

• 综述 •

静脉-动脉体外膜肺氧合生存预测评分的研究进展

黄维超 郭文钦 王丽丽

中国医学科学院阜外医院深圳医院重症医学科, 广东深圳 518000

通信作者: 王丽丽, Email: 1248532808@qq.com

【摘要】 静脉-动脉体外膜肺氧合(VA-ECMO)是一种能提供循环和氧合支持的体外循环技术,目前应用于心源性休克(CS)、肺栓塞、心搏骤停(CA)等疾病的救治。但VA-ECMO仍有较高的并发症发生率和病死率,如果在使用VA-ECMO前,利用预测评分进行危险分层有助于筛选出最佳获益人群,制定最佳的临床策略,合理分配医疗资源。关于VA-ECMO预测评分的综述鲜有报道,本文旨在对多种VA-ECMO评分工具[VA-ECMO辅助后生存率评分(SAVE)、VA-ECMO抢救急性心肌梗死(AMI)后患者的预后评分(ENCOURAGE)、未包含国际标准化比值的终末期肝病模型(MELD-XI)、心脏外科术后行体外膜肺氧合评分(PC-ECMO)、预测冠状动脉旁路移植手术前行VA-ECMO的死亡预测评分(REMEMBER)、大面积肺动脉栓塞行VA-ECMO辅助后死亡风险预测评分、ECMO辅助下心肺复苏评分(ECPR)、经体外生命支持的低体温结局预测评分(HOPE)]的预测性能进行系统综述,以期临床诊疗提供参考。

【关键词】 静脉-动脉体外膜肺氧合; 预测评分; 心源性休克; 心力衰竭; 心肺复苏术

基金项目: 广东省深圳市“医疗卫生三名工程”项目(SZSM201911019)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210429-00648

Research progress of survival predictive score in veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation

Huang Weichao, Guo Wenqin, Wang Lili

Department of Critical Care Medicine, Fuwai Hospital Chinese Academy of Medical Sciences, Shenzhen 518000, Guangdong, China

Corresponding author: Wang Lili, Email: 1248532808@qq.com

【Abstract】 Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (VA-ECMO) is an extracorporeal circulation technique that provides circulatory and oxygenation support, and it is currently used in the treatment of cardiogenic shock (CS), pulmonary embolism, cardiac arrest (CA), and other diseases. However, this technology is still associated with high complications and mortality. The use of predictive scores for risk stratification before VA-ECMO will be helpful to screen the optimal benefiting population, make optimal clinical decisions, and allocate medical resources reasonably. At present, there are few reports about predictive scores for VA-ECMO. This article systematically reviewed the predictive performance of various scoring tools [the survival after venoarterial ECMO (SAVE) score, prediction of cardiogenic shock outcome for acute myocardial infarction (AMI) patients salvaged by VA-ECMO (ENCOURAGE) score, model for end-stage liver disease (MELD-XI) score, post-cardiotomy extracorporeal membrane oxygenation (PC-ECMO) score, the predicting mortality in patients undergoing VA-ECMO after coronary artery bypass grafting (REMEMBER) score, predictors of mortality with VA-ECMO for acute massive pulmonary embolism, extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) score, the hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support (HOPE) score] for patients receiving VA-ECMO to provide reference for clinical treatment.

【Key words】 Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation; Predictive score; Cardiogenic shock; Heart failure; Cardiopulmonary resuscitation

Fund program: Fund of "Three Famous Medical and Health Project" in Shenzhen of Guangdong Province (SZSM201911019)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20210429-00648

静脉-动脉体外膜肺氧合(veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation, VA-ECMO)是一种能提供循环和氧合支持的体外循环技术^[1],可为疾病的恢复或其他治疗方案衔接争取时间。目前VA-ECMO广泛应用于肺栓塞(pulmonary embolism, PE)、心搏骤停(cardiac arrest, CA)、急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)后心源性休克(cardiogenic shock, CS)或心外科术后(postcardiotomy cardiogenic shock, PCS)、终末期心力衰竭(心衰)行心脏移植术前桥接、心外科术后脱离体外循环困难等情况^[2-4]。然而,VA-ECMO也存在一定不足,如费用高昂,可能存在出血、感染、精神心理创伤和机械损伤等并发症^[5-6],而且不同病因的人群获益不同^[7]。因此,ECMO辅助前对患者进行危险分层并筛选出获

益人群,有助于合理分配医疗资源并制定正确的临床决策。传统的重症风险评分预测ECMO患者的生存率价值有限^[8]。目前已开发多种ECMO生存评分工具,本文旨在对应用于不同疾病的VA-ECMO预后评分进行系统综述,帮助临床医生拓宽临床经验、降低误判风险、合理利用医疗资源。

