

【DOI】 10.3969/j.issn.1671-6450.2025.01.005

神经系统疾病专题

# 基于血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平构建急性前循环缺血性卒中患者机械取栓术后恶性脑水肿的列线图预测模型

高钟生, 毕婷婷, 武星, 韩雪菲, 刘红英, 岳利英



基金项目: 河北省 2023 年度医学科学研究课题计划(20232067)

作者单位: 075000 河北张家口, 张家口市第一医院神经内二科

通信作者: 武星, E-mail: wxyx85823@163.com

**【摘要】** 目的 基于血清 NOD 样受体热蛋白结构域相关蛋白 3(NLRP3)、sE-选择素(sE-selectin)、细胞间黏附分子 1(ICAM-1)水平构建急性前循环缺血性卒中(AACIS)患者机械取栓术后恶性脑水肿(MBE)的列线图预测模型。方法 选取 2020 年 1 月—2023 年 12 月张家口市第一医院神经内二科收治的 AACIS 患者 368 例为研究对象, 均给予机械取栓治疗, 根据术后 72 h 是否发生 MBE 分为 MBE 组 73 例和非 MBE 组 295 例。对比 2 组血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平; 采用多因素 Logistic 回归分析 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的危险因素, 并构建风险列线图预测模型; 受试者工作特征(ROC)曲线分析该模型预测 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的效能。结果 MBE 组血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平显著高于非 MBE 组( $t = 13.570, 11.773, 8.366, P$  均  $< 0.001$ )。NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平高及入院时美国卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分高为 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的独立危险因素 [ $OR(95\% CI) = 14.391(1.575 \sim 131.481), 1.455(1.110 \sim 1.909), 1.062(1.004 \sim 1.123), 1.705(1.039 \sim 2.800)$ ]; ROC 曲线分析结果显示, 基于血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平及 NIHSS 评分构建的风险列线图预测模型的曲线下面积(AUC)为 0.980。该模型一致性指数(C-index)为 0.960, 提示其预测能力较好。决策曲线显示, 该模型的阈值概率范围为 0.01~0.97, 其净收益率为  $> 0$ , 高于 2 条无效线。结论 血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平高及入院时 NIHSS 评分高是 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的独立危险因素, 且基于上述危险因素构建的列线图预测模型对 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 具有较好的预测价值。

**【关键词】** 急性前循环缺血性卒中; 机械取栓术; 恶性脑水肿; NOD 样受体热蛋白结构域相关蛋白 3; sE-选择素; 细胞间黏附分子 1; 列线图; 预测模型

【中图分类号】 R743.3

【文献标识码】 A

**A nomogram prediction model for malignant brain edema after mechanical thrombectomy in patients with acute ischemic stroke was constructed based on serum levels of NLRP3, sE-selectin and ICAM-1** Gao Zhongsheng, Bi Tingting, Wu Xing, Han Xuefei, Liu Hongying, Yue Liying. Department of Neurology, Zhangjiakou First Hospital, Hebei Province, Zhangjiakou 075000, China

Funding program: Hebei Province 2023 Annual Medical Science Research Project Plan (20232067)

Corresponding author: Wu Xing, E-mail: wxyx85823@163.com

**【Abstract】 Objective** To construct a nomogram prediction model for malignant brain edema (MBE) after mechanical thrombectomy in patients with acute ischemic stroke (AACIS) based on serum NOD-like receptor hot protein domain-related protein 3 (NLRP3), sE-selectin (sE-selectin) and intercellular adhesion molecule-1 (ICAM-1) levels. **Methods** Patients with acute anterior circulation ischemic stroke (receiving mechanical thrombus removal,  $n = 368$ ) admitted to the Second Department of Neurology, Zhangjiakou First Hospital from January 2020 to December 2023 were selected as the study objects. According to whether MBE occurred 72 h after surgery, the patients were divided into 73 cases in the MBE group and 295 cases in the non-MBE group. Serum NLRP3, sE-selectin and ICAM-1 levels were compared between the two groups. Multivariate Logistic regression was used to analyze the risk factors of MBE after mechanical thrombectomy in AACIS patients,

