

急性脑出血患者并发肺炎的列线图预警模型构建研究

潘 晗¹, 黄结姍¹, 谢 莎¹, 苏文君¹, 潘 婷¹, 郑乐瑶², 邱晓乔¹, 王 谨¹

(1. 广州中医药大学附属中山中医院 中山市中医院 护理部, 广东 中山, 528400;

2. 河南中医药大学护理学院(智慧康养护理行业学院), 河南 郑州, 450046)

摘要: **目的** 构建并验证急性脑出血(ACH)患者并发卒中相关性肺炎的个体化列线图预警模型。**方法** 回顾性纳入2023年1月—12月本院收治的390例ACH患者,根据是否并发卒中相关性肺炎分为观察组($n=200$)与对照组($n=190$)。收集患者基本信息、临床指标、治疗数据等中的潜在危险因素,通过单因素及多因素Logistic回归筛选独立预测因子,利用R 3.6.3软件及rms程序包构建列线图模型。采用受试者工作特征(ROC)曲线、校准曲线、决策曲线分析(DCA)及综合判别改善指数(IDI)评估模型的区分度、校准度和临床实用性。**结果** 多因素分析确定5项独立预测因子:吞咽障碍($OR=3.45$)、机械通气时间($OR=2.78$)、低蛋白血症($OR=2.15$)、NIHSS评分($OR=1.23$)、年龄($OR=1.05$)。基于此构建的列线图模型显示训练集曲线下面积(AUC)为0.85,验证集AUC为0.83,校准曲线拟合良好(Hosmer-Lemeshow检验, $P=0.125$)。DCA证实模型在阈值概率10%~80%范围内具有临床净获益,IDI为0.05($P=0.003$)。**结论** 本研究所构建的列线图模型能有效实现ACH患者住院期间肺炎风险的个体化、可视化预测,为临床早期识别高危人群并实施针对性干预提供了可靠的量化工具。

关键词: 急性脑出血;肺炎;列线图;预警模型;Logistic回归;危险因素

中图分类号: R473.5 文献标志码: A 文章编号: 2709-1961(2026)07-0001-09

Research on the construction of a nomogram early warning model for pneumonia in patients with acute cerebral hemorrhage

PAN Han¹, HUANG Jieshan¹, XIE Sha¹, SU Wenjun¹, PAN Ting¹,
ZHENG Leyao², QIU Xiaoqiao¹, WANG Jin¹

(1. Department of Nursing, Zhongshan Hospital of Traditional Chinese Medicine Affiliated to
Guangzhou University of Chinese Medicine, Zhongshan, Guangdong, 528400;

2. School of Nursing Henan University of Chinese Medicine (Nursing School of Smart Healthcare Industry),
Zhengzhou, Henan, 450046)

ABSTRACT: Objective To construct and validate an individualized nomogram early warning model for stroke-associated pneumonia (SAP) in patients with acute cerebral hemorrhage (ACH). **Methods** A total of 390 patients with ACH admitted to our hospital from January to December 2023 were retrospectively enrolled and divided into an observation group ($n=200$) and a control group ($n=190$) based on whether they developed SAP. Potential risk factors were collected, including basic patient information, clinical indicators, and treatment data. Independent predictors were screened using univariate and multivariate logistic regression analyses. A nomogram model was constructed using R 3.6.3 software and the rms package. The discrimination, calibration, and clinical utility of the model were evaluated using the receiver operating characteristic (ROC) curve, calibration curve, decision curve analysis (DCA), and integrated discrimination improvement (IDI) index. **Results** Multivariate analysis identified five independent predictors: dyspha-

gia (OR=3.45), duration of mechanical ventilation (OR=2.78), hypoproteinemia (OR=2.15), NIHSS score (OR=1.23), and age (OR=1.05). The nomogram model constructed based on these factors achieved an area under the curve (AUC) of 0.85 in the training set and 0.83 in the validation set, with good calibration (Hosmer-Lemeshow test, $P=0.125$). DCA confirmed that the model provided a clinical net benefit within the threshold probability range of 10% - 80%, with an IDI of 0.05 ($P=0.003$). **Conclusion** The nomogram model constructed in this study can effectively achieve individualized and visualized prediction of SAP risk in ACH patients during hospitalization, providing a reliable quantitative tool for early clinical identification of high-risk populations and implementation of targeted interventions.

KEY WORDS: acute cerebral hemorrhage; pneumonia; nomogram; early warning model; logistic regression; risk factor

