

指南与共识

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)

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

摘要

左心室辅助装置(LVAD)是终末期心力衰竭的有效治疗措施,近年来在我国逐步推广。本专家共识总结了 LVAD 植入术后早期重症监护管理的最新认识及诊疗规范,包括进入重症监护病房时的交接、评估、心室辅助装置参数及问题、泵速调节、血液动力学监测及治疗、机械通气管理、出凝血管理、感染预防及治疗、心律失常及右心衰竭管理,以指导 LVAD 植入术后重症监护规范化管理,降低术后早期死亡率及并发症发生率,改善长期预后。

关键词 左心室辅助装置;终末期心力衰竭;重症监护;血液动力学;右心衰竭

Expert Consensus on Early Postoperative Intensive Care Management After Left Ventricular Assist Device Implantation (2024)

The Branch Mechanical Circulatory Support, Chinese Society of Biomedical Engineering; Chinese Expert Consensus Committee on Ventricular Assist Device

Co-corresponding Authors: HU Shengshou, Email: huss@fuwaihospital.org; WANG Xianqiang, Email: wangxianqiang@fuwai.com

Abstract

The left ventricular assist device (LVAD) is an effective treatment modality for patients with advanced heart failure and has been gradually promoted in China in recent years. This expert consensus summarizes the latest understanding and diagnostic and treatment standards for intensive care management of patients with LVAD during the early post-implantation period, including handover upon admission to the intensive care unit (ICU), ICU evaluation, ventricular assist device related parameters and issues, pump speed regulation, hemodynamic monitoring and treatment, mechanical ventilation management, coagulation management, anti-infective prevention and treatment, arrhythmia and right heart failure management aiming to guide standardized ICU management after LVAD implantation, reduce early postoperative mortality and incidence of complications, and improve long-term prognosis.

Key words: left ventricular assist device; advanced heart failure; intensive care management; hemodynamics; right heart failure

Funding: National High Level Hospital Clinical Research Funding (2022-GSP-QZ-7, 2023-GSP-GG6); Ventricular Assist Device and Extracorporeal Life Support Group of Hu Shengshou From Fuwai Hospital-Chinese Academy of Medical Sciences (SZSM201911018)

(Chinese Circulation Journal, 2024, 39: 729.)

针对标准化的指南导向性药物治疗无效的终末期心力衰竭(心衰)患者,持续机械循环支持作为一项患者等待心脏移植或心肌恢复期间的有效过渡治疗以及永久性替代治疗手段,其技术在数十年间取得了长足的进步。随着全磁悬浮离心泵成为国际

主流的左心室辅助装置(left ventricular assist device, LVAD),终末期心衰的术后1年生存率已提高至85.9%^[1]。在术后1年内,植入LVAD的患者死亡风险最高的时期是术后早期30 d,因而在重症监护病房(intensive care unit, ICU)对患者术后早期的管理至

基金项目:中央高水平医院临床科研业务费(2022-GSP-QZ-7, 2023-GSP-GG6);中国医学科学院阜外医院胡盛寿院士人工心脏及体外生命支持团队(SZSM201911018)

通信作者:胡盛寿 Email: huss@fuwaihospital.org;王现强 Email: wangxianqiang@fuwai.com

中图分类号:R54 文献标识码:C 文章编号:1000-3614(2024)08-0729-22 DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2024.08.001

关重要^[2]。同时, LVAD 患者在 ICU 期间出现的问题也常会影响患者的长期生存。优化术后早期的重症监护治疗, 维护器官功能状态, 减少术后并发症, 是终末期心衰患者从 LVAD 治疗中获益的基础^[3-6]。为此, 中国生物医学工程学会机械循环支持分会组织全国 28 家具有一定 LVAD 患者管理经验的临床医学中心共 54 名 ICU 专家组成共识委员会, 参考国际最新的 LVAD 患者术后早期 ICU 管理的理论基础及临床经验, 结合我国目前心室辅助装置的临床试验结果及上市后实际应用情况, 制定了本专家共识。

共识委员会进行临床问题和结局指标的收集和筛选, 使用 PICO[人群 (population)、干预 (intervention)、比较 (comparison)、结果 (outcome)] 格式制定关键推荐问题, 初拟临床问题和结局指标清单, 通过第 1 轮德尔非法归类、去重、合并临床问题和结局指标、PICO 原则构建临床问题; 基于召开的多次线上线下共识会议, 最终确定相关的临床问题条目。

根据卫生系统中证据推荐意见的分级评估、制订与评价 (The Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation, GRADE) 系统 (<http://www.gradeworkinggroup.org/>) 的证据分级水平及推荐依据对共识意见进行分级: A 级 (高质量证据), 进一步研究也不可能改变该疗效评估结果的可信度; B 级 (中等质量证据), 进一步研究很可能影响该疗效评估结果的可信度, 且可能改变该评估结果; C 级 (低质量证据), 进一步研究极有可能影响该疗效评估结果的可信度, 且该评估结果很可能改变; D 级 (极低质量证据), 任何疗效评估结果都很不确定。

本共识提出了两种类型的推荐: (1) GRADE 两级推荐意见的方法, 即强推荐与有条件的推荐: 推荐意见由共识委员会使用 GRADE 方法制定, 得到证据系统评价的支持, 并对证据的确定性进行正式评估; (2) 基于非直接证据或专家意见和经验形成的推荐 (GPS): 陈述没有得到系统性证据的支持, 通过广泛协商制定的专家共识 (表 1)。

表 1 GRADE 证据等级与推荐强度的分级

类别	含义
证据质量分级	
高 (A)	非常确信真实的效应值接近效应估计值, 并认为进一步的研究不太可能改变现有的结果
中 (B)	对效应估计值有中等程度的信心: 真实值可能接近估计值, 但认为进一步研究仍有可能改变现有的结果
低 (C)	对效应估计值的信心较低: 认为进一步研究很可能得出真实值与现有大不相同的结果
极低 (D)	对效应估计值几乎没有信心
推荐强度分级	
强推荐 (1)	明确利大于弊, 所有人或几乎所有人都会选择某种干预措施
有条件的推荐 [*] (2)	利弊不确定, 有些患者应该接受推荐的干预, 这取决于许多背景因素, 例如可行性、可接受性、高成本等问题, 表明参与共同决策制定过程非常重要
GPS	基于非直接证据、专家意见和经验形成的推荐

注: GRADE: 推荐意见的分级评估、制订及评价; GPS: 专家意见和经验形成的推荐。^{*}: 有条件的推荐通常又称“条件推荐”。

1 植入 LVAD 患者手术结束进入 ICU 时的交接

植入 LVAD 患者的重症监护管理通常从手术结束后进入 ICU 时的交接开始, 外科及麻醉医师需要向 ICU 团队进行全面细致的交接, 交接要点详见表 2。对于接收术前重症 LVAD 植入候选者的 ICU 团队, 需要将患者状态调整至适宜手术, 因而重症监护管理前移至术前优化, 建议参考《中国左心室辅助装置候选者术前评估与管理专家共识 (2023 年)》^[7] 中推荐的术前状态优化原则及治疗策略。对于术前未曾对 LVAD 植入候选者进行优化治疗的 ICU 团队, 了解患者进入手术室时的肺动脉压 (pulmonary artery pressure, PAP) 及中心静脉压 (central venous pressure, CVP), 有助于判断术前优化治疗的最终

状态。终末期心衰患者在麻醉诱导期间由于低心输出量导致药物起效延迟, 可能接受过量诱导药物; 加之术前长期应用指南导向性药物治疗以及麻醉药物的扩血管及负性肌力作用, 使患者容易在麻醉诱导后发生持续低血压, 甚至恶性心律失常或心搏骤停, 与不良预后相关。ICU 医护人员通过了解交接要点有助于评估患者手术打击及应激程度, 预估患者进入 ICU 后短时间内可能面临的治疗难点, 如针对血管活性药物使用, 重要的是不仅要详细了解麻醉医师术中使用药物的情况, 而且要知晓使用这些药物的原因和时机, 以及是否达到了预期的效果, 这样可以为后续在 ICU 治疗过程中调整药物治疗方案提供参考依据。

表 2 植入左心室辅助装置患者术后进入重症监护病房时的交接要点

交接要点
进入手术室时的肺动脉压及中心静脉压
麻醉诱导后血液动力学变化(是否发生持续低血压或心律失常)
外科操作重点及难点问题
术中同期手术情况
术中左心室辅助装置泵速调节过程及流量表现
左心室辅助装置运行以后的右心功能
左心室辅助装置运行稳定时的最佳充盈压
左心室辅助装置运行稳定后的血液动力学参数
术中经食道超声心动图检查结果
容量状态
心脏节律及是否使用抗心律失常药物或电复律
血管活性药物的使用情况
关胸止血时凝血障碍的程度
术中出血量及输血制品种类及用量

共识 1

植入 LVAD 患者术后早期重症监护管理从进入 ICU 时的交接开始, 建议按照交接要点详细了解患者术中情况。(GPS)

2 植入 LVAD 患者完成 ICU 交接之后的系统性评估

在完成手术室和 ICU 之间的交接后, ICU 团队需要对患者进行系统的评估, 以排除转运途中的病情变化, 并指导后续 ICU 的治疗决策。共识推荐所有植入 LVAD 患者在围术期应使用 Swan-Ganz 导管监测血液动力学参数, 有利于指导临床血液动力学调整^[8]。有些外科医师会选择在术中放置左心房测压管, 便于术后监测左心房压来反映左心室的前负荷; 但是鉴于左心房测压管增加了术后护理难度, 即需要严密监测以避免发生空气栓塞并发症, 在已

置入肺动脉导管的情况下, 并不推荐常规放置左心房测压管, 可根据个体情况选择性放置。患者进入 ICU 后连续监测的血液动力学参数应包括平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP)、PAP、CVP 或右心房压 (right atrial pressure, RAP)、肺动脉嵌顿压 (pulmonary artery occlusion pressure, PAOP) 或左心房压、心输出量、心脏指数、肺血管阻力 (pulmonary vascular resistance, PVR)、外周血管阻力 (systemic vascular resistance, SVR)、混合静脉血氧饱和度 (venous oxygen saturation, SVO₂)。实验室检查评估应包括患者的呼吸功能、酸碱平衡状态、电解质浓度、红细胞压积、血小板计数、凝血指标、乳酸及肝功能; 在入室即刻化验之后需要进一步评估的指标包括: 炎症反应指标、心肌损伤标志物及心衰指标等。LVAD 植入术后为达到最佳的泵速设定, 在结合血液动力学参数和实验室指标的基础上, 推荐通过超声心动图来帮助评估左心室卸负荷程度、室间隔位置、右心室形态、主动脉瓣开放情况、二尖瓣反流情况以及流入管路峰值流速 (理想情况下应 <1.5 m/s)。首选经胸超声心动图 (transthoracic echocardiogram, TTE); 但在超声声窗显示不清的患者, 尤其是尚未拔除气管插管阶段, 必要时可行经食道超声心动图 (transesophageal echocardiogram, TEE) 检查。鉴于不同中心及临床医师的经验不同, 患者声窗条件不同, 以及长时间放置经食道超声探头对患者造成损伤的风险, 目前尚不能对 LVAD 植入术后常规留置经食道超声探头做出推荐, 建议根据具体临床情况选择应用。超声心动图检查有助于区分泵速设置不合理、低血容量、右心功能不全、左心室抽吸现象或心包填塞等情况, 并有助于实时判断治疗效果^[9-12]; 在 ICU 期间常见问题的超声心动图表现见表 3。

表 3 LVAD 植入后 ICU 期间常见问题的超声心动图表现

常见问题	超声心动图表现
左心室卸负荷不足	2D: 室间隔明显右偏; 左心室内径或容积增大; 主动脉瓣开放程度及频率增加; 左心房容积增加; 肺部超声提示肺水肿。多普勒: 二尖瓣舒张期 E 峰流速增加; E/A 及 E/e' 增加; 二尖瓣 E 峰减速时间降低; 二尖瓣反流加重; 肺动脉收缩压增加; 泵流出道探及收缩期为主的血流频谱
左心室过度卸负荷	小左心室定义为 LVEDD < 30 mm, 伴室间隔明显左移。泵速设定过高、容量严重不足、心包填塞、右心衰竭均可导致左心室充盈不足
右心衰竭	2D: 右心室增大; 右心室收缩功能减低 (TAPSE 下降、FAC 减低); 右心房压增加 (下腔静脉扩张、房间隔左移); 室间隔左移。多普勒: 三尖瓣反流程度加重; RVOT 每搏输出量减少; 泵流入道和 (或) 流出道流速减低 (严重衰竭时 < 0.5 m/s)
主动脉瓣反流	左心室扩张, 泵流入道和 (或) 流出道流速正常或增加, RVOT 每搏输出量减少。评估主动脉瓣反流时相 (收缩期、舒张期或整个心动周期) 及反流程度 (反流束宽度 /LVOT > 46% 或收缩颈宽度 ≥ 0.3 cm 为中重度反流)
二尖瓣反流	原发性 (与 LVAD 相关): 泵流入道直接影响二尖瓣瓣下结构。继发性 (功能性): 因左心室卸负荷不足、持续心力衰竭导致的二尖瓣功能性反流。在增加转速, PAOP 较低的情况下, 仍不能减少二尖瓣反流, 则存在与 LVAD 相关或不相关的二尖瓣结构性问题, 而非左心室卸负荷不充分

(续表 3)

常见问题	超声心动图表现
泵流入道异常	2D/3D: 伴或不伴肌小梁、二尖瓣结构、血栓、赘生物导致泵流入道梗阻; 泵流入道位置异常、朝向(室间隔、二尖瓣或侧壁)异常。高流速: 连续多普勒流速 > 1.5 m/s (EVAHEART 1 流入道没有泵体干扰, 可测流速), 可因流入道移位、抽吸事件及流入道梗阻所致。低流速: 连续多普勒流速减低至接近平流(收缩期峰值流速及舒张期低值流速明显降低), 可因泵内血栓或泵内远端梗阻所致
泵流出道异常	2D/3D: 可见泵流出道管路扭曲或管道内血栓。多普勒: 靠近梗阻部位峰值流速增加, 可超过 2 m/s; 梗阻部位远端血流信号减弱或消失
泵内血栓/血泵故障	左心室卸负荷程度减低或未能卸负荷; 左心室扩张、主动脉瓣开放程度增加、二尖瓣反流加重、三尖瓣反流加重(或)三尖瓣反流流速升高。增加泵速: 左心室内径、主动脉瓣开放情况、RVOT 每搏输出量等无法达到预期。多普勒: 泵流入道及流出道流速降低, 舒张期出现反向血流
抽吸事件	左心室心腔明显减小、室间隔左移、流入道与邻近心内膜(通常是室间隔)直接接触, 二尖瓣不开放, 泵流出道人造血管血流中断
心内血栓	包括左心房、右心房、泵流入道与心室壁夹角处及主动脉根部血栓。心内血栓不包含流出道人造血管内血栓
心包积液	位置: 因泵的减压作用, 心包积液易出现在压力较低的左心房或左心室附近。伴心包填塞: 舒张期心室壁塌陷, 泵流量随着呼吸出现明显改变, RVOT 每搏输出量明显减低
高血压	左心室扩张、主动脉瓣开放频率减少和(或)开放幅度减小、二尖瓣反流增加
左心室后负荷异常降低 (脓毒症或血管麻痹)	室间隔左移、右心室容积增大、左心室容积减小、LVEF 增加、二尖瓣反流减少。多普勒: 泵流入及流出道收缩期流速增加, RVOT 估测心输出量增加
心功能恢复	左心室容积减小、主动脉瓣开放频率及幅度增加、LVEF 增加、二尖瓣反流减少。多普勒: 泵流入道或流出道估测流量减少, 而 RVOT 及 LVOT 估测心输出量增加
泵输出量估测	通常利用流出道人造血管内的血流信号来计算泵输出量, 在右侧胸骨旁切面、胸骨上窝或剑下切面显示流出道血流, 尽量调整多普勒声束与血流方向的夹角在 20° 之内, 测量脉冲多普勒信号(含收缩期及舒张期)的速度时间积分(如心率不规则, 则取 3~5 个心动周期的平均值); 泵输出量 = 速度时间积分 × 人造血管的截面积 × 心率

注: LVAD: 左心室辅助装置; ICU: 重症监护病房; LVEDD: 左心室舒张末期径; E: 二尖瓣血流频谱舒张早期峰值速度; A: 二尖瓣血流频谱舒张晚期峰值速度; TAPSE: 三尖瓣环收缩期位移; e': 组织多普勒舒张早期峰值速度; FAC: 右心室面积变化分数; RVOT: 右心室流出道; LVOT: 左心室流出道; LVEF: 左心室射血分数; PAOP: 肺动脉嵌顿压; 2D: 二维; 3D: 三维。

共识 2

推荐植入 LVAD 患者围术期使用 Swan-Ganz 导管监测血液动力学参数, 并应用 TTE (必要时 TEE) 进行动态评估。(1B)

3 泵速调节

植入 LVAD 患者术后首先要根据患者的体表面积确定泵输出量的最小目标值, 即血泵流量达到心指数至少 $2.2 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 时每分钟升数^[13]。在最小目标值之上, 选择最优化的泵速, 即通过设备控制器调节装置的转速(每分钟转数)以达到临床需要的流量支持; 调节目标是通过左心室卸负荷, 增加前向心输出量, 从而改善心衰患者异常的血液动力学状态, 维持 MAP 70~90 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 室间隔无左侧偏移或过度右偏, PAOP<15 mmHg, 二尖瓣反流量以下, 血管活性药物小剂量维持或较术前明显减量。优化泵速必须综合考虑不同转速对于右心室功能、血压以及主动脉瓣开放等的影响, 并且术后早期与长期维持阶段泵速调节的侧重点不同。在患者每搏心跳主动脉瓣都开放, 并表现出较大脉压差的情况下, 需要考虑提高 LVAD 的泵速以实现最佳的心室卸负荷以及通过血

泵的最佳流量; 但也应避免转速设置过高, 导致左心室过度卸负荷, 压力下降过快, 从而室间隔左偏, 诱发右心室功能不全。理想情况下主动脉瓣应间歇性开闭, 使血流得以间歇性冲刷主动脉根部, 有助于预防血栓形成并保护主动脉瓣。在 LVAD 植入术后早期, 尤其是应用正性肌力药物及容量充足的情况下, 可能出现两种极端情况: (1) 残余左心室功能尚可的患者, 在左心室已经充分卸负荷的情况下, 主动脉瓣仍能保持每搏心跳均开瓣; (2) 左心室收缩功能重度低下的患者, LVAD 上调转速过程中, 尚未调整至理想转速, 主动脉瓣已经保持始终关闭状态。这两种情况均无需为追求主动脉瓣间歇开放, 而不适当地上调或下调转速; 因而在术后早期阶段主动脉瓣开放与否需根据实际血液动力学情况而定^[13-14]。共识推荐调整泵速以保证主动脉瓣至少间歇开放的时机应是患者的心衰治疗已达到理想的程度, 停用血管活性药物之后, 临床症状、实验室指标及超声心动图检查结果均达到预期。

在植入 LVAD 患者血液动力学稳定且容量充足的情况下, 可通过斜坡试验来了解患者在不同转速下心脏状态及血液动力学参数变化, 帮助滴定最优泵速^[15-18]。在开始测试前需要调整患者前后负荷在最佳范围: CVP 8~10 mmHg、MAP 75~85 mmHg; 如

CVP<8 mmHg, 可通过补液保证有效前负荷, 如 MAP 高于上限可以通过静脉给予降压药物进行控制以达标。在测试过程中连续记录血液动力学参数: MAP、CVP、肺动脉收缩压 (systolic PAP, sPAP)、肺动脉舒张压 (diastolic PAP, dPAP)、平均肺动脉压 (mean PAP, mPAP)、PAOP、CO 和心脏指数。记录 TTE 或 TEE 参数: 左心室舒张末期内径 (left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD)、左心室收缩末期内径 (left ventricular end-systolic diameter, LVESD)、主动脉瓣开放频率、主动脉瓣反流程度、二尖瓣反流程度、右

心室收缩压 (right ventricular systolic pressure, RVSP)。测试方法: 转速每次提高 100 r/min (EVAHEART 1 每次提高 50 r/min), 持续 2 min, 采集记录超声心动图及血液动力学指标, 主动脉瓣开放应至少观察连续 10 个心动周期。斜坡试验停止测试标准: (1) 左心室出现抽吸 (心室壁、室间隔、二尖瓣及瓣下结构部分或全部被吸引至泵流入道管口附近, 甚至管口内); (2) LVEDD 降至 30 mm 以下; (3) PAOP<10 mmHg。

国内目前已经上市的 4 款植入 LVAD, 其泵速调节范围及其他参数详见表 4。

表 4 中国目前已经获批上市的植入式心室辅助装置

名称	制造商	轴承	尺寸 (cm)	泵重量 (g)	转速 (r/min)	流出道人造血管内径 (mm)	功耗 (W)	最大流量 (L/min)	NMPA 批准上市时间
EVAHEART 1	重庆永仁心	液力悬浮	5.1×6.7	262	800~3 000	14	2.0~6.0	20	2019 年 9 月获批; 2023 年 12 月迭代
CH-VAD	苏州同心	全磁悬浮	4.7×2.5	186	1 000~4 200	10	5.0~8.0	10	2021 年 11 月
HeartCon	航天泰心	磁液悬浮	5.0×2.2	184	2 000~3 400	10	2.0~6.0	10	2022 年 7 月
Corheart-6	深圳核心	磁悬浮	3.3×2.6	90	2 200~4 300	12	1.5~7.0	10	2023 年 6 月

注: NMPA: 国家药品监督管理局。

共识 3

(1) 泵输出量的最小目标值为达到心脏指数至少 2.2 L/(min·m²) 时每分钟的升数。(1B)

(2) 泵输出量调节的早期目标是通过左心室卸负荷改善血液动力学, 维持 MAP 70~90 mmHg、室间隔无左侧偏移或过度右偏、PAOP<15 mmHg、二尖瓣反流少量以下。(1B)

(3) 主动脉瓣间歇开放不是早期泵速调节必须达到的目标。(GPS)

(4) 血液动力学稳定且容量充足的情况下, 可通过斜坡试验帮助滴定最优泵速。(1C)

(5) 泵速调节应参考 LVAD 制造商指导范围, 遵循由低到高, 逐渐调节的原则。(GPS)

4 装置参数相关问题

4.1 功耗

功耗是对泵电压、电流的直接测量, 是转子旋转并产生血流所需的功率, 一般在 2.5~8.0 W 范围内 (CH-VAD 功耗包含泵与控制器, 范围在稍高水平), 不超过 10 W。正常情况下, 功耗与泵速和流量成正比 (泵速和流量越高, 功耗越大; 反之, 功耗越低)。功耗是连续测量的, 在控制器面板上显示为一段时间内的平均功耗。泵内血栓形成会导致功耗在数小时或数天内逐渐增加, 泵内血栓栓塞可导致功耗急剧增加^[19]。由于流入道梗阻或抽吸事件导

致的血泵流量减低会导致功耗下降。

4.2 流量

流量是一个估算值, 与泵速与功耗直接相关。有的装置在估算流量时考虑了由血细胞比容产生的血液黏度, 当红细胞压积变化超过 ±5% 时应重新校正系统控制器内的设定, 以避免流量估算错误, 特别是在较低泵速时^[20-21]。系统控制器有预设的低流量报警阈值, 可设定为绝对流量 (如 Corheart-6, 当流量<1.0 L/min 时) 报警; 也可设定为相对流量 (如 CH-VAD 当流量降至平均流量的 70% 以下, 或比平均流量低 1.5~2.0 L/min 时) 报警。血泵低流量 (低心输出量) 的鉴别诊断应结合血液动力学参数与超声心动图所见, 侧重于与患者相关的因素进行分析判断, 低血容量、右心衰竭、心包填塞、泵流入道/流出道管路扭曲或血栓、高血压、心律失常以及抽吸事件均可能导致血泵低流量, 泵速设定过低也可对应较低的流量^[8, 13, 22]。LVAD 术后血泵低流量 (低心输出量) 的原因分析见表 5。

4.3 搏动指数

搏动指数是基于功耗波动计算出的数值, 对应流经装置的流量变化; 并非全部上市的心室辅助装置均可显示搏动指数。不同制造商的装置计算方法不同, 通常由一定时间间隔内 (HeartMate 3 为 15 s, Corheart-6 为 10 s) 最大流量与最小流量之间的差值除以平均流量, 再乘以一定的系数 (HeartMate 3 为 10, Corheart-6 为 100) 计算而得。在大多数临床情

况下, 搏动指数反映患者自身心脏的收缩情况。当每秒搏动指数与平均搏动指数之间的差异超过一定范围 (HeratMate 3 为 45%, Corheart-6 为 50%) 时, 称为搏动指数事件。

诱发搏动指数事件的原因包含抽吸事件、泵

速调整、功耗变化以及咳嗽、打喷嚏、用力排便、心律失常等导致左心室前后负荷急剧变化的状况等^[20, 23-25]; 所有的抽吸事件都是搏动指数事件, 但搏动指数事件不一定是抽吸造成的。搏动指数变化的可能原因见表 6。

表 5 血泵低流量(低心输出量)的原因分析

项目	MAP	CVP	PAP	PAOP	功耗	搏动指数	超声心动图所见
低血容量	↓	↓	↓	↓	↓	↓	左心室充盈不足
心包填塞	↓	↑	↓	↓	↓	↓	右心房/右心室受压, 左心室充盈不足
右心衰竭	↓	↑	↓↑	↓	↓	↓	右心房/右心室扩张, 左心室充盈不足
高血压	↑	-/↑	↑	↑	↓	↑	左心房/左心室扩张
流入道阻塞	↓	↓↑	↑	↑	↓↓	↓↑	左心房/左心室扩张; 流入道管路移位; 流入道流速下降或升高
流出道阻塞	↓	↓↑	↑	↑	↓↓	↓↑	左心房/左心室扩张; 流出道管路扭曲或血栓; 梗阻部位之前流速增快, 之后流速减低或消失
泵内血栓	↓	↑	↑	↑	↑/↑↑	↓	左心房/左心室扩张
泵速设定过低	↓↑	↓↑	↑	↑	↓	↑	左心房/左心室扩张
抽吸事件	↓	↓↑	↓↑	↓↑	↓	↓	左心室严重缩小, 伴或不伴右心房/右心室扩张
室性心动过速/心室颤动	↓	-/↑	-/↓	-/↓	↓	↓	右心房/右心室扩张, 左心室充盈不足

注: MAP: 平均动脉压; CVP: 中心静脉压; PAP: 肺动脉压; PAOP: 肺动脉嵌顿压。↑: 升高; ↓: 下降; -: 不变; ↓↑: 升高或下降。

表 6 搏动指数的变化及可能原因

搏动指数	流量	临床原因
减低	减低	左心室前负荷降低(入量不足、出血、利尿过度、心包填塞、心律失常、右心衰竭); 流入道/流出道部分阻塞
减低	增加	泵速设置过高; 重度主动脉瓣反流; 血管麻痹; 应用扩血管药物; 脓毒症; 过敏; 镇静过度
升高	减低	泵速设置过低; 高血压; 应用缩血管药物; 流入道/流出道部分阻塞
升高	增加	残余左心功能增强; 容量负荷增加; 运动

共识 4

(1) ICU 医护人员应了解 LVAD 的基本参数及原理, 掌握 LVAD 参数发生异常的常见临床原因并及时作出相应处理。(GPS)

(2) 血泵低流量的鉴别诊断应结合血液动力学参数、超声心动图检查结果、患者的临床表现综合分析。(1B)

5 血压管理

5.1 血压测量

目前, 国内已上市的 LVAD 均采用连续流技术, 离心旋转泵设计, 使用液力悬浮轴承或全磁悬浮轴承; 植入血泵后, 患者脉压可能会大幅度缩小, 监测 MAP 是最好的评估血液动力学的方法。在术后早期, 建议采用有创动脉导管监测血压。一定程度的脉压变化是符合预期的, 通常对应着的波形与间歇的主动脉瓣开放保持一致。待患者病情稳定, 拔除动脉内测压导管后, 如果患者有足够的脉压, 可以

通过袖带测量血压; 脉压过低, 无创血压测量获取读数困难, 则建议临床应用多普勒超声进行血压测量^[26]。在脉压较低患者中多普勒超声测得的血压与 MAP 相近^[27]; 随着脉压增加, 多普勒超声可能会高估 MAP, 其局限性明显增加^[28]。

5.2 血压目标

目前尚没有明确统一的目标血压值。国际心肺移植学会 2023 版机械循环支持指南建议使用正性肌力药物、缩血管或扩血管药物来维持心脏指数 $> 2.2 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 以及 MAP 在 $75 \sim 90 \text{ mmHg}$ ^[13]。2023 美国心衰协会专家共识建议稳定期 LVAD 患者的 MAP 目标值为 $70 \sim 90 \text{ mmHg}$ ^[29]。也有研究提出更加严格的血压管理策略, MAP 目标值 $70 \sim 80 \text{ mmHg}$, 不超过 90 mmHg ^[26]。

适宜的血压能够确保 LVAD 的输出流量, 从而达到充分左心室减压的效果。LVAD 患者应避免出现高血压, 因其与脑卒中风险增加^[30-32]、LVAD 相关血栓形成^[33-34]及主动脉瓣关闭不全^[25, 35]相关。同样也应避免低血压, 有研究显示, 长期维持 $\text{MAP} < 75$

mmHg 与脑卒中以及死亡风险增加有关^[32,36]。

鉴于 LVAD 患者术前危重程度不同, 术后早期病情差异较大, 对于合并右心室舒张末期压力增高、肾功能不全等器官功能障碍的患者, 可能需要维持相对较高的灌注压; 而对于 CVP 偏低水平即可维持稳定流量的患者, 相对偏低的灌注压也可保证器官灌注。共识推荐 LVAD 患者术后 MAP 目标值为 70~90 mmHg, 根据患者的个体情况及病情变化选择最优的目标值。

5.3 术后早期低血压的评估和处理

LVAD 患者低血压的定义为 MAP<60 mmHg^[8,13]。出现低血压时应结合血液动力学参数及超声心动图检查等综合分析低血压的原因, 做出相应处理^[13]。

泵的流量减低并伴有左心室扩张时, 低血压的常见原因包括泵速设定过低、流入或流出管路部分阻塞。泵的流量减低伴有左心室充盈不足时, 低血压常见的原因包括出血、低血容量、心包填塞、右心衰竭。

泵的流量增加时, 低血压可见于导致外周血管阻力降低的情况, 最常见于感染。如无感染证据, 可停用扩血管药物, 应用缩血管药物。

共识 5

(1) LVAD 植入术后早期均应采用有创动脉导管监测血压; 病情稳定后, 可通过袖带或多普勒超声测量血压。(1B)

(2) LVAD 植入术后早期 MAP 目标值为 70~90 mmHg, 根据患者的个体情况及病情变化选择最优的目标值。(1C)

