

• 论 著 •

呼气末二氧化碳分压监测用于心肺复苏及预后评估研究

徐伟¹, 林文凤¹, 张洪辉², 程宝珍¹

摘要:**目的** 探讨呼气末二氧化碳分压(P_{ET}CO₂)监测在急诊科心肺复苏质量及预后评估中的价值,为临床终止 CPR 提供参考。**方法** 将急诊科收治的 62 例心脏骤停患者,根据复苏结果分为自主循环恢复组(ROSC 组)32 例和非自主循环恢复组(非 ROSC 组)30 例,比较两组患者的一般资料及不同时间节点 P_{ET}CO₂。根据复苏后 7 d、28 d 生存情况将自主循环恢复者分为生存组和死亡组,比较两组不同时间节点 P_{ET}CO₂。绘制 ROC 曲线,根据约登指数得出预测 ROSC、7 d 及 28 d 生存率的最佳截断值。**结果** ROSC 组和非 ROSC 组发病地点、CPR 持续时间、肾上腺素及 5%碳酸氢钠累计使用剂量差异有统计学意义(均 $P<0.05$);两组在心肺复苏 10 min 及之后各个时间节点的 P_{ET}CO₂ 值差异有统计学意义(均 $P<0.05$);复苏 30 min 以内,20 min 时 P_{ET}CO₂ 预测 ROSC 的曲线下面积最大(AUC=0.982, 95%CI:0.955~1.000),P_{ET}CO₂ 最佳截断值为 16.5 mmHg,敏感度和特异度分别为 93.8%和 96.7%,约登指数 0.904。ROSC 后 7 d 生存组与死亡组在 ROSC 时、心肺复苏 15 min 及之后各时间节点的 P_{ET}CO₂ 差异有统计学意义(均 $P<0.05$);心肺复苏 20 min 时 P_{ET}CO₂ 值预测 ROSC 后 7 d 生存率的曲线下面积最大(AUC=0.882, 95%CI:0.739~1.000),最佳截断值为 30 mmHg,敏感度和特异度均为 83.3%,约登指数 0.667;ROSC 后 28 d 生存组与死亡组在 ROSC 时、心肺复苏 10 min 及之后的各时间节点的 P_{ET}CO₂ 差异有统计学意义(均 $P<0.05$),心肺复苏 50 min 时 P_{ET}CO₂ 值预测 ROSC 后 28 d 生存的曲线下面积最大(AUC=0.893,95%CI:0.764~1.000),最佳截断值为 27.5 mmHg,其敏感度和特异度分别为 100%和 73.3%,约登指数 0.733。**结论** 呼气末 P_{ET}CO₂ 能够指导急诊护理人员评价心脏骤停患者心肺复苏质量,并可作为预测患者临床结局的重要指标。

关键词: 急诊科; 心脏骤停; 心肺复苏; 呼气末二氧化碳分压; 自主循环恢复; 复苏质量; 临床结局

中图分类号: R47;R541 **DOI:** 10.3870/j.issn.1001-4152.2023.24.032

Application of end-tidal carbon dioxide partial pressure monitoring in cardiopulmonary resuscitation and prognosis assessment

Xu Wei, Lin Wenfeng, Zhang Honghui, Cheng

Baozhen, Emergency Department, The First Affiliated Hospital of University of Science and Technology of China (Anhui Provincial Hospital), Hefei 230001, China

