

以创伤性心脏骤停复苏引导创伤中心能力建设

张茂¹ 王天兵² 白祥军³ 张连阳⁴

¹ 浙江大学医学院附属第二医院急诊医学科, 浙江省严重创伤与烧伤诊治重点实验室, 国家创伤区域医疗中心, 杭州 310009; ² 国家创伤医学中心, 北京大学人民医院创伤外科, 北京 100044; ³ 华中科技大学同济医学院附属同济医院创伤外科, 武汉 430030; ⁴ 创伤、烧伤与复合伤国家重点实验室, 陆军特色医学中心全军战创伤中心, 重庆 400042

通信作者: 张茂, Email: z2jzk@zju.edu.cn

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2022.05.001

众所周知, 创伤已经成为影响人类健康的重大公共卫生问题。预防和减少创伤发生是最优的应对策略, 但在创伤无法消除的情况下, 建设区域创伤分级救治体系是提高创伤救治效果、降低致死率和致残率的有效途径。自 2018 年国家卫生健康委在《进一步改善医疗服务行动计划(2018—2020 年)》中明确提出加强创伤中心建设以来, 先后发布了一系列文件促进创伤中心建设, 全国各地广泛开展了创伤中心的创建与评估活动。创伤中心建设是围绕严重创伤救治全过程的关键需求, 通过整合和优化配置资源, 保证时间窗内核心救治措施得以落实, 最直接的效果就是能够明显减少创伤早期的死亡。

创伤性心脏骤停(traumatic cardiac arrest, TCA)是指创伤后由于大出血、缺氧、张力性气胸、心脏压塞等各种原因导致的心脏骤停^[1], 通常被认为预后极差。尽快提高对 TCA 的认识、预防和复苏水平, 应该成为创伤中心建设的核心内容之一, 是引导创伤中心能力建设的重要切入点。

1 TCA 概述

TCA 约占全部心脏骤停的近 10%。Kim 等^[2]报道韩国 2012—2016 年复苏数据库 142 905 例患者中 TCA 有 8 546 例(占 5.98%)。美国国家创伤数据库 2007—2015 年 1 569 924 例患者资料表明, 到达急诊室时 25 115 例(1.6%)伤员没有生命体征^[3]; 2015 年的一组数据显示 917 865 例伤员中有 8 026 例(0.87%)^[4]。Huber-Wagner 等^[5]分析德国创伤数据库 10 359 例损伤严重程度评分(injury

severity score, ISS) 大于 16 分、且有明确记录是否进行心肺复苏的伤员中, 发现 757 例(7.3%)心脏骤停患者。

TCA 的主要病理生理机制包括:(1) 心脏震荡伤;(2) 创伤导致窒息/缺氧、大出血和休克、张力性气胸、心脏压塞等;(3) 机体不可逆的毁损伤;(4) 内科疾病相关的心脏骤停。其中内科疾病相关的 TCA, 包括内科疾病导致心脏骤停后发生创伤事件、以及轻微创伤诱发内科疾病急性发作导致心脏骤停。这两种情况均非严格意义上的 TCA, 主要按照常规复苏的原则处理, 同时遵循创伤评估与处理的规范。心脏震荡伤是一种特殊类型的 TCA, 为胸壁受到钝性暴力撞击传递至心脏、导致恶性心律失常, 常见于棒球等剧烈运动中的年轻男性^[6]。导致 TCA 的常见因素及构成比分别为低血容量 48%、张力性气胸 13%、缺氧 13%、心脏压塞 10%、肺栓塞 2%、心律失常 1% 及不明原因 12%^[7]。

TCA 存活率的报道差异很大, 但可以看到治疗效果改善的趋势。欧洲复苏委员会报道 TCA 存活率为 5.6%(0%~17%), 其中穿透伤的存活率、神经功能良好率高于钝性伤。一项纳入 53 项研究、37 528 例 TCA 患者的 Meta 分析提示, 超声下可见心脏活动、可除颤的初始心律是存活的预测因素, 而致伤机制与自主循环恢复(return of spontaneous circulation, ROSC) 和存活无关^[8]。另有研究提示, 预后不佳的因素包括年龄大于 65 岁、男性、自杀、头颈部损伤、躯干损伤、ISS 大于 16 分和急诊室开胸, 较好预后相关的因素包括火器和机动车之外