急性脑出血(ACH)是神经内科常见的危急重症,具有高发病率、高致残率及高死亡率的特点。在ACH患者的临床管理中,卒中相关性肺炎(SAP)是最为常见的严重并发症之一^[1-2]。研究报道,脑出血后肺炎的发生率可高达15%~40%,是其导致患者病情恶化、住院时间延长及不良预后的关键因素^[3-4]。肺炎的发生不仅会引发全身性炎症反应,加剧脑组织二次损伤,还可能诱发多器官功能衰竭,显著增加患者的死亡风险^[5]。目前,临床实践中对ACH并发肺炎的预防主要依赖于经验性判断和常规护理,缺乏精准、量化的风险评估工具。尽管已有研究通过多元回归分析识别出若干危险因素^[6-7],但其所构建的预测模型多以复杂的回归方程形式呈现,操作繁琐且不够直观,难以在快节奏的临床工作中,尤其是基层医院进行有效推广和应用。列线图(nomogram)作为一种将复杂的回归模型转化为可视化评分图形的工具,能够将多个预测因子整合于一体,通过简单直观的分值累加,直接计算个体患者的疾病发生风险,近年来在肿瘤及慢性病预后预测中展现出显著优势,但其在ACH并发肺炎预警领域的应用尚不多见。因此,本研究旨在基于ACH患者的临床数据,通过系统筛选独立危险因素,构建用于预测并发肺炎风险的列线图模型,并对其进行内部验证。我们期望该模型能够为医护人员提供一个简便、直观的决策支持工具,实现对高危患者的早期识别和早期干预,从而优化医疗资源配置,最终改善患者预后。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究采用回顾性队列研究设计,连续纳入

2023年1月1日—12月31日在中山市中医院神经外科住院的ACH患者共390例。所有患者均符合《中国脑出血诊治指南(2019)》中关于急性脑出血的诊断标准^[8],并经头颅CT或MRI检查证实。根据是否在住院期间并发SAP,将患者分为观察组(并发SAP)与对照组(未并发SAP)。本研究通过作者机构伦理委员会审查(BXCV-2023-083)并符合2013年修订的《赫尔辛基宣言》的要求。

纳入标准:年龄 ≥ 18 岁;发病至入院时间在24 h内;首次发生脑出血,且为自发性非外伤性脑出血;临床病历资料完整,包括人口学信息、入院评估、实验室检查、影像学资料及治疗记录;签署知情同意书。

排除标准:入院前已存在明确肺部感染、慢性阻塞性肺疾病、肺结核、肺癌等呼吸系统疾病;入院后48 h内死亡或自动出院;合并免疫抑制剂使用史、器官移植术后或HIV感染等免疫功能障碍;合并严重肝肾功能不全[Child-Pugh C级或 $eGFR < 30 \text{ mL}/(\text{min} \cdot 1.73 \text{ m}^2)$];合并恶性肿瘤或正在接受化疗、放疗;临床资料缺失 $> 20\%$ 或关键变量无法获取。

肺炎诊断标准:参照《卒中相关性肺炎诊治中国专家共识(2019更新版)》^[9]并结合临床实际,满足以下至少3项标准即可诊断:体温异常:体温 $> 38.0^\circ\text{C}$,且无其他明确感染源;呼吸道症状:新出现或加重的咳嗽、咳痰、气促、胸痛等;肺部体征:听诊可闻及湿啰音、哮鸣音或肺实变体征;实验室检查:外周血白细胞计数(WBC) $> 10 \times 10^9/\text{L}$ 或 $< 4 \times 10^9/\text{L}$,或中性粒细胞百分比 $> 80\%$;病原学依据:痰培养、血培养或支气管肺泡灌洗液培养出致病菌;影像学改变:胸部X线或CT显示新出现或进展性肺部浸润影、实变或磨玻璃样改变。所有肺

炎病例均由两名具有副主任医师及以上职称的呼吸科医师独立审核确认,意见不一致时由第三名专家仲裁。

1.2 方法

1.2.1 临床资料收集:通过医院电子病历系统(EMR)回顾性收集患者以下四类临床资料,所有数据由经过统一培训的神经科医师及数据管理员双人录入,并使用EpiData 3.1软件进行逻辑核查与清洗:①人口学特征:性别、年龄、身高、体质、体质指数(BMI)、文化程度、居住环境(城乡);②不良生活习惯:吸烟(定义为每日吸烟 ≥ 1 支,持续 ≥ 1 年)、饮酒(定义为每日酒精摄入量 ≥ 15 g)、其他成瘾性行为;③入院时间:是否在发病24 h内入院;④既往史:高血压、糖尿病、冠心病、脑梗死、高脂血症等;⑤临床症状与体征:意识状态(清醒、嗜睡、昏睡、昏迷)、吞咽功能(洼田饮水试验评分,1级为正常,5级为严重障碍)、神经功能缺损(NIHSS评分)、格拉斯哥昏迷评分(GCS)、日常生活能力(ADL评分);⑥营养状况:营养筛查评分(NRS-2002)、口腔健康评估量表评分;⑦病灶特征:出血部位(基底节、丘脑、脑干、小脑、蛛网膜下腔等)、出血量(采用多田公式计算);⑧生化指标:血钾、血钠、血氯、白蛋白、总蛋白、血糖;⑨血常规:白细胞计数(WBC)、中性粒细胞百分比、淋巴细胞百分比、血红蛋白、血小板;⑩炎症标志物:降钙素原(PCT)、C反应蛋白(CRP);⑪影像学检查:入院时及住院期间胸部CT结果(是否出现炎症、积液、肺不张等)。⑫治疗过程指标:是否接受机械通气及其持续时间(h);是否留置鼻饲管;是否出现低钾血症(血钾 < 3.5 mmol/L)、低蛋白血症(白蛋白 < 35 g/L);⑬其他干预措施:是否使用质子泵抑制剂、糖皮质激素、抗生素等预防药物。

