

# ICU 肠内营养患者误吸风险预测模型构建



陈 玥<sup>1,2</sup>, 张 慧<sup>2</sup>, 关 纯<sup>2</sup>, 胡发升<sup>1</sup>

1. 青岛大学护理学院 (山东青岛 266021)

2. 康复大学青岛医院/青岛市市立医院重症医学科 (山东青岛 266071)

**【摘要】目的** 调查及筛选 ICU 肠内营养患者误吸危险因素并构建风险预测模型。**方法** 回顾性收集 2022 年 1 月至 2023 年 6 月于青岛市市立医院重症医学科行肠内营养患者的资料, 采用单因素分析、Lasso 回归及多因素 Logistic 回归分析 ICU 肠内营养患者误吸发生的独立危险因素并构建预测模型, 通过随机森林模型对影响因素重要性进行排序, 使用列线图可视化预测模型。**结果** 共纳入 500 例患者, 285 例患者发生误吸, ICU 肠内营养患者误吸发生率为 57.00%, 独立危险因素重要性由高到低分别为置管天数 [OR=1.038, 95%CI (1.024, 1.052)]、体位 [OR=3.879, 95%CI (2.104, 7.152)]、每日肠内营养持续时间 [OR=1.035, 95%CI (1.004, 1.067)]、APACHE II 评分 [OR=1.063, 95%CI (1.032, 1.095)]、使用镇静镇痛药物 [OR=4.054, 95%CI (1.804, 9.108)]、氧分压 [OR=0.985, 95%CI (0.974, 0.997)]。模型训练集预测精确率为 74.00%, 特异度为 69.48%, 灵敏度为 77.55%, AUC 为 0.82[95%CI (0.78, 0.86)]。验证集预测精确率为 70.00%, 特异度为 68.85%, 灵敏度为 70.79%, AUC 为 0.79[95%CI (0.72, 0.86)]。校准曲线、决策曲线显示模型具有较好的校准度及获益性。**结论** 本研究构建的 ICU 肠内营养患者误吸风险预测模型具有良好的预测效能, 可以为临床医护人员预测误吸发生风险提供科学、客观的参考工具, 便于针对性采取预防措施。

**【关键词】** 肠内营养; 误吸; 重症监护病房; Lasso 回归; 随机森林; 预测模型; 列线图

**【中图分类号】** R 47 **【文献标识码】** A

## Construction of a predictive model for the risk of aspiration in enteral nutrition patients in ICU

CHEN Yue<sup>1,2</sup>, ZHANG Hui<sup>2</sup>, GUAN Chun<sup>2</sup>, HU Fasheng<sup>1</sup>

1. School of Nursing, Qingdao University, Qingdao 266021, Shandong Province, China

2. Department of Intensive Care Medicine, Rehabilitation University Qingdao Hospital/Qingdao Municipal Hospital, Qingdao 266071, Shandong Province, China

Corresponding author: GUAN Chun, Email: gcpersonal@163.com

**【Abstract】Objective** To investigate and screen the risk factors and construct a risk prediction model for aspiration in enteral nutrition patients in ICU. **Methods** ICU patients who underwent enteral nutrition in the ICU of Qingdao Municipal Hospital were included from January 2022 to June 2023. Independent risk factors for aspiration in enteral nutrition patients in the ICU were analyzed and predictive models were constructed using univariate analysis,

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202409057

基金项目: 青岛市医药卫生科研指导项目 (2022-WJZD010)

通信作者: 关纯, 副主任护师, 硕士研究生导师, Email: gcpersonal@163.com

Lasso regression, and multifactorial Logistic regression. The Random forest model ranked the importance of the independent factors, and the predictive models were visualized using Nomogram. **Results** A total of 500 patients were included and aspiration occurred in 285 patients, with the incidence of aspiration of 57% in enteral nutrition patients in the ICU. The independent risk factors were ranked in order of importance from highest to lowest as number of days of placement [OR=1.038, 95%CI(1.024, 1.052)], body position [OR=3.879, 95%CI(2.104, 7.152)], duration of daily enteral nutrition [OR=1.035, 95%CI(1.004, 1.067)], APACHE II score [OR=1.063, 95%CI(1.032, 1.095)], use of sedative and analgesic medication [OR=4.054, 95%CI(1.804, 9.108)], partial pressure of oxygen [OR=0.985, 95%CI(0.974, 0.997)]. The model in the training set had a prediction accuracy of 74.00%, a specificity of 69.48%, a sensitivity of 77.55%, and an area under curve (AUC) of ROC of 0.82[95%CI(0.78, 0.86)]. The model in the validation set had a prediction accuracy of 70.00%, a specificity of 68.85%, a sensitivity of 70.79%, and an AUC of 0.79[95% CI(0.72, 0.86)]. The calibration curve and decision curve showed that the model had good calibration and benefit. **Conclusion** The risk prediction model constructed in this study demonstrates strong predictive efficacy, offering a scientific and objective reference basis for clinical staff to assess the risk of aspiration, and facilitate the implementation of targeted preventive measures.

**【Keywords】** Enteral nutrition; Aspiration; ICU; Lasso regression; Random forest; Predictive model; Nomogram

误吸是指在进食或非进食的过程中,其残留于咽部的物质(如胃内容物、鼻咽分泌物、唾液、细菌等)进入声门以下的呼吸道<sup>[1]</sup>。ICU 患者是误吸的高危人群,其误吸发生率高达 8.8%~88%<sup>[2-3]</sup>。一旦发生误吸,患者发生吸入性肺炎的风险将显著增加,病死率高达 58.33%<sup>[4]</sup>。ICU 肠内营养患者的误吸危险因素较多且较为复杂<sup>[5-7]</sup>,目前针对肠内营养患者误吸风险的预测已成为研究热点,但少有研究探讨最应优先关注哪项危险因素并开展相应预防措施;此外,各项因素存在的共线性也易被忽视。最小绝对收缩和选择算子法(least absolute shrinkage and selection operator, Lasso)是一种高维预测变量回归方法<sup>[8]</sup>,能够有效防止过拟合,解决变量间的多重共线性问题。因此,本研究使用 Lasso-Logistic 回归方法,探究 ICU 肠内营养患者误吸相关危险因素,构建 ICU 肠内营养患者发生误吸的风险预测模型并进行内部验证,以期为临床工作提供便捷、可靠的预测工具。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

采用便利抽样法,收集 2022 年 1 月至 2023 年 6 月于青岛市市立医院 ICU 住院患者的电子病历资料。纳入标准:①年龄 ≥ 18 岁;②实施

肠内营养;③营养途径为鼻胃管或鼻肠管。排除标准:①已发生吸入性肺炎;②同时行放疗化疗;③电子病历系统中临床资料缺失比例大于 10%(> 3 项资料缺失或异常值)。本研究样本量依据预测模型的参考文献<sup>[9]</sup>,根据单个总体率的样本量计算方法进行估算,样本量计算公式如下:

$$n=[(Z_{\alpha/2})^2 \times p(1-p)]/\delta^2$$

参考国内外文献,肠内营养患者误吸的发生率约为 17%~30%<sup>[10]</sup>,允许误差  $\delta$  为 5%,当检验水准  $\alpha$  取 0.05 时,  $Z_{\alpha/2} = 1.96$ ,代入公式可得,样本量约为 217~323 例。考虑数据缺失,将样本量扩大 20%,样本量为 260~388 例。本研究已通过青岛大学伦理委员会审核批准(批号:QDU-HEC-2023214)。

