

SWI结合ASL对急性期缺血性脑卒中血流动力学评估及诊断价值

丁昭军¹, 刘文罡¹, 黄俊昊¹, 曹瑞², 黎枝鑫²

1. 重庆医科大学附属永川医院放射科, 重庆 402160; 2. 陆军军医大学大坪医院放射科, 重庆 400042

【摘要】目的:分析急性期缺血性脑卒中(AIS)患者经磁敏感加权成像(SWI)结合动脉自旋标记成像(ASL)的诊断效用。**方法:**选取2020年7月至2021年7月于重庆医科大学附属永川医院就诊的AIS患者50例,用3.0T MRI进行扫描,扫描序列包括FLAIR、DWI、3D-TOF-MRA、3D-ASL和SWI,分别评估患者脑梗的灌注状态、梗死核心区周围引流静脉、侧支代偿情况、是否有出血转化以及患者的预后水平。**结果:**梗死核心区周围引流静脉的分级与患者NIHSS评分呈显著相关($r=0.869, P<0.05$);梗死核心区周围引流静脉的分级与患者的预后呈显著相关($r=0.825, P<0.05$);梗死核心区灌注状态与是否出现出血转化呈显著相关($r=0.873, P<0.05$);侧支循环代偿状态与患者预后呈显著相关($r=0.883, P<0.05$)。**结论:**SWI联合ASL可以对AIS患者梗死核心区周围的血流动力学情况给予准确提示,并且该技术还可以准确评估AIS患者的预后,对临床诊断以及治疗方案的选择均有重要价值。

【关键词】急性期缺血性脑卒中;磁敏感加权成像;血流动力学;预后**【中图分类号】**R743.3**【文献标志码】**A**【文章编号】**1005-202X(2024)01-0050-04

Hemodynamic evaluation and diagnostic value of SWI combined with ASL in acute ischemic stroke

DING Zhaojun¹, LIU Wengang¹, HUANG Junhao¹, CAO Rui², LI Zhixin²

1. Department of Radiology, Yongchuan Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 402160, China; 2. Department of Radiology, Daping Hospital, Army Medical University, Chongqing 400042, China

Abstract: Objective To analyze the diagnostic utility of combining susceptibility-weighted imaging (SWI) with arterial spin labeling (ASL) in patients with acute ischemic stroke (AIS). **Methods** Fifty AIS patients who admitted to Yongchuan Hospital, Chongqing Medical University from July 2020 to July 2021 were selected. Scans were performed using a 3.0T MRI scanner, including sequences such as FLAIR, DWI, 3D-TOF-MRA, 3D-ASL, and SWI. The perfusion status of the infarction core, the grading of draining veins around the infarction core, compensation by collateral circulation, the occurrence of hemorrhagic transformation, and prognosis were assessed. **Results** The grading of draining veins around the infarction core was significantly correlated with NIHSS scores ($r=0.869, P<0.05$) and prognosis ($r=0.825, P<0.05$). In addition, significant correlations were found between the perfusion status of the infarction core and the occurrence of hemorrhagic transformation ($r=0.873, P<0.05$), compensation by collateral circulation and prognosis ($r=0.883, P<0.05$). **Conclusion** The combination of SWI and ASL provides accurate indications of the hemodynamic conditions around the infarction core in AIS patients, and it can accurately assess the prognosis of AIS patients, contributing valuable information for clinical diagnosis and the selection of treatment strategies.

Keywords: acute ischemic stroke; susceptibility-weighted imaging; hemodynamics; prognosis

前言

缺血性脑卒中是由于脑部血管阻塞或破裂导致

脑部血液供应中断,进而引发一系列症状。在临床中,急性期缺血性脑卒中(Acute Ischemic Stroke, AIS)是临床中常见的脑血管疾病,该疾病的发生原因为脑血管阻塞,致使血液供应不足后,引发脑组织缺氧、缺血及坏死。临床相关研究认为,AIS多发生于伴有高血压、高血脂等基础疾病患者中^[1]。AIS一旦发生病情危急,需要及时诊断疾病,了解病情程度后,给予及时有效的干预手段。因此,对于缺血区域和受累血管的治疗前评估至关重要。磁共振成像(MRI)是诊断AIS最实用的影像学手段,近年来,

【收稿日期】2023-10-11**【基金项目】**重庆市卫健委和重庆市科技局联合医学科研项目(2019QNXM014)**【作者简介】**丁昭军,主管技师,研究方向:CT及磁共振检查技术,E-mail: jj03290628@163.com**【通信作者】**刘文罡,主管技师,研究方向:CT及磁共振检查技术,E-mail: 614140731@qq.com