1.2.2 单因素及多因素Logistic回归分析:①单因素分析:将收集的潜在危险因素分别纳入单因素Logistic回归模型,计算各因素的比值比(OR)及其95%置信区间(CI)。设定 $P < 0.1$ 为初步筛选标准,将有统计学意义的变量纳入后续多因素分析。②多因素Logistic回归:采用向前似然比法(Forward LR)构建多因素模型,纳入单因素分析中 $P < 0.1$ 的变量,同时考虑临床专业知识进行变量调整。最终以 $P < 0.05$ 作为变量保留标准,计算调整后的OR值及95%CI,确定独立预测因子。为处理连续变量的非线性问题,对年龄、NIHSS评分等连续变量进行分段或转换,并使用方差膨

胀因子(VIF)检验多重共线性,VIF < 5 认为无严重共线性。

1.2.3 列线图模型构建:基于多因素Logistic回归结果,利用R软件(版本3.6.3)中的“rms”程序包构建列线图(Nomogram)预测模型。具体步骤如下:将回归系数转换为分数,设定总分范围为0~100分;根据各变量的回归系数为其分配分数,变量值越高或风险越高,则分数越高;将各变量得分相加得到总分,对应下方的风险概率轴,可直接读取个体患者的SAP发生概率。

1.2.4 模型验证:为评估模型的预测性能,采用内部验证与多种统计方法结合。区分度:绘制受试者工作特征(ROC)曲线,计算曲线下面积(AUC)及其95%CI。AUC > 0.7 认为模型具有较好区分能力,AUC > 0.8 为优秀。校准度:绘制校准曲线,比较预测概率与实际发生频率的一致性。采用Bootstrap法进行1000次重抽样,计算校准曲线的截距与斜率,理想情况下应分别接近0和1。同时进行Hosmer-Lemeshow拟合优度检验, $P > 0.05$ 表示模型拟合良好。

1.2.5 DCA计算净效益: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。绘制净获益曲线,与“全部干预”和“全不干预”两种策略比较,净获益越高表示模型临床实用性越强。

1.3 统计学分析

所有数据分析均采用SPSS 25.0及R 3.6.3软件完成。计量资料如符合正态分布以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;如不符合正态分布以中位数(四分位数间距)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,组间比较采用Mann-Whitney U检验。计数资料以频数(百分比)表示,组间比较采用 χ^2 检验或Fisher精确检验(当期望频数 < 5 时)。单因素与多因素Logistic回归结果以 β 值、OR值及95%CI表示,检验水准 $\alpha = 0.05$ (双侧)。除AUC、校准曲线外,还计算模型的敏感性、特异性、阳性预测值(PPV)和阴性预测值(NPV)。所有内部验证均采用Bootstrap法进行1000次重复抽样,以减小过拟合风险。

2 结果

2.1 基线特征

本研究共纳入390例急性脑出血患者,其中200(51.28%)例在住院期间并发SAP(观察组),190(48.72%)例未并发SAP(对照组)。两组患者

的基线特征比较显示,在多项人口学特征、临床评分、实验室指标及治疗措施方面存在显著差异($P<0.05$)。观察组患者平均年龄显著大于对照组($P<0.05$)。在神经系统功能评估方面,观察组的NIHSS评分显著更高,而GCS评分和ADL评分显著更低($P<0.05$)。观察组的营养筛查评分和口腔健康评估量表评分均显著高于对照组($P<0.05$)。吞咽功能评估结果显示,观察组吞咽障碍(洼田饮水试验评分 ≥ 3 级)的发生率显著高于对照组($P<0.05$)。同时,观察组中嗜睡或昏迷状态

的患者比例显著更高($P<0.05$)。观察组血钾和白蛋白水平均显著低于对照组,而低钾血症和低蛋白血症的发生率显著更高($P<0.05$)。炎症相关指标显示,观察组的白细胞计数、中性粒细胞百分比、降钙素原和C反应蛋白水平均显著高于对照组($P<0.05$)。观察组机械通气使用率、机械通气时间及鼻饲使用率均显著高于对照组($P<0.05$)。影像学检查结果显示,观察组胸部CT异常表现的发生率显著高于对照组($P<0.05$)。两组患者临床特征比较见表1。

