

左心室辅助装置治疗终末期心力衰竭患者 术后早期重症监护管理的临床分析

秦雪梅 徐前程 姜小敢 方可 汪君 曹迎亚 殷红珍 仲昌顺 鲁卫华

皖南医学院第一附属医院(弋矶山医院)重症医学科,安徽省危重症呼吸疾病临床医学研究中心,安徽芜湖 241000

通信作者:鲁卫华, Email: lwh683@126.com

【摘要】目的 总结左心室辅助装置(LVAD)用于终末期心力衰竭(心衰)患者术后早期重症监护管理的临床经验。**方法** 采用回顾性研究方法。纳入 2022 年 12 月至 2024 年 12 月皖南医学院第一附属医院(弋矶山医院)重症监护病房(ICU)接受 LVAD 植入术的 10 例终末期心衰患者。观察术后 72 h 的容量平衡、右心功能维护、抗凝治疗及并发症发生情况,分析血流动力学参数、设备设置及患者死亡原因。**结果** 10 例患者中男性 7 例、女性 3 例,平均年龄(60.2±7.3)岁。LVAD 泵速初始设置为 2 600 r/min(范围 2 400~2 800 r/min),流量 3.0~5.5 L/min;1 例因泵速过高(2 900 r/min)引发右心功能障碍,经超声引导调整后缓解。术后 3 d,患者血流动力学指标均较术后 1 d 改善显著,平均动脉压(MAP)维持在 70~90 mmHg(1 mmHg≈0.133 kPa),中心静脉压(CVP)明显降低(mmHg: 8.3±2.7 比 13.9±5.1, $P<0.05$),提示右心功能改善,可能与术后液体负平衡、吸入一氧化氮治疗有关。抗凝管理采用“引流量导向”策略,5 例患者采用依诺肝素和华法林的序贯治疗,另 5 例患者单独使用华法林;其中 1 例患者国际标准化比值(INR)达标后仍发生致命性下消化道出血,提示需个体化平衡出血与血栓风险;1 例死亡患者死亡原因为急诊行 LVAD 植入术伴感染性休克和多器官功能衰竭(MOF)。10 例患者 ICU 住院时间(d)为 5.0(4.0, 9.0),机械通气时间(h)为 73.75(26.50, 100.25)。术后 4 周 10 例患者的左室射血分数(LVEF)显著改善[0.26(0.23, 0.41)比 0.22(0.17, 0.28), $P<0.05$],其他心脏结构及功能参数未见显著变化。**结论** LVAD 术后早期需个体化管理,包括限制性容量调控、右心功能保护及泵速优化。尽管初步证实血流动力学监测和抗凝策略的有效性,但消化道出血和感染等并发症仍威胁预后。

【关键词】 左心室辅助装置; 终末期心力衰竭; 重症监护管理; 并发症; 抗凝治疗

基金项目:安徽省临床医学研究转化专项项目(202304295107020001, 202304295107020006);安徽省高校科研自然科学基金重大项目(2022AH040175);安徽省芜湖市卫生健康委科研项目(WHWJ2023Zz005);安徽省高校优秀青年科研项目(2024AH030055)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.06.010

Clinical analysis of early postoperative critical care management for patients with end-stage heart failure after left ventricular assist device implantation

Qin Xuemei, Xu Qiancheng, Jiang Xiaogan, Fang Ke, Wang Jun, Cao Yingya, Yin Hongzhen, Zhong Changshun, Lu Weihua

Department of Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Wannan Medical College (Yijishan Hospital), Anhui Provincial Clinical Research Center for Critical Respiratory Disease, Wuhu 241000, Anhui, China