### 1.2 诊断标准

肠内营养前无呛咳、咳嗽,肠内营养过程中或肠内营养后出现以下任一情况则判断为误吸:①呕吐、血氧饱和度突然下降;②气促、呼吸困难,肺部有明显的湿啰音,喉部有痰鸣音,发生人机对抗;③从气道内吸出胃内容物或在痰培养中发现胃内容物;④无误吸的临床症状,但诊断为吸入性肺炎;⑤气道分泌物中胃淀粉酶的含量 > 25 ng/mL<sup>[11]</sup>。

### 1.3 调查工具

#### 1.3.1 一般资料调查表

回顾相关文献资料并进行组内讨论,自行设

计一般资料调查表,包括文化程度、医疗费用支付方式、既往史、用药史、入院方式、家庭居住地等信息。

### 1.3.2 ICU 肠内营养患者发生误吸影响因素调查表

课题组前期通过文献回顾与专家会议法确定 ICU 肠内营养患者发生误吸的影响因素调查表,主要包含 5 个部分,共 28 个因素:①自身因素:年龄、性别、住院天数、意识状态、营养风险筛查表(NRS 2002)评分、APACHE II 评分、RASS 镇静评分;②进食管理:体位、肠内营养的途径、肠内营养的方式、肠内营养的持续时间、肠内营养的速度、肠内营养的量、置管深度、置管天数;③气道管理:通气方式、是否吸痰、是否雾化、是否机械排痰;④药物使用:是否使用镇静镇痛药、抑酸药、祛痰药、促胃动力药;⑤血气分析指标:酸碱度(pH 值)、氧分压、二氧化碳分压、乳酸值、血氧饱和度。

采用 NRS 2002 对患者营养风险进行评分,量表主要包括疾病严重程度评分、营养状态评分、年龄评分(若 70 岁以上加 1 分)。总评分 $\geq 3$ 分为有营养风险, $< 3$ 分为无营养风险。依据文献与指南将总评分 $\geq 5$ 分划分为高营养风险<sup>[12-13]</sup>。

### 1.4 资料收集与质量控制

对研究人员在病历系统提取资料方法及误吸判定标准方面进行专业培训后,由研究人员根据 ICU 肠内营养患者发生误吸影响因素调查表提取医院电子病历系统 2022 年 1 月至 2023 年 6 月 ICU 肠内营养患者信息,并根据诊断标准判断是否发生误吸。对误吸判断存疑时,根据电子病历咨询临床医生及责任护士进行判定。采用 Excel 软件录入,经双人核对校正,若有缺失及异常值,首先查看原病历进行确认及补充,若同一病例 $> 3$ 项缺失或异常值则排除此项资料。

### 1.5 统计学分析

使用 SPSS 25.0 和 R 3.1.4 统计软件进行数据分析。本研究中计量资料均不服从正态分布,以中位数和四分位数 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 进行描述,计数资料以频数和百分比( $n, \%$ )进行描述。使用 Mann-Whitney  $U$  秩和检验、 $\chi^2$  检验对各项影响因素进行单因素分析。对单因素分析有统计学意义的变量,采用 R 软件包“glmnet”进行 Lasso

回归分析。在此基础上,将筛选得出的关键因素作为自变量进行 Logistic 回归分析。将 Logistic 回归分析中有统计学意义的影响因素纳入随机森林模型进行分析,%Inc MSE 越大,说明变量在影响因素中的重要性越高,以获得变量重要性排序。采用 R 软件构建列线图模型并采用随机拆分法对模型进行内部验证。采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验(H-L 检验)评价模型拟合度,绘制校准曲线(calibration curve)分析模型的校准度,通过决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评价模型的临床有效性。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般资料

共纳入 500 例患者,其中男性 340 例(68.00%),女性 160 例(32.00%),年龄 74.00(67.00, 84.00)岁,住院时间 12.00(4.00, 31.00)d; APACHE II 评分 21.00(16.00, 26.00)分, RASS 镇静评分 -4.00(-4.00, -2.00)分;共有 205 例(41.00%)患者存在高营养风险。285 例患者发生误吸,误吸发生率为 57.00%。

### 2.2 单因素分析

单因素分析结果显示,两组仅在性别、使用祛痰药、使用抑酸药、pH 值、乳酸值方面差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),在年龄、住院天数、意识状态、营养风险、APACHE II 评分、RASS 镇静评分等指标上差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),详见表 1。

### 2.3 Lasso 回归分析

因 RASS 镇静评分为非常规评分,此项资料不完整,为保证 Lasso 回归的稳定性,未将此变量纳入分析。将单因素分析中有统计学意义的其余 22 个因素应用于 Lasso 回归,模型中的最佳参数( $\lambda$ )通过交叉验证,选择最小  $\lambda$  值的 1 个标准误为模型最优值( $\lambda = 0.03963$ )。结果显示,营养风险、体位、APACHE II 评分、肠内营养途径、肠内营养持续时间、肠内营养速度、置管深度、置管天数、每日肠内营养的量、机械排痰、吸痰、使用镇静镇痛药物、使用促胃动力药、氧分压、二氧化碳分压共 15 个变量为 ICU 肠内营养患者发生误吸的关键预测因素(图 1)。

表1 ICU肠内营养患者发生误吸的单因素分析结果[M ( P<sub>25</sub>, P<sub>75</sub> ) ]

Table 1. Results of univariate analysis of factors influencing the occurrence of aspiration in enteral nutrition patients in ICU [M (P<sub>25</sub>, P<sub>75</sub>)]

变量	非误吸组 (n=215)	误吸组 (n=285)	Z/χ <sup>2</sup> 值	P值
年龄 (岁)	74 (64.0, 83.0)	77 (68.0, 85.0)	-2.229	0.026
性别*			0.384	0.535
男	143 (66.5)	197 (69.1)		
女	72 (33.5)	88 (30.9)		
住院天数 (d)	6 (2.0, 15.0)	20 (9.0, 55.5)	-10.015	<0.001
意识状态*			27.882	<0.001
清醒	33 (15.3)	9 (3.2)		
意识障碍	53 (24.7)	57 (20.0)		
昏迷	129 (60.0)	219 (76.8)		
营养风险*			28.089	<0.001
无营养风险	5 (2.3)	2 (0.7)		
低营养风险	150 (69.8)	138 (48.4)		
高营养风险	60 (27.9)	145 (50.9)		
体位*			31.008	<0.001
抬高	198 (92.1)	206 (72.3)		
仰卧位/俯卧位	17 (7.9)	79 (27.7)		
RASS镇静评分 (分)	-3 (-4.0, -2.0)	-4 (-4.0, -4.0)	-8.768	<0.001
APACHE II评分 (分)	19 (14.0, 24.0)	22 (17.0, 26.0)	-3.197	0.001
肠内营养途径*			20.066	<0.001
鼻胃管	205 (95.3)	234 (82.1)		
鼻肠管	10 (4.7)	51 (17.9)		
肠内营养方式*			34.110	<0.001
泵入	158 (73.5)	264 (92.6)		
推注	57 (26.5)	21 (7.4)		
每日肠内营养时间 (h)	10 (0.0, 20.0)	16 (10.0, 20.0)	-4.524	<0.001
肠内营养速度 (mL/h)	50 (15.0, 50.0)	50 (50.0, 75.0)	-4.746	<0.001
置管深度 (cm)	55 (50.0, 60.0)	55 (55.0, 60.0)	-4.189	<0.001
置管天数 (d)	7.6 (2.0, 16.7)	22.4 (9.2, 48.9)	-9.562	<0.001
每日肠内营养的量 (mL)	1 120 (216.0, 1 410.0)	1 275 (1 075.0, 1 617.5)	-5.426	<0.001
通气方式*			25.125	<0.001
无创通气	56 (26.0)	32 (11.2)		
气管插管	129 (60.0)	176 (61.8)		
气管切开	30 (14.0)	77 (27.0)		
雾化*			8.755	0.004
否	132 (61.4)	137 (48.1)		
是	83 (38.6)	148 (51.9)		
机械排痰*			13.485	<0.001
否	180 (83.7)	198 (69.5)		
是	35 (16.3)	87 (30.5)		
吸痰*			21.183	<0.001
否	25 (11.6)	5 (1.8)		
是	190 (88.4)	280 (98.2)		
使用镇静镇痛药*			25.166	<0.001
否	37 (17.2)	11 (3.9)		
是	178 (82.8)	274 (96.1)		

续表1

变量	非误吸组 (n=215)	误吸组 (n=285)	Z/χ <sup>2</sup> 值	P值
使用促胃动力药*			22.490	<0.001
否	162 (75.3)	156 (54.7)		
是	53 (24.7)	129 (45.3)		
使用抑酸药物*			0.019	0.892
否	2 (0.9)	3 (1.1)		
是	213 (99.1)	282 (98.9)		
使用祛痰药物*			0.019	0.892
否	2 (0.9)	3 (1.1)		
是	213 (99.1)	282 (98.9)		
氧分压 (mmHg)	48.9 (34.7, 62.5)	44.2 (31.9, 57.2)	-2.743	0.006
二氧化碳分压 (mmHg)	50.7 (43.6, 63.6)	55.6 (47.1, 69.3)	-2.889	0.004
血氧饱和度 (%)	83.0 (58.4, 93.2)	73.3 (48.7, 89.9)	-3.194	0.001
pH值	7.3 (7.1, 7.4)	7.2 (7.2, 7.3)	-1.242	0.214
乳酸值 (mmol/L)	4.4 (2.6, 11.0)	4.9 (3.2, 9.0)	-1.395	0.163

注: \*为计数资料使用频数和百分比 (n, %) 表示。

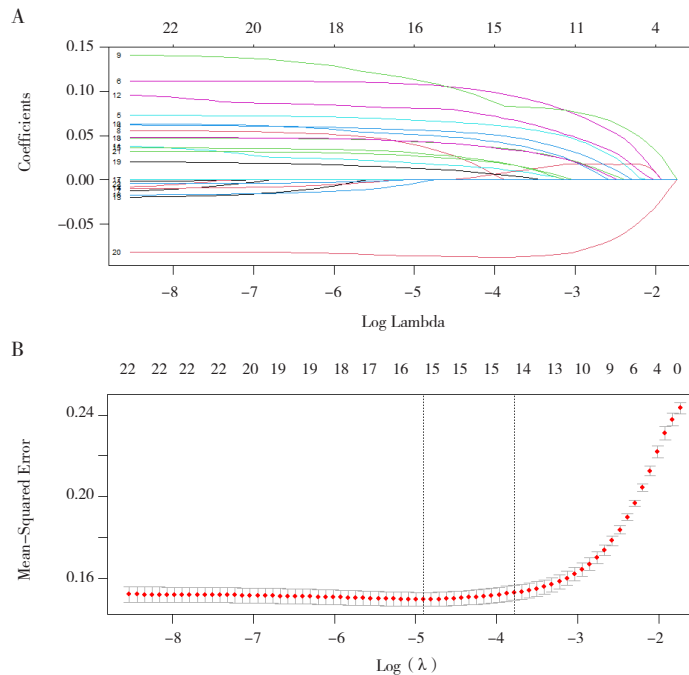


图1 Lasso回归分析图

Figure 1. Graph of Lasso regression analysis

注: A. Lasso 模型最优参数 ( $\lambda$ ) 选择; B. Lasso 回归交叉验证结果。

## 2.4 二元Logistic回归分析

以是否发生误吸为因变量,以 Lasso 回归筛选出的 15 个预测因素为自变量进行 Logistic 回归分析。结果显示,置管天数越长、体位为仰卧位/俯卧位、每日肠内营养持续时间越长、APACHE II 评分越高、使用镇静镇痛药物为 ICU 肠内营养患者发生误吸的独立危险因素 (均  $P < 0.05$ ),氧分压越高为其保护性因素,详见表 2。

## 2.5 影响因素重要性排序

以是否发生误吸为因变量,将 Logistic 回归分析结果中的 6 个因素为自变量纳入随机森林模型。结果显示,变量重要性从高到低分别为置管天数、体位、每日肠内营养持续时间、APACHE II 评分、镇静镇痛药物、氧分压,详见图 2。

## 2.6 风险预测模型的构建

将数据资料按照 7:3 的比例随机分为训练



表2 ICU肠内营养患者发生误吸的Logistic回归分析结果

Table 2. Results of Logistic regression analysis of the occurrence of aspiration in enteral nutrition patients in ICUs

变量	$\beta$ 值	SE值	Wald $\chi^2$ 值	OR值 (95%CI)	P值
常量	-3.013	0.659	20.934	-	<0.001
体位					
抬高				Ref	
仰卧位/俯卧位	1.355	0.312	18.854	3.879 (2.104, 7.152)	<0.001
APACHE II评分 (分)	0.061	0.015	16.348	1.063 (1.032, 1.095)	<0.001
每日肠内营养持续时间 (h)	0.061	0.015	5.041	1.035 (1.004, 1.067)	0.025
置管天数 (d)	0.037	0.007	29.127	1.038 (1.024, 1.052)	<0.001
镇静镇痛药物					
否				Ref	
是	1.400	0.413	11.486	4.054 (1.804, 9.108)	0.001
氧分压 (mmHg)	-0.015	0.006	6.000	0.985 (0.974, 0.997)	0.014

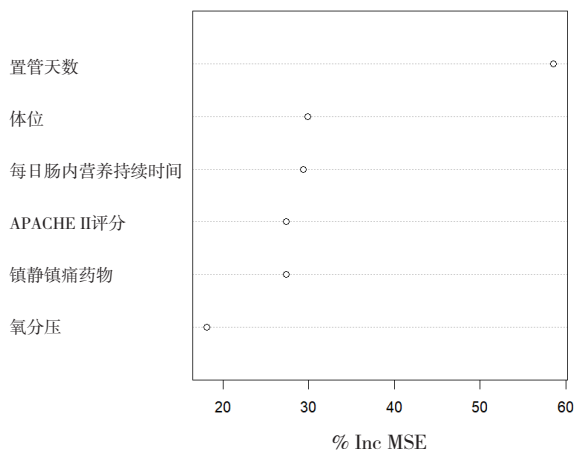


图2 ICU肠内营养患者发生误吸的影响因素重要性排序

Figure 2. Results of ranking the importance of risk factors for aspiration in enteral nutrition patients in ICUs

