

DOI: 10.14188/j.1671-8852.2025.1054

文章编号 1671-8852(2026)08-1043-08

基于 MIMIC-IV 数据库构建和验证预测脓毒症相关肝损伤患者住院死亡风险的列线图

黄佳^{1,2} 张莉^{1,2} 张朝辉^{3,4} 周高生^{3,4} 彭志勇^{1,2}

¹武汉大学中南医院重症医学科 湖北 武汉 430071;

²湖北省重症医学临床研究中心 湖北 武汉 430071;

³三峡大学第一临床医学院/宜昌市中心人民医院重症医学科 湖北 宜昌 443003;

⁴宜昌市脓毒症临床医学研究中心 湖北 宜昌 443500

摘要 目的:构建首次入住重症监护病房(ICU)的脓毒症相关肝损伤(SALI)患者住院死亡率的预测模型。方法:从重症监护医疗信息集市(MIMIC)IV 2.2数据库中收集SALI患者信息,按7:3的比例随机分为训练组和验证组,采用单因素COX回归、最小绝对收缩和选择算子(LASSO)回归及多因素COX回归分析确定SALI患者住院死亡的独立影响因素,并构建列线图模型。采用受试者工作特征曲线(ROC)、校准曲线和决策曲线分析(DCA)评价列线图模型的预测能力、校准能力和临床效度。结果:本研究共纳入1 095例患者,随机分为训练组和验证组。多因素COX回归分析结果显示:体质量、红细胞计数、乳酸水平、急性生理评分Ⅲ(APSⅢ)、Charlson合并症指数(CCI)、合并周围血管疾病及活化部分凝血活酶时间(APTT)是ICU SALI患者住院死亡的独立危险因素,基于这些变量构建列线图模型。ROC曲线、校准曲线和DCA曲线结果表明,该预测模型具有较好的准确性、一致性及临床应用价值。结论:本研究构建并验证了一个良好预测SALI患者住院死亡率的列线图模型,这对优化SALI患者的临床决策和管理策略具有重要的潜力。

关键词 脓毒症相关肝损伤;住院死亡风险;列线图;预测模型

中图分类号 R459.7

文献标志码 A

Development and validation of a nomogram for predicting in-hospital mortality in patients with sepsis-associated liver injury: Based on MIMIC-IV database

HUANG Jia^{1,2}, ZHANG Li^{1,2}, ZHANG Chaohui^{3,4}, ZHOU Gaosheng^{3,4}, PENG Zhiyong^{1,2}

¹Department of Critical Care Medicine, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, Hubei, China;

²Clinical Research Center of Hubei Critical Care Medicine, Wuhan 430071, Hubei, China;

³Department of Critical Care Medicine, Yichang Central People's Hospital & The First College of Clinical Medical Science of Three Gorges University, Yichang 443003, Hubei, China;

⁴Yichang Sepsis Clinical Research Center, Yichang 443500, Hubei, China

Abstract

Objective: To construct a nomogram to predict in-hospital mortality in patients with sepsis-associated liver injury (SALI) who are first admitted to the intensive care unit. **Methods:** We extracted data from the MIMIC-IV 2.2 database and randomly split the cohort into training and validation sets in a 7:3 ratio. Univariate Cox regression, least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regres-

课题来源:国家自然科学基金资助项目(编号:82241039)。

作者简介:黄佳,女,2001—,医学硕士生,主要从事脓毒症相关研究,E-mail: Huangj0310ia@163.com。

通信作者:彭志勇,E-mail: pengzy5@hotmail.com;周高生,E-mail: gszhou2012@163.com。

sion, and multivariable Cox regression were performed to identify independent predictors of in-hospital mortality. A nomogram was developed using these predictors and further validated in the validation set. ROC analysis, calibration plots, and decision curve analysis (DCA) were used to assess the model's discrimination, calibration, and clinical utility. **Results:** A total of 1 095 patients were included and randomly assigned to training and validation groups. Multivariable Cox regression identified seven independent predictors of in-hospital mortality in ICU patients with SALI: body weight, red blood cell count, lactate, acute physiology score III (APS III), Charlson comorbidity index (CCI), peripheral vascular disease, and activated partial thromboplastin time (APTT). A nomogram was constructed from these variables. ROC analysis, calibration plots, and DCA demonstrated good discrimination, calibration, and clinical utility of the model. **Conclusion:** We developed and validated a nomogram that accurately predicts in-hospital mortality in patients with SALI. The model showed good predictive performance and has significant potential to optimize clinical decision-making and management strategies for this population.

