

基于炎症反应综合指数(AISI)构建前列腺癌根治术后生化复发的列线图预测模型

王海冰*, 张志强#

安徽医科大学第二附属医院泌尿外科, 安徽 合肥

收稿日期: 2026年2月16日; 录用日期: 2026年3月9日; 发布日期: 2026年3月18日

摘要

目的: 探究影响前列腺癌根治术后生化复发的独立危险因素, 评估炎症反应综合指数(AISI)等新型指标的预测价值并构建预测模型。方法: 选取2019年1月至2022年12月于安徽医科大学第二附属医院泌尿外科确诊并接受腹腔镜下前列腺癌根治术的185例患者数据进行回顾性分析。根据术后是否发生生化复发分为两组。连续型变量采用t检验或Mann-Whitney U检验, 分类变量采用卡方检验。使用Cox比例风险回归分析独立危险因素。基于筛选出的因素构建列线图, 通过受试者工作特征(ROC)曲线和校准曲线来对预测模型的区分度、校准度进行评价。结果: 多因素分析显示, 术前高AIS I (>264.625, HR = 1.90, P = 0.015)、手术切缘阳性(HR = 1.70, P = 0.050)、脉管癌栓阳性(HR = 1.97, P = 0.019)、淋巴结转移(HR = 1.96, P = 0.02)及Gleason评分 ≥ 8 (HR = 2.26, P = 0.041)是BCR的独立危险因素。基于上述因素构建的列线图模型, 在预测术后1年、2年及3年无生化复发生存率时, ROC曲线下面积(AUC)分别为0.84、0.85和0.83。校准曲线显示预测概率与实际观测概率高度一致。临床决策曲线显示, 该模型在临床常用风险阈值范围内净获益显著优于全干预与全不干预策略, 具备良好的临床应用价值。结论: 整合了系统性炎症指标AIS I与传统病理特征的列线图模型, 能有效预测前列腺癌患者根治术后的生化复发风险。为术后个体化风险分层及辅助治疗决策提供了新的参考工具。

关键词

前列腺癌, 生化复发, 炎症反应综合指数, 列线图, 危险因素

Nomogram Prediction Model of Biochemical Recurrence after Radical Prostatectomy Based on Aggregate Index of Systemic Inflammation (AIS I)

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 王海冰, 张志强. 基于炎症反应综合指数(AISI)构建前列腺癌根治术后生化复发的列线图预测模型[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 3049-3059. DOI: 10.12677/acm.2026.1631110

Haibing Wang*, Zhiqiang Zhang#

Department of Urology, The Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei Anhui

Received: February 16, 2026; accepted: March 9, 2026; published: March 18, 2026

Abstract

Objective: To explore the independent risk factors of biochemical recurrence after radical prostatectomy and evaluate the predictive value of new indicators such as systemic inflammatory response composite index (AISI). **Methods:** This study was a single center retrospective study, including 185 patients who were diagnosed and underwent laparoscopic radical prostatectomy in the Department of Urology, the Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University from January 2019 to December 2022. They were divided into two groups according to whether biochemical recurrence occurred after surgery. T test or Mann Whitney U test was used for continuous variables, and chi square test was used for categorical variables. A nomogram was constructed based on the selected factors, and the discrimination and calibration of the prediction model were evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curve and calibration curve. **Results:** multivariate analysis showed that high preoperative AISI (>264.625 , HR = 1.90, P = 0.015), positive surgical margin (HR = 1.70, P = 0.050), positive vascular tumor thrombus (HR = 1.97, P = 0.019), lymph node metastasis (HR = 1.96, P = 0.02) and Gleason score ≥ 8 (HR = 2.26, P = 0.041) were independent risk factors for BCR. The area under the ROC curve (AUC) of the nomogram model based on the above factors was 0.84, 0.85 and 0.83, respectively, when predicting the 1-, 2- and 3-year biochemical recurrence free survival rate after surgery. The calibration curve shows that the predicted probability is highly consistent with the actual observed probability. DCA showed that the net benefit of this model within the range of commonly used clinical risk thresholds was significantly better than that of the full intervention and no intervention strategies, which had good clinical application value. **Conclusion:** The nomogram model, which integrates the systemic inflammatory index AISI and traditional pathological characteristics, can effectively predict the biochemical recurrence risk of prostate cancer patients after radical prostatectomy. It provides a new reference tool for postoperative individualized risk stratification and adjuvant treatment decision-making.

Keywords

Prostate Cancer, Biochemical Recurrence, Comprehensive Index of Systemic Inflammatory Response, Nomogram, Risk Factors

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

前列腺癌(prostate cancer, PCa)是全球男性高发恶性肿瘤,其流行病学特征呈现显著地域差异与增长趋势。国际癌症研究机构(IARC)2022统计数据,全球前列腺癌年新发病例达147万例,死亡病例39.7万例,居男性恶性肿瘤发病率第2位,在全球三分之二国家中为男性最常见癌症[1]。随人口老龄化加剧,我国前列腺癌发病率呈快速上升趋势,虽发病率不及欧美国家,但死亡率却相对较高[2]。

根治性前列腺切除术(radical prostatectomy, RP)是局限性前列腺癌的核心根治手段[3],但其术后生化

复发(biochemical recurrence, BCR)仍是制约患者预后的关键瓶颈。BCR 并非严格意义上的临床复发, 却是疾病进展的早期敏感信号, 其对患者预后及生存结局的负面影响已被多项研究证实。此外, BCR 还会增加患者持续治疗需求、医疗负担及心理压力, 因此明确 BCR 的影响因素对优化诊疗策略至关重要。本研究旨在分析前列腺癌根治术后生化复发的危险因素并构建和验证预测模型, 以辅助临床决策。

