

体外心肺复苏患者继发神经系统并发症风险预测模型的系统评价

唐林霞,周春清,林伊慧,裘云霞,马小琴

摘要:目的 系统评价体外心肺复苏患者住院期间继发神经系统并发症风险预测模型,为临床实践提供依据。方法 计算机检索中国知网、万方数据知识服务平台、中国生物医学文献数据库、PubMed、Web of Science、Embase、CINAHL、Cochrane Library 中有关体外心肺复苏患者继发神经系统并发症风险预测模型的研究,检索时限从建库至 2024 年 4 月。由 2 名研究者独立筛选文献、评价文献质量、提取数据。结果 共纳入 17 项研究,涉及 18 个模型。受试者工作特征曲线下面积为 0.700~0.945;模型重复报告前 5 位的预测因子为年龄、ECMO 前乳酸水平、可电击心律、CPR 到 ECMO 治疗的时间、ECMO 前的 pH 值;乳酸水平的测量时间尚存在争议;纳入 17 项研究均为高偏倚风险,主要原因是数据来源不合适、变量事件数<20、缺乏模型性能评估以及模型过度拟合等;14 项研究总体适应性较好。结论 针对体外心肺复苏患者住院期间继发神经系统并发症的风险预测模型尚不完善。在后续的研究与模型开发中,应尽可能避免偏倚,同时重点关注模型的实用性和可操作性,以便为临床决策提供科学依据,从而优化患者的治疗计划和改善预后。

关键词:体外心肺复苏; 神经系统并发症; 预测模型; 系统评价; 循证护理

中图分类号:R473.73 **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2025.05.042

Systematic review of risk prediction models for secondary neurological complications in patients undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation

Tang Linxia, Zhou Chunqing, Lin Yihui, Qiu Yunxia, Ma Xiaoqin. School of Nursing, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, China

Abstract: **Objective** To systematically evaluate the risk prediction models for secondary neurological complications in patients undergoing extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) during hospitalization, and to provide a basis for clinical practice. **Methods** A comprehensive search was conducted in databases including CNKI, Wanfang Data, CBM, PubMed, Web of Science, Embase, CINAHL, and Cochrane Library for studies on risk prediction models for secondary neurological complications in ECPR patients, covering the period from database inception to April 8, 2024. Two researchers independently screened the literature, assessed the quality of the studies, and extracted data. **Results** A total of 17 studies were included, involving 18 models with area under the receiver operating characteristic curve (AUC) ranging from 0.700 to 0.945. The top five repeatedly reported predictive factors of the models were age, pre-ECMO lactate level, shockable rhythm, time from CPR to ECMO initiation, and pre-ECMO pH value. There was ongoing debate regarding the time of lactate level measurement. All 17 included studies were deemed to have a high risk of bias, primarily due to inappropriate data sources, events per variable being less than 20, lack of model performance evaluation, and overfitting of models and so on; the overall applicability of the 14 studies were relatively good. **Conclusion** The risk prediction models for secondary neurological complications in ECPR patients during hospitalization are still imperfect. Future research and model development should strive to minimize bias and focus on the practicality and operability of models to provide scientific evidence for clinical decision-making, thereby optimizing patient treatment plans and improving prognosis.

Keywords: extracorporeal cardiopulmonary resuscitation; neurological complications; prediction model; systematic evaluation; evidence-based nursing

体外心肺复苏(Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation, ECPR)是一种通过动静脉体外膜肺氧合(Extracorporeal Membrane Oxygenation, ECMO)支持技术来救治心脏骤停患者的高级支持方法^[1]。相较于传统心肺复苏,ECPR 更能提高患者的生存率和预后^[2]。但 ECPR 的救治成功率低,据体外生命支持组织登记网站公布的近 5 年全球 ECMO 结局总结显示,出院时仍存活的患者仅有 32%^[3]。神经系统

并发症是 ECPR 患者住院期间最常见的并发症之一,包括癫痫发作、缺血性卒中、出血性卒中、颅内出血以及脑死亡等^[4]。研究表明,ECPR 的存活率和预后与其神经系统并发症有着密切关联^[5-6]。因此,早期识别高危人群并提供针对性干预措施对于 ECPR 患者住院期间继发神经系统并发症的预防至关重要。风险预测模型借助危险因素实现个体风险分层和临床结果预测,帮助医护人员识别高危患者并进行早期干预,从而有效改善患者临床结局^[7-8]。目前,国内外学者已针对 ECPR 患者住院期间继发神经系统并发症风险预测模型进行多项研究。但现有的研究在质量上存在显著差异,且缺乏对这些研究成果系统的梳理

