

血清DBil、Ca、TCO₂联合LDH对早期重症急性胰腺炎的预测价值

李迎奥, 张 斌, 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: 2026年3月3日; 录用日期: 2026年3月26日; 发布日期: 2026年4月7日

摘 要

目的: 探讨血清DBil、Ca、TCO₂联合LDH对急性胰腺炎(AP)患者病情严重程度的预测价值, 并建立预测模型。方法: 本研究为回顾性研究, 分析2019年1月至2023年7月我院收治的499例急性胰腺炎患者的临床资料, 根据患者出院诊断将患者分为非重症急性胰腺炎(Non-severe acute pancreatitis, NSAP)组(轻症急性胰腺炎(MAP)加中重度急性胰腺炎(MSAP))和重症急性胰腺炎(severe acute pancreatitis, SAP)组, 其中非重症急性胰腺炎共349例(MAP + MSAP组), 重症急性胰腺炎共150例(SAP组)。比较两组患者基线资料与入院48 h内实验室结果的差异(包括WBC、N%、L%、CRP等)。统计分析血清DBil、Ca²⁺、TCO₂、LDH水平与急性胰腺炎患者病情严重程度的相关性。结果: 两组间比较显示, 重症急性胰腺炎(SAP)组患者血清直接胆红素(DBil)、总二氧化碳浓度(TCO₂)及乳酸脱氢酶(LDH)检测值显著高于非重症组, 重症急性胰腺炎组血清Ca²⁺水平显著低于非重症急性胰腺炎组, 两组间差异均具有统计学意义(P < 0.001)。将收集的数据通过单因素分析, 从而初步筛选出有意义的变量, 随后通过LASSO回归模型的十折交叉验证, 确定最佳惩罚项系数λ, 在λ处筛选, 最终筛选出9个潜在的相关因素, 分别为: DBil、Crea、BUN、PT、Ca、TCO₂、LDH、BS、HbA1c, 经二元多因素Logistic回归分析显示, DBil、Ca、TCO₂、LDH是重症急性胰腺炎的独立危险因素, 列线图预测模型的C-index为0.793, 受试者工作特征(ROC)曲线分析显示, DBil、Ca、TCO₂、LDH三者联合检测对重症急性胰腺炎的诊断有较高的敏感度(0.660)和特异度(0.854), 约登指数为0.514, Hosmer-Lemeshow拟合优度P值为0.122, 大于0.05。结论: 根据DBil、Ca、TCO₂、LDH建立的预测模型可用于评估急性胰腺炎患者的病情严重程度。

关键词

胰腺炎, 直接胆红素, 钙离子, 总二氧化碳浓度, 乳酸脱氢酶, 危险因素, 列线图, 预测模型

Predictive Value of Serum DBil, Ca, TCO₂ Combined with LDH for Early Severe Acute Pancreatitis

*通讯作者。

文章引用: 李迎奥, 张斌, 张文强, 李贺. 血清 DBil、Ca、TCO₂ 联合 LDH 对早期重症急性胰腺炎的预测价值[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 1410-1420. DOI: 10.12677/acm.2026.1641374

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

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

Received: March 3, 2026; accepted: March 26, 2026; published: April 7, 2026

Abstract

Objective: To investigate the predictive value of serum direct bilirubin (DBil), calcium (Ca), total carbon dioxide (TCO₂), and lactate dehydrogenase (LDH) for the severity of acute pancreatitis (AP) and to establish a predictive model. **Methods:** This retrospective study analyzed clinical data from 499 patients with acute pancreatitis admitted to our hospital from January 2019 to July 2023. Patients were divided into two groups based on their discharge diagnosis: a non-severe acute pancreatitis (NSAP) group (comprising mild acute pancreatitis (MAP) and moderately severe acute pancreatitis (MSAP), n = 349) and a severe acute pancreatitis (SAP) group (n = 150). Baseline data and laboratory results within 48 hours of admission (including WBC, N%, L%, CRP, etc.) were compared between the two groups. The correlation between serum levels of DBil, Ca²⁺, TCO₂, LDH and the severity of acute pancreatitis was statistically analyzed. **Results:** Intergroup comparison showed that serum levels of direct bilirubin (DBil), total carbon dioxide (TCO₂), and lactate dehydrogenase (LDH) were significantly higher in the severe acute pancreatitis (SAP) group compared to the non-severe group, while serum Ca²⁺ levels were significantly lower in the SAP group. These differences were statistically significant (P < 0.001). Univariate analysis was performed on the collected data to preliminarily screen for significant variables. Subsequently, ten-fold cross-validation via the LASSO regression model was used to determine the optimal penalty term coefficient λ . At this λ value, 9 potential relevant factors were ultimately selected: DBil, Crea, BUN, PT, Ca, TCO₂, LDH, BS, and HbA1c. Binary multivariate Logistic regression analysis indicated that DBil, Ca, TCO₂, and LDH were independent risk factors for severe acute pancreatitis. The nomogram prediction model had a C-index of 0.793. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis showed that the combined detection of DBil, Ca, TCO₂, and LDH had high sensitivity (0.660) and specificity (0.854) for diagnosing severe acute pancreatitis, with a Youden index of 0.514. The Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit test yielded a P-value of 0.122 (>0.05). **Conclusion:** The predictive model established based on DBil, Ca, TCO₂, and LDH can be used to assess the severity of illness in patients with acute pancreatitis.

