

术前NLR联合对数转换降钙素原(log(PCT)) 预测急性重度胆囊炎的价值

任定宇*, 王佳乐, 凌克旺, 童朝刚#

安徽医科大学第四附属医院肝胆外科, 安徽 巢湖

收稿日期: 2026年2月28日; 录用日期: 2026年3月23日; 发布日期: 2026年3月31日

摘要

目的: 探讨对数转换降钙素原(log(PCT))和中性粒细胞-淋巴细胞比值(NLR)单独及联合应用对急性重度胆囊炎的预测价值。方法: 回顾性纳入2018年1月至2023年1月本院确诊的急性胆囊炎患者200例, 根据东京指南(TG18)严重程度标准分为重度组(58例)和非重度组(142例)。收集患者入院时的PCT、NLR等临床资料。采用单因素及多因素Logistic回归分析筛选急性重度胆囊炎的独立预测因素, 并通过受试者工作特征(ROC)曲线评估各指标及联合模型的预测效能。通过决策曲线(Decision Curve Analysis, DCA)分析评估该联合模型在不同阈值概率下的临床净获益。结果: 重度组患者的log(PCT)、NLR水平显著高于非重度组($P < 0.001$)。多因素Logistic回归分析显示, 校正混杂因素后, log(PCT)和NLR是急性重度胆囊炎的独立预测因子(OR = 1.343, 95% CI: 1.020~1.769, $P = 0.036$; OR = 1.117, 95% CI: 1.025~1.217, $P = 0.011$)。ROC曲线分析显示, log(PCT)、NLR及联合模型(log(PCT) + NLR)预测急性重度胆囊炎的曲线下面积(AUC)分别为0.804、0.830和0.851。联合模型的AUC显著高于任一单一指标(DeLong检验, P 均 < 0.05), 其敏感度和特异度分别为77.6%和81.0%。决策曲线分析显示, 在0.05~0.70的阈值概率范围内, 联合模型的平均净获益为0.136, 高于单用log(PCT) (0.118)和NLR (0.114)。结论: log(PCT)和NLR是急性重度胆囊炎的独立预测因子, 由log(PCT)和NLR构成的联合预测模型能更有效地预测急性重度胆囊炎的发生, 有助于临床早期识别高风险患者并指导治疗决策。决策曲线分析显示, 在广泛的阈值概率范围内(0.06~0.98), 该联合模型均优于“全部治疗”和“不治疗”策略, 证实了其良好的临床实用性。

关键词

急性胆囊炎, 严重程度, 对数转换, 降钙素原, 中性粒细胞-淋巴细胞比值

Value of Preoperative NLR Combined with log-Transformed Procalcitonin (log(PCT)) in Predicting Severe Acute Cholecystitis

Dingyu Ren*, Jiale Wang, Kewang Ling, Chaogang Tong#

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 任定宇, 王佳乐, 凌克旺, 童朝刚. 术前 NLR 联合对数转换降钙素原(log(PCT))预测急性重度胆囊炎的价值[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 570-579. DOI: 10.12677/acm.2026.1641282

Abstract

Objective: To investigate the predictive value of log-transformed procalcitonin (log(PCT)) and neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), both individually and in combination, for severe acute cholecystitis. **Methods:** A total of 200 patients diagnosed with acute cholecystitis at our hospital from January 2018 to January 2023 were retrospectively enrolled. According to the severity criteria of Tokyo Guidelines 2018 (TG18), patients were divided into severe group ($n = 58$) and non-severe group ($n = 142$). Clinical data including PCT and NLR at admission were collected. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were performed to identify independent predictors of severe acute cholecystitis, and receiver operating characteristic (ROC) curves were used to evaluate the predictive efficacy of each indicator and the combined model. The clinical net benefit of the combined model at different threshold probabilities was evaluated using Decision Curve Analysis (DCA). **Results:** The severe group exhibited significantly elevated log(PCT) and NLR levels compared to the non-severe group (both $P < 0.001$). Following adjustment for confounders, multivariate Logistic regression identified log(PCT) and NLR as independent predictors of severe acute cholecystitis (OR = 1.343, 95% CI: 1.020~1.769, $P = 0.036$; and OR = 1.117, 95% CI: 1.025~1.217, $P = 0.011$). ROC analysis demonstrated AUCs of 0.804, 0.830, and 0.851 for log(PCT), NLR, and their combination, respectively. The combined model significantly outperformed individual markers (DeLong's test, all $P < 0.05$), achieving 77.6% sensitivity and 81.0% specificity. Decision curve analysis demonstrated that within the threshold probability range of 0.05~0.70, the combined model achieved a mean net benefit of 0.136, which was superior to that of log(PCT) alone (0.118) and NLR alone (0.114). **Conclusion:** Both log(PCT) and NLR are independent predictors of severe acute cholecystitis. The combined prediction model constructed with log(PCT) and NLR can more effectively predict the occurrence of severe acute cholecystitis, facilitating early identification of high-risk patients and guiding clinical treatment decisions. Decision curve analysis demonstrated that the combined model outperformed both the "treat-all" and "treat-none" strategies across a wide range of threshold probabilities (0.06~0.98), confirming its favorable clinical utility.

