

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20257069

· 论 著 ·

胃癌患者术后腹腔感染风险预测模型的构建及验证

侯 昱, 顾启红, 周 进, 刘 瑶, 杨 阳, 邵 炎

(苏州大学附属第一医院普外科, 江苏 苏州 215000)

[摘 要] **目的** 分析胃癌患者术后腹腔感染的危险因素, 构建列线图预测模型, 并对其进行验证。**方法** 选取 2021 年 4 月—2024 年 3 月苏州大学附属第一医院普外科收治的 588 例胃癌手术患者为研究对象, 收集患者临床资料, 按照 3:1 比例将其随机分为训练集和验证集, 比较两组患者临床资料, 根据患者术后是否发生腹腔感染分为感染组和非感染组, 进行单因素和多因素分析, 基于多因素分析结果构建列线图预测模型, 并对模型进行验证。**结果** 588 例患者中 52 例(8.84%)术后发生腹腔感染。52 份腹腔积液标本检出病原菌 65 株, 其中革兰阴性菌 47 株(72.31%), 革兰阳性菌 15 株(23.07%), 真菌 3 株(4.62%)。多因素 logistic 回归分析显示, 根治度(显微镜下残留)、联合器官切除、高血压、腹部手术史、手术时间均为胃癌患者术后腹腔感染的独立危险因素(均 $P < 0.05$)。根据多因素分析结果构建胃癌患者术后腹腔感染的列线图预测模型, 受试者工作特征(ROC)曲线结果显示, 训练集和验证集 ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.764(95%CI: 0.677~0.852)、0.712(95%CI: 0.565~0.860), 提示模型对胃癌患者术后腹腔感染的区分度良好; Hosmer-Lemeshow 检验结果显示, χ^2 值为 8.491, P 值为 0.387, 提示该模型拟合优度良好。决策曲线(DCA)分析结果显示, 在训练集(0.05~0.4)和验证集(0.1~1.0)风险阈值范围内, 使用该模型对术后腹腔感染高风险患者进行干预, 可能获得正向收益; 临床影响曲线(CIC)分析结果显示, 在训练集(0~0.4)和验证集(0~0.5)风险阈值范围内, 模型预测的感染病例数高于实际感染病例数, 表明模型具有较好的临床实用性。**结论** 基于胃癌术后腹腔感染独立危险因素构建列线图预测模型, 可为临床早期评估胃癌术后腹腔感染提供量化、直观的参考。

[关 键 词] 胃癌; 手术后感染; 腹腔感染; 列线图预测模型

[中图分类号] R619⁺.3

Construction and validation of a predictive model for postoperative intra-abdominal infection risk in gastric cancer patients

HOU Yu, GU Qihong, ZHOU Jin, LIU Yao, YANG Yang, SHAO Yan (Department of General Surgery, The First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215000, China)

[Abstract] **Objective** To analyze the risk factors for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients, as well as construct and validate a nomogram prediction model. **Methods** 588 gastric cancer surgery patients who admitted to the Department of General Surgery of the First Affiliated Hospital of Soochow University from April 2021 to March 2024 were selected as the study subjects. Clinical data of patients were collected and randomly divided into the training set and the validation set according to the ratio of 3:1. Clinical data between two groups of patients were compared. Patients were divided into the infection group and non-infection group according to whether they had intra-abdominal infection after surgery. Univariate and multivariate analyses were conducted, and a nomogram prediction model was constructed and validated based on the results of multivariate analysis. **Results** Among the 588 patients, 52 (8.84%) had postoperative intra-abdominal infection. A total of 65 strains of pathogens were detected from 52 peritoneal fluid specimens, out of which 47 (72.31%) were Gram-negative bacteria,

[收稿日期] 2024-10-16

[基金项目] 国家自然科学基金项目(82372887)

[作者简介] 侯昱(1992-), 女(汉族), 江苏省苏州市人, 主管护师, 主要从事胃癌患者的临床管理研究。

[通信作者] 顾启红 E-mail: jj90501@163.com

15 (23.07%) were Gram-positive bacteria, and 3 (4.62%) were fungi. Multivariate logistic regression analysis showed that the degree of eradication (microscopic residue), combined organ resection, hypertension, history of abdominal surgery, and duration of surgery were all independent risk factors for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients (all $P<0.05$). Based on multivariate analysis results, a nomogram prediction model for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients was constructed. The receiver operating characteristic (ROC) curve result showed that the areas under the ROC curve (AUCs) of the training set and validation set were 0.764 (95%CI: 0.677–0.852) and 0.712 (95%CI: 0.565–0.860), respectively, indicating that the model had good discriminability for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients. Hosmer-Lemeshow test showed a χ^2 value of 8.491 and a P value of 0.387, suggesting goodness fit of the model. The decision curve analysis (DCA) result showed that within the risk threshold ranges of the training set (0.05–0.4) and validation set (0.1–1.0), positive benefits may be obtained by using the model to intervene in patients with high risk of postoperative intra-abdominal infection. Clinical impact curve (CIC) analysis result showed that within the risk threshold ranges of the training set (0–0.4) and validation set (0–0.5), the number of infected cases predicted by the model was higher than the actual number, indicating good clinical practicality of the model. **Conclusion** Construction of a nomogram prediction model based on independent risk factors for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer can provide a quantitative and intuitive reference for the early clinical assessment of postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer.

