

前言

我们荣幸地向各位同仁呈现这部《体外生命支持进展2026》。本书旨在系统总结2025～2026年全球体外生命支持（ECLS）领域的最新研究成就、临床实践革新，展望未来发展趋势。本书凝聚了国内百余位专家的集体智慧，期望能为从事危重症救治的临床医生、研究人员及管理者提供一份前沿、权威且实用的参考。

相较于既往著作，本书在结构上进行了深度优化，首次明确以支持器官与患者群体为主线，划分为“成人心脏支持”“成人呼吸支持”“成人体外生命支持的管理”“儿童体外生命支持”“体外生命支持其他问题”五大篇，力图构建一个更清晰、更契合临床思维的知识体系。

第一篇“成人心脏支持”，不仅深入探讨了静脉-动脉体外膜氧合（V-A ECMO）在心源性休克各亚型（如急性心肌梗死、暴发性心肌炎、心脏手术后等）中的精准应用策略，更专设章节剖析了体外心肺复苏（ECPR）的实施流程与预后影响因素。本篇特别关注了联合循环支持技术及从监测到撤机的全程精细化管理，反映了从“建立支持”到“优化康复”的范式转变。

第二篇“成人呼吸支持”，在详尽解读最新指南共识的基础上，重点聚焦于静脉-静脉体外膜氧合（V-V ECMO）管理的核心难点与进展，包括置管策略、机械通气配合、俯卧位通气的实施、右心保护及抗凝策略选择等。同时对特殊患者群体（如气道手术、脓毒症、肺移植患者等）的应用进行了拓展，并对体外二氧化碳清除（ECCO₂R）技术的最新争议与前景进行了客观评述。

第三篇“成人体外生命支持的管理”，是本书着力强化的部分，因为管理是决定ECLS成败的基石。本篇系统阐述了体外膜氧合（ECMO）期间最关键的血液系统监测与抗凝管理、各类并发症（如出血、血栓、感染、神经系统损伤）的防治策略，并前瞻性地纳入人工智能在风险预测与预后评估中的应用，以及ECMO期间独特的药理学知识，为实现安全、高效的团队协作提供了全面指导。

第四篇“儿童体外生命支持”，则专注于这一特殊群体的生理与病理特点，从治疗现状、管理策略（如凝血、营养、药物、血液净化管理）到远期预后评估，均提供了针对性的最新证据和实践方案。

第五篇“体外生命支持其他问题”，将视野延伸至基础研究前沿，涵盖了实验模型建立、器官损伤机制、新材料研发及新治疗策略的探索，展现了ECLS技术持续创新的源头活水。

本书的编纂，始终秉持“循证为纲、临床为本”的原则。我们力求呈现的不仅是静态的知识点，更是动态的临床决策逻辑。书中对重大随机对照试验的长期随访结果进行了再分析，对传统观念发起了新挑战，也坦诚面对了当前存在的诸多争议与未知领域，如ECMO启动的最佳时机、抗凝强度的个体化选择及长期生存质量的评估等。

在此，我们谨向所有参与本书撰写的国内外专家致以最诚挚的谢意，是你们在繁忙的临床与科研工作之余，将宝贵的经验与见解凝练成章。同时，也要感谢编写团队审校人员和出版团队为保障书籍质量与时效所付出的不懈努力。最后，我们要将本书的成果归功于每一位奋战在ECLS一线的同道，你们的每一次探索与坚守，是本书最坚实的实践基础。

由于ECLS领域发展日新月异，加之编者水平所限，书中疏漏之处在所难免，恳请广大读者不吝指正。我们期望本书能成为您专业旅途中的良师益友，共同推动中国乃至全球体外生命支持事业迈向更高峰，为更多危重症患者点燃生命的希望。

