

## 结构性心脏病研究

## 生物瓣主动脉根部置换术后远期行经导管主动脉瓣“瓣中瓣”置换术的冠状动脉阻塞风险分析

施浩 万俊义 李琦 刘焱 钱向阳 郭宏伟 潘湘斌 胡晓鹏

## 摘要

目的: 分析生物瓣主动脉根部置换术(Bio-Bentall 手术)后远期行经导管主动脉瓣“瓣中瓣”置换术(ViV-TAVR)的冠状动脉阻塞风险, 并讨论冠状动脉阻塞风险与主动脉根部解剖结构、冠状动脉开口与人工血管的吻合方式、人工血管直径等因素之间的关系, 为改良 Bio-Bentall 手术方法提供依据。

方法: 回顾性分析 2017 年 1 月至 2021 年 6 月期间中国医学科学院阜外医院血管外科中心由 3 位术者完成 Bio-Bentall 手术的患者的临床资料, 筛选出其中能获取清晰、可用 CT 资料的患者 39 例。通过 3mensio 软件分析患者 Bio-Bentall 术前及术后的 CT 资料, 评估术后远期行 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险及相关影响因素。

结果: 术后平均随访(4.7±8.8)个月, 门控增强心脏 CT 提示, 39 例患者术后右冠状动脉开口高度较术前明显降低[18.9(14.8, 24.4) mm vs. 22.0(18.4, 27.4) mm,  $P=0.028$ ], 其中 22 例(56.4%)为冠状动脉阻塞高风险患者。术后生物瓣与人工血管的同轴性夹角对术后远期右冠状动脉阻塞风险有显著影响(HR=0.55, 95%CI:0.37~0.83,  $P=0.013$ ), 冠状动脉开口与人工血管的吻合方式对术后远期冠状动脉阻塞风险无明显影响(HR=1.10, 95%CI:0.83~1.40,  $P=0.648$ )。

结论: 在现有手术策略下, Bio-Bentall 手术患者术后远期行 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险极高。目前的 Bio-Bentall 手术方法亟需改进, 以降低术后远期因生物瓣衰败行 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险, 最大限度地提高未来行 ViV-TAVR 的可行性。

关键词 经导管主动脉瓣置换术; 主动脉根部置换术; 瓣中瓣; 冠状动脉阻塞; 生物瓣膜

### Analysis on the Risk of Coronary Artery Obstruction in Valve-in-valve Transcatheter Aortic Valve Replacement After Previous Aortic Root Replacement With Bioprosthetic Valve

SHI Hao, WAN Junyi, LI Qi, LIU Yao, QIAN Xiangyang, GUO Hongwei, PAN Xiangbin, HU Xiaopeng

Department of Structural Heart Disease, National Center for Cardiovascular Diseases and Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100037, China

Corresponding Author: HU Xiaopeng, Email: 13621188439@139.com

## Abstract

Objectives: To analyze the risk of coronary obstruction in valve-in-valve transcatheter aortic valve replacement (ViV-TAVR) after previous biological valve aortic root replacement (Bio-Bentall), and to discuss the relationship between coronary obstruction and aortic root anatomy, coronary anastomosis, artificial vessel diameter and other factors, and provide some clinical evidence for improving Bio-Bentall procedure.

Methods: Clinical data of patients undergoing Bio-Bentall operations, which were completed by three surgeons in Vascular Surgery Center of Fuwai Hospital from January 2017 to June 2021, were retrospectively analyzed. Thirty-nine patients with clear CT imaging data were selected. Preoperative and postoperative CT data of all patients were analyzed using 3mensio software. The risk and risk factors of coronary obstruction in ViV-TAVR were evaluated.

Results: Gated enhanced cardiac CT examinations of these 39 patients were performed (4.7±8.8) months after operation, and results indicated that the right coronary artery height decreased significantly after operation compared with before

基金项目: 中国医学科学院医学与健康科技创新工程 2021 年临床与转化医学研究专项(2021-I2M-C&amp;T-B-033)

作者单位: 中国医学科学院 北京协和医学院 国家心血管病中心 阜外医院 结构性心脏病中心, 北京 100037

通信作者: 胡晓鹏 Email:13621188439@139.com

中图分类号:R54 文献标识码:A 文章编号:1000-3614(2023)05-0508-07 DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2023.05.004

operation (18.9 [14.8, 24.4] mm vs. 22.0 [18.4, 27.4] mm,  $P=0.028$ ). Twenty-two patients (56.4%) were at high risk for coronary obstruction. The postoperative coaxial angle between prosthetic valve and artificial vessel had a significant impact on the postoperative risk of right coronary obstruction (HR=0.55, 95% CI: 0.37-0.83,  $P=0.013$ ), and the coronary anastomosis methods had no significant impact on the risk of coronary obstruction (HR=1.10, 95% CI: 0.83-1.40,  $P=0.648$ ).

