

# 心肺复苏 4.0：心肺复苏 1.0~4.0 之演变

宋维

海南省人民医院 海南医科大学附属海南医院急诊科, 海口 570311

Email: swhn1212@aliyun.com

DOI: 10.3760/cma.j.cn114656-20250827-00617

心肺复苏 (cardiopulmonary resuscitation, CPR) 的历史可追溯至 1800 多年前中国东汉时期张仲景在《金匱要略》中记载的胸外按压救治自缢的方法, 以及欧亚古代与近代复苏文献中关于胸腹肢体按压、体位复苏与对口通气等描述<sup>[1-5]</sup>。现代 CPR 理论与实践体系于 20 世纪 60 年代建立, 历经 60 余年的阶段性变革与完善, 已成为东西方医学进步的结晶, 且仍在持续发展。本文基于时间轴, 结合各阶段理论、指南与技术的重大变革特征, 将现代 CPR 划分为四个阶段: CPR 1.0、CPR 2.0、CPR 3.0 及 CPR 4.0。每一次 CPR 重大发展, 均得益于医学与科技的进步。进入 21 世纪, 以人工智能、大数据和高新技术为代表的科技革命, 尤其是工业 4.0 时代的到来, 正推动 CPR 迈向新一轮变革。面对 CPR 4.0 时代, 系统梳理其演变脉络, 有助于前瞻性制定未来复苏策略。

## 1 CPR 1.0~3.0 之演变

### 1.1 CPR 1.0 (1960—1980 年)

20 世纪 60 年代, 以美国 Peter Safar 与 Wiliam B. Kouwenhoven 为代表的现代 CPR 开拓者, 开始了现代 CPR 理论与实践创新<sup>[6-8]</sup>; 他们将零星的、单独的、碎片化的古代与近代复苏技术与方法整合起来, 并通过现代科学实验; 提出了胸外按压与口对口呼吸一体化, 并按照 5 : 1 比例 (双人) 或 15 : 2 比例 (单人) 同步复苏, 胸外按压频度 60 次 /min; 必要时体外电除颤<sup>[9]</sup>, 并将此理论化、系统化、标准化, 形成了现代 CPR 基石; 这个时期以美国心脏协会 (American Heart Association, AHA) 为代表的学术机构, 分别在 1966 年与 1974 年以“心肺复苏声明与心肺复苏标准”予以公布<sup>[9-10]</sup>。1980 年公布了世界上第一个现代“心肺复苏与心血管急救指南”<sup>[11]</sup> (以下简称 CPR 指南); 该时期其主要理论与技术创新包括: 基本生命支持 (basic life support,

BLS) ——开放气道、口对口人工呼吸、胸外按压及体外除颤; 高级生命支持 (advanced life support, ALS) ——高级气道建立、静脉通道建立、复苏药物使用以及生命体征监测等, 建立基本生命支持与高级生命支持二级复苏模式<sup>[11]</sup> (表 1)。

### 1.2 CPR 2.0 (1981—2000 年)

此阶段主要理论创新包括: 三级复苏模式, 即在 BLS 与 ALS 二级复苏模式基础上, 增加复苏后救治管理<sup>[12]</sup> 以及院外心脏骤停生存链理论 (早启动、早 CPR、早除颤、早 ALS)<sup>[13]</sup>; 胸外按压与口对口呼吸比例, 从 CPR 1.0 初期的 5 : 1 演化到 15 : 2 (无论单人或双人), 胸外按压频度 100 次 /min<sup>[14]</sup>。这个时期 CPR 指南主要 AHA、欧洲复苏学会 (European Resuscitation Council, ERC) 以及国际 CPR 联合会 (international liaison committee on resuscitation, ILCOR) 制定与发布<sup>[12-15]</sup>; 主要复苏技术创新包括: 自动体外除颤仪 (automated external defibrillator, AED) 的广泛应用、三级复苏模式优化应用、替代复苏技术 (如加压减压胸外按压、插入性腹部 CPR 以及充气背心式 CPR) 等<sup>[12-17]</sup> (表 1)。

