

基于APACHE II评分, Lactate和Fibrinogen联合构建脓毒症患者预后预测模型

张雪^{1,2}, 阿赛古丽¹, 哈小琴^{2*}

¹西北民族大学, 甘肃 兰州

²中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院检验科, 甘肃 兰州

收稿日期: 2026年3月28日; 录用日期: 2026年4月22日; 发布日期: 2026年4月28日

摘要

目的: 探讨影响重症监护室(ICU)脓毒症患者28天预后的独立危险因素, 并构建一个稳定、可靠的预测模型。方法: 采用病例对照研究设计, 回顾性收集2017~2022年中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院ICU收治的脓毒症患者的临床资料, 根据28天生存状态分为生存组与死亡组。经正态性检验和方差齐性检验确定统计方法, 通过组间差异分析筛选出 $P < 0.05$ 的变量。建立二元多因素Logistic回归模型并进行列线图可视化, 采用受试者工作特征(ROC)曲线评估模型的区分度。进一步运用DeLong检验、净重新分类指数(NRI)和综合判别改善指数(IDI)评估联合模型相较于单一指标的预测效能改善情况, 并通过决策曲线分析(DCA)评价模型的临床净获益。结果: 共纳入290例脓毒症患者, 其中生存206例(71.0%)、死亡84例(29.0%)。单因素分析显示, 高血压史(HTN)、糖尿病史(DM)、年龄、急性生理学与慢性健康状况评分系统II (APACHE II)评分、乳酸(lactate)、纤维蛋白原(fibrinogen)与预后显著相关($P < 0.05$)。多因素Logistic回归显示, APACHE II评分、lactate及fibrinogen是脓毒症死亡的独立影响因素。联合指标构建的ROC曲线下面积(AUC)为0.785, DeLong检验、NRI和IDI均显示联合模型的预测效能显著优于各单一指标。DCA结果显示, 模型在0.08~0.91阈值范围内具有临床净获益。结论: 基于APACHE II评分、lactate及fibrinogen三个指标构建的脓毒症预后预测模型, 具有良好的区分度及临床实用性, 可为ICU脓毒症患者早期风险评估提供参考。

关键词

脓毒症, 病例对照研究, Logistic回归, 列线图

Construction of a Prognostic Prediction Model for Patients with Sepsis Based on the Combination of APACHE II Score, Lactate and Fibrinogen

Xue Zhang^{1,2}, Guli Asai¹, Xiaoqin Ha^{2*}

*通讯作者。

文章引用: 张雪, 阿赛古丽, 哈小琴. 基于 APACHE II 评分, Lactate 和 Fibrinogen 联合构建脓毒症患者预后预测模型[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 5048-5057. DOI: 10.12677/acm.2026.1641778

¹Northwest University for Nationalities, Lanzhou Gansu

²Department of Laboratory Medicine, 940th Hospital of Joint Logistics Support Force of PLA, Lanzhou Gansu

Received: March 28, 2026; accepted: April 22, 2026; published: April 28, 2026

Abstract

Objective: To investigate the independent influencing factors for the 28-day prognosis of patients with sepsis in the intensive care unit (ICU) and to develop a stable and reliable predictive model. **Methods:** A case-control study was conducted. Clinical data of patients with sepsis admitted to the ICU of the 940th Hospital of the Joint Logistics Support Force of the Chinese People's Liberation Army from 2017 to 2022 were retrospectively collected. Patients were divided into survivor and non-survivor groups according to their 28-day survival status. Statistical methods were determined after normality and homogeneity of variance tests, and variables with a P value < 0.05 were retained following between-group difference analysis. A binary multivariate logistic regression model was constructed and visualized using a nomogram. The discrimination ability of the model was evaluated by the receiver operating characteristic (ROC) curve. DeLong's test, net reclassification improvement (NRI), and integrated discrimination improvement (IDI) were further applied to assess the improvement in predictive performance of the combined model compared with individual predictors, and decision curve analysis (DCA) was performed to evaluate the clinical net benefit of the model. **Results:** A total of 290 patients with sepsis were included, of whom 206 survived (71.0%) and 84 died (29.0%). Univariate analysis revealed that hypertension, diabetes mellitus, age, Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II (APACHE II) score, lactate, and fibrinogen were significantly associated with prognosis ($P < 0.05$). Multivariate logistic regression identified APACHE II score, lactate, and fibrinogen as independent influencing factors for sepsis-associated mortality. The area under the ROC curve (AUC) of the combined model was 0.785. DeLong's test, NRI and IDI all demonstrated that the combined model exhibited significantly better predictive performance than each individual predictor. DCA showed that the model provided a favorable net clinical benefit across a threshold range of 0.08~0.91. **Conclusion:** The predictive model based on APACHE II score, lactate, and fibrinogen exhibits good discrimination ability and clinical utility, offering a valuable reference for early risk assessment in ICU patients with sepsis.