侯晓彤 尚游 杜中涛

2026年1月

目 录

第一篇 成人心脏支持

第一章 V-A ECMO在心源性休克中的应用	3
第一节 心源性休克ECMO辅助随机对照研究远期结果及亚群再分析解读	3
第二节 ECMO是否在AMI-CS中常规应用的思考	7
第三节 心源性休克机械循环支持的应用与进展	11
第四节 V-A ECMO在高危PCI支持中的应用	17
第五节 V-A ECMO在心脏移植术后的应用	19
第六节 V-A ECMO在暴发性心肌炎中的应用	25
第七节 V-A ECMO在免疫抑制合并心源性休克中的应用	27
第八节 V-A ECMO在肺栓塞中的应用	30
第九节 V-A ECMO在心脏外科术后的应用	33
第二章 体外心肺复苏	37
第一节 ECPR与传统心肺复苏的对比	37
第二节 ECPR的实施流程与效果影响因素分析	40
第三节 ECPR患者特征与预后分析	43
第四节 ECPR患者凝血系统影响	47
第三章 V-A ECMO管理	51
第一节 V-A ECMO辅助期间肺动脉导管监测的应用	51
第二节 V-A ECMO期间氧合目标管理	56
第三节 V-A ECMO期间二氧化碳管理	59
第四节 V-A ECMO与IABP联合应用效果分析	64
第五节 Impella的原理与应用	67
第六节 V-A ECMO与Impella联合应用	70
第七节 V-A ECMO插管策略与血管并发症	73
第八节 左西孟旦在V-A ECMO撤机中的应用价值	76
第四章 V-A ECMO应用患者预后	80
第一节 V-A ECMO辅助的临床预后	80
第二节 V-A ECMO启动时机对预后的影响	82
第三节 V-A ECMO心室减负荷策略与时机对预后的影响	85

第四节 V-A ECMO患者性别与体重对预后的影响	89
---------------------------------	----

第二篇 成人呼吸支持

第五章 新指南共识解读	95
第一节 《ECMO治疗成人严重创伤中国指南》解读	95
第二节 呼吸ECMO支持下的右心损伤管理专家共识解读	102
第三节 肺移植围术期使用体外生命支持的专家共识：术中管理解读	106
第四节 肺移植围术期使用体外生命支持的专家共识：术后管理解读	112
第六章 V-V ECMO管理	118
第一节 V-V ECMO置管策略进展	118
第二节 V-V ECMO期间机械通气的进展	121
第三节 接受V-V ECMO治疗的ARDS患者实施俯卧位：是支持还是反对	124
第四节 V-V ECMO不影响血流动力学吗	127
第五节 V-V ECMO期间右心损伤的管理	131
第六节 增加新管路或使用 β 受体阻滞剂处理V-V ECMO低氧血症可行吗	136
第七节 V-V ECMO是采用低强度还是高强度抗凝	141
第八节 如何避免V-V ECMO撤机失败	144
第九节 清醒V-V ECMO如何实施	148
第七章 ECMO在特殊患者的应用	153
第一节 ECMO在气道手术患者的应用	153
第二节 ECMO在脓毒症患者的应用	156
第三节 ECMO在严重创伤患者的应用	160
第四节 ECMO在肺移植患者的应用	165
第八章 V-V ECMO应用患者的预后	170
第一节 年龄、体重与V-V ECMO应用患者的预后	170
第二节 V-V ECMO应用患者的长期预后及预测预后的新方法	174
第九章 体外二氧化碳清除	178
第一节 ECCO ₂ R用于COPD急性加重无效吗	178
第二节 高流量ECCO ₂ R的可行性	181
第三节 ECCO ₂ R治疗低氧性呼吸衰竭：2022年欧洲圆桌会议专家共识解读	183

第三篇 成人体外生命支持的管理

第十章 ECMO期间血液系统的监测与管理	191
第一节 ECMO期间血液系统损伤与调控	191
第二节 ECMO期间输血策略及其对预后影响的相关研究	194
第三节 ECMO抗凝监测策略概论：传统、现状与前沿	197

第四节	ECMO抗凝并发症	202
第十一章	ECMO的并发症	206
第一节	ECMO期间如何降低出血和血栓风险	206
第二节	ECMO神经系统并发症：风险与对策	210
第三节	ECMO神经监测与脑出血	214
第四节	ECMO期间如何防治感染并发症	218
第五节	ELSO《2024 成人体外膜肺氧合（ECMO）患者早期康复活动指南》解读	221
第十二章	人工智能在ECMO中的应用	227
第一节	机器学习预测ECMO神经系统并发症风险	227
第二节	机器学习如何赋能ECMO患者的预后预测	229
第十三章	ECMO期间的药理学	233
第一节	成人ECMO需要研究的药理学	233
第二节	ECMO不同的抗生素药代动力学	236
第三节	ECMO对镇痛镇静药物药代动力学的影响	241

