

# 基于多因素分析的直肠癌术后低位前切除综合征(LARS)预测列线图模型的构建与验证

刘骐源<sup>1</sup>, 刘昀鑫<sup>2</sup>, 傅雨晨<sup>3</sup>, 黄玉祥<sup>4</sup>, 欧阳明莲<sup>1</sup>, 刘涛<sup>1</sup>, 饶嘉豪<sup>1</sup>, 夏子昊<sup>5</sup>, 刘欣欣<sup>5</sup>, 曾志鑫<sup>5</sup>, 曾祥福<sup>1\*</sup>, 赵书锋<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>赣南医科大学第一附属医院胃肠外科, 江西 赣州

<sup>2</sup>华东交通大学信息与软件工程学院, 江西 南昌

<sup>3</sup>赣南医科大学护理学院, 江西 赣州

<sup>4</sup>濮阳市安阳地区医院急诊科, 河南 安阳

<sup>5</sup>赣南医科大学第一临床医学院, 江西 赣州

收稿日期: 2026年3月21日; 录用日期: 2026年4月16日; 发布日期: 2026年4月21日

## 摘要

**目的:** 探讨直肠癌术后发生低位前切除综合征(LARS)的独立影响因素, 并构建个体化预测列线图模型。  
**方法:** 回顾性收集2019年10月至2024年9月某院506例行直肠癌低位前切除术患者的临床资料。根据LARS评分分为LARS组(243例)和非LARS组(263例)。通过单因素及多因素Logistic回归分析筛选LARS的独立影响因素。将数据按7:3随机分为训练集(n = 354)与验证集(n = 152), 基于独立影响因素构建列线图预测模型, 并采用ROC曲线、校准曲线及决策曲线分析(DCA)对模型的区分度、校准度和临床实用性进行内部验证。结果: 多因素分析显示, 吻合口瘘(OR = 9.025)、造口还纳时间延长(OR = 1.260)、合并糖尿病(OR = 2.281)是LARS发生的独立危险因素, 而肿瘤下缘距肛缘距离(OR = 0.446)及肿瘤下切缘距肛缘距离(OR = 0.439)增大是保护因素。基于此构建的列线图模型在训练集中的AUC为0.83, 验证集中为0.78。校准曲线显示预测概率与实际概率具有良好的一致性。决策曲线分析表明该模型在较宽的阈值概率范围内具有临床净获益。结论: 本研究构建的列线图模型能有效预测直肠癌患者术后发生LARS的风险, 可为临床早期识别高危患者及制定个体化干预策略提供可视化工具。

## 关键词

直肠肿瘤, 低位前切除综合征, 列线图, 危险因素, 预测模型

\*通讯作者。

**文章引用:** 刘骐源, 刘昀鑫, 傅雨晨, 黄玉祥, 欧阳明莲, 刘涛, 饶嘉豪, 夏子昊, 刘欣欣, 曾志鑫, 曾祥福, 赵书锋. 基于多因素分析的直肠癌术后低位前切除综合征(LARS)预测列线图模型的构建与验证[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 3915-3926. DOI: 10.12677/acm.2026.1641660

# Development and Validation of a Nomogram for Predicting Low Anterior Resection Syndrome (LARS) after Rectal Cancer Surgery Based on Multivariable Analysis

Qiyuan Liu<sup>1</sup>, Yunxin Liu<sup>2</sup>, Yuchen Fu<sup>3</sup>, Yuxiang Huang<sup>4</sup>, Minglian Ouyang<sup>1</sup>, Tao Liu<sup>1</sup>, Jiahao Rao<sup>1</sup>, Zihao Xia<sup>5</sup>, Xinxin Liu<sup>5</sup>, Zhixin Zeng<sup>5</sup>, Xiangfu Zeng<sup>1\*</sup>, Shufeng Zhao<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Gastrointestinal Surgery, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

<sup>2</sup>School of Information and Software Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang Jiangxi

<sup>3</sup>School of Nursing, Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

<sup>4</sup>Emergency Department, Anyang District Hospital of Puyang City, Anyang Henan

<sup>5</sup>The First Clinical Medical College, Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

Received: March 21, 2026; accepted: April 16, 2026; published: April 21, 2026

## Abstract

**Objective:** To investigate the independent influencing factors for low anterior resection syndrome (LARS) after rectal cancer surgery and to develop an individualized predictive nomogram model. **Methods:** Clinical data of 506 patients who underwent low anterior resection for rectal cancer at a single center between October 2019 and September 2024 were retrospectively collected. Patients were categorized into a LARS group (n = 243) and a non-LARS group (n = 263) based on their LARS score. Univariate and multivariate logistic regression analyses were performed to identify independent factors associated with LARS. The data were randomly split into a training set (n = 354) and a validation set (n = 152) in a 7:3 ratio. A nomogram prediction model was constructed based on the identified independent factors. The model's discriminative ability, calibration, and clinical utility were internally validated using the receiver operating characteristic (ROC) curve, calibration curve, and decision curve analysis (DCA). **Results:** Multivariate analysis revealed that anastomotic leakage (odds ratio [OR] = 9.025), prolonged time to stoma reversal (OR = 1.260 per month), and comorbid diabetes (OR = 2.281) were independent risk factors for LARS. Conversely, a greater distance from the tumor's lower edge to the anal verge (OR = 0.446) and a greater distance from the tumor's distal resection margin to the anal verge (OR = 0.439) were protective factors. The nomogram model constructed based on these factors demonstrated an area under the curve (AUC) of 0.83 in the training set and 0.78 in the validation set. The calibration curve indicated good agreement between predicted and observed probabilities. Decision curve analysis showed that the model provided a clinical net benefit across a wide range of threshold probabilities. **Conclusion:** The developed nomogram model effectively predicts the risk of LARS in patients after rectal cancer surgery, offering a visual tool for the early identification of high-risk patients and for formulating individualized intervention strategies.

