

• 专家共识 •

成人高级生命支持临床实践专家共识

天津市胸痛与复苏学会

执笔人：史晓峰 刘人杰

通信作者：史晓峰，天津市第一中心医院急诊医学科，天津 300192，Email：regina241009@163.com

【摘要】 心搏骤停是一种高发病率、高致死率的急危重症。当前我国心搏骤停救治体系仍需优化标准化流程与多学科协作，为此天津市胸痛与复苏学会牵头，组织国内多学科专家，基于循证医学方法系统检索和筛选最佳的临床研究证据，编写了符合国情的成人高级生命支持(ALS)专家共识，旨在为ALS临床实践提供清晰、可操作、规范化的指导。

【关键词】 心搏骤停；复苏；体外心肺复苏；预后评估；多学科协作

基金项目：2023年天津市临床重点专科建设项目(急诊内科)(2024-08-23)

实践指南注册：国际实践指南注册平台，PREPARE-2026CN276

DOI：10.3969/j.issn.1008-9691.2026.02.001

Expert consensus on clinical practice of advanced life support for adults

Tianjin Society of Chest Pain and Resuscitation

Shi Xiaofeng, Liu Renjie

Corresponding author: Shi Xiaofeng, Department of Emergency, Tianjin First Central Hospital, Tianjin 300192, China, Email: regina241009@163.com

【Abstract】 Cardiac arrest is a critical condition with high incidence and mortality rates. Currently, the cardiac arrest rescue system in China requires further optimization in standardized protocols and multidisciplinary collaboration. To address this, the Tianjin Society of Chest Pain and Resuscitation led a multidisciplinary expert panel to develop an expert consensus on adult advanced life support (ALS) based on evidence-based methods, including systematic retrieval and screening of the best clinical research evidence. This consensus aims to provide clear, actionable, and standardized guidance for ALS clinical practice.

【Key words】 Cardiac arrest; Resuscitation; Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation; Prognostic assessment; Multi-disciplinary teamwork

Fund program: Tianjin Key Clinical Specialty Construction Project (2023 Emergency Internal Medicine) (2024-08-23)

Practice guideline registration: Practice Guideline Registration for Transparency, PREPARE-2026CN276

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2026.02.001

心搏骤停是指心脏机械活动停止，循环征象消失，不能正常呼吸甚至无呼吸。心搏骤停有高发病率、高致死率、高致残率等特征，是常见急诊急危重症及重大公共卫生问题。《中国心脏骤停与心肺复苏报告(2022版)概要》^[1]中指出，2020年中国七大地理区域经急救医疗服务(emergency medical services, EMS)接诊的院外心搏骤停(out-of-hospital cardiac arrest, OHCA)发病率为97.1/10万，较部分地区既往数据(22.9/10万~80.6/10万)明显上升；出院生存率1.2%，神经功能预后良好率0.8%。成人院内心搏骤停(in-hospital cardiac arrest, IHCA)的发病率为8.4‰，接受心肺复苏(cardiac pulmonary resuscitation, CPR)患者自主循环恢复(return of spontaneous circulation, ROSC)率为41.1%，30d生存出院率为9.4%，出院30d神经功能预后良好率为6.7%。综上，我国心搏骤停救治体系已获得阶段

性进展，但标准化诊疗流程、多学科协作机制等方面尚需优化，亟待制定符合我国国情的成人高级生命支持(advanced life support, ALS)临床实践共识。

1 专家共识制定过程

1.1 共识制定目的：制定符合国情的成人ALS专家共识，为ALS临床实践提供清晰、可操作的规范化指导。

1.2 制定方法：由天津市胸痛与复苏学会牵头，组织国内急诊、重症、心脏病学、麻醉学等多学科专家共同制定，于2025年8月25日启动。制定过程参照各种指南的制订方法与步骤标准严格把控质量^[2-5]。

1.3 制定工作组：本共识由多学科专家工作组(涵盖急诊医学、重症医学、心脏病学、麻醉学等领域)承担，按职能设撰写、秘书、证据评价组。制定全程规避利益冲突，确保共识的科学性、客观性与权威性。

1.4 专家共识的使用者与目标人群：共识供接诊各类 OHCA/IHCA 患者进行 ALS 的临床医护人员使用。目标人群为 18 周岁及以上此类患者。

1.5 临床问题确定：基于 OHCA/IHCA 相关指南与临床实践经验初拟临床问题，经专家会分阶段、分组讨论，最终确定本共识呈现的临床问题。

1.6 文献检索与筛选：本共识严格遵循循证医学方法，系统检索与筛选最佳证据，支撑临床问题的解答。主要纳入指南、系统评价、Meta 分析、随机对照试验、队列研究、病例对照研究等。每个临床问题均由 2 名证据评价组成员独立按标题、摘要、全文筛选文献，筛选完成后进行结果比对与核对，如遇分歧先讨论，若无法统一，则咨询第 3 位专家，确保筛选过程客观、公正。

1.7 证据水平与推荐强度分级：本共识使用推荐分级的评估、制定与评价(grades of recommendations assessment, development and evaluation, GRADE)^[6]对每个临床问题的证据质量及推荐强度进行分级(表 1)。

表 1 成人 ALS 专家共识证据水平与推荐强度分级标准

GRADE 分级	描述
推荐等级	
I	已证实和(或)一致公认有益、有用和有效的操作或治疗，推荐使用
II	
II a	有关证据和(或)观点倾向于有用和(或)有效，应用这些操作或治疗是合理的
II b	有关证据和(或)观点尚不能被充分证明有用和(或)有效，这些操作或治疗可考虑应用
III	已证实和(或)一致公认无用和(或)无效，并对一些病例可能有有害的操作或治疗，不推荐使用
证据水平分级	
A	数据来源于多个随机临床试验或荟萃分析
B	数据来源于一个随机临床试验或多个大型非随机研究
C	数据来源于专家共识意见或小型研究、回顾性研究、登记研究

1.8 推荐意见的形成：通过系统梳理证据、结合国内外最新进展及临床实践经验初拟推荐意见。2025 年 10 月 25 日开展专家函询，共收到 62 条修改建议，经逐条讨论、整合与修订，多轮反馈与修改后专家组达成广泛共识，确保其科学、实用与可操作性。

1.9 共识的撰写：共识达成后，由秘书组起草初稿，召开专家评议会系统审阅评议，根据专家反馈反复修改打磨，形成专家共识终稿。

1.10 共识的更新：共识发布后，工作组将会持续跟

踪本领域的新进展、循证医学证据变化及其临床实践反馈，定期评估现有推荐意见的适用性，按需适时更新，确保共识内容能始终反映当前最佳临床实践与科学研究水平，为临床决策提供持续、可靠的指导。

2 推荐意见及依据

2.1 复苏初期 ALS

2.1.1 心搏骤停可逆病因的“6H6T5C”体系

2.1.1.1 心搏骤停的病因：心脏搏骤停病因繁多，救治复杂，涉及多个学科。为便于快速识别并处理可逆病因，本共识在传统的“5H5T”病因分类^[7]基础上，新增了低血糖(hypoglycemia)^[8]、创伤(trauma)^[9-10]和 5 类特殊病因“5C”^[11]，形成“6H6T5C”分类系统。该系统包括：6H：低血容量(hypovolemia)、低氧(hypoxia)、酸中毒(hydrogen ion excess)、低/高钾血症(hypo-/hyperkalemia)、低体温(hypothermia)、低血糖(hypoglycemia)；6T：张力性气胸(tension pneumothorax)、心脏压塞(cardiac tamponade)、毒物(toxins)、肺栓塞(pulmonary thrombosis)、冠状动脉(冠脉)血栓(coronary thrombosis)、创伤(trauma)；5C：颅脑病因(cerebral causes)、心肌病(cardiomyopathies)、传导异常(conduction abnormalities)、先天性异常(congenital anomalies)、心脏震荡(commotio cordis)。

2.1.1.2 新增病因解释

低血糖：低血糖已被证实是导致心搏骤停的一个可逆性病因，尽管 2025 年美国心脏协会(American Heart Association, AHA)指南未将其列为“5H5T”框架的一部分，但研究显示，CPR 过程中纠正低血糖可显著提高 ROSC 率^[8, 12]。

创伤：创伤性心搏骤停(traumatic cardiac arrest, TCA)在年轻人中尤为常见，特别是造成无法控制的出血、张力性气胸等，可通过早期识别并处理创伤性病因，改善患者预后^[13]。