作者单位:浙江中医药大学护理学院(浙江 杭州,310053)

通信作者:马小琴, xiaoqinma@163.com

唐林霞:女,硕士在读,护士, tanglinxia6229@163.com

收稿:2024-10-12;修回:2024-11-22

与分析。因此,本研究旨在系统评价 ECPR 患者住院期间继发神经系统并发症风险预测模型的偏倚风险和适用性,为医护人员选择或开发合适的预测模型提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 问题确立 采用 Cochrane 预后方法学组推荐的 PICOTS 模式构建循证问题^[9]。目标人群(Population, P)为因心脏骤停接受静脉-动脉体外膜肺氧合(VA-ECMO)技术支持的患者;待评价的预测模型(Index Prediction Model, I)为神经系统并发症风险预测模型;比较(Compare, C)无;结局指标(Outcome, O)为 ECPR 患者住院期间继发神经系统并发症的发生率,包括但不限于癫痫发作、缺血性卒中、出血性卒中、颅内出血以及脑死亡等;模型使用时机(Time, T)为住院期间;模型使用环境(Setting, S)包括但不限于医院的重症监护室(ICU)、急诊科或任何提供 ECPR 服务的临床环境。

1.2 文献纳入和排除标准 纳入标准:①研究对象年龄 ≥ 18 岁;②研究内容为 ECPR 患者住院期间继发神经系统并发症风险预测模型的构建和(或)验证;③研究类型为横断面研究、病例对照研究或队列研究;④中英文文献。排除标准:①使用静脉-静脉体外膜肺氧合(VV-ECMO)患者;②无法获取全文;③数据缺失。

1.3 文献检索策略 计算机检索中国知网、万方数据知识服务平台、中国生物医学文献数据库、PubMed、Web of Science、Embase、CINAHL、Cochrane Library,采用主题词与自由词结合,检索时限从建库至 2024 年 4 月。中文检索词为体外心肺复苏体外膜肺氧合,体外生命支持;神经系统并发症,缺血性脑卒中,脑出血;风险预测,风险评估,影响因素,危险因素等。英文检索词为 extracorporeal membrane oxygenation, extracorporeal cardiopulmonary resuscitation; neurological function, neurological damage, neurological complications; cerebral hemorrhage, brain injuries, ischemic; risk factor *, influence factor *, predictor 等。中文检索式以中国知网为例:SU=(体外心肺复苏+体外膜肺氧合+体外生命支持+机械循环辅助+ECPR+ECMO+ECLS) AND SU=(神经系统并发症+神经损伤+缺血性脑卒中+脑出血+颅内出血+癫痫发作+脑损伤) AND SU=(风险预测+模型+风险评分+风险评估+影响因素+危险因素)。英文检索式以 PubMed 为例: # 1 “Extracorporeal Membrane Oxygenation” [Mesh] OR “extracorporeal membrane oxygenation” [All Fields] OR “extracorporeal cardiopulmonary resuscitation” [All Fields] OR “extracorporeal life support” [All Fields] OR “mechanical circulation

assistance” [All Fields] OR “ECMO” [All Fields] OR “ECPR” [All Fields] OR “ECLS” [All Fields]; # 2 “neurological function” [All Fields] OR “neurological damage” [All Fields] OR “neurological complications” [All Fields] OR “neurological outcomes” [All Fields] OR “neurological injury” [All Fields]; # 3 “cerebral hemorrhage” [Mesh] OR “brain injuries” [Mesh] OR “ischemic stroke” [Mesh] OR “seizures” [Mesh] OR “intracerebral hemorrhage” [All Fields] OR “acute brain injury” [All Fields] OR “ischemic stroke” [All Fields] OR “diffuse ischemia” [All Fields] OR “seizures” [All Fields] OR “ABI” [All Fields]; # 4 # 2 OR # 3; # 5 “risk factor *” [All Fields] OR “influence factor *” [All Fields] OR “predictor *” [All Fields]; # 6 # 1 AND # 4 AND # 5。

