

论 著

CTP、CTA参数与急性脑梗死动脉狭窄程度的关系及预测预后的价值分析*

乔磊¹ 王静^{2,*}

1. 西北大学第一医院影像科

(陕西 西安 710043)

2. 西安市中医医院 (陕西 西安 710021)

【摘要】目的 分析CT灌注成像(CTP)、CT血管成像(CTA)参数与急性脑梗死(ACI)动脉狭窄程度的关系及预测预后的价值。方法 选取2022年3月至2023年6月西北大学第一医院和西安市中医医院行阿替普酶(rt-PA)静脉溶栓治疗的110例ACI患者,溶栓前均行CTP、CTA检查获取脑血流动力学参数[脑血流量(CBF)、脑血容积(CBV)、平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)],比较不同大脑中动脉狭窄(MCAS)、颈动脉狭窄(CAS)程度患者脑血流动力学参数,分析脑血流动力学参数与ACI患者MCAS、CAS程度的相关性;溶栓后3个月评估患者预后,比较不同预后患者临床资料、溶栓前脑血流动力学参数,分析预后不良的影响因素,并分析溶栓前脑血流动力学参数预测预后不良的价值。结果 MCAS、CAS程度或闭塞患者CBF、CBV小于中度、轻度患者,中度患者小于轻度患者,重度或闭塞患者MTT、TTP长于中度、轻度患者,中度患者长于轻度患者($P<0.05$);CBF、CBV与ACI患者MCAS程度呈负相关,MTT、TTP与ACI患者MCAS程度呈正相关($P<0.05$);预后不良患者年龄、入院时美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分、MCAS程度、溶栓前MTT、TTP大于预后良好患者,发病至溶栓时间、溶栓前CBF、CBV小于良好患者($P<0.05$);年龄、发病至溶栓时间、入院时NIHSS评分、MCAS程度、溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP均为ACI患者溶栓后3个月发生预后不良的影响因素($P<0.05$);溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP预测预后不良的AUC均在0.7以上,具有一定预测效能;常规预测方案(年龄、发病至溶栓时间、入院时NIHSS评分、MCAS程度联合)预测预后不良的AUC为0.858(95%CI: 0.779~0.917),新预测方案(常规预测方案联合溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP)预测预后不良的AUC为0.956(95%CI: 0.899~0.986),与常规预测方案比较新预测方案预测预后不良的AUC明显增大($P<0.05$)。结论 CTP、CTA参数与ACI患者MCAS程度密切相关,且在预测rt-PA静脉溶栓治疗预后方面具有一定预测效能。

【关键词】急性脑梗死; CT灌注成像; CT血管成像; 动脉狭窄; 预后; 预测

【中图分类号】R543.5

【文献标识码】A

【基金项目】陕西省重点研发计划项目
(2022SF-193)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.007

The Relationship between CTP and CTA Parameters and the Degree of Arterial Stenosis in Acute Cerebral Infarction and Their Prognostic Value*

