

• 临床研究 •

实验室检验指标对成人体外心肺复苏患者死亡风险的预测价值

高永霞, 王爱鹏, 张 晴, 郭一言, 蒋楠茜, 朱 轶, 梅 勇, 陈旭锋*

南京医科大学第一附属医院急诊与危重症医学科, 江苏 南京 210029

[摘要] 目的: 探讨体外心肺复苏(extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR)支持前实验室检验指标对ECPR患者30 d死亡风险的预测价值。方法: 回顾性分析2018年1月—2023年12月南京医科大学第一附属医院急诊与危重症医学科行ECPR转机>24 h的113例患者。根据患者30 d的存活情况分为死亡组($n=69$)和生存组($n=44$), 采用单因素分析和Kaplan-Meier分析两组患者ECPR上机前实验室检验指标, 将差异有统计学意义及临床意义的指标进行多因素Cox比例风险回归分析, 绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线, 并计算ROC曲线下面积(area under curve, AUC)。结果: 多因素Cox分析显示, ECPR患者30 d死亡相关的风险因素包括乳酸[HR(95%CI): 1.318(1.185~1.467), $P < 0.05$]、二氧化碳分压(partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂)[HR(95%CI): 1.008(1.001~1.013), $P < 0.05$]、钠[HR(95%CI): 1.068(1.022~1.116), $P < 0.05$]、肌酐[HR(95%CI): 1.003(1.001~1.004), $P < 0.05$]、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)[HR(95%CI): 1.001(1.001~1.002), $P < 0.05$]。而酸碱度(pH)[HR(95%CI): 0.161(0.027~0.961), $P < 0.05$]、纤维蛋白原(fibrinogen, FIB)[HR(95%CI): 0.823(0.688~0.986), $P < 0.05$]可能具有潜在的保护作用。结论: ECPR患者30 d死亡相关的风险因素主要包括乳酸、PaCO₂、Na、肌酐、APTT, 而pH、FIB可能具有潜在的保护作用。

[关键词] 心肺复苏; 体外膜肺氧合; 实验室指标; 死亡风险; 预测价值

[中图分类号] R541.7

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2025)10-1494-08

doi: 10.7655/NYDXBNSN250202

Value of laboratory test indicators for predicting death risk in extracorporeal cardiopulmonary resuscitation patients

GAO Yongxia, WANG Aipeng, ZHANG Qing, GUO Yiyang, JIANG Nanxi, ZHU Yi, MEI Yong, CHEN Xufeng*

Department of Emergency and Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

[Abstract] **Objective:** To investigate the predictive efficacy of laboratory indexes for the 30-day risk of death in extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) patients prior to receiving support. **Methods:** A retrospective analysis was performed on 113 patients who received ECPR transfer for more than 24 hours at the Emergency and Critical Care Medicine Department of the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University between January 2018 and December 2023. The patients were categorized into two groups based on their 30-day survival rate: the survival group ($n=44$) and the death group ($n=69$). The laboratory test indicators before ECPR enrollment were examined using univariate analysis and Kaplan-Meier analysis for each of these groups. Cox's proportional hazards regression model was used in multivariate analysis to examine the laboratory test markers that showed statistically and clinically significant differences. Receiver operating characteristic (ROC) curves were used to plot the subject characteristics, and the area under the ROC curve was calculated. **Results:** According to the multifactorial Cox analysis, lactate [HR(95%CI): 1.318(1.185–1.467), $P < 0.05$], PaCO₂ [HR(95%CI): 1.008(1.001–1.013), $P < 0.05$], Na [HR(95%CI): 1.068(1.022–1.116), $P < 0.05$], creatinine [HR(95%CI): 1.003(1.001–1.004), $P < 0.05$] and activated partial thromboplastin time (APTT) [HR(95%CI): 1.001(1.001–1.002), $P < 0.05$] were among the risks associated with 30-day mortality in ECPR patients. Moreover, there may be preventive benefits for pH [HR(95%CI): 0.161(0.027–0.961), $P < 0.05$] and fibrinogen (FIB) [HR(95%CI): 0.823(0.688–0.986), $P < 0.05$]. **Conclusion:** In patients receiving ECPR, the primary risk factors linked to 30-day death are lactate, PaCO₂, Na, creatinine, and APTT,

[基金项目] 江苏省医学重点学科[苏卫科教(2022)17号]; 医院急诊管理专项研究(JSYGY-2-2021-JZ38)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: cxfyx@163.com(ORCID: 0000-0003-3697-6446)

while pH and FIB may have a potential protective role.