1 VA-ECMO辅助后生存率评分(survival after VA-ECMO, SAVE)

难治性心源性休克(refractory cardiogenic shock, RCS)是CS的一种类型,指针对病因治疗并给予足够剂量的两种以上血管活性药物后,患者仍出现持续性组织灌注不足^[9]。RCS的病死率非常高,VA-ECMO可作为有效的辅助治疗手段^[10]。Schmidt等^[11]从体外生命支持组织(Extracorporeal

Life Support Organization, ELSO)数据库提取 2003 年 1 月至 12 月 3 846 例 CS 患者的临床资料,排除呼吸衰竭(呼衰)、2 次 ECMO 辅助,其中 33% 为慢性心衰、29% 为 AMI、17% 为瓣膜性心脏病,平均年龄 54 岁,1 601 例(42%)患者存活至出院。研究开发出包含 12 个变量的 SAVE 评分(表 1),用于预测各种病因致 RCS 行 VA-ECMO 辅助的院内生存率。根据分值分为 5 个风险等级,分值越高,ECMO 辅助后生存率越高。该评分的内部验证受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线)下面积(area under the curve, AUC)及 95% 可信区间(95% confidence interval, 95%CI)为 0.68(0.64 ~ 0.71),外部验证 AUC 为 0.90(95%CI 0.85 ~ 0.95),高于急性生理学与慢性健康状况评分(acute physiology and chronic health evaluations, APACHE II^[12]、APACHE III^[13])和序贯器官衰竭评分(sequential organ failure assessment, SOFA)^[14]等重症评分工具。SAVE 评分是第一个基于大样本、国际多中心开发的预测各种病因所致 CS 患者行 ECMO 死亡风险的预测模型。然而,该评分内部验证时 AUC 仅为 0.68,但外部验证 AUC 高达 0.90,可能与不同中心的 ECMO 管理方案存在差异以及验证组和开发组的病因存在差异有关。

2 VA-ECMO 抢救 AMI 后患者的预后评分(prediction of cardiogenic shock outcome for AMI patients salvaged by VA-ECMO, ENCOURAGE)

CS 最常见于 AMI^[15]。AMI 所致 RCS 可通过 VA-ECMO 稳定血流动力学,为心功能恢复、冠状动脉(冠脉)介入或外

科手术干预争取时间^[16]。Muller 等^[17]回顾性分析了 2008 年 5 月至 2013 年 5 月 2 个法国重症监护病房(intensive care unit, ICU)中心的数据,纳入 138 例接受 ECMO 辅助的 AMI 患者,开发出 ENCOURAGE 评分系统(表 2),用于预测 AMI 后 CS 患者经 VA-ECMO 辅助 30 d 的生存率。该评分纳入 7 个 ECMO 启动前变量,包括年龄>60 岁、女性、体质指数>25 kg/m²、格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS)<6 分、肌酐(creatinine, Cr)>150 μmol/L、Lac 水平(分 3 个范围:<2、2~8、>8 mmol/L),以及凝血酶原活动度<50%。内部验证显示,ENCOURAGE 评分的预测性能优于 SAVE、简明急性生理学评分(simplified acute physiology score II, SAPS II)^[18]、SOFA 和急性冠脉事件全球注册风险(global registry of acute coronary events risk score, GRACE)评分^[19]。由于凝血酶原活动度在部分地区并不常用, Pabst 等^[20]回顾性分析了 2008 年 6 个月至 2016 年 9 月 61 例 AMI 后 CS 使用 VA-ECMO 辅助的患者临床资料,对 ENCOURAGE 评分进行改良,将国际标准化比值(international normalized ratio, INR)>2 替代凝血酶原活动度<50%,结果显示,改良后 ENCOURAGE 评分的 AUC 为 0.74(95%CI 0.61 ~ 0.87)。

3 未包含 INR 的终末期肝病模型(model for end-stage liver disease, MELD)评分(MELD- XI)

MELD 原用于评价终末期肝病患者的预后,以及评估肝移植的优先级。MELD 包含 Cr、胆红素水平等变量,得分越高,提示患者 3 个月的死亡风险越高^[21]。为提高精确性,排