Corresponding author: Lu Weihua, Email: lwh683@126.com

【Abstract】Objective To summarize the clinical experience in early postoperative critical care management for patients with end-stage heart failure (ESHF) after implantation of a left ventricular assist device (LVAD). **Methods** A retrospective study was conducted on 10 patients with ESHF who underwent LVAD implantation in the department of intensive care unit (ICU) of the First Affiliated Hospital of Wannan Medical College (Yijishan Hospital) from December 2022 to December 2024. Volume balance, right heart function maintenance, anticoagulation therapy, and the occurrence of complications during the first 72 hours postoperatively were observed. Hemodynamic parameters, device settings, and the causes of death in fatal cases were analyzed. **Results** Among the 10 patients (7 males, 3 females), the mean age was (60.2±7.3) years. The initial LVAD pump speed was set at 2 600 r/min (range 2 400–2 800 r/min), with a flow rate of 3.0–5.5 L/min. In one patient, right heart dysfunction was triggered by an excessively high pump speed (2 900 r/min) and was resolved after ultrasound-guided adjustment. At 72 hours postoperatively, the patients' hemodynamic parameters were significantly improved. The mean arterial pressure (MAP) was maintained between 70–90 mmHg (1 mmHg≈0.133 kPa), and the central venous pressure (CVP) was significantly decreased (mmHg: 8.3±2.7 vs. 13.9±5.1, $P<0.05$), suggesting an improvement in right heart function, which might be associated with postoperative negative fluid balance and inhaled nitric oxide therapy (in 80% of patients). A "drainage-guided" strategy was adopted for anticoagulation management; 5 patients received sequential therapy with enoxaparin and warfarin, while the other 5 were treated with warfarin alone. One patient developed fatal lower gastrointestinal bleeding despite achieving the target international normalized ratio (INR), suggesting the need to individually balance the risks of bleeding and thrombosis. One death occurred, which was attributed to septic shock and multiple organ failure (MOF) following an emergency LVAD implantation. The median length of ICU stay (days) was 5.0 (4.0, 9.0), and the median duration of mechanical ventilation (hours) was 73.75 (26.50,

100.25)。At 4 weeks postoperatively, a significant improvement in left ventricular ejection fraction (LVEF) was observed [0.26 (0.23, 0.41) vs. 0.22 (0.17, 0.28), $P < 0.05$], while no significant changes were found in other cardiac structural and functional parameters. **Conclusions** Early postoperative management after LVAD implantation requires individualized strategies, including restrictive volume management, protection of right heart function, and optimization of pump speed. Although the effectiveness of hemodynamic monitoring and anticoagulation strategies was preliminarily confirmed, complications such as gastrointestinal bleeding and infection still threaten the prognosis.

【Key words】 Left ventricular assist device; End-stage heart failure; Critical care management; Complications; Anticoagulation therapy

Fund program: Clinical and Translational Research Project of Anhui Province (202304295107020001, 202304295107020006); Key Scientific Research Foundation of the Education Department of Province Anhui (2022AH040175); Research Project of Wuhu Health Commission, Anhui Province (WHWJ2023Zz005); Outstanding Youth Research Project of Colleges and Universities in Anhui Province (2024AH030055)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2025.06.010

心力衰竭(心衰)是心血管疾病的终末阶段,已成为全球范围内主要的死亡原因,且其患病率呈逐年上升趋势^[1-2]。对于传统药物和常规治疗无效的终末期心衰患者,左心室辅助装置(left ventricular assist device, LVAD)已成为心脏移植前过渡性支持以及目标导向治疗的重要手段,而且还可为心肌功能的恢复提供“生物学窗口”,具有重要的临床价值^[3-5]。近期有研究显示, LVAD 可通过减轻心脏负荷促进心肌再生,为心衰的治疗提供突破性前景^[6-8]。随着 Corheart[®]6 等第三代磁悬浮装置的问世,我国 LVAD 植入量年均增长率高达 28.6%^[9],但术后早期重症监护仍面临右心衰竭、感染、出血等多种并发症的挑战^[3, 10]。国际机械循环支持协会虽然制定了 LVAD 术后血流动力学管理的国际标准,但针对我国人群特有的本土化重症监护方案仍存在不完善的地方,需要更多的循证医学证据支持^[11-13]。本研究基于单中心连续 10 例 LVAD 植入病例的围手术期数据,采用多维度监测指标,重点解析术后 72 h “黄金管理期”的容量平衡、右心室功能维护及抗凝治疗窗的精细调控规律,以期为 LVAD 重症监护路径制定提供部分循证医学证据。

1 资料和方法

1.1 病例选择:采用回顾性研究方法。纳入 2022 年 12 月至 2024 年 12 月在皖南医学院第一附属医院(弋矶山医院)重症监护病房(intensive care unit, ICU)接受 LVAD 植入手术的终末期心衰患者作为研究对象。本研究符合医学伦理学标准,经本院伦理委员会批准(审批号:2027-07)。所有病例均采用经食管超声心动图实时引导下左心室心尖部插管。术后监测体系包含 3 个方面:① 有创血流动力学监测(采用 Swan-Ganz 导管监测肺动脉楔压、混合静脉血氧饱和度);② 机械循环支持调控(实时采集泵速、流量及功率震荡系数);③ 器官功能保

护(每日检测血液学指标、床旁超声评估右心室面积变化分数、三尖瓣位移等)。

1.2 资料收集:收集入组患者的性别、年龄、体质指数(body mass index, BMI)、纽约心脏协会(New York Heart Association, NYHA)心功能分级、主要诊断、基础疾病等基线资料,以及入住 ICU 后的实验室指标、血管活性药物使用、生命体征、Swan-Ganz 导管监测的血流动力学指标、LVAD 监测参数(包括转速、功率)、治疗措施(一氧化氮吸入、抗凝方案、抗菌药物使用和术后呼吸支持方式)、营养支持方式和开始时间、各种结局指标(28 d 生存情况、住院时间、ICU 住院时间、机械通气时间)等。