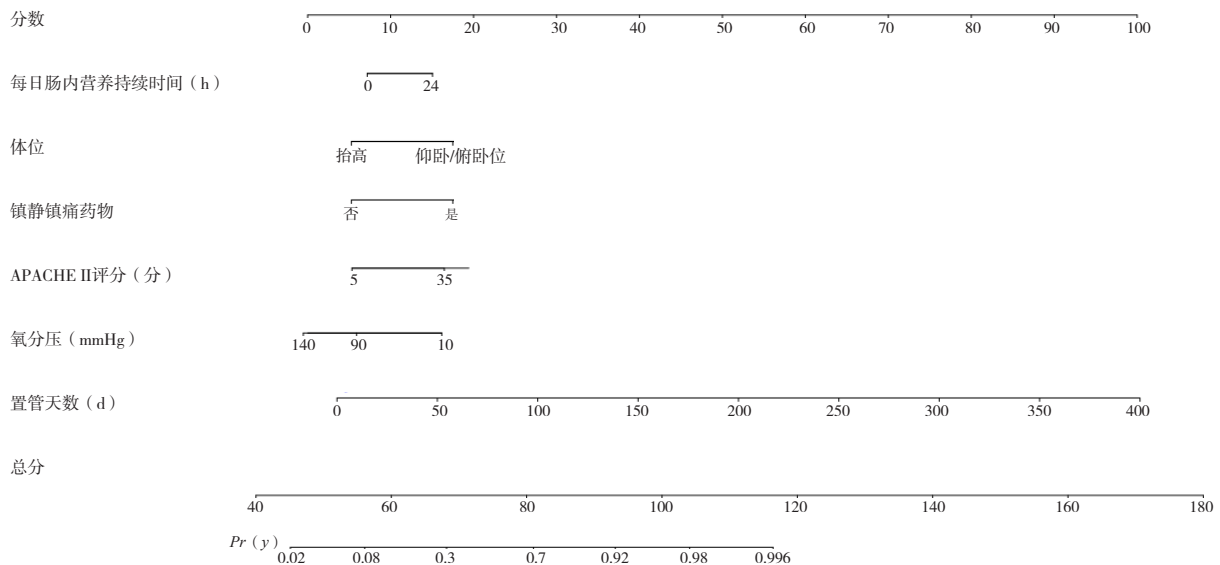


图3 ICU肠内营养患者发生误吸的风险预测模型

Figure 3. Risk prediction model for the occurrence of aspiration in enteral nutrition patients in ICUs

集 (350 例) 和验证集 (150 例), 基于训练集数据, 建立列线图模型 (图 3)。训练集中模型 AUC 为 0.82 [95%CI (0.78, 0.86)], 特异度为 69.48%, 灵敏度为 77.55%, 预测精确率为 74.00% (图 4-A)。H-L 检验结果为 5.30,  $P=0.81 (> 0.05)$ , 表示模型拟合度较好。训练集中模型校准曲线与理想曲线拟合较好, 表示模型校准度较高 (图 5-A)。

### 2.7 风险预测模型的验证与评价

使用验证集进行模型内部验证。验证集中模型 AUC 为 0.79 [95%CI (0.72, 0.86)], 特异度为 68.85%, 灵敏度为 70.79%, 预测精确率为 70.00% (图 4-B)。H-L 检验结果为 8.87,

$P=0.45 (> 0.05)$ ，表示验证集模型拟合度较好。验证集中模型校准曲线与理想曲线拟合较好，表示模型校准度较高（图 5-B）。DCA 结果显示，

在一定阈值概率范围内，根据预测模型进行干预的临床净收益高于对所有患者干预或不干预的临床净收益（图 6）。

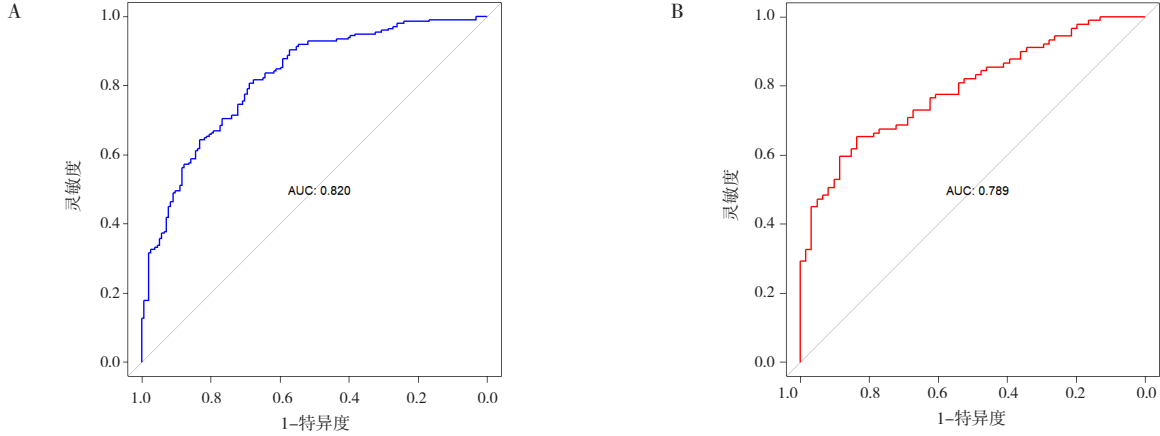


图4 ICU肠内营养患者误吸发生风险预测模型ROC曲线图

Figure 4. Receiver operating characteristic curve of the predictive model for the risk of occurrence of aspiration in enteral nutrition patients in ICU

注：A.训练集；B.验证集。

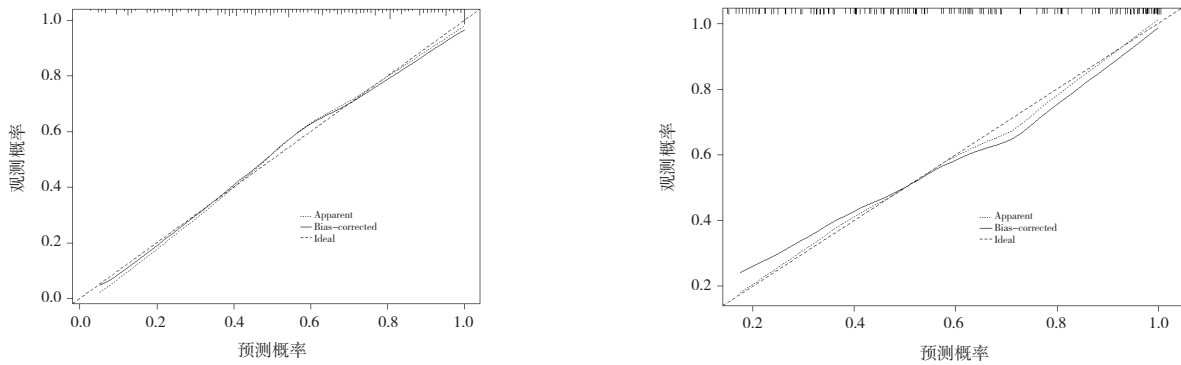


图5 ICU肠内营养患者误吸发生风险预测模型校准曲线图

Figure 5. Calibration curve of the predictive model for the risk of occurrence of aspiration in enteral nutrition patients in ICU

