

# 经导管主动脉瓣置换术并发症的最新进展



成泽怡, 郭应强

四川大学华西医院 心脏大血管外科 (成都 610041)

**【摘要】** 外科主动脉瓣置换是治疗主动脉瓣狭窄的首选方式, 能够显著改善患者生活质量及预期寿命, 但部分患者存在高龄、一般情况差等风险而无法开胸手术。2002 年法国医生 Cribier 对 1 例主动脉瓣狭窄患者成功实施经导管主动脉瓣置换术 (transcatheter aortic valve implantation, TAVI) 手术, 目前 TAVI 手术的安全性与有效性, 已经被多项研究证实。然而其并发症也相对多见, 现就国内外相关报道进行综述。

**【关键词】** 经导管主动脉瓣置换; 并发症; 综述

## The progress of complications of transcatheter aortic valve implantation

CHENG Zeyi, GUO Yingqiang

Department of Cardiovascular Surgery, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu, 610041, P.R.China

Corresponding author: GUO Yingqiang, Email: drguoyq@hotmail.com

**【Abstract】** Surgical aortic valve replacement is the primary choice for the treatment of aortic valve stenosis. It can significantly improve the quality of life and life expectancy of patients, but some patients have risks such as advanced age and poor general conditions and cannot open chest surgery. In 2002, a French doctor, Cribier, successfully performed transcatheter aortic valve implantation (TAVI) surgery on a patient with aortic stenosis. At present, the safety and effectiveness of TAVI surgery have been confirmed by many studies. However, its complications are also relatively common. This article summarizes the related reports at home and abroad.

**【Key words】** Transcatheter aortic valve implantation; complications; review

2002 年法国医生 Cribier 对 1 例主动脉瓣狭窄患者成功实施经导管主动脉瓣置换术 (transcatheter aortic valve implantation, TAVI) 手术<sup>[1]</sup>以来, TAVI 目前已经广泛应用于传统外科手术风险高、解剖上适合行 TAVI 的主动脉瓣严重狭窄患者, 而我国自主知识产权的 J-Valve 也能够用于主动脉瓣严重反流的患者, 使得 TAVI 在主动脉瓣疾病治疗中的地位越来越重要。但 TAVI 仍属于复杂的介入手术, 充分认识其并发症对于安全有效地行 TAVI 手术具有非常重要的意义, 本文就国内外相关研究作一综述。

## 1 常见并发症

### 1.1 主动脉瓣反流

TAVI 手术保留自体瓣膜, 术后容易发生主动脉瓣漏。反流分为瓣中漏及瓣周漏。轻度的瓣周

漏很常见, Kodali 等<sup>[2]</sup>报道不管使用何种瓣膜类型, 中-重度瓣周漏发生率约 10% ~ 40%。瓣周漏可能是由于植入瓣膜过小、人工支架框架的不完全扩张或瓣膜植入部位的不正确导致。瓣中漏可能是由于人工瓣膜开放失败, 在卷曲或植入阶段造成的瓣叶损伤、或同样因瓣膜大小不正确而造成的患者-瓣膜不匹配而引起。有文献<sup>[3]</sup>报道轻中度瓣周漏导致的反流可以保持稳定, 甚至中期能得到改善, 而 O'Sullivan KE 等<sup>[4]</sup>的 Meta 分析表明不管使用何种瓣膜, 中重度瓣周漏是影响死亡率的一个重要因素。

准确测量瓣周漏的程度对于判断手术效果具有非常重要的意义, 为了更加准确地测量 PVL, 除了使用主动脉根部造影及心脏彩超, 主动脉反流指数 (aortic regurgitation index, ARI) 也是一个很有参考意义的指标, Sinning 等<sup>[5]</sup>指出当其截点值为 25 时, 是 TAVI 术后死亡的一个很重要的独立预测因子。Sakrana 等<sup>[6]</sup>报道经导管术中使用的瓣膜/瓣环尺寸的比值是决定 TAVI 术后 PVL 程度的一