Abstract: **Objective** To explore the application value of End-tidal Carbon Dioxide Partial Pressure (P_{ET}CO₂) monitoring in the quality and prognosis assessment of Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) in emergency department, so as to provide a reference for clinical termination of CPR. **Method** A total of 62 patients suffered from cardiac arrest and admitted to the emergency department were divided into a return of spontaneous circulation group (ROSC group) of 32 cases and a non return of spontaneous circulation group (non-ROSC group) of 30 cases according to their resuscitation results, and their general information and P_{ET}CO₂ values at different time points were compared between the two groups. Then the patients in the ROSC group were divided into a survival group and a death group according to their survival conditions at 7 days and 28 days after resuscitation, and the P_{ET}CO₂ values at different time points were compared between the two groups. Finally, the ROC curve was plotted and the optimal cutoff values predicting ROSC, 7 days and 28 days survival rates were obtained according to the Youden index. **Results** There were statistically significant differences in the place of onset, duration of CPR, cumulative doses of epinephrine and 5% sodium bicarbonate between the ROSC group and the non-ROSC group (all $P<0.05$), and there were statistically significant differences in the P_{ET}CO₂ values between the two groups at various time points after undergoing CPR for 10 min or longer (all $P<0.05$); when undergoing CPR within 30 min, the area under the ROC curve of ROSC predicted by P_{ET}CO₂ value at 20 min of CPR was the largest (AUC=0.982, 95% CI:0.955—1.000), the optimal cutoff value was 16.5 mmHg, the sensitivity and specificity were 93.8% and 96.7% respectively, and the Youden index was 0.904. There were statistically significant differences in the P_{ET}CO₂ values between the 7 days survival group and the death group after ROSC at the point of ROSC, 15 min or longer of CPR (all $P<0.05$); at 20 min of CPR, P_{ET}CO₂ predicted the largest area under the curve of 7 days survival rate after ROSC (AUC=0.882, 95% CI:0.739—1.000), the optimal cutoff value was 30 mmHg, the sensitivity and specificity were both 83.3%, and the Youden index was 0.667. There were statistically significant differences in the P_{ET}CO₂ values between the 28 days survival group and the death group after ROSC at the point of ROSC, 10 min or longer of CPR (all $P<0.05$); at 50 min of CPR, P_{ET}CO₂ predicted the largest area under the curve of 28 days survival rate after ROSC (AUC=0.893, 95% CI:0.764—1.000), the optimal cutoff value was 27.5 mmHg, the sensitivity and specificity were 100% and 73.3% respectively, and the Youden index was 0.733. **Conclusion** P_{ET}CO₂ monitoring can guide emergency nurses to evaluate the quality of CPR in patients suffered from cardiac arrest, and can be used as an important indicator to predict the clinical outcomes of patients.

Key words: emergency department; cardiac arrest; cardiopulmonary resuscitation; end-tidal carbon dioxide partial pressure; return of spontaneous circulation; quality of resuscitation; clinical outcome

作者单位:中国科学技术大学附属第一医院(安徽省立医院)1.

急诊医学科 2. 护理部(安徽 合肥, 230001)

徐伟,男,硕士,主管护师

通信作者:程宝珍,cbzcbzxv@126.com

收稿:2023-07-20;修回:2023-09-26

我国每年心脏骤停人数超过 103 万^[1]。心肺复苏术(Cardiopulmonary Resuscitation, CPR)是心脏骤停后最重要的紧急救治措施,高质量的 CPR 不仅可以提高抢救成功率,还能改善患者的预后,而如何

快速、准确、持续监测 CPR 质量显得极其重要^[2]。呼气末二氧化碳分压(End-tidal Carbon Dioxide Partial Pressure, P_{ET}CO₂)是指呼气末呼出气中 CO₂ 的浓度,主要由 CO₂ 产生量、肺泡通气/血流比值、心排量决定,它可以及时、准确地反映患者呼吸、循环功能以及代谢状态^[3],作为预测自主循环恢复(Return of Spontaneous Circulation, ROSC)的重要指标已引起国内外学者的广泛关注^[2,4-5]。由于 P_{ET}CO₂ 监测仪器设备不足及护理人员相关知识缺乏等原因,导致该项技术并未引起急诊护理人员重视且未在急诊科广泛应用。本研究拟通过监测急诊科心脏骤停患者 CPR 过程中 P_{ET}CO₂ 值的动态变化,帮助急诊护理人员动态评估复苏效果并分析 P_{ET}CO₂ 值对 ROSC 者短期生存率的预测价值,以及探索不同时间节点 P_{ET}CO₂ 目标值,为终止 CPR 提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究为前瞻性观察性研究。选择 2022 年 1 月至 2023 年 7 月我院急诊科收治的心脏骤停且行 CPR 的成年患者作为研究对象。纳入标准:在急诊科行 CPR;年龄≥18 岁;临床资料完整;有气管插管且配备 P_{ET}CO₂ 监测仪;非 ROSC 患者 P_{ET}CO₂ 监测时间≥60 min,ROSC 患者 P_{ET}CO₂ 监测时间≥90 min。排除标准:孕妇;亲属或代理决策者中途放弃抢救者;未采集到 P_{ET}CO₂ 值或数据采集不完整者。本研究共纳入 62 例患者。

