

论 著

头颅SWI指导小动脉闭塞性脑梗死病情及预后评估的价值*

齐康达^{1,*} 耿丽颖² 齐伟静²
张会朵²

1.邢台市人民医院CT/MR科

(河北 邢台 054000)

2.保定市第一中心医院神经内科

(河北 保定 071000)

【摘要】目的 探讨头颅磁敏感加权成像(SWI)指导小动脉闭塞性脑梗死病情及预后的评估价值。**方法** 收集2021年6月至2024年6月医院收治的小动脉闭塞性脑梗死患者90例的临床资料, 两组均在入院后行SWI、头颅CT血管造影(CTA)检查, 均实施静脉溶栓治疗, 并根据治疗后3个月的改良Rankin量表(mRS)评分分为预后良好41例(mRS评分在0-1分), 预后不良组49例(mRS评分在2-6分)。以CTA为“金标准”, 探讨SWI与CTA评估小动脉闭塞性脑梗死病情的一致性, 随后采用受试者工作特征(ROC)曲线分析头颅SWI对小动脉闭塞性脑梗死预后的预测价值。**结果** 90例患者脑微出血病灶经头颅SWI检查发现245个, T2加权像(T2WI)发现69个, T1加权像(T1WI)发现43个, T2液体衰减反转恢复像(T2FLAIR)发现85个、弥散加权成像(DWI)发现39个, CTA发现251个。SWI检查与CTA评估小动脉闭塞性脑梗死病情的一致性较好, 其中kappa值为0.798, 准确率为90.00%, 误诊6例、漏诊3例。预后良好组患者脑微出血分级均优于预后不良组($P<0.05$)。预后良好组患者脑微出血病灶为 (1.31 ± 0.41) 个, 低于预后不良组患者的脑微出血病灶 (3.90 ± 0.62) 个($t=22.878, P<0.05$)。SWI测出的脑微出血病灶数预测小动脉闭塞性脑梗死患者预后情况的效能较高($P<0.05$), 约登指数最大时对应cut-off为2个, AUC为0.787, 敏感度为85.71%, 特异性为73.17%。**结论** 头颅SWI能够对小动脉闭塞性脑梗死病情及预后进行有效评估。

【关键词】 磁敏感加权成像;

小动脉闭塞性脑梗死; 预后; 脑微出血

【中图分类号】 R651.1**【文献标识码】** A**【基金项目】** 河北省医学科学研究课题

计划资助(2024.1858)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.03.006

Value of Cranial SWI on Guiding the Evaluation of Disease Condition and Prognosis of Small Artery Occlusive Cerebral Infarction*

QI Kang-da^{1,*}, GENG Li-ying², QI Wei-jing², ZHANG Hui-duo².

1.Department of CT/MR, Xingtai People's Hospital, Xingtai 054000, Hebei Province, China

2.Department of Neurology, Baoding No.1 Central Hospital, Baoding 071000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the evaluated value of cranial susceptibility weighted imaging (SWI) on the disease condition and prognosis of small artery occlusive cerebral infarction. **Methods** The clinical data of 90 patients with small artery occlusive cerebral infarction in the hospital were collected from June 2021 to June 2024. SWI and neck computed tomography angiography (CTA) were performed in both groups after admission, and intravenous thrombolysis was carried out. According to the modified Rankin scale (mRS) score at 3 months after treatment, there were 41 patients in good prognosis group (mRS score of 0-1 point) and 49 patients in poor prognosis group (mRS score of 2-6 point). CTA was used as the “gold standard” to explore the consistency of SWI and CTA in evaluating the disease condition of small artery occlusive cerebral infarction. Receiver operating characteristic (ROC) curve was adopted to analyze the predictive value of cranial SWI on the prognosis of small artery occlusive cerebral infarction. **Results** Among 90 patients with cerebral microbleed lesions, there were 245 lesions in cranial SWI examination, 69 lesions in T2 weighted imaging (T2WI), 43 in T1 weighted imaging (T1WI), 85 in T2 fluid attenuated inversion recovery imaging (T2FLAIR), 39 in diffusion weighted imaging (DWI) and 251 in CTA. The consistency of SWI and CTA in evaluating the disease condition of small artery occlusive cerebral infarction was good, and the kappa value and accuracy rate were 0.798 and 90.00%, and 6 cases were misdiagnosed and 3 cases were missed. The cerebral microbleed grading in good prognosis group was better than that in poor prognosis group ($P<0.05$). The number of cerebral microbleeds in good prognosis group was (1.31 ± 0.41) , which was lower than (3.90 ± 0.62) in poor prognosis group ($t=22.878, P<0.05$). The number of cerebral microbleeds detected by SWI was more effective in predicting the prognosis of patients with small artery occlusive cerebral infarction ($P<0.05$). When the Youden index was the maximum, the corresponding cut-off value, AUC, sensitivity and specificity were 2, 0.787, 85.71% and 73.17% respectively. **Conclusion** Cranial SWI can effectively evaluate the disease condition and prognosis of small artery occlusive cerebral infarction.