的致伤机制、四肢/脊柱/背部损伤和有医疗保险^[4]。亦有研究认为,年龄大并不一定提示 TCA 的预后不良。日本创伤数据库的一组资料显示,老年人的存活率要高于对照组,这种反常现象考虑与未能有效区分创伤还是基础疾病导致心脏骤停有关^[9]。

2 TCA 需要积极复苏

美国一直对 TCA 的复苏持悲观态度,因而采取“消极”策略。2003 年美国急救医师协会 (NAEMSP) 和美国外科医师学院创伤委员会 (ASCOT) 联合发布针对 TCA 不予复苏/停止复苏的指南,并于 2012 年进行更新且观点未变。Mollberg 等^[10] 报告美国 1 家一级创伤中心 294 例院外 TCA 只有 1 例 (0.3%) 存活,且出院时格拉斯哥昏迷评分只有 6 分,认为救治 TCA 的费用高昂,支持不予/终止复苏的指南。Khalifa 等^[3] 报告美国创伤数据库 24 191 例 TCA 伤员,仅 246 例 (1%) 幸存者,其中 73 例 (0.3%) 最终得以出院;该作者认为创伤中心要复苏 100 名 TCA 才能成功救治 1 例,既消耗大量资源,又令一线医务人员面临 COVID-19 感染的风险。这种观点听起来似乎有点道理,其本质就是资本至上的思维。美国心脏协会在 2015 年心肺复苏指南中关于 TCA 的阐述就是“较 2010 年没有改变”,而 2020 年版则完全不提 TCA。

与美国相比,欧洲和亚洲对 TCA 表现出更积极的态度,而且复苏的效果也令人鼓舞。瑞典复苏数据库 1990—2016 年的资料显示,1 774 例 TCA 的 30 d 存活率从 1.89% 上升到 8.26%,而同期 72 547 例内科疾病导致的心脏骤停则从 4.9% 升到 10.8%^[11]。荷兰直升机急救服务体系 (HEMS) 报告 915 例成人 TCA,现场 ROSC 率为 28.5%,存活至出院 3.9%,其中 47.2% 神经功能良好^[12]。德国创伤数据库的 757 例 TCA 患者,出院存活率达 17.2%,神经功能良好存活率为 9.7%^[5]。韩国报告 8 546 例 TCA,总生存率为 18.4%,神经预后良好 0.8%^[2]。Zwingmann 等^[13] 回顾了 1964—2011 年关于院外 TCA 的文献,发现成年人 TCA 存活率从 2000 年的 7.13% 提高到 2010 年的 8.71%,儿童 2010 年 TCA 存活率为 17.8%。

美国的 TCA 复苏效果差于其他国家,根本原因还是在于对 TCA 处理的指导思想不同。欧洲院前急救体系 (EMS) 强调“就地抢救”的原则,尽快将医师等优质资源送到危重伤员现场进行抢救。

而美国 EMS 主张“拉了就跑”的策略,由助理医师承担院前急救任务,因而无法提供欧洲医师所能完成的创伤高级生命支持 (advanced life support, ALS) 措施。Fukuda 等^[14] 分析日本复苏数据库 4 382 例 TCA 患者,相对于院前急救人员完成的 ALS,院前由医师实施 ALS 患者的 ROSC 率、1 个月存活率、良好神经功能率均更高。在中国,坚持“人民至上、生命至上”的宗旨,全力救治每一位严重创伤患者是医疗卫生系统的神圣职责,也必然要对 TCA 患者进行积极复苏。