表 1 SAVE 评分包含的变量及分值

变量	分值(分)	变量	分值(分)
急性病因诊断(可单或多选)		ECMO 启动前急性器官功能受损(可单或多选)	
心肌炎	3	肝脏功能障碍	-3
难治性室速或室颤	2	中枢神经系统功能受损	-3
心脏或肺脏移植术后	3	肾功能不全	-3
先天性心脏病	-3	慢性肾脏病	-6
其他导致需行 VA-ECMO 的疾病	0	ECMO 启动前机械通气时间(h)	
年龄(岁)		≤10	0
18~38	7	11~29	-2
39~52	4	≥30	-4
53~62	3	吸气峰压≤20 cmH ₂ O	3
≥63	0	ECMO 启用前心搏骤停	-2
体重(kg)		ECMO 启用前舒张压≥40 mmHg	3
≤65	1	ECMO 启用前脉压≤20 mmHg	-2
65~89	2	ECMO 启用前 HCO ₃ ⁻ ≤15 mmol/L	-3
≥90	0	常数(加至最终计算结果)	-6
		总分	-35 ~ 23

注:SAVE 为静脉-动脉体外膜肺氧合(VA-ECMO)辅助后生存率,室速为室性心动过速,室颤为心室纤颤;肝功能受损定义为总胆红素>33 μmol/L 或血清转氨酶升高(丙氨酸转氨酶或天冬氨酸转氨酶)>70 U/L,中枢神经系统功能受损包括中枢神经损伤、脑血栓形成、脑病、脑栓塞和痫性发作以及癫痫综合征,肾功能不全是指慢性或急性肾功能不全[如肌酐>132.6 μmol/L(1.5 mg/dL)]伴或不伴肾脏替代治疗,慢性肾脏病定义为肾损伤或肾小球滤过率<1.0 mL·s⁻¹·1.73 m² 超过 3 个月,ECMO 启用前舒张压为 ECMO 插管前 6 h 内的最差数值;SAVE 总分≥5 分,风险等级 I 级,院内生存率为 75%;SAVE 总分 1~5 分,风险等级 II 级,院内生存率为 58%;SAVE 总分 -4~0,风险等级 III 级,院内生存率为 42%;SAVE 总分 -9~-5 分,风险等级 IV 级,院内生存率为 30%;SAVE 总分≤-10 分,风险等级 V 级,院内生存率为 18%;1 cmH₂O≈0.098 kPa;1 mmHg≈0.133 kPa

表 2 ENCOURAGE 评分包含的变量及分值

变量	分值(分)
年龄>60 岁	5
女性	7
BMI>25 kg/m ²	6
GCS 评分<6 分	6
Cr>150 μmol/L	5
血 Lac (mmol/L)	
<2	0
2~8	8
>8	11
凝血酶原活动度<50%	5

注:ENCOURAGE 为静脉-动脉体外膜肺氧合(VA-ECMO)抢救急性心肌梗死(AMI)患者的预后评分,BMI 为体质指数,GCS 为格拉斯哥昏迷评分,Cr 为肌酐,Lac 为乳酸;ENCOURAGE 得分 0~12 分,风险等级为 I 级,30 d 存活率为 92%,6 个月存活率为 80%;得分 13~18 分,风险等级为 II 级,30 d 存活率为 70%,6 个月存活率为 58%;得分 19~22 分,风险等级为 III 级,30 d 存活率为 35%,6 个月存活率为 25%;得分 23~27 分,风险等级为 IV 级,30 d 存活率为 28%,6 个月存活率为 20%;得分≥28 分,风险等级为 V 级,30 d 存活率为 17%,6 个月存活率为 7%

除抗凝治疗的影响,衍生出 MELD- XI 评分以及含血清钠水平的 MELD (MELD includes serum sodium levels, MELD-Na) 评分^[22]。Kim 等^[23]研究发现,上述评分工具同样适用于终末期心衰患者的预后评估,可能与慢性心衰患者出现慢性肝淤血及肾损伤有关^[24]。

VA-ECMO 可以为心衰终末期患者进行心脏移植前提供桥接支持^[1]。Sern Lim^[25]将 MELD、MELD-Na、MELD- XI 评分用于预测慢性心衰急性失代偿 (acute decompensated heart failure, ADHF) 患者行 ECMO 辅助后的生存率。研究收集 2009 年 1 月至 2014 年 4 月期间 26 例因终末期心衰拟行心脏移植、术前行 VA-ECMO 辅助的患者,结果显示,只有 MELD- XI 评分与 30 d 生存率相关 (OR 为 2.678, 95% CI 为 1.085 ~ 6.607, $P=0.033$), MELD- XI 评分中位数为 14.1 分, MELD- XI 评分 ≤ 14.1 分时的患者 30 d 生存率为 69%, >14.1 分的学生 30 d 生存率为 31% ($P=0.046$)。因此, MELD- XI 评分可用于预测 ADHF 行 ECMO 的临床结局。然而,该研究样本量少,且 MELD- XI 评分受容量状态、利尿剂、肾功能等因素的影响,因此,使用 MELD- XI 评分时应考虑上述因素的影响。此外, MELD- XI 评分适用于 12 岁以上的患者。