1.4 文献筛选与资料提取 将所检索文献导入 EndNote20 文献管理软件,由 2 名接受过循证护理培训的研究者独立根据纳入和排除标准对文献进行筛选,若 2 名研究者存在分歧,则请循证护理专家进行裁决。根据预测模型构建研究数据提取和质量评价清单^[10]制订标准化表格进行资料提取,包括第一作者,发表时间,国家,研究类型,研究对象,数据来源地点,结局指标,候选变量数量,连续变量处理方法,样本量,结局事件比例,缺失数据处理方法,建模方法,模型受试者操作特征曲线下面积,校准方法,模型验证方法。

1.5 模型质量评价 由 2 名接受过循证护理培训的研究者根据预测模型偏倚风险评估工具^[11]独立对纳入研究进行偏倚风险与适用性评估。从研究对象、预测因素、结局和分析 4 个领域共包含 20 个信号问题。每个问题按照“高”“低”“不清楚”评估。当所有领域均为“低”,表明研究整体为低风险;若某一领域为“高”,则研究整体为高风险;若某一领域为“不清楚”,而其他领域为“低”时,表明研究整体为“不清楚”。适用性评估与偏倚风险评估类似^[12]。

2 结果

2.1 文献筛选结果 初步获得 808 篇相关文献,其中英文文献 597 篇,中文文献 211 篇。使用 End-Note20 文献管理软件剔除重复文献 248 篇;阅读标题与摘要后排除与主题不符文献 389 篇、研究类型不符文献 44 篇、研究对象不符文献 83 篇、重复发表文献 5 篇;阅读全文后排除仅进行影响因素分析的文献 15 篇、无法获取全文的文献 7 篇,最终纳入 17 篇文献^[13-29]。

2.2 纳入文献基本特征 纳入的 17 篇文献发表年份为 2011—2024 年,其中近 5 年发表的有 11 篇^[19-29]。大部分来源于中国^[22-23,26,28]、美国^[13,15,24,27]

和韩国^[14,16,18,25],其次是日本^[20-21],此外法国^[17]、沙特阿拉伯^[19]、伊朗^[29]各 1 篇;研究类型主要为回顾性病例对照研究^[14-18,19-21,23-29]与回顾性队列研究^[13,22]。纳入文献基本特征见表 1。

2.3 模型建立方法 本研究最终纳入 18 个模型,样本量为 30~10 775 例,结局事件发生率为 5.8%~87.6%。建模方法包括 logistic 回归^[14,17-18,20-23,25-26,28-29]、卷积神经网络^[15]、Cox 比例风险模型^[13]、XGBoost 算法^[16,24]、随机森林算法^[19,27]。5 项研究报告了数据缺失及处理,其中 3 项研究^[24,26-27]采用插补法,1 项研究^[17]直接删除,1 项研究^[21]采用完整案例分析。9 项研究^[15-16,20,22-25,27]基于单因素分析筛选变量。见表 1。

2.4 模型性能和预测因子 13 项研究^[15-16,18-25,27-29]报告了受试者操作特征曲线下面积(Area Under the Curve, AUC)为 0.700~0.945,除 1 项文献^[20]外,其余模型 AUC 均 > 0.700。7 项研究分别通过 Hosmer-Lemeshow (H-L) 拟合优度检验^[14,16,18,21]、DeLong 检验^[25,29]及交叉检验^[17]报告了校准度。4 项研究^[18,23-24,27]进行了内部验证,包括 Bootstrap 重复抽样和留一法交叉验证(Leave-One-Out Cross-Validation, LOOCV)。仅 1 项研究^[21]进行了内外部验证。最终模型包含 2~20 个变量,可分为患者特征、实验室检查、影像学检查、心肺复苏相关信息及 ECMO 治