[Key words] gastric cancer; postoperative infection; intra-abdominal infection; nomogram prediction model

胃癌是起源于胃黏膜上皮的恶性肿瘤,其发病率和死亡率均较高,据全球疾病负担报告数据^[1],中国胃癌年标化发病率和死亡率分别为 93.11/10 万、21.72/10 万,高于全球平均水平,对我国公共卫生构成重大威胁。手术切除是胃癌的常用治疗方式之一^[2],通过切除病变组织可延长患者生存时间,然而,肿瘤患者免疫功能低下,侵入性操作易导致病原体感染,可能引发腹腔感染,不仅延迟术后胃肠功能恢复,严重时还可诱发局部免疫抑制,增加肿瘤复发风险,甚至威胁患者生命^[3]。因此,明确胃癌术后腹腔感染的危险因素并构建预测模型,对精准评估感染风险、指导术后感染预防和早期抗感染治疗具有重要意义。目前胃癌术后感染的相关研究主要集中在浅表切口感染和肺部感染等^[4-5],关于腹腔感染的报道较少,且缺乏有效的临床预测模型。为此,本研

究旨在分析胃癌术后腹腔感染危险因素,构建并验证列线图预测模型,为临床提供量化可靠的早期防治评估工具。

1 对象与方法

1.1 样本量估算 Logistic 回归分析样本量估算应基于公式(1)^[6],以“高血压”(否=0,是=1)为例,既往研究^[7]得出 $B(X=1 \text{ 患者占总体的比例})=0.29$, $P_0(X=0 \text{ 患者阳性结局发生频率})=0.04$, $P_1(X=1 \text{ 患者阳性结局发生频率})=0.14$, $p(\text{总的阳性结局发生频率})=0.07$, $Z_{1-\alpha/2}=1.96$, $Z_{1-\beta}=1.28$, 计算得出本研究样本量 $n\geq 392$ 例。考虑样本数据缺失,以及患者病情较重,增加纳入 30%,纳入样本应不少于 560 例。

$$n = \frac{\{Z_{1-\alpha/2} [p(1-p)/B]^{1/2} + Z_{1-\beta} [p_0(1-p_0) + p_1(1-p_1)(1-B)/B]^{1/2}\}^2}{(p_0 - p_1)^2(1-B)}$$

(1)

1.2 研究对象 基于样本量估算结果,根据纳入与排除标准,初步纳入 2021 年 4 月—2024 年 3 月某院收治的 600 例胃癌手术患者。纳入标准:①符合《胃癌诊疗规范(2018 年版)》^[8]中胃癌相关诊断标准;②具有手术指征且行择期手术;③年龄>18 岁;④临床资料完整。排除标准:①长期使用免疫抑制剂;②转移性胃癌或合并其他恶性肿瘤;③残胃癌;④术前已伴腹腔感染或全身感染。经知情告知后,

12 例患者拒绝参与研究,最终纳入 588 例,所有参与者均签署知情同意书。本研究经医院伦理委员会批准,符合《赫尔辛基宣言》^[9]要求。本院采取全面综合性监测,即对院内所有住院患者进行医院感染监测,定期评估患者临床症状和体征,对感染高危人群及疑似感染者实施目标性监测。

1.3 研究方法

1.3.1 资料收集 收集患者性别、年龄、糖尿病、高

血压、美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级、病变部位、肿瘤分期、病理分型、手术类型、手术方式、根治度[完全切除(R_0),显微镜下残留(R_1),肉眼残留(R_2)]、联合脏器切除、腹部手术史、新辅助化学治疗等计数资料,身体质量指数(body mass index, BMI)、术前白细胞计数(white blood cell, WBC)、术前淋巴细胞计数(lymphocyte, Lym)、术前血红蛋白(hemoglobin, Hb)、术前清蛋白(albumin, ALB)、预后营养指数(prognostic nutritional index, PNI)、手术时长、术后住院日数等计量资料。

1.3.2 腹腔感染诊断标准 参照《外科常见腹腔感染多学科诊治专家共识》^[10]诊断标准,符合以下表现可诊断术后腹腔感染:发热、转移性右下腹痛、麦氏点压痛等临床表现,实验室检查结果显示患者WBC、C反应蛋白、降钙素原等血清指标异常升高。

