

重症快速拓展团队对院内复苏患者 神经功能预后的影响

徐兰娟 安婷婷 李成建 沈景桂

郑州大学附属郑州中心医院重症医学科,河南郑州 450001

通信作者:徐兰娟,Email:xulanjuan5177@163.com

【摘要】目的 观察重症快速拓展团队(CROT)的建立对普通病区心肺复苏(CPR)患者神经功能预后的影响。**方法** 采用回顾性前后对照研究方法。选择郑州大学附属郑州中心医院2018年1月建立CROT体系前3年(2015年1月至2017年12月)和后3年(2018年1月至2020年12月)在普通病区行CPR并转入重症监护病房(ICU)的112例呼吸、心搏骤停患者作为研究对象。观察建立CROT体系前后呼吸、心搏骤停行CPR后患者局部脑氧饱和度(rScO₂)、相对 α 变异性(PAV)、格拉斯哥昏迷评分(GCS)、气管插管时间、ICU住院时间、住院费用以及主要神经功能预后评价指标格拉斯哥-匹兹堡脑功能表现分级(CPC)评分的变化。**结果** 建立CROT体系前后患者性别、年龄、基础疾病、急性生理学及慢性健康状况评分II(APACHE II)、CPR原因等一般资料比较差异均无统计学意义。与CROT建立前比较,CROT建立后CPR转入ICU患者rScO₂1级和rScO₂2级的患者比例升高(37.1%比12.0%和40.3%比36.0%),rScO₂3级患者比例降低(22.6%比52.0%),总体分布优于CROT建立前($P=0.001$);PAV评分1分和2分的患者比例均降低(11.3%比36.0%和21.0%比30.0%),3分和4分的患者比例均升高(38.7%比22.0%和29.0%比12.0%),差异有统计学意义($P=0.002$);GCS评分1级和2级患者比例均升高(21.0%比8.0%和38.7%比22.0%),3级和4级患者比例均降低(29.0%比46.0%和11.3%比24.0%),总体分布优于CROT建立前($P=0.016$);气管插管时间(d)和住院时间(d)均明显缩短(37.3 ± 3.0 比 44.5 ± 12.0 和 6.2 ± 1.9 比 7.2 ± 3.3 ,均 $P<0.05$),ICU住院费用明显降低(万元:4.8 \pm 1.5比5.8 \pm 2.1, $P<0.05$),CPC分级1级和2级患者比例升高(29.0%比16.0%和40.3%比24.0%),3、4、5级患者比例明显降低(17.7%比32.0%、8.1%比18.0%、4.8%比10.0%),差异有统计学意义($P=0.044$)。**结论** CROT体系的建立,能改善普通病区CPR患者神经功能预后,具有临床推广价值。

【关键词】 局部脑氧饱和度; 相对 α 变异性; 脑功能预后

基金项目:河南省医学重点(培育)学科(2021-14)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.02.017

Influence of Critical Rapid Outreach Team on prognosis of neurological function of patients resuscitated in hospital

Xu Lanjuan, An Tingting, Li Chengjian, Shen Jinggui

Department of Intensive Care Unit, Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, Henan, China

Corresponding author: Xu Lanjuan, Email: xulanjuan5177@163.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of establishment of Critical Rapid Outreach Team (CROT) on neurological function prognosis of cardiopulmonary resuscitation (CPR) patients in general ward. **Methods** A retrospective before-after controlled study was conducted. A total of 112 patients with respiratory and cardiac arrest who were transferred to intensive care unit (ICU) from general wards after CPR in Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University were selected as the research subjects. In January 2018, the CROT was established in this hospital, 3 years before its establishment was from January 2015 to December 2017 and 3 years after its establishment was from January 2018 to December 2020. According to the date of admission, the patients were included in two groups, one before and one after the CROT establishment. The changes of respiratory and cardiac arrest undergoing CPR in general wards, the regional saturation of cerebral oxygenation (rScO₂), percentage of α variability (PAV) and Glasgow coma scale (GCS), endo-tracheal intubation time, ICU stay time, hospitalization costs, and the main prognostic index of neurological function-Glasgow-Pittsburgh cerebral performance classification (CPC) score before and after the establishment of the CROT system were observed. **Results** Before and after the establishment of the CROT system, all the differences of patient's general data such as gender, age, underlying disease, acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) score, and causes of performing CPR revealed no statistical significance. Compared with the state before the establishment of CROT system, after the establishment of CROT, the proportions of patients transferred to ICU after CPR with rScO₂ grade 1 and rScO₂ grade 2 were increased (37.1% vs. 12.0% and 40.3% vs. 36.0%, respectively) and the proportion of patients with rScO₂ grade 3 was decreased (22.6% vs. 52.0%) and the overall distribution after the establishment of CROT system was better than that before the establishment ($P =$

