

# 体外膜肺氧合辅助成人心肺复苏患者预后的回顾性分析

杨巍<sup>1</sup> 齐帆<sup>2</sup> 李虎年<sup>1</sup> 黄光庆<sup>1</sup> 赵旭<sup>1</sup> 刘杰<sup>1</sup>

<sup>1</sup>湖北医药学院附属人民医院急危重症中心,湖北十堰 442000

<sup>2</sup>锦州医科大学湖北医药学院附属人民医院研究生培养基地,湖北十堰 442000

**摘要** 目的:分析体外膜肺氧合(ECMO)辅助成人体外心肺复苏(ECPR)患者预后的影响因素。方法:收集实施ECPR治疗的92例患者的临床资料并进行回顾性队列研究。根据患者出院时是否存活将其分为存活组(27例)和死亡组(65例),分析2组间的基本资料、体外心肺复苏启动前、后的相关资料。结果:92例患者的存活率为29.34%。ECMO启动前,存活组院外心搏骤停患者比例、患者血乳酸水平低于死亡组,血pH、 $\text{HCO}_3^-$ 水平高于死亡组( $P$ 均 $<0.05$ );ECMO启动后,存活组中持续高乳酸血症患者比例、血清天门冬氨酸氨基转移酶水平低于死亡组、ECPR时间短于死亡组,初期平均动脉压(MAP)水平高于死亡组( $P$ 均 $<0.05$ )。二元Logistic回归分析显示:ECPR时间( $OR=0.764, 95\%CI 0.63\sim0.927, P=0.006$ )、初期MAP水平( $OR=1.228, 95\%CI 1.026\sim1.470, P=0.025$ )是预测ECPR患者死亡的独立危险因素。结论:ECPR是救治心搏骤停患者的有效手段,快速实施ECPR及初期MAP $>66$  mmHg预示患者预后良好。

**关键词** 心搏骤停;体外心肺复苏;酸中毒;体外心肺复苏时间;平均动脉压

中图分类号 R654.1

文献标识码 A

DOI 10.11768/nkjwzzzz.20240511

**A retrospective analysis of prognosis of adult cardiac arrest patients supported by extracorporeal membrane oxygenation** YANG Wei<sup>1</sup>, QI Fan<sup>2</sup>, LI Hu-nian<sup>1</sup>, HUANG Guang-qing<sup>1</sup>, ZHAO Xu<sup>1</sup>, LIU Jie<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Department of Emergency and Critical Care Center, Renmin Hospital Affiliated to Hubei Medical University, Hubei Shiyan 442000, China; <sup>2</sup>Postgraduate Training Base of the People's Hospital Affiliated to Hubei Medical College of Jinzhou Medical University, Hubei Shiyan 442000, China

Corresponding author: LIU Jie, E-mail: 28799898@qq.com

**Abstract** Objective: To analyze the influencing factors of adults receiving extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR). Methods: A retrospective cohort study was conducted on 92 patients who were treated with ECPR in the Emergency and Critical Care Center. Patients were divided into survival group ( $n=27$ ) and death group ( $n=65$ ) according to the clinical outcome. The basic data of the two groups and the relevant data before and after initiation of ECPR were analyzed. Results: The survival rate of 92 patients was 29.34%. At the beginning of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), the lactate level and the proportion of out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) in the survival group were lower than those in the death group, and the pH and  $\text{HCO}_3^-$  levels in the survival group were higher than those in the death group (all  $P<0.05$ ). After initiation of ECMO, the proportion of patients with persistent hyperlactic acidemia, AST levels and ECPR time in the survival group were obviously reduced as compared with those in the death group, and the initial mean arterial pressure (MAP) in the survival group was obviously higher than that in the death group (all  $P<0.05$ ). Logistic regression analysis showed that ECPR time ( $OR=0.764, 95\%CI 0.63\sim0.927, P=0.006$ ), initial MAP ( $OR=1.228, 95\%CI 1.026\sim1.470, P=0.025$ ) were independent risk factors for ICU death in ECPR patients. Conclusions: The data show that ECPR is an effective treatment for patients with cardiac arrest. The prognosis of ECPR is significantly related to the duration of ECPR and initial MAP $>66$  mmHg.

