

体外膜肺氧合治疗急性心肌梗死合并心源性休克的研究进展

宋琳*, 何泉#

重庆医科大学附属第一医院, 心血管内科, 心血管研究中心, 重庆

收稿日期: 2025年3月24日; 录用日期: 2025年4月19日; 发布日期: 2025年4月24日

摘要

急性心肌梗死合并心源性休克(AMI-CS)患者的死亡率居高不下。近年来, 体外膜肺氧合(ECMO)在AMI-CS患者中的逐渐增多, 但现有证据尚未证明其能显著改善生存预后。本综述聚焦于ECMO在AMI-CS患者中的应用进展, 探讨其生存获益, 适用人群和启动时机, 并分析不同左室卸载策略对预后的潜在影响, 以期ECMO在这一高危人群中的应用提供科学参考。

关键词

体外膜肺氧合, 急性心肌梗死, 心源性休克

Advances in Extracorporeal Membrane Oxygenation for the Treatment of Acute Myocardial Infarction Complicated by Cardiogenic Shock

Lin Song*, Quan He#

Department of Cardiovascular Medicine, Cardiovascular Research Center, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Mar. 24th, 2025; accepted: Apr. 19th, 2025; published: Apr. 24th, 2025

Abstract

The mortality rate of patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 宋琳, 何泉. 体外膜肺氧合治疗急性心肌梗死合并心源性休克的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(4): 2786-2794. DOI: 10.12677/acm.2025.1541241

(AMI-CS) remains high. In recent years, the use of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in AMI-CS patients has increased. However, existing evidence has not yet demonstrated a significant improvement in survival outcomes. This review focuses on the application of ECMO in AMI-CS patients, exploring its survival benefits, patient selection, and timing of initiation. Additionally, it analyzes the potential impact of different left ventricular unloading strategies on prognosis. The aim is to provide insights to optimize ECMO applications for this high-risk patient group.

Keywords

Extracorporeal Membrane Oxygenation, Acute Myocardial Infarction, Cardiogenic Shock

Copyright © 2025 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. 引言

心源性休克(Cardiogenic Shock, CS)是急性心肌梗死(Acute Myocardial Infarction, AMI)患者死亡的主要原因之一。尽管罪犯血管的紧急血运重建已被证实能够改善患者的生存率,但这部分患者的死亡率仍接近 50% [1]。近年来,机械循环支持(Mechanical Circulatory Support, MCS)的使用越来越多,尤其是针对那些对常规治疗无效的患者。

体外膜肺氧合(Extracorporeal Membrane Oxygenation, ECMO)能够提供全面的呼吸和循环支持,为心肌恢复、血运重建和后续的治疗争取宝贵的时间[2]。然而,ECMO 的应用也伴随着一系列并发症,可能影响治疗效果,使患者管理变得复杂。

本综述旨在概述 ECMO 治疗急性心肌梗死合并心源性休克(AMI-CS)的最新研究进展,为优化这一高危人群的 ECMO 治疗提供临床指导。

2. ECMO 基础知识与作用机制

ECMO 的工作原理是将静脉血引出体外,在膜式氧合器中进行气体交换后,将氧合后的血液重新输回体内,可选择回流至静脉系统(静脉-静脉模式, VV-ECMO)或动脉循环(静脉-动脉模式, VA-ECMO)。VV-ECMO 主要用于替代肺功能,而 VA-ECMO 则能够同时提供心脏和呼吸支持[3]。

在 AMI-CS 患者中,VA-ECMO 是首选模式。与其他机械循环支持装置不同,VA-ECMO 能够提供全面的心肺支持,不仅可以解决右心和左心功能障碍,还能改善全身氧合和酸碱平衡。VA-ECMO 作为“桥梁”治疗,为患者提供心肺功能的临时替代,直至心脏功能恢复或决定后续治疗方案。VA-ECMO 还为评估长期机械循环支持(如左室辅助装置(LVAD)或心脏移植)争取时间,帮助临床团队制定最佳治疗策略[2]。

