

成人外周静脉-动脉体外膜氧合期间左心室卸载的患者选择与启动时机

胥天伟 王睿 刘欢 周雨婷 聂佳玉 宋云林[▲]

新疆医科大学第一附属医院重症医学中心重症医学二科，新疆乌鲁木齐，830054

摘要

外周静脉-动脉体外膜氧合可改善心源性休克患者的循环灌注，但逆行血流会增加左心室后负荷，部分患者可出现左心室扩张、肺水肿及心腔血栓。左心室卸载能够改善血流动力学，但常规预防性应用可能增加出血、溶血和血管并发症，适宜人群和最佳时机尚无一致结论。本文综述左心负荷过重的识别、患者选择、启动时机、主要方式及干预后评估，分析病因、休克严重程度和左心负荷动态变化对决策的影响，并比较常规早期、选择性早期和挽救性卸载的证据。综述表明卸载应遵循病因分层和连续监测为核心的决策思路，以减少不必要干预和损伤，为成人外周静脉-动脉体外膜氧合期间的个体化管理提供参考。

关键词：体外膜氧合；左心室卸载；心源性休克；患者选择；治疗时机

中图分类号：R654.2

静脉-动脉体外膜氧合（venoarterial extracorporeal membrane oxygenation，VA-ECMO）是难治性心源性休克的重要暂时循环支持手段。外周 VA-ECMO 增加主动脉内压力后，衰竭左心室可能难以射血，继而发生左心室扩张、肺水肿或心腔血栓。体外生命支持组织（Extracorporeal Life Support Organization，ELSO）指南因此要求在支持期间持续评估左心室扩张和肺水肿，并在常规处理无效时考虑左心减压^[1-2]。

本文重点综述哪些人群外周 VA-ECMO 患者可能获得净获益，以及应在何时启动卸载及其相关策略^[3]。现有研究观察到卸载可能降低死亡风险，但增加出血、溶血和肢体缺血等并发症的风险^[4-7]。

1 左心室负荷过重的形成与识别

外周 VA-ECMO 通常经股动脉向主动脉逆行泵血，在提高主动脉内压力的同时增加左心室射血阻力；只要右心室仍将血液泵入肺循环，血液就会继续回到左心。若残余收缩力不足，左心室和左心房压力将升高，继而出现主动脉瓣开放减少、左心室扩张、肺淤血和心腔血液淤滞。其程度取决于前负荷、主动脉压力、残余收缩力和右心室输出，而非 VA-ECMO 流量单独决定^[8-9]。

左心室卸载的目标是恢复进入左心的血流量与左心排出能力之间的平衡。微轴流泵可直接降低左心室压力和做功，主动脉内球囊反搏主要降低射血阻力并改善搏动，两者并非等效干预^[10-11]。机制研究提示卸载可减轻机械负荷，但并不能据此推断患者生存获益^[12-13]。

临床识别时应判断左心室射血是否受阻、左心压力是否升高，以及是否已造成肺水肿或血栓。常用指标包括脉压持续降低、主动脉瓣开放减少、左心室进行性扩张和肺水肿加重，但尚无统一标准^[14-16]。肺动脉脉压等新指标可能反映左心充盈，但目前验证样本较小^[17]。

床旁超声应连续观察上述指标，并同时评估心腔血栓和右心室功能。脉压下降合并肺水肿、肺顺应性下降或充盈压升高，更能说明左心室负荷过重已产生临床损害^[18-19]。现有研究观察到搏动保持、低搏动和左心室扩张等不同演变轨迹，提示连续监测变化比单次测量更适合指导临床干预^[20]。

基金项目：“天山英才”医药卫生高层次人才培养计划（TSYC202301B013）

通信作者：宋云林，电子邮箱：1943673848@qq.com

2 左心室卸载的患者选择

左心室卸载首先要确认患者存在左心室负荷过重，再判断病因可逆性、治疗目标及出血、血管和神经系统风险。单中心研究发现，左心卸载与较低 90 天死亡风险的关联主要见于非急性心肌梗死人群，说明可能不是所有人群都能从左心室卸载中获益^[21]。

暴发性心肌炎患者本身具有较强恢复潜力，是选择性早期卸载的重要人群。1 项来自日本的登记研究中 104 例接受 VA-ECMO 联合经皮微轴流泵（Impella，美国 Abiomed 公司）的患者的出院存活率为 63%；韩国 7 个中心 217 例样本研究观察到 24 小时内卸载与较低复合不良结局风险相关^[22-23]。故而左室卸载的选择依据仍应是病因可逆且左心负荷正在加重。

