

左心室辅助装置并发症及其研究进展

刘奕杨^{1*}, 蔡国强², 杨 宁³

¹温州医科大学第一临床医学院(信息与工程学院), 浙江 温州

²济宁医学院附属医院心脏重症医学科, 山东 济宁

³济宁医学院附属医院健康管理中心, 山东 济宁

收稿日期: 2026年7月18日; 录用日期: 2026年8月11日; 发布日期: 2026年8月20日

摘 要

心力衰竭会导致左心功能降低, 随着病情的发展, 患者会出现呼吸困难, 急性肺水肿, 心源性休克等症状。左心室辅助装置(Left Ventricular Assist Devices, LVAD)是晚期心力衰竭的常见治疗方法。这是一个与心脏相连的小型设备, 采用机械循环支持的形式, 帮助心脏将富含氧气的血液泵送至全身。心力衰竭患病率持续上升, 若只依靠药物治疗只会增加死亡的风险。且随着人口老龄化现象加剧, 心力衰竭的患者也随之增多, 但由于供体数量有限, LVAD在终末期心力衰竭的治疗中具有不可替代的作用。深入了解LVAD的并发症有助于更好的预防和治疗, 提前干预和筛查。因此, 着力解决LVAD带来的并发症问题, 并且更好的进行术前的评估和术后的预后才能使LVAD进一步的为心力衰竭的患者提供便利。LVAD相关的并发症主要有右心衰竭(Right Ventricular Failure, RVF)、胃肠道出血、脑卒中、感染、主动脉瓣反流、心律失常和一些较罕见的并发症。本篇综述详细归纳使用LVAD后的并发症, 并总结了相应并发症的解决方案。

关键词

心力衰竭, 左心室辅助系统, 人工心脏, 并发症, 预后管理, 术前评估

Left Ventricular Assist Device Complications: A Review of Recent Advances

Yiyang Liu^{1*}, Guoqiang Cai², Ning Yang³

¹The First Clinical Medical College (School of Information and Engineering), Wenzhou Medical University, Wenzhou Zhejiang

²Cardiology Intensive Care Medicine Department ICU, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining Shandong

³Health Checkup Center, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining Shandong

Received: July 18, 2026; accepted: August 11, 2026; published: August 20, 2026

*第一作者。

文章引用: 刘奕杨, 蔡国强, 杨宁. 左心室辅助装置并发症及其研究进展[J]. 临床个性化医学, 2026, 5(4): 401-409.
DOI: 10.12677/jcpm.2026.54264

Abstract

Heart failure leads to reduced left ventricular function, and as the condition progresses, patients may experience symptoms such as dyspnea, acute pulmonary edema, and cardiogenic shock. The Left Ventricular Assist Device (LVAD) is a common treatment for advanced heart failure. It is a small mechanical circulatory support device connected to the heart, helping it pump oxygen-rich blood throughout the body. The prevalence of heart failure continues to rise, and relying solely on medication only increases the risk of mortality. Moreover, with the intensification of population aging, the number of heart failure patients is increasing. However, due to the limited availability of donor hearts, LVAD plays an irreplaceable role in the treatment of end-stage heart failure. A deeper understanding of LVAD-related complications can contribute to better prevention, treatment, early intervention, and screening. Therefore, addressing the complications associated with LVAD and improving preoperative evaluation and postoperative prognosis are essential to further enhance the benefits LVAD provides for heart failure patients. Common complications related to LVAD include right ventricular failure (RVF), gastrointestinal bleeding, stroke, infection, aortic regurgitation, arrhythmias, and some rarer complications. This review provides a detailed summary of the complications following LVAD use and outlines corresponding management strategies.

Keywords

Heart Failure, Left Ventricular Assist System, Artificial Heart, Complications, Outcome Management, Preoperative Evaluation

Copyright © 2026 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. 前言

心力衰竭作为多种器质性心脏病发展的终末期表现，其发病率伴随人口老龄化进程而持续上升，已成为我国心血管疾病领域面临的重大公共卫生挑战。在现有临床治疗策略中，药物治疗虽可延缓疾病进展，但疗效有限；心脏移植则因供体严重短缺而难以满足临床需求。在此背景下，左心室辅助装置(Left Ventricular Assist Device, LVAD)作为机械循环支持体系的核心技术，为终末期心力衰竭患者提供了重要的治疗选择，显著改善了患者的近期与远期生存率。然而，LVAD 术后并发症发生率较高，不仅增加患者不良预后的风险，也严重制约了该技术的临床推广与应用，亟待通过系统性研究加以突破。本文以 LVAD 术后并发症为核心切入点，依据其病理生理特点，将并发症分为以下五类进行系统阐述：血流动力学相关并发症、血液相容性相关并发症、感染性并发症、心律失常及其他罕见并发症。通过梳理各类并发症的发生机制与危险因素，并结合近年国内外临床研究及基础实验进展，本文进一步归纳了涵盖术前风险评估、术中操作优化及术后多学科协作管理的综合防治策略。通过整合现有研究成果，构建 LVAD 并发症防治的理论框架与临床实践路径，以期为国内心血管专科医师提供循证医学参考，并为我国机械循环支持技术的临床转化与推广应用奠定基础。

