

重症急性胰腺炎列线图预测模型的建立与验证

张 斌, 李迎奥, 张文强, 李 贺

安徽医科大学第二附属医院急诊外科, 安徽 合肥

收稿日期: 2025年12月21日; 录用日期: 2026年1月16日; 发布日期: 2026年1月27日

摘 要

目的: 确定重症急性胰腺炎(Severe Acute Pancreatitis, SAP)的危险因素, 并构建列线图预测模型来早期预测重症急性胰腺炎的发生。方法: 筛选2019年1月至2023年7月于安徽医科大学第二附属医院明确诊断为急性胰腺炎(Acute Pancreatitis, AP)的住院患者完整资料499例, 按病情严重程度分为非重症急性胰腺炎组(Non-Severe Acute Pancreatitis, NSAP)($n = 349$)和重症急性胰腺炎组(Severe Acute Pancreatitis, SAP)($n = 150$)。收集所有患者发病时间在48小时内且未经治疗的首次发病的血浆及一般数据, 两组通过比较分析之后, 采用单因素逻辑回归分析、LASSO回归分析识别SAP的潜在危险因素, 使用多因素逻辑回归分析确定的独立危险因素用于构建列线图。使用受试者操作特征曲线、Hosmer-Lemeshow检验、校准曲线和决策曲线分析来评估列线图的判别能力、校准能力和临床实用性。结果: 共纳入499例AP患者, 其中SAP患者150例。D-D、CRP、 Ca^{2+} 及APACHE II评分是SAP的独立预测指标。构建的列线图预测模型受试者工作曲线图形下面积(AUC)为0.951, 显示出出色的判别能力。Hosmer-Lemeshow检验和校准曲线表明预测模型具有令人满意的校准能力。决策曲线分析显示列线图模型在预测SAP方面具有良好的临床实用性。结论: 该列线图预测模型可准确预测重症急性胰腺炎的发生。

关键词

重症急性胰腺炎, D-D, CRP, Ca^{2+} , APACHE II评分, 预测模型

Establishment and Validation of a Nomogram Prediction Model for Severe Acute Pancreatitis

Bin Zhang, Ying'ao Li, Wenqiang Zhang, He Li

Department of Emergency Surgery, The Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei Anhui

Received: December 21, 2025; accepted: January 16, 2026; published: January 27, 2026

文章引用: 张斌, 李迎奥, 张文强, 李贺. 重症急性胰腺炎列线图预测模型的建立与验证[J]. 临床医学进展, 2026, 16(1): 2668-2677. DOI: 10.12677/acm.2026.161328

Abstract

Methods: A total of 499 inpatients diagnosed with Acute Pancreatitis (AP) at the Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University between January 2019 and July 2023 were enrolled. They were categorized into a Non-Severe Acute Pancreatitis (NSAP) group ($n = 349$) and a Severe Acute Pancreatitis (SAP) group ($n = 150$) based on disease severity. Plasma and general data collected within 24 hours of onset, prior to any treatment, were obtained from all patients. After comparative analysis between the two groups, univariate logistic regression and LASSO regression analyses were employed to identify potential risk factors for SAP. Independent risk factors identified via multivariate logistic regression analysis were used to construct the nomogram. The discriminative ability, calibration, and clinical utility of the nomogram were assessed using the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve, the Hosmer-Lemeshow test, calibration curves, and Decision Curve Analysis (DCA). **Results:** Among the 499 included AP patients, 150 were diagnosed with SAP. D-dimer (D-D), C-reactive Protein (CRP), Calcium ions (Ca^{2+}), and APACHE II score were identified as independent predictors of SAP. The constructed nomogram prediction model achieved an Area Under the Curve (AUC) of 0.951, demonstrating excellent discriminative ability. The Hosmer-Lemeshow test and calibration curves indicated satisfactory calibration of the prediction model. Decision Curve Analysis showed that the nomogram model had good clinical utility for predicting SAP. **Conclusion:** This nomogram prediction model can accurately predict the occurrence of Severe Acute Pancreatitis.