1.3.3 病原菌检测及鉴定方法 行抗感染治疗前采集患者腹腔积液标本,按照《全国临床检验操作规程》(第四版)^[11]相关操作标准,通过平板划线法将标本接种于血琼脂培养基,37℃恒温培养 12 h,采用 MircoScan walkAway-8 细菌鉴定及药敏分析仪(生产商:德国 Siemens)鉴定菌株。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 27.0 统计软件处理与分析数据。采用 *Kolmogorov-Smirnov* 检验进行验证,本研究计量资料均符合正态分布,采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立 *t* 检验;计数资料采用例数和百分比[例(%)]表示,组间比较采用 χ^2 检验,等级资料进行 *Wilcoxon* 等级秩和检验;采用多因素 logistic 回归分析验证胃癌患者术后腹腔感染的独立危险因素,采用 Rstudio(R4.3.3)的“rms”包和“caret”包构建列线图模型,绘制列线图;采用“pROC”包验证模型,绘制受试者工作特征(ROC)曲线,计算 ROC 曲线下面积(AUC),绘制模型校准曲线,计算平均绝对误差(MAE)和均方误差(MSE);采用“dcurves”包验证模型临床效用,绘制决策曲线(DCA)和临床影响曲线(CIC)。以 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 腹腔感染病原体分布 本研究纳入 588 例患者,52 例(8.84%)发生术后腹腔感染,包括急性胆囊炎 5 例,急性阑尾炎 2 例,腹膜炎 27 例,腹腔脓肿

18 例。术后感染发生时间为术后 3~10 d,平均(6.35 ± 2.22)d。52 份腹腔积液标本中,共检出病原体 65 株,包括革兰阴性菌 47 株(72.31%),革兰阳性菌 15 株(23.07%),真菌 3 株(4.62%),见表 1。

表 1 胃癌术后患者腹腔感染病原体分布
Table 1 Pathogen distribution of postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients

病原体	株数($n=65$)	构成比(%)
革兰阴性菌	47	72.31
大肠埃希菌	30	46.15
肺炎克雷伯菌	7	10.77
阴沟肠杆菌	4	6.15
鲍曼不动杆菌	3	4.62
铜绿假单胞菌	2	3.08
奇异变形杆菌	1	1.54
革兰阳性菌	15	23.07
粪肠球菌	7	10.77
屎肠球菌	4	6.15
表皮葡萄球菌	3	4.62
金黄色葡萄球菌	1	1.54
真菌	3	4.62
白念珠菌	2	3.08
光滑念珠菌	1	1.54

2.2 胃癌患者术后腹腔感染危险因素的单因素分析 采用 R 语言“createDataPartition”函数,按照 3:1 的比例将患者随机分为训练集($n=441$)和验证集($n=147$),两组患者基线资料比较,差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。根据术后是否发生腹腔感染,将其分为感染组($n=52$)和非感染组($n=536$),单因素分析显示,两组患者在 ASA 分级、根治度(显微镜下残留)、联合器官切除、高血压病史、腹部手术史、BMI、手术时间等方面比较,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),见表 2。

2.3 胃癌患者术后腹腔感染危险因素的多因素分析 以患者术后是否发生腹腔感染为因变量,将单因素分析中有统计学意义的变量作为自变量(赋值方法见表 3),采用多因素 logistic 回归模型进行分析,多因素分析结果显示:根治度(R_1)、联合器官切除、高血压、腹部手术史、手术时间均为胃癌患者术后腹腔感染的独立危险因素(均 $P<0.05$),见表 4。

表 2 胃癌患者术后腹腔感染危险因素的单因素分析

因素	感染组(<i>n</i> = 52)	非感染组(<i>n</i> = 536)	$\chi^2/Z/t$	<i>P</i>
性别[例(%)]			0.024	0.877
男性	38(73.08)	397(74.07)		
女性	14(26.92)	139(25.93)		
ASA 分级[例(%)]			3.717*	<0.001
Ⅰ~Ⅱ	45(86.54)	520(97.01)		
Ⅲ~Ⅳ	7(13.46)	16(2.99)		
病变位置[例(%)]			1.843	0.398
上段	7(13.46)	82(15.30)		
中段	11(21.15)	76(14.18)		
下段	34(65.39)	378(70.52)		
肿瘤分期[例(%)]			-1.916*	0.055
Ⅰ	11(21.15)	146(27.24)		
Ⅱ	6(11.54)	118(22.01)		
Ⅲ	23(44.23)	182(33.96)		
Ⅳ	12(23.08)	90(16.79)		
病理分型[例(%)]			3.486	0.062
印戒细胞癌	5(9.62)	109(20.34)		
非印戒细胞癌	47(90.38)	427(79.66)		
手术类型[例(%)]			2.150	0.143
根治术	42(80.77)	471(87.87)		
非根治术	10(19.23)	65(12.13)		
手术方式[例(%)]			1.023	0.312
开腹	38(73.08)	424(79.10)		
腹腔镜	14(26.92)	112(20.90)		
根治度[例(%)]			-2.155*	0.031
R ₀	38(73.08)	455(84.89)		
R ₁	13(25.00)	70(13.06)		
R ₂	1(1.92)	11(2.05)		
联合器官切除[例(%)]			13.909	<0.001
是	9(17.31)	25(4.66)		
否	43(82.69)	511(95.34)		
糖尿病[例(%)]			0.072	0.788
是	5(9.62)	58(10.82)		
否	47(90.38)	478(89.18)		
高血压病史[例(%)]			18.762	<0.001
是	29(55.77)	145(27.05)		
否	23(44.23)	391(72.95)		
腹部手术史[例(%)]			7.711	0.005
是	12(23.08)	55(10.26)		
否	40(76.92)	481(89.74)		

续表 2 (Table 2, Continued)