### 1.3 CPR 3.0 (2001—2020 年)

此阶段胸外按压与口对口呼吸比例从 15 : 2 演化到 30 : 2<sup>[18]</sup>, 胸外按压频度调整为 100~120 次 /min<sup>[19]</sup>。生存链从单链四环重构为双链六环; 即从单一院外心脏骤停生存链扩展到院内心脏骤停生存链<sup>[19]</sup>, 生存链从四环增加为五环 (早启动、早 CPR、早除颤、早 ALS、复苏后救治)<sup>[20]</sup>, 并在 2020 年将院外与院内心脏骤停生存链分别从五环增加为六环即第六环康复环<sup>[21]</sup>。与此同时, 《2016 中国心肺复苏专家共识》提出心脏骤停三期理论及其生存环理论; 心脏骤停三期理论是以心脏骤停为中心, 将其分为三期, 即心脏骤停前期、心脏骤停中期、心脏骤停后期; 并提出各阶段主要任务及其

实施策略。心脏骤停前期以心脏骤停预防、预识与预警为目标；心脏骤停时期启动 CPR，其策略为标准化、多元化与个性化；心脏骤停后期以恢复生命质量、器官移植延续生命与生命伦理策略。生存环理论即由心脏骤停前期、中期、后期分别构成生存环前环、中环与后环；三个环相互关连、相互重叠、相互循环<sup>[22-23]</sup>。在全球 CPR 理论体系中同时出现 CPR 生存链与生存环二个概念表述。这个时期多个国家相继公布了本国的 CPR 指南或共识，如日本、巴西、澳大利亚、新西兰等<sup>[24-26]</sup>；AHA 与 ERC 仍定期与不定期修订各自的 CPR 指南。该时期的主要技术创新包括：目标温度管理、机械 CPR、替代 CPR 优化、体外 CPR (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR) 等<sup>[18-26]</sup>(表 1)。

历经 50~60 年发展，CPR1.0 至 3.0 已形成较

为成熟的理论与实践体系，并在全球范围以内包括发达国家与发展中国家广泛应用，指导全球 CPR 实践。

## 2. CPR 4.0

自 21 世纪 20 年代起，数字科技、生物技术与人工智能的融合发展正推动 CPR 进入 4.0 时代(表 1)。

### 2.1 理论创新：体系化与集成化

当前理论创新呈现体系化与集成化特点，重点关注<sup>[27-30]</sup>：(1) 整合人员、资源、流程与法规的复苏体系建设。研究显示，在法律要求公民接受 CPR 培训或施救的地区，院外心脏骤停复苏率与生存率更高<sup>[31-32]</sup>；(2) 强调心脏骤停预防优先；(3) 推行个性化复苏策略；(4) 优化生存链流程；(5) 优化心脏骤停三期与生存环实践。例如，早期预警

