

10 种评分系统对重症监护病房脓毒症患者 28 d 死亡风险的预测价值

谷晨晨¹ 郭勇² 刘宗涛³ 徐晟伟²

¹ 青岛市第三人民医院药学部, 青岛 266040; ² 青岛市第三人民医院重症医学科, 青岛 266040;

³ 青岛市第三人民医院科研科, 青岛 266040

通信作者: 徐晟伟, Email: qdxusw@126.com

【摘要】 **目的** 评估临床常用 10 种评分系统对重症监护病房 (ICU) 成人脓毒症患者 28 d 死亡的预测价值, 筛选出评估成人脓毒症患者短期预后的最佳评分系统。**方法** 从美国重症监护医学信息数据库 IV (MIMIC-IV, 3.0 版) 中提取年龄在 18~90 岁、首次入住 ICU 脓毒症患者的临床资料, 包括人口统计学信息、生命体征、合并症、实验室指标、评估量表、预后情况等。根据入 ICU 28 d 生存状况将患者分为生存组和死亡组, 比较两组临床资料; 采用 Lasso 回归分析初步筛选与脓毒症患者预后相关的变量, 并通过单因素和多因素 Logistic 回归分析影响脓毒症患者预后相关因素; 利用受试者工作特征曲线 (ROC 曲线) 评估 10 种评分系统对脓毒症患者 28 d 死亡的预测价值。**结果** 最终从 MIMIC-IV 数据库中纳入 7 631 例脓毒症患者, 其中 28 d 生存 5 575 例, 死亡 2 056 例。与生存组比较, 死亡组患者年龄更大, 合并 2 型糖尿病、心力衰竭的比例更高, 呼吸功能、循环和代谢状况更差, 感染风险更高, 序贯器官衰竭评分 (SOFA)、急性生理学评分 III (APS III)、急性生理学及慢性健康状况评分 II (APACHE II)、简化急性生理学评分 II (SAPS II)、牛津急性疾病严重程度评分 (OASIS)、查尔森合并症指数 (CCI) 评分更高 (均 $P < 0.05$)。采用 Lasso 回归分析从 49 个特征变量中初步筛选出 32 个与脓毒症预后相关的变量; 将上述变量依次纳入单因素和多因素 Logistic 回归分析, 结果显示, 有 18 个变量与脓毒症患者 28 d 死亡相关 (均 $P < 0.05$), 其中 APS III 评分 [优势比 (OR) = 1.089, 95% 置信区间 (95%CI) 为 1.081 ~ 1.096, $P < 0.001$]、SAPS II 评分 (OR = 1.052, 95%CI 为 1.048 ~ 1.056, $P < 0.001$)、格拉斯哥昏迷评分 (GCS; OR = 0.976, 95%CI 为 0.962 ~ 0.991, $P < 0.001$) 和 CCI 评分 (OR = 1.195, 95%CI 为 1.175 ~ 1.215, $P < 0.001$) 升高为脓毒症患者 28 d 死亡的独立危险因素。ROC 曲线分析显示, 在 10 种评分系统中, APS III 评分和 SAPS II 评分较其他评分系统的预测效果更好, 其曲线下面积 (AUC) 及 95%CI 分别为 0.721 (0.708 ~ 0.734)、0.701 (0.687 ~ 0.714)。**结论** 在 10 种临床常用评分系统中, APS III 评分在预测 ICU 成人脓毒症患者 28 d 死亡风险方面具有较好效果, 可为临床及时干预提供可靠依据, 从而降低患者死亡风险。

【关键词】 脓毒症; 评分系统; 重症监护病房; 28 d 死亡; 预测价值; 重症监护医学信息数据库 IV

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250321-00167

Predictive value of ten scoring systems for 28-day mortality in adult patients with sepsis in intensive care unit

Gu Chenchen¹, Guo Yong², Liu Zongtao³, Xu Shengwei²

¹Department of Pharmacy, Qingdao Third People's Hospital, Qingdao 266040, China; ²Department of Critical Medicine, Qingdao Third People's Hospital, Qingdao 266040, China; ³Department of Research, Qingdao Third People's Hospital Qingdao, Qingdao 266040, China

Corresponding author: Xu Shengwei, Email: qdxusw@126.com

【Abstract】 **Objective** To evaluate the predictive value of ten commonly used clinical scoring systems for 28-day mortality in adult sepsis patients in the intensive care unit (ICU), and to identify the optimal scoring system for assessing short-term outcomes in adult sepsis patients. **Methods** Clinical data were extracted from the Medical Information Mart for Intensive Care-IV (MIMIC-IV, 3.0 database) for sepsis patients aged 18-90 years on their first ICU admission, including demographic information, vital signs, comorbidities, laboratory indicators, assessment scales, and prognostic outcomes. Patients were divided into survival and death groups based on 28-day outcome after ICU admission, and clinical data were compared between the two groups. Lasso regression analysis was used for preliminary screening for variables associated with the prognosis of sepsis patients, and factors affecting the prognosis of sepsis patients were analyzed through univariate and multivariate Logistic regression analysis. The predictive value of ten scoring systems for 28-day mortality in sepsis patients was assessed using receiver operator characteristic curve (ROC curve). **Results** A total of 7 631 adults with sepsis were included in the MIMIC-IV database, of which 5 575 survived for 28 days and 2 056 died. Compared with the survival group, patients in the death group were older, had higher proportions of type 2 diabetes and heart failure, exhibited worse respiratory, circulatory, and metabolic conditions, carried a higher infection risk, and had significantly higher scores on the Sequential Organ Failure Assessment (SOFA), Acute Physiology Score III (APS III), Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II (APACHE II), Simplified Acute Physiology Score II (SAPS II), Oxford Acute Severity of Illness Score (OASIS), Charlson comorbidity index (CCI; all $P < 0.05$). Lasso regression analysis