**Key words** Cardiac arrest; Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation; Acidosis; Duration of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation; Mean arterial pressure

体外心肺复苏 (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR) 是指对难治性心搏骤停 (cardiac arrest, CA) 患者快速实施体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 的静脉-动脉 (V-A) 转流模式, 提供暂时的循环及氧合支持, 让 CA 患者有生存可能的一项技术<sup>[1,2]</sup>。ECPR 目前推荐类别较低 (IIB 证据)<sup>[2]</sup>, 但高效实施 ECPR 技术可提高患者的存活率<sup>[3]</sup>。ECPR 是一项具有时效性及伦理性的技术, 在临床中选择可受益患者仍是艰巨的挑战<sup>[4,5]</sup>。本文分析 ECPR 患者的临床资料, 找出与 ECPR 患者生存预后有关的因素, 为选择可受益的患者提供参考。

资料与方法

1. 研究对象: 收集湖北医药学院附属人民医院急危重症中心 2017 年 1 月至 2022 年 7 月实施 ECPR 治疗的 92 例患者的临床资料, 并进行回顾性队列研究。遵循 2018 年《成人体外心肺复苏专家共识》的建议<sup>[5]</sup>, 纳入标准: ①年龄 18 ~ 75 岁; ②CA 病因可逆; ③有目击的 CA; ④CA 开始到传统心肺复苏时间 < 15 min。排除终末期基础疾病、妊娠期患者。本研究获得医院伦理委员会审批 (syrrmy2021-036)。
2. 方法: 从医院内网及病案管理室获取患者的临床资料, 主要包括: ①基本信息: 年龄、性别、身高、体重、体重指数、病因、基础疾病等; ②建立 ECMO 前数据资料: 血气分析、血常规、肝功能、凝血功能、心肌损伤标志物、ECPR 时间、CA 地点、旁观者心肺复苏、初始可电击心律、肾上腺素剂量、血管活性药物评分; ③建立 ECMO 后数据资料: 初始 ECMO 参数、超声检查心脏是否恢复搏动、24 h 后血气分析、血常规、肝功能、凝血功能、心肌损伤标志物、初期平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP)、序贯器官衰竭估计评分。根据患者是否存活出院分为存活组和死亡组。分析 2 组间的基本资料、体外心肺复苏启

动前、后的相关资料。

3. 统计学分析: 采用 SPSS 23.0 统计学软件进行分析。对数据进行正态性检验, 正态计量资料以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 或非正态计量资料以中位数 (四分位数间距) [M (IQR)] 表示, 组间比较采用独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney U 检验; 计数资料以例 (%) 表示, 采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法。将与患者存活率相关的指标进行二分类 Logistic 回归分析。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

结 果

1. 基本临床资料: 92 例 ECPR 患者中男性 73 例, 女性 19 例, 平均年龄 ( $45.3 \pm 11.5$ ) 岁。病因: 急性心肌梗死 44 例、急性心肌炎 10 例、肺栓塞 10 例、脓毒性休克 4 例、药物中毒 3 例、过敏性休克 3 例、其他 18 例。存活 27 例 (29.35%), 死亡 65 例 (70.65%)。2 组患者年龄、性别、身高、体重、体重指数、基础疾病比较, 差异无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ )。见表 1。
2. ECMO 启动前 2 组实验室检查结果比较: ECMO 启动前存活组血乳酸水平 (LAC) 低于死亡组, 酸碱度 (pH)、碳酸氢根离子 ( $\text{HCO}_3^-$ ) 水平高于死亡组 ( $P$  均  $< 0.05$ ), 其他实验室指标比较, 差异无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ ), 见表 2。
3. ECMO 启动 24 h 后 2 组实验室检查结果比较: ECMO 启动 24 h 后存活组血 AST 水平低于死亡组 ( $P < 0.001$ ), 其他实验室指标比较, 差异无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ ), 见表 3。
4. ECMO 启动前、后 2 组临床资料比较: ECMO 启动前 2 组患者的旁观者心肺复苏、除颤心律、肾上腺素剂量、血管活性药物评分比较, 差异无统计学意义 ( $P$  均  $> 0.05$ ), 存活组 ECPR 时间短于死亡组 ( $P < 0.001$ ), 存活组中院外心搏骤停 (out-of-hospital cardiac arrest, OHCA) 患者比例低于院内心搏骤停 (in-hospital cardiac arrest, IHCA) 患者 ( $P = 0.026$ )。