and the risk nomogram prediction model was constructed. Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis of the model predicted the efficacy of MBE after mechanical thrombectomy in AACIS patients. **Results** Serum NLRP3, sE-selectin, ICAM-1 levels in the MBE group were significantly higher than those in the non-MBE group ( $t = 13.570, 11.773, 8.366$ , all  $P < 0.001$ ). High NLRP3, sE-selectin, ICAM-1 levels and high NIHSS score at admission were independent risk factors for MBE in AACIS patients after mechanical thrombectomy [OR (95% CI) = 14.391 (1.575 – 131.481), 1.455 (1.110 – 1.909), 1.062 (1.004 – 1.123), 1.705 (1.039 – 2.800)]; ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) of the risk nomogram prediction model based on serum NLRP3, sE-selectin, ICAM-1 levels and NIHSS score was 0.980. The consistency index (C-index) of the model is 0.960, which indicates that the model has good prediction ability. The decision curve shows that the threshold probability of this model ranges from 0.01 to 0.97, and its net return rate is  $> 0$ , which is higher than the two invalid lines. **Conclusion** High serum NLRP3, sE-selectin, ICAM-1 levels and high NIHSS score at admission are independent risk factors for MBE after mechanical thrombectomy in AACIS patients, and the nomogram prediction model base on the above risk factors has good predictive value for MBE after mechanical thrombectomy in AACIS patients.

**【Key words】** Acute anterior circulation ischemic stroke; Mechanical thrombectomy; Malignant brain edema; NLRP3; sE-selectin; ICAM-1; Nomogram; Prediction model

急性前循环缺血性卒中 (acute anterior circulation ischemic stroke, AACIS) 由脑部供血障碍引起,高致残率和病死率使其治疗尤为关键<sup>[1]</sup>。机械取栓作为治疗手段,能迅速恢复脑血流,但术后可能发生的恶性脑水肿 (malignant brain edema, MBE) 严重威胁患者预后<sup>[2-3]</sup>。MBE 可导致脑组织水肿、颅内压升高,伴头痛、恶心等症状,需早期干预<sup>[4-5]</sup>。因此,探究 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的危险因素及预测模型,对于预防和治疗 MBE 具有重要的临床意义。NOD 样受体热蛋白结构域相关蛋白 3 (NLRP3) 与多种炎性介质相关,通过促进炎性级联反应和介质释放,加剧缺血性卒中损伤<sup>[6-7]</sup>。sE-选择素 (sE-selectin) 促进白细胞与内皮细胞黏附,加剧脑血管炎性反应<sup>[8]</sup>。细胞间黏附分子 1 (ICAM-1) 表达增加促进炎性细胞浸润脑组织,加剧炎性反应和水肿<sup>[9]</sup>。然而, NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 在 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 中的作用尚不清楚。鉴于此,本研究分析血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平与 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的关系,并依据危险因素构建列线图预测模型,报道如下。

## 1 资料与方法

1.1 临床资料 选取 2020 年 1 月—2023 年 12 月张家口市第一医院神经内二科收治的 AACIS 患者 (接受机械取栓治疗) 368 例为研究对象,根据术后 72 h 是否发生 MBE,将患者分为 MBE 组 73 例和非 MBE 组 295 例。与非 MBE 组比较,MBE 组患者入院时美国卫生研究院卒中量表 (NIHSS) 评分高、心房颤动比例高、闭塞部位颈内动脉比例高、侧支循环评分低 ( $P < 0.01$ ), 2 组性别、年龄、BMI、吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、高血脂、阻塞血管部位等资料比较差异无统计

学意义 ( $P > 0.05$ ), 具有可比性,见表 1。本研究经医院伦理委员会审核批准 (KYLS2019162), 患者或家属知情同意并签署知情同意书。

1.2 病例选择标准 (1) 纳入标准: ①符合急性缺血性卒中相关诊断标准<sup>[10]</sup>, 经影像学确诊,且符合前循环临床表现; ②年龄 18 ~ 80 岁; ③首次发病至入院时间  $< 24$  h; ④接受机械取栓治疗。(2) 排除标准: ①存在脑出血或颅内占位病变; ②有传染性疾病史或现存感染; ③合并肿瘤; ④存在多器官衰竭; ⑤妊娠期; ⑥近期存在手术患者。

## 1.3 观测指标与方法

1.3.1 血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平检测: 于入院后手术前采集患者清晨空腹肘静脉血 4 ml, 离心留取上清液, 使用美国贝克曼公司的 DX-880 型酶标仪, 在波长 450 nm 下, 严格按照试剂说明书进行, 以酶联免疫吸附试验检测 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平, 试剂盒均购自上海科艾博生物技术有限公司。

1.3.2 MBE 诊断标准: 患者在入院时及术后 72 h 内分别进行头颅 CT/MR 检查。MBE<sup>[11]</sup> 诊断: 出现中线移位 (松果体平面中线移位  $> 5$  mm 或透明隔)、神经功能恶化 (NIHSS 评分增加  $\geq 2$  分和/或意识水平下降) 或基底池受压的影像学征象。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 26.0 软件分析统计数据。计数资料以频数/构成比表示, 比较行  $\chi^2$  检验; 符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 比较采用  $t$  检验; 采用多因素 Logistic 回归分析患者术后 MBE 的危险因素, 并以危险因素构建风险预测模型; 受试者工作特征 (ROC) 曲线分析预测模型对患者术后 MBE 的预测效能; 用 rms 包绘制列线图模型和校准曲线, 利用 Rstu-

dio 中 rmda 程序包绘制临床决策曲线。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 2 组患者血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平比较 368 例患者术后发生 MBE 73 例,发生率为 19.84%。MBE 组血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平高于非 MBE 组( $P < 0.01$ ),见表 2。

2.2 多因素 Logistic 分析 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的独立危险因素 以 AACIS 患者机械取栓术后发生 MBE 为因变量(赋值:是 = 1,否 = 0),以心房颤动、颈内动脉闭塞发生情况(赋值:是 = 1,否 = 0),以及入院时 NIHSS 评分、侧支循环评分、血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平(连续变量,均原值输入)为自变量进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示:NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平高及入院时 NIHSS 评分高为 AACIS 患者机械取栓术后发生 MBE 的独立危险因素( $P < 0.05$ ),见表 3。

表 2 非 MBE 组与 MBE 组 AACIS 患者血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

Tab. 2 Comparison of serum NLRP3, sE lectin, and ICAM-1 levels between the non-MBE group and the MBE group of AACIS patients

组别	例数	NLRP3 ( $\mu\text{g/L}$ )	sE-selectin ( $\text{mmol/L}$ )	ICAM-1 ( $\mu\text{g/L}$ )
非 MBE 组	295	1.45 $\pm$ 0.54	25.17 $\pm$ 4.63	369.52 $\pm$ 43.57
MBE 组	73	2.47 $\pm$ 0.70	32.49 $\pm$ 5.24	412.30 $\pm$ 46.31
$t$ 值		13.570	11.773	8.366
$P$ 值		<0.001	<0.001	<0.001

2.3 列线图预测模型构建 根据表 3 多因素 Logistic 回归分析计算出的独立危险因素(血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平、NIHSS 评分),建立 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的风险预测列线图模型,血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平、NIHSS 评分与 Nomo 分值的具体对应关系,见图 1。

表 1 非 MBE 组与 MBE 组 AACIS 患者临床资料比较

Tab. 1 Comparison of clinical data between the non-MBE group and the MBE group of AACIS patients

项目		非 MBE 组( $n = 295$ )	MBE 组( $n = 73$ )	$\chi^2/t$ 值	$P$ 值
性别[例(%)]	男	130(44.07)	35(47.95)	0.356	0.551
	女	165(55.93)	38(52.05)		
年龄( $\bar{x} \pm s$ , 岁)		58.08 $\pm$ 8.82	58.93 $\pm$ 9.04	0.734	0.464
BMI( $\bar{x} \pm s$ , $\text{kg/m}^2$ )		24.54 $\pm$ 2.26	25.00 $\pm$ 2.45	1.531	0.127
吸烟史[例(%)]		86(29.15)	22(30.14)	0.027	0.869
饮酒史[例(%)]		93(31.53)	27(36.99)	0.794	0.373
高血压[例(%)]		123(41.69)	29(39.73)	0.094	0.760
糖尿病[例(%)]		130(44.07)	38(52.05)	1.505	0.220
高血脂[例(%)]		144(48.81)	42(57.53)	1.780	0.182
心房颤动[例(%)]		103(34.92)	36(49.32)	47.167	<0.001
阻塞血管[例(%)]	大脑中动脉	134(45.42)	37(50.68)	0.651	0.420
	大脑前动脉	161(54.58)	36(49.32)		
闭塞部位[例(%)]	颈内动脉	72(24.41)	28(38.36)	48.384	<0.001
	大脑中动脉	223(75.59)	45(61.64)		
入院时 NIHSS 评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)		15.66 $\pm$ 4.32	22.33 $\pm$ 4.58	11.670	<0.001
侧支循环评分( $\bar{x} \pm s$ , 分)		2.51 $\pm$ 0.75	2.25 $\pm$ 0.78	3.826	<0.001

表 3 多因素 Logistic 分析 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的独立危险因素

Tab. 3 Multivariate Logistic analysis of independent risk factors for MBE after mechanical thrombectomy in AACIS patients

项目	$\beta$ 值	SE 值	Wald 值	$P$ 值	OR(95% CI)
NLRP3 高	2.667	1.129	5.581	0.018	14.391(1.575 ~ 131.481)
sE-selectin 高	0.375	0.138	7.356	0.007	1.455(1.110 ~ 1.909)
ICAM-1 高	0.060	0.029	4.404	0.036	1.062(1.004 ~ 1.123)
心房颤动	2.954	1.520	3.779	0.052	19.191(0.976 ~ 377.298)
颈内动脉闭塞	2.145	1.232	3.029	0.082	8.543(0.763 ~ 95.651)
入院时 NIHSS 评分高	0.534	0.253	4.451	0.035	1.705(1.039 ~ 2.800)
侧支循环评分高	-0.257	0.632	0.164	0.685	0.774(0.224 ~ 2.673)

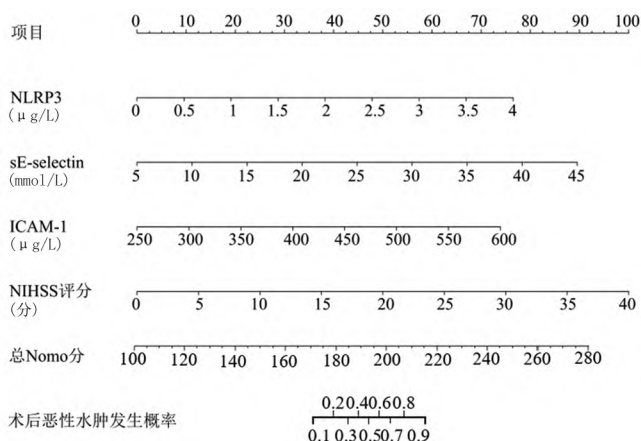


图 1 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 发生风险的列线图

Fig. 1 Column chart of MBE risk after mechanical thrombectomy in AACIS patients

2.4 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 风险预测模型分析 以 AACIS 患者机械取栓术后是否发生 MBE 为状态变量,分别将血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平、入院时 NIHSS 评分及列线图预测模型指标作为检验

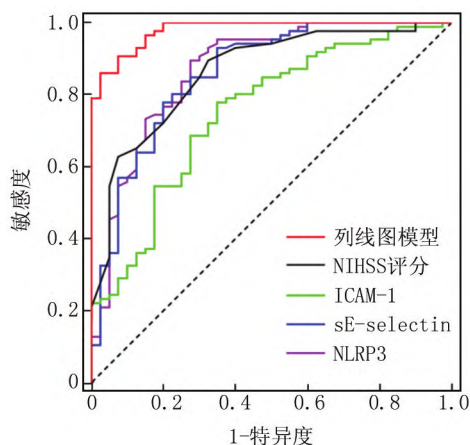


图 2 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 风险预测多模型 ROC 曲线

Fig. 2 ROC curve of multiple models for predicting MBE risk after mechanical thrombectomy in AACIS patients

表 4 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 风险预测模型分析

Tab. 4 Analysis of MBE risk prediction model for AACIS patients after mechanical thrombectomy

检验变量	cut-off 值	AUC	95% CI	敏感度	特异度	约登指数
NLRP3	2.095 μg/L	0.870	0.798 ~ 0.942	0.725	0.895	0.620
sE-selectin	31.245 mmol/L	0.859	0.786 ~ 0.932	0.650	0.930	0.580
ICAM-1	403.835 μg/L	0.750	0.659 ~ 0.842	0.650	0.779	0.429
入院时 NIHSS 评分	20.5 分	0.863	0.795 ~ 0.931	0.675	0.895	0.570
列线图模型	0.845	0.980	0.962 ~ 0.998	0.860	0.975	0.835

变量,建立/绘制 ROC 曲线分析各项模型的区分度,并计算曲线下面积 (AUC),结果显示,血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平、NIHSS 评分及列线图预测模型的 AUC 分别为 0.870、0.859、0.750、0.863、0.980,其中风险列线图预测模型价值最高,见表 4、图 2。Bootstrap 法 (B = 1 000) 对列线图预测模型进行内部验证显示,Bias-corrected 预测曲线与 Ideal 线基本重合,一致性指数 (C-index) 为 0.960,该模型有较好的预测能力,见图 3。决策曲线显示,该模型的阈值概率范围为 0.01 ~ 0.97,其净收益率 > 0,高于 2 条无效线,见图 4。

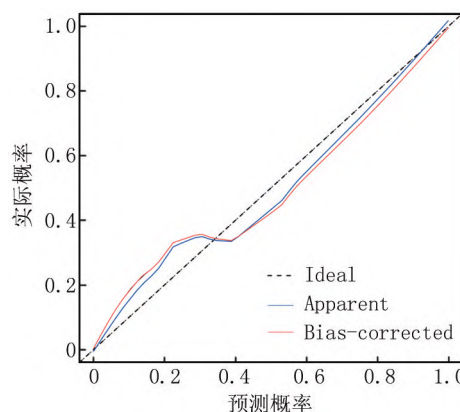


图 3 列线图风险预测模型的校准曲线

Fig. 3 Calibration curve of the column chart risk prediction model

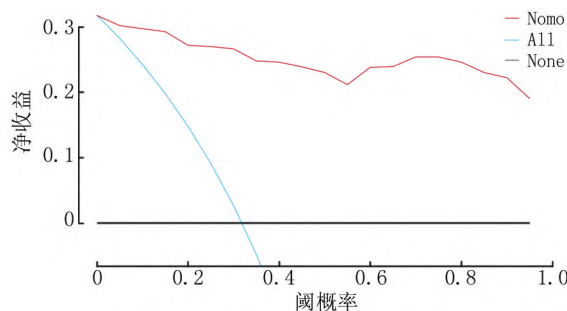


图 4 列线图风险预测模型的决策曲线

Fig. 4 Decision curve of the line chart risk prediction model



### 3 讨论

AACIS 是由血管阻塞引起的脑部供血不足,导致脑组织坏死和随后的炎性反应,可能诱发脑水肿<sup>[12]</sup>。机械取栓术虽能恢复脑部血流,但部分患者术后易发生 MBE,表现为颅内压急剧升高和神经功能迅速恶化<sup>[13]</sup>。MBE 还会影响患者的康复和预后,增加致残率和病死率。因此,预防和治疗机械取栓术后 MBE 对于 AACIS 患者具有重要意义。本研究发现,368 例接受机械取栓治疗的 AACIS 患者术后发生 MBE 73 例,发生率为 19.84%,与靳涛等<sup>[14]</sup>的研究结果(21.39%)接近,提示 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 发生率较高。

本研究结果显示,NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平高及入院时 NIHSS 评分高为 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的独立危险因素。NLRP3 是一种与炎性反应密切相关的蛋白,属于 NLR 家族成员之一<sup>[15]</sup>。在 AACIS 患者中,NLRP3 水平升高可能意味着患者正在经历剧烈的炎性反应。这种炎性反应可能由脑组织损伤、缺血再灌注过程和感染等多种因素引发<sup>[16]</sup>。相关指南发现<sup>[10]</sup>,炎性反应在卒中患者病情发展中起着重要作用,不仅导致脑组织损伤,还可能影响脑组织修复过程,尤其在 MBE 的发生机制中占据重要地位。NLRP3 通过调控炎性反应相关细胞因子的成熟和释放,加剧了炎性反应的强度,可能促进 MBE 的形成和发展<sup>[17]</sup>。sE-selectin 是一种黏附分子,在炎性反应中扮演着关键角色。它可通过参与白细胞和血管内皮细胞迁移、黏附过程,进而引发炎性反应和组织损伤<sup>[18]</sup>。Pawelczyk 等<sup>[19]</sup>研究表明,sE-selectin 水平升高通常与炎性反应的强度和组织损伤的程度相关。在 AACIS 患者中,由于脑部血管的阻塞或血流减少,会导致脑组织缺血和缺氧。这种状况会引发炎性反应。高水平的 sE-selectin 可能引发炎性反应参与 AACIS 患者 MBE 的形成和发展。Mechtouff 等<sup>[20]</sup>研究发现,在白细胞与血管内皮细胞黏附过程中,机体血管通透性增加,使血浆和其他液体更容易渗透到脑组织中,从而促进脑水肿的发生。张琦等<sup>[21]</sup>研究还发现,sE-selectin 还可能诱导其他炎性介质的释放,如 IL-1 $\beta$  和 IL-8 等,这些介质可进一步加剧炎性反应和组织损伤的程度。ICAM-1 主要参与白细胞与内皮细胞之间的黏附过程,当 AACIS 患者进行机械取栓术治疗时,虽然手术能够恢复脑部血流,但术后的再灌注损伤也可能进一步加剧脑组织的炎性反应<sup>[22]</sup>。这种加剧的炎性反应会导致 ICAM-1 的水平进一步升高,从而促进白细胞在缺血区域的浸润,释放大量的炎性介质和细胞毒性物质,进一步加剧脑组织的损伤和水肿<sup>[23]</sup>。在 AACIS 患者中,

研究表明高 ICAM-1 水平可能与 MBE 的发生有关。MBE 是一种严重的并发症,可导致颅内压增高、脑组织损伤和神经功能障碍。ICAM-1 的升高可能导致白细胞在脑血管内壁的大量聚集,加剧炎性反应,最终导致脑水肿的形成<sup>[24]</sup>。NIHSS 评分可用于评估患者的神经功能状况,是评估 AACIS 患者神经功能缺损程度的重要工具<sup>[25-27]</sup>。NIHSS 评分越高,表明患者的神经功能缺损程度越严重,提示患者发生 MBE 的风险较高。在 AACIS 患者中,神经功能缺损的程度与炎性反应的强度和组织损伤的程度密切相关。Wilkinson 等<sup>[28]</sup>研究表明,当神经功能缺损严重时,炎性反应也可能更为剧烈,导致血管通透性增加,血浆和其他液体更容易渗透到脑组织中,从而促进 MBE 的形成和发展。此外,高 NIHSS 评分还可能影响患者的预后和康复。神经功能缺损程度较重的患者可能需要更长时间的治疗和康复期,并且可能会出现更高的致残率和病死率。因此,高 NIHSS 评分不仅可能提示患者发生 MBE 的风险增加,还可能影响患者的整体预后和康复效果。

ROC 曲线分析结果显示,血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1、NIHSS 评分及列线图模型对 AACIS 患者机械取栓后 MBE 预测均有价值。而列线图模型 AUC 最高(0.980),预测能力最佳。内部验证 C-index 为 0.960,确认其具有高效能。决策曲线表明,模型在广泛阈值内净收益显著,优于无效线,临床风险—收益比优越。

### 4 结论

入院时 NIHSS 评分高和血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平高是 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的危险因素,且基于独立危险因素构建的列线图预测模型对患者术后 MBE 的预测价值较高。然而,本研究样本量相对较小,未能充分考虑患者的遗传、环境等因素对结果的影响,未来应进一步扩大样本量,完善相关因素的分析,提高预测模型的精确度和可靠性。同时,针对这些独立危险因素,探索有效的干预措施,降低患者术后 MBE 的发生率,提高患者的生活质量和预后。此外,本研究未对血清 NLRP3、sE-selectin、ICAM-1 水平进行动态监测和观察,有待后续进一步探讨 3 项指标动态变化过程与 AACIS 患者机械取栓术后 MBE 的关系。

**利益冲突:**所有作者声明无利益冲突

**作者贡献声明**

高钟生:设计研究方案,实施研究过程,论文撰写,论文修改;毕婷婷、岳利英:进行数据统计,统计学分析;武星:提出研究思路,分析试验数据,论文审核;韩雪菲、刘红英:实施研究过

程,资料搜集整理

## 参考文献

- [1] Walter K. What is acute ischemic stroke[J]. JAMA, 2022, 327(9): 885. DOI:10.1001/jama.2022.1420.
- [2] Jadhav AP, Desai SM, Jovin TG. Indications for mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke; Current guidelines and beyond [J]. Neurology, 2021, 97(20 Suppl 2): S126-S136. DOI: 10.1212/WNL.0000000000012801.
- [3] 梁炳松, 张岐平, 李育英, 等. 急性前循环大血管闭塞机械取栓术后患者发生恶性脑水肿的影响因素及其预测价值[J]. 广西医学, 2024, 46(9): 1336-1341. DOI: 10.11675/j.issn.0253-4304.2024.09.08.
- [4] 李威, 李曾仕, 李曦, 等. 高血压脑出血大鼠脑组织 TLR4、AQP-4、NO 表达的变化及与脑水肿的关系分析[J]. 现代生物医学进展, 2022, 22(9): 1625-1629. DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2022.09.005.
- [5] Shi JQ, Wu H, Dong Z, et al. Automated quantitative lesion water uptake in acute stroke is a predictor of malignant cerebral edema[J]. Eur Radiol, 2022, 32(4): 2771-2780. DOI: 10.1007/s00330-021-08443-2.
- [6] 苗野, 隋昕, 孙伟明. 阿托伐他汀对高血压脑出血患者脑水肿、神经功能及 IL-33 水平的影响[J]. 锦州医科大学学报, 2024, 45(1): 53-57. DOI: 10.13847/j.cnki.lnmu.2024.01.007.
- [7] 刘波, 丁小连, 单吴宇, 等. 基于 NLRP3 炎症小体介导的细胞焦亡探讨针康法对缺氧缺血性脑损伤新生大鼠的影响[J]. 针灸临床杂志, 2024, 40(1): 83-89. DOI: 10.19917/j.cnki.1005-0779.024015.
- [8] 黄志新, 侯华娟, 周小龙, 等. 缺血性卒中患者血清 sE-选择素水平与脑微出血的相关性研究[J]. 医学研究生学报, 2014, 27(9): 936-939. DOI: 10.3969/j.issn.1008-8199.2014.09.010.
- [9] 秦霜, 吴恒, 王根强, 等. CT"李琦岛征"联合血清 TGF- $\beta_1$ 、ICAM-1、NLR 对脑出血患者预后的预测价值[J]. 实用放射学杂志, 2023, 39(11): 1747-1750, 1759. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2023.11.002.
- [10] 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. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2018[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 666-682. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2018.09.004.
- [11] 王茵涵, 赵笑林, 许嘉玮, 等. 急性缺血性卒中患者恶性脑水肿的预测因素和预测量表[J]. 国际脑血管病杂志, 2022, 30(9): 684-688. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4165.2022.09.008.
- [12] Rigual R, Fuentes B, Díez-Tejedor E. Management of acute ischemic stroke[J]. Med Clin (Barc), 2023, 161(11): 485-492. DOI: 10.1016/j.medcli.2023.06.022.
- [13] Zhang L, Li J, Yang B, et al. The risk and outcome of malignant brain edema in post-mechanical thrombectomy: Acute ischemic stroke by anterior circulation occlusion [J]. Eur J Med Res, 2023, 28(1): 435. DOI: 10.1186/s40001-023-01414-x.
- [14] 靳涛, 张晓雷. 血清 PCT, CRP, PTX3 水平与急性前循环脑卒中患者机械取栓术后恶性脑水肿的关系[J]. 山东医药, 2023, 63(25): 76-79. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2023.25.020.