表 1 CPR 1.0~4.0 之演变

时间	CPR 1.0 (1960-1980)	CPR 2.0 (1981-2000)	CPR 3.0 (2001-2020)	CPR 4.0 (2021-2040)
1. 主要理论创新	1) 口对口呼吸与胸外按压一体化 2) 二级复苏 (BLS, ALS)	1) AED 公众化 2) 三级复苏 (BLS, ALS, PRC) 3) 生存链 (四环) 4) 仅仅胸部按压 CPR	1) 生存链重构 (单链到双链, 从四环到六环) 2) 快速反应小组 (院内复苏) 3) 神经保护性复苏策略 4) 心脏骤停三期理论 5) 生存环 (三环理论)	1) 复苏体系与策略集成创新 • 复苏体系建设 • 心脏骤停预防优先策略 • 个性化 CPR/ 个性化复苏流程 • 生存链优化 • 心脏骤停三期理论与生存环融合 • 复苏多学科融合
2. 主要指南共识	1) AHA CPR 声明 (1966) 2) AHA CPR 标准 (1974) 3) AHA CPR 标准与指南 (1980)	1) AHA CPR 标准与指南 (1986) 2) AHA CPR 指南 (1992) 3) ERC CPR 指南 (1992) 改 4) ERC CPR 指南 (1996) 5) 英国 CPR 指南 (1984) 6) 日本 CPR 指南 (2000) 7) ILCOR CPR 指南 (2000)	1) AHA CPR 指南 (定期修订) 2) ERC CPR 指南 (定期修订) 3) 日本 CPR 指南 (定期与不定期修改) 4) 巴西 CPR 指南 (2013) 5) 英国 CPR (定期与不定期修改) 6) 中国 CPR 共识 (2016) 7) 澳大利亚 / 新西兰 CPR 指南 (2016) 8) 其他国家与地区 CPR 指南等	1) AHA CPR 指南 (2025) 2) ERC CPR 指南 (2025) 3) 中国 CPR 共识 (定期与不定期修改) 4) 英国 CPR 指南 (2025) 5) 沙特 CPR 指南 (定期与不定期修改) 6) 葡萄牙 CPR 指南 (定期与不定期修改) 7) 希腊 CPR 指南 (定期与不定期修改) 8) 巴西 CPR 指南 (定期与不定期修改) 9) 印度 CPR 指南 (定期与不定期修改) 10) 拉美洲 CPR 指南 (定期与不定期修改) 11) 瑞典 CPR 指南 (定期与不定期修改) 12) 其他国家与地区 CPR 指南等
3. 主要技术创新	1) BLS(ABC+ 电除颤) 2) ALS (高级气道, 静脉通道, 复苏药物, 生命体征监测等)	1) AED 广泛应用 2) 三级复苏优化应用 3) 替代复苏技术 (加压减压胸外按压, 插入性腹部按压等)	1) TTM (并个性化控温) 2) 机械 CPR (如机械胸外按压设备) 3) 替代复苏技术优化 (加压减压胸外按压, 插入性腹部按压, 主动加压减压腹部 CPR 等) 4) ECPR	1) 高技术创新: • CA 预警技术: 如植入式生命体征监测 • BLS 技术: 如可穿戴除颤器等 • ALS 技术: 如机械循环支持技术, ECPR、PLVAD 和 REBOA • 复苏后管理策略: 如神经保护性复苏策略、智能预后评估及其评估后处置策略与多模式神经康复路径 2) 人工智能 CPR: • 预防预警: 如可穿戴智能心电监测 • 复苏响应: 如 CA 自动激活 EMS 系统 • 操作优化: 如生理驱动个性化复苏 • 预后管理: 如 CA 预后智能模型预测

注: CPR 为心肺复苏; BLS 为基本生命支持; ALS 为高级生命支持, PRC 为复苏后救治; AED 为自动体外除颤仪; AHA 为美国心脏协会; ERC 为欧洲复苏学会; ILCOR 为国际心肺复苏联合会; TTM 为目标温度管理; ECPR 为体外心肺复苏; pLVAD 为经皮左心室辅助装置; REBOA 为主动脉内球囊阻断术; EMS 为急救医疗服务; CA 为心脏骤停

系统与快速反应团队可降低院内心脏骤停发生率<sup>[33-34]</sup>。系统化建设与策略创新有望显著提升全球复苏成功率。

## 2.2 指南多元化与个性化

到 2025 年为止,已有 10 余个国家与地区颁布了自己国家与地区的 CPR 指南或共识,并持续不断增加,包括:美国、欧洲、日本、巴西、英国、中国、南韩、拉丁美洲、印度、沙特、挪威、澳大利亚、新西兰、瑞典等<sup>[11-15,18-22,24-26,35-37]</sup>;以及越来越多的个性化 CPR 指南与共识颁布,包括:心脏外科术后心脏骤停心肺复苏共识、中国淹溺性心脏骤停心肺复苏专家共识、商业航班心脏骤停心肺复苏共识、航天心肺复苏指南、中国老年心肺复苏急诊专家共识、新型冠状病毒感染心肺复苏指南/共识等<sup>[38-43]</sup>;呈现出不同国家与地区多个 CPR 指南并存现状;形成了全球 CPR 指南多元化与 CPR 指南个性化时代。

