



[DOI] 10.3969/j.issn.1001-9057.2023.05.001

http://www.lcnkzz.com/CN/10.3969/j.issn.1001-9057.2023.05.001

· 综述与讲座 ·

经导管主动脉瓣植入术后新发传导障碍的研究进展

王伟敏 王丽岚 许巧如 王斌

【摘要】 经导管主动脉瓣植入术经过 20 余年的发展已成为重度主动脉瓣狭窄的一线治疗手段,但经导管主动脉瓣植入术(TAVI)后新发传导障碍(NOCD)的发生率仍然较高。二叶式主动脉瓣(BAV)的解剖结构与三叶式主动脉瓣(TAV)有较大差异,目前针对 BAV 的研究仍较少。本研究将对心脏传导系统、传导障碍的预测因素、NOCD 的防治等方面进行综述。

【关键词】 经导管主动脉瓣植入术; 新发传导障碍; 二叶式主动脉瓣

【中图分类号】 R542.5

【文献标识码】 A

主动脉瓣狭窄(AS)是老年人群中常见的心脏瓣膜病,AS 可增加全因死亡及心血管原因死亡风险^[1]。我国主动脉瓣疾病有钙化负荷重、二叶式主动脉瓣(BAV)比例高等特点^[2]。基础疾病多、高龄的重度 AS 患者难以耐受外科主动脉瓣置换术(SAVR)。目前,经导管主动脉瓣植入术(TAVI)已成为退行性 AS 患者一线治疗手段,据 PARTNER 3 和 Evolut Low Risk Trial 两项随机对照试验结果,目前 TAVI 适用范围已拓展至低风险重度 AS 患者^[3,4]。尽管 TAVI 的操作技术和经导管心脏瓣膜(THV)的工艺已日趋成熟,但与 SAVR 相比,TAVI 术后新发传导障碍(NOCD)发生率仍较高(9.7%比 2.6%)^[5],在 Evolut Low Risk Trial 的低风险重度 AS 患者中,其术后起搏器植入率甚至明显高于 SAVR 组(17.4%比 6.1%)^[2,4]。

一、房室传导系统的解剖学

心脏原始传导系统由专门的细胞组成,分为窦房(SA)环、房室(AV)环、球室(BV)环、截球(TB)环。房室结及其束支是由 SA、AV、BV 环发育而来。Koch 三角(三尖瓣附着点、Todaro 肌腱和冠状窦口组成)常作为房室结(AVN)定位标志。由 AVN 发出的希氏束(HB)多走行在室间隔膜部(MS)下缘^[6]。Kawashima 等^[6]对 105 例老年心脏进行解剖后总结出 HB 走形的 3 种类型:占比最高的 I 型 HB 有 49 例,其沿 MS 下缘

走行,表面覆盖一层普通心肌纤维;II 型 HB 走行于室间隔肌部,远离 MS;III 型 HB 从心内膜下方穿入室间隔膜部,部分 HB 表面无其他组织覆盖。Bleiziffer 等^[7]推测外科手术导致的心脏传导系统功能障碍是由于在手术切除病变瓣膜和主动脉根部其他组织时损伤传导系统所致,而 TAVI 术后 NOCD 则是由于植入的 THV 和未被移除的自体钙化瓣膜产生的机械压力引起。不仅如此,部分患者术中在植入 THV 前需行球囊预扩张处理,该操作亦可能对 HB 或其远端分支造成损伤,最后难以避免出现不同程度的 NOCD。根据损伤的严重程度,发生不同程度、持续时间的 NOCD,严重者甚至需要植入永久性起搏器(PPM)。