(3) LVAD 植入术后低血压的定义为 MAP<60 mmHg; 出现低血压时应结合血液动力学参数及超声心动图检查等综合分析原因, 作出相应处理。(2C)

6 容量管理

连续血流 LVAD 也依赖前负荷, 因此必须严密监测静脉充盈程度和右心室功能。LVAD 患者需要维持充分的前负荷以及较低的 PVR, 来保证左心获得足够的前负荷^[26]。术后评估静脉充盈通过监测 CVP 或 RAP, 并结合下腔静脉直径和变异率来综合判断。患者的最佳右心充盈压可能存在显著变异, 需要根据每例患者左心室卸负荷程度、肺循环压力、右心功能、瓣膜反流及终末器官功能的情况来具体调节。在欧美国家, 通常认为将 RAP 维持在 10~16 mmHg 是合理的目标值^[13]。但是在调整前负荷的过程中也应警惕右心室超负荷, 较高前负荷可能导致右心室

扩张, 三尖瓣反流增加, 引起右心室功能恶化; CVP 升高 >15 mmHg 时需要积极利尿, 必要时肾脏替代治疗(renal replacement therapy, RRT), 也可能需要降低 LVAD 泵速, 避免右心功能受损^[37]。鉴于越来越多的证据揭示出器官淤血与器官功能障碍之间的关系, 高 CVP 与水肿、腹水、肝肾功能不全的发生风险相关^[38-39], 而肾功能恶化又反过来加重右心功能不全, 进一步升高 CVP^[40]。共识推荐在保证心脏前负荷, 满足组织灌注的容量基础上, CVP 维持在相对偏低的水平(6~12 mmHg), 以达到保护器官的目的, 有利于维护右心功能。在拔除气管插管前后或右心功能偏差的患者, 可考虑维持更低的 CVP 目标值。

共识 6

LVAD 植入术后早期在保证心脏前负荷, 满足组织灌注的容量基础上, CVP 维持在 6~12 mmHg, 以达到保护器官的目的, 有利于维护右心功能。(GPS)

7 机械通气管理

LVAD 植入术后呼吸机管理与其他心脏直视手术患者术后管理差别不大。迄今为止, 针对 LVAD 患者并没有最优通气策略。针对急性呼吸窘迫综合征的过低潮气量的保护性肺通气策略并不适用于 LVAD 患者, 因为其容许性高碳酸血症会导致 PVR 升高, 增加右心室后负荷^[41]; 也应谨慎使用气道压力释放通气, 同样可能导致右心室功能障碍。在机械通气过程中, 也应避免使用高潮气量的通气策略和设置过高的呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)。共识推荐维持气道平台压低于 20 cmH₂O (1 cmH₂O=0.098 kPa) 以及潮气量 6~8 ml/kg 有助于维持最低的 PVR。

在术前 INTERMACS 分级 3~4 级的患者中, 如果术前优化治疗理想以及术中顺利, 当患者术后符合脱离机械通气辅助标准时, 鼓励尽早拔除气管插管(进入 ICU 6~8 h 内)^[13]。因为通过去除机械通气造成的胸腔内正压, 右心室壁应力得以减轻, 有利于增强右心室功能。但是在早期拔管之前需要将患者调整至血液动力学稳定、能够达到足够左心室卸负荷的泵流量, 以及术后引流液不多, 预计 24 h 内不需要再次手术止血。对于未能早拔管的患者也应根据病情, 尽量缩短机械通气辅助时间, 以降低感染风险, 避免对血液动力学产生不利影响^[42]。对于术前合并肺部感染, 围术期肺水肿程度重及大量输

血加重肺损伤的患者, 需要适当延长呼吸机时间, 待治疗达到预期后择机拔管。

共识推荐在 LVAD 患者机械通气支持期间及调整撤离过程中, 应密切监测患者的血气分析结果, 以避免出现低氧血症及高碳酸血症, 两者均可增加 PVR 和 PAP, 这将增加右心室后负荷并进一步损害右心室功能^[43]。针对脉搏血氧饱和度的监测, 在动脉波形搏动很小或没有搏动的患者中, 脉搏血氧饱和度是不准确的, 可考虑采用近红外光谱分析技术作为标准脉搏血氧饱和度的替代工具。

共识 7

(1) LVAD 患者术后机械通气时维持气道平台压低于 20 cmH₂O 以及潮气量 6~8 ml/kg 有助于维持最低的 PVR。(1C)

(2) 术前 INTERMACS 分级 3~4 级的患者, 如果术前优化治疗理想以及术中顺利, 鼓励尽早拔除气管插管 (进入 ICU 6~8 h 内); 大部分 LVAD 患者可能难以达到早拔管标准, 也建议血液动力学平稳及肺水肿改善后尽早拔除气管插管。(GPS)

(3) 撤离机械通气应在密切监测患者血气分析的情况下进行调整, 以避免出现低氧血症及高碳酸血症, 增加右心室后负荷。(1C)

8 正性肌力药物及缩血管药物的使用

植入 LVAD 的患者左心室被机械支持, 相应的右心室功能必须保证能提供充足的过肺血流和左心室充盈, 否则 LVAD 将无法有效地产生足够的全身血流量。术后使用血管活性药物主要是支持右心室, 治疗的目标包括增强心肌收缩力, 改善灌注, 降低右心室后负荷, 增加前向血流; 理想的血管活性药物应该在保证体循环灌注压力的同时, 不增加 PVR。对灌注压不低的急性右心衰竭的治疗中一线选择是具有扩血管作用的强心药, 兼顾正性肌力作用和降低右心室后负荷的需要, 最常用的是米力农和多巴酚丁胺^[8, 44-45], 也可选择左西孟旦^[46-47]。但是在 LVAD 植入术后早期, 血管麻痹的发生率非常高, 达 33%~48%^[48-49]。因而术后早期, 往往需要选择兼顾 $\alpha 1$ 受体激动作用的正性肌力药物, 一线选择通常是肾上腺素和去甲肾上腺素^[13, 50-52], 也可考虑使用多巴胺^[50], 为避免对肺循环阻力的不良影响, 可联合具有扩血管作用的强心药或选择性肺血管扩张剂^[53-54]。对合并肺高压的低血压患者, 由于血管加压素对体循环和肺循环阻力的不同影响, 可作为

联合用药的选择^[55]。

LVAD 植入术后血管活性药物的使用通常在撤离体外循环时开始滴定, 并在随后的 ICU 恢复期间进行适当的调整。尽管术后需要强心药支持的时间是不良结果的预测因素, 但停药过快则可能会带来更为严重的损伤。共识推荐对 LVAD 植入术后早期患者进行持续的血液动力学评估, 并结合超声心动图检查结果及实验室指标等做出综合判断, 以指导调整药物的决策, 并且在每一个剂量下调阶段给予足够的时间观察血液动力学参数的变化。

共识 8

(1) LVAD 植入术后使用血管活性药物的目的是支持右心室, 应保证体循环灌注压力的同时尽量不增加 PVR。(GPS)

(2) 术后可根据体肺循环阻力及右心功能酌情选择正性肌力药物, 一线用药包括肾上腺素、去甲肾上腺素、米力农; 二线用药包括多巴酚丁胺、多巴胺、左西孟旦。(1B)

(3) 停用血管活性药物过快可能给患者带来严重损伤, 应在连续观察血液动力学参数及超声心动图检查的情况下逐渐减量停用。(GPS)

9 选择性肺血管扩张剂

LVAD 植入术后由于右心室前后负荷急剧增加或术中右冠状动脉缺血可能导致急性右心衰竭, 紧急治疗时需要使用快速起效的可降低 PVR/SVR 比值的血管舒张剂, 首选持续吸入一氧化氮 (nitric oxide, NO)^[56-57] 或分次雾化吸入前列环素类似物伊洛前列素^[58]。应注意, 吸入 NO 和前列环素可在拔管后通过鼻导管和面罩继续给药, 因此这些药物的使用不应成为延迟拔管的理由。NO 使用剂量较高 (超过 40 ppm) 时, 患者容易发生高铁血红蛋白血症, 可以考虑起始剂量从 10~20 ppm 开始; 而且鉴于 NO 的不良反应呈剂量依赖效应, 在达到治疗目标的情况下, 应使用最低有效剂量维持, 并逐渐减量停用。前列环素虽然在体外有抑制血小板聚集的作用, 但目前尚无证据表明其增加围术期出血风险。除吸入肺血管扩张剂外, 也可中心静脉泵入前列环素依前列醇^[59-60]。口服肺血管靶向药物在 LVAD 术后早期用于合并顽固肺高压并出现右心功能不全表现的患者, 作为停用吸入性或静脉肺血管扩张剂的桥接或过渡治疗^[61-62]。术后早期由于循环尚不稳定, 口服肺血管扩张剂通常采用小剂量、多次给药的治疗方式, 单药治疗通

常选择 5 型磷酸二酯酶抑制剂, 如西地那非、他达拉非, 也可考虑内皮素受体拮抗剂, 如波生坦、安立生坦。鉴于口服肺血管靶向药物长期治疗的作用尚不明确, LVAD 患者通常并不需要长期应用此类药物, 因为主要的获益很可能来自左心室卸负荷, 而非靶向药物治疗; 而且术后右心衰竭持续无法恢

复的患者, 因体循环低血压也无法耐受肺血管靶向药物治疗, 对这些患者更有帮助的可能是长期右心辅助或心脏移植治疗。

LVAD 植入术后早期单独或联合应用正性肌力药物、缩血管药物、选择性肺血管扩张剂, 对体循环、肺循环血管阻力以及右心功能的影响见表 7。

表 7 血管活性药物对右心功能的影响

血管活性药物	作用机制	血液动力学效应				
		PVR	PVR (联合 NO 吸入)	SVR	右心室收缩力	右心室心输出量
去甲肾上腺素	激动 $\alpha 1$ 受体 (++) ; 激动 $\beta 1$ 受体 (+)	$\uparrow \uparrow$	$\downarrow \downarrow$	$\uparrow \uparrow$	- / \uparrow	- / \downarrow
肾上腺素	激动 $\alpha 1$ 受体 (++) ; 激动 $\beta 1$ 受体 (++) ; 激动 $\beta 2$ 受体 (+)	$\uparrow \uparrow$	- / \downarrow	\uparrow	$\uparrow \uparrow$	$\downarrow \uparrow$
多巴酚丁胺	激动 $\beta 1$ 受体 (++) ; 激动 $\beta 2$ 受体 (+)	\downarrow	\downarrow	\downarrow	$\uparrow \uparrow$	$\downarrow \uparrow$
小剂量 [$<5 \mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$] 多巴胺	激动 $\beta 1$ 受体 (+) ; 激动多巴胺受体 (++)	\uparrow	\downarrow	- / \downarrow	- / \uparrow	- / \uparrow
大剂量 [$>10 \mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$] 多巴胺	激动 $\alpha 1$ 受体 (++) ; 激动 $\beta 1$ 受体 (++) ; 激动多巴胺受体 (++)	$\uparrow \uparrow$	- / \downarrow	$\uparrow \uparrow$	$\uparrow \uparrow$	$\downarrow \uparrow$
小剂量 (0.01~0.03 U/min) 血管加压素	激动血管加压素受体 1(+)	-	\downarrow	$\uparrow \uparrow$	-	- / \uparrow
米力农	抑制磷酸二酯酶 III	$\downarrow \downarrow$	$\downarrow \downarrow$	$\downarrow \downarrow$	\uparrow	$\downarrow \uparrow$
左西孟旦	钙离子增敏剂	\downarrow	$\downarrow \downarrow$	\downarrow	\uparrow	\uparrow
多巴酚丁胺 + 血管加压素	激动 $\beta 1$ 受体 (++) ; 激动 $\beta 2$ 受体 (+) ; 激动血管加压素受体 1(+)	$\downarrow \downarrow$	$\downarrow \downarrow$	- / \uparrow	$\uparrow \uparrow$	\uparrow
去甲肾上腺素 + 米力农	激动 $\alpha 1$ 受体 (++) ; 激动 $\beta 1$ 受体 (+) ; 抑制磷酸二酯酶 III	$\downarrow \downarrow$	$\downarrow \downarrow$	- / \uparrow	$\uparrow \uparrow$	\uparrow

注: \uparrow : 升高; \downarrow : 下降; - : 不变; $\downarrow \uparrow$: 升高或下降。PVR: 肺血管阻力; SVR: 外周血管阻力; NO: 一氧化氮。

共识 9

(1) 术后早期吸入 NO 或前列环素有利于维护右心功能, 使用时应了解其不良反应, 停药时应逐渐减停。(1B)

(2) 口服肺血管靶向药物(如 5 型磷酸二酯酶抑制剂)可作为停用吸入性或静脉肺血管扩张剂的桥接或过渡治疗, 但长期应用的作用尚不明确。(2C)

10 出血管理

出血是 LVAD 植入术后最常见的并发症。术后早期出血增加了输血及二次手术风险, 与远期全因死亡率增加相关^[63], 因此共识推荐术后早期应积极纠正凝血功能障碍^[13]。术后早期出血是指术后 48 h 内输注 > 4 个单位红细胞或需要再次手术止血, 出血部位以纵隔和胸腔为主。植入 LVAD 患者术前用药(如血小板抑制剂、华法林)、心衰相关肝功能障碍、二次手术、体外循环时间延长伴随的凝血障碍是术后持续出血的潜在原因^[64]。术后应保持引流管通畅, 并仔细观察引流液量与性状。如患者体温低, 应复温至 36°C 以上。给予鱼精蛋白中和肝素至监测活化凝血时间(activated clotting time, ACT) $< 150 \text{ s}$, 对肥胖患者应注意肝素反跳, 同时避免鱼精蛋白过量导致的凝血功能异常。应适当控制血压, 并避免

肌颤。右心功能允许的情况下, 可给予 $5\sim 8 \text{ cmH}_2\text{O}$ PEEP 以减少出血。

推荐术后监测 ACT、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)、国际标准化比值(international normalized ratio, INR)、血小板计数、纤维蛋白原水平以及进行血栓弹力图检查等, 明确凝血异常的具体原因, 进行目标导向性治疗。术后引流液较多时应避免大量输入羟乙基淀粉(目前多数心脏临床中心已经禁用)。通常情况下, 浓缩红细胞、新鲜冷冻血浆以及浓缩血小板可作为首选代用品。在活动性出血的情况下, 输注血液制品应避免因等待实验室结果而延迟, 因为早期处理对控制出血至关重要。LVAD 植入术后早期输注红细胞的指征与其他类型心脏手术相同, 为血红蛋白 $< 8.0 \text{ g/dl}$ ^[13]。但也应结合患者临床状况及血液动力学状态考虑, 如存在低血容量、终末器官灌注不良、组织缺氧、器官缺血或损伤时, 应适当放宽输注红细胞指征。当有严重出血时, 可使用重组 VII 因子, 但需注意的是这类功能较强的物质可能促进装置急性血栓形成, 或为后续的泵内血栓形成奠定基础^[65-67]。去氨加压素和抗纤维蛋白溶解药物(氨甲环酸)对于血小板功能减低及纤维蛋白溶解亢进的患者是有效的, 不增加泵内血栓风险。需谨慎应用维生素 K 及凝血因子浓缩物, 因为其可能增加泵内血栓风险^[68-69]。

当凝血功能正常时, >200 ml/h 的持续出血通常是外科相关出血, 需再次开胸探查止血。因为持续出血可能会影响已建立的稳定泵血流, 增加抽吸事件及血泵低流量风险; 而连续输血可能会引起右心室超负荷, 从而导致右心室功能恶化。如出血同时伴有 CVP 升高, 可考虑应用冷沉淀和凝血酶原复合物以恢复凝血功能, 并减少输血量。对怀疑有隐匿性胸腔积液及心包填塞的患者, 应及时复查 X 线胸片及床旁超声心动图, 如 TTE 声窗较差时可行 TEE 检查。