was initially applied to screen 49 characteristic variables, identifying 32 that were preliminarily associated with sepsis prognosis. These 32 variables were subsequently included in univariate and multivariate Logistic regression analyses. The results revealed that 18 variables were associated with 28-day mortality in sepsis patients (all $P < 0.05$). Among these, an increase in APS III score [odds ratio (OR)=1.089, 95% confidence interval (95%CI) was 1.081–1.096, $P < 0.001$], SAPS II score (OR=1.052, 95%CI was 1.048–1.056, $P < 0.001$), Glasgow Coma Scale (GCS; OR=0.976, 95%CI was 0.962–0.991, $P < 0.001$), and CCI score (OR=1.195, 95%CI was 1.175–1.215, $P < 0.001$) were identified as independent risk factors for 28-day mortality in sepsis patients. ROC curve analysis demonstrated that among the ten scoring systems evaluated, the APS III and SAPS II scores showed superior predictive performance compared to the others. Their areas under the curve (AUC) with 95%CI were 0.721 (0.708–0.734) and 0.701 (0.687–0.714), respectively. **Conclusions** Among the ten commonly used clinical scoring systems, the APS III score demonstrates a relatively favorable performance in predicting the risk of 28-day mortality in adult sepsis patients. It can provide a reliable basis for timely clinical intervention, thereby reducing patient mortality risk.

【Key words】 Sepsis; Scoring system; Intensive care unit; 28-day mortality; Predictive value; MIMIC-IV

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250321-00167

脓毒症是一种由于宿主对感染产生异常剧烈且失去平衡的炎症反应,造成器官功能受到严重损害,从而引发生命危险的疾病^[1]。据统计,全球每年有近 5 000 万患者被诊断为脓毒症,死亡人数超 1 000 万,占世界总死亡人数的 19.7%^[2-3]。我国脓毒症发病率达 20.6%,住院病死率达 35.5%,因其发病率、病死率高且呈逐年上升趋势,被称为“沉默的杀手”^[4-6],因此,快速、准确评估病情并及时调整治疗方案显得尤为重要。

近年来,临床上常采用各种评分系统评估危重症患者病情严重程度、预后及死亡风险,并且在监测治疗效果方面表现出色^[7]。序贯器官衰竭评分(Sequential Organ Failure Assessment, SOFA)是通过评估呼吸、凝血、肝脏、循环、神经及肾脏六大系统功能,量化重症患者器官衰竭程度并预测预后的临床工具^[8]。急性生理学评分 III (Acute Physiology Score III, APS III)是急性生理学与慢性健康状况评分 II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, APACHE II)的进阶版,专门用于评估成人患者入院时的急性生理状态。简化急性生理学评分 II (Simplified Acute Physiology Score II, SAPS II)可以评估重症监护病房(intensive care unit, ICU)患者的病情严重程度和预测死亡风险。牛津急性疾病严重程度评分(Oxford Acute Severity of Illness Score, OASIS)也常用于评估 ICU 成人患者急性病情严重程度^[9-10]。格拉斯哥昏迷评分(Glasgow Coma Score, GCS)是一种评估患者意识水平和神经功能的工具^[11]。查尔森合并症指数(Charlson comorbidity index, CCI)评分是一个用于评估患者疾病严重程度和预后的工具,主要通过识别和加权相关合并症实现^[12]。简化肺栓塞严重度指数(simplified pulmonary embolism severity index, sPESI)评分用于

评估急性肺栓塞患者的短期死亡风险^[13]。休克指数(shock index, SI)用于评估患者的循环状态和休克风险^[14]。全身炎症反应综合征评分(Systemic Inflammatory Response Syndrome Score, SIRS)是一个用于识别和评估全身炎症反应的临床工具^[15]。

本研究旨在通过比较不同评分系统对脓毒症患者入 ICU 28 d 死亡的预测效能,筛选出最佳评分系统,以期在患者入 ICU 早期识别出可能发展为严重器官功能障碍或死亡风险较高的人群,尽早介入,从而降低死亡风险。

1 资料与方法

1.1 数据来源:研究数据来自美国开放数据库重症监护医学信息数据库 IV (Medical Information Mart for Intensive Care-IV, MIMIC-IV, 3.0 版),该数据库收集了 2008 至 2019 年贝斯以色列女执事医疗中心收治的超过 19 万例患者、45 万例次住院记录,数据量庞大,质控良好且数据量详细,涵盖患者的人口统计学信息、临床诊断、生命体征、手术指标、用药信息、实验室检测数据、生理监测数据、预后数据等多种类型的医学信息^[16]。

本课题组成员完成了美国国立卫生研究院网站的培训课程,通过了“保护人类研究参与者”考试,并获得了 MIMIC-IV 数据库的使用授权(证书号:63526705)。本研究经医院伦理委员会伦理豁免,符合《赫尔辛基宣言》要求(审批号:2025315)。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准:①符合 2016 年修订的 Sepsis-3 诊断标准;②首次入住 ICU。

1.2.2 排除标准:①年龄 < 18 岁或 > 90 岁;② ICU 住院时间 < 24 h;③缺少基线信息;④数据中存在空值、异常值等。

1.3 数据提取:通过 Navicat Premium 15.0 软件提

取患者相关数据。① 人口统计学信息：性别、年龄、体质量等；② 生命体征：心率(heart rate, HR)、呼吸频率(respiratory rate, RR)、体温等；③ 合并症：高血压、慢性肾病、2 型糖尿病、1 型糖尿病、心力衰竭；④ 实验室指标：中性粒细胞比例(neutrophil ratio, NEUT%)、单核细胞比例(monocyte ratio, MON%)、血小板计数(platelet count, PLT)、外周血淋巴细胞计数(peripheral blood lymphocyte count, PBL)、血细胞比容(hematocrit, HCT)、血红蛋白(hemoglobin, Hb)、红细胞体积分布宽度(red cell volume distribution width, RDW)、红细胞计数(red blood cell count, RBC)、白细胞计数(white blood cell count, WBC)、阴离子隙(anion gap, AG)、血 Cl⁻、血 K⁺、血 Ca²⁺、血 Na⁺、血糖、二氧化碳总量、血乳酸(lactic acid, Lac)、pH 值、动脉血二氧化碳分压(arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂)、动脉血氧分压(arterial partial pressure of oxygen, PaO₂)、丙氨酸转氨酶(alanine transaminase, ALT)、天冬氨酸转氨酶(aspartate transaminase, AST)、总胆红素(total bilirubin, TBil)、血肌酐(serum creatinine, SCr)、血尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)；⑤ 评估量表：SOFA 评分、APSⅢ评分、APACHE II 评分、SAPS II 评分、OASIS 评分、GCS 评分、CCI 评分、sPESI 评分、SI、SIRS 评分；⑥ 预后指标：ICU 住院时间、总住院时间、28 d 预后。

