

# 心脏骤停救治现状及 2023 年研究热点

兰超 张强 雷如意 吕青 李仁杰

郑州大学第一附属医院急诊医学科, 郑州 450052

通信作者: 兰超, Email: lanchao29@163.com

基金项目: 河南省医学科技攻关计划省部共建重点项目 (SBGJ202102155); 国家重点研发计划 (2021YFC2501800)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2024.01.002

心脏骤停致残致死率高, 是目前世界范围内重大公共卫生问题之一。近年来, 随着我国急救医疗体系的不断发展及完善, 心脏骤停患者的复苏成功率较前提高, 但复苏后存活率及达到良好神经功能预后比例未见明显改善, 远低于欧美发达国家。2023 年我国发布了《中国心脏骤停中心建设专家共识》<sup>[1]</sup>, 其内容涵盖心脏骤停的院前急救、院内管理、康复随访、科学研究及数据库建设等范围, 为我国心脏骤停的规范化救治及科学性发展指明方向。目前, 心脏骤停救治中仍有许多悬而未决的问题, 每年都有大量的研究围绕这些问题展开, 其中不乏新方法及新理念提出。本文主要对过去一年来临床及基础研究中心心脏骤停的救治现状及部分热点进行了总结。

## 1 临床研究部分

### 1.1 我国心脏骤停的流行病学及救治现状

《中国心脏骤停与心肺复苏报告: 2022 年版》<sup>[2]</sup>总结了近年来我国心脏骤停的流行病学特征及救治现状, 为今后心脏骤停领域开展高效的防治工作和科技创新提供数据和证据支撑。报道指出, 我国经紧急医疗服务接诊的院外心脏骤停发病率为 97.1/10 万, 发病比例较前升高, 患者存活出院 / 30 d 存活率为 1.2%, 神经功能预后良好率为 0.8%, 近十年改善不明显。心源性疾病 (占 76.1%) 仍是导致心脏骤停主要原因。成人院内心脏骤停的发病率为 8.4%, 存活出院 / 30 d 存活率及神经功能预后良好率分别为 9.4% 及 6.7%。旁观者心肺复苏比例低、院前急救系统响应时间较长、院前急救质量的层次不齐是造成此现象的主要原因。鉴于心脏骤停起病急、救治时间窗窄, 其救治依靠社会公众及医护人员的共同参与, 深入开展公共心脏骤停知识普

及、增加自动体外除颤仪投放、加强急救技能培训及完善的质量控制体系是未来需要关注的范围。心脏骤停的发生与年龄、性别、生活条件及社会环境等相关, 美国一项 16 年的回顾性研究显示, 院外心脏骤停患者中室颤或室性心动过速所占比例逐年下降, 不可除颤性心律的比例增加<sup>[3]</sup>。除青少年时期外, 随着年龄的增长, 男性与女性的院外心脏骤停风险比仍相对稳定<sup>[4]</sup>。在过去的几十年里, 随着我国社会经济水平、人口结构、人民生活方式、疾病谱等都有了明显的变化, 我国心脏骤停流行病学特征是否也随之改变还有待探索。

### 1.2 生理学监测指导心肺复苏

高质量的心外按压是提高患者生存率的关键。目前指南中统一标准的心肺复苏术 (cardiopulmonary resuscitation, CPR) 忽视了个体中胸廓大小和顺应性差异对复苏结局造成的影响。有研究指出胸廓的大小与心脏骤停患者的救治结局相关, 表明一刀切的心外按压并非适合所有的患者<sup>[5]</sup>。通过监测心脏骤停期间生理学参数来指导复苏的概念较早已经提出, 如复苏期间的冠状动脉灌注压、平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP) 可以准确评估按压的质量。但这些监测均需侵入性操作, 临床实际应用受限。理想的监测指标应该具备操作简便、连续性及无创性。目前常用的呼气末二氧化碳及近红外光谱脑氧监测在一定程度上可反映按压期间的心输出量和脑灌注量, 但容易受到多种混杂因素的影响, 如呼气末二氧化碳值与心脏骤停的原因及碳酸氢钠等药物的使用相关, 而脑氧监测容易受到脑外循环的干扰<sup>[6]</sup>。2023 年研究报道了两种新的评估复苏质量的方法: 振幅谱面积 (amplitude spectrum area, AMSA) 法及超声评估股动脉收缩期峰值速度法 (peak systolic velocity, PSV)。心电图