Keywords

Severe Acute Pancreatitis, D-D, CRP, Ca^{2+} , APACHE II Score, Prediction Model

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

急性胰腺炎(AP)是临床消化系统常见疾病, 主要因胰酶异常激活导致胰腺自身及周围器官发生局部炎症反应[1][2]。AP可分为轻度、中度和重度。通常轻度AP可自行缓解, 而20%的重症急性胰腺炎(SAP)有发生致命并发症的高风险。AP的自然病程有两个阶段: 早期(全身炎症反应综合征, 最初14天)和晚期(胰腺坏死感染, AP发病2周后开始)[3]。准确评估严重程度并制定适当的管理计划对于避免致命结局至关重要。目前, 影像学检查、多种评分系统、生物标志物等均为评估AP病情的常用手段, 但影像学检查评估AP难以量化, 而单个生物标志物及评分系统的特异性及准确性均较差[4]。C反应蛋白(CRP)是识别感染性病变的重要生物学标志, 而AP作为一种急性感染性病变, 可通过CRP早期评估病情严重程度[5]; 目前有研究证实, 机体凝血功能紊乱与AP病情发生、发展密切相关[6]。D-二聚体(D-D)水平升高可表明机体内存在高凝状态, 因此, D-D可能与AP发病和病情严重程度相关[7]; 传统的“皂化作用”认为在AP发生时, 胰腺及周围脂肪组织大量坏死和分解, 释放出大量的游离脂肪酸。这些脂肪酸与血清中的钙离子结合, 形成不溶性的“钙皂”[8]。而近年来的研究表明, 在病理性刺激下, 胰腺腺泡细胞内的钙离子稳态被破坏。细胞内钙库(如内质网)过度释放钙离子, 同时细胞外的钙离子大量内流。这种异常的、持续的“钙信号”会导致: 胰蛋白酶原过早激活, 线粒体功能障碍, 炎症小体激活[9]。因此钙离子(Ca^{2+})水平降低与AP的严重程度密切相关; APACHE评分是评估危重患者生理紊乱程度的综合系统, 它能够整合患者的多项生理参数, 全面反映疾病的严重程度对机体造成的整体影响, 但其并不是AP的特异性评

分, 缺少上述及其他与 AP 发生发展有关的生物学标志。基于此, 如果单独依赖其中某个生物学指标或者评分系统对 SAP 进行预测, 存在一定局限性。本研究将探讨入院 48 小时内血清 CRP、D-D、 Ca^{2+} 联合 APACHE II 评分对重症急性胰腺炎的早期预测价值, 并基于此构建列线图预测模型, 以实现 SAP 的早发现、早诊断, 实现临床决策的个性化, 最终提高 SAP 的治疗质量。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

回顾性分析安徽医科大学第二附属医院急诊外科 2019 年 1 月至 2023 年 7 月收治的 499 例 AP 患者临床资料。纳入标准: (1) 符合《2012: 亚特兰大分类和定义修订的国际共识》的 AP 诊断标准, 符合以下 3 项标准中的 2 项即可诊断为 AP: ① 急性、突发、持续、剧烈的上腹部疼痛, 可向背部放射; ② 血清淀粉酶和/或脂肪酶水平 $\geq$ 参考范围上限 3 倍; ③ 增强 CT 或磁共振成像(MRI)呈 AP 典型影像学改变(胰腺水肿或胰周渗出积液)。在 AP 诊断的基础上, 出现 AP 相关的器官功能衰竭, 且器官功能衰竭的持续时间 > 2 天可诊断为 SAP [10]。 (2) 患者于发病 2 d (48 h) 内入院, 并在入院后 < 6 h 行影像学检查(腹部 CT、胸部 CT); (3) 年龄 ≥ 18 岁; (4) 有完整的临床资料。排除标准: (1) 临床资料不完整; (2) 发病 2 d (48 h) 后入院患者; (3) 慢性胰腺炎或者慢性胰腺炎急性发作的患者; (4) 伴其他感染性、免疫系统疾病和慢性器官功能不全者; (5) 妊娠和哺乳期妇女; (6) 年龄小于 18 岁; (7) 伴恶性肿瘤、代谢性疾病者。

2.2. 病例分组

根据《2012: 亚特兰大分类和定义修订的国际共识》将收集的 AP 病例分成两组, 非重症急性胰腺炎组(NSAP $n = 349$) (即轻症急性胰腺炎患者和中度急性胰腺炎患者之和)和重症急性胰腺炎组(SAP $n = 150$)。

2.3. 观察指标

收集的两组患者一般资料包括性别、年龄、体重指数(BMI)、饮酒史、吸烟史、基础疾病史(高血压、糖尿病和脂肪肝)、胰腺炎发作次数、收缩压和舒张压(SBP 和 DBP)、脉搏率(P)。分析数据时考虑 48 小时内的实验室检查指标, 包括白细胞计数(WBC)、血红蛋白(Hb)、血细胞比容(HCT)、血小板计数(PLT)、总胆红素(TBIL)、谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、甘油三酯(TG)、总胆固醇(TCHOL)、血钙(Ca^{2+})、C 反应蛋白(CRP)、D-二聚体(D-D)、纤维蛋白原(FIB)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、凝血酶原时间(PT)、凝血酶时间(TT)等。