1.4 统计学方法：使用 R 4.31 软件、SPSS 26.0 软件对数据进行处理。删除数据中的缺失值和异常值，以减少数据偏倚对研究结果的影响。对连续变量进行 Kolmogorov-Smirnov 正态性检验，数据均不符合正态分布，以中位数(四分位数)[$M(Q_1, Q_3)$]表示，组间比较采用 Mann-Whitney 检验。非连续性变量以例数(%)表示，组间比较采用 χ^2 检验。采用

Lasso 回归分析初步筛选与脓毒症患者预后相关的变量。通过单因素和多因素 Logistic 回归分析评估各变量与脓毒症患者预后的关系。利用受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线)评估 10 种评分系统对脓毒症患者 28 d 死亡的预测价值。检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结果

2.1 病例纳入情况：从 MIMIC-IV 数据库入选首次入住 ICU 的脓毒症患者 31 910 例，排除年龄 < 18 岁或 > 90 岁者 1 743 例、ICU 住院时间 < 24 h 者 2 277 例、缺少基线数据者 19 447 例、数据中存在空值和异常值者 812 例，最终纳入 7 631 例患者作为研究对象，其中 28 d 生存 5 575 例，死亡 2 056 例。

2.2 患者基线特征：表 1 显示，死亡组患者年龄高于生存组，且合并 2 型糖尿病、心力衰竭的比例更高(均 $P < 0.05$)。死亡组 PaO₂ 低于生存组，RR 快于生存组(均 $P < 0.05$)，提示死亡患者入 ICU 时呼吸功能更差。死亡组 Lac 水平高于生存组，HR 快于生存组(均 $P < 0.05$)，反映死亡患者入 ICU 时循环和代谢状况更差。死亡组 PLT 低于生存组，但 WBC 高于生存组(均 $P < 0.05$)，提示死亡患者入 ICU 时感染风险更高。死亡组 SOFA 评分、APSⅢ评分、APACHE II 评分、SAPS II 评分、OASIS 评分、CCI 评分较生存组升高差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。

2.3 初步筛选与脓毒症患者预后相关的因素：采用 Lasso 回归分析从 49 个特征变量中初步筛选出 32 个预测变量，包括体质量、HR、RR、体温、NEUT%、PLT、PBL、RDW、RBC、WBC、AG、血 Cl⁻、血 Ca²⁺、血 Na⁺、Lac、pH 值、PaO₂、ALT、TBil、SCr、慢性肾病、2 型糖尿病、心力衰竭、SOFA 评分、APSⅢ评分、APACHE II 评分、SAPS II 评分、GCS 评分、CCI 评分、sPESI 评分、SI、SIRS 评分(图 1)。

表 1 入 ICU 28 d 不同预后两组脓毒症患者临床资料比较

指标	全体(7 631 例)	生存组(5 575 例)	死亡组(2 056 例)	统计量值	P 值
年龄[岁, $M(Q_1, Q_3)$]	66(54, 76)	65(54, 76)	72(63, 80)	$Z=2.972$	<0.001
男性[例(%)]	4 431(58.07)	3 273(58.71)	1 158(56.32)	$\chi^2=3.413$	0.061
HR [次/min, $M(Q_1, Q_3)$]	92(79, 108)	91(78, 107)	95(81, 110)	$Z=5.570$	<0.001
RR [次/min, $M(Q_1, Q_3)$]	20(16, 24)	19(16, 24)	21(17, 26)	$Z=10.020$	<0.001
体温[°C, $M(Q_1, Q_3)$]	36.78(36.52, 37.22)	36.84(36.53, 37.28)	36.60(36.44, 37.11)	$Z=2.446$	<0.001
体质量[kg, $M(Q_1, Q_3)$]	81.30(68.00, 97.60)	81.60(68.33, 98.00)	76.15(61.85, 90.56)	$Z=4.380$	<0.001
合并症[例(%)]					
高血压	2 914(38.19)	2 198(39.43)	716(34.82)	$\chi^2=13.277$	<0.001
慢性肾病	1 483(19.43)	991(17.78)	492(23.93)	$\chi^2=35.942$	2.033
2 型糖尿病	2 274(29.80)	1 626(29.17)	648(31.52)	$\chi^2=3.859$	0.049
1 型糖尿病	115(1.51)	85(1.52)	30(1.46)	$\chi^2=0.011$	0.918
心力衰竭	2 307(30.23)	1 586(28.45)	721(35.07)	$\chi^2=3.892$	<0.001