Keywords

Sepsis, Case-Control Study, Logistic Regression, Nomogram

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

根据 2016 年的国际拯救脓毒症运动指南(Sepsis-3), 脓毒症被界定为宿主对感染反应失调而引发的危及生命的器官功能障碍[1]。该病发病机制复杂, 致死率较高, 其预后与患者年龄、性别、基础疾病状况及感染严重程度等多种因素密切相关[2]。一项覆盖全球 ICU 脓毒症患者的调查显示, 不同地区的脓毒症发生率介于 13.6%至 39.3%之间, 总体 ICU 死亡率为 25.8% [3]。在我国一项纳入 22,748 名 ICU 患者的多中心研究中, 脓毒症的总体发病率为 25.5%, 院内死亡率高达 40%, 严重威胁患者的生命健康[4]。上述数据表明, 我国脓毒症的发病与死亡负担依然较重, 亟需加大相关研究力度与资源投入, 以进一步优化

其预防、诊断与治疗策略。自 2005 年以来,随着“脓毒症集束化”治疗策略的推广以及脓毒症临床管理逐步走向规范化,该病的死亡率已呈现下降趋势[5]。尽管如此,脓毒症仍占据全球每年死亡人数的近 20% [6]。即便当前诊疗技术与监护手段已较为先进,脓毒症的临床治疗形势依然严峻[7]。基于此,本研究拟通过数据分析构建一个可靠的预测模型,以辅助临床医务人员合理配置医疗资源、提升工作效率,从而降低脓毒症患者的死亡率并改善其生存质量。

2. 对象与方法

2.1. 研究对象

本研究回顾性纳入 2017 至 2022 年期间,中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院 ICU 收治的脓毒症患者 290 例,其中女性 83 例,男性 207 例。研究对象的选择:纳入标准:1) 年龄 ≥ 18 岁;2) 符合欧洲重症监护医学会(ESICM)和美国重症监护医学会(SCCM)等多个国际专业组织联合发布的脓毒症诊断标准(Sepsis-3.0) [1];3) 入住 ICU 时间 > 24 h;4) 患者的临床生化指标,一般资料等均有完整记录。排除标准:1) 年龄 < 18 岁;2) 脑梗死患者;3) 晚期癌症患者;4) 孕妇或哺乳期妇女;5) 近期(过去 30 天内)进行过重大手术的患者;6) 缺失重要研究变量数据的患者。根据脓毒症患者预后的不同,将其分为生存组($n = 206$ 例)与死亡组($n = 84$ 例)。

2.2. 研究方法

2.2.1. 数据采集

通过病案信息管理数据库,收集既往研究中影响脓毒症患者预后的风险因素的临床资料。收集的内容包括:1) 一般资料:年龄、性别、既往史、DM、HTN、吸烟史和饮酒史;2) 24 h 内临床生化指标:包括炎症指标(淋巴细胞计数(LYM)、降钙素原(PCT)、lactate);肝功能指标(天门冬氨酸转氨酶(AST)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、碱性磷酸酶、 γ -谷氨酰基转移酶,直接胆红素、间接胆红素、球蛋白、前白蛋白);凝血功能指标(fibrinogen、国际标准化比值(INR)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、血小板计数(PLT)、D-二聚体);3) 疾病严重程度评分:24 h 内 APACHE II 评分。

2.2.2. 统计学处理

应用 R 4.4.1 软件进行统计学分析。计量资料若服从正态分布且方差齐性,采用两独立样本 t 检验;若服从正态分布但不满足方差齐性,则采用 Welch 法近似 t 检验,结果以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示;若不服从正态分布,采用非参数检验(Mann-Whitney U 检验),结果以中位数和四分位数 $M (P25, P75)$ 表示;计数资料变量采用卡方检验,以频数表示。将最终选定的变量纳入二元多因素 Logistic 回归分析,以识别影响脓毒症患者预后的独立风险因素,构建预测死亡事件发生风险的模型。绘制 ROC 曲线并计算曲线下面积以评估模型区分正负比例的能力;进一步采用 DeLong 检验、净重新分类指数(NRI)和综合判别改善指数(IDI)评估模型的预测效能改善情况,并通过决策曲线分析(DCA)评价模型的临床净获益。