## Keywords

Rectal Neoplasms, Low Anterior Resection Syndrome, Nomogram, Risk Factors, Predictive Models

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

直肠癌是全球范围内常见的消化道恶性肿瘤，其发病率与死亡率均位居恶性肿瘤前列[1]。随着筛查技术的普及和治疗手段的进步，患者的总体生存率得到了显著提升，治疗目标也逐渐从单纯追求根治转向同时关注术后生存质量。在手术方式上，腹腔镜低位前切除术凭借其微创、精准及能保留肛门功能的优势，已成为中低位直肠癌根治术的标准术式之一[2]。然而，该术式在切除肿瘤的同时，也常常导致一种特有的肠道功能紊乱——低位前切除综合征[3]。LARS 主要表现为排便频率增加、急迫感、失禁等一系列症状，其发生率可高达 20%至 80% [4]。这些症状长期困扰患者，严重损害其社交、心理及整体生活质量，已成为影响直肠癌术后康复效果的关键问题。

目前，研究表明 LARS 的发生是多种因素共同作用的结果。已知的相关风险因素包括肿瘤位置过低、吻合口瘘、新辅助放疗、括约肌功能损伤等[5]。然而，现有临床实践中，对于特定患者术后发生 LARS 风险的评估，多依赖于医生经验或对单一因素判断，缺乏一个能够整合多个关键变量、进行量化风险评估的工具。这种现状使得术前医患沟通中对功能预后的告知较为模糊，也难以针对高危患者制定个性化的预防与管理策略。因此，开发一种直观、便捷、综合性的预测工具，对于实现 LARS 的早期预警和干预具有重要意义。

列线图作为一种将多因素回归分析结果图形化的临床预测模型，能够将复杂的数学公式转化为可视化的评分工具，方便临床医生快速估算个体患者的疾病发生风险或预后，已在肿瘤学等多个领域得到成功应用[6]。基于此，本研究旨在通过回顾性分析，系统探讨影响直肠癌患者术后发生 LARS 的独立危险因素与保护因素，并在此基础上构建一个可视化的列线图预测模型，以期为临床医生在术前更准确地进行风险评估、优化手术决策，以及在术后开展针对性的康复指导提供客观、量化的依据。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 研究对象与分组

本研究采用回顾性队列研究设计。连续纳入 2019 年 10 月 1 日至 2024 年 9 月 30 日期间，于赣南医科大学第一附属医院胃肠外科及普外科接受手术治疗的直肠癌患者。所有患者均经术后病理确诊为直肠腺癌，并接受了腹腔镜低位前切除术或 Dixon 术。

纳入标准如下：(1) 术后病理确诊为直肠腺癌；(2) 接受腹腔镜低位前切除术或 Dixon 术；(3) 临床病历资料及随访信息完整。排除标准包括：(1) 并发其他部位恶性肿瘤；(2) 术前影像学检查已发现远处转移；(3) 术中行姑息性切除或中转开腹；(4) 术后病理为原位癌；(5) 术后出现局部复发或远处转移；(6) 预防性造口未行还纳或为永久性造口；(7) 随访时患者已去世、存在意识障碍或无法配合调查；(8) 关键临床资料缺失。

根据以上标准，共 506 例患者被纳入最终分析。

### 2.2. 数据收集

通过医院电子病历系统查阅并收集所有纳入患者的临床资料，并通过电话随访补充术后肠道功能评估数据。收集的资料主要包括以下四个类别：(1) 一般资料：年龄、性别、体重指数(BMI)、是否合并糖

尿病、是否合并高血压；(2) 术前因素：新辅助化疗、新辅助放疗、肿瘤下缘距肛缘距离、术前营养指标；(3) 术中因素：手术时长、是否行预防性造瘘、美国麻醉医师协会(ASA)评分；(4) 术后因素：是否发生吻合口瘘、造口回纳时间、肿瘤下切缘距肛缘距离、辅助化疗、术后放疗、术后引流管留置时间、术后营养指标、术后排气时间、肿瘤最大径、TNM 分期(根据 AJCC 第 8 版)。

本研究的结局指标为低位前切除综合征(LARS)的发生情况。于患者术后 6 个月，通过电话随访，采用国际通用的 LARS 评分量表进行评估。该量表包含 5 个项目，涵盖大便失禁、排便紧迫感、排便频率增多及集群排便等情况，总分范围为 0 至 42 分。根据共识，将总分  $\geq 21$  分的患者定义为存在显著 LARS，归入 LARS 组；总分  $< 21$  分者归入非 LARS 组。

