

基于炎症指标构建自发性脑出血术后肺部感染的预测模型及验证

张云

安徽医科大学附属第四医院（巢湖医院）重症医学科 安徽巢湖

【摘要】目的 分析自发性脑出血（SICH）患者术后肺部感染的临床特点及风险因素，探讨中性粒细胞-淋巴细胞比值（NLR）和血小板-淋巴细胞比值（PLR）的变化，并构建预测列线图模型。**方法** 回顾性分析2024年9月—2025年6月收治的106例行手术治疗的SICH患者，根据是否发生术后肺部感染分为感染组和未感染组。比较两组临床资料，采用多因素Logistic回归筛选独立危险因素，并基于回归结果构建列线图，利用校准曲线、C-index和ROC曲线评估模型性能。**结果** 共26例发生肺部感染。与未感染组相比，感染组在年龄、糖尿病、发病至入院时间、GCS≤8分、气管切开、开颅手术、血清葡萄糖、NLR3及PLR3方面差异显著（P<0.05）。多因素分析显示，年龄、气管切开、开颅手术、NLR3和PLR3为独立危险因素（P<0.05）。NLR3和PLR3预测肺部感染的AUC分别为0.734和0.741；列线图模型AUC为0.938，Bootstrap验证校准良好（P>0.05），C-index为0.903。**结论** NLR3和PLR3是SICH术后肺部感染的独立危险因素。基于其构建的列线图具有良好预测性能，可用于临床风险评估。

【关键词】脑出血；肺部感染；免疫炎症指数

【收稿日期】2025年12月19日 **【出刊日期】**2026年1月15日 **【DOI】**10.12208/j.jmnm.20260015

Construction and validation of a predictive model for postoperative lung infection after spontaneous intracerebral hemorrhage based on inflammatory indicators

Yun Zhang

Department of Critical Care Medicine, The Fourth Affiliated Hospital of Anhui Medical University (Chaochu Hospital), Chaochu, Anhui

【Abstract】Objective To analyze the clinical characteristics and risk factors of postoperative pulmonary infection in patients with ICH, evaluate changes in the NLR and PLR, and establish a predictive nomogram. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 106 surgically treated SICH patients admitted between September 2024 and June 2025. Patients were divided into infection and non-infection groups according to postoperative pulmonary infection. Clinical data were compared, and independent risk factors were identified using multivariate logistic regression. A nomogram was constructed based on these factors and validated using calibration curves, the C-index, and ROC curves. **Results** Postoperative pulmonary infection occurred in 26 patients. Compared with the non-infection group, the infection group showed significant differences in age, diabetes, onset-to-admission time, GCS≤8, tracheotomy, craniotomy, serum glucose, NLR3, and PLR3 (P < 0.05). Multivariate analysis identified age, tracheotomy, craniotomy, NLR3, and PLR3 as independent risk factors (P < 0.05). The AUCs of NLR3 and PLR3 for predicting pulmonary infection were 0.734 and 0.741, respectively. The nomogram achieved an AUC of 0.938, with good calibration in bootstrap validation (P > 0.05) and a C-index of 0.903. **Conclusion** NLR3 and PLR3 are independent risk factors for postoperative pulmonary infection in SICH patients. The nomogram based on these factors demonstrates strong predictive performance and may assist in clinical risk assessment.

【Keywords】 Intracerebral hemorrhage; Lung infection; Immune-inflammatory index

脑出血（intracerebral hemorrhage, ICH）是一种非创伤性出血性疾病，占所有脑卒中的10%~15%，病死率和致残率高^[1]。肺部感染是ICH术后常见的并发症，

可导致脑缺氧和继发性脑损伤，影响病人的预后^[2]。ICH后，炎症反应启动，小胶质细胞活化并释放趋化因子募集外周炎症细胞，随着时间推移，损伤部位白细胞

浸润增多, 释放大量的炎症介质, 可进一步加重继发性脑损伤。因此, 全身免疫炎症状态可能有助于预测 ICH 术后肺部感染。中性粒细胞-淋巴细胞比值 (neutrophil-to-lymphocyte ratio, NLR) 和血小板-淋巴细胞比值 (platelet-to-lymphocyte ratio, PLR) 是评估机体的全身炎症反应、感染风险和凝血状态的重要指标, 在社区获得性肺炎、尿源性脓毒血症和感染性心内膜炎结局预测中具有重要作用^[3]。NLR 增高表示中枢和外周的炎症不平衡, 被认为是急性缺血性卒中相关性肺炎的独立预测因素。PLR 是基于血小板聚集和全身性炎症的标志物, 可用于评估炎症诱导的血小板活化, 是卒中预后的相关风险因素。本研究通过分析 SICH 术后发生肺部感染的相关危险因素, 研究 NLR 和 PLR 在疾病过程中的特点以及构建列线图模型来预测 ICH 术后肺部感染发生的概率。

