



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.240460  
<http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.240460>  
China Journal of General Surgery, 2025, 34(5):988-995.

· 乳腺外科专题研究 ·

# 基于入院临床资料的保乳术后乳腺癌复发风险预测模型构建与验证

吴勤祥, 丁恒一, 李宇飞

(南阳医学高等专科学校第一附属医院 普通外科二病区, 河南 南阳 473058)

## 摘要

**背景与目的:** 保乳术作为乳腺癌的重要手术方式, 兼顾肿瘤切除与乳腺组织保留, 已广泛应用于临床。然而, 术后肿瘤复发仍是影响患者预后的关键问题, 亟须精准的风险预测工具以指导个体化治疗。本研究旨在基于入院临床资料构建保乳术后肿瘤复发的风险预测模型, 并验证其预测效能, 期望为临床提供科学、便捷的决策支持。

**方法:** 纳入南阳医学高等专科学校第一附属医院2017年5月—2019年5月接受保乳术的224例乳腺癌患者, 随访统计复发情况。采用多因素Logistic回归分析筛选影响复发的独立危险因素, 构建风险预测模型, 并通过受试者工作特征曲线(ROC)评估模型的区分度, Calibration曲线验证其校准能力。

**结果:** 最终208例患者完成随访, 随访时间32~84个月, 平均 $(58.41 \pm 7.33)$ 个月, 复发率为17.79%。多因素Logistic回归分析显示, TNM分期III期( $OR=2.029$ )、肿瘤直径 $\geq 4$  cm( $OR=1.782$ )、淋巴结转移数量 $\geq 4$ 枚( $OR=1.958$ )、脉管癌栓( $OR=1.984$ )及HER2阳性( $OR=1.774$ )为复发的独立危险因素(均 $P<0.05$ )。据此建立的Logistic回归模型公式为:  $Y=-12.788+0.707X_1+0.578X_2+0.672X_3+0.685X_4+0.573X_5$ 。模型ROC曲线下面积为0.934(95% CI=0.891~0.963), 敏感度为86.49%, 特异度为96.49%。Calibration曲线显示模型校准良好( $\chi^2=0.501$ ,  $P=0.392$ )。

**结论:** TNM分期III期、肿瘤直径 $\geq 4$  cm、淋巴结转移数量 $\geq 4$ 枚、脉管癌栓及HER2阳性是保乳术后肿瘤复发的独立危险因素。基于这些指标构建的风险预测模型具有良好的区分度与校准能力, 可为术后风险评估与临床干预提供参考依据。

## 关键词

乳腺肿瘤; 器官保留治疗; 复发; 危险因素; 列线图  
中图分类号: R737.9

## Development and validation of a risk prediction model for tumor recurrence after breast-conserving surgery based on admission clinical data

WU Qinxiang, DING Hengyi, LI Yufei

(Department of General Surgery II, the First Affiliated Hospital of Nanyang Medical College, Nanyang, Henan 473058, China)

## Abstract

**Background and Aims:** Breast-conserving surgery, which balances tumor excision with preservation of

收稿日期: 2024-08-30; 修订日期: 2025-05-18。

作者简介: 吴勤祥, 南阳医学高等专科学校第一附属医院副主任医师, 主要从事胃肠外科方面的研究。

通信作者: 丁恒一, Email: 1297197635qq.com

breast tissue, has become a widely adopted surgical approach for breast cancer. However, postoperative tumor recurrence remains a major factor affecting patient prognosis. Accurate risk prediction tools are urgently needed to guide personalized treatment strategies. This study aimed to develop a risk prediction model for tumor recurrence after BCS based on admission clinical data and to evaluate its predictive performance to provide a scientific and practical tool for clinical decision-making.

**Methods:** A total of 224 breast cancer patients who underwent breast-conserving surgery between May 2017 and May 2019 were enrolled. Postoperative recurrence was recorded during follow-up. Multivariate Logistic regression analysis was used to identify independent risk factors for recurrence and to construct a risk prediction model. The model's discriminative ability was assessed using the receiver operating characteristic (ROC) curve, and its calibration was evaluated using a calibration curve.