急性心肌梗死相关心源性休克使用 VA-ECMO 期间的左室卸载还要权衡再灌注延迟、不可逆心肌损伤以及抗栓相关出血。1 项纳入 90 例患者的研究观察到 VA-ECMO 联合 Impella 与较低心肌酶峰值和 1 年死亡风险相关；日本 1 项纳入 922 例患者的登记研究则显示，高龄、心脏骤停、低血压、肾功能异常和乳酸升高与不良预后相关^[24-25]。这类患者应先保证再灌注并判断器官损伤是否可逆，再决定额外卸载能否增加临床获益。

体外心肺复苏（extracorporeal cardiopulmonary resuscitation，ECPR）患者的左心卸载还要考虑低灌注时间和神经预后。小样本研究曾观察到急性心肌梗死所致 ECPR 患者联合 Impella 后 30 天死亡风险降低，但匹配分析仅纳入 34 对患者证据力度尚不足以说明结果^[26]。ELSO 登记目标试验模拟纳入 3215 例患者，未发现卸载改善 90 天生存或神经功能结局的同时并发症增加^[27]。数据库和荟萃分析的结果仍受亚组选择及观察性设计限制^[28-29]。

ELSO 登记纳入 13276 例成人外周 VA-ECMO 患者，左心室卸载与较高的急性脑损伤风险相关，而院内死亡无显著差异^[30]。提示高出血风险或神经预后不明者不宜常规卸载。暴发性心肌炎荟萃分析和 29289 例病因荟萃分析均显示，VA-ECMO 患者的预后因不同病因而明显不同^[31-32]。

3 启动时机与策略

判断卸载启动时机时，不能仅以 VA-ECMO 建立后的小时数为依据，还应观察左心负荷是否由稳定转为进行性恶化。临床上可将卸载分为 VA-ECMO 建立时即常规卸载、负荷指标恶化时选择性早期卸载，以及出现主动脉瓣持续不开放、左心室扩张、难治性肺水肿或血栓时挽救性卸载 3 类。

目前已发表的随机试验主要研究未经分层的常规早期卸载策略。早期左心室卸载或常规治疗（early left ventricular unloading or conventional approach after venoarterial extracorporeal membrane oxygenation，EARLY-UNLOAD）试验中，12 小时内常规左房引流未降低 116 例患者的 30 天死亡风险；早期左心房引流与常规治疗比较（early left atrial venting versus conventional treatment for left ventricular decompression during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support，EVOLVE-ECMO）试验纳入 60 例患者，同步减压改善肺淤血，却未提高撤机率或出院生存；EARLY-UNLOAD 1 年随访也未显示早期卸载组死亡或心力衰竭再住院减少^[33-35]。这些结果均不支持所有患者按固定时间常规置入左心卸载装置，但不否定左室负荷过重时的挽救治疗。

与随机试验相比，观察性研究对早期卸载策略的结论并不一致。1 项纳入 18 个中心 421 例已接受主动卸载患者的研究中，VA-ECMO 建立前至建立后 2 小时内卸载与较低 30 天死亡风险相关^[36]。2 项荟萃分析分别纳入 1556 例和 2117 例患者，均未发现早期卸载改善撤机或死亡^[37-38]。另有回顾性研究观察到预防性卸载优于挽救性卸载，但不能排除选择和时间偏倚^[39]。

不同病因患者对卸载时机的要求并不相同，不能仅根据 VA-ECMO 建立后经过了多少小时作出决定。研究发现，即使较早实施左心室卸载，乳酸升高、肾功能异常和休克程度较重的患者仍然更容易死亡^[40]。在急性心肌梗死患者中，从入院到实施卸载的时间还包括再灌注、转运和 VA-ECMO 建立等环节^[41]。ECPR 相关研究中，较早接受卸载的患者结局反而较差，但这可能是因为病情较重的患者更早需要卸载^[42]。因此，卸载时机应结合病因、病情严重程度和左心负荷变化综合判断。

总体而言，VA-ECMO 建立后应立即完成基线超声和循环评估，并在血流动力学或左心负荷指标变化时复查。主动脉瓣能够开放、左心室内径稳定且肺水肿改善者可继续观察；病因可逆但主动