Key Words Sepsis-Associated Liver Injury; In-Hospital Mortality; Nomogram; Prediction Model

脓毒症是一种由感染引起的全身性炎症反应综合征,其特征是宿主对感染的反应出现失调,从而导致危及生命的器官功能障碍^[1]。由于肝脏在代谢、合成和免疫途径中起关键作用,使其成为脓毒症的重要靶器官。在脓毒症的背景下,肝脏会经历多方面的变化,包括免疫反应、代谢过程、微血管动态以及凝血等方面的改变,最终导致肝脏功能障碍^[2]。

脓毒症引发的急性肝损伤是临床常见且严重的病症,患者的院内死亡率高,并且与不良预后密切相关^[3]。因此,准确预测脓毒症相关肝损伤(sepsis-associated liver injury, SALI)患者的院内死亡风险对于优化医疗资源分配、制定个性化治疗方案以及改善患者预后至关重要。目前,虽然已有一些针对脓毒症或肝衰竭患者预后的研究,但针对 SALI 这一特定患者群体的院内死亡预后模型仍有待完善。本研究旨在利用重症监护医疗信息集市(Medical information mart for intensive care, MIMIC) IV 2.2 数据库中的丰富数据资源,构建一个能够有效预测重症监护病房(intensive care unit, ICU)的 SALI 患者院内死亡的模型,为临床决策提供科学依据,以期改善临床管理和患者预后。

1 资料与方法

1.1 数据来源 本研究数据来源于 MIMIC IV 2.2 数据库,该数据库是免费和公开的,涵盖了大量 ICU 患者的详细临床信息,包括患者的基本人口学特征、诊断、生命体征、实验室检查结果以及治疗措施等多维度信息。通过严格的筛选标准,选取确诊

为脓毒症且伴有急性肝损伤的患者作为研究对象。本研究遵守数据使用声明并获得使用数据许可(证书编号:60173043)。

1.2 研究人群 纳入首次入住 ICU 的脓毒症患者,依据 2016 年修订的脓毒症 3.0 标准^[1]确诊为脓毒症。同时根据《拯救脓毒症运动》指南^[4],脓毒症患者总胆红素水平 > 2 mg·dL⁻¹ (34.2 μmol·L⁻¹) 和国际标准化比值(international normalized ratio, INR) > 1.5 是诊断 SALI 的标准。筛选流程如图 1 所示。

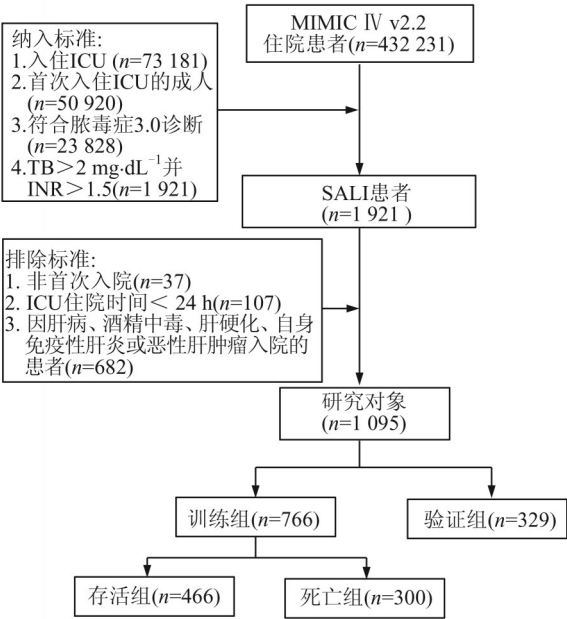


图1 患者筛选流程图

排除标准包括:(1)非首次入院;(2)ICU 住院时间不足 24 h;(3)因肝病、酒精中毒、肝硬化、自身免疫性肝炎或恶性肝肿瘤入院的患者。最终,共有 1 095

名患者纳入分析,并按照7:3的比例随机分为训练组($n=766$)和验证组($n=329$)。

1.3 数据提取与处理 从MIMIC IV数据库中提取的数据包括人口统计学信息、生命体征、实验室检查、合并症、疾病严重程度评分、治疗措施、临床结局等。对提取的数据进行全面清洗和预处理。首先,剔除存在明显数据缺失20%的病例记录。对于存在少量缺失值的变量,根据数据分布特征采用均值或中位数填补,以确保数据的完整性和准确性。

1.4 统计学分析 呈正态分布或近似正态分布的变量以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)的形式呈现,并通过 t 检验进行组间差异分析。而呈偏态分布的变量则以中位数(四分位间距) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 的形式表示,并通过非参数检验和秩和检验来评估组间差异。分类变量以例数(构成比) $[例(\%)]$ 的形式表示,并通过卡方检验进行组间差异分析。

本研究中的患者被随机分为训练组和验证组。在训练组中,使用单变量COX回归分析筛选出影响脓毒症相关肝损伤患者预后的因素,结合临床判断,将有意义的变量纳入LASSO回归分析来选择影响因素的最优组合。随后,采用多因素COX回归分析进一步检验LASSO回归分析中选定的因素,建立预测模型。我们通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线来评估列线图的区分度,采用临床决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评估该预测模型的临床有效性,并利用校准曲线来检验预测概率与实际概率之间的统计差异。数据统计分析使用R软件版本4.3.3进行,采用双侧检验, $P<0.05$ 设为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基线特征 研究共纳入1 095例SALI患者,平均年龄为58.73岁,女性占39%,男性占61%。在种族分布方面,63%是白种人。19%的患者存在慢性阻塞性肺疾病,73%的患者存在轻度肝脏疾病,16%的患者存在恶性肿瘤。在训练组和验证组之间,这些基线特征变量的分布除了牛津急性疾病严重程度评分(Oxford acute severity of illness score, OASIS)外,其余变量差异均无统计学意义($P>0.05$)(见附表S1,手机扫描文后OSID二维码可见)。