Keywords: Susceptibility Weighted Imaging; Small Artery Occlusive Cerebral Infarction; Prognosis; Cerebral Microbleeds

小动脉闭塞性脑梗死是由于慢性血管损伤性疾病导致颅内深部小穿支动脉或终末小动脉病变闭塞的脑卒中类型, 其具有致残率、致死率高的特点, 会对患者生命安全造成严重威胁^[1]。临床将快速开通供血血管、减少脑组织损伤视为缺血性脑卒中治疗的关键环节, 静脉溶栓为首选治疗方案^[2]。但研究报道, 小血管病变所导致的脑梗死患者在溶栓治疗后容易出现出血性转归, 而患者脑微出血为脑梗死患者出血性转归的独立危险因素, 脑微出血病灶会随着腔梗灶的增加而增加, 会对患者病情、预后造成不良影响^[3], 故准确评估、观察患者病情以及预后对患者治疗方案的选择具有重要意义。目前临床主要通过影像学检查对脑微出血病灶进行评估, 磁共振成像(MRI)是临床常用的脑梗死检查方法, 具有灵敏、高效等优势, 但常规MRI成像对于小血管病变的诊断准确性有限, 因此仍需探索更为可靠检查手段来弥补影像学技术空缺^[4]。磁敏感加权成像(SWI)是一种通过人体自身静磁场和射频磁场之间产生的差距, 从而清晰显示人体组织、肌肉等异常情况的成像技术, 其具有较高的软组织分辨率, 能够有效协助医生对小血管病变进行诊治^[5]。为进一步明确SWI在小动脉闭塞性脑梗死病情及预后的应用, 本文将医院收治的90例小动脉闭塞性脑梗死患者作为研究对象, 分析SWI对小动脉闭塞性脑梗死病情及预后的评估价值, 望为临床提供借鉴, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 研究资料 本文为回顾性分析, 根据治疗后3个月的改良Rankin量表(mRS)^[6]评分将2021年6月~2024年6月期间90例小动脉闭塞性脑梗死患者分为预后良好41例(mRS评分在0-1分), 预后不良组49例(mRS评分在2~6分)。预后良好组患者年龄为20~70岁, 平均年龄为 (55.14 ± 6.27) 岁; 发病时间在4.5 h内, 平均发病时间为 (2.53 ± 0.49) h; 男性28例, 女性13例。预后不良组患者年龄为21~70岁, 平均年龄为 (57.14 ± 7.39) 岁; 发病时间在4.5 h内, 平均发病时间为 (2.77 ± 0.52) h; 男性26例, 女性23例。两组基线资料具有可比性($P>0.05$)。

纳入标准: (1)符合缺血性脑卒中的诊断标准^[7], 且呈现为脑梗死腔隙综合征, 脑梗死腔隙直径 <1.5 cm; (2)临床资料完整; (3)年龄在18~80岁之间; (4)于本院接受检

【第一作者】 齐康达, 男, 主管技师, 主要研究方向: 医学影像技术研究。E-mail: qikangda@163.com

【通讯作者】 齐康达

查、治疗。排除标准：(1)既往存在颅内出血、重大头颅外伤史、卒中史；(2)因心脏起搏器、造影剂过敏等无法进行磁共振成像(MRI)、数头颈CT血管造影(CTA)者；(3)合并有颅内肿瘤、动静脉畸形、动脉瘤患者；(4)凝血功能异常或长期服用抗凝血药物者；(5)患有精神疾病者，具有认知功能障碍。