因素	感染组 (n = 52)	非感染组 (n = 536)	$\chi^2/Z/t$	P
新辅助化学治疗[例(%)]			0.415	0.519
是	3(5.77)	21(3.92)		
否	49(94.23)	515(96.08)		
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	66.85 $\pm$ 10.17	65.56 $\pm$ 9.59	-0.918	0.359
BMI($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	23.05 $\pm$ 3.04	22.19 $\pm$ 3.01	-1.969	0.049
术前 WBC($\bar{x} \pm s$, $\times 10^9/L$)	6.55 $\pm$ 2.23	6.19 $\pm$ 2.01	-1.208	0.227
术前 Lym($\bar{x} \pm s$, $\times 10^9/L$)	1.52 $\pm$ 0.58	1.61 $\pm$ 0.50	1.287	0.199
术前 Hb($\bar{x} \pm s$, g/L)	114.53 $\pm$ 21.71	114.55 $\pm$ 21.75	0.009	0.993
术前 ALB($\bar{x} \pm s$, g/L)	36.01 $\pm$ 4.17	36.94 $\pm$ 4.93	1.316	0.189
PNI($\bar{x} \pm s$)	46.67 $\pm$ 6.71	45.34 $\pm$ 6.09	-1.497	0.135
手术时间($\bar{x} \pm s$, min)	208.29 $\pm$ 43.60	188.96 $\pm$ 44.07	-3.022	0.003
术后住院时间($\bar{x} \pm s$, d)	21.52 $\pm$ 8.78	20.21 $\pm$ 8.27	-1.089	0.277

注：* 表示为等级资料,采用 Wilcoxon 等级秩和检验。

表 3 变量赋值表

Table 3 Variable assignment table

变量	赋值
术后腹腔感染	0 = 否; 1 = 是
ASA 分级	0 = I ~ II 级; 1 = III ~ IV 级
根治度	0 = R ₀ ; 1 = R ₁ ; 2 = R ₂
联合器官切除	0 = 否; 1 = 是
高血压	0 = 否; 1 = 是
腹部手术史	0 = 否; 1 = 是
BMI	以原值输入
手术时间	以原值输入

2.4 列线图预测模型的构建 根据多因素分析结

果,构建胃癌患者术后腹腔感染的列线图预测模型,见图 1。该模型总分 0~240 分,评分越高提示患者术后腹腔感染风险越高。当模型总分达 96 分时,预测感染风险为 10%;当总分达 223 分时,预测感染风险为 80%。随机选取 2 例患者进行验证,病例 1:根治度(R₀) = 0 分,联合器官切除(否) = 0 分,高血压(否) = 0 分,腹部手术史(是) = 33.75 分,手术时间(256 min) = 75 分,模型总分 108.75 分,预测术后腹腔感染风险为 12.50%(实际未发生);病例 2:根治度(R₀) = 0 分,联合器官切除(是) = 46.75 分,高血压(是) = 53.25 分,腹部手术史(是) = 33.75 分,手术时间(186 min) = 48 分,模型总分 181.75 分,预测术后腹腔感染风险为 55.00%(实际发生感染)。

表 4 胃癌患者术后腹腔感染危险因素的 logistic 回归分析

Table 4 Logistic regression analysis on risk factors for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients

自变量	β	S_b	$Wald\chi^2$	OR	95%CI	P
ASA 分级(III ~ IV 级)	0.976	0.573	2.905	2.655	0.864~8.160	0.088
根治度			5.143			0.076
根治度(R ₁)	0.861	0.380	5.128	2.366	1.123~4.987	0.024
根治度(R ₂)	0.087	1.103	0.006	1.091	0.125~9.479	0.937
联合器官切除(是)	1.196	0.471	6.463	3.307	1.315~8.317	0.011
高血压(是)	1.232	0.313	15.511	3.429	1.857~6.331	<0.001
腹部手术史(是)	0.899	0.390	5.329	2.458	1.145~5.274	0.021
BMI	0.093	0.050	3.426	1.098	0.995~1.212	0.064
手术时间	0.010	0.004	7.626	1.010	1.003~1.018	0.006
常量	-7.454	1.460	26.053	0.001		<0.001

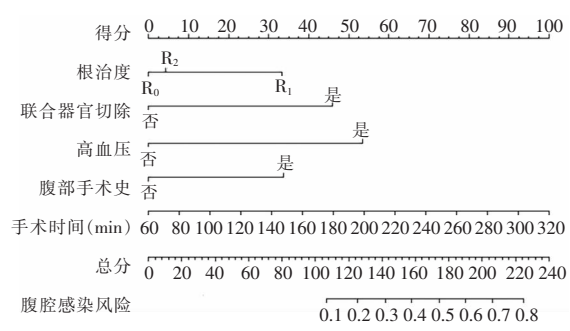


图 1 胃癌患者术后腹腔感染的列线图预测模型

Figure 1 Nomogram prediction model for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients

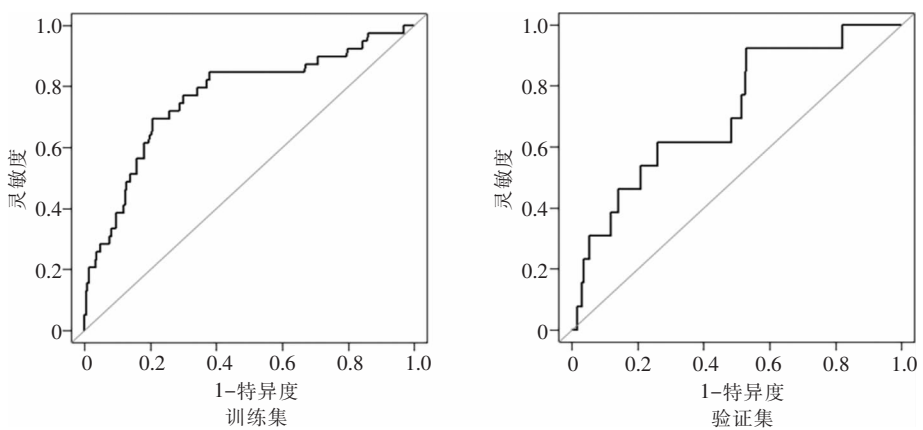


图 2 胃癌患者术后腹腔感染列线图预测模型的 ROC 曲线

Figure 2 ROC curve of the nomogram prediction model for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients

2.6 列线图预测模型的临床价值 采用 DCA 和 CIC 评估模型的临床实用价值。DCA 曲线分析结果显示,在训练集(0.05~0.4)和验证集(0.1~1.0)风险阈值范围内,应用该模型识别术后腹腔感染高

2.5 列线图预测模型的验证 采用 ROC 曲线和 Hosmer-Lemeshow 检验对模型进行验证。ROC 曲线分析结果显示,训练集 AUC 为 0.764(95%CI: 0.677~0.852),验证集 AUC 为 0.712(95%CI: 0.565~0.860),均>0.7,提示模型对胃癌患者术后腹腔感染具有良好区分能力,见图 2。采用 Bootstrap 法(重复抽样 500 次)进行内部检验,结果显示训练集 MAE 为 0.016,MSE 为 0.000 43,验证集 MAE 为 0.022,MSE 为 0.000 89,各指标均趋近于 0, Hosmer-Lemeshow 检验结果显示, χ^2 值为 8.491, P 值为 0.387,提示模型拟合优度良好,预测准确性较高,见图 3。

风险患者并实施干预可获得正向收益,见图 4。CIC 分析结果显示,在训练集(0~0.4)和验证集(0~0.5)风险阈值范围内,模型预测的感染病例数高于实际感染病例数,表明模型具有较好的临床实用性,见图 5。

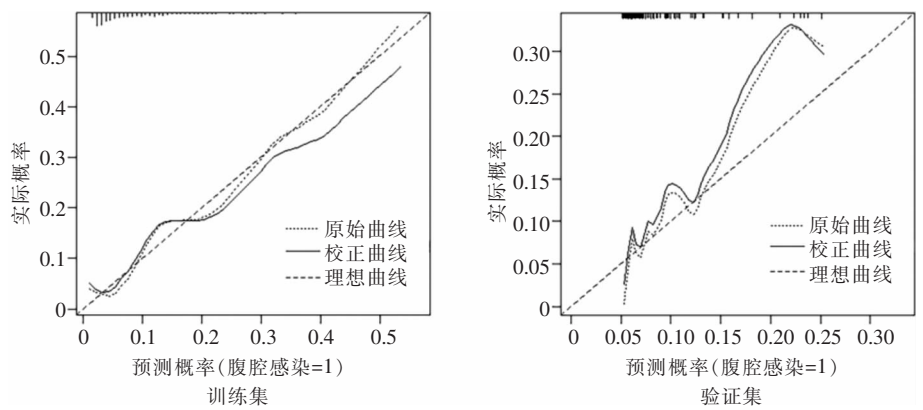


图 3 胃癌患者术后腹腔感染列线图预测模型的校准曲线

Figure 3 Calibration curve of the nomogram prediction model for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients

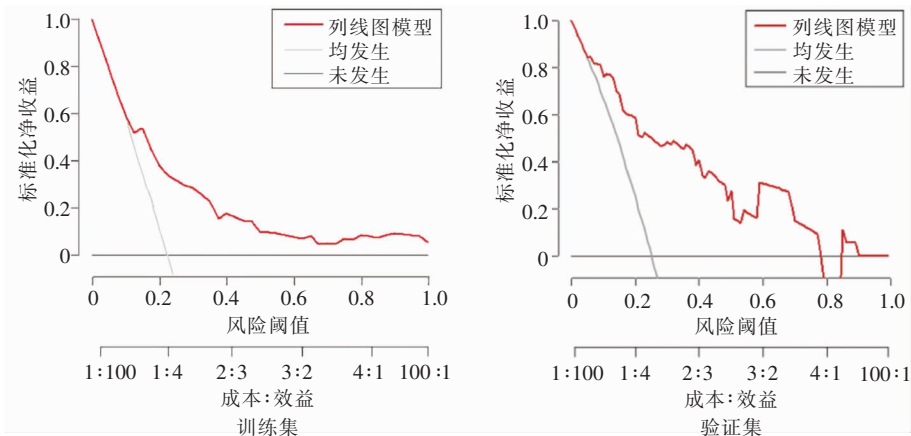


图 4 胃癌患者术后腹腔感染列线图预测模型的 DCA 曲线

Figure 4 DCA curve of the nomogram prediction model for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients

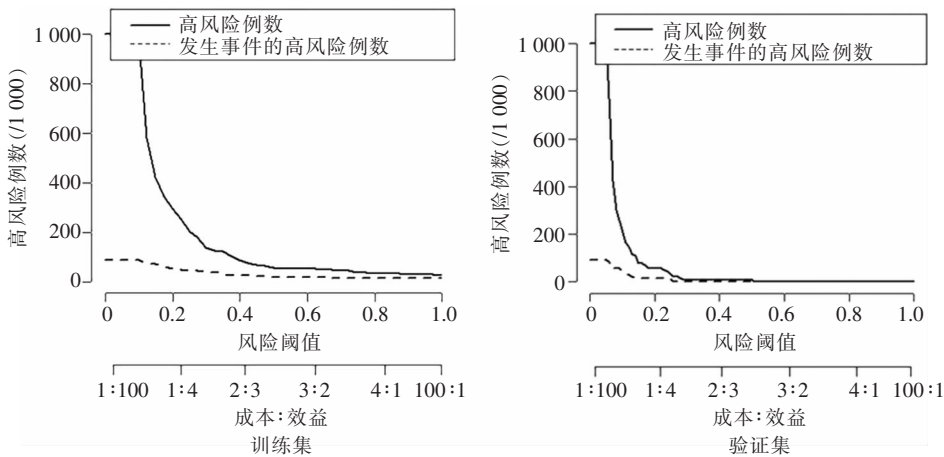


图 5 胃癌患者术后腹腔感染列线图预测模型的 CIC 曲线

Figure 5 CIC curve of the nomogram prediction model for postoperative intra-abdominal infection in gastric cancer patients

3 讨论

腹腔感染是胃癌术后常见并发症,可延长患者术后恢复时间和住院时间,研究^[12]表明,腹腔感染还可能降低胃癌患者术后 5 年生存率和无复发生存率。既往研究^[13-15]显示,胃癌术后腹腔感染发生率为 3.89%~8.94%,本研究中,588 例患者术后发生腹腔感染 52 例(8.84%)。52 份腹腔积液标本共检出病原体 65 株,其中革兰阴性菌占 72.31%,革兰阳性菌占 23.07%,真菌占 4.62%。大肠埃希菌是胃癌术后腹腔感染最常见的病原菌,占 46.15%,与相关研究^[16-17]报道结果相近。

本研究回顾性分析 588 例胃癌手术患者,多因素分析显示,根治度(R_1)、联合器官切除、高血压、腹部手术史、手术时间均为胃癌患者术后腹腔感染

的独立危险因素。胃癌手术根治度是胃癌预后的关键因素^[18],与 R_0 相比, R_1 患者的术后复发风险更高,胃癌根治术操作难度大,对术者的技术要求相对较高,根治度为 R_1 ,一方面可能是由于患者恶性肿瘤扩散范围较大,处理难度大;另一方面,可能与术者技术水平低或操作不当有关,从而可能增加不良事件的发生风险。研究^[19]表明,提高手术熟练度和手术精细度可降低腹腔感染。本研究中根治度 R_1 患者中 15.66% 术后发生腹腔感染, R_2 患者中为 8.33%。相比根治度 R_1 ,根治度 R_2 往往会给病原体生长繁殖提供更适宜的环境,理论上 R_2 患者术后腹腔感染发生率应该更高,分析其原因,可能是临床实践中考虑 R_2 患者病情的特殊性,强化了抗感染治疗,导致 R_2 患者腹腔感染发生率偏低。当胃癌直接侵犯或转移至周围器官时,则必须将其一并切除。然而,联合器官切除虽然可达到手术根治效果,但也存在

创伤大、并发症多、术后恢复慢等不良事件风险^[20], 其中扩大的组织创伤范围及程度则一定程度增加了患者腹腔感染风险。糖尿病患者由于对营养物质的摄取能力减弱, 营养状态普遍较差, 使其机体免疫功能降低, 故更易引起术后感染, 高血压往往与糖尿病并存^[21], 两种疾病均可造成血管损伤, 促进病原体侵袭, 增加腹腔感染风险, 且既往研究^[22]报道, 糖尿病为胃癌根治术后腹腔感染的重要危险因素。本研究中糖尿病患病率在非感染组和感染组差异无统计学意义, 而高血压病史为胃癌术后腹腔感染的独立危险因素, 分析其原因, 可能与抽样误差引起的结果偏倚有关。有腹部手术史的患者, 胃肠功能普遍较差, 导致其机体免疫功能降低, 其机制与糖尿病引起的免疫功能下降类似, 导致患者更易引起腹腔感染。吴晖等^[23]研究发现, 胃癌术中联合器官切除可增加手术创伤程度, 其不仅表现为出血量增加, 也会导致手术时间延长, 成昌霞等^[24]研究发现, 随手术时间延长, 术后感染风险呈上升趋势, 这是由于长时间的侵入性操作, 会导致人体内脏器官、组织暴露于空气的时间延长, 同时, 长时间胃肠手术亦可导致患者免疫力下降, 从而增加感染风险。

