

论 著

基于CT平扫与CT灌注成像参数及VEGF构建急性脑梗死患者溶栓后出血转化的预测模型*

夏厚栋 王东妮 邹红梅*

青岛大学附属青岛市第三人民医院放射科
(山东 青岛 266041)

【摘要】目的 基于CT平扫与CT灌注成像参数及血管内皮生长因子(VEGF)研究急性脑梗死(ACI)患者溶栓后出血转化(HT)危险因素,并构建预测模型。方法 选取青岛市第三人民医院2020年1月至2025年1月收治的ACI患者133例为研究对象,根据患者溶栓治疗后是否发生HT,将患者分为HT组(n=24例)和非HT组(n=109例)。比较两组基本临床资料,采用二元回归分析ACI患者溶栓后发生HT影响因素,构建风险预测模型,并用ROC分析模型预测价值。结果 两组梗死面积、达峰时间(TTP)、残余功能达峰时间(Tmax)和血清VEGF水平比较有差异($P<0.05$)。梗死面积、TTP、Tmax和血清VEGF水平为ACI患者溶栓后发生HT的独立危险因素($P<0.05$)。梗死面积、TTP、Tmax、VEGF、预测模型均可预测ACI患者溶栓后发生HT。AUC值分别为0.717、0.765、0.802、0.771、0.911,灵敏度分别为0.708、0.625、0.917、0.708、0.789,特异度分别为0.725、0.780、0.587、0.725、0.917。采用Bootstrap法($B=1000$)内部验证,C-index达到0.820,表明模型预测能力较强。结论 CT平扫与CT灌注成像参数及血清VEGF水平对ACI患者溶栓后发生HT评估有较高预测价值,梗死面积、TTP、Tmax、VEGF是ACI患者溶栓后发生HT的独立危险因素。基于四项因素构建列线图预测模型具有较高预测能力,对于临床评估ACI患者溶栓后发生HT情况具有重要意义,可以早期预测出血转化风险,指导个性化治疗,优化医疗资源配置,同时推动影像学术技术发展和深化对出血转化机制理解。

【关键词】CT平扫;CT灌注成像参数;
血管内皮生长因子;急性脑梗死;
溶栓;出血转化;预测模型

【中图分类号】R322.81

【文献标识码】A

【基金项目】2022年度山东省医药
科技项目(202205031069)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.07.003

To Construct a Prediction Model for Hemorrhagic Transformation in Patients with Acute Cerebral Infarction after Thrombolysis Based on CT Plain Scan, CT Perfusion Imaging Parameters and VEGF*

XIA Hou-dong, WANG Dong-ni, ZOU Hong-mei*

Department of Radiology, The Affiliated Qingdao Third People's Hospital of Qingdao University, Qingdao 266041, Shandong Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the risk factors of hemorrhagic transformation (HT) in patients with acute cerebral infarction (ACI) after thrombolysis based on CT plain scan, CT perfusion imaging parameters and vascular endothelial growth factor (VEGF), and to construct a prediction model. **Methods** A total of 133 patients with ACI admitted to the Qingdao Third People's Hospital from January 2020 to January 2025 were selected as the research objects. According to whether HT occurred after thrombolytic therapy, the patients were divided into HT group ($n=24$ cases) and non-HT group ($n=109$ cases). The basic clinical data of the two groups were compared, and the influencing factors of HT in ACI patients after thrombolysis were analyzed by binary regression to construct a risk prediction model, and the predictive value of the model was analyzed by ROC. **Results** There were significant differences in infarct size, time to peak (TTP), time to peak (Tmax) and serum VEGF levels between the two groups ($P<0.05$). The infarct size, TTP, Tmax and serum VEGF level were independent risk factors for HT in ACI patients after thrombolysis ($P<0.05$). Infarct size, TTP, Tmax, VEGF and the prediction model can predict the occurrence of HT in ACI patients after thrombolysis. AUC values were 0.717, 0.765, 0.802, 0.771 and 0.911, the sensitivity was 0.708, 0.625, 0.917, 0.708 and 0.789, and the specificity was 0.725, 0.780, 0.587, 0.725 and 0.917, respectively. The Bootstrap method ($B=1000$) was used for internal verification, and the C-index reached 0.820, indicating that the prediction ability of the model was strong. **Conclusion** CT plain scan and CT perfusion imaging parameters and serum VEGF level have high predictive value for HT in patients with ACI after thrombolysis. Infarct size, TTP, Tmax and VEGF are independent risk factors for HT in patients with ACI after thrombolysis. The nomogram prediction model based on the four factors has a high predictive ability, which is of great significance for clinical evaluation of HT in ACI patients after thrombolysis. It can predict the risk of HT early, guide personalized treatment, optimize the allocation of medical resources, promote the development of imaging technology and deepen the understanding of the mechanism of HT.

Keywords: Plain CT Scan; CT Perfusion Imaging Parameters; Vascular Endothelial Growth Factor; Acute Cerebral Infarction; Thrombolysis; Hemorrhagic Transformation; Prediction Model

急性脑梗死(ACI)作为卒中中主要亚型,不仅是全球第二大死亡原因,且发病率持续攀升,我国每年新发患者超过200万,致残率高达75%,其起病急骤、进展迅猛的临床特征与高致残率形成双重挑战,严重威胁患者生命健康及生活质量^[1]。静脉溶栓是其治疗的关键手段,但治疗时间窗窄且出血转化(HT)风险大,HT是溶栓后严重并发症,会增大死亡风险,其病理机制复杂^[2]。既往研究依赖CT平扫或单一检测血管内皮生长因子(VEGF),忽视多模态参数整合^[3]。HT病理有动态特征,单一模态难捕捉。本研究基于“结构-功能-分子”理念,整合CT形态学等构建多维度预测模型,突破传统模式,为临床提供决策工具,推动卒中精准医疗转型,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2020年1月至2025年1月青岛市第三人民医院收治的ACI患者。

纳入标准:符合文献^[4]中的ACI诊断标准;发病时间在4.5h内并接受静脉溶栓治疗;溶栓前完成基线CT平扫及CT灌注成像检查,且影像学检查质量符合分析要求;溶栓后24~72h内完成至少1次复查CT以评估出血转化;参与研究对象家属知晓并签署同意书。排除标准:既往有颅内出血史、动静脉畸形、颅内肿瘤或蛛网膜下腔出血者;合并严重肝、肾功能不全、凝血功能障碍等;3个月内接受过大手术或存在活动性内脏出血;存在其他溶栓禁忌症以及影像学检查禁忌。最终入组病例数133例,其中HT组($n=24$),男性14例,女性10例,年龄47~83岁,平均(67.56 ± 6.61)岁;非HT组($n=109$),男性62例,女性47例,年龄45~79岁,平均(65.48 ± 6.12)岁。研究通过医院伦理委员会批准。

1.2 观察指标及方法

1.2.1 溶栓治疗以及溶栓后HT情况判断 对发病 ≤ 4.5 h、无溶栓及凝血障碍禁忌证的ACI患者,立即行静脉溶栓,首选重组组织型纤溶酶原激活剂(rt-PA),按 0.9mg/kg ($\leq 90\text{mg}$)给药,10%剂量1min推注,余90%持续60min泵入。溶栓时持续心电监护,每15min测血压(收缩压 $\leq 180\text{mmHg}$ 、舒张压 $\leq 105\text{mmHg}$),每30min评NIHSS评分,监

【第一作者】夏厚栋,男,主治医师,主要研究方向:胸部影像诊断、非血管介入诊疗。E-mail: ylxqd666@163.com

【通讯作者】邹红梅,女,副主任医师,主要研究方向:神经影像诊断、非血管介入诊疗。E-mail: zouhm2025@163.com

测颅内出血。溶栓后24 h行颅脑CT复查，影像学示出血转化确立HT诊断，采用双盲法由两名影像医师独立阅片，至少一名发现出血征象并经上级医师确认则判定为HT。

1.2.2 临床资料 收集本院信息系统中患者临床基线数据，包括性别、年龄、高血压史、2型糖尿病史、吸烟史、溶栓前NIHSS评分等。

1.2.3 CT平扫与CT灌注成像等影像学检查 CT平扫采用GE Optima CT680(宝石能谱CT)设备，设置管电压120 kVp、自动mA调制(噪声指数NI=12)，以5 mm层厚/层距从颅底至颅顶连续扫描。图像重建采用标准脑窗(窗宽80 HU，窗位40 HU)及骨窗，用于排除出血性病变。CT灌注成像：使用与平扫相同的设备，配备Medrad Stellant D高压注射器。注射碘帕醇(370 mgI/mL，上海博莱科)，剂量按体重调整(50 mL或60 mL)，流速5 mL/s。扫描采用连续容积扫描模式(40次循环，总时长45s)，参数设为管电压80 kVp、管电流200 mA、层厚5 mm。通过后使用处理软件(GE AW Suite 3.2)自动生成脑血流量(CBF)等参数图，用于定

量评估脑组织灌注状态。在伪彩图上勾画感兴趣区(ROI)，计算具体数值。最终得出下列影像组学数据：梗死面积、达峰时间(TTP)、残余功能达峰时间(Tmax)、CBF、脑血容量(CBV)、平均通过时间(MTT)、相对达峰时间(rTTP)、相对残余功能达峰时间(rTmax)、相对脑血流量(rCBF)、相对脑血容量(rCBV)、相对平均通过时间(rMTT)。基于上述CT平扫与灌注成像扫描方案及后处理技术，对以下某76岁男性ACI患者进行检查。患者详细资料：双下肢麻木无力1 d以上，右侧大脑中动脉(MCA)供血区灌注异常，双侧颈内动脉起始段斑块形成并狭窄，最窄处右侧达90%，左侧达70%~80%。如图1A~图1C分别为该患者溶栓前增强CT灌注图像以及CT平扫图像、溶栓1 d后复查CT平扫图像。

1.2.4 生物标志物采集 溶栓前采集患者静脉血3 mL，离心分离上清。使用酶联免疫吸附试验法(ELISA)检测VEGF，采用Human VEGF Quantikine ELISA Kit试剂盒。

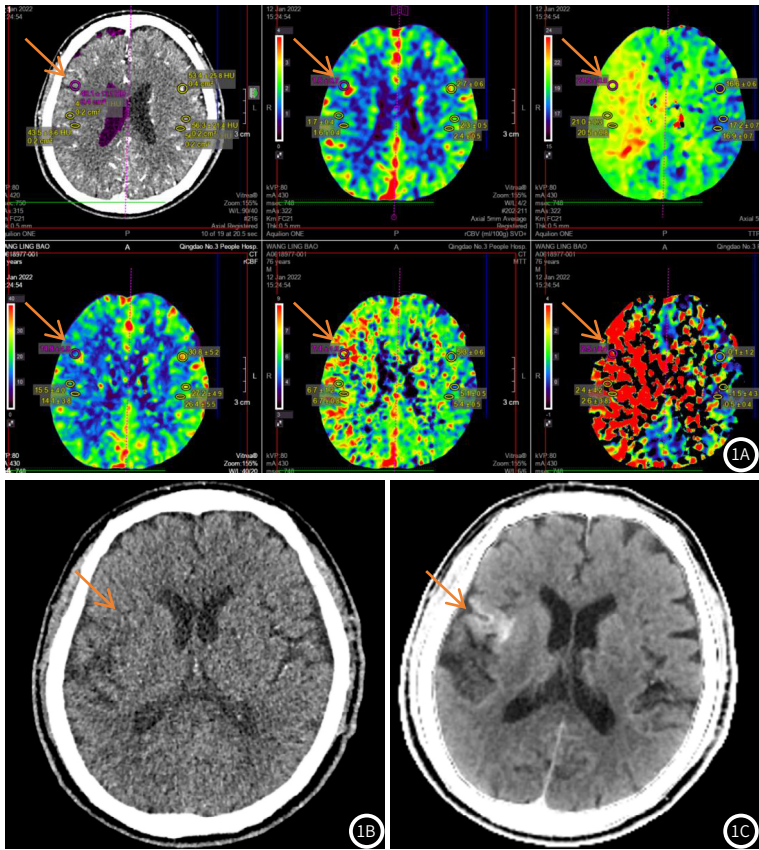


图1A(增强CT灌注图像)所示，右侧颞叶区(MCA供血区域)CBF及CBV明显低于左侧颞叶正常脑组织区域，TTP、Tmax及MTT高于对侧区域，提示右侧颞叶脑梗死；
图1B(溶栓前CT平扫图像)所示，患者右侧颞叶区溶栓之前密度略减低，未见明显异常高密度影；
图1C(溶栓1d后复查CT平扫图像)显示，溶栓后右侧颞叶区域见少许条状略高密度影，提示溶栓后少许出血可能。

1.3 统计学方法 运用SPSS 28.0统计软件包处理数据，计数资料以n(%)表示，行 χ^2 检验；计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，行t检验，以 $P < 0.05$ 为有差异；经单因素分析筛选ACI患者溶栓后发生HT的独立危险因素，再用二元Logistic回归模型做多因素分析，构建列线图风险预测模型。建立ROC曲线，分析梗死面积、TTP、Tmax、VEGF及列线图风险预测模型对ACI患者溶栓后发生HT的预测价值。用rms包绘制列线图风险预测模型和校准曲线，用rmda包绘制临床决策曲线，检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结 果

2.1 ACI患者溶栓后HT单因素分析 单因素分析结果显示，两组在梗死面积、TTP、Tmax和血清VEGF水平方面比较有差异

($P < 0.05$)；在其他方面比较无差异($P > 0.05$)。见表1。

2.2 单因素筛选 将梗死面积、TTP、Tmax、VEGF分别进行单因素回归分析，结果显示，上述四项因素均为ACI患者溶栓后HT可疑危险因素($P < 0.05$)。见表2。

2.3 多因素分析 将组别作为因变量，梗死面积、TTP、Tmax、VEGF作为自变量，并对变量进行赋值，进行二元Logistic回归分析。分析显示，梗死面积、TTP、Tmax、VEGF是ACI患者溶栓后HT独立危险因素($P < 0.05$)。见表3~4。

2.4 列线图风险预测模型构建 基于表4危险因素构建ACI患者溶栓后HT列线图风险预测模型，见图2。

2.5 ROC曲线分析预测价值 ROC曲线分析显示，梗死面积、TTP、Tmax、VEGF、列线图风险预测模型均可预测ACI患者溶栓

后HT，曲线下面积(AUC)分别为0.717、0.765、0.802、0.771、0.911，灵敏度分别为0.708、0.625、0.917、0.708、0.789，特异度分别为0.725、0.780、0.587、0.725、0.917。详见表5、图3。

采用Bootstrap法(B=1000)实施内部验证，结果显示，C-index达到0.820，表明模型预测能力较强。详见图4~5。

表1 两组ACI患者溶栓后HT影响因素单因素分析

指标	类别	HT组 (n=24)	非HT组 (n=109)	χ^2/t 值	P值
性别[n(%)]	男	14(58.33)	62(56.88)	0.017	0.896
	女	10(41.67)	47(43.12)		
年龄(岁)		67.56±6.61	65.48±6.12	1.486	0.140
体重指数(kg/m ²)		24.43±2.59	23.77±2.64	1.112	0.268
高血压史[n(%)]	合并	13(54.17)	56(51.38)	0.061	0.804
	未合并	11(45.83)	53(48.62)		
2型糖尿病史[n(%)]	合并	7(29.17)	26(23.85)	0.298	0.585
	未合并	17(70.83)	83(76.15)		
吸烟史[n(%)]	有	9(37.50)	51(46.79)	0.685	0.408
	无	15(62.50)	58(53.21)		
溶栓前NIHSS评分(分)		9.38±2.45	8.69±1.43	1.849	0.067
梗死面积[n(%)]	<1/3MCA	7(29.17)	79(72.48)	16.146	<0.001
	≥1/3MCA	17(70.83)	30(27.52)		
TTP(s)		25.31±4.19	21.48±3.13	5.085	<0.001
Tmax(s)		12.40±3.17	9.19±2.52	5.381	<0.001
CBF(mL/min·100g)		18.95±5.26	19.27±5.54	-0.258	0.797
CBV(mL/100g)		2.69±0.67	2.87±0.65	-1.221	0.224
MTT(s)		13.91±4.29	12.54±4.02	1.493	0.138
rTTP		1.55±0.28	1.48±0.23	1.296	0.197
rTmax		5.28±1.04	5.25±1.09	0.123	0.902
rCBF		0.51±0.16	0.53±0.16	-0.554	0.580
rCBV		1.07±0.27	1.13±0.24	-1.084	0.280
rMTT		3.16±0.95	2.94±0.73	1.262	0.209
VEGF(pg/mL)		204.63±34.27	172.50±31.38	4.466	<0.001

表2 ACI患者溶栓后HT危险因素单因筛选

变量	β	SE	Wald	P	OR(95%CI)
梗死面积	1.856	0.498	13.902	<0.001	6.395(2.411~16.962)
TTP	0.296	0.071	17.255	<0.001	1.345(1.169~1.547)
Tmax	0.465	0.109	18.089	<0.001	1.592(1.285~1.973)
VEGF	0.100	0.026	15.290	<0.001	1.106(1.050~1.163)

表3 变量赋值表

变量	名称	赋值
因变量	组别	1=HT组, 2=非HT组
自变量	梗死面积	1=<1/3MCA, 2=≥1/3MCA
	TTP	计量数据, 按实际数据输入
	Tmax	计量数据, 按实际数据输入
	VEGF	计量数据, 按实际数据输入

表4 ACI患者溶栓后HT危险因素多因素分析

自变量	β	SE	Wald	P	OR(95%CI)
梗死面积	1.622	0.638	6.461	0.011	5.061(1.449~17.672)
TTP	0.217	0.096	5.055	0.025	1.242(1.028~1.500)
Tmax	0.374	0.115	10.502	0.001	1.454(1.159~1.823)
VEGF	0.027	0.011	5.809	0.016	1.027(1.005~1.050)

表5 ROC曲线分析预测价值

检验变量	AUC	SE	P	95%CI	cut-off值	约登指数	灵敏度	特异度
梗死面积	0.717	0.059	0.001	0.600~0.833	1.500	0.433	0.708	0.725
TTP	0.765	0.056	<0.001	0.656~0.873	23.535	0.405	0.625	0.780
Tmax	0.802	0.052	<0.001	0.699~0.904	9.745	0.504	0.917	0.587
VEGF	0.771	0.054	<0.001	0.665~0.876	190.135	0.433	0.708	0.725
列线图风险预测模型	0.911	0.034	<0.001	0.844~0.977	0.889	0.706	0.789	0.917

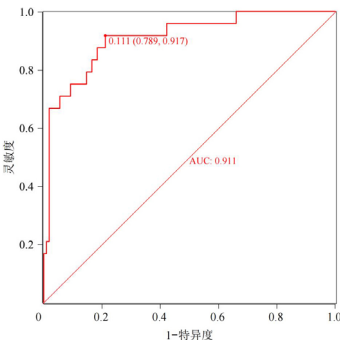
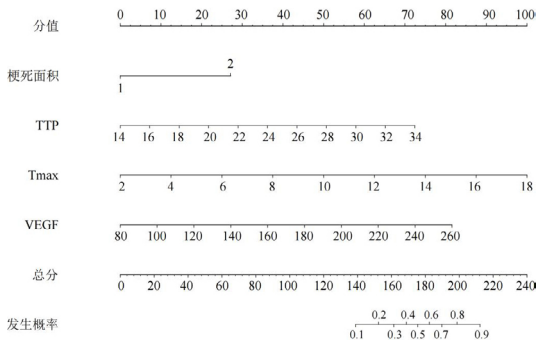


图2 列线图风险预测模型构建。图3 列线图风险预测模型ROC曲线。

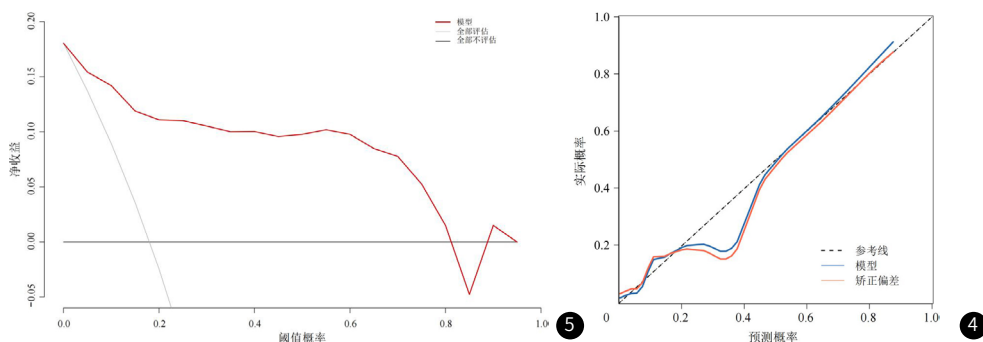


图4 列线图风险预测模型校准曲线。图5 列线图风险预测模型决策曲线。

3 讨论

ACI作为缺血性卒中最常见类型，占全部卒中80%以上，其病理基础是脑血管急性闭塞导致供血区域脑组织缺血坏死^[5]。溶栓治疗作为目前最有效再灌注手段，通过静脉或动脉途径给予rt-PA等药物溶解血栓，恢复血流灌注^[6]。然而，溶栓后HT作为严重并发症，发生率约为18%~40%，显著影响患者预后。HT根据临床表现可分为症状性出血和影像学出血。其病理机制复杂，涉及再灌注损伤引发的氧化应激、炎症反应、血管内皮损伤及血脑屏障破坏，导致红细胞外渗至脑组织^[7]。因此，早期识别HT高危患者，对改善ACI患者预后具有重要意义。针对HT发生机制及预测需求，既往研究多聚焦于单一影像参数或生化指标，难以全面揭示其复杂病理生理过程。而本研究创新性整合CT平扫、CT灌注成像及VEGF这一血管通透性关键调控因子，构建多模态预测模型。与单纯依赖影像学或生物学指标相比，本模型通过多维度数据融合，为HT风险分层及个体化治疗决策提供更具科学性的工具。

本研究通过对133例ACI患者分析发现，其中溶栓后发生HT患者24例(18.05%)，未发生HT患者109例(81.95%)，溶栓后发生HT组患者梗死面积 $\geq 1/3$ MCA占比、TTP、Tmax、VEGF均高于非HT组。以上四项均是ACI患者溶栓后HT危险因素。这与杨莹莹等^[8]研究不一致，其研究显示基线NIHSS评分、CT早期梗死面积、中性粒细胞与淋巴细胞比值以及溶栓药物剂量为ACI患者溶栓后HT危险因素。与本研究结果不一致的原因主要为研究设计差异，本研究创新性地采用CT平扫与CT灌注成像联合评估，这种多模态影像学方法能够同时获取脑组织形态学信息及血流动力学参数。CT平扫明确梗死面积时，以MCA供血区1/3为分界，更精准量化梗死范围；而CT灌注成像提供的TTP、Tmax参数，可动态反映缺血半暗带血流灌注状态及侧支循环代偿能力。这种联合评估方式相较于单一CT早期梗死面积评估，能更全面地捕捉HT发生病理生理基础。

梗死面积 $\geq 1/3$ MCA是ACI患者溶栓后HT的危险因素。因梗死范围超MCA供血区1/3时，脑组织缺血缺氧加剧，触发炎症级联反应，中性粒细胞激活并释放炎症介质，破坏血脑屏障；大面积梗死致血管调节能力丧失，溶栓再灌注引发血管源性水肿，红细胞渗出；梗死区域代谢产物蓄积加剧血管内皮损伤，形成恶性循环。多机制协同构成HT发生发展的病理生理学基础，凸显梗死面积在HT预测中的核心地位^[9]。TTP延长是ACI患者溶栓后HT的重要预测因子，病理机制涉多重环节。TTP延长反映侧支循环代偿不足，使缺血区侧支血流难维脑组织灌注，致微循环阻力增、血流缓，降低灌注效率^[10]。溶栓再灌注时，长期低灌注的缺血区血管内皮细胞功能障碍，再灌注引发氧自由基爆发、钙超载，激活细胞信号通路，加重血管内皮损伤，使血管通透性增，血浆蛋白和红细胞渗出，形成血管源性水肿与出血转化，促HT发生^[11]。Tmax延长是ACI患者溶栓后HT的独立危险因素，与雷爱春等^[12]研究结果相似，其反映脑组织灌注压下降、静脉回流受阻的病理状态，会致缺血区血管床压力梯度异常^[13]。溶栓再灌注时血流冲击易使受损血管内皮破裂，且常与脑水肿并存，形成“水肿-压力升高-血管破裂-出血”恶性循环，是HT发生的重要病理基础，为临床监测干预

提供靶点。VEGF是调控血管通透性的核心因子，在ACI患者溶栓后HT发生中起关键作用。其通过激活磷脂酰肌醇-3激酶(PI3K)/蛋白激酶B(AKT)信号通路使内皮细胞收缩、上调MMPs降解血管基底膜，破坏血脑屏障；再灌注损伤激活该通路形成正反馈，VEGF还诱导异常新生血管，易破裂出血，与脑水肿相互促进^[14]。VEGF与Notch信号通路交互作用削弱血管稳定，协同TNF- α 激活NF- κ B通路放大炎症。靶向VEGF受体2(VEGFR-2)的单克隆抗体可缓解HT，这些机制构成VEGF驱动HT的多维病理网络^[15]。

综上所述，梗死面积、TTP、Tmax、VEGF是ACI患者溶栓后发生HT独立危险因素。基于上述四项因素构建列线图预测模型具有较高预测能力，对于临床评估ACI患者溶栓后发生HT情况具有重要意义。

参考文献

- [1] Tabac B, Dickstein L, Gurnea K, et al. Follow-up imaging after thrombolysis: FIAT, a randomized trial[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2023, 32(6): 107092.
- [2] Qu XF, Xu YY, Wang LL, et al. Analysis of relevant factors affecting the prognosis of mechanical thrombectomy in patients with acute posterior circulation large vessel occlusion cerebral infarction[J]. Neuroradiology, 2024, 66(12): 2253-2260.
- [3] Liu F, Jin M, Zhang Z, et al. Platelet-to-neutrophil ratio is related to hemorrhagic transformation in patients with acute cerebral infarction[J]. Neurologist, 2022, 27(5): 230-234.
- [4] 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.
- [5] Chen CH, Shoamanesh A, Colorado P, et al. Hemorrhagic transformation in noncardioembolic acute ischemic stroke: MRI analysis from PACIFIC-STROKE[J]. Stroke, 2024, 55(6): 1477-1488.
- [6] Liu L, Luo GQ, Liu Q, et al. Hemorrhagic risk factors after rt PA thrombolysis in acute cerebral infarction[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2023, 27(12): 5542-5551.
- [7] Fu YM, Zheng SH, Kong HM, et al. Clinical value of combined detection of UA and MMP-9 in evaluating bleeding transformation and prognosis after thrombolysis in acute cerebral infarction[J]. Appl Biochem Biotechnol, 2022, 194(11): 5236-5254.
- [8] 杨莹莹, 吕凤华, 杨风刚, 等. 急性脑梗死患者溶栓后再出血转化风险的预测模型及验证[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2024, 27(10): 1279-1283.
- [9] 徐伟, 李辉萍, 王振, 等. 老年急性脑梗死患者静脉溶栓后不良结局的预测模型的研究[J]. 中华老年医学杂志, 2022, 41(11): 1303-1309.
- [10] 包婉秋, 彭霞, 张春霞, 等. 非增强CT纹理特征对超急性期脑梗死溶栓后出血转化的预测价值[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2022, 20(2): 122-127.
- [11] 闫春春, 姬若诗, 徐鹏. CT纹理分析联合机器学习对急性脑梗死出血性转化的预测价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(8): 162-165.
- [12] 雷爱春, 储燕, 杨雷, 等. 基于CT灌注成像参数构建急性脑梗死患者溶栓治疗后出血转化风险预测列线图模型[J]. 实用心脑血管病杂志, 2023, 31(11): 20-24.
- [13] Qiu T, Feng H, Shi Q, et al. Dual-energy computed tomography (DECT) predicts the efficacy of contrast medium extravasation and secondary cerebral hemorrhage after stent thrombectomy in acute ischemic cerebral infarction[J]. Biotechnol Genet Eng Rev, 2024, 40(1): 202-216.
- [14] 钟凯, 毛炜, 周强. CT灌注成像参数与血清CTRP-3、LDL-C及MMP-9对急性脑梗死后出血转化的评价[J]. 中国医学装备, 2023, 20(12): 62-66.
- [15] 王文文, 邵彦江, 马琪, 等. 替罗非班通过SIRT1/VEGF信号通路减轻急性脑梗死大鼠神经元损伤[J]. 海军军医大学学报, 2023, 44(6): 672-678.

(收稿日期: 2025-01-18)

(校对编辑: 翁佳鸿、韩敏求)