

左心室辅助装置植入术后患者急症的评估与处理

何晓娣¹ 陈媛儿¹ 兰美娟¹ 朱贤²

¹ 浙江大学医学院附属第二医院护理部, 杭州 310009; ² 浙江大学医学院附属第二医院心脏大血管外科, 杭州 310009

通信作者: 陈媛儿, Email: 2517143@zju.edu.cn

DOI: 10.3760/cma.j.cn114656-20241021-00742

心脏移植是终末期心力衰竭(心衰)的有效治疗手段,然而,供体器官匮乏,每年有移植适应证的心衰患者人数是实际移植数量的3倍,且移植等待期病死率达21.7%^[1]。左心室辅助装置(left ventricular assist device, LVAD)的发展成为终末期心衰患者的希望^[2],报道指出LVAD植入术后2年生存率达92%,可与心脏移植媲美^[2]。但机械辅助装置植入的特殊性及血流动力学改变,使LVAD植入术后患者成为感染、出血、卒中等威胁生命的临床急症高风险人群^[3]。约50%的LVAD植入者术后5年内会接受急诊医疗处置^[4]。LVAD独特的工作原理使主动脉和外周循环的血流搏动减弱,舒张压下降减少,脉压可降低到传统方法无法触及脉搏的程度,当患者出现临床恶化时很难获得准确的无创血压、脉搏和血氧饱和度,且以往认为对这类患者进行胸外按压是不安全的,但也有研究并不支持这一观点^[5]。这些不确定性加剧了医护人员对LVAD植入患者进行急症评估与干预的难度^[6]。随着全球范围LVAD植入人数的快速增长,相关医护人员会面对越来越多LVAD植入者的急症处置,本文对国内外LVAD植入者急症评估与处理的相关文献进行综述,以期为临床实践提供参考。

1 LVAD工作原理、技术发展及植入适应证

LVAD是一种将血液从左心室经入血管流入到血液泵,通过血液泵内叶轮转动产生的推动力,将血液从血液泵推出,经出血管流入升主动脉,从而辅助血液循环的一种人工机械装置^[7]。在此基础上,LVAD的技术发展经历3次主要革新:第一代血液泵为搏动式隔膜泵,模拟心脏生理搏动产生搏动性血流;第二代血液泵为轴向配置的恒定血流轴流泵;第三代LVAD为磁悬浮泵或液力悬浮泵,具备可悬浮多自由度控制叶轮,大大优化了前两代LVAD结构复杂、体积质量过大、手术创伤大、机械故障率高等问题,展现了良好的生物相容性、机械稳定性,代表产品有HeartMate III、HeartWare、HVAD^[2]。国内批准上市的有国产第三代LVAD,包括重庆永仁心EVAHEART、苏州同

心CH-VAD、航天泰心HeartCon和深圳核心Corheart-6^[8]。此外,HeartMate III也于2024年7月获得国家药品监督管理局批准。LVAD对于终末期心衰患者可以作为短期或长期的治疗手段,根据不同情况可分为心脏移植前过渡支持(bridge to transplantation, BTT)或候选前过渡治疗(bridge to candidacy, BTC)、过渡到恢复(bridge to recovery, BTR)以及终末替代治疗(destination therapy, DT)^[9]。早期的LVAD植入大多是为了给等待心脏移植的终末期心衰患者提供血液动力学支持,即BTT。随着技术发展和管理理念革新,接受长期植入患者越来越多。2020年,已有将近80%的患者以DT为目的植入LVAD^[10]。

2 LVAD术后患者可能面临的急症

技术的进步极大地减小了LVAD植入术后并发症的发生风险,但由于其特殊的生理学特征,潜在的装置相关并发症以及其他合并症均较复杂,LVAD植入患者的急症处置仍然是一个巨大的挑战^[4,6]。美国心衰学会(heart failure society of America, HFSA)、美国急诊医学学会(society for academic emergency medicine, SAEM)、国际心肺移植学会(the international society of heart and lung transplantation, ISHLT)联合颁布的心室辅助装置患者急诊管理临床共识将LVAD植入患者需要紧急医疗与急救的情形归为三类,分别是心室辅助装置特定的急症、心室辅助装置相关的急症及无关心室辅助装置的急症事件^[3]。心室辅助装置特定的急症是指直接涉及设备结构或功能特性的并发症,如抽吸事件、泵血栓形成、泵故障、泵停转和传动系统故障。心室辅助装置相关的急症是指那些不直接影响设备,但是由于LVAD存在和相关治疗产生的一些并发症,包括右心衰竭、心脏填塞、出血、卒中、感染、心律失常等^[11-12]。