1.2 方法

1.2.1 抢救及监测方法 按照 AHA 2020 年心肺复苏指南^[6]立即实施 CPR,建立气管插管并实施机械通气(呼吸机型号:迈瑞 SV800),将 P_{ET}CO₂ 监测仪连接在呼吸机管道与气管导管连接处,全程监测 P_{ET}CO₂ 值。同时连接监护仪(迈瑞深圳 Bene Vision N17),收集患者心律、心率、血压、外周血氧饱和度等生理指标。

1.2.2 观察指标 ROSC 判断标准^[7]是在无心脏按压状态下,可触及患者的大动脉搏动或监测到有创动脉血压波形;持续 ROSC^[8]是指患者恢复自主心律,收缩压>50 mmHg 且维持时间>20 min。①根据复苏结果将患者分为 ROSC 组和非 ROSC 组。收集两组患者性别、年龄、合并疾病、心脏骤停原因、初始心律等一般临床资料;记录各项抢救措施,包括心脏骤停时间、CPR 持续时间、气管插管时间、除颤次数、肾上腺素及碳酸氢钠使用剂量、补液量;记录两组患者即时(插管后首次监测)、5 min、10 min、15 min、20 min、25 min、30 min、40 min、50 min、60 min 的 P_{ET}CO₂ 值。②根据 ROSC 后患者 7 d 及 28 d 的结局分为生存组和死亡组,记录两组患者即时、5 min、10 min、15 min、20 min、25 min、30 min、40 min、50 min、60 min、70 min、80 min、90 min、ROSC 瞬时的 P_{ET}CO₂ 值。

1.2.3 统计学方法 使用 SPSS25.0 软件进行统计描述、 χ^2 检验、*t* 检验、非参数检验;绘制受试者工作

特征曲线(ROC),计算曲线下面积(AUC)。分析不同时间节点 P_{ET}CO₂ 值对复苏结局的影响,以约登指数最大值所对应的 P_{ET}CO₂ 值作为判断是否出现 ROSC 及 7 d 和 28 d 生存的最佳截断值,并计算其特异度和灵敏度等。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 患者 ROSC 发生情况 62 例患者心脏骤停时间 1.0 (1.0, 20.0) min;经积极抢救后 32 例(51.61%)恢复自主循环(ROSC 组),CPR 时间 10.5 (6.3, 18.0) min;30 例(48.39%)未恢复自主循环(非 ROSC 组),CPR 时间 87.5 (63.3, 101.5) min。不同特征患者 ROSC 情况比较,见表 1。

表 1 不同特征患者 ROSC 情况比较

项目	ROSC (<i>n</i> = 32)	非 ROSC (<i>n</i> = 30)	<i>t</i> / χ^2	<i>P</i>
性别(例)			0.522	0.470
男	24	20		
女	8	10		
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	64.28±17.18	66.07±13.33	0.445	0.651
发病地点(例)			9.239	0.002
急诊科	23	10		
院外	9	20		
心脏骤停原因(例)			2.498	0.114
心源性	6	11		
非心源性	26	19		
初始心律(例)			1.350	0.245
可除颤心律	8	4		
不可除颤心律	24	26		
合并疾病(例)				
呼吸系统疾病	12	8	0.832	0.362
心血管疾病	14	16	0.569	0.450
糖尿病	5	7	0.589	0.443
恶性肿瘤	3	10	5.363	0.021
其他	8	9	0.195	0.659