3. ECMO 在 AMI-CS 患者中的应用现状:生存获益仍不明确

近年来,关于 ECMO 在 AMI-CS 患者中的应用,陆续有四项重要随机对照试验(RCT)研究结果发表,为临床实践提供了重要参考。ECLS-SHOCK I 试验[4]招募了 42 名 AMI-CS 患者,比较 VA-ECMO 联合标准治疗与单独标准治疗的效果,结果显示 VA-ECMO 未能显著改善左心室射血分数(LVEF)。ECMO-CS 试验[5]纳入 122 名严重或病情迅速恶化的 CS 患者,与早期保守治疗相比,立即启动 VA-ECMO 辅助治疗未改善患者 30 天和 1 年[6]的临床结局。ECLS-SHOCK 试验[7]进一步扩大了样本量,纳入了 420 名计

划接受血运重建的 AMI-CS 患者, 并将其随机分配至 VA-ECMO 组和常规治疗组。研究结果表明, 两组的 30 天全因死亡率和 1 年随访结果[8]无显著差异。这些结果均提示 VA-ECMO 并未显著改善 AMI-CS 患者的死亡率。尽管 VA-ECMO 在 AMI-CS 患者中提供了血流动力学支持, 但其对临床结局的直接影响仍值得进一步探讨。与此同时, EURO-SHOCK 试验[9]则提示, 对于血运重建后仍存在持续性心源性休克的患者, VA-ECMO 能够降低 30 天和 1 年死亡率。尽管该研究表明 VA-ECMO 在特定患者群体中可能具有一定的益处, 但受限于 COVID-19 疫情, 该研究仅纳入了 35 名患者, 样本量过小, 结果的统计学意义和普适性受到一定影响。因此, 如何在 AMI-CS 患者中正确选择 VA-ECMO 的适应症, 仍然需要更多高质量研究的验证。以上临床研究的详细信息见表 1。

Table 1. Randomised controlled trials on VA-ECMO use in AMI-CS patients

表 1. VA-ECMO 在 AMI-CS 患者中应用的随机对照试验

	ECLS-SHOCK I	ECMO-CS	EURO-SHOCK	ECLS-SHOCK
注册编号	NCT02544594	NCT02301819	NCT03813134	NCT03637205
研究时间	2015.11~2017.11	2015.11~2022.01	2020.01~2022.01	2019.06~2022.11
样本量/例	42	117 (73 例 AMI-CS)	35	417
研究人群	AMI-CS 计划血运重建的患者	不同病因的 CS 快速恶化和严重的患者	AMI-CS PCI 术后 30 min 出现 CS	AMI-CS 计划血运重建的患者
排除标准	CPR 超过 60 分钟 梗死后机械性并发症	仍昏迷的院外 CA 幸存者 PAD 妨碍 VA-ECMO 入路	院外 CA 伴 pH < 7 或 CPR > 10 分钟 梗死后机械性并发症 PAD 妨碍 VA-ECMO 入路	CPR 超过 45 分钟 PAD 妨碍 VA-ECMO 入路
干预组	VA-ECMO + 标准治疗	即刻使用 VA-ECMO + 标准治疗	VA-ECMO + 标准治疗 + IABP 可用于左室卸载	早期使用 VA-ECMO + 标准治疗
对照组	标准治疗	标准治疗 + 血流动力学恶化时 可使用 VA-ECMO	标准治疗 + IABP 可作为 MCS	标准治疗 + 必要时升级至其他 MCS + 严重恶化使用 ECMO
终点结局	30 天的 LVEF	复合终点: 30 天内全因 死亡率、复苏后 CA、 额外 MCS 置入 随访 1 年全因死亡率	30 天全因死亡率	30 天全因死亡率 随访 1 年全因死亡率
研究结果	两组之间 30 天 LVEF 无差异	立即实施 VA-ECMO 没有改善 30 天和 1 年全因死亡率	使用 VA-ECMO 降低 30 天全因死亡率	早期使用 VA-ECMO 没有改善 30 天和 1 年全因死亡率
研究局限	LVEF 作终点 存在争议	乳酸不能单独准确描述 血流动力学的恶化 组间交叉率高 未标准化进行左室卸载	样本量有限	组间交叉率高 左室卸载率低

注: CPR 心肺复苏, CA 心脏骤停, MCS 机械循环辅助装置, PAD 外周血管疾病, LVEF 左室射血分数。

对上述 RCT 进行荟萃分析[10]发现, 与常规治疗相比, VA-ECMO 未显著降低 30 天病死率(OR = 0.93, 95% CI 0.66~1.29), 在年龄、性别、乳酸水平、心脏骤停等亚组分析中, VA-ECMO 均未明显优于药物治疗。与此同时, 使用 VA-ECMO 的患者发生严重出血和外周血管并发症的风险显著增加, 分别为常规治疗组的 2.44 倍和 3.53 倍。尽管 VA-ECMO 提供了短期的循环支持, 但其伴随的并发症, 尤其是大出