续表 1

指标	全体 (7 631 例)	生存组 (5 575 例)	死亡组 (2 056 例)	统计量值	P 值
实验室指标 [M(Q ₁ , Q ₃)]					
NEUT%	0.81 (0.74, 0.87)	0.81 (0.73, 0.87)	0.83 (0.75, 0.84)	Z=8.107	0.171
MON%	0.050 (0.031, 0.079)	0.051 (0.033, 0.079)	0.050 (0.030, 0.078)	Z=7.536	0.014
PLT (×10 ⁹ /L)	183.00 (121.00, 258.00)	184.00 (122.00, 257.00)	174.00 (99.25, 267.25)	Z=2.450	<0.001
PBL (×10 ⁹ /L)	8.6 (5.0, 14.1)	9.3 (5.6, 15.0)	6.8 (4.0, 11.4)	Z=14.150	<0.001
HCT	0.32 (0.27, 0.37)	0.32 (0.28, 0.38)	0.31 (0.26, 0.36)	Z=5.176	<0.001
Hb (g/L)	105.0 (88.5, 122.0)	106.0 (90.0, 124.0)	101.0 (85.0, 118.0)	Z=7.527	<0.001
RDW (%)	14.7 (13.6, 16.6)	14.5 (13.5, 16.1)	15.6 (14.1, 17.9)	Z=18.176	<0.001
RBC (×10 ¹² /L)	3.51 (2.96, 4.12)	3.56 (3.02, 4.15)	3.35 (2.82, 4.01)	Z=7.829	<0.001
WBC (×10 ⁹ /L)	12.4 (8.5, 17.8)	12.3 (8.5, 17.3)	12.8 (8.5, 18.9)	Z=2.808	<0.001
AG (mmol/L)	15 (12, 18)	14 (12, 17)	16 (13, 19)	Z=11.921	<0.001
血 Cl ⁻ (mmol/L)	104 (99, 108)	104 (100, 108)	103 (98, 107)	Z=0.709	<0.001
血 K ⁺ (mmol/L)	4.2 (3.7, 4.7)	4.1 (3.7, 4.6)	4.3 (3.8, 4.8)	Z=6.846	<0.001
血 Ca ²⁺ (mmol/L)	2.0 (1.9, 2.2)	2.0 (1.9, 2.2)	2.0 (1.9, 2.2)	Z=0.533	0.283
血 Na ⁺ (mmol/L)	138 (135, 141)	138 (135, 141)	138 (134, 141)	Z=3.434	<0.001
血糖 (mmol/L)	7.5 (6.0, 9.9)	7.3 (6.0, 9.7)	7.8 (5.9, 10.6)	Z=2.810	0.076
二氧化碳总量 (mmol/L)	24 (20, 27)	24 (21, 27)	23 (19, 27)	Z=7.788	<0.001
Lac (mmol/L)	1.90 (1.30, 3.00)	1.80 (1.20, 2.80)	2.10 (1.48, 3.70)	Z=12.960	<0.001
pH 值	7.36 (7.29, 7.42)	7.37 (7.30, 7.42)	7.34 (7.25, 7.41)	Z=9.637	<0.001
PaCO ₂ (mmHg)	41 (35, 48)	41 (35, 47)	41 (34, 49)	Z=8.981	<0.001
PaO ₂ (mmHg)	88 (51, 168)	94 (53, 187)	75 (47, 126)	Z=10.284	<0.001
ALT (U/L)	31 (17, 69)	31 (17, 70)	29 (15, 60)	Z=0.961	0.413
AST (U/L)	47.00 (27.00, 110.00)	43.00 (25.00, 92.00)	59.00 (31.00, 152.25)	Z=10.301	0.030
TBil (μmol/L)	11.97 (6.84, 23.94)	10.26 (6.84, 20.52)	13.68 (6.84, 37.62)	Z=10.476	<0.001
SCr (μmol/L)	97.24 (70.72, 167.96)	97.24 (70.72, 150.28)	123.76 (79.56, 212.16)	Z=14.341	<0.001
BUN (mmol/L)	8.2 (5.0, 13.9)	7.1 (5.0, 12.5)	11.0 (6.8, 17.8)	Z=18.710	<0.001
评分系统 [M(Q ₁ , Q ₃)]					
SOFA 评分 (分)	7 (4, 10)	6 (4, 9)	9 (6, 12)	Z=21.153	<0.001
APSⅢ 评分 (分)	53 (40, 70)	49 (37, 64)	66 (51, 86)	Z=28.297	<0.001
APACHE II 评分 (分)	20 (16, 26)	19 (15, 24)	24 (19, 30)	Z=20.130	<0.001
SAPS II 评分 (分)	41 (32, 52)	39 (30, 48)	50 (40, 61)	Z=21.070	<0.001
OASIS 评分 (分)	35 (30, 42)	34 (29, 40)	39 (33, 45)	Z=27.402	<0.001
GCS 评分 (分)	15 (13, 15)	15 (14, 15)	15 (13, 15)	Z=30.137	0.003
CCI 评分 (分)	5 (3, 7)	4 (3, 7)	6 (4, 9)	Z=21.070	<0.001
sPESI 评分 (分)	2 (1, 3)	2 (1, 2)	2 (2, 3)	Z=589.095	5.244
SI	1.21 (0.99, 1.53)	1.21 (0.99, 1.53)	1.21 (0.99, 1.51)	Z=0.169	0.680
SIRS 评分 (分)	3 (2, 4)	3 (2, 4)	3 (3, 4)	Z=42.715	1.186
总住院时间 [d, M(Q ₁ , Q ₃)]	12.02 (6.99, 20.20)	13.53 (7.97, 22.22)	8.78 (4.56, 15.04)	Z=22.093	<0.001
ICU 住院时间 [d, M(Q ₁ , Q ₃)]	5.45 (2.79, 10.92)	5.03 (2.59, 10.41)	6.74 (3.56, 11.81)	Z=7.995	<0.001