[Key words] cardio-pulmonary resuscitation; extracorporeal membrane oxygenation; laboratory index; death risk; predictive value

[J Nanjing Med Univ, 2025, 45(10): 1494-1501]

心脏骤停(cardiac arrest, CA)是指心脏射血突然停止,导致全身循环中断、呼吸停止和意识丧失的紧急状况。仅在中国每年CA病例就高达54.4万例,院内CA患者的存活率为6%~26%,而院外CA患者的存活率低于10%^[1]。体外心肺复苏(extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR)是将体外膜肺氧合技术(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)与传统心肺复苏相结合的新技术,通过ECMO为患者提供持续的循环和呼吸支持,在难治性CA中已得到广泛应用^[2-3]。近年来研究结果显示ECPR存活率仍很低^[1,4],大型队列研究显示ECPR患者出院时的存活率仅为27.2%^[5]。该技术难度大、费用高、并发症多,其风险因素、预测阈值目前尚不明确。本研究旨在分析实验室检验指标在ECPR患者死亡风险中的预测价值,以便快速、简便、准确地评估风险因素,辅助临床治疗决策,提高ECPR患者生存率和优化治疗选择。

1 对象和方法

1.1 对象

回顾性分析2018年1月—2023年12月南京医科大学第一附属医院急诊与危重症医学科行ECPR转机>24 h的113例患者。纳入标准:①年龄≥18岁;②符合CA诊断标准。排除标准:①家属拒绝ECPR或要求终止治疗;②ECMO终止后再启动的患者;③ECMO转机时间<24 h;④患有影响凝血功能的血液系统疾病或发病1个月内口服抗凝药物;⑤临床资料缺失。本研究已通过医院伦理委员会批准(批号:2023-SR-467)。

1.2 方法

1.2.1 ECPR启动、转运及撤机流程

快速启动:2021年体外生命支持组织指南推荐应在CA 60 min内建立ECMO循环,考虑到ECMO准备时间,在常规复苏失败10~15 min后考虑进行ECPR^[6],ECPR医护快速反应团队分工合作。

安全转运^[7-8]:临床医护转运团队采用信息化方法快速精准评估,识别转运风险,辅助决策最佳转运方式,保障ECMO患者院内院际间安全转运,ECPR患者目标体温管理期间转运采用持续目标体

温管理^[9]。

高效撤机:心脏超声显示大动脉搏动和收缩改善,降低流量至50%、25%时心输出量充分,超声评估心功能及瓣膜,循环稳定、氧供给充足。符合以上指征给予撤机。

1.2.2 观察指标

①患者的基本资料:年龄、性别、体重指数(body mass index, BMI)、ECMO前主要诊断。②使用德国迈柯唯Rotaflow机型行ECMO治疗,于启动前2 h内留取患者的静脉血及血气标本,使用美国雅培ISTAT300血气分析仪测量酸碱度(potential hydrogen, pH)、乳酸(lactate, Lac)、氧分压(partial pressure of oxygen, PaO₂)、二氧化碳分压(partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂)这4个血气指标,使用深圳迈瑞CAL8000自动化血液分析仪检测红细胞(red blood cell, RBC)、血红蛋白(hemoglobin, HGB)、白细胞(white blood cell, WBC)、血小板(platelet, PLT),使用美国强生Vitros5600全自动生化免疫分析仪检测血清钾(K)、钠(Na)、钙(Ca)、丙氨酸氨基转移酶(alanine aminotransferase, ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶(aspartate aminotransferase, AST)、肌酐(creatinine, CREA)、白蛋白(albumin, ALB)、C-反应蛋白(c-reactive protein, CRP),使用日本希森美康全自动血凝仪CS-5100检测凝血酶原时间(prothrombin time, PT)、PT国际化标准化比值(prothrombin time-international normalized ratio, PT-INR)、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)、纤维蛋白原(fibrinogen, FIB)、凝血酶时间(thrombin time, TT),使用广州万孚Finecare FS-113免疫荧光检测仪检测心肌肌钙蛋白I(cardiac troponin I, cTnI)、肌酸激酶同工酶(creatine kinase MB, CK-MB)、肌红蛋白(myoglobin, MYO)、降钙素原(procalcitonin, PCT)、B型脑钠肽(N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP)、D-二聚体(D-dimer, DD₂),使用德国罗氏E601化学发光仪检测高敏心肌肌钙蛋白T(cardiac troponin T, cTnT)。

1.2.3 研究终点与分组

将ECMO治疗开机后的30 d作为观察窗口,

ECMO治疗开机后的30 d内发生死亡作为观察终点,将ECPR患者分为死亡组和生存组。ECPR未滿30 d转科、转院、出院者,通过电话随访、电子病历系统获取信息。

1.3 统计学方法

利用SPSS 23.0统计软件对研究数据进行处理和分析。正态计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示;非正态分布计量资料以中位数(四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示;计数资料以率或构成比表示。正态计量资料采用独立样本 t 检验;非正态分布计量资料采用Mann-Whitney U 检验;计数资料比较采用卡方检验或Fisher精确检验。生存组与死亡组之间比较采用单因素分析,根据实验室各参数的受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线计算下面积(area under curve, AUC),并依据截断值进行分组,绘制Kaplan-Meier生存曲线,将单因素分析中