疗相关指标,包括 CPR 到 ECMO 启动时间(Low-flow Time, LFT);简化急性生理评分 II (Simplified Acute Physiology Score II, SAPS II);大脑基底节区灰白质比(Gray-White Matter Ratio at the Basal Ganglia, GWR-BG);灰白质分界线丢失(Loss of Boundary between Gray and White Matter, LOB);大脑皮层脑沟消失(Sulcal Effacement, SE);视神经鞘直径(Optic Nerve Sheath Diameter, ONSD);序贯器官衰竭(Sequential Organ Failure Assessment, SOFA)评分;心脏骤停到 CPR 开始的时间(No-flow Time, NFT);格拉斯哥(Glasgow Coma Scale, GCS)评分;急性生理和慢性健康(Acute Physiology and Chronic Health Evaluation IV, APACHE IV)评分;平均动脉压(Mean Arterial Pressure, MAP);离子转移指数(Ion Shift Index, ISI);院外心脏骤停(Out-of-Hospital Cardiac Arrest, OHCA);丙氨酸转氨酶(Alanine Aminotransferase, ALT);脑功能预后量表(Cerebral Performance Categories scale, CPC scale);急性脑损伤(Acute Brain Injury, ABI)。模型重复报告的前 5 位预测因子为年龄($n=7$)、ECMO 前乳酸水平($n=5$)、可电击心律($n=5$)、LFT($n=4$)、ECMO 前的 pH 值($n=4$)。见表 1。

表 1 纳入文献基本特征($n=17$)

作者	样本量(建模组/验证组)	结局指标(评价途径)	建模方法	预测因子	模型预测效能评价/验证
Mateen 等 ^[13]	84	住院期间神经系统并发症发生(脑部 CT)	Cox 比例风险模型	2 个:年龄;最低动脉血氧压	
Omar 等 ^[14]	171	ECMO 支持期间缺血性卒中的发生	logistic 回归	4 个:ECMO 前乳酸水平;接受 ECMO 支持前的心脏情况;CPR;ECMO 持续时间	H-L 检验: $P>0.05$
Lee 等 ^[15]	30	住院期间神经状态(CPC 量表)	卷积神经网络	5 个:年龄;ECPR 后 SAPS II 得分;LFT;住院时间;GWR-BG	AUC=0.872
Ryu 等 ^[16]	42	住院期间神经状态(CPC 量表)	XGBoost 算法	3 个:LOB/SE,GWR-BG,ONSD	AUC = 0.904; H-L 检验: $P>0.05$
Le Guennec 等 ^[17]	878	ECMO 治疗后 7 d 内脑损伤发生情况(CT)	logistic 回归	模型 1(缺血性脑卒中)2 个:中央型 VA-ECMO;首次 ECMO 血小板 $>350\times 10^9/L$ 。模型 2(颅内出血)3 个:性别;中央型 VA-ECMO;首次 ECMO 血小板 $<100\times 10^9/L$	交叉检验:模型 1 Brier 分数 0.06,模型 2 Brier 分数 0.08
Ryu 等 ^[18]	274	住院期间神经状态(CPC 量表)	logistic 回归	7 个:年龄;入院时 SOFA 评分;可电击心律;LFT;入院时脉压;入院时 MAP;入院时血糖	AUC=0.867; H-L 检验: $P>0.05$ 。模型内部验证;LOOCV 检验
Laimoud 等 ^[19]	67	住院期间神经系统并发症发生(脑部 CT)	随机森林算法	3 个:入住 ICU 48 h 后 SOFA 评分;ECMO 治疗 24 h 后乳酸;ECMO 治疗后的峰值血糖	AUC=0.770
Murakami 等 ^[20]	85	住院期间神经状态(CPC 量表)	logistic 回归	3 个:入院时的 GCS 评分;入院时的瞳孔直径;NFT	AUC=0.700
Okada 等 ^[21]	916 (458/458)	住院期间神经状态(CPC 量表)	logistic 回归	4 个:年龄;从紧急呼叫至到达医院的时间;可电击心律;ECMO 前的 pH 值	AUC = 0.753; H-L 检验: $P>0.050$ 。模型内部验证:Bootstrap 重复抽样。模型外部验证:C 统计量=0.741
Hou 等 ^[22]	415	住院期间神经状态(CPC 量表)	logistic 回归	2 个:VA-ECMO 启动前最低收缩压;主动脉血管手术合并冠脉造影术	AUC=0.716

续表 1 纳入文献基本特征(n=17)