QIAO Lei¹, WANG Jing^{2,*}

1. Department of Imaging, the First Hospital of Northwest University, Xi'an 710043, Shaanxi Province, China

2. Xi'an Hospital of Traditional Chinese Medicine, Xi'an 710021, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the relationship between CT perfusion imaging (CTP) and CT angiography (CTA) parameters and the degree of arterial stenosis in acute cerebral infarction (ACI) and its prognostic value. **Methods** A total of 110 ACI patients who received intravenous thrombolytic therapy with alteplase (rt-PA) in NWU FIRST HOSPITAL and XI'AN HOSPITAL OF TRADITIONAL CHINESE MEDICINE from March 2022 to June 2023 were selected. Before thrombolysis, CTP and CTA were performed to obtain cerebral hemodynamic parameters (CBF, CBV, MTT, TTP), and to compare cerebral hemodynamic parameters in patients with different middle cerebral artery stenosis (MCAS) and carotid artery stenosis (CAS) degrees. The correlation between cerebral hemodynamic parameters and the degree of MCAS and CAS in ACI patients was analyzed. The prognosis of patients was evaluated 3 months after thrombolysis. The clinical data and hemodynamic parameters of the probrain with different prognosis were compared, and the influencing factors of poor prognosis were analyzed, and the value of hemodynamic parameters of the probrain with thrombolysis in predicting poor prognosis was analyzed. **Results** The CBF and CBV of patients with severe MCAS and CAS or occlusion were lower than those of moderate and mild patients, and those of moderate were lower than those of mild patients. The MTT and TTP of patients with severe or occlusion were longer than those of moderate and mild patients, and those of moderate were longer than those of mild patients ($P<0.05$). CBF and CBV were negatively correlated with MCAS degree in ACI patients, while MTT and TTP were positively correlated with MCAS degree in ACI patients ($P<0.05$). The age of patients with poor prognosis, NIHSS score at admission, MCAS degree, MTT and TTP before thrombolysis were higher than those with good prognosis, and the time from onset to thrombolysis, CBF and CBV before thrombolysis were lower than those with good prognosis ($P<0.05$). Age, onset to thrombolysis time, NIHSS score at admission, MCAS degree, CBF, CBV, MTT and TTP before thrombolysis were all influencing factors for poor prognosis 3 months after thrombolysis in ACI patients ($P<0.05$). Before thrombolysis, the AUC of CBF, CBV, MTT and TTP for predicting poor prognosis was above 0.7, which had certain predictive efficacy. The conventional prediction scheme (combined with age, time from onset to thrombolysis, NIHSS score at admission, and degree of MCAS) predicted a poor prognosis AUC of 0.858 (95% CI: 0.779-0.917), while the new prediction scheme (combined with pre thrombolysis CBF, CBV, MTT, TTP) predicted a poor prognosis AUC of 0.956 (95% CI: 0.899-0.986). Compared with the conventional prediction scheme, the new prediction scheme significantly increased the AUC ($P<0.05$). **Conclusion** CTP and CTA parameters are closely related to the degree of MCAS in ACI patients, and have certain predictive efficacy in predicting the prognosis of rt-PA intravenous thrombolysis.

Keywords: Acute Cerebral Infarction; CT Perfusion Imaging; CT Angiography; Arterial Stenosis; Prognosis; Forecast

卒中是全球疾病负担的重要组成部分,卒中引起的死亡占全球死亡人数的5.2%,其中脑梗死是目前脑血管疾病中死亡率和致残率最高的疾病之一^[1-2]。阿替普酶(rt-PA)静脉溶栓是临床治疗早期急性脑梗死(ACI)的主要方法,能快速、有效疏通梗死血管,恢复脑血流灌注,疗效良好,安全性高^[3]。但仍有部分患者rt-PA静脉溶栓后获益不佳,且临床尚无准确预测静脉溶栓治疗预后的可靠方法^[4]。早期准确评估脑灌注情况、动脉狭窄情况等,对临床评估患者病情、预测预后具有重要指导意义^[5]。CT灌注成像(CTP)、CT血管成像(CTA)均为评估脑灌注的重要影像学技术,具有操作便捷、安全可靠等优势^[6-7]。既往研究显示,CTP与CTA联合应用有助于指导临床预测ACI患者静脉溶栓预后^[8]。但并未指出CTP、CTA预测预后的具体价值。本研究重点分析CTP、CTA参数与ACI动脉狭窄程度的关系及预测预后的价值,为临床治疗ACI提供重要依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年3月至2023年6月西北大学第一医院和西安市中医医院行阿替普酶(rt-PA)静脉溶栓治疗的110例ACI患者。

纳入标准:确诊为ACI^[9];发病至溶栓时间 ≤ 4.5 h;既往无脑卒中病史;临床资料完整;已签署同意书。排除标准:有出血倾向;精神疾病;恶性肿瘤;烟雾病、颅脑创伤等其他颅脑疾病;有CTP、CTA检查禁忌;严重心肺肝肾功能障碍。其中男70例,女40例;

【第一作者】乔磊,男,主管技师,主要研究方向:CT及MR血管成像的临床应用。E-mail: thevewh6573@21cn.com

【通讯作者】王静,女,主管技师,主要研究方向:医学影像。E-mail: thevewh6573@21cn.com

年龄46~78(62.29±7.24)岁；体重指数18.7~28.1(23.42±1.68) kg/m²；发病至溶栓时间1~4.5(2.59±0.62)h；入院时美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)^[10]评分3~19(12.81±2.63)分。