2. 材料与方法

2.1. 研究对象与分组

本研究为一项单中心回顾性研究。研究对象为 2019 年 1 月至 2022 年 12 月期间于我院确诊并接受腹腔镜下根治性前列腺切除术的激素敏感性前列腺癌患者, 共 185 例。根据患者术后是否发生生化复发, 将其分为两组: 无生化复发组(124 例)与生化复发组(61 例)。

2.2. 纳入与排除标准

纳入标准: ① 经前列腺穿刺病理确诊为前列腺腺泡腺癌; ② 接受腹腔镜下前列腺癌根治术治疗; ③ 具备完整的术前基线临床资料、手术病理资料及术后规律随访记录。

排除标准: ① 病理类型为非腺泡腺癌(如神经内分泌癌、导管腺癌等); ② 临床资料严重缺失或失访; ③ 合并其他活动性恶性肿瘤病史; ④ 合并严重感染、自身免疫性疾病、风湿性疾病或其他重大代谢性疾病; ⑤ 存在广泛骨转移或脏器转移者。

2.3. 数据收集、变量定义与研究结局

2.3.1. 数据收集与变量定义

通过医院电子病历系统, 回顾性收集以下三方面数据:

(1) 一般临床资料: 年龄(Years)、体重指数(BMI)、初诊总前列腺特异性抗原(tPSA)、空腹血糖(FBG)、血清白蛋白(Albumin)、尿酸(UA)、血钾(K)、血钙(Ca)。

(2) 系统性炎症指标: 根据术前血常规等检验结果, 计算以下指数: 炎症反应综合指数(AISI)、中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)、血小板与淋巴细胞比值(PLR)、中性粒细胞与淋巴细胞、血小板比值(NLPR)、系统性免疫炎症指数(SII)、单核细胞与淋巴细胞比值(MLR)及 HALP 评分(基于血红蛋白、白蛋白、淋巴细胞和血小板的综合评分)。各指标计算公式如下: ① $AISI = (\text{血小板计数} \times \text{中性粒细胞计数} \times \text{单核细胞计数}) / \text{淋巴细胞计数}$; ② $NLR = \text{中性粒细胞计数} / \text{淋巴细胞计数}$; ③ $PLR = \text{血小板计数} / \text{淋巴细胞计数}$; ④ $NLPR = (\text{中性粒细胞计数} \times 100) / (\text{淋巴细胞计数} \times \text{血小板计数})$; ⑤ $SII = (\text{血小板计数} \times \text{中性粒细胞计数}) / \text{淋巴细胞计数}$; ⑥ $MLR = \text{单核细胞计数} / \text{淋巴细胞计数}$; ⑦ $HALP \text{ 评分} = [\text{血红蛋白}(\text{g/L}) \times \text{白蛋白}(\text{g/L}) \times \text{淋巴细胞计数}(\text{L})] / \text{血小板计数}(\text{L})$ 。

(3) 病理特征: 术后病理报告中的神经侵犯、脉管癌栓、手术切缘状态、T 分期、N 分期、Gleason 评分等。

2.3.2. 研究结局与随访

本研究的主要观察终点为根治术后生化复发。其定义参照《前列腺癌根治术后生化复发中国专家共识》及相关临床研究标准: 在前列腺癌根治术后, 连续两次(间隔 ≥ 3 周)检测血清 PSA $\geq 0.2 \text{ ng/mL}$ 。随访时间自手术日开始, 截止至末次随访日期(2025 年 12 月 31 日)或发生生化复发日期。无生化复发生存期定义为从手术日至发生生化复发或末次随访的时间。本研究为回顾性研究, 所有患者入院时均签署书面知情同意书。本研究为回顾性研究, 所有患者入院时均已签署常规诊疗知情同意书, 研究数据经匿名化处理, 仅用于回顾性分析, 未施加任何额外干预。研究符合医学伦理规范及《赫尔辛基宣言》原则。

2.4. 数据处理与统计学分析

为提高数值型变量统计效能, 使用 ROC 曲线确定最佳截断值, 根据最佳截断值进行分组。所有统计分析均使用 R Studio 软件(版本 4.5.0)进行。计量资料经正态性检验后, 符合正态分布者采用独立样本 t 检验, 以均数 \pm 标准差(Mean \pm SD)表示; 不符合正态分布者采用 Mann-Whitney U 检验, 以中位数及四分位数间距[M(Q₁, Q₃)]表示。计数资料采用卡方(χ^2)检验, 以例数及百分比[n(%)]表示。使用 Cox 回归分析明确危险因素并构建列线图(Nomogram), 使用校准曲线及 DCA 曲线验证模型效能, 所有统计结果以 P < 0.05 视为差异具有统计学意义。

3. 研究结果

3.1. 基线资料分布

如表 1 所示, 185 例患者中 61 例(33%)发生了生化复发, 124 例(67%)未发生生化复发。中位随访时间 28 个月(12 个月, 41 个月)。两组患者在年龄, 体重指数(BMI)、各类炎症指标(如 AISI、NLR、PLR、NLPR、SII、MLR、HALP)以及检验指标(HGB、PLT、K、Ca、UA、ALP、LDH)中, 组间分布无显著统计学差异(P > 0.05)。但系统性炎症指数中, 除 HALP 评分外, 其余指标生化复发组均高于无生化复发组。在临床和病理资料中, 两组间 tPSA、白蛋白(Albumin)、空腹血糖(FBG)、脉管癌栓、T 分期、N 分期、Gleason 评分等分布差异有统计学意义(P < 0.05), 而手术切缘、神经侵犯差异无统计学意义(P > 0.05)。