$P < 0.05$ 的变量或生存分析中 $P < 0.05$ 的变量与临床结局进行Cox回归分析,依据赤池信息准则(Akaike information criterion, AIC)进行向后逐步Cox回归筛选变量优化模型。绘制ROC曲线,并计算AUC,确定实验室检验指标最佳截断值及预测ECPR患者30 d死亡风险的灵敏度和特异度,采用Bootstrap重抽样1 000次内部验证模型区分度。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 ECPR患者的临床特征

本研究共纳入113例ECPR患者,根据是否死亡分为死亡组69例和生存组44例。其中人口学资料年龄、性别、身高、体重、BMI差异无统计学意义,ECPR前主要诊断差异有统计学意义($P < 0.05$,表1)。

表1 两组基线资料的比较

Table 1 Comparison of baseline characteristics between the two groups

Characteristic	Survival group($n=44$)	Death group($n=69$)	Statistics	P
Demographic data				
Age(years, $\bar{x} \pm s$)	50.25 \pm 14.10	50.62 \pm 14.18	$t=-0.137$	0.892
Male[$n(\%)$]	29(65.91)	57(82.61)	$\chi^2=3.253$	0.071
Height[cm, $M(P_{25}, P_{75})$]	170.00(162.00, 173.00)	170.00(165.00, 173.00)	$Z=-0.275$	0.786
Weight[kg, $M(P_{25}, P_{75})$]	70.00(57.75, 75.00)	70.00(60.35, 78.00)	$Z=-0.446$	0.658
BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	24.38 \pm 5.51	24.10 \pm 4.17	$t=0.302$	0.763
Pre-diagnosis of ECPR[$n(\%)$]				
Myocardial infarction	26(59.09)	38(55.07)	$\chi^2=0.177$	0.674
Myocarditis	11(25.00)	6(8.70)	$\chi^2=5.588$	0.018
Pulmonary embolism	1(2.27)	5(7.25)	$\chi^2=0.518$	0.472
Others	6(13.64)	20(28.99)	$\chi^2=3.573$	0.059

2.2 两组ECPR患者实验室检验指标的对比

比较两组ECPR患者实验室检验指标发现, pH、

Lac、PaO₂、PaCO₂、ALT、AST、CREA、PT、PT-INR、FIB、DD₂、PCT差异均有统计学意义($P < 0.05$,表2)。

表2 两组ECPR患者实验室检验指标的对比

Table 2 Comparison of laboratory test indicators between the two groups of ECPR patients

Indicator	Survival group($n=44$)	Death group($n=69$)	Statistics	P
pH($\bar{x} \pm s$)	7.14 \pm 0.09	7.04 \pm 0.14	$t=4.293$	< 0.001
Lac(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	9.22 \pm 2.58	12.48 \pm 2.33	$t=-6.951$	< 0.001
PaO ₂ [mmHg, $M(P_{25}, P_{75})$]	126.00(97.00, 213.00)	88.00(64.55, 236.50)	$Z=-2.794$	0.005
PaCO ₂ [mmHg, $M(P_{25}, P_{75})$]	35.30(29.08, 41.68)	42.00(31.10, 57.00)	$Z=-2.685$	0.007
RBC($\times 10^{12}/L$, $\bar{x} \pm s$)	3.96 \pm 0.67	3.75 \pm 0.93	$t=1.361$	0.176
HGB(g/L, $\bar{x} \pm s$)	120.57 \pm 20.35	115.49 \pm 28.51	$t=1.103$	0.273
WBC[$\times 10^9/L$, $M(P_{25}, P_{75})$]	13.91(11.02, 20.63)	16.69(11.62, 21.52)	$Z=-1.119$	0.264
PLT($\times 10^9/L$, $\bar{x} \pm s$)	185.82 \pm 76.06	168.06 \pm 78.44	$t=1.187$	0.238
K(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	3.74 \pm 0.65	4.00 \pm 1.06	$t=-1.589$	0.115

(续表2)