注：A.训练集；B.验证集。

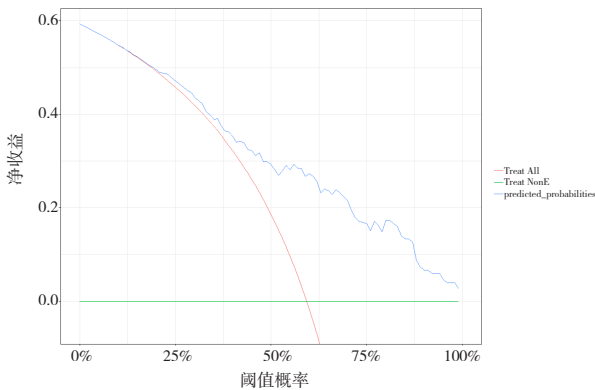


图6 ICU肠内营养患者误吸发生风险预测模型临床决策曲线图

Figure 6. Clinical decision curve for the predictive model of the risk of occurrence of aspiration in enteral nutrition patients in ICU

### 3 讨论

ICU 患者由于创伤或器官功能衰竭会导致机体处于高分解、高应激反应及负氮平衡状态，严重影响患者营养状况。有研究发现，大约一半的 ICU 患者处于营养风险中<sup>[14]</sup>。肠内营养是危重症患者首选的喂养方式，使用率达 66%<sup>[15]</sup>。该喂养方式不仅能改善患者的营养状况，还能保持肠黏膜结构和功能的完整性，从而降低感染率<sup>[16]</sup>，而在进行肠内营养的过程中，极易发生误吸。本研究发现，ICU 中肠内营养患者误吸发生率为 57.00%，较魏淑芳等<sup>[6]</sup>研究结果高，原因可能在于本研究在综合 ICU 内进行，患者接受的治疗措施较多，其发生误吸的风险因素也较多。此外，本研究将患者的气道因素

纳入观察,在误吸的判断标准中增加了此类指标,相较之下会增加患者误吸的检出率。临床研究发现,将误吸风险评估与循证护理相结合,对患者实施针对性的误吸相关预防措施,可有效降低患者误吸发生率及各项并发症的发生情况,还能稳定患者的营养状态<sup>[17]</sup>。因此,对于 ICU 肠内营养患者,及时识别潜在的误吸发生风险并进行相应的干预显得尤为重要。

一项针对 ICU 护理人员工作压力的研究发现,工作量大是该群体压力大的重要原因之一<sup>[18]</sup>。可见,面对众多的危险因素,优先关注哪些因素能够保证误吸的风险得到最大化的控制,简化评估的流程,是临床工作者亟待解决的问题。因此,本研究在探究影响因素的同时,采用随机森林模型对其进行重要性评价,得出变量重要性从高到低分别为置管天数、体位、每日肠内营养持续时间、APACHE II 评分、使用镇静镇痛药物和氧分压。

置管天数是应首先重视的因素,随着置管天数的增加,患者发生误吸的风险随之增加,与孙文静等<sup>[19]</sup>的结论一致。主要原因在于患者的鼻饲管道不仅会对其咽喉部产生慢性刺激,增加喉部分泌物的分泌,破坏其吞咽功能<sup>[20]</sup>,还会影响患者的胃肠动力,导致胃潴留,从而增加发生误吸的风险。有研究发现,在使用肠内营养的机械通气患者中,仅通过支气管分泌物检测来判定的误吸发生率就高达 70.1%<sup>[21]</sup>,这可能与存在气管插管、鼻饲管等多重管路刺激气道有关。因此,应着重警惕同时进行机械通气与肠内营养患者的误吸风险,在患者病情允许的情况下尽早拔管,通过锻炼恢复患者的吞咽功能,降低误吸风险。

既往研究发现,进行肠内营养的重症患者在采取半卧位时,其胃潴留状况较仰卧位时明显减轻<sup>[22]</sup>。主要原因在于患者进行鼻胃管或鼻肠管喂养时,食管处于相对关闭不全的状态,当患者处于低位时,胃内容物反流的机会增大,同时,其口咽部的分泌物也易进入食管,增加误吸风险<sup>[23]</sup>。但俯卧位与仰卧位对患者胃残余量影响的比较,目前仍存在争议<sup>[24]</sup>。相关专家共识推荐在临床工作中抬高床头大于 30° 以降低误吸的风险<sup>[25-26]</sup>,而多名受访者认为在肠内营养过程中,护士对抬高床头的依从性低,不能执行相关操作流程<sup>[27]</sup>。因此,在临床工作中可通过床头提示或标识来提

醒护理人员执行相关操作,提高护士的风险感知及工作依从性,降低患者误吸发生风险。

有 Meta 分析发现,间歇性喂养比持续性喂养更易导致误吸的发生<sup>[28]</sup>。国内研究也表明,ICU 患者肠道功能较弱,持续性喂养可降低患者发生胃潴留、呕吐的风险<sup>[29]</sup>。但临床工作中多有为了降低患者不良反应发生风险而采取持续低速喂养的情况。肠内营养持续时间过长易导致胃内压升高,刺激迷走神经及交感神经末梢,产生恶心、呕吐,引起胃内容物反流造成逆行性误吸。目前,各项指南与研究对于胃残余量的监测存在不同意见<sup>[25, 30-31]</sup>,临床工作中患者的胃残余量也难以及时、客观地给医护人员提供临床决策的参考。因此,在进行肠内营养过程中不能一味为了防止胃残余量过高而采取低速度、长时间的喂养方案,应在患者胃肠道允许的情况下缩短喂养时间,从而降低误吸风险。

APACHE II 评分是 ICU 中使用最广泛的疾病严重程度评估量表,在预测结果和患者风险分层方面效果较好<sup>[32]</sup>。评分越高,代表患者的疾病严重程度越高,临床治疗难度增加,患者存在的治疗措施和误吸风险也随之增高。因此,临床工作人员应在患者病情发生变化时进行 APACHE II 评分的动态评估,对高 APACHE II 评分患者积极采取预防措施,降低误吸发生率。

患者使用镇静镇痛药物后会削弱咳嗽反射,降低气道的防御性保护功能,导致口腔或咽部的分泌物顺行或胃液反流误入气管,极大增加误吸风险<sup>[33-34]</sup>。加之 ICU 患者大多使用机械通气,进一步增加了发生风险<sup>[35]</sup>。相关指南建议,应在病情允许的情况下尽可能降低患者镇静镇痛的水平<sup>[30]</sup>。此外,本研究中 RASS 镇静评分虽未进入 Lasso 回归与 Logistic 回归,但其在临床工作中对患者镇静状态判定的参考价值较大。因此,临床工作中在使用镇静镇痛类药物时应按时进行 RASS 镇静评分,避免过度镇静增加误吸风险,在发生变化时及时进行风险评估,实施针对性干预措施预防误吸。