1.3 主要观察指标:ICU 期间血流动力学指标、治疗措施、术后并发症的发生、预后情况、LVAD 术后早期重症监护管理的临床处置经验。

1.4 统计学处理:使用 SPSS 23.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用 t 检验;偏态分布的计量资料以中位数(四分位数)[$M(Q_L, Q_U)$]表示,使用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例(率)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般资料(表 1):共纳入 10 例完成植入式 LVAD 手术患者,其中 8 例患者植入 EVAHEART 型,1 例患者植入 CH-VAD 型,1 例患者植入 Corheart[®]6 型。10 例患者手术过程顺利,平均手术时间为(5.3 \pm 2.1)h,体外循环时间为(2.4 \pm 0.7)h。10 例患者中男性 7 例,女性 3 例;年龄 48 ~ 69 岁,平均(60.2 \pm 7.3)岁;BMI 18.3 ~ 27.1 kg/m²,平均(22.3 \pm 3.0)kg/m²。患者 NYHA 心功能分级为 IV 级,其中扩张型心肌病(dilated cardiomyopathy, DCM) 7 例,缺血性心肌病(ischemic cardiomyopathy, ICM)

3 例。基础疾病以高血压最常见(4 例),其次为冠心病 3 例及脑梗死 2 例。术前 4 例患者使用血管活性药物,包括多巴酚丁胺(dobutamine, DOB)、肾上腺素(epinephrine, EPI)等。10 例患者左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)水平整体较低,范围为 0.14~0.31,平均 0.22 ± 0.06 。植入术后初始泵速设定为 2 600 r/min(范围:2 400~2 800 r/min),泵流量维持在 3.0~5.5 L/min。

2.2 10 例患者实验室指标、抗凝方案和结局指标(表 2):10 例接受 LVAD 治疗的患者入住 ICU 时实验室指标总体正常或轻度异常,部分患者白细胞计数及中性粒细胞比例升高、低白蛋白及肝功能异常,肾功能基本正常。凝血功能接近正常,但 D-二聚体升高, B 型钠尿肽显著增高,提示心功能负荷加重。所有患者均留置肺动脉漂浮导管,抗凝以依诺肝素联合或单用华法林为主,中位开始抗凝时间(d)为 3.75(3.25, 7.00),80% 的患者吸入一氧化氮,拔管后 60% 的患者需高流量氧疗,10% 的患者行无创通气。

2.3 使用血管活性药物和术后液体治疗对心功能

的影响(表 3;图 1):术后 3 d,中心静脉压(central venous pressure, CVP)、肺动脉收缩压(pulmonary artery systolic pressure, PASP)及肺动脉舒张压(pulmonary artery diastolic pressure, PADP)均较术后 1 d 显著下降;而心排血量(cardiac output, CO)及平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)术后各时间点未出现显著波动(均 $P>0.05$),提示左室辅助装置在植入术后早期可显著降低右心室及肺循环压力,同时维持全身血压和心功能相对稳定。术后心率(heart rate, HR)均较术后 1 d 明显升高($P=0.006$),可能与术后应激反应、早期代偿机制或 EPI 使用有关。10 例患者在 ICU 期间血管活性药物的使用率较术前使用普遍呈上升趋势;其中 EPI 使用率从 20% 增至 100%,去甲 EPI 从 10% 升至 70%,多巴胺(dopamine, DA)由 20% 提高至 50%,DOB 从 30% 增至 90%,米力农(milrinone, MIL)由 20% 升至 50%;垂体后叶素的使用率保持在 10%。针对围手术期肺动脉高压,80% 的患者接受了吸入一氧化氮治疗,并同时采用液体负平衡策略以降低肺动脉压力。结果显示,术后前 3 d 的每日入量呈逐渐增

表 1 接受 LVAD 植入术 10 例患者的一般资料

例序	年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	NYHA 心功能分级(级)	主要诊断	基础疾病	术前使用血管活性药物	LVEF	手术时间(h)	体外循环时间(h)	住院结局
1	66	27.1	IV	DCM	高血压	未使用	0.30	9	3	存活
2	69	18.3	IV	DCM	慢性淋巴细胞白血病	未使用	0.14	4.5	1.5	存活
3	69	23.9	IV	DCM	高血压、脑梗死	NE、DOB、EPI	0.25	10	3.5	死亡
4	49	18.7	IV	DCM	未提供	未使用	0.16	5	2.5	存活
5	67	22.6	IV	ICM	高血压、冠心病	未使用	0.20	5.5	3	存活
6	55	25.2	IV	DCM	慢性肾功能不全	DOB、EPI	0.21	4	2	存活
7	48	19.9	IV	ICM	冠心病	DA、DOB	0.22	2.5	1.5	存活
8	61	23.0	IV	DCM	冠心病	未使用	0.23	6	2.5	存活
9	61	22.5	IV	DCM	未提供	DA、DOB、MIL	0.22	5	2	死亡
10	57	21.8	IV	ICM	高血压、脑梗死	未使用	0.31	4.5	2	存活