### 2.3. 统计学分析

采用 SPSS 27.0 软件进行统计分析。所有计量资料均处理为分类资料，以例数(百分比) [n (%)]表示，组间比较采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 确切概率法。将单因素分析中  $P < 0.05$  的变量纳入多因素 Logistic 回归分析。在构建多因素 Logistic 回归模型前，为保障模型稳定性，对所有候选自变量进行了多重共线性诊断。计算方差膨胀因子，结果显示所有变量的 VIF 值均小于 10，表明变量间不存在严重的多重共线性。其中，“肿瘤下缘距肛缘距离”与“肿瘤下切缘距肛缘距离”的 VIF 值也处于可接受范围，因此将二者均保留在模型中进行分析。同时，本研究在建模时对连续变量的处理方式进行了考量。尽管以连续形式纳入模型可保留更多信息，但为便于临床解释与应用，并参考同类预测模型研究的常规做法[5] [7] [8]，最终选择将其转换为分类变量纳入分析。分类界值主要依据临床常用截点、指南共识、既往文献及本研究数据的分布特征综合确定，旨在确保各亚组样本量相对均衡，并具有明确的临床意义。筛选影响 LARS 发生的独立因素，并计算比值比(OR)及 95%置信区间(CI)。

为构建及验证预测模型，将所有符合纳入标准的患者数据按 7:3 的比例随机划分为训练集(n = 354)与内部验证集(n = 152)。基于多因素分析确定的独立影响因素，使用 Python 3.12 编程语言及其相应的统计建模库(scikit-learn, statsmodels)构建预测 LARS 发生风险的列线图模型。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析评价模型的区分能力，计算训练集与验证集的曲线下面积(AUC)。通过绘制校准曲线，直观评估模型预测概率与实际观察概率之间的一致性。采用决策曲线分析(DCA)评估模型在不同阈值概率下的临床净获益。

## 3. 结果

### 3.1. 患者基线资料与单因素分析

本研究共纳入 506 例接受直肠癌低位前切除术的患者，根据 LARS 评分分为 LARS 组(243 例，48.0%)和非 LARS 组(263 例，52.0%)。对两组患者的基线资料进行单因素分析，结果如表 1 所示。

**Table 1.** Comparison of baseline characteristics and univariate analysis between LARS and non-LARS groups  
**表 1.** LARS 组与非 LARS 组患者基线资料及单因素分析比较[n (%)]

临床特征	n	LARS		$\chi^2$	P 值
		是	否		
性别				1.029	0.310
男	286	143 (50.0)	143 (50.0)		
女	220	100 (45.5)	120 (54.5)		

续表

年龄(岁)				2.952	0.086
<60	199	105 (52.8)	94 (47.2)		
≥60	307	138 (45.0)	169 (55.0)		
BMI (kg/m <sup>2</sup> )				0.281	0.596
<24	339	160 (47.2)	179 (52.8)		
≥24	167	83 (49.7)	84 (50.3)		
糖尿病				5.534	0.019
有	52	33 (63.5)	19 (36.5)		
无	454	210 (46.3)	244 (53.7)		
高血压				3.190	0.074
是	111	45 (40.5)	66 (59.5)		
否	395	198 (50.1)	197 (49.9)		
手术时长(h)				11.810	<0.001
<4	388	170 (43.8)	218 (56.2)		
≥4	118	73 (61.9)	45 (38.1)		
预防性造瘘				59.064	<0.001
有	160	117 (73.1)	43 (26.9)		
无	346	126 (36.4)	220 (63.6)		
辅助治疗				1.874	0.171
有	305	154 (50.5)	151 (49.5)		
无	201	89 (44.3)	112 (55.7)		
新辅助治疗				3.770	0.052
有	38	24 (63.2)	14 (36.8)		
无	468	219 (46.8)	249 (53.2)		
术前放疗				12.170	<0.001
有	11	11 (100.0)	0		
无	495	232 (46.9)	263 (53.1)		
术后放疗				6.071	0.014
有	20	15 (75.0)	5 (25.0)		
否	486	228 (46.9)	258 (53.1)		
吻合口瘘				12.585	<0.001
有	24	20 (83.3)	4 (16.7)		
无	482	223 (46.3)	259 (53.7)		
肿瘤 T 分期				2.059	0.357
0	2	1 (50.0)	1 (50.0)		
T1~T2	192	100 (52.1)	92 (47.9)		
T3~T4	312	142 (45.5)	170 (54.5)		
肿瘤 N 分期				0.308	0.579
0	306	150 (49.0)	156 (51.0)		
N1~N2	200	93 (46.5)	107 (53.5)		

