·论　　著·　　DOI：10.3969/j.issn.1672-9455.2026.20.005

手术前后 D-D 联合 NLR 对 LAA/ CE 型急性脑梗死患者改良式神经介入取栓术后短期预后的预测价值*

钟　裕，陈丹霞，朱钦辉，魏统国△

广东省梅州市人民医院神经内三科，广东梅州 514000

摘　要：目的　探讨 D-二聚体（D-D）、红细胞分布宽度（RDW）、中性粒细胞/淋巴细胞比率（NLR）与大动脉粥样硬化（LAA）/心源性栓塞（CE）型急性脑梗死患者改良式神经介入取栓术后短期预后的关系，并分析手术前后 D-D 联合 NLR 对预后不良的预测价值。**方法**　选取 2022 年 1 月至 2025 年 10 月该院收治的 138 例 LAA/CE 型急性脑梗死患者作为研究对象，根据住院期间疗效和短期预后情况分为预后不良组和预后良好组。比较 2 组手术前后 D-D、NLR 等，采用 Lasso 回归和多因素 Logistic 回归分析取栓术后患者预后不良的影响因素并建立预测模型，采用限制性立方样条模型分析 D-D、NLR、美国国立卫生研究院卒中量表（NIHSS）评分与 LAA/CE 型急性脑梗死患者预后的关系，采用受试者工作特征（ROC）曲线、校准曲线、决策曲线分析预测模型对患者预后的预测价值。**结果**　138 例患者中改良 RANKIN 量表评分为 0～2 分者 93 例（67.39%），纳入预后良好组。与预后不良组相比，预后良好组男性比例较高，糖尿病发生率更低，手术前后 NLR、D-D、NIHSS 评分降低，差异均有统计学意义（$P<0.05$）；但 2 组手术前后 RDW、年龄，平均动脉压分型、吸烟、基础疾病（高血压、心房颤动等）比例比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$）。Lasso 回归分析显示，当惩罚系数 $\lambda(\lambda_{1se})=-3.215\ 5$ 时模型性能最佳，最终确定 5 个预测因子纳入 Logistic 回归分析，结果显示，手术前后 NLR、D-D 水平升高及术后 NIHSS 评分增加均是取栓术后 LAA/CE 急性脑梗死患者预后不良的危险因素（$P<0.05$）。校正 NIHSS 评分后，D-D、NLR 取栓术后 LAA/CE 急性脑梗死患者发生预后不良风险之间存在非线性关联（$P<0.05$）；NLR、D-D 分别超过 12.16、2.19 mg/L 时患者预后不良风险随之升高而增加。基于上述数据构建的预测模型 ROC 曲线下面积为 0.912，校准曲线预测结果与实际结果一致性良好。当预测模型临界值在 0.15～0.80 时对预后不良患者进行干预的临床净收益＞0。**结论**　术后 D-D、NLR 与取栓术后 LAA/CE 急性脑梗死患者预后不良呈非线性相关，手术前后 D-D、NLR 联合 NIHSS 评分构建的预测模型对取栓术后 LAA/CE 急性脑梗死患者预后不良有较高的预测效能，为临床识别预后不良高风险患者提供了可靠依据。

关键词：D-二聚体；　中性粒细胞/淋巴细胞比率；　改良式神经介入取栓术；　大动脉粥样硬化/心源性栓塞型急性脑梗死

中图法分类号：R743.33；R446.11　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1672-9455(2026)20-2765-08

Predictive value of combined perioperative dd and nlr for shortterm prognosis in patients with LAA or CE acute ischemic stroke after modified neurointerventional thrombectomy*

Zhong Yu，*Chen Danxia*，*Zhu Qinhui*，*Wei Tongguo*△

Third Department of Neurology，*Meizhou People's Hospital*，*Meizhou*，*Guangdong* 514000，*China*

Abstract：Objective　To explore the relationships of D-dimer (D-D), red cell distribution width (RDW), and neutrophil-to-lymphocyte ratio (NLR) with short-term prognosis in patients with large artery atherosclerosis (LAA) or cardioembolic (CE) acute ischemic stroke after modified neurointerventional thrombectomy, and to analyze the predictive value of combined perioperative D-D and NLR for poor prognosis. **Methods**　A total of 138 patients with LAA or CE acute ischemic stroke admitted to this hospital from January 2022 to October 2025 were enrolled. The patients were divided into favorable prognosis group and unfavorable prognosis group according to the treatment effect and short-term prognosis during hospitalization. Perioperative D-D, NLR and other indicators were compared between the two groups. Lasso regression and multivariate Logistic

*　**基金项目：**广东省医学科研基金项目（B2025920）；广东省梅州市社会发展科技计划项目（2024C031050）。

作者简介：钟裕，男，主治医师，主要从事脑血管病及神经介入方面的研究。　△　**通信作者**，E-mail：dragonwtg@163.com。

中文引用格式：钟裕，陈丹霞，朱钦辉，等. 手术前后 D-D 联合 NLR 对 LAA/ CE 型急性脑梗死患者改良式神经介入取栓术后短期预后的预测价值[J]. 检验医学与临床，2026，23(20)：2765-2772.

英文引用格式：Zhong Y，Chen D X，Zhu Q H，et al. Predictive value of combined perioperative dd and nlr for shortterm prognosis in patients with LAA or CE acute ischemic stroke after modified neurointerventional thrombectomy[J]. Lab Med Clin，2026，23(20)：2765-2772.

regression were applied to analyze the influencing factors of poor prognosis in post-thrombectomy patients and construct a prediction model. Restricted cubic spline (RCS) model was used to analyze the associations of D-D,NLR and National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score with prognosis in these patients. Receiver operating characteristic (ROC) curve,calibration curve and decision curve analysis were adopted to evaluate the predictive value of the prediction model. **Results** Among the 138 patients,93 cases (67.39%) with modified Rankin Scale scores of 0—2 were assigned to the favorable prognosis group. The proportion of males in the favorable prognosis group was higher,with a lower incidence of diabetes. The preoperative and postoperative NLR,D-D,and NIHSS scores in the favorable prognosis group were lower than those in the unfavorable prognosis group,and the differences were statistically significant ($P<0.05$); however,there were no statistically significant between-group differences in RDW,age,mean arterial pressure classification,smoking status,and underlying diseases (hypertension,atrial fibrillation,etc.) before and after surgery ($P>0.05$). Lasso regression analysis showed that when the penalty coefficient λ (λ_{1se}) was −3.215 5,the model performance was optimal. Finally,five predictive factors were identified and included in the Logistic regression analysis. The results showed that elevated preoperative and postoperative NLR,D-D levels and increased postoperative NIHSS score were risk factors for poor prognosis in patients with LAA or CE acute ischemic stroke after thrombectomy ($P<0.05$). After adjustment for NIHSS score,there was a nonlinear association between D-D,NLR and the risk of poor prognosis in patients with LAA or CE acute ischemic stroke after thrombectomy ($P<0.05$). The risk of poor prognosis rose when NLR and D-D exceeded 12.16 and 2.19 mg/L,respectively. The ROC curve of the prediction model constructed based on the above data yielded an area under the curve (AUC) of 0.912. The calibration curve showed good consistency between predicted and observed outcomes. When the threshold of the prediction model ranged from 0.15 to 0.80,the clinical net benefit of intervention for patients at risk of poor prognosis was >0. **Conclusion** Postoperative D-D and NLR were nonlinearly correlated with poor prognosis in patients with LAA or CE acute ischemic stroke after thrombectomy. The prediction model constructed by combining perioperative D-D,NLR and NIHSS score exhibited high predictive efficacy for poor prognosis in these patients,which provides a reliable basis for clinicians to identify patients at high risk of poor prognosis.

Key words: d-dimer; neutrophil/lymphocyte ratio; modified neurointerventional thrombectomy; large-artery atherosclerosis/cardioembolism

急性脑梗死作为临床高发的脑血管急危重症,致残率、致死率长期居高不下,其中大动脉粥样硬化(LAA)型与心源性栓塞(CE)型是最主要的致病亚型,二者因发病机制不同,病情进展速度、治疗难度、预后差异显著[1-2]。改良式神经介入取栓术是当前救治急性脑梗死患者的核心手段,可快速实现闭塞血管再通、挽救缺血半暗带,但仍有部分患者术后神经功能恢复不理想,面临预后不良的问题[3]。有研究发现,炎症反应与凝血功能紊乱是急性脑梗死病理进程的关键环节[4],D-二聚体(D-D)作为凝血激活的特异性标志物,可直观反映机体是否处于高凝状态,LAA型斑块破裂继发微血栓形成同样会升高外周血 D-D 水平,LAA 型与 CE 型术后凝血-纤溶紊乱持续时间存在显著差异[5];红细胞分布宽度(RDW)能体现红细胞异质性,其异常改变与炎症介导的造血功能紊乱密切相关[6];中性粒细胞/淋巴细胞比率(NLR)则可精准量化炎症失衡程度。D-D、NLR、RDW 三者从不同维度捕捉疾病的核心病理特征,有望作为评估取栓疗效与患者预后的潜在指标[7]。然而现有研究多聚焦单一指标与脑梗死患者预后的关联,针对 LAA/CE 型患者接受改良式神经介入取栓术后多指标联合的预测价值及量化模型构建仍缺乏系统探索。本研究以此为切入点,深入剖析了 D-D、RDW、NLR 与取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者短期预后的关系,构建了精准预测模型,旨在为临床医生早期识别预后不良高风险患者、制订个体化干预方案提供科学依据,助力提升对急性脑梗死患者的整体救治水平。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2022 年 1 月至 2025 年 10 月本院收治的 138 例 LAA/CE 型急性脑梗死患者作为研究对象,其中男 84 例、女 54 例,年龄 39～89 岁、平均(66.32±5.69)岁。纳入标准:(1)大血管闭塞急性脑梗死患者,发病时间<24 h;(2)年龄>18 岁;(3)入院后 24 h 内完成多模态 CT 检查,包括平扫 CT、CT 血管造影、CT 灌注成像(CTP)检查等;(4)经介入取栓术治疗。排除标准:(1)入院平扫 CT 检查提示颅内出血;(2)既往有脑出血史;(3)陈旧性脑梗死面积大于 1/3 相应供血区域;(4)卒中前改良 RANKIN 量表(mRS)评分>2 分;(5)随访缺失。所有患者及家属均知情同意并签署知情同意书。本研究经本院医学

伦理审查委员会审核批准（伦理审批号：梅市伦审2026-C-207）。

1.2　方法

1.2.1　改良式神经介入取栓术　所有患者均接受一样的干预方法，即血管内干预前先行重组组织型纤溶酶原激活剂静脉溶栓治疗，介入操作全程采用清醒镇静监护方案。对所有患者执行统一规范的机械取栓操作程序。经股动脉穿刺建立介入通道，置入 8 F 导引导管后运用 Reco 取栓支架配合局部抽吸技术完成血栓清除。术中借助数字减影血管造影动态监测闭塞病灶的形态学参数，对串联性血管病变（如颈内动脉起始段狭窄）患者综合评估是否需实施支架分离、球囊成形或支架植入等补充处置。术后严格执行血压调控标准及分级抗凝策略，并于 72 h 内启动个性化渐进式功能康复训练计划。

1.2.2　实验室指标检测　采集所有患者术前、取栓术后 24 h 空腹清晨静脉血 5 mL，取一半静脉血注入乙二胺四乙酸二钾抗凝试管混匀，采用迈瑞 BC-6000Plus 全自动血液细胞分析仪检测中性粒细胞计数、淋巴细胞计数、白细胞计数、RDW 等，计算 NLR。另一半静脉血置入 3.8%枸橼酸钠抗凝剂的真空采血管中，颠倒混匀 5～6 次，以 1 500×g 离心 15 min，采用思塔高 STAR MAX 仪器检测 D-D，检测方法为免疫比浊法。所有操作均严格按试剂盒说明书及标准操作规程进行，由同一检验师完成检测工作。

1.2.3　短期预后评估及分组　所有患者完成血管内治疗后均接受为期 90 d 的随访观察，术后 7、14、30 d 均开展医院内住院复诊或病房床旁评估，术后 60 d 门诊线下复诊，完善神经功能查体；术后 90 d 优先线下门诊面诊随访，若无法到医院的患者采用标准化视频通话随访，统一由 2 名经卒中量表培训的神经内科医生独立完成 mRS 评分；所有随访信息同步录入电子病历数据库，记录神经功能、并发症、生存状态等，失访病例予以剔除。基于 90 d 的 mRS 评估结果，采用临床常用的二法分为预后良好组（mRS 评分 0～2 分：无/轻度残疾，生活可自理）和预后不良组（mRS 评分 3～6 分：中重度残疾、卧床，6 分为全因死亡，即无论卒中直接死亡或随访期内其他病因死亡）。

1.2.4　资料收集　统一采集所有患者入院术前、取栓术后 24 h 的临床资料：（1）一般资料，采用统一制订的病例报告收集基线资料，包括性别、年龄、发病时间、NIHSS 评分、TOAST 病因分型（LAA/CE 型）、基础疾病［糖尿病、高血压、心房颤动、卵圆孔未闭（PFO）、风湿性心脏病、瓣膜病等］、吸烟史、同步记录术后 24 h 平均血压、手术前后美国国立卫生研究院卒中量表（NIHSS）神经功能缺损评分等。（2）治疗情况，包括再通时间、取栓次数、补救情况等。使用完善数字减影血管造影（DSA）中改良脑梗死溶栓分级（mTICI）评估血管再通情况，共 4 个临床等级，其中 1 级表明靶血管供血区域仅有微量或完全无有效血流恢复。目前，国际上认为 mTICI 2b、3 级是闭塞血管获得成功再通的标准。

1.3　统计学处理　采用 R4.2.3 软件、SPSS27.0 统计软件进行数据分析处理。计数资料以例数或百分率表示，组间比较采用 χ^2 检验；等级资料比较采用秩和检验；符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示，2 组间比较采用独立样本 t 检验；采用 Lass 回归和多因素 Logistic 回归分析取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者预后不良的影响因素，采用限制性立方样条（RCS）模型分析 D-D、RDW、NLR 与取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者预后的相关性；基于预测模型，采用 R 语言 rms 包绘制的列线图；采用 Bootstrap 重抽样 1 000 次进行内部验证，通过 Hosmer-Lemeshow 检验评估模型校准度，以受试者工作特征（ROC）曲线下面积（AUC）反映模型区分能力，单一标志物与联合模型 AUC 比较采用 DeLong 检验；采用决策曲线（DCA）评价模型临床净获益。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2　结　　果

2.1　预后不良情况　138 例患者中术后 90 d mRS 评分为 0～2 分者 93 例（67.39%），纳入预后良好组，mRS 评分为 3～6 分者 45 例，纳入预后不良组。预后良好组血管良好再通率为 96.77%（90/93），其中无需采取补救措施 69 例，需颈动脉支架 4 例，需颅内球囊扩张 2 例，需颅内支架 11 例，需颈动脉支架植入 6 例，需球囊扩张＋支架植入 1 例；无并发症 57 例，渗血 31 例，出血 3 例，脑疝 2 例。预后不良组出血 3 例，渗血 16 例，脑疝 2 例。除术后 90 d mRS 评分外，2 组治疗情况比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$）。见表 1。

表 1　2 组治疗情况比较［n（%）或 $\bar{x}\pm s$］

组别	n	血管再通分级（mTICI 2b～3 级）	采用补救措施	术后 90 d mRS 评分	手术开始时间（d）	再通时间（d）	取栓次数	发生并发症
预后良好组	93	90(96.77)	24(25.81)	0.663±0.121	0.588±0.144	0.598±0.110	1.45±0.102	36(38.71)
预后不良组	45	42(93.33)	10(22.22)	3.400±0.254	0.559±0.120	0.558±0.115	1.80±0.143	21(46.67)
χ^2/t		1.121	0.694	−8.654	0.541	0.958	1.236	1.336
P		0.652	0.447	<0.001	0.336	0.387	0.054	0.051

2.2　2 组基线资料及手术前、后 D-D、RDW、NLR 比较　与预后不良组相比，预后良好组男性比例较高（74.19%），糖尿病发生率较低（21.51%），手术前后 NLR、D-D、NIHSS 评分均降低，差异均有统计学意义（$P<0.05$）；2 组手术前后 RDW、年龄、术后 24 h 血压，以及 TOAST 病因分型、吸烟、基础疾病（高血压、心房颤动等）比例比较，差异均无统计学意义（$P>0.05$）。见表 2。

表 2　2 组基线资料及手术前、后 D-D、RDW、NLR 比较[n(%)或 $\bar{x}\pm s$]

项目	预后良好组(n=93)	预后不良组(n=45)	χ^2/t	P
性别			21.267	<0.001
男	69(74.19)	15(33.33)		
女	24(25.81)	30(66.67)		
TOAST 病因分型			1.329	0.249
LAA 型	44(47.31)	26(57.78)		
CE 型	49(52.69)	19(42.22)		
基础疾病				
高血压	53(56.99)	31(68.89)	1.803	0.179
糖尿病	20(21.51)	16(35.56)	3.105	0.038
房颤动	29(31.18)	13(28.89)	0.075	0.784
吸烟	11(11.83)	3(6.67)	0.886	0.346
年龄(岁)	64.92±8.36	69.22±7.29	−2.949	0.053
术后 24 h 血压(mmHg)	124.20±15.68	118.41±18.21	1.927	0.056
RDW				
术前	13.48±1.25	13.05±1.01	2.009	0.056
术后 24 h	13.43±1.98	13.01±1.42	1.273	0.205
D-D(mg/L)				
术前	0.97±0.14	2.23±0.43	−25.660	0.000 1
术后 24 h	1.81±0.52	2.73±0.68	−8.787	0.000 1
NIHSS 评分				
术前	14.72±2.55	16.22±2.41	−3.297	0.001 2
术后 24 h	3.87±0.37	13.86±2.52	−37.556	0.000 1
中性粒细胞（$\times10^9$/L）				
术前	4.21±0.87	6.85±1.23	−16.253	<0.001
术后 24 h	6.03±1.15	9.74±1.68	−13.562	<0.001
淋巴细胞（$\times10^9$/L）				
术前	1.43±0.32	0.82±0.25	12.880	<0.001
术后 24 h	0.63±0.18	0.41±0.13	9.147	<0.001
NLR				
术前	6.62±0.23	8.35±1.12	−14.330	<0.001
术后 24 h	9.62±1.24	12.25±2.06	−9.326	<0.001

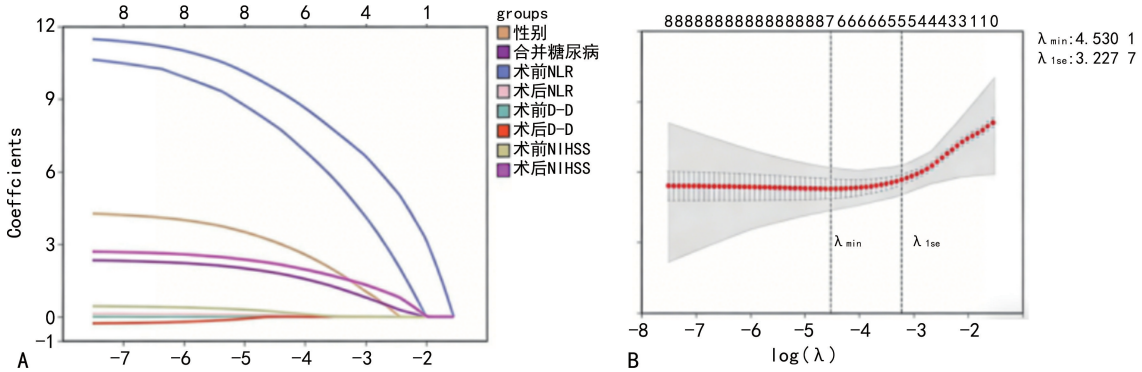
注：TOAST 分型为急性卒中 Org10172 治疗试验分型。

2.3　Lasso 回归及多因素 Logistic 回归分析取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者预后不良的危险因素　2 组手术前、后中性粒细胞、淋巴细胞比较，差异均有统计学意义（$P<0.05$），理论上可纳入多因素回归模型。但本研究总样本仅 138 例，预后不良亚组仅 45 例，样本量有限，若同时纳入中性粒细胞、淋巴细胞、衍生指标的 NLR 会存在严重多重共线性（VIF>10），干扰模型稳定性。故参照预测模型常规处理方案，不重复纳入原始细胞计数，仅保留整合指标 NLR 进入后续 Lasso 筛选与多因素 Logistic 回归分析。当将性别、年龄，以及手术前后 NLR、D-D、NIHSS 评分等纳入 Lasso 回归分析，随着惩罚系数 λ 变化，性别、合并糖尿病、术前 NIHSS 的系数被压缩，避免了模型的过度拟合。见图 1A。以十折交叉验证法绘制均方误差随 Logλ 的变化图显示，当惩罚系数 $\lambda(\lambda_{1se})=-3.215\ 5$ 时模型性能最佳，最终确定 5 个预测因子，分别为手术前、后 NLR、D-D 及术后 NIHSS 评分。见图 1B。以取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者是否预后不良（是=1，否=0）为因变量，Lasso 回归筛选的 5 个预测因子即手术前、后 NLR（原值输入）、D-D（原值输入）及术后 NIHSS 评分（原值输入）为自变量进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示，手术前、后 D-D、NLR 升高，以及术后 NIHSS 评分增加均是取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者预后不良的危险因素（$P<0.05$）。见表 3。

2.4　术后 D-D、NLR 与取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者预后不良的剂量-反应关系　在校正年龄、基线术后 NIHSS 评分、糖尿病及术前 D-D、NLR 混杂因素后采用 RCS 模型分析术后 D-D、NLR 与取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者 90 d 不良预后的剂量-反应关联（$P<0.05$）。对比 3、4、5 节点不同 RCS

模型拟合效果，3 分位数节点模型 R^2、Dxy 数值最大，似然比检验 $P<0.001$ 判定为最优拟合模型。见表 4。最优 RCS 模型检验提示术后 D-D、NLR 与患者 90 d 不良预后均存在统计学非线性关联（$P<0.05$），对应 RCS 曲线见图 2。术后 D-D 临界值分层效应分析：D-D＜2.19 mg/L 时校正 *OR* 趋近于 1，95%*CI* 包含 1，D-D 波动与预后不良风险无关，差异无统计学意义（$P>0.05$）；当术后 D-D≥2.19 mg/L 时校正 *OR*＝1.502，95%*CI* 不包含 1、$P<0.001$，提示 D-D 超过 2.19 mg/L 后患者 90 d 预后不良风险随指标升高显著上升，2.19 mg/L 为风险临界拐点。见表 5。术后 NLR 临界值分层效应分析：NLR＜12.16 时校正 *OR*＝0.897，95%*CI* 未包含 1、$P<0.05$，低区间内 NLR 升高可小幅降低预后不良发生风险；当术后 NLR≥12.16 时，校正 *OR*＝1.385，95%*CI* 不包含 1、$P<0.001$，提示 NLR 突破 12.16 拐点后预后不良风险随数值升高持续增高，12.16 为高风险分界值。见表 6。

2.5　绘制列线图　基于上述多因素 Logistic 回归分析结果，构建取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者预后不良的预测模型，方程为：Logit(*P*)＝－0.181＋0.958×术前 NLR＋1.237×术后 NLR＋0.546×术前 D-D＋0.509×术后 D-D＋0.454×术后 NIHSS 评分。根据该模型绘制列线图。利用条件推理树对患者预后进行分层，以 0.247、0.625 为界值，＜0.247 为预后不良低风险，0.247～＜0.625 为预后不良中等风险，≥0.625 为预后不良高风险。见图 3。



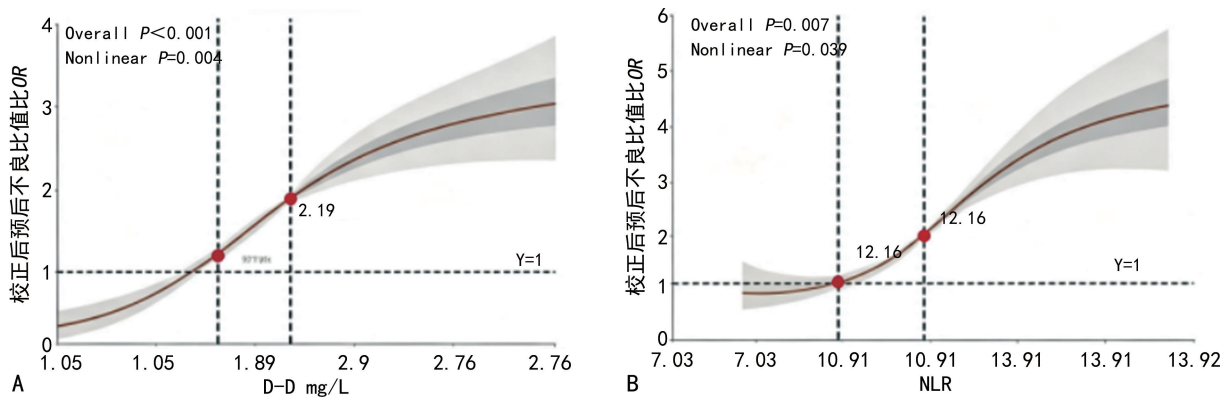
注：A 为惩罚系数 λ 变化图；B 为均方误差随 Logλ 的变化图。

图 1　Lasso 筛选结果

表 3　多因素 Logistic 回归分析介入术后患者预后不良的危险因素

常数项	*β*	*SE*	*Wald*χ^2	*P*	*OR*	*OR* 的 95%*CI*
常量	－0.181	0.044	16.532	＜0.001	—	—
术前 NLR	0.958	0.226	18.483	＜0.001	4.852	1.642～5.634
术后 NLR	1.237	0.375	11.621	＜0.001	3.231	1.581～5.475
术前 D-D	0.546	0.128	16.513	＜0.001	3.270	1.320～3.435
术后 D-D	0.509	0.122	14.325	＜0.001	1.537	1.063～2.181
术后 NIHSS 评分	0.454	0.123	13.143	＜0.001	2.191	1.275～3.141

注：—表示无数据。



注：A 为术后 D-D；B 为术后 NLR；采用 10%、50%、90%三分位数作为样条节点，校正混杂因素包含术后 NIHSS 评分及术前 D-D、NLR；黑色实线为校正 *OR* 值，灰色阴影为 *OR* 的 95%*CI*；水平虚线 Y＝1 为指标中位数参照效应值；垂直虚线为三分位数节点位置，实心圆点为风险分层拐点；标注整体关联 *P* 值、非线性检验 *P* 值。

图 2　术后 D-D、NLR 与取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者 90 d 预后不良的 RCS 曲线分析

表 4　不同节点 RCS 模型评价

节点数量	R^2	Dxy	似然比检验 P
3 个(10%、50%、90% 三分位数)	0.761	0.794	<0.001
4 个四分位数节点	0.583	0.672	0.031
5 个五分位数节点	0.657	0.686	0.017

表 5　术后 D-D RCS 分层效应分析

项目	*OR*	*OR* 的 95%*CI*	*P*
整体模型关联效应	1.314	1.132～1.447	<0.001
分层分段效应			
术后 D-D<1.05 mg/L	1.018	0.844～1.135	0.752
术后 D-D<2.19 mg/L	1.025	0.861～1.153	0.728
术后 D-D≥2.19 mg/L	1.502	1.156～1.941	<0.001
模型整体似然比检验			0.012

表 6　术后 NLR RCS 分层效应分析

项目	*OR*	*OR* 的 95%*CI*	*P*
整体模型关联效应	1.203	1.235～1.462	0.000
分层分段效应			
术后 NLR<7.03	0.882	0.741～0.962	0.059
术后 NLR<12.16	0.897	0.766～0.981	0.085
术后 NLR≥12.16	1.385	1.164～1.863	0.007
模型整体似然比检验			0.019

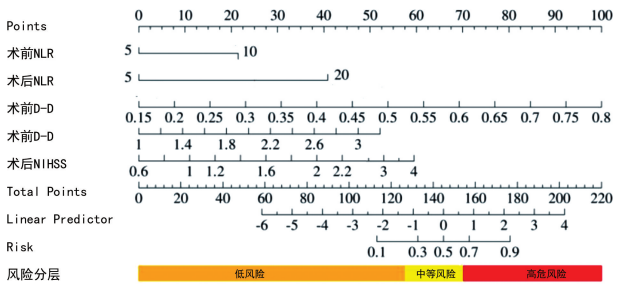


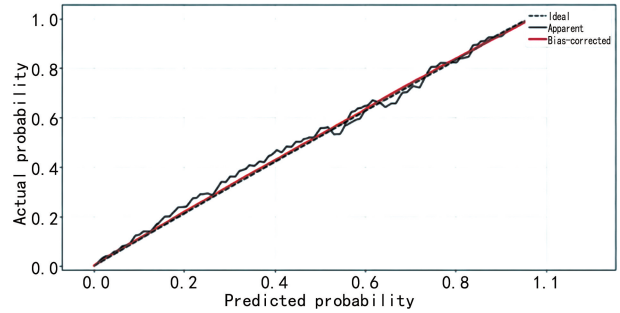
图 3　列线图

2.6　预测模型验证

2.6.1　区分度　基于 Bootstrap 重抽样 1 000 次内部验证，预测模型整体 AUC 为 0.912，95%*CI*：0.811～0.944，C-index=0.928，灵敏度为 86.08%，特异度为 82.41%，模型区分不良预后患者能力优秀。

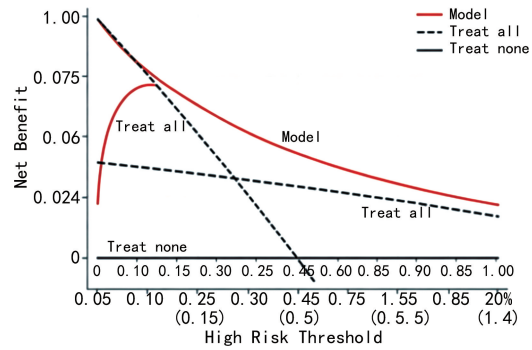
2.6.2　校准度　采用 Bootstrap 重抽样 1 000 次对列线图模型进行内部校准验证，Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验 $\chi^2=8.624$，$P=0.394$；校准斜率=0.937（接近理想值 1），校准截距=0.042（接近理想值 0）；Brier score=0.072，校准曲线中校正曲线与理想参考对角线高度贴合，提示模型预测概率与实际 90 d 不良预后发生概率无显著偏差；模型校准效果良好。见图 4。

2.6.3　临床应用价值　DCA 曲线基于全部 138 例样本结合 Bootstrap 重抽样 1 000 次校正绘制，当风险临界值处于 0.15～0.80 时模型干预净收益始终高于“全部不干预”与“全部干预”2 条参考曲线，提示列线图具备稳定临床应用价值。见图 5。



注：Ideal 为完美预测参考对角线，Apparent 为原始样本拟合曲线，Bias-corrected 为 1 000 次重抽样校正后校准曲线。

图 4　校准曲线



注：Bootstrap 重抽样 1 000 次校正，临界值在 0.15～0.80。

图 5　预测模型 DCA

3　讨　论

本研究聚焦改良式神经介入取栓术治疗的 LAA/CE 型急性脑梗死患者，系统探讨了 D-D、RDW、NLR 与患者短期预后的关系，并构建了预测模型，绘制了列线图，结果显示，预后良好组与预后不良组手术前后 NLR、D-D 存在明显差异，预后不良组上述指标均显著升高，经校正术后 NIHSS 评分及术前 D-D、NLR 后，术后 D-D、NLR 与取栓术后 LAA/CE 型急性脑梗死患者预后不良呈非线性 S 型关联，当 NLR>12.16、D-D>2.19mg/L 时风险随指标升高而递增，这一结果与急性脑梗死的核心病理逻辑相符。

从机制来看，NLR 升高源于中性粒细胞浸润加剧与淋巴细胞减少，中性粒细胞大量聚集于缺血脑组织，释放弹性蛋白酶、活性氧等物质，直接破坏血脑屏障，加重脑水肿与神经损伤[8-9]。有学者发现，淋巴细胞减少可反映机体免疫抑制，削弱对炎症反应的调控能力，双重作用下形成炎症恶性循环，阻碍神经功能修复，而 D-D 作为纤维蛋白降解产物，其水平升高提示机体凝血-纤溶系统失衡，高凝状态会促进血栓再形成，加重血管闭塞，同时纤溶亢进引发的微出血风险也会增加，进一步恶化脑组织灌注，二者协同作用，成为预后不良的重要驱动因素[10]。

国内外研究普遍认可炎症与凝血指标在脑梗死

预后评估中的价值，但不同研究在指标选择、研究人群、方法学方面均存在差异，导致结果呈现一定异质性[11-12]。在炎症指标方面，多数国外研究证实，NLR 对脑梗死患者预后的预测效能显著，其预测短期不良预后的 AUC 可达 0.75～0.85，且不受年龄、基础疾病等传统因素的影响[13]，与本研究 NLR 作为核心预测因子的结果一致。但国外研究多聚焦于全类型脑梗死患者[14]，而本研究专门针对 LAA/CE 型，这 2 种亚型患者病情进展快、血栓负荷重，炎症反应更为剧烈，NLR 的预测特异度更强，本研究预测模型纳入 NLR 后 AUC 达 0.912，高于部分国外全类型研究结果，凸显了针对特定亚型开展研究的价值。在凝血指标方面，国内外研究均认可 D-D 与脑梗死患者预后的关联[15-16]；但部分学者指出，D-D 的预测效能受发病时间影响较大，发病后 24 h 内检测的预测价值最高[17]。而本研究统一规范了术前检测时间，确保了指标的可比性，且结合术后动态监测，进一步提升了预测准确性。然而本研究结果显示，2 组 RDW 未呈现明显差异，这一结果与部分国内研究结果存在分歧[18-19]。可能原因是与研究人群的基线特征有关，本研究预后良好组与预后不良组基础疾病（如高血压、心房颤动等）分布无明显差异，且纳入患者贫血比例较低，减少了混杂因素的干扰，也提示 RDW 的预测价值可能受研究人群的异质性影响，需结合具体临床场景合理解读。

既往部分研究表明，RDW 升高反映红细胞生成紊乱，与炎症因子抑制骨髓造血、红细胞异质性增加相关，可作为全身炎症反应的标志物，与脑梗死严重程度和预后相关[20-21]。部分国内学者指出，RDW 与脑梗死患者 90 d 不良预后相关，尤其是合并糖尿病、高血压等基础疾病的患者，其预测价值更显著[22]；但国外部分小样本研究表明，RDW 的预测效能较弱，且易受贫血、慢性疾病等混杂因素影响[23]。本研究聚焦 LAA/CE 型患者，这 2 种亚型的病理核心更集中于大血管闭塞与心源性血栓形成，炎症反应虽参与其中，但对红细胞生成的影响相对间接，且取栓术对血管再通的干预可能在一定程度上缓解了炎症对造血系统的抑制，造成 RDW 的预测价值未凸显，该结果提示，不同脑梗死亚型的病理特征差异会直接影响炎症相关指标的临床应用价值，评估时需结合具体亚型精准选择相关检测指标。

本研究同时纳入术前、取栓术后 24 h 炎症、凝血两套指标，术后 24 h 为再灌注炎症、纤溶反应高峰期，该时间点指标虽受手术操作、术后药物、基础合并症等混杂因素影响，但本研究通过 Lasso 回归和多因素 Logistic 回归分析筛选影响因素，结果显示，术后 NLR、D-D 独立关联患者 90 d 预后，可为术后早期风险分层提供客观实验室依据。

国外多项研究证实，NLR 是预测脑梗死患者短期神经功能预后的可靠指标，其预测效能优于单一炎症或凝血指标[24]；国内学者也指出，D-D 与脑梗死严重程度和预后密切相关，可作为评估病情进展的重要参考依据[25]。本研究进一步细化了指标的监测节点，强调手术前后指标的动态变化价值，术后指标更能反映取栓后机体的炎症与凝血状态，结合术后 NIHSS 评分能更全面地捕捉患者术后恢复的核心信息。此外，部分学者尝试联合 D-D 与其他指标如血小板计数、纤维蛋白原、短暂性脑缺血发作早期脑卒中风险预测（ABCD2）评分、mRS 评分构建预测模型[26-27]；但这些模型多侧重于对病情严重程度的评估，对接受介入取栓术的患者短期预后预测针对性不足。本研究创新性地整合了 NLR、D-D 与 NIHSS 评分，构建了预测模型，绘制列线图，可为临床医生根据患者手术前、后 NLR、D-D 及 NIHSS 评分快速计算预后风险，操作简便、高效；且预测模型的 AUC 达 0.912，校准曲线显示预测结果与实际结果高度一致，DCA 分析表明，当临界值为 0.15～0.80 时临床净收益＞0，意味着模型能精准指导临床干预。尽管本研究取得了明确成果，但仍存在一定局限，如研究仅关注短期预后，未对患者长期预后进行随访等，今后将延长随访时间进一步验证。

综上所述，本研究结果为临床实践具有指导价值，对接受改良式神经介入取栓术的 LAA/CE 型急性脑梗死患者，建议将 NLR、D-D 作为常规监测指标，动态观察手术前后的变化，重点关注 NLR＞12.16、D-D＞2.19mg/L 的高危患者，结合术后 NIHSS 评分，采用列线图预测模型快速评估预后风险，对高风险患者及时采取强化抗炎、抗凝、神经保护等干预措施，从而降低预后不良发生风险。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献　钟裕：研究设计、病例收集、临床数据采集与整理、统计学分析、论文初稿撰写；陈丹霞：研究实施、实验室指标检测与质量控制、数据核对与整理、论文图表制作；朱钦辉：研究方案设计指导、统计学方法审核、列线图模型构建验证、论文修改与审阅；魏统国：研究选题与整体设计、研究实施全程监督、论文修改与最终审定、研究经费支持与项目管理。

参考文献

[1] Wang Y J，Li Z X，Gu H Q，et al. China Stroke Statistics 2019：A Report From the National Center for Healthcare Quality Management in Neurological Diseases，China National Clinical Research Center for Neurological Diseases，the Chinese Stroke Association，National Center for Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention，Chinese Center for Disease Control and Prevention and Institute for Global Neuroscience and Stroke Collaborations[J]. Stroke Vasc Neurol，2020，5(3)：211-239.

[2] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血

性脑卒中血管内治疗指南 2024[J]. 中华神经科杂志,2024,57 (8):785-802.

[3] Wei L,Zhu Y,Deng J,et al. Visualization of thrombus enhancement on thin-slab maximum Intensity Projection of CT angiography: an imaging sign for predicting stroke source and thrombus compositions[J]. Radiology,2021,298(2):374-381.

[4] 王浩,刘艳. 全身炎症指数对大血管闭塞取栓患者 6 个月预后的预测价值[J]. 生物医学检验杂志,2026,8 (5):41-45.

[5] 徐冬勤,何斌,刘强晖,等. 外周血 D-二聚体和中性粒细胞-淋巴细胞比值快速诊断急性脑梗死患者的价值[J/OL]. 中华卫生应急电子杂志,2020,6 (6):345-349. [2026-01-02]. http://dx. chinadoi. cn/10. 3877/cma. j. issn. 2095-9133. 2020. 06. 005.

[6] Rodrigues M,Cunha A,Figueiredo S,et al. Emergent carotid artery stenting in atherosclerotic disease of the internal carotid artery with tandem intracranial occlusion [J]. J Neurol Sci,2018,387:196-198.

[7] Emberson J,Lees K R,Lyden P,et al. Effect of treatment delay,age,and stroke severity on the effects ofintravenous thrombolysis with alteplase for acute ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from randomised trials[J]. Lancet,2014,384(9958):1929-1935.

[8] Li M. Nonlinear association between NLR and functional outcome post thrombectomy: a RCS analysis[J]. Front Neurol,2026,17:170384.

[9] 梁炳松,李育英,张岐平,等. 中性粒细胞和淋巴细胞比值联合梗死体积对老年人醒后卒中前循环取栓的预测价值[J]. 蚌埠医科大学学报,2025,50(10):1439-1444.

[10] Kwon S U,Kim B M,Lee J S,et al. D-dimer level after endovascular treatment can help predict outcome of acute ischemic stroke[J]. Yonsei Med J,2023,64 (4):447-454.

[11] Hou X,Zhang X. The value of combined detection D-dimer and NLR in judging the severity and short-term prognosis of acute cardiogenic cerebral embolism in elderly patients[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis,2024,33(8):107763.

[12] 王浩,李敏,张颖,等. THRIVE 评分、NLR 值、D-二聚体与急性脑梗死取栓患者预后的相关性[J]. 中国脑血管病杂志,2025,22 (2):89-95.

[13] Abbas N I,Sayed O,Samir S,et al. D-dimer level is correlated with prognosis,infarct size,and NIHSS in acute ischemic stroke patients[J]. Indian J Crit Care Med,2021,25(2):193-198.

[14] Guven H,Gokhan S. Distinct NLR and D-dimer profiles between LAA and cardioembolic ischemic stroke[J]. J Clin Lab Anal,2024,38 (9):e24612.

[15] Atam V,Jha M K,Gupta N K,et al. Association of D-dimer levels in acute ischaemic stroke patients at tertiary care centre in northern india: a prospective observational study[J]. Cureus,2025,17 (8):e46152.

[16] 杨华,李致文,曹明善,等. 纤维蛋白原、肿瘤坏死因子-α、D 二聚体可预测急性脑梗死患者溶栓后出血性转化的风险[J]. 内科急危重症杂志,2023,29(4):293-297.

[17] 周有婷,李志鹏,王嘉鹏. 急性脑梗死患者血清 CTRP-3、D-二聚体、sTREM2 水平及相关临床特征与溶栓后出血性转化的关系[J]. 中国现代医学杂志,2023,33(24):60-66.

[18] 陈峰,刘杰,赵亮,等. 急性脑梗死介入治疗后 RWD 序列梗死体积与临床预后的相关性研究[J]. 中华放射学杂志,2024,58 (10):1063-1068.

[19] 田凤,唐娟. 血 RDW、SUA 在老年急性脑梗死合并脑白质疏松症患者中的表达及与其认知功能的关系[J]. 农垦医学,2021,43 (2):118-121.

[20] Jazayeri S B,Ghozy S,Hemmeda L,et al. Risk of hemorrhagic transformation after mechanical thrombectomy without versus with Ⅳ thrombolysis for acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials[J]. AJNR Am J Neuroradiol,2024,45(9):1246-1252.

[21] 杨华,李致文. 纤维蛋白原、肿瘤坏死因子-α、D-二聚体可预测急性脑梗死患者溶栓后出血性转化的风险[J]. 内科急危重症杂志,2023,29 (4):293-297.

[22] 赵阳,孙伟,周涛,等. 急性脑梗死介入术后患者 NIHSS 评分动态变化与预后的关系[J]. 中华老年心脑血管病杂志,2024,26 (9):921-924.

[23] Wang Y,Li H,Zhang S,et al. Development and validation of a prognostic nomogram incorporating NIHSS,NLR,and D-dimer for acute stroke patients after thrombectomy [J]. Front Neurol,2023,14:1126789.

[24] 刘杰. 大动脉粥样硬化型脑梗死中性粒细胞与淋巴细胞比值 对静脉溶栓后出血转化的预测价值及神经功能预后的影响[J]. 安徽医药,2023,27(4):786-790.

[25] Zhou L,Chen Y,Li Z,et al. Baseline NIHSS score and postprocedural RDW lesion volume predict 90-day outcome after endovascular thrombectomy[J]. European Radiology,2022,32 (12):8367-8375.

[26] Zhang L,Wang Y,Liu X,et al. Prognostic value of neutrophil-to-lymphocyte ratio combined with NIHSS score in patients with acute ischemic stroke after endovascular treatment[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis,2020,29 (10):105089.

[27] 刘湧,王嘉妮. 动态监测血栓弹力图对重组组织型纤溶酶原激活剂联合尿激酶静脉溶栓治疗的急性缺血性脑卒中患者有预后评估意义[J]. 内科急危重症杂志,2022,28(1):61-64.

(收稿日期:2026-01-03 修回日期:2026-05-12)
(编辑:伍晓敏 陈秋莲)