

论 著

一站式多模态CT对急性缺血性脑卒中机械性取栓术后出血性转化的预测分析*

解福友¹ 高建磊¹ 张方圆¹
刘艺超¹ 马 龙² 韩若东^{3,*}

1.亳州市人民医院影像中心
2.亳州市人民医院神经内科
3.亳州市人民医院重症医学科
(安徽 亳州 236800)

【摘要】目的 探讨一站式多模态CT对急性缺血性脑卒中(AIS)患者机械性取栓术后出血性转化的预测价值。方法 回顾性收集2022年2月至2024年7月于亳州市人民医院接受机械性取栓术治疗的120例AIS患者资料,根据患者术后24h内出血转化发生情况分为发生组(n=25)与未发生组(n=95)。比较两组术前一站式多模态CT检查参数[动脉高密度征(HMCAS)、脑血容量(CBV)、脑血流量(CBF)、达峰时间(TTP)、血流峰值时间(Tmax)、表面渗透性(PS)、侧支循环评分]及其他临床资料,建立回归模型验证主要参数指标与AIS患者机械性取栓术后出血转化的关系;绘制受试者工作特征(ROC)曲线及决策曲线评价一站式多模态CT检查参数对AIS患者机械性取栓术后出血转化的预测价值。结果 发生组一站式多模态CT检查参数CBV、CBF、侧支循环评分低于未发生组,HMCAS占比、PS高于未发生组(P<0.05);发生组血管闭塞部位为前循环占比及入院时美国国立卫生院神经功能缺损评分(NIHSS)评分高于未发生组(P<0.05)。建立Logistic回归模型显示,AIS患者机械性取栓术后出血转化可能与一站式多模态CT检查参数CBV、CBF、PS、侧支循环评分及入院时NIHSS评分有关(P<0.05)。ROC曲线显示,CBV、CBF、PS、侧支循环评分单独及联合检测对AIS患者机械性取栓术后出血转化均有一定预测价值(曲线下面积均>0.7),且联合预测价值更高。决策曲线显示,阈值在0.00-0.82范围内,一站式多模态CT检查参数联合预测AIS患者机械性取栓术后出血转化的净受益率始终大于0,净受益率最大值为0.208。结论 一站式多模态CT对AIS患者机械性取栓术后出血转化有一定预测价值,可为临床决策提供参考。

【关键词】急性缺血性脑卒中;机械性取栓术;出血转化;一站式多模态CT;预测价值
【中图分类号】R743.3
【文献标识码】A
【基金项目】1.安徽省高校科研重点项目(2022AH050688);
2.2024亳州市卫生健康科研项目(bzwwj2024b024)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.02.004

Prediction and Analysis of Hemorrhagic Transformation after Mechanical Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke Using One-stop Multimodal CT*

XIE Fu-you¹, GAO Jian-lei¹, ZHANG Fang-yuan¹, LIU Yi-chao¹, MA Long², HAN Ruo-dong^{3,*}.
1.Imaging Center,Bozhou People's Hospital, Bozhou 236800, Anhui Province, China
2.Department of Neurology,Bozhou People's Hospital, Bozhou 236800, Anhui Province, China
3.Department of Intensive Care Medicine,Bozhou People's Hospital, Bozhou 236800, Anhui Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the predictive value of one-stop multimodal CT for hemorrhagic transformation after mechanical thrombectomy in patients with acute ischemic stroke (AIS). **Methods** A retrospective collection of data was conducted on 120 AIS patients who underwent mechanical thrombectomy in hospitals from February 2022 to July 2024. According to the occurrence of bleeding transformation within 24 hours after surgery, the patients were divided into an incidence group (n=25) and a non incidence group (n=95). Two sets of preoperative one-stop multimodal CT examination parameters [arterial high-density sign (HMCAS), cerebral blood volume (CBV), cerebral blood flow (CBF), time to peak (TTP), time to peak blood flow (Tmax), surface permeability (PS), collateral circulation score] and other clinical data were compared. A regression model was established to verify the relationship between the main parameter indicators and the transformation of bleeding after mechanical thrombectomy in AIS patients. The receiver operating characteristic (ROC) curve and decision curve were drawn to evaluate the predictive value of one-stop multimodal CT examination parameters for hemorrhagic transformation after mechanical thrombectomy in AIS patients. **Results** The parameters CBV, CBF, and collateral circulation score of the one-stop multimodal CT examination in the incidence group were lower than those in the non incidence group, while the proportion of HMCAS and PS were higher than those in the non incidence group (P<0.05). The proportion of vascular occlusion in the anterior circulation and the National Institutes of Health Neurological Deficit Score (NIHSS) score at admission in the incidence group were higher than those in the non incidence group (P<0.05). The establishment of a Logistic regression model showed that the transformation of bleeding in AIS patients after mechanical thrombectomy may be related to the parameters CBV, CBF, PS, collateral circulation score, and NIHSS score at admission on one-stop multimodal CT examination (P<0.05). The ROC curve showed that CBV, CBF, PS, and collateral circulation scores, both individually and in combination, had certain predictive value for postoperative bleeding transformation in AIS patients after mechanical thrombectomy (area under the curve>0.7), and the combined predictive value was higher. The decision curve showed that within the threshold range of 0.00-0.82, the net benefit rate of one-stop multimodal CT examination parameters in predicting postoperative bleeding transformation in AIS patients after mechanical thrombectomy was always greater than 0, with a maximum net benefit rate of 0.208. **Conclusion** One-stop multimodal CT has certain predictive value for bleeding transformation after mechanical thrombectomy in AIS patients, and can provide reference for clinical decision-making.
Keywords: Acute Ischemic Stroke; Mechanical Thrombectomy; Hemorrhagic Transformation; One-Stop Multimodal CT; Predictive Value