注:NE 为去甲肾上腺素,DA 为多巴胺

表 2 接受 LVAD 植入术 10 例患者的实验室指标、抗凝方式和结局指标

指标	结果	指标	结果
实验室指标($\bar{x} \pm s$)		D-二聚体($\mu\text{g/L}$)	3.18 ± 2.41
白细胞计数($\times 10^9/\text{L}$)	6.76 ± 3.91	B 型钠尿肽(ng/L)	777.00 ± 514.60
中性粒细胞比例	0.698 ± 0.146	开始抗凝时间[d, $M(Q_L, Q_U)$]	3.75(3.25, 7.00)
血小板计数($\times 10^9/\text{L}$)	221.90 ± 72.64	抗凝方案[例(%)]	
血红蛋白(g/L)	126.20 ± 12.75	依诺肝素联合华法林	5(50)
白蛋白(g/L)	42.77 ± 7.62	华法林	5(50)
总胆红素($\mu\text{mol/L}$)	35.23 ± 42.30	留置肺动脉漂浮导管[例(%)]	10(100)
直接胆红素($\mu\text{mol/L}$)	20.03 ± 34.64	一氧化氮吸入[例(%)]	8(80)
丙氨酸转氨酶(U/L)	78.00 ± 120.65	结局指标	
天冬氨酸转氨酶(U/L)	55.90 ± 39.57	ICU 住院时间[d, $M(Q_L, Q_U)$]	5.0(4.0, 9.0)
肌酐($\mu\text{mol/L}$)	73.76 ± 21.16	住院时间[d, $M(Q_L, Q_U)$]	35.5(14.5, 50.0)
尿素氮(mmol/L)	7.17 ± 2.42	机械通气时间[h, $M(Q_L, Q_U)$]	73.75(26.50, 100.25)
凝血酶原时间(s)	12.40 ± 0.90	拔管后使用高流量氧疗[例(%)]	6(60)
活化部分凝血活酶时间(s)	27.90 ± 1.80	拔管后使用无创机械通气[例(%)]	1(10)

加趋势,总出量呈逐渐减少趋势,液体负平衡第 1 日最多,后呈逐渐减少趋势。上述结果提示,液体负平衡、强心药物的使用和吸入一氧化氮治疗有助于减轻心脏负荷并降低肺水肿的发生风险。

表 3 接受 LVAD 植入术 10 例患者各时间点的生命体征和肺动脉漂浮导管监测结果 ($\bar{x} \pm s$)

指标	术后 1 d	术后 2 d	术后 3 d	F 值	P 值
体温 (°C)	36.5 ± 0.3	37.1 ± 0.9	37.0 ± 0.4	3.280	0.052
HR (次/min)	104.1 ± 14.2	105.2 ± 17.6	115.5 ± 13.8	5.940	0.006
SBP (mmHg)	98.7 ± 14.6	95.3 ± 18.1	100.9 ± 14.2	2.010	0.152
DBP (mmHg)	68.2 ± 8.9	69.1 ± 9.7	72.7 ± 6.5	4.120	0.024
MAP (mmHg)	81.2 ± 9.8	79.9 ± 11.8	82.7 ± 6.2	0.670	0.435
CVP (cmH ₂ O)	13.9 ± 5.1	9.7 ± 4.8	8.3 ± 2.7	12.670	<0.001
SpO ₂	0.99 ± 0.02	0.99 ± 0.01	0.99 ± 0.01	0.310	0.735
PASP (mmHg)	38.6 ± 5.2	32.1 ± 4.9	28.8 ± 5.1	18.450	<0.001
PADP (mmHg)	21.7 ± 4.1	18.1 ± 3.8	16.6 ± 3.9	9.870	0.001
CO (L/min)	4.9 ± 0.9	4.8 ± 1.0	5.2 ± 1.2	3.050	0.061