第四篇 儿童体外生命支持

第十四章 儿童ECMO概述	247
第一节 儿童ECMO治疗现状及未来展望	247
第二节 儿童ECMO相关的其他进展	251
第三节 ECMO在儿童特殊疾病中的应用	254
第十五章 儿童ECMO管理	257
第一节 儿童ECMO出凝血管理策略	257
第二节 儿童ECMO期间的药物药代动力学与药效动力学	261
第三节 儿童ECMO期间CRRT的应用选择	265
第四节 儿童ECMO营养管理	268
第十六章 儿童ECMO预后	272
第一节 ECMO支持下神经系统预后	272
第二节 ECMO支持多器官/系统预后与预测模型分析	275

第五篇 体外生命支持其他问题

第十七章 基础研究前沿	281
第一节 用于重症疾病研究的ECMO实验动物模型建立与评估	281
第二节 ECMO期间器官损伤的相关基础研究进展	283
第三节 ECMO新材料研究进展	287
第四节 ECMO药物干预及辅助治疗策略的基础研究进展	290

第一篇

成人心脏支持

第一章

V-A ECMO在心源性休克中的应用

第一节 心源性休克ECMO辅助随机对照研究远期结果及亚群再分析解读

李呈龙 首都医科大学附属北京安贞医院

心源性休克（cardiogenic shock, CS）是急性心肌梗死及其他严重心脏疾病最为凶险的并发症之一，病死率长期居高不下。即便在再灌注治疗和药物不断进展的今天，其院内死亡率仍高达40%~70%^[1]。在此背景下，静脉-动脉体外膜氧合（veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation, V-A ECMO）被公认为最具潜力的短期机械循环支持（mechanical circulatory support, MCS）方式之一。其核心目标在于暂时替代心肺功能，恢复全身灌注与氧合，从而为心肌恢复或后续桥接治疗争取宝贵时间。

然而在临床实践中，V-A ECMO的启用时机、适用人群及其对长期生存的影响，始终存在争议。既往观察性研究常因选择偏倚和幸存者偏倚的干扰，难以准确评估其实际获益。2020年以来，两项里程碑式的多中心随机对照试验ECMO-CS^[2]与ECLS-SHOCK^[3]结果相继发表，为“V-A ECMO是否改善心源性休克预后”这一问题提供了前所未有的高质量证据。尽管两项试验在30天主要终点均未显示生存获益，但其后续一年期随访结果及多项亚组再分析，为我们带来了更为细致和深入的见解。本节旨在系统梳理这两项试验的长期结局及机制性再分析结果，探讨V-A ECMO在不同患者亚群中的潜在价值，并展望未来的研究方向。

一、主要随机对照研究的设计与长期结果

（一）ECMO-CS试验：即时启动并未改善一年生存

ECMO-CS试验共纳入117例重度或快速进展性心源性休克患者，将其随机分为立即启动体外膜氧合（ECMO）组与早期保守治疗组^[4]。研究主要终点为1年全因死亡率。结

果显示，两组1年死亡率分别为69.0%与67.8%[风险比(HR)=1.02, $P=0.93$]，差异无统计学意义；次要复合终点（包括死亡、再次心搏骤停或其他MCS置入）亦未见显著性差异。此外，两组在机械通气时间、重症监护室(ICU)停留时间及总住院时长方面均相近。值得关注的是，在基线平均动脉压(MAP)低于63 mmHg的亚组中，ECMO显示出潜在获益趋势(HR=0.58, 95%CI 0.29~1.16, $P_{交互}=0.017$)，提示对于极度低灌注患者，ECMO可能有助于逆转休克进程，该发现也为后续深入分析提供了方向。

(二) ECLS-SHOCK 试验：常规体外生命支持策略未改善AMI-CS预后

ECLS-SHOCK试验在44家中心开展，共纳入417例急性心肌梗死合并心源性休克(AMI-CS)患者，将其随机分配至常规体外生命支持(extracorporeal life support, ECLS)辅助组或标准药物治疗组。主要终点为30天死亡率，并进一步随访至1年^[5]。结果显示，ECLS组与对照组1年全因死亡率分别为55.0%与55.8%，无显著性差异；然而，ECLS组严重出血及血管并发症风险显著增加。在存活患者中，两组神经功能结局、再梗死率及心力衰竭再入院率均相当，但ECLS组疼痛与不适评分更高。Landmark分析提示，绝大多数死亡事件发生于初始30天内，之后两组生存曲线趋于平行。这表明ECLS虽未能独立改善患者长期生存，但可能在疾病早期高危阶段发挥暂时稳定作用。

两项高质量随机对照试验的长期随访结果一致表明，即时或常规应用ECMO并未显著改善心源性休克患者的长期生存。这一结论提示，ECMO的价值不在于“普遍适用”，而在于能否在特定病理生理状态下实现精准支持——临床决策的重点需从“是否使用”转向“何时使用”及“用于何人”。

