

## 论 著

## DWI联合MRA检查评估急性脑梗死患者血管狭窄及预后的价值\*

英玉龙<sup>1</sup> 刘常青<sup>1</sup> 沈俊杰<sup>1</sup>  
汤军保<sup>1,\*</sup> 黄俊<sup>2</sup>

1.合肥市第八人民医院影像中心

(安徽 合肥 238000)

2.海军安庆医院医学影像中心

(安徽 安庆 246003)

**【摘要】目的** 探究弥散加权成像(DWI)联合磁共振血管造影(MRA)检查评估急性脑梗死患者血管狭窄及预后的价值。**方法** 回顾性分析2021年1月至2023年12月在本院收治的158例急性脑梗死患者的临床资料,所有患者均于入院时接受DWI和MRA检查,评估患者血管狭窄程度,采用m-TICI分级将其分为闭塞组(0~1级/33例),狭窄组(2级/68例)和再通组(3级/57例)。比较血管不同程度狭窄患者的DWI和MRA检查结果[ADC、rADC]及预后情况。采用改良Rankin量表随访患者入院治疗后1年内预后情况。采用ROC曲线分析ADC、rADC对患者预后的预测价值。**结果** 闭塞组ADC和rADC均低于狭窄组,狭窄组低于再通组;闭塞组预后不良人数占比高于狭窄组,狭窄组高于再通组( $P<0.05$ )。随访1年,患者预后良好107例和预后不良51例。预后不良组患侧ADC和rADC均低于预后良好组( $P<0.05$ )。ROC曲线分析结果表明,ADC(AUC=0.732)和rADC(AUC=0.780)均对急性脑梗死患者预后具有良好的预测价值,以上两指标为截断值进行联合检测,其预测价值更高(AUC=0.807)。**结论** DWI联合MRA检查参数能很好的区分急性脑梗死患者的血管狭窄程度,且ADC和rADC及其联合指标均可有效评估患者预后情况。

**【关键词】** 弥散加权成像; 磁共振血管造影;  
急性脑梗死; 血管狭窄; 预后

【中图分类号】R543

【文献标识码】A

【基金项目】安庆市2022年度医疗卫生类自筹经费科技计划项目(2022Z4003)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.08.004

## Evaluation Value of DWI Combined with MRA for Vascular Stenosis and Prognosis in Patients with Acute Cerebral Infarction\*

JIA Yu-long<sup>1</sup>, LIU Chang-qing<sup>1</sup>, SHEN Jun-jie<sup>1</sup>, TANG Jun-bao<sup>1,\*</sup>, HUANG Jun<sup>2</sup>.

1.Imaging Center, Hefei Eighth People's Hospital, Hefei 238000, Anhui Province, China

2.Medical Imaging Center, Navy Anqing Hospital, Anqing 246003, Anhui Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To explore the evaluation value of diffusion weighted imaging (DWI) combined with magnetic resonance angiography (MRA) for vascular stenosis and prognosis in patients with acute cerebral infarction. **Methods** A retrospective analysis was performed on the clinical data of 158 patients with acute cerebral infarction in the hospital between January 2021 and December 2023. All patients underwent DWI and MRA at admission to evaluate the severity of vascular stenosis. According to m-TICI grading, patients were divided into occlusion group (grade 0~1/33 cases), stenosis group (grade 2/68 cases) and recanalization group (grade 3/57 cases). The examination results of DWI and MRA (ADC, rADC), and prognosis in patients with different severity of vascular stenosis were compared. According to modified Rankin scale, prognosis of patients within 1 year after admission was followed up. The predictive value of ADC and rADC for prognosis was analyzed by ROC curves. **Results** ADC and rADC were gradually increased in occlusion group, stenosis group and recanalization group, while proportion of poor prognosis was gradually decreased ( $P<0.05$ ). After 1 year of follow-up, there were 107 cases with good prognosis and 51 cases with poor prognosis. ADC and rADC at affected site in poor prognosis group were lower than those in good prognosis group ( $P<0.05$ ). The results of ROC curves analysis showed that ADC (AUC=0.732) and rADC (AUC=0.780) were of good predictive value for prognosis of patients with acute cerebral infarction, and predictive value of combined detection was higher (AUC=0.807). **Conclusion** DWI combined with MRA parameters can better distinguish the severity of vascular stenosis in patients with acute cerebral infarction. The combined detection of ADC and rADC can effectively evaluate prognosis of patients.

**Keywords:** Diffusion Weighted Imaging; Magnetic Resonance Angiography; Acute Cerebral Infarction; Vascular Stenosis; Prognosis

据统计我国每年急性脑梗死发病率在145.5/10万左右,病死率占124/10万左右,且每年病死率呈逐年上升趋势<sup>[1]</sup>。急性脑梗死患者因血管堵塞导致脑组织局部血流灌注降低,神经功能缺失,目前认为该病发病的关键原因是颈动脉颅外段动脉血管壁增厚硬化、血管狭窄或堵塞和不稳定斑块破裂等<sup>[2]</sup>。CT、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)等影像学方法都是临床诊断急性脑梗死的首选方法,但每种方法的临床效果仍存在一定的差异<sup>[3]</sup>。数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)是颅内动脉狭窄程度的诊断“金标准”,作为一种有创检查,DSA临床应用受限<sup>[4]</sup>。磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)技术有三维观察特点,能有效反映颅内血管情况,弥散加权成像(diffusion weighed imaging, DWI)技术对急性期脑梗死的诊断准确性较高,它们都是无创检查技术, MRA结合DWI能有效诊断急性脑梗死<sup>[5]</sup>。本研究通过探究DWI联合MRA检查评估急性脑梗死患者血管狭窄及预后的价值,以期临床提供参考。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 回顾性分析2021年1月至2023年12月在本院收治的158例急性脑梗死患者的临床资料,所有患者均于入院时接受DWI和MRA检查,评估患者血管狭窄程度。158例患者的年龄(平均年龄)45~82(65.21±6.09)岁,病程(平均病程)(2.31±0.47)h,高血压78例,糖尿病50例,高血脂30例。本研究符合《赫尔辛基宣言》基本准则。

纳入标准:(1)患者均符合指南<sup>[6]</sup>中相关诊断标准;(2)患者病程≤24h;(3)首次急性发病;(3)符合磁共振体检指征;(4)美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health stroke scale, NIHSS)评分≥2分。排除标准:(1)患者脑梗死转脑出血;(2)患者存在恶性肿瘤、感染疾病、心肾功能不全等严重疾病;(3)溶栓后24h内死亡;(4)近半年内存在颅内出血史;(5)脑梗死复发。

采用m-TICI分级将其分为闭塞组(0~1级/33例),狭窄组(2级/68例)和再通组(3级/57例); m-TICI分级标准<sup>[7]</sup>: 0-1级为血管闭塞,2级为血管部分闭塞,3级为血管再通。

**1.2 治疗方法** 所有患者入院后常规抢救,诊断后使用阿替普酶溶栓治疗,先于生理盐水中融入50mg阿替普酶(1mg/kg),先经肺动脉注入10mg,剩余剂量经微量泵匀速(1mg/kg)泵注,患者在2h内完成溶栓治疗。患者溶栓治疗后即刻及24h后复查颅脑CT,确定是否有颅内出血,排除颅内出血后给予抗血小板聚集药和低分子肝素抗凝治疗。针对无颅内出血患者,于其溶栓后24h口服氯吡格雷75mg,1次/d(阿司匹林

【第一作者】英玉龙,男,主治医师,主要研究方向:急性缺血性脑梗死的诊断及临床预后。E-mail: qiwang93954783@163.com

【通讯作者】汤军保,男,副主任医师,主要研究方向:肺结节诊断与治疗。E-mail: hunbu61280@163.com

300mg, 1次/d, 使用10d后改为100mg/d), 控制血压在120-160/80-100mmHg, 并给予改善脑循环和脑保护剂治疗。

**1.3 检查方法** DWI联合MRA检查: 采用西门子 Avanto Dot 1.5T 高场强磁共振扫描仪进行检查, 横断位平扫FSE序列为T1WI、T2WI、FLAIR。

DWI: 采用磁共振扫描仪配合头颅正交线圈, 单次激发平面回波-横断位序列覆盖全脑, 行DWI扫描。扫描参数设置: b值取0s/mm和1000s/mm, TE/TR设为TE最小值/3800ms激励4次, 层数21, 矩阵128×128, 层间距1.0mm, c层厚6.0mm, 磁共振视野24cm, 扫描1min。

MRA: 平行于患者前颅凹的体轴横断位进行MRA扫描, 采用3D-TOF三维时间飞跃法扫描序列, 扫描结束后进行图像重建并传至工作站建立三维旋转, 观察脑血管狭窄程度; 扫描参数设置: TR设最小值, TE设l.0, 激励1次, 层数256, 矩阵320×192, 层间距0mm, 层厚1.4mm, 翻转角度为25°, 成像视野大小为22cm, 带宽15.63, 重叠1/5或1/4左右, 扫描大脑中动脉、前动脉、后动脉主干、重要分支及Willis动脉环。

图像分析: 将原始数据导入后台工作站处理, DWI扫描图像获取表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图, 定位梗死区域对称健侧部位, 分别记录两区域ADC值, 计算两区域

相对值rADC。由两名经验丰富的磁共振医生采用双盲法阅片, 结果经讨论得出。

**1.4 观察指标** 于患者入院时记录其NIHSS评分, 计算并比较血管不同狭窄程度患者患侧的ADC及rADC值。NIHSS评分<sup>[8]</sup>量表共15个小项, 总分42分, 患者神经功能损伤越严重, 评分越高。

预后评估: 采用(improved Rankin Scale, mRS)随访评估患者入院治疗1年后的预后情况; mRS评价标准<sup>[9]</sup>: 根据患者症状严重程度对其疾病进行评分, 分值为0-6分, 其中0分为无症状, 6分为死亡, <2分为预后良好, ≥2分为预后不良。

**1.5 统计学处理** 采用SPSS 20.0统计学软件分析一般资料和观察指标数据, 两组间计量资料(不同预后患者ADC、rADC)采用t检验, 多组间计量资料(血管不同狭窄程度患者ADC、rADC)采用F检验, ( $\bar{x} \pm s$ )表示; 等级资料的计数资料(人数占比)采用秩和检验, (%)表示, ROC曲线分析指标对患者预后的预测价值,  $P<0.05$ 提示有统计学意义。

2 结果

**2.1 患者的MRI表现** 典型急性脑梗死病例(男, 80岁)的DWI联合MRA检查表现见图1、图2。

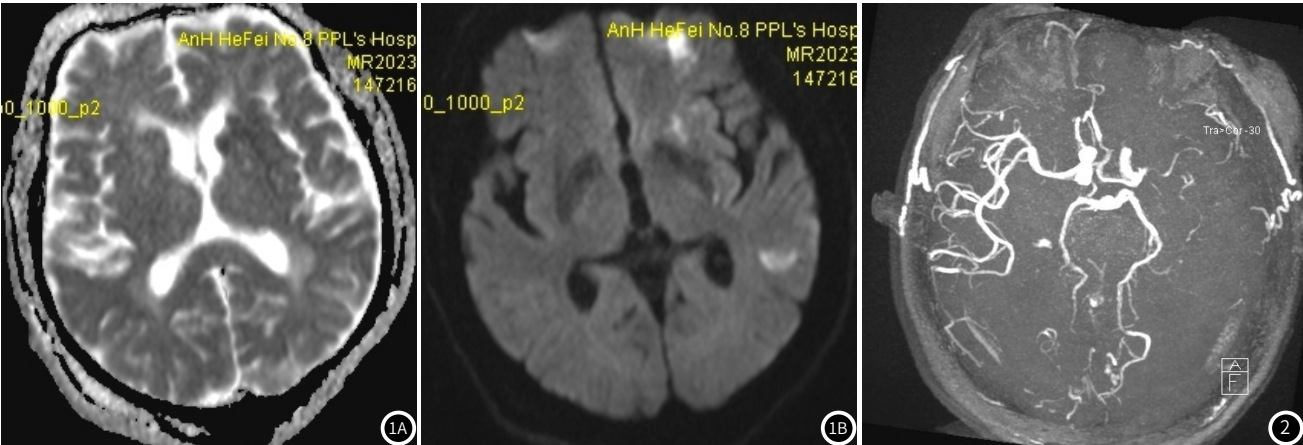


图1A ~ 图1B 急性脑梗死患者的DWI表现, 患者左侧额颞岛叶多发斑片状高信号影, ADC示低信号影。  
图2 急性脑梗死患者的MRA表现, 患者左侧大脑中动脉M1段局限性狭窄伴M2段血管闭塞。

**2.2 不同分组DWI联合MRA参数比较** 闭塞组ADC和rADC均低于狭窄组, 狭窄组低于再通组( $P<0.05$ ), 见表1。

**2.3 闭塞组、狭窄组和再通组预后情况** 闭塞组预后不良人数占比高于狭窄组, 狭窄组高于再通组( $P<0.05$ ), 见表2。

**2.4 预后不同患者DWI联合MRA参数比较** 采用改良Rankin量表进行评分, 根据患者预后(入院治疗后1年内)情况将其分为预后良

好组( $<2$ 分/107例)和预后不良组( $\geq 2$ 分/51例)。预后不良组患侧ADC和rADC均低于预后良好组( $P<0.05$ )。见表3。

**2.5 相关参数对患者预后的预测价值** ROC曲线分析结果表明, ADC(AUC=0.732)和rADC(AUC=0.780)均对急性脑梗死患者预后具有良好的预测价值, 以上两指标为截断值进行联合检测, 其预测价值更高(AUC=0.807)( $P<0.05$ )。见图3和表4。

表1 不同血管狭窄程度分组ADC和rADC比较

| 临床特征                     | 闭塞组(n=33)  | 狭窄组(n=68)  | 再通组(n=57)  | F       | P     |
|--------------------------|------------|------------|------------|---------|-------|
| ADC( $\times 10^4$ mm/s) | 1.15±0.16  | 1.54±0.17  | 1.93±0.15  | 253.499 | 0.000 |
| rADC(%)                  | 32.69±3.52 | 38.47±3.61 | 44.72±3.65 | 121.329 | 0.000 |

表2 闭塞组、狭窄组和再通组预后情况比较(%)

| 临床指标   | 闭塞组(n=33)  | 狭窄组(n=68) | 再通组(n=57) | $\chi^2$ | P     |
|--------|------------|-----------|-----------|----------|-------|
| 预后良好人数 | 0(0.00)    | 53(77.94) | 54(94.74) | 91.515   | 0.000 |
| 预后不良人数 | 33(100.00) | 15(22.06) | 3(5.26)   |          |       |

表3 不同预后分组ADC和rADC比较

| 临床特征                     | 预后不良组(n=51) | 预后良好组(n=107) | t      | P     |
|--------------------------|-------------|--------------|--------|-------|
| ADC( $\times 10^4$ mm/s) | 1.24±0.19   | 1.85±0.13    | 23.611 | 0.000 |
| rADC(%)                  | 35.74±3.58  | 42.08±3.67   | 10.232 | 0.000 |

表4 相关参数对患者预后的预测价值分析

| 指标    | AUC   | 95%CI       | 敏感度    | 特异度    | 截断值                             | P     |
|-------|-------|-------------|--------|--------|---------------------------------|-------|
| ADC值  | 0.732 | 0.656-0.800 | 66.67% | 75.70% | $1.661 \times 10^4 \text{mm/s}$ | 0.000 |
| rADC值 | 0.780 | 0.707-0.842 | 78.43% | 71.96% | 39.740%                         | 0.000 |
| 联合检测  | 0.807 | 0.737-0.877 | 92.16% | 69.16% | —                               | 0.000 |

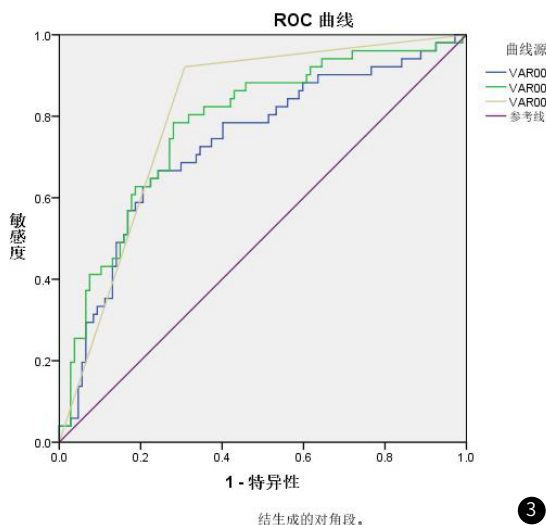


图3 ROC结果曲线分析图。

### 3 讨论

急性脑梗死是危害中老年人健康的常见的脑血管疾病，指的是因缺血导致急性局限性脑组织坏死和突发性神经功能障碍，约占我国脑卒中的70%，急性期的时间尚不统一，其致病机制大致可分为大动脉粥样硬化型、小动脉闭塞型、心源性栓塞型、其他明确病因型和不明原因型五种类型<sup>[10-11]</sup>。DWI和MRA在急性脑梗死患者的诊断中，具有分辨率高、成像速度快等优点，能较好的弥补传统检查方法存在的弊端<sup>[12]</sup>。

本研究结果显示，闭塞组ADC和rADC均低于狭窄组，狭窄组低于再通组。提示DWI联合MRA检查参数能很好的区分急性脑梗死患者的血管狭窄程度。这可能是由于DWI在大脑中动脉闭塞后45min就能明确显示患者缺血区范围，该技术是目前唯一可用于观察活体组织水分子布朗运动的影像学方法，对早期急性脑梗死具有较高的诊断敏感性<sup>[13]</sup>。MRA仅通过血流流入增强效果就能使血管表现为高信号，并获得清晰图像，且不需要对比剂，临床应用范围较广<sup>[14]</sup>。二者结合能有效显示患者血管阻塞状况。

本研究结果显示，预后不良组患侧ADC和rADC分别为 $(1.24 \pm 0.19) \times 10^4 \text{mm/s}$ 和 $(35.74 \pm 3.58)\%$ ，均低于预后良好组的 $(1.85 \pm 0.13) \times 10^4 \text{mm/s}$ 和 $(42.08 \pm 3.67)\%$ 。提示预后不良患者ADC和rADC信号明显低于预后良好患者。这可能是由于预后不良患者脑梗死后脑组织缺血缺氧坏死更严重，机体血管扩张、神经兴奋等代偿性变化更剧烈，脑组织中神经胶质细胞、神经元等过度累积，细胞膜电离子通道紊乱，通透性增加，引发更大面积水肿，而细胞外间隙过度减少，导致水分子更加难以扩散，ADC和rADC呈现的信号较预后良好患者更低。既往研究表明，急性脑梗死预后不良患者入院DWI联合MRA等影像学资料与预后良好患者有着显著差异<sup>[15-16]</sup>。本研究结果与之相符。

本研究结果显示，闭塞组预后不良人数占比高于狭窄组，狭窄组高于再通组。提示急性脑梗死患者血管狭窄程度越严重，其预后不良情况越严重。这可能是由于患者患侧血管越狭窄，其血流灌注水平越受限，脑组织极易缺血缺氧，因此预后不良事件越容易发生。

ROC曲线分析结果表明，ADC(AUC=0.732)和rADC(AUC=0.780)均对急性脑梗死患者预后具有良好的预测价值，以上两指标为截断值进行联合检测，其预测价值更高(AUC=0.807)( $P < 0.05$ )。提示急性脑梗死患者患侧ADC和rADC及其联合指标均可有效评估患者预后情况。既往研究表明，ADC和rADC常用作反映患者病变区脑组织细胞毒性水肿程度(缺血程度)的重要指标，其水平越低提示患者脑组织病变越严重<sup>[17]</sup>。

综上所述，DWI联合MRA检查参数能很好的区分急性脑梗死患者的血管狭窄程度，且急性脑梗死患者患侧ADC和rADC及其联合指标均可有效评估患者预后情况。

### 参考文献

- [1] 朱钦辉, 陈丹霞, 魏统国. 替罗非班联合直接取栓对急性脑梗死患者血管再通率影响的临床研究[J]. 陕西医学杂志, 2024, 53(1): 95-98.
- [2] 陈烨, 龚怡, 魏梅梅. 超声造影参数在评估急性脑梗死患者新生血管分级及颈动脉斑块稳定性中的应用价值[J]. 河北医学, 2024, 30(2): 301-306.
- [3] 杨成森, 钱伟军, 刘静. MRI联合CT和单一CT相比在脑梗死患者中的诊断效果对比研究[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30(6): 17-19.
- [4] 张事达, 钱伟军, 李立, 等. 3.0T高分辨率磁共振成像用于急性脑梗死临床诊断价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(3): 33-34.
- [5] 王伟. DWI联合MRA对急性脑梗死的诊断价值[J]. 河南医学研究, 2019, 28(9): 1676-1677.
- [6] 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.
- [7] Imai K, Mori T, Izumoto H, et al. MR imaging-based localized intra-arterial thrombolysis assisted by mechanical clot disruption for acute ischemic stroke due to middle cerebral artery occlusion[J]. American Journal of Neuroradiology, 2011, 32(4): 748-752.
- [8] Mistry EA, Yeatts SD, Khatri P, et al. National Institutes of Health stroke scale as an outcome in stroke research: value of ANCOVA over analyzing change from baseline[J]. Stroke, 2022, 53(4): e150-e155.
- [9] Tomazini BM, Maia IS, Cavalcanti AB, et al. Effect of dexamethasone on days alive and ventilator-free in patients with moderate or severe acute respiratory distress syndrome and covid-19: the codex randomized clinical trial[J]. JAMA, 2020, 324(13): 1307-1316.
- [10] 薛芳, 张永林, 张继萍, 等. 脑栓通胶囊联合丁苯酞注射液治疗急性脑梗死的疗效及对血流动力学影响[J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(2): 215-218.
- [11] 马静, 李丹, 李晓鹏, 等. 青年脑梗死的TOAST分型及危险因素研究[J]. 罕少疾病杂志, 2025, 32(3): 11-13.
- [12] 刘俊杰. 磁共振弥散加权成像联合磁共振血管成像在急性期脑梗死患者诊断中的应用研究[J]. 数理医药学杂志, 2022, 35(3): 329-331.
- [13] 荆彦平, 骆宾, 黄敏, 等. 基于DWI-FLAIR、DWI-3D ASL双不匹配多模态MRI成像在不明发病时间急性脑梗死的应用价值探讨[J]. 中风与神经疾病杂志, 2023, 40(2): 129-132.
- [14] 李瑞, 崔惠勤, 罗雪. 3D-ASL、MRA及DWI技术在诊断急性脑梗死缺血半暗带中的应用[J]. 广西医科大学学报, 2019, 36(5): 819-822.
- [15] 卢小燕, 余锋, 赵兴利. 静脉溶栓桥接机械取栓对急性脑梗死的临床疗效及预后因素分析[J]. 脑与神经疾病杂志, 2023, 31(2): 110-113.
- [16] 张春海, 闫坤, 周建昌, 等. 基于缺血半暗带为基础探究急性脑梗死溶栓治疗预后不良发生的危险因素及预测模型构建[J]. 陕西医学杂志, 2024, 53(2): 217-220.
- [17] 彭东, 田艺. DWI联合PWI成像技术在超急性期脑缺血诊断中的应用价值[J]. 海南医学, 2023, 34(11): 1611-1615.

(收稿日期: 2024-04-22)

(校对编辑: 韩敏求、翁佳鸿)