机械性取栓术作为新型革命性血管内治疗手段,具有治疗时间窗长、可快速开通、血管开通率高等优点,为静脉溶栓无效或有静脉溶栓禁忌证的急性缺血性脑卒中(acute ischemic stroke, AIS)患者提供了一种新的治疗手段^[1]。但研究发现,并非所有AIS患者均能从机械性取栓术中受益,其中术后出血转化是降低患者临床获益、增加预后不良风险的重要原因之一^[2]。若能在AIS患者机械性取栓术前提前预测术后出血转化风险,可能对及时调整或制定预防措施,提高治疗安全性与有效性,增加患者临床获益有重要意义。目前,研究已经证实内皮细胞特异性分子1、基质金属蛋白酶9等实验室指标可能是AIS患者机械性取栓术后出血转化发生的影响因素^[3-4]。但上述指标水平可能受血液标本采集及存储条件、其他疾病等多种因素影响,客观性较差,将其作为出血转化的预测因素价值有限。

影像学检查因客观、便捷、准确等优势,在临床疾病诊断与预后评估中具有十分重要的地位^[5]。一站式多模态CT是将传统的头颅CT平扫、CT灌注成像(CT perfusion, CTP)及CT血管成像(CT angiography, CTA)相结合的影像学检查方法,通过一次检查可完成病变定位、定性、定因等工作,已被研究证实对AIS具有良好的诊断效果,且能评估患者治疗后侧支循环改善情况及预后^[6-7]。但一站式多模态CT对AIS患者机械性取栓术后出血转化风险的预测价值尚无定论。基于此,本研究将重点探讨一站式多模态CT对AIS患者机械性取栓术后出血转化的预测价值,旨在为临床防治提供支撑依据。报告如下:

【第一作者】解福友,男,副主任医师,主要研究方向:心脑血管的影像学诊断。E-mail: xfy1658@163.com
【通讯作者】韩若东,男,副主任医师,主要研究方向:重症神经疾病。E-mail: hanruodongb@126.com

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集2022年2月至2024年7月亳州市人民医院接受机械性取栓术治疗的120例AIS患者资料。

纳入标准：符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018》^[8]中AIS的诊断标准；年龄>18岁；符合机械性取栓术适应证，首次接受手术治疗；术前均行一站式多模态CT检查，且术后24h内再次行头颅CT复查；有完整的影像学及临床资料。排除标准：伴有活动性出血或已知有明显出血倾向；伴有药物无法控制的严重高血压；存在凝血功能障碍；机械性取栓术后未达到有效再通。

1.2 方法 查阅患者电子病历档案，记录一站式多模态CT检查方法及研究数据。

1.2.1 一站式多模态CT检查 使用购自美国GE公司Revolution 256排CT机进行检查。

(1)平扫：患者取仰卧位，头先进，行横断位轴扫，扫描范围自颅底至颅顶，设置扫描参数：管电流100mA，管电压120kV，扫描层厚5mm，重建层厚5mm。(2)CTP与CTA扫描：CTA扫描范围设置为主动脉弓至顶部(大于CTP范围)，平扫结束后使用双筒高压注射器(拜耳药业美德瑞达有限公司)经患者肘静脉团注非离子型对比剂碘克沙醇注射液(艾迪显，国药准字H20103675，规格：100mL：32g(I))65mL，注射速率4mL/s，然后以相同速率注射50mL生理盐水，采取对比剂自动追踪(Smart)技术，先进行CTP扫描，当监测颈总动脉内对比剂达到阈值时，自动触发颈脑血管CTA扫描，随后自动再进行CTP扫描，CTP图像共18期。上述扫描参数设置如下：管电流采用自动毫安秒(mAS)技术(100-400mA)，管电压100kV；CTP扫描层厚5mm，重建层厚5mm；CTA扫描层厚1mm，重建层厚0.625mm。