心搏骤停中的“5C”：① 颅脑病因，指严重颅脑事件(尤其是急性蛛网膜下腔出血)经由神经源性机制诱发的心搏骤停，可表现为三度房室传导阻滞、室性心动过速、心房颤动或心搏骤停等严重心律失常^[14]；② 心肌病：包括肥厚型心肌病、淀粉样变性心肌病等，可通过恶性心律失常或急性心泵功能衰竭导致心搏骤停，其中肥厚型心肌病部分患者的首表现即为心源性猝死^[11, 15]；③ 传导异常：指

原发性心脏传导系统或离子通道疾病(如长 QT 综合征、Brugada 综合征)引起的致命性心律失常,可直接导致心搏骤停,也是心源性猝死的重要病因之一^[11,16];④ 先天性异常:包括先天性结构性心脏病、瓣膜病变和冠脉异常等,这些畸形常在幼年即被发现,可通过诱发心律失常或严重血流动力障碍导致心搏骤停^[11];⑤ 心脏震荡:指无基础心脏病患者突然被低动能、非穿透性力量击打胸部心前区造成的心脏停搏、心室纤颤及猝死现象,也称为心脏震荡猝死综合征。该情况多见于青少年男性运动员,是青少年运动相关猝死的重要原因之一^[17]。

本次扩展分类的引入,旨在提高心搏骤停的可逆性病因识别率,以便更好地指导治疗。在不同地区和资源条件下,新增病因可能存在差异,因此在具体应用时需根据当地实际情况灵活调整。

推荐意见 1: CPR 过程中,建议在国际指南推荐的“5H5T”可逆病因框架基础上引入“6H6T5C”扩展分类,以更全面地识别潜在病因并进行针对性处理。(证据等级:B,推荐等级:I)

2.1.2 病因识别及灌注监测: 2025 年 AHA^[7]和欧洲复苏委员会(European Resuscitation Council, ERC)指南^[18]均强调在 ASL 过程中应用多种监测手段以提高复苏质量。

2.1.2.1 即时诊断技术: 心电图(electrocardiogram, ECG)是心搏骤停期间最基本也是最重要的监测手段,心搏骤停后心律分为可电击心律(心室纤颤、无脉性室性心动过速)和不可电击心律(无脉性电活动、心脏停搏)。2025 AHA 指南中指出心搏骤停期间,在不中断 CPR 的前提下,经验丰富的专业人员可考虑使用床旁即时超声(point-of-care ultrasound, POCUS)诊断可逆病因^[7]。2025 ERC 指南^[18]支持在复苏过程中使用床旁检测(point-of-care testing, POCT)进行快速诊断,特别是对电解质失衡、血气分析等病因的早期筛查。

2.1.2.2 生理监测技术: 呼气末二氧化碳(end-tidal carbon dioxide, ETCO₂)监测是评估 CPR 质量和无创预测 ROSC 的重要工具,也是 AHA 和 ERC 指南推荐的标准监测工具。ETCO₂与心排血量(cardiac output, CO)和冠脉灌注压密切相关,当 ETCO₂< 10 mmHg(1 mmHg≈0.133 kPa)时提示需要立即调整按压质量。

动脉舒张压(diastolic blood pressure, DBP): 通过有创动脉监测实现,是评估冠脉灌注的关键指标。

局部脑氧饱和度(regional cerebral oxygen saturation, rSO₂): 通过近红外光谱(near-infrared spectroscopy, NIRS)对 rSO₂进行便携式、连续和非侵入性监测。这种局部循环监测的方法可以评估 CPR 质量、预测 ROSC 和有良好神经学结果患者的生存率。

经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE): 在 ALS 期间,经胸超声心动图(transthoracic echocardiography, TTE)受到各种技术限制,而 TEE 在心搏骤停复苏中有独特优势^[19-22]。首先,TEE 能实时识别心包填塞、张力性气胸、急性主动脉综合征、低血容量等可逆病因,支持紧急干预;其次,TEE 能减少胸外按压的中断时间,实时观察心脏活动以调整按压位置、优化按压质量;再次,TEE 可全面评估心脏功能,特别是左心室流出道(left ventricular outflow tract, LVOT)情况,为液体复苏和药物应用提供精确依据。此外,TEE 还可在体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)过程中监测心脏及血流动力学状态,确保 ECMO 治疗的有效性和安全性。基于此,TEE 逐渐成为重要的实时监测工具。本推荐意见在国际共识框架下进一步细化监测技术应用场景,建议资源允许时灵活使用,提升复苏的精准性和有效性。

推荐意见 2: 建议在心搏骤停复苏过程中,结合 POCUS、POCT、ECG、ETCO₂、rSO₂及 TEE 等多种监测手段,快速识别可逆病因,指导复苏策略,提高 CPR 质量。(证据等级:B,推荐等级:I)

2.1.3 复苏初期院内多学科综合管理(图 1): 复苏初期需要采取“多学科协同救治”模式。建立心搏骤停中心(cardiac arrest center, CAC)有助于整合各学科职能,形成精准互补的诊疗体系:急诊医师担任现场指挥,统筹整体流程与复苏决策。重症医学科医师负责稳定生命体征、维护多器官功能。心内科医师专注心律失常识别、电除颤实施和急诊经皮冠脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)指征评估,针对心源性病因启动血运重建。AHA 指南^[7]推荐在导管室使用心肺复苏机,为提高 ROSC 率,可在 PCI 指征评估后采用急诊 PCI 专用心肺复苏机,在持续胸外按压不影响造影成像稳定性的前提下,维持更高的前向血流、静脉回流和心肌灌注血流。神经科医师主导目标体温管理(targeted temperature management, TTM)方案、动态脑功能监测(如脑电图)及神经预后评估,降低缺氧

缺血性脑损伤风险。麻醉科医师负责气道管理与循环支持优化,并调控镇静镇痛。血管外科医师专注血管源性心搏骤停病因的识别,协助 ECMO 置管操作及血管并发症的处理。专科护士则承担生命体征监测、抢救设备调配与时间轴记录。该模式有助于降低复苏期间意外病死率。

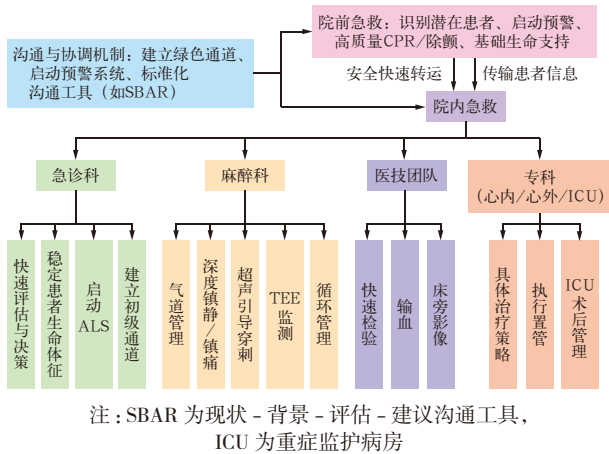


图 1 心搏骤停复苏过程多学科协作流程图

近年来的循证医学证据表明,与非 CAC 相比,将非创伤性 OHCA 患者转运至 CAC 救治,可显著提高生存率,改善神经功能预后。一项涵盖 36 项研究、共 147 943 例患者的 Meta 分析显示,无论采用何种 CAC 定义,患者在 CAC 治疗后 30 d 或出院时的生存率〔调整后的优势比 (adjusted odds ratio, aOR) = 1.92〕及神经功能良好生存率 (aOR=1.85) 均显著提高,其中初始可除颤心律及院前未恢复自主循环的患者获益更为明显^[23]。另有前后队列比较研究显示,在有中高生存概率的患者中,CAC 协议实施后 90 d 死亡或不良神经结局风险显著降低〔风险比 (hazard ratio, HR) = 0.73, 95% 可信区间 (95% confidence interval, 95%CI) 为 0.54 ~ 0.98〕,表明系统化、高质量的 CAC 管理可改善患者中长期神经预后^[24]。此外,多项指南〔如国际复苏联络委员会 (International Liaison Committee on Resuscitation, ILCOR)、ERC、AHA〕^[7, 18, 25] 已正式认可 CAC 认证。德国一项全国性实践表明,CAC 认证后神经功能良好患者比例从 71% 升至 87%,且多数研究证实 CAC 能提高出院生存率,体现了标准化护理与先进技术 (如体外 CPR) 在改善神经预后方面的作用^[25]。