3 TCA 复苏的特殊性

首先,TCA 的应对要强调预防的重要性。严格落实好创伤早期评估和处理的规范,尤其在院前和医院急诊室阶段,可以明显减少 TCA 的发生。

其次,要重视优先处理 TCA 的病因,尤其强调能够第一时间识别病因并迅速有效地处理。最近有 4 项研究报告在院前针对 TCA 实施更积极的急救措施,包括胸腔穿刺或切开减压、控制外出血、使用骨盆带/夹板、积极输液/输血等,虽然实施的比例有所升高、开始实施的时间缩短,但并没有明显改善患者的 ROSC 率和最后转归^[15-18]。这可能和两个因素有关:第一,TCA 院前处理的时间窗很窄;Naito 等^[19] 报告日本创伤数据库 4 141 例 TCA 患者的资料,提示随着院前转运时间的延长而预后迅速变差,超过 15 min 后存活率不到 1%。第二,院前急救人员的水平和经验影响 TCA 急救措施的效果^[20];荷兰 HEMS 报告 2011—2019 年有 71 例胸部穿透伤所致的 TCA 患者,行院前开胸治疗,其中后 4 年伤员的 ROSC 率和出院存活率明显提高,该作者将此归因于队员的经验更加丰富^[21]。由此可见,TCA 的复苏要在非常有限的时间窗内高效实施关键措施,才会产生效果。

再次,关于胸外按压在 TCA 中的价值,目前还存在争议。正常血容量时胸外按压可升高血压,而低血容量时没有这种效应。Watts 等^[22] 在失血导致 TCA 的猪模型中发现,与积极的静脉内液体复苏相比,胸外心脏按压增加病死率、导致血流动力学指标恶化。而在一组 582 例战场上接受胸外心脏按压的 TCA 患者中,发现有 75 例 (13%) 存活 30 d,提示胸外心脏按压和静脉补液有助于改善预后^[23]。无论如何,实施胸外按压不应延迟对可逆病因的处理。

最后,关于肾上腺素的使用。Aoki 等^[24] 报告

日本 5 204 例成人院外 TCA 患者,发现院前使用肾上腺素可以促进 ROSC,而与 1 个月存活率无关。在一组 1 030 例的 TCA 患者中,使用肾上腺素后 7 d 存活率较对照组明显降低 (1.1% vs. 5.3%)^[25]。因此, TCA 复苏中肾上腺素的价值有限,还是强调优先处理病因。

4 以 TCA 复苏引导创伤中心能力建设

TCA 是创伤死亡必然经历的阶段,尽最大努力避免发生是应对的上策。即使发生 TCA,也并非美国所称的效果很差,而是需要高度集中创伤救治所需的优质医疗资源,也有可能获得较好的结果。建设创伤中心的目的是为了降低创伤的致死率和致残率,围绕着 TCA 的预防和处理与该目标完全一致。针对 TCA 的复苏能力,代表了创伤中心最高的救治水平。以此为切入点促进创伤中心能力的建设,是快速提升医院创伤救治水平、减少创伤早期死亡的有效途径。尤其对于高级别的创伤中心,必须具备很好的 TCA 复苏能力。

4.1 不断完善区域创伤分级救治体系

由政府主导,组织与联合医疗卫生相关行业部门和社会团体,积极开展创伤预防、现场自救/他救、提升院前急救的时效性和水平、优化创伤中心布局、健全院前-院内急救信息联通、提升医院创伤救治能力,对于创伤和 TCA 都是很好的共同解决路径。同时,借助 5G、无人机、大数据、云计算、人工智能等先进的科技手段,实现创伤救治模式的不断革新和救治能力的持续提升^[26]。

4.2 大力促进和普及创伤救治规范的培训

导致 TCA 的主要因素与气道、呼吸和循环管理密切相关,而这些就是创伤早期评估与处理的核心内容。因此,落实好相关人员的规范培训至关重要,可以迅速提升创伤处理的规范性,显著减少 TCA 的发生,提高创伤救治的整体水平。中国创伤救治培训(CTCT)是当前国内最权威的创伤培训课程,自 2016 年以来在全国各地推广,取得了较为理想的培训效果^[27]。

4.3 强化急诊创伤复苏单元(TRU)的建设

TCA 的复苏不但涉及创伤评估与处理的全要素,而且要考虑极端情况下复苏的需求,因而必须重视 TRU 的建设,包括空间布局、大小、仪器设备、耗材、药品和血液供应、通讯信息、安全防护等^[28]。理想的 TRU 应该有独立的出入口对接救护

车、直升机和住院通道,并整合放射摄片、CT 检查、数字减影血管造影/治疗(digital subtraction angiography, DSA)和手术室于一体,可以显著缩短伤员评估和处理的时间、减少输血量^[29]。在当前新冠疫情流行的背景下,也要考虑可疑/明确合并传染病伤员复苏的需求。

