

# Application Study of Multimodal MRI in Acute Ischemic Stroke

Tang Ji-Fang, Ma Chun, Zhang Yong, Liu Gao-yuan, Hui Qing-tao.

Department of Radiology, Deyang People's Hospital, deyang 618000, Sichuan Province, China

论 著

## 急性缺血性脑卒中多模态MRI的应用研究

唐继芳\* 马 春 张 勇

刘高元 惠庆桃

德阳市人民医院放射科(四川 德阳 618000)

**【摘要】目的** 探究多模态MRI在急性缺血性脑卒中(AIS)中的应用价值。**方法** 回顾性分析2019年1月至2019年10月67例AIS住院患者临床资料,患者入院48h内完成多模态MRI扫描,包括常规扫描序列及弥散加权成像(DWI)、磁敏感加权成像(SWI)、三维动脉自旋标记成像(3D-ASL)扫描,观察各扫描序列影像特征,并分析不同病因(心源性AIS组24例、非心源性AIS组43例)、病情(轻型14例、中型33例、重型20例)及预后(预后良好29例、尚可27例、预后不良11例)患者多模态MRI特征。**结果** 67例AIS患者DWI序列下呈不规则斑片、点片状或斜形高信号影,梗死灶面积 $2.1\text{cm}^2\sim 34.2\text{cm}^2$ ,其中大面积梗死31例(46.27%),中面积梗死25例(37.31%),小面积梗死11例(16.42%),SWI图中CMB阳性18例(26.87%),SVS阳性36例(53.73%);3D-ASL图像提示病灶区域周围灌注状态高灌注18例(26.87%),正常灌注20例(29.85%),低灌注29例(43.28%);心源性AIS组SVS阳性率显著高于非心源性组( $P<0.05$ );不同病情程度AIS组CMB阳性率、SVS阳性率、灌注状态比较差异有统计学意义( $P<0.05$ ),表现为中重型AIS患者CMB阳性率、SVS阳性率、低灌注状态显著高于轻型患者( $P<0.05$ );不同预后组梗死面积、CMB阳性率、SVS阳性率、灌注状态比较差异有统计学意义( $P<0.05$ ),表现为预后良好组大梗死面积率、CMB阳性率、SVS阳性率、低灌注状态率更低( $P<0.05$ )。结论 多模态MRI检查可为AIS患者提供更丰富诊断信息,有助于患者病因、病情及预后判断。

**【关键词】** 缺血性脑卒中; 磁共振成像; 弥散加权成像; 磁敏感加权成像; 三维动脉自旋标记成像

**【中图分类号】** R445.2

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2022.10.010

### ABSTRACT

**Objective** To explore the application value of multimodal MRI in acute ischemic stroke (AIS). **Methods** The clinical data of 67 AIS inpatients from January 2019 to October 2019 were retrospectively analyzed. The patients completed multimodal MRI scan within 48h after admission, including conventional scan sequence and diffusion weighted imaging (DWI), susceptibility weighted imaging (SWI), and three-dimensional arterial spin-labeled imaging (3D-ASL) scan. The image characteristics of each scan sequence were observed, and the multimodal MRI features were analyzed among patients with different causes (24 cases in cardiogenic AIS group, 43 cases in non-cardiogenic AIS group), disease conditions (14 cases of mild type, 33 cases of moderate type, 20 cases of severe type) and prognosis (29 cases with good prognosis, 27 cases are fair prognosis, 11 cases with poor prognosis). **Results** DWI sequence of 67 patients with AIS showed irregular patchy, dotted or oblique high-signal shadows, and the area of infarction lesions was  $2.1\text{cm}^2\sim 34.2\text{cm}^2$ , and there were 31 cases (46.27%) of large area infarction, 25 cases of middle area infarction (37.31%) and 11 cases of small area infarction (16.42%), and SWI image showed 18 CMB positive cases (26.87%) and 36 SVS positive cases (53.73%). 3D-ASL images showed there were 18 cases with high perfusion (26.87%) around the lesion area, 20 cases of normal perfusion (29.85%) and 29 cases of low perfusion (43.28%). The SVS positive rate in cardiogenic AIS group was significantly higher than that in non-cardiogenic group ( $P<0.05$ ). There were statistically significant differences in the CMB positive rate, SVS positive rate and perfusion status among AIS group with different disease conditions ( $P<0.05$ ), showing that the CMB positive rate, SVS positive rate and low perfusion status of patients with moderate-to-severe AIS were significantly higher than those of patients with mild AIS ( $P<0.05$ ). Different There were statistically significant differences in the infarction area, CMB positive rate, SVS positive rate and perfusion status among different prognosis groups ( $P<0.05$ ), showing that the large area infarction rate, CMB positive rate, SVS positive rate and low perfusion status rate were lower in poor prognosis group ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Multimodal MRI examination can provide more abundant diagnosis information for AIS patients, and help to judge the disease causes, disease conditions and prognosis of patients.