Keywords

Pancreatitis, Direct Bilirubin, Calcium Ion, Total Carbon Dioxide Concentration, Lactate Dehydrogenase, Risk Factors, Nomogram, 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(acute pancreatitis, AP)是一项重要的公共卫生问题,其全球发病率逐年攀升,造成了显著的消化系统疾病负担,胰腺炎病情变化复杂,早期疾病进展难以预测,20%左右患者会演变为重症急性胰腺炎(severe acute pancreatitis, SAP),且重症急性胰腺炎患者病死率高达20%~30% [1]。目前,早期评估急性胰腺炎患者病情严重程度主要依赖于临床医师经验、胰腺炎患者临床表现、血清生物学标志物、影像学检查以及床边快速评分系统。但研究表明,尽管包括血细胞比容、血尿素氮、肌酐以及C反应蛋白在

内的多种炎症标志物等实验室指标可以用来帮助临床医生预测重症急性胰腺炎,但没有一项指标具有足够的准确性和持久性可以单独使用以预测胰腺炎病情严重程度[2]。而目前临床上常用的评分系统,如 Ranson 评分需要收集 48 小时完整数据,存在滞后性; APACHE II 评分内容过多,且操作复杂; CT 严重指数(CTSI)则依赖于增强 CT 侵入性检查[3]。而 CT 和/或 MRI 成像也无法可靠地确定急性胰腺炎在病程早期的严重程度,因为坏死通常在入院时不存在[2]。本研究通过回顾性分析急性胰腺炎患者的临床数据,构建了一个能够早期简便使用的列线图预测模型,并对该模型进行了内部验证。以期对急性胰腺炎患者早期分级诊疗提供循证医学依据、实施个体化治疗、改善急性胰腺炎患者预后。

2. 资料与方法

2.1. 临床资料

本研究回顾性分析了 2019 年 1 月至 2023 年 7 月我院收治的 499 例急性胰腺炎患者的临床资料。纳入标准: 1) 符合 2021 年中国急性胰腺炎诊治指南[4]的诊断标准; 2) 入院处于发病 48 小时内,并未在其他医院接受治疗; 3) 临床资料和治疗过程完整; 4) 患者年龄 ≥ 18 岁。排除标准: 1) 自身免疫性胰腺炎; 2) 慢性胰腺炎; 3) 存在其他明显影响急性胰腺炎治疗的疾病; 4) 已在其他医院或医疗机构接受过相关治疗; 5) 无法获得完整临床资料。6) 患者年龄 < 18 岁。

2.2. 病例分组

在《中国急性胰腺炎诊治指南(2021 年)》中根据 RCA 分级(修订的亚特兰大分级)将急性胰腺炎患者分为轻症急性胰腺炎(mild acute pancreatitis, MAP)、中重症胰腺炎(moderately severe acute pancreatitis, MSAP)和重症急性胰腺炎(severe acute pancreatitis, SAP)。根据该诊断和分类标准,本研究将所有患者分为非重症急性胰腺炎(MAP + MSAP)组和重症急性胰腺炎(SAP)组进行统计分析,其中非重症急性胰腺炎组共 349 例,其中男性 221 例,女性 128 例。重症胰腺炎组 150 例,其中男性 87 例,女性 63 例;两组间性别无统计学意义($P > 0.05$)。

2.3. 观察指标

收集各组患者的一般资料和入院后 48 h 内各项血清学指标,内容主要包括姓名、年龄、性别、致病因素、红细胞比容(HCT)、血小板计数(PLT)、谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)、总胆红素(TBil)、直接胆红素(DBil)、血清钙离子(Ca^{2+})、总二氧化碳浓度(TCO_2)、乳酸脱氢酶(LDH)、血尿酸(UA)、血肌酐(Crea)、血尿素氮(BUN)、凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、甘油三酯(TG)、胆固醇(TC)、血糖(BS)、糖化血红蛋白(HbA1c)。

2.4. 统计学方法

本研究应用 SPSS 27.0 及 R4.4.1 软件对收集的数据进行统计分析,对符合正态分布的计量资料采用成组 t 检验进行组间比较,并以 $\bar{x} \pm s$ (均数 \pm 标准差)来表示。非正态分布的计量资料则以中位数(上下四分位数) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 来表示,两组间比较则采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以频数(百分比) $[n/(%)]$ 表示,组间比较则采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 来表示两组间差异具有统计学意义。

首先,使用 SPSS 对全部变量进行单因素分析,将以 $P < 0.05$ 为标准的显著变量初步筛选出来;随后,为优化模型以防止其过度拟合,运用 R 语言软件将这些显著变量纳入 Lasso (惩罚性回归),以进行特征选择,去除噪音干扰;后将 Lasso 回归筛选出的变量纳入二元多因素 Logistics 回归模型,以确定影响急性胰腺炎患者病情进展的独立危险因素,最后,基于这些独立预测因素,运用 R 语言构建并可视化列

线图预测模型。并通过 H-L 检验模型拟合度、ROC 曲线分析模型预测价值、C-index 判断模型准确度、校准曲线分析模型可靠性，决策曲线分析模型的临床有效性。

3. 结果

3.1. 非重症急性胰腺炎组与重症急性胰腺炎组患者的一般资料比较

两组患者在年龄、谷草转氨酶(AST)、谷丙转氨酶(ALT)、总胆红素(TBil)、直接胆红素(DBil)、血肌酐(Crea)、血尿素氮(BUN)、凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、血清钙离子(Ca²⁺)、总二氧化碳浓度(TCO₂)、乳酸脱氢酶(LDH)、胆固醇(TC)、血糖(BS)、糖化血红蛋白(HbA1c)间差异具有统计学意义(P < 0.05)，两组患者在性别、致病因素、红细胞比容(HCT)、血小板计数(PLT)、谷丙转氨酶(ALT)、血尿酸(UA)、甘油三酯(TG)间差异均无统计学意义(P > 0.05)，见表 1、表 2。

Table 1. Comparison of baseline characteristics between the two groups

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(χ^2/Z)	P 值
性别(男/%)	221/128 (63.32%)	87/63 (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

Table 2. Comparison of laboratory results within 48 hours of admission between the two groups

表 2. 两组患者入院后 48 小时内检验结果比较

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
DBil (umol/L)	3.80 (2.10, 6.60)	5.80 (2.90, 12.45)	-3.952	<0.001
Crea (umol/L)	64.00 (50.00, 78.00)	74.50 (56.00, 134.25)	-4.886	<0.001
BUN (mmol/L)	4.98 (3.75, 6.36)	6.81 (4.37, 10.77)	-5.585	<0.001
PT (S)	11.20 (10.40, 11.90)	11.90 (10.80, 13.26)	-5.074	<0.001
APTT (S)	26.50 (24.90, 28.40)	28.25 (25.90, 31.65)	-4.542	<0.001
Ca (mmol/L)	2.20 (2.09, 2.31)	1.99 (1.73, 2.20)	-8.632	<0.001
TCO ₂ (mmol/L)	24.20 (22.05, 26.60)	21.95 (18.60, 25.13)	-5.556	<0.001
LDH (U/L)	195.00 (161.50, 248.50)	248.63 (189.40, 347.88)	-5.903	<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
BS (mmol/L)	7.16 (5.72, 10.10)	8.50 (6.18, 13.73)	-3.974	<0.001
HbA1c (%)	7.36 (5.74, 9.20)	6.17 (5.69, 8.06)	-2.679	0.007

3.2. Lasso 回归筛选变量

由单因素分析可知年龄、谷草转氨酶(AST)、总胆红素(TBil)、直接胆红素(DBil)、血肌酐(Crea)、血尿素氮(BUN)、凝血酶原时间(PT)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、钙离子(Ca^{2+})、总二氧化碳浓度(TCO_2)、乳酸脱氢酶(LDH)、胆固醇(CHO)、血糖(BS)、糖化血红蛋白(HbA1c)与 AP 病情严重程度相关, 差异具有统计学意义, 图 2 为 Lasso 十折交叉验证结果, 显示 $\log(\lambda)$ 下 Lasso 回归模型的二项式偏差, 用于选择最优 λ 值。最左边垂直虚线表示最小交叉验证误差的 Lambda 值, 即 Lambda.min。最右边垂直虚线表示 1 个标准误差规则的 Lambda 值, 即最简模型且性能 1 个标准误差内与最小误差模型相近的 Lambda 值, 称为 Lambda.1se。研究中通常选择 Lambda.1se, 这样构建的模型兼顾简洁性及可解释性, 因此, 本研究选择 Lambda.1se。使用 Lasso 进一步筛选单因素分析中具有统计学意义的变量, 筛选出 DBil、Crea、BUN、PT、Ca、 TCO_2 、LDH、BS、HbA1c 与早期重症急性胰腺炎预测相关(进行 Lasso 回归时, 因钙离子系数过大, 故将 Ca 数值*10 进行变量转换, 以改善变量的分布和尺度[5])。见图 1、图 2。

3.3. 将 Lasso 回归筛选确定的变量引入二元多因素 Logistic 回归模型

构建包含 DBil、Crea、BUN、PT、Ca、 TCO_2 、LDH、BS、HbA1c 的二元多因素 Logistic 回归分析模型, 该模型表明: 急性胰腺炎患者入院时 DBil、LDH 值升高、Ca、 TCO_2 值下降是非重症急性胰腺炎患者向重症急性胰腺炎病情进展的独立危险因素(详见表 3)。

3.4. 早期重症急性胰腺炎预测模型的构建及列线图展示

Logistic 回归分析显示, 非重症急性胰腺炎(NSAP)向重症转化的重要独立危险因素为: DBil ($P < 0.012$, OR = 1.013, 95%CI: 1.003~1.023)、 Ca^{2+} ($P < 0.001$, OR = 0.095, 95%CI: 0.039~0.229)、 TCO_2 ($P = 0.028$, OR = 0.939, 95%CI: 0.887~0.993)、LDH ($P < 0.001$, OR = 1.003, 95%CI: 1.002~1.005), DBil、LDH、Ca、 TCO_2 水平越高, 急性胰腺炎患者向重症急性胰腺炎进展的风险越大。