## 2.3 技术创新:预防、复苏与康复全链条覆盖

主要技术创新包括:(1)心脏骤停预警技术,如可穿戴心电智能监测、植入式生命体征监测器等<sup>[44]</sup>;(2)BLS,如可穿戴除颤器、实时反馈装置的按压深度与频度可调式复苏设备<sup>[44-46]</sup>;(3)ALS:如 ECPR 及其优化策略、经皮左心室辅助装置和主动脉内球囊阻断术等机械循环支持技术<sup>[47-50]</sup>。研究显示,ECPR 对部分可逆病因心脏骤停患者有益<sup>[51-52]</sup>。(4)复苏后管理策略:包括神经保护性复苏策略、智能预后评估及其评估后处置策略与多模式神经康复路径;2020 年 AHA CPR 指南生存链新增第六环康复环,强化其技术路径;2025 年 AHA CPR 指南继续予以强化<sup>[21,51]</sup>。

未来技术发展将呈现从干预转向预防、从标准化迈向个性化与精准化、并与智能化深度融合的趋势。

## 2.4 人工智能:CPR 4.0 核心驱动力

人工智能通过数据驱动、机器学习与算法决策,赋能 CPR 全流程<sup>[44]</sup>;人工智能在 CPR 中的应用方式为虚拟和物理两类;虚拟类主要包括人工智能集成记录系统、基于复杂数据库的神经模式识别系统,如心脏骤停预测预警、复苏后预后智能评估等;物理类主要包括人工智能相关 CPR 仪器与设备等。人工智能赋能后的 CPR,将会从经验依赖到数据驱动、从统一方案到动态个性化干预、从被动复苏到主动防御;这些革命性转变将会在以下四个方面重塑心脏骤停防治全链条:

(1)预防预警,如接触式监测智能监测(智能手表、手环及背心)与非接触式监测(生物雷达、红外热成像)等监测<sup>[44-46]</sup>;(2)复苏响应,院外心脏骤停事件或前兆监测与自动激活院前急救服务智能化系统以及相关复苏设备与人员智能化响应,包括院前复苏与院内心脏骤停前应急响应系统<sup>[44]</sup>;(3)操作优化,人工智能 BLS 与 ALS,如实时反馈装置的按压深度与频度可调式复苏、生理驱动复苏即基于患者实时生理参数驱动与实时调整复苏策略<sup>[44-46]</sup>;(4)预后管理,复苏后预后预测与精准管理,如院内心脏骤停复苏后预后 GO-FAR 预测模型<sup>[53]</sup>。然而,人工智能在复苏中的应用仍面临算法可靠性、数据偏差、临床验证不足及伦理法律等挑战,需在发展中不断完善。

## 3 小结

理论集成创新、高新技术应用与人工智能革命的结合,共同推动了 CPR 4.0 时代的来临。预计在未来 10-20 年内,将形成一个系统性、革命性的 CPR 变革时代。然而,这一进程并非一帆风顺,仍面临诸多不确定性挑战,尤其是人工智能在复苏医学中应用的深度与广度,以及如何平衡其效益与安全性等问题。尽管前路存在挑战,但发展方向已明确,未来将有望显著降低心脏骤停发生率,并提高自主循环恢复率与出院生存率。