扫描结束后将原始数据及图像上传至后处理工作站处理(GE AW7)，记录平扫图像上患侧大脑中动脉是否有动脉高密度征(hyperdense middle cerebral artery sign, HMCAS)；选取CTP图像异常灌注面积最大区域手动勾画感兴趣区域(region of interest, ROI)，测量灌注参数脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、达峰时间(time to peak, TTP)、血流峰值时间(time to max1mm, Tmax)、表面渗透性(permeability surface product, PS)；同时基于CTA图像行侧支循环评分^[9]：与对侧大脑半球相比，缺血区域任何时相均无可见血管计0分，与对侧大脑半球相比，缺血区域任何1个时相有血管可见计1分；与对侧大脑半球相比，软膜血管的充盈有2个时相的延迟显影，并且充盈血管数量减少，或者有1个时相的延迟显影，并且部分区域无血管充盈计2分；与对侧大脑半球相比，软膜血管的充盈有2个时相的延迟显影，或者有1个时相的延迟显影，但充盈血管数显著减少计3分；与对侧大脑半球相比，软膜血管的充盈程度基本正常，有1个时相的延迟显影计4分；与对侧大脑半球相比，软膜血管充盈程度完全正常，无延迟显影计5分。所有影像学资料均由2名经验丰富的影像科医生独立判读，存在分歧时经协商达成共识。相关数据均测量三次取平均值作为最终结果。

1.2.2 出血转化判定 所有患者机械性取栓术后密切监测各项生命体征及神经功能变化情况，一旦出现异常，立即行头颅CT检查；若无异常，则在术后24h复查头颅CT。若治疗前头颅CT检查未发现出血，术后24h内头颅CT复查显示梗死区域内出现点片状无占位效应的出血，或有血肿形成、血肿超过梗死面积的30%且有明显占位性效应及远离梗死区的出血则判定为存在出血转化。根据术后24h内出血转化发生状况将患者分为发生组(n=25)与未发生组(n=95)。^[10]

1.2.3 临床资料收集 (1)一般资料：收集患者年龄、性别(男、女)、血管闭塞部位(前循环、后循环)、发病至手术时间、既往史(高血压、糖尿病、高脂血症、冠心病)、吸烟(每日≥1支，连续或累积持续时间≥6个月)、饮酒(每周饮用酒精量超过30g且持续1年以上；或每周至少饮酒1次，持续1年以上)、入院时美国国立卫生研究院神经功能缺损评分(National Institute of Health stroke scale, NIHSS)^[11]等。(2)实验室指标：记录患者入院时血常规(白细胞计数、血小板、中性粒细胞百分比)、凝血指标[凝血酶原时

间(prothrombin time, PT)、活化部分凝血活酶时间(activated partial thromboplastin time, APTT)、凝血酶时间(thrombin time, TT)、血脂指标(总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇)等实验室指标水平。具体检测方法：取患者外周静脉血9mL分装3管，第1管使用全自动血细胞分析仪[希森美康医用电子(上海)有限公司，型号：XN9000]检测血常规指标水平；第2管以3000r/min速率离心10min，离心半径10cm，取血浆，采用全自动凝血分析仪[希森美康医用电子(上海)有限公司，型号：CS5100-1]检测凝血指标水平；第3管以5000r/min速率离心10min，离心半径10cm，取血清，采用全自动生化分析仪[生产商：贝可曼库尔特生物科技(苏州)有限公司，型号：DxA 5000]检测血脂指标水平。

1.3 观察指标 (1)一站式多模态CT检查结果：比较发生组与未发生组患者术前一站式多模态CT检查结果，包括HMCAS、CBV、CBF、TTP、Tmax、MTT、PS及侧支循环评分。(2)临床资料：比较发生组与未发生组患者一般资料及实验室指标。(3)主要参数、指标与出血转化发生的关系：通过Logistic回归分析，检验AIS患者主要参数、指标与机械性取栓术后出血转化的关系。(4)预测价值：通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线及决策曲线分析一站式多模态CT对AIS患者机械性取栓术后出血转化发生的预测价值。