1 资料与方法

1.1 病例选择标准

纳入标准: ①年龄 ≥ 18 岁, 首次发生 SICH; ②CT 诊断 SICH; ③发病 24 h 内接受手术治疗。排除标准: ①由外伤、动脉瘤、动静脉畸形、海绵状血管瘤、烟雾病、肿瘤卒中或凝血障碍引起的继发性脑出血; ②患有传染性疾病、癌症、慢性心脏病、肝脏或肾脏疾病、风湿免疫系统疾病和血液病; ③术前发热, 胸部 CT 示肺炎; ④入院 GCS 评分 ≤ 5 分。

1.2 肺部感染的诊断标准

参考《医院感染诊断标准(试行)》^[4], 当病人术后出现下列 5 项症状中的任意 3 项及 3 项以上即可诊断: ①出现咳嗽、咳痰(浓痰)或原有症状加重; ②体温 $\geq 38.5^{\circ}\text{C}$, 外周血白细胞计数升高; ③肺部干湿啰音或实变; ④胸部平片提示炎性改变; ⑤痰培养阳性。

1.3 手术方式

根据脑出血病人的具体情况设计手术方式, 包括开颅手术和穿刺引流术。开颅手术按照术前设计的手术入路和骨窗大小常规进行血肿清除, 尽可能抽吸干净血肿, 是否保留骨瓣取决于术中情况。根据预先设计好的方向、位置和深度穿刺血肿, 使用 5ml 注射器缓慢引流血液, 术后每 4~6h 应用 2~3 万 U 尿激酶, 以便液化血肿。定期行头颅 CT 检查来评估血肿清除效果, 当血肿消失或剩余血肿量低于 10 ml, 病人生命体征平稳, 拔除引流管。

1.4 血液指标的检测

术前、术后 48h 和术后 3~7d 取外周血 8 ml, 3000 转/min 离心 5min 分离血清, 使用全自动血液分析仪检

测中性粒细胞计数绝对值 (neutrophil, NE)、淋巴细胞计数绝对值 (lymphocyte, Lym)、血小板计数 (Lymphocyte, PLT), 其中术后 48h 和术后 3~7d 血细胞指标使用空腹晨血。使用全自动生化分析仪检测入院时血液生化指标, 包括血清钾和血清葡萄糖。

1.5 统计学分析

正态分布定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 使用 Student's t 检验; 定性资料使用 χ^2 检验; 多因素 logistic 回归模型分析危险因素; 使用 R4.2.1 构建 ICH 术后发生肺部感染的列线图模型, 使用 Bootstrap 法进行内部验证, 采用校正曲线、ROC 曲线和 C-index 对列线图模型进行评估; $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 术后发生肺部感染的危险因素

单因素分析显示性别、高血压病、入院时收缩压、入院时舒张压、出血部位、血肿体积、蛛网膜下腔出血、脑室出血、脑疝、NLR1、PLR1、NLR2 和 PLR2 与术后肺部感染无明显关系 ($P > 0.05$; 表 1); 年龄、糖尿病、发病至入院时间、入院 GCS 评分、气管切开术、手术方式、血糖、术后 Lym3, NLR3 和 PLR3 与术后肺部感染有关 ($P < 0.05$; 表 1)。多因素 logistic 回归分析显示年龄较大、气管切开、开颅手术、NLR3 增高和 PLR3 增高是 SICH 病人术后发生肺部感染的独立危险因素 ($P < 0.05$; 表 2)。