3 LVAD植入患者的急症评估与处理

3.1 处置原则

原则上,LVAD植入者需在LVAD植入中心进行长期

的诊疗和随访管理，但由于距离限制或发生紧急情况，仍然会有择近就医的情况。因此，LVAD 植入中心需与植入者就近的医疗机构合作，制订第一响应者培训和协调计划，这也是 ISHLT 制定的 LVAD 植入中心认证标准之一^[13]。非 LVAD 植入医疗机构在接诊患者后，应在患者临床条件允许的情况下，尽快联系 LVAD 植入中心，共同评估患者病情，明确是否可以在当地医院治疗或立即转院^[9]。对于病情不稳定的患者，就近的医疗机构起着至关重要的作用，它可以对患者进行及时评估、稳定生命体征，必要时将患者送往 LVAD 中心，而心脏填塞、机械故障、泵血栓形成、紧急非心脏手术以及神经系统事件通常需要立即转送至 LVAD 中心^[14]。

3.2 意识清醒 LVAD 植入患者的急症评估与处理

若 LVAD 仍在正常工作，或者患者自身循环系统在 LVAD 障碍时尚能紧急代偿，则患者仍可能意识清醒、反应敏捷。最常见的是植入 LVAD 患者对室性心律失常的耐受性较高，室颤发作初期常仅有轻度血压和泵流量下降，症状多为心悸或乏力，很少出现晕厥^[15]。对于意识清醒的 LVAD 植入急诊患者，需立即启动初始临床评估，包括对患者的评估以及对 LVAD 的评估。

3.2.1 对患者的初始临床评估 LVAD 植入者的初始临床评估包括相关病史（如有无出血、发热、严重呼吸困难、胸痛等）、测量血压、心电图和体格检查，包括根据皮肤温度和毛细血管再充盈评估灌注情况，观察颈静脉充盈和肝肿大程度评估右心衰竭迹象等。心率和心律可以通过心电图监护或心电图检查确定。但在血压和氧饱和度监测上，由于第三代 LVAD 产生的皆是恒定血流而非生理性脉动血流，患者的脉压很低，一般不可触及脉搏，仅 50% 的患者可使用普通的臂式电子血压计和氧饱和度测量仪测得血压和氧饱和度^[16]，且经氧饱和度测量仪测定的值偏低有可能只是缺乏脉冲式血流，而不是实际的低氧血症，需通过患者主诉、呼吸形态、皮温肤色和毛细血管再充盈等来辅助判断，但若测得的值正常往往是可信的^[17]。普通电子血压计无法测出血压的患者，推荐多普勒超声作为无创血压测量方法，约 95% 的患者都能行多普勒评估且准确度高。多普勒血压测量方法是有多普勒探头的血压计放在肱动脉或桡动脉上，袖带充气直到听不到脉搏，然后放气，使血流恢复，再次听到动脉血流时，得出单个血压值，而不是收缩压和舒张压的测量值^[18]。对于这种方式测得的血压值是接近于收缩压还是平均动脉压（mean arterial pressure, MAP）尚不明确，一般来说，对于有搏动的患者，多普勒测量更能反映收缩压，而在没有任何搏动的情况下更能代表平均血压^[19]。

3.2.2 对 LVAD 设备的评估及处置 在对患者症状体征评

估的同时，还应对 LVAD 设备进行评估，可向意识清醒的 LVAD 患者确认植入设备的品牌和型号、LVAD 植入医院联系电话等。听诊可以帮助初步判断 LVAD 是否正常运行，当闻及明显持续的嗡嗡声时可证实装置正在工作。LVAD 有一个连接到控制器和电源的外部传动系统，该线缆在体内与血液泵相连，延伸至体外与控制器相连，找到线缆在皮肤的出口位置（一般在上腹部），观察有无断裂、移位、破损及局部皮肤情况，检查各部件连接是否完好、电池电量是否充足。控制器上会显示血液泵的关键参数，被称为 LVAD 的“生命体征”，常见的显示屏可显示泵流量、泵旋转速度和泵功率，其中泵流量是根据旋转速度和功率消耗计算得出的，近似于心输出量^[3]。当 LVAD 装置异常时，控制器会显示警报，并通过不同的声光提示帮助患者及相关人员区分低、中、高级别（见表 1）^[6]。患者或其照顾者已接受过常见警报的处置培训，但对于需要医疗干预的异常报警，若医护人员缺乏相应的培训及处置经验，需立即与 LVAD 植入中心联系，而非直接采取行动。