个重要因素, 而经 MDCT 测量的主动脉瓣钙化及主动脉根部解剖学数据并不是 PVL 的预测因子, 然而也有学者认为其可以作为参考。

轻度的 PVL 往往无需治疗, 通常血流动力学是稳定的, 中期还可以得到改善, 中重度 PVL 则需要及时补救, 如瓣中瓣技术或者及时外科手术。Waterbury 等<sup>[7]</sup>的研究指出: TAVI 术中不管是自膨胀式瓣膜还是球囊扩张式瓣膜, 经皮的瓣周漏修补是可行的、有效的。Wells 等<sup>[8]</sup>的研究表明经导管介入治疗 PVL 相对于外科手术治疗 PVL, 减少了发病率和 30 天再住院率。

### 1.2 急性肾损伤

TAVI 术后急性肾衰竭 (AKF) 较多见, 发生率约 8% ~ 42%, 延长了住院时间, 30 d 和 1 年内死亡率<sup>[9]</sup>。碘对比剂可以引起细胞损伤以及肾小管细胞死亡, 但是 TAVI 术后 AKF 与碘对比剂是否有必然联系尚无定论。目前 TAVR 术后急性肾损伤分期多采取改良的 RIFLE (risk injury failure loss end) 分期, 一期: 血肌酐水平较基线升高 150% ~ 200%, 或升高  $\leq 0.3$  mg/dl; 二期: 血肌酐水平较基线升高 200% ~ 300%, 或升高  $> 0.3$  mg/dl 而  $< 0.5$  mg/dl, 但绝对值  $< 4$  mg/dl; 三期: 血肌酐水平较基线升高  $\geq 300\%$ , 或升高  $\geq 0.5$  mg/dl, 或绝对值  $\geq 4$  mg/dl<sup>[10]</sup>。许多研究<sup>[11-12]</sup>研究发现, TAVI 术后发生 AKI 的独立危险因素有: 慢性肾脏疾病, 呼吸衰竭, 脑卒中病史, 瓣膜移位、糖尿病, PCI 史, 主动脉内球囊反搏, 输血等, 保护性因素为较高的估算肾小球滤过率 [10 ml / (min · 1.73 m<sup>2</sup>) ]。术前控制用药, 术中保证肾脏灌注, 术后密切关注尿量及肌酐以便预防和早期发现 AKI。

### 1.3 脑卒中

TAVI 术后脑血管事件 (cerebrovascular events, CVEs) 的发生比较多见, 且增加死亡率。研究<sup>[13]</sup>表明 80 岁以上患者脑卒中的发生率  $< 5\%$ , 约 25% ~ 50% 的脑卒中发生在术后 24 h 内, 80% 的脑卒中发生于术后 5 d 内。Auffret 等<sup>[14]</sup>的研究指出: 女性、慢性肾脏病、新发房颤是 TAVI 术后 CVE 的预测因素。临床上 TAVI 术中脑的微栓塞非常多见, 在送入导丝、扩张自体瓣膜时、释放支架瓣膜过程中均可能有微栓塞发生。Biancari 等<sup>[15]</sup>指出 TA-TAVI 的死亡率和脑卒中高于 TF-TAVI。可能是输送系统损伤主动脉导致主动脉粥样斑块脱落引起。

目前 TAVI 术中使用脑保护装置来减少脑血管事件的发生已经应用于临床。TriGuardTM 是固定

于主动脉弓部的一层肝素网。Lansky 等<sup>[16]</sup>报道: 采用 TriGuardTM 防栓塞装置组新发缺血性卒中 (11.5%) 比无保护组 (26.9%) 明显减少。SentinelT 装置由两个滤网组成, 分别放置在头臂干和左颈总动脉。Kapadia 等<sup>[17]</sup>的研究发现: 使用经导管脑保护装置是有效的, 在 99% 的患者中都能阻挡血栓等, 但是并不能改变神经认知功能。99% 的患者滤网里发现碎片, 病理学检查提示为血栓, 钙化, 瓣膜组织, 血管壁成分和异物。目前对 TAVI 围术期的抗栓方案的选择, 众说不一, 还需进一步的研究。