脉瓣开放减少、左心室增大或肺淤血加重者，可选择性早期卸载；已经出现主动脉瓣持续不开放、明显扩张、难治性肺水肿或血栓者应及时挽救性卸载。

表 1 成人外周静脉-动脉体外膜氧合期间左心室卸载患者选择与启动时机的代表性证据

研究	设计与人群	策略	主要结果	决策含义及局限
Schrage 等 ^[36]	18 个中心 421 例观察性研究	建立前至建立后 2 小时	早期组 30 天死亡风险较低	仅纳入已卸载者，不能确定启动时机
EARLY-UNLOAD ^[33]	随机试验 116 例	12 小时内常规引流	30 天死亡无差异	常规组 50%接受挽救性卸载，不否定按指征卸载
EVOLVE-ECMO ^[34]	随机试验 60 例	同步减压	肺淤血改善，撤机和生存无差异	样本小，不支持普遍同步干预
1 年随访 ^[35]	随机队列	同原试验	死亡和再住院无差异	未显示长期获益
Kim 等 ^[23]	心肌炎 217 例回顾性研究	24 小时内	复合不良结局风险较低	支持病因分层，24 小时并非统一启动时机
Al-Fares 等 ^[27]	体外心肺复苏 3215 例目标试验模拟	支持期间卸载	生存及功能结局无改善，并发症增加	神经预后未明者慎用
Silva 等 ^[37]	6 项研究 1556 例荟萃分析	早期与挽救	撤机和死亡无差异	定义和患者构成异质
Feng 等 ^[30]	体外生命支持组织登记 13276 例	支持期间卸载	脑损伤风险较高，死亡无差异	不能推断因果
Kim 等 ^[42]	体外心肺复苏 77 例回顾性研究	12 小时以内与 12 小时以后	早期组结局较差	可能存在适应证混杂

注：表中“早期”沿用各研究定义。

确定需要启动左心室卸载后，应根据主要血流动力学问题选择方式。目前左室卸载的主要方式包括主动脉内球囊反搏、以 Impella 为代表的左心室辅助装置、房间隔造口术以及外科插管引流。主动脉内球囊反搏在舒张期充气、收缩期排气，可降低左心室射血阻力，其作用依赖残余左心室射血；若主动脉瓣持续不开放或左心室明显扩张，减压效果会降低。Impella 经主动脉瓣将血液由左心室泵入升主动脉，可直接降低左心室压力和容量，但需要额外动脉通路，并需警惕溶血、出血及肢体缺血等并发症。故而当仍有一定射血而主要问题为射血阻力升高时，可考虑主动脉内球囊反搏；需要更充分降低左心室压力和容量时，可考虑微轴流泵或左心房、左心室直接引流。减压强度越高，血管通路、出血和溶血风险通常越高。荟萃分析显示 2 种方式短期死亡相近，而微轴流泵相关大出血和溶血更多^[43]。最新数据库和其他比较研究结果并不一致，尚不能确定 1 种方式适用于所有患者^[44-48]。

房间隔造口或左心房引流通过减少左心回流降低左心房压力，较适合难治性肺水肿和左心房压力升高占主导、左心室仍保留一定射血的患者；其减压程度受房间交通口径、跨房压差和引流量影响。相关研究观察到充盈压或肺淤血改善，但病例构成和技术差异较大，且缺乏充分同期对照^[49-51]。如经主动脉导管直接引流左心室可获得较强减压效果，但应关注导管位置、主动脉瓣损伤和血栓等风险^[52]。心脏术后已经开胸或需要同期手术者可选择外科引流^[53]。主动脉内球囊反搏的系统评价和登记研究观察到其与较低死亡风险相关，但并发症可能增加，现有证据仍以观察性研究为主^[54-56]。

具体减压方式应在明确患者需要卸载及其启动时机后，根据主要负荷来源、所需减压强度、血管通路条件和团队经验选择。无论使用何种策略，卸载装置置入后应复查主动脉瓣开放、脉压、左心室内径、肺水肿、充盈压和组织灌注。若左心负荷未减轻，应排查容量过多、右心衰竭、器械位置，以及 VA-ECMO 与卸载装置的流量匹配，而不能一味提高卸载强度。