4.4 持续提升创伤团队复苏能力

TCA 复苏对创伤团队人员结构和数量的要求更高,强调能够高效完成包括开胸/开腹止血、血管内介入治疗、体外循环、自体血液回输等关键救治措施,创伤小组组长在复苏过程中的作用尤为重要^[28]。要提高创伤团队的整体运行水平,必须重视成员的规范培训、学习交流、模拟演练、病例回顾讨论、开展持续质量改进活动和不断优化救治流程,尤其推荐定期开展极端情况下 TCA 复苏的全要素模拟演练。

4.5 健全 TCA 复苏的重要技术

除了通常的创伤评估和救治技术包括床旁超声、床旁 X 线摄片之外,紧急床旁剖胸/剖腹手术、DSA 介入止血技术非常关键,还有一些不断发展之中的 TCA 复苏新技术。(1)主动球囊阻断(resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta, REBOA)。REBOA 在严重创伤大出血复苏中具有重要价值,能够改善血流动力学^[30],减少 TCA 的发生,与开胸主动脉钳夹相比可以降低病死率^[31];在 TCA 时配合高质量的胸外心脏按压,可产生更高的冠脉灌注压而增加 ROSC 率,并改善预后^[32]。(2)选择性主动脉弓灌注(selective aortic arch perfusion, SAAP)是结合 I 区的 REBOA 和增强的心脑灌注,发挥控制出血、保证重要脏器灌注、扩充血容量的三重作用,可以促进 TCA 的 ROSC 并增加存活率^[33]。(3)体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)。近年来 ECMO 在创伤救治中的应用迅速增加,及时使用 ECMO 可以避免或减少 TCA 发生,在 TCA 时为手术处理损伤创造机会,并在复苏后的脏器功能支持中发挥不可替代的作用^[34]。(4)紧急冻存复苏(emergency preservation and resuscitation, EPR)。此概念由美国马里兰州大学 Tisherman 教授^[35]提出,是针对严重创伤导致大失血和心脏骤停、又不能迅速修复损伤的情况;方法是利用主动脉插管灌注将伤员核心温度快速降到 10℃左右,从而赢得 2 h 左右的手术时机,此后利用体外循环进行复苏,可以避免