**Results:** 208 patients completed follow-up, ranging from 32 to 84 months, with a mean duration of  $(58.41 \pm 7.33)$  months. The recurrence rate was 17.79%. Multivariate Logistic regression analysis revealed that TNM stage III ( $OR=2.029$ ), tumor diameter  $\geq 4$  cm ( $OR=1.782$ ),  $\geq 4$  lymph node metastases ( $OR=1.958$ ), lymphovascular invasion ( $OR=1.984$ ), and HER2 positivity ( $OR=1.774$ ) were independent risk factors for recurrence (all  $P < 0.05$ ). The Logistic regression model was established as follows:  $Y = -12.788 + 0.707X_1 + 0.578X_2 + 0.672X_3 + 0.685X_4 + 0.573X_5$ . The model yielded an area under the ROC curve (AUC) of 0.934 (95%  $CI=0.891-0.963$ ), with a sensitivity of 86.49% and specificity of 96.49%. The calibration curve demonstrated good agreement between predicted and observed outcomes ( $\chi^2=0.501$ ,  $P=0.392$ ).

**Conclusion:** TNM stage III, tumor diameter  $\geq 4$  cm,  $\geq 4$  lymph node metastases, lymphovascular invasion, and HER2 positivity are independent risk factors for tumor recurrence after breast-conserving surgery. The risk prediction model based on these factors demonstrates favorable discrimination and calibration, offering valuable guidance for postoperative risk assessment and clinical intervention.

#### Key words

Breast Neoplasms; Organ Sparing Treatments; Recurrence; Risk Factors; Nomograms

CLC number: R737.9

乳腺癌占女性恶性肿瘤病例的20%以上,且近年来其发病率上升趋势明显<sup>[1]</sup>。尽管早期筛查和诊断技术的进步显著提高了乳腺癌的早期发现率、治愈率,但其依然是女性癌症死亡的首要原因<sup>[2]</sup>。随着精准医学的高速发展,乳腺癌的治疗策略经历了从根治性手术到保乳手术的转变,后者在保留患者乳房形态的同时,可达到与乳房切除术相似的肿瘤控制效果,因此其结合放疗已成为乳腺癌患者重要的治疗选择之一<sup>[3]</sup>。尽管保乳术在乳腺癌治疗中具有诸多优势,但术后肿瘤复发仍然是临床上亟待解决的问题。复发的肿瘤通常伴随更高的侵袭性和较差的预后,因此术后复发的早期预测与预防尤为重要。尽管目前已有关于保乳术后肿瘤复发影响因素的研究<sup>[4-6]</sup>,但多仅采用单因素、多因素分析等常规方式,特异度及敏感度不足,且缺乏有效的风险预测模型。列线图模型是

一种基于回归分析的图表工具,因其简便、直观和个体化的特点,在肿瘤预后预测方面已有广泛应用<sup>[7-9]</sup>,但目前尚无针对保乳术后肿瘤复发的风险预测模型。入院临床资料能够提供丰富的、有代表性的患者数据,且简单易得。本研究旨在建立以入院临床资料为导向的风险预测模型,并验证其效能,以期为临床医生提供科学的决策支持。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取2017年5月—2019年5月南阳医学高等专科学校第一附属医院收治的乳腺癌患者224例。纳入标准:(1)确诊为乳腺癌<sup>[10]</sup>,并行保乳术治疗;(2)患者能够理解研究内容,自愿签署知情同意书。排除标准:(1)术前已知存在远处转移;(2)合并其

他类型恶性肿瘤；(3) 合并严重精神疾病或心理障碍；(4) 如合并严重心肺疾病、肝肾功能衰竭或其他严重基础性疾病；(5) 患者处于妊娠期或哺乳期。本研究开展前已获取院伦理委员会的批准（伦理批号：IRB-Y-L2025074）。

1.2 方法

**1.2.1 入院临床资料收集** 通过查询病案、与患者沟通等方式收集其入院临床资料，包括年龄、体质质量指数（body mass index, BMI）、月经状态、乳腺癌家族史、合并症、白细胞计数（white blood cell, WBC）、血小板计数（platelet count, PLT）、血清白蛋白（albumin, ALB）、糖类抗原（carbohydrate antigen, CA）153、CA125、癌胚抗原（carcinoembryonic antigen, CEA）、患侧、TNM 分期、肿瘤直径、淋巴结转移数量、脉管癌栓、人表皮生长因子受体 2（human epidermal growth factor receptor 2, HER2）阳性、Ki-67 阳性、分子分型、组织学类型。