表 1 2 组患者的基本资料

| 项目                                                | 总例数 ( $n = 92$ )  | 存活组 ( $n = 27$ )  | 死亡组 ( $n = 65$ )  | $t/\chi^2$ 值 | $P$ 值 |
|---------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|-------|
| 年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )                          | $45.3 \pm 11.5$   | $46.1 \pm 11.5$   | $44.9 \pm 11.6$   | 0.441        | 0.660 |
| 男性 [例 (%)]                                        | 73 (79.35)        | 20 (74.07)        | 53 (81.54)        | 0.649        | 0.423 |
| 身高 (cm, $\bar{x} \pm s$ )                         | $169.59 \pm 5.80$ | $169.63 \pm 5.21$ | $169.57 \pm 6.08$ | 0.045        | 0.964 |
| 体重 (kg, $\bar{x} \pm s$ )                         | $68.77 \pm 8.79$  | $67.77 \pm 8.74$  | $69.18 \pm 8.84$  | -0.967       | 0.488 |
| 体重指数 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x} \pm s$ ) | $23.90 \pm 2.47$  | $23.51 \pm 2.17$  | $24.06 \pm 2.58$  | -0.973       | 0.333 |
| 基础疾病 [例 (%)]                                      |                   |                   |                   |              |       |
| 高血压                                               | 29 (31.52)        | 6 (22.22)         | 23 (35.38)        | 1.531        | 0.216 |
| 冠心病                                               | 43 (46.74)        | 12 (44.44)        | 31 (46.79)        | 0.081        | 0.776 |
| 糖尿病                                               | 12 (13.04)        | 5 (18.52)         | 7 (10.77)         | -            | 0.325 |

ECMO 启动后的组间 ECMO 参数(气流量、血流量、转速、氧浓度)、辅助治疗(亚低温、主动脉内球囊反搏、连续肾脏替代疗法)、序贯器官衰竭评估评分、心脏是否恢复搏动方面比较,差异无统计学意义( $P$  均  $> 0.05$ );存活组中高乳酸血症患者比例低于死亡组,初期 MAP 水平高于死亡组( $P$  均  $< 0.05$ ),见表 4。

表 2 ECMO 启动前 2 组患者实验室检查结果比较

| 项目                                                       | 总例数( $n=92$ )         | 存活组( $n=27$ )         | 死亡组( $n=65$ )         | $t/U$ 值 | $P$ 值  |
|----------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|--------|
| pH( $\bar{x} \pm s$ )                                    | 7.05 $\pm$ 0.15       | 7.12 $\pm$ 0.14       | 7.03 $\pm$ 0.15       | 2.674   | 0.009  |
| PCO <sub>2</sub> (mmHg, $\bar{x} \pm s$ )                | 52.53 $\pm$ 16.08     | 51.33 $\pm$ 14.05     | 53.03 $\pm$ 16.93     | -0.459  | 0.647  |
| PO <sub>2</sub> [mmHg, $M(IQR)$ ]                        | 198(116 ~ 353)        | 146(112 ~ 279)        | 205(121 ~ 359)        | 759.5   | 0.312  |
| LAC[mmol/L, $M(IQR)$ ]                                   | 14(11.2 ~ 15.0)       | 11.7(7.9 ~ 13.5)      | 15.0(12.6 ~ 15.8)     | 338     | <0.001 |
| K <sup>+</sup> (mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )                | 4.25 $\pm$ 0.80       | 4.15 $\pm$ 0.74       | 4.30 $\pm$ 0.83       | -0.791  | 0.431  |
| Na <sup>+</sup> (mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )               | 140.76 $\pm$ 5.50     | 140.11 $\pm$ 4.88     | 141.03 $\pm$ 5.76     | -0.726  | 0.470  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L, $\bar{x} \pm s$ ) | 14.74 $\pm$ 5.23      | 17.42 $\pm$ 4.46      | 13.63 $\pm$ 5.15      | 3.342   | 0.001  |
| SaO <sub>2</sub> [%, $M(IQR)$ ]                          | 98(89 ~ 100)          | 97(89 ~ 100)          | 99(90 ~ 100)          | 789     | 0.433  |
| A-aDO <sub>2</sub> (mmHg, $\bar{x} \pm s$ )              | 215.44 $\pm$ 170.51   | 204.59 $\pm$ 135.40   | 219.94 $\pm$ 183.91   | -0.443  | 0.659  |
| cTNT[ng/mL, $M(IQR)$ ]                                   | 0.09(0.02 ~ 0.95)     | 0.07(0.02 ~ 1.05)     | 0.10(0.03 ~ 0.81)     | 876     | 0.990  |
| NTproBNP[pg/mL, $M(IQR)$ ]                               | 126(57 ~ 319)         | 125(41 ~ 348)         | 126(61 ~ 310)         | 852     | 0.827  |
| ALT[U/L, $M(IQR)$ ]                                      | 45.00(30.00 ~ 70.25)  | 42.00(22.00 ~ 80.00)  | 45.00(30.00 ~ 67.00)  | 840.5   | 0.751  |
| AST[U/L, $M(IQR)$ ]                                      | 55.00(33.50 ~ 104.75) | 65.00(35.00 ~ 133.00) | 55.00(32.00 ~ 101.50) | 802.5   | 0.520  |
| PT(s, $\bar{x} \pm s$ )                                  | 13.76 $\pm$ 3.08      | 13.07 $\pm$ 2.12      | 14.04 $\pm$ 3.37      | -1.671  | 0.099  |
| PTA(%, $\bar{x} \pm s$ )                                 | 86.24 $\pm$ 27.93     | 94.47 $\pm$ 25.90     | 82.82 $\pm$ 28.22     | 1.847   | 0.068  |
| Hb(g/L, $\bar{x} \pm s$ )                                | 115.89 $\pm$ 27.59    | 122.52 $\pm$ 23.60    | 113.14 $\pm$ 28.80    | 1.495   | 0.138  |
| PLT( $\times 10^9$ /L, $\bar{x} \pm s$ )                 | 170.75 $\pm$ 59.91    | 171.96 $\pm$ 51.39    | 170.25 $\pm$ 63.48    | 0.124   | 0.901  |