大脑遭受不可逆的损伤；该技术还处于研究对象招募阶段。

4.6 建立通畅的 TCA 复苏流程

TCA 复苏几乎整合了创伤救治中所有关键的技术，并要求这些技术在很窄的时间窗内高效到位，因而是一个庞大而复杂的系统工程。这对创伤团队的个体、设备、技术，血液供给、团队合作能力以及组织管理都是巨大的挑战。欧洲复苏学会在 2021 年指南中发布的针对 TCA 处理的框架流程^[36]值得借鉴，但每家医院需要结合自身的实际情况予以落地。如果能够实现 TCA 复苏流程的高效运作，那创伤中心建设的任务也就迎刃而解了。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] 张茂, 徐杰丰. 重视与提高创伤性心脏骤停的复苏水平 [J]. 中华急诊医学杂志, 2018, 27(5): 469-473. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2018.05.002.
- [2] Kim JG, Lee J, Choi HY, et al. Outcome analysis of traumatic out-of-hospital cardiac arrest patients according to the mechanism of injury: A nationwide observation study[J]. *Medicine*, 2020, 99(45): e23095. DOI:10.1097/MD.00000000000023095.
- [3] Khalifa A, Avraham JB, Kramer KZ, et al. Surviving traumatic cardiac arrest: Identification of factors associated with survival[J]. *Am J Emerg Med*, 2021, 43: 83-87. DOI:10.1016/j.ajem.2021.01.020.
- [4] Ariss AB, Bachir R, El Sayed M. Factors associated with survival in adult patients with traumatic arrest: A retrospective cohort study from US trauma centers[J]. *BMC Emerg Med*, 2021, 21(1): 77. DOI:10.1186/s12873-021-00473-9.
- [5] Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick M, et al. Outcome in 757 severely injured patients with traumatic cardiorespiratory arrest[J]. *Resuscitation*, 2007, 75(2): 276-285. DOI:10.1016/j.resuscitation.2007.04.018.
- [6] Maron BJ, Link MS. Don't forget commotio cordis[J]. *Am J Cardiol*, 2021, 156: 134-135. DOI:10.1016/j.amjcard.2021.05.053.
- [7] Kleber C, Giesecke MT, Lindner T, et al. Requirement for a structured algorithm in cardiac arrest following major trauma: Epidemiology, management errors, and preventability of traumatic deaths in Berlin[J]. *Resuscitation*, 2014, 85(3): 405-410. DOI:10.1016/j.resuscitation.2013.11.009.
- [8] Tran A, Fernando SM, Rochweg B, et al. Pre-arrest and intra-arrest prognostic factors associated with survival following traumatic out-of-hospital cardiac arrest - A systematic review and meta-analysis[J]. *Resuscitation*, 2020, 153: 119-135. DOI:10.1016/j.resuscitation.2020.05.052.
- [9] Norii T, Matsushima K, Miskimins RJ, et al. Should we resuscitate elderly patients with blunt traumatic cardiac arrest? Analysis of National Trauma Registry Data in Japan[J]. *Emerg Med J*, 2019, 36(11): 670-677. DOI:10.1136/emered-2019-208690.
- [10] Mollberg NM, Wise SR, Berman K, et al. The consequences of noncompliance with guidelines for withholding or terminating resuscitation in traumatic cardiac arrest patients[J]. *J Trauma*, 2011, 71(4): 997-1002. DOI:10.1097/TA.0b013e3182318269.
- [11] Djarv T, Axelsson C, Herlitz J, et al. Traumatic cardiac arrest in Sweden 1990-2016 - a population-based national cohort study[J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2018, 26(1): 30. DOI:10.1186/s13049-018-0500-7.
- [12] Houwen T, Popal Z, de Bruijn MAN, et al. Outcomes after prehospital traumatic cardiac arrest in the Netherlands: A retrospective cohort study[J]. *Injury*, 2021, 52(5): 1117-1122. DOI:10.1016/j.injury.2021.02.088.
- [13] Zwingmann J, Mehlhorn AT, Hammer T, et al. Survival and neurologic outcome after traumatic out-of-hospital cardiopulmonary arrest in a pediatric and adult population: a systematic review[J]. *Crit Care*, 2012, 16(4): R117. DOI:10.1186/cc11410.
- [14] Fukuda T, Ohashi-Fukuda N, Kondo Y, et al. Association of prehospital advanced life support by physician with survival after out-of-hospital cardiac arrest with blunt trauma following traffic collisions: Japanese registry-based study[J]. *JAMA Surg*, 2018, 153(6): e180674. DOI:10.1001/jamasurg.2018.0674.
- [15] Alqudah Z, Nehme Z, Williams B, et al. Impact of a trauma-focused resuscitation protocol on survival outcomes after traumatic out-of-hospital cardiac arrest: An interrupted time series analysis[J]. *Resuscitation*, 2021, 162: 104-111. DOI:10.1016/j.resuscitation.2021.02.026.
- [16] Alqudah Z, Nehme Z, Williams B, et al. Impact of temporal changes in the epidemiology and management of traumatic out-of-hospital cardiac arrest on survival outcomes[J]. *Resuscitation*, 2021, 158: 79-87. DOI:10.1016/j.resuscitation.2020.11.026.
- [17] Savary D, Douillet D, Morin F, et al. Acting on the potentially reversible causes of traumatic cardiac arrest: Possible but not sufficient[J]. *Resuscitation*, 2021, 165: 8-13. DOI:10.1016/j.resuscitation.2021.05.012.
- [18] Alqudah Z, Nehme Z, Williams B, et al. Survival outcomes in emergency medical services witnessed traumatic out-of-hospital cardiac arrest after the introduction of a trauma-based resuscitation protocol[J]. *Resuscitation*, 2021, 168: 65-74. DOI:10.1016/j.resuscitation.2021.09.011.
- [19] Naito H, Yumoto T, Yorifuji T, et al. Association between emergency medical service transport time and survival in patients with traumatic cardiac arrest: A Nationwide retrospective observational study[J]. *BMC Emerg Med*, 2021, 21(1): 104. DOI:10.1186/s12873-021-00499-z.
- [20] Leemeyer AR, van Lieshout EMM, Bouwens M, et al. Decision