**1.2.2 随访统计保乳术后肿瘤复发情况** 保乳术后随访至 2024 年 5 月，通过门诊病历及住院记录，以及电话、上门随访等方式进行随访，随访终点为复发或截止随访日期。对疑似复发区域进行穿刺活检确认是否复发。复发、无复发患者分别纳

入复发组、无复发组。

1.3 统计学处理

本研究使用 SPSS 20.0 软件分析，服从正态分布时以均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，组间比较用独立样本 *t* 检验；计数资料表示为例数（百分比）[*n*（%）]，用  $\chi^2$  检验；用多因素 Logistic 回归分析保乳术后肿瘤复发的影响因素；使用 rms 程序包、R 语言（R3.6.3）软件构建风险预测模型；用 Medcal 15.0 绘制受试者工作特征曲线（receiver operating characteristic curve, ROC）评估模型的区分度，曲线下面积（AUC）越接近 1 提示该模型区分度越好；用 rms 包做 Calibration 曲线评估模型的校准能力。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 复发组、无复发组临床资料比较

随访时间 32~84 个月，平均 (58.41 ± 7.33) 个月。截至随访日期，224 例患者中 16 例失访，其余 208 例患者中 37 例复发（17.79%）。复发组 TNM 分期 III 期、肿瘤直径 ≥ 4 cm、淋巴结转移数量 ≥ 4 枚、脉管癌栓、HER2 阳性构成比高于无复发组（均 *P* < 0.05）（表 1）。

表 1 复发组与无复发组临床资料比较

Table 1 Comparison of clinical characteristics between the recurrence group and the non-recurrence group

因素	复发组( <i>n</i> =37)	无复发组( <i>n</i> =171)	<i>t</i> / $\chi^2$ / <i>Z</i>	<i>P</i>
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	45.87±6.49	43.31±7.62	1.899	0.059
BMI(kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	22.98±2.41	23.34±2.56	0.783	0.434
月经状态[ <i>n</i> (%)]				
绝经	12(32.43)	46(26.90)	0.463	0.496
未绝经	25(67.57)	125(73.10)		
乳腺癌家族史[ <i>n</i> (%)]				
是	8(21.62)	24(14.04)	1.345	0.246
否	29(78.38)	147(85.96)		
合并症[ <i>n</i> (%)]				
糖尿病	6(16.22)	20(11.70)	0.568	0.451
高血压	8(21.62)	19(11.11)	2.975	0.085
高脂血症	10(27.03)	27(15.79)	2.627	0.105
WBC(×10 <sup>9</sup> /L, $\bar{x} \pm s$ )	14.74±3.98	14.23±3.74	0.744	0.458
PLT(×10 <sup>9</sup> /L, $\bar{x} \pm s$ )	313.26±51.27	321.77±63.34	0.764	0.446
ALB(g/L, $\bar{x} \pm s$ )	29.98±5.09	32.04±6.19	1.890	0.060
CA153(U/mL, $\bar{x} \pm s$ )	54.56±8.25	53.17±9.01	0.863	0.389
CA125(U/mL, $\bar{x} \pm s$ )	41.18±5.21	39.74±5.96	1.361	0.175
CEA(ng/mL, $\bar{x} \pm s$ )	7.38±1.25	7.15±1.14	1.094	0.275

表 1 复发组与无复发组临床资料比较 (续)

Table 1 Comparison of clinical characteristics between the recurrence group and the non-recurrence group (continued)

因素	复发组(n=37)	无复发组(n=171)	t/χ <sup>2</sup> /Z	P
患侧[n(%)]				
左	21(56.76)	75(43.86)	2.036	0.154
右	16(43.24)	96(56.14)		
TNM 分期				
I/II	26(70.27)	147(85.96)	5.354	0.021
III	11(29.73)	24(14.04)		
肿瘤直径[cm,n(%)]				
<4	22(59.46)	132(77.19)	4.977	0.026
≥4	15(40.54)	39(22.81)		
淋巴结转移数量[枚,n(%)]				
<4	29(78.38)	156(91.23)	5.107	0.024
≥4	8(21.62)	15(8.77)		
脉管癌栓[n(%)]				
是	7(18.92)	12(7.02)	5.191	0.023
否	30(81.08)	159(92.98)		
HER2 阳性[n(%)]				
是	9(24.32)	17(9.94)	5.753	0.016
否	28(75.68)	154(90.06)		
Ki-67 阳性[n(%)]				
是	9(24.32)	22(12.87)	3.149	0.076
否	28(75.68)	149(87.13)		
分子分型[n(%)]				
luminal A	21(56.76)	81(47.37)	1.207	0.681
luminal B	7(18.92)	42(24.56)		
HER2 过表达	2(5.40)	16(9.36)		
三阴性	7(18.92)	32(18.71)		
组织学类型[n(%)]				
浸润性导管癌	25(67.57)	85(49.71)	4.986	0.173
原位癌	4(10.81)	35(20.47)		
浸润性小叶癌	6(16.22)	28(16.37)		
恶性分叶状肿瘤	2(5.40)	23(13.45)		

