

心肺脑复苏指南演变与技术革新的综合探析

史晓朋 赵香梅 杨蕾 许丽君 程艳伟 秦历杰

河南省人民医院 / 郑州大学人民医院急诊科, 郑州 450003

通信作者: 秦历杰, Email: qinlijie1819@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.07.003

心肺脑复苏 (cardiopulmonary cerebral resuscitation, CPR) 是在心脏骤停 (cardiac arrest, CA) 及其他危急情况下采用的一种紧急救治技术, 旨在通过恢复循环和确保氧气供应, 防止大脑及其他关键器官受到进一步的损伤^[1]。CPCR 是急救医疗体系的基石, 其效果直接影响患者的生存率和未来生活质量^[2]。近年来, 随着医学技术的进步和临床实践经验的积累, CPR 的指南和实施技术得到了持续的更新和优化, 从而为患者提供了更为优质和个性化的救治方案。

尽管如此, CPR 领域仍面临着一系列挑战, 包括全球复苏指南的一致性和适用性问题、技术创新在资源有限环境中的应用难题、未来研究方向和技术创新的需求, 以及提升公众教育和社区参与的重要性。本文综合分析近年来心肺脑复苏领域的重要进展, 包括指南的更新、电除颤模式的变革、给药途径的优化、新技术的应用等, 以期为临床医生提供更为全面和实用的参考, 同时为未来的研究和实践提供启示。

1 国际和国内指南的变迁及更新要点

1.1 国际复苏联络委员会 (ILCOR) 指南

国际复苏联络委员会 (International Liaison Committee on Resuscitation, ILCOR) 成立于 1992 年, 是一个致力于提升全球心肺复苏 (cardiopulmonary resuscitation, CPR) 和急救护理质量的组织。2000 年, ILCOR 发布了首套国际 CPR 和心血管急救 (emergency cardiovascular care, ECC) 指南, 标志着国际间在 CPR 领域的协作和指南标准化的开始^[3]。此后 ILCOR 每五年更新其指南和建议, 持续评估新的研究证据, 使得培训材料能够及时更新以反映新的推荐。从 2017 年开始, ILCOR 转向每年发布国际 CPR 和急救心血管护理科学的共识和治疗建议 (Consensus on Science with Treatment

Recommendation, CoSTR), 这是一个系列的年度更新, 总结了 ILCOR 专家组对已发布的复苏证据的分析。在 2015 年 CoSTR 发布后, ILCOR 从定期评估过渡到持续的证据评估。在 2022 年 ILCOR 发表了 CPR 与心血管急救科学与治疗建议国际共识, 基于新发表的临床复苏学证据, 对 CPR 的重要环节包括基本生命支持 (basic cardiovascular life support, BCLS)、高级生命支持 (advanced cardiovascular life support, ACLS)、儿童生命支持、新生儿生命支持、教育和实施团队以及急救工作组的最新复苏证据进行了更新和推荐^[4]。

1.2 欧洲复苏委员会 (ERC) 指南

欧洲复苏委员会 (European Resuscitation Council, ERC) 与 ILCOR 协作, 通过持续的证据评估 (continuous evidence evaluation, CEE) 来监控 CPR 领域的新研究, 以便及时更新指南。2021 年, 欧洲复苏委员会 (ERC) 根据《2020 年心肺复苏科学与治疗建议国际共识》制定了 BLS 指南, 推荐测量关键的 CPR 指标, 并提供实时反馈给救援者, 重点关注教学和学习的便利性以及科学依据, 推荐在复苏结束后提供一个总结报告, 以评估复苏的效果和提供进一步改进的依据^[5]。2022 年, ERC 和欧洲重症医学会 (European Society of Intensive Care Medicine, ESICM) 联合发布了有关心脏骤停后体温控制的新指南, 旨在为成年患者 (无论院内还是院外 CA) 的复苏和体温管理提供基于证据的指导^[6]。