Indicator	Survival group(n=44)	Death group(n=69)	Statistics	P
Na[mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	140.25(138.80, 142.25)	142.70(137.70, 146.65)	$Z=-1.608$	0.109
Ca[mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	1.98(1.82, 2.12)	1.87(1.69, 2.10)	$Z=-1.705$	0.089
ALT[U/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	110.60(61.38, 259.70)	249.00(131.55, 563.30)	$Z=-3.545$	< 0.001
AST[U/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	183.00(80.45, 455.35)	719.70(241.45, 1 328.30)	$Z=-4.310$	< 0.001
CREA[$\mu\text{mol/L}$, $M(P_{25}, P_{75})$]	93.25(74.45, 110.70)	136.80(105.20, 189.30)	$Z=-5.182$	< 0.001
ALB(g/L, $\bar{x} \pm s$)	32.27 \pm 7.50	30.26 \pm 6.90	$t=1.457$	0.148
CRP[mg/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	16.00(4.58, 36.83)	18.70(7.33, 50.59)	$Z=-1.680$	0.094
PT[s, $M(P_{25}, P_{75})$]	16.25(13.80, 19.48)	18.50(14.75, 28.70)	$Z=-2.247$	0.025
PT-INR[$M(P_{25}, P_{75})$]	1.41(1.20, 1.60)	1.82(1.31, 2.84)	$Z=-3.015$	0.003
APTT[s, $M(P_{25}, P_{75})$]	47.25(31.90, 105.40)	60.30(39.80, 95.20)	$Z=-1.082$	0.281
FIB[g/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	2.23(1.79, 2.62)	1.72(1.04, 2.93)	$Z=-2.176$	0.030
TT[s, $M(P_{25}, P_{75})$]	84.55(19.22, 161.00)	49.70(21.15, 161.00)	$Z=-0.458$	0.649
DD ₂ [mg/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	7.41(2.92, 12.10)	10.00(5.87, 32.08)	$Z=-2.454$	0.014
NT-proBNP[pg/mL, $M(P_{25}, P_{75})$]	2 059.75(591.38, 10 669.98)	1 981.40(377.25, 9 243.30)	$Z=-0.044$	0.967
cTnI[ng/mL, $M(P_{25}, P_{75})$]	3.20(0.30, 17.00)	1.50(0.18, 19.14)	$Z=-0.638$	0.526
CK-MB[ng/mL, $M(P_{25}, P_{75})$]	70.98(17.60, 101.00)	100.00(17.99, 129.45)	$Z=-1.721$	0.086
MYO[ng/mL, $M(P_{25}, P_{75})$]	215.97(84.42, 410.00)	345.25(115.09, 866.50)	$Z=-1.467$	0.143
PCT[ng/mL, $M(P_{25}, P_{75})$]	0.37(0.14, 1.83)	3.29(0.45, 15.69)	$Z=-3.378$	< 0.001
cTNT[ng/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	2 383.50(173.35, 6 872.75)	2 069.00(206.45, 10 001.00)	$Z=-1.231$	0.219

2.3 两组ECPR患者实验室参数的Kaplan-Meier分析
连续性变量通过绘制ROC曲线求取临界拐点值,依据临界值进行分组,通过Kaplan-Meier分析比较30 d累积死亡率,结果显示Lac、PaCO₂、K、Na、ALT、AST、CREA、CRP、PT、PT-INR、APTT、DD₂、PCT差异均有统计学意义($P < 0.05$,图1)。

2.4 多因素Cox回归

将单因素分析中 $P < 0.05$ 的变量或Kaplan-Meier分析中 $P < 0.05$ 的变量(包括ECPR前主要诊断、pH、Lac、PaO₂、PaCO₂、K、Na、ALT、AST、CREA、CRP、PT、PT-INR、APTT、FIB、DD₂、PCT),依据AIC进行向后逐步Cox回归筛选,确定将pH、Lac、PaO₂、PaCO₂、Na、ALT、CREA、APTT、FIB、PCT共10个变量纳入多因素Cox回归中,各变量对ECPR患者30 d死亡风险的影响以森林图表示(图2)。其中,ECPR患者30 d死亡相关的风险因素主要包括Lac、PaCO₂、Na、CREA、APTT,而pH、FIB可能具有潜在的保护作用。

2.5 各实验室指标诊断价值分析

绘制各参数及整体的ROC曲线,并计算各参数及整体的AUC值,结果显示单一指标中,Lac的预测性能最好,AUC值为0.81,灵敏度为0.83,特异度为0.66,最佳截断值为10.42 mmol/L;其余PaCO₂、Na、CREA、APTT、pH、FIB的AUC值分别为0.65、0.59、0.79、0.56、0.30、0.38。7种指标(Lac、PaCO₂、Na、

CREA、APTT、pH、FIB)联合预测性能最佳,其AUC值为0.91,灵敏度为0.71,特异度为0.95(图3)。在Bootstrap重抽样1 000次后,Cox模型平均AUC为0.933(95%CI:0.890~0.976)(图4)。

3 讨论

CA是世界范围内的重要公共卫生问题^[10],目前认为常规CPR治疗失败的CA患者可以从ECPR中获益^[11-12]。尽管如此,现有数据显示ECPR患者存活率也仅为29.0%~33.6%^[13-14]。因此,探索挖掘可早期预测ECPR患者预后的实验室指标具有重要临床意义,但迄今为止鲜有相关研究。

ECPR患者经济负担重,能尽快预测ECPR患者救治转归情况至关重要^[15]。现有的预测ECPR患者转归的因素很多,但因为欠缺标准化的临床指南,各个中心治疗方案不统一,临床预后并不相同^[1]。静脉-动脉ECMO后生存(survival after veno-arterial ECMO,SAVE)评分是目前国际广泛用于预测ECMO患者临床结局的评分系统,但SAVE评分在构建之初排除了ECPR群体,这也导致SAVE评分在ECPR患者中可能存在局限性。目前我国急救知识普及率低,公众识别CA的能力欠佳^[16]。大多数院外CA患者主要由家属和转运急救人员提供信息,可以获得的评估信息往往缺失度高、不全面、可信度欠佳