3. 结果

3.1. 脓毒症患者生存组与死亡组的临床资料比较

将纳入的 290 例脓毒症患者根据 28 d 的预后结局分为生存组($n = 206$ 例)与死亡组($n = 84$ 例)。两组间在性别、既往史、吸烟史、饮酒史、LYM、PCT、INR、APTT、D-二聚体、PLT、AST、ALT、球蛋白、间接胆红素、直接胆红素、碱性磷酸酶、 γ -谷氨酰基转移酶和前白蛋白方面的差异均无统计学意义($P > 0.05$)。然而,在 HTN、DM、年龄、APACHE II 评分、lactate 和 fibrinogen 的差异则具有统计学意义($P < 0.05$),其中死亡组的年龄、APACHE II 评分、lactate 数值大于生存组,fibrinogen 数值小于生存组(表 1 和表 2)。

Table 1. Comparison of count data between survival and non-survival groups of sepsis patients**表 1.** 存活组与死亡组脓毒症患者的计数资料比较

变量	生存组(<i>n</i> = 206)	死亡组(<i>n</i> = 84)	χ^2 值	<i>P</i> 值
性别			1.093	0.296
男	140 (68.0)	63 (75.0)		
女	66 (32.0)	21 (25.0)		
既往史			0.719	0.397
是	59 (28.6)	29 (34.5)		
否	147 (71.4)	55 (65.5)		
HTN			7.125	0.008
是	24 (11.7)	21 (25.0)		
否	182 (88.3)	63 (75.0)		
DM			4.367	0.037
是	23 (11.2)	18 (21.4)		
否	183 (88.8)	66 (78.6)		
吸烟史			0.310	0.578
是	53 (25.7)	25 (29.8)		
否	153 (74.3)	59 (70.2)		
饮酒史			0.821	0.365
是	18 (8.7)	11 (13.1)		
否	188 (91.3)	73 (86.9)		

注: $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

Table 2. Comparison of measurement data between survival and non-survival groups of sepsis patients**表 2.** 存活组与死亡组脓毒症患者的计量资料比较

变量	生存组(<i>n</i> = 206)	死亡组(<i>n</i> = 84)	Z值(<i>t</i> 值)	<i>P</i> 值
年龄(岁)	58.89 ± 16.86	65.41 ± 19.37	-2.423	0.015
APACHE II评分(分)	17.24 ± 9.21	23.71 ± 7.59	-5.700	<0.001
LYM ($\times 10^9/L$)	0.68 (0.42, 1.14)	0.65 (0.40, 1.16)	0.303	0.763
PCT (ng/mL)	12.67 (2.03, 60.98)	11.02 (1.53, 44.29)	0.497	0.619
Lactate (mmol/L)	2.20 (1.53, 3.80)	4.45 (3.00, 7.08)	-6.339	<0.001
Fibrinogen (g/L)	4.33 (3.22, 5.84)	3.06 (2.30, 4.30)	4.745	<0.001
INR	1.26 (1.14, 1.56)	1.30 (1.15, 1.57)	-0.443	0.658
APTT (s)	37.35 (30.83, 49.18)	34.15 (28.83, 46.78)	1.267	0.206
D-二聚体(mg/L FEU)	6.48 (3.02, 14.92)	6.96 (2.99, 8.74)	0.853	0.394
PLT ($\times 10^9/L$)	116.50 (50.25, 190.75)	126.50 (74.50, 195.25)	-0.641	0.522

续表

AST (U/L)	40.00 (21.00, 102.75)	50.00 (22.00, 242.50)	-1.881	0.060
ALT (U/L)	27.00 (15.00, 70.75)	35.50 (15.75, 124.00)	-1.361	0.174
球蛋白(g/L)	21.09 ± 8.60	21.18 ± 7.26	-0.082	0.935
间接胆红素(mg/dL)	6.87 (4.50, 13.05)	5.85 (3.68, 12.43)	1.480	0.139
直接胆红素(mg/dL)	9.44 (5.50, 20.17)	10.75 (4.89, 19.60)	0.386	0.700
碱性磷酸酶(U/L)	70.00 (49.00, 116.75)	72.00 (55.75, 97.75)	-0.425	0.672
γ -谷氨酰转氨酶(U/L)	42.00 (20.50, 112.50)	44.00 (22.00, 91.00)	0.634	0.526
前白蛋白(mg/L)	73.00 (43.25, 117.75)	72.50 (36.50, 113.75)	0.996	0.319