血和外周血管损伤,可能抵消其对患者血液动力学的改善作用。

这些试验未能证明在 AMI-CS 患者中使用 VA-ECMO 能够改善死亡率。然而,短期生存率作为研究终点存在争议。在临床实践中,VA-ECMO 作为一种桥梁治疗手段,其价值更多体现在暂时稳定危重患者,桥接到可能挽救生命的临床治疗,从而提高生存机会,而非直接改善死亡率[11]。VA-ECMO 的预后取决于后续治疗(血运重建促进心肌恢复、心脏移植或植入左室辅助装置)的可行性和有效性。如果后续治疗不可行或无效,VA-ECMO 所提供的可能生存机会将失去意义。上述试验存在 ECMO 支持时间短[12] [13]、过渡到心脏移植和左室辅助装置的转化率较低[11]等问题,导致试验结果偏向中性。

除此之外,目前的研究还存在一些局限性。首先,研究纳入患者的心脏骤停发生率高和持续时间较长,缺氧导致的神经系统损伤与更差的预后相关,且不能因 ECMO 的使用而改善获益。其次,心脏移植和 LVAD 转换率低[11],以及超过 50%的 VA-ECMO 患者死于难治性休克[7],均表明研究可能纳入了部分伴有不可逆的心肌损伤和伴随的不适宜心脏移植/LVAD 情况的患者,这些患者病情危重,接受任何治疗都可能无法避免死亡。此外,上述试验中还存在组间交叉率高,左室减压策略使用不充分等问题,影响了对 ECMO 实际疗效的评估。ECMO-CS 试验中超过 30%对照组患者最终使用 ECMO [5],过高的交叉率使试验偏离原有假设,实际上评估的是常规早期使用 ECMO 支持是否比医生指导的 MCS 升级决策更优。这会导致低估 ECMO 带来的获益,同时也会低估并发症造成的危害[14]。试验中不到 10%的患者接受左室减压,左室减压不足可能导致心肌持续处于高负荷状态,加重心肌损伤,影响患者的预后,从而掩盖 ECMO 对心肌保护的潜在益处[12] [13]。

因此,在没有更多高质量、充分评估的实验数据之前,相关指南不应急于调整,需要更加强调在适当的患者群体中应用 VA-ECMO。未来的研究需进一步优化实验设计,以更准确地评估 VA-ECMO 在 AMI-CS 中的作用。首先,严格筛选患者,避免纳入病情过轻或过重的患者。同时明确规定 ECMO 的启动时机和持续时间,积极使用左室减压策略,从而更全面地评估 ECMO 的疗效。其次,与心脏移植中心和 LVAD 植入团队合作,建立多学科协作模式,提高 ECMO 过渡到后续治疗的可行性和成功率,改善患者长期生存率和生活质量。此外,进行多中心 RCT 研究,扩大样本量,确保各组在基线特征上的可比性;使用意向性分析等统计方法减少因组间交叉导致的偏倚;进行敏感性分析和亚组分析,探讨不同患者特征对治疗效果的潜在影响。

4. 优化 ECMO 适应证: 患者选择与启动时机

患者的选择对 ECMO 治疗效果至关重要。对保守治疗有反应的患者接受 ECMO 可能会因设备相关并发症而导致更糟糕的结果;处于危急状态且不太可能实现充分心肌恢复的患者使用 ECMO 是徒劳的。目前,ECMO 主要用于保守治疗效果欠佳的 AMI-CS 患者,特别是对充分的药物治疗(如血管加压药和正性肌力药)无反应或血流动力学迅速恶化的患者。2021 年欧洲心脏病学会(ESC)关于急性心肌梗死和心力衰竭管理的指南[15] [16]建议将短期机械循环支持作为“桥梁”治疗,用于辅助后续决策和干预。

