

预防性循环辅助在老年高危患者经导管主动脉瓣置换中的应用

娜菲莎·帕尔哈提, 闫磊, 徐桂萍, 李国庆, 黄季江, 杨毅宁*

新疆维吾尔自治区人民医院麻醉科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2025年8月9日; 录用日期: 2025年9月2日; 发布日期: 2025年9月12日

摘要

经导管主动脉瓣置换术(Transcatheter aortic valve replacement, TAVR)是一种新型的微创瓣膜置换技术,特别适用于存在外科手术禁忌证或外科手术高危的老年患者。经导管主动脉瓣置换术有多种并发症,若不引起重视,可能导致死亡。本例患者经综合分析,患者高龄且心肺功能较差,射血分数 $\leq 30\%$,慢性心功能不全加重,需及时手术干预,患者目前高危状态不适于外科手术,故经导管主动脉瓣置换是最有利于改善心衰,减轻心脏负荷的方案。经过多学科团队讨论,在取得患者及家属同意后,决定预防性体外膜肺氧合(Extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)辅助下行经导管心脏瓣膜植入术。术中患者出现血压、心率骤降,循环崩溃,在手术团队的合作下成功抢救,及时处理,预后良好。

关键词

经导管主动脉瓣置换术(TAVR), 机械循环辅助(MCS)

Preventive Circulation Assistance in Transcatheter Aortic Valve Replacement in Elderly High-Risk Patients

Nafeisha Paerhati, Lei Yan, Guiping Xu, Guoqing Li, Jijiang Huang, Yining Yang*

Department of Anesthesiology, People's Hospital of the Autonomous Region of Xinjiang, Urumqi Xinjiang

Received: Aug. 9th, 2025; accepted: Sep. 2nd, 2025; published: Sep. 12th, 2025

Abstract

Transcatheter aortic valve replacement (TAVR) is a novel minimally invasive valve replacement

*通讯作者。

文章引用: 娜菲莎·帕尔哈提, 闫磊, 徐桂萍, 李国庆, 黄季江, 杨毅宁. 预防性循环辅助在老年高危患者经导管主动脉瓣置换中的应用[J]. 临床医学进展, 2025, 15(9): 627-635. DOI: [10.12677/acm.2025.1592536](https://doi.org/10.12677/acm.2025.1592536)

technique, especially suitable for elderly patients with contraindications to surgery or those at high risk for surgical procedures. Transcatheter aortic valve replacement has many complications, which may lead to death if not taken seriously. Through comprehensive analysis, this patient is elderly with poor cardiopulmonary function, ejection fraction $\leq 30\%$, and aggravated chronic heart failure, so timely surgical intervention is required. The patient is currently in a high-risk state and not suitable for surgery, so transcatheter aortic valve replacement is the most favorable plan to improve heart failure and reduce cardiac load. After multidisciplinary team deliberations and obtaining informed consent from the patient and family, a decision was made to perform transcatheter heart valve implantation with prophylactic extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) support. During the procedure, the patient experienced a sudden drop in blood pressure and heart rate, leading to circulatory collapse. Through coordinated efforts by the surgical team, timely intervention was administered, resulting in a favorable prognosis.

Keywords

Transcatheter Aortic Valve Replacement (TAVR), Mechanical Circulatory Support (MCS)

Copyright © 2025 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. 一般资料

1.1. 病史摘要

患者男性, 87 岁, 身高 165 cm, 体重 70 kg。因“间断胸闷、气促 7 个月, 加重 3 天”入院。7 个月前开始活动时出现胸闷、气短、心悸, 伴咳嗽、咳痰(黄痰), 含服丹参滴丸或休息 10 余分钟后好转。3 天前患者自觉活动时胸闷、气促加重, 心脏超声提示“主动脉瓣重度狭窄”, 为进一步诊治以“心脏瓣膜病(主动脉瓣重度狭窄)”收入院。近期精神一般、饮食、睡眠欠佳, 大小便正常, 体重无明显改变。