2.2 列线图预测模型构建和验证

利多因素 logistic 回归分析结果构建出 ICH 病人术后肺部感染风险因素的列线图模型 (图 1A)。使用 Bootstrap 法进行 100 次内部抽样验证, 列线图校准曲线趋于理想曲线 ($P > 0.05$), 表明列线图模型拟合效果满意, 一致性较好 (图 1B)。列线图模型的 AUC 为 0.938 (95%CI 0.892~0.985), 使用 Bootstrap 法随机抽样验证后 AUC 调整为 0.903, 具有较好的区分度。NLR3 和 PLR3 的 ROC 曲线下面积分别为 0.734 和 0.741, 列线图模型预测 SICH 病人术后发生肺部感染的灵敏度为 92.3%, 特异性为 82.5%, 具有较高的预测效能, NLR3、PLR3 截断值分别为 5.83 和 175.49, 当 NLR3 和 PLR3 高于截断值时提示肺部感染 (图 1C)。

3 讨论

NLR 被认为是评估全身炎症状态和感染风险的重要指标, 在肿瘤化疗相关性感染和感染性心内膜炎等多种疾病中发挥着重要作用^[5-8]。中性粒细胞是参与炎症反应最主要的免疫细胞, 而淋巴细胞则参与调节免疫反应。因此, NLR 的增高可以反映出炎症状态的加重和

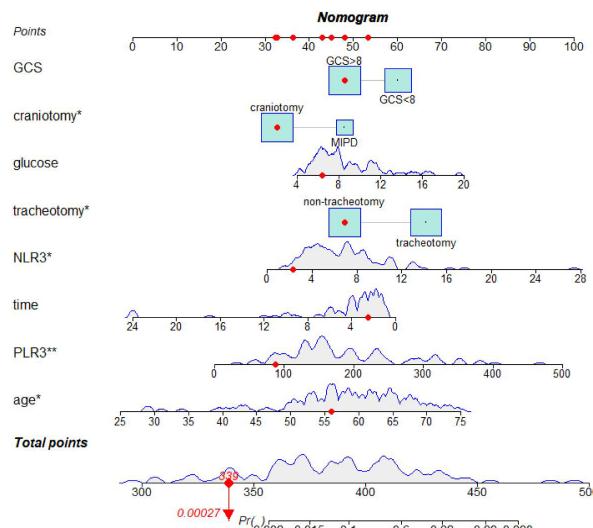
表 1 脑出血病人术后并发肺部感染危险因素的单因素分析

危险因素	感染组 (n=26)	未感染组 (n=80)	t/χ^2 值	P 值
年龄 (岁)	62.35±7.03	56.50±9.80	-2.811	0.006
性别 (例)			0.079	0.779
男	18 (16.98%)	53 (50.00%)		
女	8 (7.55%)	27 (25.47%)		
高血压病 (例)	18 (16.98%)	55 (51.89%)	0.002	0.963
糖尿病 (例)	7 (6.60%)	6 (5.67%)	6.880	0.009
发病至入院时间 (h)	3.08±2.61	5.12±5.58	2.529	0.013
入院时收缩压 (mm Hg)	175.46±28.37	183.50±30.45	1.188	0.237
入院时舒张压 (mm Hg)	106.81±24.40	104.88±19.94	-0.406	0.686
入院 GCS 评分 (例)			8.801	0.003
≤8 分	17 (16.04%)	26 (24.53%)		
>8 分	9 (8.49%)	54 (50.94%)		
气管切开术 (例)	21 (19.81%)	29 (27.36%)	15.607	<0.001
出血部位 (例)			1.427	0.490
基底节	15 (14.15%)	36 (33.96%)		
脑叶	8 (7.55%)	29 (27.36%)		
小脑	3 (2.83%)	15 (14.15%)		
血肿体积 (ml)	44.80±23.97	43.83±22.43	-0.187	0.852
蛛网膜下腔出血 (例)	6 (5.66%)	20 (18.87%)	0.004	0.951
脑室出血 (例)	16 (15.09%)	42 (39.62%)	0.647	0.421
脑疝 (例)				
手术方式 (例)			5.698	0.017
开颅手术	16 (15.09%)	47 (44.34%)		
引流术	10 (9.43%)	13 (12.26%)		
入院血糖 (mmol/L)	9.93±3.96	8.10±2.55	-2.213	0.034
入院血钾 (mmol/L)	3.71±0.62	3.75±0.56	0.299	0.765
NLR1	8.53±4.51	10.19±6.50	1.205	0.231
PLR1	182.68±77.10	212.64±130.12	1.110	0.270
NLR2	13.89±8.98	11.71±8.11	-1.157	0.250
PLR2	257.81±154.83	212.39±131.48	-1.464	0.146
NLR3	9.37±5.00	6.09±2.82	-3.186	0.003
PLR3	244.93±94.49	168.40±72.04	-3.788	0.001