1.3 美国心脏协会 (AHA) 指南

美国心脏协会 (American Heart Association, AHA) 于 1974 年首次发布了全球第一版 CPR 和心血管急救指南。2020 年的 AHA CPR 和心血管急救指南中, 新的变化包括增加了“康复”作为成人生存链的第六个环节, 强调了非专业人员尽早实施 CPR 的重要性, 早期正确应用肾上腺素, 实时视

听反馈, 以及 CPR 质量的生理监测等^[7]。2023 年 AHA 重点更新了因中毒导致 CA 或危及生命的中毒患者的管理^[8], 同时指出: 在标准 ACLS 无效的情况下, 选择使用体外心肺复苏 (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR) 是合理的^[9]。

1.4 中国 CPR 专家共识

因为地域和种族差异, 国际指南无法解决不同国家关于 CPR 的所有问题, 我国也在尝试提出应对 CA 的中国方案。我国于 2015 年成立了首个心肺复苏专业学术组织——中国研究型医院学会心肺复苏专业委员会, 2016 年颁布了中国首部《2016 中国心肺复苏专家共识》, 提出了针对 CA 全方位、全过程、全周期的“中国心肺复苏生存环”理论^[10]。为后续的 2021 和 2022 中国 CPR 专家共识提供了基础。2020 年的《2020 中国心脏骤停后脑保护专家共识》也为 CPR 领域提供了重要的指南, 特别是在药物治疗和脑保护方面^[11]。我国急诊医学专家团队在 2018 年发布的《成人体外心肺复苏专家共识》系统阐述了实施成人 ECPR 的关键问题, 推动了国内急诊 ECPR 技术的开展^[12], 并于 2023 年对共识进行更新, 增加了关于根据 CA 患者情况, ECPR 可以联合目标温度管理 (targeted temperature management, TTM)、冠状动脉介入治疗等实施集束化治疗, 以期改善患者预后的推荐意见^[13]。

国际不同组织如 ILCOR、AHA 和 ERC 的 CPR 指南变迁及更新, 为 CPR 的发展提供了重要的指导和参考。这些指南通过引入基于循证医学的最新研究成果和实践建议, 促进了 CPR 技术和教学方法在全球范围内的标准化与优化。我国在吸收国际先进经验的基础上, 结合本国实际情况, 发展了自己的 CPR 指导原则和专家共识, 旨在提出更适合国情的 CPR 实施策略, 从而提高急救成功率, 优化患者预后。

2 当前 CPR 指南的主要推荐

2.1 难治性室颤动的除颤策略

对于难治性室颤动患者, 如果不改变除颤方法通常不会成功, 并且随着额外的除颤尝试, 出院存活率会迅速下降^[14]。双顺序体外除颤 (double sequential external defibrillation, DSED) 被提议作为难治性室颤动患者的可行选择。然而, 支持使用新型除颤策略的证据尚无定论。2020 AHA CPR 指南指出, 尚未确定 DSED 对顽固性可电击心律

的有用性。不支持 DSED 理由: 尽管一些病例报告显示预后良好, 但 2020 年 ILCOR 系统综述未发现支持 DSED 的证据, 现有研究存在多种形式的偏倚, 观察性研究并未显示预后改善, 因此不建议常规使用^[15]。最新一项来自加拿大的多中心集群随机对照 (randomized controlled trial, RCT) 研究提出在难治性室颤动情况下进行电除颤的改良策略, 包括 DSED, 即使用两个除颤器快速连续电击 (间隔 <1 s), 以及矢量变化 (Vector-change, VC) 除颤 (将除颤垫切换到前后位置), DSED 或 VC 除颤与标准除颤相比, 患者获得良好的神经系统预后的比例更高^[16]。根据试验结果, 建议优先使用 DSED 治疗难治性室颤动, 但如果无法常规使用两台除颤器, 则 VC 是一种有吸引力的替代方案, 这种新型除颤模式在一些难治性室颤的情况下可能具有优势, 但还需要更多的研究来验证其效果和安全性^[17]。