Keywords

Acute Cholecystitis, Severity, log-Transformation, Procalcitonin, Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio

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

急性胆囊炎是胆石症最常见的急性并发症，急性胆囊炎的发病率在全球范围内呈逐年上升趋势[1]。据数据统计，西方国家每 100 个成年人中就有 10~15 个人会患有胆石症，而这些人中每年约有 1% 至 4% 的会进展为急性胆囊炎[2]。随着人口老龄化和肥胖率的上升，急性胆囊炎的发病率还在逐年递增，给全球医疗系统带来了沉重的负担和挑战[3]。在中国，不同地域之间胆石症的患病率也不同，西北地区患病率高于东南沿海地区，这可能与饮食习惯、遗传因素和地理环境有关[4]。中性粒细胞/淋巴细胞比值 (Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio, NLR) 是一种快速、简便的炎症指标[5]。急性胆囊炎的流行病学特征在不

同地区和人群中存在显著差异,探究了解这些差异对于制定针对性的预防和治疗措施具有重要意义。NLR 综合反映了中性粒细胞和淋巴细胞之间的平衡状态,能够更全面地对机体的炎症状态做出评估。中性粒细胞是急性炎症反应的主要效应细胞,在细菌感染时迅速聚集到炎症部位,释放炎症介质和活性氧,参与病原体清除。淋巴细胞则代表机体的适应性免疫功能和抗炎调节能力。在严重感染和炎症状态下,中性粒细胞显著升高而淋巴细胞减少,导致 NLR 显著升高[6]。法区分细菌感染与非感染性炎症、在某些特殊人群(如免疫抑制患者)中的应用受限等[7]。

降钙素原(Procalcitonin, PCT)是细菌感染的重要标志物,其血清水平在细菌感染后 2 至 4 小时内迅速升高,6 至 8 小时达到峰值[8]。PCT 是由甲状腺 C 细胞、肝脏、肾脏、肺和脂肪组织等多种组织产生的降钙素前体蛋白。在生理状态下,PCT 水平极低(<0.05 ng/mL)。在细菌感染时,细菌内毒素和炎症细胞因子(如 IL-1 β 、IL-6、TNF- α)可诱导这些组织大量产生和释放 PCT,导致血清 PCT 水平迅速升高[9]。PCT 的半衰期约为 25 至 30 小时,这一特性使其能够反映持续的细菌感染状态。当感染得到控制后,PCT 水平会迅速下降,因此 PCT 的动态监测可用于评估治疗效果和指导治疗决策[10]。鉴于 PCT 在生理状态下水平极低而在严重感染时可升高数百倍,呈明显右偏态分布,本研究采用对数转换后的 PCT ($\log(\text{PCT})$) 进行统计分析,以改善数据正态性、降低极端值影响,并更符合感染标志物的指数增长生物学特性。目前,关于 NLR 联合 $\log(\text{PCT})$ 预测急性胆囊炎严重程度的价值的研究相对较少。

因此,本研究旨在通过回顾性分析,探讨 $\log(\text{PCT})$ 和 NLR 单独及联合应用对急性重度胆囊炎的预测效能,以期为临床早期风险分层提供更有效的工具。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

采用回顾性队列研究方法,连续纳入 2018 年 1 月至 2023 年 1 月于我院肝胆外科住院治疗的急性胆囊炎患者。纳入标准:1) 年龄 ≥ 18 岁;2) 符合 TG18 对急性胆囊炎的诊断标准;3) 入院 24 小时内完成血常规及 PCT 检测。排除标准:1) 合并其他急性感染性疾病;2) 血液系统疾病、自身免疫性疾病或恶性肿瘤;3) 长期使用免疫抑制剂;4) 临床资料不全。本研究经医院伦理委员会审核批准,免除患者知情同意。

2.2. 分组与数据收集

根据 TG18 严重程度分级标准,将患者分为重度组(III 级,坏疽性或穿孔性胆囊炎并伴有功能障碍)和非重度组(I 级和 II 级,轻中度胆囊炎)。通过医院电子病历系统收集患者资料,包括:人口学特征(年龄、性别)、合并症(高血压、糖尿病、心脏病、脑血管病)、急诊入院比例、实验室指标[PCT、白细胞计数(WBC)、中性粒细胞计数(NEU)、淋巴细胞计数(LYM)、血小板计数(PLT)等]。根据检测结果计算 NLR (NEU/LYM)。