注: $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

3.2. 影响脓毒症患者预后的二元多因素 Logistic 回归分析

以脓毒症患者 28 d 预后作为因变量(赋值: 死亡 = 1, 存活 = 0), 上述过程中筛选出的指标 HTN (赋值: 是 = 1, 否 = 0)、DM (赋值: 是 = 1, 否 = 0)、年龄、APACHE II 评分、lactate、fibrinogen 作为自变量, 纳入二元多因素 Logistic 回归模型。使用 R 语言建立模型并分析结果, 结果显示, APACHE II 评分($P < 0.001$)、lactate ($P < 0.001$)、fibrinogen ($P = 0.010$)为脓毒症患者 28 d 预后的独立影响因素(表 3)。

Table 3. The results of Logistic regression analysis of prognostic factors in patients with sepsis

表 3. 脓毒症患者预后影响因素的逻辑回归分析结果

变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR值(95% CI)
APACHE II评分	0.062	0.017	3.61	<0.001	1.060 (1.030~1.100)
lactate	0.190	0.053	3.55	<0.001	1.210 (1.090~1.350)
fibrinogen	-0.237	0.092	-2.57	0.010	0.789 (0.654~0.938)
DM	0.683	0.421	1.62	0.105	1.980 (0.857~4.520)
HTN	0.508	0.407	1.25	0.212	1.660 (0.741~3.680)
age	0.009	0.009	1.02	0.306	1.010 (0.992~1.030)

注: $P < 0.05$ 证明变量为独立影响因素。

3.3. 列线图预测模型的建立

基于 Logistic 回归分析结果, 使用 R 语言建立列线图风险预测模型。该模型显示了不同取值水平下自变量 APACHE II 评分, lactate 及 fibrinogen 单项得分相加的总和所对应的预测概率, 即脓毒症患者的死亡预测概率(图 1)。

3.4. 风险预测模型的验证

使用 R 语言软件包分别构建 ROC 曲线和 DCA 曲线。基于 APACHE II 评分、lactate 和 fibrinogen 联合预测概率的 ROC 曲线结果显示, 该模型具有良好的区分度, 其灵敏度为 0.821, 特异度为 0.650, 约登指数为 0.472, 最佳截断值为 0.225, AUC 为 0.785, 高于任一单一指标的 AUC (图 2)。采用 DeLong 检验比较联合模型与各单一指标的预测效能, 结果显示联合模型的区分度显著优于各单一指标(表 4)。NRI 分析以联合模型预测概率的四分位数(0.123, 0.214, 0.417)作为风险切点, 将患者划分为四个风险等级(<25%、25%~50%、50%~75%、>75%)。结果显示, 联合模型显著改善了患者的风险分类准确性(表 5)。IDI 分析

显示,联合模型相较于各单一指标,预测精度显著提升(表 6)。DCA 结果显示,该模型在阈值概率 0.08~0.91 范围内具有临床净获益,优于全部治疗(All)和不治疗(None)两种极端策略,提示模型可有效辅助临床决策,避免过度治疗或治疗不足。然而,在极低(<0.08)和极高(>0.91)风险阈值下,模型的净获益优势不明显(图 3)。