二、NOCD 发生率

有研究表明接受第一代自膨式 CoreValve 瓣膜植入的 TAVI 术后新发左束支传导阻滞(LBBB)比例高于第一代球囊扩张式 Sapien XT 瓣膜(18%~65%比 4%~30%)^[8]。该研究中也发现第一代 CoreValve 瓣膜植入术后 PPM 植入比例同样高于 Sapien XT(25%~28%比 5%~7%)^[8]。与第一代瓣膜相比,新一代瓣膜具备可重新定位的功能,有利于术中选择最佳的释放位置,减少植入深度(ID),降低 NOCD 风险。两种瓣膜的 NOCD 发生率不一致考虑可能与球囊扩张式瓣膜植入深度较浅,且自膨式瓣膜(SEV)在术后可能持续径向扩张,对主动脉瓣根部附近的心脏传导系统造成损伤相关。

三、NOCD 预测因素

TAVI 术后新发传导阻滞是由患者基线临床特征、

基金项目:福建省厦门市联合支持医疗卫生重点项目(3502Z2020-9006)

作者单位:361006 福建厦门,厦门大学附属心血管病医院急诊科

通讯作者:王斌,E-mail:mocw361@163.com

主动脉根部解剖结构、术前手术入路评估、THV 类型及型号的选择、术者的经验及术中操作等多种因素共同作用的结果。Waksman 等^[9]发现在术中球囊预扩张及 THV 展开损伤左束支的情况下,预先存在的右束支传导阻滞(RBBB)会增加完全性传导阻滞或 PPM 植入的风险,且 RBBB 同时增加了收缩性心力衰竭患者和心肌梗死患者的死亡风险。一项前瞻性多中心研究共纳入 749 例使用球囊扩张瓣膜(BEV)进行 TAVI 的患者,其中 102 例(13.6%)术前存在 RBBB,多变量回归分析结果表明术前基线 RBBB 是心源性死亡的独立预测因子($HR = 2.59, 95\% CI 1.15 \sim 5.85, P < 0.01$)。Auffret 等^[10]的一项多中心研究结果与 Waksman 等^[9]类似,该研究结果显示术前基线心电图存在 RBBB 患者 PPM 植入率高于术前基线心电图无 PBBB 患者(40.1% 比 13.5%, $P < 0.001$)。一项多中心研究纳入了 3 404 例患者,其中 398 例基线心电图结果提示 LBBB,显示基线 LBBB 与 TAVI 术后早期 PPM 的风险增加相关($OR = 1.51, 95\% CI 1.12 \sim 2.04, P = 0.006$),但不增加心血管死亡率^[11]。然而,相关研究结果发现新发 LBBB 是 TAVI 术后发生晕厥、完全性房室传导阻滞和猝死的危险因素^[12]。

Hamdan 等^[13]的研究结果表明,MS 的长度是 TAVI 术后出现高度房室传导阻滞(HAVB)的独立预测因子($OR = 1.35, 95\% CI 1.1 \sim 1.7, P = 0.01$)^[13]。在术中造影图像测量邻近无冠状窦的 THV 植入深度是新发持续性 LBBB 的独立预测因子($P = 0.017$)^[14]。Hamdan 等^[13]也发现术后相关因素中 THV 植入深度与 MS 的差值($\Delta MSID, OR = 1.39, 95\% CI 1.2 \sim 1.7, P = 0.001$)和室间隔基底段的钙化($OR = 4.9, 95\% CI 1.2 \sim 20.5, P = 0.03$)是 PPM 植入的独立预测因子。MS 长度、ID、 $\Delta MSID$ 导致 NOCD 的机制可能与术中导丝跨瓣、球囊预扩张、THV 植入后对传导系统造成的如水肿或持续性的压迫损伤有关。

对比主动脉瓣环和左心室流出道(LVOT, 主动脉瓣环下方 4 mm)的面积, LVOT 面积相对更小的患者 TAVI 术后更易出现传导阻滞。一项研究的多变量分析结果显示, LVOT 面积/主动脉瓣环面积($OR = 1.93, 95\% CI 1.38 \sim 2.71, P < 0.001$)与植入永久起搏器独立相关, LVOT 面积/主动脉瓣环面积被认为是 TAVI 术后 PPM 的独立预测因子^[15]。