利益冲突 作者声明无利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] 张仲景.金匱要略[M].北京:春秋出版社,1988:222-228.
- [2] 陈晓松,王楷容,钟兴美.中国心肺复苏术的历史进程[J].中华急诊医学杂志,2007,16(1):106-107. DOI:10.3760/j.issn:1671-0282.2007.01.035.
- [3] Green T. Heart massage as a means of restoration in cases of apparent sudden death, with a synopsis of 40 cases[J]. Lancet, 1906, 168(4347): 1708-1714. DOI:10.1016/s0140-6736(00)68654-3.
- [4] Taw RL Jr. Dr. Friedrich maass: 100<sup>th</sup> anniversary of "new" CPR[J]. Clin Cardiol, 1991, 14(12): 1000-1002. DOI:10.1002/clc.4960141211.
- [5] Chicote Álvarez E, Lizama-Gómez NG. A history of cardiopulmonary resuscitation from the Book of Kings to Peter Safar - and of a woman drowned in the Seine along the way[J]. Emergencias, 2022, 34(6): 478-480.
- [6] Safar P. Ventilatory efficacy of mouth-to-mouth artificial respiration; airway obstruction during manual and mouth-to-mouth artificial respiration[J]. J Am Med Assoc, 1958, 167(3): 335-341. DOI:10.1001/

- jama.1958.72990200026008c.
- [7] Kouwenhoven WB. Closed-chest cardiac massage[J]. JAMA, 1960, 173(10): 1064. DOI:10.1001/jama.1960.03020280004002.
- [8] Safar P. Ventilation and circulation with closed-chest cardiac massage in man[J]. JAMA, 1961, 176(7): 574. DOI:10.1001/jama.1961.03040200010003.
- [9] Cardiopulmonary resuscitation[J]. JAMA, 1966, 198(4): 372-379. DOI: 10.1001/jama.1966.03110170084023.
- [10] Standards for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC)[J]. JAMA, 1974, 227(7): 833-868. DOI:10.1001/jama.227.7.833.
- [11] Standards and guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC)[J]. JAMA, 1980, 244(5): 453-509.
- [12] Standards and guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) and Emergency Cardiac Care (ECC). National Academy of Sciences - National Research Council[J]. JAMA, 1986, 255(21): 2905-2989.
- [13] Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. Emergency Cardiac Care Committee and Subcommittees, American Heart Association. Part I. Introduction[J]. JAMA, 1992, 268(16):2171-2183.
- [14] Part 1: introduction to the International Guidelines 2000 for CPR and ECC. A consensus on science. European Resuscitation Council[J]. Resuscitation, 2000, 46(1/2/3): 3-15. DOI:10.1016/s0300-9572(00)00269-0.
- [15] Part 1: introduction to the international guidelines 2000 for CPR and ECC a consensus on science[J]. Resuscitation, 2000, 46(1-3): 3-15. DOI:10.1016/S0300-9572(00)00269-0.
- [16] Skogvoll E, Wik L. Active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR) compared with standard CPR in a manikin model: decompression force, compression rate, depth and duration[J]. Resuscitation, 1997, 34(1): 11-16. DOI:10.1016/S0300-9572(96)01035-0.
- [17] Babbs CF, Sack JB, Kern KB. Interposed abdominal compression as an adjunct to cardiopulmonary resuscitation[J]. Am Heart J, 1994, 127(2): 412-421. DOI:10.1016/0002-8703(94)90132-5.