**Conclusions:** Patients undergoing Bio-Bentall with current surgical strategy are at high risk of future coronary obstruction with ViV-TAVR. We should improve the current Bio-Bentall surgical method to reduce the risk of coronary obstruction after ViV-TAVR in the future and maximize the feasibility of future ViV-TAVR.

**Key words:** transcatheter aortic valve replacement; aortic root replacement; valve-in-valve; coronary obstruction; bioprosthetic valve

**Funding:** Chinese Academy of Medical Sciences Innovation Fund for Medical Sciences (2021-I2M-C&T-B-033)

(Chinese Circulation Journal, 2023, 38: 508.)

主动脉根部置换术 (Bentall 手术) 是治疗主动脉根部瘤合并主动脉瓣病变时最常用的手术方式<sup>[1]</sup>。生物瓣置换术后无需长期应用口服抗凝药, 患者生活质量较高, 因此近年来行生物瓣 Bentall 手术 (Bio-Bentall 手术) 的患者逐年增多。2020 年美国心脏协会 / 美国心脏病学会心脏瓣膜病管理指南建议, 50 岁以上患者可考虑使用主动脉瓣生物瓣 (II a 类推荐)<sup>[2]</sup>。生物瓣置换术后 10~15 年后会发生生物瓣衰败, 需要再次手术。一直以来, 外科再次瓣膜置换术是生物瓣衰败的标准治疗方案, 但由于手术复杂, 术后早期死亡率可达 8.0%<sup>[3]</sup>。2007 年, 经导管主动脉瓣“瓣中瓣”置换术 (ViV-TAVR) 技术被首次成功用于治疗主动脉瓣生物瓣衰败<sup>[4]</sup>。2021 年欧洲心脏病学会心脏瓣膜病管理指南建议, 外科手术高风险主动脉瓣生物瓣衰败患者可选择 ViV-TAVR 技术进行治疗 (II a 类推荐)<sup>[5]</sup>。

冠状动脉阻塞是经导管主动脉瓣置换术 (TAVR) 少见而致命的并发症, 而 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞发生率约为 2.3%, 是常规 TAVR 的 4 倍<sup>[6]</sup>。特殊的解剖因素如冠状动脉开口高度低 (<12 mm) 和主动脉窦部直径小 (<30 mm) 是行 TAVR 时冠状动脉阻塞的高危因素<sup>[7-8]</sup>。Bio-Bentall 手术同时改变了主动脉窦部直径和冠状动脉开口高度, 从而导致术后远期行 ViV-TAVR 时的冠状动脉阻塞风险大幅增加。目前国内极少有研究评估 Bio-Bentall 术后远期行 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险。本研究回顾性分析 2017 年 1 月至 2021 年 6 月期间中国医学科学院阜外医院血管外科中心由 3 位术者完成的 Bio-Bentall 手术患者的临床资料, 分析术后远期行 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险及其与主动脉根部解剖结构、冠状动脉开口与人工血管的吻合方式、人工血管直径等因素之间的关系。

## 1 资料与方法

**研究对象:** 回顾性纳入 2017 年 1 月至 2021 年 6 月期间中国医学科学院阜外医院血管外科中心由 3 位术者完成 Bio-Bentall 手术的患者 47 例, 筛选出其中能获取清晰、可用 CT 资料的患者 39 例。本研究经中国医学科学院阜外医院伦理委员会审查批准 (批件编号: 2021-1606)。

