

血尿素氮/白蛋白比值对继发性腹膜炎患者院内死亡风险的早期预测价值及模型验证

郭浩¹ 许汪斌² 代冬梅² 马守燕³ 赵冬冬⁴ 马明阳¹ 姜传宾¹ 桑珍珍¹ 杨济汀¹

¹新乡医学院第三附属医院急诊ICU,河南新乡 453003; ²昆明医科大学第一附属医院重症医学科,云南昆明 650032; ³新乡隆祥康复医院重症医学科,河南新乡 453000; ⁴新乡医学院第三附属医院重症医学科,河南新乡 453003

通信作者:郭浩, Email: mouseguohao@163.com

【摘要】目的 探讨血尿素氮/白蛋白比值(BAR)对继发性腹膜炎患者院内死亡风险的早期预测价值,并构建及验证基于该指标的个体化风险预测模型。**方法** 采用回顾性队列研究方法。选择美国重症监护医学信息数据库IV(MIMIC IV)3.1(纳入2 924例患者)及新乡医学院第三附属医院2020年1月至2025年8月收治的符合纳入和排除标准的继发性腹膜炎患者(184例)。研究分为训练集[2 047例,存活1 595例(77.92%)、死亡452例(22.08%)],内部验证集[877例,存活691例(78.79%)、死亡186例(21.21%)]和外部验证集[184例,存活137例(74.46%)、死亡47例(25.54%)],采用单因素和多因素Logistic回归分析筛选影响继发性腹膜炎患者预后的独立危险因素,并构建联合预测模型评估其预测价值。**结果** 多因素Logistic回归分析显示,在训练集中:BAR是影响继发性腹膜炎患者院内死亡的独立危险因素[优势比(OR)=1.050,95%可信区间(95%CI)为1.040~1.060, $P<0.001$]。受试者工作特征曲线(ROC曲线)分析显示,急性生理学评分Ⅲ(APSⅢ)、序贯器官衰竭评分(SOFA)、BAR联合模型在训练集、内部验证集和外部验证集中均对继发性腹膜炎患者预后具有较高的预测价值,ROC曲线下面积(AUC)分别为0.870、0.830和0.870,均高于单一BAR指标(分别为0.740、0.720和0.740)。校准曲线和决策曲线分析(DCA)进一步验证了模型的准确性和临床实用性,其风险阈值在训练集为0.050~0.890,在内部验证集为0.080~0.750,在外部验证集为0.100~0.700。**结论** BAR有便捷、经济等优势,可作为早期预测继发性腹膜炎患者预后的指标,且联合预测模型评估患者预后更精准,临床实用性强,值得在临床推广。

【关键词】 继发性腹膜炎; 血尿素氮/白蛋白比值; 院内死亡; 风险预测; 美国重症监护医学信息数据库IV; 列线图

基金项目:河南省医学科技攻关计划项目(LHGJ20250490)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2026.01.003

Early predictive value of blood urea nitrogen/albumin ratio for in-hospital mortality in patients with secondary peritonitis and model validation

Guo Hao¹, Xu Wangbin², Dai Dongmei², Ma Shouyan³, Zhao Dongdong⁴, Ma Mingyang¹, Jiang Chuanbin¹, Sang Zhenzhen¹, Yang Jiting¹

¹Department of Emergency Intensive Care Unit, the Third Affiliated Hospital of Xinxiang Medical University, Xinxiang 453003, Henan, China; ²Department of Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650032, Yunnan, China; ³Department of Critical Care Medicine, Xinxiang Longxiang Rehabilitation Hospital, Xinxiang 453000, Henan, China; ⁴Department of Critical Care Medicine, the Third Affiliated Hospital of Xinxiang Medical University, Xinxiang 453003, Henan, China

Corresponding author: Guo Hao, Email: mouseguohao@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the early predictive value of blood urea nitrogen/albumin ratio (BAR) for the risk of in-hospital mortality in patients with secondary peritonitis, and to construct and validate an individualized risk prediction model based on this index. **Methods** A retrospective cohort study design was adopted. Data were obtained from the Medical Information Mart for Intensive Care IV (MIMIC IV 3.1, including 2 924 cases) and patients with secondary peritonitis who met the inclusion and exclusion criteria admitted to the Third Affiliated Hospital of Xinxiang Medical University from January 2020 to August 2025 (including 184 cases). The study was divided into a training set [2 047 cases, survivors (1 595 cases, 77.92%), non-survivors (452 cases, 22.08%)], an internal validation set [877 cases, survivors (691 cases, 78.79%), non-survivors (186 cases, 21.21%)], and an external validation set [184 cases, survivors (137 cases, 74.46%), non-survivors (47 cases, 25.54%)]. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were used to screen independent risk factors affecting the prognosis of secondary peritonitis patients, and a combined prediction model was constructed to evaluate its predictive value. **Results** Multivariate Logistic regression analysis revealed that in the training set: BAR was an independent risk factor for in-hospital mortality in patients with secondary peritonitis [odds ratio (OR) = 1.050, 95% confidence interval (95%CI) = 1.040–1.060, $P < 0.001$]. The receiver operator characteristic curve (ROC curve) analysis showed that the combined model of acute physiology

score III (APsIII), sequential organ failure assessment (SOFA), and BAR had high predictive value for the prognosis of patients with secondary peritonitis in the training set, internal validation set, and external validation set area under the curve (AUC) were 0.870, 0.830, and 0.870, respectively, which were all higher than those of the single BAR index (0.740, 0.720, and 0.740, respectively). The accuracy and clinical utility of the model were further validated by calibration curve and decision curve analysis (DCA), with risk thresholds of 0.050–0.890 in the training set, 0.080–0.750 in the internal validation set, and 0.100–0.700 in the external validation set. **Conclusion** BAR has the advantages of convenience and economy, and can be used as an early indicator for predicting the prognosis of patients with secondary peritonitis. The combined prediction model evaluates the prognosis of patients more accurately and has strong clinical practicality, which is worth promoting in clinical practice.

【Key words】 Secondary peritonitis; Blood urea nitrogen/albumin ratio; In-hospital mortality; Risk prediction; Medical Information Mart for Intensive Care IV; Nomogram

Fund program: Medical Science and Technology Project of Henan Province (LHGJ20250490)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2026.01.003

继发性腹膜炎是一种由腹腔内器官穿孔、破裂、炎症或手术污染等因素引发的严重腹腔感染性疾病,具有起病急骤、进展迅速、病情危重的临床特点,是常见的急危重症之一。尽管近年来抗感染治疗方案不断优化、手术技术不断革新以及重症监护体系日益完善,继发性腹膜炎的临床救治水平有所提升,但其住院病死率仍较高。因此,筛选并验证能早期、精准预测继发性腹膜炎患者院内死亡风险的生物学指标,对于临床评估患者预后、制定个体化治疗策略有重要的实践价值。血尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)是反映肾脏排泄功能及机体氮代谢状态的重要指标。当继发性腹膜炎患者处于感染、创伤等应激状态时,容易出现肾脏灌注不足、蛋白质分解代谢增强等病理生理改变,进而导致 BUN 水平升高。白蛋白(albumin, Alb)是由肝脏合成的重要血浆蛋白,不仅能维持血浆胶体渗透压,还具有物质运输、抗氧化损伤及免疫调节等多重生物学功能^[1-2]。继发性腹膜炎患者因严重感染引发过度炎症反应,加上营养摄入不足及消耗增加等因素,常伴随 Alb 水平下降^[3]。已有研究证实, BUN 升高与 Alb 降低均为多种急危重症患者不良预后的独立危险因素^[4-5]。BUN 与 Alb 的比值(BUN/Alb ratio, BAR)是整合了肾功能、营养状态及炎症应激反应的综合指标,可同时反映机体多系统病理生理变化,能在评估重症患者预后方面具有较单一指标更优的预测效能^[6]。既往研究表明, BAR 是脓毒症患者住院死亡的独立危险因素^[7];然而,关于 BAR 与继发性腹膜炎患者院内死亡风险关联性的临床研究还较为匮乏。