在训练组中,生存组与死亡组在年龄、体质量、血压、呼吸频率、体温、红细胞计数、血红蛋白、凝血

功能指标、某些生化指标、合并症(如心肌梗死、周围血管疾病、轻度肝病等)、疾病严重程度评分等方面差异有统计学意义($P<0.05$)(表1)。

2.2 SALI患者住院死亡的危险因素 对影响SALI患者住院死亡率的因素进行单因素COX回归分析发现,年龄、种族、体质量、平均动脉压、呼吸频率、体温、外周毛细血管血氧饱和度、红细胞计数、血小板计数、血红蛋白、INR最小值、凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、钾离子浓度、氯离子浓度、肌酐、血尿素氮、血镁、血磷、乳酸、pH值、碱剩余、急性生理评分Ⅲ(acute physiology score Ⅲ, APSⅢ)、24 h尿量、心肌梗死、周围血管疾病、轻度肝脏疾病、Charlson合并症指数(Charlson comorbidity index, CCI)、OASIS评分、终末期肝病模型(model for end-stage liver disease, MELD)评分、肾脏替代治疗、血管活性药物使用等变量与患者住院死亡相关($P<0.05$)(表2)。

通过LASSO回归筛选出了体质量、呼吸频率平均值、红细胞计数平均值、PT平均值、APTT平均值、总胆红素最小值、乳酸最小值、APSⅢ、24 h尿量平均值、心肌梗死、周围血管疾病、CCI等变量进入后续多因素分析(图2)。

多因素回归分析结果显示,体质量、呼吸频率平均值、红细胞计数平均值、总胆红素最小值、乳酸最小值、APSⅢ、心肌梗死、CCI、周围血管疾病、PT平均值、APTT平均值等变量是脓毒症肝损伤患者住院死亡的独立预测因素($P<0.1$)(表3)。

2.3 构建列线图 构建SALI患者住院死亡风险的列线图预测模型,其中包含7个最终纳入的指标:体质量、红细胞计数、乳酸水平、APSⅢ、CCI、合并周围血管疾病及APTT(图3)。

2.4 列线图的评价与验证 模型在训练集的ROC曲线下面积(AUC)值为0.783,在验证集为0.771,这表明该列线图具有较好的区分能力(图4)。无论是在训练集还是验证集上,模型的偏差校正曲线都较为接近理想线,这表明模型的预测概率与实际概率之间有较好的一致性。特别是在中高概率区域,偏差校正曲线与理想线的接近程度较高,说明模型在这些区域的预测较为准确(图5)。进一步通过DCA来评估模型在不同人群中的实用性(图6),模型在训练组和验证组都展现出了较好的预测性能和决策支持能力。在不同的阈值概率下,模型预测的净收益普遍高于其他策略,这强调了模型在临床决策中的潜在价值。