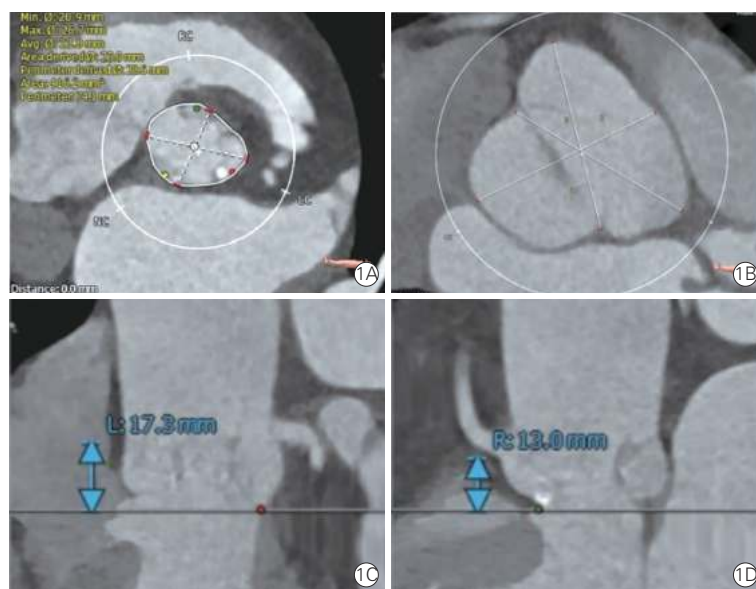
**手术方法:** 所有患者在全身麻醉、低温体外循环下完成 Bio-Bentall 手术。所有患者均使用支架生物瓣和直人工血管, 手术台现场缝制带瓣管道。根据经验性目测冠状动脉吻合口高度的方式确定冠状动脉吻合位置, 采用 Button 法 (纽扣法) 或 Inclusion 法 (直接吻合, 即包裹法) 吻合冠状动脉开口与人工血管。

**数据采集:** 所有患者在术前及术后 1~6 个月随访期间接受门控增强心脏 CT 检查, 通过 3mensio 软件 (Bilthoven, 荷兰) 进行拉伸血管重建, 测量术前主动脉瓣瓣环 (主动脉瓣瓣叶附着缘最低点水平的虚拟瓣环, 根据面积计算直径)、主动脉窦部、窦管交界、冠状动脉开口下缘距离主动脉瓣瓣环的垂直距离 (图 1)。术后 CT 用 3mensio 进行拉伸血管重建 (图 2A、2B), 测量冠状动脉吻合口下缘距离主动脉瓣瓣环的垂直距离。另外, 利用 3mensio 软件进行多平面重建术后 CT (图 2C、2D), 调至左、右冠状动脉开口切面, 在该切面对应的容积再现技术长轴上, 测量生物瓣瓣环中心到三个瓣角平面的人工血管中心连线与生物瓣瓣环线的角度。该角度与 90° 差值的绝对值, 即为冠状动脉开口切面的生物瓣与人工血管的同轴性夹角。

Bio-Bentall 术后远期行 ViV-TAVR 的冠状动

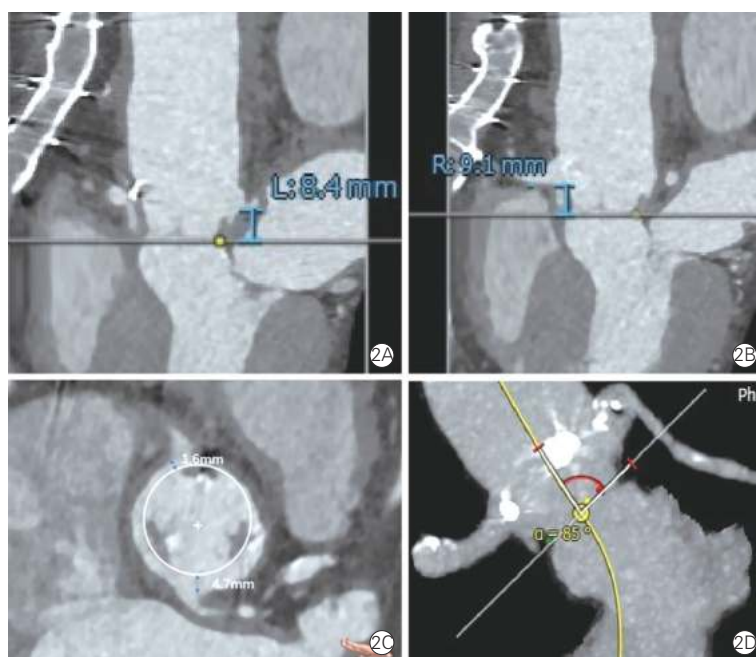
脉阻塞风险评估标准: 当术后 CT 显示冠状动脉开口高于人工瓣膜支架时, 为低风险; 冠状动脉开口低于人工瓣膜支架时, 则用 Vancouver 方法

评估虚拟经导管人工瓣膜至冠状动脉开口的距离 (virtual transcatheter heart valve to coronary, VTC, 图 2C),  $VTC \geq 4 \text{ mm}$  为低风险,  $< 4 \text{ mm}$  则为高风险<sup>[9]</sup>。