列线图预测模型是一种将危险因素可视化、图形化, 且能将预测的临床结局发生风险直观展现出来的量化模型, 本研究基于 logistic 回归分析构建的列线图模型显示, 训练集 AUC 为 0.764(95%CI: 0.677~0.852), 验证集 AUC 为 0.712(95%CI: 0.565~0.860), 表明该模型具有良好的区分度, 能够较好地地区分患者术后是否可能发生腹腔感染, 且经 Hosmer-Lemeshow 检验发现, 该模型具有良好的拟合优度, 结合校准曲线, 提示该模型可较为精准地预测胃癌术后腹腔感染的发生。通过 DCA 曲线和 CIC 曲线分析验证, 该模型具有较高的临床效用。然而, 本研究仍存在一定局限性: (1) 样本来源单一, 导致研究结果可能存在偏倚; (2) 回顾性研究导致部分数据缺失严重的关键指标未被纳入, 导致因素分析不够全面; (3) 列线图模型缺乏外部验证, 导致模型的泛化能力未得到验证。

综上所述, 胃癌术后腹腔感染受多因素影响, 结合危险因素构建列线图预测模型, 有助于胃癌术后腹腔感染的早期防控, 对改善患者预后具有重要价值。因此, 未来需要通过开展多中心、前瞻性的研究, 以进一步验证该模型的临床价值。

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] Zhang SZ, Zhang L, Xie L. Cancer burden in China during 1990 – 2019; analysis of the global burden of disease[J]. Biomed Res Int, 2022, 2022; 3918045.
- [2] Hoft SG, Noto CN, DiPaolo RJ. Two distinct etiologies of gastric cancer: infection and autoimmunity[J]. Front Cell Dev Biol, 2021, 9: 752346.
- [3] Goldfarb Y, Sorski L, Benish M, et al. Improving postoperative immune status and resistance to cancer metastasis; a combined perioperative approach of immunostimulation and prevention of excessive surgical stress responses[J]. Ann Surg, 2011, 253(4): 798 – 810.
- [4] 巩玉亮, 牛小康, 郭勇. 胃癌根治术后手术部位感染的影响因素分析[J]. 癌症进展, 2021, 19(21): 2218 – 2220.
Gong YL, Niu XK, Guo Y. Analysis of influencing factors of operation site infection after radical surgery for gastric cancer [J]. Oncology Progress, 2021, 19(21): 2218 – 2220.
- [5] 赵金辉, 谷顺通, 田丽, 等. 腹腔镜胃癌根治术患者术后肺部感染与影响因素分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2019, 29(3): 403 – 406.
Zhao JH, Gu ST, Tian L, et al. Indicators and risk factors of postoperative pulmonary infection in patients after laparoscopic radical resection of gastric cancer[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2019, 29(3): 403 – 406.
- [6] 高永祥, 张晋昕. Logistic 回归分析的样本量确定[J]. 循证医学, 2018, 18(2): 122 – 124.
Gao YX, Zhang JX. Determination of sample size in logistic regression analysis[J]. The Journal of Evidence – Based Medicine, 2018, 18(2): 122 – 124.
- [7] Zhang Y, Wang ZF, Basharat Z, et al. Nomogram of intra – abdominal infection after surgery in patients with gastric cancer: a retrospective study [J]. Front Oncol, 2022, 12: 982807.
- [8] 国家卫生健康委员会. 胃癌诊疗规范(2018 年版)[J]. 中华消化病与影像杂志(电子版), 2019, 9(3): 118 – 144.
National Health Commission. Diagnosis and treatment standards for gastric cancer (2018 Edition)[J]. Chinese Journal of Digestion and Medical Imageology (Electronic edition), 2019, 9(3): 118 – 144.
- [9] Shrestha B, Dunn L. The declaration of Helsinki on medical research involving human subjects; a review of seventh revision[J]. J Nepal Health Res Counc, 2020, 17(4): 548 – 552.
- [10] 中华医学会外科学分会, 中国研究型医院学会感染性疾病循证与转化专业委员会, 中华外科杂志编辑部. 外科常见腹腔感染多学科诊治专家共识[J]. 中华外科杂志, 2021, 59(3): 161 – 178.
Chinese Society of Surgery of Chinese Medical Association, Infectious Diseases Society for Evidence – based and Translational Medicine of Chinese Research Hospital Association, Editorial Board of Chinese Journal of Surgery. Expert consensus on multidisciplinary management of intra – abdominal infections