共识 10

(1) LVAD 植入术后早期应积极纠正凝血功能障碍, 并严密监测 APTT、血小板计数、纤维蛋白原水平以及进行血栓弹力图检查等, 明确凝血异常的具体原因, 进行目标导向性治疗。(1B)

(2) LVAD 植入术后早期输注红细胞的指征为血红蛋白 <8.0 g/dl; 病情较重的患者如合并低血容量、终末器官灌注不良、组织缺氧、器官缺血或损伤, 应适当放宽输注红细胞指征。(1B)

(3) 去氨加压素及氨甲环酸可应用于血小板功能减低及纤维蛋白溶解亢进的患者; 但需谨慎应用维生素 K 及凝血因子浓缩物。(2C)

(4) LVAD 植入术后早期应积极排查胸腔积液及心包填塞, 并除外胸骨压迫, 以避免对右心功能的不利影响。(1C)

11 抗凝及抗血小板治疗(表 8)

随着技术的不断进步, 血液相容性相关并发症风险降低, LVAD 植入术后的抗凝及抗血小板方案逐渐发展至因泵而异^[8, 13-14]。目前, 我国临床应用的心室辅助装置包含液力悬浮及磁悬浮轴承原理, 总体而言液力悬浮离心泵相较于全磁悬浮离心泵, 需要的抗凝及抗血小板水平更高。另一个影响术后早期抗凝及抗血小板治疗启动时机及强度的因素是手术操作, 包括切口大小(是否需要腹部囊袋)、手术时长、术中出血及术后引流情况。患者的个体化病情也影响治疗的剂量调整, 右心功能不全及肝肾功能不全的患者需从小剂量缓慢加量。

作为手术后过渡至口服抗凝药物的桥梁, 尽管有小规模临床试验表明低分子肝素及直接凝血酶抑制剂的有效性, 但考虑到术后早期出血风险较高, 剂量可控并能够快速逆转抗凝有助于减少出血并发症, 目前仍然推荐普通肝素作为一线的桥接抗凝治疗^[70-72]。建议在术后 8 h 后引流量连续 2~3 h 均少于 30 ml/h 时或术后 12~24 h 内凝血指标恢复至接近正常范围时开始小剂量静脉泵入肝素, 并在 48 h 内逐渐加量并滴定至治疗范围。术后当天 APTT 达到 40 s 即可; 48~72 h 内没有明确出血征象时保持目标 APTT 40~60 s, 术后 2~3 d 后保持 APTT 50~60 s 左右, 不超过 80 s, 待 INR 达标 24 h 后停用。

表 8 抗凝及抗血小板治疗方案

时间点	方案
脱离体外循环前	给予鱼精蛋白中和肝素, 监测 ACT<150 s, 仔细止血, 关胸
术后当天	术后 8 h 后, 引流量减少至 <30 ml/h, 持续 2~3 h, 静脉泵入肝素 (kg×100~200 U/0.9% 生理盐水 50 ml), APTT 达 40 s 即可
术后第 1 天	静脉泵入肝素维持 APTT 40~60 s; 如血小板计数≥100×10 ⁹ /L, 可考虑开始给予阿司匹林 100 mg 抗血小板治疗(根据引流情况)
术后第 2 天	静脉泵入肝素维持 APTT 50~60 s; 开始给予华法林抗凝治疗, 逐渐达到并保持 INR 目标范围 2.0~2.5 (CH-VAD、HeartCon、Corheart-6 推荐范围); 如采用小剂量(初始剂量 1~2 mg) 逐渐滴定给药方案, 可以考虑较早(术后第 1 天) 开始华法林抗凝治疗
术后 2 d 之后	继续静脉泵入肝素维持 APTT 50~60 s, 不超过 80 s, 待 INR 达到 2.0~2.5 范围内 24 h 后停用肝素
实验室检查	返回 ICU 后每天监测血常规、PT、APTT、INR (每 6 h 监测 1 次 APTT); 血小板计数明显下降 (≤50×10 ⁹ /L 或降低至术前基线值的 50% 以下) 时, 首先除外假性血小板减少, 使用肝素抗凝管对比复查血小板计数除外 EDTA 依赖性血小板减少症, 明确为血小板减少的患者除外 HIT
特殊情况	(1) 高凝体质患者: 待引流量 <1 ml/(kg·h) 或术后 6~12 h 开始抗血小板治疗, 经胃管注入首剂氯吡格雷 150 mg, 之后 75 mg 每天 1 次, 监测血小板抑制率、血小板功能; (2) 诊断 HIT 的患者: 停用所有肝素制剂, 包括冲管肝素, 启动替代抗凝治疗, 可给予比伐芦定静脉泵入 [0.15 mg/(kg·min)], 每 6 h 监测 1 次 APTT, 控制 APTT 于术后规定范围, HIT 急性期时停用华法林; (3) 出现出血或血栓栓塞并发症的患者: 依据出血/栓塞风险分级, 继续或暂停华法林及抗血小板药物; (4) 联合其他机械循环辅助(如 ECMO、IABP) 时, 如无明确禁忌证, 应持续使用静脉肝素至设备撤除; 对血小板计数降低的患者行 CRRT 时选用枸橼酸钠抗凝

注: ACT: 活化凝血时间; APTT: 活化部分凝血活酶时间; INR: 国际标准化比值; PT: 凝血酶原时间; ICU: 重症监护病房; EDTA: 乙二胺四乙酸; HIT: 肝素诱导的血小板减少症; ECMO: 体外膜氧合; IABP: 主动脉内球囊反搏; CRRT: 连续肾脏替代治疗。

当患者术后胃肠恢复一定程度的吸收功能,可开始口服华法林抗凝治疗,通常为术后 2~3 d。目标 INR 维持在各设备制造商推荐的范围内(通常为 2~3);具体范围可参考制造商的推荐及考虑患者个体情况。目前已有小规模临床试验证实在联合抗血小板治疗的情况下,全磁悬浮离心泵可适当下调 INR 目标至 1.8~2.5^[73-74]。建议在华法林治疗期间,应保持有良好的治疗窗内时间(time in therapeutic range, TTR),即 $TTR \geq 65\%$, $TTR < 65\%$ 的患者更有可能发生出血或血栓并发症^[8, 13-14]。建议 INR 达到目标范围并且口服华法林剂量稳定的患者,使用即时检测(point-of-care testing, POCT)替代血浆 INR^[75-78]。尽管有小规模临床试验得出新型口服抗凝药可替代华法林的结论^[79],鉴于缺乏大规模或多中心的证据,目前仍不推荐新型口服抗凝药用于 LVAD 植入术后长期抗凝治疗。

建议在完全逆转肝素化后,术后 1~3 d 开始口服阿司匹林(100 mg/d)或其他抗血小板药物进行慢性抗血小板治疗。尽管有多个小样本研究以及大规模多中心 ARIES-HM3 研究证实,HeartMate 3 全磁悬浮离心泵可单用华法林抗凝,不联合抗血小板治疗,在减少出血并发症的同时并不增加血栓或栓塞并发症^[80-81]。但鉴于每一款装置都有其自身的特性,同为全磁悬浮离心泵,血液相容性也存在差异;目前国内应用的磁悬浮离心泵是否可以停用抗血小板药物,仍缺乏证据。目前仅对术后反复发生出血并发症的患者建议停用抗血小板药物。

当术后早期发生出血时,需要根据出血量、出血部位等情况,综合评估抗凝及抗血小板是否需要药物减量、暂停或逆转。在暂停抗凝及抗血小板治疗期间,应严密观察病情变化、心室辅助装置参数及溶血指标。

共识 11

(1) LVAD 植入术后的抗凝及抗血小板方案应参考制造商的指导,遵循因泵而异的原则。(1B)

(2) 术后早期抗凝及抗血小板治疗启动时机与手术操作密切相关,应综合考虑切口大小、手术时长、术中出血及术后引流情况。(GPS)

(3) 术后早期抗凝及抗血小板药物剂量应考虑患者个体化情况,结合右心功能、肝肾功能、血液动力学状态等综合调整。(GPS)

(4) 目前抗凝治疗的一线推荐仍是早期静脉泵

入肝素作为桥接治疗,长期口服华法林维持治疗,保持 INR 在制造商指导的合理抗凝目标范围。(1B)

(5) 全磁悬浮离心泵是否可以不联合抗血小板治疗,鉴于缺乏国内临床证据,暂不做推荐;可根据患者的情况制定个体化方案。(2C)

(6) 术后早期发生出血时,评估抗凝及抗血小板药物是否需要减量、暂停或逆转。(1C)

12 抗感染治疗

LVAD 感染分为三类:(1) LVAD 特异性感染:感染的与设备有关,非 LVAD 患者不会发生,如缆线感染、泵和(或)套管感染、囊袋感染等,其中缆线感染最常见;(2) LVAD 相关性感染:可发生在 LVAD 患者,也可能发生在非 LVAD 患者,如感染性心内膜炎、血流感染及纵隔感染等,其中血流感染最常见;(3) 非 LVAD 感染:不受 LVAD 影响,也不太可能是与 LVAD 相关的感染,如下呼吸道感染、尿路感染、急性胆囊炎等,是 LVAD 术后早期最常见的感染^[82]。LVAD 相关性和特异性感染的最常见病原体是金黄色葡萄球菌和铜绿假单胞菌^[13]。感染是 LVAD 植入术后早期最常见的并发症之一,术后早期发生感染与脑卒中发生率增加有关^[13],并可能增加泵内血栓风险,目前尚没有统一的治疗策略。

12.1 术后预防性抗生素方案的选择

由于葡萄球菌是引起早期相关感染的主要病原体,所有患者的术后抗生素预防方案均应针对葡萄球菌^[1]。预防性抗生素首选一、二代头孢菌素(如头孢唑啉或头孢呋辛钠)。万古霉素被推荐用于以下情况:(1) 对耐甲氧西林的金黄色葡萄球菌定植或者对 β -内酰胺类药物过敏的患者^[83];(2) 有高可能性或有记录的耐甲氧西林的金黄色葡萄球菌定植的环境^[13];(3) 高危患者,即合并体重指数 $< 18 \text{ kg/m}^2$ 或 $> 30 \text{ kg/m}^2$ 、再次手术、肾功能衰竭、糖尿病、慢性阻塞性肺疾病或免疫抑制的患者^[13]。不建议在术后常规预防性应用广谱抗革兰氏阴性杆菌的抗生素,以避免可能发生的药物间相互作用。由于现代器械的真菌感染率十分低,不建议术后预防性使用抗真菌药物^[84]。联合感染科专家,结合本地区或医院内的流行病学特点,有针对性地制定 LVAD 植入术后抗生素预防方案,可有效预防术后感染。

12.2 LVAD 植入术后感染的治疗方案

对于怀疑感染的患者,必须在启动或更改抗生素方案前进行实验室检测,包括全血细胞计数、血

肌酐、C 反应蛋白、乳酸脱氢酶、前降钙素、INR 和尿液分析,即使患者体温正常,也应在 24 h 内至少进行 3 次血液培养^[13],每次应至少留取 2 套血培养,每套血培养包括 1 个需氧瓶和 1 个厌氧瓶(采血量共计 16~20 ml)。对怀疑缆线感染的患者,需要获取革兰氏染色和细菌培养样本。对于术后反复感染或者存在持续感染且细菌培养结果阴性的患者,应考虑进行真菌培养。怀疑存在深部感染时,应进行胸部、腹部和盆腔的 CT 检查,以确定感染的程度。怀疑 LVAD 特异性感染或者感染性心内膜炎的患者,需要行 TEE 检查。正电子发射断层显像(PET)-CT 检查有助于临床医师对疑似感染患者感染部位进一步评估。

一旦怀疑存在 LVAD 特异性感染或 LVAD 相关性感染,在获取微生物学标本后,应立即开始针对葡萄球菌和铜绿假单胞菌的经验性抗菌治疗方案,同时等待微生物学结果^[13]。在获得病原学结果后,根据病原菌种类及药敏试验结果选择针对性抗菌药物,抗生素使用疗程应根据病菌种类、感染部位及感染程度来确定。使用抗生素治疗过程中,需要明确药效/药代动力学,定期监测治疗药物的浓度,如万古霉素、伏立康唑等。

12.3 缆线感染的早期预防

LVAD 植入后的缆线出口部位管理对于预防缆线感染非常重要。国际心肺移植学会 2023 版机械循环支持指南推荐制定标准化缆线管理方案,包括抗菌消毒液、缆线出口的闭合辅料以及缆线的固定等^[13]。建议在患者进入 ICU 后,应用导管固定贴将缆线仔细固定于缆线出口侧的腹部皮肤表面,固定缆线有助于促进组织愈合,并降低感染风险^[85]。术后第 1 周内,每天由外科医师对缆线出口部位进行换药,缆线出口部位皮肤愈合良好的患者,自术后第 2 周时可调整为隔天换药,术后第 2~4 周调整为每周换药 1~3 次,如果缆线出口皮肤出现渗液、渗血、红斑等情况,应每天换药或依据情况随时换药。每次换药前,暴露出缆线出口皮肤时,应拍照记录并书面描述皮肤情况,以利于动态观察皮肤变化及缆线系统的多学科评估。换药时,应严格无菌操作,一线选择是 2% 葡萄糖酸氯己定醇消毒皮肤,在术后第 1 周内,可用 2% 葡萄糖酸氯己定醇浸渍的纱布覆盖缆线出口部位。对于氯己定过敏、不耐受的患者,可以使用酒精或聚维酮碘消毒(根据各设备制造商的建议,如 CH-VAD 缆线禁用含碘消毒剂)^[86]。

共识 12

(1) LVAD 植入术后抗生素预防方案应针对葡萄球菌,不建议常规预防性应用广谱抗革兰氏阴性杆菌抗生素和抗真菌药物。(1B)

(2) 术后怀疑存在 LVAD 特异性或相关性感染时,应针对葡萄球菌和铜绿假单胞菌进行经验性抗菌治疗,并根据微生物学结果进行调整。(1B)

(3) LVAD 植入术后缆线出口部位管理对于预防缆线感染非常重要,应参考 LVAD 制造商指导选择适用的抗菌消毒液,并注意辅料更换频次及缆线的固定。(1B)

13 心律失常

13.1 房性心律失常

在接受 LVAD 植入的患者中,术前房性心律失常的发病率约为 21%~57%,其中大部分为心房颤动(房颤),少部分为心房扑动(房扑)或房性心动过速^[87]。术前患者合并房颤是植入 LVAD 术后房颤的最有力的预测因素,另有 20%~30% 的患者在植入术后新发房颤^[88]。有学者认为, LVAD 植入后房颤的发作可以作为支持力度不足的间接指标,女性可能是术后房颤的独立危险因素^[89]。在全磁悬浮离心泵时代,与轴流泵不同,术后房颤并不增加总体死亡率、血栓栓塞与脑卒中风险,但房颤预示预后不良^[90]。植入 LVAD 合并房颤的患者在抗凝需求上并没有额外的变化。由于目前没有明确证据显示节律控制较心率控制能够改善 LVAD 患者预后, LVAD 植入术后合并房颤的患者应常规给予心率控制治疗^[91-92]。理想心率需根据患者的症状、瓣膜情况、心功能、是否合并预激综合征等情况决定;心率控制药物首选口服 β 受体阻滞剂; β 受体阻滞剂与地高辛联合使用可有效控制房颤患者运动和休息时的心率,应避免 β 受体阻滞剂、地高辛及胺碘酮三者联用^[93]。