4 心脏外科术后行 ECMO 评分 (post-cardiotomy extracorporeal membrane oxygenation, PC-ECMO)

VA-ECMO 辅助外科术后 RCS 的应用日益增加。既往研究显示, VA-ECMO 辅助外科术后发生 RCS 的患者中,约 41.7% 存活至出院^[26]。Biancari 等^[27]回顾性分析了 2010 年 1 月至 2018 年 3 月全球 17 个心脏手术中心 781 例患者的临床资料,开发出 PC-ECMO 评分 (表 3),用于预测心脏外科术后 RCS 行 VA-ECMO 辅助后患者的院内病死率,该评分包含以下变量:女性、年龄、既往心脏外科手术史、ECMO 启动前动脉血 Lac ≥ 6.0 mmol/L、主动脉弓手术、术前卒中/昏迷。该评分的区分度优于欧洲心脏手术危险评估系统 II (European system for cardiac operative risk evaluation II, Euro-SCORE II) [C -统计量 (95% CI) 为 0.68 (0.64 ~ 0.7) 比 0.56 (0.52 ~ 60.00), $P<0.0001$]。因样本数量有限,该评分未能划分开发集和验证集。此外,本研究表明,70 岁以上人群使用 VA-ECMO 辅助 PCS 的死亡风险明显升高,因此,高龄患者行 VA-ECMO 辅助前需严格评估风险。由于 PC-ECMO 评分是基于回顾性研究,因此未纳入 VA-ECMO 辅助前的血流动力学参数。

表 3 PC-ECMO 评分包含的变量及 1 年病死率预测

变量	分值(分)	PC-ECMO 评分	1 年病死率 (%)
女性	1	0 分	47.6
年龄 60 ~ 69 岁	2	1 分	46.4
≥ 70 岁	4	2 分	52.1
既往有心脏外科手术史	1	3 分	59.5
主动脉弓手术	4	4 分	74.6
术前卒中 / 昏迷	5	5 分	73.1
ECMO 启动前动脉血 Lac ≥ 6.0 mmol/L	2	6 分	78.0
		≥ 7 分	90.5

注: PC-ECMO 为心脏外科术后体外膜肺氧合 (ECMO), Lac 为乳酸

5 预测冠状动脉旁路移植术 (coronary artery bypass grafting, CABG) 后行 VA-ECMO 治疗的死亡风险评分 (predicting mortality in patients undergoing VA-ECMO after coronary artery bypass grafting, REMEMBER)

既往的研究结果显示, CABG 后发生 CS 并且接受 ECMO 辅助治疗患者的病死率为 65.4%, CABG 联合瓣膜手术后发生 CS 并且接受 ECMO 辅助治疗的病死率则高达 68.4%^[26], 因此, 识别外科术后发生 CS 行 ECMO 辅助治疗的最佳获益人群意义重大。Wang 等^[28]开发出了 REMEMBER 评分, 用于预测单纯 CABG 术后发生 PCS 患者行 VA-ECMO 辅助治疗的院内死亡风险。研究者回顾性分析了 2004 年 2 月至 2017 年 3 月期间 166 例行 CABG 术后发生 PCS 并且行 VA-ECMO 辅助患者的临床资料, 结果显示, 大部分患者主要诊断为不稳定型心绞痛 (78%), 其中, 左主干病变占 31%; 50% 患者行非停跳 CABG。VA-ECMO 辅助治疗的中位时间为 4 (3 ~ 6) d, 中位 ICU 住院时间为 8 (5 ~ 12) d。最终 74 例 (44.5%) 患者存活至出院。

REMEMBER 评分包含以下变量 (表 4): 老龄、左主干病变、正性肌力药物评分 (inotropic score, IS) >75 分 [$IS=多巴胺(\mu g \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})+多巴酚丁胺(\mu g \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})+100 \times 肾上腺素(\mu g \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1})$], 肌酸激酶同工酶 (creatin kinase-MB, CK-MB) >130 U/L, 血清 Cr $>150 \mu mol/L$ 、血小板计数 (platelet count, PLT) $<100 \times 10^9/L$ 。研究结果显示, 该评分的 AUC 为 0.85 (95% CI 0.79 ~ 0.91), 优于 SAVE、ENCOURAGE、SOFA 和 Euro-SCORE 评分^[29]。

与 ENCOURAGE 评分不同, 该研究未能纳入女性这一变量, 可能与该研究中女性的数量相对较少有关。其次, SAVE 研究结果还显示, ECMO 启动前 CA 可增加病死率, 而 REMEMBER 研究中则未观察到上述现象, 可能与患者发生院内 CA 时得到及时复苏有关。最后, 该评分是通过单中心回顾性分析得出的结果, 且该中心主张早期使用 ECMO 策略, 而且大部分患者行非停跳 CABG, 因此, 使用该评分时需考虑上述因素。