2.4. 统计分析

采用 SPSS 27.0、R4.4.1 软件对收集数据进行处理与统计分析。符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 不符合正态分布的计量资料以中位数(四分位数) [M(P25, P75)]表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数(百分比) [n (%)]表示, 组间比较采用 χ^2 检验。所有统计分析均为双侧检验, 检验水准 α 设定为 0.05, 以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。以 LASSO 回归降维初筛后进入多因素 Logistic 回归分析, 筛选出对 SAP 有预测价值的因素, 并采用 R 软件构建预测 SAP 的列线图模型。绘制受试者工作特征曲线(ROC 曲线), 并计算曲线下面积(AUC)及其 95% CI, 以评估模型区分重症与非重症急性胰腺炎的能力。通过绘制校准曲线并进行 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验, 评估模型校准度。采用决策曲线分析(DCA)来评估列线图的临床实用性。最后采用 Bootstrap 自抽样法(重复 1000 次)对模型进行内部验证。

3. 结果

3.1. 两组患者基本资料构成比较

纳入研究的 499 例 AP 患者中, NSAP 组男性 221 例(63.32%), 女性 128 例(36.68%); SAP 组男性 87 例(58%), 女性 63 例(42%)。两组患者性别差异无统计学意义($P > 0.05$) (表 1)。同时比较两组患者年龄、病因, 发现病因($P > 0.05$)无统计学意义, 年龄($P < 0.05$), 差异有统计学意义(表 1)。其中年龄因素被包含在 APACHE II 评分系统中, 可被认为是预测 SAP 的一个因素。综上所述, NSAP 组和重 SAP 组患者的基本情况相似, 资料可用于后续研究及分析。

Table 1. Comparison of basic data between the two groups of patients

表 1. 两组患者基本资料对比

指标	非重症急性胰腺炎组(n = 349)	重症急性胰腺炎组(n = 150)	统计值(X^2/Z)	P 值
性别(男/%)	221 (63.32%)	87 (58%)	1.259	0.262
年龄 M (P25~P75)	42 (34, 57)	50 (36, 66.5)	-2.437	0.015
病因[n (%)]				
高脂血症性	146 (41.83%)	52 (43.33%)	2.252	0.133
胆源性	110 (31.52%)	59 (39.33%)	2.861	0.091

3.2. 两组患者入院后 48 小时内检验结果及 APACHE II 评分比较

经比较发现, 两组的 HCT、PLT、ALT、UA 及 TG 无显著差异($P > 0.05$) (表 2)。在 SAP 组中, AST、TBil、PT、Fib、APTT、D-D、CRP、HbA1c、及 APACHE II 评分明显高于 NSAP 组, 而 Ca^{2+} 、TC 明显低于 NSAP 组, 差异有统计学意义($P < 0.05$) (表 2), 均与 AP 的严重程度密切相关。

Table 2. Comparison of laboratory test results and APACHE II scores within 48 hours of admission between the two groups of patients

表 2. 两组患者入院 48 h 内实验室检查结果及 APACHE II 评分比较

实验室检查	非重症急性胰腺炎组(n = 349)	重症急性胰腺炎组(n = 150)	统计值(Z/t)	P 值
HCT	0.41 ± 0.55	0.41 ± 0.85	0.446	0.656
PLT (×10 ⁹ /L)	206 (159, 250)	198 (151, 260)	-0.785	0.432
AST (U/L)	33.00 (21.00, 68.00)	49.00 (30.75, 100.50)	-4.068	<0.001
ALT (U/L)	42.00 (24.00, 101.00)	44.50 (23.75, 125.00)	-0.433	0.665
TBil (umol/L)	17.90 (12.50, 26.65)	21.70 (14.28, 32.23)	-2.777	0.005
PT (S)	11.20 (10.40, 11.90)	11.90 (10.80, 13.26)	-5.074	<0.001
Fib (g/L)	3.45 (2.80, 4.45)	4.62 (2.84, 6.45)	-4.043	<0.001
APTT (S)	26.50 (24.90, 28.40)	28.25 (25.90, 31.65)	-4.542	<0.001
D-D (ug/ml)	0.78 (0.39, 1.75)	3.52 (1.43, 5.87)	-10.617	<0.001
CRP (mg/L)	30.60 (7.80, 86.40)	155.70 (63.50, 239.98)	-9.100	<0.001
UA (umol/L)	309.00 (236.50, 390.50)	319.50 (220.75, 462.25)	-0.842	0.400
TG (mmol/L)	2.44 (1.06, 9.48)	1.91 (1.03, 6.03)	-0.810	0.418

续表

TC (mmol/L)	5.17 (4.22, 7.06)	4.36 (2.97, 6.41)	-4.562	<0.001
HbA1c (%)	7.36 (5.74, 9.20)	6.17 (5.69, 8.06)	-2.679	0.007
APACHE II	3.00 (3.00, 4.00)	6.00 (6.00, 8.00)	-15.054	<0.001
Ca (mmol/L)	2.20 (2.09, 2.31)	1.99 (1.73, 2.20)	-8.632	<0.001