球囊预扩张或后扩张是 TAVI 中常见的操作,在钙化程度较重的情况下使用球囊预扩张可适当分离融合瓣膜以增加瓣口面积,使得 THV 植入后均匀扩张,贴壁良好,减少术后瓣周漏(PVL)的发生。已知植入 CoreValve 系统的研究中发现,部分 TAVI 术后 NOCD

发生在球囊预扩张之后,术中行球囊预扩张患者 TAVI 术后新发持续性 LBBB 高于术中未使用球囊预扩张患者(47.4% 比 35.1%, $P = 0.01$)^[16-17]。心脏传导系统从 MS 下缘穿出走形至 LVOT 表面,部分主动脉瓣钙化较重的患者在 THV 植入前使用球囊预扩张也可能直接损伤 HB 或因伤其周围组织而引起水肿压迫传导系统从而出现 NOCD。Lange 等^[18]认为 TAVI 术中传导系统受到两次损伤,第 1 次是球囊扩张造成的组织水肿和炎症,这类损伤导致的 NOCD 或可在炎症和水肿消退后自行消失,第 2 次是瓣膜植入后,尤其在自膨式瓣膜类型中释放后的不均匀扩张和不同的径向反作用力,极易对传导系统产生持续作用力,导致新发持续性 LBBB 或 HAVB。

四、BAV 患者 TAVI 术后 NOCD

BAV 与三叶式主动脉瓣(TAV)在主动脉根部的结构有较大不同。针对 BAV 患者,“杭州方案”通过手术中连续球囊尺寸评估环上结构的尺寸选择 THV,该中心在部分患者中将 THV 部署在主动脉瓣环的上方,证明环上结构也可作为 THV 提供锚定点,椭圆形的环上结构可增加 THV 膨胀不充分、移位、瓣周漏的风险^[19]。Vincent 等^[20]认为 BAV 患者钙化分布的偏心性和不对称性更强。当 I 型 BAV 患者的钙化嵴位于右冠状动脉和左冠状动脉开口之间时,在植入 THV 后(尤其是 SEV),钙化嵴可能会导致 THV 的不对称扩张,增加了位于嵴对侧走行于右-无冠瓣的传导系统的径向力,进而增加传导系统损伤的风险^[20]。

Waksman 等^[21]的一项针对 BAV 的低风险 TAVI(LRT)试验结果提示 30 天接受 SEV 植入患者的 PPM 率(31.3%)高于 Evolut low risk trial 试验中接受 SEV 植入的 TAV 患者(17.4%)。LRT 中接受 BEV 植入患者的 PPM 率明显低于 SEV 植入患者(6.7% 比 31.3%)。

五、NOCD 的预防与治疗

新一代 SEV 具有可重新定位功能, Jilaihwai 等^[22]对新一代 SEV 进行研究后发现,根据解剖学上 MS 长度引导的最小化深度(MIDAS)进行 THV 植入,可显著减少术后 PPM 和新发 LBBB 的发生率。Tang 等^[23]提出的“瓣叶重叠(cusp-overlap)”技术可用于引导 SEV 的准确植入。通过重叠右冠瓣和左冠瓣,分离出无冠瓣从而实现共面视图中部署 THV,同时可消除输送导管的视差^[23]。不仅如此,由于“瓣叶重叠”技术的准确定位,联合 MIDAS 方法,实现植入深度小于 MS 长度的高位 THV 植入,减少 PPM 发生率。

有研究发现接受 TAVI 患者存在基线 RBBB 与较

差的临床结果相关,在随访过程中还发现其具有较高的 HAVB 或心源性猝死风险^[10]。术前存在 RBBB 患者术后心电监测期间一旦发现 HAVB 或慢性乙型病毒性肝炎(CHB),则考虑 PPM^[24]。MARE 研究中为 103 例 TAVI 术后新发 LBBB 患者体内植入心电事件监测器,结果表明 TAVI 术后新发 LBBB 具有较低的猝死率(1%),且 >85% 的患者心电图保持稳定^[25]。由此认为,新发 LBBB 患者并不需要预防性 PPM。对于术中出现 HAVB 或 CHB 的患者,在术后心电遥测 24 小时中持续存在或反复发作的 HAVB 或 CHB,则建议 PPM 植入^[24]。患者在出院后进行 15 天或 30 天的心电监护可发现部分延迟出现的 NOCD,对于基线存在传导障碍的患者,在监测期间出现的 NOCD 提示传导障碍进一步进展,也是 PPM 的植入指征^[24]。