植入 LVAD 患者对术后新发房性心律失常通常耐受良好,但如果急性发作影响右心室充盈,也可能使右心功能恶化。如果观察到血液动力学不稳定、泵流量的突然下降,则建议给予心脏电复律治疗。术后如果新发房颤但血液动力学稳定,也可以考虑药物复律,可根据国际通用的房颤管理指南选择药物,如胺碘酮、伊布利特;术后反复发作的新发房颤,建议静脉使用胺碘酮,转复后口服维持至

6~12 周后停用^[13]。需要注意的是, 尽管药物节律转复、左心耳封堵装置以及消融的应用在 LVAD 患者人群中均缺乏临床试验证据; 当术后房性心律失常严重影响血液动力学状态时, 可以将经导管射频消融术或冷冻消融作为房颤的一项治疗选择; 而对于典型持续房扑, 可以将射频消融术作为一线治疗选择; 对于室上性心律失常伴快心室率的患者, 可以考虑进行房室结消融^[94]。

13.2 室性心律失常

植入 LVAD 患者术后室性心律失常, 包括室性心动过速及心室颤动, 发生率约为 20%~50%, 易发生在植入 LVAD 的早期, 在数周至数月后发生率逐渐降低^[95]。室性心律失常病史是术后发作室性心律失常最重要的预测指标, 房颤病史也与术后室性心律失常发作相关^[96]。LVAD 植入术后室性心律失常风险增加与术后未使用 β 受体阻滞剂密切相关^[97-98]。

LVAD 植入术后发生室性心律失常应首先除外以下两点可逆性原因: (1) 由于左心室容积下降、左心室塌陷、泵流量与左心室容量不匹配等原因造成抽吸事件引发的室性心律失常, 此类室性心律失常多合并泵流量的快速下降, 通过体位变化、调整容量、短暂降低泵速并适当给予抗心律失常药物可以缓解^[99]。需要注意的是, 当患者因其他原因诱发室性心律失常之后, 由于左心室前负荷下降, 也可能继发出抽吸事件, 而此时抽吸事件并非室性心律失常的原因。(2) 辅助装置流入道的机械刺激造成室性心律失常发作。此种情况需通过手术将泵头复位, 或通过调整容量尝试缓解, 也可考虑射频消融术, 但复发率较高^[100-101]。

植入 LVAD 患者通常在持续室性心律失常期间也能保持相对循环稳定; 心室颤动发作初期常仅有轻度血压和泵流量下降。考虑到持续的心律失常对右心室功能的潜在不良影响, 仍应积极进行治疗; 对于血液动力学稳定的室性心律失常应首先做心电图检查, 观察室性心律失常形态、判断起源; 然后优化电解质状态, 尝试静脉药物复律或抗心动过速起搏治疗, 未能成功转复再给予电复律, 在此过程中应避免室性心律失常持续超过 30 min。伴有血液动力学

失代偿的室性心律失常则建议立即进行电复律。如循环状态许可应在电复律前进行适当镇静。药物控制或转复室性心律失常, 经静脉泵入胺碘酮联合或不联合利多卡因是首选。其他抗室性心律失常药物包括美西律、多非利特、阿齐米利等也可考虑应用, 但缺乏相关证据^[102]。鉴于自主神经系统在触发和维持恶性室性心律失常中的核心作用, 在严密监测右心室功能的前提下, 可联合应用 β 受体阻滞剂。其他治疗还包括积极纠正可逆病因 (如电解质紊乱和药物毒性)、镇痛、改善缺血缺氧、减轻室壁应力、下调儿茶酚胺类药物剂量。

植入 LVAD 患者对室性心律失常的耐受性较高, 症状多为心悸或乏力等, 很少出现晕厥。LVAD 可以有效地预防心源性猝死, 故关于埋藏式心脏复律除颤器 (ICD) 是否会提高生存率尚有争议, 需要更大样本的随机对照试验来验证 ICD 治疗对于植入 LVAD 患者是否有获益。而对于术前已安装 ICD 的患者, 术后应采取保守的 ICD 程控策略, 以减少 ICD 的不恰当放电^[103]。

如反复发作室性心律失常引起血液动力学障碍或 ICD 反复放电, 抗心律失常药物不耐受, 或者出现造成血液动力学不稳定的加速性室性自主节律, 应考虑行射频消融术。消融术必须充分权衡利弊后, 在有经验的心律失常中心完成^[104-106]。

13.3 电风暴

电风暴的定义是 24 h 内持续 30 s 以上 (或恰当 ICD 放电) 的室性心律失常发作 >3 次, 每次间隔 >5 min 以上。80% 以上的电风暴由单形性室性心动过速引起, 多形性室性心律失常和心室颤动也可引起电风暴。ASSIST-ICD 研究表明, LVAD 患者术后早期发生电风暴, 术后 30 d 内死亡率增加 7 倍^[107]。电风暴患者如术前已经植入 ICD 并反复放电, 可提高电除颤阈值以减少放电。合并右心室功能严重减低的患者, 需要考虑给予右心室机械循环支持, 以提供充足的终末器官灌注, 帮助渡过心律失常急性期; 右心室功能未恢复的患者, 需要考虑过渡至心脏移植。LVAD 植入术后电风暴的分级诊疗流程建议见表 9。

表 9 电风暴的分级诊疗流程

电风暴分级	抗心律失常治疗	抗交感神经活性增强	抗焦虑/镇静	右心室支持
低危 (发作次数有限的患者)	静脉胺碘酮	口服 β 受体阻滞剂	口服劳拉西泮	静脉给予缩血管药物; 静脉或吸入肺血管扩张剂
中危 (持续发作的患者)	静脉胺碘酮 (增加剂量) + 利多卡因	静脉艾司洛尔	静脉右美托咪定	静脉给予正性肌力药物; IABP 和 (或) RRRT
高危 (反复发不可控制的患者)	射频导管消融术	星状神经节阻滞	气管插管 + 深度镇静	双心室辅助或过渡至心脏移植

注: IABP: 主动脉内球囊反搏; RRRT: 肾脏替代治疗。

共识 13

(1) LVAD 植入术后房性心律失常推荐心率控制, 一线药物为口服 β 受体阻滞剂; 心率控制不理想的患者推荐 β 受体阻滞剂联合地高辛。(1B)

(2) LVAD 植入术后急性房性心律失常发作如影响血流动力学, 则推荐电复律治疗。(1C)

(3) LVAD 植入术后室性心律失常应首先排除抽吸事件及装置流入道机械刺激的原因, 并作出相应处理。(1C)

(4) LVAD 植入术后血流动力学稳定的室性心律失常, 建议行心电图检查以判断起源。(1C)

(5) LVAD 植入术后血流动力学稳定的室性心律失常, 可给予优化电解质、药物转复或抗心动过速起搏等治疗, 无效再给予电复律治疗, 但最长不宜持续超过 30 min; 血流动力学不稳定的室性心律失常, 建议立即进行电复律治疗。(1C)

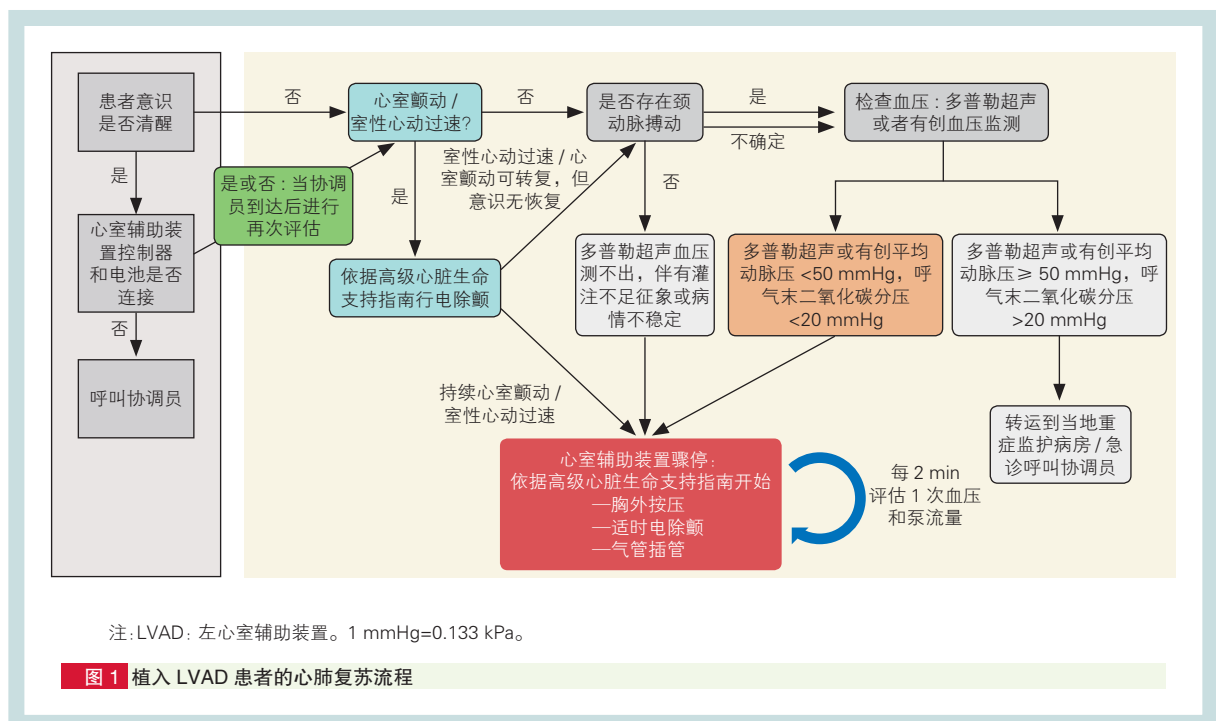
(6) LVAD 植入术后电风暴建议根据分级诊疗流程图进行积极处理, 注意维护及支持右心功能。(GPS)

能。(GPS)

(7) LVAD 植入术后反复发作的室性心律失常, 伴有血流动力学不稳定或影响右心及其他器官功能, 建议在有经验的心律失常中心进行射频消融术治疗。(2C)

14 心肺复苏

植入 LVAD 患者在术后 ICU 期间可能因为血流动力学失代偿的室性心律失常、快速大量出血导致的泵流量急剧下降、严重抽吸事件、意外的电源中断等情况导致泵输出量严重不足, 继而发生意识丧失; 也可因为缺血性或出血性脑卒中导致意识丧失。尽快找到致病原因至关重要, 如可迅速纠正病因、提升泵流量, 则可适当延迟胸外按压, 以避免流入管道移位或损伤右心室。如不能快速找到或纠正病因, 且患者已经出现灌注不足的征象(烦躁、意识模糊或丧失、四肢冰冷、皮肤苍白或发绀、毛细血管再充盈时间延迟), 则推荐按照国际心肺移植学会 2023 版机械循环支持指南中建议的 LVAD 患者心肺复苏流程进行复苏(图 1)^[13]。



在连续性血流的情况下, 有创动脉测压可以通过消除袖带血压测量的不确定性而显著提高复苏效果。一旦发生意识丧失等意外情况, 需要立即检查

患者的装置以及电源线的连接, 同时还需要处理任何可能提示的报警。并且无论血液泵是否在运行, 都需要用多普勒评估颈动脉血流, 以及进行 LVAD

区域的听诊(是否能听到机器运行的声音)。连续波形二氧化碳监测所测呼气末二氧化碳分压(pressure of end-tidal carbon dioxide, P_{EtCO_2})可用来粗略估计心输出量(从而评估心肺复苏质量);在动物实验模型中 $P_{EtCO_2} < 20$ mmHg 提示心输出量 < 1.5 L/min^[108], 可以认定为心室辅助装置骤停(类似心搏骤停)。需要开始胸外按压的指征包括反复电除颤无效的持续性心律失常/心室颤动, 伴意识丧失;多普勒未探及血压, 伴有灌注不足征象且病情极不稳定;多普勒或有创监测 $MAP < 50$ mmHg, $P_{EtCO_2} < 20$ mmHg。对于这些患者进行胸外按压的获益大于风险^[108-110]。对于自主循环无恢复患者, 应启动体外心肺复苏, 即在心肺复苏期间应用静脉-动脉体外膜肺氧合支持, 作为决策进一步治疗或最终治疗之前的短期过渡治疗。但有可能因 LVAD 在停止运行时的血液倒流, 而导致左心室充盈压显著增高, 引起严重肺水肿;此时可联合左心室减压措施, 如房间隔造瘘。对于心肺复苏后自主循环恢复, 但格拉斯哥昏迷评分 < 8 分的患者, 可以考虑血管内低温疗法^[109]。

共识 14

(1) 植入 LVAD 患者出现泵输出量急剧下降并伴有灌注不足征象时, 应及时进行心肺复苏, 参照国际心肺移植学会指南中的流程。(1B)

(2) 对于 LVAD 骤停患者, 心肺复苏后自主循环无恢复应及时进行体外心肺复苏。(1C)

15 右心衰竭

15.1 LVAD 植入术后早期右心衰竭的定义

LVAD 植入术后右心衰竭的发生率因定义不同、发生的时期不同而差异很大, 波动于 10%~40%^[13]。术后早期通常界定为术后 30 d 内。术前合并右心衰竭是 LVAD 植入术后早期死亡的主要危险因素之一;而术后发生右心衰竭, 也是导致 LVAD 植入后近期和中远期死亡的主要原因之一^[111]。作为目前收集心室辅助装置植入病例最多的数据库, 机械辅助循环支持跨机构登记系统对 LVAD 植入术后右心衰竭给出了明确的定义和严重程度分级;但这一定义由于对术后右心压力升高有严格限定, 并且没有涵盖更多的临床右心衰竭表现, 使得其对 LVAD 植入术后诊断右心衰竭的敏感性降低。在 2020 年, 机械循环支持学术研究联盟提出了新的关于 LVAD 植入术后右心衰竭的定义^[112], CVP 的升高不再是诊断的必要条件, 并纳入了更多与右心衰竭相关的查体、影像学、血液动力学及实验室检查指标, 提高了诊断的灵敏度, 有利于早期发现、处理, 改善预后。因此, 共识推荐采用机械循环支持学术研究联盟标准对 LVAD 植入术后早期右心衰竭做出诊断(表 10)。

表 10 机械循环支持学术研究联盟对 LVAD 植入术后早期右心衰竭的定义

早期右心衰竭的定义
1: LVAD 植入术后 30 d 内任何时候需要植入短期或长期的 RVAD (包括 ECMO)
2: LVAD 植入术后 30 d 内任何时候需要开始使用正性肌力药物或血管加压药物或吸入 NO 支持, 且持续使用超过 14 d; 并满足右心衰竭的初步诊断标准: 至少符合以下临床症状中的两条:(1)腹水;(2)功能限制性外周水肿($\geq 2+$);(3)直立位患者超过一半高度的颈静脉怒张的临床表现;(4)直接测量 CVP 或 RAP ≥ 16 mmHg 或者至少满足以下临床表现中的一条:(1)肾功能障碍(肌酐 > 2 倍基线水平);(2)肝功能损伤(AST/ALT 升高超过 2 倍正常值上限水平或者总胆红素 > 2.0 mg/dl);(3) $SvO_2 < 50\%$;(4) $CI < 2.2$ L/(min·m ²);(5)泵流量减低 $> 30\%$ 基线水平(除外机械性原因, 如心包填塞或张力性气胸);(6)血乳酸水平 > 3.0 mmol/L
3: LVAD 植入术后 14 d 内死亡, 虽未接受 RVAD 治疗, 但需要持续使用正性肌力药物或血管加压药物直至死亡, 并符合上述右心衰竭的初步诊断标准(至少符合临床症状中的两条或者至少满足临床表现中的一条)
注: LVAD: 左心室辅助装置; RVAD: 右心室辅助装置; ECMO: 体外膜氧合; NO: 一氧化氮; CVP: 中心静脉压; RAP: 右心房压; AST/ALT: 天门冬氨酸氨基转移酶/丙氨酸氨基转移酶; SvO_2 : 静脉血氧饱和度; CI: 心脏指数。1 mmHg=0.133 kPa。