2.2 ROSC 组与非 ROSC 组抢救措施比较 见表 2。

2.3 ROSC 组与非 ROSC 组患者复苏不同时间 P_{ET}CO₂ 值比较 见表 3。

2.4 不同时间节点 P_{ET}CO₂ 值预测 ROSC 的 ROC 曲线 分析 62 例心脏骤停患者在复苏过程中不同时间点 P_{ET}CO₂ 值对 ROSC 的预测价值,ROC 曲线显示,复苏 30 min 内,CPR 20 min 时 P_{ET}CO₂ 值预测患者 ROSC 的曲线下面积最大(AUC = 0.982, 95%CI: 0.955~1.000),最佳截断值为 16.5 mmHg,其敏感度和特异度分别为 93.8% 和 96.7%,约登指数 0.904;复苏 30 min 后,CPR 60 min 时 P_{ET}CO₂ 值预测患者 ROSC 的曲线下面积最大(AUC = 0.996, 95%CI: 0.988~1.000),最佳截断值为 14 mmHg,其敏感度和特异度分别为 93.8% 和 100%,约登指数 0.938。

2.5 ROSC 后 7 d 生存结局 ROSC 组中 8 例患者因转院未收集到预后相关信息,予以剔除,剩余 24 例患者 ROSC 后 7 d 生存组和死亡组各 12 例,两组复苏不同时间 P_{ET}CO₂ 值比较,见表 4。

表 2 ROSC 组与非 ROSC 组抢救措施比较

$M(P_{25}, P_{75})$

组别	例数	心脏骤停 时间(min)	CPR 持续 时间(min)	气管插管 时间(min)	除颤次数 (次)	肾上腺素 使用剂量(mg)	5%碳酸氢钠 使用剂量(mL)	补液量 (mL)
ROSC 组	32	1.0(1.0,4.5)	10.5(6.3,18.0)	2.5(2.0,4.8)	0(0,0.8)	2.0(1.0,4.8)	125.0(0,250.0)	780.0(262.0,1693.0)
非 ROSC 组	30	1.0(1.0,22.5)	87.5(63.3,101.5)	3.0(1.5,5.0)	0(0,0)	4.5(3.0,5.0)	250.0(125.0,250.0)	750.0(255.0,1027.0)
<i>Z</i>		2.725	5.954	4.490	1.114	3.366	4.797	0.127
<i>P</i>		0.006	<0.001	0.653	0.265	<0.001	<0.001	0.899

表 3 ROSC 组与非 ROSC 组患者复苏不同时间 $P_{ET}CO_2$ 值比较

mmHg, $M(P_{25}, P_{75})$

组别	例数	即时	5 min	10 min	15 min	20 min
ROSC 组	32	15.0(13.0,19.5)	17.5(15.0,22.5)	22.0(19.0,26.0)	26.0(19.5,32.5)	27.0(20.5,34.5)
非 ROSC 组	30	16.0(14.0,17.0)	17.0(16.0,18.0)	15.0(14.0,17.0)	14.0(12.0,15.0)	12.0(10.0,14.0)
<i>Z</i>		0.424	0.880	5.722	6.244	6.522
<i>P</i>		0.671	0.379	<0.001	<0.001	<0.001

组别	例数	25 min	30 min	40 min	50 min	60 min
ROSC 组	32	27.0(19.5,36.0)	28.0(20.5,35.5)	26.0(22.0,34.0)	27.5(20.5,35.0)	26.5(19.0,32.5)
非 ROSC 组	30	10.5(9.0,12.0)	9.0(8.0,10.0)	8.0(6.0,10.0)	6.0(4.0,8.0)	5.0(0,6.0)
<i>Z</i>		6.530	6.513	6.620	6.666	6.727
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:1 mmHg=0.133 kPa。

表 4 ROSC 后 7 d 生存组与死亡组复苏不同时间 $P_{ET}CO_2$ 值比较

mmHg, $M(P_{25}, P_{75})$

组别	例数	即时	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
生存组	12	8.0(6.0,10.0)	17.5(15.0,24.3)	26.5(21.5,28.0)	33.5(28.5,37.3)	34.5(31.3,39.0)	36.0(30.8,40.0)	35.5(30,37.8)
死亡组	12	7.5(4.3,8.8)	20.0(14.3,23.8)	20.5(17.5,25.8)	22.0(17.3,26.8)	21.5(17.0,28.0)	20.0(16.5,26.3)	21.0(17.3,27.8)
<i>Z</i>		1.139	0.204	1.709	2.977	3.181	3.008	3.004
<i>P</i>		0.255	0.838	0.087	0.003	0.001	0.003	0.003