续表

分期				3.278	0.194
1	156	84 (53.8)	72 (46.2)		
2	150	66 (44.0)	84 (56.0)		
3	200	93 (46.5)	107 (53.5)		
造口回纳时间(月)				23.991	<0.001
<6	463	207 (44.7)	256 (55.3)		
≥6	43	36 (83.7)	7 (16.3)		
肿瘤下缘距肛缘(cm)				92.759	<0.001
0~5	115	94 (81.7)	21 (18.3)		
6~10	277	128 (46.2)	149 (53.8)		
11~15	114	21 (18.4)	93 (81.6)		
肿瘤下切缘距肛缘(cm)				106.015	<0.001
0~5	243	174 (71.6)	69 (28.4)		
6~10	195	56 (28.7)	139 (71.3)		
11~15	68	13 (19.1)	55 (80.9)		
肿瘤大小(cm)				0.400	0.527
<5	373	176 (47.2)	197 (52.8)		
≥5	133	67 (50.4)	66 (49.6)		
术后引流管留置时间(天)				0.111	0.740
<14	444	212 (47.7)	232 (52.3)		
≥14	62	31 (50.0)	31 (50.0)		
术前营养				0.028	0.867
<40	231	110 (47.6)	121 (52.4)		
≥40	275	133 (48.4)	142 (51.6)		
术后营养				1.548	0.213
<40	467	228 (48.8)	239 (51.2)		
≥40	39	15 (38.5)	24 (61.5)		
术后排气时间(天)				13.629	0.058
1	18	6 (33.3)	12 (66.7)		
2	107	50 (46.7)	57 (53.3)		
3	210	105 (50.0)	105 (50.0)		
4	87	47 (54.0)	40 (46.0)		
5	57	18 (31.6)	39 (68.4)		
6	13	7 (53.8)	6 (46.2)		
7	13	9 (69.2)	4 (30.8)		
8	1	1 (100.0)	0		

分析显示, 两组患者在性别、年龄、BMI、是否合并高血压、是否接受辅助治疗、新辅助治疗、肿瘤 T 分期、N 分期、总体分期、肿瘤最大径、术后引流管留置时间、术前及术后营养评分等方面的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。然而, 以下临床特征在两组间的分布具有统计学差异( $P < 0.05$ ): 合并糖尿病、手术时长  $\geq 4$  小时、行预防性造瘘、接受术前放疗、接受术后放疗、发生吻合口瘘、造口回纳时间  $\geq 6$  个月、肿瘤下缘距肛缘距离以及肿瘤下切缘距肛缘距离。具体而言, LARS 组中患有糖尿病、手术时间更长、接受预防性造瘘、进行过术前或术后放疗、发生吻合口瘘以及造口回纳时间延迟的患者比例均显著高于非 LARS 组。此外, 肿瘤下缘及肿瘤下切缘距肛缘的距离越近, 患者被分入 LARS 组的比例越高。术后排气时间在不同组间的分布差异则处于临界显著性水平( $P = 0.058$ )。

上述在单因素分析中  $P < 0.05$  的变量被纳入后续的多因素 Logistic 回归分析, 以进一步筛选独立影响因素。

### 3.2. 多因素 Logistic 回归分析

为筛选影响 LARS 发生的独立因素, 将单因素分析中  $P < 0.05$  的变量纳入多因素 Logistic 回归模型进行分析, 结果如表 2 所示。分析显示, 在调整了其他混杂因素后, 共有 5 个变量是 LARS 发生的独立影响因素( $P < 0.05$ )。

独立危险因素包括: 合并糖尿病( $OR = 2.281, 95\% CI: 1.135\sim 4.584, P = 0.021$ )、发生吻合口瘘( $OR = 9.025, 95\% CI: 2.573\sim 31.652, P < 0.001$ )以及造口回纳时间( $OR = 1.260, 95\% CI: 1.032\sim 1.539, P = 0.023$ )。其中, 吻合口瘘的风险最高( $OR > 9$ ), 而造口回纳时间每延长一个月, 发生 LARS 的风险增加 26.0%。

独立保护因素为: 肿瘤下缘距肛缘的距离( $OR = 0.446, 95\% CI: 0.271\sim 0.732, P = 0.001$ )与肿瘤下切缘距肛缘的距离( $OR = 0.439, 95\% CI: 0.278\sim 0.692, P < 0.001$ )。这表明肿瘤及其下切缘距离肛缘越远, 患者术后发生 LARS 的风险越低。