2. 右心室衰竭

LVAD 放置后右心室衰竭的发病率显著提高，约为 50%。右心室衰竭是一种与左心室衰竭发病率相同的病理情况，其病因包括心肌梗死、急性呼吸窘迫综合征、肺栓塞、心肌炎、心包炎、心律失常和肺动

脉高压等多种原因[1]。心力衰竭指的是人体心脏部位因为收缩功能与舒张功能发生障碍,进而导致患者静脉回心血量不能充分排出心脏,静脉血液不断淤积,将会使动脉系统中的血液灌注不足,最终引发心脏循环障碍症候群[2]。还包括心肌功能的急性或慢性异常。右心室衰竭导致死亡多发于 LVAD 植入的前几个月,解决这一问题对于患者对左心室辅助装置(Left Ventricular Assist Device, LVAD)的使用十分重要。右心室是一个新月形的腔室,其游离壁很薄[3]右心室衰竭的发生包括左心室压力长期升高导致肺血管的重塑会导致右心室的负荷增加[4]。一般来说,肺血管阻力小于全身血管阻力的十分之一,使其能够适应容积而非压力的变化。右心室的新月形使其对急性后负荷增加的耐受性大大降低。后负荷的增加(如肺栓塞,缺氧和酸中毒),肺血管阻力增大,与 LVAD 放置后右心室的衰竭有关。手术期间给予静脉输液和血液制品后关闭胸腔也有可能引起 LVAD 放置后立即出现右心室功能障碍[4]。了解这些对放置 LVAD 患者的筛查和手术操作和防护十分重要。另外,室间隔移位和全身循环血流增加(尤其在泵速较高的情况下),对 LVAD 受体的右心室功能和右心室衰竭有着影响,但其程度仍然尚不明确[5]。心肌炎和心肌缺血等导致右心室收缩能力受损的情况也会导致右心室衰竭的突然发生[3]。LVAD 后的右心室衰竭是左心室负荷快速增加和室间隔从右到左移动的结果[4]。全面深刻的了解并减轻 LVAD 植入后的右心室衰竭是 LVAD 治疗的重要组成部分。

3. 胃肠道出血

过去十年,随着 LVAD 植入数量的明显增加,胃肠道出血的发病率的报道也明显升高。胃肠道出血是 LVAD 植入后最常见和最顽固的长期并发症之一,发生率接近 30% [6]。出血常具有复发性,原因有上消化道的动静脉畸形、抗血小板和维生素 K 拮抗剂联合治疗、纤维蛋白溶解途径激活、获得性血管性血友病因子缺乏以及由于泵转速增加而容易发生小肠血管发育不良[7]。主要是由位于上消化道的动静脉畸形引起的[8]。动静脉畸形的形成是由于缺乏搏动,血液持续流经连续血流左心室辅助装置(Continuous-Flow Left Ventricular Assist Device, CF-LVADS)时,搏动性通常会显著降低[9],这也会引起脉压降低从而导致胃肠道粘膜灌注不足,从而导致易出血的脆性血管新生血管[10],进一步会导致胃出血。也有文章提出,CF-LVAD 引起出血风险增加,主要是由于凝血级联反应的激活[8]患者中消化道出血患病率的增加归因于多种病因,包括归因于设备本身的因素和外部因素,例如使用抗凝药[8]和抗血小板药物。晚期心力衰竭和 LVAD 放置患者的常用药物包括 β 受体阻滞剂、ACE 抑制剂和钙通道阻滞剂,所有这些都可能影响血小板功能[11]。但使用药物并不是导致胃肠道出血的最主要的因素。也因此,术前对患者的凝血系统进行筛查十分重要。获得性血管性血友病综合征是 CF-LVAD 患者胃肠道出血机制的基本组成部分[9]。血小板聚集受损被认为是 LVAD 与胃肠道出血相关的一种促成机制[6]血小板聚集受损的部分原因是与人造材料的相互作用和血流通过 LVAD [12]。另外,纤溶可能也是导致胃肠道出血的原因。老年终末期心力衰竭患者的纤维蛋白溶解系统激活增强[7],但仍然需要进一步研究分析来评估心力衰竭患者纤维蛋白溶解触发机制的其他因素。此外值得注意的是连续性左心室辅助装置物理方面对体内蛋白质的损害。CF-LVAD 的叶轮机制会导致血管性血友病因子(Von Willebrand Factor, VWF)变形,蛋白水解和 HMW VWF 多聚物缺乏,这是导致胃出血的促成性因素[13]。在治疗方面,胃肠道出血的首选治疗方法是内镜检查,其中上消化道内镜检查的诊断率最高。深刻了解胃肠道出血的发病原因和机理以及预后对及时防止出血的发生和筛查十分重要,也对 LVAD 的长期应用有着深远的意义。