1.2. 既往史

既往“冠心病史”3 年, “心律失常(房性早搏 室性早搏 阵发性房性心动过速)”病史 3 年, 长期服用参松养心胶囊, 每日 2 次。“高血压病”病史 3 年, 最高血压 150/110 mmHg, 长期服用沙库巴曲缬沙坦钠片 25 mg, 每日 2 次。“慢性支气管炎”20 年, 痛风性关节炎 5 年, 发现腔隙性脑梗死病史 1 个月, 2020 年因“双眼白内障”行手术治疗。

1.3. 体格检查

体温 36.3℃, 脉搏 80 次/分, 呼吸 19 次/分, 血压 116/97 mmHg, 口唇无发绀, 双肺呼吸音粗, 心率 80 次/分, 心律齐, 主动脉听诊区可闻及收缩期杂音。

1.4. 辅助检查

心电图提示: 1、房颤; 2、一度房室阻滞; 3、反复短阵房速; 4、左前分支阻滞; 5、非特异性室内阻滞。动态心电图: 1、窦性心律; 2、室早 I 级; 3、频发房早 - 部分成对 - 短阵房速; 4、ST-T 改变。心脏彩超(见图 1): 双房大, 左室壁增厚, 心功能明显减低, 主动脉窦升部扩张, 主动脉瓣钙化、瓣口重度狭窄, 二尖瓣、三尖瓣口轻度反流, 符合老年性瓣膜病。室壁运动分析: II 级, EF 值: 30%。冠脉成像平扫: 1、左旋支远段硬斑, 管腔极小狭窄; 2、右冠近段硬斑, 管腔极小狭窄; 3、后降支软斑, 管腔

轻至中度狭窄；4、主动脉瓣多发钙化，升主动脉扩张；5、主动脉粥样硬化，管腔不均匀狭窄，腹主动脉下段局限性穿通性溃疡。胸片：右肺上叶局限性磨玻璃影，两肺上叶小叶中心型肺气肿，两肺间质改变合并感染，两肺多发小结节，部分钙化。心影大，升主动脉管径增宽，主动脉瓣区致密影，主动脉弓壁及胸主动脉管壁散在钙斑；双侧胸腔积液并右侧叶间积液。

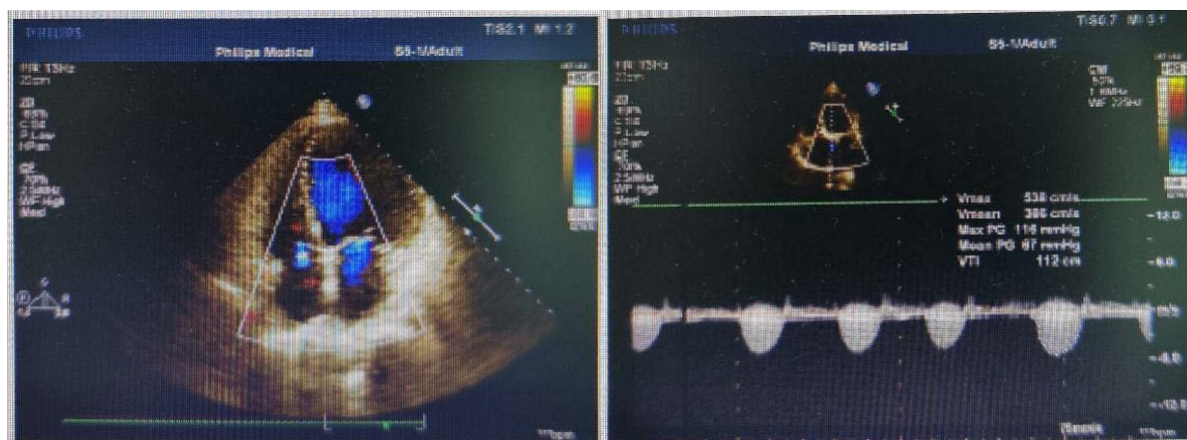


Figure 1. Preoperative cardiac ultrasound showed: The aortic valve orifice was severely stenotic, the mitral and tricuspid valve orifices had mild regurgitation, and the cardiac function was significantly reduced

图 1. 术前心脏超声示：主动脉瓣口重度狭窄，二尖瓣、三尖瓣口轻度反流、心功能明显减退

2. 麻醉和手术过程

2.1. 术前评估

患者高龄，结合以上病史及相关检查评估重要脏器功能如下：① 心功能：患者目前慢性心功能不全急性加重，心功能III级，术前射血分数 $\leq 30\%$ ，予以强心、利尿、扩血管药物治疗仍不能有效改善心前区症状，需尽快行 TAVR 术。② 肺功能：轻度阻塞性通气功能障碍，右侧胸腔积液，存在肺部感染，存在术后拔管延迟可能。③ 脑功能：脑白质变性，可见多发腔梗灶，认知清楚，无意识障碍，但属于术后认知功能障碍高危人群。④ 患者衰弱评估为衰弱前期，心肺功能较差，拟行静吸复合全身麻醉。

根据以往临床经验和术前多学科讨论以及患者的术前症状和体征，我们提出了一些风险分层(见表 1)，该患者为高危患者(以最高类别为例)，又鉴于心脏超声提示有效瓣口面积约 $0.4\sim 0.5\text{ cm}^2$ ，瓣口流速因房颤快慢不一， $430\text{ cm/s}\sim 540\text{ cm/s}$ ，峰值压差 $75\text{ mmHg}\sim 110\text{ mmHg}$ ，平均压差 $50\text{ mmHg}\sim 70\text{ mmHg}$ ，考虑患者年龄及心功能状态，围手术期有可能发生恶性心血管事件，麻醉过程中有心搏骤停，血流动力学不稳等可能，因此我们在术前建立了一项较全面的预警决策(见图 2)，一旦出现紧急情况便启动预警计划进行相关辅助，充分向家属交待风险，并做好预防性循环辅助准备。

2.2. 麻醉前准备

常规术前禁食 8 h，禁饮 2 h。手术于杂交手术室进行，入室后常规心电监测及脑电双频谱指数监测指导麻醉深度，面罩吸氧，建立外周静脉血管通路(18 G)，静脉注射 1 mg 咪达唑仑和 5 μg 舒芬太尼，局麻超声引导下下行桡动脉穿刺置管监测有创血压，同时监测动脉血气分析。常规贴好体外除颤电极板，连接除颤仪。体外膜肺氧(ECMO)湿备放置于床边，随时准备机械循环支持(mechanical circulatory support, MCS)。

Table 1. Preoperative risk stratification
表 1. 术前风险分层

Risk categories	Signs and Symptoms	ASA	CFS	STS Score	Euro Score II
Low	Negative	I~II	Negative	<4%	0~2
Medium	Chest distress	III	<4	4%~5%	3~5
	Dyspnea				
	Angina				
High	Chest pain	≥IV	≥4	≥8%	≥6
	Orthopnea				
	Cyanosis				
	Syncope				

2.3. 麻醉过程

选择气管内插管全身麻醉。麻醉诱导：依次静脉注射咪达唑仑 0.01 mg/kg、依托咪酯 0.1 mg/kg、维库溴铵 0.1 mg/kg、舒芬太尼 0.5 ug/kg，待患者意识消失、肌松满意、BIS 值小于 50 后经可视喉镜下气管插管(限时 30 秒完成)，插管成功后连接麻醉机行机械通气。术中通气策略：吸入氧浓度 50%，潮气量 6~8 ml/kg，通气频率 12 次/分，吸呼比 1:2。超声引导下右颈内静脉穿刺，置入中心静脉导管及右室临时起搏电极鞘管，建立中心静脉压监测，准备抢救药品，备自体血液回收，保留尿管。麻醉维持：微量泵持续泵注丙泊酚注射液 2~10 mg/kg/h，注射用盐酸瑞芬太尼 0.1~1 μg/kg/min，注射用维库溴铵 0.1~0.2 mg/kg/h，术中应用麻醉深度(BIS)监护仪维持 BIS 值在 50~60。