3.3. 入院时血清 D-D、Ca²⁺、CRP 及 APACHE II 评分对重症胰腺炎的预测价值

以上单因素分析表明, AST、TBil、PT、Fib、APTT、D-D、CRP、TC、HbA1c、Ca²⁺及 APACHE II 评分均对重症胰腺炎的预测有意义, 为降低变量多重共线性影响, 将其纳入 LASSO 回归分析, 并且排除 APACHE II 评分系统中含有的指标, 最终筛选出四个特征变量: D-D、Ca²⁺、CRP 及 APACHE II 评分(图 1)。将上述筛选出的四个变量作为自变量, 以是否发生 SAP 为因变量, 进行多因素 Logistic 回归分析, 结果显示, D-D、CRP 水平及 APACHEII评分越高, SAP 的风险越高, 其中 APACHEII评分是最强的独立危险因素, 而 Ca²⁺作为保护性因素, 其水平越高, 演变为重症 AP 的风险越低(P 值均<0.05) (表 3)。

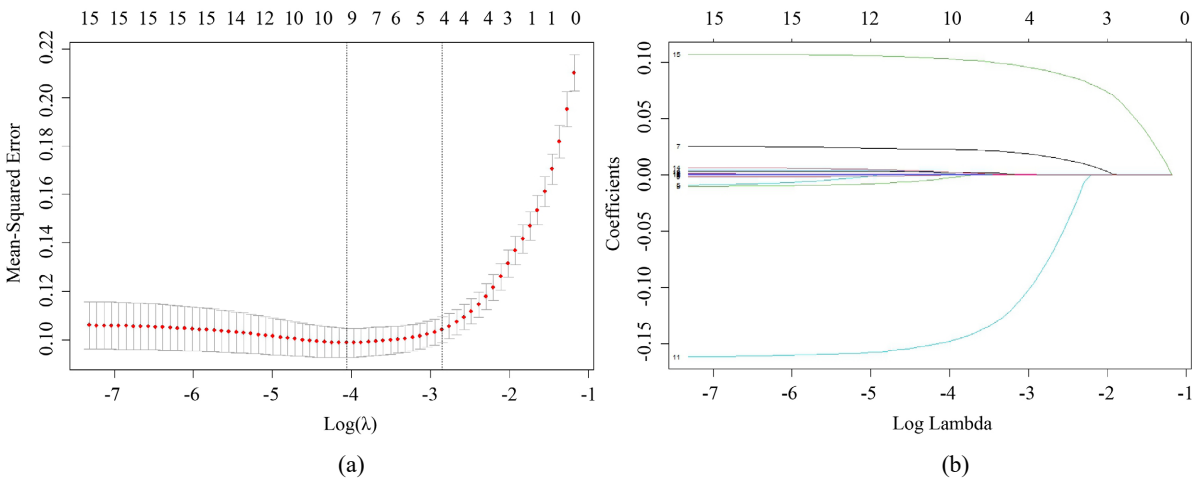


Figure 1. LASSO regression analysis for predicting severe acute pancreatitis. Ten-fold cross-validation was used to select the tuning parameter (λ) (a), and the LASSO coefficient profile plot is shown (b)

图 1. 预测重症急性胰腺炎的 LASSO 回归分析。使用 10 折交叉验证选择调整参数(λ) (a)和 LASSO 变量系数路径图 (b)

Table 3. Multivariate logistic regression analysis for predicting severe acute pancreatitis

表 3. 预测重症急性胰腺炎的多因素逻辑回归分析

变量	回归系数	比值比	95%置信区间	P 值
D-D	0.260	1.297	1.160~1.450	<0.001
Ca	-1.451	0.234	0.073~0.754	0.015
CRP	0.006	1.006	1.003~1.010	<0.001
APACHE II	1.114	3.047	2.436~3.812	<0.001

3.4. SAP 预测模型的构建

基于多因素 Logistic 回归分析中确定的四个独立预测因子(D-D、Ca²⁺、CRP 和 APACHE II 评分), 构建了一个可视化列线图(图 2)。使用该列线图时, 需依次在每个预测因子对应的刻度线上确定患者的具体

数值,并向上画线至“Points”轴以获取该变量的单项得分。将所有四个变量的单项得分相加,得到“Total Points”。最后,在“Total Points”轴上找到对应的总得分,向下画垂直线至最下方的 Pr 轴,即可读出该患者演变为重症急性胰腺炎的预测概率。例如一位急性胰腺炎患者,入院 48 小时内实验室检查结果:血 Ca^{2+} 为 2.0 mmol/L, CRP 为 180 mg/L, D-D 为 8 mg/L, 计算得 APACHE II 评分为 6 分, 那么根据该列线图得出其总分约为 166 分, 这代表发生重症急性胰腺炎的概率约为 93%。