1.2 方法 CTP、CTA检查 溶栓前均行CTP、CTA检查，设备为128排256层螺旋CT机(美国GE，型号Revoluton CT)。采用颅脑CTP中间穿插头颈CTA(扫描范围为主动脉弓至颅顶)检查，患者平躺，常规头颅CT平扫后采用高压注射器经肘静脉推注(5 mL/s)碘海醇(350 mgI/mL)共50mL，并注射40 mL 0.9%氯化钠注射液，延迟5 s扫描，扫描基线为听眦线，扫描范围：基底核层面上下扩展4 cm。参数设置：管电压80 kV，电流150 mA，头颈CTA前8个PASS间隔时间1.5 s，头颈CTA后10个PASS间隔 2 s,扫描18期，层厚5mm，薄层重建1.25mm。采用CT功能灌注软件分析图像，测量脑血流动力学参数，包括脑血流量(CBF)、脑血容积(CBV)、平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)。随后进行头颈CTA重建，观察患侧大脑中动脉M1段、颈动脉狭窄情况。大脑中动脉狭窄(MCAS)程度：计算狭窄率=(1-Ds/Dn)×100%，其中Ds为MCA最狭窄处血管管径，Dn为MCA狭窄近心端正常处血管管径，据此分为无狭窄(狭窄率=0)、轻度(0%~50%)、中度(51%~69%)、重度(70%~99%)、闭塞组(100%)。颈动脉狭窄(CAS)程度：计算狭窄率=1-B/A，其中A为膨大颈动脉远端正常管腔内径，B为颈动脉最窄处宽度，据此分为无狭窄(狭窄率=0)、轻度(0%~29%)、中度(30%~69%)、重度

(70%~99%)、闭塞(100%)。

预后评估：溶栓后3个月，以改良Rankin量表评分评估，总分0~6分，据此分为预后不良(3~6分)、预后良好(0~2分)^[11]。

1.3 观察指标 (1)不同MCAS、CAS程度患者脑血流动力学参数(CBF、CBV、MTT、TTP)比较。(2)不同预后患者入院时临床资料、溶栓前脑血流动力学参数比较。

1.4 统计学方法 采用SPSS 27.0软件统计、检验。计数资料以率(%)表示，用 χ^2 检验。等级资料以Ridit检验。计量资料以K-S法检验符合正态分布，以($\bar{x} \pm s$)表示，用t检验。脑血流动力学参数与MCAS、CAS程度的相关性以Spearman相关系数分析。预后不良的影响因素以Logistic多因素回归分析。溶栓前脑血流动力学参数预测预后不良的价值以受试者工作特征(ROC)曲线分析，曲线下面积(AUC)比较采用DeLong检验。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同MCAS、CAS程度患者脑血流动力学参数比较 不同MCAS、CAS程度患者脑血流动力学参数比较差异有统计学意义(P<0.05)，MCAS、CAS程度重度或闭塞患者CBF、CBV小于中度、轻度患者，中度患者小于轻度患者，重度或闭塞患者MTT、TTP长于中度、轻度患者，中度患者长于轻度患者。见表1。

表1 不同MCAS、CAS程度患者脑血流动力学参数比较						
组别	n	CBF[mL/(100g·min)]	CBV(mL/100g)	MTT(s)	TTP(s)	
MCAS程度						
重度或闭塞	36	45.29±5.17 ^{ab}	2.26±0.49 ^{ab}	16.47±3.28 ^{ab}	25.13±4.52 ^{ab}	
中度	41	56.37±5.53 ^a	2.73±0.53 ^a	14.12±3.01 ^a	22.19±3.96 ^a	
轻度	33	61.59±6.28	3.24±0.58	11.86±2.84	19.23±3.45	
F		75.883	29.096	19.663	18.619	
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
CAS程度						
重度或闭塞	28	44.83±4.96 ^{ab}	2.21±0.50 ^{ab}	16.83±3.35 ^{ab}	25.46±4.68 ^{ab}	
中度	37	55.42±5.39 ^a	2.60±0.55 ^a	14.29±3.11 ^a	22.53±4.14 ^a	
轻度	45	59.30±6.14	3.16±0.62	12.51±2.97	20.05±3.82	
F		58.480	25.574	16.600	14.722	
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

注：与轻度对比，^aP<0.05；与中度对比，^bP<0.05。

2.2 脑血流动力学参数与ACI患者MCAS、CAS程度的相关性分析 相关性分析结果，CBF、CBV与ACI患者MCAS程度(赋值：轻度=1，中度=2，重度或闭塞=3)呈负相关，MTT、TTP与ACI患者MCAS程度呈正相关(P<0.05)；CBF、CBV、MTT、TTP与ACI患者CAS程度(赋值：轻度=1，中度=2，重度或闭塞=3)无明显相关性(P>0.05)。见表2。