0.001); the proportions of patients with PAV 1 and 2 points were decreased (11.3% vs. 36.0% and 21.0% vs. 30.0%, respectively), the proportions of patients with PAV 3 and 4 points were increased (38.7% vs. 22.0% and 29.0% vs. 12.0%, respectively), and the differences were statistically significant ($P = 0.002$); the proportions of patients with GCS grade 1 and grade 2 were increased (21.0% vs. 8.0% and 38.7% vs. 22.0%, respectively), the proportions of patients with GCS 3 and 4 were decreased (29.0% vs. 46.0% and 11.3% vs. 24.0%, respectively), and the overall distribution was better than those before ($P = 0.016$); both the endotracheal intubation time (days) and hospitalization time (days) of patients were significantly shortened (37.3 ± 3.0 vs. 44.5 ± 12.0 and 6.2 ± 1.9 vs. 7.2 ± 3.3 respectively, both $P < 0.05$); the ICU hospitalization cost was significantly decreased (ten thousands: 4.8 ± 1.5 vs. 5.8 ± 2.1 , $P < 0.05$); the proportions of patients with CPC grade 1 and 2 were increased significantly (29.0% vs. 16.0% and 40.3% vs. 24.0%), the proportions of patients with 3, 4, 5 grades were significantly decreased (17.7% vs. 32.0%, 8.1% vs. 18.0%, 4.8% vs. 10.0%), the differences were statistically significant ($P = 0.044$). **Conclusion** The establishment of CROT system can improve the prognosis of neurological function of patients in general wards after CPR and the system is worthy to be promoted for clinical practice.

【Key words】 Regional saturation of cerebral oxygenation; Percentage of α variability; Brain function prognosis

Fund program: Henan Province Medical Key (Cultivation) Project of China (2021-14)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2022.02.017

目前院内心搏骤停(in-hospital cardiac arrest, IHCA)仍是普通病房最危重的不良事件,心肺复苏(cardiopulmonary resuscitation, CPR)作为主要的抢救措施已在不断进步。然而有研究表明,在我国, IHCA 出院存活率及神经功能预后良好率分别为 9.1% 和 10.2%^[1]。大脑停止氧供超过 5 min 将会造成不可逆的损伤。因此,提高识别反应时间、紧急反应系统的激活、早期 CPR、高级生命支持及转运效率直接影响着患者能否进入重症监护病房(intensive care unit, ICU)内开启下一阶段的治疗,对心搏骤停患者神经功能恢复和预后极为重要。而目前在我国 IHCA 患者的识别、抢救和转运仍属薄弱环节。本院 2018 年 1 月建立的重症快速拓展团队(Critical Rapid Outreach Team, CROT)以 ICU 医疗资源为主,行政职能部分为辅,是早期识别和管理普通病区危重患者的全院性管理体系,主要由各重症医学病区二线及以上医师、呼吸治疗师和护士组成,应用病情评估工具国家早期预警评分(national early warning score, NEWS)制定预警处置流程,改进包括可携带监护仪、转运呼吸机、床旁超声及便携式多功能抢救箱等设备,设置抢救流程、建立一键启动呼叫系统以及进行成员培训与质量控制。CROT 的职能是早期识别和干预普通病房危重患者,在病情变化危及生命时给予积极抢救,并提高转运效率,最大限度保证普通病房危重患者的医疗安全。这种以重症医学科为核心,通过 NEWS 评分实行 CROT 为主的新型院内救治体系取得了一定效果,但对 CPR 后患者神经功能预后的影响尚不清楚。现通过对本院 CROT 建立前后 3 年普通病区 CPR 患者神经功能预后资料进行回顾性分析,评价 CROT 的建立对