1.4 统计学方法 采用SPSS(25.0 for Windows)统计软件对数据分析。计量资料经Kolmogorov-Smirnov正态性检验，符合正态分布以平均数±标准差($\bar{x} \pm s$)描述，经Bartlett方差齐性检验，独立样本t检验分析发生与未发生出血转化患者年龄、入院时NIHSS评分等资料；符合偏态分布用[M(P₂₅, P₇₅)]表示，Mann-Whitney U检验分析发生与未发生出血转化患者发病至手术时间、APTT、PT水平等资料；计数资料以例数(百分率)描述，二分类资料或样本构成比资料采用 χ^2 检验；使用Logistic回归模型分析主要参数、指标与AIS患者机械性取栓术后出血转化发生的关系；绘制ROC及决策曲线分析一站式多模态CT对AIS患者机械性取栓术后出血转化发生的预测价值；分析均以 $\alpha=0.05$ 为检验水准，双侧检验。

2 结果

2.1 两组一站式多模态CT检查结果比较 发生组一站式多模态CT检查参数CBV、CBF、侧支循环评分低于未发生组，HMCAS占比、PS高于未发生组，差异有统计学意义($P<0.05$)；两组其他参数比较，差异无统计学意义($P>0.05$)。见表1。发生组典型病例影像学表现见图1。

2.2 两组临床资料比较 发生组血管闭塞部位为前循环占比及入院时NIHSS评分高于未发生组，差异有统计学意义($P<0.05$)；两组其他资料比较，差异无统计学意义($P>0.05$)。见表2。

2.3 主要参数、指标与AIS患者机械性取栓术后出血转化关系的回归分析 以AIS患者机械性取栓术后出血转化发生情况为因变量(1=发生，0=未发生)，以表1、表2中差异有统计学意义的参数、指标作为自变量(HMCAS：1=有，0=无，血管闭塞部位：1=前循环，0=后循环，其他变量均为连续变量，为实测值)，构建Logistic回归模型，结果显示，AIS患者机械性取栓术后出血转化可能与一站式多模态CT检查参数CBV、CBF、PS、侧支循环评分及入院时NIHSS评分有关($P<0.05$)。见表3。

2.4 一站式多模态CT参数单独及联合预测AIS患者机械性取栓术后出血转化的价值分析 以AIS患者机械性取栓术后出血转化发生情况作为状态变量(1=发生，0=未发生)，以一站式多模态CT检查参数CBV、CBF、PS、侧支循环评分为检验变量，绘制ROC曲线(见图2)，结果显示，CBV、CBF、PS、侧支循环评分单独及联合检测对AIS患者机械性取栓术后出血转化均有一定预测价值(曲线下面积均 >0.70)，且联合预测价值更高。进一步绘制决策曲线(见图3)，结果显示，阈值在0.00-0.82范围内，一站式多模态CT检查参数联合预测AIS患者机械性取栓术后出血转化的净受益率始终大于0，始终有临床意义，净受益率最大值为0.208。

表1 两组一站式多模态CT检查结果比较

指标	发生组(n=25)	未发生组(n=95)	$\chi^2/t/Z$ 值	P值
HMCAS[n(%)]				
有	11(44.00)	22(23.16)	4.312	0.038
无	14(56.00)	73(76.84)		
CBV(mL/100mL)	1.39±0.41	1.93±0.37	6.281	<0.001
CBF(mL/100mL/min)	16.85±2.17	18.56±2.23	3.425	<0.001
TTP[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	22.00(21.00,24.00)	22.00(21.00,23.00)	0.761	0.446
Tmax[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	14.00(12.00, 14.50)	13.00(12.00, 15.00)	0.812	0.417
PS(mL/100mL/min)	2.36±0.57	1.79±0.52	4.804	<0.001
侧支循环评分(分)	2.00(2.00, 3.00)	3.00(3.00, 4.00)	3.973	<0.001