表2 脑血流动力学参数与ACI患者MCAS、CAS程度的相关性分析

指标		CBF	CBV	MTT	TTP
MCAS程度	r	-0.571	-0.429	0.387	0.365
	P	<0.001	<0.001	0.002	0.006
CAS程度	r	-0.226	-0.174	0.135	0.128
	P	0.105	0.223	0.367	0.382

2.3 不同预后患者临床资料、溶栓前脑血流动力学参数比较 溶栓后3个月预后情况：预后不良42例，预后良好68例。预后不良患者年龄、入院时NIHSS评分、MCAS程度、溶栓前MTT、TTP大于预后良好患者，发病至溶栓时间、溶栓前CBF、CBV小于良好患者(P<0.05)。见表3。

2.4 预后不良的影响因素分析 以ACI患者溶栓后3个月是否发生预后不良为因变量(赋值：否=0，是=1)，将年龄、发病至溶栓时间、入院时NIHSS评分、MCAS程度、溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP作为自变量，经多重共线性诊断，以上指标不存在多重共线性(VIF<10)。Logistic多因素回归分析显示，年龄、入院时NIHSS评分、MCAS程度、溶栓前MTT、TTP是预后不良的独立危险因素，发病至溶栓时间、溶栓前CBF、CBV是预后不良的独立保护因素(P<0.05)。见表4。

2.5 溶栓前脑血流动力学参数预测预后不良的价值 绘制溶栓前脑血流动力学参数预测ACI患者溶栓预后不良的ROC曲线，结果显示，溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP预测预后不良的AUC分别为0.722、0.739、0.741、0.797，均在0.7以上，具有一定预测效能。见表5、图1。

2.6 联合预测价值分析 将年龄、发病至溶栓时间、入院时NIHSS评分、MCAS程度联合作为常规预测方案，常规预测方案联合溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP作为新预测方案，绘制两种方案预测ACI患者溶栓预后不良的ROC曲线，常规预测方案预测预后不良的AUC为0.858(95%CI: 0.779~0.917)，预测敏感度、特异度分别为83.33%、76.47%；新预测方案预测预后不良的AUC为0.956(95%CI: 0.899~0.986)，预测敏感度、特异度分别为90.48%、91.18%；与常规预测方案比较新预测方案预测预后不良的AUC明显增大(Z=2.329，P=0.020)。见图2。

表3 不同预后患者临床资料、溶栓前脑血流动力学参数比较[/n(%)]					
项目	预后不良(n=42)		预后良好(n=68)	t/ x ² /u	P
性别				0.860	0.354
男	29(69.05)		41(60.29)		
女	13(30.95)		27(39.71)		
年龄(岁)	66.27±6.89		59.83±7.63	4.460	<0.001
BMI(kg/m ²)	23.62±1.75		23.29±1.61	1.010	0.315
吸烟				0.246	0.620
是	11(26.19)		15(22.06)		
否	31(73.81)		53(77.94)		
饮酒				0.150	0.699
是	8(19.05)		11(16.18)		
否	34(80.95)		57(83.82)		
合并症					
糖尿病	7(16.67)		9(13.24)	0.246	0.620
高血压	18(42.86)		24(35.29)	0.629	0.428
高脂血症	14(33.33)		20(29.41)	0.187	0.665
发病至溶栓时间(h)	3.16±0.65		2.23±0.57	7.877	<0.001
入院时NIHSS评分(分)	15.31±2.84		11.26±2.59	7.678	<0.001
MCAS程度				3.455	0.001
重度或闭塞	20(47.62)		16(23.53)		
中度	18(42.86)		23(33.82)		
轻度	4(9.52)		29(42.65)		
CAS程度				1.777	0.076
重度或闭塞	13(30.95)		15(22.06)		
中度	17(40.48)		20(29.41)		
轻度	12(28.57)		33(48.53)		
CBF[mL/(100g·min)]	43.27±6.27		61.13±13.28	8.162	<0.001
CBV(mL/100g)	2.15±0.58		3.09±0.65	7.672	<0.001
MTT(s)	17.32±3.14		12.29±3.81	7.178	<0.001
TTP(s)	26.87±4.60		19.41±5.17	7.662	<0.001