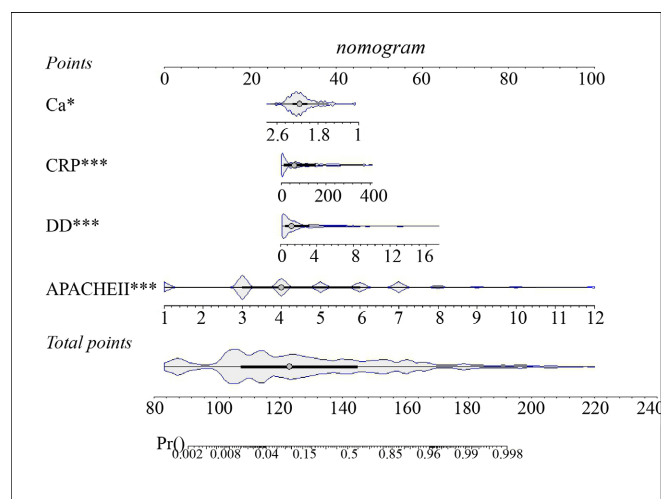


Figure 2. Nomogram for predicting severe acute pancreatitis

图 2. 预测重症急性胰腺炎的列线图

3.5. 评估 SAP 预测模型的区分度及校准度

绘制了 ROC 曲线以检验列线图的判别能力(图 3)。该模型的曲线下面积(AUC)为 0.951, 表明构建的列线图预测模型在识别早期重症急性胰腺炎方面表现出优秀的判别效能。此外, 绘制了列线图的校准曲线(图 4)。如图, 经过 Bootstrap 法校正后的曲线(Bias-corrected)与代表完美预测的对角线(Ideal)非常接近。这表明该列线图的预测概率具有良好的准确度, 该结果与 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验的结果(卡方值 X^2 为 11.28, $P = 0.186$)相互印证, 共同证实了模型优秀的校准度。

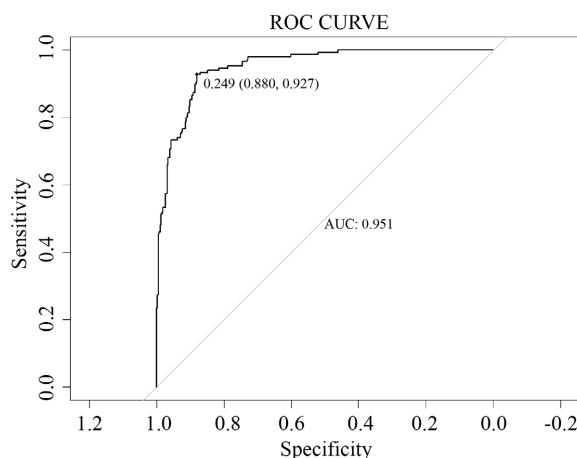


Figure 3. ROC curve of the nomogram for predicting severe acute pancreatitis

图 3. 预测重症急性胰腺炎列线图的 ROC 曲线

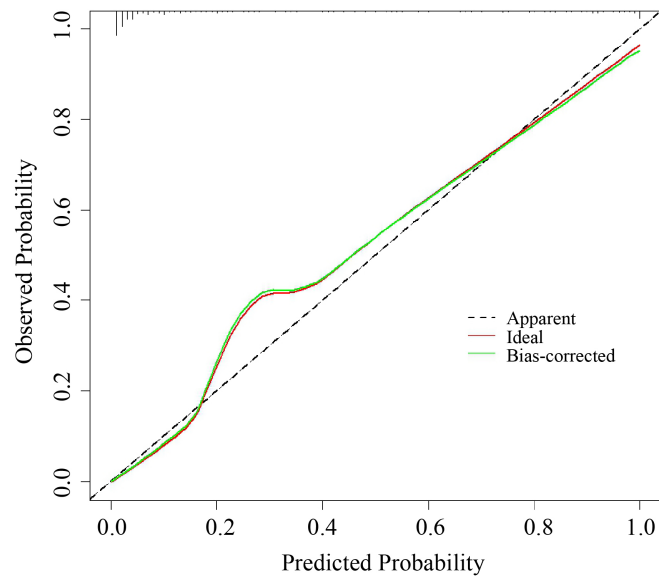


Figure 4. Calibration curve of the nomogram for predicting severe acute pancreatitis

图 4. 预测重症急性胰腺炎列线图的校准曲线

3.6. 评估预测模型的临床效用

绘制决策曲线(DCA)(图5)评估了该预测模型的临床实用性。在广泛的高风险阈值范围内(0.01至0.92),使用该预测模型进行临床决策所能获得的“标准化净获益”始终高于“对所有患者均干预”(All)和“对所有患者均不干预”(None)这两种策略。因此在临床实践中,根据该模型预测的风险概率来选择性干预患者能够比一刀切的策略获得更优的临床结局,即在避免对低风险患者过度治疗的同时,能有效识别并干预高风险患者,从而实现最大的临床净获益。