此外, 单因素分析中有统计学意义的预防性造瘘、术前放疗、术后放疗及手术时长等变量, 在多因素分析中均未显示出独立预测价值( $P > 0.05$ )。

**Table 2.** Multivariate Logistic regression analysis for LARS

**表 2.** 影响 LARS 发生的多因素 Logistic 回归分析

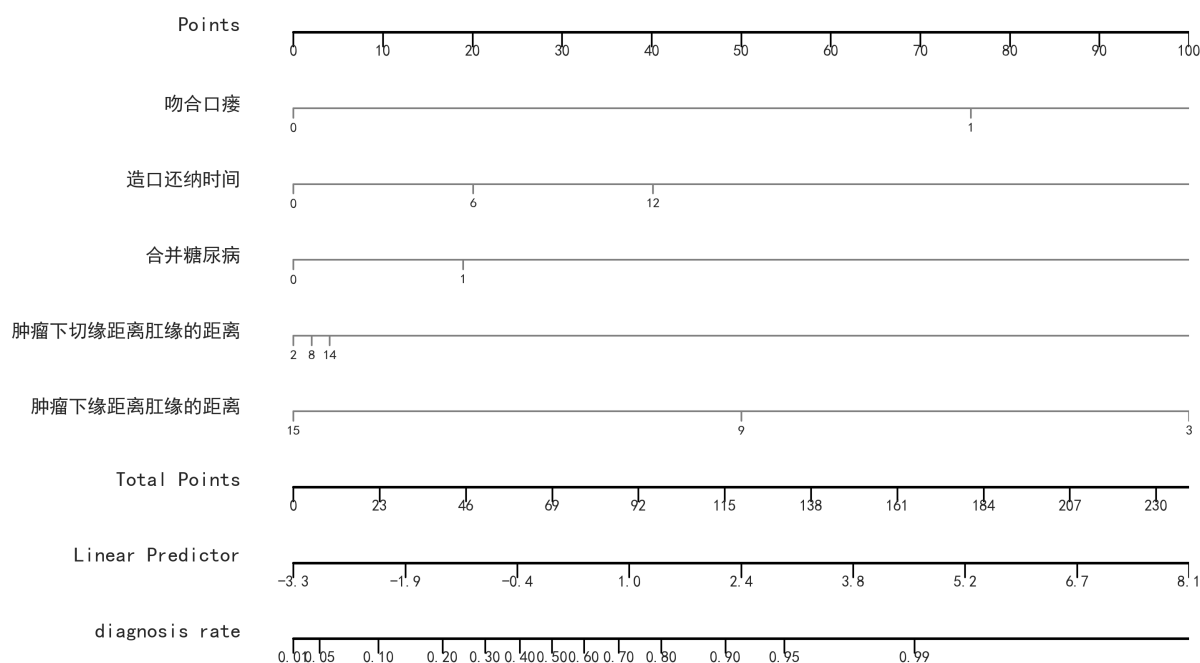
变量	$\beta$ 值	SE 值	Wald $\chi^2$ 值	P 值	OR 值	95% CI
糖尿病	0.824	0.356	5.358	0.021	2.281	1.135~4.584
预防性造瘘	-0.299	0.512	0.342	0.559	0.742	0.272~2.021
术前放疗	20.627	11278.721	0.000	0.999	907962279.1	0~ $\infty$
术后放疗	1.014	0.618	2.689	0.101	2.757	0.820~9.263
手术时长	0.138	0.267	0.269	0.604	1.148	0.681~1.936
吻合口瘘	2.200	0.640	11.808	<0.001	9.025	2.573~31.652
造口回纳时间	0.231	0.102	5.168	0.023	1.260	1.032~1.539
肿瘤下缘 距肛缘的距离	-0.808	0.253	10.171	0.001	0.446	0.271~0.732
肿瘤下切缘 距肛缘的距离	-0.824	0.233	12.531	<0.001	0.439	0.278~0.692

### 3.3. 预测列线图模型的构建

基于多因素 Logistic 回归分析筛选出的 5 个独立影响因素, 即吻合口瘘、造口还纳时间、合并糖尿病、肿瘤下切缘距离肛缘的距离以及肿瘤下缘距离肛缘的距离, 本研究构建了用于个体化预测直肠癌术后发生 LARS 风险的列线图模型, 见图 1。

该列线图共包含 5 个预测因子轴、1 个总分轴以及对应的风险概率轴。每个预测因子对应一个评分轴, 根据患者具体情况可获得得分: 吻合口瘘(发生计约 10 分, 未发生计 0 分)、造口还纳时间(时间越长得分越高, 范围约 0~12 分)、合并糖尿病(是计约 5 分, 否计 0 分)、肿瘤下切缘距离肛缘的距离(距离越近得分越高, 范围约 2~14 分)、肿瘤下缘距离肛缘的距离(距离越近得分越高, 范围约 0~13 分)。将各项目得分相加, 即可在“总分”轴上得到对应的总评分(范围约 0~230 分)。最后, 将总分垂直投射至最下方的“LARS 发生概率”轴, 即可直接读取该个体术后发生 LARS 的预测概率(范围 0.00~0.99)。

例如, 对于一位合并糖尿病、未发生吻合口瘘、造口还纳时间为 5 个月、肿瘤下切缘距肛缘 3 cm、肿瘤下缘距肛缘 5 cm 的患者, 可依次在对应轴上定位其取值, 计算各项目得分并求和得到总分, 最终在概率轴上读出其预测的 LARS 发生风险约为 0.45 (45%)。该模型将复杂的回归方程转化为可视化的临床工具, 便于快速、直观地进行风险评估。



