

3D 电动心肺复苏机在院外心搏骤停抢救中的应用效果

何友恭, 舒敏, 魏新, 盛克苍, 姚富颖

深圳市南山区人民医院急诊科, 广东深圳 518000

摘要:目的 分析 3D 电动心肺复苏(CPR)机在院外心搏骤停(OHCA)抢救中的应用价值,并研究院前高质量救治方案。方法 选取 2022 年 3 月—2024 年 8 月深圳市南山区人民医院院前急救的符合纳入标准的 100 例 OHCA 患者,其中研究组 50 例,采取配合 3D 按压电动 CPR 机为主的优化抢救模式;对照组 50 例,采取徒手 CPR 的传统抢救模式。通过对院前抢救病例资料回顾,收集两组患者院前抢救措施完成总时间(医护到达现场评估完患者生命体征开始,实施 CPR、监护除颤、初级气道管理及高级气道管理、开通静脉通道、使用药物等急救措施完成总时间)、现场及转运途中 CPR 质量指标(按压深度及频率是否不合格、按压中断时间 <10 s、指脉氧),院前自主循环恢复率(复律时间超过 20 min),对比两组患者的抢救效率、CPR 质量以及自主循环恢复率。结果 研究组、对照组患者的年龄、急救车反应时间、急救车返院时间、CPR 前指脉氧指标、旁观者是否行 CPR、是否为可除颤心律、自主循环恢复及病因分类差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。研究组、对照组院前抢救措施完成总时间分别为 (8.36 ± 0.27) 、 (12.80 ± 2.68) min,研究组院前抢救措施完成总时间短于对照组($t=10.578$, $P<0.05$)。研究组、对照组转运期间指脉氧指标分别为 (79.20 ± 7.38) 、 $(52.00\pm 16.89)\%$,研究组转运期间指脉氧指标高于对照组($t=10.430$, $P<0.05$)。研究组、对照组 CPR 后的指脉氧指标分别为 $(81.18\pm 7.98)\%$ 、 $(71.92\pm 12.12)\%$,研究组 CPR 后指脉氧指标高于对照组($t=4.514$, $P<0.05$)。研究组、对照组转运期间心脏按压深度及频率不合格比例分别为 0、92.00%,研究组转运期间心脏按压质量高于对照组($\chi^2=85.186$, $P<0.05$)。研究组、对照组转运期间按压中断时间 <10 s 比例分别为 100.00%、12.00%,研究组转运期间按压中断时间优于对照组($\chi^2=78.572$, $P<0.05$)。研究组、对照组发生肋骨骨折并发症比例分别为 0、20.00%,研究组发生肋骨骨折比例低于对照组($\chi^2=11.110$, $P<0.05$)。结论 在院前急救体系中配置 3D 按压电动 CPR 机可提升复苏效率。该设备能在患者转运过程中实现持续、稳定、高质量的 CPR,同时降低 CPR 致肋骨骨折的发生率。

关键词: 心搏骤停;心肺复苏;3D 电动心肺复苏机;院前急救

中图分类号: R541.7+8

文献标识码: A

文章编号: 1673-6966(2026)01-0017-05

Application effect of 3D electric cardiopulmonary resuscitation machine in out-of-hospital cardiac arrest resuscitation

HE Yougong,

SHU Min, WEI Xin, SHENG Kecang, YAO Fuying. Department of Emergency Medicine, Nanshan District People's Hospital of Shenzhen, Shenzhen Guangdong 518000, China

Corresponding author: HE Yougong, E-mail: 568798183@qq.com

Abstract: Objective To analyze the application value of a 3D electric cardiopulmonary resuscitation (CPR) machine in out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) rescue and to study high-quality and efficient pre-hospital treatment protocols. **Methods** One hundred OHCA cases meeting inclusion criteria treated by the pre-hospital department of Nanshan District People's Hospital of Shenzhen between March 2022 and August 2024 were selected. The study group ($n=50$) received an optimized rescue protocol centered around the 3D compression electric CPR machine. The control group ($n=50$) received the traditional manual CPR rescue protocol. Through retrospective review of pre-hospital case data, the following were collected for both groups: completion time of pre-hospital rescue measures: time from arrival of medical personnel at the scene and completion of initial vital sign assessment to completion of emergency measures (initiating CPR, monitoring/defibrillation, primary and advanced airway management, establishing intravenous access, administering medications). CPR quality indicators (on scene and during transport): whether compression depth or frequency was non-compliant, compression interruption <10 seconds, fingertip pulse oximetry. Pre-hospital return of spontaneous circulation (ROSC) rate: Defined as sustained ROSC for >20 minutes. Rescue efficiency, CPR quality, and