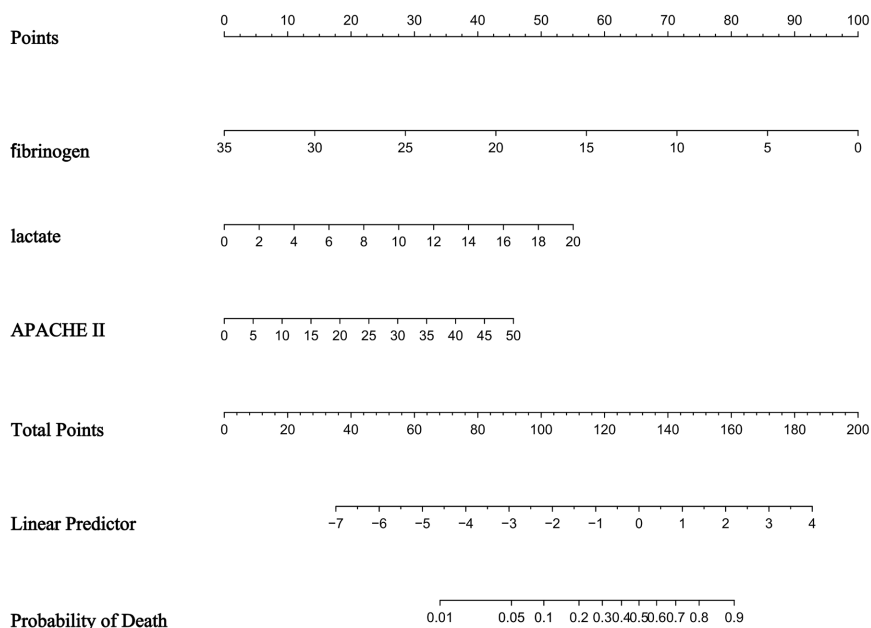


Figure 1. Nomogram risk prediction model

图 1. 列线图风险预测模型

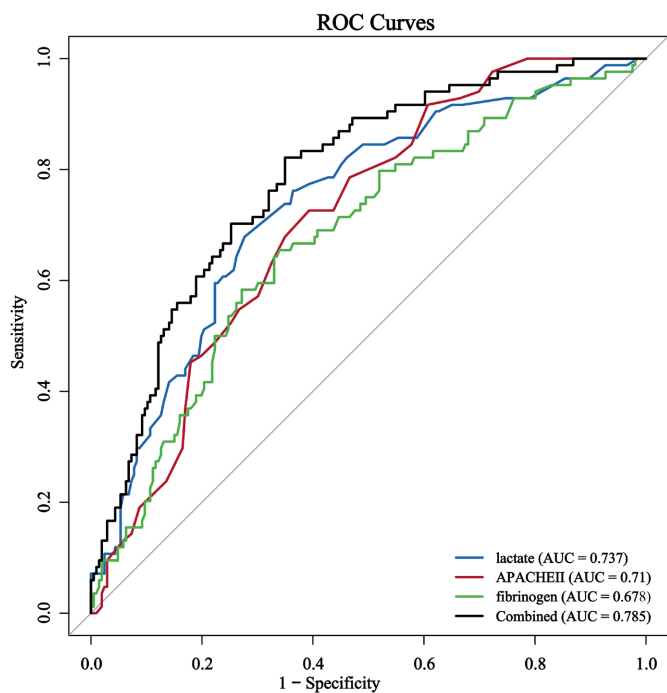


Figure 2. ROC curve of the risk prediction model

图 2. 风险预测模型 ROC 曲线

Table 4. Comparison of predictive performance between the combined model and individual predictors**表 4.** 联合模型与各单一指标预测效能的比较

模型	AUC (95% CI)	AUC 差值	P 值
联合模型	0.785 (0.730~0.841)	-	-
APACHE II 评分	0.710 (0.649~0.771)	0.075	0.004
lactate	0.737 (0.674~0.800)	0.048	0.032
fibrinogen	0.678 (0.610~0.745)	0.108	<0.001

注: $P < 0.05$ 代表两个模型的 AUC 差异具有统计学意义。

Table 5. Comparison of the NRI between the combined model and individual predictors**表 5.** 联合模型与各单一指标净重新分类指数的比较

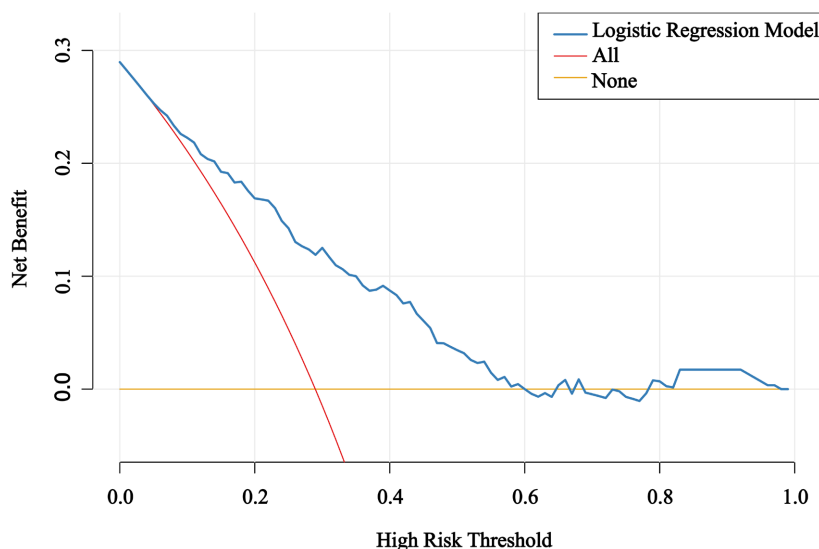
比较模型	NRI+	NRI-	NRI (95% CI)
联合模型-APACHE II 评分	0.083	0.335	0.418 (0.242~0.579)
联合模型-lactate	0.167	0.296	0.463 (0.286~0.648)
联合模型-fibrinogen	0.238	0.316	0.554 (0.376~0.743)