注:PCO<sub>2</sub> 为二氧化碳分压,PO<sub>2</sub> 为氧分压,K<sup>+</sup> 为钾离子,Na<sup>+</sup> 为钠离子,SaO<sub>2</sub> 为动脉血氧饱和度,A-aDO<sub>2</sub> 为肺泡动脉血氧分压差,cTNT 为肌钙蛋白 T,NT-proBNP 为 N 末端 B 型钠尿肽原,ALT 为丙氨酸氨基转移酶,AST 为天门冬氨酸氨基转移酶,PT 为凝血酶原时间,PTA 为凝血酶原活动度,Hb 为血红蛋白,PLT 为血小板

表 3 ECMO 启动 24 h 后 2 组患者实验室检查结果比较

| 项目                                                       | 总例数( $n=92$ )       | 存活组( $n=27$ )       | 死亡组( $n=65$ )       | $t/U$ 值 | $P$ 值  |
|----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|--------|
| pH( $\bar{x} \pm s$ )                                    | 7.34 $\pm$ 0.87     | 7.36 $\pm$ 0.70     | 7.33 $\pm$ 0.92     | 1.730   | 0.087  |
| PCO <sub>2</sub> (mmHg, $\bar{x} \pm s$ )                | 38.99 $\pm$ 5.74    | 38.00 $\pm$ 6.89    | 39.41 $\pm$ 5.20    | -1.071  | 0.287  |
| PO <sub>2</sub> (mmHg, $\bar{x} \pm s$ )                 | 239.02 $\pm$ 122.88 | 209.22 $\pm$ 91.08  | 251.40 $\pm$ 131.23 | -1.763  | 0.082  |
| LAC[mmol/L, $M(IQR)$ ]                                   | 3.45(1.83 ~ 6.65)   | 2.40(1.70 ~ 5.30)   | 3.90(2.35 ~ 7.10)   | 654     | 0.056  |
| K <sup>+</sup> (mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )                | 4.39 $\pm$ 0.71     | 4.24 $\pm$ 0.71     | 4.45 $\pm$ 0.70     | -1.270  | 0.208  |
| Na <sup>+</sup> (mmol/L, $\bar{x} \pm s$ )               | 139.16 $\pm$ 5.25   | 139.81 $\pm$ 5.48   | 138.89 $\pm$ 5.17   | 0.766   | 0.446  |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmol/L, $\bar{x} \pm s$ ) | 21.50 $\pm$ 3.84    | 22.01 $\pm$ 2.66    | 21.30 $\pm$ 4.24    | 0.97    | 0.335  |
| SaO <sub>2</sub> [%, $M(IQR)$ ]                          | 100(99 ~ 100)       | 100(99 ~ 100)       | 100(99 ~ 100)       | 767     | 0.232  |
| A-aDO <sub>2</sub> (mmHg, $\bar{x} \pm s$ )              | 204.14 $\pm$ 157.38 | 175.71 $\pm$ 134.03 | 251.95 $\pm$ 165.63 | -1.118  | 0.266  |
| cTNT[ng/mL, $M(IQR)$ ]                                   | 4.45(1.86 ~ 8.42)   | 3.72(1.83 ~ 6.70)   | 5.22(2.06 ~ 10.00)  | 726     | 0.193  |
| NTproBNP[pg/mL, $M(IQR)$ ]                               | 704(357 ~ 1057)     | 948(480 ~ 1247)     | 671(346 ~ 998)      | 693     | 0.113  |
| ALT(U/L, $\bar{x} \pm s$ )                               | 384.93 $\pm$ 248.04 | 352.96 $\pm$ 244.23 | 398.22 $\pm$ 250.26 | -0.795  | 0.429  |
| AST(U/L, $\bar{x} \pm s$ )                               | 675.42 $\pm$ 421.77 | 394.26 $\pm$ 250.33 | 792.21 $\pm$ 424.59 | -5.576  | <0.001 |
| PT(s, $\bar{x} \pm s$ )                                  | 15.34 $\pm$ 2.59    | 15.38 $\pm$ 2.40    | 15.33 $\pm$ 2.68    | 0.087   | 0.931  |
| PTA(%, $\bar{x} \pm s$ )                                 | 68.75 $\pm$ 22.54   | 71.47 $\pm$ 18.61   | 67.62 $\pm$ 24.02   | 0.825   | 0.412  |
| Hb(g/L, $\bar{x} \pm s$ )                                | 85.32 $\pm$ 18.26   | 84.22 $\pm$ 15.81   | 85.78 $\pm$ 19.29   | -0.372  | 0.711  |
| PLT( $\times 10^9$ /L, $\bar{x} \pm s$ )                 | 121.17 $\pm$ 46.6   | 117.3 $\pm$ 34.79   | 122.78 $\pm$ 50.87  | -0.597  | 0.553  |