AMSA 可以预测患者的除颤成功率。Ruggeri 等<sup>[7]</sup>的研究首次探讨了连续性实时监测 AMSA 在复苏中的应用,发现 AMSA 的初始值与心脏骤停的时间及有无旁观者实施 CPR 有关,可以反映心肌的灌注水平。AMSA 值也与按压的深度和频率等相关,复苏期间实时 AMSA 分析不仅可以为除颤提供指导,还可监测 CPR 的质量<sup>[8]</sup>。股动脉 PSV 比呼气末二氧化碳更能准确反应复苏期间的收缩压,对按压质量做出较好的评估<sup>[9]</sup>。将这些新旧指标联合起来指导复苏可避免单一指标的不足,提高评估效果的准确性。

### 1.3 基于病因的精确心肺复苏

心脏骤停的病因与脑损伤程度及临床结局相关。大部分心脏骤停的病因可分为心源性和窒息性两种。尽管院外心脏骤停患者以心源性为主,但近年来窒息性心脏骤停的比例逐年上升<sup>[10]</sup>。心源性心脏骤停与窒息性心脏骤停的病理生理学机制不同。心源性心脏骤停发病快,发生后机体仍具有一定的氧气储备。而窒息诱导心脏骤停所需的时间长,复苏期间脑组织氧合的含量低,更容易导致血流动力学不稳及炎症失衡<sup>[11]</sup>。观察性研究表明,对心源性心脏骤停患者只需进行单纯按压的即可提高生存率,而在窒息性心脏骤停中,首先恢复通气则更为重要。目前指南及临床试验在很大程度上忽略了病因差异带来的影响,近年来有学者提出根据不同的病因来实施心肺复苏,然而在现实中,这样的救治策略实施起来较为困难。首先,依靠公众或非专业急救人员对心脏骤停的病因做出判断的方法并不可取,甚至延误抢救时机。另外,胸外按压提供的潮气量极少,不能满足机体氧气需要,即使是心源性心脏骤停患者,其体内储存的氧气也仅能维持 4 min 左右,远低于急诊医疗团队到达的时间,此时通气及按压缺一不可<sup>[12]</sup>。近期一项多中心临床实验表明规范的通气在院外心脏骤停患者的救治中具有重要的作用,该研究分析了在接受 30 : 2 的标准 CPR 患者中通气不足与通气合理对患者预后的影响,结果显示在使用球囊面罩通气(AMBU)的情况下,合理按压可以保证更好的通气供给,患者自主循环恢复率及神经功能预后良好率更高<sup>[13]</sup>。