表2 两组临床资料比较

指标	发生组(n=25)	未发生组(n=95)	$\chi^2/t/Z$ 值	P值
年龄(岁)	71.52±9.30	66.33±10.21	1.938	0.053
性别[n(%)]				
男	12(48.00)	59(62.10)	1.630	0.202
女	13(52.00)	36(37.90)		
血管闭塞部位[n(%)]				
前循环	17(68.00)	42(44.21)	4.482	0.034
后循环	8(32.00)	53(55.79)		
发病至手术时间(h)	5.72±0.97	5.35±1.22	1.391	0.167
既往史[n(%)]				
高血压	11(44.00)	36(37.89)	0.310	0.578
糖尿病	8(32.00)	26(27.37)	0.209	0.647
高脂血症	10(40.00)	35(36.84)	0.084	0.772
冠心病	5(20.00)	14(14.74)	0.111	0.739
吸烟[n(%)]				
是	11(44.00)	39(41.05)	0.071	0.790
否	14(56.00)	56(58.95)		
饮酒[n(%)]				
是	10(40.00)	33(34.74)	0.238	0.625
否	15(60.00)	62(65.26)		
入院时NIHSS评分(分)	16.16±2.19	14.23±2.09	4.062	<0.001
白细胞计数(×10 ⁹ /L)	7.58±1.29	7.31±1.21	0.982	0.328
血小板(×10 ⁹ /L)	199.18±12.23	196.79±10.85	0.954	0.342
中性粒细胞百分比(%)	77.29±6.16	75.72±6.23	1.116	0.267
PT[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	14.00(13.00, 14.00)	13.00(13.00, 14.00)	1.496	0.135
APTT[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	29.00(28.00, 29.00)	29.00(29.00, 29.00)	0.982	0.326
TT[M(P ₂₅ , P ₇₅), s]	18.00(17.50, 20.00)	18.00(16.00, 20.00)	1.605	0.109
总胆固醇(mmol/L)	4.63±0.74	4.38±0.67	1.645	0.103
甘油三酯(mmol/L)	1.32±0.21	1.26±0.23	1.003	0.318
高密度脂蛋白	1.15±0.20	1.22±0.23	1.212	0.228
胆固醇(mmol/L)				
低密度脂蛋白	2.81±0.33	2.69±0.37	1.495	0.138
胆固醇(mmol/L)				