本研究拟基于美国重症监护医学信息数据库 IV (Medical Information Mart for Intensive Care IV, MIMIC IV) 3.1 及新乡医学院第三附属医院 2020 年 1 月至 2025 年 8 月收治的继发性腹膜炎患者,探讨 BAR 对该类患

者院内死亡风险的早期预测价值,并构建及验证基于该指标的个体化风险预测模型。现报告如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象:本研究为回顾性队列研究,研究对象包括 MIMIC IV 3.1 数据库中符合诊断标准的继发性腹膜炎患者,以及新乡医学院第三附属医院 2020 年 1 月至 2025 年 8 月收治的继发性腹膜炎患者。其中, MIMIC IV 数据库的数据由经专业培训且已获取该数据库使用权限(ID:69237084)的研究人员负责提取;因所涉数据已完成脱敏处理,符合隐私保护要求,故无需获取患者知情同意。新乡医学院第三附属医院的病例信息则已通过医学伦理委员会审核(审批号: K2052-105-01),相关使用流程符合医学研究伦理规范,并取得患者或家属知情同意。

1.1.1 纳入标准:①符合继发性腹膜炎诊断标准(消化道穿孔/破裂、急性胆囊/胆道炎继发腹膜炎、急性阑尾炎继发腹膜炎、急性胰腺炎继发腹膜炎、腹腔术后并发腹膜炎、腹膜炎肠系膜血管栓塞或血栓形成、其他原因导致的继发性腹膜炎)者;②年龄 ≥ 18 岁者;③入住重症监护病房(intensive care unit, ICU)时间 ≥ 24 h者。

1.1.2 排除标准:①妊娠女性;②终末期疾病患者(入住 ICU < 1 d);③缺乏完整的医疗记录或数据缺失严重者。

1.2 研究分组:最终纳入 2 924 例患者(图 1),按 7:3 随机分为训练集($n=2 047$,用于构建预测模型)与内部验证集($n=877$,用于验证模型效用);同时,纳入新乡医学院第三附属医院 2020 年 1 月至 2025 年 8 月收治的符合排除和纳入标准的继发性腹膜炎患者作为外部验证集($n=184$)。

1.3 研究方法

1.3.1 资料收集:从数据库及医院病历系统中提取患者的临床资料,具体包括:①基本资料:性别、年

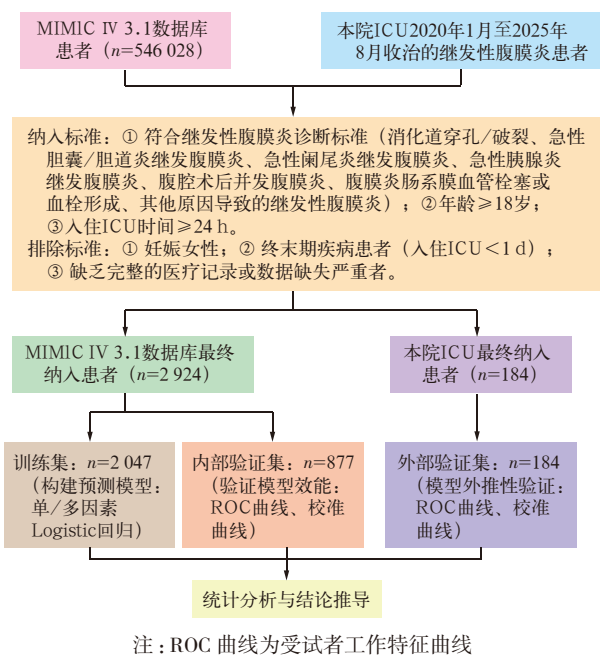


图1 BAR对继发性腹膜炎患者院内死亡风险的早期预测价值和模型验证研究人群的纳入流程图

龄、体质指数(body mass index, BMI)、吸烟史、酗酒史; ②基础疾病: 高血压、糖尿病、慢性肺部疾病、脑血管疾病、恶性肿瘤; ③实验室指标: Alb、血肌酐(serum creatinine, SCr)、BUN、丙氨酸转氨酶(alanine aminotransferase, ALT)、天冬氨酸转氨酶(aspartate aminotransferase, AST); ④病情严重程度评分: 急性生理学评分Ⅲ(acute physiology score Ⅲ, APS Ⅲ)、序贯器官衰竭评分(sequential organ failure assessment, SOFA); ⑤器官支持措施: 机械通气、肾脏替代治疗(renal replacement therapy, RRT); ⑥临床结局及并发症: 并发急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)、院内死亡、ICU内死亡、住院时间、ICU住院时间。

1.3.2 指标定义: $BAR = BUN/Alb$; 计算入住ICU 24h内BUN与Alb比值。

1.4 缺失值处理: 若缺失比例低5%, 采用均数或中位数填补^[8]; 若缺失比例为10%~20%, 则通过多重插补法填补^[9]; 当缺失比例超过20%时, 为减少统计误差, 对该变量进行成组删除。

1.5 统计学方法: 使用SPSS 26.0和R 4.5.0软件进行统计分析。计量资料首先进行正态分布检验, 符合或近似符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 不符合正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[$M(Q_L, Q_U)$]表示。采用单因素分析初步筛选影响住院死亡的潜在危险因素; 采用多

因素 Logistic 回归(Logistic regression, LR)分析(向前 LR 逐步法)筛选危险因素并建立预测模型, 计算各危险因素的优势比(odds ratio, OR)及95%可信区间(95% confidence interval, 95%CI); 同时绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线), 计算 ROC 曲线下面积(area under the curve, AUC)、敏感度、特异度以评估模型预测价值。随后, 借助R软件中的“rms”包, 基于这些独立危险因素构建预测列线图。通过ROC曲线生成数据, 利用AUC评估列线图的区分能力。此外, 对比列线图的AUC与所有独立风险变量的AUC。以 $P < 0.05$ (双侧检验)为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究对象基线特征与样本划分: 纳入2924例继发性腹膜炎患者, 其中训练集2047例[存活1595例(77.92%)、死亡452例(22.08%)]与内部验证集877例[存活691例(78.79%)、死亡186例(21.21%)]。外部验证集纳入184例患者, 存活137例(74.46%), 死亡47例(25.54%)。

2.2 训练集与内部验证集基线特征均衡性分析(表1): 训练集与内部验证集在病情评分(APS Ⅲ、SOFA)、BAR、性别、年龄、BMI、吸烟/酗酒史、基础疾病(高血压、糖尿病、慢性肺部疾病、脑血管疾病、恶性肿瘤)、并发症、实验室指标(Alb、BUN、Cr、ALT、AST)、器官支持[包括机械通气(mechanical ventilation, MV)、RRT]及住院死亡结局方面, 差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$), 说明基线特征均衡。