### 1.4 体外心肺复苏(extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR)技术的现状及发展

ECPR 是对难以复苏的心脏骤停患者提供循环和呼吸支持,为解决潜在的可逆性疾病赢得时

间。近年来 ECPR 的使用率逐年增多,也有研究提出构建区域性 ECPR 救治中心的理念,建议将难治性心脏骤停患者转运到区域 ECPR 中心进行救治<sup>[14]</sup>。与常规心肺复苏相比,ECPR 降低了院内心脏骤停患者的死亡率,改善长期神经系统结局<sup>[15]</sup>,但支持 ECPR 改善生存率及神经系统结局的证据等级仍然不够高,纳入研究的样本量少、非随机对照实验是现有研究中存在的主要问题。ECPR 的受益人群以及启动 ECPR 的合理时机尚不清楚。在接受 ECPR 的患者中,年龄与生存率及神经预后独立相关,年龄每增加 10 岁生存率降低约 30%,尤其 65 岁以后的生存率更为降低<sup>[16-17]</sup>。鉴于心脏骤停的原因、心脏骤停的时间、性别等均影响 ECPR 的预后,在决定实施 ECPR 时应将这些指标均纳入考虑的范围<sup>[18]</sup>。在启动 ECPR 的时机方面,院外心脏骤停发生后早期转运到院内实施 ECPR 并没有明显改善患者的生存率及神经功能结局,提示过早启动 ECPR 的可能获益度小<sup>[19]</sup>。而心肺复苏后 15 min 可能是启动院前 ECPR 的最佳时间点,此时患者能恢复自主循环的可能性小,同时也避免了灌注持续的时间<sup>[20]</sup>。目前 ECPR 多在院内进行,院前 ECPR 的实施受到诸多条件的限制,如场地、穿刺困难、转运障碍等,院前实施 ECPR 的模式也需要更进一步的探讨。基于目前研究的局限性,未来研究应该集中于明确 ECPR 中受益的群体、优化 ECPR 的启动时间。

### 1.5 复苏后靶向氧合及血压管理

限制性氧疗在理论上具有益处,可以避免过度氧自由基的产生对组织造成损伤,复苏后最佳的氧合目标仍不明确<sup>[21]</sup>。近期研究表明,入住 ICU 时氧合水平与患者预后相关,低氧血症( $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$ ,  $1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$ )及高氧血症( $\text{PaO}_2 > 180 \text{ mmHg}$ )都会对患者的预后造成不利影响,因此院前阶段氧合的管理尤为重要<sup>[22]</sup>。在院外心脏骤停患者中,由于院前缺乏检测动脉血气的条件,仍需要通过血氧饱和度监测来指导给氧<sup>[23]</sup>。目前研究显示将血氧饱和度维持在 94%~98% 可能是理想的目标,而将外周血氧饱和度维持在 90%~94% 增加患者的缺氧风险<sup>[24]</sup>。在 ICU 管理中,低  $\text{PaO}_2$  目标组(74 mmHg)与高  $\text{PaO}_2$  目标组(95 mmHg)之间患者的生存率与健康生活质量的差异无统计学意义,考虑到该研究中纳入的病例从复苏成功到 ICU 分组的时间较长,因此该结论是否适用于复苏后早

期阶段仍不明确<sup>[25]</sup>。

心脏骤停后低血压也被证实与不良的结局相关。目前指南建议将 MAP 控制 65 mmHg 以上,但更高的 MAP 是否有益尚不明确。近期的 2 项随机临床研究发现低 MAP 组 (63 mmHg) 与高 MAP (77 mmHg) 组之间脑能量代谢指标、生存率和神经功能结局差异无统计学意义,这提示心脏骤停后脑血管的自动调节仍然存在,较低范围内 MAP 的调整并不会对脑灌注造成影响<sup>[26-27]</sup>。心脏骤停后患者最低的 MAP 与病死率呈 U 型关系,最低 MAP 在 60~63 mmHg 之间患者相关病死率低,追求更高水平的 MAP 可能缺乏益处<sup>[28]</sup>。此外,心脏骤停后患者脑血管自身调节 (cerebrovascular autoregulation, CAR) 存在个体差异,约 36% 的患者会出现阶段性 CAR 能力丧失, CAR 缺失持续时间的长短与预后相关<sup>[29]</sup>。因此,在目前的证据下,使用更高的 MAP 目标治疗是否有益尚不清楚,根据 CAR 确定最佳平均动脉压进而实施个体化血压管理可能是今后研究的方向。