**Figure 1.** Nomogram for predicting the risk of low anterior resection syndrome (LARS) after rectal cancer surgery

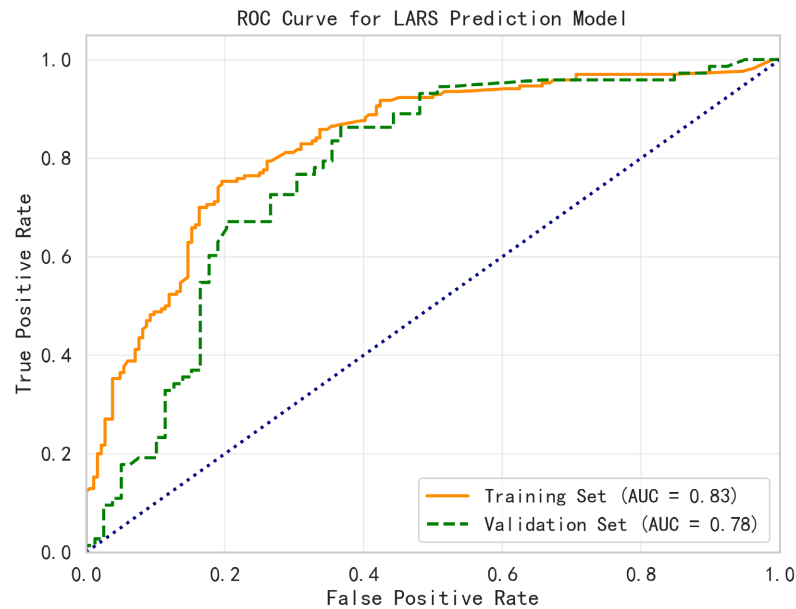
**图 1.** 预测直肠癌术后发生低位前切除综合征(LARS)风险的列线图模型

### 3.4. 预测模型的验证

为评估所构建列线图预测模型的效能, 将 506 例患者按 7:3 的比例随机分为训练集(354 例)与内部验证集(152 例), 并分别从区分度、校准度及临床实用性三个方面对模型进行验证。

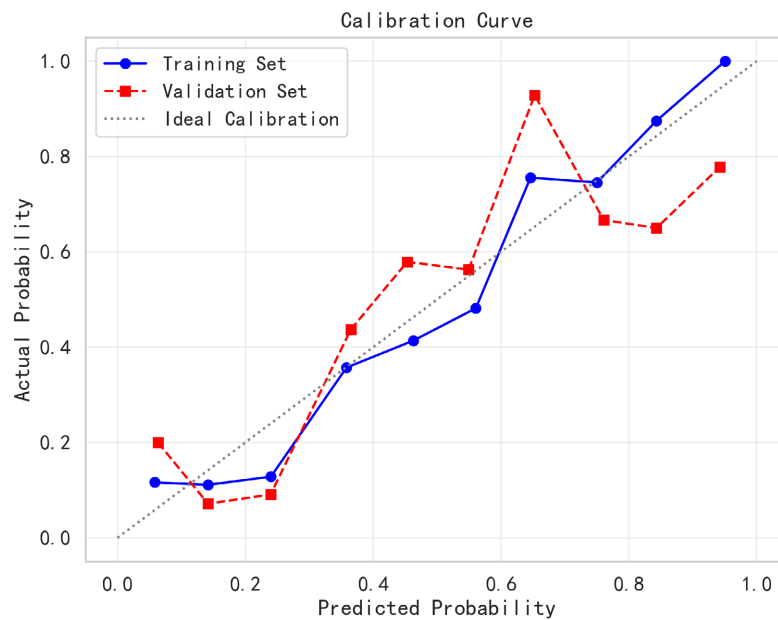
**区分度:** 采用受试者工作特征(ROC)曲线评估模型的区分能力, 即模型区分发生 LARS 与未发生 LARS 患者的能力。如图 2 所示, 该列线图模型在训练集中的曲线下面积(AUC)为 0.83 (95% CI: 0.79~0.87), 在内部验证集中的 AUC 为 0.78 (95% CI: 0.70~0.85)。两项 AUC 值均大于 0.75, 表明该模型具有良好且

稳定的区分度。



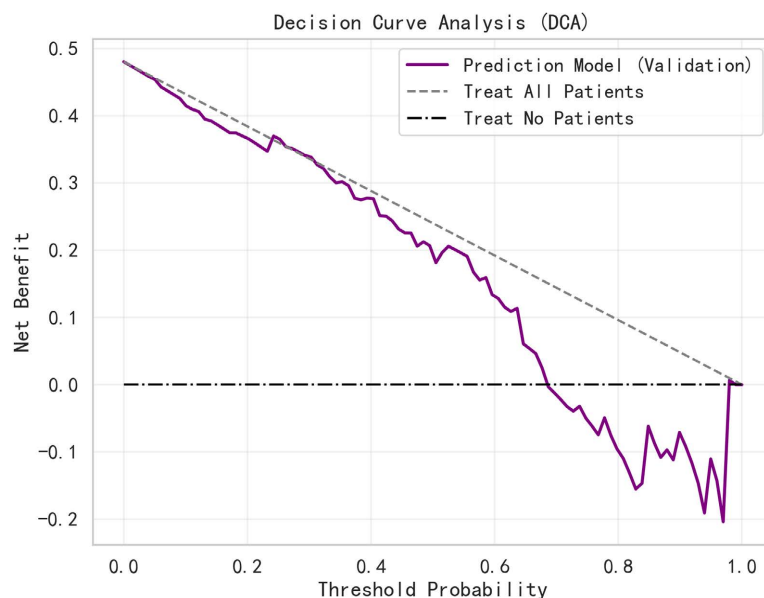
**Figure 2.** Receiver operating characteristic (ROC) curve of the predictive model  
**图 2.** 预测模型的受试者工作特征(ROC)曲线