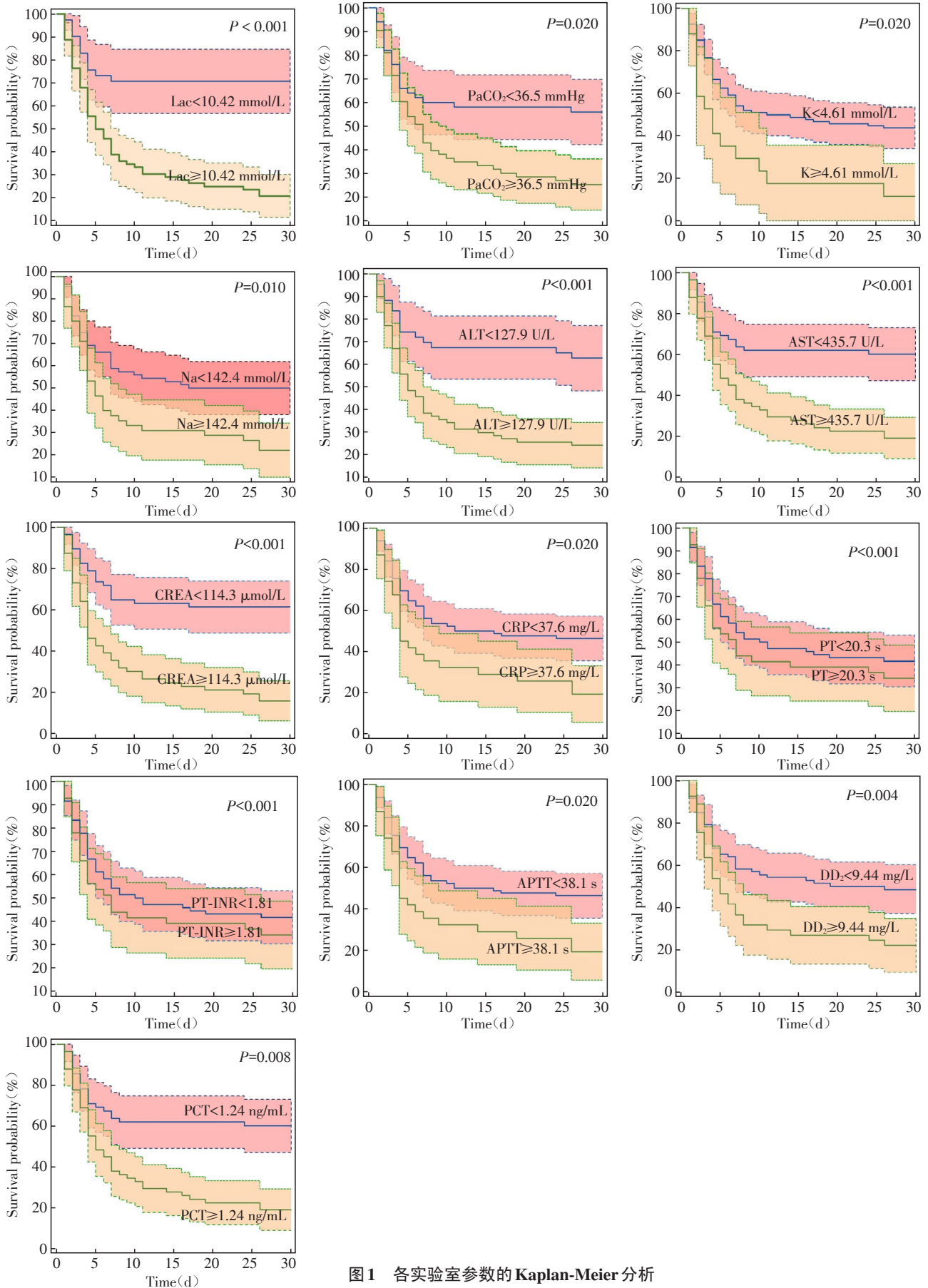


图1 各实验室参数的Kaplan-Meier分析

Figure 1 Kaplan-Meier analysis of laboratory parameters

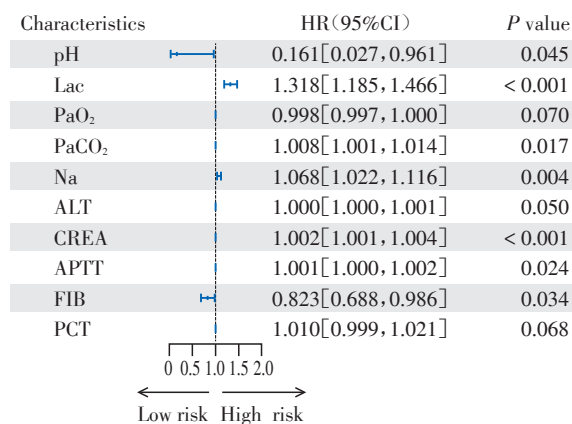


图2 ECPR患者30 d死亡风险Cox回归森林图
Figure 2 Forest plot of 30-day mortality risk in ECPR patients based on Cox regression analysis