2.2 保乳术后肿瘤复发影响因素的多因素分析

以术后复发(否=0,是=1)为因变量,TNM分期(I/II期=0,III期=1)、肿瘤直径(<4 cm=0,≥4 cm=1)、淋巴结转移数量(<4 枚=0,≥4 枚=1)、脉管癌栓(否=0,是=1)、HER2 阳性(否=0,是=1)为自变

量。多因素 Logistic 回归分析显示,TNM 分期III期、肿瘤直径≥4 cm、淋巴结转移数量≥4 枚、脉管癌栓、HER2 阳性是保乳术后肿瘤复发的危险因素( $P<0.05$ )(表 2)。

表 2 保乳术后肿瘤复发影响因素的多因素分析

Table 2 Multifactorial analysis of factors for tumor recurrence after breast-conserving surgery

因素	β	S.E.	Wald/χ <sup>2</sup>	P	OR(95% CI)
TNM 分期III期	0.707	0.213	11.081	0.001	2.029(1.338~3.077)
肿瘤直径≥4 cm	0.578	0.191	9.192	0.002	1.782(1.227~2.590)
淋巴结转移数量≥4 枚	0.672	0.216	9.689	0.002	1.958(1.283~2.990)
脉管癌栓	0.685	0.254	7.303	0.007	1.984(1.207~3.261)
HER2 阳性	0.573	0.219	6.880	0.009	1.774(1.156~2.723)
常量	-12.788	3.253	15.450	<0.001	0.000

2.3 保乳术后肿瘤复发风险预测模型的构建

纳入上述影响因素建立 Logistic 回归方程： $Y=-12.788+0.707X_1+0.578X_2+0.672X_3+0.685X_4+0.573X_5$ 。其中  $X_1$  为 TNM 分期Ⅲ期， $X_2$  为肿瘤直径 $\geq 4$  cm， $X_3$  为淋巴结转移数量 $\geq 4$  枚， $X_4$  为脉管癌栓， $X_5$  为 HER2 阳性。将上述影响因素作为风险预测模型的变量，并据此构建列线图模型，对各变量对应的数值进行评分，所有变量分数之和为总分，获取保乳术后肿瘤复发的概率（图 1）。

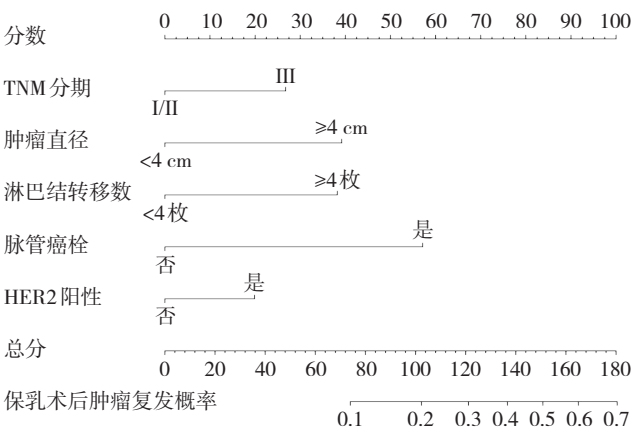


图1 保乳术后肿瘤复发的风险预测模型

Figure 1 Risk prediction model for tumor recurrence after breast-conserving surgery

2.4 保乳术后肿瘤复发风险预测模型的区分度验证

ROC 曲线显示，风险预测模型预测保乳术后肿瘤复发的 AUC 为 0.934（95% CI=0.891~0.963），敏感度为 86.49%，特异度为 96.49%（图 2）。

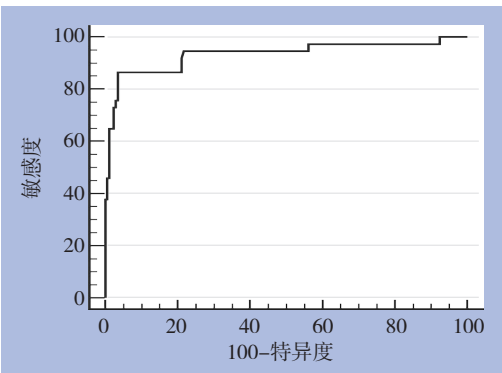


图2 风险预测模型预测保乳术后肿瘤复发的 ROC 曲线

Figure 2 ROC curve of risk prediction model predicting tumor recurrence after breast-conserving surgery