注: ICU 为重症监护病房, HR 为心率, RR 为呼吸频率, NEUT% 为中性粒细胞比例, MON% 为单核细胞比例, PLT 为血小板计数, PBL 为外周血淋巴细胞计数, HCT 为血细胞比容, Hb 为血红蛋白, RDW 为红细胞体积分布宽度, RBC 为红细胞计数, WBC 为白细胞计数, AG 为阴离子隙, Lac 为血乳酸, PaCO₂ 为动脉血二氧化碳分压, PaO₂ 为动脉血氧分压, ALT 为丙氨酸转氨酶, AST 为天冬氨酸转氨酶, TBil 为总胆红素, SCr 为血肌酐, BUN 为血尿素氮, SOFA 为序贯器官衰竭评分, APSⅢ 为急性生理学评分Ⅲ, APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分Ⅱ, SAPS II 为简化急性生理学评分Ⅱ, OASIS 为牛津急性疾病严重程度评分, GCS 为格拉斯哥昏迷评分, CCI 为查尔森合并症指数, sPESI 为简化肺栓塞严重度指数, SI 为休克指数, SIRS 为全身炎症反应综合征评分; 1 mmHg=0.133 kPa

根据 Lasso 回归分析结果, 将 32 个预测变量依次纳入单因素和多因素 Logistic 回归模型, 结果显示, 有 18 个变量与脓毒症患者 28 d 死亡相关, 包括体质量、HR、RR、PLT、RDW、RBC、AG、血 Cl⁻、血 Na⁺、Lac、PaO₂、TBil、2 型糖尿病、心力衰竭、APSⅢ 评分、SAPS II 评分、GCS 评分、CCI 评分, 差异均具有统计学意义(均 P<0.05; 表 2)。

2.4 10 种评分系统对脓毒症患者 28 d 预后的预测价值: ROC 曲线分析结果显示(表 3; 图 2), SI 预测脓毒症患者预后的 P 值为 0.680, 不具有统计学意义, 并且在绘制 ROC 曲线时未能绘制出 SI 的曲线图。在其他 9 种评分系统中, APSⅢ 评分和 SAPS II 评分预测脓毒症患者 28 d 死亡的曲线下面积(area under the curve, AUC) 高于其他评分系统, 具有较好的预测效能。

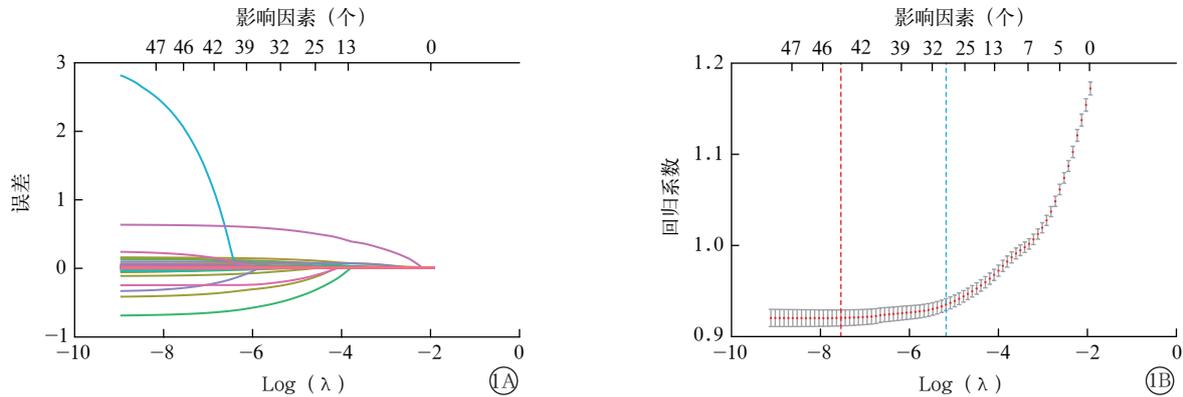


图 1 脓毒症患者 28 d 死亡影响因素的 Lasso 回归分析 1A 为各影响因素的系数路径图 1B 为交叉验证图, 蓝色虚线表示使均方差最小的 λ 值, 红色虚线表示使均方差在 1 个标准误差范围内的最大 λ 值

表 2 脓毒症患者 28 d 死亡影响因素的多因素 Logistic 回归分析

变量	OR 值	95%CI	P 值	变量	OR 值	95%CI	P 值	变量	OR 值	95%CI	P 值
体质量	0.996	0.994 ~ 0.998	<0.001	血 Ca^{2+}	1.031	0.977 ~ 1.087	0.266	APS III 评分	1.089	1.081 ~ 1.096	<0.001
HR	1.007	1.004 ~ 1.009	<0.001	血 Na^+	0.987	0.979 ~ 0.996	<0.001	SAPS II 评分	1.052	1.048 ~ 1.056	<0.001
RR	1.034	1.027 ~ 1.042	<0.001	Lac	1.168	1.143 ~ 1.194	<0.001	GCS 评分	0.976	0.962 ~ 0.991	<0.001
PLT	0.999	0.999 ~ 0.999	<0.001	PaO ₂	0.997	0.997 ~ 0.998	<0.001	CCI 评分	1.195	1.175 ~ 1.215	<0.001
RDW	1.197	1.173 ~ 1.220	<0.001	TBil	1.069	1.057 ~ 1.082	<0.001	sPESI 评分	2.015	1.899 ~ 2.139	0.102
RBC	0.805	0.752 ~ 0.852	<0.001	慢性肾病	1.455	1.287 ~ 1.644	0.252	SI	1.005	0.997 ~ 1.031	0.404
AG	1.065	1.054 ~ 1.076	<0.001	2 型糖尿病	1.118	1.001 ~ 1.246	0.046				
血 Cl^-	0.970	0.967 ~ 0.981	<0.001	心力衰竭	1.358	1.219 ~ 1.512	<0.001				

注: HR 为心率, RR 为呼吸频率, PLT 为血小板计数, RDW 为红细胞体积分布宽度, RBC 为红细胞计数, AG 为阴离子隙, Lac 为血乳酸, PaO₂ 为动脉血氧分压, TBil 为总胆红素, APS III 为急性生理学评分 III, SAPS II 为简化急性生理学评分 II, GCS 为格拉斯哥昏迷评分, CCI 为查尔森合并症指数, sPESI 为简化肺栓塞严重程度指数, SI 为休克指数, OR 为优势比, 95%CI 为 95% 置信区间