2.4. 手术过程

术者在超声引导下左侧股动脉置入 5F 股动脉扩张鞘管，造影提示穿刺位置良好，血管无迂曲，备机械循环辅助通道。再次穿刺左侧股动脉置入 5F 股动脉扩张鞘管，造影提示穿刺位置良好，血管无迂曲，备主动脉根部造影导管通道。超声引导下右侧股静脉置入 5F 股动脉扩张鞘管，备机械循环辅助通道。随后超声引导下穿刺右侧股动脉置入 5F 股动脉扩张鞘管置入右股总动脉，造影提示穿刺位置良好，血管无迂曲，置换为 6F 鞘，预埋两把缝合器，置换为 8F 鞘，超滑导丝指引下送猪尾导管至降主动脉处，送入 Landerquist 导丝至降主动脉处，置入 22F 戈尔鞘管，并固定缝合，备输送装置主通道。监测术前 ACT:78s，给普通肝素 7000 单位，患者出现血压、心率下降，立即静脉给予升压药物升压，起搏器起搏心率，患者血流动力学指标对药物反应缓慢，考虑加大药物剂量心脏反应效果不佳且可能加重心肌损害，团队紧急商议立即启动循环辅助。随即经左侧股动脉，股静脉植入 ECMO 鞘管，连接 ECMO 主机，转速 2000 转/分，流量 1.8 L/min，血压心率趋于稳定。送入 6F 猪尾导管，送至无冠窦，造影提示：重度狭窄伴轻度返流，经右侧股动脉鞘管送入 6FAL1.0 指引导管至主动脉瓣上，送 1.5 m 直头钢丝跨瓣至左心室，沿导丝送入 6FAL1.0 指引导管至左心室，撤出指头钢丝，送入 G 型钢丝至左心室，撤出 6FAL 指引导管，沿 G 型钢丝送入 6F 猪尾导管至左心室，测压力阶差 60 mmHg，送 Landerquist 导丝，导丝进入左心室，撤出猪尾导管，沿 Landerquist 导丝送入 22 号扩张球囊于主动脉瓣处，瓣上造影提示位置良好，起搏心率 180 次/分，收缩压降至 50 mmHg 以下，球囊扩张，造影提示扩张充分，抽瘪球囊，停起搏，撤出球囊，再沿 Landerquist 导丝送入 27 号启明 A*瓣膜于主动脉瓣环 0 位处，造影提示位置良好，同时进行 100~140 次/分起搏，收缩压降至 60 mmHg 以下，逐步释放瓣膜，停起搏，撤出输送系统，瓣上造影未见瓣周瘘，见轻度反流，此时患者血压逐渐升高，循环稳定。沿 Landerquist 导丝送入 6F 猪尾导管，测压力阶差为

