,国际研究团队在《Lancet》上报道了一款专为反流病变设计的 TRILOGY 瓣膜,并验证了其在 TAVI 治疗中的安全性和有效性,为未来临床实践提供了重要依据[8][9]。

3. 经导管三尖瓣置换治疗

三尖瓣的解剖结构较为复杂,具有多个独特的解剖特征,例如其瓣环呈非平面形态,瓣叶薄而透明,并与心脏传导系统相邻。在三尖瓣病变中,最常见的类型是三尖瓣关闭不全。由于该病进展缓慢,且早期常无明显临床症状,因此极易被忽视。然而,严重的三尖瓣关闭不全可导致右心负荷增加、右心室肥厚,甚至引发右心衰竭及水钠潴留等表现。随着介入治疗技术的发展,经导管三尖瓣置换术(transcatheter tricuspid valve replacement, TTVR)逐渐受到临床医生的关注。对于存在明显临床症状但无法耐受外科手术的重度三尖瓣反流患者,TTVR 已成为一种重要的替代治疗选择。已有研究表明,原位植入人工瓣膜的 TTVR 技术能够有效维持右心功能,并可能对既往接受过其他介入治疗(如缘对缘修复术)的患者产生积极干预效果[10]。

目前,多种经导管三尖瓣置换装置已进入临床应用阶段,例如我国自主研发的 Lux-Valve 系统,其采用独特的室间隔锚定设计,可有效避免损伤传导束,临床研究显示其植入成功率达 93.8%,1 年死亡率仅为 5.5%;另一款为 CardioValve 系统,具备前向释放设计,适用于瓣环扩大的患者,在多中心试验中植入成功率超过 90%。尽管如此,当前各类器械的选择仍需更多高质量临床数据的支持与验证[11]。

4. 经导管二尖瓣置换治疗

目前,经导管二尖瓣成形术已广泛应用于临床治疗二尖瓣关闭不全,具有较高的安全性和有效性。然而,由于二尖瓣结构复杂,成形术在改善反流方面的效果存在一定局限,部分患者术后仍存在一定程度的残余反流。为解决这一问题,经导管二尖瓣置换术(transcatheter mitral valve replacement, TMVR)作为一种新兴治疗手段应运而生。TMVR 主要通过瓣环固定、瓣叶夹持或倒刺固定等方式实现瓣膜稳定植入[12]。其中,Intrepid 系统是当前具有代表性的 TMVR 瓣膜之一,采用双层支架设计:外层为带有倒刺的柔性固定支架,用于锚定;内层为缝合三叶牛心包瓣膜的功能性支架。该系统在全球范围内已完成超过 500 例临床应用。在美国经导管心血管治疗学术会议上,Renuka Jain 教授首次公布了其可行性研究的中期超声心动图结果。在术后 30 天随访中,共有 18 例患者死亡,其中无明确与 Intrepid 瓣膜直接相关的死亡病例,仅 2 例可能与瓣膜相关[13]。术后 30 天较高的死亡率可能与入选患者年龄较大(平均 73 ± 9 岁)及手术风险评分较高(STS 评分 $6.4\% \pm 5.5\%$)有关[14]。术后 3 年超声心动图结果显示,患者的左心室舒张末容积、收缩末容积及射血分数均较术前显著改善,临床症状也明显缓解,进一步验证了 TMVR 的安全性与有效性。

随着临床研究的深入,多种 TMVR 器械相继研发并进入临床试验阶段,主要包括 Tendyne、SAPIEN

M3 等系统[15]。其中, Tendyne 系统应用最为广泛, 并于 2020 年获得认证, 成为全球首个获批上市的 TMVR 装置。截至目前, 全球已有超过 1500 例患者接受 Tendyne 系统治疗, 并显示出良好的临床疗效[16][17]。

5. 经导管肺动脉瓣置换术

肺动脉瓣为单向瓣膜, 肺动脉反流是指血液经右心室进入肺动脉完成氧合后, 在返回左心房和左心室的过程中因某些病理因素导致部分血液未能充分氧合。这些病因包括先天性肺动脉发育异常、长期高血压引发的肺动脉高压、心脏瓣膜功能障碍所致的血流逆流、各种原因引起的左心衰竭以及肺动脉栓塞导致的压力升高, 其中以先天性心脏病最为常见。当患者出现胸闷、气促及下肢水肿等症状时, 通常提示需进行手术干预[18]。经过二十余年的发展及临床探索, 经导管肺动脉瓣置换术(transcatheter pulmonary valve replacement, TPVR)作为一种新型微创介入治疗手段, 已逐步成为部分替代右心室流出道(right ventricular outflow tract, RVOT)功能障碍外科手术的重要选择[19]。研究证实, TPVR 在复杂先天性心脏病术后并发肺动脉瓣反流的患者中具有良好的疗效, 其安全性和有效性已被广泛认可。