二、亚组分析与机制再解读

(一) ECMO-CS再分析：血流动力学与代谢参数定义新获益人群

在ECMO-CS原始随机对照试验中，即刻启动ECMO并未在整体人群中显示出优于早期保守治疗的短期或长期生存优势。然而，该试验主要依据血压和乳酸水平判断休克严重程度，而这些指标仅能部分反映机体循环灌注状态。许多患者在MAP尚可维持时，实际上已存在显著心输出量下降、组织氧供不足及代谢紊乱。这表明，单纯依赖“低血压”作为标准，可能遗漏部分真正需要MCS的患者。

基于上述认识，研究团队对ECMO-CS试验数据进行了事后亚组分析，尝试采用更具生理意义的参数识别可能获益更高的患者群体^[6]。分析聚焦于三项关键循环代谢指标：心脏指数(CI)、混合静脉血氧饱和度(SvO_2)和动静脉二氧化碳分压差(pCO_2 gap)。CI反映单位体表面积的心输出量，是评估心脏泵功能的核心指标；低CI提示有效心输出不足，全身氧供下降。 SvO_2 反映氧供与氧耗之间的平衡，其值降低提示组织氧摄取增加、氧债积累，是识别早期组织低灌注的敏感指标。 pCO_2 gap则反映组织水平二氧化碳清除能力，升高提示微循环灌注不足与末端代谢障碍。三者分别从宏观血流、系统代谢和微循环层面描绘了休克状态下的循环衰竭特征，共同构建了更完整的“循环衰竭画像”。

在117例随机患者中, 分别有58例、54例和95例患者具备可用的CI、 pCO_2 gap和 SvO_2 数据。分析发现: 在 $\text{CI} < 2.2 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 的患者中, 即刻启动ECMO可显著降低1年全因死亡风险($\text{HR}=0.48$, $95\%\text{CI } 0.23 \sim 0.99$, $P=0.049$), 并使复合终点(死亡或血流动力学恶化需加用ECMO)风险下降70%($\text{HR}=0.30$, $P=0.003$); 在 $\text{pCO}_2 \text{ gap} > 0.8 \text{ kPa}$ 的亚组中, 死亡风险下降约57%($\text{HR}=0.43$, $P=0.028$), 复合终点风险下降71%($\text{HR}=0.29$, $P=0.001$); 在 $\text{SvO}_2 < 60\%$ 的患者中, 1年死亡率显著降低($\text{HR}=0.34$, $P=0.002$), 需治疗人数(NNT)仅为2.8, 表明早期机械支持可明显改善预后。

上述结果提示, ECMO的疗效并非普适于所有心源性休克患者, 而是对一类具有“重度灌注障碍但仍具可逆潜力”的患者最为显著。从病理生理机制看, 此类患者心脏泵功能已无法满足代谢需求, 但尚未发展为不可逆的多器官功能衰竭。ECMO可通过迅速恢复循环流量与氧供, 纠正组织缺氧与代谢性酸中毒, 减轻心肌后负荷, 为心肌恢复争取时间。相反, 对于CI、 SvO_2 、 pCO_2 gap尚处于正常或代偿范围的患者, ECMO可能带来出血、血栓、炎症反应等额外风险, 难以转化为净获益。

因此, 本亚组分析为未来ECMO的启动决策提供了新的分层依据。若能在后续随机对照试验中基于CI、 SvO_2 、 pCO_2 gap等生理参数进行患者分层, 有望从“总体中性”的结果中识别ECMO真正能够挽救生命的患者群体。

(二) ECLS-SHOCK亚组 I: 入院时段与救治效率

亚组分析显示, 工作时段与非工作时段入院的患者, 在30天死亡率方面无显著性差异($50.7\% \text{ vs. } 46.0\%$, $P=0.36$), ECMO的疗效在不同时段也保持一致^[7]。然而, 工作时段入院的患者出血事件发生率更高, 提示在医疗资源相对集中、操作强度较大的时段, 可能因干预更为密集而导致相关风险上升。该结果进一步说明, 救治时段本身对预后的影响有限, 流程标准化与团队协作质量才是决定救治效果的关键。