注: 1A: 主动脉瓣瓣环 (主动脉瓣瓣叶附着缘最低点水平的虚拟瓣环); 1B: 主动脉窦部; 1C、1D: 测量左、右冠状动脉距离主动脉瓣瓣环垂直距离。Bio-Bentall: 生物瓣主动脉根部置换术

图 1 Bio-Bentall 术前 CT 通过 3mensio 软件进行拉伸血管重建和测量



注: 2A、2B: 测量左、右冠状动脉开口至主动脉瓣瓣环的垂直距离; 2C: 在短轴测量虚拟经导管人工瓣膜至冠状动脉开口的距离; 因为术后生物瓣与人工血管的同轴性夹角不同, 导致虚拟经导管人工瓣膜至左、右冠状动脉开口的距离存在差异, 分别为 4.7 mm (阻塞低风险) 和 1.6 mm (阻塞高风险); 2D: 生物瓣与人工血管存在同轴性夹角。图示患者所用生物瓣为 Medtronic MOSAIC (美国)。Bio-Bentall: 生物瓣主动脉根部置换术

图 2 Bio-Bentall 术后 CT 通过 3mensio 软件进行拉伸血管重建及多平面重建和测量

统计学方法:采用 SPSS 24.0 软件统计分析数据。符合正态分布的连续变量以均数  $\pm$  标准差表示,不符合正态分布的连续变量以中位数( $P_{25}, P_{75}$ )表示。计数资料用例数和百分比表示。通过多因素 Cox 回归分析评估 Bio-Bentall 术后远期行 ViV-TAVR 时冠状动脉阻塞风险的影响因素,采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者的一般资料

39 例患者中,男性 34 例(87.2%),女性 5 例(12.8%),中位年龄为 64(61, 67)岁,体重为 69(60, 79) kg。31 例(79.5%)单纯主动脉瓣关闭不全,2 例(5.1%)单纯主动脉瓣狭窄,6 例(15.4%)主动脉瓣关闭不全合并狭窄;3 例(7.7%)0 型二叶式主动脉瓣。

### 2.2 患者的 Bio-Bentall 手术情况

39 例患者均成功接受 Bio-Bentall 手术,其中 8 例(20.5%)同期行冠状动脉旁路移植术,3 例(7.7%)同期行二尖瓣手术,5 例(12.8%)同期行部分或全主动脉弓置换术。分别有 13 例(33.3%)和 26 例(66.7%)患者采用 Button 法和 Inclusion 法吻合冠状动脉开口与人工血管。35 例(89.7%)患者采用比生物瓣型号大 3 mm 的直人工血管,采用比生物瓣型号大 1 mm、5 mm 直人工血管的患者各有 2 例(5.1%),见图 3。

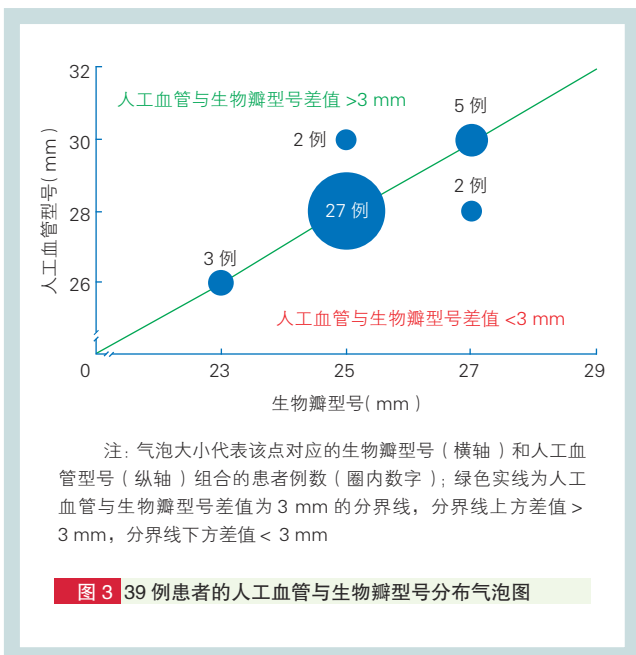


图 3 39 例患者的人工血管与生物瓣型号分布气泡图

### 2.3 患者 Bio-Bentall 术前和术后的 CT 检查结果

Bio-Bentall 术前门控增强心脏 CT 检查显示,39 例患者的主动脉瓣瓣环、窦部、窦管交界平均直径分别为 26.1(23.3, 28.2) mm、51.7(48.6, 59.5) mm、38.2(33.8, 42.1) mm。