基金项目: 广东省深圳市南山区技术研发和创意设计项目(NS2022028)

通信作者: 何友恭, E-mail: 568798183@qq.com DOI: 10.3969/j.issn.1673-6966.2026.01.004

ROSC rate were compared between the two groups. **Results** There were no statistically significant differences between the study group and the control group in terms of age, ambulance response time, ambulance return-to-hospital time, pre-resuscitation pulse oximetry, rate of bystander CPR, proportion of shockable rhythms, return of spontaneous circulation, or etiological classification (all $P>0.05$). The total time required to complete pre-hospital resuscitation measures was significantly shorter in the study group than in the control group [(8.36±0.27) min *vs.* (12.80±2.68) min; $t=10.578$, $P<0.05$]. During transport, pulse oximetry readings were significantly higher in the study group compared to the control group [(79.20±7.38)% *vs.* (52.00±16.89)%; $t=10.430$, $P<0.05$]. Similarly, post-resuscitation pulse oximetry readings were significantly higher in the study group [(81.18±7.98)% *vs.* (71.92±12.12)%; $t=4.514$, $P<0.05$]. The proportion of patients with non-compliant chest compression depth or frequency during transport was 0 in the study group versus 92.00% in the control group, indicating superior chest compression quality in the study group ($\chi^2=85.186$, $P<0.05$). The rate of chest compression interruptions lasting <10 seconds during transport was 100.00% in the study group compared to 12.00% in the control group, demonstrating significantly better compression continuity in the study group ($\chi^2=78.572$, $P<0.05$). The incidence of rib fracture complications was 0 in the study group versus 20.00% in the control group, indicating a significantly lower rate of rib fractures in the study group ($\chi^2=11.110$, $P<0.05$).

Conclusion The deployment of 3D-compression electric automatic CPR devices in the pre-hospital emergency system significantly improves resuscitation efficiency. It enables continuous, stable, and high-quality CPR during patient transport while reducing the incidence of CPR-related rib fractures. This provides strong support for the pre-hospital emergency team within the chain of survival for out-of-hospital cardiac arrest. Moreover, it secures critical early treatment time for in-hospital resuscitation centers and extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) teams, thereby creating more opportunities for patient survival.

Key words: Cardiac arrest; 3D electric cardiopulmonary resuscitation; Cardiopulmonary resuscitation machine; Pre-hospital first aid

院外心搏骤停(out-of-hospital cardiac arrest, OHCA)致残率及致死率极高,抢救成功率低,是院前急救中最紧急最危重的情况。有关数据统计显示,2020年中国OHCA发病率为97.1/10万,出院生存率为1.2%,神经功能预后良好率为0.8%^[1]。美国成人OHCA患者的平均出院存活率为9.0%^[2-3]。OHCA抢救成功率的提高,依赖全民急救普及率提升、高水平的院前急救能力以及院内高质量的复苏中心建立。《2020 AHA心肺复苏及心血管急救指南》(以下简称《2020指南》)强调了胸外按压的重要性,再次确定了OHCA生存链,其中提到了院前急救环节中及时并高质量的心肺复苏(cardiopulmonary resuscitation, CPR)对患者转归预后的重要性^[4]。因此院前急救能力和抢救水平对患者的转归和结局有着非常重要影响,是患者生命得以延续的重要环节之一。当OHCA发生,院前CPR抢救时往往施救者有限、需要持续CPR、现场急救措施完成后边转运边抢救难以保证高质量心脏按压、家属情绪激动对医护抢救带来的压力等因素,均直接或间接影响着CPR质量及整体抢救成功率。《2022心肺复苏与心血管急救科学和治疗建议国际共识》建议施救者在现场进行CPR,不建议复苏过程中进行转运,以免影响CPR质量,除非有转运的指征,如进行体外膜肺氧合^[5]。但在实际场景中,家属往