表 1 训练组住院不同结局患者的差异性分析

$[\bar{x}\pm s; \text{例}(\%); M(P_{25}, P_{75})]$

项目	生存组(<i>n</i> =466)	死亡组(<i>n</i> =300)	项目	生存组(<i>n</i> =466)	死亡组(<i>n</i> =300)
年龄/岁	58.58±15.83	61.04±13.96*	ALP/U·L ⁻¹	116.00(74.00,190.00)	116.25(86.50,196.12)
女性	185(40)	111(37)	TBIL/μmol·L ⁻¹	5.20(3.40,10.64)	7.65(3.55,16.52)***
体质量/kg	80(68,96)	87(72,104)**	乳酸/mmol·L ⁻¹	2.30(1.70,2.40)	2.55(1.90,4.40)***
心率/次·min ⁻¹	90(79,102)	93(81,104)	pH	7.30(7.29,7.38)	7.30(7.20,7.38)**
收缩压/mmHg	109(101,118)	105(99,113)***	PO ₂ /mmHg	51(42,66)	51(41,72)
舒张压/mmHg	60(54,67)	57(51,63)***	PCO ₂ /mmHg	42.6(37.0,45.0)	42.6(35.0,48.0)
平均动脉压/mmHg	73(67,80)	71(65,76)***	BE/mmol·L ⁻¹	-5(-7,-2)	-6(-11,-2)***
呼吸频率/次·min ⁻¹	19(17,22)	21(18,24)***	APSⅢ	62(49,76)	81(67,99)***
体温/℃	36.8(36.5,37.0)	36.7(36.4,36.9)***	24 h 尿量/mL	671.45(378.58,1 087.92)	351.2(141.34,677.71)***
SpO ₂ /%	97(95,98)	96(95,98)**	心肌梗死	434(93)	260(87)**
WBC/×10 ⁹ ·L ⁻¹	11.80(7.38,17.14)	12.81(8.18,18.61)	充血性心力衰竭	364(78)	230(77)
RBC/×10 ¹² ·L ⁻¹	3.08(2.61,3.64)	2.83(2.46,3.34)***	周围血管疾病	446(96)	271(90)**
PLT/×10 ⁹ ·L ⁻¹	104.53(63.38,165.09)	89.70(59.38,142.54)*	脑血管疾病	444(95)	282(94)
HCT/%	28.89(25.26,33.33)	27.36(24.23,31.92)**	痴呆	460(99)	297(99)
Hb/g·L ⁻¹	9.64(8.4,11.09)	9.10(8.02,10.56)**	慢性阻塞性肺疾病	377(81)	237(79)
MCH/pg	31.38(29.60,33.65)	32.2(30.02,34.33)*	风湿性疾病	456(98)	293(98)
MCHC/g·dL ⁻¹	33.47±1.53	33.20±1.72*	消化性溃疡	429(92)	282(94)
MCV/fL	93.55(89.00,100.00)	97(91.71,103.08)***	轻度肝病	135(29)	58(19)**
RDW/%	17.06(15.30,19.19)	17.65(16.03,20.50)***	无并发症糖尿病	359(77)	235(78)
INR	2.05(1.80,2.54)	2.35(2.00,2.95)***	有并发症糖尿病	443(95)	289(96)
PT/s	22.14(19.50,27.20)	25.15(21.39,31.47)***	截瘫	458(98)	296(99)
APTT/s	41.12(35.00,50.48)	47.22(39.60,57.69)***	肾脏病	392(84)	244(81)
钠/mmol·L ⁻¹	136.50(132.33,139.50)	135.67(131.00,140.00)	恶性肿瘤	402(86)	251(84)
钾/mmol·L ⁻¹	4.05(3.65,4.55)	4.25(3.80,4.88)***	严重肝病	209(45)	125(42)
氯/mmol·L ⁻¹	102.67(97.50,107.50)	100.00(94.62,105.69)***	转移性实体瘤	435(93)	268(89)
镁/mmol·L ⁻¹	2.00(1.80,2.20)	2.10(1.89,2.40)***	AIDS	461(99)	298(99)
磷/mmol·L ⁻¹	3.58(2.80,4.46)	4.55(3.50,5.94)***	CCI	5(4,7)	6(4,8)***
肌酐/μmol·L ⁻¹	1.30(0.85,2.20)	2.10(1.24,3.28)***	OASIS	33(27,39)	39(32,45)***
尿素氮/mg·dL ⁻¹	27.88(16.81,49.25)	42.62(25.70,65.38)***	MELD	29.14(24.14,35.00)	35.12(30.14,40.00)***
血糖/mg·L ⁻¹	124.93(104.58,153.88)	119.5(99.26,154.92)	SAPSⅢ	42(32,51)	55(44,68)***
ALT/U·L ⁻¹	52.00(25.00,181.00)	54.00(27.62,153.42)	CRRT	439(94)	266(89)**
AST/U·L ⁻¹	101.75(52.00,283.12)	127.83(60.50,405.45)**	使用血管活性药物	280(60)	124(41)***

注:SpO₂. 外周毛细血管血氧饱和度;WBC. 白细胞;RBC. 红细胞;PLT. 血小板;HCT. 红细胞压积;Hb. 血红蛋白;MCH. 平均血红蛋白含量;MCHC. 平均血红蛋白浓度;MCV. 平均红细胞体积;RDW. 红细胞分布宽度;INR. 国际标准化比值;PT. 凝血酶原时间;APTT. 活化部分凝血活酶时间;ALT. 丙氨酸氨基转移酶;AST. 天冬氨酸氨基转移酶;ALP. 碱性磷酸酶;TBIL. 总胆红素;pH. 酸碱度;PO₂. 氧分压;PCO₂. 二氧化碳分压;BE. 碱剩余;APSⅢ. 急性生理评分Ⅲ;AIDS. 艾滋病;CCI. Charlson 合并症指数;OASIS. 牛津急性疾病严重程度评分;MELD. 终末期肝病评分模型;SAPSⅢ. 简化急性生理评分Ⅲ;CRRT. 持续性肾脏替代治疗。与生存组比较,**P*<0.05,***P*<0.01,****P*<0.001。

3 讨论

脓毒症是一种严重的全身性疾病,其发病率和死亡率逐年上升,给患者及医疗系统带来了巨大的负担^[5]。脓毒症常伴随多脏器功能障碍,如肝损伤、肾损伤等,这在临床上已经被广泛认可,且与不良预后密切相关。现有研究^[5]表明,脓毒症相关的肝损伤在患者中极为常见,且其发生率高达 34%~46%。然而,现有的治疗手段主要包括抗生素治

疗、液体复苏和支持性治疗,针对脓毒症引起的肝损伤,目前缺乏有效的早期识别和干预策略。因此,构建并验证有效的工具来预测脓毒症相关肝损伤患者的住院死亡风险显得尤为重要。本研究利用 MIMIC-Ⅳ 数据库,通过多变量分析,建立了能够有效预测脓毒症相关肝损伤患者住院死亡风险的列线图,并验证了该模型的有效性,突出了其在临床决策中的潜在应用价值,为脓毒症相关肝损伤的管理提供了新的视角和方法。