2.3 训练集存活组与死亡组基线特征比较见表2。
2.3.1 病情严重程度: 死亡组APS Ⅲ评分、SOFA评分、BAR均显著高于存活组(均 $P < 0.05$)。

2.3.2 人口学特征: 死亡组年龄显著高于存活组($P < 0.05$), 两组BMI差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2.3.3 基础疾病: 死亡组高血压、慢性肺部疾病、脑血管疾病、恶性肿瘤史占比较存活组更高(均 $P < 0.05$); 两组酗酒史比例接近, 吸烟、糖尿病史比例差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

2.3.4 实验室指标: 死亡组Alb显著低于存活组($P < 0.05$), BUN、Cr显著高于存活组(均 $P < 0.05$); 两组ALT、AST差比较异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

2.3.5 并发症、器官支持与住院时间: 与存活组比较, 死亡组AKI发生率、MV使用率、RRT使用率更高, ICU住院时间显著延长(均 $P < 0.05$), 两组ICU总住院时间差异无统计学意义($P > 0.05$)。

表 1 MIMIC IV 3.1 数据库训练集和内部验证集继发性腹膜炎患者的基线及临床特征

指标	总体 (n=2 924)	训练集 (n=2 047)	内部验证集 (n=877)	$\chi^2/t/Z$ 值	P 值	指标	总体 (n=2 924)	训练集 (n=2 047)	内部验证集 (n=877)	t/Z/ χ^2 值	P 值
性别 [例(%)]				0.000	0.990	APS III 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	57.78 ± 24.90	57.57 ± 24.58	58.27 ± 25.65	-0.690	0.490
男性	1 260 (43.09)	882 (43.09)	378 (43.10)			Alb (g/L, $\bar{x} \pm s$)	28.50 ± 6.60	28.60 ± 6.70	28.50 ± 6.40	0.420	0.600
女性	1 664 (56.91)	1 165 (56.91)	499 (56.90)			BUN (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	11.25 ± 9.20	11.22 ± 9.16	11.30 ± 9.29	-0.210	0.830
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	61.66 ± 16.14	61.40 ± 16.24	62.26 ± 15.90	-1.310	0.190	Cr [μ mol/L, M(Q _L , Q _U)]	106.08 (70.72, 167.96)	106.08 (70.72, 167.96)	106.08 (70.72, 167.96)	-0.270	0.790
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	26.03 ± 4.13	26.04 ± 4.14	26.00 ± 4.11	0.240	0.810	ALT [U/L, M(Q _L , Q _U)]	33.00 (17.00, 84.00)	32.00 (17.00, 85.00)	33.00 (18.00, 83.00)	-0.200	0.840
吸烟史 [例(%)]	268 (9.17)	189 (9.23)	79 (9.01)	0.040	0.850	AST [U/L, M(Q _L , Q _U)]	50.00 (26.00, 117.25)	50.00 (26.00, 121.00)	51.00 (27.00, 111.00)	-0.100	0.920
酗酒史 [例(%)]	104 (3.56)	77 (3.76)	27 (3.08)	0.830	0.360	AKI [例(%)]				0.040	0.850
高血压史 [例(%)]				0.100	0.760	未并发	506 (17.31)	356 (17.39)	150 (17.10)		
无	1 821 (62.18)	1 269 (61.99)	549 (62.60)			并发	2 418 (82.69)	1 691 (82.61)	727 (82.90)		
有	1 106 (37.82)	778 (38.01)	328 (37.40)			MV [例(%)]				0.540	0.460
糖尿病史 [例(%)]				0.040	0.840	未使用	1 334 (45.62)	943 (46.07)	391 (44.58)		
无	2 026 (69.29)	1 416 (69.17)	610 (69.56)			使用	1 590 (54.38)	1 104 (53.93)	486 (55.42)		
有	898 (30.71)	631 (30.83)	267 (30.44)			RRT [例(%)]				0.970	0.320
慢性肺部疾病史 [例(%)]				1.040	0.310	未使用	2 330 (79.69)	1 641 (80.17)	689 (78.56)		
无	2 246 (76.81)	1 583 (77.33)	663 (75.60)			使用	594 (20.31)	406 (19.83)	188 (21.44)		
有	678 (23.19)	464 (22.67)	214 (24.40)			住院时间 [d, M(Q _L , Q _U)]	14.69 (7.83, 26.11)	14.58 (7.66, 25.99)	14.86 (8.28, 26.15)	-1.290	0.200
脑血管疾病史 [例(%)]				0.460	0.500	ICU 住院时间 [d, M(Q _L , Q _U)]	3.96 (1.84, 9.97)	3.91 (1.85, 9.92)	4.11 (1.83, 10.03)	-0.590	0.560
无	2 730 (93.37)	1 907 (93.16)	823 (93.84)			住院死亡 [例(%)]				0.270	0.600
有	194 (6.63)	140 (6.84)	54 (6.16)			存活	2 286 (78.18)	1 595 (77.92)	691 (78.79)		
恶性肿瘤史 [例(%)]				1.540	0.220	死亡	638 (21.82)	452 (22.08)	186 (21.21)		
无	2 500 (85.50)	1 761 (86.03)	739 (84.26)								
有	424 (14.50)	286 (13.97)	138 (15.74)								
SOFA 评分 [分, M(Q _L , Q _U)]	2.00 (1.00, 5.00)	2.00 (1.00, 5.00)	2.00 (1.00, 5.00)	-0.260	0.800						
BAR ($\bar{x} \pm s$)	11.60 ± 9.63	11.57 ± 9.58	11.66 ± 9.76	-0.230	0.820						