患者的选择有赖于对病情严重程度的准确评估。插管前 SCAI 休克分期已被证明是院内死亡率的强有力预测因素[17],结合 SCAI 休克分期有助于选择 VA-ECMO 植入的最佳窗口,建议将 C 期和 D 期患者作为 ECMO 的最佳植入窗口[17] [18],对 B 期患者应密切监测以避免病情恶化。近年来还陆续开发了多个预测模型来评估接受 ECMO 的 CS 患者的预后。SAVE 评分[19]是首个用于 ECMO 预后评估的评分,提供了便捷的在线计算工具,使用方便,应用广泛。SAVE 评分共包含 13 个危险因素,以分层方式预测院内生存率,并在外部验证中显示出良好的区分度。ENCOURAGE 评分[20]专为 AMI-CS 患者设计,包含七个 ECMO 前的参数,其效能优于 SAVE 评分,并已开发改良版本[21],预测效能得到进一步提高。近期,Stephens 等人基于 AI 深度神经网络算法开发了 ECMOPAL 评分[22],包括乳酸水平、年龄、 HCO_3^- 、

呼吸频率和 ECMO 启动前插管时间、心脏骤停等指标,在预测 VA-ECMO 患者的院内死亡率的表现上显著优于现有评分系统。这些评分有助于早期识别高风险患者,优化 ECMO 的使用决策,帮助医生制定更具个体化的治疗方案。

ECMO 启动的时间是决定其有效性的关键因素,但最佳时机仍存在争议。近期 ECMO-CS 试验[5]未能证明早期 ECMO 启动可提高生存率。Lee 等人[23]利用 RESCUE 注册数据库分析 362 例难治性 CS 患者,按照休克至 ECMO 植入时间分为早期(<0.9 小时)、中期(0.9~2.2 小时)和晚期(>2.2 小时)组。结果显示,早期 ECMO 组 30 天死亡率低于晚期组(33.9% vs. 47.1%, HR = 0.53),并可降低院内死亡、脱机失败、1 年死亡及心衰再住院的风险,提示尽早植入 ECMO 可能改善预后。Jent 等[24]基于一项大规模国际登记数据,分析了 8619 名接受 ECMO 支持的 CS 患者的数据,发现较早启动 ECMO 与更高的生存率相关,而住院超过 24 小时后启动 ECMO 显著增加院内死亡。尽管这些研究提示尽早启动 ECMO 可能获益,但其对于“早期”的定义不统一,并且未将 ECMO 植入时间与 PCI 进行关联。在 AMI-CS 患者,是否在 PCI 之前抢先插入 VA-ECMO 仍存在争议。

在 AMI-CS 患者中,及时血运重建可促使一些患者的 LVEF 得到改善而无需 VA-ECMO。另外,ECMO 植入会延迟门到球囊(D2B)时间并通过增加后负荷来增加梗死心肌的氧需求,这可能会抵消 ECMO 带来的获益。在一些小型的观察性研究发现,Huang 等[25]及 Choi 等[26]发现尽管在 STEMI 亚组中 D2B 时间略有延迟,但在 AMI 和难治性 CS 患者中,在血管重建之前置入 ECMO 与改善临床效果显著相关。一项基于 1352 例因 AMI-CS 接受 MCS 的患者的观察性数据的荟萃分析[27] (IABP: n = 956, Impella: n = 203, VA-ECMO: n = 193)发现,PCI 前开始 VA-ECMO 与死亡风险显著降低相关。然而,现有研究多局限于单中心、小样本研究,还需要设计随机试验来确定治疗效果。

5. 左室卸载策略:合理选择装置或可改善生存率

在 VA-ECMO 治疗过程中,由于外周置管方式会导致血液逆流进入主动脉,从而使左心室后负荷显著增加,容易引发左心室扩张、冠脉灌注下降及血栓形成等问题。同时,左心室充盈压力升高可能进一步诱发肺水肿或出血等并发症。为缓解这些问题,左室卸载成为关键的辅助治疗措施。左室卸载通过减少左心的工作负荷或充盈压力,改善血流动力学状态,减少相关并发症的发生[28]。目前常用的左室卸载策略包括:经间隔左心房(LA)或右肺动脉插管、主动脉内球囊反搏(IABP)和 Impella。

近期两项随机对照试验对 VA-ECMO 支持期间使用经房间隔左房插管进行左心室减压的最佳策略进行了探索(见表 2)。EARLY-UNLOAD 研究[29]显示,与常规治疗组相比,早期左心室卸载并未改善 30 天全因死亡率(46.6% vs. 44.8%, HR = 1.02, P = 0.942)。EVOLVE-ECMO 研究[30]发现,尽管早期左室卸载可迅速改善肺淤血,但与常规治疗组相比,并未提高 ECMO 脱机成功率(70.0% vs. 76.7%, P = 0.386)和出院生存率(53.3% vs. 50.0%, P = 0.796)。上述研究均不支持常规实施早期 LV 减压。然而,由于两项研究样本量较小(n = 60, n = 116),且存在较高的组间交叉率(对照组中分别有 50%和 76.7%的患者最终接受了左心室减压),研究结果的可靠性受到一定限制,需谨慎解读。此外,两项研究均使用经房间隔左心房插管进行左室卸载,无法直接将结果推演至联合 MCS 进行卸载的治疗中,还需要使用其他减压方式的多中心试验来进一步研究左心室减压的有效性。