注:SBP 为收缩压, DBP 为舒张压, SpO₂ 为脉搏血氧饱和度; 1 mmHg ≈ 0.133 kPa, 1 cmH₂O ≈ 0.098 kPa

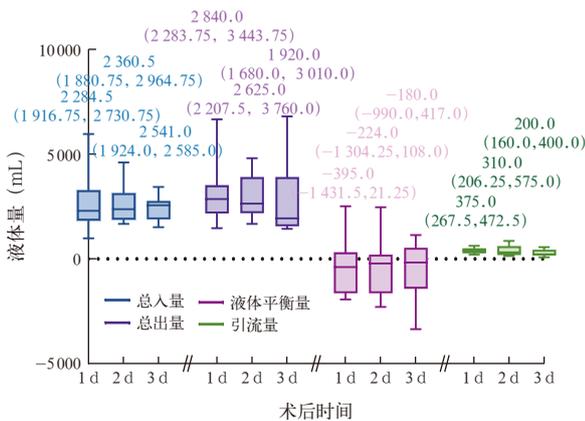


图 1 LVAD 治疗患者术后 3 d 液体平衡量变化

2.4 抗凝治疗: 患者转入 ICU 后,若连续 3 h 引流量 ≤ 0.5 mL · kg⁻¹ · h⁻¹,便启动抗凝治疗。结果显示,50% 的患者采用依诺肝素联合华法林的序贯治疗方

案,另 50% 的患者单独使用华法林。治疗的最终目标是维持国际标准化比值(international normalized ratio, INR)在 2.0 ~ 2.5^[12]。然而其中有 1 例患者 INR 在 2.0 时出现严重的下消化道出血、失血性休克,继发呼吸、心搏骤停而死亡。

2.5 血制品输注: 10 例患者中血制品的总体输注率为 60%,其中红细胞悬液输注率为 50%,平均输注量为 (7.2 ± 3.9) U; 血浆输注率为 60%,平均输注量为 (1 358.3 ± 1 448.7) mL; 冷沉淀的输注率为 10%,输注量为 10 U。

2.6 并发症与临床结局: 在 10 例患者中,2 例出现术后即刻出血,经内科保守治疗后好转,血泵功能正常[泵速 (1 973.10 ± 395.25) r/min, 功率 (3.74 ± 0.95) W],且无溶血或血栓形成。最终,8 例患者康复出院,2 例患者死亡,其中 1 例患者因病程中并发严重的消化道大出血和失血性休克导致呼吸、心搏骤停死亡,另 1 例患者心脏瓣膜修补术后出现低心排和心源性休克,经静脉-动脉体外膜肺氧合(venoarterial extracorporeal membrane oxygenation, VA-ECMO)治疗撤机后仍存在心源性休克和多器官功能衰竭(multiple organ failure, MOF),急诊行 LVAD 植入术,后因感染性休克、MOF 死亡。在 10 例患者中,ICU 住院时间(d)为 5.0 (4.0, 9.0),总住院时间(d)为 14.5 (35.5, 50.0),机械通气时间(h)为 73.75 (26.50, 100.25)。术后拔管后,60% 的患者需要高流量氧疗干预,10% 的患者需要无创机械通气支持。

2.7 术后 4 周心脏功能恢复情况(表 4): LVAD 植入术后 4 周经胸超声心动图结果显示,LVEF 较 LVAD 植入术前明显升高(P < 0.05),其余心脏结构及功能参数(包括左心房内径、右心房上下径、右心

表 4 接受 LVAD 植入术前后患者心脏超声指标变化比较 [M(Q_L, Q_U)]

时间	例数 (例)	左心房内径 (mm)	左心室内径 (mm)	右心房上下径 (mm)	右心房左右径 (mm)	室间隔厚度 (mm)	左心室后壁厚度 (mm)
LVAD 植入术前	8	48.50 (45.00, 54.00)	66.50 (61.25, 68.75)	57.50 (51.50, 60.25)	47.50 (38.50, 50.25)	8.00 (6.25, 10.25)	7.50 (7.00, 9.75)
LVAD 植入术后 4 周	8	48.50 (42.75, 56.50)	58.00 (54.00, 66.00)	56.50 (51.00, 60.00)	42.50 (39.25, 46.75)	8.00 (6.25, 8.75)	8.50 (7.25, 9.00)
时间	例数 (例)	升主动脉内径 (mm)	主肺动脉内径 (mm)	LVEF	右心室面积变化分数 (%)	三尖瓣环收缩期位移 (mm)	
LVAD 植入术前	8	39.00 (31.25, 40.50)	25.00 (22.75, 27.75)	0.22 (0.17, 0.28)	26.10 (24.02, 29.50)	13.35 (12.08, 15.68)	
LVAD 植入术后 4 周	8	37.50 (32.50, 41.50)	24.00 (20.50, 25.00)	0.26 (0.23, 0.41) ^a	33.75 (24.75, 40.00)	14.40 (10.75, 17.25)	