2.5 保乳术后肿瘤复发风险预测模型的校准能力评价

风险预测模型预测保乳术后肿瘤复发的

Calibration 曲线经 Hosmer-Lemeshow 检验，差异无统计学意义（ $\chi^2=0.501$ ， $P=0.392$ ）（图 3）。

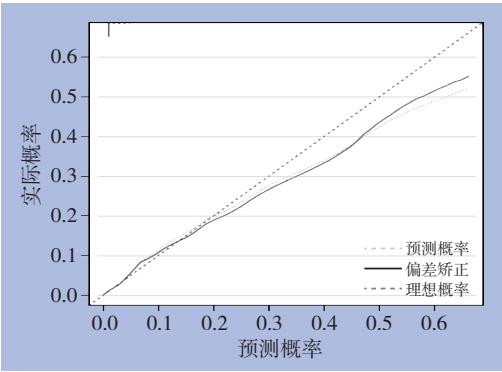


图3 风险预测模型预测保乳术后肿瘤复发的 Calibration 曲线

Figure 3 Calibration curve of risk prediction model predicting tumor recurrence after breast-conserving surgery

3 讨论

乳腺癌保乳术后肿瘤复发是临床治疗中的重大挑战，其病理机制复杂多样，与肿瘤细胞异质性、残留癌细胞微环境变化、肿瘤干细胞活性等多种生物学因素及治疗相关<sup>[11-13]</sup>。对于现代医学而言，识别、清除术后残留微小病灶仍然是巨大的挑战，许多复发病例在影像学和其他诊断工具中无法被早期发现，而到复发形成明显病灶时，通常已进入晚期，治疗效果显著降低。此外，复发性乳腺癌生物学行为更为激进，进一步增加复发后的治疗难度。因此，开发精准预测保乳术后复发的工具是目前研究的一个重要方向。

本研究分析显示，TNM 分期Ⅲ期、肿瘤直径 $\geq 4$  cm、淋巴结转移数量 $\geq 4$  枚、脉管癌栓、HER2 阳性是保乳术后肿瘤复发的危险因素。既往有研究<sup>[14]</sup>发现，TNM 分期高是乳腺癌患者复发的危险因素（ $OR=1.826$ ，95%  $CI=1.332\sim 2.503$ ）。TNM 分期Ⅲ期通常提示肿瘤浸润性强、增殖活跃，并可能已突破局部结构，扩散至区域性淋巴结或远处器官，且该时期的肿瘤通常伴随更高的异质性和耐药性，复发风险大幅增加。肿瘤直径 $\geq 4$  cm 意味着肿瘤体积较大，其内部可能存在缺氧区、营养供应不足等问题，促使肿瘤细胞进入静止期并产生治疗耐受性，而手术切除后这些静止肿瘤细胞在微环境改善时可重新激活，导致复发<sup>[15-16]</sup>。淋巴结



转移数量 $\geq 4$ 枚通常代表着肿瘤已经突破原发部位,进入区域性淋巴系统,并有可能进一步转移至远处,提示肿瘤的侵袭性和系统性扩散能力较强,手术切除局部病灶后,残余的肿瘤细胞可能已通过淋巴系统或血流播散至其他部位,难以通过局部治疗完全清除<sup>[17-18]</sup>。此外,淋巴结转移还与肿瘤微环境中免疫抑制状态有关,转移部位的肿瘤细胞可能通过分泌免疫抑制因子、招募调节性T细胞等多种机制逃避免疫系统监视,进一步增加复发风险。翟耀君等<sup>[19]</sup>也报告肿瘤直径、淋巴结转移数目均与乳腺癌术后复发密切相关。脉管癌栓的存在表明肿瘤细胞已侵入血管或淋巴管内,并可能通过这些通路扩散至远处器官,其不仅是肿瘤复发的高风险因素,还预示着更高的远处转移率<sup>[20]</sup>。由于脉管内肿瘤细胞直接暴露于血流或淋巴液中,其可迅速扩散,并在远处器官形成微小转移灶,经过潜伏期后引发远处复发,而该种转移机制通常不受局部治疗及手术的影响,因此更难以控制<sup>[21]</sup>。HER2阳性乳腺癌因其基因扩增或过表达而具有更强的增殖能力和侵袭性,复发率相对较高<sup>[22]</sup>。尽管HER2靶向治疗的应用在一定程度上改善了HER2阳性乳腺癌患者的预后,但仍有部分患者表现出原发或获得性耐药性<sup>[23]</sup>。研究<sup>[24]</sup>发现,HER2信号通路异常激活不仅可促进肿瘤细胞增殖,还可能通过PI3K/Akt/mTOR等下游通路增强肿瘤细胞存活能力和转移潜能。此外,HER2阳性乳腺癌患者的肿瘤细胞通常具有较高的异质性,可能存在多克隆耐药机制,进一步增加了复发的复杂性。