因此,建议将 OHCA 复苏成功患者优先转运至具备 24 h 急诊 PCI、目标体温管理及 ECMO 支持能力的高级 CAC。

推荐意见 3: 推荐有条件的医院建立 CAC, 成员至少包括急诊科、重症医学科、心内 / 外科、神经内 / 外科、麻醉科、血管外科等科室医生及护士,确保 120 汇报后 5 min 内团队到位。(证据等级: A, 推荐等级: I)

2.1.4 药物治疗

2.1.4.1 肾上腺素: 肾上腺素是一种 α 和 β 肾上腺素能受体激动剂,通过其强大的 α 效应收缩外周血管,提高冠脉和脑灌注压 (cerebral perfusion pressure, CPP),从而促进 ROSC。2025 年 AHA^[7] 和 ERC 指南^[18] 明确指出,对于无脉电活动 (pulseless electrical activity, PEA) 等不可电击心律的心搏骤停患者,应尽早给予肾上腺素 (1 mg, 每 3 ~ 5 min 1 次)。最近一项荟萃分析表明,在经历体外 CPR (extracorporeal CPR, ECPR) 的 OHCA 患者中,院前使用肾上腺素可显著提高 ROSC 率,但并未改善神经预后;而且院前给予肾上腺素的患者院前除颤至到达医院的时间间隔显著延长,并且在到达医院时表现出更低的 pH 值和更高的乳酸水平^[26]。多项随机对照试验 (randomized controlled trial, RCT) 表明,高剂量肾上腺素有可能提高 ROSC 率,但出院生存率和神经功能改善方面差异无统计学意义^[27-28]。最近有研究观察了 ECPR 中肾上腺素累积剂量的影响, Garcia 等^[29] 研究显示,在接受 ECPR 的心搏骤停患者中,低剂量肾上腺素 (≤ 3 mg) 的患者比高剂量 (> 3 mg) 的患者神经预后更好。Lamhaut 等^[30] 研究显示,接受 < 5 mg 肾上腺素的 ECPR 患者生存率显著提高。尽管 AHA 和 ILCOR 指南尚未给出明确的最佳使用时机和剂量,但均强调避免在常规复苏中使用超过 5 mg 的高剂量肾上腺素,以减少潜在的神经损伤和不良预后。

推荐意见 4: 对于不可除颤心律的心搏骤停患者,在尽早开始并持续高质量胸外按压的基础上,应尽早使用肾上腺素 (1 mg, 每 3 ~ 5 min 1 次,静脉注射或骨髓腔内注射); 对于可除颤心律的心搏骤停患者,应优先除颤,若首次除颤未能恢复循环,则应尽早给予肾上腺素; 对于实施 ECPR 的患者,目前不推荐在常规复苏中使用总量超过 5 mg 的高剂量肾上腺素。(证据等级: A, 推荐等级: I)

2.1.4.2 胺碘酮与利多卡因: 对电击难治性无脉性室性心动过速或心室纤颤,胺碘酮是首选的抗心律失常药物。2020 年 AHA 指南^[31] 推荐,对电击难治性无脉性室性心动过速或心室纤颤,可给予胺碘

酮,首次 300 mg,第 2 次 150 mg 静脉注射,能提高短期 ROSC 率和入院生存率^[32]。在怀疑 OHCA/IHCA 与急性心肌缺血相关时,利多卡因可作为胺碘酮的替代选择。Kudenchuk 等^[33]的观察性研究显示,在 OHCA 中与不使用抗心律失常药物相比,使用胺碘酮或利多卡因均能提高 ROSC 率,但对改善患者出院生存率与神经预后无明显效果。2021 年 ERC 指南^[34]推荐,如果没有胺碘酮,可以考虑使用利多卡因。

推荐意见 5:对难治性无脉性室性心动过速或心室纤颤患者,可静脉使用胺碘酮,如果没有胺碘酮可用利多卡因替代,不推荐心搏骤停患者复苏过程中常规使用抗心律失常药物。(证据等级:A,推荐等级:I)

2.2 ECPR

2.2.1 ECPR 适用情形与决策时机:ECPR 是指在潜在的、可逆病因能祛除的前提下,对已使用传统 CPR (conventional CPR, CCPR) 不能恢复自主心律或反复心搏骤停而不能维持自主心律的患者,快速实施静脉-动脉 ECMO (veno-arterial ECMO, VA-ECMO)、提供暂时的循环及氧合支持技术。与 CCPR 相比,ECPR 治疗的心搏骤停患者 ROSC 成功率、出院生存率及神经功能恢复良好率明显提高^[34-37]。目前证据不支持 ECPR 作为标准治疗,但 ILCOR 建议,对于特定的患者,无论是 OHCA 还是 IHCA,当 CCPR 未能恢复自主循环,同时具备实施该措施的条件,可考虑将 ECPR 作为挽救性治疗措施^[35]。但需注意 ECPR 适用于年龄 < 70 周岁的患者,经评估后若患者有较好的器官功能和神经功能预后,可放宽年龄限制^[34-38]。

迅速启动的高质量胸外心脏按压是 ECPR 预后的关键^[39-40]。非专业救援人员立即实施 CCPR 或无灌注时间 < 5 min 是实施 ECPR 的先决条件。低灌注时间是 ECPR 患者预后的重要和独立预测因素^[41-43]。多个指南和共识建议将低灌注时间(心搏骤停-ECMO 转机)控制在 60 min 内^[34, 36, 44]。但体外生命支持组织 (Extracorporeal Life Support Organization, ELSO) 发布的临时指南共识^[44]中也指出,若存在间歇性 ROSC、低温、年轻等有利因素,即使低灌注时间 ≥ 60 min 也可考虑实施 ECPR。

推荐意见 6:对于心搏骤停时有目击者并立即给予非专业救援人员 CPR、无血流灌注时间 < 5 min、低灌注时间 < 60 min、可逆性病因所致、年

龄较轻的心搏骤停患者,建议积极考虑实施 ECPR。当存在间歇性 ROSC、低温、年轻等有利因素时,即使低灌注时间 ≥ 60 min,也可考虑实施 ECPR。经评估若高龄心搏骤停患者有较好的器官功能、良好的神经功能预后,可适当放宽年龄限制。(证据等级:A,推荐等级:I)

2.2.2 ECPR 的实施:VA-ECMO 上机后易引发血管并发症,包括早期(急性肢体缺血、动脉血栓栓塞和骨筋膜室综合征、插管时动脉损伤、插管部位出血和血肿等)^[45]和晚期[动脉出血、穿刺部位感染、穿刺部位积液血栓栓塞、假性动脉瘤和动脉狭窄、静脉炎后综合征、静脉血栓栓塞症(venous thromboembolism, VTE)和穿刺部位并发症]^[46-48]。肢体缺血最为常见,发生率达 10%~70%^[49]。研究表明,血管并发症的危险因素包括女性、低龄、糖尿病、存在动脉粥样硬化闭塞性或静脉狭窄等疾病、使用正性肌力药、使用血管加压药、病情严重程度、置管困难、插管尺寸大及留置时间长等^[50]。

下肢血管缺血的临床表现从疼痛、苍白、变温、运动或感觉缺陷到坏疽的严重程度各不相同。多普勒超声和 NIRS 可早期检测缺血以制定纠正措施。放置远端灌注导管(distal perfusion catheter, DPC)可改善肢体灌注并降低缺血发生率,但并不能降低病死率^[51-53]。

推荐意见 7:对于 ECMO 的高危患者,尽量选择合适的导管进行穿刺,同时监测凝血功能,每日检查远端肢体脉搏、皮温、皮肤色泽。通过下肢血管超声,及时发现远端肢体缺血情况,必要时放置下肢远端灌注管以改善远端肢体灌注。(证据等级:A,推荐等级:I)

2.2.3 VA-ECMO 联合连续性肾脏替代治疗 (continuous renal replacement therapy, CRRT):ECMO 治疗的初始阶段,患者通常需要大量液体复苏以维持血液循环。由于大多数患者存在毛细血管渗漏,加剧了血管内低血容量状态,大量的液体输注需求进一步增加。在接受 ECMO 治疗的患者中,急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)的发生率为 42%~85%^[54],直接降低了患者生存率^[55-56]。CRRT 在 ECMO 患者中越来越多地用于管理 AKI,预防和治疗液体过负荷。VA-ECMO 支持的患者若需要 CRRT,可直接将透析过滤器连至 VA-ECMO 回路中,在促进呼吸、循环系统恢复的同时,清除体内毒素与多余水分,减轻心肺负担,促进器官功能

恢复。

推荐意见 8: 推荐 ECPR 期间,联合 CRRT 纠正容量过负荷状态和 AKI。(证据等级:A,推荐等级: I)