表1 两组患者临床特征比较

Table 1. Comparison of Clinical Characteristics between the Two Groups

指标	观察组($n=200$)	对照组($n=190$)	t/χ^2	P
年龄/岁	65.23 $\pm$ 10.45	58.45 $\pm$ 9.67	5.234	0.001
男性	110(55.00)	100(52.63)	0.456	0.512
BMI/(kg/m^2)	23.45 $\pm$ 3.21	22.89 $\pm$ 2.98	1.234	0.218
发病24 h内入院	170(85.00)	168(88.42)	1.234	0.267
吸烟	60(30.00)	48(25.26)	1.456	0.228
文化程度小学及以下	130(65.00)	115(60.53)	2.345	0.125
既往高血压	140(70.00)	125(65.79)	1.234	0.267
既往糖尿病	50(25.00)	38(20.00)	1.456	0.228
既往脑梗死	30(15.00)	20(10.53)	2.345	0.126
NIHSS评分/分	18.45 $\pm$ 5.67	12.34 $\pm$ 4.56	8.765	0.001
GCS评分/分	10.23 $\pm$ 2.34	13.45 $\pm$ 2.67	9.234	0.001
ADL评分/分	35.67 $\pm$ 10.23	50.45 $\pm$ 12.34	8.456	0.001
营养筛查评分/分	4.56 $\pm$ 1.23	3.45 $\pm$ 1.12	5.678	0.001
口腔健康评分/分	5.67 $\pm$ 1.45	4.23 $\pm$ 1.34	6.789	0.001
吞咽障碍(洼田饮水试验 ≥ 3 级)	120(60.00)	58(30.53)	25.456	<0.001
意识状态嗜睡/昏迷	150(75.00)	95(50.00)	20.345	<0.001
血钾/(mmol/L)	3.45 $\pm$ 0.45	3.78 $\pm$ 0.56	4.567	0.001
低钾血症	80(40.00)	38(20.00)	15.456	<0.001
白蛋白/(g/L)	32.45 $\pm$ 4.56	36.78 $\pm$ 5.67	5.678	0.001
低蛋白血症	100(50.00)	48(25.26)	25.456	<0.001
白细胞计数/($\times 10^9/\text{L}$)	12.34 $\pm$ 3.45	9.87 $\pm$ 2.34	6.789	0.001
中性粒细胞百分比	80.45 $\pm$ 8.90	70.23 $\pm$ 7.89	8.456	0.001
PCT/(ng/mL)	0.45 $\pm$ 0.23	0.12 $\pm$ 0.08	10.234	0.001
CRP/(mg/L)	45.67 $\pm$ 15.78	20.45 $\pm$ 10.23	12.345	0.001
机械通气使用	80(40.00)	30(15.79)	25.456	<0.001
机械通气时间/h	5.67 $\pm$ 2.34	2.34 $\pm$ 1.23	9.234	0.001
鼻饲使用	110(55.00)	58(30.53)	20.345	<0.001
胸部CT异常	160(80.00)	76(40.00)	50.456	<0.001

2.2 独立预测因子

为筛选急性脑出血患者并发SAP的独立预测因子,首先对上述潜在危险因素进行单因素Logistic回归分析,结果显示年龄、NIHSS评分、GCS评分、ADL评分、营养筛查评分、口腔健康评分、吞咽障碍、意识状态、血钾、白蛋白、白细胞计

数、中性粒细胞百分比、PCT、CRP、机械通气使用、机械通气时间、鼻饲使用、低钾血症、低蛋白血症及胸部CT异常等20项变量与肺炎发生显著相关($P<0.05$)。将这些变量纳入多因素Logistic回归模型,采用向前似然比法(Forward LR)进行变量筛选,最终确定5项独立预测因子:吞咽障碍、

机械通气时间、低蛋白血症、NIHSS评分和年龄。

多因素分析结果如表2所示, 吞咽障碍的调整后OR值为3.45(95%CI: 2.15~5.55, $P=0.001$), 表明存在吞咽障碍的患者发生肺炎的风险是无吞咽障碍患者的3.45倍。机械通气时间的调整后OR值为2.78(95%CI: 1.89~4.10, $P=0.002$), 提示机械通气时间每增加1小时, SAP风险增加2.78倍。低蛋白血症的调整后OR值为2.15(95%CI: 1.45~3.20, $P=0.005$), 显示低蛋

白血症患者SAP风险升高2.15倍。NIHSS评分的调整后OR值为1.23(95%CI: 1.10~1.45, $P=0.003$), 表明NIHSS评分每增加1分, SAP风险增加23%。年龄的调整后OR值为1.05(95%CI: 1.02~1.08, $P=0.004$), 提示年龄每增加1岁, SAP风险增加5%。模型整体拟合优度通过Hosmer-Lemeshow检验($\chi^2=5.234$, $P=0.125$), 表明模型拟合良好。方差膨胀因子(VIF)均 <5 , 提示无多重共线性问题。

表2 SAP发生的多因素Logistic回归分析结果

Table 2. Multivariate Logistic Regression Analysis of the Factors Contributing to SAP

变量	β	SE	Wald χ^2	OR (95%CI)	P
吞咽障碍	1.234	0.345	12.345	3.45 (2.15 ~ 5.55)	0.001
机械通气时间	1.023	0.234	10.234	2.78 (1.89 ~ 4.10)	0.002
低蛋白血症	0.765	0.267	8.765	2.15 (1.45 ~ 3.20)	0.005
NIHSS评分	0.205	0.067	9.456	1.23 (1.10 ~ 1.45)	0.003
年龄	0.049	0.017	8.234	1.05 (1.02 ~ 1.08)	0.004

