

早期血压监测和干预对院外心搏骤停体外心肺复苏患者结局的影响

宋晓东¹ 黄明君¹ 李军¹ 郭航¹ 罗焱¹ 陶晋¹ 胡悦朋¹ 张强¹ 贾新雅¹
杨柳¹ 张唐娟¹ 窦冬青¹ 曹建良¹ 赵晖² 曹耿磊² 阚亚柏² 李杏杏² 兰超¹
¹ 郑州大学第一附属医院郑东院区急救中心, 郑州 450046; ² 郑州大学第一附属医院
院体外支持中心, 郑州 450046
通信作者: 兰超, Email: lanchao29@163.com

【摘要】目的 探讨院外心搏骤停 (out-of-hospital cardiac arrest, OHCA) 患者行体外心肺复苏 (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR) 时, 早期建立有创动脉血压监测及干预对患者出院存活率及神经功能预后的影响。**方法** 采用回顾性队列研究设计, 纳入郑州大学第一附属医院急诊抢救室 2021 年 1 月至 2023 年 1 月收治的 OHCA 并行 ECPR 救治的患者。根据电子病历系统记录的有创血压监测建立时间分组, 早期监测干预组: ECMO 转流开始后 3 min 内完成有创血压监测; 晚期干预组: 入 ICU 后完成监测。比较两组基线资料、ECMO 治疗相关指标及预后指标。采用多因素 Logistic 回归 (调整年龄、初始心律等) 分析生存预测因素, Spearman 检验评估与脑功能评分 (cerebral performance category, CPC) 的相关性。**结果** 本研究共纳入 44 例 OHCA 并行 ECPR 救治患者, 分为早期干预组 23 例和晚期干预组 21 例。早期干预组出院存活率高于晚期干预组 (43.5% vs. 9.5%, $P < 0.05$), 良好神经功能预后 (CPC 1~2 级) 比例更高 (34.8% vs. 9.5%, $P < 0.05$)。多因素分析证实早期干预是出院存活率的独立预测因素 (调整后 $OR = 18.84$, 95% $CI: 1.97 \sim 179.98$, $P = 0.01$); 且按基线 pH 分层 (截断值 7.0) 的分析显示, 早期干预在 $pH > 7.0$ 亚组 ($aOR = 0.392$, 95% $CI: 0.106 \sim 0.678$) 与 $pH \leq 7.0$ 亚组 ($aOR = 0.385$, 95% $CI: 0.075 \sim 0.695$) 均显著改善预后 (交互作用 $P = 0.183$)。相关性分析显示早期血压监测和干预是 CPC 评分的保护性因素 ($\rho = 0.40$, $P = 0.007$)。**结论** 对 OHCA 行 ECPR 的患者, 早期建立有创血压监测并干预可显著提高存活率并改善神经功能预后, 可作为 ECPR 标准化流程的推荐措施。

【关键词】 体外膜肺氧合; 院外心搏骤停; 体外心肺复苏; 早期有创血压监测; 回顾性队列研究

基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFC2501800); 河南省医学科技攻关计划省部共建重点项目 (SBGJ202102155); 河南省重点研发专项 (251111311700)

DOI: 10.3760/cma.j.cn114656-20241122-00812

Impact of early invasive blood pressure monitoring on outcomes in out-of-hospital cardiac arrest patients undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation

Song Xiaodong¹, Huang Mingjun¹, Li Jun¹, Guo Hang¹, Luo Yao¹, Tao Jin¹, Hu Yuepeng¹, Zhang Qiang¹,
Jia Xinya¹, Yang Liu¹, Zhang Tangjuan¹, Dou Dongqing¹, Cao Jianliang¹, Zhao Hui², Cao Genglei²,
Kan Yabai², Li Xingxing², Lan Chao¹

¹Emergency Center, Zhengdong Campus of the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450046, China; ²Extracorporeal Life Support Center, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450046, China

Corresponding author: Lan Chao, Email: lanchao29@163.com

【Abstract】Objective To investigate the impact of early invasive arterial blood pressure (IBP) monitoring on survival and neurological outcomes in out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) patients

undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR). **Methods** This retrospective cohort study analyzed 44 OHCA patients receiving ECPR between January 2021 and January 2023. Patients were divided into: Early intervention group: IBP established within 3 min of ECMO initiation; Late intervention group: IBP established after ICU admission. Baseline characteristics, ECMO parameters, and clinical outcomes were compared. Multivariable logistic regression (adjusted for age, initial rhythm, etc.) and Spearman's correlation were used. **Results** This study included a total of 44 patients treated with OHCA and ECPR, divided into an early intervention group of 23 cases and a late intervention group of 21 cases. The early intervention group showed significantly higher: Survival to discharge (43.5% vs. 9.5%, $P < 0.05$), Good neurological recovery (CPC 1-2: 34.8% vs. 9.5%, $P < 0.05$). Early intervention independently predicted survival (adjusted $OR = 18.84$, 95% CI : 1.97-179.98, $P = 0.01$). Stratified analysis by pH (cutoff 7.0) demonstrated consistent benefits in both $pH > 7.0$ ($aOR = 0.392$, 95% CI : 0.106-0.678) and $pH \leq 7.0$ subgroups ($aOR = 0.385$, 95% CI : 0.075-0.695; interaction $P = 0.183$). Early IBP positively correlated with CPC scores ($\rho = 0.40$, $P = 0.007$). **Conclusions** Early IBP monitoring significantly improves survival and neurological outcomes in OHCA-ECPR patients, supporting its integration into standardized protocols.