组别	例数	40 min	50 min	60 min	70 min	80 min	90 min	ROSC 时
生存组	12	34.0(31.3,37.0)	35.0(28.5,36.8)	32.5(28.3,37.0)	34.0(30.3,36.0)	33.5(27.3,35.5)	35.0(27.8,36.0)	27.0(26.0,34.8)
死亡组	12	22.5(17.0,26.0)	20.5(17.3,26.3)	19.0(16.3,25.5)	18.5(12.8,26.8)	19.5(13.3,26.3)	18.5(10.8,25.8)	24.0(20.0,26.0)
<i>Z</i>		3.124	3.065	2.951	3.294	3.129	3.123	2.354
<i>P</i>		0.002	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002	0.019

2.6 不同时间节点 $P_{ET}CO_2$ 值预测 ROSC 后 7 d 生存率的 ROC 曲线 分析 24 例 ROSC 患者在复苏过程中不同时间节点的 $P_{ET}CO_2$ 值对 7 d 生存率的预测价值,ROC 曲线显示,CPR 20 min 时 $P_{ET}CO_2$ 值预测 ROSC 后 7 d 生存率的曲线下面积最大(AUC=0.882,95%CI:0.739~1.000),最佳截断值为 30

mmHg,其敏感度和特异度均为 83.3%,约登指数 0.667。

2.7 ROSC 后 28 d 生存结局 ROSC 后 28 d 生存组和死亡组分别 9 例和 15 例,两组复苏不同时间 $P_{ET}CO_2$ 值比较,见表 5。

表 5 ROSC 后 28 d 生存组与死亡组复苏不同时间 $P_{ET}CO_2$ 值比较

mmHg, $M(P_{25}, P_{75})$

组别	例数	即时	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
生存组	9	8.0(6.0,10.0)	17.0(15.0,23.5)	27.0(22.0,32.0)	34.0(31.5,41.5)	35.0(31.5,41.5)	36.0(31.5,41.5)	36.0(31.0,40.0)
死亡组	15	8.0(5.0,9.0)	22.0(15.0,24.0)	21.0(19.0,26.0)	23.0(18.0,27.0)	22.0(17.0,31.0)	20.0(17.0,32.0)	22.0(18.0,31.0)
<i>Z</i>		0.965	0.181	2.005	3.373	3.016	2.838	2.894
<i>P</i>		0.335	0.857	0.045	0.001	0.003	0.005	0.004

组别	例数	40 min	50 min	60 min	70 min	80 min	90 min	ROSC 时
生存组	9	34.0(31.5,38.0)	36.0(30.0,38.5)	33.0(29.0,37.0)	34.0(30.5,36.5)	34.0(30.5,36.5)	35.0(30.5,37.0)	27.0(26.0,36.0)
死亡组	15	23.0(17.0,32.0)	21.0(18.0,30.0)	19.0(17.0,29.0)	20.0(15.0,29.0)	22.0(14.0,27.0)	20.0(13.0,27.0)	24.0(20.0,26.0)
<i>Z</i>		2.958	3.166	2.779	2.985	3.171	3.046	2.581
<i>P</i>		0.003	0.002	0.005	0.003	0.002	0.002	0.010

2.8 不同时间节点 $P_{ET}CO_2$ 值预测 ROSC 后 28 d 生存率的 ROC 曲线 分析 24 例 ROSC 患者在复苏过程中不同时间节点的 $P_{ET}CO_2$ 值对 28 d 生存率的预测价值,ROC 曲线显示,CPR 50 min 时 $P_{ET}CO_2$ 值预测 ROSC 后 28 d 生存的曲线下面积最大(AUC=

0.893,95%CI:0.764~1.000),最佳截断值为 27.5 mmHg,其敏感度和特异度分别为 100.0% 和 73.3%,约登指数 0.733。

3 讨论

3.1 疾病状态与抢救措施对患者 ROSC 的影响 本

研究显示,院外心脏骤停患者 ROSC 率为 31.03%(9/29),显著低于院内的 69.70%(23/33),这与 Yan 等^[9]的研究结果一致;合并恶性肿瘤的患者 ROSC 率显著低于非肿瘤患者,这可能与肿瘤导致机能代谢增加、循环衰竭加重有关。心脏骤停时间越长,ROSC 率越低^[6],提示急诊医护人员应尽早实施高质量 CPR,以提升 ROSC 率。非 ROSC 组 5%碳酸氢钠和肾上腺素使用剂量显著大于 ROSC 组,这与 CPR 时间延长导致抢救用药增加有关。但使用大剂量肾上腺素可能会增加酸中毒的风险^[10]。

