

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2026.01.001

文章编号: 1005-8982 (2026) 01-0001-07

脑卒中专题·论著

TCD联合mCTA及CTP对前循环大动脉粥样硬化型急性缺血性脑卒中近期预后的评估*

韩旭¹, 王自勇², 谭佳妮¹, 陈禹¹, 董斌¹

(安徽医科大学第三附属医院 1. 神经内科, 2. 影像中心, 安徽 合肥 230092)

摘要: **目的** 探究经颅多普勒超声(TCD)联合多时相CT血管成像(mCTA)及CT灌注成像(CTP)对前循环大动脉粥样硬化型急性缺血性脑卒中(AIS)颅内侧支循环及近期预后的评估价值。**方法** 选取2024年7月—2025年5月安徽医科大学第三附属医院收治的94例发病时间距住院时间<72 h的前循环大动脉粥样硬化型AIS患者为研究对象。入院后均行TCD、mCTA及CTP检查,根据基于mCTA的Alberta卒中项目早期CT评分(ASPECTS)将患者分为侧支良好组与侧支不良组。分析侧支循环评分与CTP、TCD的相关性。通过电话随访患者90 d预后,根据改良Rankin评分(mRS)将患者分为预后良好组(62例)与预后不良组(32例)。采用多因素一般Logistics回归模型分析90 d预后的独立影响因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各因子的预测效能。**结果** 94例患者中侧支良好组64例(68.09%),侧支不良组30例(31.91%);侧支循环评分与局部脑血流量(rCBF)、局部脑血容量(rCBV)、搏动指数(PI)与平均血流速度(V_m)均呈正相关($P < 0.05$),与局部平均通过时间(rMTT)、局部达峰时间(rTTP)均呈负相关($P < 0.05$);预后不良组合并高血压比例、合并糖尿病比例、合并卒中史比例、NIHSS评分、rTTP均高于预后良好组($P < 0.05$),ASPECTS评分、rCBF、PI、V_m均低于预后不良组($P < 0.05$);rCBF、V_m为预后的独立保护因素($P < 0.05$),rTTP为预后的独立危险因素($P < 0.05$);rCBF、TTP、V_m联合检测的敏感性和特异性高于其中任何一个参数的单一检测。**结论** mCTA可直接评估患者侧支循环等级,CTP、TCD可通过灌注参数间接反映侧支循环状态,在预测评估患者近期预后方面,以上检查均有参考价值且联合检测效能最佳。

关键词: 急性缺血性脑卒中; 侧支循环; 预后; 经颅多普勒超声; 多时相CT血管成像; CT灌注成像
中图分类号: R743.3 **文献标识码:** A

The evaluation of the short-term prognosis of large artery atherosclerotic anterior circulation AIS by TCD combined with mCTA and CTP*

Han Xu¹, Wang Zi-yong², Tan Jia-ni¹, Chen Yu¹, Dong Bin¹

(1. Department of Neurology, 2. Imaging Center, The Third Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei, Anhui 230092, China)

Abstract: Objective To explore the value of transcranial Doppler (TCD) combined with multiphase CT angiography (mCTA) and CT perfusion imaging (CTP) in assessing intracranial collateral circulation and short-term prognosis in patients with large artery atherosclerotic anterior circulation acute ischemic stroke (AIS). **Methods** A total of 94 patients with large artery atherosclerotic anterior circulation AIS, whose onset time was less than 72 hours before hospitalization, admitted to the Third Affiliated Hospital of Anhui Medical University from July 2024 to May

收稿日期: 2025-09-23

* 基金项目: 安徽省自然科学基金面上项目(No:2308085MH298)