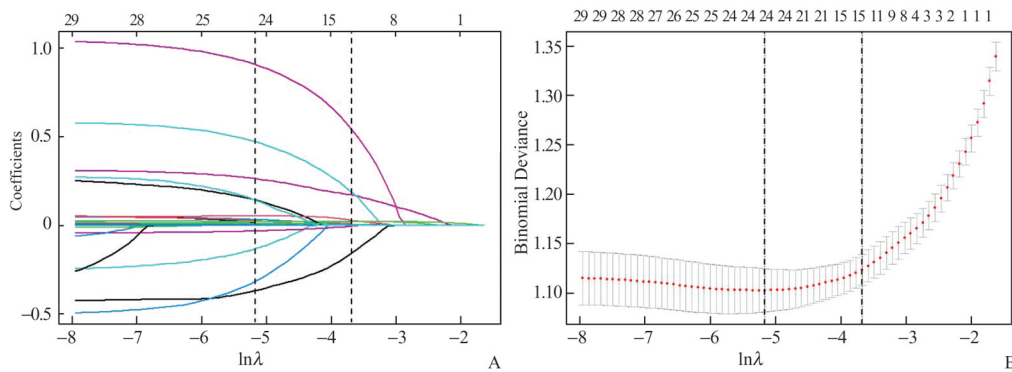
表 2 单变量回归分析

项目	β	SE	OR	CI	Z	P
年龄	0.011	0.004 93	1.011	1.011(1.001~1.021)	2.180	0.029
白种人	0.192	0.080 76	1.212	1.212(1.034~1.420)	2.381	0.017
体质量	0.007	0.002 70	1.007	1.007(1.002~1.013)	2.750	0.006
平均动脉压	-0.025	0.007 84	0.976	0.976(0.960~0.990)	-3.154	0.002
呼吸频率	0.080	0.016 95	1.083	1.083(1.048~1.120)	4.730	<0.001
体温	-0.522	0.142 32	0.593	0.593(0.447~0.781)	-3.668	<0.001
SpO ₂	-0.117	0.033 27	0.890	0.890(0.832~0.948)	-3.514	<0.001
RBC	-0.382	0.105 87	0.683	0.683(0.553~0.838)	-3.604	<0.001
PLT	-0.002	0.000 90	0.998	0.998(0.996~1.000)	-2.051	0.040
Hb	-0.115	0.038 71	0.892	0.892(0.826~0.961)	-2.962	0.003
INR	0.369	0.103 16	1.446	1.446(1.185~1.777)	3.577	<0.001
PT	0.031	0.007 62	1.031	1.031(1.016~1.047)	4.033	<0.001
APTT	0.022	0.004 42	1.022	1.022(1.014~1.032)	5.028	<0.001
钾	0.424	0.105 74	1.528	1.528(1.244~1.883)	4.008	<0.001
氯	-0.030	0.009 59	0.970	0.970(0.952~0.989)	-3.127	0.002
镁	0.437	0.184 92	1.548	1.548(1.107~2.240)	2.362	0.018
磷	0.361	0.047 11	1.435	1.435(1.311~1.577)	7.662	<0.001
肌酐	0.282	0.050 25	1.326	1.326(1.204~1.467)	5.617	<0.001
尿素氮	0.016	0.002 68	1.016	1.016(1.011~1.021)	5.880	<0.001
乳酸	0.408	0.056 38	1.504	1.504(1.353~1.688)	7.245	<0.001
总胆红素	0.029	0.007 55	1.029	1.029(1.014~1.045)	3.809	<0.001
pH	-2.900	0.648 03	0.055	0.055(0.015~0.193)	-4.475	<0.001
BE	-0.062	0.012 21	0.939	0.939(0.917~0.962)	-5.115	<0.001
APSⅢ	0.039	0.003 86	1.040	1.040(1.032~1.048)	10.173	<0.001
24 h 尿量	-0.001	0.000 16	0.999	0.999(0.999~0.999)	-6.704	<0.001
心肌梗死	0.736	0.249 80	2.087	2.087(1.281~3.423)	2.944	0.003
周围血管疾病	0.870	0.300 69	2.386	2.386(1.331~4.358)	2.893	0.004
轻度肝病	0.532	0.178 33	1.702	1.702(1.205~2.426)	2.981	0.003
CCI	0.102	0.028 11	1.108	1.108(1.049~1.171)	3.634	<0.001
OASIS	0.071	0.009 07	1.074	1.074(1.055~1.093)	7.835	<0.001
MELD	0.103	0.012 48	1.109	1.109(1.083~1.137)	8.292	<0.001
CRRT	0.732	0.269 23	2.078	2.078(1.229~3.547)	2.717	0.007
血管活性药物使用	0.759	0.150 65	2.137	2.137(1.592~2.875)	5.040	<0.001
住院死亡率	-0.029	0.005 95	0.972	0.972(0.960~0.983)	-4.832	<0.001