往不能接受仅在现场抢救模式,要求送医院抢救意愿强烈,医护人员常被动在现场抢救措施完成后快速返院,或边抢救边送医进一步抢救。传统的徒手CPR抢救模式,难以保证持续稳定高质量心脏按压,而在转运过程中无法保证心脏按压质量,还存在中断按压时间过长的可能。而CPR的质量是心脏骤停抢救过程中的重要影响因素。在院前急救体系中应用3D电动CPR机可以很好弥补这些缺陷。《2020指南》也指出,在特定情况下如高质量徒手CPR按压存在困难时(救护车中、长时间复苏等),如能控制安装或撤除装置导致中断按压的时间,可考虑使用机械按压装置^[6]。既往一代和二代CPR机往往需要特定场景才能使用,如需要接电源或气泵才能启动机器运行,因此更适合在院内使用,在院前急救场景中难以得到推广应用。而三代3D电动CPR机打破坚冰,适应于不同场景下的应用,具有操作简单、方便携带、性能稳定等优势,承担高质量CPR的角色。本研究主要对院前急救中配合3D电动CPR机和传统徒手CPR的抢救时效性与CPR质量进行观察分析。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性选取2022年3月—2024年8月经深圳市120急救中心调派至深圳市南山区人

民医院急救站的符合纳入标准的 100 例 OHCA 病例。纳入标准:突发疾病或突发意外导致心搏骤停;年龄>8 岁;急救人员现场判断为有抢救意义。排除标准:出现尸冷、尸僵、尸斑;不可逆创伤;家属放弃积极抢救。深圳市南山区人民医院所属两部联网急救车组中,一部急救车配置了 3D 电动 CPR 机;另一部急救车配置胸腔按压反馈器,按纳入要求选取其中 3D 电动 CPR 机组 50 例(研究组),徒手 CPR 组 50 例(对照组),观察分析两组抢救方式的抢救效率:抢救措施完成总时间,利用相关反馈装置:如心电监护、胸腔按压反馈器、脉搏血氧饱和度^[7]来分析现场及转运期间 CPR 质量,以及自主循环恢复(return of spontaneous circulation, ROSC)等情况。本研究已通过深圳市南山区人民医院科研伦理委员会审查(批号:科研伦审【LW-2025-28】号)。

1.2 方法 施救团队包括医生、护士及司机,均通过深圳市急救中心基础生命支持(basic life support, BLS)与高级生命支持(advanced life support, ACLS)培训考核,并具备 5~20 年院前急救工作经验(均值 10 年)。医生、护士每年需通过深圳市急救中心团队 CPR 考核,担架员除协助患者搬运外,负责计时任务。CPR 标准全程遵循 2020 年美国心脏协会(American Heart Association, AHA)发布的 BLS 与 ACLS 指南^[8],包括按压深度 5~6 cm、频率 100~120 次/min、胸廓充分回弹、通气量 500~600 mL 等参数。两组均配备监护除颤仪/自动体外除颤器(automated external defibrillator, AED)、初级气道管理包、气管插管箱、3D 电动 CPR 机或胸腔按压反馈器、急救箱等设备。

①初步评估:医生确认患者无意识、无自主呼吸及颈动脉搏动后,立即启动应急反应系统,实施团队协作抢救。②BLS:立即进行 5 组 30:2 按压/通气比的高质量徒手 CPR,同步连接监护除颤仪,识别可电击心律(心室颤动/无脉性室速)。若为可电击心律,予以 200 J 双向波除颤后继续 CPR。③ACLS:若 2 min 后 ROSC 不成功,启动 ACLS,包括气道管理(球囊面罩通气或气管插管)、建立静脉通道、药物应用(肾上腺素每 3~5 min 1 mg)及病因排查。

研究组(3D 电动 CPR 机):①完成气管插管后,切换至持续按压模式(频率 110 次/min,通气每次 6 s)^[6];②安装 CPR 机时,通过固定带快速固定设备,确保按压中断时间<10 s(操作者默数计时);③转运期间持续监测生命体征,每 2 min 暂停评估 ROSC。

对照组(徒手 CPR):①使用胸腔按压反馈器监测

按压质量,气管插管后由人工徒手持续按压,频率控制在 100~120 次/min,通气频率每次 6 s;②转运期间由医护人员交替按压,每 2 min 评估 ROSC。