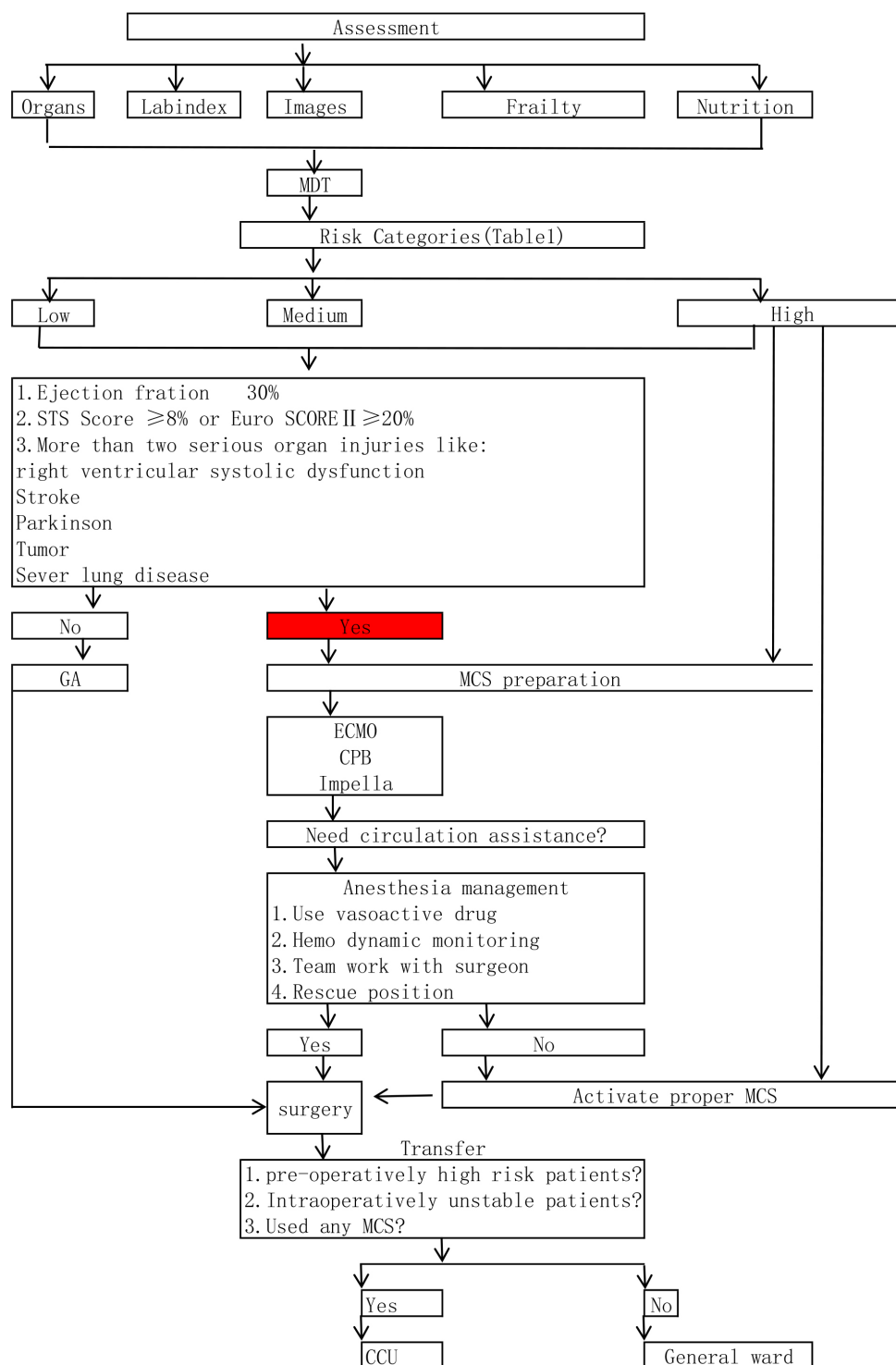


Figure 2. Preoperative decision-making for transcatheter aortic valve replacement. CT (Computed Tomography); ECG (Electrocardiogram); TEE (Transesophageal Endocardial Imaging); GA (General Anesthesia); ICU (Intensive Care Unit); MDT (Multidisciplinary Team); PFT (Pulmonary Function Test); MRI (Magnetic Resonance Imaging); ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation); CCU (Cardiac Care Unit); MCS (Mechanical Circulatory Support)

图 2. 经导管主动脉瓣置换术术前预警决策。CT、计算机断层扫描；ECG、心电图；TEE、经食管超声心动图；GA、全麻；ICU、重症监护室；MDT、多学科团队；PFT、肺功能检测；MRI、磁共振成像；ECMO、体外膜氧合；CCU、心血管护理单元；MCS、机械循环辅助

13 mmHg, 沿 6F 猪尾导管送入 G 型钢丝至左心室, 撤出猪尾导管, 拔出鞘管, 进行缝合。逐渐调整 ECMO 流量, 评估 ECMO 撤机时机。经过 1 小时撤机评估, 患者血流动力学稳定, TEE 监测心肌收缩有力, 瓣膜启闭良好, 瓣口血流通畅。然后停机, 撤除 ECMO。股动脉、股静脉置管处进行缝合, 进行加压包扎。逐渐停止镇静镇痛药物输注, 十分钟后患者苏醒完全, 肌力恢复正常, 生命体征平稳, 拔除气管插管, 安返 CCU 继续监护治疗。

3. 术后管理及预后

3.1. 术后管理

TAVR 的术后管理主要是通过临床评估和超声心动图检查监测生物瓣功能, 包括评估跨瓣压差和监测并发症。TAVR 术后心脏超声(见图 3)提示: 主动脉人工瓣口流速略增快, 双房大, 室间隔和左室后壁增厚, 二三尖瓣口少量反流, 心功能减低, 室壁运动分析: II 级, EF: 35%。患者术后当晚睡眠欠佳, 出现术后谵妄, 给予右美托咪定 0.2 ug/kg/h 镇静催眠。人工瓣膜置入术后患者血红蛋白含量, 血小板计数较前降低, 考虑与经导管主动脉瓣置换术有关, 给予重组人血小板生成素注射液 1.5 万 U qd 皮下注射, 给予升血小板胶囊, 加用硫酸氢氯吡格雷片, 动态监测血常规, 若仍进行性下降, 考虑输注血小板处理。同时监测心肌损伤、感染炎性、抗凝指标, 加强监护。患者血流动力学稳定, 无不适情况, 于术后第二天转出 CCU。