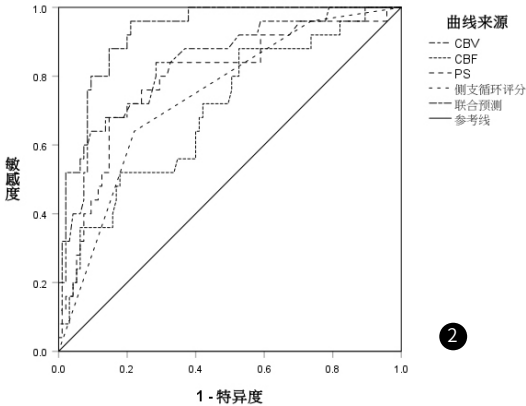


图2 一站式多模态CT参数单独及联合预测AIS机械性取栓术后出血转化的ROC曲线。

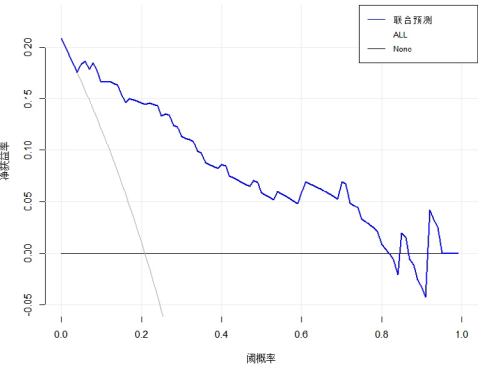


图3 一站式多模态CT参数单独及联合预测AIS患者机械性取栓术后出血转化的决策曲线。

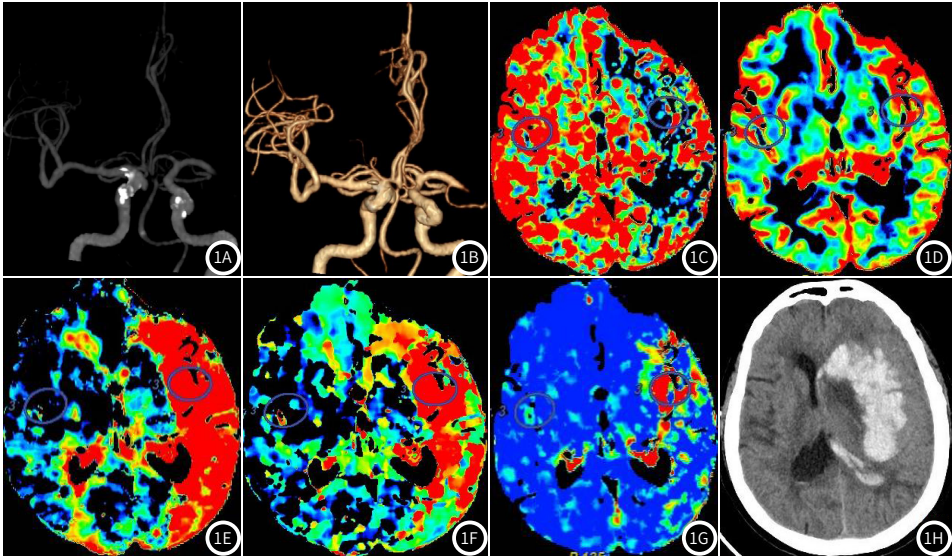


图1A-图1H 患者女，80岁，代诉：发现意识不清2小时余，急查头颈部血管CTA+CTP一站式检查，图1A、图1B分别为脑血管CTA成像的最大密度投影图像和容积再现图像，均提示左侧大脑中动脉M1段血管闭塞，其远端血管未见显示，临床考虑为血栓阻塞所致。图1C-图1G分别为颅脑灌注CTP的CBF、CBV、Tmax、TTP、PS图像，提示左侧颞叶低灌注。图1H为取栓术后24内复查头颅CT图像，提示左基底节区脑出血破入脑室系统。

表3 主要指标与AIS患者机械性取栓术后出血转化关系的回归分析

因素	单因素			多因素		
	OR	95%CI	P	OR	95%CI	P
HMCAS	2.607	1.036-8.558	0.042	1.642	0.215-12.533	0.632
CBV	0.021	0.004-0.117	<0.001	0.075	0.010-0.571	0.012
CBF	0.696	0.554-0.873	0.002	0.693	0.493-0.973	0.034
PS	6.945	2.671-18.053	<0.001	7.099	1.640-30.721	0.009
侧支循环评分	0.324	0.175-0.598	<0.001	0.326	0.133-0.795	0.014
血管闭塞部位	2.682	1.055-6.815	0.038	1.043	0.166-6.562	0.964
入院时NIHSS评分	1.564	1.222-2.001	<0.001	1.564	1.058-2.312	0.025

表4 一站式多模态CT参数单独、联合预测AIS患者机械性取栓术后出血转化的价值分析

因素	曲线下面积	P	95%CI	最佳截断值	敏感度(%)	特异度(%)	约登指数
CBV	0.839	<0.001	0.750-0.927	1.73 mL/100mL	84.00	71.60	0.556
CBF	0.700	0.002	0.584-0.816	18.84 mL/100mL/min	88.00	47.40	0.354
PS	0.792	<0.001	0.687-0.896	2.29 mL/100mL/min	68.00	85.30	0.533
侧支循环评分	0.741	<0.001	0.635-0.847	3.00分	64.00	77.90	0.419
联合预测	0.928	<0.001	0.882-0.975	-	96.00	78.90	0.749

3 讨 论

出血转化是AIS患者机械性取栓术后主要也是最严重的并发症之一，出血量少者可无明显临床表现，但随着出血量的不断增大，可能会引起颅内压增高、神经功能减退等诸多症状，增加患者预后不良及病死风险^[12]。本研究中120例AIS患者机械性取栓术后出血转化发生率为20.83%(25/120)，这也与张艳等^[13]研究中21.93%(25/114)的发生率相似。由此可见，AIS患者机械性取栓术后存在一定出血转化风险，有必要进行早期预测，并制定针对性防治方案。

有文献报道，AIS患者机械性取栓术后出血转化发生主要是由于血脑屏障再灌注损伤所致，而良好的脑侧支循环有利于弥补梗死区域灌注血流的不足，减轻血管内皮细胞损伤，提高梗死区域血管组织的耐受性，增加血脑屏障完整性^[14]。这暗示了脑侧支循环与出血转化有关。一站式多模态CT是AIS的重要影像学检查手段，既能提供病灶位置、大小、范围等基本信息，也能提供脑功能受损情况及血流灌注等情况，可通过多个参数定量评估侧支循环情况^[15]。推测一站式多模态CT可能用来预测AIS患者机械性取栓术后出血转化情况。

本研究在比较组间一站式多模态CT检查参数后，将差异有统计学意义的参数建立回归模型，结果显示，AIS患者机械性取栓术后出血转化可能与CBV、CBF、PS、侧支循环评分有关。CBV、CBF、侧支循环评分分别代表梗死区域脑组织血容量、血流量及侧支循环状况，三者值越低表明脑代谢储备能力及侧支循环代偿能力越差，这会增加组织内细胞缺血缺氧性生理改变程度，使组织细胞进入失代偿期，出现血缺氧肿胀，压迫并损伤邻近血管，降低血管组织耐受性，当机械性取栓术后血管再通时，瞬间增大的血流压力会损伤血管内皮细胞，引起血脑屏障损伤，导致血液自受损血管处渗出，引发出血转化^[16-17]。PS为反映血管通透性的参数，可量化扩散进入细胞间隙的造影剂含量，PS值越大提示血脑屏障通透性越高^[18]。而当血脑屏障通透性较高时，AIS患者机械性取栓术后再灌注血液中的红细胞及其他成分就较容易自细胞间隙中渗出，造成出血转化^[19]。潘景江等^[20]研究也指出，PS值较大表明脑血管内皮细胞间联系的紧密性较差，细胞间隙较大，可能会导致机械性取栓术后再灌注血流自细胞间隙渗出，增加出血转化风险。