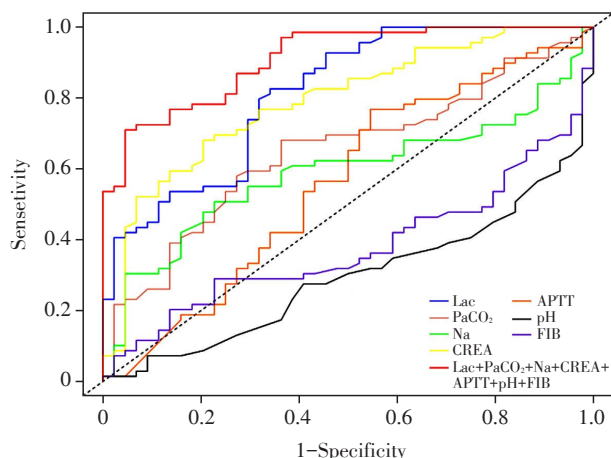


图3 实验室检验指标预测ECPR患者30 d死亡风险的ROC曲线
Figure 3 ROC curve of laboratory test indicators for predicting 30-day mortality risk in ECPR patients

导致信息偏倚^[17]。应用ECMO的时机对患者预后至关重要^[18],实验室检验指标相对客观,容易获取,可信度高,因此可能成为临床医生判断ECPR患者转归的可靠资料。但是关于实验室指标对ECMO转归预测指标众说纷纭^[1, 19-20]。实验室指标预测ECMO患者死亡率时提及最多的是Lac。Rigamonti等^[21]研究显示,启动ECMO最初24 h内的血Lac峰值可预测接受ECMO治疗急性冠脉综合征患者的死亡率,王黎明等^[22]利用ECMO启动后2 h血氧饱和度、血清淀粉酶、2 h Lac和原发疾病预测接受ECMO患者的院内死亡率。单一乳酸初始值对ECMO患者死亡率的预测能力有限,而多指标联用具有更好的预测能力。Chen等^[23]报道了ECMO启动时Lac和SAVE评分结合修改后的新SAVE评分可以改善急诊ECMO

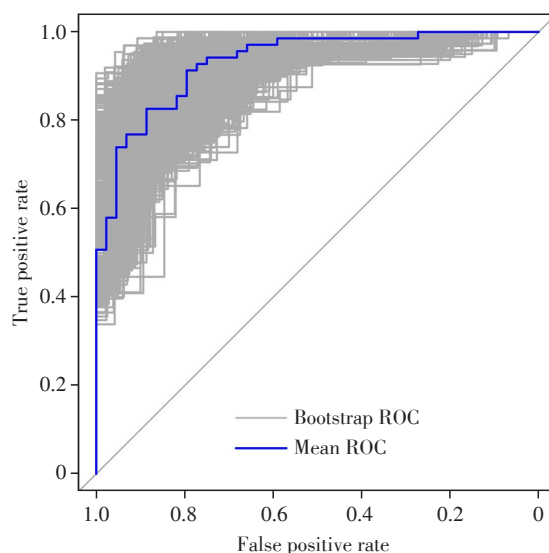


图4 Cox模型Bootstrap(重抽样1 000次)内部验证ROC曲线

Figure 4 The ROC curves of Cox model and the internal validation using the bootstrap method (resampling=1 000)

紧急治疗患者的预后,其AUC= 0.843,有着较好的信效度,这也表明实验室指标在预测ECMO包括ECPR患者中存在重要价值。Li等^[1]联用了多个指标建立预测模型,这些指标包括脑血管病史、Lac、无脉电活动或心搏停止、年龄、pH和使用主动脉内气囊反搏,都有很高的预测性能。本研究单因素分析示ECPR前主要诊断与患者住院结局显著相关,亚组中显示心肌炎呈现出更显著的相关性,这与既往研究相符合^[24-26];但无法纳入30 d死亡风险Cox回归的变量,可能原因是需要根据心功能进一步划分亚组^[27]。

本研究回顾性收集113例ECPR患者,采用Cox多因素回归分析,发现ECPR患者院内30 d死亡相关的风险因素主要包括Lac、PaCO₂、Na、CREA、APTT,而pH、FIB具有潜在的保护作用。绘制ROC曲线,并评估实验室检验7种指标(Lac、PaCO₂、Na、CREA、APTT、pH、FIB)及整体联合对ECPR患者院内30 d死亡率的预测效果,结果显示单一指标中,Lac的预测性能最好,AUC值为0.81,灵敏度0.83,特异度0.66,最佳截断值为10.42 mmol/L;7种指标(Lac、PaCO₂、Na、CREA、APTT、pH、FIB)联合预测,其AUC值为0.91,灵敏度0.71,特异度0.95。因此本研究采用实验室检验指标对ECPR患者30 d死亡率进行预测,具有一定意义,使用Bootstrap内部验证后,结果稳定,有一定临床推广价值。