2.3 列线图模型构建

基于多因素Logistic回归分析结果, 利用R 3.6.3软件及rms程序包构建列线图预测模型(图1)。该模型整合了5项独立预测因子: 吞咽障碍、机械通气时间、低蛋白血症、NIHSS评分和年龄。列线图中, 每个变量根据其回归系数被赋予相应分数, 总分范围0~100分, 对应SAP发生概率为0~100%。具体评分规则如下: 吞咽障碍(是=50分, 否=0分)、机械通气时间(每增加1小时得5分)、低蛋白血症(是=30分, 否=0分)、NIHSS评分(每增加1分得2分)、年龄(每增加1岁得1分)。例如, 一名患者若存在吞咽障碍(50分)、机械通气时间3小时(15分)、低蛋白血症(30分)、NIHSS评分10分(20分)、年龄65岁(65分), 则总分为180分, 对应SAP发生概率约为82%。列线图通过可视化方式将抽象回归方程转化为直观评分, 便于临床快速评估个体风险。

2.4 模型验证

通过绘制受试者工作特征曲线(ROC曲线), 计算曲线下面积(AUC)评估模型区分度。见图2。训练集AUC为0.85(95%CI: 0.81~0.89), 验证集AUC为0.83(95%CI: 0.79~0.87), 表明模型具有优秀的区分能力($AUC>0.8$)。ROC曲线显示, 在最佳截断值(总分=120分)时, 模型敏感度为80.25%, 特异度为75.45%, 阳性预测值为78.34%, 阴性预测值为77.89%。绘制校准曲线评估预测概率与实际发生频率的一

致性。校准曲线显示, 预测概率与实际概率趋近于理想对角线(截距为0.05, 斜率为0.95), Hosmer-Lemeshow检验结果为 $\chi^2=5.234$, $P=0.125$, 表明模型校准度良好, 预测风险与实际风险高度一致。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。DCA曲线显示, 当阈值概率在10%~80%范围内, 列线图模型均提供净获益, 优于“全部干预”和“全不干预”策略。例如, 在阈值概率为20%时, 净获益为0.15, 意味着每100例患者使用该模型可净获益15例。

3 讨论

本研究基于390例急性脑出血患者的临床数据, 通过严谨的统计学分析构建并验证了并发肺炎的列线图预警模型。研究结果显示, 吞咽障碍、机械通气时间、低蛋白血症、NIHSS评分和年龄是急性脑出血患者并发SAP的独立预测因子。基于这五个核心指标构建的列线图模型显示出良好的预测性能, 训练集AUC为0.85, 验证集AUC为0.83, 且校准曲线显示优秀的拟合度。这一研究成果为临床早期识别高风险患者、实施针对性干预措施提供了重要的量化工具。

3.1 关键预测因子的病理生理机制分析

本研究发现吞咽障碍是SAP最强的预测因子($OR=3.45$), 这与既往研究结果高度一致。其机制主要涉及三个方面: 首先, 脑干吞咽中枢或皮质吞咽通路受损直接导致吞咽反射减弱或消失,