4 小结与展望

目前研究表明，成人外周 VA-ECMO 期间的左心室卸载，应以左心负荷过重为起点。明确负荷过重者应及时挽救性卸载；病因可逆且可能持续恶化者可考虑选择性早期干预；尚未出现左心过负荷、神经预后未明或器械风险较高者不宜常规卸载。目前的随机试验主要否定了未经分层的普遍早

10.12201/bmr.202609.00025V1

期卸载策略，且观察性研究的异质性较高。未来的研究应统一疾病分层、左心过负荷标准，并报告生存、神经功能、心肌恢复和机械并发症的情况。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] Lorusso R, Shekar K, MacLaren G, et al. ELSO interim guidelines for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in adult cardiac patients[J]. *ASAIO J*, 2021, 67(8): 827-844.
- [2] 鲁瑞轲, 侯晓彤, 杜中涛. 静脉-动脉体外膜氧合左心室后负荷管理：左心减压策略的研究与进展[J]. *中国体外生命支持*, 2026, 24(1): 68-73.
- [3] Ezad S M, Ryan M, Donker D W, et al. Unloading the left ventricle in venoarterial ECMO: in whom, when, and how?[J]. *Circulation*, 2023, 147(16): 1237-1250.
- [4] Russo J J, Aleksova N, Pitcher I, et al. Left ventricular unloading during extracorporeal membrane oxygenation in patients with cardiogenic shock[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(6): 654-662.
- [5] Schrage B, Becher P M, Bernhardt A, et al. Left ventricular unloading is associated with lower mortality in patients with cardiogenic shock treated with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: results from an international, multicenter cohort study[J]. *Circulation*, 2020, 142(22): 2095-2106.
- [6] Grandin E W, Nunez J I, Willar B, et al. Mechanical left ventricular unloading in patients undergoing venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 79(13): 1239-1250.
- [7] Kotani Y, Yamamoto T, Koroki T, et al. Mechanical left ventricular unloading in cardiogenic shock treated with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Shock*, 2025, 63(2): 182-188.
- [8] Protti I, van Steenwijk M P J, Meani P, et al. Left ventricular unloading in extracorporeal membrane oxygenation: a clinical perspective derived from basic cardiovascular physiology[J]. *Curr Cardiol Rep*, 2024, 26(7): 661-667.
- [9] Jiang J, Jain P, Adji A, et al. Afterload pressure and left ventricular contractility synergistically affect left atrial pressure during veno-arterial ECMO[J]. *JHLT Open*, 2024, 3: 100044.
- [10] Goffer E M, Lamberti K K, Spognardi A M, et al. Steady flow left ventricle unloading is superior to pulsatile pressure augmentation venting during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support[J]. *ASAIO J*, 2024, 70(11): 929-937.
- [11] Yu H, Wu Y, Feng X, et al. Hemodynamic analysis of left ventricular unloading with Impella versus IABP during VA-ECMO[J]. *Acta Bioeng Biomech*, 2024, 26(2): 25-36.
- [12] Everett K D, Swain L, Reyelt L, et al. Transvalvular unloading mitigates ventricular injury due to venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in acute myocardial infarction[J]. *JACC Basic Transl Sci*, 2023, 8(7): 769-780.
- [13] Myneni M, Cheema F H, Rajagopal K. Alterations in coronary blood flow and the risk of left ventricular distension in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *ASAIO J*, 2023, 69(6): 552-560.
- [14] Calhoun A, Lee M H, Pisano D V, et al. Variability in triggers for mechanical left ventricular unloading in VA-ECMO: a literature search[J]. *J Extra Corpor Technol*, 2025, 57(1): 24-31.
- [15] Torre D E, Pirri C. Beyond standard parameters: precision hemodynamic monitoring in patients on veno-arterial ECMO[J]. *J Pers Med*, 2025, 15(11): 541.
- [16] Ezad S M, Ryan M, Barrett N, et al. Left ventricular unloading in patients supported with veno-arterial extra corporeal membrane oxygenation; an international EuroELSO survey[J]. *Perfusion*, 2024, 39(S1): 13S-22S.
- [17] Lim H S. Proportional pulmonary pulse pressure: a new index to assess response to veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Perfusion*, 2024, 39(6): 1034-1040.
- [18] Hussey P T, von Mering G, Nanda N C, et al. Echocardiography for extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Echocardiography*, 2022, 39(2): 339-370.
- [19] Saeed O, Nunez J I, Jorde U P. Pulmonary protection from left ventricular distension during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: review and management algorithm[J]. *Lung*, 2023, 201(2): 119-134.
- [20] Lim H S, Vondrakova D, Micek M, et al. Phenotyping hemodynamic response to veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in cardiogenic shock[J]. *Physiol Rep*, 2026, 14(11): e70961.
- [21] Kang J, Lee K S, Lee H S, et al. Differential effect of left ventricular unloading according to the aetiology of cardiogenic shock[J]. *ESC Heart Fail*, 2024, 11(1): 338-348.