注:与 LVAD 植入术前比较,^aP < 0.05

房左右径、室间隔厚度等) LVAD 植入术前后比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$); 左心室内径呈临界性缩小趋势($P = 0.05$), 可能与左心室机械卸载相关。右心室功能参数如右心室面积变化分数和三尖瓣环收缩期位移均有改善趋势, 但 LVAD 植入术前后比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$), 提示术后右心功能稳定。

3 讨论

LVAD 植入为终末期心衰患者提供了重要的生命支持手段, 而早期重症监护管理对于术后恢复和改善预后具有重要意义^[9, 11-12]。但其术后早期管理复杂, 涉及多学科协作。本研究总结了 10 例接受 LVAD 植入治疗的终末期心衰患者的临床管理经验, 特别关注血压调控、容量管理、LVAD 泵速 - 流量设置和抗凝管理策略等关键治疗措施。在本研究中, 尽管 80% 的患者顺利度过术后早期阶段, 但 2 例死亡病例(20%) 凸显了复杂并发症处理的挑战性。

3.1 血压调控与右心功能维护: 血压调控是 LVAD 植入术后管理的核心任务之一。本组患者术后严格维持 MAP 在 70 ~ 90 mmHg。研究表明, 术后 MAP 波动与脑血管事件及右心衰竭密切相关^[12]。高血压可能增加左心室后负荷, 削弱 LVAD 卸载效果, 甚至诱发主动脉瓣关闭不全; 而低血压则会影响终末器官的灌注, 尤其是肾脏和脑的灌注, 进一步加剧心衰的症状^[14]。本研究采用硝酸甘油、尼卡地平等血管扩张剂来调控血压降低外周阻力, 充分镇静镇痛抑制交感神经过度激活; 同时针对右心功能不全者使用 DOB、EPI 或 MIL 以降低肺动脉压力并增强右心室收缩力^[15]。有研究显示, 右心后负荷的降低与部分强心药物改善右室 - 肺动脉耦联相关, 显著减少术后右心衰竭的发生率^[16]。然而强心药物需与血流动力学监测密切结合。如床旁超声评估右心室大小、三尖瓣反流程度及室间隔位置, 可指导 DOB 的剂量调整^[17]。此外, 对于合并血管麻痹综合征的患者, 需避免过度依赖 α 受体激动剂(如 NE), 因其可能通过增加肺血管阻力加重右心负荷^[18]。近期研究者还发现, 左西孟旦等钙增敏剂在改善右心功能的同时可不增加心肌氧耗, 可能成为 LVAD 术后右心支持的优选药物^[19-20]。

3.2 容量管理: 容量管理是 LVAD 术后右心功能维护的核心^[9, 11-12]。液体负平衡能够有效减轻右心负担, 避免右心衰竭的发生^[14]。本组患者术后 1 d CVP 为 (13.9 ± 5.1) mmHg, 通过限制性补液策略及

利尿剂的应用, 保持了容量的适度负平衡, 有效减少肺部淤血, 但需避免过度利尿以维持合适的前负荷, 尤其是在 LVAD 刚刚开始发挥作用时, 有助于稳定血流动力学。此外, 在本研究中术后 60% (6/10) 患者在拔管后需要接受高流量氧疗, 可能与术前容量超负荷导致的肺淤血密切相关。这些患者在液体管理方面的挑战提醒我们, 在术后恢复阶段, 容量管理不仅要关注心脏输出, 还需特别注意肺循环的动态变化, 以避免出现急性肺水肿或其他液体过载引起的并发症, 可采用床旁超声动态评估容量状态, 并结合被动抬腿试验等容量负荷试验来优化容量反应性判断^[21]。这些方法有助于对容量状态进行及时、准确评估, 为调整治疗方案提供实时数据支持, 以实现个性化的容量管理。

3.3 LVAD 泵速 - 流量设置: 泵速优化是维持接受 LVAD 植入术患者血流动力学平衡的关键环节, 需在确保适宜 CO 的前提下预防心室塌陷及过度引流^[11-12]。本组患者术后初始泵速设定为 2 600 r/min (范围: 2 400 ~ 2 800 r/min), 泵流量维持在 3.0 ~ 5.5 L/min, 符合“流量指数 $\geq 2.2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ”的临床管理目标^[12]。在本研究中 1 例患者因泵速过高(2 900 r/min) 导致室间隔左偏及右心室功能障碍, 经超声引导下动态调整泵速后血流动力学显著改善, 此案例印证了术后经胸超声定期评估的重要性^[17]。在流量管理中, 常可发生突发性泵流量下降, 需警惕机械性并发症或容量失衡。建议优先排查低血容量(如出血或利尿过度)、心包填塞或血栓形成, 而非盲目增加泵速^[12]。有研究显示, 基于超声的室间隔位置评估结合被动抬腿试验可有效鉴别容量反应性, 为泵速调整提供客观依据^[21]。对于持续低流量状态, 需综合血流动力学参数(如 CVP、混合静脉血氧饱和度) 及影像学特征制定个体化干预方案。