4. 脑卒中

血液相容性不良事件包括泵血栓的形成、缺血性出血性卒中以及自发性非手术性出血[14]。泵血栓的形成最常见的原因是机械性阻塞。这可能是由于纵隔组织压迫、流出移植扭曲或扭结引起的[15]。对

LVAD 血栓形成的最彻底和有效的治疗方法是更换泵, 建议进行积极的抗血小板治疗以防止复发。在 LVAD 植入后的并发症中, 脑卒中一直以来都是不容忽视的问题。卒中分为缺血性卒中和出血性卒中[16]。据统计, 大约 11% 的患者在中位随访 9.8 个月时至少有一次卒中[17]。接受 LVAD 植入时缺血性脑卒中的发生率较高。出血性脑卒中的致残率或致死率更高。其中, 围术期缺血性卒中是 LVAD 植入后 14 d 内发生的卒中, 可能与术中血流动力学并发症、术后心律失常或围术期栓塞时间有关[18]。脑卒中的发生有许多高危风险因素。已报告患者中风风险因素包括高血压、乳酸脱氢酶升高的溶血、泵血栓的形成、感染和抗凝血强度[19]。以及身体内激素的调节。血栓的形成是脑卒中形成的重要原因[20]。形成中风的感染中 LVAD 植入感染, 泵入时的感染和出血性感染是出血和缺血性卒中中高发的重要因素, 而伤口感染和传动系统的感染对卒中的发生关联不太明[21]。患者术后如进行抽烟等引发高血压, 仍会导致卒中的发生。自身抗凝系统也会影响卒中的发生。因此, 制定个体化的抗凝策略, 准确识别和把控卒中相关危险因素有助于减少 LVAD 术后卒中的发生[22]。常见的用于脑卒中的口服抗凝药物利伐沙班、阿哌沙班、艾多沙班、达比加群酯, 在有效性和安全性方面效果优。与男性相比, 女性患者中激素信号传导导致 LVAD 介导的内皮功能障碍的上调更大[23]。进一步的研究对于更好的了解并预防脑卒中以及更好的进行 LVAD 的预后具有重要意义。未来的研究应进一步的说明治疗和生存结果之间的关[23]并更好的阐释清植入 LVAD 后脑卒中的发病机制。但是随着技术的发展, 该领域过渡到了使用连续 CF-LVAD, 此设备的出现使卒中的 2 年生存率大幅度提高[24]。也为 LVAD 未来更好的发展带来希望。

5. 感染

目前来说, LVAD 患者的感染仍然是患者再次心衰和术后死亡的主要原因, 并且有较高的复发率[25]。高达三分之一的再住院与感染并发症有关[26]。LVAD 植入患者的感染进一步分为传动系统、泵、泵袋和血流感染。最致命的感染是传动系统感染, 传动系统是向设备传输动力所必须的[27]。微生物生物膜的形成是传动系统感染的主要致病因素。在微生物学领域, LVAD 相关感染的最常见的原因是金黄色葡萄球菌, 耐甲氧西林黄色葡萄球菌, 铜绿假单胞菌和凝固酶阴性葡萄球菌[28]。除传动系统的感染外, 泵或袋的感染主要是深部软组织感染。但另有研究发现, 也是感染患者更罕见的胃肠道革兰氏阴性病原体。患者感染革兰氏阴性病原体, 导致结肠穿孔[29]。目前也有一些文献调查了传动系统出口部位的护理[28]。了解发生感染的菌种才能更好的治疗和抵御感染的发生。对于感染最重要的是预防, 如采用 2019 年制定的 VAD 患者的标准护理程序。防止感染发生的主要途径是减少微生物的来源, 如采用无菌技术等。感染后可以采用清创或手术处理, 也可以采用口服抗生素抑制处理[30] LVAD 感染的诊断和治疗仍然具有挑战性。

6. 动脉瓣反流

晚期心力衰竭患者在植入 LVAD 后的主动脉瓣疾病仍然是需要考虑的重要疾病。在 INTERMACS 数据库中, 有多达 10.7% 的患者发生主动脉反流这一并发症。对生存严重威胁[31]而其发生的潜在机制可能是多因素的, 包括主动脉瓣瓣叶的变化、主动脉根部生物力学的改变和左心室过度负荷, 共同促进心瓣三角段的重塑和连合融合[32]。主动脉瓣关闭不全发生时间不定, 可能在 LVAD 植入前出现, 也可能在 LVAD 支持期间新发[33]。发生主动脉反流的因素有很多, 包括年龄、性别、体表面积、高血压、主动脉根部直径大小、永久性闭合房室和支撑持续时间[32]。这些都对更好的预防和治疗主动脉反流具有重要意义。在病理生理学上虽然自发性二尖瓣和三尖瓣疾病在 LVAD 置入前的心力衰竭患者中更常见, 但主动脉瓣在 LVAD 置入期间和之后更有可能在 LVAD 患者中产生异常的病理生理学[34]。主动脉瓣反流的病理生理学较为复杂, 如果总心输出量主要来自左心室, 则左心室壁压力降低, 但整个心动周期内房室的