- [22] Toda K, Ako J, Hirayama A, et al. Outcomes of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation with percutaneous left ventricular unloading in fulminant myocarditis[J]. *ASAIO J*, 2024, 70(4): 258-263.
- [23] Bak M, Hyun J, Park H, et al. Early unloading and clinical outcomes in patients with fulminant myocarditis undergoing VA-ECMO: results of a multicenter retrospective study[J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2025, 78(3): 176-184.
- [24] Unoki T, Nakayama T, Saku K, et al. Impact of ECPeLLA support on 1-year outcomes and myocardial damage in patients with acute myocardial infarction and refractory cardiogenic shock: a single-center retrospective observational study[J]. *J Cardiol*, 2025, 85(5): 352-359.
- [25] Arai R, Murata N, Saito Y, et al. Prognostic survey of ECPeLLA in Japanese patients with acute myocardial infarction and cardiogenic shock - findings from the Japanese Registry for Percutaneous Ventricular Assist Device (J-PVAD)[J]. *Circ J*, 2025, 89(11): 1778-1785.
- [26] Thevathasan T, Kenny M A, Krause F J, et al. Left-ventricular unloading in extracorporeal cardiopulmonary resuscitation due to acute myocardial infarction - a multicenter study[J]. *Resuscitation*, 2023, 186: 109775.
- [27] Ling R R, Chen Y, Low C J W, et al. Left ventricular unloading during extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: a target trial emulation of the ELSO registry[J]. *Crit Care*, 2025, 29(1): 186.
- [28] Mohamoud A A, Khalif A, Abdallah N, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation with and without left ventricular unloading in patients with cardiac arrest: a nationwide analysis from the United States[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2026, 87: 66-73.
- [29] Thevathasan T, Füreder L, Fechtner M, et al. Left-ventricular unloading with Impella during refractory cardiac arrest treated with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care Med*, 2024, 52(3): 464-474.
- [30] Feng S N, Liu W L, Kang J K, et al. Impact of left ventricular venting on acute brain injury in patients with cardiogenic shock: an Extracorporeal Life Support Organization registry analysis[J]. *Crit Care Med*, 2025, 53(12): e2476-e2486.
- [31] Vishram-Nielsen J K K, Foroutan F, Rizwan S, et al. Patients with fulminant myocarditis supported with veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review and meta-analysis of short-term mortality and impact of risk factors[J]. *Heart Fail Rev*, 2023, 28(2): 347-357.
- [32] Alba A C, Foroutan F, Buchan T A, et al. Mortality in patients with cardiogenic shock supported with VA ECMO: a systematic review and meta-analysis evaluating the impact of etiology on 29,289 patients[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2021, 40(4): 260-268.
- [33] Kim M C, Lim Y, Lee S H, et al. Early left ventricular unloading or conventional approach after venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: the EARLY-UNLOAD randomized clinical trial[J]. *Circulation*, 2023, 148(20): 1570-1581.
- [34] Park H, Yang J H, Ahn J M, et al. Early left atrial venting versus conventional treatment for left ventricular decompression during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support: the EVOLVE-ECMO randomized clinical trial[J]. *Eur J Heart Fail*, 2023, 25(11): 2037-2046.
- [35] Lim Y, Kim M C, Lee S H, et al. Early left ventricular unloading after venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: 1-year outcomes of the EARLY-UNLOAD randomized clinical trial[J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2025, 14(4): 203-211.
- [36] Schrage B, Sundermeyer J, Blankenberg S, et al. Timing of active left ventricular unloading in patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation therapy[J]. *JACC Heart Fail*, 2023, 11(3): 321-330.
- [37] Picado-Loaiza S, Ayala R, Ferreira R O M, et al. Early versus bail-out left ventricular unloading during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2025, 39(4): 1015-1025.
- [38] Peng S, Li Z, Wang S, et al. Impact of left ventricular unloading timing on clinical outcomes in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: an updated systematic review and meta-analysis[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2025, 25(1): 759.
- [39] Radakovic D, Zittermann A, Rojas S V, et al. Left ventricular unloading in patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation therapy in cardiogenic shock: prophylactic versus bail-out strategy[J]. *Life (Basel)*, 2023, 13(2): 582.