[通信作者] 董斌, E-mail: dongbin676@163.com

2025 were selected as the research subjects. All patients underwent TCD, mCTA and CTP examinations after admission. According to the Alberta Stroke Program Early CT Score (ASPECTS) based on mCTA, the patients were divided into a good collateral group and a poor collateral group. The correlation between collateral circulation score and CTP and TCD parameters was analyzed. The 90-day prognosis of patients was assessed by telephone follow-up. According to the modified Rankin Scale (mRS) score, the patients were divided into a good prognosis group (62 cases) and a poor prognosis group (32 cases). Multivariate general Logistic regression model was used to analyze the independent influencing factors of 90-day prognosis, and receiver operating characteristic (ROC) curve was plotted to analyze the predictive efficacy of each factor. **Results** Among the 94 patients, 64 cases (68.09%) were in the good collateral group and 30 cases (31.91%) were in the poor collateral group. The collateral circulation score was positively correlated with regional cerebral blood flow (rCBF), regional cerebral blood volume (rCBV), pulsatility index (PI) and mean blood flow velocity (Vm) (all $P < 0.05$), and negatively correlated with regional mean transit time (rMTT) and regional time to peak (rTTP) (all $P < 0.05$). The proportion of complicated hypertension, complicated diabetes mellitus, complicated stroke history, National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score and rTTP in the poor prognosis group were significantly higher than those in the good prognosis group (all $P < 0.05$), while the ASPECTS score, rCBF, PI and Vm were significantly lower than those in the good prognosis group (all $P < 0.05$). rCBF and Vm were independent protective factors for prognosis (all $P < 0.05$), and rTTP was an independent risk factor for prognosis ($P < 0.05$). The sensitivity and specificity of the combined detection of rCBF, rTTP and Vm were higher than those of the single detection of any one of these parameters. **Conclusion** mCTA can directly assess the grade of collateral circulation in patients, while CTP and TCD can indirectly reflect the status of collateral circulation through perfusion parameters. For predicting and evaluating the short-term prognosis of patients, all the above examinations have reference value, and the combined detection has the best efficacy.

Keywords: acute ischemic stroke; collateral circulation; prognosis; transcranial Doppler; multiphase CT angiography; CT perfusion imaging

脑卒中是一种由多种病因引发的脑血管疾病,以高发病率、高死亡率、高致残率及高复发率为显著特征,在全球范围内对人类健康的重大公共卫生构成威胁。急性缺血性脑卒中(acute ischemic stroke, AIS)是脑卒中中最常见的类型。在 AIS 早期阶段,神经功能障碍是一种常见的并发症,其发生率为 20%~40%,可对患者的预后产生显著的负面影响,且前循环大动脉粥样硬化型 AIS 患者发病年龄正在逐渐年轻化^[1-3]。短期内缺血缺氧可导致不可逆的脑组织损害,而侧支循环与神经功能缺损程度存在密切关联,及时建立侧支循环有助于缩小梗死面积,从而改善临床结局。因此,精确评估侧支循环成为指导后续治疗策略的关键依据。经颅多普勒超声(transcranial doppler, TCD)作为一项安全、经济且无创的检查,能够简便快捷地检测颅内侧支循环及脑血流储备情况,但其由于对操作者要求较高,且在颈动脉压迫试验中可能引起不稳定斑块脱落,往往会影响侧支循环评估的准确性^[4]。CT 血管成像(computed tomography angiography, CTA)能够直观地评估血管闭塞或狭窄情况,可视化侧支血管,但是难以量化评估侧支循环,对新生血管的评估意

义尚不明确^[5]。CT 灌注成像(computed tomography perfusion, CTP)可通过定量脑灌注参数,准确地评估患者脑血流灌注情况,同时也能在一定程度上反映侧支循环状况,但是 CTP 评估侧支循环的标准尚不明确^[6]。由于现有检查各存在优劣势,目前临床对于侧支循环的评估缺乏统一标准。

目前鲜有针对 TCD 联合多时相 CTA(multiphase computed tomography angiography, mCTA)及 CTP 对前循环大动脉粥样硬化型急性缺血性脑卒患者颅内侧支循环及预后的研究。本研究拟通过将 TCD 动态血流检测、mCTA 血管形态显示及 CTP 灌注功能评估相结合,精准弥补各自局限性,从静态和动态多维度对脑血管进行全面量化评估,从而更为精准地判断侧支循环与患者近期预后的关系,为后续个体化治疗方案提供更为科学的依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2024 年 7 月—2025 年 5 月安徽医科大学第三附属医院收治的 94 例发病时间距住院时间 < 72 h 的前循环大动脉粥样硬化型脑梗死患者为研究