注: NRI+为死亡组正确上调比例, NRI-为存活组正确下调比例。

Table 6. Comparison of the IDI between the combined model and individual predictors**表 6.** 联合模型与各单一指标综合判别改善指数的比较

比较模型	IDI	P 值	95% CI
联合模型-APACHE II 评分	0.109	<0.001	0.073~0.150
联合模型-lactate	0.084	<0.001	0.052~0.119
联合模型-fibrinogen	0.131	<0.001	0.089~0.177

注: $P < 0.05$ 代表联合模型相比于单一指标, 预测精度的提升具有统计学意义。

**Figure 3.** DCA curve of the risk prediction model**图 3.** 风险预测模型的 DCA 曲线

4. 讨论

急性生理学和慢性健康状况评价 II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, APACHE II) 评分) 是一种广泛使用的重症监护评分系统, 旨在评估重症患者的病情严重程度和预后情况。该评分系统由 KNAUS 等于 1985 年发布, 已成为重症医学领域的标准工具之一[8]。大量研究表明, APACHE II 评分与疾病的严重程度及 ICU 患者的预后显著相关[9]-[11]。在预测 ICU 脓毒症患者死亡风险方面, APACHE II 评分也显示出了良好的预测效能。在 WANG 等的研究中, APACHE II 评分被纳入脓毒症患者 28 天预后的独立风险因素, 其曲线下面积(AUC)为 0.763, 表明该指标能够有效预测死亡事件的发生[12]。另外, 张等的研究指出, 在对 ICU 脓毒症患者死亡风险进行预测时, APACHE II 评分的 AUC 为 0.739, 相较于 SOFA 评分的 0.724, 显示出更大的预测能力[13]。在本次研究的建模结果中, 其 OR 值为 1.060, 这意味着评分每增加 1 分, 脓毒症患者死亡的风险增加 0.6 倍, 进一步体现了其在死亡预测方面的重要作用。以上研究表明, APACHE II 评分在 ICU 脓毒症患者的预后评估中具有显著的应用价值。此外, APACHE II 评分在临床资源分配、护理质量评估等领域也发挥着重要作用。该方法能够帮助医护人员对危重病患者进行分层评估, 促进个性化治疗的实施, 并优化医疗资源的合理分配, 从而展现其在临床实践中的潜力。

乳酸(lactate)是体内代谢过程中产生的一种有机酸, 它是葡萄糖或糖原在缺氧条件下转化为能量的主要代谢产物, 可以直接反映组织缺氧情况和代谢状态。在健康个体中, lactate 的浓度通常较低, 约为 0.5~1 mmol/L [14]。然而, 在多种病理状态下(如脓毒症、休克、严重感染等), lactate 水平可以显著升高, 甚至超过 4 mmol/L, 可能导致乳酸酸中毒[15]-[17]。在 Sepsis-3 中, 血清 lactate 水平大于 2 mmol/L 被纳入脓毒症休克的诊断标准[1], 2021 年发布的《拯救脓毒症运动指南》建议对疑似脓毒症患者测量 lactate 水平, 同时提到对于脓毒症或脓毒性休克的成人患者, 应进行引导复苏, 以降低 lactate 水平[18], 这表明 lactate 在预测病情严重程度及分层治疗方面具有一定的参考价值。有研究表明, lactate 浓度超过 2.95 mmol/L 是脓毒症患者死亡的独立风险因素[19]。在本研究中, 死亡患者的 lactate 浓度中位数达到 4.45 mmol/L, 显示了 lactate 作为脓毒症患者不良结局的强烈相关性。基于此, 虽然 lactate 不是脓毒症的特异性指标, 但它可用于对病情严重程度进行分层分析, 结合其他临床证据进行综合评估, 可以帮助临床医生早期识别高风险脓毒症患者, 及时采取相应的医疗措施, 从而降低脓毒症患者的死亡率。

纤维蛋白原(fibrinogen)是一种由肝脏合成的急性时相反应蛋白, 同时它也是一种凝血因子, 参与止血、炎症调控及组织修复过程[20]。生理状态下, 其血浆浓度范围为 2~4 g/L。脓毒症时, 机体炎症反应与凝血功能严重失衡, 纤维蛋白原呈现双相变化: 早期在炎症因子刺激下显著升高, 随着病情进展, 纤维蛋白原水平急剧下降。多项研究表明, 其与脓毒症患者的 28 天住院死亡率升高密切相关[21] [22]。同时, 孔等的一项回顾性队列研究表明低纤维蛋白组较高纤维蛋白原组的住院死亡率更低[23], 这与本项研究的结果一致, 类似的结果也在 Matsubara 等人研究中也得到了认证[24]。因此, 监测纤维蛋白原水平有助于评估脓毒症患者的炎症与凝血状态, 或可作为早期判断脓毒症预后的重要指标, 为临床风险分层与干预决策提供一定的指导。