### 1.4 冠状动脉闭塞

冠状动脉阻塞是 TAVI 术后罕见但是致命性并发症, 发生率约 1%, 死亡率可达 40%<sup>[18]</sup>。术中不容易发现, 术后可能猝死。Ramirez 等<sup>[19]</sup>报道了一例迟发性 (术后 6 个月) 右冠状动脉闭塞的情况, 经抢救无效死亡, 可能是由于瓣膜的移位导致。TAVI 时发生冠状动脉阻塞可能是因为瓣膜支架植入过程中压迫自身有病变的瓣膜而堵塞了冠状动脉开口, 也可能是脱落的钙化斑块, 血栓及空气导致冠状动脉栓塞, 原病变瓣膜感染累及冠状动脉开口。其高危因素有: 冠状动脉高度  $< 10$  mm、主动脉窦口直径  $< 30$  mm、女性、高龄、球囊扩张瓣膜、瓣中瓣、既往外科主动脉瓣置换手术史等<sup>[20]</sup>。早期的 TAVI 注册研究报道球囊扩张瓣膜较自膨胀式瓣膜更常见, 因为其制造厂家没有给出一个可以参考的冠状动脉开口或冠状窦口位置。老一代的瓣膜较新的瓣膜更容易发生冠状动脉阻塞, 原因是: 我们的影像设备和测量技术更加完善, 通过 MSCT 以及 TEE, 瓣膜尺寸的测量也更加精确; 其次, 新一代的装置轮廓较小, 而且自膨胀式瓣膜可以再次定位<sup>[21]</sup>。J-VALVE 瓣膜定位键与瓣膜对瓣膜的钳夹作用可避免阻挡冠状动脉, 减少冠状动脉阻塞发病率。Ribeiro 等<sup>[22]</sup>对瓣中瓣的全球注册研究表明瓣中瓣术后冠状动脉堵塞发生率较第一次瓣膜植入高, 发生率约 2.3%, 且短期内死亡率明显增加。

一旦发生冠状动脉堵塞, 需要及时处理, 如自体瓣膜堵塞, 约 80% 的患者及时行 PCI 可以取得很好的效果, 从 2004 年以来, TAVI 的 STS/ACC 注册研究表明约 6.2% 的冠状动脉堵塞患者需要开胸手术, 尤其是瓣中瓣术后冠状动脉阻塞患者<sup>[23]</sup>。

### 1.5 心律失常

**1.5.1 心房颤动** TAVI 术后心房颤动 (心房颤动) 比较多见, 与老年患者的心血管和整体生理状况 (如心房纤维化, 左房直径增大) 及手术本身相

关。Tanawuttiwat 等<sup>[24]</sup>研究发现,经股动脉途径 TAVI 术后房颤发生率为 14%,经主动脉途径房颤发生率为 33%,经心尖途径房颤发生率 53%,这可能与胸廓切开术中通气限制以及术后疼痛所引起的肾上腺素升高有关。Biviano 等<sup>[25]</sup>对 PARTNER 注册试验的 1 879 例术后房颤患者分析得出以下结论:(1)出院时房颤心率增加了 30 d 死亡率和 1 年内再入院率;(2)心室率>90 次/分与死亡率相关;(3)TAVI 术后房颤肾衰风险和永久性起搏器植入风险增加。关于 TAVI 术后房颤抗凝何时开始以及用何种抗凝方案,目前没有统一的标准。Altisent 等<sup>[26]</sup>报道 TAVI 术后 AF 患者同时使用维生素 K 拮抗剂和抗血小板治疗,与单用维生素 K 拮抗剂治疗房颤,不能减少卒中发生率、重大心血管事件或者死亡率,反而增加了致命性出血风险。