对象。其中,男性48例,女性46例;年龄46~83岁,平均(66.99±8.96)岁。记录患者的基线资料,包括性别、年龄、既往基础病史、相关评分等。本研究经医院医学伦理委员会审核通过(No:伦研批第2024-317-01号)。

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①符合《中国急性缺血性卒中诊治指南2023》^[7]的缺血性卒中诊断;②年龄≥18岁;③1条及以上颈内动脉系统的大血管存在重度狭窄或闭塞,且为该患者的责任病灶;④仅行内科保守治疗。

1.2.2 排除标准 ①发病前改良Rankin量表(modified Rankin scale, mRS)评分>2分或已有严重的认知功能障碍;②对对比剂过敏;③躁动不安不能配合检查;④颞骨声窗穿透不良。

1.3 检查方法

1.3.1 TCD检测 采用彩色多普勒超声诊断仪(深圳德力凯电子有限公司,型号:EMS-9A)检测,患者保持仰卧位,用2 MHz探头经由颞骨声窗探测患侧大脑中动脉,采集搏动指数(pulsatility index, PI)、平均血流速度(mean velocity, Vm)等血流动力学指标。PI反映血管外周阻力, Vm反映血流速率,两者结合可量化侧支循环代偿效能,对预测神经功能预后具有重要价值。

1.3.2 CTA及CTP检查 采用美国GE公司的Revolution Victor型256排CT机进行检查。患者取平卧位,先行CTP检查,常规予以CT平扫,以苍白球最大层面为中心,采用高压注射器,经肘正中静脉依次注入50 mL非离子型对比剂碘佛醇(浓度350 mgI/mL)、40 mL生理盐水,速率4.0 mL/s,延迟5 s后开始灌注扫描。参数设置:管电流100 mA,管电压100 kV,层厚5 mm,时间48.5 s。5 min后行CTA检查,依次注射50 mL碘佛醇、40 mL生理盐水,速率5.0 mL/s。选取动脉期CTA图像。扫描范围:颅底至颅顶。扫描参数:管电压120 kV,管电流260 mA,扫描层厚0.625 mm,触发阈值150 Hu。

1.4 后处理方法

将所有原始数据全部导入后处理工作站。选择健侧大脑中动脉起始段作为输入动脉,选择上矢状窦作为输出静脉,获得时间-密度曲线

(timedensity curve, TDC),得到脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、平均通过时间(mean transit time, MTT)、达峰时间(time to peak, TTP)的伪彩图,手动勾画感兴趣区(region of interest, ROI),勾画时选取梗死最明显部位,尽量避开血管、脑沟等位置,同时以中线为镜面中心分别得到患侧核心梗死区及对侧的CBV、CBF、MTT、TTP,两者相比得局部脑血容量(regional cerebral blood volume, rCBV)、局部脑血流量(regional cerebral blood flow, rCBF)、局部平均通过时间(regional mean transit time, rMTT)、局部达峰时间(regional time to peak, rTTP)。

1.5 侧支循环评估

采用基于mCTA的Alberta卒中项目早期CT评分(Alberta stroke program early CT score, ASPECTS)侧支循环评分法^[8]:0分,与健侧比较,患侧缺血区域任何时相均无可见血管;1分,与健侧比较,患侧缺血区域任何1个时相仅有少量血管显影;2分,与健侧比较,患侧缺血区域血管显影延迟2个时相且血管减少/变细,或延迟1个时相且部分区域无显影;3分,与健侧比较,患侧缺血区域血管显影延迟2个时相且分布/数量正常,或延迟1个时相但部分区域血管变细/减少;4分,与健侧比较,患侧缺血区域血管显影延迟1个时相,但分布范围和数量正常;5分,与健侧比较,患侧缺血区域血管显影无延迟,分布范围及数量正常或增多。

1.6 预后评估

90 d后对患者进行电话随访预后。采用mRS^[9]评估患者预后,将mRS评分≤2分判定为预后良好,>2分判定为预后不良。

1.7 统计学方法

数据分析采用SPSS 25.0统计软件。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用 t 检验;计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 χ^2 检验;等级资料以等级表示,比较用秩和检验;相关性分析采用Spearman法;影响因素分析采用多因素一般Logistic回归模型;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 侧支循环评估结果