3.2 监测 P_{ET}CO₂ 可以作为精准的复苏质量监测指标 传统判断 ROSC 的方法是触摸颈动脉搏动,但该方法需要中断胸外按压,中断时间过长势必会影响患者的复苏结局。近年来,有创动脉血压、冠状动脉灌注压、中心静脉氧饱和度逐渐成为临床监测复苏质量的重要指标^[11-12],但均需要进行动静脉置管,在 CPR 期间置管相对困难,不仅耗时较长,且可能因为置管中断按压而降低胸外按压比值。因此,对于急诊护理人员而言,选择一种操作简便、准确快速、安全无创的复苏质量监测指标显得尤为重要。研究表明,P_{ET}CO₂ 可以间接评估心输出量,二者呈正相关关系^[13-14]。本研究所有患者均在插管后立即监测到 P_{ET}CO₂ 波形及数值,替代了听诊双肺呼吸音等传统判断气管插管是否在位的方法。本研究结果显示,复苏 10 min 后,ROSC 组的 P_{ET}CO₂ 值持续显著高于非 ROSC 组(均 $P<0.05$)。目前国内外专家对于复苏过程中具体 P_{ET}CO₂ 目标值或最佳截断值观点尚不一致^[15-19],但可以确定的是,P_{ET}CO₂ 持续降低或维持低水平状态表明复苏质量不佳。若首次监测值为 0 时,急诊护理人员需再次确认气管插管是否在位;若复苏起始阶段 P_{ET}CO₂ 值持续较低时,需及时调整复苏策略,如调整按压深度、频率等;若该值突然升高,提示患者可能发生 ROSC,既减少急诊护理人员因频繁判断是否 ROSC 而中断按压,也避免了不必要的持续胸外心脏按压^[5,15];若患者 ROSC 后 P_{ET}CO₂ 值陡降,需警惕患者再次发生心脏骤停。因此,P_{ET}CO₂ 监测可以为急诊护理人员提供复苏质量反馈,需引起高度重视并建议在 CPR 全程监测。

3.3 监测 P_{ET}CO₂ 有助于判断患者的复苏结局 本研究 ROC 曲线结果显示,复苏 60 min 时的 P_{ET}CO₂ 值反映 ROSC 的 AUC 最大,截点值为 14 mmHg,但是在实际临床护理工作中,复苏时间超过 30 min 后仍未 ROSC 时预示患者复苏成功率极低,临床即考虑终止复苏^[20]。因此,在复苏最初的 30 min 内,20 min 时的 P_{ET}CO₂ 值反映 ROSC 的 AUC 最大,最佳截断值为 16.5 mmHg,表明若实施高质量 CPR 20 min 后 P_{ET}CO₂ 值未达到 16.5 mmHg,则预示患者 ROSC 的

可能性较小。观察 ROC 曲线可以发现,CPR 20 min 时的 P_{ET}CO₂ 值反映 ROSC 后 7 d 生存率的 AUC 最大,最佳截断值为 30 mmHg,表明实施高质量 CPR 20 min 后 P_{ET}CO₂ 值未达到 30 mmHg,则预示患者 7 d 生存率较低。观察 ROC 曲线可以发现,CPR 50 min 时的 P_{ET}CO₂ 值反映 ROSC 后 28 d 生存率的 AUC 最大,最佳截断值为 27.5 mmHg,表明实施高质量 CPR 50 min 后 P_{ET}CO₂ 值未达到 27.5 mmHg,则预示患者 28 d 生存率较低。因此,在复苏过程中通过观察 P_{ET}CO₂ 值的变化,可以帮助急诊护理人员评估患者复苏结局以及预测生存状况。