2.2 给药途径的选择

目前常用的给药途径包括: 心脏内、中心静脉注射、支气管内、外周静脉注射和骨内入路。由于存在损伤、错位或不确定吸收的风险, 目前指南不推荐心内、支气管内和肌内途径给药^[18]。如果中心静脉通路 (central venous catheter, CVC) 已经到位, 那么它应该是给药的首选途径, 因为注射的药物到达中心循环的转运时间很短。但是在 CPR 过程中尝试中心静脉插管造成错位和邻近结构损坏的风险可能大于益处^[19]。

与外周静脉通路 (Intravenous injection, IV) 及 CVC 相比, 骨髓腔内通路 (intraosseous, IO) 具有操作成功率高、耗时短、易掌握的优势^[20], 近年来 IO 的使用一直在增长。2010 AHA 的 CPR 指南强调: 如果没有现成可用的静脉通路 (IV), 实施人员建立骨内通路 (IO) 是合理的做法^[21]。Granfeldt 等^[22]对心脏骤停期间 IV 与 IO 给药的文献进行系统回顾, 纳入了 6 项观察性研究, 四项观察性研究的汇总结果支持 IV 通路具有更好的临床预后, 但证据质量非常低。2020 年 AHA 的 CPR 指南做出更新推荐: 静脉 (IV) 通路是 ACLS 复苏期间给药的首选路径, 实施人员对 CA 患者首先尝试建立静脉通路进行给药是合理的, 如果静脉通路尝试不成功, 可以考虑改用骨内通路^[7]。Nolan 等^[23]进行的一项心脏骤停成人患者给药的有效性 (PARAMEDIC2) 随机对照试验指出, IO

组和静脉注射组的长期生存率和良好的神经系统结果差异无统计学意义。比较 IO 和 IV 给药的观察性研究通常受到复苏时间偏差引起的混淆风险的限制, 因为 IO 通常在最初尝试 IV 给药失败后用作抢救疗法。IO 优先策略在院外 CA 中的潜在益处还需要进一步研究去证实。

2.3 CPR 中药物选择与使用

肾上腺素: 肾上腺素因其对心脏输出和冠状动脉血流的增加效果而被推荐用于 CPR。2005 年 AHA 的 CPR 指南推荐每 3~5 min 给予 1 mg 肾上腺素, 直至恢复自主循环 (restoration of spontaneous circulation, ROSC) [24]。虽然指南每 5 年更新一次, 但 CA 使用肾上腺素这一“标准治疗”始终被广泛应用。随着时间的推移, 出现了一些研究, 探讨了肾上腺素对 CA 患者长期结果的影响。2018 年, 一项名为 PARAMEDIC2 的大型 RCT 发布, 它发现尽管肾上腺素可以提高 30 d 生存率, 但不会改善神经功能恢复。这项研究引起了关于肾上腺素在 CPR 中应用的广泛讨论和重新评估 [25]。2020 年, AHA 和 ERC 仍然推荐对于不可除颤心律的心搏骤停, 尽早给予肾上腺素, 对于可除颤心律的心搏骤停, 在最初数次除颤尝试失败后给予肾上腺素, 但不建议常规使用高剂量肾上腺素 [7]。

血管加压素和皮质类固醇: 在早期的一些研究中, 血管加压素被考虑作为 CPR 中的一个可能的选择, 特别是作为肾上腺素的一个替代选择, 这主要基于其在增加冠状动脉和脑动脉血流方面的潜在效果 [26]。2010 年 AHA 的 CPR 指南推荐, 对于 CA, 可以考虑使用血管加压素, 尤其是当肾上腺素不可用或无效时 [21]。在 2020 年 AHA 的 CPR 指南中血管加压素的使用受到了更多的限制。该指南指出, 单独使用血管加压素或与肾上腺素结合使用没有显示出任何优势, 因此作为肾上腺素的替代方案并未显示出任何优势, 同样, 也不推荐在成人 CA 常规治疗的基础上使用血管加压素和皮质类固醇的联合用药 [7]。

抗心律失常药: 2018 年 AHA 重点更新了在 CA 期间及之后立即使用抗心律失常药物的高级心血管生命支持指南, 推荐在电除颤无效的心室颤动/无脉性室速中考虑使用胺碘酮或利多卡因, 不建议在心搏骤停的治疗中常规使用钙剂、镁剂, 尖端扭转型室速 (如与长 QT 间期相关的多形性 VT) 可考虑使用镁剂 [27]。指南强调 CPR 和除颤

是提高 VF/pVT 患者生存率的唯一手段。目前, 尚未证明抗心律失常药物可以改善长期生存率或良好神经功能生存率, 目前的治疗建议主要基于短期结果。

3 CPR 领域的技术革新

3.1 即时超声在心肺脑复苏中的应用

在大多数急诊病房和重症监护室, 超声是标准设备, 超声技能正变得越来越普遍。越来越多的证据从大型临床研究中获得, 表明在 CA 期间应用床旁超声具有额外的诊断和预后价值 [28]。2015 年 AHA CPR 指南推荐: 在 CA 时, 施救者可采取特定的策略将超声引入到高级心血管生命支持流程中, 用来帮助评判 CPR 的实施、策略和时限 [29]。后续的研究表明, 在 CPR 期间进行超声检查虽有助于发现 CA 的病因, 如肺栓塞、心脏压塞、低血容量和气胸, 从而进行针对病因的治疗, 但是超声检查可能增加 CPR 期间中断和无血流时间 [30], 从而影响 CPR 的效率 [31], 这可能会造成患者的生存率的降低 [32]。另外, 由于机械通气和心脏按压等因素会导致超声图像质量不佳, 可能会对患者的诊断造成误导。基于这些研究, 2022 年 ILCOR 关于 CPR 与心血管急救治疗建议国际共识指出: 成人 CPR 建议不要在 CPR 术中常规使用即时超声诊断 (point-of-care ultrasound, POCUS) 诊断 CA 的可逆原因, 在 CPR 期间, 任何诊断 POCUS 都应该仔细考虑, 并权衡中断胸部按压和误解超声检查结果的风险 [4]。另有一些研究指出, 经食道超声心动图 (transesophageal echocardiography, TEE) 可在 CPR 期间连续显示心脏活动图像, 而不会干扰胸部按压或其他复苏措施, 可以更加准确可靠的确定 CA 的病因 [33]。POCUS 在 CPR 期间是可行的, 但在 ACLS 中的作用需要进一步研究, 超声是否能预测或者改善 CA 患者的预后仍需进一步研究证实。

3.2 ECPR 的实践与挑战

ECPR 是一种新兴的救治技术, 适用于传统心肺复苏 (conventional cardiopulmonary resuscitation, CCPR) 无法恢复持续自主循环的 CA 患者。通过使用体外膜肺氧合技术 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO), ECPR 能够提供更高的心输出量和效的气体交换, 以保持重要器官的灌注 [34]。2015 年 AHA 心肺复苏和心血管急救指南更新意见

将 ECPR 纳入 ACLS, 对 ECPR 提出了弱推荐, 将其作为 CCPR 失败的具有潜在可逆性 CA 病因的特定患者的抢救策略^[35]。2021 年 ERC 心肺复苏指南建议在可以实施 ECPR 的环境中考虑将 ECPR 作为特定患者的救援疗法^[36]。2021 年体外生命支持组织 (extracorporeal life support organization, ELSO) 关于成人 ECPR 的临时指南指出, 目前仍缺乏可靠的数据来确定那些可能获益于 ECPR 的患者, 推荐实施对象为最有可能存活并获得良好神经功能预后的患者——例如有目击者和快速启动高质量心肺复苏术, 还包括存在可逆病因 (如急性冠状动脉闭塞) 的 CA 患者。2023 年中国发布成人体外心肺复苏专家共识指出: 根据 CA 患者情况, ECPR 可联合 TTM、冠状动脉介入治疗等实施集束化治疗, 以期改善患者预后^[13]。

ECPR 相较 CCPR 可能带来益处, 但需权衡其可能的负面结果 (如严重神经/功能障碍) 和资源需求, 它可能增加无康复机会的患者数量, 并应视为 CPR 的延伸, 以在无法获得有意义结果时撤出 ECMO, 避免资源浪费^[37]。ECPR 应作为 CCPR 的补充而非替代, 高质量、不间断的 CPR 对 OHCA 患者预后仍关键。