表 4 REMEMBER 评分的变量及分值

变量	分值(分)	变量	分值(分)
年龄		IS >75 分	5
<54 岁	0	CK-MB >130 U/L	5
54 ~ 67 岁	8	Cr $>150 \mu mol/L$	7
>67 岁	11	PLT $<100 \times 10^9/L$	6
左主干病变	7		

注: REMEMBER 为冠状动脉旁路移植术后行静脉-动脉体外膜肺氧合 (VA-ECMO) 的死亡预测, IS 为正性肌力药物评分, CK-MB 为肌酸激酶同工酶, Cr 为肌酐, PLT 为血小板计数。左主干病变定义为左主干狭窄 $\geq 50\%$; IS 为 ECMO 置管前 6 h 内的最差值; 0 ~ 13 分的院内死亡风险等级为 I 级、院内病死率为 13%, 14 ~ 19 分的风险等级为 II 级、院内病死率为 55%, 20 ~ 25 分的风险等级为 III 级、院内病死率为 70%, >25 分的风险等级为 IV 级、院内病死率为 94%

6 大面积 PE (massive pulmonary embolism, MPE) 时行 VA-ECMO 辅助后死亡风险预测评分

MPE 的定义为 PE 且收缩压 <90 mmHg (1 mmHg $\approx$ 0.133 kPa) 超过 15 min, 需要血管升压药, 或有明确的休克表现, 并排除其他病因^[30]。VA-ECMO 作为 MPE 的主要干预措施之一, 可改善右心功能和末梢灌注。既往研究显示, 发生 CA 的 MPE 患者行 ECMO 辅助后生存至出院的比例高达 61%^[31-32]。然而, 仍有部分患者最终需要外科手术干预, 真实世界数据显示, PE 后行外科手术的病死率高达 20.6%, 与术后死亡相关的独立危险因素有心衰、左室功能差^[33]。将 MPE 行 ECMO 辅助的患者进行危险分层, 并选择恰当的治疗策略有助于提高患者生存率。Ghoreishi 等^[34]回顾性分析 2015 至 2018 年期间 41 例经过 VA-ECMO 辅助的 MPE 患者, 并开发了预测 MPE 行 VA-ECMO 辅助后死亡风险的预测评分 (表 5)。其中, 低危患者通过 VA-ECMO 辅助后恢复的可能性极高, 从而避免了外科手术; 而高危患者很难从 ECMO 辅助中获益, 应考虑尽早手术干预。但该评分为单中心研究, 样本量偏少, 将来仍需更多的临床研究验证其性能。

表 5 MPE 行 VA-ECMO 辅助后死亡风险预测评分包含的变量及辅助后死亡风险预测评分分值

变量	分值 (分)	死亡风险预测	分值 (分)
呼吸系统症状 >2 周	3	低危	0 ~ 2
肺动脉主干 >3.4 cm	2	中危	3 ~ 5
NT-proBNP $>5\ 000$ ng/L	2	高危	6 ~ 9
静脉血栓栓塞病史	2		
总分	0 ~ 9		

注: MPE 为大面积肺栓塞 (PE), VA-ECMO 为静脉-动脉体外膜肺氧合, NT-proBNP 为 N 末端脑钠肽前体; 呼吸系统症状包括气促、呼吸困难或胸痛, 静脉血栓栓塞史包括深静脉血栓形成和 (或) PE

7 ECMO 辅助下心肺复苏评分 (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation, ECPR)

随着 CA 救治理念的不断更新发展, ECPR 可改善患者的神经功能、提高存活率。目前认为, 对传统心肺复苏术后 10 min 仍无效的 CA 患者应考虑及早启动 VA-ECMO^[3, 35]。既往的研究显示, 成人 CA 行 ECPR 的出院存活率约为 29%^[36]。Park 等^[37]开发 ECPR 评分用于预测 ECPR 患者的生存率。研究者收集 2004 年 1 月至 2012 年 12 月行 ECPR 的 152 例 CA 接受 VA-ECMO 辅助的成人患者临床资料, 其中 104 例患者 (68.4%) 发生院内死亡, 67 例 (44.1%) 成功脱机, 48 例 (31.6%) 存活出院。ECPR 评分包含以下变量: 年龄 ≤ 66 岁、可电击心律、CPR 至启动 ECMO 时间 ≤ 38 min、启动 ECMO 后脉压 >24 mmHg、使用 ECMO 后 SOFA 评分 ≤ 14 分 (表 6)。结果显示, 开发集中 ECPR 评分的 AUC 为 0.86 (95%CI 0.80 ~ 0.92); 在验证集中 AUC 为 0.86 (95%CI 0.77 ~ 0.94)。当 ECPR 评分 >10 分, 存活至出院的敏感度和特异度分别为 89.6% 和 75.0%。然而, ECPR 评分未考虑不同 ECMO 的机械性能、管理策略以及神经系统转归等因素, 而且该研究无外部验证, 使用 ECPR 评分时需考虑以上局限性。