94 例患者侧支循环平均(3.82 ± 1.31)分,其中 0 分 2 例,1 分 6 例,2 分 6 例,3 分 16 例,4 分 27 例,5 分 37 例。侧支良好组 64 例(68.09%),平均(4.58 ± 0.50)分,侧支不良组 30 例(31.91%),平均(2.20 ± 1.00)分。预后良好组 62 例患者中,ASPECTS 侧支循环评分 0 分 0 例,1 分 0 例,2 分 1 例,3 分 4 例,4 分 21 例,5 分 36 例;预后不良组 32 例患者中,ASPECTS 侧支循环评分 0 分 2 例,1 分 6 例,2 分 5 例,3 分 12 例,4 分 6 例,5 分 1 例。两组比较,经秩和检验,差异有统计学意义($Z = -6.830, P = 0.000$),预后良好组 ASPECTS 侧支循环评分高于预后不良组。

2.2 侧支循环评分与 TCD、CTP 参数间的相关性分析

Spearman 相关性分析结果显示:ASPECTS 评分与 rCBF 水平($r_s = 0.844, P = 0.000$)、rCBV 水平($r_s =$

$0.638, P = 0.000$)、PI 水平($r_s = 0.739, P = 0.000$)及 Vm 水平($r_s = 0.849, P = 0.000$)均呈正相关;与 rMTT 水平($r_s = -0.574, P = 0.000$)、rTTP 水平($r_s = -0.698, P = 0.000$)均呈负相关。

2.3 不同预后分组患者临床资料比较

预后良好组与预后不良组性别构成、年龄、冠心病患病率、高甘油三酯患病率、高胆固醇患病率、吸烟史比例、饮酒史比例、rCBV、rMTT 水平比较,经 χ^2/t 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$);预后良好组与预后不良组高血压患病率、糖尿病患病率、脑卒中史比例、入院美国国立卫生研究院卒中量表(national institutes of health stroke scale, NIHSS)评分、ASPECTS 评分、rCBF 水平、rTTP 水平、PI 水平及 Vm 水平比较,经 χ^2/t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);预后不良组高血压患病率、糖尿病患病率、脑卒中史比例、入院 NIHSS 评分及 rTTP 水平均高于预后良好组,ASPECTS 评分、rCBF 水平、PI 水平及 Vm 水平均低于预后不良组。见表 1。

表 1 不同预后分组患者临床资料比较

组别	n	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	高血压例(%)	糖尿病例(%)	冠心病例(%)	脑卒中史例(%)	高甘油三酯例(%)	高胆固醇例(%)	吸烟史例(%)
预后良好组	62	31/31	66.00 ± 9.01	16(46.77)	16(25.81)	13(20.97)	13(20.97)	18(29.03)	19(30.65)	23(37.10)
预后不良组	32	17/15	68.91 ± 8.69	18(78.13)	18(56.25)	3(9.38)	18(56.25)	14(43.75)	7(21.88)	14(43.75)
χ^2/t 值		0.082	1.500	8.486	8.473	2.008	11.887	2.036	0.811	0.391
P 值		0.774	0.637	0.004	0.004	0.156	0.001	0.154	0.368	0.532

组别	饮酒例(%)	入院 NIHSS 评分($\bar{x} \pm s$)	ASPECTS 评分($\bar{x} \pm s$)	rCBF/[mL/(100 g·min), $\bar{x} \pm s$]	rCBV/(mL/100g, $\bar{x} \pm s$)	rTTP/(s, $\bar{x} \pm s$)	rMTT/(s, $\bar{x} \pm s$)	PI/(cm/s, $\bar{x} \pm s$)	Vm/(cm/s, $\bar{x} \pm s$)
预后良好组	20(32.26)	8.90 ± 2.69	4.48 ± 0.70	0.82 ± 0.10	0.77 ± 0.16	1.03 ± 0.23	1.61 ± 0.43	0.68 ± 0.09	44.11 ± 4.43
预后不良组	12(37.50)	10.69 ± 3.51	2.53 ± 1.27	0.52 ± 0.16	0.53 ± 0.17	1.53 ± 0.30	2.03 ± 0.45	0.52 ± 0.13	31.95 ± 6.82
χ^2/t 值	0.258	2.742	9.653	10.99	6.597	9.217	4.404	7.352	10.119
P 值	0.611	0.028	0.000	0.000	0.789	0.037	0.681	0.000	0.037

2.4 影响预后的多因素一般 Logistic 回归分析

以是否预后不良(否 = 0, 是 = 1)为因变量,高血压(否 = 0, 是 = 1)、糖尿病(否 = 0, 是 = 1)、脑卒中史(否 = 0, 是 = 1)、入院 NIHSS 评分、ASPECTS 评分、rCBF 水平、TTP 水平、PI 水平、Vm 水平(均为实测值)为自变量,进行多因素一般 Logistics 回归分析。结果显示:rCBF 水平高[OR = 0.454(95% CI: 0.206, 0.867)]、Vm 水平高[OR = 0.574(95% CI: 0.340,

0.967)]为预后不良的保护因素($P < 0.05$),rTTP 水平高[OR = 1.970(95% CI: 1.796, 13.713)]为预后不良的危险因素($P < 0.05$)。见表 2。

2.5 rCBF、rTTP、Vm 对患者预后的效能分析

以 rCBF、rTTP、Vm 及三者联合检测为检验变量,90 d 预后为状态变量,ROC 曲线分析结果显示,rCBF 曲线下面积(area under the curve, AUC)为 0.948(95% CI: 0.908, 0.989),敏感性为 90.3%

表2 影响预后的多因素一般 Logistic 回归分析参数

自变量	b	S _b	Wald χ ² 值	P 值	OR 值	95% CI	
						下限	上限
高血压	0.138	1.278	0.012	0.914	1.148	0.094	14.048
糖尿病	2.210	1.529	2.090	0.148	9.113	2.393	24.081
脑卒中	5.544	2.862	3.752	0.053	2.558	1.041	8.272
NIHSS 评分	0.098	0.221	0.196	0.658	1.103	0.715	1.701
ASPECTS 评分	2.334	1.463	2.546	0.111	10.319	0.587	21.440
rCBF	-15.575	7.414	4.413	0.036	0.454	0.206	0.867
rTTP	5.056	2.281	4.914	0.027	1.970	1.796	13.713
PI	-7.492	6.934	1.168	0.280	0.492	0.382	4.447
V _m	-0.556	0.266	4.356	0.037	0.574	0.340	0.967

(95% CI: 0.830, 0.977), 特异性为 87.5% (95% CI: 0.761, 0.989)。rTTP 的 AUC 为 0.904 (95% CI: 0.836, 0.973), 敏感性为 81.3% (95% CI: 0.669, 0.956), 特异性为 91.9% (95% CI: 0.761, 0.989)。V_m 的 AUC 为 0.926 (95% CI: 0.861, 0.991), 敏感性

为 93.4% (95% CI: 0.877, 0.990), 特异性为 87.5% (95% CI: 0.761, 0.989)。三者联合预测时 AUC 为 0.989 (95% CI: 0.972, 1.000), 敏感性为 96.9% (95% CI: 0.934, 1.000), 特异性为 96.8% (95% CI: 0.907, 1.000)。见表 3、图 1。

表3 各影像学参数评估预后的效能分析

指标	截断值	AUC	95% CI		敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
			下限	上限		下限	上限		上限	下限
rCBF	0.695	0.948	0.908	0.989	90.3	0.830	0.977	87.5	0.761	0.989
rTTP	1.305	0.904	0.836	0.973	81.3	0.669	0.956	91.9	0.851	0.988
V _m	37.860	0.926	0.861	0.991	93.4	0.877	0.990	87.5	0.761	0.989
三者联合		0.989	0.972	1.000	96.9	0.934	1.000	96.8	0.907	1.000