IABP 是左室卸载中常用的 MCS 装置。在一些小型的回顾性研究中,AMI-CS 患者中使用 ECMO 联合 IABP 可以改善住院生存率[31] [32]。在一项来自 17 项观察性研究的 3997 例患者的大型荟萃分析中,在接受 VA-ECMO 支持的同时接受左室卸载(IABP 91.7%, Impella 5.5%)的 1696 例患者中,死亡率显著降低[33]。另外一项纳入 4653 例患者的网络荟萃分析发现,与不使用机械循环支持(MCS)的患者相比,ECMO 联合 IABP (ECMO-IABP)可能降低 CS 患者的死亡率,而其他设备或者联合方式则未显示出显著益处[34]。

Table 2. Randomized clinical trials of LV unloading during VA-ECMO in CS patients**表 2.** VA-ECMO 联合左室卸载在 CS 患者中应用的随机对照试验

	试验编号	研究时间/ 预计截止	研究 人群	样本量/ 例	实验组	对照组	主要结果
EARLY UNLOAD	NCT04775472	2021.03~2022.09	CS	116	VA-ECMO + 经房间隔 左房插管	ECMO 需要时卸载	未改善 30 天 全因死亡率
EVOLVE ECMO	NCT03740711	2018.12~2022.08	CS	60	VA-ECMO + 经房间隔 左房插管	ECMO 需要时卸载	改善肺淤血, 但未提高 ECMO 脱机成功率 和出院生存率
ANCHOR	NCT04184635	2025.10	AMI-CS	400	VA-ECMO + IABP	药物治疗	正在进行
REVERSE	NCT03431467	2025.01	CS	96	VA-ECMO + Impella	VA-ECMO	正在进行
UNLOAD ECMO	NCT5577195	2025.12	CS	198	VA-ECMO + Impella	VA-ECMO	正在进行

ECMO 联合 Impella 这种配置被称为 ECMELLA 或 ECPPELLA。Schrage 等人[35]发现,接受 ECPPELLA 支持的患者的 30 天死亡率为 58.3%,而单独接受 VA-ECMO 治疗的患者的 30 天死亡率为 65.7% (HR, 0.79 [95% CI, 0.63~0.98]), AMI-CS 和非缺血性 CS 亚组的获益相似。一项荟萃分析比较了 VA-ECMO 联合 Impella 与 VA-ECMO 联合 IABP 的短期疗效和安全性,发现在 AMI-CS 患者中,VA-ECMO 联合 Impella 可以明显降低短期死亡率($P < 0.0001$),更具有生存优势[36]。然而值得注意的是,ECMELLA 组并发症更多,严重出血、需要干预的通路部位相关缺血、肾脏替代治疗和溶血等发生率更高。这强调了在联合 Impella 进行左室卸载时,必须权衡其生存获益与严重并发症的风险。

总之,目前的证据并不表明经房间隔左心房插管对左室卸载有好处,而 ECMELLA 和 VA-ECMO + IABP 组合似乎与有益的结果相关。然而支持 IABP 和 Impella 作为左室卸载工具的证据都来自于回顾性研究,仍缺乏随机对照试验的证据,目前有 3 项正在进行的 RCT 研究。ANCHOR 试验(NCT04184635)旨在将 VA-ECMO 联合 IABP 治疗与单纯药物治疗在 AMI-CS 患者中进行比较。REVERSE 试验(NCT03431467)和 ULOAD ECMO 试验(NCT05577195)拟评估 CS 患者使用 VA-ECMO 联合 Impella 治疗是否优于单独使用 VA-ECMO。我们期待这些试验结果,或许能为卸载方法的选择提出坚定的建议,但目前,应根据当地的专业知识和特定多学科休克团队可用的策略,以务实的方式做出决定。