表 6 ECPR 评分的变量及 0 ~ 15 分的出院存活率

变量	分值 (分)	ECPR 评分	存活率 (%)
ECPR 前		0 ~ 7 分	5.1
年龄 ≤ 66 岁	2	8 ~ 10 分	6.8
无脉性电活动	3	11 ~ 12 分	58.0
心室纤颤 / 无脉性室速	4	3 ~ 15 分	73.7
ECPR 时			
CPR 至 ECMO 启动 ≤ 38 min	3		
ECMO 启动后脉压 >24 mmHg	2		
ECPR 后			
SOFA 评分 ≤ 14 分	4		

注: ECPR 为体外膜肺氧合辅助下心肺复苏, 室速为室性心动过速, CPR 为心肺复苏, ECMO 为体外膜肺氧合, SOFA 为序贯器官衰竭评分; 1 mmHg $\approx$ 0.133 kPa

8 ECLS 的低体温结局预测 (hypothermia outcome prediction after ECLS, HOPE) 评分

一项纳入 214 例患者的研究显示, 意外低体温所致 CA 患者的复苏存活率可达 37% ~ 73%^[38], 低温可延缓和降低各器官功能的损伤^[39-40]。2021 年欧洲复苏委员会指南推荐抢救低体温所致 CA 时除积极的 CPR 外, 体温 <30 °C 时循环障碍, 组织灌注不足, 并不建议使用肾上腺素等药物, 而是积极的体外生命支持 (extracorporeal life support, ECLS) 下复温^[41], 使用 VA-ECMO 辅助循环可以迅速逆转体温过低和组织缺氧。Pasquier 等^[40]开发出经 HOPE 评分用于预测意外低体温致 CA 患者经 ECLS 下复温的存活率。研究者回顾了 286 例患者的临床资料, 主要终点为出院存活率, 结果显示, 106 例 (37%) 患者存活, 84% 的患者神经功能恢复良好。HOPE 评分包含以下变量: 年龄、性别、入院时核心体温、血钾水平、低温原因、CPR 持续时间。分值 = $2.44 - 1.55 \times \text{性别 (男性为 1, 女性为 0)} - 1.95 \times \text{低氧血症的原因 (窒息为 1, 无窒息为 0)} - 0.0191 \times \text{年龄} - 2.07 \times \log_2 (\text{血钾水平}) - 0.573 \times \log_2 (\text{CPR 持续时间}) + 0.937 \times \text{核心体温} - 0.0247 \times \text{核心体温}^2$ 。HOPE 评分对应的生存率 = $\exp(\text{得分}) / [1 + \exp(\text{得分})]$, 也可在线计算。结果显示, HOPE 评分的 AUC 为 0.90 (95%CI 0.86 ~ 0.93)。HOPE 评分优于既往以血钾水平作为意外低体温患者死亡风险预测的方法^[42]。Pasquier 等^[43]通过收集 2017 年 1 月 1 日至 2018 年 8 月 1 日 3 家医院的 122 例患者作为外部验证数据集, 结果显示, 51 例患者 (41.8%) 存活; HOPE 评分 AUC 为 0.83 (95%CI 0.75 ~ 0.90), 具有良好的校准度和区分度。