表 1 LVAD 不同报警级别及处置

优先级	警报方式	警报内容	处置
高	红灯闪烁	无电源警报	连接电池或适配器
		初始化错误	重新连接线缆
		血泵未连接	重新连接线缆或尽快转诊 LVAD 中心
		血泵停止工作	重新连接线缆或尽快转诊 LVAD 中心
中	黄灯闪烁	控制器故障	重新连接线缆与控制器，检查有无模块组建断开及线缆完整性，轻柔修复破损，无法修复则尽快转诊 LVAD 中心
		仅适配器供电	连接电池或更换电池
		电池电量极低	更换电池或连接适配器
		功率过高	可能表明泵内存在血栓，行血化验（血浆血红蛋白和乳酸脱氢酶）和超声心动图检查，尽快转诊 LVAD 中心，可考虑使用临时机械循环支持或挽救性溶栓疗法。
低	黄灯常亮	流量过低	可能原因有低血容量、右心衰竭、后负荷过大或泵血栓形成，与 LVAD 中心联系，查找原因处理，维持 MAP 在 60~80 mmHg
		电池电量低	更换电池或连接适配器
		只有一个电池	连接电池或连接适配器
		存储空间不足	联系 LVAD 中心

注：1 mmHg=0.133 kPa

3.2.3 清醒 LVAD 植入者低血压的紧急处置 国内专家共识推荐 LVAD 患者 MAP 目标值为 70~90 mmHg^[15]，低于 60 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa）时会出现低血压，若 MAP <50 mmHg 则提示病情不稳定^[20]。对于病情不稳定的低血

压患者，若电子血压计或多普勒超声难以获得无创血压，应尽快于任一肢体进行动脉置管，以便持续监测血压，确保复苏更具针对性。由于可能无法触及患者脉搏，可在超声引导下置入动脉导管^[18]。对于缺乏机械循环支持经验的医护人员，应按低血压处理常规对 LVAD 患者进行初步干预，并及时与 LVAD 植入中心联系，对于熟悉 LVAD 装置的医护人员需评估 LVAD 参数，颈静脉压（jugular venous pressure, JVP）、心电图、超声心动图等明确病因以指导治疗，见图 1。