压力负荷增加，从而导致瓣膜内皮创伤和瓣膜恶化[33]。目前主动脉反流的治疗方法包括中央主动脉瓣缝合、主动脉瓣完全闭合、心室 - 主动脉交界处、补片闭合或使用生物假体置换主动脉瓣，经导管治疗主动脉瓣反流最近已成为解决主动脉瓣反流问题的可行方式[35]。需要注意的是手术后要注意避免多器官衰竭和脓毒症的发生。另外，超声心动图指导下的泵速调整仍是植入后优化主动脉瓣功能状态的主要方法[36]。深度了解主动脉瓣反流对于更好地对患者进行预后处理具有重要意义。心脏瓣膜的反流还包括三尖瓣反流，三尖瓣反流终末期心力衰竭的常见并发症。左心室功能障碍引起的肺静脉压升高可导致右心室和三尖瓣环进行性扩张，从而导致功能性三尖瓣反流[37]。因此，更好的了解主动脉反流的患者以及做出及时的干预是十分有必要的。对于将要接受治疗的患者或者有心脏移植可逆禁忌症的患者在 LVAD 植入的过程中纠正轻度的主动脉反流是合理的[35]。与此时也说明，在 LVAD 设备不断进步和改进的同时做好术后护理和即使发现术后并发症对于患者治疗具有重要的意义。

7. 心律失常

心律失常的风险在 LVAD 植入后很常见。植入 LVAD 后常见的心律失常包括室性心律失常和房性心律失常。据报道，LVAD 患者的室性心律失常的发生率在 22%~59%之间[38]。房性心律失常也可能导致严重的症状和结果，其在 LVAD 受者中的患病率为 21%至 50% [39]。电解质失衡、肌力药物、离子通道表达变化和术后钙处理可诱导室性心律失常。治疗室性心律失常可以使用药物治疗。抗心律失常药物包括胺碘酮、美西汀和 β 受体阻滞剂通常是心律失常的主要治疗方法[38]。也可以通过手术植入进行治疗[38]。房性心律不齐通常发生在需要植入左心室辅助装置(LVAD)的晚期心力衰竭伴射血分数降低患者中[40]。考虑到心力衰竭的自然病史，在 LVAD 植入后维持心血管可植入的电子设备监测和治疗是常见的做法[41]。总体看来，LVAD 患者的围手术期治疗心律不齐问题需要全面评估心律失常类型、血栓栓塞/出血风险和预后影响，以给予 LVAD 患者良好的恢复。

8. 罕见并发症

LVAD 植入后，一些罕见的并发症例如左心室假性动脉瘤是 LVAD 装置渗漏的并发症[42]，以及存在一些神经性的并发症和肺部的并发症。肺部并发症可以通过增加氧合器处理[43]在预负荷不理想的情况下(肺动脉高压升高，左室功能障碍或衰竭，出血或利尿引起的低血容量)或 LVAD 卸载过度(由于 LVAD 流速过高)流入管的负压可以吸引隔膜或者左室游离壁。这些事件称为“抽吸事件”，也会导致持续的心力衰竭[44]。另外在细胞水平上，CF-LVAD 会导致内皮功能障碍，这种功能障碍发生在植入后的早期，随着时间的推移而恶化，并与该人群的不良心血管事件有关[41]。

各并发症核心信息总结：

并发症	发生率	关键危险因素	一级预防	二级预防
右心室衰竭	约 50%	肺血管重塑 后负荷骤增 室间隔移位	术前评估右心功能 优化容量状态	调整泵速 利尿 血管扩张剂
胃肠道出血	接近 30%	动静脉畸形 vWF 缺乏 搏动性丧失	术前凝血筛查 个体化抗凝	内镜诊疗 控制泵速
脑卒中	约 11%	高血压 溶血：泵血栓 感染 抗凝不当	术前控压 精细抗凝 无菌操作	个体化抗凝 戒烟控压 抗感染