9 小结

对不同病因行 ECMO 辅助患者的预后进行危险分层, 可帮助临床医生降低误判风险, 筛选出最佳获益人群, 合理利用医疗资源, 制定最佳的临床策略。然而, 不同评分工具都存在局限性, 临床转归尚取决于病情、ECMO 的使用时机、ECMO 管理、机构规模、团队合作等因素, 预测结果不能完全代替临床医生的判断。未来仍需要进一步开发更加全面的 VA-ECMO 评分以指导临床实践。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Abrams D, Combes A, Brodie D. Extracorporeal membrane oxygenation in cardiopulmonary disease in adults [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63 (25 Pt A): 2769–2778. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.03.046.
- [2] Lorusso R, Whitman G, Milojevic M, et al. 2020 EACTS/ELSO/STS/AATS expert consensus on post-cardiotomy extracorporeal life support in adult patients [J]. *ASAIO J*, 2021, 67 (1): e1–e43. DOI: 10.1097/MAT.0000000000001301.
- [3] 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.
- [4] 蒋敏, 王军, 何飞. ECMO 技术对急性中毒导致心搏骤停的治疗进展 [J]. *中华危重病急救医学*, 2020, 32 (9): 1145–1148. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430–20200608–00445.
- [5] Combes A, Leprince P, Luyt CE, et al. Outcomes and long-term quality-of-life of patients supported by extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock [J]. *Crit Care Med*, 2008, 36 (5): 1404–1411. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31816f7c17.
- [6] 高国栋, 吕琳, 胡强, 等. 阜外医院 10 年间成人体外膜肺氧合支持治疗回顾: 治疗策略及影响因素分析 [J]. *中华危重病急救医学*, 2015, 27 (12): 959–964. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095–4352.2015.12.004.
- [7] Alba AC, Foroutan F, Buchan TA, et al. Mortality in patients with cardiogenic shock supported with VA ECMO: a systematic review and meta-analysis evaluating the impact of etiology on 29 289 patients [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2021, 40 (4): 260–268. DOI: 10.1016/j.healun.2021.01.009.
- [8] 张劲松, 李伟, 陈旭峰, 等. 不同危重症评分系统对体外膜肺氧合支持下危重症患者出院存活率的预测价值 [J]. *中华危重病急救医学*, 2018, 30 (5): 456–460. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095–4352.2018.05.012.
- [9] Beurtheret S, Mordant P, Paoletti X, et al. Emergency circulatory support in refractory cardiogenic shock patients in remote institutions: a pilot study (the cardiac-RESCUE program) [J]. *Eur Heart J*, 2013, 34 (2): 112–120. DOI: 10.1093/eurheartj/ehs081.
- [10] Reyentovich A, Barghash MH, Hochman JS. Management of refractory cardiogenic shock [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2016, 13 (8): 481–492. DOI: 10.1038/nrcardio.2016.96.
- [11] Schmidt M, Burrell A, Roberts L, et al. Predicting survival after ECMO for refractory cardiogenic shock: the survival after venoarterial-ECMO (SAVE)-score [J]. *Eur Heart J*, 2015, 36 (33): 2246–2256. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv194.
- [12] Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, et al. APACHE II: a severity of disease classification system [J]. *Crit Care Med*, 1985, 13 (10): 818–829.
- [13] Knaus WA, Wagner DP, Draper EA, et al. The APACHE III prognostic system. Risk prediction of hospital mortality for critically ill hospitalized adults [J]. *Chest*, 1991, 100 (6): 1619–1636. DOI: 10.1378/chest.100.6.1619.
- [14] Vincent JL, Moreno R, Takala J, et al. The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. On behalf of the Working Group on Sepsis-Related Problems of the European Society of Intensive Care Medicine [J]. *Intensive Care Med*, 1996, 22 (7): 707–710. DOI: 10.1007/BF01709751.
- [15] van Diepen S, Katz JN, Albert NM, et al. Contemporary management of cardiogenic shock: a scientific statement from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2017, 136 (16): e232–e268. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000525.
- [16] Radsel P, Goslar T, Bunc M, et al. Emergency veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (VA ECMO)-supported percutaneous interventions in refractory cardiac arrest and profound cardiogenic shock [J]. *Resuscitation*, 2021, 160: 150–157. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2020.11.028.
- [17] Muller G, Flecher E, Lebreton G, et al. The ENCOURAGE mortality risk score and analysis of long-term outcomes after VA-ECMO for acute myocardial infarction with cardiogenic shock [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42 (3): 370–378. DOI: 10.1007/s00134-016-4223-9.
- [18] Le Gall JR, Lemeshow S, Saulnier F. A new simplified acute physiology score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study [J]. *JAMA*, 1993, 270 (24): 2957–2963. DOI: 10.1001/jama.270.24.2957.
- [19] Granger CB, Goldberg RJ, Dabbous O, et al. Predictors of hospital mortality in the global registry of acute coronary events [J]. *Arch Intern Med*, 2003, 163 (19): 2345–2353. DOI: 10.1001/archinte.163.19.2345.
- [20] Pabst D, Foy AJ, Peterson B, et al. Predicting survival in patients treated with extracorporeal membrane oxygenation after myocardial infarction [J]. *Crit Care Med*, 2018, 46 (5): e359–e363. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002995.
- [21] Malinchoc M, Kamath PS, Gordon FD, et al. A model to predict poor survival in patients undergoing transjugular intrahepatic portosystemic shunts [J]. *Hepatology*, 2000, 31 (4): 864–871. DOI: 10.1053/he.2000.5852.
- [22] Kim WR, Biggins SW, Kremers WK, et al. Hyponatremia and mortality among patients on the liver-transplant waiting list [J]. *N Engl J Med*, 2008, 359 (10): 1018–1026. DOI: 10.1056/NEJMoa0801209.