(三) ECLS-SHOCK亚组 II: 不同MCS策略的比较

ECLS-SHOCK的MCS策略再分析将患者分为三类: Upfront ECLS(立即使用); Bailout MCS(抢救性加用); Escalated MCS(逐级升级)^[8]。三组30天死亡率分别为44.8%、61.1%和55.6%, 虽未达统计学显著性差异, 但呈现出“支持越晚, 结局越差”的趋势。抢救性MCS组患者对连续性肾脏替代治疗(CRRT)的需求显著更高, 提示延迟支持可能导致多器官损伤加重。这一结果为早期精准评估、及时启动支持、避免多器官功能恶化的诊疗思路提供了直接依据。

(四) ECLS-SHOCK亚组 III: 心搏骤停人群的特殊性

在ECLS-SHOCK试验中, 77%的患者为复苏后心搏骤停, 比例显著高于以往大型研究(如IABP-SHOCK II为45%, CULPRIT-SHOCK为54%)^[9]。此类患者乳酸水平更高、pH更低, 提示存在严重低灌注及脑缺氧损伤。尽管ECLS在心搏骤停与非心搏骤停患者中的总体疗效未见显著交互作用, 但数据显示, 心肺复苏时间较短或未发生心搏骤停的患者结局相对更好。约30%的心搏骤停患者最终死于脑损伤, 而非循环衰竭。这说明在心搏骤

停为主的人群中，ECMO虽能提供心脏支持，却难以逆转神经损伤所致的死亡，其“心脏支持效应”被非心源性终点所稀释。

三、阴性结果的启示

近年来，ECLS-SHOCK与ECMO-CS两项大型随机对照研究虽均得出所谓的“阴性结论”，但这并不意味着ECMO本身无效，而更应促使我们对试验设计与结果解读进行深刻反思。V-A ECMO本质上是一种桥接治疗，其核心目标在于通过暂时维持循环稳定、改善组织灌注，为患者争取通往最终“临床目的地”的机会，即实现心肌功能恢复，或在心肌损伤不可逆时成功桥接至心脏移植或左心室辅助装置（LVAD）。

然而，当前多项随机对照试验（RCT）将30天全因死亡率作为唯一主要终点，却未充分考虑这些“临床目的地”的可及性与实现率。例如，在ECLS-SHOCK试验中，仅0.5%的患者最终接受了LVAD治疗，无人接受心脏移植；而在国际体外生命支持组织注册数据库中，同类人群中该比例可达4.6%^[10]。如此低的比例提示，试验可能纳入了大量“无临床归宿”的患者——他们在入组时即已存在不可逆心肌损伤或缺乏长期支持条件。对于这类患者，无论ECMO在短期内如何有效地稳定循环，最终仍难以改变死亡结局。因此，RCT的“阴性结果”更多反映的是研究对象选择与终点评价体系的局限，而非ECMO本身无效。若研究缺乏可行的移植或LVAD路径，亦无成熟的心力衰竭与重症团队支持，即便实现短期循环稳定，也难以转化为长期生存获益。

在此背景下，ECMO-CS研究的亚组再分析提供了关键的生理学线索。分析显示，在 $CI < 2.2 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 、 $\text{SvO}_2 < 60\%$ 或 $\text{pCO}_2 \text{ gap} > 0.8 \text{ kPa}$ 的患者中，即时启动ECMO可显著降低1年死亡率及循环恶化事件风险。这三项参数共同勾勒出“可逆低灌注”患者的特征——其血压或可维持，但已处于氧供耗失衡与微循环衰竭的临界状态。在此阶段实施MCS，能够迅速恢复氧输送、减轻心肌负荷、纠正代谢性酸中毒，并为器官功能恢复创造窗口。反之，若支持延迟至休克不可逆阶段，或患者已合并严重脑损伤、肝肾衰竭等终末状态，ECMO则难以转化为生存优势。

由此可见，未来的临床决策与研究设计应从“是否使用”转向“何时使用”及“用于何人”，以动态生理指标为依据，而非仅依赖血压或乳酸等单一参数，从而精准识别最可能获益的患者群体。同时，RCT的终点定义也应从单一的30天死亡率，拓展至涵盖器官功能恢复、成功桥接至移植或LVAD、神经功能结局及生活质量等复合终点，以全面反映ECMO的临床价值。

未来相关研究应在具备高水平ECMO操作经验、成熟左心减压技术及完善移植体系的中心开展，确保患者拥有通向“临床目的地”的现实路径。国内体系，如中国医师协会体外生命支持专业委员会注册网络，可依托多中心真实世界数据，构建以生理参数为导向的桥接策略模型，推动ECMO从一项“救命技术”向“精准支持体系”演进。

最终，ECMO的成功不应仅以短期延续生命为衡量标准，而应以延续患者的生命轨迹、助其重获具有功能的生存为终极目标。

参考文献

- [1] Basir M B, Lemor A, Gorgis S, et al. Early utilization of mechanical circulatory support in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: The national cardiogenic shock initiative. J Am Heart Assoc, 2023, 12(23): e031401.
- [2] Ostadal P, Rokyta R, Karasek J, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in the therapy of cardiogenic shock: Results of the ECMO-CS randomized clinical trial. Circulation, 2023, 147(6): 454-464.
- [3] Thiele H, Zeymer U, Akin I, et al. Extracorporeal life support in infarct-related cardiogenic shock. N Engl J Med, 2023, 389(14): 1286-1297.
- [4] Ostadal P, Rokyta R, Karasek J, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in the therapy of cardiogenic shock: 1-year outcomes of the multicentre, randomized ECMO-CS trial. Eur J Heart Fail, 2025, 27(1): 30-36.
- [5] Desch S, Zeymer U, Akin I, et al. Routine extracorporeal life support in infarct-related cardiogenic shock: 1-year results of the ECLS-SHOCK trial. Eur Heart J, 2024, 45(39): 4200-4203.
- [6] Ostadal P, Vondrakova D, Rokyta R, et al. Cardiac index, SvO₂ or pCO₂ gap may determine benefit from ECMO in cardiogenic shock: Post-hoc analysis of the multicenter, randomized ECMO-CS trial. Crit Care, 2025, 29(1): 303.
- [7] Schupp T, Thiele H, Rassaf T, et al. Prognostic impact of admission time in infarct-related cardiogenic shock an ECLS-SHOCK substudy. JACC Cardiovasc Interv, 2024, 17(19): 2228-2239.
- [8] Feistritzer H J, Zeymer U, Ouarrak T, et al. Different mechanical circulatory support strategies for infarct-related cardiogenic shock: A subanalysis of the ECLS-SHOCK trial. JACC Cardiovasc Interv, 2025, 18(6): 691-701.
- [9] Zeymer U, Freund A, Noc M, et al. Influence of resuscitated cardiac arrest on efficacy and safety of extracorporeal life support in infarct-related cardiogenic shock: A substudy of the ECLS-SHOCK trial. Circulation, 2025, 151(24): 1752-1754.
- [10] Acharya D, Manandhar-Shrestha N, Leacche M, et al. Extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to advanced heart failure therapies. J Heart Lung Transplant, 2023, 42(8): 1059-1071.

第二节 ECMO 是否在 AMI-CS 中常规应用的思考

屠国伟 复旦大学附属中山医院

一、ECMO 应用于 AMI-CS 的临床意义

急性心肌梗死 (acute myocardial infarction, AMI) 患者发生心源性休克 (CS) 的比例为 6%~10%, 早期血运重建是挽救 AMI-CS 患者生命的关键措施之一。即使完成血运重建, 此类患者的院内死亡率仍然高达 40%~50%, 预后不良的主要原因在于心脏泵衰竭与重要脏器灌注不足之间形成的恶性循环^[1]。V-A ECMO 作为一种有效的机械循环支持手段, 能够逆转器官低灌注、稳定血流动力学状态, 并减少患者对血管活性药物的依赖, 为

后续治疗决策争取宝贵时间^[2]。

二、ECMO应用于AMI-CS的新进展

近年来,关于ECMO是否应在AMI-CS中常规使用,已有四项RCT研究提供了参考证据,分别为ECLS-SHOCK I、EURO SHOCK、ECMO-CS和ECLS-SHOCK研究^[3,4]。ECLS-SHOCK I研究纳入了42名接受早期血运重建的AMI-CS患者,其主要研究终点为30天左右心室射血分数,结果显示ECMO组与对照组存活患者的数据相似(50% vs. 50.8%)^[5]。在30天全因死亡率方面,ECMO组为19%,对照组为33%($P=0.37$)。EURO SHOCK研究因受疫情影响仅入组35名患者,这些患者在急性心肌梗死血运重建后30分钟仍处于持续休克状态^[6]。该研究中,V-A ECMO组的30天全因死亡率为43.8%,而标准治疗组为61.1%($HR=0.56$, 95% CI 0.21~1.45, $P=0.22$)。

ECMO-CS研究共纳入117名严重或快速恶化的心源性休克患者,旨在探讨早期启动ECMO能否在包括30天全因死亡、心肺复苏及额外循环辅助装置应用在内的复合终点上获益^[7]。该研究中62.4%的患者病因为急性心肌梗死。研究将患者分为立即启动V-A ECMO组(58名)和保守策略组(59名),结果显示两组主要终点发生率分别为63.8%和71.2%($HR=0.72$, 95% CI 0.46~1.12, $P=0.21$),30天全因死亡率分别为50%和47.5%。值得关注的是,保守策略组中有23名患者因24小时内血清乳酸升高 ≥ 3 mmol/L而最终使用了V-A ECMO。事后亚组分析提示,对于存在低心脏指数、高 pCO_2 gap或低 SvO_2 等指标反映组织灌注和氧合不良的患者,早期启动ECMO可能带来获益。

ECLS-SHOCK是迄今唯一基于30天死亡率计算样本量的RCT研究^[8]。该研究共纳入来自44个中心的417例计划接受血运重建的AMI-CS患者,其中67%存在ST段抬高。心源性休克定义为持续性低血压、血乳酸 > 3 mmol/L,并伴有器官低灌注的临床表现。在干预组中,22%的患者在血运重建前启动V-A ECMO,26%在重建期间启动,52%在重建后启动。对照组如出现血流动力学恶化,则按照研究方案可置入主动脉内球囊反搏(IABP)或Impella心室辅助装置。主要终点方面,干预组209例患者30天死亡率为48%,对照组208例患者为49%($HR=0.98$, 95% CI 0.80~1.19, $P=0.81$),两组无显著性差异。多项次要终点,包括肾脏替代治疗、再次血运重建、心肌梗死再发、因心力衰竭再入院、神经功能预后、机械通气时间、血流动力学稳定时间、去甲肾上腺素使用时长、重症监护住院天数、总住院时间等,均未显示组间差异。预设亚组分析进一步表明,V-A ECMO未在男性、年龄 < 65 岁、合并糖尿病、ST段抬高型心肌梗死、前壁心肌梗死、乳酸水平 > 6 mmol/L或曾接受心肺复苏的患者中带来生存获益。安全性方面,V-A ECMO组中重度出血发生率为23%,对照组为10%;下肢缺血发生率在ECMO组为11%,对照组为4%,提示ECMO支持相关并发症风险更高。ECLS-SHOCK研究后续衍生出一系列分析,旨在识别可能从V-A ECMO中获益的人群。结果显示,入院时间(工作时间或非工作时间)、体重指数(BMI)、入院C反应蛋白(CRP)及美国心血管造影和介入协会(Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, SCAI)休克分期等因素与V-A ECMO的治疗效果无关。ECLS-SHOCK研究团队采用XGBoost机器学习算法构建30天全因死亡预测

模型,发现V-A ECMO本身使用与否及其相关并发症(如中重度出血、外周血管并发症等)对死亡风险的预测贡献较低。另一项中介分析也提示,ECMO并发症本身不足以解释ECLS-SHOCK研究的阴性结果。

一项针对上述四项RCT研究的个体患者数据荟萃分析(共纳入567例患者,其中75%来自ECLS-SHOCK研究)同样表明,非选择性早期使用V-A ECMO未能改善患者生存率^[9]。在意向性治疗分析中,V-A ECMO组死亡率为45.7%,对照组为47.7%(OR=0.93,95%CI 0.66~1.29)。这一结果在按实际治疗进行分析及排除交叉治疗后的敏感性分析中均保持稳定。与此同时,V-A ECMO应用与更高的主要出血事件和外周血管缺血发生率相关。

三、AMI-CS常规化应用ECMO的争议

大多数临床医生认同,V-A ECMO确实能够挽救部分AMI-CS患者的生命。然而,前述研究证据并未证明V-A ECMO在AMI-CS患者群体中常规应用的优势,这与我们的临床期望存在一定差距。那么,如何合理应用V-A ECMO才能使这类患者最大限度获益?结合ECLS-SHOCK研究的纳入标准及其局限性,可以从以下三个维度进一步探讨:患者选择、ECMO管理及全流程救治体系优化。

(一) 患者选择

1. 心肺复苏史 ECLS-SHOCK研究中,超过70%的患者在随机分组前曾接受成功的心肺复苏,这可能在一定程度上削弱了V-A ECMO的疗效。复苏相关的缺氧性脑损伤无法通过机械循环支持逆转,并最终导致患者死亡,而复苏后出现的低血压和高乳酸血症也未必能单靠V-A ECMO纠正。

2. 休克严重程度 ECLS-SHOCK研究纳入了从SCAI C期至E期、具有明显组织低灌注体征的休克患者,其中E期患者占35%,提示纳入人群整体病情危重,常合并不可逆心肌损伤及多种基础疾病。而C期患者占比达51.6%,这部分患者本身可能无须ECMO辅助亦能存活。真正可能从中获益的,或许是仅占13.4%的D期患者——他们是潜在的“关键少数”。但是,休克分期本身是动态变化的,临床实践中难以在早期精准判断其演变趋势,因此完全放弃E期或C期患者亦不现实。

3. 血运重建时机和策略 ECLS-SHOCK研究纳入的是计划接受血运重建的AMI-CS患者,ECMO组中仅21.9%在血运重建前启用,其余78.1%均在术中或术后才启用,这在某种程度上削弱了ECMO在休克早期稳定血流动力学的作用。针对存在多支冠脉病变的情况,仅针对罪犯血管进行经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)应是首选策略。最近有研究提示残余缺血增加AMI-CS患者1年死亡风险,这提示在稳定后期,可权衡分期血运重建策略以降低患者死亡风险^[10]。

(二) ECMO 管理

V-A ECMO会增加左心室后负荷,在急性心肌梗死背景下可能加重心内膜下缺血与心肌氧耗,进一步损害心功能。一项涵盖62项研究、共7581例患者的荟萃分析指出,当休

克继发于急性心肌梗死时,进行左心室减压可以最大限度地降低死亡率,并可将其风险降低6.65%^[11]。来自我国和日本的回顾性研究也提示V-A ECMO联合IABP与AMI-CS患者的院内死亡率降低相关,但目前尚缺乏RCT研究数据^[12, 13]。ECLS-SHOCK研究中仅5.8%的患者接受了左心室减压,未来ANCHOR(IABP, NCT04184635)、REVERSE(Impella, NCT03431467)及UNLOAD ECMO(Impella, NCT05577195)等研究有望就联合机械循环支持策略给出更明确的答案^[14]。

(三) 全流程救治体系优化

ECLS-SHOCK研究中,仅不到2%的患者最终接受了左心室辅助装置或心脏移植,这可能与纳入患者整体病情过重、合并症过多有关。建立多学科心源性休克救治团队是提高此类治疗可及性的关键。建议在ECMO辅助及血运重建后48小时内动态评估病情转归,以决策后续是否选择心室辅助、心脏移植、左心室减压或撤除ECMO,目前已有相关研究开始探索这一路径^[15]。

四、小 结

ECMO在AMI-CS中的应用,如同跳伞过程中打开降落伞——时机过早或过晚,均难以达到理想的挽救效果。通过精细化患者选择、优化血流动力学支持策略(联合机械循环支持),并加强从启动到撤机的全程管理,将有助于构建个体化的精准治疗路径,规范ECMO在此类患者中的应用,最大限度改善患者的预后。

参 考 文 献

- [1] Combes A, Price S, Levy B. What's new in VA-ECMO for acute myocardial infarction-related cardiogenic shock. *Intensive Care Med*, 2024, 50(4): 590-592.
- [2] Jentzer J C, Hibbert B. Optimal patient and mechanical circulatory support device selection in acute myocardial infarction cardiogenic shock. *Lancet*, 2024, 404(10457): 992-993.
- [3] Thiele H, Belohlavek J, Hassager C. Routine venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for acute myocardial infarction-related cardiogenic shock: What we know and don't know. *Intensive Care Med*, 2024, 50(8): 1354-1357.
- [4] Thiele H, Desch S, Freund A, et al. Why VA-ECMO should not be used routinely in AMI-cardiogenic shock. *J Heart Lung Transplant*, 2024, 43(5): 695-699.
- [5] Brunner S, Guenther S P W, Lackermair K, et al. Extracorporeal life support in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(18): 2355-2357.
- [6] Banning A S, Sabaté M, Orban M, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation or standard care in patients with cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: The multicentre, randomised EURO SHOCK trial. *EuroIntervention*, 2023, 19(6): 482-492.
- [7] Ostadal P, Rokytá R, Karasek J, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in the therapy of cardiogenic shock: Results of the ECMO-CS randomized clinical trial. *Circulation*, 2023, 147(6): 454-464.
- [8] Thiele H, Zeymer U, Akin I, et al. Extracorporeal life support in infarct-related cardiogenic shock. *N Engl J Med*, 2023, 389(14): 1286-1297.