本研究为单中心回顾性研究,存在一定局限性,样本量所限,可能出现一定的偏倚。尽管医院有统一的ECPR启动指征,但实际ECPR启动影响因素繁杂,最终由临床医生决策,一些院外ECPR患者也被纳入;本研究的一些患者缺少院外心肺复苏信息,如CA时间、心肺复苏情况、除颤情况等,这些信息可能提供更多参考价值。后期将继续深入研究,采用多中心大样本前瞻性研究,引入更多潜在的预测指标,提高临床研究的实用性。呼吁加强国内合作,共同建立更为精细、全面、适合中国人群的ECPR评估系统。

综上所述,ECMO前实验室检验指标对心肺复苏患者30d死亡率具有预测价值,可以辅助临床决策。ECPR患者院内30d死亡相关的风险因素主要包括Lac、PaCO₂、Na、CREA、APTT,而pH、FIB可能具有潜在的保护作用。

利益冲突声明:

所有作者声明不存在利益冲突。

Conflict of Interests:

All authors declare that there is no conflict of interests.

作者贡献声明:

高永霞负责数据收集、统计分析、初稿撰写;王爱鹏负责实验设计、统计分析、作图、论文审阅;张晴负责论文审阅和编辑;郭一言、蒋楠茜负责数据收集、整理;朱轶负责实验设计、研究指导、论文审阅;梅勇负责研究指导、经费支持;陈旭锋负责实验设计、研究指导、论文审阅。

Author's Contributions:

GAO Yongxia was responsible for data collection, statistical analysis, and first draft writing; WANG Aipeng was responsible for research design, statistical analysis, plotting, and draft reviewing; ZHANG Qing was responsible for draft reviewing and editing; GUO Yiyang and JIANG Nanxi were responsible for data collection and analysis; ZHU Yi was responsible for research design, research guidance, draft reviewing; MEI Yong was responsible for research guidance and financial support; CHEN Xufeng was responsible for research design, research guidance, and draft reviewing.

[参考文献]

- [1] LI Z, GAO J, WANG J, et al. Mortality risk factors in patients receiving ECPR after cardiac arrest: development and validation of a clinical prognostic prediction model [J]. *Am J Emerg Med*, 2024, 76: 111-122
- [2] KO K, KIM Y H, LEE J H, et al. The effects of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation according to covariate adjustment [J]. *Asaio J*, 2023, 69(2): 191-197
- [3] 中华医学会急诊医学分会复苏学组, 中国医药教育协会急诊专业委员会. 成人体外心肺复苏专家共识更新(2023版) [J]. *中华急诊医学杂志*, 2023, 32(3): 298-304
- Resuscitation Group of Emergency Medicine Branch of Chinese Medical Association, Emergency Professional Committee of Chinese Medical Education Association. Expert consensus update on adult extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (2023 edition) [J]. *Chinese Journal of Emergency Medicine*, 2023, 32(3): 298-304
- [4] LOW C J W, RAMANATHAN K, LING R R, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with cardiac arrest: a comparative meta-analysis and trial sequential analysis [J]. *Lancet Respir Med*, 2023, 11(10): 883-893
- [5] 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
- [6] RICHARDSON A S C, TONNA J E, 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
- [7] 蔡金霞, 高永霞, 黄红娟, 等. 信息化风险评估预警系统在体外膜肺氧合患者安全转运中的应用 [J]. *护士进修杂志*, 2023, 38(4): 367-370
- CAI J X, GAO Y X, HUANG H J, et al. Application of an information-based risk assessment and early warning system in the safe transport of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) patients [J]. *Journal of Nurse Training*, 2023, 38(04): 367-370
- [8] 高永霞, 陈旭锋, 梅勇, 等. 58例体外心肺复苏患者目标体温管理临床观察 [J]. *中国急救医学*, 2023, 43(8): 620-624
- GAO Y X, CHEN X F, MEI Y, et al. Clinical observation of targeted temperature management in 58 patients undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation [J]. *Chinese Journal of Critical Care Medicine*, 2023, 43(8): 620-624
- [9] HUANG H, WANG Y, WANG R, et al. Clinical observation of different targeted temperature management methods in patients with cardiac arrest [J]. *Am J Transl Res*, 2022, 14(4): 2436-2442
- [10] 白雪, 陈梦飞, 唐玉娇, 等. 心搏骤停流行病学调查及其危险因素研究现状 [J]. *中华危重病急救医学*, 2024, 36(4): 445-448
- BAI X, CHEN M F, TANG Y J, et al. Research status of epidemiological investigation and risk factors for cardiac arrest [J]. *Chinese Critical Care Medicine*, 2024, 36(4):