2.3. 统计学方法

采用 SPSS 27.0 软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差表示,组间比较采用独立样本 t 检验;非正态分布计量资料以中位数(四分位数间距) [M (IQR)] 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数(百分比)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。由于 PCT 呈偏态分布,分析前对其进行以 10 为底的对数转换 [$\log(\text{PCT} + 0.001)$]。采用单因素 Logistic 回归分析筛选潜在预测因子,采用 SPSS 软件进行共线性诊断(VIF 和容忍度)。在将高度共线性(VIF > 10)的指标剔除后,将 $P < 0.1$ 的变量纳入多因素 Logistic 回归分析(向前 LR 法),以确定急性重度胆囊炎的独立预测因素,并计算比值比(OR)及其 95% 置信区间(CI)。通过绘制 ROC 曲线并计算曲线下面积(AUC)评估各指标

及联合模型的预测效能, AUC 比较采用 DeLong 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。决策曲线分析 (Decision Curve Analysis, DCA) 用于评估预测模型的临床实用性。通过计算不同阈值概率 (threshold probability) 下的净获益 (net benefit), 比较联合预测模型、单一指标及极端策略 (全部治疗 vs. 不治疗) 的临床价值。净获益计算公式为: $\text{Net Benefit} = (\text{TP}/n) - (\text{FP}/n) \times [\text{pt}/(1 - \text{pt})]$, 其中 TP 为真阳性数, FP 为假阳性数, n 为总样本数, pt 为阈值概率。

3. 结果

3.1. 患者临床资料比较

共纳入 200 例患者, 其中重度组 58 例 (29.4%), 非重度组 142 例 (70.6%)。两组患者在性别分布、高血压、心脏病、糖尿病、脑血管病病史及急诊入院比例、BMI 等方面差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。重度组患者的年龄显著长于非重度组 ($P < 0.01$)。在实验室指标方面, 两组间红细胞、血红蛋白、红细胞压积、总蛋白、血小板、谷丙转氨酶、谷草转氨酶、谷草/谷丙转氨酶比值、谷氨酰基转氨酶、总胆红素、肌酐及血磷等指标差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。 ($P > 0.05$)。重度组患者的 log(PCT)、白细胞计数、单核细胞计数、白球比例、凝血酶原时间、纤维蛋白原、凝血酶原活动度、凝血酶时间、血钠、血氯、阴离子间隙、NLR 和 PLR 水平均显著高于非重度组 ($P < 0.001$), 而白蛋白、总胆汁酸、球蛋白、活化部分凝血活酶时间、血钾、二氧化碳结合率、尿酸、尿素及血钙水平显著低于非重度组 ($P < 0.05$) (表 1, 表 2)。

Table 1. Comparison of baseline characteristics between the two groups

表 1. 两组患者基线特征比较

指标	重度胆囊炎组 (n = 58)	轻、中度胆囊炎组 (n = 142)	$\chi^2/t/z$ 值	P 值
性别 (%)			3.171	0.075
男	30 (51.7)	54 (38.0)		
女	28 (48.3)	88 (62.0)		
高血压 (%)			2.061	0.151
是	37 (63.8)	105 (73.9)		
否	21 (36.2)	37 (26.1)		
心脏病 (%)			0.676	0.411
是	55 (94.8)	138 (97.2)		
否	3 (5.2)	4 (2.8)		
糖尿病 (%)			3.616	0.057
是	46 (79.3)	127 (89.4)		
否	12 (20.7)	15 (10.6)		
脑血管病 (%)			0.953	0.329
是	52 (89.7)	133 (93.7)		
否	6 (10.3)	9 (6.3)		
急诊 (%)			0.732	0.392
是	30 (51.7)	64 (45.1)		
否	28 (48.3)	78 (54.9)		
BMI (kg/m ²)	24.21 ± 3.33	24.38 ± 3.06	0.350	0.727
年龄 (岁)	70.50 (59.75, 76.00)	54.00 (43.75, 68.25)	-4.809	<0.001

Table 2. Comparison of laboratory parameters between severe and non-severe groups
表 2. 严重组与非严重组的实验室参数对比