有研究发现,急性血氧饱和度下降是胃食管反流病和咽喉反流患者肺吸入的特征<sup>[36]</sup>。但有学者质疑脉搏血氧仪的精确度存在偏差且受患者活动、指甲油、皮肤色素沉着等影响,故不推荐使用脉搏血氧监测评估误吸<sup>[37-38]</sup>。本研究发现,



氧分压增高是患者发生误吸的保护因素。由于血氧饱和度的高低主要取决于氧分压，而氧分压在 ICU 中为常规监测且可信度较高，因此，在临床工作中可将氧分压作为医护人员观察患者是否发生误吸的警惕性因素，若氧分压大幅降低，则应警惕患者发生误吸的可能。

本研究也存在一定局限性。第一，本研究为回顾性研究，可能存在一定的回忆性偏倚；第二，未进行外部验证，预测模型外推性有待进一步验证；第三，本研究为单中心研究，样本代表性有限，且资料无法排除受到医院管理制度与护理决策的影响。未来可进行前瞻性研究，对该模型开展多中心的外部验证，以探讨模型的临床可操作性。

最新指南强调，不建议常规监测患者胃残余量，而误吸高风险人群应每 4 h 监测一次胃残余量<sup>[39]</sup>。可见，误吸风险评估可为临床进一步的工作提供指导。目前，国内肠内营养患者误吸风险的预测模型主要针对神经系统疾病<sup>[40-41]</sup>、急性重症胰腺炎<sup>[42]</sup>患者，模型中具有疾病特异性的指标，而综合性 ICU 患者病情更为复杂，既往模型适用性不强。本研究通过 Lasso-Logistic 回归对影响因素进行双重筛选并构建了 ICU 肠内营养患者误吸风险预测模型，AUC、校准曲线、DCA 曲线均提示该模型对 ICU 肠内营养患者误吸发生风险预测效果较好。此模型中各项指标均为临床常规监测指标，结合列线图操作简单的特点，有助于提高工作效率，易于临床推广应用。护理人员可根据列线图模型评分计算患者误吸风险，提前识别潜在风险并实施积极有效的针对性护理措施。

**伦理声明：**本研究已获得青岛大学伦理委员会审批（批号：QDU-HEC-2023214）

**作者贡献：**研究设计：陈玥、关纯；研究实施：陈玥、张慧；统计分析：陈玥、胡发升；论文撰写：陈玥；经费支持、论文修改：关纯

**数据获取：**本研究中使用的和（或）分析的数据可联系通信作者获取

**利益冲突声明：**无

**致谢：**不适用

## 参考文献

1 Chen S, Xian W, Cheng S, et al. Risk of regurgitation and

aspiration in patients infused with different volumes of enteral nutrition[J]. *Asia Pac J Clin Nutr*, 2015, 24(2): 212-218. DOI: [10.6133/apjcn.2015.24.2.12](https://doi.org/10.6133/apjcn.2015.24.2.12).

2 Jaillette E, Martin-Loeches I, Artigas A, et al. Optimal care and design of the tracheal cuff in the critically ill patient[J]. *Ann Intensive Care*, 2014, 4(1): 7. DOI: [10.1186/2110-5820-4-7](https://doi.org/10.1186/2110-5820-4-7).

3 Byun SE, Shon HC, Kim JW, et al. Risk factors and prognostic implications of aspiration pneumonia in older hip fracture patients: a multicenter retrospective analysis[J]. *Geriatr Gerontol Int*, 2019, 19(2): 119-123. DOI: [10.1111/ggi.13559](https://doi.org/10.1111/ggi.13559).

4 Schwarz M, Coccetti A, Murdoch A, et al. The impact of aspiration pneumonia and nasogastric feeding on clinical outcomes in stroke patients: a retrospective cohort study[J]. *J Clin Nurs*, 2018, 27(1-2): e235-e241. DOI: [10.1111/jocn.13922](https://doi.org/10.1111/jocn.13922).

5 王彩虹, 黄德斌, 刘霞琴. 重症监护病房成人患者显性误吸的危险因素分析及预防措施[J]. *中国当代医药*, 2023, 30(11): 71-75. [Wang CH, Huang DB, Liu XQ. Risk factors and preventive measures of overt aspiration in adult patients in intensive care unit[J]. *China Modern Medicine*, 2023, 30(11): 71-75.] DOI: [10.3969/j.issn.1674-4721.2023.11.018](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-4721.2023.11.018).

6 魏淑芳, 文艳, 叶丹. 重症病人早期肠内营养发生误吸的影响因素分析[J]. *循证护理*, 2022, 8(5): 698-701. [Wei SF, Wen Y, Ye D. Influencing factors of early enteral nutrition aspiration in critically ill patients[J]. *Chinese Evidence-Based Nursing*, 2022, 8(5): 698-701.] DOI: [10.12102/j.issn.2095-8668.2022.05.030](https://doi.org/10.12102/j.issn.2095-8668.2022.05.030).

7 张滢滢, 王海芳, 王玉宇, 等. ICU 不同进食方式的患者误吸发生现状及特征比较[J]. *中华护理杂志*, 2022, 57(3): 265-271. [Zhang YY, Wang HF, Wang YY, et al. Comparative study on the characteristics of aspiration in ICU patients with different feeding patterns[J]. *Chinese Journal of Nursing*, 2022, 57(3): 265-271.] DOI: [10.3761/j.issn.0254-1769.2022.03.002](https://doi.org/10.3761/j.issn.0254-1769.2022.03.002).

8 Oyeyemi GM, Ogunjobi EO, Folorunsho AI. On performance of shrinkage methods—a monte carlo study[J]. *International Journal of Statistics and Applications*, 2015, 5(2): 72-76. DOI: [10.5923/j.statistics.20150502.04](https://doi.org/10.5923/j.statistics.20150502.04).

9 陈颖. 危重症患者下肢深静脉血栓影响因素分析及风险预测模型构建[D]. 青岛: 青岛大学, 2021. [Chen Y. Analysis of influencing factors of lower extremity deep vein thrombosis of critically ill patients and construction risk assessment model[D]. Qingdao: Qingdao University, 2021.] DOI: [10.27262/d.cnki.gqdad.2021.000088](https://doi.org/10.27262/d.cnki.gqdad.2021.000088).

10 Metheny NA. Strategies to prevent aspiration-related pneumonia in tube-fed patients[J]. *Respir Care Clin N Am*, 2006, 12(4): 603-617. DOI: [10.1016/j.rcc.2006.09.007](https://doi.org/10.1016/j.rcc.2006.09.007).

11 窦祖林. 吞咽障碍评估与治疗, 第 2 版[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017. [Dou ZL. Assessment and treatment of dysphagia, 2nd edition[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2017.]

12 Jie B, Jiang ZM, Nolan MT, et al. Impact of preoperative nutritional support on clinical outcome in abdominal surgical patients at nutritional risk[J]. *Nutrition*, 2012, 28(10): 1022-1027. DOI: [10.1016/j.nut.2012.01.017](https://doi.org/10.1016/j.nut.2012.01.017).