**1.5.2 传导阻滞** 由于主动脉瓣环在解剖上邻近房室传导系统,TAVI 术中及术后可能发生不同程度房室传导阻滞(atrioventricular block, AVB),可能与瓣膜支架系统对周围的组织产生局部压迫导致水肿,缺血,一过性炎症等有关。LBBB 最为常见,发生率各研究差异比较大,发生率与瓣膜类型也有关系,发生的时间往往难以预测,90% 的患者于一周内发生。Sager 等<sup>[27]</sup>的研究发现:球囊扩张瓣膜术后新发 LBBB 发生率约 17%。Gonska 等<sup>[28]</sup>报道用 Edwards Sapien 3 瓣膜术后永久性起搏器植入率(permanent pacemaker implantation, PPI)约 14%,而 Medtronic CoreValve 术后 PPI 约 31%。术后 AVB 通常是一过性的,并不要求长期安置起搏器。目前没有明确的指导意见是否 TAVI 术后高度 AVB 的患者预先安置起搏器,观察期限为术后 1 周左右,一般来讲,术后第四天发生传导阻滞最明显。瓣膜置入深度、瓣膜类型、术前右束支传导阻滞及围术期房室传导阻滞与 TAVI 术后起搏器植入有关<sup>[29]</sup>。起搏器的植入与术后死亡率没有明确的研究结论,其不良结果可能与基础病情,并发症以及术后血流动力学相关。

## 1.6 血管及出血并发症

血管并发症多见于 TF-TAVI, 主要与穿刺、导管鞘直径、关闭设备失败或者预定结束策略有关<sup>[30]</sup>。TAVI 术后出血,尤其是大出血,增加了 30 d 内死亡率,经心尖途径是出血的重要因素,术前存在 AF 是术后出血的独立预测因素,可能与 AF 相关的抗凝有关<sup>[31]</sup>。Sun 等<sup>[32]</sup>的一项 Meta 分析表明:年龄(>90 岁),女性,慢性肾功能不全,经心尖途径,管鞘直径(>19Fr),循环支持都是 TAVI 术后早期严

重出血的预测因素。大多数研究人员认为,血管并发症发生率高主要与手术技术和手术过程的复杂性有关系。有报道称术中超声引导股动脉穿刺能够减少出血。术后大出血需要紧急手术或者介入治疗,必要时输血。

## 1.7 定位偏差

随着近几年设备的改进和技术的提高,瓣膜定位偏差较前明显减少,原因可能是植入瓣膜尺寸不匹配,位置不恰当,球囊扩张瓣膜植入时心室起搏不充分,左心室流出道受阻,二尖瓣置换术后等。术中瓣膜位置若发生偏差,则需要考虑其型号,释放位置及血流动力学等表现决定补救措施。Showkathali 等<sup>[33]</sup>报道了 1 例 79 岁女性高危患者,经食管 3D 心脏超声提示主动脉瓣环 21 mm,瓣环中度钙化,经股动脉途径安置了 23 mm 的球囊扩张瓣膜 Sapien XT,用 24 mm 球囊扩张后出现了中度瓣周漏以及植入的瓣膜缓慢向左心室移动,再次置入一 26 mm 瓣膜,反流消失,患者 3 d 后出院。Edwards 带瓣支架系统在心室快速起搏下,球囊迅速扩张释放,再次定位可能性基本没有,CoreValve (MCV) 球囊膨胀比较缓慢,移位相对 ESV 少见。不足的是 ESV 和 MCV 均不可重新定位以及回收利用,可以第二次植入瓣膜,总体而言,在定位偏差方面,二者没有明显的差异。

## 1.8 感染性心内膜炎

TAVI 术后继发感染性心内膜炎(Infective endocarditis, IE)少见,可能与手术中机械性创伤有关,发生率约 0.1%~3.03%,气管插管与自膨胀式瓣膜的使用是发生 IE 的独立危险因素。一旦发生 IE,需要积极抗感染治疗,效果不佳者视患者的情况决定移除瓣膜或者再次置入瓣膜(瓣中瓣),TAVI 术后出现 IE 者可导致心功能恶化,1 年内死亡率高达 66%<sup>[34]</sup>。

## 1.9 血管内溶血

血管内溶血是外科瓣膜置换后的危重并发症,生物瓣发生率约 5%,机械瓣发生率约 25%。可能是瓣膜功能异常或瓣周漏导致瓣膜周围形成血液湍流,血流的高剪切力对红细胞造成的机械破坏。目前,TAVI 术后血管内溶血的发生与瓣周漏之间的关系,以及与患者预后的关系仍不明确。Ko 等<sup>[35]</sup>对 64 例 TF-TAVI 患者进行 6 个月的随访,将血管内溶血定义为:(1)结合珠蛋白<0.45 g/L; 2)血红蛋白<13.8 g/L(男性)或 12.4 g/L(女性); 3)高网织红细胞计数(>2%)。结论认为 TAVI 术后发生血管内溶血与术后中度以上的瓣周漏、二叶式主动脉

瓣、及更小的有效瓣口面积有关。由于二叶式主动脉瓣的瓣环结构及钙化分布的不均匀,导致 TAVR 术后瓣周漏的发生率增加,尤其是在使用自膨胀式瓣膜后。血管内溶血的发生及预后仍值得进一步探究。

## 2 其他少见病发症

瓣环断裂,心室穿孔。瓣环断裂极少见,但危险性大,可能与主动脉的钙化程度,瓣膜尺寸选择过大,或者球囊扩张过度有关。心室穿孔主要是因为手术操作本身,一旦出现这两种情况,需要及时手术治疗,关键在于预防。

灾难性并发症包括主动脉夹层或者穿孔,主动脉瓣损伤或者撕裂,左心室穿孔,主动脉根部撕裂。发生率低,不到 2%。在 TAVI 中,对于假体和主动脉根部之间的生物力学作用的准确把握是至关重要的。

部分经股动脉 TAVI 患者可出现乳头肌断裂致二尖瓣大量反流,经心尖途径可能出现左心室假性室壁瘤。

TAVI 相关死亡。死亡是最为严重的并发症,各种并发症均可导致死亡,因手术对象都是高龄高危,故术后难以长期随访。目前存在的一些外科手术风险评分不能准确地预测 TAVI 术后死亡<sup>[36]</sup>。Arai 等的研究指出:TF-TAVI 与 TAo-TAVI 相比,30 d 死亡率较低,1 年生存率较高,而 TA-TAVI 与 TAo-TAVI 相比,30 d 死亡率没有明显差异,1 年生存率较低。因此,他们推荐首选 TF-TAVI,其次 TAo-TAVI,再选择 TA-TAVI<sup>[30]</sup>。

## 3 小结

TAVI 手术长期预后缺乏大规模临床研究,其并发症发生率较高,有些为致命性,与手术效果和预后直接相关。要减少并发症产生,首先要严格筛选患者,把握其适应证,选择最佳的手术入路以及相匹配的瓣膜系统,其次术者的操作水平也是非常重要的,有报道指出:操作经验是术后 30 d 生存率的独立预测因子<sup>[37]</sup>。技术设备及数据评估模式不断更新,重视瓣膜支架系统的可回收性,可重置性,生物兼容性等。只有足够了解 TAVI 的并发症,才能做到有效地预防和处理其并发症。

### 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. *Circulation*, 2002, 106(24): 3006-3008.
- 2 Kodali S, Pibarot P, Douglas PS, *et al*. Paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve replacement with the Edwards sapien valve in the PARTNER trial: characterizing patients and impact on outcomes. *Eur Heart J*, 2015, 36(7): 449-456.
- 3 Pibarot P, Hahn RT, Weissman NJ, *et al*. Association of Paravalvular Regurgitation With 1-Year Outcomes After Transcatheter Aortic Valve Replacement With the SAPIEN 3 Valve. *JAMA Cardiol*, 2017, 2(11): 1208-1216.
- 4 O'Sullivan KE, Gough A, Segurado R, *et al*. Is valve choice a significant determinant of paravalvular leak post-transcatheter aortic valve implantation? A systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2014, 45(5): 826-833.
- 5 Sinning JM, Stundl A, Pingel S, *et al*. Pre-procedural hemodynamic status improves the discriminatory value of the aortic regurgitation index in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9(7): 700-711.
- 6 Sakrana AA, Nasr MM, Ashamalla GA, *et al*. Paravalvular leak after transcatheter aortic valve implantation: is it anatomically predictable or procedurally determined? MDCT study. *Clin Radiol*, 2016, 71(11): 1095-1103.
- 7 Waterbury TM, Reeder GS, Pislaru SV, *et al*. Techniques and outcomes of paravalvular leak repair after transcatheter aortic valve replacement. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2017, 90(5): 870-877.
- 8 Wells JA 4th, Condado JF, Kamioka N, *et al*. Outcomes after paravalvular leak closure: transcatheter versus surgical approaches. *JACC Cardiovasc Interv*, 2017, 10(5): 500-507.
- 9 Elhmidi Y, Bleiziffer S, Deutsch MA, *et al*. Acute kidney injury after transcatheter aortic valve implantation: incidence, predictors and impact on mortality. *Arch Cardiovasc Dis*, 2014, 107(2): 133-139.
- 10 Lameire N, Van Biesen W, Vanholder R. The changing epidemiology of acute renal failure. *Nat Clin Pract Nephrol*, 2006, 2(7): 364-377.
- 11 Thongprayoon C, Cheungpasitporn W, Mao MA, *et al*. Persistent acute kidney injury following transcatheter aortic valve replacement. *J Card Surg*, 2017, 32(9): 550-555.
- 12 Crowhurst JA, Savage M, Subban V, *et al*. Factors contributing to acute kidney injury and the impact on mortality in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Heart Lung Circ*, 2016, 25(3): 282-289.
- 13 Urena M, Hayek S, Cheema AN, *et al*. Arrhythmia burden in elderly patients with severe aortic stenosis as determined by continuous electrocardiographic recording: toward a better understanding of arrhythmic events after transcatheter aortic valve replacement. *Circulation*, 2015, 131(5): 469-477.
- 14 Auffret V, Regueiro A, Del Trigo M, *et al*. Predictors of early cerebrovascular events in patients with aortic stenosis undergoing transcatheter aortic valve replacement. *J Am Coll Cardiol*, 2016, 68(7): 673-684.
- 15 Biancari F, Rosato S, D'Errigo P, *et al*. Immediate and intermediate outcome after transapical versus transfemoral transcatheter aortic valve replacement. *Am J Cardiol*, 2016, 117(2): 245-251.
- 16 Lansky AJ, Schofer J, Tchetchetche D, *et al*. A prospective randomized evaluation of the TriGuard™ HDH embolic DEFLECTION device during transcatheter aortic valve implantation: results from the

- DEFLECT III trial. *Eur Heart J*, 2015, 36(31): 2070-2078.
- 17 Kapadia SR, Kodali S, Makkar R, *et al.* Protection against cerebral embolism during transcatheter aortic valve replacement. *J Am Coll Cardiol*, 2017, 69(4): 367-377.
  - 18 Kim RJ, McGehee E, Mack MJ. Left main occlusion secondary to aortic root rupture following transcatheter aortic valve replacement managed by left main stenting. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2014, 83(1): E146-E149.
  - 19 Ramirez R, Ovakimyan O, Lasam G, *et al.* A very late presentation of a right coronary artery occlusion after transcatheter aortic valve replacement. *Cardiol Res*, 2017, 8(3): 131-133.
  - 20 Sultan I, Siki M, Wallen T, *et al.* Management of coronary obstruction following transcatheter aortic valve replacement. *J Card Surg*, 2017, 32(12): 777-781.
  - 21 Pilgrim T, Windecker S. Newer-generation devices for transcatheter aortic valve replacement: resolving the limitations of first-generation valves? *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9(4): 373-375.
  - 22 Ribeiro HB, Rodés-Cabau J, Blanke P, *et al.* Incidence, predictors, and clinical outcomes of coronary obstruction following transcatheter aortic valve replacement for degenerative bioprosthetic surgical valves: insights from the VIVID registry. *Eur Heart J*, 2018, 39(8): 687-695.
  - 23 Holmes DR Jr, Nishimura RA, Grover FL, *et al.* Annual outcomes with transcatheter valve therapy: From the STS/ACC TVT Registry. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101(2): 789-800.
  - 24 Tanawuttiwat T, O'Neill BP, Cohen MG, *et al.* New-onset atrial fibrillation after aortic valve replacement: comparison of transfemoral, transapical, transaortic, and surgical approaches. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(15): 1510-1519.
  - 25 Levy F, Tribouilloy C. Letter by levy and tribouilloy regarding article, "atrial fibrillation is associated with increased mortality in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement: insights from the placement of aortic transcatheter valve (PARTNER) trial". *Circ Cardiovasc Interv*, 2016, 9(5): e003705.
  - 26 Abdul-Jawad Altisent O, Durand E, Muñoz-García AJ, *et al.* Warfarin and antiplatelet therapy versus warfarin alone for treating patients with atrial fibrillation undergoing transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9(16): 1706-1717.
  - 27 Sager SJ, Damluji AA, Cohen JA, *et al.* Transient and persistent conduction abnormalities following transcatheter aortic valve replacement with the Edwards-Sapien prosthesis: a comparison between antegrade vs. retrograde approaches. *J Interv Card Electrophysiol*, 2016, 47(2): 143-151.
  - 28 Gonska B, Seeger J, Baarts J, *et al.* The balloon-expandable Edwards Sapien 3 valve is superior to the self-expanding Medtronic CoreValve in patients with severe aortic stenosis undergoing transfemoral aortic valve implantation. *J Cardiol*, 2017, 69(6): 877-882.
  - 29 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 Am Coll Cardiol*, 2014, 64(2): 129-140.
  - 30 Arai T, Romano M, Lefèvre T, *et al.* Direct comparison of feasibility and safety of transfemoral versus transaortic versus transapical transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9(22): 2320-2325.
  - 31 Wang J, Yu W, Jin Q, *et al.* Risk factors for Post-TAVI bleeding according to the varc-2 bleeding definition and effect of the bleeding on short-term mortality: a meta-analysis. *Can J Cardiol*, 2017, 33(4): 525-534.
  - 32 Sun Y, Liu X, Chen Z, *et al.* Meta-analysis of predictors of early severe bleeding in patients who underwent transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol*, 2017, 120(4): 655-661.
  - 33 Showkathali R, Dworakowski R, MacCarthy P. Valve in valve implantation to prevent acute prosthetic valve migration in Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI). *Indian Heart J*, 2015, 67(6): 598-599.
  - 34 Amat-Santos IJ, Messika-Zeitoun D, Eltchaninoff H, *et al.* Infective endocarditis after transcatheter aortic valve implantation: results from a large multicenter registry. *Circulation*, 2015, 131(18): 1566-1574.
  - 35 Ko TY, Lin MS, Lin LC, *et al.* Frequency and Significance of intravascular hemolysis before and after transcatheter aortic valve implantation in patients with severe aortic stenosis. *Am J Cardiol*, 2018, 121(1): 69-72.
  - 36 Silva LS, Caramori PR, Nunes Filho AC, *et al.* Performance of surgical risk scores to predict mortality after transcatheter aortic valve implantation. *Arq Bras Cardiol*, 2015, 105(3): 241-247.
  - 37 Gurvitch R, Tay EL, Wijesinghe N, *et al.* Transcatheter aortic valve implantation: lessons from the learning curve of the first 270 high-risk patients. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2011, 78(7): 977-984.

收稿日期: 2018-06-27 修回日期: 2018-07-22  
本文编辑: 刘雪梅