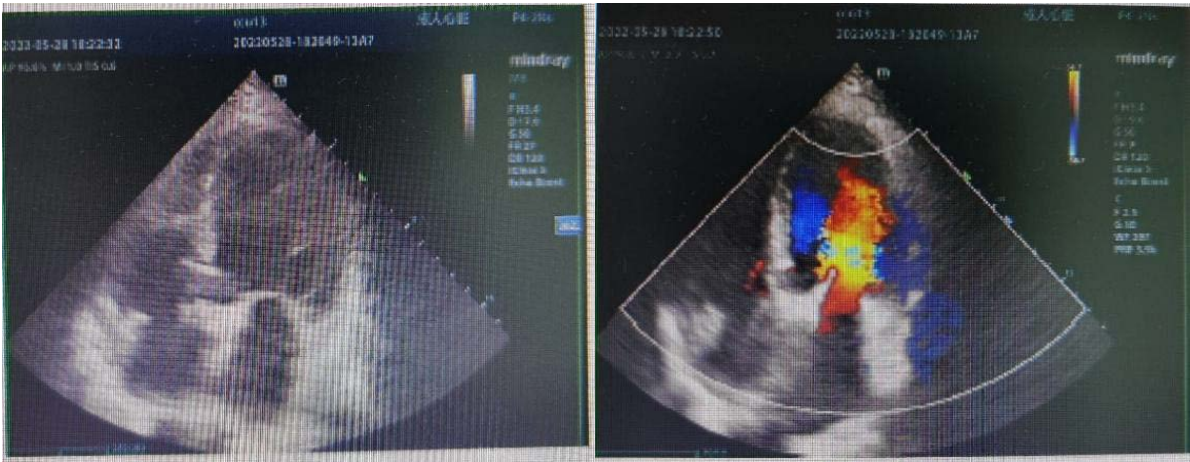


Figure 3. Cardiac ultrasound after TAVR showed that the velocity of the aortic valve orifice was slightly faster, and the left ventricular cavity was significantly smaller than before the operation

图 3. TAVR 术后心脏超声示: 主动脉人工瓣瓣口流速略增快, 左室腔比术前明显缩小

3.2. 预后

患者一般情况可, 无胸痛、胸闷等不适再发, 心功能尚可, 饮食睡眠可, 大小便正常。血压 120/68 mmHg, 心率 75 次/分, 律齐。术后第七天顺利出院, 目前定期随访, 恢复良好, 心功能 II 级。

4. 讨论

4.1. 高龄高危患者 TAVR 手术的术前评估

老年患者, 术前易合并多种复杂的基础病, 各脏器功能脆弱, 需要合理优化和评估全身功能状态, 尤其面临心胸外科手术时需更加谨慎, 选择恰当的手术时机。此外, 麻醉医生还需充分掌握手术操作与步骤, 对手术操作可能导致的病理生理改变有预见性地制定合适的预案, 提前干预, 避免血流动力学发

生剧烈波动。本例患者高龄，术前合并症较多，心肺功能差，心脏储备及代偿能力较弱，属于 TAVR 手术高危人群[1]。因此，充分评估全身情况后，优化患者目前循环状态的前提下，根据 TAVR 手术原则准备好紧急机械循环辅助(MCS)预警机制。鉴于本例患者射血分数 $\leq 30\%$ ，心室功能不全，存在持续性心脏衰竭可能，术者预埋动脉、静脉通路，并配备 ECMO 装置，以备紧急使用。