3.0T MRI扫描仪的出现在医学领域中属于一次革命性的突破,其通过高磁场强度的磁共振技术进行扫描,不仅图像更加清晰、准确,诊断准确率提高,且能够提供更加深入的生理和病理信息,为医生提供更加全面的诊断依据,比如动脉自旋标记成像(Arterial Spin Labeling, ASL)^[2]和磁敏感加权成像(Susceptibility Weighted Imaging, SWI)序列^[3],为AIS的诊断开辟新道路,如对脑梗死区域灌注状态的无创评估、血栓及其起源位置的精确定位,或非血管性卒中模拟的特征描述^[4]。ASL和SWI对AIS血流动力学评估及预后方面均取得较大进展,但关于两者联合评估AIS诊断价值的研究较少,本研究主要分析ASL联合SWI的血流动力学评估及诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2020年7月至2021年7月于重庆医科大学附属永川医院就诊的50例AIS患者。其中,男27例,女23例;年龄45~80岁,平均(60.55±4.52)岁;体质指数(21.55±1.85) kg/m²;平均发病到治疗时间(38.44±5.85) h。纳入标准:(1)患者症状出现到入院就诊的时间短于24 h;(2)患者经由头颅CT诊断后排除脑肿瘤或者其他疾病,无出血;(3)患者存在步态不稳、头晕、意识障碍等临床症状;(4)经评估符合文献[5]对AIS的诊断标准。排除标准:(1)患者存在躁动、呼吸困难以及不能够配合检查的情况;(2)患者多次扫描后,存在严重伪影致图像质量差;(3)患者既往有甲功、肾功能、心功能等严重不全;(4)患者被判定为由过敏性疾病或者血管炎引发的AIS。该研究经重庆医科大学附属永川医院伦理委员会批准(伦理号:20190527)。

1.2 方法

MRI扫描使用MAGNETOM Verio Dot 3.0T MR和8通道线圈。为了获得更全面的图像,采用多种扫描序列,即FLAIR、DWI、3D-TOF-MRA、3D-ASL和SWI。FLAIR参数如下:TR(8 500 ms)、TE(145 ms)、FOV(240 mm×240 mm)、矩阵(256×256)、层厚(5 mm);DWI参数如下:TR(3 000 ms)、TE(66 ms)、FOV(240 mm×240 mm)、矩阵(256×256)、层厚(5 mm);ASL参数如下:TR(4 781 ms)、TE(11 ms)、后延迟时间(1 525 ms);FOV(220 mm×220 mm)、矩阵(128×128)、层厚(3 mm)、总扫描时间(6 min 52 s);MRA参数如下:TE[异相(相位224 ms)]、TR(23 ms)、FOV(220 mm×220 mm)、矩阵(512×512)、层厚(1.4 mm);SWI参数如下:TE(20 ms)、TR(30 ms)、FOV(256 mm×256 mm)、矩阵(512×512)、层厚(2 mm)。上述参数的设定均是

为了获取更清晰、准确的图像,以便进行后续的诊断和分析。

图像分析:DWI呈现高信号,提示脑梗死后,脑组织中液体含量增加,致使DWI信号增强,可根据测量大小划分大面积梗死(>3 cm)、小面积梗死(≤3 cm)。经SWI-mIP图像分析梗死核心区周围引流静脉,分为3级:0级为与健侧相比,患侧引流静脉没有增多或增粗;1级为与健侧相比,患侧引流静脉稍增多;2级为与健侧相比,患侧引流静脉明显增多或增粗。检查后的图像,经由经验丰富的医师(副主任职称及以上,2名)判定。

患者入院时,通过美国国立卫生研究院卒中量表(NIHStroke Scale, NIHSS)^[6]判定,依据评分分为3个等级,分级如下:重型(≥15分)、中型(7~14分)、轻型(1~6分)。

两周后再通过NIHSS评分表^[6]评估患者预后,可分为好转(功能缺损评分减少90%~100%)、稳定(功能缺损评分减少46%~89%)、进展(或死亡)(功能缺损评分减少45%以下)3个等级。

通过3D-ASL扫描显示脑梗死区域的灌注状态,将50例AIS患者根据检查结果分为高、低灌注组及无变化组。若梗死核心区周围出现条状高灌注则为侧支代偿,侧支循环高代偿是指侧支循环良好,即图像显示供血区远端侧支血管填充范围超过50%,否则为侧支循环低代偿。最后分析梗死核心灌注状态与出血转化(Hemorrhagic Transformation, HT)之间是否存在相关性。