2.2.4 ECPR 最佳血流速度及停止机械胸外按压时机: 目前临床借助动态乳酸水平及器官功能调整最佳血流速度(流量),初始气流量与血流量比值设为 0.5:1~1:1 并个体化调整。氧疗避免高浓度,维持右上肢脉搏血氧饱和度(pulse oxygen saturation, SpO₂) 0.92~0.97 以预防氧中毒^[38, 44]。当 ECPR 血流量达到或超过 3 L/min 时,若患者循环状态允许,可考虑停止机械胸外心脏按压。此后,应根据患者的自主心跳恢复情况与血压水平,动态调整正性肌力药物与血管加压药物的使用剂量^[39, 44]。如患者存在可电击心律,且冠脉缺血等可逆病因已得到有效控制后则可行除颤。但需注意,应避免未纠因前盲目反复除颤^[38-39]。此外,应密切监测 ECPR 回路的血流稳定性。如发现回路血流出现下降或不稳定的情况,需迅速排查可能的出血源,包括腹腔内出血(尤其是腹膜后区域)与胸腔出血,并评估是否存在心包填塞(可能与长时间胸外按压或原发创伤有关),或因 ECPR 导致左心室扩张及肺充血等相关并发症。

推荐意见 9: 目前 ECPR 无明确最佳血流量证据,临床上根据乳酸水平和器官功能调整。建议设定初始气流量与血流量的比值为 0.5:1~1:1,并根据患者右上肢动脉血氧饱和度(arterial oxygen saturation, SaO₂) 进行逐步滴定,维持其在 0.92~0.97。当 ECPR 血流量达到足以维持有效组织灌注(通常≥3 L/min)时,即可考虑停止机械胸外心脏按压,并密切观察患者心跳恢复状况和血压水平,及时调整正性肌力药及血管加压药的剂量。(证据等级:B,推荐等级: I)

2.2.5 VA-ECMO 运行期间左心减压策略: 在使用外周 VA-ECMO 期间,逆行的动脉血流会增加左心室后负荷,左室舒张期末压升高,急性肺水肿及心肌耗氧量增加的风险升高,并可因左心室及肺循环血液瘀滞并发左心室血栓和肺栓塞^[57]。

研究显示,在接受 VA-ECMO 时采用左心室减负的患者中,病死率低于未采用左心室减负的患者(54% 比 65%),建议启动左心减负策略。目前临床中常用的左心减压的方法有:主动脉内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)、介入下房间隔打孔、经胸的右上肺静脉引流、联合经皮左心室辅助

装置(Impella)。插管方式为腋动脉插管,各个中心根据患者的实际情况和所拥有的条件采取不同的左心减压方式^[58]。

对没有禁忌证的 VA-ECMO 患者,常规联合使用 IABP 以期降低左心室后负荷、增加舒张期末压及冠脉血流灌注^[59];但 IABP 治疗心源性休克 II 期试验不推荐将 IABP 作为心源性休克患者的标准治疗^[60]。一项纳入 4 576 例患者的荟萃分析显示,IABP 联合外周 VA-ECMO 能降低心源性休克患者病死率^[61];而另一项荟萃分析显示,此联合并不能降低病死率^[62]。其确切效果需要更多前瞻性、多中心研究证实。

Impella 系统是一种左心室-主动脉型轴流式辅助装置,有 Impella 2.5、Impella CP、Impella 5.0/LD 等型号。研究显示,与单独使用 VA-ECMO 相比,联合应用 Impella 行左心室减压可明显降低顽固性心力衰竭(心衰)患者住院病死率,提高康复率^[63-64]。

推荐意见 10: VA-ECMO 患者如出现左心室后负荷明显增加,推荐启动左心室减负策略,各中心可根据实际条件,选择联合使用 IABP 或 Impella。(证据等级:B,推荐等级: I)

2.2.6 ECMO 的管理: 早期识别并纠正出血与血栓栓塞潜在的高危因素,能有效提高疗效,降低病死率。此外,溶血也是 ECMO 常见并发症,与 AKI、肾脏替代治疗需求及病死率呈正相关^[65-66]。机械因素(泵类型、泵速/流量、插管尺寸)是主要影响因素,临床应优先优化泵选择与插管尺寸以降低风险;抗凝强度虽与溶血无独立关联,但机构间实践差异大^[67-68]。临床工作中应密切关注患者尿量、尿色,监测凝血功能、血常规、非结合胆红素等指标,一旦确定为溶血,尽快调整泵速、重新定位套管、更换泵头或氧合器,同时需要碱化尿液,必要时行血浆置换或 CRRT。

ECMO 期间应严格遵守无菌化操作与管理,及时监测感染指标。ECMO 相关感染指由操作、导管、膜肺等因素直接导致的感染,ECMO 辅助期间合并感染包括呼吸机相关性肺炎、尿路感染、肠源性感染及其它原因导致的血流感染和皮肤软组织感染等^[69-70]。感染常见病原体为凝固酶阴性葡萄球菌、念珠菌属和铜绿假单胞菌^[71]。核心预防策略为早期脱机、拔管和气管切开术。不推荐使用常规预防性抗菌药物^[72],但在高风险环境下可考虑使用,连续用药时间不超过 24 h。ECMO 辅助期间应严格无

菌化操作与管理,及时监测感染指标并对症治疗。

南北综合征(又称为 Harlequin 综合征或 Blue Head 综合征)是外周 VA-ECMO 治疗的特有并发症,因股静脉引血、股动脉灌注导致心脏顺向血流与 ECMO 逆向血流形成交会平面,引发区域氧合不均,缺氧血液优先灌注上半身,包括冠脉和脑循环,氧合良好的血液灌注下半身^[73]。临床表现为上肢、头颈部发绀而下肢灌注良好,脑缺氧可致精神改变、激动或缺血性脑病,冠脉灌注受损或引发心肌缺血、血流动力学不稳定及乳酸升高^[74]。南北综合征可通过优化通气设置、改变插管策略或转换为中央 ECMO、增加 VA-ECMO 泵流、减少正性肌力药物、添加单独的静脉灌注套管、改装电路等方式改善^[75-77]。

VA-ECMO 相关的神经系统并发症是发病率和病死率的重要来源^[78],包括缺血/出血性卒中、癫痫和脑病。多项荟萃分析表明,高龄、ECMO 后合并低血糖、使用肌松药物、使用抗凝药物、CRRT、肌酐水平增高、ECMO 前心搏骤停、机械通气时间增加、血小板减少、高乳酸等均是相关危险因素,通过及时干预可降低神经功能损伤发生率^[79-82]。

推荐意见 11: ECMO 支持过程应警惕凝血及溶血发生。早期识别并纠正潜在的高危因素,对于出血高风险患者,ECMO 期间推荐使用低剂量或无肝素抗凝降低出血和血栓的发生。临床中每日监测尿量、尿液颜色、凝血功能、胆红素等,一旦发生溶血,尽快寻找原因,及时干预。(证据等级: B, 推荐等级: I)

推荐意见 12: ECMO 感染分为 ECMO 相关感染和辅助期间合并感染。最常见的病原体是凝固酶阴性葡萄球菌、念珠菌属和铜绿假单胞菌。严格无菌操作预防感染,不建议预防性应用抗菌药物。对于明确存在感染者,建议常规监测体温、血常规、C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、降钙素原(procalcitonin, PCT)并进行病原学培养,尽可能在药敏试验指导下用药。若怀疑导管相关性感染,应及时拔除相关导管。(证据等级: A, 推荐等级: I)

推荐意见 13: ECMO 支持期间注意监测双上肢 SpO₂, 南北综合征时,可能会出现双上肢或右上肢 SpO₂ 的降低,及时调整呼吸机参数,必要时添加静脉灌注套管防止南北综合征的发生。(证据等级: B, 推荐等级: I)

推荐意见 14: 关注 ECMO 支持时急性脑损伤

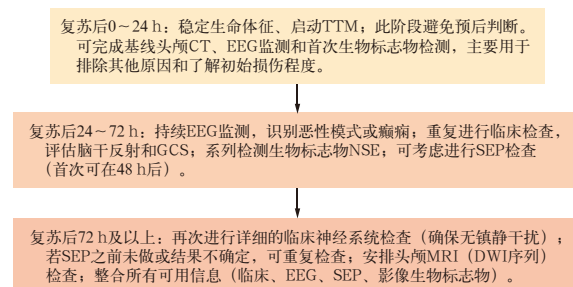
(acute brain injury, ABI) 高危因素,据此调整 ECMO 支持策略,并达到降低中枢神经系统并发症的目的。(证据等级: A, 推荐等级: I)