13 中华医学会肠外肠内营养学分会. 中国成人患者肠外肠内营

- 养临床应用指南(2023 版)[J]. 中华医学杂志, 2023, 103(13): 946-974. [Chinese Society of Parenteral and Enteral Nutrition (CSPEN). Guideline for clinical application of parenteral and enteral nutrition in adults patients in China (2023 edition)[J]. National Medical Journal of China, 2023, 103(13): 946-974.] DOI: [10.3760/cma.j.cn112137-20221116-02407](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112137-20221116-02407).
- 14 Heyland DK, Drover JW, Dhaliwal R, et al. Optimizing the benefits and minimizing the risks of enteral nutrition in the critically ill: role of small bowel feeding[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2002, 26(6 Suppl): S51-S57. DOI: [10.1177/014860710202600608](https://doi.org/10.1177/014860710202600608).
- 15 Xing J, Zhang Z, Ke L, et al. Enteral nutrition feeding in Chinese intensive care units: a cross-sectional study involving 116 hospitals[J]. Crit Care, 2018, 22(1): 229. DOI: [10.1186/s13054-018-2159-x](https://doi.org/10.1186/s13054-018-2159-x).
- 16 Qiu C, Chen C, Zhang W, et al. Fat-modified enteral formula improves feeding tolerance in critically ill patients: a multicenter, single-blind, randomized controlled trial[J]. JPEN J Parenter Enteral Nutr, 2017, 41(5): 785-795. DOI: [10.1177/0148607115601858](https://doi.org/10.1177/0148607115601858).
- 17 杨燕, 吴立新, 方秀花, 等. 误吸风险评估结合约翰霍普金斯循证护理对 ICU 老年鼻饲病人误吸及营养状况的影响 [J]. 护理研究, 2022, 36(5): 910-914. [Yang Y, Wu LX, Fang XH, et al. Effect of aspiration risk assessment combined with Johns Hopkins evidence-based care on aspiration and nutritional status in elderly ICU patients with nasal feeding[J]. Chinese Nursing Research, 2022, 36(5): 910-914.] DOI: [10.12102/j.issn.1009-6493.2022.05.029](https://doi.org/10.12102/j.issn.1009-6493.2022.05.029).
- 18 孟娜. 重症监护室护理人员工作压力与心理承受力调查及其相关性研究 [J]. 慢性病学杂志, 2024, 25(9): 1384-1387. [Meng N. Survey on work pressure and psychological tolerance of nursing staff in intensive care unit and its correlation study[J]. Chronic Pathematology Journal, 2024, 25(9):1384-1387.] DOI: [10.16440/J.CNKL1674-8166.2024.09.26](https://doi.org/10.16440/J.CNKL1674-8166.2024.09.26).
- 19 孙文静. 住院鼻饲患者误吸风险预测模型的构建及验证[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2021. [Sun WJ. Development and validation of aspiration risk prediction model in hospitalized patients receiving nasogastric feeding[D]. Chongqing: Chongqing Medical University, 2021.] DOI: [10.27674/d.cnki. geyku.2021.000988](https://doi.org/10.27674/d.cnki. geyku.2021.000988).
- 20 Wang ZY, Chen JM, Ni GX. Effect of an indwelling nasogastric tube on swallowing function in elderly post-stroke dysphagia patients with long-term nasal feeding[J]. BMC Neurol, 2019, 19(1): 83. DOI: [10.1186/s12883-019-1314-6](https://doi.org/10.1186/s12883-019-1314-6).
- 21 潘小东, 张京臣, 汤鲁明, 等. 鼻胃管减压联合鼻肠管营养支持对重症神经系统疾病患者预后的影响 [J]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2017, 10(4): 230-234. [Pan XD, Zhang JC, Tang LM, et al. Effect of nasogastric tube decompression combined with nasointestinal tube nutritional support in the prognosis of patients with severe nervous system diseases[J]. Chinese Journal of Critical Care Medicine (Electronic Edition), 2017, 10(4): 230-234.] DOI: [10.3877/cma.j.issn.1674-6880.2017.04.004](https://doi.org/10.3877/cma.j.issn.1674-6880.2017.04.004).
- 22 Farsi Z, Kamali M, Butler S, et al. The effect of semirecumbent and right lateral positions on the gastric residual volume of mechanically ventilated, critically ill patients[J]. J Nurs Res, 2020, 28(4): e108. DOI: [10.1097/jnr.000000000000377](https://doi.org/10.1097/jnr.000000000000377).
- 23 肖茗芳, 刘明超, 谢艳梅. ICU 患者微误吸的相关因素及护理研究进展 [J]. 中华危重症护理杂志, 2023, 4(4): 320-324. [Xiao MF, Liu MC, Xie YM. Research progress on related factors and nursing care of micro-aspiration in ICU patients[J]. Chinese Journal of Emergency and Critical Care Nursing, 2023, 4(4): 320-324.] DOI: [10.3761/j.issn.2096-7446.2023.04.006](https://doi.org/10.3761/j.issn.2096-7446.2023.04.006).
- 24 Machado LS, Rizzi P, Silva FM. Administration of enteral nutrition in the prone position, gastric residual volume and other clinical outcomes in critically ill patients: a systematic review[J]. Rev Bras Ter Intensiva, 2020, 32(1): 133-142. DOI: [10.5935/0103-507x.20200019](https://doi.org/10.5935/0103-507x.20200019).
- 25 米元元, 黄海燕, 尚游, 等. 中国危重症患者肠内营养治疗常见并发症预防管理专家共识(2021 版)[J]. 中华危重病急救医学, 2021, 33(8): 903-918. [Mi YY, Huang HY, Shang Y, et al. Expert consensus on prevention and management of enteral nutrition complications for critical illness in China (2021 edition)[J]. Chinese Critical Care Medicine, 2021, 33(8): 903-918.] DOI: [10.3760/cma.j.cn121430-20210310-00357](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121430-20210310-00357).
- 26 中国老年医学学会, 中国老年医学学会重症医学分会. 中国老年重症患者肠内营养支持专家共识(2022)[J]. 中华危重病急救医学, 2022, 34(4): 337-342. [Chinese Geriatric Society, Critical Care Medicine Division of Chinese Geriatric Society. Expert consensus on enteral nutrition support for elderly patients with critical illness in China (2022)[J]. Chinese Critical Care Medicine, 2022, 34(4): 337-342.] DOI: [10.3760/cma.j.cn121430-20220329-00308](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121430-20220329-00308).
- 27 俞嫔, 冯萍, 徐岚, 等. 临床护士在鼻饲肠内营养过程中风险感知的质性研究 [J]. 全科护理, 2021, 19(22): 3114-3117. [Yu P, Feng P, Xu L, et al. Qualitative study on risk perception of clinical nurses during nasal feeding enteral nutrition[J]. Chinese General Practice Nursing, 2021, 19(22): 3114-3117.] DOI: [10.12104/j.issn.1674-4748.2021.22.023](https://doi.org/10.12104/j.issn.1674-4748.2021.22.023).
- 28 Ma Y, Cheng J, Liu L, et al. Intermittent versus continuous enteral nutrition on feeding intolerance in critically ill adults: a Meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Int J Nurs Stud, 2021, 113: 103783. DOI: [10.1016/j.ijnurstu.2020.103783](https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2020.103783).
- 29 孙超, 王贞慧, 王霞, 等. 持续性鼻饲喂养对重症患者吸入性肺炎及相关症状影响的 Meta 分析 [J]. 中华现代护理杂志, 2020, 26(13): 1698-1703. [Sun C, Wang ZH, Wang X, et al. Meta-analysis of the effects of continuous nasal feeding on aspiration pneumonia and related symptoms in critically ill patients[J]. Chinese Journal of Modern Nursing, 2020, 26(13): 1698-1703.] DOI: [10.3760/cma.j.cn115682-20191029-03896](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn115682-20191029-03896).
- 30 中华医学会神经外科分会, 中国神经外科重症管理协作组. 中国神经外科重症患者营养治疗专家共识(2022 版)[J]. 中华医学杂志, 2022, 102(29): 2236-2255. [Chinese Society of Neurosurgery, China Neurosurgical Critical Care Management Collaborative Group. Chinese expert consensus on nutritional therapy for neurosurgical critical care patients (2022 Edition)[J].