1.3 统计学方法

采用SPSS24.0软件对数据进行分析,相关分析用Spearman检验,系数用 r 表示, $r<0.4$ 为低度线性相关, $0.4\leq r<0.7$ 为中度线性相关, $0.7\leq r<1$ 为高度线性相关。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 入院时患者梗死核心区周围引流静脉分级与患者NIHSS评分相关性

50例AIS患者中,梗死核心区周围引流静脉分级与患者NIHSS评分呈显著相关($r=0.869$, $P<0.05$),见表1。

2.2 梗死核心区周围引流静脉分级与患者预后相关性

治疗两周后,患者行MRI检查,经SWI-mIP图像分析,梗死核心区周围引流静脉分级与患者的预后呈显著相关($r=0.825$, $P<0.05$),见表2。

2.3 梗死核心区灌注状态与HT相关性

50例AIS患者中,梗死核心区灌注状态与是否出现HT呈显著相关($r=0.873$, $P<0.05$),见表3。

表1 入院时患者梗死核心区周围引流静脉分级与患者NIHSS评分的关系

Table 1 Relationship between the grading of draining veins around the infarction core and the NIHSS score on admission

梗死核心区周围 引流静脉分级	NIHSS 评分			合计	r 值	P 值
	轻型	中型	重型			
0 级	13	8	0	21	0.869	0.001
1 级	8	8	1	17		
2 级	4	5	3	12		
合计	25	21	4	50		

表2 梗死核心区周围引流静脉分级与患者预后相关性
Table 2 Correlation between prognosis and the grading of draining veins around the infarction core

梗死核心区周围 引流静脉分级	NIHSS 评分			合计	r 值	P 值
	好转	稳定	进展			
0 级	18	5	2	25	0.825	0.002
1 级	6	5	4	15		
2 级	2	3	5	10		
合计	26	13	11	50		

表3 梗死核心区灌注状态与HT相关性
Table 3 Correlation between perfusion status of the infarction core and HT

灌注状态	有 HT	无 HT	合计	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
低灌注	4	23	27	0.873	0.001
无变化	5	9	14		
高灌注	8	1	9		
合计	17	33	50		

2.4 侧支循环代偿状态与患者预后相关性

在 50 例 AIS 患者中,侧支循环代偿状态与患者预后呈显著相关($r=0.883, P<0.05$),见表 4。

表4 侧支循环代偿状态与患者预后相关性
Table 4 Correlation between compensation by collateral circulation and prognosis

侧支循环 代偿状态	NIHSS 评分			合计	r 值	P 值
	好转	稳定	进展			
侧支循环高代偿	16	6	4	26	0.883	0.001
侧支循环低代偿	3	8	13	24		
合计	19	14	17	50		

3 讨论

AIS 的诊断主要依赖于 CT、数字减影血管造影(DSA)和 MRI,其中 DSA 被公认为是诊断 AIS 的黄金标准,其能够清晰显示血管狭窄与鼻塞的部位,便于了解疾病情况,但是该操作复杂且属于创伤性检查,对机体的损伤大,不能作为常规检查方法。CT 对于出血性卒中的检测具有较高的敏感性,然而却在发病后 24 h 内,无法有效显示脑梗死的病变。相比之下,MRI 是诊断 AIS 最为实用的影像学手段,不仅可以评估脑梗死的范围,还能确定动脉闭塞的部位,并寻找是否存在潜在的溶栓禁忌证的证据^[7-8]。ASL 是一种基于动脉血中水分子为内源性示踪剂的全身性、无创性成像技术,可获取组织器官的血流灌注信息。在临床实践中,该技术可广泛应用于缺血性脑卒中、颅内肿瘤、脑外伤、脑供血不足等疾病诊断和治疗中,其成像技术能够提供无创性、非侵入性的成像方式,且不需要放射性物质,相比于传统的 MRI 成像具有更高的分辨率和更准确的血流信息,因此在临床实践中具有广泛的应用前景^[9-10]。DWI 能够反映水分子在组织中的扩散情况,因此被认为是对急性脑梗死最敏感的成像序列。而 SWI 则是一种特殊的成像技术,其依赖于不同组织的磁敏感性差异和血氧水平,它是一种三维采集、全流量补偿、高分辨率、薄层扫描梯度回波序列。凭借独特的数据采集方法和图像处理技术,SWI 显示出对血液代谢物(包括脱氧血红蛋白、含铁血黄素、高铁血红蛋白和静脉血)的高度敏感性^[11-12]。