作者	样本量(建模组/验证组)	结局指标(评价途径)	建模方法	预测因子	模型预测效能评价/验证
Ng 等 ^[23]	102	住院期间神经状态(CPC 量表)	logistic 回归	3 个:可电击心律;入院时的 APACHE IV 评分;ECMO 治疗后首次 MAP	AUC=0.850;模型内部验证:Bootstrap 重复抽样
Kim 等 ^[24]	330 (264/66)	住院期间神经状态(CPC 量表)	XGBoost 算法	10 个:MAP;ECMO 前乳酸水平;HCO ₃ ⁻ ;年龄;初始血红蛋白;LFT;肌钙蛋白 I;导管室中的 ECPR;可电击心律;心性心脏骤停	AUC=0.837;模型内部验证:LOOCV 检验
Wang 等 ^[25]	122	住院期间神经状态(CPC 量表)	logistic 回归	7 个:ISI;OHCA;可电击心律;复苏持续时间;ALT;pH;ECMO 前乳酸水平	AUC=0.945;De-Long 检验
Shou 等 ^[26]	3 125	ECMO 期间 ABI 的发生情况	logistic 回归	5 个:年龄;ECMO 前的 pH 值;ECMO 前的 PaCO ₂ ;ECMO 期间的 PaO ₂ ;肾脏替代治疗	
Kalra 等 ^[27]	10 775 (7 543/3 232)	ECMO 期间 ABI 的发生情况	随机森林算法	10 个:ECMO 持续时间;ECMO 治疗 24 h 内乳酸水平;年龄;BMI;ECMO 前乳酸;24 h 的 PaO ₂ ;ECMO 前的 pH 值;ECMO 前心脏骤停;ECMO 前的 MAP;24 h 的 ECMO 泵流量	AUC=0.720;模型内部验证:LOOCV 检验
Ou 等 ^[28]	150	住院期间神经状态(CPC 量表)	logistic 回归	6 个:CPR 持续时间;OCHA;ECMO 前 pH 值;ECMO 前乳酸;ECMO 期间血小板计数;ECMO 期间血液透析	AUC=0.721
Vahedian-Azimi 等 ^[29]	48	住院期间神经状态(CPC 量表)	logistic 回归	2 个:NFT;LFT	AUC=0.768;De-Long 检验

2.5 模型质量评价 17 项研究^[13-29]均表现为高偏倚风险,14 项研究^[14-15,17-21,23-29]适用性好。在研究对象领域中,17 项研究^[13-29]存在高偏倚风险。预测因子领域中,3 项研究^[21,26-27]评为高风险;14 项研究^[13-20,22-25,28-29]无法判断偏倚风险。结局领域中,17 项研究^[13-29]在结局评估者实施盲法方面无法判断;此外,2 项研究^[26-27]对结局的判定方法无法判断偏倚风险。在分析领域中,17 项研究^[13-29]偏倚风险均存在高偏倚风险。在适用性上,3 项研究^[13,16,22]在研究对象方面适应性较差。

3 讨论

3.1 体外心肺复苏患者住院期间继发神经系统并发症风险预测模型仍处于发展阶段 本研究所纳入的 17 项研究均为高偏倚风险,主要原因在研究对象与分析领域。①研究对象领域。本研究所纳入的 17 项研究均采用回顾性分析,该方法依赖于已有的病例数据,可能导致预测结果与实际情况存在较大差异。因此未来进行模型构建时,可适当增加前瞻性研究、巢式病例对照研究数据等。②分析领域。17 项研究^[13-29]偏倚风险均为高风险,分析原因为 14 项研究^[13-20,22-25,28-29]中每个变量的事件数(Events Per Variable,EPV)<20,且后续未对参数进行调整^[30];2 项研究^[17,29]将所有或部分预测因子转为分类变量,可能导致部分偏倚,1 项研究^[17]直接剔除缺失数据,可能造成结果出现偏差;9 项研究^[15-17,20,22-25,27]基于单因素分析筛选变量,未考虑多个变量间的相互影响和内在联系;17 项研究^[13-29]均未提及研究的复杂性的相关问题;14 项研究^[13,15-16,19-29]未评估校准度或仅使用 H-L 拟合优度检验校准度;12 项研究^[13-17,19-20,22,25-26,28-29]未

进行内部或外部验证,可能出现模型性能评估上的偏倚。因此,后续在数据处理和模型评估的技术层面,可引入先进的统计技术和机器学习方法,如随机森林和神经网络等,从而有效处理大规模数据集中的非线性关系和复杂交互作用,同时采用多重插补或填充的方法处理缺失数据,减少过拟合和偏倚的风险。此外,加强对模型校准度的评估,采用更为先进的统计方法如 Brier 分数和 AUC 等,能更全面地评价模型的预测表现。