1.3 观察指标 (1)抢救措施耗时:初级/高级气道管理、静脉通道建立、监护除颤连接总时间(由担架员计时)。(2)按压质量:转运期按压深度、频率稳定性(通过心电监护仪及胸腔按压反馈器监测)。(3)按压中断:中断时间<10 s 的病例比例。(4)监测生理指标:在 CPR 过程中,实时监测胸外按压有效性的手段通常用呼气末二氧化碳定量分析,但因呼气末二氧化碳受配置欠缺以及其需气管插管后才能有效监测,而脉搏血氧饱和度监测可以反映指端末梢组织灌注情况^[9]。同时脉搏血氧饱和度具有无创、便捷、快速的特点,因此选择记录并观察转运期及复苏后脉搏血氧饱和度值来评估按压有效性。(5)复苏效果:统计 ROSC 百分比。(6)CPR 并发症:记录 CPR 过程中肋骨骨折情况。CPR 中最常见的伤害是肋骨骨折,发生率可达 55%^[10]。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 27.0 及风暴统计平台(www.medsta.cn/software)分析数据。连续变量经正态性检验(P-P 图/Q-Q 图)后,符合正态分布者以($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验;非正态分布者以 [*M*(*P*₂₅, *P*₇₅)]表示,组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。分类变量以 [*n*(%)]表示,组间差异采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料对比 两组患者年龄、性别、病因构成、发病场所、有无目击者、有无旁观者按压、首次医疗接触前心搏骤停时长、救护车反应时间、急救车返院时间、CPR 前指脉氧指标、是否除颤、心搏骤停病因、ROSC≥20 min 等指标对比,差异均无统计学意义(均 *P*>0.05)。但院前抢救耗时、转运期按压合格率、指脉氧水平及按压中断<10 s 等指标差异具有统计学意义(均 *P*<0.05)。见表 1。

2.2 两组抢救措施完成总时间指标对比 研究组抢救措施完成总时间为(8.36±1.27)min,对照组抢救措施完成总时间为(12.80±2.68)min,研究组抢救措施完成总时间短于对照组(*P*<0.05)。见表 2。

2.3 两组患者抢救期间 CPR 质量对比 研究组联合电动 CPR 机的按压深度及频率、按压中断时间均符合并达到高质量 CPR 要求。对照组人工 CPR 的按压深度及频率在抢救过程中均存在不同程度的过深/

过浅、过快/过慢,不合格率达 92.00%,而按压中断时间<10 s 比例仅为 12.00%。与对照组相比,研究组 CPR 更稳定,且质量更高,并发症发生率更低($P<0.05$)。见表 2。

2.4 两组患者院前抢救中、转运期间指脉氧指标(取最低数值)和 CPR 后指脉氧指标(趋于稳定时数值)对比 研究组患者指脉氧指标呈现出稳步上升趋势,在转运期间不受影响;而对照组患者脉氧指标则波动比较明显,特别是在转运期间呈现不稳定状态($P<0.05$)。见表 2。

表 1 两组一般资料对比

项目	研究组 (n=50)	对照组 (n=50)	χ^2 值	P 值
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	49.96 $\pm$ 14.66	55.08 $\pm$ 21.92	1.371	0.173
性别[n(%)]			0.402	0.529
男性	34(68.00)	31(62.00)		
女性	16(32.00)	19(38.00)		
发病场所[n(%)]			0.660	0.418
家中	31(62.00)	27(54.00)		
公共场所	19(38.00)	23(46.00)		
首次医疗接触前 心搏骤停预估时长 (min, $\bar{x}\pm s$)	10.98 $\pm$ 4.26	10.44 $\pm$ 3.63	0.676	0.496
急救车反应时间 [min, $M(P_{25},P_{75})$]	9.00(7.00,12.75)	8.00(6.25,10.75)	1.442	0.149
急救车返院时间 [min, $M(P_{25},P_{75})$]	6.00(5.25,9.00)	6.00(4.00,7.75)	1.780	0.074
CPR 前指脉氧指标 (%, $\bar{x}\pm s$)	12.80 $\pm$ 19.59	10.94 $\pm$ 14.74	0.541	0.593
有无目击者[n(%)]			1.973	0.160
无	9(18.00)	15(30.00)		
有	41(82.00)	35(70.00)		
旁观者是否行 CPR [n(%)]			2.615	0.106
否	9(18.00)	16(32.00)		
是	41(82.00)	34(68.00)		
病因分类[n(%)]			6.104	0.226
突发疾病	42(84.00)	45(90.00)		
窒息	4(8.00)	0		
溺水	1(2.00)	1(2.00)		
触电	1(2.00)	1(2.00)		
创伤	1(2.00)	3(6.00)		
中毒	1(2.00)	0		