在本研究中,SWI-mIP 图像分析梗死核心区周围引流静脉的分级与患者的预后呈显著相关,这表明 SWI 对急性脑梗死的血栓形成具有较高的诊断价值。在梗死动脉发生血栓或闭塞的情况下,动脉中的血流量会减少,脱氧血红蛋白含量会增加。此外,脱氧血红蛋白和氧合血红蛋白的比率改变,从而导致磁场均匀性中断^[13-14]。急性或超急性脑梗死以红细胞为主的血栓形成特征;SWI 可特异性识别含脱氧血红蛋白的顺磁性红色血栓,在 SWI-mIP 图像中,表现为沿血管分布的索状低信号影^[15]。SWI 在强磁场下由于其具有更高的灵敏度,可以提供更精确的血栓形态评估,以及在确定闭塞部位方面,SWI 比 T₂ 梯度回波或 3D TOF 成像具有更好的敏感性和特异性,它在识别远端血栓方面也更有效^[16-18]。

本研究发现 3D-ASL 伪彩图梗死核心区灌注状态与是否出现 HT 呈显著相关,同时侧支循环代偿状态与患者预后呈显著相关;ASL 显示脑血流灌注减少,与 DWI 显示的高信号相比,面积更大。ASL 上具

有高DWI信号的不匹配低融合区域被定义为缺血半暗带(Ischemic Penumbra, IP),其是AIS患者恢复的重要概念,在ASL成像中,高DWI信号表示该区域存在大量的扩散受限的细胞,这通常是由于血流中断引起的,而低融合信号则表示该区域的血流量相对较少,但仍然存在一定的血流量。因此,ASL上具有高DWI信号的不匹配低融合区域被认为是IP,对于AIS患者而言,了解IP的位置与范围十分必要,且有效识别IP能够提高对AIS的诊断效率^[19-20]。HT属于AIS常见的并发症,在疾病发生后的微出血通常不会引发患者出现较明显的临床症状及体征,但随着出血量的增加,患者开始出现一些症状,且随着大脑神经、组织被压迫,症状轻重情况不同,若不及时治疗则进一步恶化,甚至增加其他不良反应^[21];3D-ASL伪彩图以及SWI均可以较为准确地评估HT的情况,可以给临床治疗提供重要的指导意义^[22-23]。AIS后梗死核心区出现侧支循环高代偿的患者预后比低代偿的患者好,这提示该梗死区域具有较好的血液供应,改善该区域的血液循环,保证血氧供应,可提高患者的预后水平^[24-25]。

综上所述,SWI联合ASL可以对AIS患者梗死核心区周围的血流动力学情况给予准确提示,并且该技术还可以准确评估AIS患者的预后,对临床诊断及治疗方案的选择均有重要价值。