**校准度:** 通过绘制校准曲线来评估模型预测概率与实际观察概率之间的一致性。如图 3 所示, 训练集与验证集的校准曲线均接近代表理想预测的 45 度对角线。训练集的平均绝对误差为 0.021, 验证集为 0.035, 误差值均较小。这直观表明, 模型在不同风险分层中的预测风险与实际发生率吻合良好, 具有较高的校准度。



**Figure 3.** Calibration curve of the predictive model  
**图 3.** 预测模型的校准曲线

**临床实用性:** 通过决策曲线分析(DCA)评估模型用于临床决策的净获益。如图 4 所示, 在较宽的阈值概率范围(约 0.1 至 0.7)内, 应用本列线图模型指导临床决策(即对预测为高风险的患者进行干预)所带来的净获益, 均高于“对所有患者均进行干预”和“对所有患者均不干预”这两种极端策略。这表明该模型具有良好的临床实用性, 能够为临床医生是否对患者采取预防性干预措施提供有价值的量化参考。



**Figure 4.** Decision curve analysis (DCA) of the predictive model  
**图 4.** 预测模型的决策曲线分析(DCA)

综上所述, 基于吻合口瘘、造口还纳时间、糖尿病、肿瘤下切缘及下缘距肛缘距离这五个变量构建的列线图模型, 在内部验证中展现出良好的区分能力、校准度及临床实用性, 是一个有效的个体化风险预测工具。

#### 4. 讨论

低位前切除综合征是直肠癌保肛术后影响患者长期生活质量的主要并发症。尽管其风险因素已被广泛探讨, 但临床仍缺乏能够整合关键变量、进行个体化风险量化的实用工具[9]。本研究通过回顾性分析 506 例患者的临床资料, 成功构建并内部验证了一个包含 5 个独立预测因子的列线图模型, 为术前风险评估提供了直观的可视化工具。

本研究的多因素分析确认了既往研究报道的多个关键因素。吻合口瘘是本模型中最强的独立危险因素, 这与多数研究结论一致[7][8]。其机制可能与吻合口瘘引发的盆腔感染、局部纤维化及肛门括约肌复合体功能受损密切相关, 最终导致直肠顺应性下降和排便控制功能障碍[10]。预防性造口在单因素分析中显示强相关性, 但在调整其他因素后, 其多因素分析结果无统计学意义, 而造口还纳时间则成为独立危险因素。这提示, 造口本身可能并非低位前切除综合征的直接原因, 但造口状态持续时间过长, 可能导致远端直肠废用性萎缩、肠粘膜屏障功能改变及患者排便反射的重建困难, 从而增加发生风险[11]。合并糖尿病作为危险因素, 可能与其导致的微血管病变和自主神经功能障碍有关, 这会影响到肠道神经调控与组织愈合。本研究再次证实了肿瘤下缘及肿瘤下切缘距肛缘的距离是重要的保护因素。距离越近, 意味着为获得足够切缘而必须切除的直肠功能肠管越多, 保留的直肠储便功能和神经反射结构越少, 这与解剖和生理学原理相符[12]。

值得注意的是, 本研究中新辅助放疗与辅助放疗在单因素分析中与 LARS 发生相关, 但在多因素分析中未显示出独立预测价值, 这与部分强调放疗是 LARS 明确危险因素既往研究结论存在不一致[3][10]。这种差异可能由以下几方面原因导致: 首先, 本研究样本中接受放疗的患者例数相对较少, 可能导致统计检验效能不足, 未能充分捕捉到放疗的独立效应。其次, 放疗对肠道功能的影响可能是多方面的, 包括直接损伤直肠壁顺应性、导致组织纤维化以及可能增加吻合口并发症的风险[10]。在本研究的多因素模型中, 吻合口瘘被识别为最强的独立危险因素( $OR=9.025$ ), 放疗的部分有害效应可能已通过其与吻合口瘘的关联或被吻合口瘘这一更强力的预测因子所代表或掩盖。此外, 放疗技术的进步可能在一定程度上降低了对正常直肠组织的损伤, 从而削弱了其 LARS 的关联强度。因此, 放疗在 LARS 发生中的确切角色及其与手术并发症的交互作用, 仍需未来更大样本、前瞻性设计的研究, 并细致区分不同放疗方案与剂量, 以进行更精确的评估。

本研究的核心价值在于将上述多因素分析结果转化为临床实用的列线图预测模型。该模型在训练集与验证集中均表现出良好的区分度, 校准曲线显示预测概率与实际风险高度一致, 决策曲线分析则证明其在较宽的阈值概率范围内具有临床净获益。相较于仅依靠单一因素或临床经验进行判断, 此模型提供了个体化、量化的风险预测。临床医生可在术前根据患者是否合并糖尿病、肿瘤位置以及预估的手术情况, 例如是否需要行预防性造口或注意吻合口防护, 快速估算其术后发生低位前切除综合征的概率, 从而有助于开展更精准的术前知情沟通以管理患者预期, 并对高风险患者加强围手术期管理, 如优化血糖控制、探讨更短时间的造口还纳策略、制定更积极的术后肠道功能康复计划等[7][13]。