表 3 各种评分系统对脓毒症患者 28 d 死亡的预测价值

变量	AUC	95%CI	最佳阈值
SOFA 评分	0.666	0.651 ~ 0.681	8.5
APS III 评分	0.721	0.708 ~ 0.734	77.0
APACHE II 评分	0.689	0.675 ~ 0.703	22.5
SAPS II 评分	0.701	0.687 ~ 0.714	45.0
OASIS 评分	0.658	0.643 ~ 0.673	36.5
GCS 评分	0.502	0.484 ~ 0.512	14.5
CCI 评分	0.631	0.617 ~ 0.645	4.5
sPESI 评分	0.690	0.677 ~ 0.702	1.5
SIRS 评分	0.548	0.534 ~ 0.562	3.5

变量	敏感度 (%)	特异度 (%)	约登指数	P 值
SOFA 评分	53.20	72.40	0.26	<0.001
APS III 评分	61.80	70.00	0.32	<0.001
APACHE II 评分	61.40	66.30	0.28	<0.001
SAPS II 评分	67.00	62.30	0.29	<0.001
OASIS 评分	60.20	63.90	0.24	<0.001
GCS 评分	61.07	40.07	0.01	0.023
CCI 评分	70.40	48.61	0.19	<0.001
sPESI 评分	89.70	36.30	0.23	<0.001
SIRS 评分	32.70	73.80	0.06	<0.001

注: SOFA 为序贯器官衰竭评分, APS III 为急性生理学评分 III, APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分 II, SAPS II 为简化急性生理学评分 II, OASIS 为牛津急性疾病严重程度评分, GCS 为格拉斯哥昏迷评分, CCI 为查尔森合并症指数, sPESI 为简化肺栓塞严重程度指数, SIRS 为全身炎症反应综合征评分, AUC 为曲线下面积, 95%CI 为 95% 置信区间

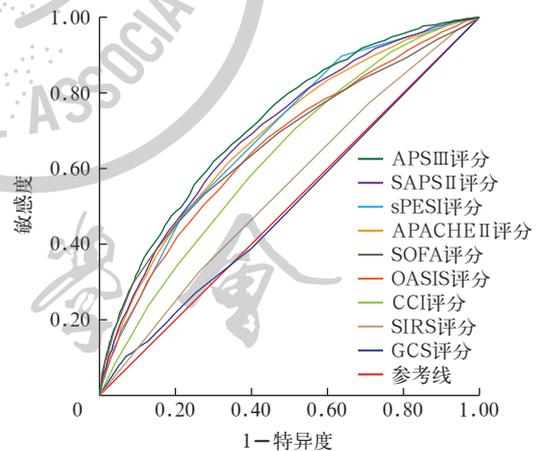


图 2 10 种评分系统预测脓毒症患者 28 d 死亡的 ROC 曲线

3 讨论

脓毒症是全球危重症患者死亡的主要原因之一。本研究结果显示,多种评分系统与脓毒症患者 28 d 死亡风险有关,死亡组患者 SOFA 评分、APS III

评分、APACHE II 评分、SAPS II 评分、OASIS 评分、CCI 评分高于生存组；Lasso 回归和 Logistic 回归分析显示，APS III 评分、SAPS II 评分、GCS 评分和 CCI 评分与脓毒症患者 28 d 死亡有关；ROC 曲线分析显示，APS III 评分和 SAPS II 评分的预测效果较好，且 APS III 评分对脓毒症患者 28 d 预后的 AUC 值最高，在评估 28 d 死亡风险方面具有最佳预测价值。

有研究显示，APS III 评分预测脓毒症呼吸衰竭患者预后具有最大敏感度和约登指数，AUC 为 0.755，95% 可信区间 (95% confidence interval, 95%CI) 为 0.741 ~ 0.768^[17]。本研究结果也表明，APS III 评分在预测脓毒症患者预后方面具有最大的约登指数，AUC 为 0.721 (95%CI 为 0.708 ~ 0.734)。APS III 评分主要包含 4 个方面，即呼吸、循环、神经-肌肉功能和代谢-水-电解质，可综合评估患者的急性生理参数(如生命体征、代谢功能)、慢性基础疾病、炎症反应等指标。研究表明，APS III 评分可用于尿路感染^[18-19]、肝性脑病^[20]、胃肠道出血^[19]和急性心力衰竭^[19, 21]等的死亡风险预测。脓毒症的核心病理生理是感染引发的全身炎症反应和器官功能障碍^[22-23]，APS III 评分涵盖的相关指标能够较全面地反映脓毒症患者感染状态下机体各系统紊乱程度，该评分通过整合患者的基线生理特征(如年龄、共病负担)，可系统评估患者感染前的基础健康状态与生理储备能力；同时能通过监测 HR、RR、氧合指数、代谢和炎症指标等动态捕捉患者体内关键系统的失代偿状态。推测 APS III 评分具有最佳预测价值的原因可能是该评分能够更加综合地考量患者的机体情况，评估其应对感染的能力，可以有效量化病情危重程度及整体预后风险，克服了传统单一参数评估的片面性。APS III 评分可作为临床医护人员评估脓毒症患者不良预后风险的工具，有助于实现早期识别与及时干预，为个体化诊疗方案的制定提供科学依据^[24]。

SAPS 评分是一种用于量化 ICU 患者疾病危重程度及死亡风险的标准化评估工具。SAPS II 于 1993 年推出，通过精简原始模型的核心参数(如生命体征、代谢功能等)，显著提升了临床操作的便捷性与跨病种适用性^[25-26]。该评分系统以客观生理数据为基础，无需依赖治疗干预后的指标，可在患者入 ICU 初期快速完成评估，为预后预测和医疗资源分配提供科学依据。一项针对各评分系统预测脓毒症的研究显示，死亡组患者 SAPS II 评分高于生存组，且其对脓毒症 28 d 死亡具有预测价值(AUC=