3.2 体外心肺复苏患者继发神经系统并发症风险预测模型预测因子尚有争议 本研究纳入 17 篇文献,涉及 18 个神经系统并发症风险预测模型,但未有任意 2 个模型包含的预测因子完全一致。Wang 等^[25]研究最终纳入的预测因子包含了 ISI、ALT,与其他研究^[13-24,26-29]结果不符,未来应开展多中心、大样本研究进一步确认。针对乳酸水平,研究中存在关于其测量时间点(如 ECMO 前、ECMO 过程中、ECMO 后 24 h 内等)及预测神经系统并发症风险的相关性的明显分歧。如 Omar 等^[14]强调了 ECMO 前乳酸水平作为预测因子的重要性,而 Laimoud 等^[19]则考虑了 ECMO 24 h 后的乳酸水平。分析原因可能与乳酸水平作为急性生理应激和组织缺氧的标志物,其不同时间点的变化能够提供关于患者状况和预后的不同信息有关^[31]。未来的研究可能需要系统地研究乳酸水平的变化与 ECPR 患者神经系统并发症之间的确切关系,并考虑其他可能影响结局的因素,包括进行长期的前瞻性研究,使用统一的乳酸测量时间点,并探索乳酸水平与其他生理参数(如血压、氧饱和度等)的相互作用,以建立更为精确和可靠的风险评估模型。重复报

告的预测因子为年龄、ECMO 前乳酸水平、可电击心律、LFT、ECMO 前的 pH 值、大脑基底节区灰白质比。这提示护理人员在 ECMO 治疗前,应密切监测患者的年龄、ECMO 前乳酸水平等关键指标,确保在 CPR 到 ECMO 启动过程中的时间尽可能缩短,以提高复苏成功率、改善预后效果。在 ECMO 启动前后,对 pH 值进行持续监测和调整,确保患者代谢平衡,减少并发症发生。定期进行影像学检查,特别注意脑部基底节区的灰白质比变化情况。通过标准化的护理操作流程,加强早期识别和干预,防止病情恶化。

3.3 体外心肺复苏患者继发神经系统并发症风险预测模型的发展趋势与挑战 纳入的研究中,仅 3 项研究为多中心研究,国内均为单中心、小样本研究,这可能引入了区域偏倚,影响了研究结果的泛化性。因此,未来研究的推进需要基于更广泛的多中心、大样本研究,以增强研究结果的普适性和应用性。此外,目前研究多集中在模型的初始构建与验证阶段,而对其在临床环境中的应用效果评估较少。因此,未来工作应加大力度,在临床应用领域深入探究模型的实用性、可操作性及对临床决策的实际影响。本研究概括的预测因子覆盖了患者特征、实验室检测、影像学检查、心肺复苏相关信息及 ECMO 治疗指标等方面。未来研究应拓展预测因子的维度,融入基因表达、生物标志物、临床干预措施等更多潜在变量,以实现预测模型准确性和可靠性的进一步优化。同时,对现有模型进行复杂度的合理调整,旨在精简预测变量组合,减少过拟合现象,确保模型具有良好的泛化能力。随着人工智能、深度学习技术的快速进展,将这些先进技术应用于风险预测模型能够有效地处理大规模、多维、复杂交互的数据集,从而显著提升模型的效能。

4 小结

本研究共纳入 17 项风险预测模型的研究,系统评价了模型的研究对象、预测因子、结局指标和分析方法。结果显示,现有的体外心肺复苏患者住院期间继发神经系统并发症风险预测模型的偏倚均较高,乳酸水平测量时间存在争议。9 项研究基于单因素分析筛选变量,可能造成预测因子的错误选择,建议未来研究引入更先进的机器学习技术,如随机森林、人工智能等。此外,仅 1 项研究进行了外部验证。未来研究者在构建模型时,应严格遵守《多变量预测模型的个体预后或诊断的透明报告》(TRIPOD)声明,以尽可能避免偏倚,同时在临床实践中深入评估模型的实用性和可操作性,探究其对临床决策的实际影响。

参考文献:

[1] Chiarini G, Cho S M, Whitman G, et al. Brain injury in extracorporeal membrane oxygenation: a multidisciplinary approach[J]. *Semin Neurol*, 2021, 41(4): 422-436.

[2] 魏红艳,胡春林,李欣,等.体外心肺复苏对成人心脏骤停患者预后影响的荟萃分析[J]. *中华急诊医学杂志*,

2016, 25(11): 1433-1438.