指标	重度胆囊炎组(n = 58)	轻、中度胆囊炎组(n = 142)	$\chi^2/t/z$ 值	P 值
红细胞($10^{12}/L$)	4.37 ± 0.52	4.49 ± 0.56	1.402	0.162
血红蛋白(g/L)	131.00 ± 15.82	134.85 ± 16.73	1.500	0.135
红细胞压积(%)	39.59 ± 4.41	40.75 ± 4.61	1.636	0.103
总蛋白(g/L)	74.28 ± 9.40	75.24 ± 6.79	0.703	0.484
球蛋白(g/L)	31.96 ± 6.16	30.12 ± 4.93	-2.025	0.046
尿酸($\mu\text{mol}/L$)	272.72 ± 74.63	306.54 ± 90.30	2.520	0.013
钙(mmol/L)	2.25 ± 0.16	2.33 ± 0.12	3.582	<0.001
二氧化碳结合率(mmol/L)	23.98 ± 3.27	25.07 ± 2.70	2.422	0.016
log(PCT)	-1.37 (-2.62, 0.42)	-3.23 (-3.65, -2.55)	-6.752	<0.001
白细胞计数($10^9/L$)	13.30 (9.71, 15.62)	7.98 (6.21, 10.31)	-6.886	<0.001
单核细胞计数($10^9/L$)	0.60 (0.43, 0.90)	0.40 (0.30, 0.53)	-4.598	<0.001
血小板($10^9/L$)	183.00 (135.00, 241.25)	186.00 (151.75, 240.00)	-0.708	0.479
谷丙转氨酶(U/L)	28.00 (19.00, 55.00)	33.00 (19.00, 97.25)	-1.346	0.178
谷草转氨酶(U/L)	28.50 (20.75, 65.00)	28.00 (21.00, 89.75)	-0.749	0.454
谷草/谷丙转移酶	1.03 (0.85, 1.31)	1.01 (0.70, 1.33)	-0.831	0.406
谷氨酰基转移酶(U/L)	38.50 (20.50, 92.25)	38.50 (21.75, 183.75)	-0.988	0.323
总胆汁酸($\mu\text{mol}/L$)	6.00 (3.08, 12.23)	4.05 (2.20, 7.70)	-2.213	0.027
总胆红素($\mu\text{mol}/L$)	23.45 (15.45, 33.55)	19.10 (14.00, 31.20)	-1.287	0.198
白蛋白(g/L)	44.00 (39.20, 46.85)	45.25 (42.20, 48.13)	-2.698	0.007
白球比例	1.38 (1.19, 1.54)	1.53 (1.33, 1.68)	-3.487	<0.001
尿素(mmol/L)	5.65 (4.50, 7.60)	5.00 (4.00, 6.20)	-2.654	0.008
肌酐($\mu\text{mol}/L$)	63.50 (53.75, 77.00)	58.50 (48.75, 73.33)	-1.771	0.077
钾(mmol/L)	3.80 (3.58, 4.09)	3.90 (3.70, 4.20)	-1.974	0.048
钠(mmol/L)	138.50 (136.28, 140.20)	140.65 (138.80, 142.13)	-4.634	<0.001
氯(mmol/L)	102.25 (99.98, 104.78)	105.10 (103.00, 107.00)	-5.013	<0.001
磷(mmol/L)	1.03 (0.91, 1.16)	1.09 (0.92, 1.23)	-1.628	0.104
阴离子间隙(mmol/L)	11.60 (10.30, 13.63)	10.15 (8.80, 11.80)	-3.676	<0.001
凝血酶时间(sec)	11.25 (10.60, 12.43)	10.75 (10.40, 11.10)	-4.099	<0.001
凝血酶原活动度(%)	89.50 (78.18, 95.40)	94.70 (88.95, 102.20)	-3.595	<0.001
活化部分凝血活酶时间(sec)	28.20 (25.85, 30.60)	26.95 (25.40, 28.83)	-2.895	0.004
纤维蛋白原(g/L)	5.14 (4.01, 6.45)	3.30 (2.80, 4.18)	-6.496	<0.001
凝血酶时间(sec)	16.85 (15.90, 18.13)	18.00 (17.10, 19.00)	-4.986	<0.001
NLR	12.33 (8.13, 17.58)	4.21 (2.21, 7.66)	-7.321	<0.001
PLR	189.80 (156.47, 255.18)	136.43 (104.94, 197.25)	-4.025	<0.001

3.2. 急性重度胆囊炎预测因素的单因素及多因素 Logistic 回归分析

单因素 Logistic 回归分析显示, 年龄、糖尿病、NLR、log(PCT)、白细胞计数、淋巴细胞计数、凝血酶原时间、活化部分凝血活酶时间、纤维蛋白原、白蛋白、尿素与重度胆囊炎相关($P < 0.10$) (表 3)。为避免多重共线性, 采用 SPSS 软件进行共线性诊断(VIF 和容忍度), 将高度共线性(VIF > 10)变量剔除后, 剩余变量纳入多因素 Logistic 回归分析, 表 4 结果显示, 多因素 Logistic 回归分析结果显示(表 3), log(PCT) (OR = 1.430, 95% CI: 1.089~1.856, $P = 0.009$)、NLR (OR = 1.177, 95% CI: 1.088~1.273, $P < 0.001$)是重度胆囊炎的独立危险因素。