- making in prehospital traumatic cardiac arrest; A qualitative study[J]. *Injury*, 2020, 51(5): 1196-1202. DOI:10.1016/j.injury.2020.01.001.
- [21] van Waes OJF, Leemeyer AR, Kooij FO, et al. Evaluation of out of hospital thoracotomy for cardiac arrest after penetrating thoracic trauma; Three years after our first report[J]. *Injury*, 2019, 50(11): 2136-2137. DOI:10.1016/j.injury.2019.08.032.
- [22] 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.
- [23] Anderson KL, Mora AG, Bloom AD, et al. Cardiac massage for trauma patients in the battlefield: An assessment for survivors[J]. *Resuscitation*, 2019, 138: 20-27. DOI:10.1016/j.resuscitation.2019.02.029.
- [24] Aoki M, Abe T, Oshima K. Association of prehospital epinephrine administration with survival among patients with traumatic cardiac arrest caused by traffic collisions[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 9922. DOI:10.1038/s41598-019-46460-w.
- [25] Yamamoto R, Suzuki M, Hayashida K, et al. Epinephrine during resuscitation of traumatic cardiac arrest and increased mortality: A post hoc analysis of prospective observational study[J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2019, 27(1): 74. DOI:10.1186/s13049-019-0657-8.
- [26] 张茂, 李强, 张旻海, 等. 积极拥抱 5G 时代, 助力急诊学科发展 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(10): 1179-1182. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2019.10.001.
- [27] 许永安, 张茂, 赵小纲, 等. 中国创伤救治培训课程培训效果评价 [J]. *中华创伤杂志*, 2019, 35(12): 1130-1137. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2019.12.013.
- [28] 张茂, 赵小纲, 白祥军, 等. 努力提高综合性医院严重创伤急诊救治水平 [J]. *中华创伤杂志*, 2017, 33(11): 970-973. DOI:10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2017.11.003.
- [29] Watanabe H, Matsumoto R, Kuramoto S, et al. Hybrid emergency rooms reduce the requirement of blood transfusion in patients with severe trauma[J]. *World J Emerg Surg*, 2021, 16(1): 34. DOI:10.1186/s13017-021-00377-w.
- [30] Kinslow K, Shepherd A, McKenney M, et al. Resuscitative endovascular balloon occlusion of aorta: A systematic review[J]. *Am Surg*, 2022, 88(2): 289-296. DOI:10.1177/0003134820972985.
- [31] Castellini G, Gianola S, Biffi A, et al. Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) in patients with major trauma and uncontrolled haemorrhagic shock: A systematic review with meta-analysis[J]. *World J Emerg Surg*, 2021, 16(1): 41. DOI:10.1186/s13017-021-00386-9.
- [32] Gamberini L, Coniglio C, Lupi C, et al. Resuscitative endovascular occlusion of the aorta (REBOA) for refractory out of hospital cardiac arrest. An Utstein-based case series[J]. *Resuscitation*, 2021, 165: 161-169. DOI:10.1016/j.resuscitation.2021.05.019.
- [33] Manning JE, Rasmussen TE, Tisherman SA, et al. Emerging hemorrhage control and resuscitation strategies in trauma: Endovascular to extracorporeal[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2020, 89(2S Suppl 2): S50-S58. DOI:10.1097/TA.0000000000002747.
- [34] Lang NW, Schwihla I, Weihs V, et al. Survival rate and outcome of extracorporeal life support (ECLS) for treatment of acute cardiorespiratory failure in trauma patients[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 12902. DOI:10.1038/s41598-019-49346-z.
- [35] Tisherman SA. Emergency preservation and resuscitation for cardiac arrest from trauma[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2022, 1509(1): 5-11. DOI:10.1111/nyas.14725.
- [36] Lott C, Truhlář A, Alfonso A, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances[J]. *Resuscitation*, 2021, 161: 152-219. DOI:10.1016/j.resuscitation.2021.02.011.

(收稿日期: 2022-04-16)

(本文编辑: 姜宇婷)