续表

感染	再住院 1/3 相关	传动系统生物膜 金葡菌/铜绿假单胞菌	无菌技术 出口标准护理 术前清除感染灶	抗生素 清创 靶向治疗
主动脉瓣反流	10.7%	高龄/高血压 根部直径大 支持时间长 瓣叶融合	术前超声评估 轻度同期处理 控压	泵速优化 经导管介入 瓣膜手术
心律失常	室性 22%~59%; 房性 21%~50%	电解质失衡 肌力药物 离子通道异常	纠正电解质 优化心衰药物	抗心律失常药 手术/器械治疗
罕见并发症	个案报道	假性动脉瘤 抽吸事件 内皮功能障碍	精确放置流入管 避免过度卸载	氧合器支持 超声监测 长期随访

9. LVAD 围手术期管理

针对上述并发症的发生，构建覆盖术前、术中、术后及长期随访的全流程管理路径，对于实现风险的早期识别、精准干预和持续优化有着重要意义。以下根据临床时间线，将分散的防治措施有机整合为系统性策略对于患者预后具有重要意义。

术前评估与优化：术前阶段的核心在于筛选适宜患者、识别高危因素并提前干预，以降低术后并发症风险。首先，右心功能评估至关重要，因术后右心室衰竭发生率高达 50%。应常规行超声心动图评估右心室大小、室间隔运动及三尖瓣反流程度，并结合血流动力学参数(如中心静脉压、肺血管阻力)进行综合判断。对于右心功能储备不足者，可术前给予利尿剂、血管扩张剂或正性肌力药物优化容量状态和后负荷。其次，凝血系统筛查应作为常规项目，包括血小板功能、血管性血友病因子活性及多聚体分析，以预判术后胃肠道出血及卒中风险。术前还应评估主动脉瓣功能，若存在中度以上主动脉瓣反流，需考虑同期手术处理。感染风险筛查亦不可忽视，需彻底清除潜在的感染灶(如牙周病、皮肤溃疡)，并优化营养状态，为术后免疫防御奠定基础。

术中关键技术：术中操作直接影响术后血流动力学稳定与器械功能。首要原则是精确放置流入管，确保其轴线对准二尖瓣口，避免过度向左室游离壁倾斜，以减少术后“抽吸事件”和左室假性动脉瘤形成。术中应通过经食管超声实时监测室间隔位置及右心室充盈状态，指导泵速设定，避免因左心室过度卸载导致室间隔右移而诱发急性右心衰竭。对于术前合并主动脉瓣反流者，可在植入 LVAD 同期行中央瓣叶缝合或生物瓣置换，以消除后续进行性反流的隐患。术中需严格控制容量负荷，避免大量晶体液输注，以减少胸腔关闭后右心室前负荷骤增引发的功能障碍。此外，无菌操作技术应贯穿全程，减少术中污染源，为降低术后传动系统及泵袋感染提供第一道防线。

术后早期监测与管理：术后早期(围术期至出院前)是并发症高发窗口，需建立多维度监测体系。血流动力学方面，应连续监测中心静脉压、肺动脉楔压及心输出量，动态调整泵速和血管活性药物，维持右心室-左心室平衡。若出现右心功能恶化，可采用利尿、吸入性一氧化氮或米力农降低肺血管阻力。抗凝管理需个体化启动，通常在术后 24~48 小时开始使用肝素，逐步过渡至维生素 K 拮抗剂，并定期监测 INR 及乳酸脱氢酶水平，以平衡血栓与出血风险。胃肠道出血的早期识别依赖于粪便隐血监测及血红蛋白趋势分析，一旦可疑，应优先行上消化道内镜检查。感染防控方面，每日评估传动系统出口部位，严格执行无菌换药流程，监测体温及炎症指标，早期识别金黄色葡萄球菌等常见病原体感染。心律失常监

测需依赖连续心电监护，术后新发房性或室性心律失常应及时纠正电解质紊乱并酌情使用胺碘酮等药物。超声心动图应定期复查主动脉瓣开放状态及反流程度，指导泵速再优化。

长期多学科随访：出院后进入长期随访阶段，需由心衰专科医师、心脏外科医师、护理协调员、营养师及心理医师组成多学科团队协同管理。随访内容涵盖抗凝强度的持续动态调整，尤其需根据患者出血事件、血栓并发症及生活方式变化进行个体化修正。感染风险的长期管理强调患者教育，包括出口部位日常清洁、识别感染早期症状及紧急联系方式。对于既往发生卒中者，需强化血压控制、戒烟干预及抗凝方案优化。心理支持与康复训练同样重要，帮助患者恢复日常活动能力并提高治疗依从性。此外，应建立系统的数据登记与随访档案，为远期预后评估及器械调整提供循证依据，并为可能的桥接移植或装置撤除决策预留空间。