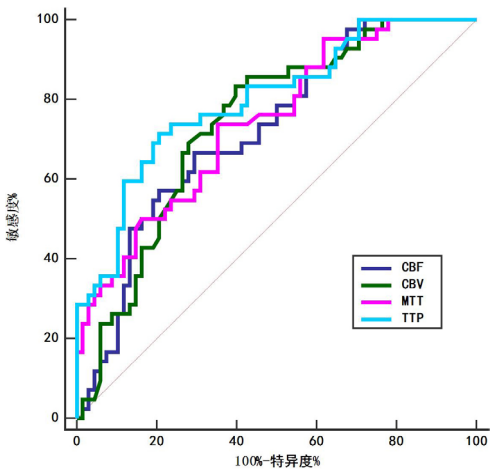


图1 溶栓前脑血流动力学参数预测预后不良的ROC曲线。

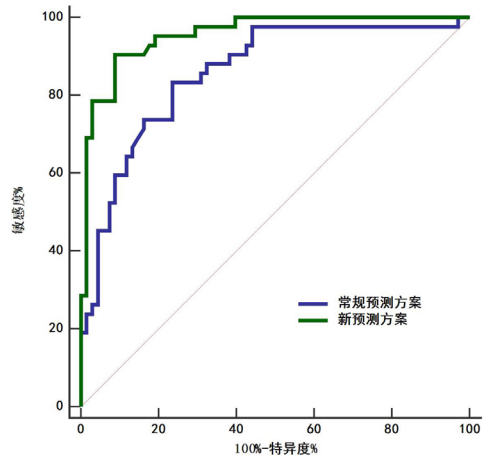


图2 联合预测的ROC曲线。

表4 预后不良的影响因素分析							
变量	β	S.E.	Wald x ²	OR		95%CI	P
				下限	上限		
年龄	0.122	0.045	7.305	1.129	1.079	1.182	0.001
发病至溶栓时间	-0.098	0.032	9.408	0.907	0.856	0.960	<0.001
入院时NIHSS评分	0.174	0.053	10.803	1.190	1.138	1.245	<0.001
MCAS程度	0.084	0.036	5.481	1.088	1.023	1.157	0.012
CBF	-0.106	0.033	10.393	0.899	0.824	0.981	<0.001
CBV	-0.178	0.058	9.412	0.837	0.759	0.923	<0.001
MTT	0.144	0.046	9.850	1.155	1.104	1.209	<0.001
TTP	0.165	0.054	9.343	1.179	1.131	1.230	<0.001

赋值：CAS程度，轻度=1，中度=2，重度或闭塞=3；年龄、发病至溶栓时间、入院时NIHSS评分、溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP均为连续变量，原值代入。

表5 溶栓前脑血流动力学参数预测预后不良的价值						
指标	AUC	95%CI	截断值	敏感度(%)	特异度(%)	P
CBF	0.722	0.628~0.803	50.97 mL/(100g·min)	66.67	70.59	<0.001
CBV	0.739	0.647~0.820	2.41 mL/100g	83.33	60.29	<0.001
MTT	0.741	0.649~0.820	15.06 s	73.81	64.71	<0.001
TTP	0.797	0.710~0.868	24.32 s	71.43	79.41	<0.001

3 讨论

ACI由脑血管狭窄或闭塞引起脑组织缺血所致, 尽管早期给予rt-PA静脉溶栓能有效缓解病情, 但仍有36%左右的患者预后不良^[12-13]。大脑中动脉是ACI高发部位, 准确评估MCAS程度有助于评估患者预后情况。本研究结果显示, 不同MCAS程度ACI的溶栓前CTP、CTA参数CBF、CBV、MTT、TTP存在明显差异。说明CBF、CBV、MTT、TTP与ACI患者大脑中动脉病变情况有关。分析其原因在于, CTP、CTA均是CT的延伸技术, CTP是评估脑组织血流灌注的便捷可靠技术, 能量化脑组织血流动力学情况^[14-15]。CTA能通过强大的后处理技术观察病灶供血动脉情况, 可全面反映血管腔病变情况^[16-17]。而CTP、CTA联合能准确评估ACI患者脑血流动力学情况^[18-19]。随着MCAS程度加重, 患者脑组织血流灌注减少, 血流速度减缓, CTP、CTA检查时表现为CBF、CBV减小, MTT、TTP延长。研究显示, CAS是导致ACI的重要因素之一, 与ACI的发生发展密切相关^[20]。本研究发现, 随着ACI患者CAS程度加重, CBF、CBV降低, MTT、TTP延长, 但相关性分析显示CBF、CBV、MTT、TTP与ACI患者CAS程度无明显相关性。这是因为CAS程度加重虽然会引起脑组织血流灌注减少, 但对脑组织血流灌注的影响不够明显, 导致CTP、CTA参数与CAS程度相关性较弱。而MCAS程度与脑组织血流灌注直接相关, 因此CBF、CBV、MTT、TTP与ACI患者MCAS程度存在明显相关性。由此可见, 通过检测CBF、CBV、MTT、TTP有助于反映MCAS程度, CBF、CBV越小、MTT、TTP越长提示患者MCAS程度越高。