4 结论

本研究发现,P_{ET}CO₂ 监测能为急诊护理人员提供动态、直观、灵敏、无创的复苏质量反馈,为急诊医护人员决定是否继续对心脏骤停患者开展抢救工作提供了指导。建议对在高质量 CPR 时仍持续低 P_{ET}CO₂ 水平状态患者进行急诊医疗资源的合理配置。本研究为单中心研究且样本量较少、并未分析疾病和抢救措施等因素对复苏结局的影响,且未对院前心脏骤停患者进行 P_{ET}CO₂ 监测。今后可加大样本量剖析相关影响因素,并对本研究结论进行外部验证;同时将该技术延伸到院前急救,以便更好地指导院前急救医护人员开展救治工作。

参考文献:

[1] Xie X, Zheng J, Zheng W, et al. Efforts to improve survival outcomes of out-of-hospital cardiac arrest in China: BASIC-OHCA [J]. Circ Cardiovasc Qual Outcomes, 2023,16(2):e008856.

[2] 吕月,章慧斌. 心搏骤停患者心肺复苏过程中呼气末二氧化碳分压的比较[J]. 解放军医学杂志,2017,42(6):571-572.

[3] 代恒茂,明伟,周志强,等. 呼气末二氧化碳分压监测在全麻拔管后苏醒期患者中的应用[J]. 护理学杂志,2022,37(12):36-38.

[4] Caro-Alonso P Á, Rodríguez-Martin B. The end-tidal carbon dioxide as an early sign and predictor of the return of spontaneous circulation during out-of-hospital cardiac arrest. A systematic review [J]. Rev Esp Salud Publica, 2021,95:e202104068.

[5] 李晨,徐军,吴杨鹏,等. 心肺复苏质量指数对复苏患者预后的评估价值[J]. 中华急诊医学杂志,2019,28(2):190-194.

[6] Panchal A R, Bartos J A, Cabanas J G, et al. Part 3: adult basic and advanced life support: 2020 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care [J]. Circulation, 2020,142(16_suppl_2):S366-S468.

[7] Minissian M B, Kilpatrick S, Eastwood J A, et al. Association of spontaneous preterm delivery and future maternal cardiovascular disease [J]. Circulation, 2018,137(8):865-871.

- [8] Nolan J P, Berg R A, Andersen L W, et al. Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: update of the Utstein Resuscitation Registry Template for in-hospital cardiac arrest: a consensus report from a task force of the International Liaison Committee on Resuscitation[J]. *Circulation*, 2019, 140(18): e746-e757.
- [9] Yan S, Gan Y, Jiang N, et al. The global survival rate among adult out-of-hospital cardiac arrest patients who received cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 61.
- [10] Lin Q M, Fang X S, Zhou L L, et al. Changes of end-tidal carbon dioxide during cardiopulmonary resuscitation from ventricular fibrillation versus asphyxial cardiac arrest[J]. *World J Emerg Med*, 2014, 5(2): 116-121.
- [11] Tsao C W, Aday A W, Almarzooq Z I, et al. Heart disease and stroke statistics—2022 update: a report from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2022, 145(8): e153-e639.
- [12] Mancini M E, Diekema D S, Hoadley T A, et al. Part 3: ethical issues: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2015, 132(18 Suppl 2): S383-396.
- [13] Toupin F, Clairoux A, Deschamps A, et al. Assessment of fluid responsiveness with end-tidal carbon dioxide using a simplified passive leg raising maneuver: a prospective observational study[J]. *Can J Anaesth*, 2016, 63(9): 1033-1041.
- [14] 王飞, 徐亮, 王斌, 等. 连续呼气末二氧化碳监测在心肺复苏患者中应用价值研究[J]. *创伤与急危重病医学*, 2020, 8(6): 446-449.
- [15] 张春艳, 池菲, 梁建琴, 等. 呼气末二氧化碳在心肺复苏中的临床价值[J]. *中国医刊*, 2021, 56(11): 1207-1210.
- [16] Poppe M, Stratil P, Clodi C, et al. Initial end-ital carbon dioxide as a predictive factor for return of spontaneous circulation in nonshockable out-of-hospital cardiac arrest patients: a retrospective observational study[J]. *Eur J Anaesthesiol*, 2019, 36(7): 524-530.
- [17] Singer A J, Nguyen R T, Ravishankar S T, et al. Cerebral oximetry versus end tidal CO₂ in predicting ROSC after cardiac arrest[J]. *Am J Emerg Med*, 2018, 36(3): 403-407.
- [18] Sun K F, Poon K M, Lui C T, et al. Clinical prediction rule of termination of resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest patient with pre-hospital defibrillation given[J]. *Am J Emerg Med*, 2021, 50: 733-738.
- [19] 孙峰, 李晨, 付阳阳, 等. 连续监测呼气末二氧化碳分压对院内复苏结果的预测价值: 针对一项多中心观察研究数据的二次分析[J]. *中华危重病急救医学*, 2018, 30(1): 29-33.
- [20] Goto Y, Funada A, Goto Y. Relationship between the duration of cardiopulmonary resuscitation and favorable neurological outcomes after out-of-hospital cardiac arrest: a prospective, nationwide, population-based cohort study[J]. *J Am Heart Assoc*, 2016, 5(3): e002819.