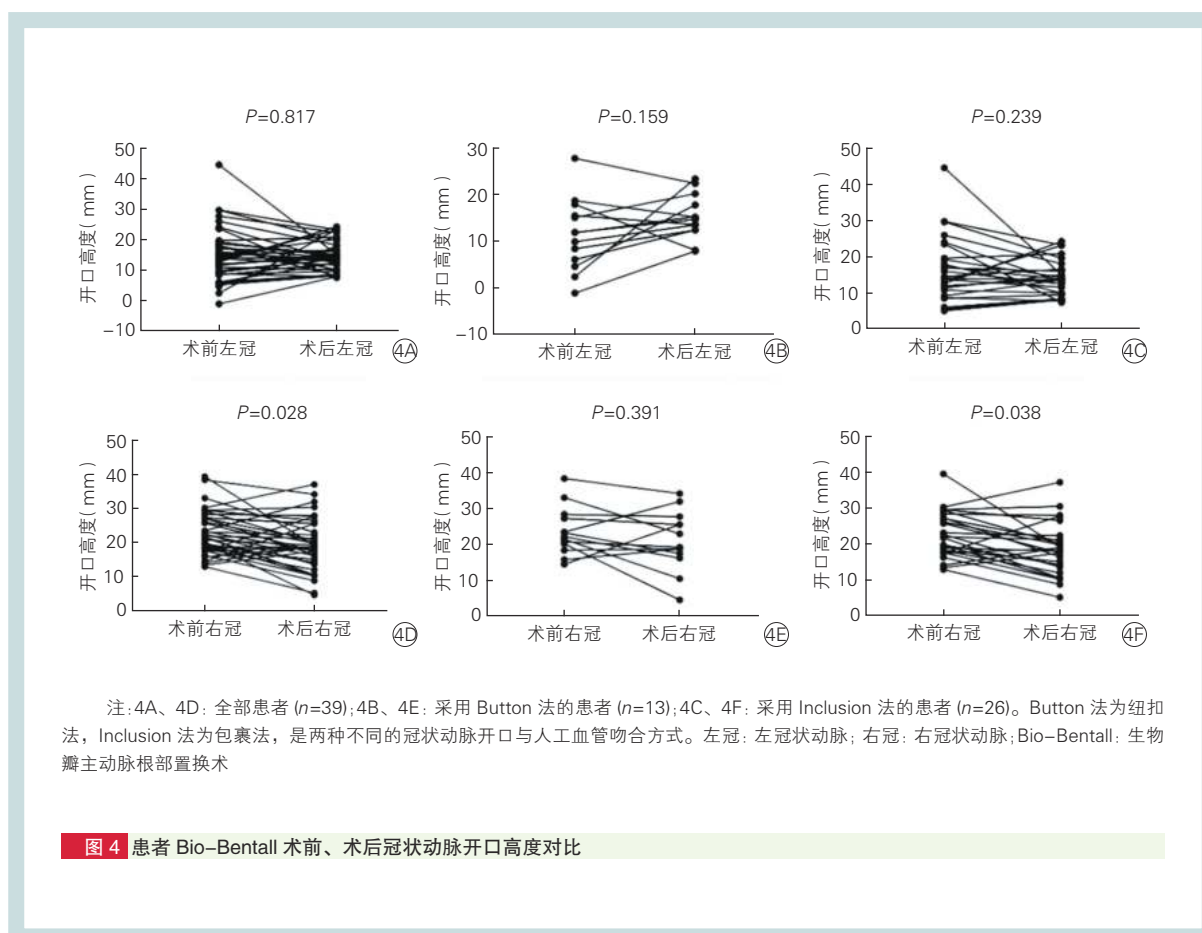
术后平均随访( $4.7 \pm 8.8$ )个月,门控增强心脏 CT 检查结果(图 4)提示,39 例患者术后右冠状动脉开口高度与术前相比明显降低[18.9(14.8, 24.4) mm vs. 22.0(18.4, 27.4) mm,  $P=0.028$ ],而左冠状动脉开口高度与术前相比变化不大[13.8(10.9, 17.3) mm vs. 13.8(9.1, 18.4) mm,  $P=0.817$ ]。在采用 Inclusion 法吻合冠状动脉开口与人工血管的患者中,术后右冠状动脉开口高度与术前相比明显降低[18.6(13.9, 21.2) mm vs. 21.9(17.9, 27.3) mm,  $P=0.038$ ],左冠状动脉开口高度则变化不大[13.8(10.1, 16.6) mm vs. 14.4(11.1, 19.6) mm,  $P=0.239$ ]。而在采用 Button 法吻合冠状动脉开口与人工血管的患者中,与术前相比,术后左、右冠状动脉开口高度下降均不明显[左冠状动脉:11.8(6.1, 15.5) mm vs. 14.7(12.4, 17.8) mm;右冠状动脉:22.3(20.3, 27.4) mm vs. 19.4(17.6, 25.7) mm,  $P$ 均  $> 0.05$ ]。