0.754, 95%CI 为 0.743 ~ 0.765)^[27]，与本研究结果一致。本研究显示，在 10 种临床常用评分系统中，SAPS II 评分对脓毒症患者 28 d 死亡的预测效能优于 SOFA 评分、APACHE II 评分、OASIS 评分和 CCI 评分，仅次于 APS III 评分。值得注意的是，SOFA 评分对脓毒症患者 28 d 死亡的预测价值并不是很高，推测原因可能与以下两点有关。① 单次评估敏感性不足：SOFA 评分需每日监测，但实际应用中可能因检测频率不足或病情快速变化导致评分滞后，影响对预后的动态预测；② 对早期干预的指导作用较弱：SOFA 评分更适用于已发生器官功能障碍的患者，但对早期识别高危人群的敏感度较低，可能错过最佳干预窗口。

此外，sPESI 评分在识别急性肺栓塞低风险患者及决策早期出院或门诊治疗方面发挥重要作用。本研究显示，sPESI 评分预测成人脓毒症患者短期预后的效能较好。肺部感染是肺栓塞的常见原因，脓毒症也会间接引起该疾病，因此对脓毒症患者进行 sPESI 评分可以减少预后不良的发生风险。GCS 评分是临床医学中用于量化评估患者意识状态的标准化工具，该评分体系已成为国际通行的意识障碍评估“金标准”，其通过系统评估患者的睁眼反应、语言能力和运动功能 3 个维度，客观反映中枢神经系统功能状态，评估结果具有较高的临床稳定性。有研究表明，GCS 评分对心搏骤停后综合征患者神经功能预后的预测价值高于 APACHE II 评分^[28]。然而在本研究中，GCS 评分对脓毒症患者 28 d 死亡的预测价值在 10 种评分系统中排名较差，因此 GCS 评分虽可量化评估中枢神经系统的急性功能损伤(如意识水平、运动反应)，但其预测效能受限于单维度评估特性，如未整合代谢紊乱、继发感染等全身性病理因素，对患者结局预测的敏感度则不高。Zhu 等^[27]的研究显示，SIRS 评分在脓毒症 28 d 死亡预测价值方面表现最差，与本研究结果一致。推测 SIRS 评分预测预后效果较差可能与该评分的单一性有关，其只能反映脓毒症患者的炎症程度，但患者的营养状态、生命体征和代谢、免疫功能等同样重要^[29-30]。

本研究也存在一些局限性：首先，本研究采用回顾性分析方法，所有数据都来自公共数据库 MIMIC-IV，该数据库仅包括 2008 至 2019 年的患者信息，缺乏 2020 至 2025 年的患者记录；其次，由于数据库的固有局限性(如关键变量缺失、数据记录

不一致),导致研究中大量病例被排除,尽管已经对数据进行了清洗和删除,但数据仍有可能存在偏倚;最后, MIMIC-IV 数据库纳入的为美国脓毒症患者,是否适用于我国脓毒症患者尚不可知。因此,后续可针对我国脓毒症患者进行大样本的前瞻性研究进行验证,对不同亚组患者进行分层分析,同时引入机器学习,通过动态评估的方式提升预测的高效性和准确性。

综上所述,在 ICU 常用评分系统中,SOFA 评分、APS III 评分、SAPS II 评分、OASIS 评分、CCI 评分和 APACHE II 评分与成人脓毒症患者 28 d 死亡有关,其中 APS III 评分的预测效果最佳,可首选用于辅助预测成人脓毒症患者死亡风险。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 谷晨晨: 酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、分析/解释数据、起草文章、对文章的知识性内容作批评性审阅、统计分析; 郭勇: 采集数据,对文章的知识性内容作批评性审阅,行政、技术或材料支持,指导; 刘宗涛: 对文章的知识性内容作批评性审阅,获取研究经费,行政、技术或材料支持,指导; 徐晟伟: 起草文章,对文章的知识性内容作批评性审阅,行政、技术或材料支持,指导

参考文献

[1] Gotts JE, Matthay MA. Sepsis: pathophysiology and clinical management[J]. *BMJ*, 2016, 353: i1585. DOI: 10.1136/bmj.i1585.

[2] 董服波, 罗黎文, 洪德江, 等. 老年脓毒症临床特点及死亡风险评估量表的建立和评价[J]. *中华危重病急救医学*, 2025, 37(1): 17-22. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20240103-00009.

[3] Rudd KE, Johnson SC, Agesa KM, et al. Global, regional, and national sepsis incidence and mortality, 1990-2017: analysis for the Global Burden of Disease Study[J]. *Lancet*, 2020, 395(10219): 200-211. DOI: 10.1016/S0140-6736(19)32989-7.

[4] He RR, Yue GL, Dong ML, et al. Sepsis biomarkers: advancements and clinical applications: anarrative review[J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(16): 9010. DOI: 10.3390/ijms25169010.

[5] Gao X, Cai SJ, Li X, et al. Sepsis-induced immunosuppression: mechanisms, biomarkers and immunotherapy[J]. *Front Immunol*, 2025, 16: 1577105. DOI: 10.3389/fimmu.2025.1577105.

[6] Cajander S, Kox M, Scicluna BP, et al. Profiling the dysregulated immune response in sepsis: overcoming challenges to achieve the goal of precision medicine[J]. *Lancet Respir Med*, 2024, 12(4): 305-322. DOI: 10.1016/S2213-2600(23)00330-2.

[7] Martin-Loeches I, Singer M, Leone M. Sepsis: key insights, future directions, and immediate goals. A review and expert opinion[J]. *Intensive Care Med*, 2024, 50(12): 2043-2049. DOI: 10.1007/s00134-024-07694-z.

[8] Shin TG. Assessment of organ failure in sepsis patients in the emergency department: clinical evaluation, Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) score, and future perspectives[J]. *Clin Exp Emerg Med*, 2024, 11(4): 327-330. DOI: 10.15441/ceem.24.330.