院内抢救效果及质量的影响,从而提高我国的心肺脑复苏效果提供新的途径和思路。

1 资料与方法

1.1 研究对象:选择本院 2015 年 1 月至 2017 年 12 月(CROT 前同期)和 2018 年 1 月至 2020 年 12 月(CROT 后同期)普通病区因心搏骤停行 CPR 并转入 ICU 的患者作为研究对象。所有呼吸、心搏骤停患者均按照 2015 年美国心脏协会(American Heart Association, AHA)指南^[2]进行 CPR。转入 ICU 后给予减轻脑水肿、降低颅内压、维持脑灌注、控制血糖、目标温度管理等的综合救治措施。

1.1.1 纳入标准:① 年龄 18~80 岁;② 自主循环恢复(restoration of spontaneous circulation, ROSC) ≥ 24 h;③ CPR 后均行无创局部脑氧饱和度(regional saturation of cerebral oxygenation, rScO₂)、床旁量化脑电图(quantitative electroencephalogram, qEEG)监测。

1.1.2 排除标准:① 既往及目前存在脑出血、脑梗死、脑损伤、遗传性脑病、癫痫等神经系统疾病;② 疾病终末期引起的呼吸、心搏骤停;③ 家属放弃治疗出院;④ 数据缺失。

1.1.3 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,并经本院伦理委员会批准(审批号:202140),对患者采取的治疗和检测均获得过患者或家属知情同意。

1.2 资料收集:通过查阅本院电子病历系统,收集患者性别、年龄、基础疾病、急性生理学与慢性健康状况评分 II (acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)、CPR 原因等一般资料,以及 CPR 后 rScO₂、相对 α 变异性(percentage of α variability, PAV)、格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS)、气管插管时间、ICU 住院时间、住院费

用和出院时神经功能预后评价主要终点指标格拉斯哥-匹兹堡脑功能表现分级(cerebral performance classification, CPC)评分。

1.3 分级标准

1.3.1 rScO₂: 收集患者 CPR 术后 1 d 使用近红外光谱仪(美国 Covidien 5100C)测定的 rScO₂。rScO₂>0.60 为正常(1 级), rScO₂ 0.50~0.60 为相对缺氧(2 级), rScO₂<0.50 为缺氧(3 级)。

1.3.2 PAV: 每小时均有数值超过基线值的 15% 为 PAV 极好(4 分), 每 4 h 均有数值超过基线值的 10% 为 PAV 良好(3 分), 很少超出基线值或幅度<10% 为 PAV 一般(2 分), 不超过基线值的 2% 为 PAV 差(1 分)。

1.3.3 GCS: 通过查阅本院电子病历系统中患者 CPR 后 72 h 内 GCS 评分。15 分为清醒(1 级), 13~14 分为轻度昏迷(2 级), 9~12 分为中度昏迷(3 级), 3~8 分为重度昏迷(4 级)。

1.3.4 脑功能表现分级: 脑功能表现分为预后良好(包括 CPC 1 级和 2 级)和预后不良(包括 CPC 3~5 级)。① CPC 1 级(脑功能良好): 患者清醒警觉, 有正常的生活和工作能力; ② CPC 2 级(中度脑功能残疾): 患者清醒, 可在特定环境中部分时间工作或独立完成日常活动; ③ CPC 3 级(严重脑功能残疾): 患者清醒, 但日常生活需依赖他人帮助, 保留有限的认知力; ④ CPC 4 级(昏迷及植物状态): 患者无知觉, 对环境无意识, 无认知力; ⑤ CPC 5 级(死亡): 患者被确认脑死亡或传统标准认定的死亡。

1.4 统计学方法: 使用 SPSS 25.0 统计软件分析数据。符合正态分布的计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 采用 *t* 检验。计数资料以例(百分数)

表示, 采用 χ^2 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料(表 1): 本院 2015 年 1 月至 2017 年 12 月发生呼吸、心搏骤停 423 例, 抢救成功并转入 ICU 64 例, 8 例存在脑出血、脑梗死等脑血管疾病, 1 例存在恶性肿瘤, 2 例家属自动放弃治疗出院, 3 例数据缺失, 最终 50 例患者纳入研究。2018 年 1 月至 2020 年 12 月发生呼吸、心搏骤停 472 例, 抢救成功并转入 ICU 85 例, 12 例存在脑出血、脑梗死、癫痫等脑血管疾病, 2 例存在恶性肿瘤, 3 例家属自动放弃出院, 6 例数据缺失, 最终 62 例患者纳入研究。两组性别、年龄、基础疾病、APACHE II 评分、CPR 原因等一般资料比较差异均无统计学意义(均 P>0.05)。