1.2 方法

1.2.1 MRI检查 两组患者入院后均选用西门子磁共振成像系统进行检查。检查如下：医务人员协助患者取仰卧位，对头部进行平扫T2加权像(T2WI)，T1加权像(T1WI)、T2液体衰减反转恢复成像(T2FLAIR)、弥散加权成像(DWI)和磁敏感加权成像(SWI)。T2WI快速自旋回波序列为TR 5000 ms，TE 89 ms。T1WI序列为TE 371.0 ms，TR 9.8 ms。DWI为SE/EPI XUE LIE，TE 406 ms，TR 7500 ms，b值为0和1000 s/mm²。SWI为3D扰相梯度回波序列，TE 40 ms，TR 49 ms。FOV 24cm×24 cm，层厚2.0 mm，矩阵256×256。

1.2.2 CTA检查 两组患者入院后均选用CT扫描仪进行头颈CTA检查，检查如下：协助患者平卧，扫描范围为主动脉弓至颅底，经肘正中静脉双筒高压注射器推注碘普罗胺，其中A筒推注60 ml碘普罗胺，B筒推注30ml生理盐水，随后以主动脉根为监测层面进行预扫描，当患者升主动脉CT值高达150 HU时，3 s后自动进行正式扫描。

1.2.3 图像分析 图像扫描完毕后由2为工作年限>5年的影像学医师进行处理、评估。脑微出血影像学表现：脑微出血阳性表现为成像中存在2-5 mm孤立点状低信号，界限清晰周围无水肿，阴性为无以上影像学表现。对SWI检查结果(脑微出血数量)进行分级，将患者分为0级(无)、1级(1~3个)、2级(4~6个)、3级(7~9个)、4级(≥9个)^[8]。

1.2.4 治疗方式：患者入院后均通过营养支持补充营养素，使用复方电解质注射液维持电解质平衡，给予降压、控糖、调脂等对症治疗。根据患者体重计算阿替普酶总剂量(0.9 mg/kg)，其中10%的剂量进行1 min静脉推注，剩余部分在1 h内静脉滴注。

1.2.5 小动脉闭塞性脑梗死预后评估 治疗随访3个月，通过改良Rankin量表(mRS)评分进行评估，分为预后良好(0-1分)，预后不

良(2-6分)。0分：为患者无任何功能障碍以及颅脑损伤症状，可进行自理；1分：患者无明显功能障碍，日常活动未受到影响，但患者仍存在轻微颅脑损伤症状；2分：患者存在轻微功能障碍，可进行自理，但患者日常活动不能顺利完成；3分：患者存在中度功能障碍，可自主行走，但其他日常活动需他人或工具辅助；4分：患者存在中重度功能障碍，日常活动均需他人或工具协助；5分：患者存在重度功能障碍，瘫痪在床且大小便失禁；6分：死亡。

1.3 统计方法 应用SPSS 24.0统计分析软件。年龄、发病时间等正态计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，经方差齐性检验后，行t检验；计数资料如：性别以例数或百分比表示，行 χ^2 检验；脑微出血分级采用秩和检验；以CTA为金标准，探讨SWI与CTA评估小动脉闭塞性脑梗死病情的一致性，随后采用受试者工作特征(ROC)曲线分析头颅SWI对小动脉闭塞性脑梗死预后的评估价值，P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各序列小动脉闭塞性脑梗死病情检查情况 针对脑微出血病灶，CTA发现251个，SWI发现245个，T2WI发现69个，T1WI发现43个、T2FLAIR发现85个、DWI发现脑微出血病灶39个，见表1。

2.2 SWI与CTA评估小动脉闭塞性脑梗死患者脑微出血的一致性分析 相较于T2WI、T1WI、T2FLAIR、DWI，SWI检出准确性更高(P<0.05)，SWI检查与CTA评估小动脉闭塞性脑梗死脑微出血的一致性较好，其中kappa值为0.798，准确率为90.00%，误诊6例、漏诊3例，见表2~3。

2.3 预后良好与预后不良患者SWI检测脑微出血分级比较 预后良好组患者脑微出血分级优于预后不良组(P<0.05)，见表4。

2.4 SWI对小动脉闭塞性脑梗死患者预后的评估价值分析 预后良好组患者脑微出血病灶为(1.31±0.41)个低于预后不良组小动脉闭塞性脑梗死患者的脑微出血病灶(3.90±0.62)个(t=22.878, P<0.05)。SWI检出脑微出血病灶数预测小动脉闭塞性脑梗死患者预后的效能较高(P<0.05)，约登指数最大时对应cut-off为2，AUC为0.787，敏感度为85.71%，特异性为73.17%，见图1。

表1 各序列检查脑微出血病灶分布情况(个)