- [3] Extracorporeal Life Support Organization. Extracorporeal Life Support Organization registry report: international summary[EB/OL]. (2023-06-15)[2024-07-16]. <https://www.else.org/registry/elsoliveregistrydashboard.aspx>.
- [4] Callier K, Dantes G, Johnson K, et al. Pediatric ECLS neurologic management and outcomes[J]. *Semin Pediatr Surg*, 2023, 32(4): 151331.
- [5] Lorusso R, Barili F, Mauro M D, et al. In-hospital neurologic complications in adult patients undergoing venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: results from the extracorporeal life support organization registry [J]. *Crit Care Med*, 2016, 44(10): e964-e972.
- [6] Lorusso R, Gelsomino S, Parise O, et al. Neurologic injury in adults supported with veno-venous extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure: findings from the Extracorporeal Life Support Organization database[J]. *Crit Care Med*, 2017, 45(8): 1389-1397.
- [7] Tabet M, Custer C, Khan I R, et al. Neuromonitoring of pediatric and adult extracorporeal membrane oxygenation patients: the importance of continuous bedside tools in driving neuroprotective clinical care [J]. *ASAIO J*, 2023, 70(3): 167-176.
- [8] Martucci G, Lo Re V, Arcadipane A. Neurological injuries and extracorporeal membrane oxygenation: the challenge of the new ECMO era[J]. *Neurol Sci*, 2016, 37(7): 1133-1136.
- [9] Moons K G, Hooft L, Williams K, et al. Implementing systematic reviews of prognosis studies in Cochrane[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 10: ED000129.
- [10] Moons K G, de Groot J A, Bouwmeester W, et al. Critical appraisal and data extraction for systematic reviews of prediction modelling studies: the CHARMS checklist [J]. *PLoS Med*, 2014, 11(10): e1001744.
- [11] Moons K G, Wolff R F, Riley R D, et al. PROBAST: a tool to assess risk of bias and applicability of prediction model studies: explanation and elaboration [J]. *Ann Intern Med*, 2019, 170(1): W1-W33.
- [12] 徐菲,李鸿艳,党一凡,等.缺血性脑卒中患者残疾水平预测模型的系统评价[J]. *护理学杂志*, 2022, 37(21): 46-50.
- [13] Mateen F J, Muralidharan R, Shinohara R T, et al. Neurological injury in adults treated with extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Arch Neurol*, 2011, 68(12): 1543-1549.
- [14] Omar H R, Mirsaedi M, Shumac J, et al. Incidence and predictors of ischemic cerebrovascular stroke among patients on extracorporeal membrane oxygenation support [J]. *J Crit Care*, 2016, 32: 48-51.
- [15] Lee Y H, Oh Y T, Ahn H C, et al. The prognostic value of the grey-to-white matter ratio in cardiac arrest patients treated with extracorporeal membrane oxygenation[J]. *Resuscitation*, 2016, 99: 50-55.
- [16] Ryu J A, Chung C R, Cho Y H, et al. The association of findings on brain computed tomography with neuro-

logic outcomes following extracorporeal cardiopulmonary resuscitation[J]. *Crit Care*, 2017, 21(1):15.

[17] Le Guennec L, Cholet C, Huang F, et al. Ischemic and hemorrhagic brain injury during venoarterial-extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Ann Intensive Care*, 2018, 8(1):129.

[18] Ryu J A, Chung C R, Cho Y H, et al. Neurologic outcomes in patients who undergo extracorporeal cardiopulmonary resuscitation [J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 108(3):749-755.

[19] Laimoud M, Ahmed W. Acute neurological complications in adult patients with cardiogenic shock on veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation support [J]. *Egypt Heart J*, 2020, 72(1):26.

[20] Murakami N, Kokubu N, Nagano N, et al. Prognostic impact of no-flow time on 30-day neurological outcomes in patients with out-of-hospital cardiac arrest who received extracorporeal cardiopulmonary resuscitation [J]. *Circ J*, 2020, 84(7):1097-1104.

[21] Okada Y, Kiguchi T, Irisawa T, et al. Development and validation of a clinical score to predict neurological outcomes in patients with out-of-hospital cardiac arrest treated with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation [J]. *JAMA Netw Open*, 2020, 3(11):e2022920.

[22] Hou D B, Wang H, Yang F, et al. Neurologic complications in adult post-cardiotomy cardiogenic shock patients receiving venoarterial extracorporeal membrane oxygenation; a cohort study [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2021, 8:721774.