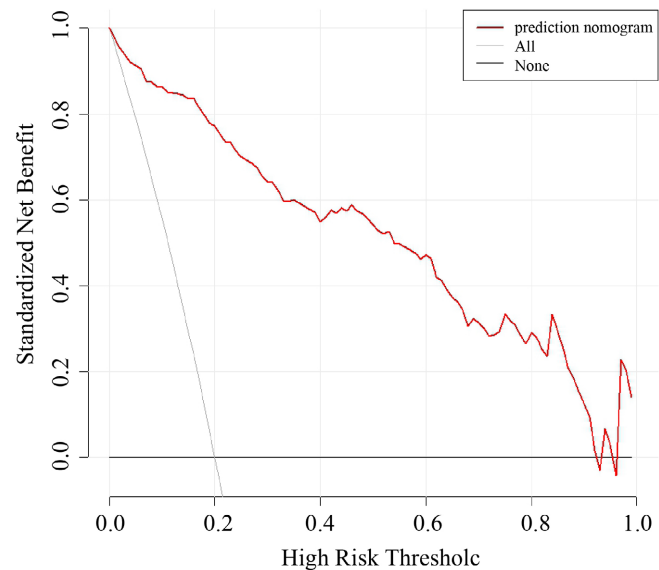


Figure 5. Decision curve analysis of the nomogram for predicting severe acute pancreatitis

图 5. 预测重症急性胰腺炎列线图的决策曲线分析

4. 讨论

AP 是最常见的急性消化系统疾病之一, 且发病呈上升趋势。约 20% 的患者会发展为 SAP, 而 SAP 进展迅速, 病情凶险、并发症多、死亡率高且难以预测, 因此早期明确 AP 病情并予以针对性治疗对于改善疾病预后至关重要[11]。本研究通过常见且易于获取的临床指标, 对来自单个临床中心的 499 例急性胰腺炎病例进行了回顾性分析, 发现 CRP、D-D 及 APACHE II 评分是 SAP 的危险因素, 而 Ca^{2+} 是 SAP 的保护性因素, 并基于此成功构建并验证了一个 SAP 的早期列线图预测模型。

列线图是一种简单、直观且广泛使用的预测模型, 可用于个性化地准确评估疾病风险并促进临床决策[12]。在急性胰腺炎早期阶段, CRP 显著升高。CRP 是一种由肝脏合成的急性期反应物, 由 IL-6 和其他细胞因子诱导产生。它是一种非特异性炎症标志物, 可激活补体系统, 改善吞噬作用并调节免疫力。当身体受损时, 会出现急性期反应并且 CRP 水平升高[13]。AP 是由胰腺炎引起的急性炎症, 可诱导胰腺组织的自身消化。在重度 AP 患者中, 特别是胰腺坏死合并细菌感染的患者, CRP 可能会迅速升高。CRP 水平反映了 AP 炎症的程度, 并可能预测疾病严重程度、并发症和死亡率的重要指标。最近国内外指南强调, 发病第三天时 $\text{CRP} \geq 150 \text{ mg/L}$ 可作为 SAP 的预后指标。此外, 入院后 CRP 升高 $>90 \text{ mg/L}$ 或入院后 48 h 内升高 $>190 \text{ mg/L}$ 也被视为一个阈值[14] [15]。本研究结果表明 CRP 是 SAP 的独立预测因子。入院早期高水平的 CRP 强烈提示体内存在不受控的过度炎症反应, 是病情向重症转化的重要信号。

D-D 是凝血及纤溶系统异常的敏感性指标, 其是纤维蛋白降解产物, D-D 水平升高说明体内存在高凝状态和继发性纤溶系统激活。在本研究中, 我们将 D-D 确定为 SAP 的一个风险因素, 这与先前的研究报道一致[16]-[18]。在 AP 的病理过程中, 胰腺及周围组织的炎症和坏死会激活凝血系统, 导致微血管内血栓形成, 同时激活纤溶系统, 造成 D-D 水平显著升高。这种凝血功能的紊乱不仅是局部损伤的结果, 更是推动全身并发症(如器官功能衰竭)的关键机制[7]。因此, D-D 水平的升高从凝血病理角度为 SAP 的风险评估提供了重要依据。这也与我们的研究结果: D-D 是 SAP 的强预测因子一致。