15.2 LVAD 植入术后早期右心室功能评估和保护

尽管 LVAD 患者术前对右心室功能已经进行了详细评估, 但许多术中和术后因素都可能对右心室功能造成新的打击, 包括容量负荷过大、补液速度过快、主动脉阻断时间过长、大量输血、呼吸功能异常、PVR 急剧升高、内环境紊乱、冠状动脉缺血等, 这些都可能促发术后右心衰竭; 植入 LVAD 之后,

左心室卸负荷所引起的左右心室之间交联心肌的收缩下降及室间隔收缩模式的改变也可能促发右心衰竭, 因而在术后 ICU 管理中认真排查右心衰竭的迹象十分重要, 同时应避免可能导致这一危险发生的任何治疗, 例如避免可导致 PVR 增加的呼吸机参数设置; 避免因闭合胸骨所导致的胸骨对胸内器官和血管的压迫(如确实存在压迫, 可在术中考虑延迟

关胸或术后进行胸骨悬吊);避免术后出血导致的心包填塞^[113-116]。

术后早期联合体格检查、实验室检查、超声心动图、血液动力学参数对右心室功能做出实时评估。超声心动图可监测基底部右心室线性内径(右心室基底 1/3 的最大直径)、三尖瓣环收缩期位移、面积变化分数、心肌做功指数(Tei 指数)、压力最大上升速率、等容收缩期心肌加速度、二维及三维射血分数、组织多普勒三尖瓣环收缩期峰值速度(S')、局部心肌应变及应变率等,是术后早期床旁评估右心室功能的常用手段^[117-119]。结合血液动力学指标和 Swan-Ganz 导管可获取的右心室搏出功指数(right ventricular stroke work index, RVSWI)、CVP/PAOP 比值、肺动脉搏动指数(pulmonary artery pulsatility index, PAPI)等指标,可对右心室功能做出客观的评价,早期发现右心衰竭征象^[120-122]。

15.3 LVAD 植入术后早期右心衰竭的一般治疗

LVAD 植入术后早期右心衰竭的处理原则与其他病因导致的急性右心衰竭处理原则相同,着重在于优化前负荷、增强心肌收缩力、降低后负荷;一般治疗包括维持组织氧供(包含术后早期机械通气调整:维持 pH 值正常范围及 PaCO₂ 35~40 mmHg)、血液动力学监测及支持、目标导向性治疗指导下的容量管理[包含 RRT 和(或)超滤]、非房颤患者保持房室同步性、维持相对偏快的心室率(90~110 次/min)、心律失常管理、谵妄及疼痛管理等;特殊治疗可能需要短期或长期右心室机械循环支持。与其他病因所致急性右心衰竭处理不同点是首先要确保 LVAD 的参数设定合理,避免导致室间隔过度左移,加重右心室扩张和三尖瓣反流;但也应避免左心室卸负荷程度不足,导致右心室后负荷过高。当存在容量超负荷时,需要排出过多容量以减轻右心室前负荷,使 CVP 保持在 15 mmHg 以下(理想范围是 10 mmHg 以下);优化右心室前负荷可以起到右心室减压的作用,通过心室间相互作用使得左心室舒张期压力-容积曲线向下移位,改善左心室舒张功能,从而增加每搏输出量。终末期心衰患者可能因多种原因存在利尿剂抵抗,如肾脏低灌注、严重肾淤血、急性肾损伤等。对于常规利尿治疗效果不佳的患者可以采用大剂量利尿剂快速滴定策略;也可以在袢利尿剂基础上联合应用其他种类利尿剂治疗,如噻嗪类利尿剂、血管加压素 V₂ 受体拮抗剂等。CVP 不易下降的患者应启用或加强正性肌力药物和肺血管扩张剂的治疗。CVP 升高的同时 PAPI 低,

强化利尿治疗效果不佳,需要启用 RRT 和(或)超滤;如治疗效果仍不理想,需要考虑尽早启用右心室辅助装置(right ventricular assist device, RVAD)支持,以免发生循环无法维持的紧急状态,有研究表明非预期 RVAD 的院内死亡率可达 50%^[123]。

15.4 LVAD 植入术后早期右心衰竭的机械辅助治疗

LVAD 植入术后早期需要短期 RVAD 辅助的发生率在 3.5%~10.4% 之间^[124-125],目前国际上尚没有通用的指导植入 RVAD 时机的指征,如果在上述积极药物及 CRRT 治疗的情况下,患者组织灌注不足及终末器官功能损伤表现持续进展;或者当患者出现以下指标:心脏指数 <2.0 L/(min·m²), CVP ≥ 16 mmHg, PAPI <1.5, CVP/POAP > 0.63, RVSWI ≤ 0.25 mmHg·L/m² 中的两条以上时,需要考虑积极进行 RVAD 辅助^[11, 126-127]。一旦确定需要机械循环支持,应尽早实施,尤其是在 LVAD 植入术中同期行右心室机械循环支持^[128-129]。短期 RVAD 术后的主要死亡原因为多器官功能障碍综合征、脓毒症和出血^[125, 130-131]。

目前,国内批准临床使用的 RVAD 种类匮乏,通常的做法是采用体外膜氧合(ECMO)作为短期右心室机械支持手段。可采用右心房和肺动脉放置导管,肺动脉插管经荷包缝合或人造血管置入标准体外循环主动脉套管,但右心恢复后需要再次开胸撤除;也可通过双插管的方式进行右心室支持,其中一根插管经右侧颈内静脉进入,尖端放置于肺动脉主干,另一根插管则经股静脉进入,尖端放置于右心房。这些插管方式均可配合体外离心泵使用,国内目前使用广泛的是 Rotaflow 离心泵(Maquet 公司,德国),原理是电磁驱动的宝石轴承,虽有较长使用时间的个案报道,但受限于并发症较多,通常仅能够提供 7~14 d 的支持;另一款获批在国内上市的离心泵是 MoyoAssist 离心泵(苏州心擎医疗),这是一款全磁悬浮离心泵,血液相容性好,可提供最大流量 10 L/min,最长 30 d 的支持。

一旦右心室机械辅助开始启动,通常可以积极地撤除强心药物,有利于终末器官的功能保护。当患者容量状态优化以后,应规律地对右心室功能进行超声心动图评估,并结合血液动力学指标,观察右心室恢复情况,以便做出撤离机械支持的决策。当辅助流量减至 2 L/min 以下,PAOP 低于 15 mmHg, CVP 低于 12 mmHg 时,可尝试撤机试验;在撤机试验过程中,提高肝素抗凝水平的前提下,RVAD 可被短暂停止。LVAD 血流量调至适合患者的正常区间,评估参数都在合理的范围内,且患

者泵入正性肌力药物剂量较小, 通常可成功脱离 RVAD 支持。

共识 15

(1) LVAD 术后早期右心衰竭的诊断推荐机械循环支持学术研究联盟标准, 以提高诊断灵敏度, 有利于早期发现、处理, 改善预后。(1B)

(2) LVAD 术后应联合体格检查、实验室检查、超声心动图、血液动力学参数对右心室功能做出实时评估。(GPS)

(3) 术后急性右心衰竭的处理首先要确保 LVAD 的参数设定合理, 在左心室充分卸负荷的基础上, 避免室间隔向左侧过度移位, 加重右心室扩张和三尖瓣反流。(1C)

(4) 经过积极药物及 RRT 和 (或) 超滤治疗后, 右心衰竭不能改善时应尽早考虑植入 RVAD。(1B)

综上所述, LVAD 患者术后在 ICU 停留期间的理想管理应该是以 ICU 团队为主导, 并联合心外科、心内科、康复科、营养科、超声科、心理科、感染科以及护理等多学科。充分关注 LVAD 植入后左、右心的交互影响, 把握患者每一个器官系统管理的细节问题, 是获得治疗成功的基础。

共识委员会成员 (按姓氏汉语拼音排序): 拜合提亚尔·克然木 (新疆维吾尔自治区人民医院), 陈晨 (中国医学科学院阜外医院), 陈海波 (中国医学科学院阜外医院), 陈金兰 (中南大学湘雅二医院), 陈伊 (中国医学科学院阜外医院), 崔闫 (中国医学科学院阜外医院), 董凝 (福建医科大学附属协和医院), 杜娟 (中国医学科学院阜外医院), 傅水桥 (浙江大学医学院附属第一医院), 郭炜 (中国医学科学院阜外医院), 何发明 (河南省胸科医院), 洪军 (浙江省人民医院), 胡盛寿 (中国医学科学院阜外医院), 雷蕾 (中国医学科学院阜外医院), 雷黎明 (广东省人民医院), 李白翎 (海军军医大学第一附属医院), 刘彬 (南京医科大学第二附属医院), 罗哲 (复旦大学附属中山医院), 孟树萍 (阜外华中心血管病医院), 卿平 (中国医学科学院阜外医院), 邱志兵 (南京市第一医院), 任海波 (武汉亚洲心脏病医院), 邵俊 (苏北人民医院), 沈晗 (苏州大学附属第一医院), 师桃 (西安交通大学附属第一医院), 石晓卉 (新疆维吾尔自治区人民医院), 施野 (中国医学科学院阜外医院), 宋晓春 (南京市第一医院), 王红 (首都医科大学附属北京安贞医院), 王艺萍 (四川省人民医院), 王现强 (中国医学科学院阜外医院), 王新浩 (中国医学科学院阜外医院), 王欣霄 (中国医学科学院阜外医院), 王伟 (泰达国际心血管病医院), 王旭 (中国医学科学院阜外医院), 吴怡锦 (广东省人民医院), 吴振华 (天津

胸科医院), 徐丹青 (中国医学科学院阜外医院), 杨立猛 (中国医学科学院阜外医院), 杨维君 (浙江大学医学院附属第二医院), 杨晓涵 (中国医学科学院阜外医院深圳医院), 于丽天 (中国医学科学院阜外医院), 张大权 (新疆维吾尔自治区人民医院), 张菁 (华中科技大学同济医学院附属协和医院), 张伟 (江苏省人民医院), 张啸 (中国医学科学院阜外医院), 张晓倩 (中国医学科学院阜外医院), 张志鹏 (中国医学科学院阜外医院), 赵荣 (中国人民解放军空军军医大学第一附属医院), 郑慧萍 (北京大学第三医院), 郑黎晖 (中国医学科学院阜外医院), 周密 (上海交通大学医学院附属瑞金医院), 周星彤 (中国医学科学院阜外医院), 邹亮 (中国医学科学院阜外医院)

执笔人: 杜娟、邹亮、陈伊、周星彤 (中国医学科学院阜外医院)

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Jorde UP, Saeed O, Koehl D, et al. The Society of Thoracic Surgeons Intermacs 2023 annual report: focus on magnetically levitated devices[J]. *Ann Thorac Surg*, 2024, 117(1): 33-44. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2023.11.004.
- [2] Kormos RL, Cowger J, Pagani FD, et al. The Society of Thoracic Surgeons Intermacs Database Annual Report: evolving indications, outcomes, and scientific partnerships[J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 107(2): 341-353. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.11.011.
- [3] Jedeon Z, Cogswell R, Schultz J, et al. Association between early ventricular arrhythmias and mortality in destination vs. bridge patients on continuous flow LVAD support[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 19196. DOI: 10.1038/s41598-021-98109-2.
- [4] Kiernan MS, Grandin EW, Brinkley M Jr, et al. Early right ventricular assist device use in patients undergoing continuous-flow left ventricular assist device implantation: incidence and risk factors from the interagency registry for mechanically assisted circulatory support[J]. *Circ Heart Fail*, 2017, 10(10): e003863. DOI: 10.1161/circheartfailure.117.003863.
- [5] Hernandez-Montfort JA, Xie R, Ton VK, et al. Longitudinal impact of temporary mechanical circulatory support on durable ventricular assist device outcomes: an IMACS registry propensity matched analysis[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2020, 39(2): 145-156. DOI: 10.1016/j.healun.2019.11.009.
- [6] Barua S, Conte SM, Cherrett C, et al. Major adverse kidney events predict reduced survival in ventricular assist device supported patients[J]. *ESC Heart Fail*, 2023, 10(6): 3463-3471. DOI: 10.1002/ehf2.14533.
- [7] 中国心室辅助装置专家共识委员会. 中国左心室辅助装置候选者术前评估与管理专家共识 (2023 年) [J]. *中国循环杂志*, 2023, 38(8): 799-814. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2023.08.003.
- [8] Feldman D, Pamboukian SV, Teuteberg JJ, et al. The 2013 International Society for Heart and Lung Transplantation Guidelines for mechanical circulatory support: executive summary[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2013, 32(2): 157-187. DOI: 10.1016/j.healun.2012.09.013.
- [9] Stainback RF, Estep JD, Agler DA, et al. Echocardiography in the management of patients with left ventricular assist