与传统外科瓣膜置换相比, TPVR 具有住院时间短、医疗成本低等优势, 更重要的是可避免再次开胸及体外循环所带来的风险, 从而降低术后并发症的发生率, 并有助于改善右心功能, 尤其适用于右心功能严重受损甚至处于衰竭状态的患者。Venus-P 瓣膜的问世进一步拓展了 TPVR 的适应证范围, 提供了更多尺寸选择, 特别适用于 RVOT 显著扩张并伴有重度肺动脉瓣反流的患者[20]。

自 2000 年首次实施以来, TPVR 技术取得了显著进展。早期主要应用球囊扩张型瓣膜, 但随着临床需求的增长, 明显需要更大尺寸的自膨式瓣膜来满足多数患者的解剖特点。过去十年间, 全球范围内已开发出多种新型自膨式瓣膜和支架系统, 多项研究表明其在短期至中期随访中效果良好, 已成为该类患者的重要治疗方式[21]。一项纳入 2476 例患者的多中心研究显示, 使用球囊扩张瓣膜的长期随访数据表明, 其生存率与再次外科手术植入肺动脉瓣相当, 但在 8 年内感染性心内膜炎(IE)的发生率为 16.9% [22][23]。鉴于该研究样本量大且明确了相关危险因素(如残余压差、年轻患者、免疫抑制史及既往心内膜炎病史), 这一经验为未来手术策略的优化及新一代经导管肺动脉瓣膜的设计与改进提供了重要依据, 有望进一步改善此类患者的预后。

6. 经导管心脏瓣膜置换术的展望与挑战

随着人口老龄化进程的加快, 心脏瓣膜疾病在心血管疾病中的占比持续上升, 经导管心脏瓣膜置换术为临床治疗提供了新的手段与思路。目前经导管心脏瓣膜置换术术后的部分问题已得到解答, 首先瓣膜手术绕不开术后的抗血栓问题, 对于不同的手术方式, 可选择不同的抗栓方案。例如 TAVI 术后对于低出血风险患者常采用术后 3 个月双联抗板治疗, 3 个月后长期单一阿司匹林抗板治疗; 高出血风险患者则可直接采用单一阿司匹林抗板治疗; 若合并房颤患者优先采用口服药抗凝, 可联合低剂量抗板药物; 术后及时进行出血风险评估以减少相应的出血风险。相对于其他瓣膜的结构复杂性, 经导管介入主动脉瓣置换的再次介入的可行性较高, 通过影像学及检验结果评估患者自身条件是否耐受以及瓣膜再次病变的位置及程度, 在有手术指针的情况下可再次行瓣膜介入手术。在起搏器的使用中, 可根据手术类型、房室传导功能变化及心功能状态制定个体化的起搏参数与模式; 使用过渡性起搏器作为介入术后的桥接治疗, 可评估术后缓冲期内是否发生传导阻滞以及传导阻滞是否可逆, 从而减少永久起搏器的植入率。经导管心脏瓣膜置换术正朝着标准化和智能化方向不断发展。运用 AI 及智能技术可实现跨空间精准操作, 不仅减少了医患双方的辐射暴露, 也显著提高了复杂解剖条件下手术的成功率。与此同时, 随着科技的进步, 经导管瓣膜治疗器械不断更新迭代, 个体化程度日益提高, 由器械引发的并发症发生率也

在逐步下降, 例如由于脑保护装置的使用, 瓣膜设计的优化, 可减少血栓脱落的风险, 卒中发生率可降至 2%。而由于瓣膜释放技术及精准控制技术的改善, 新一代瓣膜瓣周漏的发生率可降至 0.6%~2% [24] [25]。

尽管如此, 该技术在临床应用中仍面临诸多挑战。目前临床上广泛使用的是生物瓣膜, 其长期耐久性难以满足年轻患者的需求, 亟需研发具备更长使用寿命的瓣膜产品。此外, 由于二尖瓣与三尖瓣结构更为复杂, 患者之间瓣膜钙化程度及解剖特征存在较大差异, 介入手术过程中易造成瓣膜结构损伤, 术后亦可能出现瓣周漏等并发症, 这对术者的综合判断与操作能力提出了更高要求[26]。相信随着社会进步与技术发展, 未来将有望攻克经导管心脏瓣膜置换术所面临的各项难题, 积累更多临床经验, 从而为广大心脏瓣膜疾病患者带来更安全、有效的治疗选择。