2.2 CROT 建立前后呼吸、心搏骤停行 CPR 并转入 ICU 患者神经系统功能预后指标 rScO₂、PAV、GCS 的比较(表 2): 与 CROT 建立前比较, CROT 建立后监测 72 h 内 rScO₂ 1 级和 2 级患者的比例均升高, rScO₂ 3 级患者的比例降低, 差异有统计学意义(P<0.05); PAV 评分 1 分和 2 分患者的比例均下降, 3 分和 4 分的患者比例升高(均 P<0.05); GCS 分级 1 级和 2 级的患者比例升高, 3 级和 4 级患者的比例降低, 差异有统计学意义(均 P<0.05)。

2.3 CROT 建立前后呼吸、心搏骤停行 CPR 并转入 ICU 患者一般住院情况和脑功能预后指标的比较(表 3): 与 CROT 建立前比较, CROT 建立后转入 ICU 患者气管插管时间、ICU 住院时间均明显缩短, ICU 住院费用明显降低(均 P<0.05)。CPC 分级为 1 级和 2 级患者比例增加, 3~5 级患者比例降低, 差异有统计学意义(均 P<0.05)。

表 1 CROT 建立前后呼吸、心搏骤停行 CPR 并转入 ICU 患者一般资料比较

时间	例数 (例)	性别[例(%)]		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	基础疾病[例(%)]			APACHE II 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	CPR 原因[例(%)]	
		男性	女性		糖尿病	冠心病	高血压		心源性	非心源性
CROT 建立前	50	31(62.0)	19(38.0)	53.66 ± 4.65	14(28.0)	16(32.0)	41(82.0)	17.50 ± 3.90	28(56.0)	22(44.0)
CROT 建立后	62	39(62.9)	23(37.1)	52.58 ± 4.89	23(37.1)	18(29.0)	49(79.0)	18.06 ± 4.24	31(50.0)	31(50.0)
χ^2/t 值		0.352		1.188	1.041	0.122	0.151	0.727	0.401	
P 值		0.553		0.238	0.309	0.734	0.694	0.471	0.527	

表 2 CROT 建立前后呼吸、心搏骤停行 CPR 并转入 ICU 患者 rScO₂、PAV、GCS 水平比较

时间	例数 (例)	rScO ₂ 分级[例(%)]			PAV 评分[例(%)]				GCS 分级[例(%)]			
		1 级	2 级	3 级	1 分	2 分	3 分	4 分	1 级	2 级	3 级	4 级
CROT 建立前	50	6(12.0)	18(36.0)	26(52.0)	18(36.0)	15(30.0)	11(22.0)	6(12.0)	4(8.0)	11(22.0)	23(46.0)	12(24.0)
CROT 建立后	62	23(37.1)	25(40.3)	14(22.6)	7(11.3)	13(21.0)	24(38.7)	18(29.0)	13(21.0)	24(38.7)	18(29.0)	7(11.3)
χ^2 值		13.581			14.687				10.352			
P 值		0.001			0.002				0.016			

表 3 CROT 建立前后呼吸、心搏骤停行 CPR 并转入 ICU 患者一般住院情况和脑功能预后表现的比较

时间	例数 (例)	气管插管时间 (h, $\bar{x} \pm s$)	ICU 住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$)	ICU 住院费用 (万元, $\bar{x} \pm s$)	CPC 分级 [例 (%)]				
					1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
CROT 建立前	50	44.5 ± 12.0	7.2 ± 3.3	5.8 ± 2.1	8 (16.0)	12 (24.0)	16 (32.0)	9 (18.0)	5 (10.0)
CROT 建立后	62	37.3 ± 3.0	6.2 ± 1.9	4.8 ± 1.5	18 (29.0)	25 (40.3)	11 (17.7)	5 (8.1)	3 (4.9)
t/χ^2 值		4.565	2.062	2.825			9.812		
P 值		0.000	0.042	0.006			0.044		

3 讨论

IHAC 的黄金救援时间只有 4 min, 4~6 min 后会出现神经功能不可逆性损伤, 10 min 后可导致生物学死亡^[3]。大脑缺血缺氧会遗留不同程度的后遗症, 给家庭和社会带来巨大压力。复苏成功依赖一系列协调的“生命链”行动^[4-5]。因此, 普通病房危重患者快速、高效的院内救护处理及转运交接能力对心搏骤停患者神经功能恢复和预后极为重要。