5. 结论

本研究构建了基于 APACHE II 评分、乳酸(lactate)和纤维蛋白原(fibrinogen)的联合预测模型, 旨在评估其在预测脓毒症患者预后方面的临床效用。通过受试者工作特征(ROC)曲线对该模型进行分析, 结果显示该模型在区分脓毒症患者正负比例方面具有良好的效能。进一步采用 DeLong 检验、净重新分类指数(NRI)和综合判别改善指数(IDI)进行评估, 结果显示联合模型的预测效能显著优于各单一指标。决策曲线分析(DCA)进一步表明, 该模型在辅助临床决策中具有重要价值, 可为临床实践带来较为显著的净收益。

然而, 本研究存在一定的局限性。首先, 数据来源于单中心, 样本量有限, 可能导致分析结果未能全面反映相关临床指标的影响; 其次, 缺乏独立的外部测试集, 模型的泛化能力有待进一步验证。为提升模型在临床实践中的应用价值, 未来研究应致力于开展多中心、大样本量的数据收集, 并进一步比较多种机器学习算法, 包括 K 近邻算法、支持向量机以及神经网络模型等, 以确定最优的预测策略。

致 谢

作者衷心感谢所有为本研究做出贡献的个人和机构。作者特别向哈小琴教授致以诚挚的谢意, 感谢她在研究方向、临床样本获取以及稿件审阅方面给予的宝贵指导。

声 明

本研究为回顾性研究, 数据收集前已获中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院伦理委员会审批(批准号: 2024KYLL158)。

参考文献

- [1] Singer, M., Deutschman, C.S., Seymour, C.W., Shankar-Hari, M., Annane, D., Bauer, M., *et al.* (2016) The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA*, **315**, 801-810. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.0287>
- [2] Yamanaka, Y., Uchida, K., Akashi, M., Watanabe, Y., Yaguchi, A., Shimamoto, S., *et al.* (2019) Mathematical Modeling of Septic Shock Based on Clinical Data. *Theoretical Biology and Medical Modelling*, **16**, Article No. 5. <https://doi.org/10.1186/s12976-019-0101-9>
- [3] Sakr, Y., Jaschinski, U., Wittebole, X., Szakmany, T., Lipman, J., Namendys-Silva, S.A., *et al.* (2018) Sepsis in Intensive Care Unit Patients: Worldwide Data from the Intensive Care over Nations Audit. *Open Forum Infectious Diseases*, **5**, ofy313. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofy313>
- [4] Lei, S., Li, X., Zhao, H., Xie, Y. and Li, J. (2022) Prevalence of Sepsis among Adults in China: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Public Health*, **10**, Article 977094. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.977094>
- [5] Levy, M.M., Evans, L.E. and Rhodes, A. (2018) The Surviving Sepsis Campaign Bundle: 2018 Update. *Critical Care Medicine*, **46**, 997-1000. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000003119>
- [6] Kempker, J.A. and Martin, G.S. (2020) A Global Accounting of Sepsis. *The Lancet*, **395**, 168-170. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)33065-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)33065-x)
- [7] Gao, J., Lu, Y., Ashrafi, N., Domingo, I., Alaei, K. and Pishgar, M. (2024) Prediction of Sepsis Mortality in ICU Patients Using Machine Learning Methods. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, **24**, Article No. 228. <https://doi.org/10.1186/s12911-024-02630-z>
- [8] Knaus, W.A., Draper, E.A., Wagner, D.P. and Zimmerman, J.E. (1985) APACHE II: A Severity of Disease Classification System. *Critical Care Medicine*, **13**, 818-829. <https://doi.org/10.1097/00003246-198510000-00009>
- [9] Deniz, M., Ozgun, P. and Ozdemir, E. (2022) Relationships Between RDW, NLR, CAR, and APACHE II Scores in the Context of Predicting the Prognosis and Mortality in ICU Patients. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, **26**, 4258-4267. <https://doi.org/10.26355/eurerv.202206.29063>
- [10] Falcão, A.L.E., Barros, A.G.d.A., Bezerra, A.A.M., Ferreira, N.L., Logato, C.M., Silva, F.P., *et al.* (2019) The Prognostic Accuracy Evaluation of SAPS 3, SOFA and APACHE II Scores for Mortality Prediction in the Surgical ICU: An External Validation Study and Decision-Making Analysis. *Annals of Intensive Care*, **9**, Article No. 18. <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0488-9>
- [11] Zhou, T., Zheng, N., Li, X., Zhu, D. and Han, Y. (2021) Prognostic Value of Neutrophil-Lymphocyte Count Ratio (NLCR) among Adult ICU Patients in Comparison to APACHE II Score and Conventional Inflammatory Markers: A Multi Center Retrospective Cohort Study. *BMC Emergency Medicine*, **21**, Article No. 24. <https://doi.org/10.1186/s12873-021-00418-2>
- [12] Wang, J., He, L., Jin, Z., Lu, G., Yu, S., Hu, L., *et al.* (2024) Immune Dysfunction-Associated Elevated RDW, APACHE-II, and SOFA Scores Were a Possible Cause of 28-Day Mortality in Sepsis Patients. *Infection and Drug Resistance*, **17**, 1199-1213. <https://doi.org/10.2147/idr.s442169>
- [13] 张道英. APACHE II 评分与 SOFA 评分在脓毒症患者的预后评估研究[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东第一医科大学, 2019.