### 2.4 患者 Bio-Bentall 术后远期行 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险评估结果(表 1)

39 例患者中,共 22 例(56.4%)为冠状动脉阻塞高风险患者,其中左冠状动脉阻塞高风险 18 例(46.2%),右冠状动脉阻塞高风险 7 例(17.9%),3 例(7.7%)左、右冠状动脉均有阻塞高风险。在采用 Button 法和 Inclusion 法吻合冠状动脉开口与人工血管的患者中,术后冠状动脉、左冠状动脉、右冠状动脉阻塞高风险患者的比例均相似( $P$ 均  $> 0.05$ )。

### 2.5 Bio-Bentall 术后远期行 ViV-TAVR 时冠状动脉阻塞风险的影响因素(表 2)

将患者术前资料(包括主动脉窦部直径、左或右冠状动脉开口高度)及手术相关因素(包括冠状动脉开口与人工血管的吻合方式、术后生物瓣与人工血管的同轴性夹角、生物瓣型号及高度、人工血管型号、人工血管与生物瓣的直径差值)作为潜在影响因素纳入多因素 Cox 回归分析,结果显示:术后生物瓣与人工血管的同轴性夹角对术后远期右冠状动脉阻塞风险有显著影响( $HR=0.55$ ,  $95\%CI:0.37\sim 0.83$ ,  $P=0.013$ ),而冠状动脉开口与人工血管的吻合方式对术后远期冠状动脉阻塞风险无明显影响( $HR=1.10$ ,  $95\%CI:0.83\sim 1.40$ ,  $P=0.648$ )。



**表 1** 患者 Bio-Bentall 术后远期行 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险评估结果 [例 (%)]

项目	全部患者 (n=39)	采用 Button 法的患者 (n=13)	采用 Inclusion 法的患者 (n=26)	P 值
冠状动脉阻塞高风险	22 (56.4)	8 (61.5)	14 (53.8)	0.648
左冠状动脉阻塞高风险	18 (46.2)	7 (53.8)	11 (42.3)	0.496
右冠状动脉阻塞高风险	7 (17.9)	2 (15.4)	5 (19.2)	0.768

注: Button 法为纽扣法, Inclusion 法为包裹法, 是两种不同的冠状动脉开口与人工血管吻合方式。Bio-Bentall: 生物瓣主动脉根部置换术; ViV-TAVR: 经导管主动脉瓣“瓣中瓣”置换术

**表 2** Bio-Bentall 术后远期行 ViV-TAVR 时冠状动脉阻塞风险的影响因素分析

变量	冠状动脉阻塞		左冠状动脉阻塞		右冠状动脉阻塞	
	HR(95%CI)	P 值	HR(95%CI)	P 值	HR(95%CI)	P 值
冠状动脉开口与人工血管的吻合方式	1.10 (0.83~1.40)	0.648	0.74 (0.38~1.50)	0.324	1.80 (1.10~2.90)	0.453
生物瓣高度	1.10 (0.83~1.40)	0.103	0.95 (0.64~1.40)	0.232	1.60 (1.20~2.80)	0.534
生物瓣型号	2.10 (0.98~4.40)	0.092	0.74 (0.38~1.50)	0.564	2.40 (1.20~5.00)	0.231
人工血管型号	0.84 (0.34~2.10)	0.241	1.50 (1.00~2.50)	0.474	2.90 (1.50~5.80)	0.109
人工血管与生物瓣的直径差值	0.93 (0.46~1.90)	0.472	1.50 (1.00~2.30)	0.351	2.10 (0.80~4.50)	0.152
术后生物瓣与人工血管的同轴性夹角	1.50 (0.77~3.00)	0.170	1.90 (1.10~3.30)	0.324	0.55 (0.37~0.83)	0.013
术前左冠状动脉开口高度	-	-	2.10 (0.98~4.40)	0.053	-	-
术前右冠状动脉开口高度	-	-	-	-	1.20 (1.10~2.80)	0.283
主动脉窦左窦直径	-	-	2.40 (1.20~5.00)	0.538	-	-
主动脉窦右窦直径	-	-	-	-	1.40 (1.00~2.50)	0.462

注: Bio-Bentall: 生物瓣主动脉根部置换术; ViV-TAVR: 经导管主动脉瓣“瓣中瓣”置换术。-: 无

### 3 讨论

冠状动脉阻塞是 TAVR 的严重并发症, 是 TAVR 围术期死亡的重要原因之一, 发生率约为 0.6%。既往研究提示, ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞发生率是自体瓣膜 TAVR 的 3~4 倍。冠状动脉开口水平的窦部直径以及冠状动脉开口高度是 ViV-TAVR 冠状动脉阻塞的主要影响因素。外科瓣膜置换术后 TAVR 围术期冠状动脉阻塞主要见于免缝合瓣膜或无支架外科生物瓣膜, 这两种瓣膜在我国使用较少。而我国常使用的带支架外科生物瓣膜对冠状动脉开口有一定的保护作用<sup>[10]</sup>。Bio-Bentall 手术后主动脉窦部直径和冠状动脉开口高度均发生改变。本研究结果显示, 39 例 Bio-Bentall 手术患者中冠状动脉阻塞高风险比例达到 56.4%, 远远超出单纯生物瓣 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险, 表明现有手术策略下的 Bio-Bentall 手术患者远期行 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险极高。

对于 ViV-TAVR, 冠状动脉阻塞通常是由于主动脉生物瓣瓣叶被挤压后直接接触冠状动脉开口<sup>[6]</sup>, 而生物瓣的瓣叶高度不会超过生物瓣瓣角高度。因此, 若冠状动脉吻合口高于生物瓣瓣角, 则不会发生冠状动脉阻塞。生物瓣瓣角高度一般为 16~18 mm, 如果术中将冠状动脉吻合在距生物瓣瓣环 20 mm 或以上处, 可以有效避免冠状动脉阻塞。本研究中共 17 例冠状动脉阻塞低风险患者, 其中 12 例 (70.6%) 左、右冠状动脉吻合口均高于生物瓣瓣角。本研究 39 例患者中, 30 例 (76.9%) 患者术后右冠状动脉吻合口高于生物瓣瓣角, 而左冠状动脉吻合口高于生物瓣瓣角的患者仅 14 例 (35.9%)。这可能与右冠状动脉开口通常高于左冠状动脉开口有关, 本研究 39 例患者术前右冠状动脉开口明显高于左冠状动脉开口 [(23.1 ± 6.4) mm vs. (14.9 ± 8.7) mm,  $P < 0.001$ ]。本研究结果也提示, Bio-Bentall 术中将左冠状动脉吻合口提高超过生物瓣瓣角比提高右冠状动脉吻合口更为重要。

本研究术后 CT 影像分析显示, 7 例 (17.9%) 患者的左、右冠状动脉吻合口均低于生物瓣瓣角, 其中 3 例 (42.8%) 患者中虚拟经导管人工瓣膜至左、右冠状动脉开口的距离相差 2 mm 以上, 且均为虚拟经导管人工瓣膜至左冠状动脉开口的距离大于虚拟经导管人工瓣膜至右冠状动脉开口的距离, 考虑其为生物瓣和人工血管不完全同轴导致生物

瓣偏向一侧冠状动脉吻合口而造成的结果 (图 2C、2D), 而且多表现为生物瓣偏向右冠状动脉侧, 导致虚拟经导管人工瓣膜至右冠状动脉开口的距离更小。多因素分析也表明, 本研究中右冠状动脉阻塞风险与生物瓣和人工血管的同轴性夹角明显相关 ( $P=0.013$ )。因此, 术中应尽量裁剪合适长度的人工血管, 尤其是大弯侧和小弯侧的长短比例要合适, 尽量减少生物瓣与人工血管不同轴现象的发生。但由于很难做到生物瓣和人工血管的完全同轴, 单纯增加人工血管的直径并不能完全避免冠状动脉阻塞, 更可靠的解决方法是提高冠状动脉吻合口高度。

冠状动脉 Inclusion 法 (直接吻合法) 因受自身主动脉壁限制, 不能任意提高冠状动脉吻合口高度, 而 Button 法 (纽扣法) 不受自身主动脉壁限制, 可以适当提高冠状动脉吻合口高度。本研究中采用 Button 法和 Inclusion 法两种吻合技术的患者术后远期冠状动脉阻塞风险相似 ( $P=0.361$ ), 可能是因为这两种吻合方法术中均采用经验性目测冠状动脉吻合口高度的方法, 从而未体现出 Button 法提高冠状动脉吻合口高度的优点。对于术前左冠状动脉开口高度 <20 mm 的 Bio-Bentall 手术患者, 建议采用 Button 法来吻合冠状动脉开口与人工血管, 在避免冠状动脉扭曲的前提下, 将左冠状动脉吻合口提高至距瓣环 20 mm 左右, 这样可有效避免术后远期行 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险。

对于 Bio-Bentall 术后患者, VTC 是主动脉窦部与虚拟经导管人工瓣膜之间的间隙, 体现的是窦部人工血管与生物瓣膜直径的差值。此间隙越大, 冠状动脉阻塞风险越低<sup>[11]</sup>。目前多数外科医师习惯使用比支架生物瓣直径大 3 mm 的直人工血管缝制成带瓣管道, 虽然缝合起来比较匹配, 但这种人工血管与生物瓣型号搭配术后 VTC 会在 2 mm 左右, 属于冠状动脉阻塞高风险。将人工血管与生物瓣直径的差值增大至  $\geq 5$  mm, 可以增加 VTC, 从而降低冠状动脉阻塞风险。相对于直人工血管, 带窦人工血管的窦部直径更大, 可以起到增大 VTC 的效果, 理论上可以降低术后远期行 ViV-TAVR 时的冠状动脉阻塞风险。然而, 国外有研究表明, 带窦人工血管并未显著改善 VTC, 可能与该研究应用了较多无支架生物瓣有关<sup>[12]</sup>。另外, 目前我国带窦人工血管的价格较高, 而且不易获得。

综上所述, 目前的 Bio-Bentall 手术方法选用的人工血管直径 (新的主动脉窦部) 偏小, 冠状动脉吻合口偏低, 会导致术后远期行 ViV-TAVR 的冠状动

脉阻塞风险极高。因此,目前的 Bio-Bentall 手术方法亟需改进,可以通过提高冠状动脉吻合口高度、增大人工血管直径、尽量避免生物瓣与人工血管不同轴来降低术后远期因生物瓣衰败行 ViV-TAVR 的冠状动脉阻塞风险,从而最大限度地提高未来行 ViV-TAVR 的可行性。

**利益冲突:** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] Mookhoek A, Korteland NM, Arabkhani B, et al. Bentall procedure: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101(5): 1684-1689. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2015.10.090.
- [2] Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, 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. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000923.
- [3] Brown JM, O'Brien SM, Wu C, et al. Isolated aortic valve replacement in North America comprising 108,687 patients in 10 years: changes in risks, valve types, and outcomes in the Society of Thoracic Surgeons National Database[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2009, 137(1): 82-90. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2008.08.015.
- [4] Webb JG, Wood DA, Ye J, et al. Transcatheter valve-in-valve implantation for failed bioprosthetic heart valves[J]. *Circulation*, 2010, 121(16): 1848-1857. DOI: 10.1016/s0735-1097(10)61386-1.
- [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] Ribeiro HB, Rodes-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[J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(8): 687-695. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx455.
- [7] Dvir D, Leipsic J, Blanke P, et al. Coronary obstruction in transcatheter aortic valve-in-valve implantation: preprocedural evaluation, device selection, protection, and treatment[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2015, 8(1): e002079. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.114.002079.
- [8] Ribeiro HB, Nombela-Franco L, Urena M, et al. Coronary obstruction following transcatheter aortic valve implantation: a systematic review[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2013, 6(5): 452-461. DOI: 10.1016/j.jcin.2012.11.014.
- [9] Blanke P, Soon J, Dvir D, et al. Computed tomography assessment for transcatheter aortic valve in valve implantation: the Vancouver approach to predict anatomical risk for coronary obstruction and other considerations[J]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*, 2016, 10(6): 491-499. DOI: 10.1016/j.jcct.2016.09.004.
- [10] 牛冠男, 王墨扬, 赵庆豪, 等. 冠状动脉低开口患者行经导管主动脉瓣置换术的结果分析 [J]. *中国循环杂志*, 2022, 37(4): 356-361. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2022.04.007.
- [11] Valvo R, Costa G, Barbanti M. How to avoid coronary occlusion during TAVR valve-in-valve procedures[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2019, 6: 168. DOI: 10.3389/fcvm.2019.00168.
- [12] Brener MI, Yamabe T, Leb J, et al. Feasibility of transcatheter aortic valve replacement in prior aortic root surgery[J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2020, 13: e009539. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.009539.

(收稿日期:2022-11-02)

(编辑: 朱柳媛)