【参考文献】

- [1] Tiedt S, Brandmaier S, Kollmeier H, et al. Circulating metabolites differentiate acute ischemic stroke from stroke mimics [J]. *Ann Neurol*, 2020, 88(4): 736-746.
- [2] Kanazawa Y, Arakawa S, Shimogawa T, et al. Arterial spin labeling magnetic resonance imaging for differentiating acute ischemic stroke from epileptic disorders [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2019, 28(6): 1684-1690.
- [3] Li L, Liu MS, Li GQ, et al. Susceptibility-weighted imaging in thrombolytic therapy of acute ischemic stroke [J]. *Chin Med J*, 2017, 130(20): 2489-2497.
- [4] Su H, Su S, Zhang X, et al. Application of arterial spin labeling and susceptibility weighted imaging in the diagnosis of ischemic cerebrovascular diseases [J]. *Int J Clin Exp Pathol*, 2020, 13(12): 3052-3059.
- [5] 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.
- [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. Chinese Society of Neurology, Cerebrovascular Group, Chinese Society of Neurology. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of acute ischemic stroke 2018 [J]. *Chinese Journal of Neurology*, 2018, 51(9): 666-682.
- [7] 吴珂, 李锐, 马林, 等. MELAS综合征的MRI和ASL及1H-MRS特征 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2018, 29(2): 77-79.
- [8] Wu K, Li R, Ma L, et al. MRI, ASL and 1H-MRS characteristics of MELAS syndrome [J]. *Journal of China Clinic Medical Imaging*, 2018, 29(2): 77-79.
- [9] Havsteen I, Willer L, Ovesen C, et al. Significance of arterial spin labeling perfusion and susceptibility weighted imaging changes in patients with transient ischemic attack a prospective cohort study [J]. *BMC Med Imaging*, 2018, 18(1): 24.
- [10] Suzuki Y, Fujima N, Van Osch MJ. Intracranial 3D and 4D MR angiography using arterial spin labeling technical considerations [J]. *Magn Reson Med Sci*, 2020, 19(4): 294-309.
- [11] Du W, Fan L, Du J. Neuroinflammation-associated miR-106a-5p serves as a biomarker for the diagnosis and prognosis of acute cerebral infarction [J]. *BMC Neurol*, 2023, 23(1): 248.
- [12] Xin Y, Shi S, Yuan G, et al. Application of CT imaging in the diagnosis of cerebral hemorrhage and cerebral infarction nerve damage [J]. *World Neurosurg*, 2020, 138: 714-722.
- [13] Hajnóczky N, Bereczki D. The relationship between malignant tumors and ischemic stroke: I. thrombosis development and shared risk factors [J]. *Orvosi Hetilap*, 2022, 163(1): 3-11.
- [14] Ma J, Zhao L, Yuan K, et al. Crossed cerebellar diaschisis after acute ischemic stroke detected by intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging [J]. *Neurol Sci*, 2022, 43(2): 1135-1141.
- [15] Rai SP, Sanyal P, Pai S, et al. Synergistic role of susceptibilityweighted imaging with diffusion-weighted imaging and magnetic resonance angiography in the evaluation of acute arterial stroke [J]. *J Lit Med Res*, 2019, 47(5): 2166-2176.
- [16] Xu S, Wang L, Zhao L. Clinical application value of brain CT perfusion imaging in the treatment of acute ischemic stroke thrombolytic therapy [J]. *Exp Ther Med*, 2019, 17(5): 3971-3976.
- [17] Lee SH, Jung JM, Kim KY, et al. Intramural hematoma shape and acute cerebral infarction in intracranial artery dissection: a high-resolution magnetic resonance imaging study [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2020, 49(3): 269-276.
- [18] Storti SF, Boscolo GI, Montemezzi S, et al. Dualecho ASL contributes to decrypting the link between functional connectivity and cerebral blood flow [J]. *Hum Brain Mapp*, 2017, 38(12): 5831-5844.
- [19] Salem GM, El-Sheik WM, El-Shanawany BG, et al. Low versus standard dose intravenous alteplase in the treatment of acute ischemic stroke in Egyptian patients [J]. *Neurosciences*, 2021, 26(2): 179-185.
- [20] Sugiyama K, Watanuki H, Futamura Y, et al. Impact of direct carotid artery perfusion in acute type: a aortic dissection involving the common carotid artery [J]. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*, 2021, 69(11): 1467-1475.
- [21] Oak P, Sawant Y, Verma M, et al. Fastest detection of ischemic penumbra using comprehensive 10 minutes MRI protocol including ASAP-ASL, and its utility in treating acute stroke [J]. *J Neurol Sci*, 2019, 405(15): 46-47.
- [22] Zhang B, Wang X, Zhong L, et al. Lipid accumulation product as useful predictors of stroke: a correlation analysis between lipid accumulation index/cerebral vascular hemodynamics indexes and risk factors of stroke in 3264 people undergoing physical examination in Xinjiang [J]. *Medicine*, 2022, 101(2): e28444.
- [23] Arba F, Rinaldi C, Caimano D, et al. Blood-brain barrier disruption and hemorrhagic transformation in acute ischemic stroke: systematic review and meta-analysis [J]. *Front Neurol*, 2021, 11: 594613.
- [24] Fan H, Su P, Lin DD, et al. Simultaneous hemodynamic and structural imaging of ischemic stroke with magnetic resonance fingerprinting and arterial spin labeling [J]. *Stroke*, 2022, 53(6): 2016-2025.
- [25] Isozaki M, Kataoka H, Fukushima K, et al. Silent ischemic lesion laterality in asymptomatic internal carotid artery stenosis relates to reduced cerebral vasoreactivity [J]. *Suro Neurol Int*, 2017, 8(1): 6.
- [26] Suomalainen OP, Elseoud AA, Martinez-Majander N, et al. Comparison of automated infarct core volume measures between non-contrast computed tomography and perfusion imaging in acute stroke code patients evaluated for potential endovascular treatment [J]. *J Neurol Sci*, 2021, 426: 117483.
- [27] Menon BK, Al-ajlak FS, Najm M, et al. Association of clinical, imaging, and thrombus characteristics with recanalization of visible intracranial occlusion in patients with acute ischemic stroke [J]. *JAMA*, 2018, 320(10): 1017-1026.

(编辑:陈丽霞)