本院 2018 年前当普通病房患者出现呼吸、心搏骤停后, 医护人员立即施行床旁 CPR 或紧急送往 ICU, 这种以普通病房医护人员为主导的抢救模式不利于患者预后。2018 年本院建立 CROT 以来, 以 NEWS 评分为预警标准, 对高危患者给予足够重视, 加强监护, 提前干预, 在呼吸、心搏骤停前能及时发现, 呼叫 CROT。接到指令后 CROT 团队成员启动一键呼叫系统, 乘坐急诊电梯 3 min 到达患者身边, 按照站位、分工共同进行抢救。CROT 成员应急状况处理能力较普通病房人员成熟, 在普通病房即可进行高级生命支持, 大大减少了患者转运途中的风险, 缩短了转运时间, 使患者能及时得到抢救, 从而改善预后。在 ROSC 72 h 后, 临床重点在于评估患者预后特别是神经功能预后^[6]。CPR 后昏迷患者的脑功能预后决定了 CPR 的最终成败, 也为本院 CROT 院内抢救模式提供参考。

在神经重症领域, 常需联合多种手段进行评估预后, 可增强判断的准确性^[7]。近年来, 脑多模态监测 (multimodality monitoring, MMM) 广泛应用于神经重症患者, 通常包括颅内压监测、脑血流监测、脑氧和脑电监测等措施^[8-9], MMM 2014 年已获得国际共识^[10]。rScO₂ 是一项基于近红外线光谱技术测定混合动静脉血氧饱和度以反映脑氧代谢改变的新技术, 可以无创、实时监测不同病理生理状态下脑组织氧供需障碍, 并指导临床治疗^[11]。CPR 患者脑氧复苏是近年来研究的热点^[12]。qEEG 能以趋势图谱的形式直观地反映患者脑功能状态, 对 CPR 后昏迷患者的预后评估有重要意义^[13]。PAV 是通过 qEEG 对脑电波量化压缩的趋势图谱, 可以反映脑

血流量及脑氧代谢情况, 可为 CPR 后患者预后判断提供参考。研究表明, 脑氧、脑电联合的 MMM 与神经重症患者预后相关^[14-15], 有助于提高 CPR 术后患者脑功能预后的预测价值^[16]。

GCS 评分是通过患者对刺激的言语、运动和睁眼反应来评估意识障碍程度。研究表明, CPR 后 72 h 患者 GCS 评分与神经系统不良预后有关^[17]; 且家属对患者意识状态较为重视, 甚至决定着是否继续治疗。本研究显示, CROT 建立前后 CPR 抢救成功并转入 ICU 患者 GCS 评分总体分布差异有统计学意义, 表明 CROT 的抢救可使患者早期获得更高的 GCS 评分, 更有机会获得较好的神经系统预后。但 GCS 评分评估预后的准确性易受镇静镇痛药物的影响^[18], 因此, 推荐联合其他指标对预后进行判断。日本学者 Ito 等^[19]开展了一系列 rScO₂ 用于评估 CPR 患者预后的研究, 结果表明, 呼吸、心搏骤停患者原地 CPR rScO₂ 较到达医院后启动 CPR 明显升高 (0.33 ± 0.20 比 0.22 ± 0.13, $P=0.000\ 03$)。也有研究显示, 低 rScO₂ 与患者存活率下降有关^[20]。院外心搏骤停患者到达医院时测定 rScO₂ < 0.25 时, 90 d 后不良神经功能预后明显升高^[21]。国内研究显示, 脑缺血缺氧的直接表现为 rScO₂ 的下降^[22]。本研究显示, CROT 建立前, CPR 抢救成功并转入 ICU 的患者 72 h 内 rScO₂ > 0.60 者仅 6 例, rScO₂ < 0.5 代表缺氧的患者 26 例, CROT 建立后 rScO₂ < 0.5 者的比例下降至 22.6%, rScO₂ > 0.60 的比例上升至 37.1%, 表明经过 CROT 成员的积极抢救, CPR 后的局部脑氧代谢紊乱能得到纠正, 神经细胞的氧输送水平提高, 神经元细胞的损伤和凋亡减少。但评估 CPR 患者预后的最佳 rScO₂ 尚有待确定。Hebb 等^[23]的一项研究表明, PAV 可预测颅脑外伤患者 6 个月的脑功能预后。国内一项研究显示, GCS 评分、PAV、脑电反应性与 CPR 患者缺氧性脑病预后不良有关, PAV 联合脑电无反应性预测预后不良的敏感度为 69.2%, 特异度为 93.3%^[24]。本研究显示, CROT 建立后 CPR 患者 PAV 评分 1~2 分的比例明显降低。