- [14] Deulkar, P., Singam, A., Mudiganti, V.N.K.S. and Jain, A. (2024) Lactate Monitoring in Intensive Care: A Comprehensive Review of Its Utility and Interpretation. *Cureus*, **16**, e66356. <https://doi.org/10.7759/cureus.66356>
- [15] Luo, M. and He, Q. (2023) Development of a Prognostic Nomogram for Sepsis Associated-Acute Respiratory Failure Patients on 30-Day Mortality in Intensive Care Units: A Retrospective Cohort Study. *BMC Pulmonary Medicine*, **23**, Article No. 43. <https://doi.org/10.1186/s12890-022-02302-6>
- [16] Oh, D.H., Kim, M.H., Jeong, W.Y., Kim, Y.C., Kim, E.J., Song, J.E., *et al.* (2019) Risk Factors for Mortality in Patients with Low Lactate Level and Septic Shock. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, **52**, 418-425. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2017.08.009>
- [17] 周勇, 王真, 秋爽, 陈菲, 熊瑛霞. 血清 PCT 联合 lactate 水平对老年 COPD 合并下呼吸道感染预后判断价值[J]. 中国病原生物学杂志, 2023, 18(10): 1190-1194.
- [18] Evans, L., Rhodes, A., Alhazzani, W., Antonelli, M., Coopersmith, C.M., French, C., *et al.* (2021) Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock 2021. *Critical Care Medicine*, **49**, e1063-e1143. <https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000005337>
- [19] 梁旭, 李国旗, 张红玉, 库尔班江·吐尔逊. 血乳酸、IL-6 联合 SOFA 评分对脓毒症患者 28 d 死亡风险的预测价值[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2024, 45(1): 43-50.
- [20] Tiscia, G.L. and Margaglione, M. (2018) Human Fibrinogen: Molecular and Genetic Aspects of Congenital Disorders. *International Journal of Molecular Sciences*, **19**, Article 1597. <https://doi.org/10.3390/ijms19061597>
- [21] 吴维维, 黄素芳, 熊杰, 邓娟. 脓毒症死亡影响因素分析[J]. 中国临床研究, 2024, 37(11): 1680-1685.
- [22] Yao, C., Zhang, G., Zhang, N., Li, R., Sun, S., Zhang, L., *et al.* (2023) Fibrinogen Is Associated with Prognosis of Critically Ill Patients with Sepsis: A Study Based on Cox Regression and Propensity Score Matching. *Mediators of Inflammation*, **2023**, Article ID: 7312822. <https://doi.org/10.1155/2023/7312822>
- [23] 孔田玉, 郭苗铃, 杨其霖, 何薇, 蒋芸杰, 温德良. 纤维蛋白原水平与重症监护室脓毒症患者住院死亡率之间的关系[J]. 血栓与止血学, 2023, 29(6): 254-259.
- [24] Matsubara, T., Yamakawa, K., Umemura, Y., Gando, S., Ogura, H., Shiraishi, A., *et al.* (2019) Significance of Plasma Fibrinogen Level and Antithrombin Activity in Sepsis: A Multicenter Cohort Study Using a Cubic Spline Model. *Thrombosis Research*, **181**, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2019.07.002>