- 445-448
- [11] 中国心脏骤停与心肺复苏报告编写组,徐 峰,陈玉国. 中国心脏骤停与心肺复苏报告(2022年版)概要[J]. 中国循环杂志, 2023, 38(10): 1005-1017
Writing Group for China Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Report, XU F, CHEN Y G. Summary of China cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation report (2022 Edition) [J]. Chinese Circulation Journal, 2023, 38(10): 1005-1017
- [12] BIAN Y, PAN Y, ZHENG J, et al. Extracorporeal versus conventional cardiopulmonary resuscitation for in-hospital cardiac arrest: a propensity score matching cohort study [J]. Crit Care Med, 2024, 52(6): e268-e278
- [13] KIM S J, KIM H J, LEE H Y, et al. Comparing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation with conventional cardiopulmonary resuscitation: a meta-analysis [J]. Resuscitation, 2016, 103: 106-116
- [14] YUAN Z, LIU Y, WEI G, et al. Clinical characteristics of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in China: a multicenter retrospective study [J]. BMC Anesthesiol, 2024, 24(1): 230
- [15] 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
- [16] 李英忠. 基于5G专网的智能院前急救研究与实现[J]. 医学信息学杂志, 2023, 44(8): 77-82
LI Y Z. Research and implementation of intelligent pre-hospital emergency care based on 5G private network [J]. Journal of Medical Informatics, 2023, 44(8): 77-82
- [17] 陈闪闪,蔡文伟,李恒杰,等. 浙江省院外心脏骤停患者的流行病学调查[J]. 中华急诊医学杂志, 2024, 33(7): 979-982
CHEN S S, CAI W W, LI H J, et al. Epidemiological investigation of out-of-hospital cardiac arrest patients in Zhejiang Province [J]. Chinese Journal of Emergency Medicine, 2024, 33(7): 979-982
- [18] 郑翔翔,张石江,梁永年,等. 体外膜肺氧合在心脏术后低心排综合征中的临床应用[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2015, 35(12): 1743-1745
ZHENG X X, ZHANG S J, LIANG Y N, et al. Clinical application of extracorporeal membrane oxygenation in post-cardiotomy low cardiac output syndrome [J]. Journal of Nanjing Medical University (Natural Sciences), 2015, 35(12): 1743-1745
- [19] 刘 畅,王金龙,仲 轶. 高敏C反应蛋白与血清白蛋白比值对院内心脏骤停患者预后的预测价值[J]. 中华急诊医学杂志, 2021, 30(8): 1002-1006
LIU C, WANG J L, ZHONG Y, et al. Predictive value of high-sensitivity C-reactive protein to serum albumin ratio for prognosis in patients with in-hospital cardiac arrest [J]. Chinese Journal of Emergency Medicine, 2021, 30(8): 1002-1006
- [20] 周 浩,李 伟,朱 轶,等. ECPR患者ECMO支持早期发作室颤/室速与预后关系[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2023, 43(12): 1656-1662
ZHOU H, LI W, ZHU Y, et al. Association between early-onset ventricular fibrillation/tachycardia and prognosis in ECPR patients receiving ECMO support [J]. Journal of Nanjing Medical University (Natural Sciences), 2023, 43(12): 1656-1662
- [21] RIGAMONTI F, MONTECUCCO F, BOROLI F, et al. The peak of blood lactate during the first 24 h predicts mortality in acute coronary syndrome patients under extracorporeal membrane oxygenation [J]. Int J Cardiol, 2016, 221: 741-745
- [22] 王黎明,陈 琳,王华斌,等. 列线图模型用于体外膜肺氧合患者术后死亡的早期预测价值[J]. 中华危重病急救医学, 2022, 34(10): 1024-1030
WANG L M, CHEN L, WANG H B, et al. Value of nomogram in early prediction of death in patients post extracorporeal membrane oxygenation [J]. Chinese Critical Care Medicine, 2022, 34(10): 1024-1030
- [23] CHEN W C, HUANG K Y, YAO C W, et al. The modified SAVE score: predicting survival using urgent veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation within 24 hours of arrival at the emergency department [J]. Crit Care, 2016, 20(1): 336
- [24] HU Q, LIU X, WEN C, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation successfully used in a two-hour cardiac arrest caused by fulminant myocarditis: a case report [J]. Front Cardiovasc Med, 2024, 11: 1402744
- [25] 黎嘉嘉,罗小秀,黄晓波. 静脉-动脉体外膜肺氧合上机时机的探讨[J]. 中华医学杂志, 2022, 102(25): 1874-1877
LI J J, LUO X X, HUANG X B. Initiation timing of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. Chinese Medical Journal, 2022, 102(25): 1874-1877
- [26] CATALANO M A, PUPOVAC S, MANETTA F, et al. Contemporary national utilization of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) for out-of-hospital cardiac arrest [J]. J Card Surg, 2022, 37(4): 818-824
- [27] TONNA J E, MCKELLAR S H, SELZMAN C H, et al. Exploratory analysis of myocardial function after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation vs. conventional cardiopulmonary resuscitation [J]. BMC Res Notes, 2020, 13(1): 137

[收稿日期] 2025-02-26

(本文编辑: 蒋 莉)