表 2 MIMIC IV 3.1 数据库训练集中继发性腹膜炎存活和死亡患者的基线及临床特征

指标	总体 (n=2 047)	存活组 (n=1 595)	死亡组 (n=452)	χ^2/t 值	P 值	指标	总体 (n=2 047)	存活组 (n=1 595)	死亡组 (n=452)	Z/t/ χ^2 值	P 值
性别 [例(%)]				1.740	0.190	SOFA 评分 [分, M(Q _L , Q _U)]	2.00 (1.00, 5.00)	2.00 (0.00, 4.00)	5.00 (2.00, 9.00)	-16.890	<0.001
男性	882 (43.09)	675 (42.32)	207 (45.80)			Alb (g/L, $\bar{x} \pm s$)	28.60 ± 6.70	28.90 ± 6.40	27.30 ± 7.20	4.260	<0.001
女性	1 165 (56.91)	920 (57.68)	245 (54.20)			BUN (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	11.22 ± 9.16	9.68 ± 7.74	16.66 ± 11.44	-12.210	<0.001
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	61.40 ± 16.24	60.71 ± 16.44	63.86 ± 15.29	-3.650	<0.001	Cr [μ mol/L, M(Q _L , Q _U)]	106.08 (70.72, 167.96)	88.40 (61.88, 150.28)	159.12 (123.76, 212.16)	-16.770	<0.001
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	26.04 ± 4.14	26.03 ± 4.09	26.10 ± 4.30	-0.340	0.730	ALT [U/L, M(Q _L , Q _U)]	32.00 (17.00, 85.00)	33.00 (17.00, 91.00)	31.00 (17.00, 66.25)	-1.440	0.150
吸烟史 [例(%)]	189 (9.23)	153 (9.59)	36 (7.96)	1.110	0.290	AST [U/L, M(Q _L , Q _U)]	50.00 (26.00, 121.00)	49.00 (26.00, 119.00)	53.00 (27.75, 129.25)	-1.600	0.110
酗酒史 [例(%)]	77 (3.76)	67 (4.20)	10 (2.21)	3.850	0.050	AKI [例(%)]				104.190	<0.001
高血压史 [例(%)]				69.990	<0.001	未并发	356 (17.39)	350 (21.94)	6 (1.33)		
无	1 269 (61.99)	1 065 (66.77)	204 (45.13)			并发	1 691 (82.61)	1 245 (78.06)	446 (98.67)		
有	778 (38.01)	530 (33.23)	248 (54.87)			MV [例(%)]				114.800	<0.001
糖尿病史 [例(%)]				1.160	0.280	未使用	943 (46.07)	835 (52.35)	108 (23.89)		
无	1 416 (69.17)	1 094 (68.59)	322 (71.24)			使用	1 104 (53.93)	760 (47.65)	344 (76.11)		
有	631 (30.83)	501 (31.41)	130 (28.76)			RRT [例(%)]				198.200	<0.001
慢性肺部疾病史 [例(%)]				4.430	0.035	未使用	1 641 (80.17)	1 384 (86.77)	257 (56.86)		
无	1 583 (77.33)	1 250 (78.37)	333 (73.67)			使用	406 (19.83)	211 (13.23)	195 (43.14)		
有	464 (22.67)	345 (21.63)	119 (26.33)			住院时间 [d, M(Q _L , Q _U)]	14.58 (7.66, 25.99)	14.57 (7.76, 25.96)	14.64 (6.87, 26.38)	-1.250	0.210
脑血管疾病史 [例(%)]				14.580	<0.001	ICU 住院时间 [d, M(Q _L , Q _U)]	3.91 (1.85, 9.92)	3.41 (1.78, 8.53)	6.61 (2.58, 14.83)	-7.640	<0.001
无	1 907 (93.16)	1 504 (94.29)	403 (89.16)								
有	140 (6.84)	91 (5.71)	49 (10.84)								
恶性肿瘤史 [例(%)]				21.050	<0.001						
无	1 761 (86.03)	1 402 (87.90)	359 (79.42)								
有	286 (13.97)	193 (12.10)	93 (20.58)								
BAR ($\bar{x} \pm s$)	11.57 ± 9.58	9.87 ± 8.20	17.57 ± 11.50	-13.310	<0.001						
APS III 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	57.57 ± 24.58	51.08 ± 20.12	80.48 ± 25.19	-22.830	<0.001						

2.4 训练集院内死亡风险回归分析

2.4.1 单因素 Logistic 回归分析(表 3; 图 2): 单因素分析显示, 13 个变量(APS III 评分、SOFA 评分、BAR、年龄、高血压史、慢性肺部疾病史、脑血管疾病史、恶性肿瘤史、Cr、AKI、MV、RRT、ICU 住院时间)是院内死亡的危险因素(均 $P < 0.05$), 并发 AKI 的 OR 值最高为 20.900, 95%CI 为 9.260 ~ 47.160。

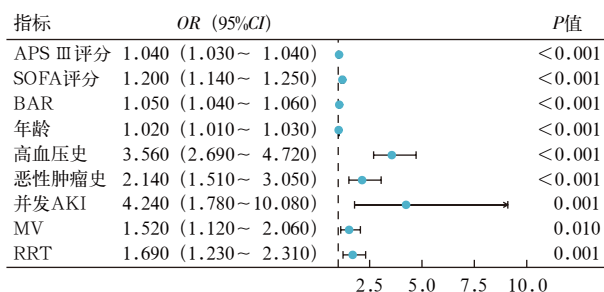


图 2 MIMIC IV 3.1 数据库训练集基于 9 个独立危险因素预测继发性腹膜炎患者院内死亡概率的森林图

2.4.2 多因素 Logistic 回归分析(表 3): 多因素分析显示, 筛选出 9 个独立危险因素(均 $P < 0.05$), 分别为 APS III 评分($OR=1.040$)、SOFA 评分($OR=1.200$)、BAR ($OR=1.050$)、年龄($OR=1.020$)、高血压史($OR=3.560$)、恶性肿瘤史($OR=2.140$)、AKI ($OR=4.240$)、MV ($OR=1.520$)、RRT($OR=1.690$); 慢性肺部疾病史、脑血管疾病史、Cr、ICU 住院时间未纳入模型(均 $P > 0.05$)。

2.5 预测模型构建与验证

2.5.1 模型构建(图 3): 基于 9 个独立危险因素构建院内死亡风险预测列线图, 累加各因素得分的总风险评分, 总得分越高院内死亡概率越大。

2.5.2 模型验证(表 4 ~ 8; 图 4 ~ 5): 外部验证集

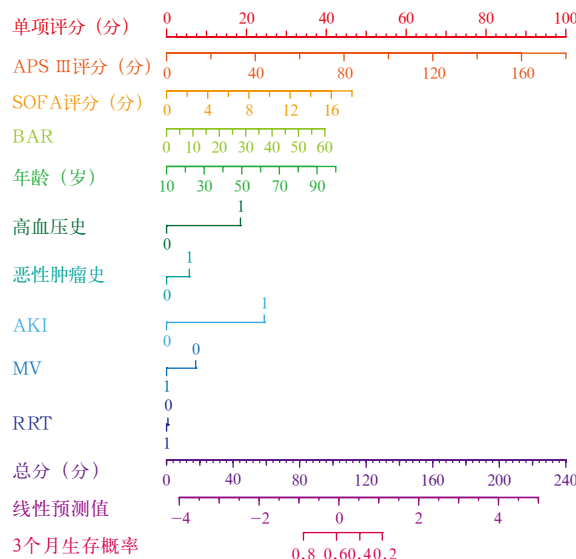


图 3 MIMIC IV 3.1 数据库训练集基于 9 个独立危险因素预测继发性腹膜炎患者院内死亡概率的列线图

共纳入 184 例继发性腹膜炎患者, 死亡组 BAR、APS III 评分、SOFA 评分均明显高于存活组, 高血压史、MV 使用率、RRT 使用率在死亡组中占比更高, 基线特征差异符合疾病预后相关的临床规律。ROC 曲线分析显示, 单一指标中 APS III 评分的预测效能最优, 训练集 $AUC=0.830$ (95%CI 为 0.810 ~ 0.850), 内部验证集 $AUC=0.800$ (95%CI 为 0.770 ~ 0.830), 外部验证集 $AUC=0.800$ (95%CI 为 0.730 ~ 0.880); SOFA 评分、BAR 训练集 AUC 分别为 0.760 和 0.740, 内部验证集分别为 0.730 和 0.720, 外部验证集分别为 0.780 和 0.740。联合模型的 AUC 显著优于单一指标, 训练集 $AUC=0.870$ (95%CI 为 0.850 ~ 0.880), 内部验证集 $AUC=0.830$ (95%CI 为 0.790 ~ 0.860), 外部验证集 $AUC=0.870$ (95%CI 为 0.810 ~ 0.920)。