Table 1. Comparison of distribution differences between the two groups of patients

表 1. 两组患者组间分布差异比较

Variables	无生化复发组 (n = 124)	生化复发组 (n = 61)	Statistic	P
Years (岁), M (Q ₁ , Q ₃)	70.00 (65.00, 74.00)	70.00 (66.00, 74.00)	Z = -0.35	0.723
BMI (kg/m ²), M (Q ₁ , Q ₃)	24.47 (22.48, 26.00)	23.83 (21.47, 25.74)	Z = -1.43	0.152
AISI, M (Q ₁ , Q ₃)	177.01 (111.00, 263.06)	210.94 (90.65, 372.73)	Z = -1.06	0.291
NLR, M (Q ₁ , Q ₃)	2.09 (1.47, 2.83)	2.22 (1.72, 3.34)	Z = -1.35	0.178
PLR, M (Q ₁ , Q ₃)	117.60 (84.78, 153.84)	124.72 (93.24, 164.29)	Z = -0.42	0.671
NLPR, M (Q ₁ , Q ₃)	1.17 (0.82, 1.74)	1.32 (1.01, 2.07)	Z = -1.56	0.119
SII, M (Q ₁ , Q ₃)	374.05 (252.30, 542.07)	407.67 (267.00, 627.48)	Z = -0.75	0.454
MLR, M (Q ₁ , Q ₃)	0.30 (0.23, 0.38)	0.34 (0.24, 0.45)	Z = -1.49	0.137
HALP, M (Q ₁ , Q ₃)	42.65 (30.39, 60.74)	40.14 (30.19, 55.91)	Z = -0.51	0.611
Tpsa (ng/mL), M (Q ₁ , Q ₃)	15.95 (10.35, 45.55)	28.30 (13.60, 67.85)	Z = -2.73	0.006
HGB (g/L), M (Q ₁ , Q ₃)	126.00 (116.75, 139.00)	129.00 (117.00, 137.00)	Z = -0.15	0.879
PLT (10 ⁹ /L), M (Q ₁ , Q ₃)	173.50 (153.00, 218.50)	177.00 (146.00, 238.00)	Z = -0.35	0.726
UA (μ mol/L), M (Q ₁ , Q ₃)	348.50 (285.75, 423.25)	324.00 (242.00, 395.00)	Z = -1.92	0.055
Albumin (g/L), M (Q ₁ , Q ₃)	39.95 (37.50, 41.75)	38.10 (35.90, 40.70)	Z = -2.42	0.016
K (mmol/L), Mean \pm SD	4.16 \pm 0.50	4.11 \pm 0.39	t = 0.71	0.476
Ca (mmol/L), M (Q ₁ , Q ₃)	2.25 (2.14, 2.30)	2.20 (2.10, 2.30)	Z = -1.41	0.160
FBG (mmol/L), M (Q ₁ , Q ₃)	5.46 (4.92, 6.35)	5.16 (4.72, 5.62)	Z = -2.28	0.022
ALP (IU/L), M (Q ₁ , Q ₃)	81.00 (67.00, 89.25)	75.00 (65.00, 97.00)	Z = -0.33	0.740
LDH (U/L), M (Q ₁ , Q ₃)	173.50 (160.00, 201.00)	177.00 (144.00, 198.00)	Z = -0.05	0.958

续表

切缘, n(%)			$\chi^2 = 3.13$	0.077
(-)	72 (58.06)	27 (44.26)		
(+)	52 (41.94)	34 (55.74)		
神经侵犯, n(%)			$\chi^2 = 2.97$	0.085
(-)	37 (29.84)	11 (18.03)		
(+)	87 (70.16)	50 (81.97)		
脉管癌栓, n(%)			$\chi^2 = 4.95$	0.026
(-)	93 (75.00)	36 (59.02)		
(+)	31 (25.00)	25 (40.98)		
T stage, n(%)			$\chi^2 = 6.80$	0.009
T1 + T2	70 (56.45)	22 (36.07)		
T3 + T4	54 (43.55)	39 (63.93)		
N stage, n(%)			$\chi^2 = 8.03$	0.005
Nx + N0	101 (81.45)	38 (62.30)		
N1	23 (18.55)	23 (37.70)		
Gleason 评分, n(%)			$\chi^2 = 18.56$	<.001
≤ 7	56 (45.16)	8 (13.11)		
≥ 8	68 (54.84)	53 (86.89)		

3.2. Cox 回归分析

3.2.1. 单因素 Cox 回归

为初步评估各临床病理指标与前列腺癌患者术后生化复发风险的关系, 本研究对包括人口学特征、炎症指标、实验室检查及病理参数在内的多个变量进行了单因素 Cox 比例风险回归分析, 详见表 2。单因素 Cox 回归分析显示, AISI、NLR、MLR、UA、Albumin、K、FBG、tPSA、手术切缘、神经侵犯、脉管癌栓、N 分期、Gleason 评分是生化复发的高危因素, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

Table 2. Univariate Cox regression

表 2. 单因素 Cox 回归

Variables	β	S.E	Z	P	HR (95%CI)
年龄	0.01	0.02	0.42	0.678	1.01 (0.97~1.04)
BMI	-0.08	0.04	-1.91	0.056	0.92 (0.84~1.00)
AISI ($\leq 264.625, >264.625$)	0.74	0.26	2.85	0.004	2.10 (1.26~3.49)
NLR ($\leq 3.01, >3.01$)	0.63	0.27	2.36	0.018	1.87 (1.11~3.15)
PLR ($\leq 93.24, >93.24$)	0.30	0.31	0.98	0.326	1.35 (0.74~2.46)
NLPR ($\leq 1.94, >1.94$)	0.48	0.28	1.71	0.087	1.62 (0.93~2.81)
SII ($\leq 537.46, >537.46$)	0.43	0.27	1.60	0.109	1.53 (0.91~2.58)
MLR ($\leq 0.43, >0.43$)	0.71	0.27	2.64	0.008	2.03 (1.20~3.43)
HGB ($\leq 123, >123$)	-0.04	0.27	-0.15	0.882	0.96 (0.57~1.62)
PLT ($\leq 223, >223$)	0.46	0.27	1.68	0.093	1.58 (0.93~2.68)
UA ($\leq 284, >284$)	-0.68	0.26	-2.62	0.009	0.51 (0.30~0.84)

续表

ALP ($\leq 85, > 85$)	-0.37	0.27	-1.35	0.177	0.69 (0.40~1.18)
LDH ($\leq 176, > 176$)	0.25	0.26	0.96	0.339	1.28 (0.77~2.12)
Albumin ($\leq 39.6, > 39.6$)	-0.57	0.28	-2.05	0.041	0.57 (0.33~0.98)
K ($\leq 4.31, > 4.31$)	-0.82	0.31	-2.59	0.010	0.44 (0.24~0.82)
Ca ($\leq 2.21, > 2.21$)	-0.02	0.26	-0.09	0.926	0.98 (0.59~1.62)
FBG ($\leq 5.51, > 5.51$)	-0.60	0.29	-2.05	0.040	0.55 (0.31~0.97)
初诊 tPSA					
4~10					1.00 (Reference)
10~20	0.37	0.45	0.82	0.413	1.45 (0.60~3.54)
>20	1.03	0.41	2.50	0.012	2.81 (1.25~6.31)
手术切缘					
(-)					1.00 (Reference)
(+)	0.69	0.26	2.66	0.008	2.00 (1.20~3.33)
神经侵犯					
(-)					1.00 (Reference)
(+)	0.86	0.34	2.56	0.011	2.36 (1.22~4.55)
脉管癌栓					
(-)					1.00 (Reference)
(+)	0.73	0.26	2.79	0.005	2.08 (1.24~3.47)
T 分期					
T1 + T2					1.00 (Reference)
T3 + T4	0.35	0.27	1.29	0.196	1.42 (0.84~2.40)
N 分期					
Nx + N0					1.00 (Reference)
N1	0.75	0.27	2.82	0.005	2.12 (1.26~3.56)
Gleason 评分					
≤ 7					1.00 (Reference)
≥ 8	1.28	0.38	3.36	<0.001	3.59 (1.70~7.55)

注: HR: 风险比, CI: 置信区间。

3.2.2. 多因素 Cox 回归

将单因素 Cox 回归分析中 $P < 0.05$ 变量纳入多因素 Cox 回归分析, 详见表 3。结果显示, 炎症反应综合指数升高(AISI > 264.625)、手术切缘阳性、脉管癌栓阳性、淋巴结转移(N1 分期)以及 Gleason 评分 ≥ 8 是前列腺癌患者术后生化复发的独立危险因素($P < 0.05$)。

Table 3. Multivariate Cox regression

表 3. 多因素 Cox 回归

Variables	β	S.E	Z	P	OR (95%CI)
AISI					
≤ 264.625					1.00 (Reference)
> 264.625	0.64	0.26	2.44	0.015	1.90 (1.13~3.17)

续表

手术切缘					
(-)					1.00 (Reference)
(+)	0.53	0.27	1.96	0.050	1.70 (1.00~2.89)
脉管癌栓					
(-)					1.00 (Reference)
(+)	0.68	0.29	2.35	0.019	1.97 (1.12~3.48)
N stage					
Nx + N0					1.00 (Reference)
N1	0.67	0.29	2.33	0.020	1.96 (1.11~3.44)
Gleason 评分					
≤7					1.00 (Reference)
≥8	0.81	0.40	2.04	0.041	2.26 (1.03~4.93)

注: OR: 风险比, CI: 置信区间。

3.3. 建立 Nomogram

在多因素 Cox 回归基础上, 将独立预测因子纳入列线图构建中。此外, 还纳入了 Cox 回归中具有较高预测性能的临床指标血尿酸和血清白蛋白, 列线图中每个变量所对应的评分累加后确定总分(Total Points), 根据总分预测患者在术后 1 年、2 年及 3 年的无生化复发概率, 详见图 1。

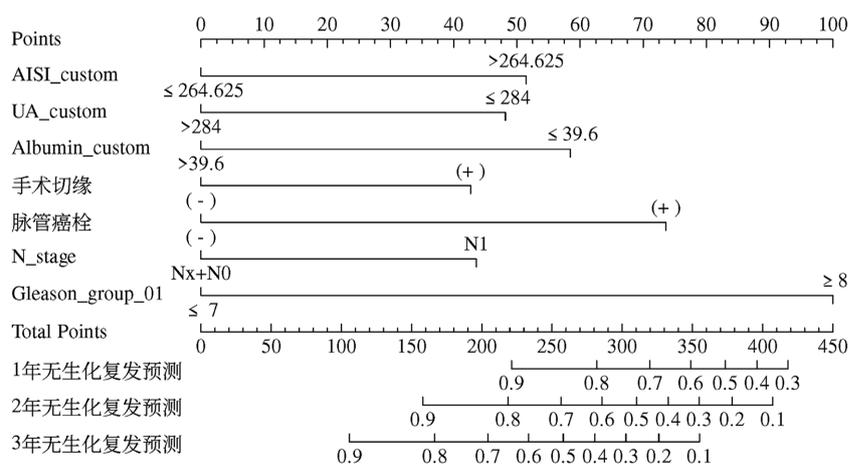


Figure 1. Nomogram for predicting biochemical recurrence after radical prostatectomy
图 1. 前列腺癌根治术后生化复发的预测列线图

3.4. ROC 曲线及校准曲线

基于列线图预测模型, 我们进一步通过 ROC 曲线与校准曲线评估了列线图在术后 1 年、2 年及 3 年时预测生化复发的性能, 详见图 2、图 3 和图 4。模型在预测术后 1 年、2 年及 3 年生化复发时, 其受试者工作特征曲线下面积(AUC)分别为 0.84、0.85 与 0.83。结果表明, 该模型在不同时间点均表现出良好的区分能力, 其中以对 2 年内复发的预测效能最佳。校准曲线显示, 模型预测的无生化复发生存概率与实际观察到的生存概率在 1 年、2 年及 3 年时均高度吻合。各时间点的校准曲线均紧密贴近理想对角线(即 45 度线), 表明模型的预测结果具有优秀的校准度, 预测风险与实际风险一致性高。

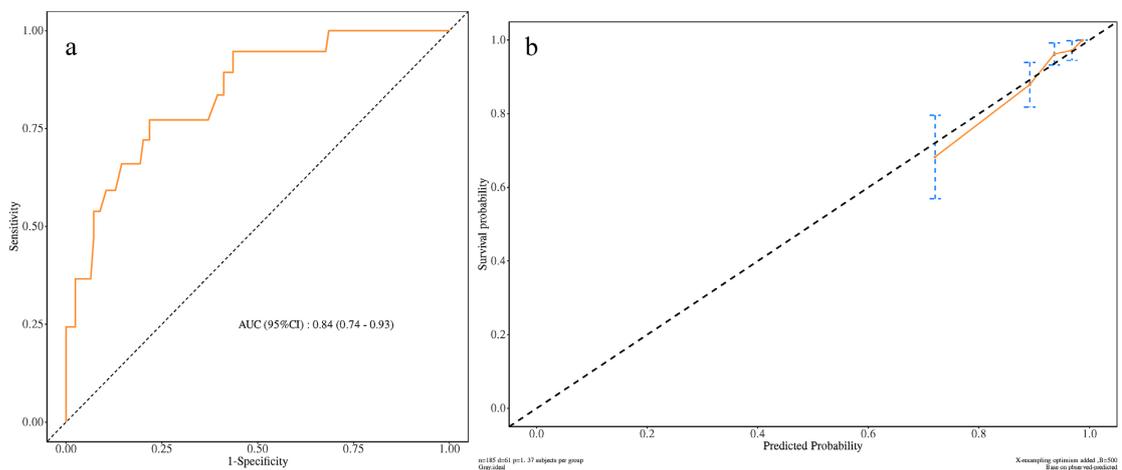


Figure 2. ROC curve (a) and calibration curve (b) for predicting biochemical recurrence 1 year after radical prostatectomy
图 2. 预测前列腺癌根治术后 1 年生化复发的 ROC 曲线(a)和校准曲线(b)

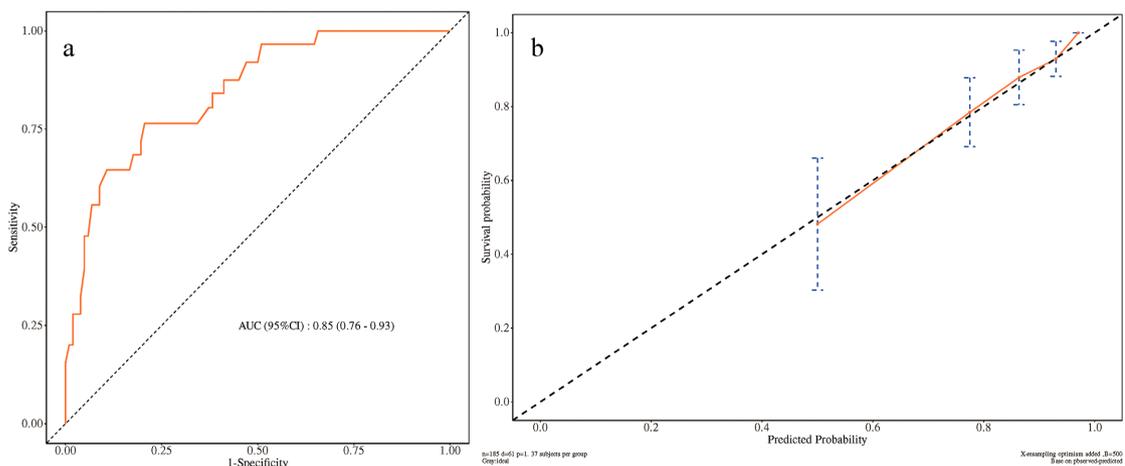


Figure 3. ROC curve (a) and calibration curve (b) predicting biochemical recurrence at 2 years after radical prostatectomy
图 3. 预测前列腺癌根治术后 2 年生化复发的 ROC 曲线(a)和校准曲线(b)

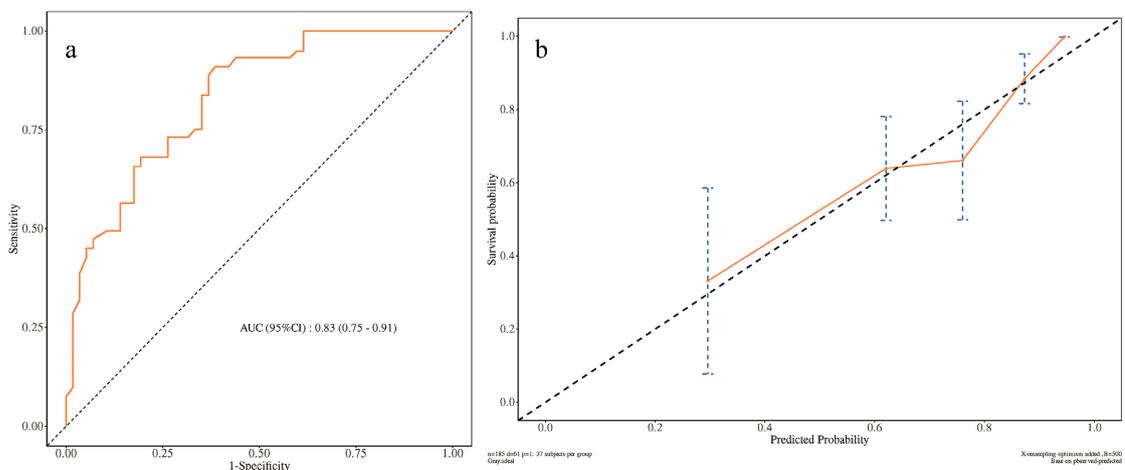


Figure 4. ROC curve (a) and calibration curve (b) predicting biochemical recurrence at 3 years after radical prostatectomy
图 4. 预测前列腺癌根治术后 3 年生化复发的 ROC 曲线(a)和校准曲线(b)

3.5. 临床决策曲线(DCA)

如图 5 所示, 模型曲线在 0 至 0.8 的区间内始终高于“全部不干预”基线, 可产生净收益; 在 0 至 0.5 的核心临床阈值区间(尤其 0 至 0.3 区间)显著优于“全部干预”基线, 提示本研究指标综合获益更高。曲线走势平稳、有效阈值范围宽, 整体表现良好, 具备一定临床实用价值。

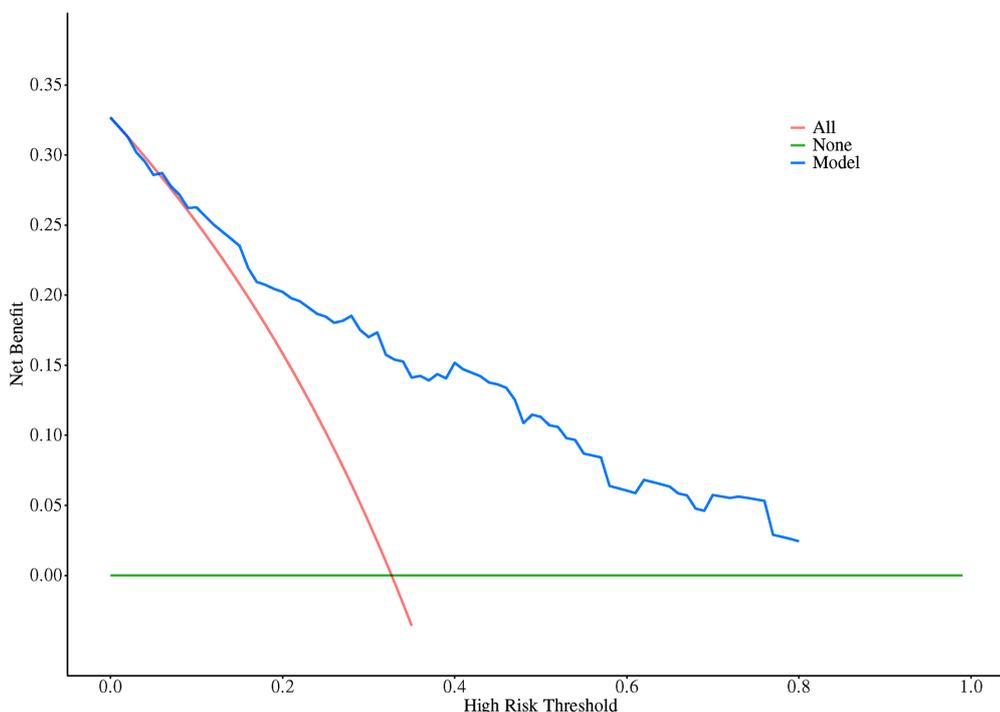


Figure 5. Decision curve analysis (DCA)
图 5. 临床决策曲线(DCA)

4. 讨论

前列腺癌根治术后生化复发是影响患者生存的重要预后指标。本研究通过对接受根治性前列腺癌切除手术患者的临床及病理数据进行单因素和多因素 Cox 回归分析, 结果显示系统性炎症指数(AISI > 264.625)、手术切缘阳性、脉管癌栓阳性、N1 分期以及 Gleason 评分 ≥ 8 分均是影响术后生化复发(BCR)的独立危险因素($P < 0.05$)。单因素 Cox 回归中, 除传统病理指标外, 高水平的炎症反应综合指数(AISI > 264.625, HR = 2.10, $P = 0.004$)、高中性粒细胞 - 淋巴细胞比值(NLR > 3.01, HR = 1.87, $P = 0.018$)以及高单核细胞 - 淋巴细胞比值(MLR > 0.43, HR = 2.03, $P = 0.008$)均是生化复发的危险因素。较低的血尿酸(UA $\leq 284 \mu\text{mol/L}$, HR = 0.51, $P = 0.009$)、血清白蛋白(Albumin $\leq 39.6 \text{ g/L}$, HR = 0.57, $P = 0.041$)、血钾($\text{K} \leq 4.31 \text{ mmol/L}$, HR = 0.44, $P = 0.010$)及空腹血糖(FBG $\leq 5.51 \text{ mmol/L}$, HR = 0.55, $P = 0.040$)水平与更高的复发风险相关, 提示这些营养代谢指标可能具有保护作用。这些发现不仅再次验证了传统病理学参数在风险评估中的基石作用, 而且揭示了全身性炎症状态这一术前、易于获取的指标, 作为独立预后因素的重要价值, 为完善前列腺癌的预后评估体系提供了新视角。

关于全身系统性炎症反应在肿瘤进展中的作用, 本研究显示, 术前 AISI 升高(>264.625)的患者发生 BCR 的风险是低 AISI 组的 1.90 倍($P = 0.015$)。这一发现与既往多项关于炎症指标的研究结论互为印证。Wang 等[4]与 Guo 等[5]分别证实了系统性免疫炎症指数(SII)和中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)等炎症指

标在预测前列腺癌的生化复发方面的显著效能。而 Cao 等[6]亦指出, 尽管此类指标非肿瘤特异性, 但其作为独立预后因子的可靠性已在多个前列腺癌根治术(RP)队列中得到验证。AISI 作为一种整合了中性粒细胞、单核细胞、血小板及淋巴细胞的复合指标, 其临床意义在于更全面地捕捉机体促炎状态与抗肿瘤免疫之间的失衡。值得一提的是, 陈剑等人在针对 279 例患者的分析中提出的营养风险指数(NRI)也是 BCR 的独立影响因素[7], 这与本研究中高白蛋白(白蛋白 ≤ 39.6 g/L, HR = 0.57, P = 0.041)是生化复发的保护因素高度一致。

尽管炎症指标具有重要价值, 但精准的病理评估仍是风险分层的基石。本研究中 Gleason 评分 ≥ 8 分展现了最强的风险预测效能(OR = 2.26), 这与 Wilkins 等[8]及赵勇等[9]的研究高度一致, 后者在大样本队列中明确指出高 Gleason 评分是 BCR 的首要预测因素(HR = 2.746)。同时, 脉管癌栓(LVI)的存在显著增加了复发风险(OR = 1.97, P = 0.019), 这与 Karwacki 及陈剑等人的观点相符, 即 LVI 是肿瘤细胞突破局部屏障、具备系统播散能力的关键标志[7][10]。关于手术切缘(PSM), 尽管其在本研究多因素分析中仅处于显著性边缘(P = 0.050), 但结合 Kawase [11]、陈启铭[12]以及多中心研究[13]的数据来看, 切缘阳性尤其是伴随 pT3 期或特定解剖部位(如精囊侵犯)的阳性仍是推高复发率的直接诱因。

临床决策与评估体系的演进也为 BCR 的管控提供了新的维度。陈启铭等人[12]的研究提示, 机器人辅助腹腔镜(RARP)较普通腹腔镜能一定程度上降低复发率, 这可能归功于机器人系统在处理深部解剖结构时的精密度优化了切缘质量。此外, Shore [14]倡导的精细化风险分层理念与陈剑等人[7]构建预测列线图(Nomogram)的思路不谋而合, 均强调了多维评估的重要性。在影像学评估方面, 多参数 MRI (mpMRI) 特征及 PSMA-PET 扫描在术前分期及术后复发部位识别中展现出越来越高的准确性, Karpinski 等人提出的将影像学特征纳入风险重定义的方法, 为临床医生在生化复发发生后进行挽救性治疗提供了决策依据[13][15]。未来的方向在于, 如何将 AISI 等全身炎症指标, 与 TNM 分期、Gleason 评分、术前 PSA 水平, 乃至多参数磁共振成像的影像特征进行深度整合, 构建多维度的预后评估体系, 以指导个体化的辅助治疗与随访策略[13][16]。最后, 必须认识到 BCR 是一个长周期的生物学事件。Hoeh 等人的长期随访数据提醒我们, 即便术后十年病情稳定, 仍有晚期复发可能[17]。

5. 临床意义与本研究的局限性

本研究充分分析了前列腺癌根治术后生化复发的危险因素, 发现 AISI 在生化复发中的预测价值, 并整合传统病理特征构建列线图, 有助于辅助临床决策。但本研究也存在一定局限性, 本研究是一项单中心回顾性分析, 无法避免选择偏倚。此外, 模型预测效能的长期稳定性及在更广泛人群中的可靠性, 尚需通过多中心、前瞻性队列研究进行外部验证。

基金项目

2023 年度安徽省高校自然科学基金项目, 项目编号: 2023AH053161。

参考文献

- [1] Bray, F., Laversanne, M., Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R.L., Soerjomataram, I., et al. (2024) Global Cancer Statistics 2022: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, **74**, 229-263. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
- [2] Fu, Z.T., Guo, X.L., Zhang, S.W., et al. (2020) Statistical Analysis of Incidence and Mortality of Prostate Cancer in China, 2015. *Chinese journal of oncology*, **42**, 718-722.
- [3] Cornford, P., van den Bergh, R.C.N., Briers, E., Van den Broeck, T., Brunckhorst, O., Darragh, J., et al. (2024) EAU-EANM-ESTRO-ESUR-ISUP-SIOG Guidelines on Prostate Cancer—2024 Update. Part I: Screening, Diagnosis, and Local Treatment with Curative Intent. *European Urology*, **86**, 148-163. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2024.03.027>