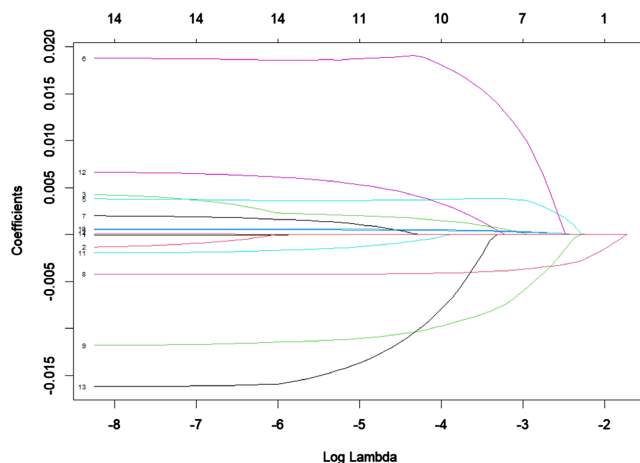


Figure 1. Lasso regression result 1
图 1. Lasso 回归结果 1

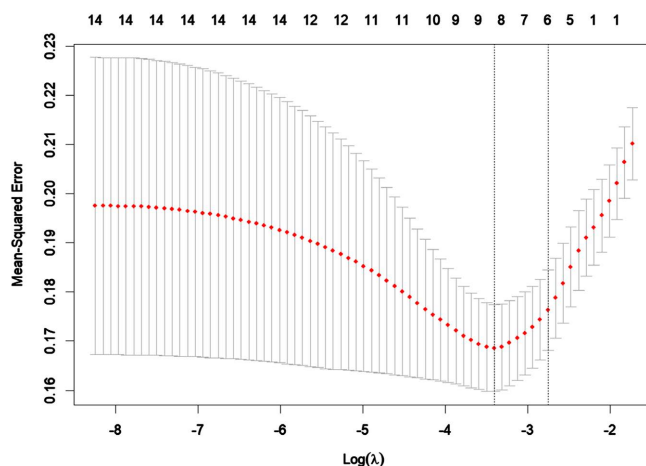


Figure 2. Lasso regression result 2

图 2. Lasso 回归结果 2

Table 3. Logistic regression analysis for the progression from non-SAP to SAP

表 3. 非 SAP 患者演变为 SAP 的 Logistic 回归分析结果

变量	回归系数	比值比	95%置信区间	P 值
DBil	0.013	1.013	1.003~1.023	0.012
Crea	0.003	1.003	1.000~1.007	0.070
BUN	0.015	1.015	0.968~1.065	0.535
PT	0.120	1.128	0.993~1.281	0.064
Ca	-2.359	0.095	0.039~0.229	<0.001
TCO ₂	-0.063	0.939	0.887~0.993	0.028
LDH	0.003	1.003	1.002~1.005	<0.001
BS	0.036	1.037	0.986~1.090	0.162
HbA1c	-0.110	0.895	0.793~1.011	0.0074

依据上述二元多因素 Logistic 回归所得的独立危险因素,利用 R 软件 4.4.1 版本构建预测模型并绘制动态列线图,如图 3 所示,根据各变量在列线图上的赋值,确定每个变量的得分,然后将所对应的分数相加,即可得到总分,依据总分轴即可得到早期重症胰腺炎的预测概率。为了列线图可视化,我们将列线图整合到了一个可以免费访问的网页,借此可以得出急性胰腺炎患者演变为重症急性胰腺炎的概率及其 95%的可信区间。具体操作为:在联网的设备上输入网址(<https://112345012032.shinyapps.io/dynomapp/>),再输入临床获得的 DBil、LDH、Ca 及 TCO₂ 值,即可得到发生重症急性胰腺炎的概率(图 4)。

3.5. 早期重症急性胰腺炎预测模型的评价

由图 5 可知,该模型性能经评估,其 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.827,且 C 检验参数为 0.827, C 检验参数大于 0.7,表示其具有良好的预测准确性与应用参考价值。如图 6 校准曲线所示,该预测模型校准曲线接近对角线,表明该模型具有良好的校准度与拟合优度(Hosmer-Lemeshow 检验: $\chi^2 = 25.104$, $P = 0.1221$), P 值大于 0.05,表明该模型有较高的预测价值。由图 7 预测模型决策曲线可知,在 0~72%的广泛阈值范围内,应用该列线图能获得显著高于“全部干预”(ALL)方案的临床获益率,表明该模型具有良好的临床有效性。

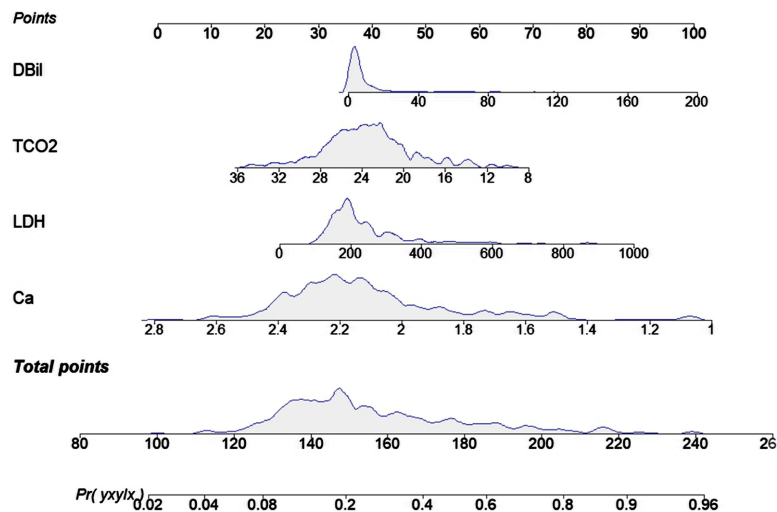


Figure 3. Nomogram for clinical application
图 3. 列线图的临床应用

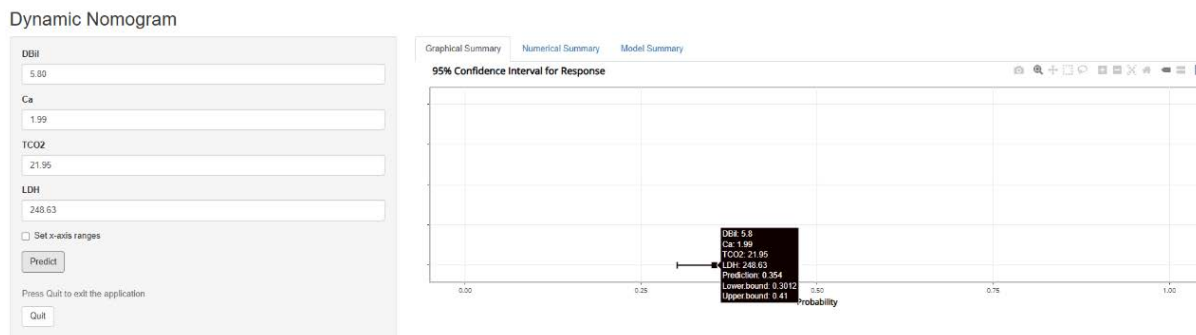


Figure 4. Dynamic nomogram for the progression from non-severe acute pancreatitis to severe acute pancreatitis
图 4. 非重症急性胰腺炎患者演变为重症急性胰腺炎的动态列线图

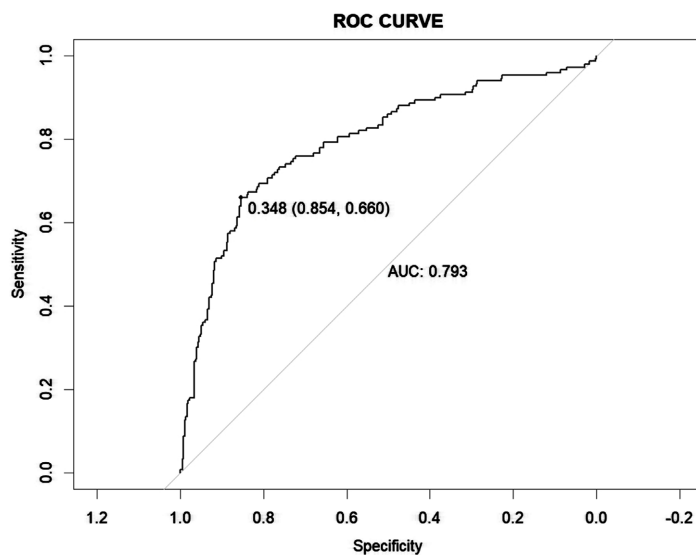


Figure 5. ROC curve of the prediction model for severe acute pancreatitis
图 5. 重症急性胰腺炎预测模型的 ROC 曲线

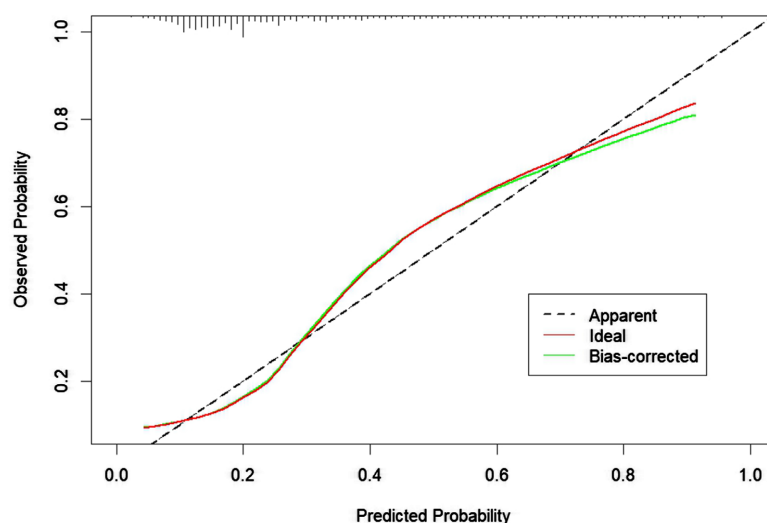


Figure 6. Calibration curve of the prediction model for severe acute pancreatitis
图 6. 重症急性胰腺炎预测模型校准曲线

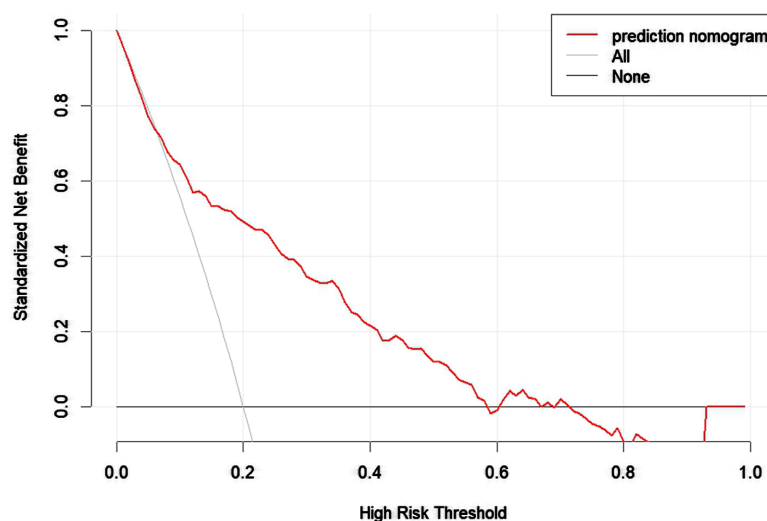


Figure 7. Decision curve of the prediction model for severe acute pancreatitis
图 7. 重症急性胰腺炎预测模型决策曲线

4. 讨论

急性胰腺炎(AP)是一种胰腺炎症,组织学上主要以腺泡细胞破坏为特征,是临床上急诊入院常见的疾病之一[6]。急性胰腺炎按严重程度可分为三类:轻症(MAP)无器官衰竭及并发症,死亡率低;中度重症(MSAP)伴短暂(<48 h)器官衰竭或并发症,死亡率 <5%;重症(SAP)则存在持续器官衰竭,死亡率显著增高,且重症患者病情常进展迅速,且疾病进展情况难以预测,可导致多器官功能持续衰竭(>48 h)甚至死亡,病死率在 36%~50% [7]。

乳酸脱氢酶(LDH)是一种细胞质酶,其主要出现于骨骼肌、心肌、肾脏中,其次见于肝、脾、胰腺、肺及肿瘤组织。人血清中含有 5 种同工酶;LDH1 和 LDH2 主要来自于心肌,LDH3 主要来源于肺、脾;LDH4 和 LDH5 (特别是 LDH5)主要来源于肝脏和骨骼肌[8]。Tian 等研究表明,当 $LDH \geq 273.04$ U/L 时,预测 SAP 的 AUC 为 0.919 (敏感度 82.7%, 特异度 96%),这表明 LDH 是重症急性胰腺炎的可靠预测因

子[9]。Huang 等指出, 胰腺炎并发症导致 LDH 升高可通过以下因素部分解释, 例如, 胸腔积液、腹水和急性肾损伤等急性胰腺炎并发症常伴有炎症反应, 可导致细胞损伤和坏死, 导致 LDH 释放进入血清, 从而提高血清 LDH 水平[10]。另外, Chen 等研究发现, 重症急性胰腺炎患者 LDH 升高的主要来源可能是肝脏, 而不是胰腺, 这表明胰腺炎患者 LDH 升高可能是源于肾脏并发症的产生[11]。

钙是人体内不可缺少的元素之一, 主要分布在人体内的牙齿和骨骼中, 少量以结合钙和游离钙的形式存在于血浆中, 虽然存在于血液中的钙占总体的比例极少, 但其对机体有极其关键的作用[12]。Peng 等研究表明, 入院时血清钙与急性胰腺炎中持续性器官衰竭独立相关, 可作为预测重症急性胰腺炎的独立危险因素。原因可能与急性应激障碍患者儿茶酚胺的增加, 促进血钙向细胞内转移, 从而形成相对性低钙[13]。Mukherjee 等研究表明, 胰腺细胞内液中钙离子过多会诱导酶的过早激活、线粒体功能障碍、细胞自噬受损、细胞空泡化、细胞坏死, 这些都会导致急性胰腺炎的发生[14]。付等研究表明, 血清钙离子下降与胰腺坏死具有正相关关系, 原因可能为急性胰腺炎释放的脂肪酶对自身脂肪组织的分解产生脂肪酸, 而脂肪酸会与血钙结合形成脂肪酸钙并于胰腺表面沉积[15]。

血清总二氧化碳(TCO₂)是血液中所有形式二氧化碳(包括碳酸氢盐、溶解的 CO₂ 和碳酸)的总量, 主要反映血液中碳酸氢盐(HCO₃⁻)的浓度, 用于评估酸碱平衡和电解质状态, 可用于协助诊断机体酸碱失衡。刘等研究表明重症急性胰腺炎早期可伴发急性肺损伤(ALI), 动脉血气分析提示, 合并有急性肺损伤的急性胰腺炎患者, 约 83%有程度不同低氧血症和各种类型的酸碱平衡紊乱发生[16]。另外, 约 23%重症急性胰腺炎患者可出现急性肾衰竭[17]。陈等研究指出, 酸中毒是急性肾功能衰竭的常见并发症, 急性肾功能衰竭进展期因肺和肾代偿能力不足, 致 HCO₃⁻ 浓度降低, 进而 pH 值下降; 早期关注 HCO₃⁻ 浓度下降并对症治疗有助于改善 ARF 的预后[18]。廖等研究指出, 急性胰腺炎患者由于应激, 胰腺细胞中胰岛素分泌会受到抑制; 而其他升糖激素, 如胰高血糖素、糖皮质激素等分泌会增多。而胰岛素的缺乏, 会使机体在代谢过程中脂肪分解相对增加, 从而导致酮体浓度升高, 导致机体出现酮症酸中毒, 进而导致血清 HCO₃⁻ 浓度降低[19]。

胆红素主要由肝、脾和骨髓的单核巨噬细胞系统, 在处理衰老血细胞的过程中产生, 其可在血液中可与清蛋白结合形成复合物, 称为非结合胆红素, 又称间接胆红素。间接胆红素在肝细胞内与葡萄糖醛酸结合生成结合胆红素, 又称直接胆红素[20]。急性胰腺炎患者, 如合并胆管炎、直接胆红素升高与胆总管扩张, 且伴有胆总管下段结石或胆囊内微小结石(直径 <0.5 cm), 即可考虑诊断为急性胆源性胰腺炎。王等研究指出, 胆囊结石及胆总管结石可致急性胰腺炎的发生[21]。目前饮酒已成为继胆道疾病、高脂血症后, 第三位引起急性胰腺炎的病因, 酗酒所致重症急性胰腺炎占比约 9% [6]。揭等研究指出, 机体在长期或高剂量乙醇负荷下, 其氧化 - 抗氧化系统将会严重失衡, 其核心表现为肝脏的严重氧化损伤, 进而导致血清胆红素的升高[22]。

近年来, 国内外学者不断探索 SAP 的早期预测模型。传统评分如 Ranson 评分、APACHEII、CTSI 等因操作复杂、需动态数据或有创检查而应用受限。单一生物标志物如 CRP、PCT、IL-6 等虽有一定价值, 但敏感度或特异度不足。例如, 一项 meta 分析显示 CRP 预测 SAP 的汇总敏感度 0.80, 特异度 0.76, AUC 约 0.82 [23]。降钙素原(PCT)预测 SAP 的 AUC 为 0.87~0.91 [24], 但 PCT 检测成本较高, 基层医院普及困难。近年来基于机器学习的模型逐渐增多, 如 Cisnal 等采用 XGBoost 算法建立的模型 AUC 达 0.89~0.94 [25], 史晨媛等同样利用随机森林模型预测 AP 合并器官功能衰竭, 并发现钙、LDH 是重要的区分特征 [26]。本研究仅纳入 4 个常规生化指标, 通过 LASSO 回归和 Logistic 回归筛选, 构建了简洁的列线图, AUC 为 0.827, 敏感度 66.0%, 特异度 85.4%, 与上述模型性能相当, 且指标获取便捷、成本低廉, 适合急诊早期快速评估。此外, 本研究将列线图转化为网页计算器, 极大方便了临床使用。

本研究仍存在一定的局限性, 首先, 本研究为单中心、回顾性研究, 存在一定的偏倚, 无法证明模

型在其他机构、地域或人群中的适用性。尚需要进一步的多中心、前瞻性研究、大数据来验证,以达到临床适用的普遍性。未来可以与其他医疗机构合作,获取独立外部数据集对模型进一步验证。另外,本预测模型基于单一数据库构建,其建模数据与内部验证数据均源自该库。目前已完成内部验证,后续有待通过外部数据进一步评估其普适性,进一步评估模型性能。

5. 结论

本研究通过回顾性分析 499 例急性胰腺炎患者的临床资料,采用 LASSO 回归联合多因素 Logistic 回归筛选变量,发现血清直接胆红素(DBil)、钙(Ca)、总二氧化碳(TCO₂)及乳酸脱氢酶(LDH)是重症急性胰腺炎的独立危险因素。基于上述 4 项常规生化指标构建的列线图预测模型,其 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.827,敏感度 66.0%,特异度 85.4%,且经校准曲线与决策曲线证实具有良好的校准度与临床净获益。该模型仅纳入临床易获取的指标,具有简便、经济、可量化的优点,并已转化为在线网页计算器(<https://112345012032.shinyapps.io/dynnomapp/>),可为急诊早期快速评估急性胰腺炎患者进展为重症急性胰腺炎的风险提供参考,有助于实施分级诊疗和个体化治疗。然而,本研究为单中心回顾性设计,存在一定选择偏倚,模型的外推性有待多中心前瞻性研究进一步验证。未来可联合外部数据验证模型性能,并探索指标动态变化对预测效能的影响。

声明

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: YX2025-311),严格遵循《赫尔辛基宣言》伦理准则及医学研究伦理规范,由于回顾性研究的非侵入性和匿名性,因此经伦理委员会同意豁免患者知情同意。研究所收集到的资料均作研究使用,绝不外传,研究中获取的资料严格保密,患者姓名一律用编号代替。本研究仅采用患者的病历资料收集数据,不会对研究对象造成伤害。