注:PCO<sub>2</sub> 为二氧化碳分压,PO<sub>2</sub> 为氧分压,K<sup>+</sup> 为钾离子,Na<sup>+</sup> 为钠离子,SaO<sub>2</sub> 为动脉血氧饱和度,A-aDO<sub>2</sub> 为肺泡动脉血氧分压差,cTNT 为肌钙蛋白 T,NT-proBNP 为 N 末端 B 型钠尿肽原,ALT 为丙氨酸氨基转移酶,AST 为天门冬氨酸氨基转移酶,PT 为凝血酶原时间,PTA 为凝血酶原活动度,Hb 为血红蛋白,PLT 为血小板

表 4 ECMO 启动前、后 2 组患者的临床资料

| 项目                                  | 总例数( <i>n</i> = 92) | 存活组( <i>n</i> = 27) | 死亡组( <i>n</i> = 65) | <i>t</i> / $\chi^2$ 值 | <i>P</i> 值 |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------|
| ECMO 启动前                            |                     |                     |                     |                       |            |
| ECPR 时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )     | 52.68 $\pm$ 11.32   | 41.41 $\pm$ 6.83    | 57.37 $\pm$ 9.35    | -8.292                | <0.001     |
| OHCA[例(%)]                          | 57(61.96)           | 12(44.44)           | 45(69.23)           | 4.972                 | 0.026      |
| 旁观者心肺复苏[例(%)]                       | 53(57.6)            | 19(70.37)           | 34(52.31)           | 2.549                 | 0.110      |
| 除颤心律[例(%)]                          | 63(68.48)           | 16(59.26)           | 47(72.30)           | 1.505                 | 0.220      |
| 肾上腺素(mg, $\bar{x} \pm s$ )          | 13.91 $\pm$ 6.26    | 11.96 $\pm$ 4.76    | 14.72 $\pm$ 6.65    | -2.239                | 0.054      |
| 血管活性药物评分(分, $\bar{x} \pm s$ )       | 465.20 $\pm$ 143.53 | 466.44 $\pm$ 120.91 | 464.67 $\pm$ 152.81 | 0.053                 | 0.957      |
| ECMO 启动后                            |                     |                     |                     |                       |            |
| ECMO 初始参数                           |                     |                     |                     |                       |            |
| 气流量[L/min, <i>M</i> ( <i>IQR</i> )] | 5(4~6)              | 5(4~6)              | 5(4~6)              | 780                   | 0.385      |
| 血流量(L/min, $\bar{x} \pm s$ )        | 3.18 $\pm$ 0.51     | 3.05 $\pm$ 0.52     | 3.24 $\pm$ 0.49     | -1.717                | 0.089      |
| 转速[r/min, <i>M</i> ( <i>IQR</i> )]  | 2500(2225~2600)     | 2500(2000~2500)     | 2500(2300~2700)     | 700                   | 0.116      |
| 氧浓度[% , <i>M</i> ( <i>IQR</i> )]    | 100(100~100)        | 100(100~100)        | 100(100~100)        | 877.5                 | 1          |
| 辅助治疗[例(%)]                          |                     |                     |                     |                       |            |
| 亚低温                                 | 74(80.43)           | 23(85.18)           | 51(78.46)           | 0.548                 | 0.459      |
| 主动脉内球囊反搏                            | 35(38.04)           | 12(44.44)           | 23(35.38)           | 0.664                 | 0.415      |
| 连续肾脏替代疗法                            | 53(57.6)            | 16(59.26)           | 37(56.92)           | 0.043                 | 0.836      |
| 序贯器官衰竭评估评分(分, $\bar{x} \pm s$ )     | 13.62 $\pm$ 1.86    | 14.10 $\pm$ 1.70    | 13.85 $\pm$ 1.88    | -1.828                | 0.071      |
| 高乳酸血症[例(%)]                         | 68(73.91)           | 15(55.55)           | 53(81.54)           | 6.679                 | 0.010      |
| 初期 MAP(mmHg, $\bar{x} \pm s$ )      | 66.90 $\pm$ 12.28   | 78.67 $\pm$ 6.62    | 62.01 $\pm$ 10.67   | 9.062                 | <0.001     |
| 心脏是否恢复搏动[例(%)]                      | 55(59.78)           | 16(59.26)           | 39(60.00)           | 0.004                 | 0.947      |