2.3 ALS 中的复苏后管理

2.3.1 复苏后多学科综合管理: 随着 CPR 技术的不断成熟,患者 ROSC 率显著提升,但 ROSC 后病死率仍较高,这与 ROSC 后出现多器官功能障碍综合征(multiple organ dysfunction syndrome, MODS)导致的机体严重缺氧、缺血、酸中毒及炎症介质大量释放引起的弥漫性损伤有紧密联系^[83]。据统计,心搏骤停复苏后 MODS 发生率高达 68%,占 ROSC 后死亡的 72%。2023 年 AHA 与神经危重症学会共识^[84]强调,心搏骤停后救治是全身性问题,需多学科协同处理神经、心脏、肺脏、肾脏等多系统并发症。在生命体征稳定后可开始早期中西医结合康复治疗,延续到专科及家庭。

推荐意见 15: 心搏骤停患者生命体征平稳后宜尽早开始中西医结合康复治疗。对于复苏后出现多器官功能障碍患者,应启动每日多学科查房,包括但不限于急诊科、重症医学科、心内科、神经科、呼吸科及营养科,制定综合支持方案。(证据等级: B, 推荐等级: I)

2.3.2 神经系统预后评估: ROSC 患者的神经功能恢复是一个重要的临床结局。神经系统预后采用多模态综合评估策略,需结合临床体格检查、神经电生理检查、神经影像学检查、血清生物标志物监测及长期神经结局评估,以全面判断患者神经功能状态与预后。神经系统预后评估流程与整合见图 2。



注: CT 为计算机断层扫描

图 2 神经系统预后评估流程与整合时间轴图

格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS)通用但早期易受镇静药物影响。在排除镇静干扰后,GCS 评分有重要价值。脑干反射中瞳孔对光反射的消失是预测不良预后的最强临床指标之一。全身性、持续性的肌阵挛(特别是早期出现的肌阵

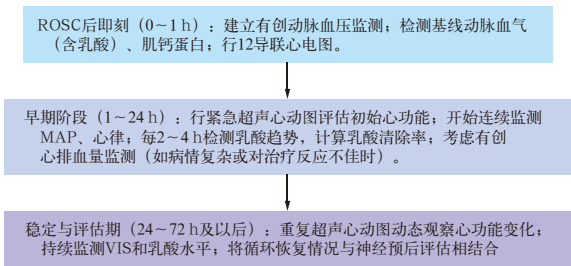
挛癫痫持续状态)常提示预后极差,但需通过脑电图(electroencephalogram, EEG)与癫痫样活动进一步鉴别。可采用持续 EEG 监测,实时捕捉脑电活动变化和癫痫发作^[85-88]。爆发-抑制模式、药物难治性全面性癫痫持续状态、持续性的全面性低压(<20 μV)或平直线 EEG,以及体感诱发电位(somatosensory evoked potentials, SEP)双侧 N20 皮层波消失,均高度预示不良预后。

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)是评估缺氧性脑损伤最敏感的工具。弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)对急性细胞毒性水肿高度敏感,可早期(数小时内)显示异常高信号。

此外,国际指南还建议,在心搏骤停后 48~72 h,可监测血清神经元特异性烯醇化酶(neuron specific enolase, NSE)水平, >60~90 μg/L 预测不良预后^[89]。但需注意溶血会导致 NSE 假阳性升高。

推荐意见 16: 推荐心搏骤停后昏迷患者进行详细的临床神经系统检查。GCS 评分 ≤ 8 分提示严重脑损伤^[90], 癫痫发作和背景脑电活动可进一步反映不良预后。采用 DWI 评估脑损伤的范围和严重程度,同时动态监测血清 NSE 水平可作为预后评估的辅助手段。(证据等级: B, 推荐等级: I)

2.3.3 循环系统预后评估指标: 循环系统预后评估需结合宏观血流动力学指标和心脏特异性指标,循环系统预后评估流程与整合见图 3。



注: VIS 为血管活性药物评分

图 3 循环系统预后评估流程与整合时间轴图

复苏后维持足够的平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)是保证 CPP(CPP=MAP - 颅内压)的关键。低血压(MAP<65~75 mmHg)与高病死率和不良神经预后独立相关^[91]。心排量指数(cardiac index, CI)是评估心脏泵血效率的重要指标,反映单位体表面积下的 CO。持续性低 CI(如 CI<36.67 L·s⁻¹·m⁻²)也预示不良结局。通过肺动脉导管或脉搏轮廓分析技术监测 CO/CI,可以更精准地指

导液体复苏和血管活性药物使用。乳酸水平极高(如>10~15 mmol/L)或清除缓慢,提示持续存在的低灌注和代谢衰竭,与高病死率和不良神经预后显著相关^[92-94]。

超声心动图可直观评估心室功能、瓣膜情况并排除病因。心搏骤停后早期严重左心室功能不全[如左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)<0.3]常见且可逆。但经积极治疗后无恢复迹象,或出现显著右心功能衰竭则预后不佳。左心室流出道速度时间积分(left ventricular outflow tract velocity-time integral, LVOT-VTI)是评估每搏量的可靠指标,比单一 LVEF 更能动态反映心功能变化趋势。

推荐意见 17: 推荐对心搏骤停患者进行有创动脉血压监测,并以避免和纠正低血压(MAP ≥ 65 mmHg 或个体化更高目标)为目标治疗。对持续循环不稳定的患者,应行高级血流动力学监测[CI、全身血管阻力(systemic vascular resistance, SVR)等]以指导治疗。顽固性、难以纠正的低血压是预后不良的重要预测因素。乳酸清除缓慢或升高预示不良结局。(证据等级: A, 推荐等级: I)

推荐意见 18: 所有心搏骤停患者应尽早(24 h 内)接受超声心动图检查,以评估心肌顿抑程度和排除结构病因。尽管早期心功能不全常可逆转,但经积极治疗后心功能仍无恢复是预后不佳的征兆。(证据等级: B, 推荐等级: I)

2.3.4 呼吸系统预后评估的指标体系: 氧合指数(oxygenation index, PaO₂/FiO₂)是诊断急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)和评估肺氧合功能严重程度的核心指标。排除心源性因素后,PaO₂/FiO₂的降低直接反映肺实质损伤程度。自主呼吸试验(spontaneous breathing trial, SBT)是评估脱机的“金标准”。早期成功脱机(如 ROSC 后 72 h 内)是预后良好的极强预测因子。反复失败则提示持续存在的脑损伤(呼吸驱动无法恢复)、严重的呼吸系统或全身并发症^[95]。陈-施呼吸、共济失调呼吸或其他脑干损伤导致的异常呼吸模式是严重脑损伤的特异性表现,高度预示不良神经预后。它们的出现与颅内压增高、脑干受压或弥漫性皮质损伤相关。SBT 期间浅快呼吸指数(rapid shallow breathing index, RSBI; RSBI=呼吸频率/潮气量)>105 提示脱机失败风险高,需结合神经评估。气道闭合压(airway occlusion pressure, P0.1)反映呼吸中

枢驱动。驱动过低提示中枢抑制,过高则提示呼吸负荷过重^[95]。呼吸系统预后评估流程与整合见图4。

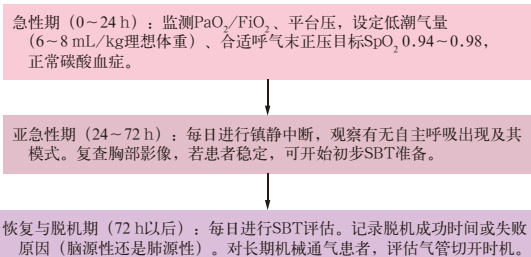


图4 呼吸系统预后评估流程与整合时间轴图

神经源性肺水肿(neurogenic pulmonary edema, NPE)是心搏骤停后的危重并发症,由颅内压骤升引发急性左心功能不全与肺毛细血管通透性增加。NPE的出现,是颅内压显著增高及严重脑损伤的重要标志。在病理进程中,肺水肿直接导致气体交换功能障碍,引发顽固性低氧血症,加剧继发性脑损伤。同时,严重肺水肿及其所致的氧合障碍,也会对目标体温管理等神经保护策略的实施造成干扰,影响其安全性与有效性。此外,NPE发生过程中伴随的交感风暴及肺内炎症介质大量释放,可触发或放大全身性炎症反应,形成脑-肺交互作用的恶性循环,严重影响患者预后^[96]。