风险预测模型是一种用于风险预测和决策支持的工具,以图形化方式展示预测结果,通过读取图表用户可以快速、直观地理解风险预测结果,看到不同变量对总体风险的影响。通过预先计算好的风险预测模型,用户可以避免复杂的数学计算,只需通过图表和标尺进行简单的估算即可得出结果<sup>[25-27]</sup>。此外,风险预测模型可以根据新的数据或研究结果进行调整,以提高其适用性和准确性<sup>[28-30]</sup>。本研究纳入TNM分期、肿瘤直径、淋巴结转移数量、脉管癌栓及HER2阳性建立保乳术后肿瘤复发的风险预测模型,经验证其具有良好的区分度及校准能力,提示该模型可指导保乳术后肿瘤复发的预测,辅助临床更容易地理解和应用风险预测结果,采取预防措施减少保乳术后肿瘤

复发,但仍存在以下局限性需进一步探讨:(1)本研究为单中心研究,样本量相对较小,可能导致选择偏倚和统计效能不足,限制其在不同人群中的泛化能力。(2)缺少外部验证,模型仅在内部数据集中进行验证,尚未在独立外部队列中测试其校准度和区分度。(3)模型主要依赖临床参数,未整合基因组学、循环肿瘤DNA等新型生物标志物。(4)目前构建的列线图需手动计算总分,不利于床旁快速评估。开发配套的网页计算器或移动端APP,将有助于临床推广。针对上述局限性,后续研究可从以下方向深化探索:(1)开展多中心、大样本的前瞻性队列研究,纳入不同地域/种族人群以提升泛化性;(2)在独立外部队列中验证模型效能;(3)整合ctDNA甲基化图谱、肿瘤突变负荷等分子标志物构建多组学预测模型;(4)开发自动化评分工具如微信小程序或云端平台,实现风险实时计算与可视化结果输出。

综上所述,TNM分期III期、肿瘤直径 $\geq 4$  cm、淋巴结转移数量 $\geq 4$ 枚、脉管癌栓、HER2阳性是保乳术后肿瘤复发的危险因素,对应的风险预测模型预测保乳术后肿瘤复发的效能良好。

作者贡献声明:吴勤祥负责试验设计、研究实施、资料收集、数据处理、论文撰写;丁恒一负责试验设计、研究实施、资料收集、数据处理、论文修订;李宇飞负责论文修订、论文审校。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

## 参考文献

- [1] Paluch-Shimon S, Cardoso F, Partridge AH, et al. ESO-ESMO fifth international consensus guidelines for breast cancer in young women (BCY5) [J]. *Ann Oncol*, 2022, 33(11): 1097-1118. doi: 10.1016/j.annonc.2022.07.007.
- [2] de la Peña FA, Novoa SA, Gregori JG, et al. SEOM-GEICAM-SOLTI clinical guidelines for early-stage breast cancer (2022) [J]. *Clin Transl Oncol*, 2023, 25(9): 2647-2664. doi: 10.1007/s12094-023-03215-4.
- [3] Jaggi R, Griffith KA, Harris EE, et al. Omission of radiotherapy after breast-conserving surgery for women with breast cancer with low clinical and genomic risk: 5-year outcomes of IDEA [J]. *J Clin Oncol*, 2024, 42(4): 390-398. doi: 10.1200/JCO.23.02270.
- [4] Tomasicchio G, Picciariello A, Stucci LS, et al. Outcome and risk