参考文献

- [1] Yamanaka, F., Shishido, K., Moriyama, N., Ochiai, T., Miyashita, H., Yokoyama, H., *et al.* (2025) Incidence and Prognosis of Prosthesis-Patient Mismatch after Transcatheter Aortic Valve Replacement for Bicuspid Aortic Stenosis. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **18**, 492-502. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2024.10.002>
- [2] Maeda, K., Shimamura, K., Mizote, I., Nakamura, D., Yamashita, K., Kawamura, A., *et al.* (2024) Long-Term Outcomes of Transapical-Transcatheter Aortic Valve Replacement. *General Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **73**, 472-478. <https://doi.org/10.1007/s11748-024-02095-x>
- [3] Demirci, G., Aslan, S., Güner, A., Demir, A.R., Erata, Y.E., Türkmen, İ., *et al.* (2023) Clinical Implication of the Naples Prognostic Score on Transcatheter Aortic Valve Replacement in Patients with Severe Aortic Stenosis. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **103**, 219-225. <https://doi.org/10.1002/ccd.30929>
- [4] Alkhas, C., Kidess, G.G., Thomas, M., Basit, J., Yasmin, F., Jaroudi, W., *et al.* (2025) Transcatheter Aortic Valve Replacement in Bicuspid Aortic Valve Disease: A Review of the Existing Literature. *Cureus*, **17**, e78192. <https://doi.org/10.7759/cureus.78192>
- [5] Mendoza, J.C., Morales, Á., Monjarrez Vega, M., Romero, C., Castrillo Borge, G. and Baltodano Dangla, C. (2024) Management of Surgical Aortic Valve Replacement Degeneration with Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI in SAVR): Experience in Nicaragua. *Cureus*, **16**, e76195. <https://doi.org/10.7759/cureus.76195>
- [6] Sá, M.P., Bloom, J.P. and Osho, A.A. (2024) Paravalvular Leak after Transcatheter Aortic Valve Implantation: Importance of Preprocedural Variables and Intraprocedural Assessment. *Journal of the American Heart Association*, **13**, e037850. <https://doi.org/10.1161/jaha.124.037850>
- [7] Jha, M., Harikrishna, A., Mal, M., Jain, H., Daga, P., Hanif, M., *et al.* (2024) Abstract 4116639: Efficacy of Transcatheter Aortic Valve Replacement for Severe Pure Native Aortic Valve Regurgitation: A Meta-Analysis. *Circulation*, **150**, e4116639. https://doi.org/10.1161/circ.150.suppl_1.4116639
- [8] Seiffert, M., Franzen, O., Conradi, L., Baldus, S., Schirmer, J., Meinertz, T., *et al.* (2010) Series of Transcatheter Valve-in-Valve Implantations in High-Risk Patients with Degenerated Bioprostheses in Aortic and Mitral Position. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **76**, 608-615. <https://doi.org/10.1002/ccd.22618>
- [9] Wei, L., Liu, H., Zhu, L., Yang, Y., Zheng, J., Guo, K., *et al.* (2015) A New Transcatheter Aortic Valve Replacement System for Predominant Aortic Regurgitation Implantation of the J-Valve and Early Outcome. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **8**, 1831-1841. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2015.08.021>
- [10] Bowdish, M.E., Habib, R.H., Kaneko, T., Thourani, V.H. and Badhwar, V. (2024) Cardiac Surgery after Transcatheter Aortic Valve Replacement: Trends and Outcomes. *The Annals of Thoracic Surgery*, **118**, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2024.03.024>
- [11] Giustino, G., Lee, J.C., O'Neill, B.P., Fang, J.X., Zweig, B., Jabri, A., *et al.* (2025) Percutaneous Paravalvular Leak Closure of the EVOQUE Transcatheter Tricuspid Valve Replacement System. *Structural Heart*, **9**, Article ID: 100421. <https://doi.org/10.1016/j.shj.2025.100421>
- [12] 苗嘉苾, 林大卫, 潘文志, 周达新. 经导管二尖瓣介入治疗的进展[J]. 中国医刊, 2024, 59(8): 820-822.
- [13] Schneider, L., Worthley, S., Nickenig, G., Huczek, Z., Wojakowski, W., Tchetché, D., *et al.* (2023) 1-Year Outcomes Following Transfemoral Transseptal Transcatheter Mitral Valve Replacement. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **16**, 2854-2865. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2023.09.003>
- [14] Monaco, G.D., Mincione, G., Sticchi, A., Reimers, B., Colombo, A. and Mangieri, A. (2025) Transcatheter Tricuspid Valve Replacement: Current Options and Future Perspectives. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, **26**, Article ID:

25712. <https://doi.org/10.31083/rcm25712>
- [15] Kakderis, C., Didagelos, M., Kouparanis, A., Kamperidis, V. and Ziakas, A. (2024) Valve-in-Valve Transcatheter Mitral Valve Replacement in a Very High-Risk Octagenarian Patient: A Case Report. *Cureus*, **16**, e61493. <https://doi.org/10.7759/cureus.61493>
 - [16] EL-Shurafa, H., Arafat, A.A., Albabtain, M.A., AlFayez, L.A., AlOtaiby, M., Algarni, K.D., *et al.* (2020) Reinterventions after Transcatheter Edge to Edge Mitral Valve Repair: Is Early Clipping Warranted? *Journal of Cardiac Surgery*, **35**, 3362-3367. <https://doi.org/10.1111/jocs.15077>
 - [17] Latib, A., Ho, E.C., Scotti, A., Modine, T., Shaburishvili, T., Zirkashvili, T., *et al.* (2022) First-in-Human Transseptal Transcatheter Mitral Chordal Repair. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **15**, 1768-1769. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2022.05.020>
 - [18] Aichi, C., Itatani, K., Nakai, Y., Kawase, T., Haibara, J., Ozoe, S., *et al.* (2025) Perioperative Management and Outcomes of Surgical Pulmonary Valve Replacement Following Tetralogy of Fallot Repair: A Retrospective Study. *International Journal of Surgery Case Reports*, **131**, Article ID: 111406. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2025.111406>
 - [19] Wu, H., Fang, S., Chen, Y. and Feng, L. (2022) Treatment of *Pneumocystis jirovecii* Pneumonia in Non-Human Immunodeficiency Virus-Infected Patients Using a Combination of Trimethoprim-Sulfamethoxazole and Caspofungin. *World Journal of Clinical Cases*, **10**, 2743-2750. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i9.2743>
 - [20] Lin, D., Weng, Z., Fan, J., Long, Y., Guan, L., Pan, W., *et al.* (2024) Outcome of Transcatheter Aortic Valve Replacement for Pure Native Aortic Regurgitation in Patients with Pulmonary Hypertension. *Reviews in Cardiovascular Medicine*, **25**, Article 307. <https://doi.org/10.31083/j.rcm2508307>
 - [21] Nageotte, S., Salavitarab, A., Zablah, J.E., Ligon, R.A., Turner, M.E., El-Said, H., *et al.* (2024) Transcatheter Pulmonary Valve Replacement after Arterial Switch Operation. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **104**, 531-539. <https://doi.org/10.1002/ccd.31152>
 - [22] McElhinney, D.B., Zhang, Y., Aboulhosn, J.A., Morray, B.H., Biernacka, E.K., Qureshi, A.M., *et al.* (2021) Multicenter Study of Endocarditis after Transcatheter Pulmonary Valve Replacement. *Journal of the American College of Cardiology*, **78**, 575-589. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.05.044>
 - [23] McElhinney, D.B., Zhang, Y., Levi, D.S., Georgiev, S., Biernacka, E.K., Goldstein, B.H., *et al.* (2022) Reintervention and Survival after Transcatheter Pulmonary Valve Replacement. *Journal of the American College of Cardiology*, **79**, 18-32. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.10.031>
 - [24] Braun, D., Năbauer, M., Massberg, S. and Hausleiter, J. (2018) One-Stop Shop: Simultaneous Direct Mitral Annuloplasty and Percutaneous Mitral Edge-to-Edge Repair in a Patient with Severe Mitral Regurgitation. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **93**, E318-E319. <https://doi.org/10.1002/ccd.27848>
 - [25] Kroon, H.G., Hokken, T., van Wiechen, M., Ooms, J.F.W., van Gils, L., Kardys, I., *et al.* (2025) Conduction Dynamics over Time after Transcatheter Aortic Valve Replacement: An Expert Review. *Cardiovascular Revascularization Medicine*, **70**, 92-102. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2024.08.005>
 - [26] De Ferrari, T., *et al.* (2024) Transcatheter Aortic Valve Replacement-in-Transcatheter Aortic Valve Replacement for High-Risk Anatomies: Demonstrating the Feasibility of Index Leaflet Over-Hang in a First-in-Human Case Report. *European Heart Journal—Case Reports*, **8**, ytae529.