[23] Ng P Y, Li A C C, Fang S, et al. Predictors of favorable neurologic outcomes in a territory-first extracorporeal cardiopulmonary resuscitation program [J]. *ASAIO J*, 2022, 68(9):1158-1164.

[24] Kim T W, Ahn J, Ryu J A. Machine learning-based predictor for neurologic outcomes in patients undergoing ex-

tracorporeal cardiopulmonary resuscitation [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2023, 10:1278374.

[25] Wang G, Wang Z, Zhu Y, et al. The neuro-prognostic value of the ion shift index in cardiac arrest patients following extracorporeal cardiopulmonary resuscitation [J]. *World J Emerg Med*, 2023, 14(5):136-141.

[26] Shou B L, Ong C S, Premraj L, et al. Arterial oxygen and carbon dioxide tension and acute brain injury in extracorporeal cardiopulmonary resuscitation patients: analysis of the extracorporeal life support organization registry [J]. *Med Rxiv*, 2022, 42(4):503-511.

[27] Kalra A, Bachina P, Shou B L, et al. Predicting acute brain injury in venoarterial extracorporeal membrane oxygenation patients with tree-based machine learning: analysis of the extracorporeal life support organization registry [J]. *Res Sq*, 2024; rs. 3. rs-3848514.

[28] Ou C Y, Tsai M T, Wang Y C, et al. Predictors and outcomes of acute brain injury in patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation after cardiopulmonary resuscitation [J]. *Acta Cardiol Sin*, 2024, 40(1):111-122.

[29] Vahedian-Azimi A, Hassan I F, Rahimi-Bashar F, et al. Prognostic effects of cardiopulmonary resuscitation (CPR) start time and the interval between CPR to extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (ECPR) on patient outcomes under extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): a single-center, retrospective observational study [J]. *BMC Emerg Med*, 2024, 24(1):36.

[30] 奚婧, 孟红燕, 施旻昊, 等. 中国老年人群认知衰弱风险预测模型系统评价 [J]. *护理学杂志*, 2024, 39(2):23-27.

[31] 黄振, 刘乃嘉. 血乳酸联合 APACHE II 评分预测慢性阻塞性肺疾病急性加重期并呼吸衰竭预后的价值 [J]. *局解手术学杂志*, 2023, 32(9):795-799.

(本文编辑 钱媛)

(上接第 41 页)

[18] 肖利允, 吴培香, 高鹤, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者未满足需求的研究进展 [J]. *护理学杂志*, 2021, 36(19):98-101.

[19] Lauffenburger J C, Khan N F, Brill G, et al. Quantifying social reinforcement among family members on adherence to medications for chronic conditions: a US-based retrospective cohort study [J]. *J Gen Intern Med*, 2019, 34(6):855-861.

[20] Hussey P S, Schneider E C, Rudin R S, et al. Continuity and the costs of care for chronic disease [J]. *JAMA Intern Med*, 2014, 174(5):742-748.

[21] Kvarnström K, Westerholm A, Airaksinen M, et al. Factors contributing to medication adherence in patients with a chronic condition: a scoping review of qualitative research [J]. *Pharmaceutics*, 2021, 13(7):1100.

[22] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组, 中国医师协会呼吸医师分会慢性阻塞性肺疾病工作委员会. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南 (2021 年修订版) [J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2021, 44(3):170-205.

[23] 王婷, 刘晓艳, 王红伍, 等. 布地奈德/格隆溴铵/福莫特罗三联制剂治疗中重度老年慢性阻塞性肺疾病患者的临床研究 [J]. *中国临床药理学杂志*, 2023, 39(22):3195-3198.

[24] Woo S, Zhou W, Larson J L. Stigma experiences in people with chronic obstructive pulmonary disease: an integrative review [J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2021, 16:1647-1659.

[25] Jerpseth H, Knutsen I R, Jensen K T, et al. Mirror of shame: patients experiences of late-stage COPD. A qualitative study [J]. *J Clin Nurs*, 2021, 30(19-20):2854-2862.

[26] Akyirem S, Ekpor E, Batten J, et al. Reducing health-related stigma in adults living with chronic non-communicable diseases: a systematic review and meta-analysis [J]. *Soc Sci Med*, 2024, 356:117153.

(本文编辑 钱媛)