- [4] Wang, S., Yang, X., Yu, Z., Du, P., Sheng, X., Cao, Y., *et al.* (2022) The Values of Systemic Immune-Inflammation Index and Neutrophil-Lymphocyte Ratio in Predicting Biochemical Recurrence in Patients with Localized Prostate Cancer after Radical Prostatectomy. *Frontiers in Oncology*, **12**, Article ID: 907625. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.907625>
- [5] Guo, J., Fang, J., Huang, X., Liu, Y., Yuan, Y., Zhang, X., *et al.* (2018) Prognostic Role of Neutrophil to Lymphocyte Ratio and Platelet to Lymphocyte Ratio in Prostate Cancer: A Meta-Analysis of Results from Multivariate Analysis. *International Journal of Surgery*, **60**, 216-223. <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2018.11.020>
- [6] Cao, Z., Ji, J., Zhang, C., Wang, F., Xu, H., Yu, Y., *et al.* (2019) The Preoperative Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio Is Not a Marker of Prostate Cancer Characteristics but Is an Independent Predictor of Biochemical Recurrence in Patients Receiving Radical Prostatectomy. *Cancer Medicine*, **8**, 1004-1012. <https://doi.org/10.1002/cam4.1984>
- [7] 陈剑, 陈启铭, 汪泽, 等. 前列腺癌根治术后生化复发的危险因素分析[J]. 陆军军医大学学报, 2023, 45(18): 1955-1964.
- [8] Wilkins, L.J., Tosoian, J.J., Reichard, C.A., Sundi, D., Ranasinghe, W., Alam, R., *et al.* (2021) Oncologic Outcomes among Black and White Men with Grade Group 4 or 5 (Gleason Score 8-10) Prostate Cancer Treated Primarily by Radical Prostatectomy. *Cancer*, **127**, 1425-1431. <https://doi.org/10.1002/cncr.33419>
- [9] 赵勇, 戚宇, 王杭, 等. 腹腔镜前列腺癌根治性切除术后患者生化复发的预测因素[J]. 复旦学报(医学版), 2024, 51(4): 494-504.
- [10] Karwacki, J., Stodolak, M., Nowak, Ł., Kielb, P., Krajewski, W., Lemiński, A., *et al.* (2024) Preoperative Factors for Lymphovascular Invasion in Prostate Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, **25**, Article No. 856. <https://doi.org/10.3390/ijms25020856>
- [11] Kawase, M., Ebara, S., Tatenuma, T., Sasaki, T., Ikehata, Y., Nakayama, A., *et al.* (2023) Clinical Factors Associated with Biochemical Recurrence of Prostate Cancer with Seminal Vesicle Invasion Followed by Robot-Assisted Radical Prostatectomy: A Retrospective Multicenter Cohort Study in Japan (the MSUG94 Group). *Journal of Robotic Surgery*, **17**, 1609-1617. <https://doi.org/10.1007/s11701-023-01567-1>
- [12] 陈启铭, 陈剑, 刘秋礼, 等. 机器人辅助腹腔镜与常规腹腔镜前列腺癌根治术疗效对比及影响因素分析[J]. 陆军军医大学学报, 2024, 46(21): 2424-31.
- [13] Margolese, N., Dahan, J., Olivié, D.A.R., Billiard, J., Delouya, G. and Taussky, D. (2025) Prognostic Factors of Biochemical Recurrence and Impact of Pre-Treatment MRI for Prostate Cancer Radiotherapy. *British Journal of Radiology*, **98**, 1321-1326. <https://doi.org/10.1093/bjr/tqaf122>
- [14] Shore, N.D., Moul, J.W., Pienta, K.J., Czernin, J., King, M.T. and Freedland, S.J. (2023) Biochemical Recurrence in Patients with Prostate Cancer after Primary Definitive Therapy: Treatment Based on Risk Stratification. *Prostate Cancer and Prostatic Diseases*, **27**, 192-201. <https://doi.org/10.1038/s41391-023-00712-z>
- [15] Karpinski, M.J., Hüsing, J., Claassen, K., Möller, L., Kajüter, H., Oesterling, F., *et al.* (2024) Combining PSMA-PET and PROMISE to Re-Define Disease Stage and Risk in Patients with Prostate Cancer: A Multicentre Retrospective Study. *The Lancet Oncology*, **25**, 1188-1201. [https://doi.org/10.1016/s1470-2045\(24\)00326-7](https://doi.org/10.1016/s1470-2045(24)00326-7)
- [16] 季妍廷, 包婕, 乔晓梦, 等. 前列腺癌根治术后生化复发预测的影像研究现状[J]. 放射学实践, 2022, 37(11): 1440-1445.
- [17] Hoeh, B., Preisser, F., Zattoni, F., Kretschmer, A., Westhofen, T., Olivier, J., *et al.* (2025) Risk of Biochemical Recurrence and Metastasis in Prostate Cancer Patients Treated with Radical Prostatectomy after a 10-Year Disease-Free Interval. *European Urology Oncology*, **8**, 372-379. <https://doi.org/10.1016/j.euo.2024.08.008>