**Keywords:** Ischemic Stroke; Magnetic Resonance Imaging; Diffusion Weighted Imaging; Susceptibility Weighted Imaging; Three-dimensional Arterial Spin-labeled Imaging

急性缺血性脑卒中(AIS)指因突发脑动脉狭窄或闭塞所致的脑组织缺血、缺氧坏死,具有起病急、致残致死率高、易复发特点,是危害民众生命健康及生存质量的常见急性脑血管病,早诊断、早治疗是改善预后关键<sup>[1]</sup>。随着现代影像技术发展,影像学检查已成为AIS诊断基础,其评估结果能为患者诊断提供丰富信息,有助于指导临床个体化治疗<sup>[2]</sup>。磁共振成像(MRI)作为AIS评估中常用的影像手段,已从常规扫描技术发展多模态成像技术,而多模态MRI的应用使得功能性成像成为可能,从而为AIS神经病理生理改变提供更丰富信息<sup>[3]</sup>。本研究将多模态MRI用于AIS患者评估中,旨在探究其对患者病情及预后评估价值。

### 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 回顾性分析2019年1月至2019年10月本院收治的67例AIS住院患者临床资料。

**纳入标准:** 具有AIS症状及体征,且发病6h内入院;经CT、常规MR检查明确脑梗死、排除脑出血;患者可耐受并完成多模态MRI扫描,且扫描在入院48h内完成;所有检查均获得知情同意;在本院接受规范治疗,临床资料完整。排除标准:合并脑外伤、脑血管畸形、颅内占位性病变等疾病,合并恶性肿瘤、严重器质性病变,既往卒中病史,对比剂过敏,无法耐受检查,存在MRI检查禁忌,临床资料不全。67例患者均以头痛头晕、意识障碍、言语不利、偏瘫、偏身感觉异常等症入院,其中男41例,女26例,年龄49~81岁,平均(62.28±7.35)岁,NIHSS评分3~24分,平均(11.62±3.16)分。

#### 1.2 方法

**1.2.1 检查方法** 采用PHILIPS Ingenia 3.0T磁共振扫描仪,32通道头部线圈,扫描序列包括: T<sub>1</sub>加权像(T<sub>1</sub>WI)、T<sub>2</sub>加权像(T<sub>2</sub>WI)、水抑制成像(FLAIR)、弥散加权成像(DWI)、磁敏感加权成像(SWI)、三维动脉自旋标记成像(3D-ASL),扫描参数如下: T<sub>1</sub>WI: TR=1800ms, TE=24ms, 层厚=4.0mm, 间隔=0, FOV=240×240mm, 矩阵352×256mm, NEX=1; T<sub>2</sub>WI: TR=4500ms, TE=105ms, 层厚=5.0mm, 间隔=1.0mm, FOV=240×240mm, 矩阵384×384mm, NEX=1.5; FLAIR: TR=8000ms, TE=140ms, 层厚=5.0mm, 间隔=1.0mm, FOV=240×240mm, 矩阵288×244mm, NEX=1; DWI: TR=4800ms, TE=81ms, 层厚=5.0mm, 间隔=1.5mm, FOV=240×240mm, 矩阵

**【第一作者】**唐继芳,女,主治医师,主要研究方向:神经影像学。E-mail: li27325zhang965@163.com

**【通讯作者】**唐继芳

160×160mm, NEX=1, 扩散弥散系数b值0s/mm<sup>2</sup>和1000s/mm<sup>2</sup>; SWI: TR=42ms, TE=24ms, 层厚=3.0mm, 间隔=0, FOV=240×240mm, 矩阵320×224mm, NEX=0.69, 翻转角=15°; 3D-ASL: 行2次扫描, 对应参数分别为, 标记至采集时间间隔(PLD)=1525ms, TR=4600ms, TE=11ms, 层厚=4.0mm, 间隔=0, FOV=240×240mm, 矩阵512×8mm, NEX=3; PLD=2525ms, TR=5300ms, TE=11ms, 层厚=4.0mm, 间隔=0, FOV=240×240mm, 矩阵512×8mm, NEX=3。