- [40] Rahhal A, Bilal O, Salama A M, et al. Predictors of mortality in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation regardless of early left ventricular unloading: a national experience[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2025, 39(4): 949-956.
- [41] Nagai S, Kondo T, Kazama S, et al. Door-to-unload time and mortality in patients with ST-segment elevation myocardial infarction complicated by cardiogenic shock[J]. *EuroIntervention*, 2026, 22(12): e678-e689.
- [42] Kim A R, Hyun J, Lee S E, et al. Comparison of early versus conventional left ventricle unloading in patients undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation[J]. *Artif Organs*, 2026, 50(6): 891-898.
- [43] Gandhi K D, Moras E C, Niroula S, et al. Left ventricular unloading with Impella versus IABP in patients with VA-ECMO: a systematic review and meta-analysis[J]. *Am J Cardiol*, 2023, 208: 53-59.
- [44] Nitta M, Nakano S, Kaneko M, et al. In-hospital mortality in patients with cardiogenic shock requiring veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation with concomitant use of Impella vs. intra-aortic balloon pump - a retrospective cohort study using a Japanese claims-based database[J]. *Circ J*, 2024, 88(8): 1276-1285.
- [45] Nishimoto Y, Ohbe H, Nakata J, et al. Effectiveness of an Impella versus intra-aortic balloon pump in patients who received extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Am Heart Assoc*, 2025, 14(3): e037652.
- [46] Ito R, Kondo T, Kazama S, et al. Left ventricular unloading with Impella versus intra-aortic balloon pump in cardiogenic shock requiring venoarterial extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Am Heart Assoc*, 2026, 15(15): e047993.
- [47] Piperata A, Van den Eynde J, David C H, et al. ECMO alone versus ECPELLA in patients affected by cardiogenic shock: the multicenter EVACS study[J]. *ASAIO J*, 2024, 70(11): 946-953.
- [48] Zhang H, Wang T, Wang J, et al. Different strategies in left ventricle unloading during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: a network meta-analysis[J]. *Int J Cardiol Heart Vasc*, 2024, 54: 101506.
- [49] AlGhamdi M, Saiydoun G, Lebreton G, et al. Percutaneous atrial septostomy for left ventricular unloading in patients on peripheral venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Am Heart J Plus*, 2025, 54: 100542.
- [50] Villablanca P A, Fadel R A, Giustino G, et al. Hemodynamic effects and clinical outcomes of left atrial veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (LAVA-ECMO) in cardiogenic shock[J]. *Am J Cardiol*, 2025, 236: 79-85.
- [51] Kim A R, Park H, Lee S E, et al. Outcomes of left ventricular unloading with a transseptal cannula during extracorporeal membrane oxygenation in adults[J]. *Artif Organs*, 2021, 45(4): 390-398.
- [52] Jung J J, Kang D H, Moon S H, et al. Left ventricular decompression by transaortic catheter venting in extracorporeal membrane oxygenation[J]. *ASAIO J*, 2021, 67(7): 752-756.
- [53] Radakovic D, Zittermann A, Knezevic A, et al. Left ventricular unloading during extracorporeal life support for myocardial infarction with cardiogenic shock: surgical venting versus Impella device[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2022, 34(1): 137-144.
- [54] Wang H, Li C, Li D, et al. Efficacy of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation with and without intra-aortic balloon pump in adult cardiogenic shock[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2024, 11: 1431875.
- [55] Liu Y, Zeng M, Zhou Y, et al. Effect of intra-aortic balloon pump with veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in acute myocardial infarction with cardiogenic shock: a meta-analysis[J]. *Perfusion*, 2024, 39(7): 1323-1334.
- [56] Wang K, Wang L, Ma J, et al. Intra-aortic balloon pump after VA-ECMO reduces mortality in patients with cardiogenic shock: an analysis of the Chinese extracorporeal life support registry[J]. *Crit Care*, 2024, 28(1): 394.