- National Medical Journal of China, 2022, 102(29): 2236–2255.] DOI: [10.3760/cma.j.cn112137-20220621-01362](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112137-20220621-01362).
- 31 俞祎婧, 刘文明. 重症患者肠内营养是否需要常规监测胃残余量[J]. 中华危重病急救医学, 2022, 34(7): 764–768. [Yu YJ, Liu WM. Enteral nutrition in critically ill patients: routine monitoring gastric residual volume or not[J]. Chinese Critical Care Medicine, 2022, 34(7): 764–768.] DOI: [10.3760/cma.j.cn121430-20220304-00204](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121430-20220304-00204).
- 32 Cosgriff CV, Celi LA, Ko S, et al. Developing well-calibrated illness severity scores for decision support in the critically ill[J]. NPJ Digit Med, 2019, 2: 76. DOI: [10.1038/s41746-019-0153-6](https://doi.org/10.1038/s41746-019-0153-6).
- 33 叶向红, 张锐, 王慧君, 等. 合并腹腔高压重症患者肠内营养期间误吸预防的证据总结[J]. 中国护理管理, 2020, 20(3): 328–334. [Ye XH, Zhang R, Wang HJ, et al. Evidence analysis for aspiration prevention during enteral nutrition in critically ill patients with abdominal hypertension[J]. Chinese Nursing Management, 2020, 20(3): 328–334.] DOI: [10.3969/j.issn.1672-1756.2020.03.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-1756.2020.03.004).
- 34 Noguchi S, Yatera K, Kato T, et al. Impact of the number of aspiration risk factors on mortality and recurrence in community-onset pneumonia[J]. Clin Interv Aging, 2017, 12: 2087–2094. DOI: [10.2147/cia.S150499](https://doi.org/10.2147/cia.S150499).
- 35 Elmahdi A, Eisa M, Omer E. Aspiration pneumonia in enteral feeding: a review on risks and prevention[J]. Nutr Clin Pract, 2023, 38(6): 1247–1252. DOI: [10.1002/ncp.11020](https://doi.org/10.1002/ncp.11020).
- 36 Weerasinghe DP, Burton L, Chicco P, et al. Acute oxygen desaturation characterizes pulmonary aspiration in patients with gastroesophageal reflux disease and laryngopharyngeal reflux[J]. Physiol Rep, 2022, 10(12): e15367. DOI: [10.14814/phy2.15367](https://doi.org/10.14814/phy2.15367).
- 37 Marian T, Schröder J, Muhle P, et al. Measurement of oxygen desaturation is not useful for the detection of aspiration in dysphagic stroke patients[J]. Cerebrovasc Dis Extra, 2017, 7(1): 44–50. DOI: [10.1159/000453083](https://doi.org/10.1159/000453083).
- 38 Britton D, Roeske A, Ennis SK, et al. Utility of pulse oximetry to detect aspiration: an evidence-based systematic review[J]. Dysphagia, 2018, 33(3): 282–292. DOI: [10.1007/s00455-017-9868-1](https://doi.org/10.1007/s00455-017-9868-1).
- 39 邓子银, 刘加婷, 赵丽蓉, 等. 成人患者经鼻胃管喂养临床实践指南(2023年更新版)[J]. 护士进修杂志, 2024; 39(7): 673–679. [Deng ZY, Liu JT, Zhao LR, et al. The clinical practice guide for nasogastric tube feeding in adult patients (2023 update version)[J]. Journal of Nurses Training, 2024; 39(7): 673–679.] DOI: [10.16821/j.cnki.hspx.2024.07.001](https://doi.org/10.16821/j.cnki.hspx.2024.07.001).
- 40 彭宇, 沙丽艳, 刘子龙, 等. 重症脑出血患者肠内营养支持发生误吸风险预测模型的构建及验证[J]. 中国护理管理, 2022, 22(9): 1391–1397. [Peng Y, Sha LY, Liu ZL, et al. Construction and validation of risk prediction model for aspiration in patients with severe intracerebral hemorrhage receiving enteral nutrition support[J]. Chinese Nursing Management, 2022, 22(9): 1391–1397.] DOI: [10.3969/j.issn.1672-1756.2022.09.023](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-1756.2022.09.023).
- 41 余灵芝, 林兴, 朱秀梅, 等. 基于列线图构建重症颅脑损伤患者肠内营养误吸风险预测模型研究[J]. 创伤与急危重病医学, 2022, 10(6): 467–470. [Yu LZ, Lin X, Zhu XM, et al. Research on the prediction model of enteral nutrition aspiration risk of patients with severe craniocerebral injuries based on decision tree and nomogram[J]. Trauma and Critical Care Medicine, 2022, 10(6): 467–470.] DOI: [10.16048/j.issn.2095-5561.2022.06.22](https://doi.org/10.16048/j.issn.2095-5561.2022.06.22).
- 42 官艳, 王旋, 洪琳, 等. 重症急性胰腺炎患者早期肠内营养误吸风险预测模型的构建[J]. 护理学杂志, 2022, 37(8): 94–96. [Guan Y, Wang X, Hong L, et al. Construction of early enteral nutrition aspiration risk prediction model in patients with severe acute pancreatitis[J]. Journal of Nursing Science, 2022, 37(8): 94–96.] DOI: [10.3870/j.issn.1001-4152.2022.08.094](https://doi.org/10.3870/j.issn.1001-4152.2022.08.094).

收稿日期: 2024 年 09 月 10 日 修回日期: 2024 年 11 月 17 日  
 本文编辑: 桂裕亮 曹越

引用本文: 陈玥, 张慧, 关纯, 等. ICU 肠内营养患者误吸风险预测模型构建[J]. 医学新知, 2025, 35(1): 22–32. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202409057](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202409057).

Chen Y, Zhang H, Guan C, et al. Construction of a predictive model for the risk of aspiration in enteral nutrition patients in ICU[J]. Yixue Xinzhi Zazhi, 2025, 35(1): 22–32. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202409057](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202409057).