- factors for local recurrence after breast conserving surgery in patients affected by ductal carcinoma in situ[J]. *Minerva Surg*, 2022, 77(6):536–541. doi:10.23736/S2724-5691.22.09284-X.
- [5] Rodin D, Sutradhar R, Jerzak KJ, et al. Impact of non-adherence to endocrine therapy on recurrence risk in older women with stage I breast cancer after breast-conserving surgery[J]. *Breast Cancer Res Treat*, 2023, 201(1):77–87. doi:10.1007/s10549-023-06989-x.
- [6] Kao CN, Chen CC, Chu WL, et al. Evaluating recurrence risk in patients undergoing breast-conserving surgery using E-cadherin staining as a biomarker[J]. *In Vivo*, 2024, 38(3): 1143–1151. doi: 10.21873/invivo.13549.
- [7] 杨秋怡, 易嘉宁, 郭妙兰, 等. 铜死亡相关基因PDHA1与乳腺癌的预后关系及列线图的构建[J]. *中国普通外科杂志*, 2022, 31(11):1471–1482. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2022.11.009.
- Yang QY, Yi JN, Guo ML, et al. Relationship between cuproptosis related gene PDHA1 and prognosis of breast cancer and its nomogram construction[J]. *China Journal of General Surgery*, 2022, 31(11): 1471–1482. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2022.11.009.
- [8] Nie Y, Ying B, Lu Z, et al. Predicting survival and prognosis of postoperative breast cancer brain metastasis: a population-based retrospective analysis[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2023, 136(14): 1699–1707. doi:10.1097/CM9.0000000000002674.
- [9] Cheng WL, Wang RM, Zhao Y, et al. A nomogram for predicting cancer-specific survival in patients with uterine clear cell carcinoma: a population-based study[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1):9231. doi:10.1038/s41598-023-36323-w.
- [10] 中国抗癌协会乳腺癌专业委员会. 中国抗癌协会乳腺癌诊治指南与规范(2015版)[J]. *中国癌症杂志*, 2015, 25(9):692–754. doi: 10.3969/j.issn.1007-3969.2015.09.010.
- The Society of Breast Cancer China Anti-Cancer Association. Guidelines and specifications for diagnosis and treatment of breast cancer of China Anti-Cancer Association (2015 edition)[J]. *China Oncology*, 2015, 25(9): 692–754. doi: 10.3969/j. issn. 1007-3969.2015.09.010.
- [11] Langille E, Al-Zahrani KN, Ma Z, et al. Loss of epigenetic regulation disrupts lineage integrity, induces aberrant alveogenesis, and promotes breast cancer[J]. *Cancer Discov*, 2022, 12(12):2930–2953. doi:10.1158/2159-8290.CD-21-0865.
- [12] Kudelova E, Smolar M, Holubekova V, et al. Genetic heterogeneity, tumor microenvironment and immunotherapy in triple-negative breast cancer[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(23): 14937. doi: 10.3390/ijms232314937.
- [13] Rajput S, Sharma PK, Malviya R. Biomarkers and treatment strategies for breast cancer recurrence[J]. *Curr Drug Targets*, 2023, 24(15):1209–1220. doi:10.2174/0113894501258059231103072025.
- [14] 王麓璐, 张学思, 潘静, 等. 乳腺癌患者血清钙黏蛋白S100A10、脂肪酸转运蛋白-4水平与临床病理特征及复发的相关性[J]. *疑难病杂志*, 2023, 22(5): 453–457. doi: 10.3969/j. issn. 1671-6450.2023.05.002.
- Wang LL, Zhang XS, Pan J, et al. Correlation of serum cadherin S100A10 and fatty acid transporter-4 levels with clinicopathological characteristics and recurrence in breast cancer patients[J]. *Chinese Journal of Difficult and Complicated Cases*, 2023, 22(5):453–457. doi:10.3969/j.issn.1671-6450.2023.05.002.
- [15] Zuo D, Yang L, Jin Y, et al. Machine learning-based models for the prediction of breast cancer recurrence risk[J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2023, 23(1):276. doi:10.1186/s12911-023-02377-z.
- [16] Wrzeszcz K, Kwiatkowska K, Rhone P, et al. Traditional clinicopathological biomarkers still determine disease-free and overall survival in invasive breast cancer patients: a pilot study[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(7):2021. doi:10.3390/jcm13072021.
- [17] Boaitey GA, Martini R, Stonaker B, et al. Patterns of breast cancer locoregional relapse, metastasis, and subtypes in Ghana[J]. *BMC Cancer*, 2024, 24(1):1485. doi:10.1186/s12885-024-13254-x.
- [18] Deberti M, Goupille C, Arbion F, et al. Prognostic value of axillary lymph node metastases in invasive lobular breast carcinoma[J]. *J Gynecol Obstet Hum Reprod*, 2023, 52(10):102665. doi: 10.1016/j.jogoh.2023.102665.
- [19] 翟耀君, 万东民, 褚瑞军, 等. ABCG2基因多态性联合血清CA153、CEA预测乳腺癌术后复发的价值[J]. *临床和实验医学杂志*, 2022, 21(19): 2080–2084. doi: 10.3969/j. issn. 1671-4695.2022.19.018.
- Zhai YJ, Wan DM, Chu RJ, et al. The value of ABCG2 gene polymorphism combined with serum CA153 and CEA in predicting postoperative recurrence of breast cancer[J]. *Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2022, 21(19): 2080–2084. doi: 10.3969/j. issn.1671-4695.2022.19.018.
- [20] 李慧芳, 地力木拉提·艾斯木吐拉, 郭晨明, 等. 乳腺癌改良根治术患者术后复发转移的危险因素及血清CA125、COX-2、sTNFR-P55的预测价值研究[J]. *现代生物医学进展*, 2023, 23(2):384–389. doi:10.13241/j.cnki.pmb.2023.02.034.
- Li HF, ASMTLDilimulati, Guo CM, et al. Risk Factors of Recurrence and Metastasis in Patients with Breast Cancer after Modified Radical Mastectomy and Predictive Value Study of Serum CA125, COX-2 and sTNFR-P55[J]. *Progress in Modern Biomedicine*, 2023, 37(2): 384–389. doi: 10.13241/j. cnki. pmb.2023.02.034.
- [21] Chen X, Gao Q, Wu Z, et al. Correlations between dynamic-enhanced magnetic resonance imaging quantitative parameters and postoperative recurrence or metastasis and clinicopathological features in breast cancer patients-a retrospective cohort study[J].