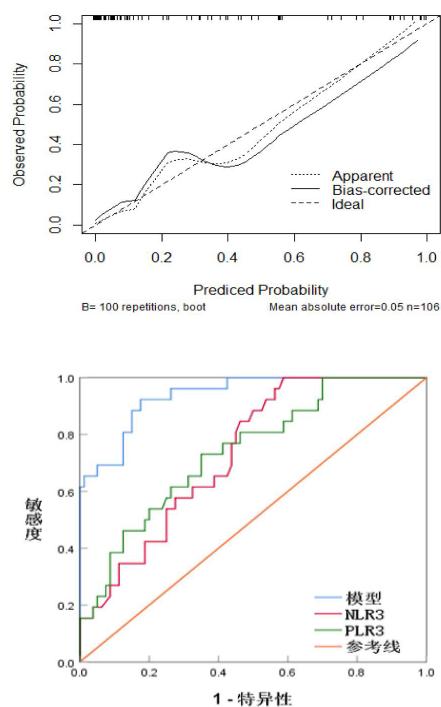
表 2 术后肺部感染多因素 logistic 回归分析

变量	β	SE	Wald	OR	95%CI	P 值
年龄	0.172	0.067	6.613	1.188	1.042~1.354	0.010
发病至入院时间	-0.276	0.149	3.427	0.759	0.566~1.016	0.064
入院 GCS 评分≤8 分	-1.355	0.750	3.260	0.258	0.059~1.123	0.071
气管切开	-2.056	0.894	5.292	0.128	0.022~0.738	0.021
开颅手术	1.706	0.833	4.193	5.505	1.076~28.166	0.041
入院血糖	0.264	0.137	3.730	1.302	0.996~1.701	0.053
NLR3	0.283	0.130	4.710	1.327	1.028~1.712	0.030
PLR3	0.018	0.006	9.840	1.018	1.007~1.029	0.002
常量	-15.927					

A



B



C

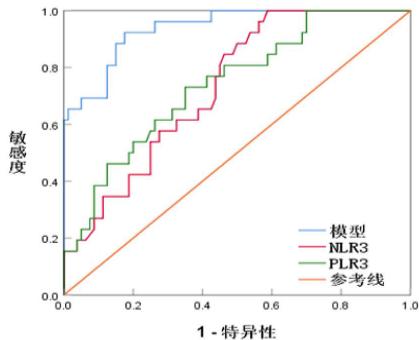


图 1 ICH 病人术后发生肺部感染列线图构建和验证 (A.列线图; B.校准曲线; C.ROC 曲线)

免疫功能的降低,从而提示感染的风险增加。PLR 是反映血小板聚集和全身炎症的标志物,可用于评估炎症诱导的凝血反应、凝血障碍和全身炎症反应^[9]。血小板在炎症过程中起到重要的作用,主要参与血液凝固和炎症反应调节。因此,PLR 的增高可以反映出炎症状态的加重和血小板活化的增加,暗示可能存在严重的凝血异常和全身性炎症反应。研究表明,大多数脑出血病人肺部感染发生在术后的前 7 天内,并在第 3 天发病率达到峰值^[10],这对脑出血病人术后发生肺部感染的早期识别和及时治疗具有重要价值。在这项研究中,我们分析了 NLR 和 PLR 在脑出血疾病过程中的特点,我们发现感染组与未感染组病人在入院时、术后 48 小时 NLR 和 PLR 无差异 ($P>0.05$),然而在术后 3-7 天 NLR 和 PLR 上,差异具有显著性 ($P<0.05$),这表明术后 3-7 天内高 NLR 和 PLR 是 SICH 病人发生肺部感染的危险因素。除此之外,我们对术后 3-7 天 NLR 和 PLR 的临界值进行了计算,发现当 $NLR \geq 5.83$ 或 $PLR \geq 175.49$,往往提示发生肺部感染,这和术后 3-7 天是肺部感染发生的高峰期的研究类似^[11]。