表 3 MIMIC IV 3.1 数据库训练集中继发性腹膜炎住院死亡的单因素和多因素 Logistic 回归分析

指标	单因素 Logistic 回归分析					多因素 Logistic 回归分析				
	β 值	s_{β}	Z 值	P 值	OR(95%CI)	β 值	s_{β}	Z 值	P 值	OR(95%CI)
APS III 评分	0.050	0.000	18.670	<0.001	1.060 (1.005 ~ 1.060)	0.040	0.000	11.220	<0.001	1.040 (1.030 ~ 1.040)
SOFA 评分	0.290	0.020	16.020	<0.001	1.340 (1.290 ~ 1.380)	0.180	0.020	7.910	<0.001	1.200 (1.140 ~ 1.250)
BAR	0.070	0.010	13.560	<0.001	1.080 (1.070 ~ 1.090)	0.050	0.010	6.970	<0.001	1.050 (1.040 ~ 1.060)
年龄	0.010	0.000	3.620	<0.001	1.010 (1.010 ~ 1.020)	0.020	0.000	3.490	<0.001	1.020 (1.010 ~ 1.030)
高血压史	0.890	0.110	8.240	<0.001	2.440 (1.980 ~ 3.020)	1.270	0.140	8.840	<0.001	3.560 (2.690 ~ 4.720)
慢性肺部疾病史	0.260	0.120	2.100	0.040	1.290 (1.020 ~ 1.650)					
脑血管疾病史	0.700	0.190	3.760	<0.001	2.010 (1.400 ~ 2.890)					
恶性肿瘤史	0.630	0.140	4.540	<0.001	1.880 (1.430 ~ 2.470)	0.760	0.180	4.250	<0.001	2.140 (1.510 ~ 3.050)
Cr	0.270	0.030	8.740	<0.001	1.320 (1.240 ~ 1.400)					
并发 AKI	3.040	0.420	7.320	<0.001	20.900 (9.260 ~ 47.160)	1.440	0.440	3.270	0.001	4.240 (1.780 ~ 10.080)
MV	1.250	0.120	10.340	<0.001	3.500 (2.760 ~ 4.440)	0.420	0.160	2.690	0.010	1.520 (1.120 ~ 2.060)
RRT	1.600	0.120	13.340	<0.001	4.980 (3.930 ~ 6.300)	0.520	0.160	3.230	0.001	1.690 (1.230 ~ 2.310)
ICU 住院时间	0.030	0.000	6.370	<0.001	1.030 (1.020 ~ 1.040)					

注: 空白代表无此项

表 4 MIMIC IV 3.1 数据库外部验证集继发性腹膜炎患者的基线及临床特征

指标	总体 (n=184)	存活组 (n=137)	死亡组 (n=47)	χ^2 / t 值	P 值	指标	总体 (n=184)	存活组 (n=137)	死亡组 (n=47)	$t / \chi^2 / Z$ 值	P 值
性别 [例 (%)]				0.930	0.340	APS III 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	62.26 ± 2.21	54.57 ± 2.03	80.51 ± 4.66	-8.000	<0.001
男性	79 (42.90)	56 (40.90)	23 (48.90)			SOFA 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	3.85 ± 0.29	3.05 ± 0.31	5.74 ± 0.54	-6.590	<0.001
女性	105 (57.10)	81 (59.10)	24 (51.10)			BAR ($\bar{x} \pm s$)	11.15 ± 0.77	8.67 ± 0.66	17.03 ± 1.78	-5.690	<0.001
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	57.15 ± 1.34	55.36 ± 1.63	61.40 ± 2.24	-1.250	0.250	Alb (g/L, $\bar{x} \pm s$)	28.70 ± 0.50	29.10 ± 0.60	27.90 ± 1.00	1.080	0.280
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	26.04 ± 0.34	25.85 ± 0.41	26.51 ± 0.64	-1.360	0.180	BUN (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	10.95 ± 0.74	8.78 ± 0.71	16.11 ± 1.58	-5.120	<0.001
吸烟史 [例 (%)]	20 (10.90)	16 (11.70)	4 (8.50)	0.360	0.550	Cr ($\mu\text{mol/L}$, $\bar{x} \pm s$)	141.44 ± 8.84	124.64 ± 10.61	182.99 ± 17.68	-3.630	<0.001
酗酒史 [例 (%)]	6 (3.30)	5 (3.60)	1 (2.10)	0.260	0.620	ALT (U/L, $\bar{x} \pm s$)	86.74 ± 16.68	104.53 ± 23.32	44.53 ± 7.31	0.570	0.570
高血压史 [例 (%)]				9.480	0.002	AST (U/L, $\bar{x} \pm s$)	120.79 ± 23.97	139.50 ± 33.67	76.42 ± 10.48	-0.770	0.440
无	113 (61.40)	93 (67.90)	20 (42.60)			AKI [例 (%)]				1.740	0.190
有	71 (38.60)	44 (32.10)	27 (57.40)			未并发	40 (21.70)	33 (24.10)	7 (14.90)		
糖尿病史 [例 (%)]				3.070	0.080	并发	144 (78.30)	104 (75.90)	40 (85.10)		
无	126 (68.50)	89 (65.00)	37 (78.70)			MV [例 (%)]				6.430	0.010
有	58 (31.50)	48 (35.00)	10 (21.30)			未使用	90 (50.00)	76 (55.50)	16 (34.00)		
慢性肺部疾病史 [例 (%)]				1.160	0.280	使用	90 (50.00)	61 (44.50)	31 (66.00)		
无	147 (79.90)	112 (81.80)	35 (74.50)			RRT [例 (%)]				8.410	0.004
有	37 (20.10)	25 (18.20)	12 (25.50)			未使用	148 (80.40)	117 (85.40)	31 (66.00)		
脑血管疾病史 [例 (%)]				0.820	0.360	使用	36 (19.60)	20 (14.60)	16 (34.00)		
无	170 (92.40)	128 (93.40)	42 (89.40)			住院时间 [d, $M(Q_L, Q_U)$]	16.97 (9.11, 25.77)	23.24 ± 1.84	18.37 ± 2.07	0.950	0.340
有	14 (7.60)	9 (6.60)	5 (10.60)			ICU 住院时间 [d, $M(Q_L, Q_U)$]	4.36 (2.26, 13.20)	8.64 ± 1.02	10.07 ± 1.79	-1.240	0.220
恶性肿瘤史 [例 (%)]				2.320	0.130						
无	154 (83.70)	118 (86.10)	36 (76.6)								
有	30 (16.30)	19 (13.90)	11 (23.4)								

表 5 184 例继发性腹膜炎患者作为外部验证集的多因素 Logistic 回归分析

指标	β 值	s_e	Z 值	P 值	OR (95%CI)	指标	β 值	s_e	Z 值	P 值	OR (95%CI)
常数	-6.190	1.320	-4.680	<0.001	0.000 (0.000 ~ 0.030)	高血压史	1.540	0.510	3.050	0.002	4.680 (1.730 ~ 12.620)
APS III 评分	0.040	0.010	3.670	<0.001	1.040 (1.020 ~ 1.060)	恶性肿瘤	0.580	0.560	1.040	0.300	1.780 (0.600 ~ 5.320)
SOFA 评分	0.150	0.070	2.010	0.040	1.160 (1.010 ~ 1.340)	并发 AKI	0.210	0.670	0.310	0.760	1.230 (0.330 ~ 4.530)
BAR	0.090	0.030	3.630	<0.001	1.100 (1.040 ~ 1.150)	MV	0.040	0.480	0.080	0.940	1.040 (0.400 ~ 2.680)
年龄	-0.000	0.020	-0.250	0.810	1.000 (0.970 ~ 1.030)	RRT	0.370	0.570	0.640	0.520	1.440 (0.470 ~ 4.420)