- [J]. Chinese Journal of Surgery, 2021, 59(3): 161–178.
- [11] 尚红, 王毓三, 申子瑜. 全国临床检验操作规程[M]. 4 版. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 107–121.
- Shang H, Wang YS, Shen ZY. National guide to clinical laboratory procedures[M]. 4th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2015: 107–121.
- [12] Takebayashi K, Murata S, Kaida S, et al. Adverse impact of postoperative intra-abdominal infectious complications on cancer recurrence-related survival after curative gastric cancer surgery[J]. Am J Surg, 2022, 224(3): 949–954.
- [13] 戴丐国, 杜义安, 俞鹏飞, 等. 胃癌患者根治术后腹腔感染的调查分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2016, 26(8): 1798–1800.
- Dai GG, Du YA, Yu PF, et al. Abdominal cavity infections in patients with gastric cancer after radical resection[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2016, 26(8): 1798–1800.
- [14] 马雕龙, 狐鸣, 苏阿德, 等. 机器人辅助胃癌根治术后腹腔感染的危险因素及预后分析[J]. 中国普通外科杂志, 2022, 31(4): 497–506.
- Ma DL, Hu M, Su AD, et al. Analysis of risk factors and prognosis of intra-abdominal infection after robotic-assisted radical gastric cancer resection[J]. Chinese Journal of General Surgery, 2022, 31(4): 497–506.
- [15] Mao CC, Chen XD, Lin J, et al. A novel nomogram for predicting postsurgical intra-abdominal infection in gastric cancer patients: a prospective study[J]. J Gastrointest Surg, 2018, 22(3): 421–429.
- [16] 裴大兵, 张翼臻, 宋公青, 等. 胃癌 D2 根治术后腹腔感染病原菌及耐药性[J]. 中华医院感染学杂志, 2022, 32(18): 2838–2841.
- Pei DB, Zhang YZ, Song GQ, et al. Distribution and drug resistance of pathogens isolated from gastric cancer patients with abdominal infection after D2 radical gastrectomy[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2022, 32(18): 2838–2841.
- [17] 张佳宇, 宋彬, 高硕徽, 等. 胃癌患者腹腔镜胃癌根治术后感染病原菌分布及危险因素分析[J]. 中国实验诊断学, 2016, 20(9): 1474–1476.
- Zhang JY, Song B, Gao SH, et al. Risk factors after laparoscopically gastrectomy and distribution of pathogens for gastric cancer patients[J]. Chinese Journal of Laboratory Diagnosis, 2016, 20(9): 1474–1476.
- [18] 单吉贤, 陈峻青, 王舒宝. 胃癌 ABC 根治度与预后关系的评价[J]. 中华肿瘤杂志, 1999, 21(6): 467–469.
- Shan JX, Chen JQ, Wang SB. Relationship between extent of tumor resection and prognosis: an evaluation in 533 cases of gastric cancer[J]. Chinese Journal of Oncology, 1999, 21(6): 467–469.
- [19] 李双喜, 蔡鸿圳, 王琦, 等. 胃癌术后发生腹腔感染的影响因素及预后分析(附 1 129 例报告)[J]. 中华消化外科杂志, 2024, 23(3): 380–385.
- Li SX, Cai HZ, Wang Q, et al. Influencing factors for postoperative abdominal infection in gastric cancer and prognosis analysis: a report of 1 129 cases[J]. Chinese Journal of Digestive Surgery, 2024, 23(3): 380–385.
- [20] 张再重, 林晨, 王烈. 联合脏器切除在进展期胃癌治疗中的意义[J]. 临床外科杂志, 2022, 30(9): 813–814.
- Zhang ZZ, Lin C, Wang L. Significance of combined organ resection in the treatment of advanced gastric cancer[J]. Journal of Clinical Surgery, 2022, 30(9): 813–814.
- [21] Yamazaki D, Hitomi H, Nishiyama A. Hypertension with diabetes mellitus complications[J]. Hypertens Res, 2018, 41(3): 147–156.
- [22] 肖华, 欧阳永忠, 汤明, 等. 胃癌根治术后腹腔感染的危险因素分析[J]. 中华医学杂志, 2013, 93(40): 3211–3214.
- Xiao H, OUYANG YZ, Tang M, et al. Multivariate analysis of risk factors for intra-abdominal infections after radical gastrectomy for gastric cancer[J]. National Medical Journal of China, 2013, 93(40): 3211–3214.
- [23] 吴晖, 徐萍萍, 何裕隆, 等. 胃癌手术方式对患者手术创伤程度的影响[J]. 中华医学杂志, 2012, 92(38): 2694–2698.
- Wu H, Xu PP, He YL, et al. Impact of surgical modalities for gastric cancer on operational trauma[J]. National Medical Journal of China, 2012, 92(38): 2694–2698.
- [24] 成昌霞, 周学颖, 李福玮, 等. 手术时间对手术切口感染影响的研究[J]. 中华医院感染学杂志, 2016, 26(5): 1111–1112, 1123.
- Cheng CX, Zhou XY, Li FW, et al. Research on influence of surgical time on surgical incision infections[J]. Chinese Journal of Nosocomiology, 2016, 26(5): 1111–1112, 1123.

(本文编辑:陈玉华)

本文引用格式:侯昱,顾启红,周进,等. 胃癌患者术后腹腔感染风险预测模型的构建及验证[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(6): 753–761. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20257069.

Cite this article as: HOU Yu, GU Qihong, ZHOU Jin, et al. Construction and validation of a predictive model for postoperative intra-abdominal infection risk in gastric cancer patients[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(6): 753–761. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20257069.