CPR 后缺血缺氧性脑病患者的增多给家庭和

社会带来巨大负担,目前尚未统计具体的治疗费用。本院 2018 年以来 CROT 的建立明显改善了患者的神经功能预后,转入 ICU 后气管插管时间和 ICU 住院时间均明显缩短,ICU 住院费用明显降低,能极大减轻患者家庭和社会的负担,具有积极意义。

院内 CPR 是普通病区医疗救治的最后一道防线,包括现场急救和转运中的监护。目前院内紧急抢救流程国内尚无统一标准^[25]。本院 CROT 包括预警标准、启动方法、团队组成、设备配置及高效的运行机制,且体系成熟完备,国内其他医院有可复制性;并且运行以来取得了一定的成效。大脑在缺血缺氧损伤后可出现一系列影响氧供需平衡和脑血流的病理生理学表现,采用 GCS 评分、脑氧联合脑电来评估患者神经功能情况,增加了对预后判断的可靠性和精确性。本研究表明,CROT 的运行对减轻呼吸、心搏骤停患者神经功能损害有积极意义;并能缩短 ICU 住院时间,减少住院费用,再次显现这种院内抢救模式对呼吸、心搏骤停患者的临床价值。相信未来经过对 CROT 体系的持续改进,心搏骤停 CPR 患者的神经功能预后将极大改善。