Table 3. Univariate Logistic regression analysis

表 3. 单因素 Logistic 回归分析

变量	单因素分析		
	OR	95% CI	P 值
年龄	1.051	1.027~1.076	<0.001
log(PCT)	2.109	1.655~2.688	<0.001
PLR	1.007	1.003~1.010	<0.001
白细胞计数	1.316	1.200~1.444	<0.001
中性粒细胞	1.361	1.233~1.502	<0.001
淋巴细胞	0.258	0.137~0.488	<0.001
单核细胞计数	17.431	5.294~57.395	<0.001
白蛋白	0.895	0.840~0.954	<0.001
球蛋白	1.066	1.006~1.129	0.029
白球比例	0.096	0.027~0.340	<0.001
尿酸	0.995	0.991~0.999	0.014
尿素	1.266	1.090~1.471	0.002
钾	0.433	0.195~0.963	0.040
钠	0.743	0.655~0.844	<0.001
氯	0.800	0.724~0.884	<0.001
钙	0.017	0.001~0.189	<0.001
二氧化碳结合率	0.877	0.787~0.978	0.018
阴离子间隙	1.224	1.082~1.385	0.001
凝血酶原时间	2.199	1.549~3.123	<0.001
凝血酶原活动度	0.947	0.920~0.974	<0.001
活化部分凝血活酶时间	1.207	1.084~1.344	<0.001
纤维蛋白原	2.060	1.608~2.640	<0.001
凝血酶时间(sec)	0.526	0.399~0.695	<0.001
NLR	1.228	1.149~1.313	<0.001

Table 4. Multivariate Logistic regression analysis**表 4.** 多因素 Logistic 回归分析

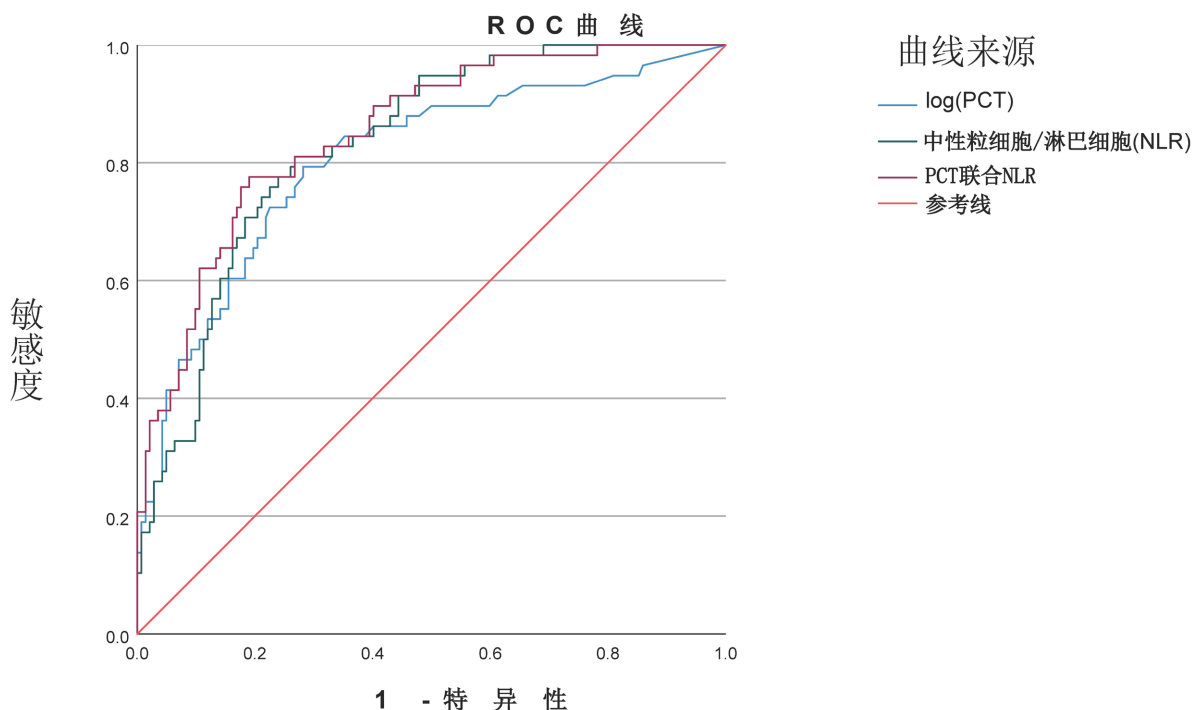
因素	多因素分析		
	OR	95% CI	P 值
log(PCT)	1.430	1.095~1.868	0.009
中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)	1.177	1.088~1.273	<0.001

3.3. 各指标及联合模型预测效能的 ROC 曲线分析

ROC 曲线分析显示, log(PCT)和 NLR 预测急性重度胆囊炎的 AUC 分别为 0.804 和 0.830。基于多因素回归结果, 构建了 log(PCT)联合 NLR 的预测模型。该联合模型预测的 AUC 为 0.861 (95% CI: 0.794~0.907), 显著高于 log(PCT)或 NLR 单独预测的 AUC (DeLong 检验, P 均<0.05)。当联合模型预测概率的最佳截断值为 0.285 时, 其预测的敏感度 77.6%, 特异度为 81.0%, 阳性预测值为 80.3%, 阴性预测值为 78.3% (表 5, 图 1)。

Table 5. Results of ROC curve analysis**表 5.** ROC 曲线分析结果

检验结果变量	AUC	标准误差	P 值	95% CI 下限	95% CI 上限
log(PCT)	0.804	0.036	<0.001	0.734	0.874
中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)	0.830	0.029	<0.001	0.772	0.888
log(PCT)联合 NLR	0.851	0.029	<0.001	0.794	0.907