4 心肺脑复苏的综合管理

4.1 心肺脑复苏中的质量控制

在 CPR 过程中, 按压质量被认为是决定患者生存率和预后质量的重要因素。高质量胸外按压是患者存活的必要条件, 包括尽可能减少按压中断、足够的按压深度和按压频率, 心肺复苏中可以监测物理指标、个体化生理指标作为质量控制目标^[38]。检测手段的选择和应用包括:

呼气末二氧化碳 (end-tidal carbon dioxide, ETCO₂) 监测: ETCO₂ 监测被认为是评估胸外按压效果的重要指标。通过持续监测 ETCO₂ 的水平, 医护人员可以及时了解患者的循环状态, 并据此调整 CPR 的技术和频率。2020 AHA 心肺复苏指南更新要点指出: 在可行的情况下使用动脉血压或 ETCO₂ 等生理参数来监测和优化 CPR 质量可能是合理的做法。该监测取决于存在气管插管或动脉置管的相应情况。调整按压目标使 ETCO₂ 值至少为 10 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 理想情况下为 20 mmHg 或更高, 作为 CPR 质量标记可能很有用, 理想目标尚未确定^[39]。

按压反馈装置: 实时按压反馈装置可以提供有关按压深度和频率的实时反馈, 帮助执行者确保按压质量。这些装置通过视觉和听觉反馈, 帮助医护人员做出及时的调整, 以优化 CPR 的效果^[40]。一个针对院内 CA 患者的研究试图确定实时按压反馈是否可以改善患者预后, 该研究在八家学术医院的混合医学-外科重症监护病房 (ICUs) 中进行, 结果表明使用加压反馈装置可改善事件生存率、ICU 生存率和出院率^[41]。但 ILCOR 认为这些研究的证据确定性很低。ILCOR 进一步建议, 反馈装置应仅在全系统性能的情况下使用, 并与任务汇报相结合, 以推动 EMS 系统的持续改进, 而不是用于个体患者治疗^[42]。尽管目前的证据不足以支持 CPR 反馈装置能够改善患者的预后, 但它们在提高 CPR 质量, 特别是在训练和系统性能改善方面仍然具有价值。在某些情境下, 例如在转运过程中, 这些装置可能会被认为是有用的工具。

4.2 脑功能康复与 TTM

亚低温技术 (therapeutic hypothermia, TH) 在 CA 导致的脑损伤等缺血性神经损伤后的治疗中发挥了重要作用。该技术的主要原理是通过降低体温以延缓细胞死亡和抑制炎症, 从而保护脑组织^[43]。亚低温能够恢复脑血管的稳态, 减轻脑损伤后的破坏性过程。它能够阻止神经元炎症, 保持血脑屏障 (blood-brain barrier, bbb) 的正常功能^[44]。TTM 是 CRP 后的重要干预措施, 主要目的是保护神经功能并改善患者的预后。在 2020 年和 2021 年, AHA、ERC 的指南均提倡, 在复苏后恢复了自主循环但未恢复意识的成年患者中, 应将体温维持在 32~36℃ 范围内。然而, 后续的研究表明, 在恢复自主循环 (ROSC) 后接受低温治疗 (目标体温 33℃) 的患者与早期控制发热 (体温 ≥ 37.8℃) 至正常体温的患者相比, 两组在 6 个月生存率上的差异并不具有统计学意义。另外, 有研究显示将目标体温设定为 31℃ 与 34℃, 在院外心脏骤停 (out-of-hospital cardiac arrest, OHCA) 患者复苏后的 180 d 病死率及神经功能预后不良率方面并没有降低。到 2022 年 3 月, ILCOR 的 ACLS 工作组更新了 TTM 的建议, 主张持续监测 CA 后昏迷患者的核心体温, 并积极预防发热 (定义为体温 >37.7℃) 至少 72 h。随着 TTM 指南的更新, TTM 的执行方案也将不断变化。