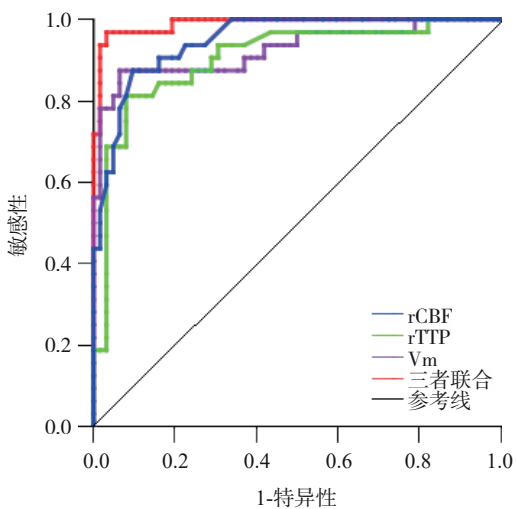


图1 rRBF、rTTP、Vm及其联合预测90 d预后的ROC曲线

3 讨论

AIS 患者随着脑缺血时间延长, 缺血区脑细胞逐渐变性坏死, 血栓与血管壁发生黏附、粘连, 溶栓效果明显减弱, 同时再灌注损伤或出血风险增加, 合理把握溶栓时机是改善预后的关键^[10-12]。本研究将仅行内科保守治疗列为纳入标准, 旨在排除溶栓及血管内治疗对患者近期预后的干预。单纯药物治疗 90 d 后预后良好组患者的入院 ASPECTS 评分显著高于预后不良组, 提示侧支循环的建立对患者的早期神经功能恶化有显著影响^[13]。当患者治疗超出时间窗范围后, 此时侧支循环的评估尤为重要, 若患者缺血半暗带较大, 有进一步挽救的意义时, 应积极溶栓或血管内治疗, 尤其是侧支循环不良患者, 针对其较高的预后不良风险, 更应采取积极的治疗方案^[14-15]。所以及时准确地评估患者的侧支循

环状况有利于制订更为个体化的治疗,从而改善其预后。

在评估卒中患者侧支循环的影像学检查中,数字减影血管造影虽为金标准,但由于其为有创介入操作,有造成血管损伤、栓子脱落等一系列风险,且费用较为昂贵,通常不作为患者入院常规急诊检查^[16]。而多时相 CT 血管造影可通过不同时期的血管成像,直观体现血管动态变化,进而了解患者责任血管狭窄程度及侧支循环状态。CT 灌注成像利用示踪剂原理,根据时间密度曲线计算脑血流灌注图,通过相关参数量化脑血流灌注及侧支循环状态^[17-18]。梗死初期,由于责任血管严重狭窄或闭塞导致病灶侧脑血流灌注减低,此时侧支血管对责任血管供血区域血流发挥重要作用,侧支循环等级越高者,病灶侧脑灌注越丰富,其功能结局往往愈好^[19]。本研究结果显示,侧支循环评分与 rCBF、rCBV 均呈正相关,与 rMTT、rTTP 均呈负相关,表明 CTP 参数也可反映脑血流储备功能。王建利等^[20]研究发现,AIS 患者早期 CBF 与 CBV 降低可能与脑血管阻塞,脑血流灌注不足导致脑灌注压降低相关;而 TTP 反映脑组织血流灌注的延迟程度,缺血区域血流速度减慢,达峰时间会明显延长;MTT 可评估脑组织血流动力学的整体效率,并间接反映血管阻力的变化,急性梗死时患侧脑血流阻力升高,血液从动脉端流出至静脉端所需时间自然延长,这与本研究结论一致。

TCD 作为一项无创且便捷的检查,亦可反映脑血流灌注和侧支循环的功能状态。PI 可评估脑血管阻力与脑血流量,V_m 是 TCD 中反映脑血流动力学变化最直接的指标之一,若主干血管严重狭窄或闭塞,侧支血流的代偿会使 PI 和 V_m 值升高。本研究结果显示,侧支循环等级与 PI、V_m 均呈正相关,表明侧支代偿越良好,PI、V_m 值越高^[21-23]。

本研究结果表明,影响患者近期预后的因素中 rCBF、rTTP、V_m 为独立影响因素,其中 rCBF、V_m 为保护因素,这与周红俐等^[24]、李丽等^[25]研究结果一致。rCBF、V_m 越高,侧支循环越丰富,患者在发生急性梗死时患侧的脑血流灌注受损程度越轻,预后越好。而 rTTP 为危险因素,rTTP 越高意味着预后越差。通过 ROC 曲线分析得知,rCBF 的 AUC 为 0.948,预测 90 d 预后的敏感性为 90.3%,特异性为 87.5%,

rTTP 的 AUC 为 0.904,预测 90 d 预后的敏感性为 81.3%,特异性为 91.9%,V_m 的 AUC 为 0.926,预测 90 d 预后的敏感性为 93.4%,特异性为 87.5%。三者联合检测对 90 d 预后的预测敏感性和特异性均高于单一检测。

TCD 联合 mCTA 及 CTP 的核心机制在于“血流动力学-解剖形态-组织灌注”的三维联动验证与互补,通过多模态技术的协同效应,构建脑血管疾病的完整病理生理评估体系。从病理生理关联来看,脑血管疾病的本质是血管结构异常引发血流动力学紊乱,进而导致脑组织灌注失衡,最终出现神经功能障碍。TCD 基于超声波多普勒效应,其核心机制是通过血流速度异常间接提示血管狭窄程度或侧支循环开放状态。mCTA 则通过对比剂增强扫描,利用不同时相(动脉期、静脉期)的血管显影差异,清晰地呈现血管解剖形态、狭窄部位与范围、斑块性质及侧支血管走行,实现血管结构的可视化定位,弥补 TCD 无法直接显示血管形态的短板。CTP 是通过动态监测对比剂在脑组织内的灌注过程,计算相关脑灌注参数,量化评估脑组织的血液灌注状态,直接反映血管病变对组织供氧的影响。

综上所述,TCD、mCTA 及 CTP 联合检测通过多维度指标综合预测患者预后,有助于提高检测效能,为并发症的早期预警提供依据。本研究不足之处在于为单中心研究,且样本量较小,结果上可能存在一定偏倚,后续可进行多中心回顾性研究,以减轻结果偏倚,为患者临床预后提供更为可靠的预测手段。未来可进一步开展前瞻性队列研究,探索联合检测对脑血管病长期预后的预测价值,构建包含多模态指标的预后评分模型,指导长期治疗管理。

参 考 文 献 :

- [1] ZHEN C, WANG Y B, WANG H F, et al. Multiple cerebral infarction linked to underlying cancer: a review of Trousseau syndrome-related cerebral infarction[J]. Br J Hosp Med (Lond), 2021, 82(5): 1-7.
- [2] YAGHI S. Diagnosis and management of cardioembolic stroke[J]. Continuum (Minneapolis), 2023, 29(2): 462-485.
- [3] SWEID A, HAMMOUD B, RAMESH S, et al. Acute ischaemic stroke interventions: large vessel occlusion and beyond[J]. Stroke Vasc Neurol, 2020, 5(1): 80-85.
- [4] 颜燕红,惠晶晶,惠国桢,等.经颅多普勒联合 CT 血管成像及