1.2.2 图像处理及资料分析 原始数据传输至DICOM数字影像工作站, 利用自带Function软件包处理。DWI原始数据传到工作站后, 以轴位高信号区为缺血损伤脑组织, 选取病灶最大层面, 勾勒高信号区范围, 由软件自动计算脑卒中面积, 若为多发病灶, 则分别测量求和, 梗死灶面积<3cm<sup>2</sup>、3~5cm<sup>2</sup>、>5cm<sup>2</sup>分别视为小面积、中面积、大面积梗死灶。SWI原始数据传至工作站后, 以最小密度投影(minIP)为重建模式, 得到SWI图、SWI-minIP图, SWI图观察脑内微出血灶(CMB), 即图像中0.3~0.5cm类圆形低信号, SWI-minIP图观察病变区域动脉血栓磁敏感征(SVS), SVS定义: 图像上血管走行区内点、短条状低信号影, 且长度超过同一层面双侧动脉血管管径值。以DWI图像选择最佳卒中层面, 选取3D-ASL伪彩图中灌注异常区、对侧正常脑组织区为感兴趣区, 获得各感兴趣区脑血流量(CBF)值, 并计算相对脑血流量值(rCBF), 患侧与对侧rCBF>1.2、0.8~1.2、<0.8分别记为高灌注、正常灌注、低灌注。

1.3 观察指标及标准 观察各扫描序列影像特征; 分析多模态成像技术DWI、SWI、3D-ASL影像特征与患者病因、病情及预后关系。病因主要分为心源性与非心源性, 以临床特征、基础疾病等综合评估结果为准<sup>[4]</sup>; 病情以入院时美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分<sup>[5]</sup>为准, NIHSS≤6分、7~14分、≥15分分别视为轻型、中型、重型, 预后以治疗15天后NIHSS降低幅度为准, NIHSS降低46%~100%、15%~45%、<15%或增加分别视为预后良好、尚可、预后不良。

1.4 统计学分析 采用SPSS 19.0软件, 符合正态分布计量资料用( $\bar{x} \pm s$ )表示, 两组间比较进行独立样本t检验; 多组间比较采用

单因素方差分析, 两两比较行LSD-t法, 计数资料以n(%)形式表示, 行Pearson卡方检验或连续校正卡方; P<0.05为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 各扫描序列影像特征 67例AIS患者, 常规扫描提示单发灶42例(62.69%), 多发灶25例(37.31%), 分布于脑叶、基底节区、半卵圆中心、小脑半球; T<sub>1</sub>WI序列所示梗死区呈等信号或稍低信号, T<sub>2</sub>WI、T2FLAIR序列呈高信号或稍高信号; DWI序列呈不规则斑片、点片状或斜形高信号影(见图1), 对应表面弥散系数图呈低信号, 梗死灶面积范围在2.1cm<sup>2</sup>~34.2cm<sup>2</sup>, 其中大面积梗死31例(46.27%), 中面积梗死25例(37.31%), 小面积梗死11例(16.42%); SWI图中CMB阳性(见图2)例数18例, 检出率(26.87%), SVS阳性(见图3)例数36例, 检出率(53.73%); 3D-ASL图像提示病灶区域周围灌注状态高灌注18例(26.87%), 正常灌注20例(29.85%), 低灌注(见图4)29例(43.28%)。

2.2 心源性与非心源性AIS组多模态MRI特征比较 67例AIS患者, 心源性AIS共24例, 非心源性AIS共43例; 结果显示, 心源性AIS与非心源性梗死面积、CMB阳性率、灌注状态比较差异无统计学意义(P>0.05), 但心源性AIS组SVS阳性率显著高于非心源性组(P<0.05)。

2.3 不同病情程度AIS组多模态MRI特征比较 根据入院时NIHSS评分, 67例患者可分为轻型14例, 中型33例, 重型20例; 结果显示, 不同病情程度AIS组梗死面积比较差异无统计学意义(P>0.05), 但CMB阳性率、SVS阳性率、灌注状态比较差异有统计学意义(P<0.05), 表现为中重型AIS患者CMB阳性率、SVS阳性率、低灌注状态显著高于轻型患者(P<0.05)。

2.4 不同预后AIS组多模态MRI特征比较 根据治疗15天后患者NIHSS评分降低幅度, 67例患者可分为预后良好29例, 尚可27例, 预后不良11例; 结果显示, 不同预后组梗死面积、CMB阳性率、SVS阳性率、灌注状态比较差异有统计学意义(P<0.05), 表现为预后良好组大梗死面积率、CMB阳性率、SVS阳性率、低灌注状态率更低(P<0.05)。

表1 心源性与非心源性AIS组多模态MRI特征比较[n(%)]

AIS病因	n	梗死面积			CMB		SVS		灌注状态		
		大	中	小	阳性	阴性	阳性	阴性	高	正常	低
心源性	24	11(45.83)	11(45.83)	2(8.33)	7(29.17)	17(70.83)	20(83.33)	4(16.67)	10(41.67)	5(20.83)	9(37.50)
非心源性	43	20(46.51)	14(32.56)	9(20.93)	11(25.58)	32(74.42)	16(37.21)	27(62.79)	26(60.47)	15(34.88)	20(46.51)
$\chi^2$		2.218	0.101	13.181	0.219						
P		0.330	0.751	0.000	0.896						

表2 不同病情程度AIS组多模态MRI特征比较[n(%)]

AIS病情	n	梗死面积			CMB		SVS		灌注状态		
		大	中	小	阳性	阴性	阳性	阴性	高	正常	低
轻	14	7(50.00)	4(28.57)	3(21.43)	2(14.29)	12(85.71)	1(7.14)	13(92.86)	8(57.14)	5(35.71)	1(7.14)
中	33	18(54.55)	10(30.30)	5(15.15)	5(15.15)	28(84.85)	20(60.61)	13(39.39)	7(21.21)	11(33.33)	15(45.45)
重	20	6(30.00)	11(55.00)	3(15.00)	11(55.00)	9(45.00)	15(75.00)	5(25.00)	3(15.00)	4(20.00)	13(65.00)
$\chi^2$		4.344	11.490	16.489	13.603						
P		0.361	0.003	0.000	0.009						

表3 不同预后AIS组多模态MRI特征比较[n(%)]

AIS病情	n	梗死面积			CMB		SVS		灌注状态		
		大	中	小	阳性	阴性	阳性	阴性	高	正常	低
良好	29	7(24.14)	14(48.28)	8(27.59)	3(10.34)	26(89.66)	9(31.03)	20(68.97)	16(55.17)	7(24.14)	6(20.69)
尚可	27	17(62.96)	8(29.63)	2(7.41)	7(25.93)	20(74.07)	18(66.67)	9(33.33)	2(7.41)	11(40.74)	14(51.85)
不良	11	7(63.64)	3(27.27)	1(9.09)	8(72.73)	3(27.27)	9(81.82)	2(18.18)	0(0.00)	2(18.18)	9(81.82)
$\chi^2$		10.970	15.816	11.317	24.953						
P		0.330	0.000	0.003	0.000						

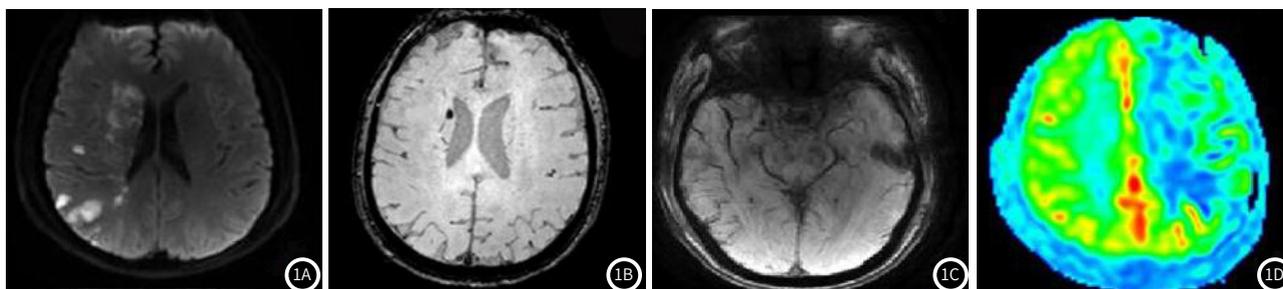


图1 不同患者多模态MRI成像典型特征。图1A: 患者男, 58岁, DWI图像示病灶多区域斑片状信号; 图1B: 患者男, 51岁, SWI图可见多个微出血灶; 图1C: 患者男, 61岁, SWI-mIP示右侧大脑中动脉内低信号; 图1D: 患者女, 55岁, 3D-ASL伪彩图提示左侧大脑半球低灌注改变。

### 3 讨论

缺血性脑卒中是一个动态变化过程, 具有复杂的病理生理改变, 常规MRI检查很难实现完善的定性、定位分析, 而多模态MRI成像可从不同层面分析患者病理变化, 为诊疗提供更丰富信息<sup>[6]</sup>。本研究将DWI、SWI、3D-ASL三种多模态成像技术用于AIS诊断及综合评估, 发现上述影像结果与患者病因、病情及预后关系密切。

当脑实质出现缺血缺氧时, 脑细胞膜功能受损, 大量水分子、钠离子在胞内聚集, 使得细胞水肿, 而在早期细胞尚未发生坏死、胞膜裂解时, 常规MRI很难显示这些变化<sup>[7]</sup>。DWI成像技术基于常规T<sub>2</sub>WI上施加一对强度相等、方向相反的弥散梯度, 经平面回波成像技术, 组织间弥散系数与T<sub>2</sub>对比产生图像, 通过早期分子弥散速度变化, 可观察缺陷区信号, 对卒中早期细胞毒性水肿及血管源性水肿具有很高的敏感性, 被广泛用于脑组织缺血早期损伤情况检测及梗死灶面积评估<sup>[8]</sup>。本研究患者DWI序列可呈不规则斑片、点片状或斜形高信号影, 对应表面弥散系数图呈低信号, 评估梗死灶面积, 发现大、中、小面积梗死分别有31例(46.27%)、25例(37.31%)、11例(16.42%)。血液中红细胞有含氧和脱氧血红蛋白, 含氧血红蛋白中血红素铁处于低自旋状态, 具有抗磁性, 而脱氧血红蛋白中含铁血黄素处于高自旋状态, 具有顺磁性。SWI是基于T<sub>2</sub>加权梯度回波序列的一种成像技术, 可根据不同组织磁敏感差异提供图像对比增强, 极为敏感地显示不同磁化率物质, 脑出血灶及动脉血栓中脱氧血红蛋白含量明显增加, 在SWI图上呈明显低信号, 因此采用SWI成像能准确描述血栓栓子, 筛选微出血灶, 监测患者出血性转化<sup>[9]</sup>。CMB是AIS治疗中常见出血性转化特征, 其发生可能作为血管再通、再灌注自然过程, 同时也提示临床及时防范远期脑出血可能。SVS逐步被定义为颅内动脉走行区低信号改变, 是预测血栓存在的重要影像学特征, 既往还有报道认为<sup>[10-11]</sup>, SVS可用于预测心源性栓塞、预测患者静脉溶栓后血管再通情况等, 具有重要临床应用价值。本研究67例患者, 检出CMB阳性18例(26.87%), SVS阳性36例(53.73%), 这些特征检出为临床评估患者出血性转化、调整治疗方案、预测预后等具有重要意义。脑血流量灌注异常是缺血性卒中病理基础, 可破坏突触传递、能量代谢、膜离子泵等生理功能, 继而造成神经元损伤。3D-ASL成像是一种简便、无创的定量磁共振脑灌注成像技术, 以血液中水质子为内源性示踪剂, 利用射频脉冲标记成像层面血液改变其自旋弛豫状态, 经控制图像与标记图像剪影, 得到大脑灌注图像, 既往报道显示, 3D-ASL脑血流灌注成像评估与正电子发射型计算机断层显像(PET)一致性较高<sup>[12]</sup>。本研究采用3D-ASL成像评价AIS患者病灶周围灌注状态, 发现高灌注18例(26.87%)、正常灌注20例(29.85%)、低灌注29例(43.28%), 这对评估患者血流动力学改变程度、了解侧支血流分配、指导临床靶向血运重建治疗等有重要参考价值。

AIS根据其栓塞形成原因一般分为心源性与非心源性, 鉴别其类型对患者管理具有重要意义, 既往临床为鉴别AIS亚型, 常需结合患者24h心电图、超声心动图, 耗时较长, 尽早预测其栓塞原因, 更利于患者早期管理。本研究发现, 心源性AIS组SVS阳性率显著高于非心源性组, 与黄荣慧等<sup>[13]</sup>报道类似。分析原因, 可能因为心源性血栓主要为红血栓, 而非心源性血栓以白血

栓为主, 前者脱氧血红蛋白含量明显高于后者<sup>[14]</sup>, 故SVS阳性率更高, 本结果也提示经SWI成像分析SVS, 有助于预测AIS心源性栓塞预测, 可为临床早期管理提供依据。本研究根据患者入院时NIHSS评分, 将其病情严重程度分为轻型14例、中型33例、重型20例, 结果显示, 不同病情程度AIS组CMB阳性率、SVS阳性率、灌注状态有明显差异, 表现为中重型AIS患者CMB阳性率、SVS阳性率、低灌注状态率显著高于轻型患者, 提示CMB征象、SVS征象、低灌注状态患者神经功能受损更严重, 说明行多模态MRI成像有助于患者病情程度分析。此外, 不同预后组梗死面积、CMB阳性率、SVS阳性率、灌注状态比较差异均有统计学意义, 表现为预后良好组大梗死面积率、CMB阳性率、SVS阳性率、低灌注状态率更低, 提示梗死面积越大、示CMB征象、SVS征象、低灌注状态患者神经功能受损更不易恢复, 也说明行多模态MRI成像有助于患者短期预后判断。

综上所述, 多模态MRI技术能从多角度、多方向发现AIS患者病理特征, 对患者病因、病情及预后判断有指导意义, 也有助于临床针对性干预, 符合精准医学方向。

### 参考文献

- [1] 尹刘杰, 赵松耀, 王洪科, 等. 多模MRI在急性缺血性脑卒中患者诊治中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(3): 54-56.
- [2] 刘敏, 李晓东. 急性缺血性脑卒中的影像学应用进展[J]. 医学综述, 2019, 25(3): 166-172.
- [3] 任彩云, 郭天畅, 温运雄, 等. 3D-ASL与DWI联合应用在急性缺血性脑卒中的临床价值[J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(18): 150-152.
- [4] 赵靖华, 姚艳, 尚美生. 心源性脑卒中诊断及防治的研究进展[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2017, 19(1): 94-96.
- [5] 孙永兴, 吴小炼, 张凝远, 等. 多模式MRI指导下急性缺血性脑卒中静脉溶栓治疗的临床观察[J]. 中华全科医学, 2016, 14(5): 766-768.
- [6] 陈荣辉, 雷益, 林帆. 多模态MRI诊断缺血性脑血管病的研究进展[J]. 海南医学, 2017, 28(5): 113-115.
- [7] 张景忠, 齐英杰, 陈宇, 等. 急性缺血性脑卒中局部VLCBV与DWI及ADC在预测出血转化中的对比研究[J]. 卒中与神经疾病, 2019, 26(2): 165-168.
- [8] 梁慧. 磁共振ASL及DWI成像在急性缺血性脑卒中患者中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(1): 34-36.
- [9] 于海霞, 葛丽红, 牛广明. SWI、3D-ASL在急性缺血性脑卒中诊疗中的研究进展[J]. 内蒙古医科大学学报, 2019, 41(2): 199-202.
- [10] Bourcier R, Legrand L, Soize S, et al. Validation of overestimation ratio and TL-SVS as imaging biomarker of cardioembolic stroke and time from onset to MRI[J]. Eur Radiol, 2018, 29(5): 2624-2631.
- [11] 王昊, 薛静, 高培毅, 等. 磁敏感血管征对预测急性缺血性脑卒中静脉溶栓后血管再通的价值[J]. 放射学实践, 2016, 31(7): 599-603.
- [12] 崔勇, 郑智艳, 黄玲, 等. 磁共振弥散加权成像和三维时间飞跃法血管成像及三维动脉自旋标记在老年人缺血性脑血管病中的应用[J]. 中华老年医学杂志, 2018, 37(8): 847-850.
- [13] 黄荣慧, 邓利猛, 王宏伟, 等. SWI联合DWI对急性缺血性脑卒中的诊断价值分析[J]. 医学临床研究, 2018, 35(12): 2307-2310.
- [14] 刘阳, 王涛, 梅斌. 磁敏感血管征指导急性缺血性卒中血运重建策略选择一例病例报道[J]. 中国卒中杂志, 2017, 12(2): 160-163.

(收稿日期: 2020-06-24)

(校对编辑: 阮 靖)