- [23] Kim MS, Kato TS, Farr M, et al. Hepatic dysfunction in ambulatory patients with heart failure: application of the MELD scoring system for outcome prediction [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2013, 61 (22): 2253–2261. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.12.056.
- [24] Yang JA, Kato TS, Shulman BP, et al. Liver dysfunction as a predictor of outcomes in patients with advanced heart failure requiring ventricular assist device support: Use of the Model of End-stage Liver Disease (MELD) and MELD eXcluding INR (MELD-XI) scoring system [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2012, 31 (6): 601–610. DOI: 10.1016/j.healun.2012.02.027.
- [25] Sern Lim H. Baseline MELD–XI score and outcome from venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support for acute decompensated heart failure [J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2016, 5 (7): 82–88. DOI: 10.1177/2048872615610865.
- [26] Kowalewski M, Zieliński K, Brodie D, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for postcardiotomy shock—analysis of the extracorporeal life support organization registry [J]. *Crit Care Med*, 2021, 49 (7): 1107–1117. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004922.
- [27] Biancarì F, Dalén M, Fiore A, et al. Multicenter study on postcardiotomy venoarterial extracorporeal membrane oxygenation [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 159 (5): 1844–1854. e6. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2019.06.039.
- [28] Wang LS, Yang F, Wang XM, et al. Predicting mortality in patients undergoing VA-ECMO after coronary artery bypass grafting: the REMEMBER score [J]. *Crit Care*, 2019, 23 (1): 11. DOI: 10.1186/s13054-019-2307-y.
- [29] Nashef SA, Roques F, Michel P, et al. European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE) [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 1999, 16 (1): 9–13. DOI: 10.1016/s1010-7940(99)00134-7.
- [30] Weinberg A, Tapson VF, Ramzy D. Massive pulmonary embolism: extracorporeal membrane oxygenation and surgical pulmonary emblectomy [J]. *Semin Respir Crit Care Med*, 2017, 38 (1): 66–72. DOI: 10.1055/s-0036-1597559.
- [31] Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS) [J]. *Eur Heart J*, 2020, 41 (4): 543–603. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz405.
- [32] Scott JH, Gordon M, Vender R, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in massive pulmonary embolism-related cardiac arrest: a systematic review [J]. *Crit Care Med*, 2021, 49 (5): 760–769. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004828.
- [33] Minakawa M, Fukuda I, Miyata H, et al. Outcomes of pulmonary emblectomy for acute pulmonary embolism [J]. *Circ J*, 2018, 82 (8): 2184–2190. DOI: 10.1253/circj.CJ-18-0371.
- [34] Ghoreishi M, DiChiacchio L, Pasrija C, et al. Predictors of recovery in patients supported with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for acute massive pulmonary embolism [J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 110 (1): 70–75. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2019.10.053.
- [35] 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]. *中华医学杂志*, 2018, 98 (12): 886–894. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.12.003.
- [36] Richardson ASC, Tonna JE, Nanjaya 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. DOI: 10.1097/MAT.0000000000001344.
- [37] Park SB, Yang JH, Park TK, et al. Developing a risk prediction model for survival to discharge in cardiac arrest patients who undergo extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Int J Cardiol*, 2014, 177 (3): 1031–1035. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.09.124.
- [38] Frei C, Darocha T, Debaty G, et al. Clinical characteristics and outcomes of witnessed hypothermic cardiac arrest: a systematic review on rescue collapse [J]. *Resuscitation*, 2019, 137: 41–48. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2019.02.001.
- [39] Hagiwara S, Yamada T, Furukawa K, et al. Survival after 385 min of cardiopulmonary resuscitation with extracorporeal membrane oxygenation and rewarming with haemodialysis for hypothermic cardiac arrest [J]. *Resuscitation*, 2011, 82 (6): 790–791. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2010.11.032.
- [40] Pasquier M, Hugli O, Paal P, et al. Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: the HOPE score [J]. *Resuscitation*, 2018, 126: 58–64. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.02.026.
- [41] Lott C, Truhlar A, Alfonso A, et al. European Resuscitation Council Guidelines 2021: cardiac arrest in special circumstances [J]. *Resuscitation*, 2021, 161: 152–219. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.011.
- [42] Schaller MD, Fischer AP, Perret CH. Hyperkalemia. A prognostic factor during acute severe hypothermia [J]. *JAMA*, 1990, 264 (14): 1842–1845. DOI: 10.1001/jama.264.14.1842.
- [43] Pasquier M, Rousson V, Darocha T, et al. Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: an external validation of the HOPE score [J]. *Resuscitation*, 2019, 139: 321–328. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2019.03.017.

(收稿日期: 2021-04-29)