心肺复苏后的脑损伤程度因个体差异而异, 一

- cardiac arrest or life-threatening toxicity due to poisoning: an update to the American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2023, 148(16): e149-e184. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001161.
- [9] 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.
- [10] 王立祥, 孟庆义, 余涛. 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.
- [11] 李震中, 冯立群, 马青变, 等. 《2020 中国心脏骤停后脑保护专家共识》解读三: 药物治疗 [J]. *中华脑血管病杂志(电子版)*, 2021, 15(6): 356-360. DOI: 10.11817/j.issn.1673-9248.2021.06.001.
- [12] 中华医学会急诊医学分会复苏学组, 成人体外心肺复苏专家共识组. 成人体外心肺复苏专家共识 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2018, 27(1): 22-29. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2018.01.006.
- [13] 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.
- [14] Holmén J, Hollenberg J, Claesson A, et al. Survival in ventricular fibrillation with emphasis on the number of defibrillations in relation to other factors at resuscitation[J]. *Resuscitation*, 2017, 113: 33-38. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2017.01.006.
- [15] Delorenzo A, Nehme Z, Yates J, et al. Double sequential external defibrillation for refractory ventricular fibrillation out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis[J]. *Resuscitation*, 2019, 135: 124-129. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.10.025.
- [16] Cheskes S, Verbeek PR, Drennan IR, et al. Defibrillation strategies for refractory ventricular fibrillation[J]. *N Engl J Med*, 2022, 387(21): 1947-1956. DOI: 10.1056/NEJMoa2207304.
- [17] Cheskes S, McLeod S, Scales DC. Double sequential external defibrillation for refractory ventricular fibrillation[J]. *Intensive Care Med*, 2023, 49(4): 455-457. DOI: 10.1007/s00134-023-06993-1.
- [18] Perkins GD, Graesner JT, Semeraro F, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Executive summary[J]. *Resuscitation*, 2021, 161: 1-60. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.003.
- [19] Perkins GD, Couper K. Improving vasopressor use in cardiac arrest[J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 81. DOI: 10.1186/s13054-023-04301-3.
- [20] 汪宇鹏, 刘艳艳. 中国骨髓腔内输液通路临床应用专家共识 [J]. *中国急救医学*, 2019, 39(7): 620-624. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2019.07.002.
- [21] Neumar RW, Otto CW, Link MS, et al. Part 8: adult advanced cardiovascular life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care[J]. *Circulation*, 2010, 122(18 Suppl 3): S729-S767. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.970988.
- [22] Granfeldt A, Avis SR, Lind PC, et al. Intravenous vs. intraosseous administration of drugs during cardiac arrest: a systematic review[J]. *Resuscitation*, 2020, 149: 150-157. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2020.02.025.
- [23] Nolan JP, Deakin CD, Ji C, et al. Intraosseous versus intravenous administration of adrenaline in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a secondary analysis of the PARAMEDIC2 placebo-controlled trial[J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(5): 954-962. DOI: 10.1007/s00134-019-05920-7.
- [24] 2005 American heart association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2005, 112(24 Suppl): IV 1- IV 203. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.166550.
- [25] Perkins GD, Ji C, Deakin CD, et al. A randomized trial of epinephrine in out-of-hospital cardiac arrest[J]. *N Engl J Med*, 2018, 379(8): 711-721. DOI: 10.1056/NEJMoa1806842.
- [26] Mentzelopoulos SD, Zakyntinos SG, Siempos I, et al. Vasopressin for cardiac arrest: meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Resuscitation*, 2012, 83(1): 32-39. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2011.07.015.
- [27] Panchal AR, Berg KM, Kudenchuk PJ, et al. 2018 American heart association focused update on advanced cardiovascular life support use of antiarrhythmic drugs during and immediately after cardiac arrest: an update to the American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2018, 138(23): e740-e749. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000613.
- [28] Hernandez C, Shuler K, Hannan H, et al. C.A.U.S.E.: cardiac arrest ultra-sound exam—a better approach to managing patients in primary non-arrhythmogenic cardiac arrest[J]. *Resuscitation*, 2008, 76(2): 198-206. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2007.06.033.
- [29] Link MS, Berkow LC, Kudenchuk PJ, et al. Part 7: adult advanced cardiovascular life support: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2015, 132(18 Suppl 2): S444-S464. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000261.
- [30] Clattenburg EJ, Wroe P, Brown S, et al. Point-of-care ultrasound use in patients with cardiac arrest is associated prolonged cardiopulmonary resuscitation pauses: a prospective cohort study[J]. *Resuscitation*, 2018, 122: 65-68. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2017.11.056.
- [31] Huis In 't Veld MA, Allison MG, Bostick DS, et al. Ultrasound use during cardiopulmonary resuscitation is associated with delays in chest compressions[J]. *Resuscitation*, 2017, 119: 95-98. DOI:

- 10.1016/j.resuscitation.2017.07.021.
- [32] Chou EH, Wang CH, Monfort R, et al. Association of ultrasound-related interruption during cardiopulmonary resuscitation with adult cardiac arrest outcomes: a video-reviewed retrospective study[J]. *Resuscitation*, 2020, 149: 74-80. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2020.02.004.
- [33] Teran F, Prats MI, Nelson BP, et al. Focused transesophageal echocardiography during cardiac arrest resuscitation: JACC review topic of the week[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 76(6): 745-754. DOI: 10.1016/j.jacc.2020.05.074.
- [34] Abrams D, MacLaren G, Lorusso R, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adults: evidence and implications[J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(1): 1-15. DOI: 10.1007/s00134-021-06514-y.
- [35] Brooks SC, Anderson ML, Bruder E, et al. Part 6: alternative techniques and ancillary devices for cardiopulmonary resuscitation: 2015 American heart association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2015, 132(18 Suppl 2): S436-S443. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000260.
- [36] 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.
- [37] Downing J, Al Falasi R, Cardona S, et al. How effective is extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) for out-of-hospital cardiac arrest? A systematic review and meta-analysis[J]. *Am J Emerg Med*, 2022, 51: 127-138. DOI: 10.1016/j.ajem.2021.08.072.
- [38] 王亚, 孙峰, 付阳阳. 成人院内心肺复苏质量控制临床实践专家共识[J]. *中国急救医学*, 2018, 38(8): 649-653. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2018.08.001.
- [39] Nolan JP, Maconochie I, Soar J, et al. Executive summary 2020 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations[J]. *Resuscitation*, 2020, 156: A1-A22. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2020.09.009.
- [40] Dine CJ, Gersh RE, Leary M, et al. Improving cardiopulmonary resuscitation quality and resuscitation training by combining audiovisual feedback and debriefing[J]. *Crit Care Med*, 2008, 36(10): 2817-2822. DOI: 10.1097/CCM.0b013e318186fe37.
- [41] Goharani R, Vahedian-Azimi A, Farzanegan B, et al. Real-time compression feedback for patients with in-hospital cardiac arrest: a multi-center randomized controlled clinical trial[J]. *J Intensive Care*, 2019, 7: 5. DOI: 10.1186/s40560-019-0357-5.
- [42] Olasveengen TM, Ristagno G, Smyth MA. Resuscitation guideline highlights[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2022, 28(3): 284-289. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000933.
- [43] Wang QH, Miao P, Modi HR, et al. Therapeutic hypothermia promotes cerebral blood flow recovery and brain homeostasis after resuscitation from cardiac arrest in a rat model[J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2019, 39(10): 1961-1973. DOI: 10.1177/0271678X18773702.
- [44] Usmanov ES, Chubarova MA, Saidov SK. Emerging trends in the use of therapeutic hypothermia as a method for neuroprotection in brain damage (review)[J]. *Sovrem Tekhnologii Med*, 2021, 12(5): 94-104. DOI: 10.17691/stm2020.12.5.11.
- [45] 中华医学会急诊医学分会, 中国医药教育协会急诊专业委员会. 中国心脏骤停中心建设专家共识[J]. *中华急诊医学杂志*, 2023, 32(10): 1296-1303. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.10.003.

(收稿日期: 2023-10-23)

(本文编辑: 张斯龙)