- [18] ECC Committee, Subcommittees and Task Forces of the American Heart Association. 2005 American Heart Association Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. Circulation, 2005, 112(24 Suppl): IV1-IV 203. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.105.166550.
- [19] Neumar RW, Shuster M, Callaway CW, et al. Part 1: Executive Summary: 2015 American Heart Association Guidelines Update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. Circulation, 132(18 Suppl 2): S315-367. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000252.
- [20] Berg RA, Hemphill R, Abella BS, et al. Part 5: adult basic life support: 2010 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. Circulation, 2010, 122(18\_suppl\_3): S640-656. DOI:10.1161/circulationaha.110.970939.
- [21] 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.
- [22] 中国研究型医院学会心肺复苏学专业委员会. 2016 中国心肺复苏专家共识 [J]. 中华危重病急救医学, 2016, 28(12): 1059-1079. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.12.002.
- [23] 王立祥. 中国心肺复苏生存环 [J]. 中华危重病急救医学, 2019, 31(5): 536-538. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.05.003.
- [24] Nonogi H. Practice guidelines for cardiopulmonary resuscitation[J]. Nihon Naika Gakkai Zasshi.2002, 91(3): 1006-1017.
- [25] Gonzalez MM, Timerman S, Gianotto-Oliveira R, et al. First guidelines of the Brazilian society of cardiology on cardiopulmonary resuscitation and cardiovascular emergency care [J]. Arq Bras Cardiol, 2013, 101(2 Suppl 3): 1-221. DOI: 10.5935/abc.2013S006.
- [26] Australian Resuscitation Council, New Zealand Resuscitation Council. Basic life support: cardiopulmonary resuscitation. ARC and NZRC guideline 2010[J]. Emerg Med Australas, 2011, 23(3): 259-260. DOI:10.1111/j.1742-6723.2011.01422\_7.x.
- [27] Dezfulian C, Cabañas JG, Buckley JR, et al. Part 4: systems of care: 2025 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. Circulation, 2025, 152(16\_suppl\_2): S353-S384. DOI:10.1161/cir.0000000000001378.
- [28] 中国医师协会急诊医师分会, 中华医学会急诊医学分会, 中国急诊专科医联体. 复苏中心建设与管理急诊专家共识 [J]. 中华急诊医学杂志, 2024, 33(4): 463-469. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.04.003.
- [29] 宋维. 心肺复苏理论与实践之十项变革 [J]. 中华急诊医学杂志, 2025, 34(1): 1-5. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2025.01.001.
- [30] Song W. Current and emerging innovations in technology, strategy, and artificial intelligence: a new era in cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation[J]. World J Emerg Med, 2025, 16(6): 609-613. DOI:10.5847/wjem.j.1920-8642.2025.120.
- [31] Jensen TW, Ersbøll AK, Folke F, et al. Training in basic life support and bystander-performed cardiopulmonary resuscitation and survival in out-of-hospital cardiac arrests in Denmark, 2005 to 2019[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(3): e233338. DOI:10.1001/jamanetworkopen.2023.3338.
- [32] Li SW, Qin CZ, Zhang HJ, et al. Survival after out-of-hospital cardiac arrest before and after legislation for bystander CPR[J]. JAMA Netw Open, 2024, 7(4): e247909. DOI:10.1001/jamanetworkopen.2024.7909.
- [33] Alten J, Cooper DS, Klugman D, et al. Preventing cardiac arrest