六、希氏束起搏(HBP)和左束支起搏(LBBP)在 TAVI 术后 NOCD 中的运用

TAVI 术后新发 HAVB 或 CHB 患者需要行起搏治疗,传统的右心室起搏(RVP)可提供足够的心率支持,但心房、心室收缩不同步可增加血流动力学紊乱、心房颤动和心力衰竭的风险^[26]。HBP 通过刺激希氏束的方式使电信号沿 His-Purkinje 传导系统进行生理性传导,其具有捕获阈值较高、引线脱落率高和解剖位置特殊等特点^[26]。LBBP 是左束支或其近端束的夺获,通常伴有低输出(<1.0 V/0.4 ms)的室间隔心肌夺获^[27]。有研究结果表明,在 TAVI 术后患者中行 HBP、LBBP 的成功率分别为 63%、93%,与 HBP 相比,LBBP 还具有更低的捕获阈值^[28]。Niu 等^[29]的研究中提到与 TAVI 相关的传导系统病变通常位于 His-Purkinje 系统的远端,HBP 的信号难以跨越病变部位,而 LBBP 可跨越阻滞部位的远端,兴奋远端传导系统,由此认为 LBBP 比 HBP 更适用于 TAVI 术后需要起搏治疗的患者。LBBP 可行性已在临床上得到验证,在接受 TAVI 治疗的患者中,LBBP 长期使用的安全性和有效性仍需大型前瞻性研究来进一步证实^[27]。

七、PPM 对预后的影响

TAVI 术后新发 LBBB 如进展为 HAVB 或 CHB 则会增加猝死风险,而 PPM 可避免猝死的发生。一项 Meta 分析结果显示,PPM 对心源性死亡具有潜在的保护作用($RR=0.77, 95\% CI 0.58 \sim 1.01, P=0.06$),且各项研究的异质性很低,无不对称现象($P=0.235$)^[30]。然而,该研究中也提到 PPM 的累积起搏时间对心力衰竭和死亡率的不利影响。与之相反,有研究在 TAVI 术后植入 PPM 的患者中随访发现,术后 30 天内植入

PPM 患者的全因死亡和心力衰竭住院风险较高^[31]。在 THV 植入后,患者左心室射血分数(LVEF)的改善往往会掩盖 PPM 对心功能的损害,6 个月的随访提示 PPM 的植入与 LVEF 的减少相关,但是在平均随访 2 年后发现 PPM 的植入与全因死亡率、心血管死亡率和心力衰竭再住院率的增加无关^[32-33]。对于 PPM 对 TAVI 术后 NOCD 患者的获益与风险,仍需大型前瞻性研究进行验证。

八、展望

BAV 患者在我国的比例较高,且具有升主动脉更宽、主动脉窦不对称及钙化嵴等特点,这些因素是否与 BAV 患者 TAVI 术后 NOCD 相关仍需进一步的研究来证实。目前对 BAV 主动脉根部解剖尤其是主动脉窦的分类仍有进一步完善的空间。LBBP 是一项新兴的起搏技术,具有捕获阈值较低等特点,尤其是对结下传导阻滞和 LBBB 的治疗存在优势,其在 TAVI 相关的 NOCD 中的应用前景较好,但 LBBP 的长期安全性和有效性尚需大型前瞻性研究来验证。