本研究也存在一定的局限性:第一,本研究为回顾性分析,尚无患者 CPR 前神经系统多模态检测结果,只能系统地排除了既往或目前有神经系统疾病的患者以降低对分析结果的干扰;第二,纳入的样本量偏少,可能存在一定的误差。因此,未来仍需要进行前瞻性、更大样本量、更全面地监测来证明 CROT 的价值和意义,将更多原创性的成果惠及广大患者,提高我国院内心肺复苏的救治水平。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Shao F, Li CS, Liang LR, et al. Incidence and outcome of adult in-hospital cardiac arrest in Beijing, China [J]. *Resuscitation*, 2016, 102: 51–56. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.02.002.
- [2] Kleinman ME, Brennan EE, Goldberger ZD, et al. Part 5: adult basic life support and cardiopulmonary resuscitation quality: 2015 American heart association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care [J]. *Circulation*, 2015, 132 (18 Suppl 2): S414–435. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000259.
- [3] Morrison LJ, Schmicker RH, Weisfeldt ML, et al. Effect of gender on outcome of out of hospital cardiac arrest in the resuscitation outcomes consortium [J]. *Resuscitation*, 2016, 100: 76–81. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.12.002.
- [4] Myat A, Song KJ, Rea T. Out-of-hospital cardiac arrest: current concepts [J]. *Lancet*, 2018, 391 (10124): 970–979. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30472-0.
- [5] 赵彦叶, 顾乃刚. 影响院前急救心肺复苏成功的因素及提升策略分析 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2021, 28 (2): 154–158. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.02.007.
- [6] Martinell L, Nielsen N, Herlitz J, et al. Early predictors of poor outcome after out-of-hospital cardiac arrest [J]. *Crit Care*, 2017, 21 (1): 96. DOI: 10.1186/s13054-017-1677-2.
- [7] Rasulo FA, Togni T, Romagnoli S. Essential noninvasive multimodality neuromonitoring for the critically ill patient [J]. *Crit Care*, 2020, 24 (1): 100. DOI: 10.1186/s13054-020-2781-2.
- [8] Rivera Lara L, Püttgen HA. Multimodality monitoring in the neurocritical care unit [J]. *Continuum (Minneapolis)*, 2018, 24 (6): 1776–1788. DOI: 10.1212/CON.0000000000000671.
- [9] Smith M. Multimodality neuromonitoring in adult traumatic brain injury: a narrative review [J]. *Anesthesiology*, 2018, 128 (2): 401–415. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001885.
- [10] Le Roux P, Menon DK, Citerio G, et al. Consensus summary statement of the International Multidisciplinary Consensus Conference on Multimodality Monitoring in Neurocritical Care: a statement for healthcare professionals from the Neurocritical Care Society and the European Society of Intensive Care Medicine [J]. *Intensive Care Med*, 2014, 40 (9): 1189–1209. DOI: 10.1007/s00134-014-3369-6.
- [11] Al Tayar A, Abouelela A, Mohiuddeen K. Can the cerebral regional oxygen saturation be a perfusion parameter in shock? [J]. *J Crit Care*, 2017, 38: 164–167. DOI: 10.1016/j.jcrc.2016.11.006.
- [12] Weatherall A, Skowno J, Lansdown A, et al. Feasibility of cerebral near-infrared spectroscopy monitoring in the pre-hospital environment [J]. *Acta Anaesthesiol Scand*, 2012, 56 (2): 172–177. DOI: 10.1111/j.1399-6576.2011.02591.x.
- [13] Hofmeijer J, Beermink TM, Bosch FH, et al. Early EEG contributes to multimodal outcome prediction of postanoxic coma [J]. *Neurology*, 2015, 85 (2): 137–143. DOI: 10.1212/WNL.0000000000001742.
- [14] 王旭, 邵换璋, 王存真, 等. 局部脑氧饱和度联合相对 α 变异性对颅脑损伤患者脑功能预后的早期评估价值 [J]. *中华危重病急救医学*, 2019, 31 (11): 1368–1372. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.11.011.
- [15] Yang MT. Multimodal neurocritical monitoring [J]. *Biomed J*, 2020, 43 (3): 226–230. DOI: 10.1016/j.bj.2020.05.005.
- [16] 周保纯. 心肺复苏后患者预后影响因素分析和脑多模态监测对神经功能预后的评估 [D]. 江苏: 苏州大学, 2019.
- [17] Hifumi T, Kuroda Y, Kawakita K, et al. Effect of admission Glasgow coma scale motor score on neurological outcome in out-of-hospital cardiac arrest patients receiving therapeutic hypothermia [J]. *Circ J*, 2015, 79 (10): 2201–2208. DOI: 10.1253/circj.CJ-15-0308.
- [18] Samaniego EA, Mlynash M, Caulfield AF, et al. Sedation confounds outcome prediction in cardiac arrest survivors treated with hypothermia [J]. *Neurocrit Care*, 2011, 15 (1): 113–119. DOI: 10.1007/s12028-010-9412-8.
- [19] Ito N, Nanto S, Nagao K, et al. Bystander-initiated cardiopulmonary resuscitation can curb the deterioration of regional cerebral oxygen saturation on hospital arrival in patients with cardiac arrest [J]. *Resuscitation*, 2012, 83 (8): e167–168. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2012.05.016.
- [20] Ito N, Nishiyama K, Callaway CW, et al. Noninvasive regional cerebral oxygen saturation for neurological prognostication of patients with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective multicenter observational study [J]. *Resuscitation*, 2014, 85 (6): 778–784. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2014.02.012.
- [21] Ito N, Nanto S, Nagao K, et al. Regional cerebral oxygen saturation on hospital arrival is a potential novel predictor of neurological outcomes at hospital discharge in patients with out-of-hospital cardiac arrest [J]. *Resuscitation*, 2012, 83 (1): 46–50. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2011.10.016.
- [22] 陈亚军, 蒋毅, 陈红光, 等. 老年患者围手术期局部脑氧饱和度监测与术后认知功能障碍的研究现状 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2019, 26 (6): 766–768. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.06.036.
- [23] Hebb MO, McArthur DL, Alger J, et al. Impaired percent alpha variability on continuous electroencephalography is associated with thalamic injury and predicts poor long-term outcome after human traumatic brain injury [J]. *J Neurotrauma*, 2007, 24 (4): 579–590. DOI: 10.1089/neu.2006.0146.
- [24] 黄立, 张丽娜, 王健, 等. 相对 α 变异性联合脑电反应性对成人缺血缺氧性脑病的预后评估 [J]. *中华内科杂志*, 2019, 58 (7): 514–519. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2019.07.011.
- [25] 庄一渝, 周艳, 周丽萍, 等. 快速反应系统对住院危重患者抢救成功率的影响 [J]. *中华护理杂志*, 2014, 49 (5): 569–573. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2014.05.014.

(收稿日期: 2021-07-19)