研究显示, 头颅CTA联合CTP检查测定CBF、CBV、MTT、TTP在预测ACI患者溶栓后出血转化方面具有一定价值^[21]。据此推测溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP可能与ACI患者溶栓预后有关。本研究结果显示, 溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP均为ACI患者溶栓后3个月发生预后不良的影响因素, 说明溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP与患者预后存在显著关联性, 可能有预测预后的潜力。本研究进一步通过ROC曲线分析发现, 溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP预测预后不良的AUC均在0.7以上, 具有一定预测效能。但各指标单独预测预后不良的价值有限, 需与其他方法联合应用。

本研究还发现, 预后不良患者年龄、入院时NIHSS评分、MCAS程度大于预后良好患者, 发病至溶栓时间小于良好患者, 进一步通过多因素分析发现年龄、发病至溶栓时间、入院时NIHSS评分、MCAS程度均为预后不良的独立影响因素。与既往研究结果基本一致^[22-24]。说明以上因素与ACI患者静脉溶栓预后存在显著关联性, 可能在预测预后方面具有一定价值。本研究以年龄、发病至溶栓时间、入院时NIHSS评分、MCAS程度联合作为常规预测方案, 结果显示其预测预后不良的AUC为0.858, 具有良好预测效能。而常规预测方案联合溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP预测预后不良的AUC提高至0.956, 明显大于常规预测方案的AUC。说明常规预测方案基础上联合溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP能明显提高预测预后的可靠性。这是因为年龄、发病至溶栓时间、入院时NIHSS评分、MCAS程度及溶栓前CBF、CBV、MTT、TTP能反映患者身体因素、治疗、神经功能损伤、大脑中动脉病变及脑血流灌注等多方面情况, 涵盖患者多方面疾病相关信息, 能更全面反映患者病情及治疗情况^[25-26]。因此联合预测能更准确预测预后转归方向, 为临床医生准确评估患者预后提供更可靠参考依据。

综上可知, CBF、CBV与ACI患者MCAS程度呈负相关, MTT、TTP与ACI患者MCAS程度呈正相关, 且CBF、CBV、MTT、TTP可作为预测ACI患者rt-PA静脉溶栓治疗预后的定量参数, 特别是与常规预测因素联合应用能提高预测效能。但本研究仍存在一定局限性, 如样本量较少, 随访周期较短, 研究结果可能存在一定误差, 未来仍需纳入更多样本, 通过大样本的长期随访研究进一步验证。