### 1.6 心脏骤停后综合征的免疫治疗进展

免疫过度激活是心脏骤停后综合征的重要特征,与患者的生存率和神经功能结局密切相关。靶向调控炎症因子被认为是治疗心脏骤停后综合征的靶点<sup>[30]</sup>。近期临床研究中表明,白介素 (interleukin, IL) -6 受体拮抗剂托珠单抗可减轻复苏后全身炎症反应及心肌损伤,在心源性心脏骤停患者中具有潜在治疗价值<sup>[31]</sup>。院前静脉单次注射 250 mg 甲泼尼龙也可降低复苏后外周血中 IL-6 水平,提高存活率<sup>[32]</sup>。免疫因子吸附技术也被证明具有一定的安全性及可行性,通过吸附可以降低血浆中 IL-6 等炎症因子的水平,降低的幅度与复苏后早期炎症程度呈正相关<sup>[33]</sup>。然而,免疫系统在复苏后的作用机制相当复杂,即使能有效抑制复苏后的炎症反应,临床研究中也尚未发现免疫治疗可减轻复苏后神经功能损伤<sup>[31-32]</sup>。复苏后严重的炎症反应通常伴有免疫功能的失活及免疫抑制<sup>[30]</sup>,一味地抑制炎症反应并不是适合所有的患者,应考虑根据患者心脏骤停的原因、初始炎症因子的水平等因素实施精准的免疫治疗。

### 1.7 人工智能在心肺复苏中的应用

现阶段人工智能技术与生物医疗的交叉融合及医疗器械的研发转化处于活跃期。人工智能设备不仅能对心脏骤停的发生进行风险预测,还可指

导 CPR 的实施,预测临床结局,在临床决策与医疗资源配置中发挥重要角色<sup>[34]</sup>。在公共场合安装具有人工智能视频处理算法的摄像头,可以通过自主监测系统识别院外心脏骤停的患者并启动急救医疗服务,缩短急救的时间<sup>[35]</sup>。依靠人工智能开发的预后模型也可以根据临床信息及影像学资料预测患者的病死率及神经功能结局,指导临床决策<sup>[36]</sup>。一些新型的实时视频、语音反馈装置以及全景摄像机等设备可实现对按压全过程的监控与指导,也是今后人工智能发展的方向。

## 2 基础研究部分

### 2.1 心脏骤停后脑损伤的干细胞治疗

干细胞具有自我更新和分化为功能性神经细胞的潜力,已被证明在心脏骤停后脑损伤中具有治疗潜力。干细胞的治疗效果不仅限于它们替代受损或死亡细胞和组织的能力,也可分泌大量活性因子和营养因子促进神经恢复<sup>[37]</sup>。经鼻干细胞给药可以避免血脑屏障的影响,是比较理想的给药途径。Wang 等<sup>[38]</sup>首次探讨了经鼻神经干细胞给药对心脏骤停后脑损伤的作用,复苏后早期经鼻干细胞给药可以减轻小胶质细胞介导的炎症反应,改善神经功能,有望成为今后临床中治疗脑损伤的新方法。

### 2.2 高渗乳酸钠减轻心脏骤停后脑心损伤

高渗乳酸钠被证明在多种疾病中具有保护作用,相比于生理盐水,使用高渗乳酸钠可以避免大量补液后出现的高氯血症性酸中毒,在为细胞提供能量的同时,也可通过渗透压的作用减轻细胞水肿。在创伤性颅脑损伤中,高渗乳酸钠可以较高渗盐水更好地降低颅内压、改善脑代谢<sup>[39]</sup>。在家兔心脏骤停模型中,应用高渗乳酸钠降低了血清中脑损伤标志物的水平,改善大脑线粒体功能及脑损伤,减轻心功能障碍<sup>[40]</sup>。在猪的心脏骤停模型中,高渗乳酸钠输入提高了动物体内的 pH 值,减轻酸中毒。尽管未发现高渗乳酸改善了猪模型中颅内压、脑灌注压的差异,但在脑电图中观察到高渗乳酸对脑电活动的影响,并降低了星形胶质细胞活化标志物胶质纤维酸性蛋白的产生。在心功能方面,高渗乳酸钠减少了复苏后的血管活性药物的应用,降低了肌钙蛋白水平<sup>[41]</sup>。