表 6 MIMIC IV 3.1 数据库训练集中 APS III 评分、SOFA 评分、BAR 对继发性腹膜炎住院患者预后的预测价值分析

模型	AUC	s_e	P 值	95%CI	约登指数	敏感度 (%)	特异度 (%)	最佳截断值
APS III 评分	0.830	0.010	<0.010	0.810 ~ 0.850	0.50	77	73	60.00
SOFA 评分	0.760	0.010	<0.010	0.730 ~ 0.780	0.35	65	70	3.00
BAR	0.740	0.010	<0.010	0.710 ~ 0.760	0.35	74	60	8.92
联合诊断	0.870	0.010	<0.010	0.850 ~ 0.880	0.57	80	76	0.20

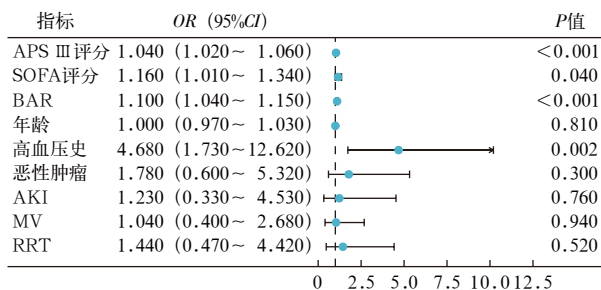
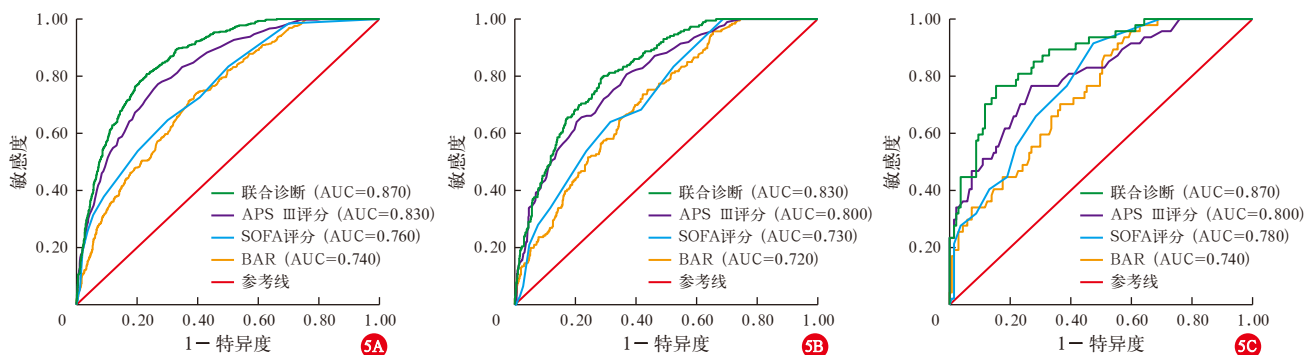


图 4 184 例继发性腹膜炎患者作为外部验证集基于 9 个独立危险因素预测院内死亡概率的森林图

2.5.3 校准度 (图 6): 训练集与内部验证集校准曲线显示, 预测与实际结局一致性良好, 平均绝对误差 (mean absolute error, MAE) 分别为 0.02 和 0.05;

外部验证集校准曲线同样呈现出良好的校准效果, MAE 为 0.04。提示模型在不同样本集中的预测值与实际院内死亡概率贴合度较高, 无明显偏倚。

2.5.4 临床实用性 (图 7): 决策曲线分析 (decision curve analysis, DCA) 结果显示, 风险阈值在训练集为 0.050 ~ 0.890, 在内部验证集为 0.080 ~ 0.750, 在外部验证集为 0.100 ~ 0.700, 联合模型的临床净获益均显著高于“全部治疗”或“全部不治疗”策略, 表明在该阈值区间内, 依据联合模型评估结果制定临床干预方案, 能为患者带来更高的实际临床价值, 且模型在外部验证集中的净获益区间符合临床实际诊疗的风险判断需求, 具备良好的临床适用性。



注：A 为训练集，B 为内部验证集，C 为外部验证集

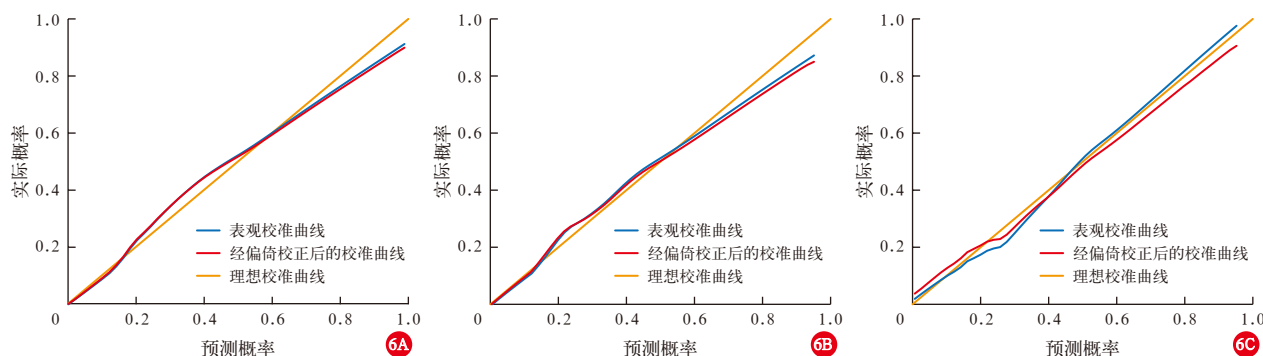
图 5 APS III评分、SOFA 评分、BAR 及联合诊断对继发性腹膜炎患者院内死亡风险的早期预测价值和模型验证的 ROC 曲线

表 7 MIMIC IV 3.1 数据库内部验证集中 APS III 评分、SOFA 评分、BAR 及联合诊断对继发性腹膜炎住院患者病死率的预测价值分析

模型	AUC	s_x	P 值	95%CI	约登指数	敏感度 (%)	特异度 (%)	最佳截断值
APS III 评分	0.800	0.020	<0.010	0.770 ~ 0.830	0.44	81	63	55.00
SOFA 评分	0.730	0.020	<0.010	0.700 ~ 0.770	0.32	64	69	3.00
BAR	0.720	0.020	<0.010	0.680 ~ 0.750	0.31	75	56	8.40
联合诊断	0.830	0.010	<0.010	0.790 ~ 0.860	0.51	79	71	0.18