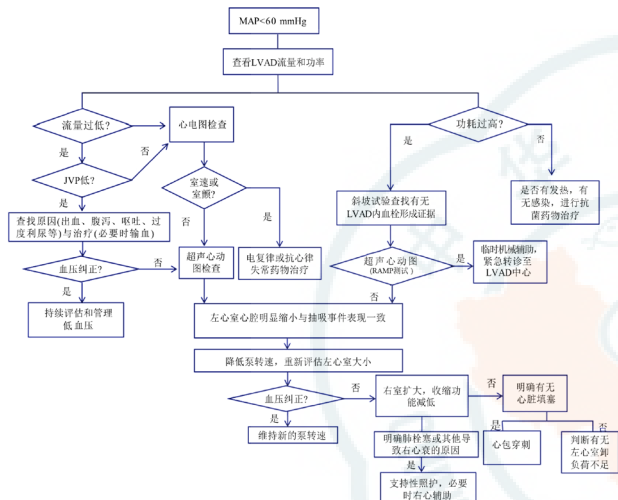


图 1 清醒 LVAD 植入者低血压的处置流程

3.3 意识丧失 LVAD 植入患者的心肺复苏

由于 LVAD 植入术后的血液动力学改变，动脉搏动往往无法触及，很难判断 LVAD 植入患者的意识丧失是因为心脏骤停，还是神经系统疾病等其他原因导致，此时立即胸外按压可能会导致流入管道移位或损伤右心室^[15]。因此，指南建议 LVAD 植入者意识丧失时应迅速查找致病因素、适当延迟胸外按压，但延迟最多不可超过 2 min，同时立即采取干预措施恢复装置功能（II a, C），心肺复苏可遵循 A（airway）、B（Breathing）、C（circulation）的原则（见图 2）^[6]；一旦发现 LVAD 植入者意识改变，立即启动应急响应系统，发现者第一时间查看 LVAD 是否正常、控制器有无异常报警，依据提示指导下一步操作，其他人员立即协助评估患者气道和呼吸，必要时予呼吸皮囊辅助或机械通气，听诊有无 LVAD 装置的嗡嗡声可帮助初步判断 LVAD 功能，根据皮肤温度和毛细血管再充盈评估灌注情况，尽快行心电图、多普勒超声血压监测和超声心动图检查，若心电图提示可除颤心律则立即除颤，一旦明确患者循环衰竭，需立即进行心肺复苏（包括胸外按压）和 ACLS，条件允许时宜行呼气末二氧化碳监测（pressure of end-tidal carbon dioxide, P_{EtCO_2} ），因为 CO_2 的运输不依赖于脉搏搏动，从动物实验推断， $P_{EtCO_2} > 20$ mmHg 可作为充足循环灌

注的临界值，与心输出量为 1.5 L/min 相对应。现有证据指出：需开始胸外按压的指征可能包括反复电除颤无效的持续室性心律失常或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 等^[15]，徒手胸外按压后，应与负责的心脏外科和（或）心脏病专科联系，进行影像学检查确定 LVAD 及流出管道的位置并排除心包积液，对于自主循环无恢复的患者，应考虑启动体外临时机械循环辅助^[4]。如果意识丧失患者的呼吸和灌注均充足，则需考虑是否为缺氧、脑卒中、代谢性原因（如低血糖或高血糖）或镇静导致的昏迷^[4, 6, 15, 18, 20]。



图 2 英国成人 LVAD 植入患者意识丧失的急救流程

4 展望

目前，心衰是我国面临的重要公共健康问题，左心室辅助装置技术的发展成为终末期心衰患者的希望，截至 2023 年 8 月，我国共有 85 家医院开展了相关技术，共 515 例患者接受了治疗^[2]。虽然技术的革新极大提高了 LVAD 植入的安全性，但其特殊的生理学特征，潜在的装置相关并发症以及其他合并症均较复杂，约 50% 的植入者术后 5 年内会接受急诊医疗处置，其急症评估与处置将成为一个巨大的挑战^[4]。对此，国外已有相关的指南共识发布，用于指导医护人员对 LVAD 患者的紧急处置。我国相关技术虽起步较晚，但发展迅速，医护人员可能会面对越来越多 LVAD 植入者的急症处置，未来需在借鉴国外指南共识基础上，不断积累临床数据、总结国产 LVAD 应用经验、制