注:SpO₂, 外周毛细血管血氧饱和度;RBC, 红细胞;PLT, 血小板;Hb, 血红蛋白;INR, 国际标准化比值;PT, 凝血酶原时间;APTT, 活化部分凝血活酶时间;pH, 酸碱度;BE, 碱剩余;APSⅢ, 急性生理评分Ⅲ;CCI, Charlson 合并症指数;OASIS, 牛津急性疾病严重程度评分;MELD, 终末期肝病评分模型;CRRT, 持续性肾脏替代治疗。

LASSO 回归筛选剔除了单因素中的虚假相关与共线性干扰,使多因素分析能更准确地估计控制混杂后的“净效应”。二者差异是真实效应的反映,更说明了该模型的稳定性和可信性。多因素回归分析表明,体质量增加、红细胞计数减低、乳酸水平升高、APSⅢ评分升高、CCI评分升高、合并周围血管疾病及 APTT 延长都独立地与 SALI 死亡风险增高相关。纳入这 7 个变量的列线图显示出较好的准确性,并在验证集中表现良好。

实验室相关指标提示,乳酸水平的升高是 SALI 患者的独立危险因素。根据 Sepsis-3 指南,脓毒性休克的临床诊断标准包括在充分液体复苏后血清乳酸水平仍 $>2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ [1]。肝脏作为乳酸代谢的核心器官,其清除能力在肝损伤时会显著下降,导致乳酸积聚,进而加重代谢性酸中毒和器官功能障碍。已有研究明确表明,血乳酸水平是脓毒症及严重肝病患者预后的重要预测指标[6]。本研究同样发现乳酸是 SALI 患者住院死亡的独立危险因素,



A. LASSO 模型中最合适 λ 的选择过程;B. LASSO 系数曲线。

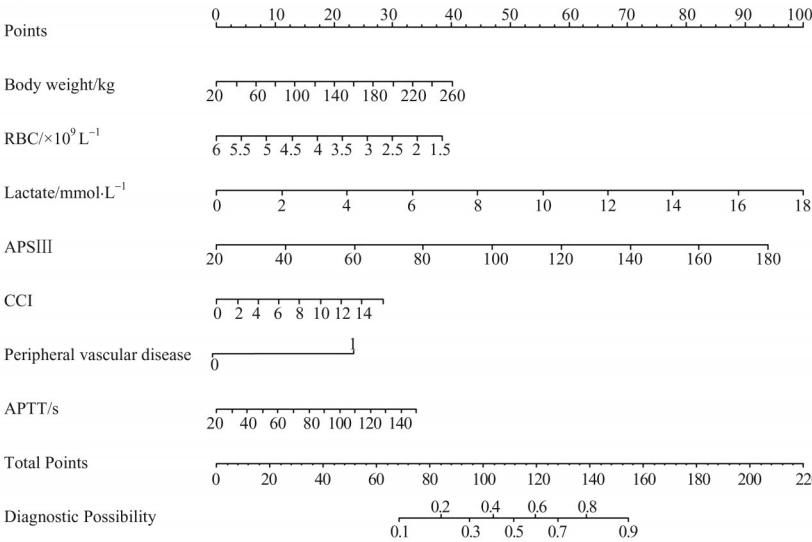
图 2 LASSO 回归

注:图 2 展示了 LASSO 回归分析过程中的系数路径图和交叉验证误差图。图 2A 显示了随着正则化参数(λ)的增加,模型系数的变化情况。每条曲线代表一个变量的系数,其中一些系数随着 λ 的增加逐渐减小并最终变为零,表明这些变量在模型中的重要性降低。图 2B 展示了交叉验证误差与 λ 的关系,其中虚线标记了使交叉验证误差最小化的 λ 值及其一个标准误差范围内的最大 λ 值。

表 3 多因素回归分析

项目	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>OR</i>	<i>CI</i>	<i>Z</i>	<i>P</i>
体质量	0.009	0.003	1.009	1.008(1.002~1.014)	2.775	0.006
呼吸频率	0.035	0.021	1.035	1.035(0.993~1.079)	1.648	0.099
RBC	-0.448	0.130	0.639	0.638(0.492~0.821)	-3.441	0.001
TBIL	0.018	0.009	1.018	1.017(0.999~1.036)	1.934	0.053
乳酸	0.256	0.064	1.292	1.291(1.145~1.471)	3.998	<0.001
APSⅢ	0.024	0.005	1.025	1.024(1.015~1.034)	5.273	<0.001
CCI	0.094	0.035	1.098	1.098(1.026~1.176)	2.713	0.007
周围血管疾病	1.065	0.346	2.901	2.900(1.478~5.772)	3.077	0.002
心肌梗死	0.574	0.303	1.775	1.775(0.979~3.224)	1.892	0.058
PT	0.016	0.009	1.016	1.016(0.998~1.033)	1.785	0.074
APTT	0.011	0.005	1.011	1.010(1.000~1.021)	2.151	0.032
24 h 尿量	0	0	1.000	0.999(0.999~1.000)	-1.638	0.101

注:RBC. 红细胞;TBIL. 总胆红素;APSⅢ. 急性生理评分Ⅲ;CCI. Charlson 合并症指数;PT. 凝血酶原时间;APTT. 活化部分凝血活酶时间。