5. 二元 Logistic 回归分析:经单因素分析发现酸中毒(pH、LAC、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、持续高乳酸血症)、CA 地点、AST、ECPR 时间、MAP 水平与患者存活率有关,纳入二元 Logistic 回归分析显示 ECPR 时间(*OR* = 0.764,95% *CI* 0.63 ~ 0.927, *P* = 0.006)、初期 MAP 水平(*OR* = 1.228,95% *CI* 1.026 ~ 1.470, *P* = 0.025)与 CA 患者病死率独立相关,见图 1。进一步分析发现,ECPR 最佳时间的 AUC 值 < 0.7,分析其结果无统计学意义,而初期 MAP 水平的 AUC 值 > 0.7,截断值为 66 mmHg,敏感度为 1,特异性为 0.692,见图 2。绘制患者 30 d 死亡率的 Kaplan-Meier 曲线显示:初期 MAP > 66 mmHg 提示患者预后良好(log-rank test, *P* = 0.0109),见图 3。对影响初期 MAP 的相关因素进一步分析,发现持续高乳酸血症是低 MAP 的危险因素,见表 5。而在对患者生存预后的多因素分析中,初期 MAP 水平是患者预后的独立预测因素。持续高乳酸血症似乎不会影响患者的存活率,见图 1。

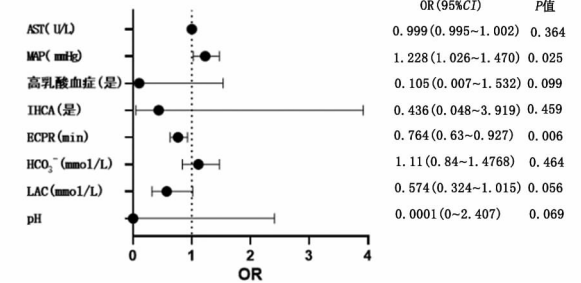


图 1 患者死亡风险森林图

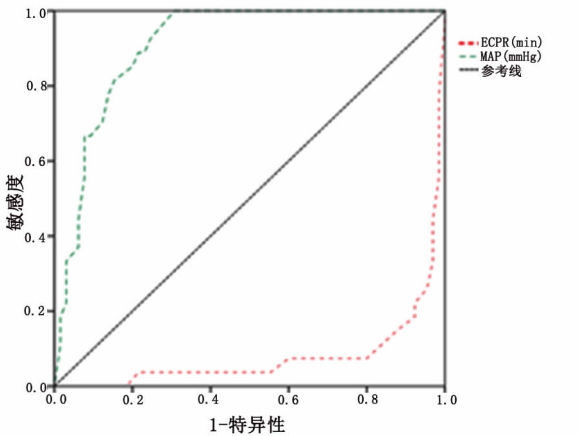


图 2 预测患者存活率 ROC 曲线图

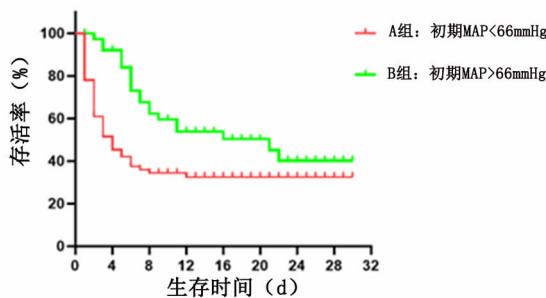


图3 患者30 d死亡率的Kaplan-Meier曲线( $P=0.0109$ )

表5 影响初期MAP的相关因素

| 因素                          | OR 值(95% CI)       | P 值   |
|-----------------------------|--------------------|-------|
| BMI(每增加1kg/m <sup>2</sup> ) | 0.901(0.735~1.104) | 0.315 |
| 高血压                         | 1.596(0.564~4.517) | 0.378 |
| 冠心病                         | 0.898(0.35~2.307)  | 0.823 |
| 糖尿病                         | 1.981(0.463~8.471) | 0.357 |
| 血管活性药物评分(每增加1分)             | 1.001(0.997~1.004) | 0.703 |
| 心脏搏动                        | 0.995(0.372~2.658) | 0.992 |
| 亚低温                         | 2.179(0.629~7.55)  | 0.219 |
| 主动脉内球囊反搏                    | 1.542(0.602~3.946) | 0.366 |
| 连续肾脏替代疗法                    | 1.588(0.566~4.456) | 0.380 |
| 高乳酸血症                       | 0.316(0.103~0.969) | 0.044 |