10. 总结和展望

随着心脏移植在供受体匹配方面不断细化发展，很大一部分移植候选者的生存时间比以前更长，年龄更大，基础疾病更多[45]。LVAD 在发展过程中在设备设计，材料改进和设备的尺寸上都有了明显的改进。泵体本身的安装位置从腹部 → 心尖外 → 心室内演化，手术创口更小，植入更方便，术后恢复更快，生活质量更好。并且更加微型化、智能化，信息化、个性化[46]。在今后应加强 LVAD 植入后对心脏大小、几何形状和功能进行连续监测对于确定心脏得到充分改善以允许装置脱机的患者至关重要，并且需要安全、准确和可重复的方案来监测心脏恢复情况[47]进一步加强装置的创新性设计和辅助管理可能会更好的改善 LVAD 患者的植入效果。也相信在不久的将来，LVAD 可以更好地减轻患者的痛苦。为患者带来更好的治疗体验和更高生活质量以及术后更快速的恢复。

综上所述：本文系统总结了 LVAD 临床应用中的主要并发症及其管理策略，重点探讨了血流动力学相关并发症、血液相容性相关并发症、感染性并发症、心律失常及其他罕见并发症的发生机制与防治进展。结果表明，科学规范的围术期评估、个体化抗凝策略及多学科协作管理是降低并发症、改善预后的关键。未来研究应进一步聚焦于器械技术优化、长期支持效果及精准化管理策略，以提升 LVAD 治疗的安全性及有效性，拓宽其临床应用前景。

基金项目

济宁市重点研发计划项目：2024YXNS004，2023YXNS155。

参考文献

- [1] Asakage, A., Bækgaard, J., Mebazaa, A. and Deniau, B. (2023) Management of Acute Right Ventricular Failure. *Current Heart Failure Reports*, **20**, 218-229. <https://doi.org/10.1007/s11897-023-00601-5>
- [2] 赵必乐. 心力衰竭的危害及治疗[N]. 大众健康报, 2021-09-02(020).
- [3] Leeper, B. (2020) Right Ventricular Failure. *AACN Advanced Critical Care*, **31**, 49-56. <https://doi.org/10.4037/aacnacc2020172>
- [4] Cogswell, R., John, R. and Shaffer, A. (2020) Right Ventricular Failure after Left Ventricular Assist Device. *Cardiology Clinics*, **38**, 219-225. <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2020.01.007>
- [5] Brener, M.I., Hamid, N.B., Fried, J.A., Masoumi, A., Raikhelkar, J., Kanwar, M.K., et al. (2021) Right Ventricular Pressure-Volume Analysis during Left Ventricular Assist Device Speed Optimization Studies: Insights into Interventricular Interactions and Right Ventricular Failure. *Journal of Cardiac Failure*, **27**, 991-1001. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2021.04.019>
- [6] Cushing, K. and Kushnir, V. (2016) Gastrointestinal Bleeding Following LVAD Placement from Top to Bottom. *Digestive Diseases and Sciences*, **61**, 1440-1447. <https://doi.org/10.1007/s10620-016-4123-4>
- [7] Gurvits, G.E. and Fradkov, E. (2017) Bleeding with the Artificial Heart: Gastrointestinal Hemorrhage in CF-LVAD Patients. *World Journal of Gastroenterology*, **23**, 3945-3953. <https://doi.org/10.3748/wjg.v23.i22.3945>

- [8] Del Rio-Pertuz, G. and Nair, N. (2023) Gastrointestinal Bleeding in Patients with Continuous-Flow Left Ventricular Assist Devices: A Comprehensive Review. *Artificial Organs*, **47**, 12-23. <https://doi.org/10.1111/aor.14432>
- [9] Hammer, Y., Bitar, A. and Aaronson, K.D. (2023) Gastrointestinal Bleeding on Continuous-Flow Left Ventricular Assist Device Therapy. *ESC Heart Failure*, **10**, 2214-2224. <https://doi.org/10.1002/ehf2.14433>
- [10] Wever-Pinzon, O., Selzman, C.H., Drakos, S.G., Saidi, A., Stoddard, G.J., Gilbert, E.M., *et al.* (2013) Pulsatility and the Risk of Nonsurgical Bleeding in Patients Supported with the Continuous-Flow Left Ventricular Assist Device Heartmate II. *Circulation: Heart Failure*, **6**, 517-526. <https://doi.org/10.1161/circheartfailure.112.000206>
- [11] Baghai, M., Heilmann, C., Beyersdorf, F., Nakamura, L., Geisen, U., Olschewski, M., *et al.* (2015) Platelet Dysfunction and Acquired Von Willebrand Syndrome in Patients with Left Ventricular Assist Devices. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, **48**, 421-427. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezu510>
- [12] Crow, S., John, R., Boyle, A., Shumway, S., Liao, K., Colvin-Adams, M., *et al.* (2009) Gastrointestinal Bleeding Rates in Recipients of Nonpulsatile and Pulsatile Left Ventricular Assist Devices. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, **137**, 208-215. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2008.07.032>
- [13] Demirozu, Z.T., Radovancevic, R., Hochman, L.F., Gregoric, I.D., Letsou, G.V., Kar, B., *et al.* (2011) Arteriovenous Malformation and Gastrointestinal Bleeding in Patients with the Heartmate II Left Ventricular Assist Device. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, **30**, 849-853. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2011.03.008>
- [14] Varshney, A.S., DeFilippis, E.M., Cowger, J.A., Netuka, I., Pinney, S.P. and Givertz, M.M. (2022) Trends and Outcomes of Left Ventricular Assist Device Therapy: JACC Focus Seminar. *Journal of the American College of Cardiology*, **79**, 1092-1107. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.01.017>
- [15] Barac, Y.D., Nevo, A., Schroder, J.N., Milano, C.A. and Daneshmand, M.A. (2020) LVAD Outflow Graft Role in Pump Thrombosis. *ASAIO Journal*, **66**, 128-131. <https://doi.org/10.1097/mat.0000000000000936>
- [16] 李平, 董念国. 机械循环辅助治疗心力衰竭进展[J]. 内科急危重症杂志, 2023, 29(6): 441-445.
- [17] Fan, T.H., Cho, S., Prayson, R.A., Hassett, C.E., Starling, R.C. and Uchino, K. (2022) Cerebral Microvascular Injury in Patients with Left Ventricular Assist Device: A Neuropathological Study. *Translational Stroke Research*, **13**, 257-264. <https://doi.org/10.1007/s12975-021-00935-z>
- [18] Hassett, C.E., Cho, S., Rice, C.J., Migdady, I., Starling, R.C., Uchino, K., *et al.* (2020) Cerebral Microembolization in Left Ventricular Assist Device Associated Ischemic Events. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, **29**, Article 104660. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104660>
- [19] Cho, S.M., Hassett, C., Rice, C.J., *et al.* (2019) What Causes LVAD-Associated Ischemic Stroke? Surgery, Pump Thrombosis, Antithrombotics, and Infection. *ASAIO Journal*, **65**, 775-780. <https://doi.org/10.1097/mat.0000000000000901>
- [20] Frigerio, M. (2021) Left Ventricular Assist Device: Indication, Timing, and Management. *Heart Failure Clinics*, **17**, 619-634. <https://doi.org/10.1016/j.hfc.2021.05.007>
- [21] Frontera, J.A., Starling, R., Cho, S.M., *et al.* (2017) Risk Factors, Mortality, and Timing of Ischemic and Hemorrhagic Stroke with Left Ventricular Assist Devices. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, **36**, 673-683. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2016.12.010>
- [22] 罗渝翔, 吴庆琛, 帖红涛. 左心室辅助装置的发展历程、并发症及未来展望[J]. 重庆医学, 2024, 53(9): 1391-1396.
- [23] Elder, T., Raghavan, A., Smith, A., Wright, C.H., Wright, J., Burant, C., *et al.* (2019) Outcomes after Intracranial Hemorrhage in Patients with Left Ventricular Assist Devices: A Systematic Review of Literature. *World Neurosurgery*, **132**, 265-272. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.08.211>
- [24] Goodwin, K., Kluis, A., Alexy, T., John, R. and Voeller, R. (2018) Neurological Complications Associated with Left Ventricular Assist Device Therapy. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, **16**, 909-917. <https://doi.org/10.1080/14779072.2018.1540300>
- [25] Julia, B.V., Yochiro, N. and Matthias, L. (2022) Infections in LVAD Patients. *Journal of Cardiac Surgery*, **37**, 2307-2308. <https://doi.org/10.1111/jocs.16591>
- [26] Bini Viotti, J., Natori, Y. and Loebe, M. (2022) Infections in LVAD Patients. *Journal of Cardiac Surgery*, **37**, 2090-2091. <https://doi.org/10.1111/jocs.16576>
- [27] Copeland, H. and Baran, D. (2022) A Persistent Problem—The Dreaded LVAD Driveline Infection. *Journal of Cardiac Surgery*, **37**, 105-106. <https://doi.org/10.1111/jocs.16075>
- [28] Pavlovic, N.V., Randell, T., Madeira, T., Hsu, S., Zinoviev, R. and Abshire, M. (2019) Risk of Left Ventricular Assist Device Driveline Infection: A Systematic Literature Review. *Heart & Lung*, **48**, 90-104. <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2018.11.002>
- [29] Yan, C.L., Bauerlein, E.J. and Thakkar Rivera, N. (2023) Driveline Erosion of the Colon as a Late Complication of LVAD Implantation. *Journal of Cardiology Cases*, **27**, 226-228. <https://doi.org/10.1016/j.jccase.2023.02.001>

- [30] Aburjania, N., Hay, C.M. and Sohail, M.R. (2021) Continuous-Flow Left Ventricular Assist Device Systems Infections: Current Outcomes and Management Strategies. *Annals of Cardiothoracic Surgery*, **10**, 233-239. <https://doi.org/10.21037/acs-2020-cfmcs-26>
- [31] Singhal, A.K., Bang, J., Panos, A.L., Feider, A., Hanada, S. and Rankin, J.S. (2022) Concomitant Aortic Valve Repair for Aortic Insufficiency and Implantation of Left Ventricle Mechanical Support. *Journal of Cardiac Surgery*, **37**, 2086-2089. <https://doi.org/10.1111/jocs.16547>
- [32] Bouabdallaoui, N., El-Hamamsy, I., Pham, M., Giraldeau, G., Parent, M., Carrier, M., *et al.* (2018) Aortic Regurgitation in Patients with a Left Ventricular Assist Device: A Contemporary Review. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, **37**, 1289-1297. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2018.07.002>
- [33] Acharya, D., Kazui, T., Al Rameni, D., Acharya, T., Betterton, E., Juneman, E., *et al.* (2023) Aortic Valve Disorders and Left Ventricular Assist Devices. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **10**, Article 1098348. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1098348>
- [34] John, R., Mantz, K., Eckman, P., Rose, A. and May-Newman, K. (2010) Aortic Valve Pathophysiology during Left Ventricular Assist Device Support. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, **29**, 1321-1329. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2010.06.006>
- [35] Goodwin, M.L., Bobba, C.M., Mokadam, N.A., Whitson, B.A., Essandoh, M., Hasan, A., *et al.* (2020) Continuous-Flow Left Ventricular Assist Devices and the Aortic Valve: Interactions, Issues, and Surgical Therapy. *Current Heart Failure Reports*, **17**, 97-105. <https://doi.org/10.1007/s11897-020-00464-0>
- [36] 于鑫溢. 左心室辅助装置植入后主动脉瓣功能状态的实验研究与机器学习模型的构建[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京协和医学院, 2023.
- [37] Mitra, A. and Siddique, A. (2023) Tricuspid Regurgitation in the Setting of LVAD Support. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **10**, Article 1090150. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1090150>
- [38] Ahmed, A., Amin, M., Boilson, B.A., Killu, A.M. and Madhavan, M. (2019) Ventricular Arrhythmias in Patients with Left Ventricular Assist Device (LVAD). *Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine*, **21**, Article No. 75. <https://doi.org/10.1007/s11936-019-0783-7>
- [39] Sisti, N., Mandoli, G.E., Sciacaluga, C., Valente, S., Mondillo, S. and Cameli, M. (2020) Insight into Atrial Fibrillation in LVAD Patients: From Clinical Implications to Prognosis. *Pulse*, **8**, 2-14. <https://doi.org/10.1159/000506600>
- [40] Ozcan, C. and Deshmukh, A. (2020) Atrial Arrhythmias in Patients with Left Ventricular Assist Devices. *Current Opinion in Cardiology*, **35**, 276-281. <https://doi.org/10.1097/hco.0000000000000729>
- [41] Gopinathannair, R., Cornwell, W.K., Dukes, J.W., Ellis, C.R., Hickey, K.T., Joglar, J.A., *et al.* (2019) Device Therapy and Arrhythmia Management in Left Ventricular Assist Device Recipients: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*, **139**, e967-e989. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000673>
- [42] Kurdi, M., Baranga, L., Singh, R. and Scott, J. (2024) Left Ventricular Pseudoaneurysm as a Complication of LVAD Explant. *Radiology Case Reports*, **19**, 234-238. <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2023.10.022>
- [43] Mohite, P.N., Patil, N.P., Popov, A., Bahrami, T. and Simon, A.R. (2016) Oxygenator in Short-Term LVAD Circuit: A Rescue in Post-LVAD Pulmonary Complications. *Perfusion*, **31**, 608-610. <https://doi.org/10.1177/0267659115627691>
- [44] Maradey, J.A., Singleton, M.J., O'Neill, T.J. and Bhav, P.D. (2020) Management of Ventricular Arrhythmias in Patients with LVAD. *Current Opinion in Cardiology*, **35**, 289-294. <https://doi.org/10.1097/hco.0000000000000730>
- [45] Chambers, D.C., Perch, M., Zuckermann, A., Cherikh, W.S., Harhay, M.O., Hayes, D., *et al.* (2021) The International Thoracic Organ Transplant Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: Thirty-Eighth Adult Lung Transplantation Report—2021; Focus on Recipient Characteristics. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, **40**, 1060-1072. <https://doi.org/10.1016/j.healun.2021.07.021>
- [46] 许剑, 王妍, 周娜, 等. 人工辅助心脏国际发展趋势概述[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2018, 6(7): 16-17.
- [47] Kyriakopoulos, C.P., Kapelios, C.J., Stauder, E.L., Taleb, I., Hamouche, R., Sideris, K., *et al.* (2022) LVAD as a Bridge to Remission from Advanced Heart Failure: Current Data and Opportunities for Improvement. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article 3542. <https://doi.org/10.3390/jcm11123542>