- in the pediatric cardiac intensive care unit through multicenter collaboration[J]. *JAMA Pediatr*, 2022, 176(10): 1027-1036. DOI:10.1001/jamapediatrics.2022.2238.
- [34] Moskowicz A, Berg KM, Cocchi MN, et al. A trigger and response system for preventing cardiac arrest in the ICU[J]. *Crit Care Explor*, 2021, 3(10): e0557. DOI:10.1097/CCE.0000000000000557.
- [35] Song KJ, Lee SY, Cho GC, et al. 2020 Korean Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation. Part 3. Adult basic life support[J]. *Clin Exp Emerg Med*, 2021, 8: S15-S25. DOI:10.15441/ceem.21.024.
- [36] Yock-Corrales A, Campos-Miño S, Escalante Kanashiro R. Latin American Consensus on Pediatric Cardiopulmonary Resuscitation. An Executive Summary from the CPR Committee, Latin American Society of Pediatric Intensive Care (SLACIP) [J]. *Andes Pediatr*, 2021, 92(6): 943-953. DOI:10.32641/andespediatr.v92i6.3818.
- [37] Lybeck A, Rubertsson S. Intensive care after cardiac arrest - Swedish Resuscitation Council summarizes the new guidelines[J]. *Lakartidningen*, 2024, 121: 23141.
- [38] Dunning J, Levine A, Ley J, et al. The society of thoracic surgeons expert consensus for the resuscitation of patients who arrest after cardiac surgery[J]. *Ann Thorac Surg*, 2017, 103(3): 1005-1020. DOI:10.1016/j.athoracsur.2016.10.033.
- [39] 中国研究型医院学会心肺复苏学专业委员会, 中国老年保健协会心肺复苏专业委员会, 中国老年保健协会全科医学与老年保健专业委员会, 等. 中国淹溺性心脏停搏心肺复苏专家共识 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(8): 1032-1045. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.08.004.
- [40] Hinkelbein J, Böhm L, Braunecker S, et al. In-flight cardiac arrest and in-flight cardiopulmonary resuscitation during commercial air travel: consensus statement and supplementary treatment guideline from the German Society of Aerospace Medicine (DGLRM)[J]. *Intern Emerg Med*, 2018, 13(8): 1305-1322. DOI:10.1007/s11739-018-1856-4.
- [41] Hinkelbein J, Kerkhoff S, Adler C, et al. Cardiopulmonary resuscitation (CPR) during spaceflight - a guideline for CPR in microgravity from the German Society of Aerospace Medicine (DGLRM) and the European Society of Aerospace Medicine Space Medicine Group (ESAM-SMG)[J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2020, 28(1): 108. DOI:10.1186/s13049-020-00793-y.
- [42] 中华医学会急诊医学分会, 中国老年医学学会急诊医学分会, 中国老年心肺复苏急诊专家共识组. 中国老年心肺复苏急诊专家共识 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2024, 33(5): 616-622. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.05.005.
- [43] Perkins GD, Morley PT, Nolan JP, et al. International Liaison Committee on Resuscitation: COVID-19 consensus on science, treatment recommendations and task force insights[J]. *Resuscitation*, 2020, 151: 145-147. DOI:10.1016/j.resuscitation.2020.04.035.
- [44] Islam S, Rjoub G, Elmekki H, et al. Machine learning innovations in CPR: a comprehensive survey on enhanced resuscitation techniques[J]. *Artif Intell Rev*, 2025, 58(8): 233. DOI:10.1007/s10462-025-11214-w.
- [45] Srivats S, Zghyer F, Shahreri Z, et al. Sudden cardiac arrest: Limitations in risk-stratification and treatment, and the potential for digital technologies and artificial intelligence to improve prediction and outcomes[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2025, 91: 144-166. DOI:10.1016/j.pcad.2025.06.005.
- [46] Kolk MZH, Ruipérez-Campillo S, Wilde AAM, et al. Prediction of sudden cardiac death using artificial intelligence: Current status and future directions[J]. *Heart Rhythm*, 2025, 22(3): 756-766. DOI:10.1016/j.hrthm.2024.09.003.
- [47] Hsu CH, Trummer G, Belohlavek J, et al. Wolf creek XVII part 7: mechanical circulatory support[J]. *Resusc Plus*, 2023, 16: 100493. DOI: 10.1016/j.resplu.2023.100493.
- [48] 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.
- [49] 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.
- [50] Li CB, Cao SC, Zheng Y, et al. Chinese clinical practice consensus for device-supported treatment in adults with post-cardiac arrest syndrome (2024 Edition)[J]. *World J Emerg Med*, 2025, 16(1): 3. DOI:10.5847/wjem.j.1920-8642.2025.019.
- [51] Del Rios M, Bartos JA, Panchal AR, et al. Part 1: executive summary: 2025 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2025, 152(16\_suppl\_2): S284-S312. DOI:10.1161/cir.0000000000001372.
- [52] Low CJW, Ramanathan K, Ling RR, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with cardiac arrest: a comparative meta-analysis and trial sequential analysis[J]. *Lancet Respir Med*, 2023, 11(10): 883-893. DOI:10.1016/S2213-2600(23)00137-6.
- [53] Grandbois van Ravenhorst C, Schluep M, Endeman H, et al. Prognostic models for outcome prediction following in-hospital cardiac arrest using pre-arrest factors: a systematic review, meta-analysis and critical appraisal[J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 32. DOI:10.1186/s13054-023-04306-y.

(收稿日期: 2025-08-27)

(本文编辑: 姜宇婷)