## 讨论

相比于传统心肺复苏(conventional cardiopulmonary resuscitation, CCPR)仅提供正常心输出量的15%~33%的机体低灌注<sup>[6]</sup>,体外生命支持(extracorporeal life support, ECLS)可提供生理性乃至超生理性灌注,防止机体缺血缺氧的加重。截止2022年4月,国际体外生命支持组织(extracorporeal life support organization, ELSO)显示全球有543家医疗机构开展ECMO技术,成人ECPR 11 761例,总体生存率30%<sup>[7]</sup>。本研究中患者存活率为29.34%,与ELSO报道基本一致。2021年ELSO发布成人ECPR共同声明,对于难治性CA患者应快速实施ECPR技术<sup>[8]</sup>。然而选择可受益患者仍是难点<sup>[4]</sup>。本研究共纳入92例患者,单因素分析中酸中毒(血pH、LAC、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、持续高乳酸血症)、CA地点、血AST水平、ECPR时间、初期MAP水平与患者存活率有关,而在进一步的二元Logistic回归分析中发现,ECPR时间及初期MAP水平则是患者预后的独立危险因素。

酸中毒状态提示患者预后不良。德国体外心肺复苏共识指出:pH<6.8、LAC>20 mmol/L往往提示患者存活率极低<sup>[9]</sup>。Chommeloux等<sup>[10]</sup>对24例

ECPR患者舌下微循环的前瞻性研究发现:在ECMO启动后24 h内若无法快速改善微循环则提示患者预后不良。这可能是因CA患者严重酸中毒状态机体微循环障碍及多器官功能紊乱,引发CA后综合征所致。

血ALT与AST是用于评估肝功能的指标,可判断患者的预后<sup>[11]</sup>。本研究发现相比于ALT( $P=0.429$ ),AST( $P<0.001$ )更能反应CA患者的预后状况。Pourmoghadam等<sup>[12]</sup>对ECPR患者的肝功能监测研究也有此类发现。可能是因ALT主要分布在肝细胞非线粒体中,AST则主要分布在心肌细胞线粒体内<sup>[11]</sup>。CA患者体内线粒体膜受损,引起AST大量释放,血清中AST/ALT比值升高。

本研究发现CA地点与患者的预后相关。Halénarova等<sup>[13]</sup>也有类似的发现。这可能与IHCA患者能在极短的时间内启动ECLS预案、高质量CCPR及ECPR团队高效抢救有关。

ECPR时间是指CA患者开始心肺复苏到ECMO转机前的CCPR时间。高效实施ECPR技术可缩短患者的低血流量时间以避免组织器官进一步发生缺血缺氧性损害。Bartos等<sup>[14]</sup>发现ECPR时间<60 min有利于提高患者存活率。相关指南亦建议实施ECPR的理想时间最迟不能超过60 min<sup>[5,7,8]</sup>。院前ECPR策略可缩短救治时间,改善患者的远期预后,但院前ECPR策略并未被报道为患者预后的独立影响因素<sup>[15]</sup>。本研究显示患者生存率随着ECPR时间延长而降低。缩短ECPR时间可改善患者的远期预后,但也有ECPR时间>60 min成功复苏案例<sup>[5]</sup>。Belohlavek等<sup>[15]</sup>对OHCA的随机性分析研究发现:与现场接受高级生命支持的常规复苏相比,将OHCA患者尽早转运至救治中心进行ECPR者,180 d生存率并无显著差异。这可能是因为转运途中难以维持高质量CPR及研究的差异性所致。

MAP是指一个心动周期内动脉血压的平均值。MAP过低易引起组织灌注水平过低,引发细胞损伤、代谢障碍等一系列问题。Sun等<sup>[16]</sup>发现,实施ECPR后的6 h内,MAP>65 mmHg预示患者神经功能预后良好。临床中危重症患者血压监测通常为持续有创动脉监测,患者复苏期间MAP值易受到血管活性药物及自主循环恢复情况的影响,很难获得有效数据。随着时间的推移,MAP水平可以更好地反应组织灌注情况。因此,将ECMO启动后的前24 h内平均MAP值视为研究因素,初期MAP水平定义