为验证一站式多模态CT对AIS患者机械性取栓术后出血转化的预测价值，本研究进一步绘制ROC曲线及决策曲线，结果显示，CBV、CBF、PS、侧支循环评分单独及联合检测对AIS患者机械性取栓术后出血转化均有一定预测价值，但联合预测价值更

高，且阈值在0.00-0.82范围内，一站式多模态CT检查参数联合预测AIS患者机械性取栓术后出血转化的净受益率始终大于0，始终有临床意义，这也与孙丽娜^[21]研究结果相似。分析原因可能为，CBV、CBF、PS能显示脑组织血液灌注情况，而侧支循环评分能显示血管充盈与闭塞情况，几者联合预测能起到相辅相成的作用，提高预测准确性。对此建议，临床在后续工作中可通过一站式多模态CT评估AIS患者机械性取栓术后出血转化风险，并指导防治措施的制定，可能对降低患者术后出血转化风险，改善预后起到积极作用。

另外，本研究还发现，入院时NIHSS评分也可能与AIS患者机械性取栓术后出血转化发生有关。入院时NIHSS评分越高提示患者大血管闭塞程度越严重，侧支循环建立及代偿能力越差，血脑屏障破坏越严重，机械性取栓术后血液外渗越容易，患者出血转化风险越高。且既往已有较多研究^[22-23]对此进行证实，本研究不再进行详细分析。

综上所述，一站式多模态CT对AIS患者机械性取栓术后出血转化有一定预测价值，可为临床决策提供参考。

参考文献

[1]Renú A,Millán M,San Román L,et al.Effect of intra-arterial alteplase vs placebo following successful thrombectomy on functional outcomes in patients with large vessel occlusion acute ischemic stroke:the CHOICE randomized clinical trial[J].JAMA,2022,327(9):826-835.

[2]Ni H,Lu GD,Hang Y,et al.Association between infarct location and hemorrhagic transformation of acute ischemic stroke following successful recanalization after mechanical thrombectomy[J].AJNR Am J Neuroradiol,2023,44(1):54-59.

[3]于振江,王丽香,贾文歆.半乳糖凝集素3和内皮细胞特异性分子1与老年脑梗死患者术后出血转化的相关性研究[J].中华老年心脑血管病杂志,2022,24(6):626-629.

[4]傅亚明,应鸣翹,郑水红.急性缺血性脑卒中患者尿酸和基质金属蛋白酶-9与出血转化和临床预后的关系研究[J].浙江医学,2022,44(20):2178-2183.

[5]Nicolas-Jilwan M,Wintermark M.Automated brain perfusion imaging in acute ischemic stroke:interpretation pearls and pitfalls[J].Stroke,2021,52(11):3728-3738.

[6]Hoelter P,Lang S,Beuscher V,et al.Extended multimodal flat detector CT imaging in acute ischemic stroke:a pilot study[J].J Digit Imaging,2023,36(3):1198-1207.

[7]Austein F,Eden M,Engel J,et al.Practicability and diagnostic yield of one-stop stroke CT with delayed-phase cardiac CT in detecting major cardioembolic sources of acute ischemic stroke:a proof of concept study[J].Clin Neuroradiol,2021,31(4):911-920.

[15] 许方戩, 刘彦荣, 曾果. 弥漫性轴索损伤患者核磁SWI成像与CT成像诊断价值比较及病情严重程度的相关性[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (12): 31-32, 35.

[16] Baxter G C, Patterson A J, Woitek R, et al. Improving the image quality of DWI in breast cancer: comparison of multi-shot DWI using multiplexed sensitivity encoding to conventional single-shot echo-planar imaging DWI[J]. The British Journal of Radiology, 2021, 94 (1119): 20200427.

[17] 胡文君, 刘爱连, 李焯, 等. 自动提取定量肿瘤内部磁敏感信号与R2*值预测卵巢囊腺肿瘤的侵袭性[J]. 中国医学影像学杂志, 2022, 30 (6): 588-592, 599.

[18] Gaudino S, Marziali G, Pezzullo G, et al. Role of susceptibility-weighted imaging and intratumoral susceptibility signals in grading and differentiating pediatric brain tumors at 1.5 T: a preliminary study[J]. Neuroradiology, 2020, 62 (6): 705-713.