检查序列	基底核区	丘脑	小脑	脑干	大脑皮层及皮层下	合计
T2WI	23	14	7	9	16	69
T1WI	19	7	3	4	10	43
T2FLAIR	26	19	10	8	22	85
DWI	16	12	2	5	4	39
SWI	131	37	15	18	42	245
CTA	134	38	16	19	44	251

表4 两组患者SWI检测脑微出血分级比较[例(%)]

分组	例数	脑微出血分级				
		0级	1级	2级	3级	4级
预后良好组	41	27(65.85)	11(26.83)	2(4.88)	1(2.44)	0(0.00)
预后不良组	49	12(24.49)	19(38.78)	12(24.49)	4(8.16)	2(4.08)
Z		4.207				
P		<0.001				

表2 SWI与CTA评估小动脉闭塞性脑梗死患者脑微出血的一致性[例(%)]

检查方法	分类	CTA		合计
		阳性	阴性	
T2WI	阳性	28	13	41
	阴性	11	38	49
T1WI	阳性	24	16	40
	阴性	15	35	50
T2FLAIR	阳性	31	10	41
	阴性	8	41	49
DWI	阳性	22	17	39
	阴性	17	24	51
SWI	阳性	36	6	42
	阴性	3	45	48
	合计	39	51	90

表3 SWI与CTA评估小动脉闭塞性脑梗死脑微出血的效能比较[例(%)]

检查方法	敏感度(%)	特异度(%)	准确度(%)	阳性预测值(%)	阴性预测值(%)	Kappa一致性
T2WI	71.79	74.51	73.33	68.29	77.55	0.460
T1WI	61.54	68.63	65.56	60.00	70.00	0.301
T2FLAIR	79.49	80.39	80.00	75.61	83.67	0.604
DWI	56.41	66.67	62.22	56.41	66.67	0.231
SWI	92.31	88.24	90.00	85.71	93.75	0.798

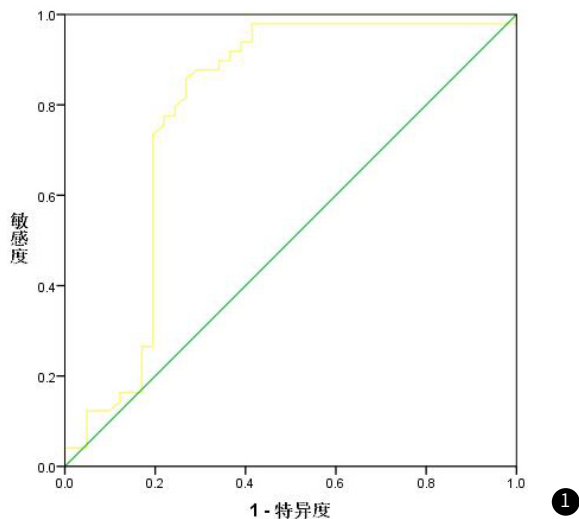


图1 SWI评估小动脉闭塞性脑梗死患者预后的ROC曲线。

3 讨论

脑微出血灶是指脑内微小血管管壁受到损伤，进而引起血液外渗，最终造成脑梗死患者病情进展，预后不佳，其主要发生于微小血管严重病变患者群体，尤其是以颅内深部小穿支动脉或终末小动脉病变闭塞为主的小动脉闭塞性脑梗死患者^[9]。虽然磁共振成像(MRI)相较于电子计算机断层扫描(CT)对于脑微出血灶的观察明显改善，但有研究指出由于脑微血管破裂，使得脱氧血红蛋白和含铁血黄素等顺磁性物质在脑组织中沉积，且该类病灶体积较小，并未出现明显水肿，MRI检查中T2W1, T1WI等常规序列具有明显局限性，准确性欠佳，易出现漏诊情况^[10-11]。本研究将MRI各序列应用于脑微出血灶观察中，数据显示，脑微出血灶在患者基底核出现最多，其次分布于患者皮层下及丘脑，患者脑干及小脑的微出血灶最少。据分析原因为，脑微出血是指患者脑部出现玻璃样变或淀粉样变性血管壁，造成的微小血管破裂出血，而又由于患者脑部基底核微小血管，其次为皮层下及丘脑，最少为脑干及小脑，故基底核、皮层下是脑微出血灶的主要分布区域^[12]。