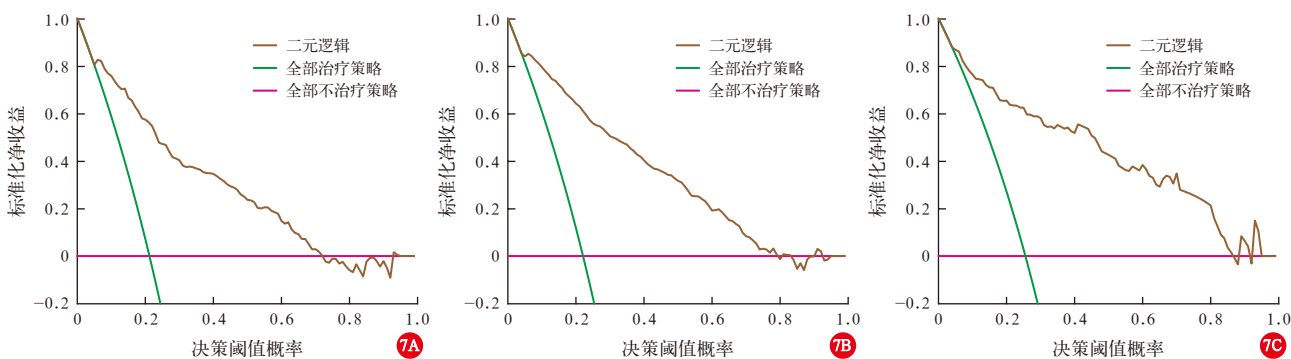
表 8 外部验证集中 APS III 评分、SOFA 评分、BAR 及联合诊断对继发性腹膜炎住院患者病死率的预测价值分析

模型	AUC	s_x	P 值	95%CI	约登指数	敏感度 (%)	特异度 (%)	最佳截断值
APS III 评分	0.800	0.040	<0.010	0.730 ~ 0.880	0.50	77	73	60.00
SOFA 评分	0.780	0.040	<0.010	0.710 ~ 0.850	0.44	92	53	1.00
BAR	0.740	0.040	<0.010	0.670 ~ 0.820	0.36	87	49	6.25
联合诊断	0.870	0.010	<0.010	0.810 ~ 0.920	0.62	77	85	0.32



注：A 为训练集，B 为内部验证集，C 为外部验证集

图 6 BAR 对继发性腹膜炎患者院内死亡风险的早期预测价值和模型验证的校准曲线



注：A 为训练集，B 为内部验证集，C 为外部验证集

图 7 BAR 对继发性腹膜炎患者院内死亡风险的早期预测价值和模型验证的 DCA

3 讨论

继发性腹膜炎是一种由腹腔感染引发的严重急腹症,具有高发病率、高病死率及复杂的临床特点^[10]。早期识别高危患者并优化治疗策略是临床研究的重点。BAR 作为整合代谢与营养状态的复合指标,近年来在危重症预后评估中的潜力逐渐显现^[6, 11]。本研究基于 MIMIC IV 数据库的 2 924 例患者数据以及新乡医学院第三附属医院 184 例患者数据,系统探讨了 BAR 对继发性腹膜炎患者院内死亡的早期预测价值,并明确了其临床应用优势。

3.1 BAR 作为院内死亡独立危险因素的有效性与病理机制:本研究首先通过基线比较证实,训练集中死亡组的 BAR 水平显著高于存活组,且单因素 Logistic 回归显示 BAR 是影响患者院内死亡危险因素($OR=1.080, 95\%CI=1.070 \sim 1.090, P<0.001$);多因素分析进一步排除混杂因素后,明确 BAR 是继发性腹膜炎患者院内死亡的独立危险因素($OR=1.050, 95\%CI=1.040 \sim 1.060, P<0.001$)。这一结果与既往 BAR 作为脓毒症患者住院死亡独立危险因素的研究结论相契合^[12],同时填补了 BAR 在继发性腹膜炎预后评估中的研究空白,明确了其作为该疾病早期预测指标的临床地位。

从病理生理角度看, BAR 升高的核心机制源于 BUN 升高与 Alb 降低的“双重叠加效应”,这一机制可通过本研究的实验室指标差异得到验证:一方面,死亡组 BUN 显著高于存活组,反映了继发性腹膜炎患者在感染应激下的代谢紊乱与器官功能损伤。腹腔感染引发的全身炎症反应会激活巨噬细胞、中性粒细胞等免疫细胞,释放大炎症因子,增强蛋白质分解代谢,促使尿素生成增加^[13];同时,感染导致的有效循环血量不足、微循环障碍会激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统,诱发肾血管收缩、引起肾小球滤过率下降,最终导致尿素排泄障碍,进一步加剧 BUN 升高^[14]。另一方面,死亡组 Alb 显著低于存活组,体现了持续炎症状态下抑制肝脏合成 Alb 的功能;同时血管内皮损伤导致毛细血管渗漏, Alb 从血管内间隙向间质转移^[15],加之全身高分解代谢加速了 Alb 消耗,共同导致低白蛋白血症。BAR 通过整合 BUN 与 Alb 的信息,可同时反映代谢紊乱(BUN 升高)、营养耗竭(Alb 降低)及器官功能损伤。因此, BAR 比单一指标(BUN 或 Alb)更能全面评估患者病情严重的程度,这也解释了为何 BAR 在多因素模型中仍能独立预测死亡风险。

3.2 BAR 与传统评分系统(APS III 评分、SOFA 评分)的预测效能比较:临床常用的危重症评分(如 APS III、SOFA)虽能有效评估患者病情,但存在操作复杂度与获取时效性的局限。本研究通过 ROC 曲线分析对 BAR、传统评分及联合模型的预测效能进行了系统对比,显示如下特点。

在单一指标中, APS III 评分的预测效能最优,训练集 AUC=0.830(95%CI 为 0.810 ~ 0.850),内部验证集 AUC=0.800(95%CI 为 0.770 ~ 0.830),外部验证集 AUC=0.800(95%CI 为 0.730 ~ 0.880),这与其涵盖多维度生理参数、能全面反映病情严重程度的特点密切相关。SOFA 评分的预测效能次之,训练集 AUC=0.760(95%CI 为 0.730 ~ 0.780)、内部验证集 AUC=0.730(95%CI 为 0.700 ~ 0.760)、外部验证集 AUC=0.780(95%CI 为 0.710 ~ 0.850),其优势在于能动态反映器官功能衰竭程度,但对早期风险识别的敏感性不足。BAR 的 AUC 虽低于 APS III(训练集为 0.740、内部验证集为 0.720、外部验证集为 0.740),但与 SOFA 评分预测效能相当,且其在临床实用性上具有显著优势。

其一,获取便捷性突出。APS III 评分需收集年龄、体温、血压等 20 余项生理指标;SOFA 评分需评估呼吸、循环等 6 个器官功能,计算过程繁琐。而 BAR 仅需 BUN 和 Alb 2 个常规实验室指标,可在患者入住 ICU 后 24 h 内快速计算,更适合急诊及 ICU 的早期快速评估场景(如接诊时初步判断风险等级)。

其二,高危识别能力更优。BAR 的敏感度(训练集为 74%、内部验证集为 75%、外部验证集为 87%)高于 SOFA 评分(训练集为 65%、内部验证集为 64%、外部验证集为 92%),意味着其在识别高危患者时漏判风险更低。例如,当 $BAR > 8.92$ (训练集的最佳截断值)或 > 8.40 (内部验证集的最佳截断值)或 > 6.25 (外部验证集的最佳截断值)时,患者院内死亡风险显著升高,临床可据此优先采取液体复苏、营养支持等干预措施,这对改善高危患者预后至关重要。但需注意, BAR 的特异度(训练集为 60%、内部验证集为 56%、外部验证集为 49%)略低于 SOFA 评分和 APS III 评分,提示其单独使用时可能存在一定假阳性,需结合其他指标综合判断。