[19] 李航, 于佳龙, 罗勇, 等. 肿瘤微血管密度、血管内皮生长因子与缺氧诱导因子-1 α 在脑胶质瘤中表达及其临床意义[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41 (6): 1173-1176.

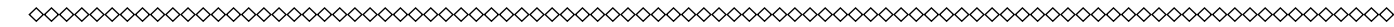
[20] 张潜, 尤庆波, 张磊, 等. 磁敏感加权成像和CT对单纯性脑出血与脑肿瘤出血的鉴别诊断价值[J]. 安徽医学, 2020, 41 (7): 822-825.

[21] Trapani S, Manicone M, Sikokis A, et al. Effectiveness and safety of “real” concurrent stereotactic radiotherapy and immunotherapy in metastatic solid tumors: a systematic review[J]. Critical Reviews in Oncology/Hematology, 2019, 142 (1): 9-15.

[22] 沙冠宇, 李绍东, 金松, 等. 多b值弥散加权成像对非小细胞肺癌脑转移放射治疗的疗效分析价值[J]. 临床与病理杂志, 2021, 41 (11): 2573-2579.

[23] 陈荣, 李勇, 彭一椽, 等. 磁共振扩散加权成像在星形细胞瘤及脑转移瘤鉴别诊断中的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (2): 11-13.

(收稿日期: 2024-01-29) (校对编辑: 江丽华)



(上接第15页)

[8] 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.

[9] Ben Hassen W, Malley C, Boulouis G, et al. Inter- and intraobserver reliability for angiographic leptomeningeal collateral flow assessment by the American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology/Society of Interventional Radiology (ASITN/SIR) scale[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11 (4): 338-341.

[10] van Kranendonk KR, Treurniet KM, Boers AMM, et al. Hemorrhagic transformation is associated with poor functional outcome in patients with acute ischemic stroke due to a large vessel occlusion[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11 (5): 464-468.

[11] Eskioglu E, Huchmandzadeh Millotte M, Amiguet M, et al. National Institutes of Health stroke scale zero strokes[J]. Stroke, 2018, 49 (12): 3057-3059.

[12] 蔡智立, 何奕涛, 付学军, 等. 急性脑梗死机械取栓后颅内出血转化的影响因素分析[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2021, 42 (3): 314-319.

[13] 张艳, 周霞, 王幼萌, 等. 急性缺血性脑中机械取栓术后出血转化及其对预后的影响[J]. 安徽医科大学学报, 2022, 57 (6): 987-990.

[14] Iancu A, Buleu F, Chita DS, et al. Early hemorrhagic transformation after reperfusion therapy in patients with acute ischemic stroke: analysis of risk factors and predictors[J]. Brain Sci, 2023, 13 (5): 840.

[15] 汪爱丹, 南丽杰, 郭道德, 等. 一站式多模态CT检查流程改变对卒中患者预后的影响[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2021, 16 (8): 852-856.

[16] 张建雷, 张睿, 潘菲, 等. 脑灌注成像预测机械取栓后急性缺血性脑卒中患者出血转化风险的价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32 (11): 761-765.

[17] 李玲, 刘芳, 张顺, 等. 基于四维CT血管成像的急性缺血性卒中患者血管内治疗后出血转化的列线图模型建立及效能预测[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56 (4): 364-371.

[18] 秦霜, 戴才文, 王根强, 等. CT灌注成像联合血清D-D、MMP-9对急性脑梗死患者溶栓后出血转化的预测价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (6): 24-27.

[19] Zubair AS, Sheth KN. Hemorrhagic conversion of acute ischemic stroke[J]. Neurotherapeutics, 2023, 20 (3): 705-711.

[20] 潘景江, 余翔, 刘斌. CTP联合mCTA对急性缺血性脑卒中中取栓后出血性转化(PH2型)的预测[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42 (5): 722-728.

[21] 孙丽娜. 头颅CTA联合CTP在急性脑梗死后出血性转化预测中的应用[J]. 内蒙古医科大学学报, 2020, 42 (2): 135-139.

[22] Huang P, Yi XY. Predictive role of admission serum glucose, baseline NIHSS score, and fibrinogen on hemorrhagic transformation after intravenous thrombolysis with alteplase in acute ischemic stroke[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2023, 27 (20): 9710-9720.

[23] 姚丽娜, 时伟, 孙喜燕, 等. 颗粒蛋白前体、基质金属蛋白酶-9及入院时美国国立卫生研究院卒中量表评分对脑梗死病人出血转化的预测价值[J]. 安徽医药, 2021, 25 (5): 966-970.

(收稿日期: 2024-02-28) (校对编辑: 江丽华)