【 Keywords 】 Extracorporeal membrane oxygenation; Out-of-hospital cardiac arrest; Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation; Early invasive blood pressure monitoring; Retrospective cohort study

Fund programs: National Key Research and Development Program(2021YFC2501800); Henan Province Medical Science and Technology Research Plan Key Project of Provincial and Ministerial Cooperation (SBGJ202102155); Key Research and Development Project of Henan Province (251111311700)

DOI: 10.3760/cma.j.cn114656-20241122-00812

心脏骤停 (cardiac arrest, CA) 是全球重大公共卫生挑战之一。根据国际复苏联络委员会 (ILCOR) 2023 年报告, 全球院外心脏骤停 (out-of-hospital cardiac arrest, OHCA) 的年发病率为 (40.8~100.2) /10 万, 但生存率仅 1.8%~11.0%^[1]。我国 BASIC-OHCA 登记研究显示, OHCA 患者的自主循环恢复 (restoration of spontaneous circulation, ROSC) 率、出院存活率和良好神经功能预后 (脑功能表现分级 CPC 1~2 级) 分别仅为 5.98%、1.15% 和 0.83%^[2], 显著低于发达国家水平。

体外心肺复苏 (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR) 为难治性 OHCA 提供了新希望。通过快速建立静脉-动脉体外膜肺氧合 (VA-ECMO), ECPR 能在心肺复苏期间提供更多的循环血量维持器官灌注, 其核心优势在于: 突破传统 CPR (conventional CPR, CCPR) 的流量限制; 为冠状动脉和脑组织提供氧合血^[3]。国际研究证实, ECPR 可将 OHCA 患者的良好神经功能预后提升至 14%~21%^[4-6], 但不同中心差异较大^[7], 提示技术标准亟待完善。

尽管 OHCA-ECPR 适应症的选择 (比如: 初始可除颤心率和 ECPR 患者的 ICU 监测管理 (比如: 平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP) ≥ 65

mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa) 已被广泛探讨^[8-9]。而 ECMO 启动至 ICU 转入期间的血流动力学监测标准仍属空白, 此阶段为机体缺血-再灌注的早期阶段。本研究将早期建立有创动脉血压监测和处理作为一种干预措施, 通过对本院 44 例抢救室 ECPR 患者进行回顾, 对比分析患者出院生存率及出院脑功能评分的差异, 为 OHCA-ECPR 的合理应用提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究为单中心回顾性队列研究, 连续纳入 2021 年 1 月至 2023 年 1 月郑州大学第一附属医院急诊抢救室收治的 OHCA 并行 ECPR 的成年患者。所有患者家属均签署 ECPR 知情同意书。所有患者需满足以下纳入标准: (1) 年龄 18~70 岁; (2) 心脏骤停时有目击者且接受旁观者心肺复苏, 无血流时间 < 5 min; (3) 持续传统心肺复苏 (CCPR) > 15 min 未恢复 ROSC, 或 ROSC 后出现血流动力学不稳定/反复 CA; (4) CA 至入院时间 < 30 min 且预计至 ECMO 转流成功时间 < 60 min; (4) 临床判断病因可逆 (如心源性、肺栓塞等); (5) ECMO 置管前动脉血乳酸 < 18 mmol/L。排除标准: (1) 存在

不可逆性脑损伤（大面积脑梗死/出血）；(2) 终末期疾病（肿瘤晚期、多器官衰竭）；(3) 活动性大出血（创伤性、消化道或颅内）；(4) 患者/家属明确拒绝积极治疗；(5) 心脏超声证实严重主动脉瓣反流（反流面积 $>5 \text{ cm}^2$ ）。本研究经郑州大学第一附属医院科研和临床试验伦理委员会批准（批准文号：2024-KY-2087），豁免知情同意。患者纳入流程图见图 1。

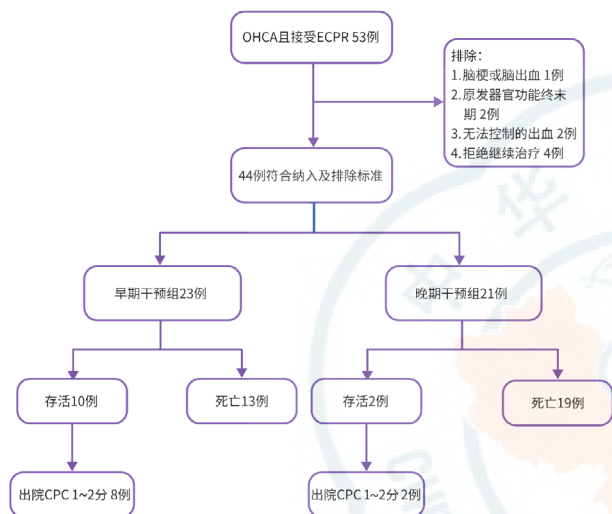


图 1 纳入患者流程图

Fig 1 Flowchart of included patients

1.2 研究分组

根据有创动脉血压监测（invasive arterial blood pressure, IBP）建立时机分为：早期干预组（ $n=23$ ）：ECMO 流量稳定（ $\geq 3 \text{ L/min}$ ）后 3 min 内，于超声引导下完成对侧股动脉 IBP 建立；晚期干预组（ $n=21$ ）：按常规流程转入 ICU 后建立 IBP，中位延迟时间 71(60, 80) min。