参 考 文 献

- [1] Otto CM, Lind BK, Kitzman DW, et al. Association of aortic-valve sclerosis with cardiovascular mortality and morbidity in the elderly[J]. N Engl J Med, 1999, 341(3):142-147.
- [2] 周达新,潘文志,吴永健,等.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.
- [3] Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, 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.
- [4] Popma JJ, Deeb GM, Yakubov SJ, 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.
- [5] Levack MM, Kapadia SR, Soltesz EG, et al. Prevalence of and Risk Factors for Permanent Pacemaker Implantation After Aortic Valve Replacement[J]. Ann Thorac Surg, 2019, 108(3):700-707.
- [6] Kawashima T, Sasaki H. A macroscopic anatomical investigation of atrioventricular bundle locational variation relative to the membranous part of the ventricular septum in elderly human hearts[J]. Surg Radiol Anat, 2005, 27(3):206-213.
- [7] Bleiziffer S, Ruge H, Hörer J, et al. Predictors for new-onset complete heart block after transcatheter aortic valve implantation[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2010, 3(5):524-530.
- [8] Auffret V, Puri R, Urena M, et al. Conduction Disturbances After Transcatheter Aortic Valve Replacement: Current Status and Future Perspectives[J]. Circulation, 2017, 136(11):1049-1069.
- [9] Waksman R, Steinvil A. Pre-Transcatheter Aortic Valve Replacement Right Bundle Branch Block: A Bundle of Trouble[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2017, 10(15):1575-1577.
- [10] Auffret V, Webb JG, Eltchaninoff H, et al. Clinical Impact of Baseline Right Bundle Branch Block in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2017, 10(15):1564-1574.
- [11] Fischer Q, Himbert D, Webb JG, et al. Impact of Preexisting Left Bundle Branch Block in Transcatheter Aortic Valve Replacement Recipients[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2018, 11(11):e006927.
- [12] Gamet A, Chatelin A, Mergy J, et al. Does Aortic Valve Calcium Score Still Predict Death, Cardiovascular Outcomes, and Conductive Disturbances after Transcatheter Aortic Valve Replacement with New-Generation Prostheses? [J]. J Cardiovasc Echogr, 2020, 30(2):88-92.
- [13] Hamdan A, Guetta V, Klempfner R, et al. Inverse Relationship Between Membranous Septal Length and the Risk of Atrioventricular Block in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Implantation[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2015, 8(9):1218-1228.



[DOI] 10.3969/j.issn.1001-9057.2023.05.002

http://www.lcnkzz.com/CN/10.3969/j.issn.1001-9057.2023.05.002

· 综述与讲座 ·

经导管主动脉瓣植入术患者合并冠心病的研究进展

谢金洲 彭勇

【摘要】 经导管主动脉瓣植入术(TAVI)使老年人严重主动脉瓣狭窄(AS)的治疗模式发生了转变,并作为外科主动脉瓣置换术的替代方案,正在扩展至更年轻、风险更低的严重 AS 患者。高达 2/3 的 AS 患者合并冠状动脉疾病(CAD)。鉴于两种疾病同时存在时的挑战,这些患者需在诊断和治疗上采取有针对性的方法。本文回顾了计划进行 TAVI 患者并存 CAD 的研究进展。

【关键词】 经导管主动脉瓣植入术; 经皮冠状动脉介入治疗; 血运重建; 血流储备分数

【中图分类号】 R542.5

【文献标识码】 A

主动脉瓣狭窄(AS)和冠状动脉疾病(CAD)具有相似的病因和病理生理机制^[1],临床中均伴有劳力性呼吸困难和心绞痛,且都会影响冠状动脉血流动力学状态。AS 患者的冠状动脉血流动力学变化是心肌与

血液供应不匹配所致。AS 增加了左心室的后负荷,进而增加了左心室室壁应力。心肌为克服后负荷并正常化室壁应力,使细胞进行性肥大,从而增加了左心室质量。这些变化影响了心肌的氧气需求和供应。由于毛细血管萎缩和血管周围或间质纤维化,左心室后负荷增加,舒张期灌注时间和冠状动脉血流储备(CFR)减少,供应受到限制^[2]。

基金项目:四川省科技计划重点研发项目(2021YFS0330)