订流程,开展 LVAD 植入术后患者急症处置的规范化培训,保障 LVAD 植入术后患者长期管理的安全性。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] Vitinius F, Reklat A, Hellmich M, et al. Prediction of survival on the waiting list for heart transplantation and of posttransplant nonadherence-Results of a prospective longitudinal study[J]. *Clin Transplant*, 2019, 33(7): e13616. DOI:10.1111/ctr.13616.
- [2] 高志亮,唐汉玮,侯剑峰.第三代国产左心室辅助装置的现状及研究进展[J].*中国循环杂志*, 2024, 39(8): 822-827. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2024.08.015.
- [3] Darling CE, Martindale JL, Hiestand BC, et al. An emergency medicine-focused summary of the HFSA/SAEM/ISHLT clinical consensus document on the emergency management of patients with ventricular assist devices[J]. *Acad Emerg Med*, 2020, 27(7): 618-629. DOI:10.1111/acem.13964.
- [4] 黄刚,邓晓奇,张小刚,等.2020 德国永久性心脏辅助装置植入者紧急医疗处置共识[J].*心血管病学进展*, 2020, 41(12): 1353-1358. DOI:10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.12.028.
- [5] Stenberg R, Shenvi C. Targeted evaluation of patients with left ventricular assist devices and shock or hypotension[J]. *Ann Emerg Med*, 2020, 76(1): 34-41. DOI:10.1016/j.annemergmed.2020.01.003.
- [6] Akhtar W, Baston VR, Berman M, et al. British societies guideline on the management of emergencies in implantable left ventricular assist device recipients in transplant centres[J]. *Intensive Care Med*, 2024, 50(4): 493-501. DOI:10.1007/s00134-024-07382-y.
- [7] 王艺萍,王文艳,左明良,等.左心室辅助装置植入全程管理专家共识(2023 年)[J].*实用医院临床杂志*, 2024, 21(1): 43-55. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6170.2024.01.011.
- [8] 周诚,尚小珂,张箐,等.植入式左心室辅助装置现状与进展[J].*中国胸心血管外科临床杂志*, 2023, 30(9): 1351-1354. DOI: 10.7507/1007-4848.202303014.
- [9] 卿平,杜娟,周星彤,等.中国左心室辅助装置候选人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.
- [10] Shah P, Yuzefpolskaya M, Hickey GW, et al. Twelfth interagency registry for mechanically assisted circulatory support report: readmissions after left ventricular assist device[J]. *Ann Thorac Surg*, 2022, 113(3): 722-737. DOI:10.1016/j.athoracsur.2021.12.011.
- [11] McMullen L, Barker K, Fried J, et al. Clinical considerations for the evaluation of patients with left ventricular assist devices[J]. *Jaapa*, 2022, 35(1): 37-42. DOI:10.1097/01.jaa.0000803636.43190.eb.
- [12] Zaloznik Djordjevic J, Özkan T, Göncz E, et al. Common complications and cardiopulmonary resuscitation in patients with left ventricular assist devices: a narrative review[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2023, 59(11): 1981. DOI:10.3390/medicina59111981.
- [13] Saeed D, Feldman D, El Banayosy A, 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] Cameli M, Pastore MC, Mandoli GE, et al. A multidisciplinary approach for the emergency care of patients with left ventricular assist devices: a practical guide[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 923544. DOI:10.3389/fcvm.2022.923544.
- [15] 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.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.
- [16] 黄刚,游月婷,刘晓翰,等.ESC-HFA 非专科医务人员管理左心室辅助装置植入者的共识(一)[J].*心血管病学进展*, 2022, 43(1): 72-75. DOI:10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2022.01.019.
- [17] 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-e1134. DOI:10.1161/CIR.0000000000000504.
- [18] Mancini D, Anyanwu A. 置入机械循环支持装置成人的急诊治疗 [EB/OL]. (2024-01-17)[2025-5-19]. [http://www.uptodate-cn-s.webvpn.zju.edu.cn:8001/contents/zh-Hans/emergency-care-of-adults-with-mechanical-circulatory-support-devices?search=%E7%BD%AE%E5%85%A5%E6%9C%BA%E6%A2%B0%E5%BE%AA%E7%8E%AF%E6%94%AF%E6%8C%81%E8%A3%85%E7%BD%AE%E6%88%90%E4%BA%BA%E7%9A%84%E6%80%A5%E8%AF%8A%E6%B2%BB%E7%96%97&source=search_result&selectedTitle=4~150&usage_type=default&display_rank=4](http://www.uptodate-cn-s.webvpn.zju.edu.cn:8001/contents/zh-Hans/emergency-care-of-adults-with-mechanical-circulatory-support-devices?search=%E7%B D%AE%E5%85%A5%E6%9C%BA%E6%A2%B0%E5%BE%AA %E7%8E%AF%E6%94%AF%E6%8C%81%E8%A3%85%E7%BD%AE%E6%88%90%E4%BA%BA%E7%9A%84%E6%80%A5 %E8%AF%8A%E6%B2%BB%E7%96%97&source=search_result &selectedTitle=4~150&usage_type=default&display_rank=4)
- [19] 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.
- [20] Ben Avraham B, Crespo-Leiro MG, Filippatos G, et al. HFA of the ESC Position paper on the management of LVAD supported patients for the non LVAD specialist healthcare provider Part 1: Introduction and at the non-hospital settings in the community[J]. *ESC Heart Fail*, 2021, 8(6): 4394-4408. DOI:10.1002/ehf2.13588.

(收稿日期: 2024-10-21)

(本文编辑: 张斯龙)