## 3 结语

近年来心脏骤停救治领域的研究取得了快速

的发展,但目前尚缺乏心脏骤停发生后有效的治疗措施。救治过程中一些关键的措施如复苏后最佳血压及氧合、ECPR 的最佳受益人群及启动时间等仍需要更进一步的研究来确定最佳临床标准。基础研究中新的救治理念及方法也需要进行临床的验证及转化。随着研究的不断深入,更加精准化、个体化的复苏后管理策略是未来的发展方向。也期待在我国心脏骤停中心的推广下,心脏骤停的规范化救治及科学性研究迎来新的发展,整体救治水平再上新的台阶。

**利益冲突** 所有作者声明无利益冲突

#### 参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 陈玉国,徐峰. 中国心脏骤停与心肺复苏报告:2022年版[M]. 北京:人民卫生出版社,2023.
- [3] Holmstrom L, Chugh H, Uy-Evanado A, et al. Temporal trends in incidence and survival from sudden cardiac arrest manifesting with shockable and nonshockable rhythms: a 16-year prospective study in a large US community[J]. *Ann Emerg Med*, 2023, 82(4): 463-471. DOI: 10.1016/j.annemergmed.2023.04.001.
- [4] Lavignasse D, Sideris G, Jost D, et al. Incidence of out-of-hospital cardiac arrest according to age and sex: a surprising stability[J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2023, 30(16): e66-e68. DOI: 10.1093/eurjpc/zwad076.
- [5] Pei-Chuan Huang E, Fu CM, Chang WT, et al. Associations of thoracic cage size and configuration with outcomes of adult in-hospital cardiac arrest: a retrospective cohort study[J]. *J Formos Med Assoc*, 2021, 120(1 pt 2): 371-379. DOI: 10.1016/j.jfma.2020.06.002.
- [6] Chalkias A, Arnaoutoglou E, Xanthos T. Personalized physiology-guided resuscitation in highly monitored patients with cardiac arrest—the PERSEUS resuscitation protocol[J]. *Heart Fail Rev*, 2019, 24(4): 473-480. DOI: 10.1007/s10741-019-09772-7.
- [7] Ruggeri L, Fumagalli F, Bernasconi F, et al. Amplitude Spectrum Area of ventricular fibrillation to guide defibrillation: a small open-label, pseudo-randomized controlled multicenter trial[J]. *EBioMedicine*, 2023, 90: 104544. DOI: 10.1016/j.ebiom.2023.104544.
- [8] Ruggeri L, Fumagalli F, Merigo G, et al. Amplitude spectrum area measured in real-time during cardiopulmonary resuscitation - How does this technology work?[J]. *Resuscitation*, 2023, 191: 109941. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.109941.
- [9] Haddad G, Margius D, Cohen AL, et al. Doppler ultrasound peak systolic velocity versus end tidal carbon dioxide during pulse checks in cardiac arrest[J]. *Resuscitation*, 2023, 183: 109695. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.109695.
- [10] Wittwer MR, Zeitz C, Beltrame JF, et al. Aetiology of resuscitated out-of-hospital cardiac arrest treated at hospital[J]. *Resuscitation*, 2022, 170: 178-183. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.11.035.
- [11] Koyama Y, Ouchi A, Shimojo N, et al. Differences in cerebral oxygenation in cardiogenic and respiratory cardiac arrest before, during, and after cardiopulmonary resuscitation[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(8): 2923. DOI: 10.3390/jcm12082923.
- [12] Dezfulian C, Lavonas EJ. Precision cardiac arrest resuscitation based on etiology[J]. *Crit Care Clin*, 2020, 36(4): 737-752. DOI: 10.1016/j.ccc.2020.07.005.
- [13] Idris AH, Aramendi Ecenarro E, Leroux B, et al. Bag-valve-mask ventilation and survival from out-of-hospital cardiac arrest: a multicenter study[J]. *Circulation*, 2023, 148(23): 1847-1856. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.123.065561.
- [14] Bosson N, Kazan C, Sanko S, et al. Implementation of a regional extracorporeal membrane oxygenation program for refractory ventricular fibrillation out-of-hospital cardiac arrest[J]. *Resuscitation*, 2023, 187: 109711. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.109711.
- [15] Pollack BE, Kirsch R, Chapman R, et al. Extracorporeal membrane oxygenation then and now; broadening indications and availability[J]. *Crit Care Clin*, 2023, 39(2): 255-275. DOI: 10.1016/j.ccc.2022.09.003.
- [16] Chahine J, Kosmopoulos M, Raveendran G, et al. Impact of age on survival for patients receiving ECPR for refractory out-of-hospital VT/VF cardiac arrest[J]. *Resuscitation*, 2023, 193: 109998. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.109998.
- [17] George N, Stephens K, Ball E, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for cardiac arrest: does age matter?[J]. *Crit Care Med*, 2024, 52(1): 20-30. DOI: 10.1097/CCM.0000000000006039.
- [18] Tran A, Rochweg B, Fan E, et al. Prognostic factors associated with favourable functional outcome among adult patients requiring extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis[J]. *Resuscitation*, 2023, 193: 110004. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.110004.
- [19] Belohlavek J, Smalcova J, Rob D, et al. Effect of intra-arrest transport, extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, and immediate invasive assessment and treatment on functional neurologic outcome in refractory out-of-hospital cardiac arrest: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2022, 327(8): 737-747. DOI: 10.1001/jama.2022.1025.
- [20] Vos IA, Deuring E, Kwant M, et al. What is the potential benefit of pre-hospital extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with an out-of-hospital cardiac arrest? A predictive