- Gland Surg, 2022, 11(8):1374–1382. doi:10.21037/gs-22-400.
- [22] Shi Q, Yu J, Liu D, et al. Distribution, dynamic evolution, and clinical outcomes of patients with advanced breast cancer according to HER2 expression[J]. BMC Cancer, 2023, 23(1): 173. doi:10.1186/s12885-023-10634-7.
- [23] Courtney D, Davey MG, Moloney BM, et al. Breast cancer recurrence: factors impacting occurrence and survival[J]. Ir J Med Sci, 2022, 191(6):2501–2510. doi:10.1007/s11845-022-02926-x.
- [24] Stella S, Vitale SR, Massimino M, et al. Molecular analysis of luminal androgen receptor reveals activated pathways and potential therapeutic targets in breast cancer[J]. Cancer Genomics Proteomics, 2022, 19(4):464–476. doi:10.21873/cgp.20333.
- [25] Tong C, Miao Q, Zheng J, et al. A novel nomogram for predicting the decision to delayed extubation after thoracoscopic lung cancer surgery[J]. Ann Med, 2023, 55(1): 800–807. doi: 10.1080/07853890.2022.2160490.
- [26] Haze T. The potential of a new nomogram for the diagnosis of primary aldosteronism[J]. Hypertens Res, 2023, 46(12):2648–2650. doi:10.1038/s41440-023-01406-8.
- [27] Yang B, Teng M, You H, et al. A nomogram for predicting survival in advanced non-small-cell lung carcinoma patients: a population-based study[J]. Cancer Invest, 2023, 41(7):672–685. doi:10.1080/07357907.2023.2241547.
- [28] Yang L, Yu L, Zhou Q, et al. Risk factor analysis and nomogram development and verification for medullary carcinoma of the colon using SEER database[J]. Sci Rep, 2024, 14(1):11426. doi:10.1038/s41598-024-61354-2.
- [29] Jin G, Hu W, Zeng L, et al. Development and verification of a nomogram for predicting short-term mortality in elderly ischemic stroke populations[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 12580. doi: 10.1038/s41598-023-39781-4.
- [30] Yang Y, Zhao H, Ling G, et al. Construction and verification of a nomogram model for the risk of death in sepsis patients[J]. Sci Rep, 2025, 15(1):5078. doi:10.1038/s41598-025-89442-x.

( 本文编辑 姜晖 )

本文引用格式: 吴勤祥, 丁恒一, 李宇飞. 基于入院临床资料的保乳术后乳腺癌复发风险预测模型构建与验证[J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(5):988–995. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.240460

Cite this article as: Wu QX, Ding HY, Li YF. Development and validation of a risk prediction model for tumor recurrence after breast-conserving surgery based on admission clinical data[J]. Chin J Gen Surg, 2025, 34(5):988–995. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.240460