本研究患者 IBP 建立位置：ECMO 置管的对侧肢体股动脉（中心动脉）。相较于常规的桡动脉动脉血压监测，ECPR 患者进行对侧肢体股动脉（中心动脉）进行有创动脉血压具有更加快速，及时，可操作性等特点，ECPR 同期即可获得相关数据从而更早进行干预。

关于选择 IBP 理由，因为相关研究已经证实：对于危重患者，IBP 和袖套法的无创血压存在巨大差异^[10]，无创血压的准确性受到多项研究质疑^[11]。中心有创血压可以更准确反应患者真实血压，相对无创血压监测可以减少对低血压的误判，两者差值 -1.0 mmHg （ $\pm 10.2 \text{ mmHg}$, $-21.0 \sim 18.9 \text{ mmHg}$ ）^[12]。同时实际临床工作中，ECPR 早期心脏经常要经历无电活动，无脉电活动，室速，室颤等阶段，基

于 CA 时的病理生理特点，如心脏泵血功能严重受损、外周循环灌注不足等，美国心脏协会（American Heart Association, AHA）建议使用 IBP 监测复苏工作^[13]。

1.3 ECPR 实施流程

急救人员（emergency medical services, EMS）到达前由目击者在急救医生电话指导下 CPR，EMS 到达后由医护人员进行高级生命支持，同时将患者转运至急救中心抢救室，同时电话呼叫 ECMO 团队进行 ECPR 适应证的评估、家属谈话签字及 ECMO 上机前准备（包括超声准备、穿刺备鞘、ECMO 设备准备及管道预充等）。ECPR 置管流程：消毒，铺巾，选取同侧或双侧股动静脉为穿刺点，采用改良的 Seldinger 技术，超声引导下股动静脉经皮穿刺插管。ECMO 机器使用德国 MAQUET 公司的 PLS 系统（Rotaflow 离心泵、PLS 套包），插管管路使用 Bio-Medicus 插管。ECMO 模式均为 V-A 模式。设置初始流速为 $3.0 \sim 4.0 \text{ L/min}$ 。

1.4 血压监测建立与干预

早期干预组：ECMO 转流后 2 min 内超声引导下在对侧股动脉完成血压穿刺置管和监测，目标血压：MAP ≥ 65 或收缩压（systolic pressure, SBP） $\geq 90 \text{ mmHg}$ 。具体血压调整及患者一般管理，如容量管理，内环境纠正，必要时血管活性药物应用，抗凝，抗感染等均按照国内及国际复苏联盟等指南进行^[14-16]。

晚期血压监测及干预：ECMO 转流后，根据临床需要决定是否建立下肢分流，管道消毒固定，CT 等影像检查，冠脉造影必要时冠脉介入治疗，转科入 ICU 后再建立有创动脉血压监测。目标血压：MAP $\geq 65 \text{ mmHg}$ 或 SBP $\geq 90 \text{ mmHg}$ 。余同早期干预组。

1.5 观察指标

主要指标：出院存活率，出院脑功能评分（cerebral performance category, CPC）。次要指标：入 ICU 时复苏后休克率，24 h 内循环崩溃率，6 个月患者存活率，6 个月 CPC。

复苏后休克：尽管有足够的液体负荷，但在 ROSC 后 MAP $<60 \text{ mmHg}$ 或收缩压低于 90 mmHg ，并且需要输注去甲肾上腺素或肾上腺素等血管活性药物应用^[17]。

循环崩溃：容量负荷充足，极量血管活性药物

应用下 MAP <60 mmHg, 脏器功能持续恶化, 或心搏无法维持, 无继续治疗价值。

1.6 统计学方法

本研究采用 SPSS 25.0 进行统计分析。计量资料经 Shapiro-Wilk 检验确认正态性, 符合正态分布者以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 非正态分布者以中位数 (四分位数) [$M(Q_1, Q_3)$] 表示, 采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数 (百分比) 表示, 根据样本量及理论频数选择卡方检验或 Fisher 确切概率法进行组间比较。采用 Spearman 相关分析评估有序变量间的相关性。多因素分析采用 Logistic 回归 (向前逐步法), 校正年龄、初始心律和乳酸水平等混杂因素, 计算调整比值比 (aOR) 及其 95% 置信区间 (CI)。

为验证基线差异 (如 pH 值) 对结果的潜在影响, 在多因素回归模型校正基础上, 进一步按 pH 值中位数分层分析, 并计算校正后 OR 值的 95% 置信区间一致性。所有统计检验均为双侧检验, $P < 0.05$ 认为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 患者筛选与基线资料

研究期间共 357 例 OHCA 患者就诊, 53 例接受 ECPR 治疗, 排除不符合标准的 9 例 (脑梗或脑出血 1 例; 原发器官功能终末期 2 例; 无法控制的出血 2 例; 拒绝继续治疗 4 例, 最终符合研究制定的纳入和排除标准的 ECPR 患者 44 例 (12.3%), 这与相关研究结果一致: OHCA 中符合 ECPR 标准的仅约 10%^[18]。早期干预组出院存活率 (43.5% vs. 9.5%) 及良好神经功能预后 (CPC 1~2 级: 34.8% vs. 9.5%) 显著优于晚期干预组 (均 $P < 0.05$)。两组基线资料除体重 [(74.0 \pm 8.1) kg vs. (67.5 \pm 12.0) kg, $P = 0.04$] 外, 均差异无统计学意义, 见表 1。

2.2 住院期间治疗及 ECMO 运行相关情况

两组在初始可电击心律 (47.8% vs. 76.2%, $P = 0.05$)、ECMO 前 pH 值 (7.1 vs. 6.9, $P = 0.03$) 差异有统计学意义。但 ECMO 操作时间、CA 至 ECMO 流量稳定时间等关键指标差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。值得注意的是, 早期干预组 ECPR 后至入 ICU 时间显著长于晚期组 (140 min vs. 71 min, $P < 0.001$), 见表 2。

2.3 ECPR 患者结局相关情况

早期干预组入 ICU 时休克率显著更低 (39.1%

表 1 早期干预组与晚期干预组患者基线资料比较
Table 1 Comparison of baseline characteristics between early and delayed intervention groups

项目	早期干预组 (n=23)	晚期干预组 (n=21)	$t/\chi^2/U$ 值	P 值
人口学特征				
男性 ^a	17 (73.9%)	16 (76.2)	0.03	0.862
年龄 (岁) ^b	56.0 (48.5, 65.5)	56.0 (47.0, 69.0)	240.50	0.981
身高 (cm) ^c	168.0 \pm 6.4	167.0 \pm 5.8	0.78	0.442
体重 (kg) ^c	74.0 \pm 8.1	67.5 \pm 12.0	2.15	0.041
BMI(kg/m ²) ^c	26.1 \pm 3.0	24.1 \pm 3.8	1.92	0.061
既往史 ^a				
糖尿病	4 (17.4)	8 (38.1)	2.37	0.124
高血压	9 (39.1)	10 (47.6)	0.32	0.570
心脏病	13 (56.5)	13 (61.9)	0.13	0.717
个人史 ^a				
心脏介入史	3 (13.6)	6 (28.6)	1.45	0.229
吸烟	12 (52.2)	10 (47.6)	0.09	0.763
酗酒	10 (43.5)	9 (42.9)	0.00	0.967
心梗导致 CA	16 (69.6)	15 (71.4)	0.02	0.892

注: ^a 为 (n, %), ^b 为 $M(Q_1, Q_3)$, ^c 为 ($\bar{x} \pm s$); BMI 为身体质量指数, CA 为心搏骤停

表 2 两组 ECPR 患者住院期间治疗措施及 ECMO 辅助参数比较

Table 2 Comparison of therapeutic interventions and ECMO support parameters in ECPR patients during hospitalization

项目	早期干预组 (n=23)	晚期干预组 (n=21)	$t/\chi^2/U$ 值	P 值
ECMO 上机前				
上机前 pH ^a	7.1 (6.8, 7.2)	6.9 (6.85, 7.0)	150.00	0.031
上机前 LAC(mmol/L) ^a	14.0 (10.1, 20.0)	15.0 (12.8, 15)	232.50	0.832
初始可电击心率 ^b	11 (47.8%)	16 (76.2%)	3.73	0.023
旁观者 CPR ^b	20 (87.0%)	17 (81.0%)	0.29	0.587
ECPR 前 ROSC ^b	5 (21.7%)	2 (9.5%)	-	0.246
CA 至 ECMO 启动时间 (min) ^a	30 (15, 42)	32 (21, 48.5)	211.50	0.481
ECMO 过程中				
ECMO 操作时间 (min) ^a	13 (10, 17)	13 (10, 29)	236.00	0.895
CA 至 ECMO 运行且流量稳定时间 (min) ^a	41 (31, 57)	42 (38, 62.5)	216.00	0.549
ECPR 后 ROSC ^b	19 (82.6)	18 (85.7)	-	0.553
联合治疗 ^b				
CAG 必要时 PCI	15 (78.9)	14 (70.0)	-	0.394
IABP	4 (17.4)	2 (9.5)	-	0.378
CRRT	3 (13)	3 (14.3)	-	0.622
住院时间 (d) ^a				
ECMO 运行时间 (h)	33 (6, 72)	9.5 (4, 380)	1.14	0.183
ECPR 后至入 ICU 时间 (min)	140 (105, 190)	71 (60, 80)	34.50	<0.001
住院时间 (d)	3 (1, 19)	1 (1, 2)	1.66	0.078

注: ^a 为 $M(Q_1, Q_3)$, ^b 为 (n, %); pH 为酸碱度, LAC 为乳酸, CAG 为冠状动脉造影术, PCI 为经皮冠状动脉介入治疗, ROSC 为自主循环恢复, IABP 为主动脉内球囊反搏, CRRT 为连续肾脏替代治疗

vs. 80.0%, $P = 0.007$), 但 24 h 内循环崩溃率无差异 (39.1% vs. 60.0%, $P = 0.172$), 见表 3, 两组共 21/44 (47.7%) 的患者出现 24 h 内循环崩溃而死亡或放弃治疗。

早期干预组出院存活率 (43.5% vs. 9.5%,

OR=7.31, 95%CI:1.37~38.97) 及出院 CPC 1~2 级比例 (34.8% vs. 9.5%) 均显著更高 (均 $P<0.05$)。模型调整后, 多因素分析显示早期干预 ($aOR=18.84$, 95%CI:1.97~179.98) 和初始可电击心律 ($aOR=16.76$, 95%CI:1.04~269.57) 是生存的独立预测因素。分层分析中, $pH>7.0$ 亚组 $aOR=0.392$ (0.106~0.678), $pH \leq 7.0$ 亚组 $aOR=0.385$ (0.075~0.695), 见表 4。为验证早期干预效果是否受基线酸中毒影响, 按 pH 值中位数 (7.0) 分层分析显示, 在 $pH>7.0$ 亚组中早期干预与生存显著相关 ($aOR=0.392$, 95%CI:0.106~0.678, $P=0.008$), $pH \leq 7.0$ 亚组仍存在获益趋势 ($aOR=0.385$, 95%CI:0.075~0.695, $P=0.019$; 交互作用不显著 $P=0.183$)。两组患者 6 个月的生存率和脑功能评分与出院时一致。

CPC 评分为等级资料, 采用 Spearman 等级资料的相关性检验, Spearman 检验显示, CPC 评分与早期干预 ($\rho=0.40$, $P=0.007$) 及上机前 pH ($\rho=0.34$, $P=0.026$), CPC 评分和上机前 pH 之间有相关关系, 但其相关性较与早期血压干预的相关性弱 ($0.34<0.40$), 见图 2。

表 3 ECPR 表 3 两组 ECPR 患者临床结局比较 (例, %)
Table 3 Comparison of clinical outcomes between two ECPR groups (n, %)

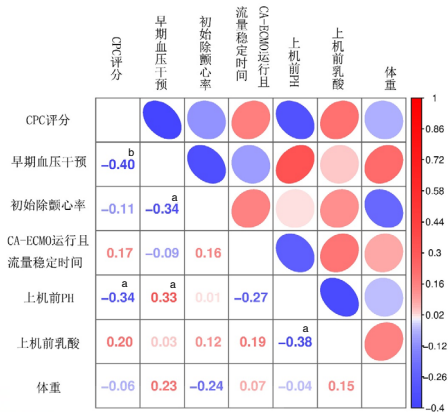
指标	早期干预组 (n=23)	晚期干预组 (n=21)	χ^2 值	P 值
入 ICU 时复苏后休克率	9(39.1)	16(80.0)	7.34	0.007
24 h 内循环崩溃率	9(39.1)	12(60.0)	1.87	0.172
出院存活率	10(43.5)	2(9.5)	Fisher	0.012
出院脑功能良好 (CPC 1~2)	8(34.8)	2(9.5)	3.99	0.044
6 个月存活率	8(34.8)	2(9.5)	3.99	0.04
6 个月脑功能良好 (CPC 1~2)	8(34.8)	2(9.5)	3.99	0.04

注: CPC 为脑功能分类评分, ICU 为重症监护病房

表 4 ECPR 患者出院生存率影响因素的多因素 Logistic 回归分析
Table 4 Multivariate logistic regression analysis of factors associated with survival to discharge in ECPR patients

项目	未调整 OR				调整 OR			
	OR	95%CI 下限	95%CI 上限	P 值	OR	95%CI 下限	95%CI 上限	P 值
早期血压监测及干预	7.31	1.37	38.97	0.020	18.84	1.97	179.98	0.011
初始可电击心律	2.05	0.47	0.06	0.343	16.76	1.04	269.57	0.047
CA-ECMO 运行且流量稳定时间 (min)	1.00	0.97	1.03	0.950				
上机前 pH	26.63	1.21	585.31	0.037	3.36	0.06	187.76	0.556
上机前乳酸 (mmol/L)	0.90	0.79	1.03	0.124				
体重 (kg)	1.02	0.96	1.09	0.647				

注: CA 为心搏骤停, ECMO 为体外膜肺氧合, OR 为比值比, CI 为置信区间



注: 数据为相关系数 (ρ), ^a 表示 $P<0.05$, ^b 表示 $P<0.05$; 早期血压干预 ($\rho=-0.40$, $P=0.007$) 和上机前 pH 值 ($\rho=-0.34$, $P=0.026$) 与 CPC 评分呈显著负相关

图 2 ECPR 患者 CPC 评分与临床指标的相关性分析 (Spearman 法)
Fig 2 Correlation analysis between CPC score and clinical indicators in ECPR patients (Spearman's test)

3 讨论

本研究通过单中心回顾性分析证实, OHCA-ECPR 患者在 ECMO 启动后早期建立有创血压监测并干预, 可显著提升出院存活率 (43.5% vs. 9.5%) 和良好神经功能预后 (CPC 1~2 级: 34.8% vs. 9.5%)。这一结果为 OHCA-ECPR 患者的精细管理提供了新的循证依据。

本研究明确了 ECPR 后早期血压管理的重要性。与以往那些关注心肺复苏过程中的血压管理的研究是一致的, 这些研究发现患者 CPR 期间 IBP 测量以及维持一定压力与患者 ROSC 和更高的出院存活率相关^[19-20]。然而, 对于 ECPR 患者, 以前的研究没有证明 OHCA-ECPR 早期血压管理与预后的关系。IBP 监测模块在国内抢救室可能不是常规配制, 同时对于 ECPR 患者, 医务人员更关注的是 ECPR 操作, 团队配合, ECPR 相关时间节点等^[21], 可以尽快通过 ECMO 恢复患者循环的因素, 因为众多研究已表明缩短低流量时间, 尽早恢复全身循环与患者良好结局密切相关^[22]。ECMO 替代了心脏泵血, 增加了全身灌注, 但血压的维持是一个综合的管理过程。本研究参照相关指南通过容量管理, 血管活性药物应用等手段维持 $MAP \geq 65$ mmHg。值得注意的是, 即使在严重酸中毒 ($pH \leq 7.0$) 的患者中, 早期血压监测仍显示出生存获益趋势 ($aOR=0.385$), 且与轻度酸中毒组 ($pH>7.0$) 的疗效无交互作用 ($P=0.183$), 即 pH 的高低对本研究主要结局指标无影响。包括大脑在内的多器官都是

压力灌注型器官,持续处于休克状态,器官功能或许很难改善。鉴于以上,本研究的结果支持将 IBP 测量及必要时干预作为 OHCA-ECPR 复苏过程过的参考指标。

CA 后综合征和 CA 缺氧性脑损伤是一个复杂的反应过程,涉及初始缺氧损伤、再灌注损伤、随后的氧化反应和凋亡反应之间的相互作用与患者的不良结局相关^[23-24]。而关于平均动脉压(MAP),脑灌注压(CePP),冠脉灌注压(CPP)的研究很多都是基于患者 ROSC 或者进入 ICU 后的目标血压管理^[25-26]。上文已经指出有少量研究已经关注到 CA 过程中血压管理对于 CA 患者的 ROSC,出院生存率和良好神经系统预后相关。对于 ECPR 患者 ECMO 操作完成只是心肺脑复苏中的其中一步,绝大多数患者 ECMO 运行到 ROSC 仍需要一定时间,ECPR 后通常还会经历 CT 检查,多学科会诊,CAG 必要时 PCI,转科,转运等之后才会进入 ICU。本研究 ECPR 后至进入 ICU 时间中位时间为 102.5(70, 146) min。这段时间或长或短可称为 ROSC 早期,是 CA 后继发性脑损伤发生发展的关键时间,可能伴随的病理生理改变包括大脑自动调节功能丧失^[27],脑水肿,低血压,高乳酸,高氧/低氧,氧自由基形成等^[5]。本研究提示晚期干预组在早期缺乏对动脉血压监测及干预,入 ICU 时复苏后休克率高达 80%。复苏后休克:尽管有足够的液体负荷,但在 ROSC 后 MAP 低于 60 mmHg 或收缩压低于 90 mmHg,并持续一定时间。相关研究已经证实,复苏后休克与患者大脑损伤及苏醒延迟有密切相关^[28]。同时有研究表明,入 ICU 1 h 内收缩动脉血压 <90 mmHg 与较高的院内病死率独立相关^[29]。所以 ROSC 早期,进行动脉血压监测和 MAP 维持到水平至关重要。虽然最佳血压管理尚不清楚,但多项指南建议 MAP 至少 >65 mmHg,以确保足够的脑灌注^[30]。本研究提出的 IBP 监测时机从 ECMO 运行 3 min 以内开始至入 ICU 前的全过程,包含了 ECPR—ROSC—检查—手术—MTD—院内转运—ICU,充分发挥了 ECMO 在 CA 患者救治中的“桥梁作用”^[31],并且在 IBP 的准确监测下完成相关检查和治疗。

本研究发现,晚期干预的组,入 ICU 后,24 h 内循环崩溃率高达 60%,且与早期干预组的差异有统计学意义($P < 0.05$)。人体处于休克状态会出现一系列复杂的病理生理变化,包括炎症因子释放,

微循环自动调节机制受损,微循环血栓,组织细胞氧供失衡,细胞代谢紊乱等,进而影响各器官灌注^[32]。尽早积极有效的监测和纠正休克,可以减少进展到微循环衰竭期(难治期),DIC 期和循环衰竭期。然这一观察指标非本研究的主要方向,未来有待更进一步的相关研究。

国内外多项研究已经表明,无论对于院内还是院外 CA 患者,按照指南等要求做好严格筛选,在经验丰富,流程完善,技术熟练的 ECMO 中心,ECPR 的存活率明显好于 CCPR^[7,33-34]。但是 ECPR 是一种高度侵入性、成本高昂且资源密集型的干预措施,因此很多研究都关注到了 OHCA 患者 ECPR 的成本效益问题^[3,35]。因此注重 OHCA-ECPR 管理中的各种细节(比如本研究的提出的早起血压干预),进一步提升 ECPR 患者生存率是 ECPR 技术推广和得到认可的关键。

综上所述,ECPR 是挽救院外 CA 患者的有效手段。患者行 ECPR 后,在 ROSC 早期血压监测和干预可以进一步提高 OHCA 患者生存率和良好神经系统预后比例。但 OHCA 患者救治不应该仅重视 ECPR 技术本身,ROSC 早期管理需要同样被重视,包括本研究提出的是早期血压监测和干预对 OHCA 患者结局产生有利影响。本研究更希望传递的是 ECPR 治疗后的早干预、早处理的理念。

本研究存在以下局限性,本研究为单中心、回顾性研究,样本量较小,可能会影响最终结论。本文缺乏长期随访结果,无法对存活组患者院外恢复情况进行进一步评估。期待未来有大型多中心、前瞻性研究来完善当前结论。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 宋晓东:研究设计与实施、资料收集整理、撰写论文并对文章整体负责;黄明君,李军,郭航,罗垚,陶晋,张强,胡悦朋,贾新雅,杨柳,张唐娟,窦冬青,曹建良,赵晖,曹耿磊,阚亚柏,李杏杏:研究评估与实施、资料收集;李军:统计分析和论文修改;兰超:质量控制及审校

参 考 文 献

- [1] Berdowski J, Berg RA, Tijssen JGP, et al. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: Systematic review of 67 prospective studies[J]. Resuscitation, 2010, 81(11): 1479-1487. DOI:10.1016/j.resuscitation.2010.08.006.

- [2] Xie X, Zheng JQ, 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. DOI:10.1161/CIRCOUTCOMES.121.008856.
- [3] Abrams D, MacLaren G, Lorusso R, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adults: evidence and implications[J]. *Intensive Care Med*, 2022, 48(1): 1-15. DOI:10.1007/s00134-021-06514-y.
- [4] Sakamoto T, Morimura N, Ken NG, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective observational study[J]. *Resuscitation*, 2014, 85(6): 762-768. DOI:10.1016/j.resuscitation.2014.01.031.
- [5] Inoue A, Hifumi T, Sakamoto T, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest in adult patients[J]. *J Am Heart Assoc*, 2020, 9(7): e015291. DOI:10.1161/JAHA.119.015291.
- [6] Patricio D, Peluso L, Brasseur A, et al. Comparison of extracorporeal and conventional cardiopulmonary resuscitation: a retrospective propensity score matched study[J]. *Crit Care*, 2019, 23(1): 27. DOI:10.1186/s13054-019-2320-1.
- [7] Scquizzato T, Bonaccorso A, Consonni M, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis of randomized and propensity score-matched studies[J]. *Artif Organs*, 2022, 46(5): 755-762. DOI:10.1111/aor.14205.
- [8] Pagura L, Fabris E, Rakar S, et al. Does extracorporeal cardiopulmonary resuscitation improve survival with favorable neurological outcome in out-of-hospital cardiac arrest? A systematic review and meta-analysis[J]. *J Crit Care*, 2024, 84: 154882. DOI:10.1016/j.jcrc.2024.154882.
- [9] Lim SL, Low CJW, Ling RR, et al. Blood pressure targets for out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(13): 4497. DOI:10.3390/jcm12134497.
- [10] Markakis K, Pagonas N, Georgiou E, et al. Feasibility of non-invasive measurement of central blood pressure and arterial stiffness in shock[J]. *Eur J Clin Invest*, 2021, 51(9): e13587. DOI:10.1111/eci.13587.
- [11] Kumar S, Yadav S, Kumar A. Accuracy of oscillometric-based blood pressure monitoring devices: impact of pulse volume, arrhythmia, and respiratory artifact[J]. *J Hum Hypertens*, 2024, 38(1): 45-51. DOI:10.1038/s41371-023-00856-4.
- [12] Kaufmann T, Cox EGM, Wiersema R, et al. Non-invasive oscillometric versus invasive arterial blood pressure measurements in critically ill patients: a post hoc analysis of a prospective observational study[J]. *J Crit Care*, 2020, 57: 118-123. DOI:10.1016/j.jcrc.2020.02.013.
- [13] Link MS, Berkow LC, Kudenchuk PJ, et al. Part 7: adult advanced cardiovascular life support: 2015 American heart association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. *Circulation*, 2015, 132(18 Suppl 2): S444-S464. DOI:10.1161/CIR.0000000000000261.
- [14] 中国医师协会体外生命支持专业委员会. 成人体外膜氧合循环辅助专家共识 [J]. *中华重症医学电子杂志 (网络版)*, 2018, 4(2): 114-122. DOI:10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2018.02.003.
- [15] Wyckoff MH, Greif R, Morley PT, et al. 2022 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations: summary from the basic life support; advanced life support; pediatric life support; neonatal life support; education, implementation, and teams; and first aid task forces[J]. *Resuscitation*, 2022, 181: 208-288. DOI:10.1016/j.resuscitation.2022.10.005.
- [16] Berg KM, Bray JE, Ng KC, et al. 2023 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations: summary from the basic life support; advanced life support; pediatric life support; neonatal life support; education, implementation, and teams; and first aid task forces[J]. *Circulation*, 2023, 148(24): e187-e280. DOI:10.1161/CIR.0000000000001179.
- [17] Lemiale V, Dumas F, Mongardon N, et al. Intensive care unit mortality after cardiac arrest: the relative contribution of shock and brain injury in a large cohort[J]. *Intensive Care Med*, 2013, 39(11): 1972-1980. DOI:10.1007/s00134-013-3043-4.
- [18] Poppe M, Weiser C, Holzer M, et al. The incidence of "load&go" out-of-hospital cardiac arrest candidates for emergency department utilization of emergency extracorporeal life support: a one-year review[J]. *Resuscitation*, 2015, 91: 131-136. DOI:10.1016/j.resuscitation.2015.03.003.
- [19] Aziz S, Barratt J, Starr Z, et al. The association between intra-arrest arterial blood pressure and return of spontaneous circulation in out-of-hospital cardiac arrest[J]. *Resuscitation*, 2024, 205: 110426. DOI:10.1016/j.resuscitation.2024.110426.
- [20] Berg RA, Morgan RW, Reeder RW, et al. Diastolic blood pressure threshold during pediatric cardiopulmonary resuscitation and survival outcomes: a multicenter validation study[J]. *Crit Care Med*, 2023, 51(1): 91-102. DOI:10.1097/CCM.00000000000005715.
- [21] Hsu CH, Meurer WJ, Domeier R, et al. Extracorporeal

- cardiopulmonary resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest (EROCA): results of a randomized feasibility trial of expedited out-of-hospital transport[J]. *Ann Emerg Med*, 2021, 78(1): 92-101. DOI:10.1016/j.annemergmed.2020.11.011.
- [22] Yukawa T, Kashiura M, Sugiyama K, et al. Neurological outcomes and duration from cardiac arrest to the initiation of extracorporeal membrane oxygenation in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a retrospective study[J]. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 2017, 25(1): 95. DOI:10.1186/s13049-017-0440-7.
- [23] Adstamongkonkul D, Hess DC. Ischemic Conditioning and neonatal hypoxic ischemic encephalopathy: a literature review[J]. *Cond Med*, 2017, 1(1): 9-16.
- [24] Obling LER, Beske RP, Meyer MAS, et al. Inflammatory response after prehospital high-dose glucocorticoid to patients resuscitated from out-of-hospital cardiac arrest: a sub-study of the STEROHCA trial[J]. *Resuscitation*, 2024, 202: 110340. DOI:10.1016/j.resuscitation.2024.110340.
- [25] Janiczek JA, Winger DG, Coppler P, et al. Hemodynamic resuscitation characteristics associated with improved survival and shock resolution after cardiac arrest[J]. *Shock*, 2016, 45(6): 613-619. DOI:10.1097/SHK.0000000000000554.
- [26] Beylin ME, Perman SM, Abella BS, et al. Higher mean arterial pressure with or without vasoactive agents is associated with increased survival and better neurological outcomes in comatose survivors of cardiac arrest[J]. *Intensive Care Med*, 2013, 39(11): 1981-1988. DOI:10.1007/s00134-013-3075-9.
- [27] Khanduja S, Kim J, Kang JK, et al. Hypoxic-ischemic brain injury in ECMO: pathophysiology, neuromonitoring, and therapeutic opportunities[J]. *Cells*, 2023, 12(11): 1546. DOI:10.3390/cells12111546.
- [28] Paul M, Bougouin W, Geri G, et al. Delayed awakening after cardiac arrest: prevalence and risk factors in the Parisian registry[J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(7): 1128-1136. DOI:10.1007/s00134-016-4349-9.
- [29] Trzeciak S, Jones AE, Hope Kilgannon J, et al. Significance of arterial hypotension after resuscitation from cardiac arrest[J]. *Crit Care Med*, 2009, 37(11): 2895-2903;quiz2904. DOI:10.1097/ccm.0b013e3181b01d8c.
- [30] 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*, 2020, 142(16_suppl_2): S366-S468. DOI:10.1161/CIR.0000000000000916.
- [31] Guglin M, Zucker MJ, Bazan VM, et al. Venoarterial ECMO for adults: JACC scientific expert panel[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(6): 698-716. DOI:10.1016/j.jacc.2018.11.038.
- [32] Vincent JL, Ince C, Bakker J. Clinical review: circulatory shock: an update: a tribute to professor max harry Weil[J]. *Crit Care*, 2012, 16(6): 239. DOI:10.1186/cc11510.
- [33] Ubben JFH, Heuts S, Delnoij TSR, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory OHCA: lessons from three randomized controlled trials-the trialists' view[J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2023, 12(8): 540-547. DOI:10.1093/ehjacc/zuad071.
- [34] Inoue A, Hifumi T, Sakamoto T, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adult patients with out-of-hospital cardiac arrest: a retrospective large cohort multicenter study in Japan[J]. *Crit Care*, 2022, 26(1): 129. DOI:10.1186/s13054-022-03998-y.
- [35] Suverein MM, Maessen JG, van de Poll MCG. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest - current status[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2023, 29(6): 633-639. DOI:10.1097/MCC.0000000000001102.

(收稿日期 : 2024-11-22)

(本文编辑 : 张斯龙)