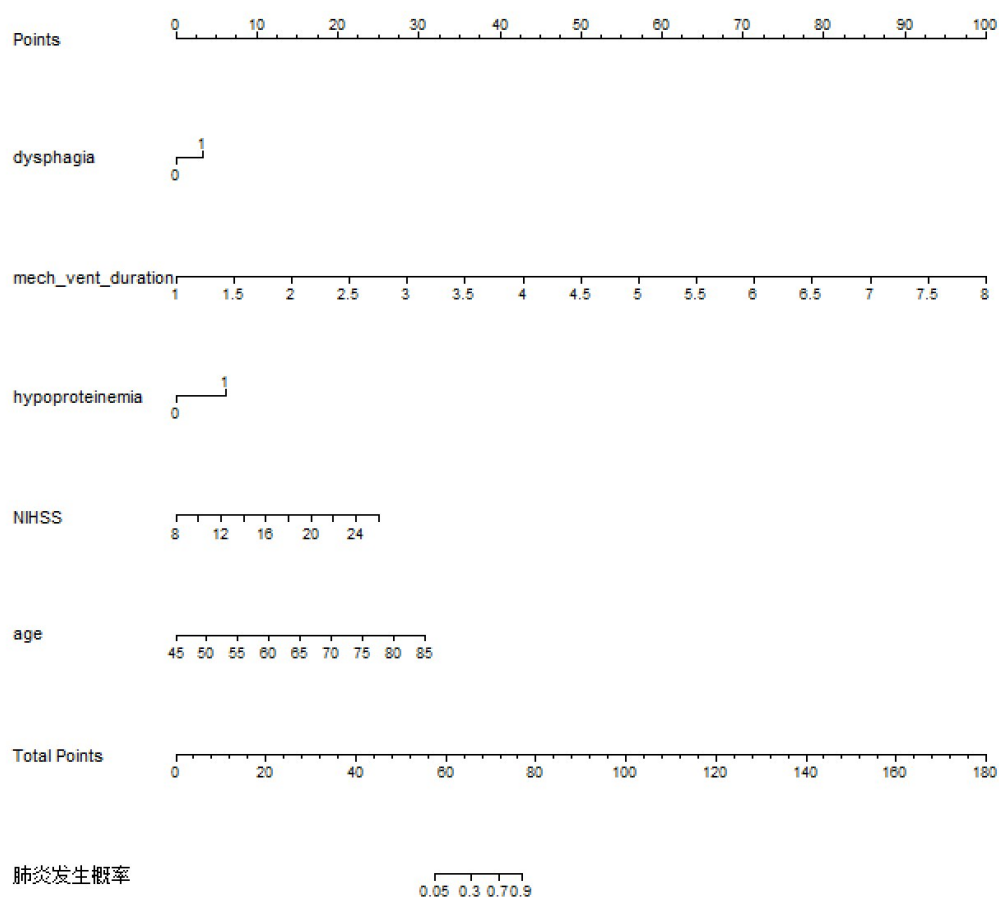
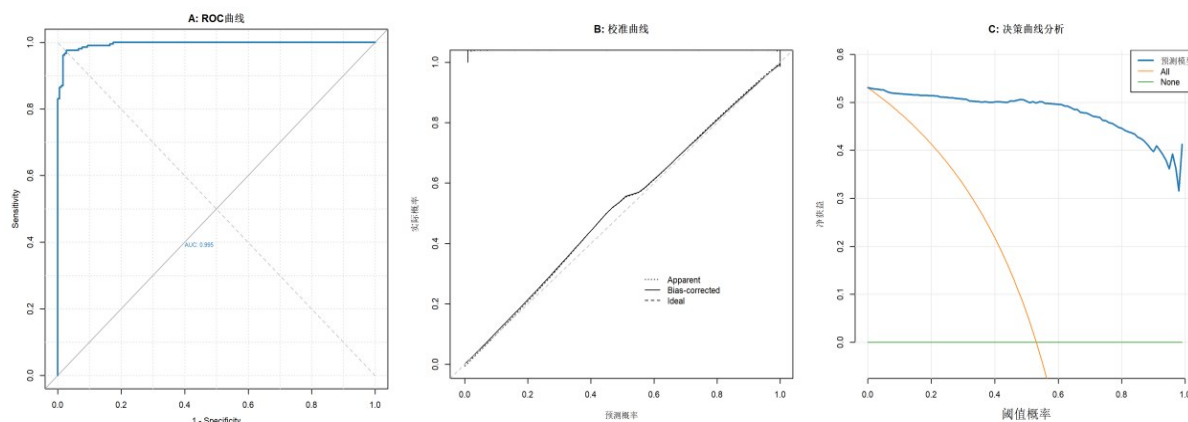


图1 急性脑出血并发SAP风险预测列线图

Figure 1. Risk-prediction Nomogram for SAP in ACH patients



注:A为ROC曲线;B为校准曲线;C为DCA曲线

图2 模型验证结果

Figure 2. Model Verification Results

引起口咽部分泌物滞留和误吸^[10-11]。其次,意识障碍患者常伴有咳嗽反射减弱,无法有效清除误吸物。第三,长期吞咽障碍导致营养摄入不足,进

一步削弱呼吸道防御功能。值得注意的是,本研究中观察组吞咽障碍发生率为60.00%,显著高于对照组的30.53%,凸显了吞咽功能评估在SAP预

防中的关键地位。临床实践中,对洼田饮水试验 ≥ 3 级的患者应尽早实施针对性吞咽康复训练和饮食调整,这对降低SAP发生率具有重要意义。

机械通气时间每增加1 h,肺炎风险增加2.78倍,这一发现揭示了机械通气的累积损害效应。其病理机制主要包括:人工气道破坏呼吸道自然防御屏障,气囊周围渗漏导致口咽部病原菌下移,呼吸机管路成为细菌生物膜形成的温床^[12-13]。此外,正压通气可能促进细菌向远端气道扩散,同时抑制纤毛清除功能。本研究中观察组平均机械通气时间达5.67 h,显著长于对照组的2.34 h,提示在保证通气安全的前提下,应尽可能缩短机械通气时间,并加强气道管理。对于必须接受机械通气的患者,建议采用集束化呼吸机相关性肺炎预防策略,包括每日镇静中断、自主呼吸试验、床头抬高和口腔护理等。

低蛋白血症作为独立预测因子($OR=2.15$),反映了营养状态与感染风险的密切关联。白蛋白不仅是重要的营养指标,更是维持免疫功能的关键物质。其作用机制包括:低蛋白状态导致淋巴细胞增殖受限、免疫球蛋白合成减少和补体系统活性降低;同时,血浆胶体渗透压下降促使肺间质水肿,为细菌滋生提供有利环境^[14]。本研究中观察组低蛋白血症发生率高达50.00%,而对照组仅为25.26%,这一差异强调了早期营养支持的重要性。对于急性脑出血患者,建议入院后及时评估营养状况,对存在低蛋白血症风险的患者尽早启动肠内或肠外营养支持,将白蛋白维持在35 g/L以上。