本研究还证实了血 Ca^{2+} 是 SAP 的独立保护因素, 即血 Ca^{2+} 水平越低, 进展为 SAP 的风险越高[3]。当前研究认为 Ca^{2+} 过载是急性胰腺炎发病机制的核心环节[11], 其机制是通过触发胰蛋白酶原的过早活化、线粒体功能障碍和细胞坏死性死亡, 直接启动了胰腺的自我消化过程。这一过程涉及内质网钙库的异常释放以及随后由 STIM-ORAI 通道介导的持续性钙内流[19]。因此将 Ca^{2+} 作为模型中的预测指标是一个合理的选择, 我们的多因素分析再次验证了其在现代预测模型中的重要价值。

最后, APACHE II 评分作为评估危重患者生理紊乱程度的综合系统, 在本预测模型中展现出最强的预测效力。它能够整合患者的多项生理参数, 全面反映疾病的严重程度对机体造成的整体影响[20]。但是 APACHE II 并非急性胰腺炎的特异性评分, 且其包含的指标并不能很好地涵盖与急性胰腺炎发病机制有关的参数, 故本研究将其与急性胰腺炎相关发病相关参数进行联合, 显著提高预测模型效能。

5. 本研究的优势性与局限性

我们建立的预测模型优势在于我们并未孤立地看待与急性胰腺炎发病相关的实验室指标, 而是通过 LASSO 回归与多因素 Logistic 回归, 将它们整合到一个统一的预测模型中, 并进一步构建了可视化的列线图。其将复杂的数学模型转化为便捷的床旁评分工具, 极大提升了其临床适用性。另外, 我们对模型进行了全面且严谨地验证。首先, ROC 曲线分析显示, 模型的 AUC 高达 0.951, 表明其优秀的区分度, 能准确地将 SAP 与非 SAP 患者区分开来。校准曲线和 Hosmer-Lemeshow 检验($P = 0.186$)则证明模型具有出色的校准度, 即其预测的概率与实际情况基本一致, 预测结果真实可靠。最终, 决策曲线分析证实了模型的临床实用性。与传统的 Ranson 评分、BISAP 评分或单一的生物标志物相比, 本模型结合了炎症(CRP)、凝血(D-D)、代谢(Ca^{2+})和综合生理(APACHE II)四个不同维度的信息, 提供了更全面、更稳健的

评估。尤其适用于资源有限、无法即时进行复杂影像学检查的基层医疗机构，可作为早期分诊和启动转诊决策的有力依据。

当然，本研究也存在一些局限性。首先，这是一项单中心的回顾性研究，不可避免地存在选择偏倚。其次，模型的构建和验证均基于同一人群，普适性有待通过多中心、前瞻性的外部数据进行进一步验证。最后，重症患者比例较低(仅 150 例，远小于 NSAP 样本量 349 例)，有必要扩大样本量以确保结果准确性。未来，我们计划开展前瞻性研究，并将此模型与新兴的生物标志物(如白介素、降钙素原等)进行比较，以持续优化模型的预测效能。

6. 结论

回顾分析了 AP 患者病例，成功建立并内部验证了一个基于 CRP、D-D、 Ca^{2+} 和 APACHE II 评分的早期重症急性胰腺炎列线图预测模型。该模型不仅具有优秀的区分度和校准度，而且证明其可以带来明确的临床净获益。该模型有望实现 SAP 的早期识别，从而能够及时做出个性化的临床决策，最终有望改善重症急性胰腺炎患者的预后。