推荐意见 19: 早期成功脱机提示良好预后;反复脱机失败提示持续存在的脑损伤或严重并发症;异常呼吸模式常由脑干损伤导致。NPE是颅内压增高和严重脑损伤的间接征象,其出现应被视为支持不良神经预后的因素之一。(证据等级:C,推荐等级:IIa)

参与共识制定专家(以姓氏首字母排序): 曹春水(江西省南昌大学第一附属医院急诊科)、邓颖(黑龙江省哈尔滨医科大学附属第二医院急诊医学科)、高恒波(河北省河北医科大学第二医院急诊医学科)、高万朋(天津市天津中医药大学第二附属医院急诊科)、韩清华(山西省山西医科大学第一医院心脏科)、蒋龙元(广东省中山大学孙逸仙纪念医院急诊医学科)、李春洁(天津市胸科医院急诊科)、李晓鲁(山东省山东第一医科大学第一附属医院急诊科)、梁岩(北京市国家心血管病中心、中国医学科学院阜外医院ICU)、林岐(江苏省苏州市第五人民医院急诊医学科)、蔺际龔(福建省厦门大学附属第一医院急诊医学科)、卢中秋(浙江省温州医科大学附属第一医院急诊科)、米玉红(北京市首都医科大学附属北京安贞医院急诊医学科)、庞建仿(天津市宁河区医院急诊医学科)、史继学(山东省山东第一医科大学第二附属医院急诊医学科)、史晓峰(天津市第一中心医院急诊医学科)、苏毅(天津市人民医院急诊医学科)、孙国磊(天津市津南医院急诊科)、邢吉红(吉林省吉林大学第一医院急诊医学科)、尹文(陕西省空军军医大学西京医院急诊医

学科)、朱志强(河南省郑州大学第一附属医院急诊医学科)

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国心脏骤停与心肺复苏报告编写组. 中国心脏骤停与心肺复苏报告(2022年版)概要[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(10): 1005-1017. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2023.10.002.
- [2] 陈耀龙, 罗旭飞. 临床实践指南的制订方法与步骤[J]. 中华传染病杂志, 2019, 37(9): 523-526. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6680.2019.09.003.
- [3] Schünemann HJ, Wiercioch W, Etxeandia I, et al. Guidelines 2.0: systematic development of a comprehensive checklist for a successful guideline enterprise [J]. CMAJ, 2014, 186(3): E123-E142. DOI: 10.1503/cmaj.131237.
- [4] Brouwers MC, Kho ME, Browman GP, et al. AGREE II: advancing guideline development, reporting and evaluation in health care [J]. CMAJ, 2010, 182(18): E839-E842. DOI: 10.1503/cmaj.090449.
- [5] 陈耀龙, 王小琴, 王琪, 等. 遵循指南报告规范提升指南报告质量[J]. 中华内科杂志, 2018, 57(3): 168-176. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2018.03.003.
- [6] Guyatt G, Oxman AD, Akl EA, et al. GRADE guidelines: 1. Introduction—GRADE evidence profiles and summary of findings tables [J]. J Clin Epidemiol, 2011, 64(4): 383-394. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2010.04.026.
- [7] Wigginton JG, Agarwal S, Bartos JA, et al. Part 9: adult advanced life support: 2025 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care [J]. Circulation, 2025, 152(16_suppl_2): S538-S577. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001376.
- [8] Goodwin G, Hinton M, Bengio M, et al. A review of hypoglycemia and dextrose treatment in patients with cardiac arrest [J]. Clin Exp Emerg Med, 2025, 12(1): 90-93. DOI: 10.15441/ceem.24.305.
- [9] Panchal AR, Bartos JA, Cabañas JG, et al. Part 3: adult basic and advanced life support: 2020 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care [J]. Circulation, 2020, 142(16_suppl_2): S366-S468. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000916.
- [10] 宏欣, 裴红红. 心脏骤停的多途径防治[J]. 中华急诊医学杂志, 2025, 34(1): 12-16. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2025.01.003.
- [11] Mommers L, Slagt C. Introducing the C's in CPR [J]. Resuscitation, 2022, 173: 101-102. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2022.02.022.
- [12] Fun JRS, Chia MYC. Hypoglycemic cardiac arrest and rapid return-of-spontaneous circulation (ROSC) with dextrose [J]. Am J Emerg Med, 2020, 38(9): 1981.e1-1981.e3. DOI: 10.1016/j.ajem.2020.05.025.
- [13] Watts S, Smith JE, Gwyther R, et al. Closed chest compressions reduce survival in an animal model of haemorrhage-induced traumatic cardiac arrest [J]. Resuscitation, 2019, 140: 37-42. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2019.04.048.
- [14] Pantel T, Neulen A, Mader MM, et al. Impact of pre-hospital handling and initial time to cranial computed tomography on outcome in aneurysmal subarachnoid hemorrhage patients with out-of-hospital sudden cardiac arrest—a retrospective bi-centric study [J]. Front Cardiovasc Med, 2023, 10: 1209939. DOI: 10.3389/fcvm.2023.1209939.
- [15] Maron BJ, Maron MS. Hypertrophic cardiomyopathy [J]. Lancet, 2013, 381(9862): 242-255. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60397-3.
- [16] Nakano Y, Shimizu W. Brugada syndrome as a major cause of sudden cardiac death in Asians [J]. JACC Asia, 2022, 2(4): 412-421. DOI: 10.1016/j.jacasi.2022.03.011.
- [17] Peng T, Derry LT, Yogeswaran V, et al. Commotio cordis in 2023 [J]. Sports Med, 2023, 53(8): 1527-1536. DOI: 10.1007/s40279-023-01873-6.
- [18] Soar J, Böttiger BW, Carli P, et al. European Resuscitation Council guidelines 2025: adult advanced life support [J]. Resuscitation, 2025, 215 Suppl 1: 110769. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2025.110769.
- [19] Kruit N, Ferguson I, Dieleman J, et al. Use of transoesophageal echocardiography in the pre-hospital setting to determine compression position in out of hospital cardiac arrest [J]. Resuscitation, 2025, 209: 110582. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2025.110582.
- [20] Bianconi K, Hanna M, Visveswaran G, et al. Retrospective review of the image quality of monoplane transoesophageal echocardiography in prehospital out-of-hospital cardiac arrest: a single center pilot study [J]. Prehosp Emerg Care, 2025, 29(6): 820-825. DOI: 10.1080/10903127.2024.2411720.
- [21] Edmiston T, Sangalli F, Soliman-Aboumarie H, et al.