参考文献

- [1] Zhao YF, Zhang XJ, Chen XY, et al. Neuronal injuries in cerebral infarction and ischemic stroke: from mechanisms to treatment (Review) [J]. *Int J Mol Med*, 2022, 49 (2): 15.
- [2] Yang KL, Zeng LT, Ge AQ, et al. A systematic review of the research progress of non-coding RNA in neuroinflammation and immune regulation in cerebral infarction/ischemia-reperfusion injury [J]. *Front Immunol*, 2022, 13 (1): 930171.
- [3] Orset C, Arkelius K, Anfray A, et al. Combination treatment with U0126 and rt-PA prevents adverse effects of the delayed rt-PA treatment after acute ischemic stroke [J]. *Sci Rep*, 2021, 11 (1): 11993.
- [4] 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.
- [5] 周戈, 李培华, 杨才能, 等. 低剂量双源CTP评估急性缺血性脑卒中患者脑组织灌注缺损的价值及对血管内再通治疗的指导意义 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2024, 22 (1): 15-17.
- [6] 丁智超, 李亚新, 陶晓飞, 等. 颅脑损伤患者CTP参数与CPP、ICP的关系及其预后预测价值 [J]. *中国急救复苏与灾害医学杂志*, 2023, 18 (7): 888-891.
- [7] 吴瑞祥, 赵子健, 盛茂, 等. 多排螺旋CT三低扫描模式在头颈部动脉血管病变诊断中的应用效果分析 [J]. *中国医学装备*, 2021, 18 (8): 55-59.
- [8] 沈永玲, 朱海暴, 李勇, 等. CTA结合CTP对预测急性脑梗死患者静脉溶栓预后的价值 [J]. *川北医学院学报*, 2020, 35 (2): 280-282.
- [9] 中华医学会, 中华医学会杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 缺血性卒中基层诊疗指南 (实践版·2021) [J]. *中华全科医师杂志*, 2021, 20 (9): 947-958.
- [10] Amalia L, Dalimonthe NZ. Clinical significance of platelet-to-white blood cell ratio (PWR) and National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS) in acute ischemic stroke [J]. *Heliyon*, 2020, 6 (10): e05033.
- [11] Haggag H, Sondermann A, Bernardo-Castro S, et al. CTA and CTP for detecting distal medium vessel occlusions: a systematic review and meta-analysis [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2023, 45 (1): 51-56.
- [12] Kim SH, Rübenthaler J, Nörenberg D, et al. Cost-effectiveness of stress CTP versus CTA in detecting obstructive CAD or in-stent restenosis in stented patients [J]. *Eur Radiol*, 2021, 31 (3): 1443-1450.
- [13] Schwarz G, Errath M, Argüelles Delgado P, et al. Computed tomography angiography (CTA) in selected scenarios with risk of possible false-positive or false-negative conclusions in diagnosing brain death [J]. *Life (Basel)*, 2022, 12 (10): 1551.
- [14] 付秀鑫, 郑艳华, 庄甲军, 等. 急性脑梗死CT灌注成像分期与大脑中动脉狭窄程度及临床预后的相关性研究 [J]. *临床和实验医学杂志*, 2021, 20 (9): 916-919.
- [15] Bohatyrewicz R, Pastuszka J, Walas W, et al. Implementation of computed tomography angiography (CTA) and computed tomography perfusion (CTP) in polish guidelines for determination of cerebral circulatory arrest (CCA) during brain death/death by neurological criteria (BD/DNC) diagnosis procedure [J]. *J Clin Med*, 2021, 10 (18): 4237.
- [16] 常青, 安娜, 张帆, 等. 踝肱指数与急性脑梗死患者颈动脉狭窄程度及粥样硬化斑块的相关性 [J]. *神经损伤与功能重建*, 2022, 17 (8): 476-477, 481.
- [17] 邓传颂, 杜巧玲. 头颅CTA联合CTP在急性脑梗死溶栓后出血性转化预测中的应用价值分析 [J]. *中国现代药物应用*, 2023, 17 (5): 63-66.
- [18] 罗志勇, 刘福泉. 急性脑梗死后出血性转化患者CT增强扫描参数变化意义 [J]. *影像科学与光化学*, 2021, 39 (6): 803-807.
- [19] 陈歌迪, 陶中海, 伏兵, 等. C型凝集素样受体2与急性脑梗死病情程度及脑动脉狭窄的相关性研究 [J]. *中风与神经疾病杂志*, 2022, 39 (2): 127-130.
- [20] 高艳, 叶斌, 张红艳. 缺血性脑卒中rt-PA溶栓效果的影响因素分析和NLR的预测作用研究 [J]. *蚌埠医学院学报*, 2023, 48 (2): 275-279.
- [21] 罗剑木, 曹奔. DWI-ASPECTS评分在静脉溶栓治疗急性脑梗死患者预后评估中的价值 [J]. *中南医学科学杂志*, 2022, 50 (1): 113-116.
- [22] 徐燕, 高阳. CTPI参数、sdLDL-C、Annexin A2、Hcy与急性脑梗死病情程度关联性及其评估阿替普酶静脉溶栓效果价值 [J]. *影像科学与光化学*, 2021, 39 (5): 671-677.

(收稿日期: 2024-03-27)

(校对编辑: 江丽华)