- devices: recommendations from the American Society of Echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(8): 853-909. DOI: 10.1016/j.echo.2015.05.008.
- [10] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(3): 233-270. DOI: 10.1093/ehjci/jev014.
- [11] Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2010, 23(7): 685-713; quiz 86-8. DOI: 10.1016/j.echo.2010.05.010.
- [12] 施怡声, 朱振辉, 王浩, 等. 左心室辅助装置植入术围术期经食道超声心动图的应用研究 [J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(6): 574-578. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2021.06.007.
- [13] Saeed D, Feldman D, Banayosy AE, et al. The 2023 International Society for Heart and Lung Transplantation Guidelines for mechanical circulatory support: a 10-year update[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2023, 42(7): e1-e222. DOI: 10.1016/j.healun.2022.12.004.
- [14] Kirklin JK, Pagani FD, Goldstein DJ, et al. American Association for Thoracic Surgery/International Society for Heart and Lung Transplantation guidelines on selected topics in mechanical circulatory support[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 159(3): 865-896. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.12.021.
- [15] Sujino Y, Kuroda K, Yoshitake K, et al. Clinical potential of hemodynamic ramp test by simultaneous echocardiography and right heart catheterization for aortic insufficiency in a patient with continuous-flow left ventricular assist device[J]. *J Artif Organs*, 2021, 24(2): 265-268. DOI: 10.1007/s10047-020-01210-y.
- [16] Uriel N, Burkhoff D, Rich JD, et al. Impact of hemodynamic ramp test-guided HVAD speed and medication adjustments on clinical outcomes[J]. *Circ Heart Fail*, 2019, 12(4): e006067. DOI: 10.1161/circheartfailure.119.006067.
- [17] Rosenbaum AN, Frantz RP, Kushwaha SS, et al. Novel left heart catheterization ramp protocol to guide hemodynamic optimization in patients supported with left ventricular assist device therapy[J]. *J Am Heart Assoc*, 2019, 8(4): e010232. DOI: 10.1161/jaha.118.010232.
- [18] Uriel N, Sayer G, Addetia K, et al. Hemodynamic ramp tests in patients with left ventricular assist devices[J]. *JACC Heart Fail*, 2016, 4(3): 208-217. DOI: 10.1016/j.jchf.2015.10.001.
- [19] Belkin MN, Kagan V, Labuhn C, et al. Physiology and clinical utility of HeartMate pump parameters[J]. *J Card Fail*, 2022, 28(5): 845-862. DOI: 10.1016/j.cardfail.2021.11.016.
- [20] Fine NM, Topilsky Y, Oh JK, et al. Role of echocardiography in patients with intravascular hemolysis due to suspected continuous-flow LVAD thrombosis[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2013, 6(11): 1129-1140. DOI: 10.1016/j.jcmg.2013.06.006.
- [21] Slaughter MS, Rogers JG, Milano CA, et al. Advanced heart failure treated with continuous-flow left ventricular assist device[J]. *N Engl J Med*, 2009, 361(23): 2241-2251. DOI: 10.1056/NEJMoa0909938.
- [22] Nepomuceno RG, Goldraich LA, De S, et al. Critical care management of the acute postimplant LVAD patient[J]. *Can J Cardiol*, 2020, 36(2): 313-316. DOI: 10.1016/j.cjca.2019.11.034.
- [23] Tchoukina I, Smallfield MC, Shah KB. Device management and flow optimization on left ventricular assist device support[J]. *Crit Care Clin*, 2018, 34(3): 453-463. DOI: 10.1016/j.ccc.2018.03.002.
- [24] Cowger JA, Aaronson KD, Romano MA, et al. Consequences of aortic insufficiency during long-term axial continuous-flow left ventricular assist device support[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2014, 33(12): 1233-1240. DOI: 10.1016/j.healun.2014.06.008.
- [25] Cowger J, Pagani FD, Haft JW, et al. The development of aortic insufficiency in left ventricular assist device-supported patients[J]. *Circ Heart Fail*, 2010, 3(6): 668-674. DOI: 10.1161/circheartfailure.109.917765.
- [26] Slaughter MS, Pagani FD, Rogers JG, et al. Clinical management of continuous-flow left ventricular assist devices in advanced heart failure[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2010, 29(4 Suppl): S1-S9. DOI: 10.1016/j.healun.2010.01.011.
- [27] Bennett MK, Roberts CA, Dordunoo D, et al. Ideal methodology to assess systemic blood pressure in patients with continuous-flow left ventricular assist devices[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2010, 29(5): 593-594. DOI: 10.1016/j.healun.2009.11.604.
- [28] Lanier GM, Orlanes K, Hayashi Y, et al. Validity and reliability of a novel slow cuff-deflation system for noninvasive blood pressure monitoring in patients with continuous-flow left ventricular assist device[J]. *Circ Heart Fail*, 2013, 6(5): 1005-1012. DOI: 10.1161/circheartfailure.112.000186.
- [29] Trachtenberg B, Cowger J, Jennings DL, et al. HFSA expert consensus statement on the medical management of patients on durable mechanical circulatory support[J]. *J Card Fail*, 2023, 29(4): 479-502. DOI: 10.1016/j.cardfail.2023.01.009.
- [30] Teuteberg JJ, Slaughter MS, Rogers JG, et al. The HVAD left ventricular assist device: risk factors for neurological events and risk mitigation strategies[J]. *JACC Heart Fail*, 2015, 3(10): 818-828. DOI: 10.1016/j.jchf.2015.05.011.
- [31] Frontera JA, Starling R, Cho SM, et al. Risk factors, mortality, and timing of ischemic and hemorrhagic stroke with left ventricular assist devices[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2017, 36(6): 673-683. DOI: 10.1016/j.healun.2016.12.010.
- [32] Cowger JA, Shah P, Pagani FD, et al. Outcomes based on blood pressure in patients on continuous flow left ventricular assist device support: an interagency registry for mechanically assisted circulatory support analysis[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2020, 39(5): 441-453. DOI: 10.1016/j.healun.2019.11.016.
- [33] Pinsino A, Castagna F, Zuver AM, et al. Prognostic implications of serial outpatient blood pressure measurements in patients with an axial continuous-flow left ventricular assist device[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2019, 38(4): 396-405. DOI: 10.1016/j.healun.2018.11.003.
- [34] Najjar SS, Slaughter MS, Pagani FD, et al. An analysis of pump thrombus events in patients in the HeartWare ADVANCE bridge to transplant and continued access protocol trial[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2014, 33(1): 23-34. DOI: 10.1016/j.healun.2013.12.001.
- [35] Patil NP, Mohite PN, Sabashnikov A, et al. Does postoperative blood pressure influence development of aortic regurgitation following continuous-flow left ventricular assist device implantation?[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2016, 49(3): 788-794. DOI: 10.1093/ejcts/

- ezv221.
- [36] Vidula H, Altintas O, Mcnitt S, et al. Low blood pressure threshold for adverse outcomes during left ventricular assist device support[J]. *Am J Cardiol*, 2022, 169: 78-85. DOI: 10.1016/j.amjcard.2021.12.045.
- [37] Meineri M, Van Rensburg AE, Vegas A. Right ventricular failure after LVAD implantation: prevention and treatment[J]. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 2012, 26(2): 217-229. DOI: 10.1016/j.bpa.2012.03.006.
- [38] Legrand M, Dupuis C, Simon C, et al. Association between systemic hemodynamics and septic acute kidney injury in critically ill patients: a retrospective observational study[J]. *Crit Care*, 2013, 17(6): R278. DOI: 10.1186/cc13133.
- [39] Chen KP, Cavender S, Lee J, et al. Peripheral edema, central venous pressure, and risk of AKI in critical illness[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2016, 11(4): 602-608. DOI: 10.2215/cjn.08080715.
- [40] Guinot PG, Abou-Arab O, Longrois D, et al. Right ventricular systolic dysfunction and vena cava dilatation precede alteration of renal function in adult patients undergoing cardiac surgery: an observational study[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2015, 32(8): 535-542. DOI: 10.1097/eja.000000000000149.
- [41] Cho YJ, Moon JY, Shin ES, et al. Clinical practice guideline of acute respiratory distress syndrome[J]. *Tuberc Respir Dis (Seoul)*, 2016, 79(4): 214-233. DOI: 10.4046/trd.2016.79.4.214.
- [42] Ventetuolo CE, Klinger JR. Management of acute right ventricular failure in the intensive care unit[J]. *Ann Am Thorac Soc*, 2014, 11(5): 811-822. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201312-446FR.
- [43] Tsiouris A, Paone G, Brewer RJ, et al. Outcomes of patients with right ventricular failure on milrinone after left ventricular assist device implantation[J]. *Asaio J*, 2015, 61(2): 133-138. DOI: 10.1097/mat.0000000000000188.
- [44] Kihara S, Kawai A, Fukuda T, et al. Effects of milrinone for right ventricular failure after left ventricular assist device implantation[J]. *Heart Vessels*, 2002, 16(2): 69-71. DOI: 10.1007/s380-002-8320-z.
- [45] Burkhardt BE, Rücker G, Stiller B. Prophylactic milrinone for the prevention of low cardiac output syndrome and mortality in children undergoing surgery for congenital heart disease[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 2015(3): Cd009515. DOI: 10.1002/14651858.CD009515.pub2.
- [46] Landoni G, Lomivorotov VV, Alvaro G, et al. Levosimendan for hemodynamic support after cardiac surgery[J]. *N Engl J Med*, 2017, 376(21): 2021-2031. DOI: 10.1056/NEJMoa1616325.
- [47] Mehta RH, Leimberger JD, Van Diepen S, et al. Levosimendan in patients with left ventricular dysfunction undergoing cardiac surgery[J]. *N Engl J Med*, 2017, 376(21): 2032-2042. DOI: 10.1056/NEJMoa1616218.
- [48] De Waal EEC, Van Zaane B, Van Der Schoot MM, et al. Vasoplegia after implantation of a continuous flow left ventricular assist device: incidence, outcomes and predictors[J]. *BMC Anesthesiol*, 2018, 18(1): 185. DOI: 10.1186/s12871-018-0645-y.
- [49] Teeson KM, Lima B, Lee AY, et al. Determinants and outcomes of vasoplegia following left ventricular assist device implantation[J]. *J Am Heart Assoc*, 2018, 7(11): e008377. DOI: 10.1161/jaha.117.008377.
- [50] Potapov EV, Antonides C, Crespo-Leiro MG, et al. 2019 EACTS expert consensus on long-term mechanical circulatory support[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2019, 56(2): 230-270. DOI: 10.1093/ejcts/ezz098.
- [51] Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC[J]. *Eur J Heart Fail*, 2016, 18(8): 891-975. DOI: 10.1002/ejhf.592.
- [52] De Backer D, Biston P, Devriendt J, et al. Comparison of dopamine and norepinephrine in the treatment of shock[J]. *N Engl J Med*, 2010, 362(9): 779-789. DOI: 10.1056/NEJMoa0907118.
- [53] Tarvasmäki T, Lassus J, Varpula M, et al. Current real-life use of vasopressors and inotropes in cardiogenic shock-adrenaline use is associated with excess organ injury and mortality[J]. *Crit Care*, 2016, 20(1): 208. DOI: 10.1186/s13054-016-1387-1.
- [54] Levy B, Perez P, Perny J, et al. Comparison of norepinephrine-dobutamine to epinephrine for hemodynamics, lactate metabolism, and organ function variables in cardiogenic shock. A prospective, randomized pilot study[J]. *Crit Care Med*, 2011, 39(3): 450-455. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181ffe0eb.
- [55] Havel C, Arrich J, Losert H, et al. Vasopressors for hypotensive shock[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2011, (5): Cd003709. DOI: 10.1002/14651858.CD003709.pub3.
- [56] Kukucka M, Potapov E, Stepanenko A, et al. Acute impact of left ventricular unloading by left ventricular assist device on the right ventricle geometry and function: effect of nitric oxide inhalation[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2011, 141(4): 1009-1014. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2010.08.010.
- [57] George I, Xydas S, Topkara VK, et al. Clinical indication for use and outcomes after inhaled nitric oxide therapy[J]. *Ann Thorac Surg*, 2006, 82(6): 2161-2169. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2006.06.081.
- [58] Galiè N, Humbert M, Vachiery JL, et al. 2015 ESC/ERS guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension[J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2016, 69(2): 177. DOI: 10.1016/j.rec.2016.01.002.
- [59] Gayat E, Mebazaa A. Pulmonary hypertension in critical care[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2011, 17(5): 439-448. DOI: 10.1097/MCC.0b013e32834a7619.
- [60] Hoepfer MM, Granton J. Intensive care unit management of patients with severe pulmonary hypertension and right heart failure[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2011, 184(10): 1114-1124. DOI: 10.1164/rccm.201104-0662CI.
- [61] Critoph C, Green G, Hayes H, et al. Clinical outcomes of patients treated with pulmonary vasodilators early and in high dose after left ventricular assist device implantation[J]. *Artif Organs*, 2016, 40(1): 106-114. DOI: 10.1111/aor.12502.
- [62] Tedford RJ, Hemnes AR, Russell SD, et al. PDE5A inhibitor treatment of persistent pulmonary hypertension after mechanical circulatory support[J]. *Circ Heart Fail*, 2008, 1(4): 213-219. DOI: 10.1161/circheartfailure.108.796789.
- [63] Slaughter MS. Hematologic effects of continuous flow left ventricular assist devices[J]. *J Cardiovasc Transl Res*, 2010, 3(6): 618-624. DOI: 10.1007/s12265-010-9222-6.
- [64] Boyle AJ, Jorde UP, Sun B, et al. Pre-operative risk factors of bleeding and stroke during left ventricular assist device support: an

- analysis of more than 900 HeartMate II outpatients[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(9): 880-888. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.08.1656.
- [65] Apostolidou I, Sweeney MF, Missov E, et al. Acute left atrial thrombus after recombinant factor VIIa administration during left ventricular assist device implantation in a patient with heparin-induced thrombocytopenia[J]. *Anesth Analg*, 2008, 106(2): 404-408. DOI: 10.1213/ane.0b013e31815edb52.
- [66] Repessé X, Au SM, Bréchet N, et al. Recombinant factor VIIa for uncontrollable bleeding in patients with extracorporeal membrane oxygenation: report on 15 cases and literature review[J]. *Crit Care*, 2013, 17(2): R55. DOI: 10.1186/cc12581.
- [67] Gandhi MJ, Pierce RA, Zhang L, et al. Use of activated recombinant factor VII for severe coagulopathy post ventricular assist device or orthotopic heart transplant[J]. *J Cardiothorac Surg*, 2007, 2: 32. DOI: 10.1186/1749-8090-2-32.
- [68] Leebeek FWG, Muslem R. Bleeding in critical care associated with left ventricular assist devices: pathophysiology, symptoms, and management[J]. *Hematology Am Soc Hematol Educ Program*, 2019, 2019(1): 88-96. DOI: 10.1182/hematology.2019000067.
- [69] Angleitner P, Simon P, Kaider A, et al. Impact of bleeding revision on outcomes after left ventricular assist device implantation[J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 108(2): 517-523. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2019.01.061.
- [70] Slaughter MS, Naka Y, John R, et al. Post-operative heparin may not be required for transitioning patients with a HeartMate II left ventricular assist system to long-term warfarin therapy[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2010, 29(6): 616-624. DOI: 10.1016/j.healun.2010.02.003.
- [71] Joshi A, Smith D, Arora M, et al. Anticoagulant monitoring in ventricular assist device patients: a feasibility study[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2008, 7(6): 1035-1038. DOI: 10.1510/iccvs.2008.186742.
- [72] Sandner SE, Riebandt J, Haberl T, et al. Low-molecular-weight heparin for anti-coagulation after left ventricular assist device implantation[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2014, 33(1): 88-93. DOI: 10.1016/j.healun.2013.10.009.
- [73] Marshall D, Sanchez J, Yuzefpolskaya M, et al. Safety of reduced anti-thrombotic strategy in patients with HeartMate 3 left ventricular assist device[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2021, 40(4): 237-240. DOI: 10.1016/j.healun.2021.01.012.
- [74] Netuka I, Ivák P, Tučanová Z, et al. Evaluation of low-intensity anti-coagulation with a fully magnetically levitated centrifugal-flow circulatory pump-the MAGENTUM I study[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2018, 37(5): 579-586. DOI: 10.1016/j.healun.2018.03.002.
- [75] Bishop MA, Streiff MB, Ensor CR, et al. Pharmacist-managed international normalized ratio patient self-testing is associated with increased time in therapeutic range in patients with left ventricular assist devices at an academic medical center[J]. *Asaio J*, 2014, 60(2): 193-198. DOI: 10.1097/mat.0000000000000047.
- [76] Heneghan C, Alonso-Coello P, Garcia-Alamino JM, et al. Self-monitoring of oral anticoagulation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Lancet*, 2006, 367(9508): 404-411. DOI: 10.1016/s0140-6736(06)68139-7.
- [77] Anderson I, Wool GD, Madden W. The point-of-care INR test for vitamin K antagonist monitoring[J]. *JAMA*, 2019, 322(21): 2129-2130. DOI: 10.1001/jama.2019.15720.
- [78] Perry DJ, Fitzmaurice DA, Kitchen S, et al. Point-of-care testing in haemostasis[J]. *Br J Haematol*, 2010, 150(5): 501-514. DOI: 10.1111/j.1365-2141.2010.08223.x.
- [79] Andreas M, Moayedifar R, Wieselthaler G, et al. Increased thromboembolic events with dabigatran compared with vitamin K antagonism in left ventricular assist device patients: a randomized controlled pilot trial[J]. *Circ Heart Fail*, 2017, 10(5): e003709. DOI: 10.1161/circheartfailure.116.003709.
- [80] Pereira NL, Chen D, Kushwaha SS, et al. Discontinuation of antithrombotic therapy for a year or more in patients with continuous-flow left ventricular assist devices[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2010, 11(4): 503-505. DOI: 10.1510/iccvs.2010.240747.
- [81] Mehra MR, Crandall DL, Gustafsson F, et al. Aspirin and left ventricular assist devices: rationale and design for the international randomized, placebo-controlled, non-inferiority ARIES HM3 trial[J]. *Eur J Heart Fail*, 2021, 23(7): 1226-1237. DOI: 10.1002/ehf.2275.
- [82] Kusne S, Mooney M, Danziger-Isakov L, et al. An ISHLT consensus document for prevention and management strategies for mechanical circulatory support infection[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2017, 36(10): 1137-1153. DOI: 10.1016/j.healun.2017.06.007.
- [83] Bratzler DW, Dellinger EP, Olsen KM, et al. Clinical practice guidelines for antimicrobial prophylaxis in surgery[J]. *Surg Infect (Larchmt)*, 2013, 14(1): 73-156. DOI: 10.1089/sur.2013.9999.
- [84] Husain S, Sole A, Alexander BD, et al. The 2015 International Society for Heart and Lung Transplantation Guidelines for the management of fungal infections in mechanical circulatory support and cardiothoracic organ transplant recipients: executive summary[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2016, 35(3): 261-282. DOI: 10.1016/j.healun.2016.01.007.
- [85] Cagliostro B, Levin AP, Fried J, et al. Continuous-flow left ventricular assist devices and usefulness of a standardized strategy to reduce drive-line infections[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2016, 35(1): 108-114. DOI: 10.1016/j.healun.2015.06.010.
- [86] Son AY, Stein LH, Deanda A, et al. Impact of chlorhexidine gluconate intolerance on driveline infection during chronic HeartMate II left ventricular assist device support[J]. *Int J Artif Organs*, 2017, 39(11): 570-574. DOI: 10.5301/ijao.5000539.
- [87] Tung R, Ozcan C. Atrial arrhythmias in patients with left ventricular assist devices: to treat or not to treat?[J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2019, 5(4): 467-469. DOI: 10.1016/j.jacep.2019.02.007.
- [88] Hickey KT, Garan H, Mancini DM, et al. Atrial fibrillation in patients with left ventricular assist devices: incidence, predictors, and clinical outcomes[J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2016, 2(7): 793-798. DOI: 10.1016/j.jacep.2016.03.009.
- [89] Deshmukh A, Kim G, Burke M, et al. Atrial arrhythmias and electroanatomical remodeling in patients with left ventricular assist devices[J]. *J Am Heart Assoc*, 2017, 6(3): e005340 DOI: 10.1161/jaha.116.005340.
- [90] Xia Y, Stern D, Friedmann P, et al. Preoperative atrial fibrillation may not increase thromboembolic events in left ventricular assist device recipients on midterm follow-up[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2016, 35(7): 906-912. DOI: 10.1016/j.healun.2016.03.003.
- [91] Noll AE, Adewumi J, Amuthan R, et al. Atrial tachyarrhythmias among patients with left ventricular assist devices: prevalence, clinical outcomes, and impact of rhythm control strategies[J]. *JACC Clin*