- Transoesophageal echocardiography in cardiac arrest: from the emergency department to the intensive care unit [J]. *Resuscitation*, 2024, 203: 110372. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2024.110372.
- [22] Bonfanti N, Gundert E, Malhotra A, et al. Considerations for the use of intracardiac echocardiography in cardiac arrest [J]. *Resuscitation*, 2020, 149: 158–161. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2020.02.003.
- [23] Yeo JW, Ng ZHC, Goh AX, et al. Impact of cardiac arrest centers on the survival of patients with nontraumatic out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and Meta-analysis [J]. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11 (1): e023806. DOI: 10.1161/JAHA.121.023806.
- [24] Stachel G, Ruft L, Hertenberger N, et al. Effect of cardiac arrest center protocol implementation on survival after nontraumatic out-of-hospital cardiac arrest [J]. *J Am Heart Assoc*, 2025, 14 (17): e038688. DOI: 10.1161/JAHA.124.038688.
- [25] Rott N, Reinsch L, Böttiger BW. Cardiac arrest centers improve survival [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2025, 31 (6): 713–716. DOI: 10.1097/MCC.0000000000001322.
- [26] Kawakami S, Koga H, Yamada T, et al. Association between prehospital adrenaline administration and short-term outcomes in patients with shockable out-of-hospital cardiac arrest undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: a propensity-score matched analysis [J]. *Int J Cardiol Heart Vasc*, 2025, 59: 101735. DOI: 10.1016/j.ijcha.2025.101735.
- [27] Brown CG, Martin DR, Pepe PE, et al. A comparison of standard-dose and high-dose epinephrine in cardiac arrest outside the hospital. The multicenter high-dose epinephrine study group [J]. *N Engl J Med*, 1992, 327 (15): 1051–1055. DOI: 10.1056/NEJM199210083271503.
- [28] Stiell IG, Hebert PC, Weitzman BN, et al. High-dose epinephrine in adult cardiac arrest [J]. *N Engl J Med*, 1992, 327 (15): 1045–1050. DOI: 10.1056/NEJM199210083271502.
- [29] Garcia SI, Seelhammer TG, Saddoughi SA, et al. Cumulative epinephrine dose during cardiac arrest and neurologic outcome after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation [J]. *Am J Emerg Med*, 2024, 80: 61–66. DOI: 10.1016/j.ajem.2024.03.013.
- [30] Lambhaut L, Hutin A, Puymirat E, et al. A pre-hospital extracorporeal cardio pulmonary resuscitation (ECPR) strategy for treatment of refractory out hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis [J]. *Resuscitation*, 2017, 117: 109–117. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2017.04.014.
- [31] Merchant RM, Topjian AA, Panchal AR, et al. Part 1: executive summary: 2020 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care [J]. *Circulation*, 2020, 142 (16_suppl_2): S337–S357. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000918.
- [32] Huang Y, He Q, Yang M, et al. Antiarrhythmia drugs for cardiac arrest: a systemic review and meta-analysis [J]. *Crit Care*, 2013, 17 (4): R173. DOI: 10.1186/cc12852.
- [33] Kudenchuk PJ, Brown SP, Daya M, et al. Amiodarone, lidocaine, or placebo in out-of-hospital cardiac arrest [J]. *N Engl J Med*, 2016, 374 (18): 1711–1722. DOI: 10.1056/NEJMoa1514204.
- [34] Soar J, Böttiger BW, Carli P, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: adult advanced life support [J]. *Resuscitation*, 2021, 161: 115–151. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.010.
- [35] Greif R, Bray JE, Djävär T, et al. 2024 International Consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations: summary from the basic life support; advanced life support; pediatric life support; neonatal life support; education, implementation, and teams; and first aid task forces [J]. *Resuscitation*, 2024, 205: 110414. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2024.110414.
- [36] 中华医学会急诊医学分会复苏学组, 中国医药教育协会急诊专业委员会. 成人体外心肺复苏专家共识更新(2023版)[J]. *中华急诊医学杂志*, 2023, 32 (3): 298–304. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.03.005.
- [37] Perman SM, Elmer J, Maciel CB, et al. 2023 American Heart Association Focused Update on Adult Advanced Cardiovascular Life Support: an update to the American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care [J]. *Circulation*, 2024, 149 (5): e254–e273. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001194.
- [38] 国家卫生健康委办公厅. 成人体外膜肺氧合技术操作规范(2024年版)[EB/OL]. (2024-11-12) [2026-01-03]. <https://www.nhc.gov.cn/wjw/yzs/202411/62bcd9b33693441f8a8244c0a43d9395.shtml>.
- [39] Hutin A, Abu-Habsa M, Burns B, et al. Early ECPR for out-of-hospital cardiac arrest: best practice in 2018 [J]. *Resuscitation*, 2018, 130: 44–48. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.05.004.
- [40] Lauridsen KG, Lasa JJ, Raymond TT, et al. Association of chest compression pause duration prior to E-CPR cannulation with cardiac arrest survival outcomes [J]. *Resuscitation*, 2022, 177: 85–92. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2022.05.004.
- [41] Yukawa T, Kashiura M, Sugiyama K, et al. Neurological outcomes and duration from cardiac arrest to the initiation of extracorporeal membrane oxygenation in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a retrospective study [J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2017, 25 (1): 95. DOI: 10.1186/s13049-017-0440-7.
- [42] Bartos JA, Grunau B, Carlson C, et al. Improved survival with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation despite progressive metabolic derangement associated with prolonged resuscitation [J]. *Circulation*, 2020, 141 (11): 877–886. DOI: 10.1161/CIRCULATION.119.042173.
- [43] Sim JH, Kim SM, Kim HR, et al. Time to initiation of extracorporeal membrane oxygenation in conventional cardiopulmonary resuscitation affects the patient survival prognosis [J]. *J Intern Med*, 2024, 296 (4): 350–361. DOI: 10.1111/joim.20002.
- [44] Richardson ASC, Tonna JE, Nanjaya V, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adults. Interim guideline consensus statement from the extracorporeal life support organization [J]. *ASAIO J*, 2021, 67 (3): 221–228. DOI: 10.1097/MAT.0000000000001344.
- [45] Son AY, Khanh LN, Joung HS, et al. Limb ischemia and bleeding in patients requiring venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Vasc Surg*, 2021, 73 (2): 593–600. DOI: 10.1016/j.jvs.2020.05.071.
- [46] Blakeslee-Carter J, Shao C, LaGrone R, et al. Vascular complications based on mode of extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Vasc Surg*, 2022, 75 (6): 2037–2046.e2. DOI: 10.1016/j.jvs.2022.01.078.
- [47] Kim JH, Pieri M, Landoni G, et al. Venovenous ECMO treatment, outcomes, and complications in adults according to large case series: a systematic review [J]. *Int J Artif Organs*, 2021, 44 (7): 481–488. DOI: 10.1177/0391398820975408.
- [48] Teijeiro-Paradis R, Gannon WD, Fan E. Complications associated with venovenous extracorporeal membrane oxygenation—what can go wrong? [J]. *Crit Care Med*, 2022, 50 (12): 1809–1818. DOI: 10.1097/CCM.0000000000005673.
- [49] Aziz F, Brehm CE, El-Banyosy A, et al. Arterial complications in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation via femoral cannulation [J]. *Ann Vasc Surg*, 2014, 28 (1): 178–183. DOI: 10.1016/j.avsg.2013.03.011.
- [50] Kim J, Cho YH, Sung K, et al. Impact of cannula size on clinical outcomes in peripheral venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *ASAIO J*, 2019, 65 (6): 573–579. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000858.
- [51] Jia D, Yang IX, Ling RR, et al. Vascular complications of extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review and Meta-regression analysis [J]. *Crit Care Med*, 2020, 48 (12): e1269–e1277. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004688.
- [52] Bisdas T, Beutel G, Warnecke G, et al. Vascular complications in patients undergoing femoral cannulation for extracorporeal membrane oxygenation support [J]. *Ann Thorac Surg*, 2011, 92 (2): 626–631. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2011.02.018.
- [53] Zimpfer D, Heinisch B, Czerny M, et al. Late vascular complications after extracorporeal membrane oxygenation support [J]. *Ann Thorac Surg*, 2006, 81 (3): 892–895. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2005.09.066.
- [54] Antonucci E, Lamanna I, Fagnoul D, et al. The impact of renal failure and renal replacement therapy on outcome during extracorporeal membrane oxygenation therapy [J]. *Artif Organs*, 2016, 40 (8): 746–754. DOI: 10.1111/aor.12695.
- [55] Staudacher DL, Gold W, Biever PM, et al. Early fluid resuscitation and volume therapy in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Crit Care*, 2017, 37: 130–135. DOI: 10.1016/j.jcrc.2016.09.017.
- [56] Kim H, Paek JH, Song JH, et al. Permissive fluid volume in adult patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation treatment [J]. *Crit Care*, 2018, 22 (1): 270. DOI: 10.1186/s13054-018-2211-x.
- [57] Burkhoff D, Sayer G, Doshi D, et al. Hemodynamics of mechanical circulatory support [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2015, 66 (23): 2663–2674. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.10.017.
- [58] Russo JJ, 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. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.10.085.
- [59] Rupperecht L, Flörchinger B, Schopka S, et al. Cardiac