3.4 抗凝管理: LVAD 植入术后抗凝管理是 ICU 阶段维持循环稳定与预防并发症的核心环节, 需在出血与血栓风险间实现动态平衡。本组患者转入 ICU 后, 采用“引流量导向”抗凝启动标准, 开始抗凝时间平均为术后 3 d, 与既往研究启用时间类似^[12]。但在本研究中 1 例患者出现了严重的下消化道出血、失血性休克导致呼吸、心搏骤停而死亡。有研究显示, 抗凝显著增加了消化道黏膜损伤后出血风险, 发生率高达 30%, 且 40% 的患者可能反复出血^[22]。另外, LVAD 植入术产生的连续性血流导致脉压降低(低至 10 ~ 15 mmHg), 可能引发肠道血管内皮缺

血损伤和动静脉畸形形成^[23-24]。这种“低脉压性血管重塑”是 LVAD 植入术患者消化道出血的独特机制,尤其易累及右半结肠。且机械剪切力导致血管性血友病因子降解、活性下降亦可加剧出血倾向,文献报道约 30%~40% 的接受 LVAD 植入术患者消化道出血与此相关^[25]。本组 1 例患者在 INR 达标后发生致命性下消化道出血,提示需重新审视抗凝强度与出血风险的个体化平衡,使后续的抗凝策略需要更加精细。