(本文编辑 韩燕红)

(上接第 22 页)

- [11] Hu P, Yang Q, Kong L, et al. Relationship between the anxiety/depression and care burden of the major caregiver of stroke patients[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(40): e12638.
- [12] Kazemi A, Azimian J, Mafi M, et al. Caregiver burden and coping strategies in caregivers of older patients with stroke[J]. *BMC Psychol*, 2021, 9(1): 51.
- [13] 汪苗, 徐红, 周海晏. 脑卒中偏瘫患者照顾者睡眠质量、照顾负担与心理弹性的关系[J]. *护理学杂志*, 2017, 32(9): 56-59.
- [14] Jaracz K, Grabowska-Fudala B, Górna K, et al. Caregiving burden and its determinants in Polish caregivers of stroke survivors[J]. *Arch Med Sci*, 2014, 10(5): 941, 950.
- [15] Camak D J. Addressing the burden of stroke caregivers: a literature review[J]. *J Clin Nurs*, 2015, 24(17-18): 2376-382.
- [16] Thunyanadee C, Sitthimongkol Y, Sangon S, et al. Predictors of depressive symptoms and physical health in caregivers of individuals with schizophrenia[J]. *Nurs Health Sci*, 2015, 17(4): 412-419.
- [17] Unsar S, Erol O, Ozdemir O. Caregiving burden, depression, and anxiety in family caregivers of patients with cancer[J]. *Eur J Oncol Nurs*, 2021, 50: 101882.
- [18] McCullagh E, Brigstocke G, Donaldson N, et al. Determinants of caregiving burden and quality of life in caregivers of stroke patients[J]. *Stroke*, 2005, 36(10): 2181-2186.
- [19] 韩晓燕, 王卫亮, 侯芳, 等. 脑卒中家庭肠内营养患者主要照顾者负担现状及影响因素[J]. *重庆医学*, 2018, 47(3): 377-380.
- [20] Rusu P P, Hilpert P, Falconier M, et al. Economic strain and support in couple: the mediating role of positive emotions[J]. *Stress Health*, 2018, 34(2): 320-330.
- [21] Chen M, Gong J, Cao Q, et al. A literature review of the relationship between dyadic coping and dyadic outcomes in cancer couples[J]. *Eur J Oncol Nurs*, 2021, 54: 102035.
- [22] Yurkiw J, Johnson M D. Perceived stress, supportive dyadic coping, and sexual communication in couples[J]. *J Soc Pers Relat*, 2021, 38(5): 1729-1737.
- [23] 汪姐含, 杨超. 压力与适应理论在肝硬化代偿期病人护理中的应用效果评价[J]. *全科护理*, 2020, 18(6): 742-743, 749.
- [24] 张文海, 卢家楣. 情绪调节的理论观点、相关模型及其展望[J]. *心理科学*, 2012, 35(6): 1474-1477.
- [25] Yarelahi M, Karimi M, Asadollahi A. Dose spouses' coping skills promote qol and dyadic coping of menopausal women? [J]. *Women Health*, 2021, 61(5): 431-439.

(本文编辑 宋春燕)