RBC. 红细胞;APTT. 活化部分凝血活酶时间;APSⅢ. 急性生理评分Ⅲ;CCI. Charlson 合并症指数。

图 3 预测 SALI 患者住院死亡风险的列线图

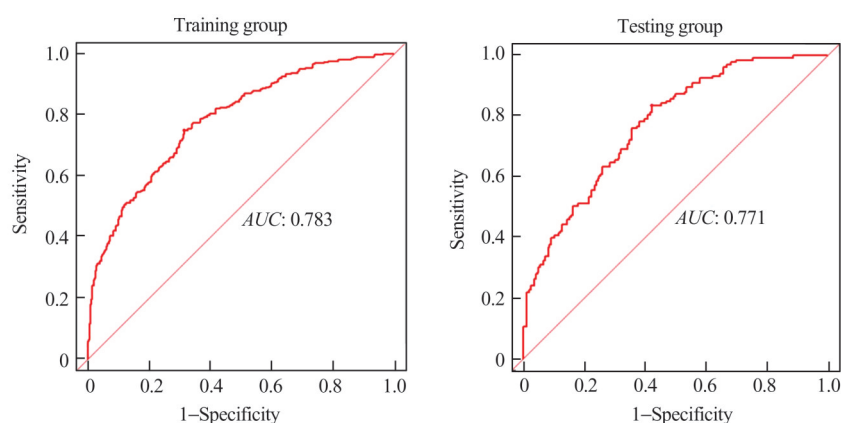


图 4 预测 SALI 患者住院死亡率的受试者工作特征曲线

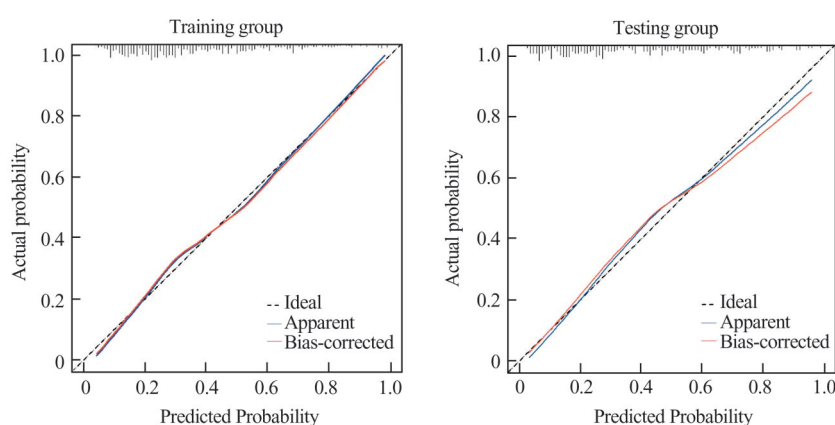


图 5 校准曲线

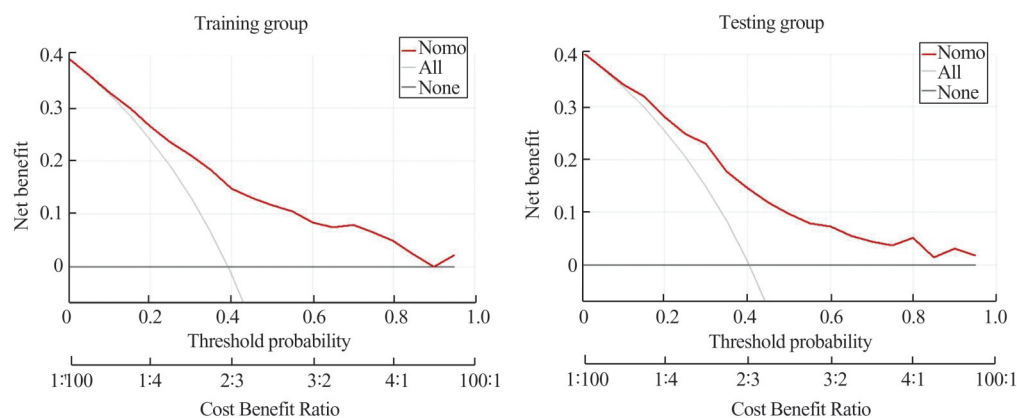


图 6 预测 SALI 住院死亡风险的列线图决策曲线分析

与既往临床研究结论高度一致,进一步强调了动态监测乳酸水平在评估 SALI 患者病情及预后中的关键价值。低红细胞计数可能预示贫血、出血或骨髓抑制。无论哪种结果都会减少氧输送,进一步加重器官损伤。APTT 延长提示内源性凝血功能障碍,在 SALI 背景下,这可能是肝脏合成凝血因子减少或脓毒症患者凝血功能受损的表现,与不良预后密切相关。周围血管疾病是全身性动脉粥样硬化的

标志,常伴随着内皮细胞的受损,机体在脓毒症的状态下,会引起全身炎症反应综合征,从而进一步加剧微循环衰竭,导致肝脏灌注严重不足,进而加重肝缺血缺氧性损伤。

本研究表明,APSⅢ和 CCI 评分升高与 SALI 患者死亡风险增加显著相关。这一结果与既往多项研究^[7-8]一致,即更高的 APSⅢ和 CCI 评分往往预示着脓症患者不良预后。APSⅢ评分作为评