注:CPR:心肺复苏

3 讨论

OHCA 是一种突发性强、病死率极高的急症,其抢救成功率普遍较低,是当前急诊医学面临的重大挑战。据统计,2020 年中国 OHCA 发病率约为 97.1/10 万,出院生存率仅为 1.2%,神经功能良好预后率更低至 0.8%^[1]。OHCA 影响因素主要包括病因、CPR 质量、急救反应时间和生存链实施效果^[11]。OHCA 患者生存链中的每一个环节都至关重要,尤其是院前阶段的高

表 2 研究组与对照组复苏效果比较

项目	研究组 (n=50)	对照组 (n=50)	χ^2 值	P 值
院前抢救措施完成总时间 (min, $\bar{x}\pm s$)	8.36 $\pm$ 1.27	12.80 $\pm$ 2.68	10.578	<0.001
转运期间指脉氧指标(%, $\bar{x}\pm s$)	79.20 $\pm$ 7.38	52.00 $\pm$ 16.89	10.430	<0.001
CPR 后指脉氧指标(%, $\bar{x}\pm s$)	81.18 $\pm$ 7.98	71.92 $\pm$ 12.12	4.514	<0.001
是否需一人持续心脏按压[n(%)]			96.077	<0.001
否	50(100.00)	0		
是	0	50(100.00)		
转运期间按压深度及频率不合格[n(%)]			85.186	<0.001
否	50(100.00)	4(8.00)		
是	0	46(92.00)		
转运期按压中断时间<10 s[n(%)]			78.572	<0.001
否	0	44(88.00)		
是	50(100.00)	6(12.00)		
使用肾上腺素注射液次数(1 mg/次)[n(%)]			1.104	0.840
1	1(2.00)	0		
2	22(44.00)	21(42.00)		
3	27(54.00)	29(58.00)		
使用胺碘酮注射液(150 mg/次)[n(%)]			3.180	0.074
否	37(74.00)	44(88.00)		
是	13(26.00)	6(12.00)		
是否为可除颤心律[n(%)]			3.180	0.240
否	33(66.00)	41(82.00)		
是	17(34.00)	9(18.00)		
ROSC>20 min[n(%)]			0.512	0.476
否	37(74.00)	40(80.00)		
是	13(26.00)	10(20.00)		
CPR 致肋骨骨折并发症[n(%)]			11.110	<0.001
无	50(100.00)	40(80.00)		
有	0	10(20.00)		

注:CPR:心肺复苏;ROSC:自主循环恢复

质量 CPR 和快速除颤^[12]。研究表明,越早实施高质量 CPR,OHCA 患者的复苏成功率和存活率越高^[13]。此外,院前急救中的各种不稳定因素,影响着高质量 CPR 实施,特别是转运期间^[14]。中国近年来急救普及率虽在逐步提升,但仍低于发达国家水平,如德国达 80%,日本达 90%^[15]。中国部分经济发达地区(深圳)急救设备 AED 的投放也在加速布局,但与美国、法国、日本部分地区仍存在一定差距^[16]。中国医疗资源与技术水平近年来也在加速提升,但 OHCA 的整体预后并未显著改善,提示院前急救措施尤其是 CPR 质量仍有较大提升空间。本研究通过对比 3D 电动 CPR 机与传统徒手 CPR 在院前 OHCA 抢救中的应用效果,旨在探讨新型设备在提升复苏质量与效率方面的实际价值。

本研究结果显示,研究组院前抢救措施完成总时间短于对照组,表明 3D 电动 CPR 机可提高抢救效率。分析原因在于,该设备集成化程度高、操作简便,可在医护人员完成初步评估和气道管理后迅