参考文献

- [1] Working Group IAP/APA Acute Pancreatitis Guidelines (2013) IAP/APA Evidence-Based Guidelines for the Management of Acute Pancreatitis. *Pancreatology*, **13**, e1-15.
- [2] Tenner, S., Baillie, J., DeWitt, J. and Vege, S.S. (2013) American College of Gastroenterology Guideline: Management of Acute Pancreatitis. *American Journal of Gastroenterology*, **108**, 1400-1415. <https://doi.org/10.1038/ajg.2013.218>
- [3] 王敏, 葛秋霞, 徐艳, 等. 基于实验室指标预测急性胰腺炎严重程度模型的建立及验证[J]. 标记免疫分析与临床, 2025, 32(7): 1492-1499.
- [4] 中华医学会外科学分会胰腺外科学组. 中国急性胰腺炎诊治指南(2021) [J]. 浙江实用医学, 2021, 26(6): 511-519+535.
- [5] Fox, J. (2008) *Applied Regression Analysis and Generalized Linear Models*. Sage.
- [6] 王国兴, 肖红丽, 任恩峰. 急性胰腺炎急诊诊断及治疗专家共识[J]. 临床肝胆病杂志, 2021, 37(5): 1034-1041.
- [7] 冷芳, 杨力, 常志刚, 等. 急性胰腺炎分类——2012: 亚特兰大分类和定义修订的国际共识[J]. 临床肝胆病杂志, 2013, 29(4): 322-328.
- [8] Bishop, M.L., Fody, E. and Schoeff, L. (2009) *Clinical Chemistry: Techniques, Principles, Correlations*. Lippincott Williams and Wilkins.
- [9] Tian, F., Li, H., Wang, L., Li, B., Aibibula, M., Zhao, H., *et al.* (2020) The Diagnostic Value of Serum C-Reactive Protein, Procalcitonin, Interleukin-6 and Lactate Dehydrogenase in Patients with Severe Acute Pancreatitis. *Clinica Chimica Acta*, **510**, 665-670. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2020.08.029>
- [10] Huang, D.N., Zhong, H.J., Cai, Y.L., Xie, W. and He, X. (2022) Serum Lactate Dehydrogenase Is a Sensitive Predictor of Systemic Complications of Acute Pancreatitis. *Gastroenterology Research and Practice*, **2022**, Article ID: 1131235. <https://doi.org/10.1155/2022/1131235>
- [11] Chen, C.C., Wang, S.S., Chao, Y., Lu, C., Lee, S., Tsai, Y., *et al.* (1992) C-Reactive Protein and Lactate Dehydrogenase Isoenzymes in the Assessment of the Prognosis of Acute Pancreatitis. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, **7**,

- 363-366. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1746.1992.tb00998.x>
- [12] 朱茂臻. 急性胰腺炎并发急性肾损伤危险因素的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 大理: 大理大学, 2024.
- [13] Peng, T., Peng, X., Huang, M., Cui, J., Zhang, Y., Wu, H., *et al.* (2017) Serum Calcium as an Indicator of Persistent Organ Failure in Acute Pancreatitis. *The American Journal of Emergency Medicine*, **35**, 978-982. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2017.02.006>
- [14] Mukherjee, R., Mareninova, O.A., Odinkova, I.V., Huang, W., Murphy, J., Chvanov, M., *et al.* (2015) Mechanism of Mitochondrial Permeability Transition Pore Induction and Damage in the Pancreas: Inhibition Prevents Acute Pancreatitis by Protecting Production of ATP. *Gut*, **65**, 1333-1346. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2014-308553>
- [15] 付率更, 薛吉山, 李宪. 钙离子、C 反应蛋白、降钙素原和免疫球蛋白在急性胰腺炎转归中的意义[J]. 中国社区医师, 2022, 38(22): 79-81.
- [16] 刘亚光, 潘建军, 牛力春, 等. 重症急性胰腺炎并发急性肺损伤 18 例报告[J]. 中国普通外科杂志, 2002(3): 182-184.
- [17] 潘素琼, 梁仲惠, 谢纹, 等. 急性胰腺炎并糖尿病酮症酸中毒及肝肾消化道损害 2 例[J]. 现代中西医结合杂志, 2004(14): 1919-1920.
- [18] 陈罡, 叶文玲, 秦岩, 等. 老年急性肾衰竭患者临床特点分析[J]. 中国血液净化, 2016, 15(3): 164-167.
- [19] 廖二元, 超楚生. 内分泌学. 下册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2001.
- [20] Khonsary, S. (2017) Guyton and Hall: Textbook of Medical Physiology. *Surgical Neurology International*, **8**, Article No. 275. https://doi.org/10.4103/sni.sni_327_17
- [21] 王海, 胥明, 陈曲. 急性胆源性胰腺炎的病因学研究进展[J]. 国际消化病杂志, 2018, 38(1): 16-18.
- [22] 揭琴丰, 邓玥, 莫景福, 等. 槲皮素拮抗酒精性肝损伤中胆红素的介导效应[J]. 营养学报, 2010, 32(6): 528-531.
- [23] Capurso, G., Ponz de Leon Pisani, R., Lauri, G., Archibugi, L., Hegyi, P., Papachristou, G.I., *et al.* (2023) Clinical Usefulness of Scoring Systems to Predict Severe Acute Pancreatitis: A Systematic Review and Meta-Analysis with Pre and Post-Test Probability Assessment. *United European Gastroenterology Journal*, **11**, 825-836. <https://doi.org/10.1002/ueg2.12464>
- [24] Hagjer, 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.ijso.2018.04.026>
- [25] Císal, A., Ruiz Rebollo, M.L., Flórez-Pardo, C., Matesanz-Isabel, J., Pérez Turiel, J. and Fraile, J.C. (2026) Improved Early Prediction of Acute Pancreatitis Severity Using SHAP-Based XGBoost Model: Beyond Traditional Scoring Systems. *Digestive and Liver Disease*, **58**, 104-112. <https://doi.org/10.1016/j.dld.2025.10.017>
- [26] 史晨媛, 张以罡, 童波, 等. 基于机器学习建立急性胰腺炎合并器官功能衰竭的临床预测模型[J]. 中华急诊医学杂志, 2025, 34(12): 1774-1781.