估急性生理功能障碍严重程度的指标,其升高反映出患者生理状态不稳定及多器官功能受损加剧;而 CCI 评分增加则提示患者存在更重的合并症负担,整体健康状况较差,两者升高可能导致临床结局恶化。因此,在 SALI 患者的临床评估中,综合使用 APSⅢ 和 CCI 评分有助于更早识别高危人群,并为制定个体化治疗策略提供重要参考。

部分研究^[9-10]观察到在脓毒症患者中超重和肥胖患者的死亡率低于正常体质量患者,而另一些研究^[11]则表明肥胖会增加脓毒症的发生率。本研究聚焦于脓毒症相关肝损伤,结果提示体质量增加是 SALI 患者死亡率的独立危险因素,可能是因为肥胖个体常存在基础性的脂肪肝和慢性低度炎症^[12],这使得肝脏在脓毒症打击下更易发生严重的代谢紊乱和免疫应答失调;同时,肥胖所带来的机械性通气障碍和血流动力学挑战也可能进一步加重肝脏的缺血缺氧性损伤^[13-14]。

综上所述,本研究建立了脓毒症相关性肝损伤患者的住院死亡率的列线图预测模型,具有较高预测能力和临床实用性。对优化 SALI 患者的临床决策和管理策略具有重要的潜力。本研究存在几个局限性。首先,这是一项基于 MIMIC-Ⅳ 数据库的回顾性研究,需要未来高质量的前瞻性研究进行验证。其次,MIMIC-Ⅳ 是一个开放的公共数据库,缺失数据很常见,这可能影响研究结果。



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

参考文献

- [1] SINGER M, DEUTSCHMAN C S, SEYMOUR C W, et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3)[J]. *JAMA*, 2016, 315(8): 801-810.
- [2] BEYER D, HOFF J, SOMMERFELD O, et al. The liver in sepsis: Molecular mechanism of liver failure and their potential for clinical translation[J]. *Mol Med*, 2022, 28(1): 84.
- [3] YAN J, LI S, LI S L. The role of the liver in sepsis[J]. *Int Rev Immunol*, 2014, 33(6): 498-510.
- [4] DELLINGER R, LEVY M, RHODES A, et al. Surviving sepsis campaign: International guidelines for management of severe sepsis and septic shock, 2012[J]. *Intensive Care Med*, 2013, 39: 165-228.
- [5] World Health Organization. Global Report on the Epidemiology and Burden of Sepsis: Current Evidence, Identifying Gaps and Future Directions[R/OL]. (2020-09-09). Geneva: World Health Organization, 2020. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240010789#:~:text=In%20this%20report%2C%20we%20highlight%20the%20public%20health,future%20directions%20and%20priorities%20in%20sepsis%20epidemiology%20research>.
- [6] LEI J C, ZHAI J, ZHANG Y, et al. Supervised machine learning models for predicting sepsis-associated liver injury in patients with sepsis: Development and validation study based on a multicenter cohort study[J]. *J Med Internet Res*, 2025, 27: e66733.
- [7] JOUFFROY R, PARFAIT P A, GILBERT B, et al. Relationship between prehospital modified Charlson Comorbidity Index and septic shock 30-day mortality[J]. *Am J Emerg Med*, 2022, 60: 128-133.
- [8] HWANG S Y, KIM I K, JEONG D, et al. Prognostic performance of sequential organ failure assessment, acute physiology and chronic health evaluation Ⅲ, and simplified acute physiology score Ⅱ scores in patients with suspected infection according to intensive care unit type[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(19): 6402.
- [9] YEO H J, KIM T H, JANG J H, et al. Obesity paradox and functional outcomes in sepsis: A multicenter prospective study[J]. *Crit Care Med*, 2023, 51(6): 742-752.
- [10] GAO L, LIU J J, FAN Q C, et al. Association of obesity and mortality in sepsis patients: A meta-analysis from observational evidence[J]. *Heliyon*, 2023, 9(9): e19556.
- [11] ZHANG C C, REN J J, XU X, et al. Causal relationships between obesity-related anthropometric indicators and sepsis risk: A Mendelian-randomization study[J]. *Front Nutr*, 2024, 11: 1433754.
- [12] GALLO G, DESIDERI G, SAVOIA C. Update on obesity and cardiovascular risk: From pathophysiology to clinical management[J]. *Nutrients*, 2024, 16(16): 2781.
- [13] BELONCLE F M, RICHARD J C, MERDJI H, et al. Advanced respiratory mechanics assessment in mechanically ventilated obese and non-obese patients with or without acute respiratory distress syndrome[J]. *Crit Care*, 2023, 27(1): 343.
- [14] BUTT J H, PETRIE M C, JHUND P S, et al. Anthropometric measures and adverse outcomes in heart failure with reduced ejection fraction: Revisiting the obesity paradox[J]. *Eur Heart J*, 2023, 44(13): 1136-1153.

(2025-09-17 收稿)

编辑 张 峻