**Figure 1.** ROC curve**图 1.** ROC 曲线

3.4. 决策曲线分析(DCA)

为评估列线图模型的临床实用性,本研究进行了决策曲线分析(DCA)。如图2所示,在0.05至0.70的阈值概率范围内,联合预测模型(log(PCT)+NLR)的平均净获益为0.136,分别较单用log(PCT)(0.118)和单用NLR(0.114)提高15.3%和19.0%。当阈值概率设定为0.20(即临床医生认为重度胆囊炎风险 $\geq 20\%$ 时考虑积极干预)时,联合模型的净获益为0.186,高于单用log(PCT)(0.181)和NLR(0.178)。

此外,联合模型在阈值概率0.06至0.98范围内均优于“全部治疗”策略(Treat All),在0.01至0.98范围内均优于“不治疗”策略(Treat None)。上述结果表明,在广泛的临床决策阈值范围内,基于log(PCT)和NLR的联合预测模型均能为临床决策提供正向净获益。

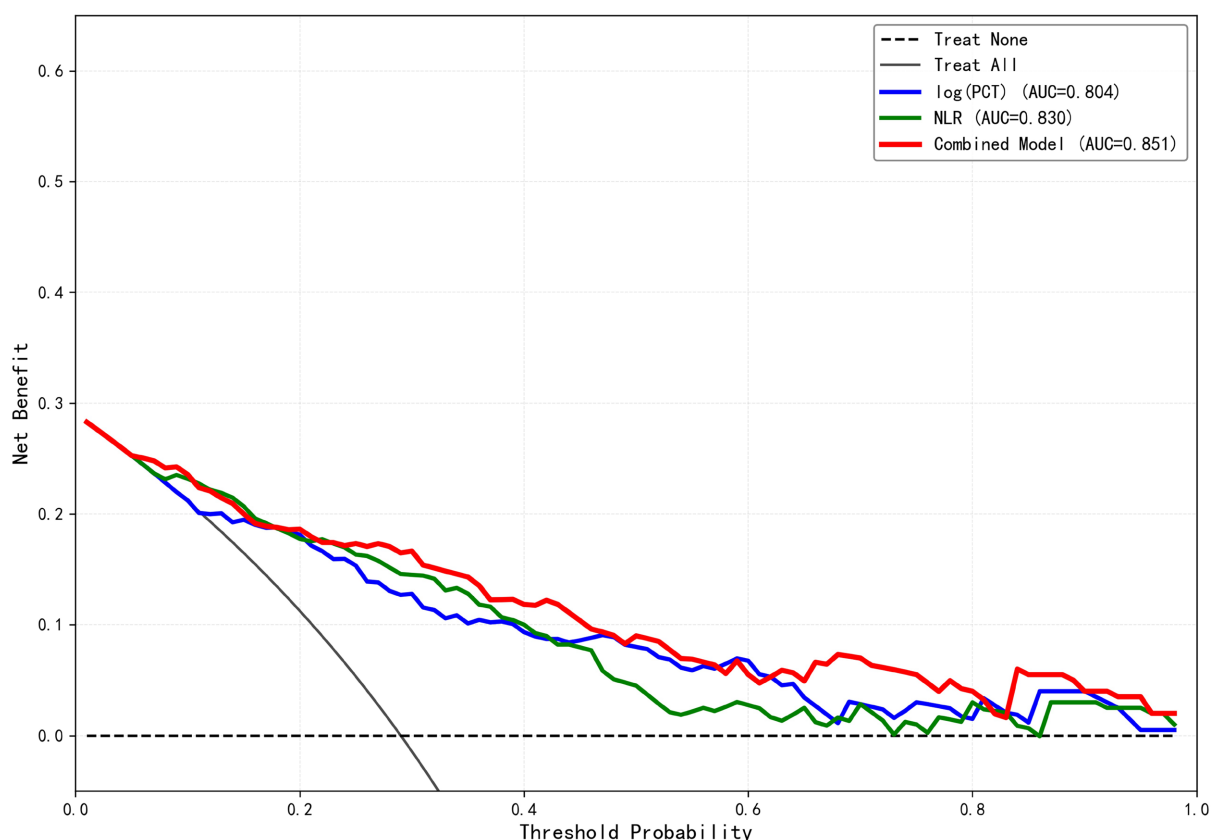


Figure 2. Decision curve analysis

图2. 决策曲线

4. 讨论

本研究通过回顾性分析发现,在急性胆囊炎患者中,入院时的log(PCT)和NLR水平是发生重度胆囊炎的独立预测因子。由log(PCT)和NLR构建的联合预测模型具有最佳的预测效能(AUC=0.843),其敏感度和特异度均超过80%,表明该模型能有效区分重度与非重度胆囊炎患者。