作者单位:610041 成都,四川大学华西医院心脏内科

通讯作者:彭勇, E-mail: pengyongcd@126.com

- [14] Urena M, Mok M, Serra V, et al. Predictive factors and long-term clinical consequences of persistent left bundle branch block following transcatheter aortic valve implantation with a balloon-expandable valve[J]. J Am Coll Cardiol, 2012, 60(18): 1743-1752.
- [15] Ishizu K, Murakami N, Morinaga T, et al. Impact of tapered-shape left ventricular outflow tract on pacemaker rate after transcatheter aortic valve replacement[J]. Heart Vessels, 2022, 37(6): 1055-1065.
- [16] Bernardi FL, Ribeiro HB, Carvalho LA, et al. Direct Transcatheter Heart Valve Implantation Versus Implantation With Balloon Predilatation: Insights From the Brazilian Transcatheter Aortic Valve Replacement Registry[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2016, 9(8): e003605.
- [17] Nuis RJ, Van Mieghem NM, Schultz CJ, et al. Timing and potential mechanisms of new conduction abnormalities during the implantation of the Medtronic CoreValve System in patients with aortic stenosis[J]. Eur Heart J, 2011, 32(16): 2067-2074.
- [18] Lange P, Greif M, Vogel A, et al. Reduction of pacemaker implantation rates after CoreValve® implantation by moderate predilatation[J]. EuroIntervention, 2014, 9(10): 1151-1157.
- [19] 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.
- [20] Vincent F, Ternacle J, Denimal T, et al. Transcatheter Aortic Valve Replacement in Bicuspid Aortic Valve Stenosis[J]. Circulation, 2021, 143(10): 1043-1061.
- [21] Waksman R, Craig PE, 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.
- [22] Jilaihawi H, Zhao Z, Du R, et al. Minimizing Permanent Pacemaker Following Repositionable Self-Expanding Transcatheter Aortic Valve Replacement[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2019, 12(18): 1796-1807.
- [23] Tang GHL, Zaid S, Michev I, et al. "Cusp-Overlap" View Simplifies Fluoroscopy-Guided Implantation of Self-Expanding Valve in Transcatheter Aortic Valve Replacement[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2018, 11(16): 1663-1665.
- [24] Rodés-Cabau J, Ellenbogen KA, Krahn 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.
- [25] Rodés-Cabau J, Urena M, Nombela-Franco L, et al. Arrhythmic Burden as Determined by Ambulatory Continuous Cardiac Monitoring in Patients With New-Onset Persistent Left Bundle Branch Block Following Transcatheter Aortic Valve Replacement: The MARE Study[J]. JACC Cardiovasc Interv, 2018, 11(15): 1495-1505.
- [26] Vijayaraman P, Chung MK, Dandamudi G, et al. His Bundle Pacing[J]. J Am Coll Cardiol, 2018, 72(8): 927-947.
- [27] Huang W, Chen X, Su L, et al. A beginner's guide to permanent left bundle branch pacing[J]. Heart Rhythm, 2019, 16(12): 1791-1796.
- [28] 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.
- [29] 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.
- [30] Regueiro A, Abdul-Jawad Altisent O, Del Trigo M, et al. Impact of New-Onset Left Bundle Branch Block and Periprocedural Permanent Pacemaker Implantation on Clinical Outcomes in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. Circ Cardiovasc Interv, 2016, 9(5): e003635.
- [31] Clementy N, Bisson A, Bodin A, et al. Outcomes associated with pacemaker implantation following transcatheter aortic valve replacement: A nationwide cohort study[J]. Heart Rhythm, 2021, 18(12): 2027-2032.
- [32] Biner S, Michowitz Y, Leshem-Rubinow E, et al. Hemodynamic impact and outcome of permanent pacemaker implantation following transcatheter aortic valve implantation[J]. Am J Cardiol, 2014, 113(1): 132-137.
- [33] Urena M, Webb JG, Tamburino C, et al. Permanent pacemaker implantation after transcatheter aortic valve implantation: impact on late clinical outcomes and left ventricular function[J]. Circulation, 2014, 129(11): 1233-1243.

(收稿日期: 2023-04-03)

(本文编辑: 余晓曼)