其三,经济性良好。BUN 和 Alb 均为临床常规检测项目,无需额外增加检测成本,尤其适合基层医疗机构推广应用,而部分新型生物标志物(如趋化因

子配体 5、CD274) 因检测成本较高, 在资源有限地区难以普及^[16]。值得关注的是, 基于 9 个独立危险因素 (APS III 评分、SOFA 评分、BAR、年龄、高血压史、恶性肿瘤史、AKI、MV、RRT) 构建的联合模型, 预测效能显著优于所有单一指标: 训练集 AUC 达 0.870 (95%CI 为 0.850 ~ 0.880), 内部验证集 AUC = 0.830 (95%CI 为 0.790 ~ 0.860), 外部验证集 AUC = 0.870 (95%CI 为 0.810 ~ 0.920), 同时实现了高敏感度与高特异度。表明联合模型通过整合 BAR 的早期预警价值、传统评分的病情严重程度评估及基础疾病与器官支持状态等多维度信息, 能更全面捕捉死亡风险相关的病理生理特征, 为临床精准风险分层提供了更可靠的工具。

3.3 研究优势与局限性

3.3.1 优势: 在样本与设计上, 依托 MIMIC IV 大型数据库及新乡医学院第三附属医院的临床数据, 2 924 例大样本量配合 7 : 3 训练集 - 内部验证集拆分, 以及外部验证集的多维度验证, 有效避免了过度拟合, 结果可靠; 在指标创新层面, 系统评估 BAR 对继发性腹膜炎预后的预测价值, 明确了其独立危险因素地位; 在临床实用性方面, 联合模型与列线图操作简便, BAR 易获取, 模型高敏感度和高特异度可满足急诊筛查、ICU 精准评估等场景需求。

3.3.2 局限性: 本研究为回顾性设计, 数据源于数据库及医院病历系统, 存在选择偏倚 (如信息缺失致排除), 且未获取 BAR 动态变化数据 (动态 BAR 或更能反映病情与治疗反应); 在人群方面, 基于欧美人群的 MIMIC IV 数据库及新乡医学院第三附属医院的患者数据使结果种族适用性受限, 需进行亚洲人群的多中心前瞻性研究验证; 在指标上未纳入感染病原体类型、抗菌药物方案、手术时机等预后影响因素, 模型变量需进一步优化。

3.3.3 结论: 本研究证实, BAR 是继发性腹膜炎患者院内死亡的独立危险因素, 具有操作简便、获取迅速、经济实用的优势, 可作为早期预测的有效指标; 基于 BAR 与其他关键因素构建的联合预测模型, 通过多维度信息整合实现了更高的预测精准度, 为临床提供了可靠的个体化风险评估工具, 有助于及时优化、调整治疗策略, 从而改善患者预后。未来需通过多中心、前瞻性研究进一步验证 BAR 的最佳阈值与动态预测价值, 推动其在继发性腹膜炎精准管理中的广泛应用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Wu N, Liu T, Tian M, et al. Albumin, an interesting and functionally diverse protein, varies from 'native' to 'effective' (Review) [J]. Mol Med Rep, 2024, 29 (2): 24. DOI: 10.3892/mmr.2023.13147.
- [2] Gabay C, Kushner I. Acute-phase proteins and other systemic responses to inflammation [J]. N Engl J Med, 1999, 340 (6): 448-454. DOI: 10.1056/NEJM199902113400607.
- [3] Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021 [J]. Intensive Care Med, 2021, 47 (11): 1181-1247. DOI: 10.1007/s00134-021-06506-y.
- [4] Takegawa R, Kabata D, Shimizu K, et al. Serum albumin as a risk factor for death in patients with prolonged sepsis: an observational study [J]. J Crit Care, 2019, 51: 139-144. DOI: 10.1016/j.jcrc.2019.02.004.
- [5] Sheng S, Zhang YH, Ma HK, et al. Albumin levels predict mortality in sepsis patients with acute kidney injury undergoing continuous renal replacement therapy: a secondary analysis based on a retrospective cohort study [J]. BMC Nephrol, 2022, 23 (1): 52. DOI: 10.1186/s12882-021-02629-y.
- [6] Bayrakçı S, Eygi E. Prognostic value of blood urea nitrogen to albumin ratio in elderly critically ill patients with acute kidney injury: a retrospective study [J]. Medicina (Kaunas), 2025, 61 (7): 1233. DOI: 10.3390/medicina61071233.
- [7] Zou XL, Feng DY, Wu WB, et al. Blood urea nitrogen to serum albumin ratio independently predicts 30-day mortality and severity in patients with *Escherichia coli* bacteraemia [J]. Med Clin (Barc), 2021, 157 (5): 219-225. DOI: 10.1016/j.medcli.2020.06.060.
- [8] Shen YF, Zhang WM, Shen Y. Early diuretic use and mortality in critically ill patients with vasopressor support: a propensity score-matching analysis [J]. Crit Care, 2019, 23 (1): 9. DOI: 10.1186/s13054-019-2309-9.
- [9] 花琳琳, 施念, 杨永利, 等. 不同缺失值处理方法对随机缺失数据处理效果的比较 [J]. 郑州大学学报 (医学版), 2012, 47 (3): 315-318. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6825.2012.03.011.
- [10] Huston JM, Barie PS, Dellinger EP, et al. The surgical infection society guidelines on the management of intra-abdominal infection: 2024 update [J]. Surg Infect (Larchmt), 2024, 25 (6): 419-435. DOI: 10.1089/sur.2024.137.
- [11] Huang SY, Zhang QW, Liu L, et al. Relationship between albumin-corrected anion gap and short- and medium-term all-cause mortality in heart failure patients with a single ICU admission [J]. Front Cardiovasc Med, 2025, 12: 1608383. DOI: 10.3389/fcvm.2025.1608383.
- [12] Li X, Zheng RX, Zhang T, et al. Association between blood urea nitrogen and 30-day mortality in patients with sepsis: a retrospective analysis [J]. Ann Palliat Med, 2021, 10 (11): 11653-11663. DOI: 10.21037/apm-21-2937.
- [13] Bezzeri V, Putignani L, Mantuano E, et al. A focus on inflammatory and bacterial biomarkers in secondary peritonitis [J]. Cells, 2025, 14 (21): 1653. DOI: 10.3390/cells14211653.
- [14] Poston JT, Koyner JL. Sepsis associated acute kidney injury [J]. BMJ, 2019, 364: k4891. DOI: 10.1136/bmj.k4891.
- [15] 代冬梅, 唐坤, 许汪斌, 等. 系统性毛细血管渗漏综合征病程中血细胞比容与血浆白蛋白差值的变化: 系统评价分析 [J]. 中华危重病急救医学, 2018, 30 (10): 920-924. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.10.002.
- [16] Liang GB, Li J, Pu SQ, et al. Screening of sepsis biomarkers based on bioinformatics data analysis [J]. J Healthc Eng, 2022, 2022: 6788569. DOI: 10.1155/2022/6788569.

(收稿日期: 2025-09-30)

(责任编辑: 邸美仙)