4.2. TAVR 术中管理

血流动力学管理是 TAVR 围手术期最重要的内容[2]。根据手术步骤的不同，血压，心率的高低也有所不同。但由于长时间的低血压可导致冠状动脉供血不足和继发性低心排、肾损伤，故维持血流动力学平稳的关键是避免低血压，但麻醉管理过程中也不能单因收缩压判断低血压[3]。此外，对于重度主动脉瓣狭窄的患者更应考虑解除狭窄后是否有主动脉瓣反流可能，保持适当的心率，合理应用短效血管活性药物。本例是典型的重度主动脉瓣狭窄，手术过程中可能因瓣膜狭窄和心室功能减退导致循环不稳定，引起患者术中血压、心率骤降。尽管术前已充分评估和调整循环状态，但仍无法避免术中血流动力学剧烈波动。可见，灵活地控制血流动力学，预见性地机械辅助干预，维持循环平稳仍是其关键。

4.3. 机械循环辅助(MCS)的应用

众所周知，TAVR 手术并发症较多，其中术中循环崩溃是一项死亡率高而又棘手的并发症，而心尖入路、中度以上二尖瓣反流和 $LVEF \leq 30\%$ 是 TAVR 术中循环崩溃的独立危险因素[4]。又因 TAVR 的患者仍以高龄高危患者为主，因此在这类患者中，术中循环崩溃的发生率高达 $4.0\% \sim 15.2\%$ [5]。然而，部分 TAVR 术中发生循环崩溃时紧急 MCS 可提供进一步生命支持且无需转为外科手术干预，可见预防性给与循环辅助尤为重要。早期识别有血流动力学损害风险的患者可能使 TAVR 期间选择性使用 MCS 合理化。目前 MCS 包括体外循环(cardiopulmonary bypass, CPB)，静脉-动脉体外膜肺氧合(veno-arterial extracorporeal membranous oxygenation, V-A ECMO)，Impella 等。使用 MCS 支持的时机还没有定论[6]。而紧急 MCS 的指征则是出现严重的血流动力学不稳定。部分学者指出，Impella 是一种微型血泵，不仅不增加容量，反而有助于容量控制，还能使心肌超负荷得到缓解，但因其耗时较长，无法迅速保障脏器灌注，紧急情况下易受到限制[7]，而 ECMO 则适用于急性期容量不足的患者，它不需要穿过主动脉瓣，操作简单，耗时较短。然而，鉴于长期 ECMO 支持可能引发肺淤血，肾衰竭，血栓等并发症，不建议长时间用于心室辅助。不同辅助手段的“最佳启动时机”也是关键，如心源性休克时，是优先使用 IABP 还是直接升级为 ECMO/Impella？这些都是临床上尚存在争议的。此外，有学者认为，对高风险患者(如高危 PCI 术、心脏术后高风险人群)预防性使用 MCS 手段，可能导致资源浪费，尤其对低风险亚组患者，其获益未被充分证实，反而增加医疗成本。而紧急应用后，如何安全撤离辅助装置、避免循环再次崩溃，以及撤离后患者的长期心功能恢复情况，缺乏统一规范，不同中心的处理策略差异较大，导致预后不一致。

不同循环辅助手段的应用争议核心在于“精准分层”(筛选获益人群)、“时机把控”和“风险收益比”，需更多高质量研究明确适应症，同时结合临床实际制定个体化策略。

4.4. 选择性 MCS 在 TAVR 中的应用

目前有多个中心将选择性预防性应用 MCS 于 TAVR 术中。在德国的一项单中心研究中，与成功率 44% 的紧急 ECMO 组相比，TAVR 期间预防性放置 V-A ECMO 成功率 100%。此外，在 TAVR 患者中使用紧急 V-A ECMO 与高中风发生率相关，并且左心室射血分数严重降低情况下，进行选择性的 V-A ECMO 策略已成功用于临床血流动力学支持，并被指出选择性 ECMO 可改善患者的预后[8]。因此，本例根据 MCS 预警机制，结合患者术前的高危状态选择预防性 ECMO 作为心室辅助，以避免术中的恶性心血管事件，并且当患者在球囊扩张前出现急剧的血流动力学变化，团队迅速判断评估，启动使用预埋的静脉

- 动脉通路连接 ECMO 装置, 稳定循环, 随后扩张球囊, 紧急行主动脉瓣人工瓣膜释放。选择预防性 V-A ECMO 策略不仅为手术操作争取了时间, 也进一步改善了患者预后, 促进血流动力学恢复, 早期恢复心功能。当然, 预防性 ECMO 作为当前的一种救治手段, 仍存在一些出血、感染、血栓、器官损伤可能等潜在风险和并发症, 风险与患者基础病情、操作技术及管理水平密切相关, 临床应用需严格评估获益与风险, 应个体化决策。ECMO 设备昂贵、操作复杂, 预防性应用也可能增加不必要的医疗资源浪费, 部分患者可能无需 ECMO 即可恢复, 提前启动也可能会带来不必要的创伤和并发症, 这些都有待进一步抉择。

5. 结论

综上所述, 对于经过严格筛选的极高危 TAVR 患者因非机械并发症出现循环崩溃, 血流动力学波动时, 及时的 MCS 可提供紧急生命支持。然而, ECMO 作为一种 MCS 手段, 基于 MDT 的预防性 ECMO 策略可能是一种有潜力的围术期管理方案, 相较于紧急 ECMO 支持可能会更有利于维持循环稳定, 促进术后恢复, 而如何选择这些高级生命支持需要团队协作, 其安全性和有效性也仍需更大规模的队列研究或随机对照试验, 需要进一步探讨。

局限性

本案例以预防性循环辅助作为一种救治手段, 尚存在一些不足。患者在术前充分评估的同时, 在可预见的循环波动及恶性血流动力学事件上应开启多学科会诊, 并且在围术期更好地判断和评估患者的预后, 为患者 CCU 过渡的这段时间争取到更好的医疗保障。目前多数预防性应用的研究为小样本或回顾性分析, 缺乏大规模随机对照试验(RCT)证实其长期获益(如生存率、生活质量改善), 本例也缺乏相关证据, 未能获取患者远期生存率, 需要进一步随访和开展更大规模的研究证实以上内容。

利益冲突

所有作者均声明本研究不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 刘庆荣, 陈阳, 许海燕, 等. 老年主动脉瓣狭窄患者经导管主动脉瓣置换术新进展[J]. 中国医刊, 2022, 57(3): 233-236.
- [2] 方毅, 徐凯, 王斌, 等. 经导管主动脉瓣置换术中循环崩溃单中心经验分析[J]. 内科急危重症杂志, 2021, 27(6): 453-456.
- [3] 陈泓羊, 郭应强, 陈玉成, 等. 心尖入路经导管主动脉瓣置换术的麻醉进展及基于华西团队的麻醉策略[J]. 中国心血管病研究, 2020, 18(4): 295-301.
- [4] 张韶鹏, 陈庆良, 赵丰, 等. 经导管主动脉瓣置换术中循环崩溃的危险因素及紧急处理策略[J]. 中国循环杂志, 天津 2022, 37(4): 399-404.
- [5] Roselli, E.E., Idrees, J., Mick, S., Kapadia, S., Tuzcu, M., Svensson, L.G., *et al.* (2014) Emergency Use of Cardiopulmonary Bypass in Complicated Transcatheter Aortic Valve Replacement: Importance of a Heart Team Approach. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **148**, 1413-1416.
<https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.12.052>
- [6] Rihal, C.S., Naidu, S.S., Givertz, M.M., Szeto, W.Y., Burke, J.A., Kapur, N.K., *et al.* (2015) 2015 SCAI/ACC/HFSA/STS Clinical Expert Consensus Statement on the Use of Percutaneous Mechanical Circulatory Support Devices in Cardiovascular Care (Endorsed by the American Heart Association, the Cardiological Society of India, and Sociedad Latino Americana de Cardiologia Intervencion; Affirmation of Value by the Canadian Association of Interventional Cardiology-Association Canadienne De Cardiologie D'intervention). *Journal of the American College of Cardiology*, **65**, e7-e26.
<https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2015.03.002>
- [7] 李华俊, 刘先宝, 孔敏坚, 等. 经导管主动脉瓣置换围术期 Impella 辅助救治主动脉瓣反流一例[J]. 中华心血管

病杂志, 2021, 49(2): 179-181.

- [8] Husser, O., Holzamer, A., Philipp, A., Nunez, J., Bodi, V., Müller, T., *et al.* (2013) Emergency and Prophylactic Use of Miniaturized Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **82**, 542-551. <https://doi.org/10.1002/ccd.24806>