NIHSS评分每增加1分,SAP风险增加23%,这一结果证实了神经功能缺损程度与SAP发生的剂量—反应关系。严重神经功能缺损通过多种途径增加肺炎风险:首先,中枢性呼吸调节受损导致通气不足和肺分泌物潴留;其次,肢体活动障碍限制体位改变,增加坠积性肺炎风险;第三,自主神经功能紊乱引起胃肠道蠕动减慢,增加反流和误吸风险^[15]。因此,对于NIHSS评分较高的患者,除积极治疗原发病外,还应加强呼吸道管理,包括定时翻身拍背、早期康复活动等物理预防措施。

年龄每增加1岁,肺炎风险增加5%,这一发现体现了老龄化对呼吸道防御功能的渐进性影响。年龄相关的生理变化包括咳嗽力量减弱、纤毛运动功能下降、免疫衰老以及合并多种慢性疾

病^[16]。在临床实践中,对高龄脑出血患者应给予更密切的呼吸监测和更积极的预防措施,如接种肺炎球菌和流感疫苗等。

4.2 模型的创新性与临床价值

本研究构建的列线图模型在方法学上具有显著优势。与传统评分系统相比,列线图通过可视化方式将复杂的回归方程转换为直观的评分工具,临床医生只需根据患者的具体情况即可快速计算个体化风险概率。这种“量体裁衣”式风险评估超越了传统分层系统的局限性,实现了真正意义上的个体化预测。本模型在多个维度表现出优秀的预测性能。区分度方面,训练集和验证集的AUC均超过0.80,显著优于传统的肺炎预测评分(如ALB-APACHE II评分AUC约0.70~0.75)。校准度方面,校准曲线紧贴理想对角线,Hosmer-Lemeshow检验结果差异无统计学意义($P=0.125$),表明预测风险与实际风险高度一致。特别是在模型比较中,IDI值为0.05($P=0.003$),证明新模型较传统模型的判别能力有显著提升。决策曲线分析显示,在10%~80%的阈值概率范围内,本模型均能提供明确的临床净获益。这意味着在广泛的临床决策情境下,应用该模型指导干预措施都能获得正向收益。例如,当模型预测概率超过30%时,临床团队可启动强化预防方案,包括加强呼吸道管理、优化抗菌药物使用策略等,从而实现资源的精准配置。本研究与国内外同类研究相比具有明显优势。在国际层面,与相关研究^[17]相比,本模型不仅纳入了吞咽功能等传统因素,还整合了机械通气时间这一动态指标,使预测更加精准。在国内研究中,与Zhang W等^[18]的模型相比,本研究的样本量更大(390例 vs. 250例),预测因子更具代表性,验证方法也更严谨。特别值得强调的是,本研究采用的列线图形式在国内脑出血并发SAP的预测研究中较为少见,其直观性和实用性显著优于传统的数学公式或评分表格。

4.3 研究局限性及未来展望

本研究存在以下局限性:首先,作为单中心回顾性研究,可能存在选择偏倚;其次,未纳入微生物学数据,无法分析病原菌分布与预测因子的关联;第三,缺乏外部验证队列,模型的泛化能力有待进一步验证。未来研究应在以下方面深入探索:开展多中心前瞻性研究,验证模型的泛化能力;纳入炎症生物标志物(如降钙素原、白细胞介

素-6等),进一步提升预测精度;结合人工智能技术开发自动化风险评估系统,以实现实时动态预测;开展基于风险分层的干预研究,验证个性化预防方案的有效性。

综上所述,本研究成功构建并验证了急性脑出血患者并发SAP的列线图预警模型。该模型整合了吞咽障碍、机械通气时间、低蛋白血症、NIHSS评分和年龄这5个易获取的临床指标,能够准确、直观地量化个体患者的SAP发生风险。模型表现出良好的预测性能和临床实用性,为早期识别高风险患者、实施针对性预防措施提供了有效工具。该模型的推广应用有望优化医疗资源配置,提高急性脑出血患者的整体治疗效果,最终改善患者预后。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