3.5 患者死亡原因分析: 本研究中有 2 例患者因并发症导致死亡。第 1 例患者在病程中出现消化道大出血,继发失血性休克,最终导致呼吸、心搏骤停,提示需要密切关注术后并发症,尤其是消化道出血的早期识别与处理。第 2 例患者为心脏瓣膜修补术后出现低心排及心源性休克,经过 VA-ECMO 治疗撤机后仍存在心源性休克和 MOF,急诊行 LVAD 植入术,患者最终因感染性休克和 MOF 而死亡。提示术后感染、持续 MOF 和急诊 LVAD 植入术是患者不良预后的重要原因。因此,手术时机的把握、术后多器官功能的监测和维护及感染预防尤为重要。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Savarese G, Becher PM, Lund LH, et al. Global burden of heart failure: a comprehensive and updated review of epidemiology [J]. *Cardiovasc Res*, 2023, 118 (17): 3272–3287. DOI: 10.1093/cvr/cvac013.
- [2] Khan MS, Shahid I, Bennis A, et al. Global epidemiology of heart failure [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2024, 21 (10): 717–734. DOI: 10.1038/s41569-024-01046-6.
- [3] Wang XQ, Zhou XT, Chen HB, et al. Long-term outcomes of a novel fully magnetically levitated ventricular assist device for the treatment of advanced heart failure in China [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2024, 43 (11): 1806–1815. DOI: 10.1016/j.healun.2024.05.004.
- [4] Mehra MR, Goldstein DJ, Cleveland JC, et al. Five-year outcomes in patients with fully magnetically levitated vs axial-flow left ventricular assist devices in the MOMENTUM 3 randomized trial [J]. *JAMA*, 2022, 328 (12): 1233–1242. DOI: 10.1001/jama.2022.16197.
- [5] Mehra MR, Uriel N, Naka Y, et al. A fully magnetically levitated left ventricular assist device—final report [J]. *N Engl J Med*, 2019, 380 (17): 1618–1627. DOI: 10.1056/NEJMoa1900486.
- [6] Barton PJ, Felkin LE, Birks EJ, et al. Myocardial insulin-like growth factor-I gene expression during recovery from heart failure after combined left ventricular assist device and clenbuterol therapy [J]. *Circulation*, 2005, 112 (9 Suppl): 146–50. DOI: 10.1161/01.CIRCULATIONAHA.105.525873.
- [7] Drakos SG, Kfoury AG, Stehlik J, et al. Bridge to recovery: understanding the disconnect between clinical and biological outcomes [J]. *Circulation*, 2012, 126 (2): 230–241. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.040261.
- [8] 高夏,张瑞成,朱汝军,等. β 肾上腺素能受体在左室机械辅助减负模型中的表达 [J]. *中国危重病急救医学*, 2011, 23 (7): 405–408, 前插 1. DOI: 10.3760/ema.j.issn.1003-0603.2011.07.008.
- [9] 王伟,宋昱,张云强,等. HeartCon 型左心室辅助装置治疗 20 例成人终末期心衰患者的近期效果观察 [J]. *中华危重病急救医学*, 2022, 34 (12): 1258–1262. DOI: 10.3760/ema.j.cn121430-20220106-00015.
- [10] Dhruva SS, Ross JS, Mortazavi BJ, et al. Association of use of an intravascular microaxial left ventricular assist device vs intra-aortic balloon pump with in-hospital mortality and major bleeding among patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock [J]. *JAMA*, 2020, 323 (8): 734–745. DOI: 10.1001/jama.2020.0254.
- [11] Hollis IB, Jennings DL, Krim S, et al. An ISHLT consensus statement on strategies to prevent and manage hemocompatibility related adverse events in patients with a durable, continuous-flow ventricular assist device [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2024, 43 (8): 1199–1234. DOI: 10.1016/j.healun.2024.04.065.
- [12] 中国生物医学工程学会机械循环支持分会,中国心室辅助装置专家共识委员会,胡盛寿,等. 中国左心室辅助装置植入术后早期重症监护管理专家共识(2024 年)[J]. *中国循环杂志*, 2024, 39 (8): 729–750. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2024.08.001.
- [13] 国家心血管病专家委员会护理专业委员会,马艳,吴荣,等. 左心室辅助装置植入患者术后护理专家共识 [J]. *中华护理杂志*, 2024, 59 (14): 1687–1690. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2024.14.003.
- [14] Adamopoulos S, Bonios M, Ben Gal T, et al. Right heart failure with left ventricular assist devices: preoperative, perioperative and postoperative management strategies. A clinical consensus statement of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC [J]. *Eur J Heart Fail*, 2024, 26 (11): 2304–2322. DOI: 10.1002/ejhf.3323.
- [15] Akhtar W, Butcher C, Morley-Smith A, et al. Oral milrinone for management of refractory right ventricular failure in patients with left ventricular assist devices [J]. *ESC Heart Fail*, 2022, 9 (6): 4340–4343. DOI: 10.1002/ehf2.14092.
- [16] Han J, Pinsino A, Sanchez J, et al. Prognostic value of vasoactive-inotropic score following continuous flow left ventricular assist device implantation [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2019, 38 (9): 930–938. DOI: 10.1016/j.healun.2019.05.007.
- [17] Sciacaluga C, Soliman-Aboumarie H, Sisti N, et al. Echocardiography for left ventricular assist device implantation and evaluation: an indispensable tool [J]. *Heart Fail Rev*, 2022, 27 (3): 891–902. DOI: 10.1007/s10741-021-10073-1.
- [18] Nootens M, Kaufmann E, Rector T, et al. Neurohormonal activation in patients with right ventricular failure from pulmonary hypertension: relation to hemodynamic variables and endothelin levels [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1995, 26 (7): 1581–1585. DOI: 10.1016/0735-1097(95)00399-1.
- [19] Abdelshafy M, Caliskan K, Simpkin AJ, et al. Efficacy of levosimendan infusion in patients undergoing a left ventricular assist device implant in a propensity score matched analysis of the EUROMACS registry—the Euro LEVO–LVAD study [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2023, 63 (5): ezad095. DOI: 10.1093/ejcts/ezad095.
- [20] Masarone D, Kittleston MM, Pollesello P, et al. Use of levosimendan in patients with advanced heart failure: an update [J]. *J Clin Med*, 2022, 11 (21): 6408. DOI: 10.3390/jcm11216408.
- [21] Monnet X, Marik P, Teboul JL. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42 (12): 1935–1947. DOI: 10.1007/s00134-015-4134-1.
- [22] Stulak JM, Davis ME, Haglund N, et al. Adverse events in contemporary continuous-flow left ventricular assist devices: a multi-institutional comparison shows significant differences [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 151 (1): 177–189. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2015.09.100.
- [23] Del Rio-Pertuz G, Nair N. Gastrointestinal bleeding in patients with continuous-flow left ventricular assist devices: a comprehensive review [J]. *Artif Organs*, 2023, 47 (1): 12–23. DOI: 10.1111/aor.14432.
- [24] Gangwani MK, Aziz M, Nawras A, et al. Predictors of gastrointestinal bleeding in patients following left ventricular assist device implantation: a systematic review and meta-analysis [J]. *Future Cardiol*, 2022, 18 (12): 957–967. DOI: 10.2217/fca-2022-0054.
- [25] Nascimbene A, Neelamegham S, Frazier OH, et al. Acquired von Willebrand syndrome associated with left ventricular assist device [J]. *Blood*, 2016, 127 (25): 3133–3141. DOI: 10.1182/blood-2015-10-636480.

(收稿日期: 2025-03-13)

(责任编辑: 邸美仙)