- modelling study[J]. Resuscitation, 2023, 189: 109825. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.109825.
- [21] Young PJ, Bailey M, Bellomo R, et al. Conservative or liberal oxygen therapy in adults after cardiac arrest[J]. Resuscitation, 2020, 157: 15-22. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2020.09.036.
- [22] Awad A, Nordberg P, Jonsson M, et al. Hyperoxemia after reperfusion in cardiac arrest patients: a potential dose-response association with 30-day survival[J]. Crit Care, 2023, 27(1): 86. DOI: 10.1186/s13054-023-04379-9.
- [23] Malinverni S, Wilmin S, Stoll T, et al. Postresuscitation oxygen reserve index-guided oxygen titration in out-of-hospital cardiac arrest survivors: A randomised controlled trial[J]. Resuscitation, 2023. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.110005. [published online ahead of print October 18, 2023].
- [24] Bernard SA, Bray JE, Smith K, et al. Effect of lower vs higher oxygen saturation targets on survival to hospital discharge among patients resuscitated after out-of-hospital cardiac arrest: the EXACT randomized clinical trial[J]. JAMA, 2022, 328(18): 1818-1826. DOI: 10.1001/jama.2022.17701.
- [25] Crescioli E, Lass Klitgaard T, Perner A, et al. Lower versus higher oxygenation targets in hypoxaemic ICU patients after cardiac arrest[J]. Resuscitation, 2023, 188: 109838. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.109838.
- [26] Beske RP, Søndergaard FT, Møller JE, et al. Treatment effects of blood pressure targets and hemodynamics according to initial blood lactate levels in comatose out-of-hospital cardiac arrest patients - A sub study of the BOX trial[J]. Resuscitation, 2023: 110007. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.110007.
- [27] Simon M, Halfeld NT, CarlHenrik N, et al. A randomized, double-blind trial comparing the effect of two blood pressure targets on global brain metabolism after out-of-hospital cardiac arrest[J]. Crit Care Lond Engl, 2023, 27(1): 73. DOI: 10.1186/s13054-023-04376-y.
- [28] McGuigan PJ, Giallongo E, Blackwood B, et al. The effect of blood pressure on mortality following out-of-hospital cardiac arrest: a retrospective cohort study of the United Kingdom Intensive Care National Audit and Research Centre database[J]. Crit Care, 2023, 27(1): 4. DOI: 10.1186/s13054-022-04289-2.
- [29] Tachino J, Nonomiya Y, Taniuchi S, et al. Association between time-dependent changes in cerebrovascular autoregulation after cardiac arrest and outcomes: a prospective cohort study[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2023, 43(11): 1942-1950. DOI: 10.1177/0271678x231185658.
- [30] Cunningham CA, Coppler PJ, Skolnik AB. The immunology of the post-cardiac arrest syndrome[J]. Resuscitation, 2022, 179: 116-123. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2022.08.0132.