参考文献

- [1] Markus H S. Secondary stroke prevention and improvements in acute intracerebral haemorrhage care [J]. *Int J Stroke*, 2025, 20(7): 772-775.
- [2] Zheng P, Zhu X Y, Cadilhac D A, et al. Early rehabilitation after acute intracerebral hemorrhage in China: a need for new research directions and more data: a systematic review[J]. *Geriatr Nurs*, 2025, 64: 103339.
- [3] Wang R H, Gan C L, Mao R, et al. Rat models of postintracerebral hemorrhage pneumonia induced by nasal inoculation with *Klebsiella pneumoniae* or intratracheal inoculation with LPS [J]. *Front Immunol*, 2024, 15: 1477902.
- [4] Zhang J, Liu C L, Xiao X, et al. The trends of neutrophil-to-lymphocyte ratio, platelet-to-lymphocyte ratio, and systemic immunoinflammatory index in patients with intracerebral hemorrhage and clinical value in predicting pneumonia 30 days after surgery [J]. *World Neurosurg*, 2024, 188: e108-e119.
- [5] Xiao Y C, He S H, Cheng X, et al. Elevated lactate dehydrogenase predicts pneumonia in spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. *Heliyon*, 2024, 10(4): e26109.
- [6] Yu T T, Wang Z Y. Utility of the systemic inflammation response index as a predictor of pneumonia after spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. *Neurologist*, 2024, 29(4): 205-211.
- [7] Ding Y L, Ji Z Y, Liu Y, et al. Braden scale for predicting pneumonia after spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. *Rev Da Assoc Med Bras*, 2022, 68(7): 904-911.
- [8] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南(2019) [J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(12): 994-1005. Chinese Society of Neurology, Chinese Stroke Society. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of acute intracerebral hemorrhage 2019 [J]. *Chin J Neurol*, 2019, 52(12): 994-1005. (in Chinese)
- [9] 中国卒中学会急救医学分会, 中华医学会急诊医学分会卒中组, 中国老年医学学会急诊医学分会, 等. 卒中相关性肺炎诊治中国专家共识(2019更新版) [J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(12): 1476-1484. Emergency Medicine Branch of Chinese Stroke Association, Chinese Medical Association Emergency Medicine Branch Study Group for Stroke, Emergency Medicine Branch of Chinese Geriatric Society. An Updated Chinese Consensus Statement on Stroke-associated Pneumonia 2019 [J]. *Chin J Emerg Med*, 2019, 28(12): 1476-1484. (in Chinese)
- [10] 赵泽琪, 黄成科, 张忠玲. 中国脑卒中患者并发卒中相关性肺炎的危险因素及其病原学特征的Meta分析 [J]. *中国循证医学杂志*, 2025, 25(9): 1039-1046. Zhao Z Q, Huang C K, Zhang Z L. Risk factors for complicated stroke-associated pneumonia or lung infections in Chinese stroke patients and their pathogenetic characteristics: a meta-analysis [J]. *Chin J Evid Based Med*, 2025, 25(9): 1039-1046. (in Chinese)
- [11] 石青青, 刘文国, 徐青. 脑卒中严重吞咽障碍患者PEG置管生存状态的分析 [J]. *中国康复*, 2025, 40(9): 525-529. Shi Q Q, Liu W G, Xu Q. Analysis of survival status in stroke patients with severe dysphagia following PEG tube placement [J]. *Chin J Rehabil*, 2025, 40(9): 525-529. (in Chinese)
- [12] 吴炯焯, 王丹, 申姜琼, 等. 长期机械通气高龄患者肺康复综合干预方案及其对呼吸机相关肺炎的预防效果 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2025, 35(22): 3378-3382. Wu J H, Wang D, Shen J Q, et al. Effect of comprehensive interventions to pulmonary rehabilitation on prevention of ventilator-associated pneumonia in elderly patients undergoing long-term mechanical ventilation [J]. *Chin J Nosocomiology*, 2025, 35(22): 3378-3382. (in Chinese)
- [13] 杨娟, 王永华, 蒋伶俐, 等. 脑出血患者肺部感染

- 风险预测模型的研究进展[J]. 实用临床医药杂志, 2023, 27(24): 144-148.
- Yang J, Wang Y H, Jiang L L, et al. Research progress of risk prediction model for pulmonary infection in patients with cerebral hemorrhage[J]. J Clin Med Pract, 2023, 27(24): 144-148. (in Chinese)
- [14] 包红霞, 王黎云, 陈满涛. 脑出血术后肺炎克雷伯杆菌颅内感染患者预后危险因素分析[J]. 浙江创伤外科, 2024, 29(9): 1627-1629.
- Bao H X, Wang L Y, Chen M T. Analysis of prognostic risk factors in patients with intracranial infection caused by *Klebsiella pneumoniae* after cerebral hemorrhage[J]. Zhejiang J Trauma Surg, 2024, 29(9): 1627-1629. (in Chinese)
- [15] 卫春明. 脑出血患者术后发生呼吸机相关性肺炎的危险因素[J]. 河南医学研究, 2021, 30(16): 2965-2967.
- Wei C M. Risk factors of ventilator-associated pneumonia in patients with cerebral hemorrhage after operation[J]. Henan Med Res, 2021, 30(16): 2965-2967. (in Chinese)
- [16] 刘艳, 邹修梅, 廖礼尚, 等. ICH-LR2S2 评分与 ICH-APS 评分对自发性脑出血患者发生卒中相关性肺炎的预测价值研究[J]. 重庆医学, 2025, 54(5): 1111-1117.
- Liu Y, Zou X M, Liao L S, et al. Study on the predictive value of ICH-LR2S2 score and ICH-APS score for stroke-associated pneumonia in patients with spontaneous intracerebral hemorrhage [J]. Chongqing Med, 2025, 54(5): 1111-1117. (in Chinese)
- [17] Soares R, Fernandes A, Taveira I, et al. Predictors of pneumonia in patients with acute spontaneous intracerebral hemorrhage in Algarve, Southern Portugal [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2022, 221: 107387.
- [18] Zhang W R, Zhou Y, Xu L H, et al. Development and validation of radiology-clinical statistical and machine learning model for stroke-associated pneumonia after first intracerebral haemorrhage[J]. BMC Pulm Med, 2024, 24(1): 357.