速安装并启动,避免了徒手 CPR 期间因人员疲劳、交替按压和设备准备所导致的时间延误。此外,设备自动化运行减少了人为操作中的犹豫和错误,从而整体压缩了抢救措施的完成时间,为后续 ACLS 和院内治疗争取了宝贵时间。本研究结果显示,研究组在转运期间和复苏后的指脉氧饱和度均高于对照组,提示使用 3D 电动 CPR 机可更好地维持组织氧合。原因在于该设备能够提供持续、稳定且符合指南要求的高质量胸外按压(深度 5~6 cm、频率 100~120 次/min),保障了血流动力学的稳定性,从而改善了末梢循环和氧合状态;而徒手 CPR 在转运过程中易受车辆移动、人员更替等因素干扰,按压深度和频率难以保持一致,导致灌注不足、氧合波动明显。本研究结果还显示,研究组在转运期间按压中断时间<10 s 的比例高于对照组,且未出现按压深度或频率不合格,同时肋骨骨折发生率低于对照组,表明 3D 电动 CPR 机在保障按压质量与安全性方面具有显著优势。分析其原因在于设备采用机械驱动,避免了人工按压中的疲劳、力度不均和中断问题,尤其在高强度转运环境中仍能保持按压连续性与稳定性。此外,其智能按压机制可在保证有效深度的同时减少对胸廓的冲击,从而降低肋骨骨折等并发症风险。

综上所述,3D 电动 CPR 机通过其自动化、标准化和持续性的按压优势,提高了院前 OHCA 抢救的效率与质量,尤其在缩短抢救时间、稳定血氧合、减少按压中断及降低并发症方面表现突出。该设备不仅缓解了院前急救中人手不足、环境复杂带来的压力,也为后续院内 ACLS 的实施奠定了基础。建议在有条件的地区逐步推广该设备在院前急救及公共场所的应用,并结合 AED 共同部署,以构建更高效、更安全的 OHCA 救治体系。

利益冲突 无

作者贡献声明 何友恭、魏新、盛克苍、姚富颖负责数据收集与分析、文献查找和论文撰写;舒敏负责论文修改;何友恭负责该课题相关论文投稿、通信及论文修改

参考文献

- [1] 中国心脏骤停于 CPR 报告编写组. 中国心脏骤停与 CPR 报告(2022年版)概要[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(10): 1005-1017.
- [2] Tsao CW, Aday AW, Almarzooq ZI, et al. Heart disease and stroke statistics - 2022 update: a report from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2022, 145(8): e153-e639.
- [3] Perkins GD, Graesner JT, Semeraro F, et al. European resuscitation council guidelines 2021: executive summary[J]. *Resuscitation*, 2021, 161: 1-60.
- [4] 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*, 142(16-suppl-2): S366-S468.
- [5] 何亚荣, 姚鹏, 向昕杰, 等. 2022年 CPR 与心血管急救科学和治疗建议国际共识解读——成人 CPR[J]. 华西医学, 2023, 38(11): 1632-1639.
- [6] 何庆, 黄煜. 2020 AHACPR 指南解读(七)——成人基础和高级生命支持主要推荐意见总结[J]. 心血管病学进展, 2021, 42(3): 285-289.
- [7] 潘杰锋, 吕剑杰, 方剑俊, 等. 脉搏血氧饱和度监测在院内心搏骤停心肺脑复苏中的应用[J]. 中华危重病急救医学, 2016, 28(7): 637-639.
- [8] Sawyer KN, Camp-rogers TR, Kotini-shah P, et al. Sudden cardiac arrest survivorship: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2020, 141(12): e654-e685.
- [9] McGrath SP, Ryan KL, Wendelken SM, et al. Pulse oximeter plethysmographic waveform changes in awake, spontaneously breathing, hypovolemic volunteers[J]. *Anesth Analg*, 2011, 112(2): 368-374.
- [10] Van wijck SFM, Prins JTH, Verhofstad MHJ, et al. Rib fractures and other injuries after cardiopulmonary resuscitation for non-traumatic cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2024, 50(4): 1331-1346.
- [11] 金庸, 陈刚, 沈芝红, 等. 急救时间对院前心脏骤停患者 CPR 成功率预测研究[J]. 中华卫生应急电子杂志, 2021, 7(6): 338-341.
- [12] 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.
- [13] Ong MEH, Perkins GD, Cariou AJL. Out-of-hospital cardiac arrest: prehospital management[J]. *Lancet*, 2018, 391(10124): 980-988.
- [14] 黄大海, 林明强, 吕有凯. 徒手 CPR 与应用 CPR 机复苏的效果比较[J]. 中国综合临床, 2017, 33(1): 37-40.
- [15] 陈曦, 李昕. 健康传播视角下我国急救宣传普及研究[J]. 今传媒(学术版), 2020, 28(11): 137-140.
- [16] 赵旭峰, 董雪洁, 张琳, 等. 自动体外除颤仪的普及现状及其在我国的应用展望[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2019, 14(2): 104-107.

收稿日期: 2025-05-04

修回日期: 2025-09-13