此外,我们发现年龄、GCS 评分 ≤ 8 分和血清葡萄糖是 SICH 病人术后发生肺部感染的危险因素,而气管未切开是保护因素。病人入院 GCS 评分越低,

表示其脑损伤越重,尤其对于 GCS 评分 ≤ 8 分的病人,这类病人神经功能障碍严重受损,容易发生免疫抑制。老龄病人的机体免疫功能较低,机体对强烈的应激反应耐受力差,此类病人呼吸道防御功能减退,气管支气管纤毛退变、咳嗽反应减弱以及肺叶组织老化可造成排痰功能降低,这增加肺部发生感染的风险。对于这类病人的处理时,应该给予营养支持,增强病人抵抗力,并加强气道管理和翻身叩背,减少痰液的聚集,从而降低肺炎发生的概率。入院时血糖水平反映了机体的应激状态,高血糖有利于病原微生物的生长和繁殖,增加肺部感染的风险。在这项研究中我们发现气管未切开是 ICH 病人的保护因素,ICH 术后合并严重气道梗阻或神经肌肉功能受损的病人需要进行气管切开或长期机械通气,此类病人由于长期卧床,容易发生误吸和肺不张。李景余等^[10]通过 GCS 评分、ASA 分级、留置胃管、白细胞计数和机械通气时间构建的脑出血术后肺部感染的预测模型, AUC 为 0.748, 灵敏度为 0.861, 特异度为 0.601。我们利用 NLR3 和 PLR3 构建的列线图模型 ROC 曲线下面积为 0.938, 灵敏度为 92.3%, 特异性为 82.5%, 具有更高的效能。

综上所述, NLR3 和 PLR3 是影响 SICH 病人术后

发生肺部感染的独立危险因素，构建的列线图模型具有良好的预测效能。

参考文献

- [1] Masomi-Bornwasser J, Kurz E, Frenz C, et al. The Influence of Oxidative Stress on Neurological Outcomes in Spontaneous Intracerebral Hemorrhage. *Biomolecules*. 2021;11(11):1615.
- [2] Westendorp WF, Vermeij JD, Zock E, et al. The Preventive Antibiotics in Stroke Study (PASS): a pragmatic randomised open-label masked endpoint clinical trial. *Lancet*. 2015 Apr 18;385(9977):1519-26.
- [3] 何祯硕,高盼,冀英双,等.S II 与 d-NLR 在诊断成人社区获得性肺炎中的价值[J].国际检验医学杂志,2023,44(06):693-697.
- [4] 医院感染诊断标准(试行)[J].中华医学杂志,2001(05):61-67.
- [5] Luo S, Yang WS, Shen YQ, et al. The clinical value of neutrophil-to-lymphocyte ratio, platelet-to-lymphocyte ratio, and D-dimer-to-fibrinogen ratio for predicting pneumonia and poor outcomes in patients with acute intracerebral hemorrhage. *Front Immunol*. 2022 Oct 10;13:1037255.
- [6] Zhang J, Shi K, Li Z, et al. Organ- and cell-specific immune responses are associated with the outcomes of intracerebral hemorrhage. *FASEB J*. 2018 Jan;32(1):220-229.
- [7] Wang RH, Wen WX, Jiang ZP, et al. The clinical value of neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR), systemic immune-inflammation index (SII), platelet-to-lymphocyte ratio (PLR) and systemic inflammation response index (SIRI) for predicting the occurrence and severity of pneumonia in patients with intracerebral hemorrhage. *Front Immunol*. 2023 Feb 13;14:1115031.
- [8] 王红丽,黄国胜,亚国伟,等.乳腺癌化疗后粒细胞减少伴发热患者感染影响因素及 PCT 与 NLR 和 PLR 预测感染的价值[J].中华医院感染学杂志,2022,32(19):2983-2986.
- [9] Kalra L, Irshad S, Hodsoll J, et al. Prophylactic antibiotics after acute stroke for reducing pneumonia in patients with dysphagia (STROKE-INF): a prospective, cluster-randomised, open-label, masked endpoint, controlled clinical trial. *Lancet*. 2015 Nov 7;386(10006):1835-44.
- [10] de Jonge JC, van de Beek D, Lyden P, et al. Temporal Profile of Pneumonia After Stroke. *Stroke*. 2022 Jan;53(1):53-60.

版权声明: ©2026 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS