

## · 脑卒中专题研究 ·

# 基于 CT 灌注成像参数构建急性脑梗死患者溶栓治疗后发生出血转化风险预测列线图模型



扫描二维码  
查看更多

雷爱春<sup>1</sup>, 储燕<sup>2</sup>, 杨雷<sup>1</sup>, 李其元<sup>3</sup>

**【摘要】 目的** 基于CT灌注成像参数构建急性脑梗死（ACI）患者溶栓治疗后发生出血转化风险预测列线图模型。**方法** 选取2019年10月至2023年1月淮安市淮安医院收治的263例ACI患者为研究对象，根据溶栓治疗后是否发生出血转化将其分为无出血转化组（ $n=207$ ）和出血转化组（ $n=56$ ）。收集患者临床资料和CT灌注成像参数，采用单因素分析和多因素Logistic回归分析探讨ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的影响因素；采用R语言中的“rms”程序包构建ACI患者溶栓治疗后发生出血转化风险预测列线图模型，并绘制ROC曲线以评估该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的区分度，采用Bootstrap法及校准曲线验证该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的准确性。**结果** 无出血转化组与出血转化组脑梗死面积、达峰时间（TTP）、血流峰值时间（Tmax）、表面渗透性（PS）、相对表面渗透性（rPS）比较，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ）。多因素Logistic回归分析结果显示，脑梗死面积、TTP、Tmax、PS、rPS是ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的独立影响因素（ $P<0.05$ ）。基于多因素Logistic回归分析结果，构建ACI患者溶栓治疗后发生出血转化风险预测列线图模型。ROC曲线分析结果显示，该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的AUC为0.958 [95%CI (0.929, 0.987)]，最佳截断值为0.275，灵敏度为92.97%，特异度为89.98%；采用Bootstrap法将原始数据重复抽样100次进行内部验证，C指数为0.829；校准曲线分析结果显示，该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后出血转化发生率与实际发生率接近。**结论** 大面积脑梗死、TTP、Tmax、PS、rPS是ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的独立影响因素，而基于上述影响因素构建的ACI患者溶栓治疗后发生出血转化风险预测列线图模型具有较高的区分度和准确性。

**【关键词】** 脑梗死；出血转化；溶栓治疗；CT灌注成像；列线图

**【中图分类号】** R 743.33 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2023.00.294

**Construction of Nomograph Model for Predicting the Risk of Hemorrhagic Transformation after Thrombolytic Therapy in Patients with Acute Cerebral Infarction Based on Parameters of CT Perfusion Imaging** LEI Aichun<sup>1</sup>, CHU Yan<sup>2</sup>, YANG Lei<sup>1</sup>, LI Qiyuan<sup>3</sup>

1.Department of Imaging, Huai'an Huai'an Hospital, Huaian 223200, China

2.Department of Neurology, Huai'an Huai'an Hospital, Huaian 223200, China

3.Department of Ultrasound, Huai'an Huai'an Hospital, Huaian 223200, China

Corresponding author: CHU Yan, E-mail: 329887481@qq.com

**【Abstract】 Objective** To construct a nomograph model for predicting the risk of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in patients with acute cerebral infarction (ACI) based on parameters of CT perfusion imaging. **Methods**

A total of 263 patients with ACI admitted to Huai'an Huai'an Hospital from October 2019 to January 2023 were included as the study subjects. According to whether there was hemorrhagic transformation after thrombolysis, 207 patients were included into non-hemorrhagic transformation group and 56 patients were included into hemorrhagic transformation group. The clinical data and CT perfusion imaging parameters of patients were collected. Univariate analysis and multivariate Logistic regression analysis were used to analyze the influencing factors of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients. The "rms" package in R language was used to construct a nomogram model for predicting the risk of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients, and the ROC curve was drawn to evaluate the discrimination of the nomogram model in predicting hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients. Bootstrap method and calibration curve were used to verify the accuracy of the nomogram model in predicting hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI

基金项目：江苏省自然科学基金资助项目（20KJB520008）

作者单位：1.223200江苏省淮安市淮安医院影像科 2.223200江苏省淮安市淮安医院神经内科 3.223200江苏省淮安市淮安医院超声科

通信作者：储燕，E-mail: 329887481@qq.com

patients. **Results** There were significant differences in cerebral infarction area, time to peak (TTP), time to maximum (Tmax), surface permeability (PS) and relative surface permeability (rPS) between the non-hemorrhagic transformation group and the hemorrhagic transformation group ( $P < 0.05$ ). Multivariate Logistic regression analysis showed that cerebral infarction area, TTP, Tmax, PS and rPS were independent influencing factors of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients ( $P < 0.05$ ). Based on the results of multivariate Logistic regression analysis, a nomogram model for predicting the risk of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients was constructed. The results of ROC curve analysis showed that the AUC of the nomogram model for predicting hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients was 0.958 [95%CI (0.929, 0.987)], the optimal cut-off value was 0.275, the sensitivity was 92.97%, and the specificity was 89.98%. Bootstrap method was used to repeatedly sample the original data for 100 times for internal verification, and the C index was 0.829. The results of calibration curve analysis showed that the incidence of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients predicted by the nomogram model was close to the actual incidence. **Conclusion** The cerebral infarction area, TTP, Tmax, PS and rPS are independent influencing factors of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients. The nomogram model for predicting the risk of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients constructed based on the above influencing factors has high discrimination and accuracy.

**【Key words】** Brain infarction; Hemorrhagic transformation; Thrombolytic therapy; CT perfusion imaging; Nomograms

出血转化是急性脑梗死 (acute cerebral infarction, ACI) 后因血管损伤和血液再灌注引起的颅内出血, 作为ACI最严重的并发症之一, 其发生率为0.6%~85.0%, 而ACI患者溶栓治疗后出血转化发生率为10.0%~48.0%<sup>[1-2]</sup>。研究表明, 出血转化可导致ACI患者病情加重甚至死亡, 故寻找并早期干预ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的危险因素可有效改善患者预后<sup>[3]</sup>。既往研究结果显示, 美国国立卫生研究院卒中量表 (National Institute of Health Stroke Scale, NIHSS) 评分、脑梗死面积、心房颤动病史是ACI患者机械取栓治疗后发生出血转化的影响因素<sup>[4]</sup>。此外, CT等影像学检查是评估ACI患者发生出血转化的有效方式, 但将CT灌注成像参数用于预测出血转化的研究少见。本研究基于CT灌注成像参数构建ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的风险预测列线图模型, 以期辅助临床医生筛选出血转化风险高的ACI患者。

## 1 对象与方法

**1.1 研究对象** 选取2019年10月至2023年1月淮安市淮安医院收治的263例ACI患者为研究对象, 均符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018》<sup>[5]</sup>中ACI的诊断标准, 且经颅脑CT或MRI检查证实。纳入标准: (1) 伴有脑功能损伤体征超过1 h且呈持续性进展, 有明确的神经功能障碍者; (2) 发病至入院时间 $<4.5$  h者。排除标准: (1) 有抗凝药治疗史者; (2) 近3个月内有心肌梗死、脑梗死、脑外伤史或行重大手术者; (3) 合并严重代谢紊乱疾病、感染性疾病、血液系统疾病或恶性肿瘤者; (4) 有影像学检查禁忌证或溶栓治疗禁忌证者。以溶栓治疗后24~36 h颅脑CT检查显示发生脑出血定义为出血转化, 根据溶栓治疗后是否发生出血转化将所有患者分为无出血转化组 ( $n=207$ ) 和出血转化组 ( $n=56$ )。本研究通过淮安市淮安医院伦理委员会审核批准。

## 1.2 研究方法

**1.2.1 临床资料收集** 收集患者的临床资料, 包括年龄、性别、既往病史 (包括高血压、高脂血症、糖尿病、心房颤动史)、有无阿司匹林治疗史、有无吸烟史、发病至溶栓治疗时间、溶栓前NIHSS评分、重组组织型纤溶酶原激活物 (recombinant tissue plasminogen activator, rt-PA) 使用剂量、

脑梗死面积 [分为中小面积 (病灶累及 $\leq 2$ 个解剖部位, 且梗死灶直径 $<3$  cm) 和大面积 (病灶累及 $>2$ 个解剖部位, 且梗死灶直径 $\geq 3$  cm)]。

**1.2.2 影像学检查** 患者入院后分别进行颅脑CT平扫、CT灌注成像检查, 所用仪器为GE Revolution CT机。CT平扫参数: 电流100 mA, 电压120 kV, 层间距5 mm, 层厚5 mm。CT灌注成像参数: 电流100 mA, 电压80 kV, 层厚5 mm, 扫描视野220 mm $\times$ 220 mm, 矩阵512 $\times$ 512, 准直120.000 mm $\times$ 0.625 mm。通过患者肘静脉注射非离子型造影剂碘普罗胺40 ml, 注射速度为4 ml/s, 5 s后开始扫描, 20个循环共45 s。检查结束后将CT灌注原始容积的数据导入后处理工作站, 选择健侧大脑中动脉作为输入动脉, 由2名具有5年以上神经系统诊断经验的医师采用双盲法勾画感兴趣区 (以梗死灶为中心的区域, 需避开大脑沟回和血管), 记录达峰时间 (time to peak, TTP)、血流峰值时间 (time to maximum, Tmax)、平均通过时间 (mean transit time, MTT)、脑血容量 (cerebral blood volume, CBV)、脑血流量 (cerebral blood flow, CBF)、表面渗透性 (permeability surface, PS), 于Tmax图中患侧最大层面手动勾画感兴趣区, 同时取其对侧为镜像区域, 计算相对达峰时间 (relative time to peak, rTTP)、相对血流峰值时间 (relative time to maximum, rTmax)、相对平均通过时间 (relative mean transit time, rMTT)、相对脑血容量 (relative cerebral blood volume, rCBV)、相对脑血流量 (relative cerebral blood flow, rCBF)、相对表面渗透性 (relative permeability surface, rPS)。

**1.3 统计学方法** 应用SPSS 25.0统计学软件进行数据处理。计量资料经Kolmogorov-Smirnov检验和Levene方差齐性检验, 均符合正态分布且方差齐, 以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示, 两组间比较采用独立样本 $t$ 检验; 计数资料以相对数表示, 组间比较采用 $\chi^2$ 检验; ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的影响因素分析采用单因素分析和多因素Logistic回归分析, 采用R语言中的“rms”程序包构建ACI患者溶栓治疗后发生出血转化风险预测列线图模型, 并绘制ROC曲线以评估该列线图模型预测ACI

患者溶栓治疗后发生出血转化的区分度,采用Bootstrap法及校准曲线验证该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的准确性。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 ACI患者溶栓治疗后发生出血转化影响因素的单因素分析 无出血转化组与出血转化组年龄、性别和有高血压史、有高血脂症史、有糖尿病史、有心房颤动史、有阿司匹林治疗史、有吸烟史者占比及发病至溶栓治疗时间、溶栓前NIHSS评分、rt-PA使用剂量、MTT、CBV、CBF、rTTP、rTmax、rMTT、rCBV、rCBF比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ );无出血转化组与出血转化组脑梗死面积、TTP、PS、Tmax、rPS比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),见表1。

**表1** ACI患者溶栓治疗后发生出血转化影响因素的单因素分析  
**Table 1** Univariate analysis of influencing factors of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients

项目	无出血转化组 (n=207)	出血转化组 (n=56)	$t(\chi^2)$ 值	P值
年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	60.2±8.9	60.6±9.1	0.230	0.818
性别(男/女)	114/93	35/21	0.990 <sup>a</sup>	0.320
高血压史[n(%)]	123(59.4)	34(60.7)	0.031 <sup>a</sup>	0.861
高血脂症史[n(%)]	102(49.3)	29(51.8)	0.111 <sup>a</sup>	0.739
糖尿病史[n(%)]	52(25.1)	18(32.1)	1.113 <sup>a</sup>	0.291
心房颤动史[n(%)]	69(33.3)	20(35.7)	0.112 <sup>a</sup>	0.738
阿司匹林治疗史[n(%)]	40(19.3)	14(25.0)	0.870 <sup>a</sup>	0.351
吸烟史[n(%)]	96(46.4)	26(46.4)	0.000 <sup>a</sup>	0.995
发病至溶栓时间( $\bar{x}\pm s$ ,h)	2.79±0.49	2.92±0.57	1.699	0.090
溶栓前NIHSS评分( $\bar{x}\pm s$ ,分)	11.5±1.3	11.6±1.4	0.827	0.409
rt-PA使用剂量[n(%)]			0.038 <sup>a</sup>	0.846
低剂量	88(42.5)	23(41.1)		
标准剂量	119(57.5)	33(58.9)		
脑梗死面积[n(%)]			91.917 <sup>a</sup>	<0.001
中小面积	174(84.1)	10(17.9)		
大面积	33(15.9)	46(82.1)		
TTP( $\bar{x}\pm s$ ,s)	20.01±4.02	24.54±5.67	6.805	<0.001
Tmax( $\bar{x}\pm s$ ,s)	8.96±2.01	12.19±3.30	9.157	<0.001
MTT( $\bar{x}\pm s$ ,s)	12.49±4.63	13.84±4.31	1.964	0.051
CBV( $\bar{x}\pm s$ ,ml/100g)	2.84±0.79	2.69±0.71	1.287	0.199
CBF( $\bar{x}\pm s$ ,ml·100g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	19.15±6.31	18.94±6.23	0.222	0.825
PS( $\bar{x}\pm s$ ,ml·100g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	1.39±0.26	1.74±0.42	7.723	<0.001
rTTP( $\bar{x}\pm s$ )	1.49±0.23	1.54±0.27	1.389	0.166
rTmax( $\bar{x}\pm s$ )	5.23±1.09	5.26±1.10	0.182	0.855
rMTT( $\bar{x}\pm s$ )	2.94±0.75	3.10±1.03	1.300	0.195
rCBV( $\bar{x}\pm s$ )	1.09±0.30	1.07±0.23	0.463	0.644
rCBF( $\bar{x}\pm s$ )	0.51±0.18	0.49±0.16	0.755	0.451
rPS( $\bar{x}\pm s$ )	2.95±0.71	3.92±1.01	8.226	<0.001

注: rt-PA=重组组织型纤溶酶原激活物, TTP=达峰时间, Tmax=血流峰值时间, MTT=平均通过时间, CBV=脑血容量, CBF=脑血流量, PS=表面渗透性, rTTP=相对达峰时间, rTmax=相对血流峰值时间, rMTT=相对平均通过时间, rCBV=相对脑血容量, rCBF=相对脑血流量, rPS=相对表面渗透性; <sup>a</sup>表示 $\chi^2$ 值

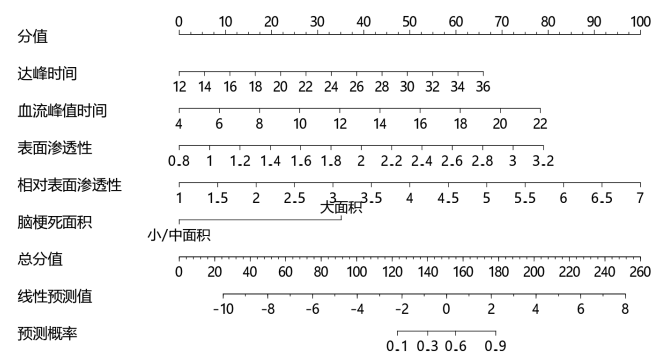
2.2 ACI患者溶栓治疗后发生出血转化影响因素的多因素Logistic回归分析 以ACI患者溶栓治疗后是否发生出血转化(赋值:否=0,是=1)为因变量,以单因素分析中差异有统计学意义的指标(脑梗死面积赋值:中小面积=0,大面积=1;TTP、Tmax、PS、rPS均为实测值)为自变量,进行多因素Logistic回归分析,结果显示,脑梗死面积、TTP、PS、Tmax、rPS是ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的独立影响因素( $P<0.05$ ),见表2。

**表2** ACI患者溶栓治疗后发生出血转化影响因素的多因素Logistic回归分析  
**Table 2** Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients

变量	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$ 值	P值	OR值	95%CI
脑梗死面积	2.786	0.544	26.199	<0.001	16.211	(5.579, 47.104)
TTP	0.218	0.061	12.820	<0.001	1.244	(1.104, 1.401)
Tmax	0.345	0.100	11.868	0.001	1.412	(1.161, 1.719)
PS	2.611	0.852	9.393	0.002	13.610	(2.563, 72.269)
rPS	1.323	0.335	15.626	<0.001	3.753	(1.948, 7.231)
常量	-19.370	2.861	45.841	<0.001	<0.001	-

注: -表示无相关数据

2.3 ACI患者溶栓治疗后发生出血转化风险预测列线图模型构建 基于多因素Logistic回归分析结果,构建ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的风险预测列线图模型,其中大面积脑梗死分值为33.7分;TTP每增加2s,分值增加5.0分;Tmax每增加2s,分值增加8.1分;PS每增加0.2ml·100g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>,分值增加6.25分;rPS每增加0.5,分值增加7.5分,见图1。



**图1** ACI患者溶栓治疗后发生出血转化风险预测列线图模型  
**Figure 1** Risk prediction nomogram model of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients

2.4 ACI患者溶栓治疗后发生出血转化风险预测列线图模型验证 ROC曲线分析结果显示,该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的AUC为0.958[95%CI(0.929, 0.987)],最佳截断值为0.275,灵敏度为92.97%,特异度为89.98%,见图2;采用Bootstrap法将原始数据重复抽样100次进行内部验证,C指数为0.829;校准曲线分析结果显示,该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后出血转化发生率与实际发生率接近,见图3。



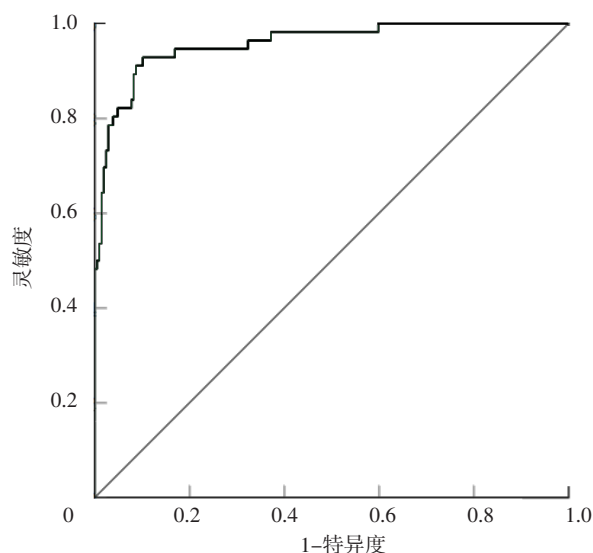


图2 列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后发生出血转化风险的ROC曲线

Figure 2 ROC curve of nomogram model for predicting the risk of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients

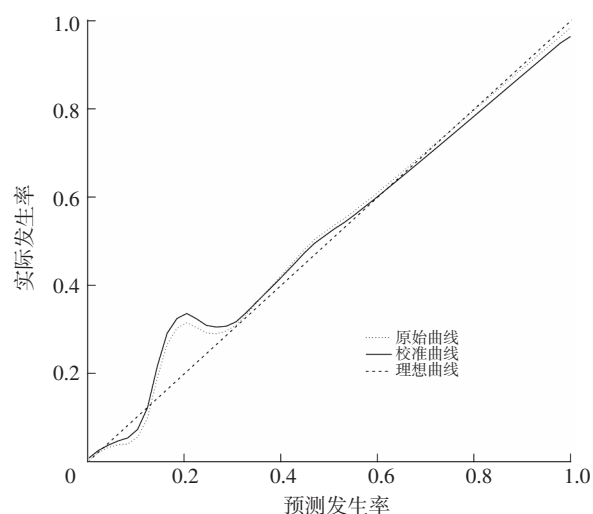


图3 列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后发生出血转化风险的校准曲线

Figure 3 Calibration curve of nomogram model for predicting the risk of hemorrhagic transformation after thrombolytic therapy in ACI patients

### 3 讨论

脑卒中是全球第二大死亡原因,其中ACI患者例数占卒中患者总数的87%<sup>[6]</sup>。研究表明,ACI患者发病后3.0~4.5 h接受rt-PA溶栓治疗的效果较好<sup>[7]</sup>。但部分接受rt-PA溶栓治疗的ACI患者会发生出血转化,进而增加脑损伤发生风险<sup>[8]</sup>。既往关于ACI患者发生出血转化危险因素的研究主要集中在血清学指标、临床特征方面<sup>[9]</sup>,而关于CT灌注成像参数的研究较少。

本研究基于CT灌注成像参数构建ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的风险预测列线图模型,结果显示,脑梗死面积、TTP、Tmax、PS、rPS是ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的独立影响因素。脑梗死面积越大,神经元坏死数量越

多,血脑屏障被破坏程度越严重,出血转化风险越高<sup>[10-11]</sup>。在ACI早期,神经元尚未发生形态学改变,故CT平扫无法显示直接缺血征象,而CT灌注成像可以明确脑组织微循环病理生理状态<sup>[12]</sup>。CT灌注成像参数TTP可反映造影剂到达成像脑区主要动脉至其达到最大量的时间,Tmax可反映造影剂到达所有组织的时间,二者延长均表明脑组织血液灌注不足,神经元坏死严重,血管通透性增加,出血转化风险升高。研究表明,出血转化与血脑屏障被破坏程度相关<sup>[13]</sup>,而CT灌注成像参数PS是反映血管通透性的参数,rPS越大表明血脑屏障被破坏程度越严重,红细胞从细胞间隙渗出的概率越高,出血转化发生风险越高<sup>[14]</sup>。

本研究基于多因素Logistic回归分析结果构建ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的风险预测列线图模型,ROC曲线分析结果显示,该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的AUC为0.958,提示该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的区分度较高;采用Bootstrap法将原始数据重复抽样100次进行内部验证,C指数为0.829;校准曲线分析结果显示,该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后出血转化发生率与实际发生率接近,提示该列线图模型预测ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的准确性较高。

既往研究表明,rCBV、rCBF异常提示脑缺血区微循环障碍,其可反映脑缺血程度<sup>[1]</sup>。孙凤涛等<sup>[15]</sup>研究结果显示,出血组与未出血组rCBV、rCBF比较,差异有统计学意义;而本研究结果显示,出血转化组与无出血转化组rCBV、rCBF比较,差异无统计学意义。分析两个研究结果存在差异的原因可能如下:(1)样本量不同;(2)CT检查设备及其后处理算法可能存在差异;(3)ACI患者梗死区域、位置及范围可能不同。因此,rCBV、rCBF对ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的影响仍需进一步研究证实。

综上所述,脑梗死面积、TTP、Tmax、PS、rPS是ACI患者溶栓治疗后发生出血转化的独立影响因素,而基于上述影响因素构建的ACI患者溶栓治疗后发生出血转化风险预测列线图模型具有较好的区分度和准确性。临床上可参考该列线图模型筛选出血转化风险高的ACI患者并采取相应措施,以改善患者预后。但本研究为单中心研究,样本量较小,未纳入更多的CT灌注成像参数,且因样本量有限未进行外部验证,故本研究所得结论仍有待多中心、大样本量研究进一步证实。

作者贡献:雷爱春、储燕进行文章的构思与设计,研究的实施与可行性分析,结果分析与解释;杨雷、李其元进行数据收集、整理、分析;雷爱春负责撰写、修订论文;储燕负责文章的质量控制及审核,并对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

### 参考文献

- [1] ZHANG K M, LUAN J F, LI C Q, et al. Nomogram to predict hemorrhagic transformation for acute ischemic stroke in western China: a retrospective analysis [J]. BMC Neurol, 2022, 22 (1): 156. DOI: 10.1186/s12883-022-02678-2.
- [2] TIAN B, TIAN X, SHI Z, et al. Clinical and imaging indicators of hemorrhagic transformation in acute ischemic stroke after

- endovascular thrombectomy [J]. *Stroke*, 2022, 53 (5): 1674–1681.DOI: 10.1161/STROKEAHA.121.035425.
- [3] YANG M M, TANG L S, HU Z P, et al.Application of neuroimaging for the prediction of hemorrhagic transformation after intravenous thrombolysis in acute ischemic stroke [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2023, 52 (1): 1–10.DOI: 10.1159/000524749.
- [4] 孙永东, 刘辉, 姜志锋, 等.急性脑梗死患者机械取栓治疗后出血转化及预后相关因素Logistic分析 [J]. *脑与神经疾病杂志*, 2022, 30 (9): 534–538.DOI: 10.1007/s00234-020-02586-7.
- [5] 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.
- [6] HE J F, FU F W, ZHANG W Y, et al.Prognostic significance of the clinical and radiological haemorrhagic transformation subtypes in acute ischaemic stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur J Neurol*, 2022, 29 (11): 3449–3459.DOI: 10.1111/ene.15482.
- [7] KANOU S, NAKAHARA S, ASAKI M, et al.Initial medical protocol efforts using both CT and MRI/MRA for acute cerebral infarction [J]. *Am J Emerg Med*, 2022, 61: 199–204.DOI: 10.1016/j.ajem.2022.09.011.
- [8] LIU C L, XIE J, SUN S S, et al.Hemorrhagic transformation after tissue plasminogen activator treatment in acute ischemic stroke [J]. *Cell Mol Neurobiol*, 2022, 42 (3): 621–646.DOI: 10.1007/s10571-020-00985-1.
- [9] ANDE S R, GRYNSPAN J, AVIV R I, et al.Imaging for predicting hemorrhagic transformation of acute ischemic stroke—a narrative review [J]. *J L'association Can Des Radiol*, 2022, 73 (1): 194–202.DOI: 10.1177/08465371211018369.
- [10] 赵松, 张智琴, 刘岩, 等.全脑CT灌注成像诊断小体积急性脑梗死及其评估病灶体积与弥散加权成像的相关性 [J]. *中国医学影像技术*, 2022, 38 (8): 1157–1161.DOI: 10.13929/j.issn.1003-3289.2022.08.007.
- [11] ZHAI H, LIU Z J, WU S, et al.Predictive value of magnetic resonance imaging-based texture analysis for hemorrhagic transformation in large cerebral infarction [J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 923708.DOI: 10.3389/fnins.2022.923708.
- [12] CHU Y, MA G, XU X Q, et al.Total and regional ASPECT score for non-contrast CT, CT angiography, and CT perfusion: inter-rater agreement and its association with the final infarction in acute ischemic stroke patients [J]. *Acta Radiol*, 2022, 63 (8): 1093–1101.DOI: 10.1177/02841851211029080.
- [13] ARBA F, PICCARDI B, PALUMBO V, et al.Blood-brain barrier leakage and hemorrhagic transformation: the Reperfusion Injury in Ischemic Stroke (RISK) study [J]. *Eur J Neurol*, 2021, 28 (9): 3147–3154.DOI: 10.1111/ene.14985.
- [14] 李翔, 刘欢, 熊秋霞, 等.全脑灌注联合多时相CT血管成像预测大脑中动脉M1段闭塞卒中患者出血转化 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2020, 28 (8): 575–579.DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2020.08.004.
- [15] 孙凤涛, 张厚宁, 禹璐, 等.CT灌注成像参数在预测急性脑梗死溶栓后出血转化中的价值 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2021, 23 (1): 63–66.DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2021.01.016.
- (收稿日期: 2023-06-05; 修回日期: 2023-10-18)  
(本文编辑: 谢武英)

(上接第19页)

- [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] 急性肾损伤专家共识小组.急性肾损伤诊断与分类专家共识 [J]. *中华肾脏病杂志*, 2006, 22 (11): 661–663.DOI: 10.3760/j.issn: 1001-7097.2006.11.005.
- [12] SHIMADA T, SHINDO A, IMAI H, et al.Relationship between neurological deterioration and blood pressure/heart rate variability in patients with acute cerebral infarction [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2022, 31 (7): 106504.DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106504.
- [13] ASHIKAWA H, ADACHI T, IWATSU K, et al.Physical frailty may predict 2-year prognosis in elderly patients with acute myocardial infarction — a report from the FLAGSHIP study [J]. *Circ J*, 2023, 87 (4): 490–497.DOI: 10.1253/circj.CJ-22-0515.
- [14] WANG S X, LIU A M, SU Y C, et al.Deficiency of the planar cell polarity protein intu delays kidney repair and suppresses renal fibrosis after acute kidney injury [J]. *Am J Pathol*, 2023, 193 (3): 275–285.DOI: 10.1016/j.ajpath.2022.12.006.
- [15] 谷斌杰, 王超慧, 郝鑫鑫, 等.首发急性脑梗死患者伴肾功能损伤的相关危险因素分析 [J]. *临床神经病学杂志*, 2020, 33 (2): 135–138.
- [16] 朱贺, 任奥林, 周康, 等.老年患者全髋关节置换术后急性肾损伤的危险因素分析及预测模型建立 [J]. *临床麻醉学杂志*, 2021, 37 (1): 50–54.DOI: 10.12089/jca.2021.01.011.
- [17] JOHANNES C B, BEACHLER D C, LAYTON J B, et al.Post-authorization safety study of hospitalization for acute kidney injury in patients with type 2 diabetes exposed to dapagliflozin in a real-world setting [J]. *Drug Saf*, 2023, 46 (2): 157–174.DOI: 10.1007/s40264-022-01263-3.
- [18] YAMANAKA M, SUGIMOTO H, YOKOYAMA H, et al.The renal artery pulsatility index enables real-time monitoring of acute kidney injury after digestive surgery [J]. *Surgery*, 2022, 171 (5): 1406–1411.DOI: 10.1016/j.surg.2021.09.002.
- [19] 王聪, 裴源源, 朱继红.急性ST段抬高性心肌梗死患者发生急性肾损伤的危险因素 [J]. *中国急救医学*, 2021, 41 (6): 461–464.DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2021.06.001.
- [20] WANG W F, XIE Y X, HUANG X B, et al.The value of N-terminal pro-brain natriuretic peptide and hs-CRP in predicting acute kidney injury after acute myocardial infarction [J]. *Am J Transl Res*, 2022, 14 (8): 5501–5510.
- (收稿日期: 2023-07-19; 修回日期: 2023-10-15)  
(本文编辑: 陈素芳)