PCT是细菌感染的特异性标志物,在急性胆囊炎合并细菌感染时显著升高[10]。log(PCT)是本研究的核心创新点之一。通过对PCT进行对数转换,我们解决了原始PCT数据偏态分布的问题,使统计分析更加稳健,模型拟合度更好。从生物学角度,对数转换后的PCT变化反映了感染程度的倍数变化关系,这种关系更符合临床医生对感染标志物动态变化的理解。本研究中log(PCT)预测重度胆囊炎的AUC为0.804,

敏感性 79.3%，特异性 71.8%，提示 $\log(\text{PCT})$ 对急性胆囊炎严重程度具有良好的预测价值。PCT 的升高可能反映了胆囊炎症合并细菌感染的程度，与疾病的严重程度和预后相关[10]。PCT 在病毒感染和非感染性炎症中通常保持较低水平，而在细菌感染时显著升高，这一特点使其成为鉴别细菌性与非细菌性感染的重要工具[11]。

NLR 作为炎症标志物具有多项优势。首先，NLR 计算简便，仅需常规血常规检查结果即可计算，无需额外检测费用，适合在基层医疗机构推广应用。其次，NLR 综合反映了中性粒细胞和淋巴细胞的变化，比单一指标更能全面评估炎症状态。第三，NLR 受年龄、性别等因素影响较小，具有较好的稳定性[12]。然而，NLR 也存在一定的局限性，如无法区分细菌感染与非感染性炎症、在某些特殊人群(如免疫抑制患者)中的应用受限等[13]。

本研究的核心贡献在于构建并验证了 PCT 与 NLR 的联合预测模型。该模型的 AUC 显著高于任一单一指标，实现了“ $1 + 1 > 2$ ”的效果。这提示，结合反映细菌感染严重程度的 $\log(\text{PCT})$ 和反映全身炎症/免疫状态的 NLR，能够更全面地评估患者的病情风险。临床医生可根据该模型计算的预测概率，对中高风险患者(如预测概率 > 0.38)提高警惕，尽早进行增强 CT 等进一步检查以明确诊断，并积极筹备干预措施，从而有望改善患者预后。

本研究不仅构建了具有良好区分度的预测模型，还通过决策曲线分析证实了其临床实用性。传统 ROC 曲线仅反映模型的区分能力，而无法回答“该模型在实际临床决策中是否有用”这一关键问题。决策曲线分析通过权衡假阳性(过度治疗)和假阴性(治疗不足)的代价，为模型临床应用价值的评估提供了量化指标。

DCA 结果显示，在 0.05~0.70 的临床相关阈值概率区间内，联合模型的平均净获益(0.136)明显高于单用 $\log(\text{PCT})$ (0.118) 或 NLR (0.114)。这意味着，如果临床医生根据该联合模型对急性胆囊炎患者进行术前风险分层，并在中高风险患者(如预测概率 > 0.20)中采取积极治疗措施(如早期手术、加强监护)，每 100 例患者中可分别较单用 $\log(\text{PCT})$ 或 NLR 多获得 1.8 或 2.2 例的净获益。

更重要的是，联合模型在阈值概率 > 0.06 时即优于“全部治疗”策略，而单用 $\log(\text{PCT})$ 需阈值 > 0.15 ，单用 NLR 需阈值 > 0.12 。这表明联合模型在更广泛的临床决策偏好下均能提供净获益，无论是对于持保守态度(高阈值)还是积极态度(低阈值)的临床医生，该模型均具有应用价值。这一特性对于急性胆囊炎这类需要快速决策且风险差异显著的急腹症尤为重要，有助于降低因经验性判断导致的过度手术或延误治疗风险。

本研究存在一定的局限性。第一，研究设计为单中心回顾性研究，存在固有的选择偏倚和信息偏倚风险。回顾性研究依赖于病历记录的完整性和准确性，部分临床信息可能记录不全或存在误差。此外，单中心研究的结果可能受该中心患者人群特征、诊疗习惯和医疗水平的影响，外推至其他医疗中心时需要谨慎。未来需要开展多中心前瞻性研究，纳入不同地区、不同级别医院的数据，验证本研究结论的普适性。第二，样本量相对有限，重度胆囊炎患者仅 58 例，可能影响统计效能和模型的稳定性。未来研究应扩大样本量，特别是增加重度胆囊炎患者的比例，以提高模型的稳健性和泛化能力。第四，未纳入影像学指标(如胆囊壁厚度、胆囊周围积液、胆囊结石嵌顿等)，可能遗漏重要的预测因素。影像学检查是急性胆囊炎诊断和严重程度评估的重要手段，Tokyo Guidelines 2018 也将影像学表现作为诊断标准之一。胆囊壁厚度 $> 4 \text{ mm}$ 、胆囊周围积液、胆囊结石嵌顿等影像学特征与疾病严重程度密切相关。未来研究可将影像学指标纳入预测模型，构建更为完善的综合评估体系。然而，影像学指标的纳入也会增加模型的复杂性，需要在预测效能和实用性之间寻求平衡。第五，未随访患者远期预后，无法评估预测模型对远期的预测价值。本研究的结局指标为重度胆囊炎(基于 TG18 标准)，但未评估患者的远期预后，如术后并发症、住院时间、医疗费用、生活质量、复发率等。这些预后指标对于评估模型的临床价值同样重要。未来研究应进行长期随访，评估模型对患者预后的预测能力，以及基于模型的个体化治疗策略是否能够改善