- Electrophysiol, 2019, 5(4): 459-466. DOI: 10.1016/j.jacep.2018.11.016.
- [92] L Gilge J, Ahmed A, A Clark B, et al. Rate control versus rhythm control in patients with left ventricular assist devices and atrial fibrillation[J]. *J Atr Fibrillation*, 2021, 13(6): 20200474. DOI: 10.4022/jafib.20200474.
- [93] Fauchier L, Grimard C, Pierre B, et al. Comparison of beta blocker and digoxin alone and in combination for management of patients with atrial fibrillation and heart failure[J]. *Am J Cardiol*, 2009, 103(2): 248-254. DOI: 10.1016/j.amjcard.2008.09.064.
- [94] Kirchhof P, Benussi S, Kotecha D, et al. 2016 ESC guidelines for the management of atrial fibrillation developed in collaboration with EACTS[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2016, 50(5): e1-e88. DOI: 10.1093/ejcts/ezw313.
- [95] Raasch H, Jensen BC, Chang PP, et al. Epidemiology, management, and outcomes of sustained ventricular arrhythmias after continuous-flow left ventricular assist device implantation[J]. *Am Heart J*, 2012, 164(3): 373-378. DOI: 10.1016/j.ahj.2012.06.018.
- [96] 杜娟, 陈晨, 邹亮, 等. 植入左心室辅助装置患者术后发生室性心律失常的术前危险因素分析 [J]. *中华心力衰竭和心肌病杂志*, 2022, 6(2): 112-119. DOI: 10.3760/cma.j.cn101460-20220525-00052.
- [97] Refaat M, Chemaly E, Lebeche D, et al. Ventricular arrhythmias after left ventricular assist device implantation[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2008, 31(10): 1246-1252. DOI: 10.1111/j.1540-8159.2008.01173.x.
- [98] Efimova E, Fischer J, Bertagnolli L, et al. Predictors of ventricular arrhythmia after left ventricular assist device implantation: a large single-center observational study[J]. *Heart Rhythm*, 2017, 14(12): 1812-1819. DOI: 10.1016/j.hrthm.2017.07.027.
- [99] Vollkron M, Voitl P, Ta J, et al. Suction events during left ventricular support and ventricular arrhythmias[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2007, 26(8): 819-825. DOI: 10.1016/j.healun.2007.05.011.
- [100] Milano CA, Simeone AA, Blue LJ, et al. Presentation and management of left ventricular assist device inflow cannula malposition[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2011, 30(7): 838-840. DOI: 10.1016/j.healun.2011.03.003.
- [101] Pedretti S, Cipriani M, Bonacina E, et al. Refractory ventricular tachycardia caused by inflow cannula mechanical injury in a patient with left ventricular assist device: catheter ablation and pathological findings[J]. *J Arrhythm*, 2017, 33(5): 494-496. DOI: 10.1016/j.joa.2017.04.007.
- [102] Santangeli P, Muser D, Maeda S, et al. Comparative effectiveness of antiarrhythmic drugs and catheter ablation for the prevention of recurrent ventricular tachycardia in patients with implantable cardioverter-defibrillators: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Heart Rhythm*, 2016, 13(7): 1552-1559. DOI:10.1016/j.hrthm.2016.03.004.
- [103] Richardson TD, Hale L, Arteaga C, et al. Prospective randomized evaluation of implantable cardioverter-defibrillator programming in patients with a left ventricular assist device[J]. *J Am Heart Assoc*, 2018, 7(5): e007748. DOI: 10.1161/jaha.117.007748.
- [104] Patel M, Rojas F, Shabari FR, et al. Safety and feasibility of open chest epicardial mapping and ablation of ventricular tachycardia during the period of left ventricular assist device implantation[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2016, 27(1): 95-101. DOI: 10.1111/jce.12839.
- [105] Garan AR, Iyer V, Whang W, et al. Catheter ablation for ventricular tachyarrhythmias in patients supported by continuous-flow left ventricular assist devices[J]. *Asaio J*, 2014, 60(3): 311-316. DOI: 10.1097/mat.0000000000000061.
- [106] Herweg B, Ilercil A, Kristof-Kuteyeva O, et al. Clinical observations and outcome of ventricular tachycardia ablation in patients with left ventricular assist devices[J]. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2012, 35(11): 1377-1383. DOI:10.1111/j.1540-8159.2012.03509.x.
- [107] Galand V, Flécher E, Auffret V, et al. Early ventricular arrhythmias after LVAD implantation is the strongest predictor of 30-day post-operative mortality[J]. *JACC Clin Electrophysiol*, 2019, 5(8): 944-954. DOI: 10.1016/j.jacep.2019.05.025.
- [108] Peberdy MA, Gluck JA, Ornato JP, et al. Cardiopulmonary resuscitation in adults and children with mechanical circulatory support: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2017, 135(24): e1115-e34. DOI: 10.1161/cir.0000000000000504.
- [109] Givertz MM, Defilippis EM, Colvin M, et al. HFSA/SAEM/ISHLT clinical expert consensus document on the emergency management of patients with ventricular assist devices[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2019, 38(7): 677-698. DOI: 10.1016/j.healun.2019.05.004.
- [110] Shinar Z, Bellezzo J, Stahovich M, et al. Chest compressions may be safe in arresting patients with left ventricular assist devices (LVADs)[J]. *Resuscitation*, 2014, 85(5): 702-704. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2014.01.003.
- [111] Kirklin JK, Pagani FD, Kormos RL, et al. Eighth annual INTERMACS report: special focus on framing the impact of adverse events[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2017, 36(10): 1080-1086. DOI: 10.1016/j.healun.2017.07.005.
- [112] Kormos RL, Antonides CFJ, Goldstein DJ, et al. Updated definitions of adverse events for trials and registries of mechanical circulatory support: A consensus statement of the mechanical circulatory support academic research consortium[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2020, 39(8): 735-750. DOI: 10.1016/j.healun.2020.03.010.
- [113] Matsumoto M, Oka Y, Strom J, et al. Application of transesophageal echocardiography to continuous intraoperative monitoring of left ventricular performance[J]. *Am J Cardiol*, 1980, 46(1): 95-105. DOI: 10.1016/0002-9149(80)90611-6.
- [114] Quader M, Lapar DJ, Wolfe L, et al. Delayed sternal closure after continuous flow left ventricle assist device implantation: analysis of risk factors and impact on outcomes and costs[J]. *Asaio J*, 2016, 62(4): 432-437. DOI: 10.1097/mat.0000000000000384.
- [115] Yanagida R, Rajagopalan N, Davenport DL, et al. Delayed sternal closure does not reduce complications associated with coagulopathy and right ventricular failure after left ventricular assist device implantation[J]. *J Artif Organs*, 2018, 21(1): 46-51. DOI: 10.1007/s10047-017-0996-z.
- [116] Stulak JM, Romans T, Cowger J, et al. Delayed sternal closure does not increase late infection risk in patients undergoing left ventricular assist device implantation[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2012, 31(10): 1115-1119. DOI: 10.1016/j.healun.2012.08.015.
- [117] Vivo RP, Cordero-Reyes AM, Qamar U, et al. Increased right-to-left ventricle diameter ratio is a strong predictor of right ventricular failure after left ventricular assist device[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2013, 32(8): 792-799. DOI: 10.1016/j.healun.2013.05.016.
- [118] Anavekar NS, Gerson D, Skali H, et al. Two-dimensional assessment of right ventricular function: an echocardiographic-MRI correlative

- study[J]. Echocardiography, 2007, 24(5): 452-456. DOI: 10.1111/j.1540-8175.2007.00424.x.
- [119] Raina A, Seetha Rammohan HR, Gertz ZM, et al. Postoperative right ventricular failure after left ventricular assist device placement is predicted by preoperative echocardiographic structural, hemodynamic, and functional parameters[J]. J Card Fail, 2013, 19(1): 16-24. DOI: 10.1016/j.cardfail.2012.11.001.
- [120] Rosenbaum AN, Ternus BW, Stulak JM, et al. Optimal hemodynamics and risk of severe outcomes post-left ventricular assist device implantation[J]. Asaio J, 2022, 68(3): 325-332. DOI: 10.1097/mat.0000000000001465.
- [121] Morine KJ, Kiernan MS, Pham DT, et al. Pulmonary artery pulsatility index is associated with right ventricular failure after left ventricular assist device surgery[J]. J Card Fail, 2016, 22(2): 110-116. DOI: 10.1016/j.cardfail.2015.10.019.
- [122] Kapelios CJ, Lund LH, Wever-Pinzon O, et al. Right heart failure following left ventricular device implantation: natural history, risk factors, and outcomes: an analysis of the STS INTERMACS database[J]. Circ Heart Fail, 2022, 15(6): e008706. DOI: 10.1161/circheartfailure.121.008706.
- [123] Takeda K, Naka Y, Yang JA, et al. Timing of temporary right ventricular assist device insertion for severe right heart failure after left ventricular assist device implantation[J]. Asaio J, 2013, 59(6): 564-569. DOI:10.1097/MAT.0b013e3182a816d1.
- [124] Eulert-Grehn JJ, Lanmüller P, Schönraht F, et al. Two implantable continuous-flow ventricular assist devices in a biventricular configuration: technique and results[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2018, 27(6): 938-942. DOI: 10.1093/icvts/ivy228.
- [125] Bhama JK, Bansal U, Winger DG, et al. Clinical experience with temporary right ventricular mechanical circulatory support[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2018, 156(5): 1885-1891. DOI:10.1016/j.jtcvs.2018.04.094.
- [126] Chamogeorgakis T, Toumpoulis I, Bonios MJ, et al. Treatment strategies and outcomes of right ventricular failure post left ventricular assist device implantation: an INTERMACS analysis[J]. Asaio J, 2024, 70(4): 264-271. DOI: 10.1097/mat.0000000000002105.
- [127] Vierecke J, Gahl B, De By T, et al. Results of primary biventricular support: an analysis of data from the EUROMACS registry[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2019, 56(6): 1037-1045. DOI: 10.1093/ejcts/ezz173.
- [128] Loforte A, Stepanenko A, Potapov EV, et al. Temporary right ventricular mechanical support in high-risk left ventricular assist device recipients versus permanent biventricular or total artificial heart support[J]. Artif Organs, 2013, 37(6): 523-530. DOI:10.1111/aor.12038.
- [129] Fitzpatrick JR, 3rd, Frederick JR, Hiesinger W, et al. Early planned institution of biventricular mechanical circulatory support results in improved outcomes compared with delayed conversion of a left ventricular assist device to a biventricular assist device[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2009, 137(4): 971-977. DOI:10.1016/j.jtcvs.2008.09.021.
- [130] Morgan JA, Go PH, Xuereb L, et al. Outcomes on continuous flow left ventricular assist devices: a single institutional 9-year experience[J]. Ann Thorac Surg, 2016, 102(4): 1266-1273. DOI:10.1016/j.athoracsur.2016.03.026.
- [131] Wang Y, Simon MA, Bonde P, et al. Decision tree for adjuvant right ventricular support in patients receiving a left ventricular assist device[J]. J Heart Lung Transplant, 2012, 31(2): 140-149. DOI: 10.1016/j.healun.2011.11.003.

(收稿日期:2024-04-19)

(编辑:许菁)

读者·作者·编者

**2023 年版中国科学技术信息研究所科技论文统计结果
——2022 年《中国循环杂志》核心影响因子 4.495, 在医学类期刊中排名第一,
2021、2022 年连续两年入选中国百种杰出学术期刊**

中国科学技术信息研究所《2023 年版中国科技期刊引证报告(核心版)自然科学卷》发布的 2022 年中国科技论文统计结果显示:2022 年《中国循环杂志》核心影响因子 4.495, 在医学类期刊中排名第一;综合评价总分 78.6 分;核心影响因子和综合评价总分均在 22 种心血管病学类期刊中排名第一;2021、2022 年连续两年入选中国百种杰出学术期刊。中国知网、中国科学文献计量评价研究中心出版的《中国学术期刊影响因子年报》117 种内科学期刊中排名第一。《中国循环杂志》社于 2023 年入选国家新闻出版署“出版融合发展

特色示范单位”。

近几年,《中国循环杂志》核心影响因子不断升高,这是广大作者和读者支持和厚爱、编委会各位专家严谨和认真、杂志社领导严抓稿件质量、编辑部同仁认真负责工作的结晶。

《中国循环杂志》是中文核心期刊和中国科技核心期刊,以从事心血管病学和相关学科的专业临床医师、科研和教学人员为读者对象,设有指南与共识、专题报道、述评、论著、病例报告、综述、学习园地等栏目,诚请广大作者和读者踊跃投稿和订阅。

《中国循环杂志》编辑部