本研究存在若干局限性。首先, 这是一项单中心的回顾性研究, 其研究设计本身可能引入选择偏倚和无法测量的混杂偏倚, 影响结果的外推性。其次, 尽管样本量总体可观, 但关键亚组如接受术前放疗的患者的样本量较小, 这限制了我们对这些因素效应的统计把握度与结论的稳定性, 如前文对放疗作用的讨论所示。再次, 模型构建时未能纳入一些可能影响 LARS 发生的重要变量, 例如术中盆腔自主神经的保护程度、患者术前基础的肛门括约肌功能、具体的吻合技术细节以及社会心理因素等[14], 这可能导致模型预测效能的不完备。最重要的是, 本预测模型目前仅通过了内部验证, 虽然显示出良好的区分度、校准度和临床实用性, 但其普适性和在更广泛人群中的有效性尚未得到证实。因此, 在获得独立、多中心的前瞻性外部队列验证之前, 本模型应被视为一个初步的工具, 不应用于广泛的临床推广, 而主要作为风险分层和生成研究假设的参考。未来的研究方向应包括在更大规模、多中心的队列中进行外部验证, 并尝试纳入更多潜在的生物标志物与功能学指标, 以进一步优化模型的预测性能与临床适用范围。

综上所述, 本研究基于吻合口瘘、造口还纳时间、糖尿病、肿瘤下切缘及下缘距肛缘距离这五个临床常规可获变量, 构建了一个预测直肠癌术后低位前切除综合征风险的列线图。该模型具有良好的预测效能与临床实用性, 有望成为辅助临床决策、实现个体化患者管理的有效工具。未来研究将通过扩大样本、纳入更多潜在预测因子及进行外部验证, 以进一步优化模型的性能与适用范围。

## 声明

本研究方案已获得医院伦理委员会批准, 并因回顾性研究特性豁免患者知情同意。

## 基金项目

2024 年度江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ2401309)、江西省 2025 年度研究生创新专项资金项目(YC2025-S776)。

## 参考文献

[1] 郭兰伟, 张兴龙, 蔡林, 朱称心, 房怡, 杨海燕, 陈宏达. 全球结直肠癌流行和防控现状[J]. 中华肿瘤杂志, 2024,

- 46(1): 57-65.
- [2] 宁忠良, 朱志强, 梁伟, 姚寒辉, 黄强. 腹腔镜辅助中低位直肠癌前切除术的临床应用[J]. 安徽医科大学学报, 2010, 45(3): 399-401.
- [3] 王璋, 邵胜利, 刘鹭, 等. 腹腔镜直肠癌前切除术后低位前切除综合征的发生率和症状学分析[J]. 中华胃肠外科杂志, 2024, 27(1): 69-74.
- [4] 中国医师协会肛肠医师分会, 丁健华, 王振军, 赵克, 等. 低位前切除综合征诊治中国专家共识(2025 版) [J]. 中国普通外科杂志, 2025, 34(8): 1603-1617.
- [5] 张登云, 高玉熙, 张凯, 刘波, 向姿, 张坚. 直肠 LARS 危险因素分析及风险预测模型构建[J]. 青岛大学学报(医学版), 2022, 58(6): 812-817.
- [6] Han, X., Bai, X., Zhang, Q. and Qian, X. (2025) A Nomogram and Random Forest Model for Predicting Liver Metastasis in Patients with Early-Onset Colorectal Cancer. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 33828. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-18118-3>
- [7] 岳中屹, 李秀庚, 张敏, 雒红涛, 赫鹏. 建立预测直肠癌术后前切除综合征的列线图模型[J]. 现代肿瘤医学, 2021, 29(23): 4141-4145.
- [8] 卜旻淳, 曹先东, 周波. 直肠癌保肛根治术后低位前切除综合征危险因素分析及列线图预测模型构建[J]. 安徽医科大学学报, 2021, 56(10): 1632-1636.
- [9] 陆立, 魏波. 基于低位前切除综合征的症状分型管理及康复现状[J]. 新医学, 2026, 57(2): 107-112.
- [10] 唐杰, 马得恩, 孙亮. 直肠低位前切除综合征的研究进展[J]. 腹腔镜外科杂志, 2025, 30(8): 624-630.
- [11] 王智, 伍文浩, 罗子俨, 黄婧琼, 邓小炼, 孙澍. 直肠癌术后回肠造口还纳患者发生低位前切除综合征的影响因素分析[J]. 陆军军医大学学报, 2025, 47(19): 2405-2413.
- [12] 郭帆, 韩斌, 黄琳凯, 朱家佳. 腹腔镜直肠癌保肛根治术后低位前切除综合征的发生及影响因素分析[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2021, 50(2): 194-200.
- [13] 庞雪滢, 胡少华, 李慧, 尹丹乔, 张尚鑫, 杨晓东. 直肠癌患者保肛术 1 年后发生重度低位前切除综合征列线图预测模型的构建[J]. 护理学报, 2022, 29(11): 5-10.
- [14] 张晴, 王美玲, 汪彦君, 胡海燕, 王权, 国瑀辰, 孙璇, 孙佳男. 中低位直肠癌术后重度低位前切除综合征发生风险预测模型构建及验证[J]. 中国实用外科杂志, 2025, 45(11): 1324-1328.