- CT灌注成像评价颈动脉狭窄或闭塞患者脑血流动力学改变[J]. 中国血液流变学杂志, 2015(2): 232-237.
- [5] CAO R Y, YE G F, LU Y, et al. The predictive value of cerebral veins on hemorrhagic transformation after endovascular treatment in acute ischemic stroke patients: enhanced insights from venous collateral circulation analysis using four-dimensional CTA[J]. Acad Radiol, 2024, 31(3): 1024-1035.
- [6] 时建文, 杨忠泽, 刘森. CT灌注成像参数对急性脑梗死侧支循环的评估价值及与术后近期预后的相关性[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(2): 42-44.
- [7] 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. 中国急性缺血性卒中诊治指南2023[J]. 中华神经科杂志, 2024, 57(6): 523-559.
- [8] MENON B K, QAZI E, NAMBIAR V, et al. Differential effect of baseline computed tomographic angiography collaterals on clinical outcome in patients enrolled in the interventional management of stroke III trial[J]. Stroke, 2015, 46(5): 1239-1244.
- [9] SAVER J L, CHAISINANUNKUL N, CAMPBELL B C V, et al. Standardized nomenclature for modified Rankin scale global disability outcomes: consensus recommendations from stroke therapy academic industry roundtable XI[J]. Stroke, 2021, 52(9): 3054-3062.
- [10] RABINSTEIN A A. Update on treatment of acute ischemic stroke[J]. Continuum (Minneapolis, Minn), 2020, 26(2): 268-286.
- [11] 曾庆佳, 王英杰, 袁帅, 等. 急性脑梗死患者静脉溶栓后预后影响因素分析[J]. 临床军医杂志, 2024, 52(9): 911-913.
- [12] JOLUGBO P, ARIËNS R A S. Thrombus composition and efficacy of thrombolysis and thrombectomy in acute ischemic stroke[J]. Stroke, 2021, 52(3): 1131-1142.
- [13] 孙洪扬, 李旭华, 周娟, 等. 急性前循环大血管闭塞性轻型卒中行单纯药物治疗患者早期神经功能恶化的影响因素分析[J]. 中国脑血管病杂志, 2025, 22(2): 81-88.
- [14] UNIKEN VENEMA S M, DANKBAAR J W, van der LUGT A, et al. Cerebral collateral circulation in the era of reperfusion therapies for acute ischemic stroke[J]. Stroke, 2022, 53(10): 3222-3234.
- [15] 杨绪森, 李沛城, 陈珑, 等. 脑梗死进展速度与急性前循环大血管闭塞患者机械取栓术后发生症状性颅内出血相关性研究[J]. 介入放射学杂志, 2024, 33(11): 1170-1174.
- [16] FUKUDA K A, LIEBESKIND D S. Evaluation of collateral circulation in patients with acute ischemic stroke[J]. Radiol Clin North Am, 2023, 61(3): 435-443.
- [17] 孙运秀, 顾艳, 李娅, 等. 动态CT血管造影联合CT灌注成像评估预测急性缺血性脑卒中预后研究[J]. 中国医学装备, 2023, 20(7): 66-71.
- [18] 张哲宇, 徐良额, 江秉泽, 等. 基于CT灌注成像评估侧支循环在急性缺血性脑卒中中取栓前后脑梗死进展及预后评估中的应用[J]. 中华神经医学杂志, 2021, 20(1): 8-15.
- [19] MANGIARDI M, BONURA A, IACCARINO G, et al. The pathophysiology of collateral circulation in acute ischemic stroke[J]. Diagnostics (Basel), 2023, 13(14): 2425.
- [20] 王建利, 阴晓婷, 郑利娜. CTP参数与急性缺血性脑梗死侧支循环建立及介入治疗预后的相关性[J]. 中国临床医学影像杂志, 2024, 35(2): 81-85.
- [21] 肖海萍, 刘慧玲, 黄明, 等. TCD检测颈内动脉颅外段重度狭窄颅内动脉血流动力学参数的价值[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2023, 26(10): 1244-1248.
- [22] SHAHRIPOUR R B, AZARPAZHOOH M R, AKHUANZADA H, et al. Transcranial doppler to evaluate postreperfusion therapy following acute ischemic stroke: a literature review[J]. J Neuroimaging, 2021, 31(5): 849-857.
- [23] 杜鑫, 张翼, 杨旭, 等. TCD脑血流动力学参数与大面积脑梗死颅内侧支循环代偿及神经预后的关系[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2023, 26(5): 627-631.
- [24] 周红俐, 杨莎, 杨浩, 等. 动态CTA结合CTP评估急性缺血性脑卒中患者侧支循环及预后价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2025, 36(7): 461-464.
- [25] 李丽, 宋彬彬, 段智慧, 等. TCD对颈内动脉重度狭窄引起大脑中动脉血流动力学变化及侧支循环的评估价值[J]. 河南医学研究, 2024, 33(16): 2980-2983.

(张西倩 编辑)

本文引用格式: 韩旭, 王自勇, 谭佳妮, 等. TCD联合mCTA及CTP对前循环大动脉粥样硬化型急性缺血性脑卒中近期预后的评估[J]. 中国现代医学杂志, 2026, 36(1): 1-7.

Cite this article as: HAN X, WANG Z Y, TAN J N, et al. The evaluation of the short-term prognosis of large artery atherosclerotic anterior circulation AIS by TCD combined with mCTA and CTP[J]. China Journal of Modern Medicine, 2026, 36(1): 1-7.