- decompression on extracorporeal life support: a review and discussion of the literature [J]. *ASAIO J*, 2013, 59 (6): 547–553. DOI: 10.1097/MAT.0b013e3182a4b2f6.
- [60] Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, et al. Intra-aortic balloon counterpulsation in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock (IABP-SHOCK II): final 12 month results of a randomised, open-label trial [J]. *Lancet*, 2013, 382 (9905): 1638–1645. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61783-3.
- [61] Liu YD, Zeng M, Zhou YF, 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. DOI: 10.1177/02676591231189941.
- [62] Cheng R, Hachamovitch R, Makkar R, et al. Lack of survival benefit found with use of intraaortic balloon pump in extracorporeal membrane oxygenation: a pooled experience of 1 517 patients [J]. *J Invasive Cardiol*, 2015, 27 (10): 453–458.
- [63] Bhatia K, Jain V, Hendrickson MJ, et al. Meta-analysis comparing venoarterial extracorporeal membrane oxygenation with or without impella in patients with cardiogenic shock [J]. *Am J Cardiol*, 2022, 181: 94–101. DOI: 10.1016/j.amjcard.2022.06.059.
- [64] Patel SM, Lipinski J, Al-Kindi SG, et al. Simultaneous venoarterial extracorporeal membrane oxygenation and percutaneous left ventricular decompression therapy with impella is associated with improved outcomes in refractory cardiogenic shock [J]. *ASAIO J*, 2019, 65 (1): 21–28. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000767.
- [65] Millar JE, Fanning JP, McDonald CI, et al. The inflammatory response to extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): a review of the pathophysiology [J]. *Crit Care*, 2016, 20 (1): 387. DOI: 10.1186/s13054-016-1570-4.
- [66] Horobin JT, Sabapathy S, Simmonds MJ. Red blood cell tolerance to shear stress above and below the subhemolytic threshold [J]. *Biomech Model Mechanobiol*, 2020, 19 (3): 851–860. DOI: 10.1007/s10237-019-01252-z.
- [67] Sy E, Sklar MC, Lequier L, et al. Anticoagulation practices and the prevalence of major bleeding, thromboembolic events, and mortality in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Crit Care*, 2017, 39: 87–96. DOI: 10.1016/j.jcrc.2017.02.014.
- [68] Carmona C, Nellis ME, Karam O. Anticoagulation and hemostasis on extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Curr Opin Pediatr*, 2023, 35 (3): 297–302. DOI: 10.1097/MOP.0000000000001247.
- [69] Schmidt M, Bréchet N, Hariri S, et al. Nosocomial infections in adult cardiogenic shock patients supported by venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Clin Infect Dis*, 2012, 55 (12): 1633–1641. DOI: 10.1093/cid/cis783.
- [70] Aubron C, Cheng AC, Pilcher D, et al. Infections acquired by adults who receive extracorporeal membrane oxygenation: risk factors and outcome [J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2013, 34 (1): 24–30. DOI: 10.1086/668439.
- [71] Bizzarro MJ, Conrad SA, Kaufman DA, et al. Infections acquired during extracorporeal membrane oxygenation in neonates, children, and adults [J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2011, 12 (3): 277–281. DOI: 10.1097/PCC.0b013e3181e28894.
- [72] Lee EH, Lee KH, Lee SJ, et al. Clinical and microbiological characteristics of and risk factors for bloodstream infections among patients with extracorporeal membrane oxygenation: a single-center retrospective cohort study [J]. *Sci Rep*, 2022, 12 (1): 15059. DOI: 10.1038/s41598-022-19405-z.
- [73] Antonucci ME, De Paulis S, Bevilacqua F, et al. Unconventional cannulation strategy in peripheral extracorporeal membrane oxygenation to achieve central perfusion and prevent differential hypoxia [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2019, 33 (5): 1367–1369. DOI: 10.1053/j.jvca.2018.07.016.
- [74] Loftsgard TO, Newcome MD, Hanneman MR, et al. Management of neurogenic pulmonary edema and differential hypoxemia in an adult supported on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, 31 (6): 2170–2174. DOI: 10.1053/j.jvca.2017.03.044.
- [75] Falk L, Sallisalimi M, Lindholm JA, et al. Differential hypoxemia during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Perfusion*, 2019, 34 (1_suppl): 22–29. DOI: 10.1177/0267659119830513.
- [76] Matsuyoshi T, Shimizu K, Kaneko H, et al. Reconfiguration from veno-arterial to veno-arterio-venous extracorporeal membrane oxygenation for massive pulmonary embolism [J]. *J Artif Organs*, 2022, 25 (4): 368–372. DOI: 10.1007/s10047-022-01327-2.
- [77] Antonogiannakis A, Antonopoulos M, Elaiopoulos D, et al. Successful management of harlequin syndrome due to pulmonary hemorrhage and atelectasis with VAV-ECMO [J]. *Perfusion*, 2024, 39 (6): 1259–1264. DOI: 10.1177/02676591231181847.
- [78] Bae DJ, Willey JZ, Ibeh C, et al. Stroke and mechanical circulatory support in adults [J]. *Curr Cardiol Rep*, 2023, 25 (12): 1665–1675. DOI: 10.1007/s11886-023-01985-5.
- [79] Sutter R, Tisljar K, Marsch S. Acute neurologic complications during extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review [J]. *Crit Care Med*, 2018, 46 (9): 1506–1513. DOI: 10.1097/CCM.0000000000003223.
- [80] Lorusso R, Barili F, Mauro MD, et al. In-hospital neurologic complications in adult patients undergoing venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: results from the extracorporeal life support organization registry [J]. *Crit Care Med*, 2016, 44 (10): e964–e972. DOI: 10.1097/CCM.0000000000001865.
- [81] Cavayas YA, Munshi L, Del Sorbo L, et al. The early change in PaCO₂ after extracorporeal membrane oxygenation initiation is associated with neurological complications [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2020, 201 (12): 1525–1535. DOI: 10.1164/rccm.202001-00230C.
- [82] Shou BL, Wilcox C, Florissi I, et al. Early low pulse pressure in VA-ECMO is associated with acute brain injury [J]. *Neurocrit Care*, 2023, 38 (3): 612–621. DOI: 10.1007/s12028-022-01607-y.
- [83] 中华医学会急诊医学分会, 山东省医学会心肺复苏与体外生命支持多学科联合委员会. 成人体外心肺复苏专家共识更新(2023版)[J]. *中华危重病急救医学*, 2022, 34 (8): 789–801. DOI: 10.3760/ema.j.cn121430-20220802-00709.
- [84] Hirsch KG, Abella BS, Amorim E, et al. Critical care management of patients after cardiac arrest: a scientific statement from the American Heart Association and Neurocritical Care Society [J]. *Circulation*, 2024, 149 (2): e168–e200. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001163.
- [85] Sandroni C, Skrifvars MB, Taccone FS. Brain monitoring after cardiac arrest [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2023, 29 (2): 68–74. DOI: 10.1097/MCC.0000000000001023.
- [86] Rajajee V, Muehlschlegel S, Wartenberg KE, et al. Guidelines for neuroprognostication in comatose adult survivors of cardiac arrest [J]. *Neurocrit Care*, 2023, 38 (3): 533–563. DOI: 10.1007/s12028-023-01688-3.
- [87] Henson T, Rawanduzy C, Salazar M, et al. Outcome and prognostication after cardiac arrest [J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2022, 1508 (1): 23–34. DOI: 10.1111/nyas.14699.
- [88] Sandroni C, Grippo A, Westhall E. The role of the electroencephalogram and evoked potentials after cardiac arrest [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2023, 29 (3): 199–207. DOI: 10.1097/MCC.0000000000001031.
- [89] Moseby-Knappe M, Mattsson-Carlgen N, Stammen P, et al. Serum markers of brain injury can predict good neurological outcome after out-of-hospital cardiac arrest [J]. *Intensive Care Med*, 2021, 47 (9): 984–994. DOI: 10.1007/s00134-021-06481-4.
- [90] Bodien YG, Barra A, Temkin NR, et al. Diagnosing level of consciousness: the limits of the Glasgow coma scale total score [J]. *J Neurotrauma*, 2021, 38 (23): 3295–3305. DOI: 10.1089/neu.2021.0199.
- [91] Kjaergaard J, Moller JE. Haemodynamic, oxygenation, and ventilation targets after cardiac arrest: the current ABC of post-cardiac arrest intensive care [J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2023, 12 (8): 513–517. DOI: 10.1093/ehjacc/zuad077.
- [92] Lonsain WS, De Lausnay L, Wauters L, et al. The prognostic value of early lactate clearance for survival after out-of-hospital cardiac arrest [J]. *Am J Emerg Med*, 2021, 46: 56–62. DOI: 10.1016/j.ajem.2021.03.013.
- [93] Kim HJ, Michael K, Wee JH, et al. Coagulation measures after cardiac arrest (CMACA) [J]. *PLoS One*, 2023, 18 (1): e0279653. DOI: 10.1371/journal.pone.0279653.
- [94] Senguldur E, Demir MC, Selki K. Is lactate clearance useful in predicting cardiopulmonary resuscitation outcome and 48-hour mortality? [J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2025, 35 (3): 267–273. DOI: 10.29271/jcsp.2025.03.267.
- [95] Shi ZH, Jonkman AH, Tuinman PR, et al. Role of a successful spontaneous breathing trial in ventilator liberation in brain-injured patients [J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9 (7): 548. DOI: 10.21037/atm-20-6407.
- [96] Balasundaram K, Parthasarathy P, Woltmann G. Neurogenic pulmonary edema presenting as a pulmonary entity [J]. *Cureus*, 2022, 14 (11): e32002. DOI: 10.7759/cureus.32002.

(收稿日期: 2026-03-23)

(责任编辑: 邸美仙)