本研究获得安徽医科大学第二附属医院医学研究伦理委员会批准(审批号：YX2025-312)，患者均签署知情同意书。

参考文献

- [1] Lankisch, P.G., Apte, M. and Banks, P.A. (2015) Acute Pancreatitis. *The Lancet*, **386**, 85-96. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(14\)60649-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(14)60649-8)
- [2] Wu, S., Zhou, Q., Cai, Y. and Duan, X. (2023) Development and Validation of a Prediction Model for the Early Occurrence of Acute Kidney Injury in Patients with Acute Pancreatitis. *Renal Failure*, **45**, Article ID: 2194436. <https://doi.org/10.1080/0886022x.2023.2194436>
- [3] Shuanglian, Y., Huiling, Z., Xunting, L., Yifang, D., Yufen, L., Shanshan, X., *et al.* (2023) Establishment and Validation of Early Prediction Model for Hypertriglyceridemic Severe Acute Pancreatitis. *Lipids in Health and Disease*, **22**, Article No. 218. <https://doi.org/10.1186/s12944-023-01984-z>
- [4] Hagier, S. and Kumar, N. (2018) Evaluation of the BISAP Scoring System in Prognostication of Acute Pancreatitis—A Prospective Observational Study. *International Journal of Surgery*, **54**, 76-81. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2018.04.026>
- [5] Wu, H., Liao, B., Ji, T., Huang, J., Ma, K. and Luo, Y. (2024) Diagnostic Value of CRP for Predicting the Severity of Acute Pancreatitis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Biomarkers*, **29**, 494-503. <https://doi.org/10.1080/1354750x.2024.2415463>
- [6] Masamune, A., Hamada, S. and Kikuta, K. (2022) Diagnosis of Disseminated Intravascular Coagulation in Acute Pancreatitis Is Still a Challenge. *Pancreas*, **51**, e116-e117. <https://doi.org/10.1097/mpa.0000000000002124>
- [7] Newton, M.V. (2024) D-Dimer as a Marker of Severity and Prognosis in Acute Pancreatitis. *International Journal of Applied & Basic Medical Research*, **14**, 101-107. https://doi.org/10.4103/ijabmr.ijabmr_483_23
- [8] Pandol, S.J., Saluja, A.K., Imrie, C.W. and Banks, P.A. (2007) Acute Pancreatitis: Bench to the Bedside. *Gastroenterology*, **132**, 1127-1151. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2007.01.055>
- [9] Petersen, O.H., Gerasimenko, J.V., Gerasimenko, O.V., Gryshchenko, O. and Peng, S. (2021) The Roles of Calcium and ATP in the Physiology and Pathology of the Exocrine Pancreas. *Physiological Reviews*, **101**, 1691-1744. <https://doi.org/10.1152/physrev.00003.2021>
- [10] Banks, P.A., Bollen, T.L., Dervenis, C., Gooszen, H.G., Johnson, C.D., Sarr, M.G., *et al.* (2012) Classification of Acute Pancreatitis—2012: Revision of the Atlanta Classification and Definitions by International Consensus. *Gut*, **62**, 102-111. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2012-302779>
- [11] Mederos, M.A., Reber, H.A. and Girgis, M.D. (2021) Acute Pancreatitis: A Review. *JAMA*, **325**, 382-390. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.20317>
- [12] Shariat, S.F., Capitanio, U., Jeldres, C. and Karakiewicz, P.I. (2009) Can Nomograms Be Superior to Other Prediction Tools? *BJU International*, **103**, 492-497. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410x.2008.08073.x>
- [13] Cao, X., Wang, H., Du, H., Chen, E., Yang, X., Wang, S., *et al.* (2018) Early Predictors of Hyperlipidemic Acute Pancreatitis. *Experimental and Therapeutic Medicine*, **16**, 4232-4238. <https://doi.org/10.3892/etm.2018.6713>

-
- [14] Leppäniemi, A., Tolonen, M., Tarasconi, A., Segovia-Lohse, H., Gamberini, E., Kirkpatrick, A.W., *et al.* (2019) 2019 WSES Guidelines for the Management of Severe Acute Pancreatitis. *World Journal of Emergency Surgery*, **14**, Article No. 27. <https://doi.org/10.1186/s13017-019-0247-0>
- [15] Stirling, A.D., Moran, N.R., Kelly, M.E., Ridgway, P.F. and Conlon, K.C. (2017) The Predictive Value of C-Reactive Protein (CRP) in Acute Pancreatitis—Is Interval Change in CRP an Additional Indicator of Severity? *HPB*, **19**, 874-880. <https://doi.org/10.1016/j.hpb.2017.06.001>
- [16] Boskovic, A., Pasic, S., Soldatovic, I., Milinic, N. and Stankovic, I. (2014) The Role of D-Dimer in Prediction of the Course and Outcome in Pediatric Acute Pancreatitis. *Pancreatology*, **14**, 330-334. <https://doi.org/10.1016/j.pan.2014.07.015>
- [17] Gomercic, C., Gelsi, E., Van Gysel, D., Frin, A., Ouvrier, D., Tonohouan, M., *et al.* (2016) Assessment of D-Dimers for the Early Prediction of Complications in Acute Pancreatitis. *Pancreas*, **45**, 980-985. <https://doi.org/10.1097/mpa.0000000000000654>
- [18] Yang, N., Hao, J. and Zhang, D. (2017) Antithrombin III and D-Dimer Levels as Indicators of Disease Severity in Patients with Hyperlipidaemic or Biliary Acute Pancreatitis. *Journal of International Medical Research*, **45**, 147-158. <https://doi.org/10.1177/0300060516677929>
- [19] Gerasimenko, J.V., Gryshchenko, O., Ferdek, P.E., Stapleton, E., Hébert, T.O.G., Bychkova, S., *et al.* (2013) Ca^{2+} Release-Activated Ca^{2+} Channel Blockade as a Potential Tool in Antipancreatitis Therapy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **110**, 13186-13191. <https://doi.org/10.1073/pnas.1300910110>
- [20] Larvin, M. and McMahon, M. (1989) Apache-II Score for Assessment and Monitoring of Acute Pancreatitis. *The Lancet*, **334**, 201-205. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(89\)90381-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(89)90381-4)