- [31] Meyer MAS, Bjerre M, Wiberg S, et al. Modulation of inflammation by treatment with tocilizumab after out-of-hospital cardiac arrest and associations with clinical status, myocardial- and brain injury[J]. Resuscitation, 2023, 184: 109676. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2022.109676.
- [32] Obling LER, Beske RP, Meyer MAS, et al. Prehospital high-dose methylprednisolone in resuscitated out-of-hospital cardiac arrest patients (STEROHCA): a randomized clinical trial[J]. Intensive Care Med, 2023, 49(12): 1467-1478. DOI: 10.1007/s00134-023-07247-w.
- [33] Monard C, Bianchi N, Poli E, et al. Cytokine hemoabsorption with CytoSorb® in post-cardiac arrest syndrome, a pilot randomized controlled trial[J]. Crit Care, 2023, 27(1):36. DOI:10.1186/s13054-023-04323-x.
- [34] Viderman D, Abdildin YG, Batkuldinova K, et al. Artificial Intelligence in Resuscitation: A Scoping Review[J]. J Clin Med, 2023, 12(6): 2254. DOI: 10.3390/jcm12062254.
- [35] Darginavicius L, Vencloviene J, Doboziuskas P, et al. AI-enabled public surveillance cameras for rapid emergency medical service activation in out-of-hospital cardiac arrests[J]. Curr Probl Cardiol, 2023, 48(11): 101915. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2023.101915.
- [36] Liu C, Elmer J, Arefan D, et al. Interpretable machine learning model for imaging-based outcome prediction after cardiac arrest[J]. Resuscitation, 2023, 191: 109894. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.109894.
- [37] Liu X, Jia XF. Stem cell therapy for ischemic brain injury: early intranasal delivery after cardiac arrest[J]. Transl Stroke Res, 2023: 1-3. DOI: 10.1007/s12975-023-01150-8.
- [38] Wang Z, Zhang S, Du J, et al. Neuroprotection of NSC therapy is superior to glibenclamide in cardiac arrest-induced brain injury via neuroinflammation regulation[J]. Transl Stroke Res, 2023, 14(5): 723-739. DOI: 10.1007/s12975-022-01047-y.
- [39] Crespy T, Durost M, Fricault P, et al. Hypertonic sodium lactate to alleviate functional deficits following diffuse traumatic brain injury: an osmotic or a lactate-related effect?[J]. Neurocritical Care, 2021, 34(3): 795-803. DOI: 10.1007/s12028-020-01090-3.
- [40] Stevic N, Argaud L, Loufouat J, et al. Molar sodium lactate attenuates the severity of postcardiac arrest syndrome: a preclinical study[J]. Crit Care Med, 2022, 50(1): e71-e79. DOI: 10.1097/ccm.0000000000005233.
- [41] Annoni F, Su F, Peluso L, et al. Hypertonic sodium lactate infusion reduces vasopressor requirements and biomarkers of brain and cardiac injury after experimental cardiac arrest[J]. Crit Care, 2023, 27(1): 161. DOI: 10.1186/s13054-023-04454-1.

( 收稿日期 : 2023-12-05)

( 本文编辑 : 姜宇婷 )