6. 总结

ECMO 在 AMI-CS 患者中的应用仍面临许多挑战。当前研究未能证实其可显著改善生存预后,ECMO 治疗效果的提升不仅依赖于患者的早期筛选与合适的启动时机,还可能受益于联合左室卸载设备的选择。未来需要更多高质量的随机对照试验,明确 ECMO 的最佳使用策略,改善 AMI-CS 患者的预后结局。

参考文献

- [1] Samsky, M.D., Morrow, D.A., Proudfoot, A.G., Hochman, J.S., Thiele, H. and Rao, S.V. (2021) Cardiogenic Shock after Acute Myocardial Infarction: JACC Scientific Expert Panel. *JAMA*, 326, 1840-1850. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.18323>
- [2] Guglin, M., Zucker, M.J., Bazan, V.M., Bozkurt, B., El Banayosy, A., Estep, J.D., et al. (2019) Venoarterial ECMO for Adults. *Journal of the American College of Cardiology*, 73, 698-716. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.11.038>

- [3] Rihal, C.S., Naidu, S.S., Givertz, M.M., Szeto, W.Y., Burke, J.A., Kapur, N.K., *et al.* (2015) 2015 SCAI/ACC/HFSA/STS Clinical Expert Consensus Statement on the Use of Percutaneous Mechanical Circulatory Support Devices in Cardiovascular Care (Endorsed by the American Heart Association, the Cardiological Society of India, and Sociedad Latino Americana De Cardiologia Intervencion; Affirmation of Value by the Canadian Association of Interventional Cardiology-Association Canadienne De Cardiologie D'intervention). *Journal of Cardiac Failure*, **21**, 499-518. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2015.03.002>
- [4] Brunner, S., Guenther, S.P.W., Lackermair, K., Peterss, S., Orban, M., Boulesteix, A., *et al.* (2019) Extracorporeal Life Support in Cardiogenic Shock Complicating Acute Myocardial Infarction. *Journal of the American College of Cardiology*, **73**, 2355-2357. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.02.044>
- [5] Ostadal, P., Rokyta, R., Karasek, J., Kruger, A., Vondrakova, D., Janotka, M., *et al.* (2023) Extracorporeal Membrane Oxygenation in the Therapy of Cardiogenic Shock: Results of the ECMO-CS Randomized Clinical Trial. *Circulation*, **147**, 454-464. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.122.062949>
- [6] Ostadal, P., Rokyta, R., Karasek, J., Kruger, A., Vondrakova, D., Janotka, M., *et al.* (2024) Extracorporeal Membrane Oxygenation in the Therapy of Cardiogenic Shock: 1-Year Outcomes of the Multicentre, Randomized ECMO-CS Trial. *European Journal of Heart Failure*, **27**, 30-36. <https://doi.org/10.1002/ehj.3398>
- [7] Thiele, H., Zeymer, U., Akin, I., Behnes, M., Rassaf, T., Mahabadi, A.A., *et al.* (2023) Extracorporeal Life Support in Infarct-Related Cardiogenic Shock. *New England Journal of Medicine*, **389**, 1286-1297. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2307227>
- [8] Desch, S., Zeymer, U., Akin, I., Behnes, M., Duerschmied, D., Rassaf, T., *et al.* (2024) Routine Extracorporeal Life Support in Infarct-Related Cardiogenic Shock: 1-Year Results of the ECLS-SHOCK Trial. *European Heart Journal*, **45**, 4200-4203. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae610>
- [9] Banning, A.S., Sabaté, M., Orban, M., Gracey, J., López-Sobrinó, T., Massberg, S., *et al.* (2023) Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation or Standard Care in Patients with Cardiogenic Shock Complicating Acute Myocardial Infarction: The Multicentre, Randomised EURO SHOCK Trial. *EuroIntervention*, **19**, 482-492. <https://doi.org/10.4244/eij-d-23-00204>
- [10] Zeymer, U., Freund, A., Hochadel, M., Ostadal, P., Belohlavek, J., Rokyta, R., *et al.* (2023) Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Patients with Infarct-Related Cardiogenic Shock: An Individual Patient Data Meta-Analysis of Randomised Trials. *The Lancet*, **402**, 1338-1346. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(23\)01607-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(23)01607-0)
- [11] Dalzell, J.R. (2024) VA-ECMO for Infarct-Related Cardiogenic Shock Following the ECLS-SHOCK Trial: More Questions than Answers? *Journal of Cardiac Failure*, **30**, 1391-1394. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2024.04.032>
- [12] Trummer, G., Boeken, U., Kaluza, M., Siepe, M. and Böning, A. (2024) Extracorporeal Life Support in Infarct-Related Cardiogenic Shock—Critical View on Study Results and Consequences for Shock Therapy. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, **65**, ezae025. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezae025>
- [13] Nougué, H., Martin, A. and Cholley, B. (2024) Veno-Arterial ECMO Support in Ischemic Cardiogenic Shock: Absence of Evidence Is Not Evidence of Absence. *Anaesthesia Critical Care & Pain Medicine*, **43**, Article 101335. <https://doi.org/10.1016/j.accpm.2023.101335>
- [14] Henry, T.D., Yannopoulos, D. and van Diepen, S. (2023) Extracorporeal Membrane Oxygenation for Cardiogenic Shock: When to Open the Parachute? *Circulation*, **147**, 465-468. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.122.063190>
- [15] Collet, J., Thiele, H., Barbato, E., Barthélémy, O., Bauersachs, J., Bhatt, D.L., *et al.* (2021) 2020 ESC Guidelines for the Management of Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting without Persistent ST-Segment Elevation: The Task Force for the Management of Acute Coronary Syndromes in Patients Presenting without Persistent ST-Segment Elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, **42**, 1289-1367. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa575>
- [16] McDonagh, T.A., Metra, M., Adamo, M., Gardner, R.S., Baumbach, A., Böhm, M., *et al.* (2021) 2021 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure: Developed by the Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure of the European Society of Cardiology (ESC) With the Special Contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *European Heart Journal*, **42**, 3599-3726. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab368>
- [17] Jentzer, J.C., Baran, D.A., Kyle Bohman, J., van Diepen, S., Radosevich, M., Yalamuri, S., *et al.* (2022) Cardiogenic Shock Severity and Mortality in Patients Receiving Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenator Support. *European Heart Journal. Acute Cardiovascular Care*, **11**, 891-903. <https://doi.org/10.1093/ehjacc/zuac119>
- [18] Mehta, S., Fried, J., Nemeth, S., *et al.* (2023) Society for Cardiovascular Angiography and Interventions Shock Classification to Stratify Outcomes of Extracorporeal Membrane Oxygenation. *ASAIO Journal (American Society for Artificial Internal Organs)*, **69**, 352-359.
- [19] Schmidt, M., Burrell, A., Roberts, L., Bailey, M., Sheldrake, J., Rycus, P.T., *et al.* (2015) Predicting Survival after ECMO

- for Refractory Cardiogenic Shock: The Survival after Veno-Arterial-ECMO (SAVE)-Score. *European Heart Journal*, **36**, 2246-2256. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv194>
- [20] Muller, G., Flecher, E., Lebreton, G., Luyt, C., Trouillet, J., Bréchet, N., *et al.* (2016) The ENCOURAGE Mortality Risk Score and Analysis of Long-Term Outcomes after VA-ECMO for Acute Myocardial Infarction with Cardiogenic Shock. *Intensive Care Medicine*, **42**, 370-378. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4223-9>
 - [21] Pabst, D., Foy, A.J., Peterson, B., Soleimani, B. and Brehm, C.E. (2018) Predicting Survival in Patients Treated with Extracorporeal Membrane Oxygenation after Myocardial Infarction. *Critical Care Medicine*, **46**, e359-e363. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000002995>
 - [22] Stephens, A.F., Šeman, M., Diehl, A., Pilcher, D., Barbaro, R.P., Brodie, D., *et al.* (2023) ECMO PAL: Using Deep Neural Networks for Survival Prediction in Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Intensive Care Medicine*, **49**, 1090-1099. <https://doi.org/10.1007/s00134-023-07157-x>
 - [23] Lee, H., Kim, H.C., Ahn, C., Lee, S., Hong, S., Yang, J.H., *et al.* (2021) Association between Timing of Extracorporeal Membrane Oxygenation and Clinical Outcomes in Refractory Cardiogenic Shock. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **14**, 1109-1119. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2021.03.048>
 - [24] Jentzer, J.C., Drakos, S.G., Selzman, C.H., Owyang, C., Teran, F. and Tonna, J.E. (2024) Timing of Initiation of Extracorporeal Membrane Oxygenation Support and Outcomes among Patients with Cardiogenic Shock. *Journal of the American Heart Association*, **13**, e032288. <https://doi.org/10.1161/jaha.123.032288>
 - [25] Huang, C., Hsu, J., Wu, Y., Ke, S., Huang, J., Chiu, K., *et al.* (2018) Implementation of Extracorporeal Membrane Oxygenation before Primary Percutaneous Coronary Intervention May Improve the Survival of Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction and Refractory Cardiogenic Shock. *International Journal of Cardiology*, **269**, 45-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.07.023>
 - [26] Choi, K.H., Yang, J.H., Hong, D., Park, T.K., Lee, J.M., Song, Y.B., *et al.* (2020) Optimal Timing of Venoarterial-Extracorporeal Membrane Oxygenation in Acute Myocardial Infarction Patients Suffering from Refractory Cardiogenic Shock. *Circulation Journal*, **84**, 1502-1510. <https://doi.org/10.1253/circj.cj-20-0259>
 - [27] Del Rio-Pertuz, G., Benjanuwattra, J., Juarez, M., Mekraksakit, P., Argueta-Sosa, E. and Ansari, M.M. (2022) Efficacy of Mechanical Circulatory Support Used before versus after Primary Percutaneous Coronary Intervention in Patients with Cardiogenic Shock from ST-Elevation Myocardial Infarction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cardiovascular Revascularization Medicine*, **42**, 74-83. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2022.05.002>
 - [28] Werdan, K., Gielen, S., Ebel, H. and Hochman, J.S. (2014) Mechanical Circulatory Support in Cardiogenic Shock. *European Heart Journal*, **35**, 156-167. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv248>
 - [29] Kim, M.C., Lim, Y., Lee, S.H., Shin, Y., Ahn, J.H., Hyun, D.Y., *et al.* (2023) Early Left Ventricular Unloading or Conventional Approach after Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation: The EARLY-UNLOAD Randomized Clinical Trial. *Circulation*, **148**, 1570-1581. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.123.066179>
 - [30] Park, H., Yang, J.H., Ahn, J., Kang, D., Lee, P.H., Kim, T.O., *et al.* (2023) Early Left Atrial Venting versus Conventional Treatment for Left Ventricular Decompression during Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Support: The EVOLVE-ECMO Randomized Clinical Trial. *European Journal of Heart Failure*, **25**, 2037-2046. <https://doi.org/10.1002/ehf.3014>
 - [31] Kida, H., Sotomi, Y., Hikoso, S., Nakatani, D., Mizuno, H., Suna, S., *et al.* (2022) Prognostic Significance of Intra-Aortic Balloon Pumping Support in Patients with Acute Myocardial Infarction and Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Therapy. *Journal of Cardiology*, **79**, 179-185. <https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2021.10.011>
 - [32] Nishi, T., Ishii, M., Tsujita, K., Okamoto, H., Koto, S., Nakai, M., *et al.* (2022) Outcomes of Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Plus Intra-Aortic Balloon Pumping for Treatment of Acute Myocardial Infarction Complicated by Cardiogenic Shock. *Journal of the American Heart Association*, **11**, e023713. <https://doi.org/10.1161/jaha.121.023713>
 - [33] Russo, J.J., Aleksova, N., Pitcher, I., Couture, E., Parlow, S., Faraz, M., *et al.* (2019) Left Ventricular Unloading during Extracorporeal Membrane Oxygenation in Patients with Cardiogenic Shock. *Journal of the American College of Cardiology*, **73**, 654-662. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.10.085>
 - [34] Low, C.J.W., Ling, R.R., Lau, M.P.X.L., Liu, N.S.H., Tan, M., Tan, C.S., *et al.* (2024) Mechanical Circulatory Support for Cardiogenic Shock: A Network Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials and Propensity Score-Matched Studies. *Intensive Care Medicine*, **50**, 209-221. <https://doi.org/10.1007/s00134-023-07278-3>
 - [35] Schrage, B., Becher, P.M., Bernhardt, A., Bezerra, H., Blankenberg, S., Brunner, S., *et al.* (2020) 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. *Circulation*, **142**, 2095-2106. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.120.048792>

- [36] Soh, B.W.T., Gracias, C.S., Dean, A., Kumar, J., Asgedom, S., Matiullah, S., *et al.* (2024) A Systematic Review and Meta-Analysis of the Efficacy and Safety of Combined Mechanical Circulatory Support in Acute Myocardial Infarction Related Cardiogenic Shock. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **105**, 650-661.
<https://doi.org/10.1002/ccd.31369>