患者预后。第六,未进行动态监测,无法评估 NLR 和 log(PCT)的动态变化对疾病进展的预测价值。本研究仅分析了入院时的单次检测结果,但 NLR 和 PCT 是动态变化的指标,其变化趋势可能比单次检测值更能反映病情进展。

5. 结论

综上所述,血清 log(PCT)和 NLR 是急性重度胆囊炎的独立预测因子。由两者构建的联合预测模型具有较高的诊断效能(DCA 证实其在广泛阈值范围内具有正向净获益),优于单一指标,可辅助临床医生早期识别高风险患者,实现更精准的个体化管理,避免过度治疗或治疗不足。

参考文献

- [1] Shaffer, E.A. (2006) Epidemiology of Gallbladder Stone Disease. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, **20**, 981-996. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2006.05.004>
- [2] Strasberg, S.M. (2008) Acute Calculous Cholecystitis. *New England Journal of Medicine*, **358**, 2804-2811. <https://doi.org/10.1056/nejmcp0800929>
- [3] Gallaher, J.R. and Charles, A. (2022) Acute Cholecystitis. *JAMA*, **327**, 965-975. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.2350>
- [4] Song, Y., Ma, Y., Xie, F., Jin, C., Yang, X., Yang, X., et al. (2022) Age, Gender, Geographic and Clinical Differences for Gallstones in China: A Nationwide Study. *Annals of Translational Medicine*, **10**, Article No. 735. <https://doi.org/10.21037/atm-21-6186>
- [5] Zahorec, R. (2001) Ratio of Neutrophil to Lymphocyte Counts: Rapid and Simple Parameter of Systemic Inflammation and Stress in Critically Ill. *Bratislavské Lekárske Listy*, **102**, 5-14.
- [6] Lee, S., Lee, T., Jeong, J. and Cheon, Y. (2022) Clinical Significance of the Neutrophil-Lymphocyte Ratio as an Early Predictive Marker for Adverse Outcomes in Patients with Acute Cholangitis. *Medicina*, **58**, Article No. 255. <https://doi.org/10.3390/medicina58020255>
- [7] Mik, M., Berut, M., Dziki, L., et al. (2018) Predictive Value of Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio in Colorectal Cancer. *Anticancer Research*, **38**, 573-578.
- [8] Müller, B., Becker, K.L., Schächinger, H., Rickenbacher, P.R., Huber, P.R., Zimmerli, W., et al. (2000) Calcitonin Precursors Are Reliable Markers of Sepsis in a Medical Intensive Care Unit. *Critical Care Medicine*, **28**, 977-983. <https://doi.org/10.1097/00003246-200004000-00011>
- [9] Linscheid, P., Seboek, D., Nylen, E.S., Langer, I., Schlatter, M., Becker, K.L., et al. (2003) *In Vitro* and *in Vivo* Calcitonin I Gene Expression in Parenchymal Cells: A Novel Product of Human Adipose Tissue. *Endocrinology*, **144**, 5578-5584. <https://doi.org/10.1210/en.2003-0854>
- [10] Ye, S., Lyu, Y. and Wang, B. (2023) The Predictive Value of Different Laboratory Indicators Based on the 2018 Tokyo Guidelines for the Severity of Acute Cholangitis. *The Journal of Emergency Medicine*, **65**, e280-e289. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2023.05.013>
- [11] Becker, K.L., Snider, R. and Nylen, E.S. (2008) Procalcitonin Assay in Systemic Inflammation, Infection, and Sepsis: Clinical Utility and Limitations. *Critical Care Medicine*, **36**, 941-952. <https://doi.org/10.1097/ccm.0b013e318165babb>
- [12] de Jager, C.P., van Wijk, P.T., Mathoera, R.B., de Jongh-Leuvenink, J., van der Poll, T. and Wever, P.C. (2010) Lymphocytopenia and Neutrophil-Lymphocyte Count Ratio Predict Bacteremia Better than Conventional Infection Markers in an Emergency Care Unit. *Critical Care*, **14**, R192. <https://doi.org/10.1186/cc9309>
- [13] Mi, N., Liang, Z., Yang, M., Zhao, J., Tian, L., Huang, C., et al. (2024) Genetic Risk, Adherence to Healthy Lifestyle Behaviors, and Risk of Cholelithiasis: A Population-Based Cohort Study. *Preventive Medicine*, **182**, Article ID: 107942. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2024.107942>