- [15] Dower A, Mulcahy M, Maharaj M, et al. Surgical decompression for malignant cerebral edema after ischemic stroke; Cochrane review [J]. Stroke, 2023, 54(12): e500-e502. DOI: 10.1161/STROKEAHA.122.042260.
- [16] Wang Y, Huang H, He W, et al. Association between serum NLRP3 and malignant brain edema in patients with acute ischemic stroke [J]. BMC Neurol, 2021, 21(1): 341. DOI: 10.1186/s12883-021-02369-4.
- [17] 王丽轩, 贾建普, 洪震, 等. 血清 NT-proBNP、NLRP3 水平与急性缺血性卒中患者恶性脑水肿的关系[J]. 山东医药, 2022, 62(22): 11-14. DOI: 10.3969/j.issn.1002-266X.2022.22.003.
- [18] 任占芬, 郑学军, 罗寰, 等. IL-17A、sICAM-1 及 sE-选择素与 RA 患者疾病活动度及疗效的关系[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2021, 13(7): 1098-1101, 1105. DOI: 10.3969/j.issn.1674-6929.2021.07.020.
- [19] Pawelczyk M, Glabiński A, Kaczorowska B, et al. sP- and sE-selectin in stroke patients with metabolic disorders [J]. Neurol Neurochir Pol, 2018, 52(5): 599-605. DOI: 10.1016/j.pjnns.2018.08.004.
- [20] Mechtouff L, Bochaton T, Paccalet A, et al. Association of interleukin-6 levels and futile reperfusion after mechanical thrombectomy [J]. Neurology, 2021, 96(5): e752-e757. DOI: 10.1212/WNL.0000000000011268.
- [21] 张琦, 刘汉臣, 王杰斌. 脑梗死急性期患者血清 PAI-1、ICAM-1 和 GMP-140 的水平变化及临床意义[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2022, 14(4): 585-588. DOI: 10.3969/j.issn.1674-6929.2022.04.013.
- [22] 王浩, 白璇, 蔺慕会. 急性缺血性脑卒中患者认知功能改变与血清 ICAM-18-iso-PGF2 $\alpha$  表达水平的相关性分析[J]. 中风与神经疾病杂志, 2022, 39(1): 46-51. DOI: 10.19845/j.cnki.zfysjbjzz.2022.0011.
- [23] 范春红, 廖春燕, 罗琳, 等. 血清 ICAM-1、CRP 及 MCP-1 水平与阿替普酶静脉溶栓脑卒中患者预后的关系[J]. 西部医学, 2023, 35(4): 548-552. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3511.2023.04.016.
- [24] 王栋, 白雪蕾, 吴环立. 急性期脑出血患者血清 MMP-2、ICAM-1 与 IL-6、TNF- $\alpha$  水平和脑水肿的关系[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2019, 22(12): 1336-1341. DOI: 10.12083/SYSJ.2019.12.187.
- [25] 刘源, 刘星, 禹红, 等. 急性缺血性脑卒中患者血清 CKLF1、claudin-5 预测溶栓后出血转化的价值及与短期预后的关系[J]. 疑难病杂志, 2023, 22(9): 902-908. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2023.09.002.
- [26] Sharma D, Gandhi N. Role of Platelet to lymphocyte ratio (PLR) and its correlation with NIHSS (National Institute of Health Stroke Scale) for prediction of severity in patients of acute ischemic stroke [J]. J Assoc Physicians India, 2021, 69(1): 56-60. DOI: 10.18535/jmscr/v11i3.06.
- [27] 杨洁, 谢小华, 连万成, 等. 急性缺血性脑梗死静脉溶栓后出血转化风险预测模型的构建[J]. 疑难病杂志, 2022, 21(4): 371-376. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2022.04.008.
- [28] Wilkinson B, Delic J, Igrneri L, et al. Oral glyburide for the prevention of cerebral edema in acute ischemic stroke [J]. World Neurosurg, 2024, 186: e608-e613. DOI: 10.1016/j.wneu.2024.04.013.

(收稿日期: 2024-08-16)