为患者 ECMO 启动后 24 h 内获得的 MAP 之和除以其获取次数。

低 MAP 的易感因素有动脉硬化、心功能降低、外周阻力增加、循环血量减少等<sup>[17,18]</sup>, 这些因素可能是 ECPR 患者预后不良的原因。本研究发现, 持续高乳酸血症是低 MAP 的危险因素, 这可能是因患者低 MAP 时, 往往需要使用血管活性药物, 而血管活性药物易收缩小动脉引起机体微循环障碍, 导致持续的高乳酸血症。

综上所述, ECPR 技术有益于患者的预后, 快速实施 ECPR 及初期 MAP > 66 mmHg 预示患者预后良好。目前全球范围内尚无 ECPR 统一的适应证, 不同研究间存在着差异性, 未来仍需相关的前瞻性研究进一步探索。

### 参 考 文 献

- Downing J, Al Falasi R, Cardona S, et al. How effective is extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) for out-of-hospital cardiac arrest? A systematic review and meta-analysis[J]. *Am J Emerg Med*, 2022, 51: 127-138.
- Sharma A, Sonny A, Panaich S, et al. Analysis of the 2019 American Heart Association (AHA) Focused Update on Advanced Cardiovascular Life Support[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2021, 35(5): 1516-1523.
- 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.
- Suverein MM, Shaw D, Lorusso R, et al. Ethics of ECPR research[J]. *Resuscitation*, 2021, 169: 136-142.
- 中华医学会急诊医学分会复苏学组, 成人体外心肺复苏专家共识组. 成人体外心肺复苏专家共识[J]. *中华急诊医学杂志*, 2018, 27(1): 22-29.
- Dennis M, Lal S, Forrest P, et al. In-Depth Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in Adult Out-of-Hospital Cardiac Arrest[J]. *J Am Heart Assoc*, 2020, 9(10): e016521.
- Extracorporeal Life Support Organization. ECLS International Summary of StatisticsR/OL. <https://www.else.org/Registry/InternationalSummaryandReports/InternationalSummary.aspx>.
- Richardson ASC, Tonna JE, Nanjayya V, et al. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation in Adults. Interim Guideline Consensus Statement From the Extracorporeal Life Support Organization[J]. *ASAIO J*, 2021, 67(3): 221-228.
- 应岚, 张茂编译. 德国体外心肺复苏共识[J]. *中华急诊医学杂志*, 2020, 29(2): 181-182.
- Chommeloux J, Montero S, Franchineau G, et al. Microcirculation Evolution in Patients on Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation for Refractory Cardiogenic Shock[J]. *Crit Care Med*, 2020, 48(1): e9-e17.
- 韩梅芳. 乙型病毒性肝炎 2020 年度研究进展荟萃[J]. *内科急危重症杂志*, 2021, 27(3): 184-186.
- Pourmoghadam KK, Olsen MC, Nguyen M, et al. Comparative Review of Outcomes in Patients With Congenital Heart Disease Requiring Cardiopulmonary Support for Failure to Wean From Cardiopulmonary Bypass or for Refractory Sudden Cardiac Arrest[J]. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*, 2015, 6(3): 387-392.
- Halenarova K, Belliato M, Lunz D, et al. Predictors of poor outcome after extra-corporeal membrane oxygenation for refractory cardiac arrest (ECPR): A post hoc analysis of a multicenter database[J]. *Resuscitation*, 2022, 170: 71-78.
- Bartos JA, Grunau B, Carlson C, et al. Improved Survival With Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation Despite Progressive Metabolic Derangement Associated With Prolonged Resuscitation[J]. *Circulation*, 2020, 141(11): 877-886.
- Belohlavek J, Smalcova J, Rob D, et al. Effect of Intra-arrest Transport, Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation, and Immediate Invasive Assessment and Treatment on Functional Neurologic Outcome in Refractory Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial[J]. *JAMA*, 2022, 327(8): 737-747.
- Sun F, Mei Y, Lv J, et al. Average mean arterial pressure in the first 6 hours of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in the prediction of the prognosis of neurological outcome: a single-center retrospective study[J]. *Perfusion*, 2021, 37(8): 805-811.
- Levy Y, Hutin A, Lidouren F, et al. Targeted high mean arterial pressure aggravates cerebral hemodynamics after extracorporeal resuscitation in swine[J]. *Crit Care*, 2021, 25(1): 369.
- 韦茵, 熊敏君, 罗建宇. 不同血流动力学参数联合指导脓毒性休克合并急性呼吸窘迫综合征目标导向性补液治疗对临床预后的影响[J]. *内科急危重症杂志*, 2022, 28(1): 50-53.

(2022-09-23 收稿 2023-02-24 修回)