[9] 杨倩茹, 李玲, 刘亚, 等. 脓毒症患者 28 d 病死的预测模型构建及效果评价[J]. *中国临床医生杂志*, 2025, 53(1): 68-71. DOI: 10.3969/j.issn.2095-8552.2025.01.018.

[10] Wang YP, Gao ZH, Zhang Y, et al. Early sepsis mortality prediction model based on interpretable machine learning approach: development and validation study[J]. *Intern Emerg Med*, 2025, 20(3): 909-918. DOI: 10.1007/s11739-024-03732-2.

[11] Schucht JE, Rakhit S, Smith MC, et al. Beyond glasgowcoma scale: prehospital prediction of traumatic brain injury[J]. *Surgery*, 2025, 179: 108893. DOI: 10.1016/j.surg.2024.07.090.

[12] Charlson ME, Carrozzino D, Guidi J, et al. Charlson comorbidity

index: acritical review of clinimetric properties[J]. *Psychother Psychosom*, 2022, 91(1): 8-35. DOI: 10.1159/000521288.

[13] Yaman M, Orak M, Durgun HM, et al. The prognostic value of HALP score and sPESI in predicting in-hospital mortality in patients with pulmonary thromboembolism[J]. *Postgrad Med J*, 2024, 101(1191): 60-65. DOI: 10.1093/postmj/qgae124.

[14] PERFORM consortium. Shock index in the early assessment of febrile children at the emergency department: a prospective multicentre study[J]. *Arch Dis Child*, 2022, 107(2): 116-122. DOI: 10.1136/archdischild-2020-320992.

[15] Schertz AR, Lenoir KM, Bertoni AG, et al. Sepsis prediction model for determining sepsis vs SIRS, qSOFA, and SOFA[J]. *JAMA Netw Open*, 2023, 6(8): e2329729. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2023.29729.

[16] Johnson AEW, Bulgarelli L, Shen L, et al. MIMIC-IV, a freely accessible electronic health record dataset[J]. *Sci Data*, 2023, 10(1): 1. DOI: 10.1038/s41597-022-01899-x.

[17] Fan SQ, Ma J. The value of five scoring systems in predicting the prognosis of patients with sepsis-associated acute respiratory failure[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 4760. DOI: 10.1038/s41598-024-55257-5.

[18] Zhang LM, Zhang F, Xu FS, et al. Construction and evaluation of a sepsis risk prediction model for urinary tract infection[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2021, 8: 671184. DOI: 10.3389/fmed.2021.671184.

[19] Zhang XY, Ni JF, Zhang HW, et al. A nomogram to predict in-hospital mortality of gastrointestinal bleeding patients in the intensive care unit[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2023, 10: 1204099. DOI: 10.3389/fmed.2023.1204099.

[20] Zhang Z, Wang J, Han W, et al. Using machine learning methods to predict 28-day mortality in patients with hepatic encephalopathy[J]. *BMC Gastroenterol*, 2023, 23(1): 111. DOI: 10.1186/s12876-023-02753-z.

[21] Huang JC, Cai YF, Wu XS, et al. Prediction of mortality events of patients with acute heart failure in intensive care unit based on deep neural network[J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2024, 256: 108403. DOI: 10.1016/j.cmpb.2024.108403.

[22] Liu D, Huang SY, Sun JH, et al. Sepsis-induced immunosuppression: mechanisms, diagnosis and current treatment options[J]. *Mil Med Res*, 2022, 9(1): 56. DOI: 10.1186/s40779-022-00422-y.

[23] Hu DX, Sheeja Prabhakaran H, Zhang YY, et al. Mitochondrial dysfunction in sepsis: mechanisms and therapeutic perspectives[J]. *Crit Care*, 2024, 28(1): 292. DOI: 10.1186/s13054-024-05069-w.

[24] He YJ, Xu JQ, Shang XP, et al. Clinical characteristics and risk factors associated with ICU-acquired infections in sepsis: a retrospective cohort study[J]. *Front Cell Infect Microbiol*, 2022, 12: 962470. DOI: 10.3389/fcimb.2022.962470.

[25] 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. Erratum in: *JAMA*, 1994, 271(17): 1321.

[26] Liengswangwong W, Siriwanabhorn R, Leela-Amornsin S, et al. Comparison of Modified Early Warning Score (MEWS), Simplified Acute Physiology Score II (SAPS II), Sequential Organ Failure Assessment (SOFA), and Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II (APACHE II) for early prediction of septic shock in diabetic patients in Emergency Departments[J]. *BMC Emerg Med*, 2024, 24(1): 161. DOI: 10.1186/s12873-024-01078-8.

[27] Zhu YF, Zhang R, Ye XL, et al. SAPS III is superior to SOFA for predicting 28-day mortality in sepsis patients based on Sepsis 3.0 criteria[J]. *Int J Infect Dis*, 2022, 114: 135-141. DOI: 10.1016/j.ijid.2021.11.015.

[28] 赵颖超, 邓珍华, 戴军有, 等. 格拉斯哥昏迷量表与 APACHE II 两种评分方法对心搏骤停后综合征患者神经功能预后预测的对比研究[J]. *中国医药*, 2020, 15(4): 485-489. DOI: 10.3760/j.issn.1673-4777.2020.04.002.

[29] 杨建华, 李雪, 刘浩. 血清 sTREM-1 联合 SIRS 评分对烧伤患者并发脓毒症的诊断效能[J]. *中华全科医学*, 2023, 21(2): 234-237. DOI: 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.002853.

[30] 刘英辉, 周东方, 金国华, 等. 血清胃泌素与胃动素及炎症因子联合 SIRS 评分评估 HBV-ACLF 并发细菌感染的临床价值[J]. *中华医院感染学杂志*, 2021, 31(11): 1601-1606. DOI: 10.11816/en.mi.2021-202549.

(收稿日期: 2025-03-21)
(本文编辑: 保健媛 张耘菲)