本研究显示，相较于T2W1、T1WI、T2FLAIR、DWI，SWI对脑微出血的检出准确率更高($P<0.05$)，且SWI检查与CTA评估小动脉闭塞性脑梗死脑微出血的一致性较好，其中kappa值为0.798，准确率为90.00%，以上结果提示SWI对于小动脉闭塞性脑梗死患者脑微出血灶检出率较高，能够对患者病情进行准确评估。原因为：脑部微小血管出现破裂时，渗出的血液，会导致红细胞内的含铁黄色素逐渐沉积在脑组织，使得患者脑组织出现胶质、血管钙化增生，最终导致病灶处为强顺磁性特征，单纯通过T2W1, T1WI等常规序列对脑微出血病灶观察，常规序列会对微小血管异常变化难以察觉，从而延误病情，而MRI的DWI序列虽然能够观察水分子弥散特性，但脑梗死患者脑组织因血栓的产生而出现脑组织病灶区域缺血缺氧，导致脑细胞水肿时，其水分子弥散受限，弥散系数下降，使得DWI成像为脑组织病灶区域呈高信号改变，而当脑梗死患者出现脑微出血症状时，DWI的水分子弥散特性无法显示出明显特征，仅能观察到脑微出血较为显著的病灶，且显示较为模糊，因此，DWI对于脑微出血病灶的观察准确性欠佳^[13]。而SWI序列是通过组织间形成的磁敏感性差异进行成像的，对脑梗死患者脑部铁血黄素沉积异常现象的敏感性较

高，当脑梗死患者出现脑微出血时，因微小血管破裂而渗出的血液中的含铁血黄素会沉积下来，且由于含铁血黄素具有较高的磁敏感效应，也就导致SWI序列能够敏感的反应出小动脉闭塞性脑梗死患者的脑微出血影像，且病灶较为明显^[14]。

临床上将溶栓和抗凝作为脑梗死患者的治疗原则，而脑微出血即出血性转归会发生在脑梗死患者溶栓和抗凝治疗后，是脑梗死患者预后不良的重要原因^[15-16]。李红梅等人^[17]的研究指出，脑微出血能够作为脑梗死患者预后的重要预测指标，本研究结果与其类似，SWI成像显示，预后良好组患者脑微出血分级均优于预后不良组，患者平均脑微出血病灶数目低于预后不良组($P<0.05$)，提示头颅SWI能够对小动脉闭塞性脑梗死患者预后进行预测。原因可能为：SWI相较于MRI其他普通序列，可以对缺血、血液代谢产物和铁离子沉积等显示更为敏感，对于静脉与出血灶可以更好显示，通过高分辨率三维梯度回波序列主要依靠血氧饱和度磁敏感性的差异利用相位图高通滤波形成相位蒙片，因此不会受到血液流动干扰，特别是对梗死区域小静脉更具优势，也就是当患者出现脑微出血病灶预后不良时，能够及时、敏感的反映出患者脑部微小血管异常变化，从而准确判断患者预后^[18]。本研究经ROC曲线显示，SWI脑微出血病灶预测小动脉闭塞性脑梗死患者预后的效能较高($P<0.05$)，AUC为0.787，敏感度为85.71%，特异性为73.1%。因此，针对小动脉闭塞性脑梗死患者实施头颅SWI检查，有助于临床对患者预后情况进行预测。

综上所述，头颅SWI能够有效、准确评估小动脉闭塞性脑梗死患者的病情及其预后。

参考文献

- 刘静芳, 刘汉兴. 影响小动脉闭塞性脑卒中早期神经功能恶化的临床因素分析[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2021, 16(4): 385-388.
- 中国医师协会神经内科医师分会脑血管病专家组. 急性缺血性卒中替奈普酶静脉溶栓治疗中国专家共识[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2022, 48(11): 641-651.
- 魏淑琦, 张伟伟, 李辰, 等. 脑微出血与急性缺血性卒中患者再灌注治疗后转归[J]. 国际脑血管病杂志, 2023, 31(12): 913-917.
- 胡美云, 王月波. 头颅MRI、DWI和SWI在急性脑梗死出血性转化诊断中的应用[J]. 郑州大学学报(医学版), 2023, 58(4): 581-584.
- 孙建军, 黄勇华, 徐罗, 等. SWI联合MRA对判断急性脑梗死血管病变类型的应用[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(11): 1864-1866, 1870.
- Chen L, Geng L, Chen J, et al. Effects of urinary kallidinogenase on NIHSS score, mRS score, and fasting glucose levels in acute ischemic stroke patients with abnormal glucose metabolism: a prospective cohort study[J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(35): e17008.
- 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.
- Chesebro AG, Amarante E, Lao PJ, et al. Automated detection of cerebral microbleeds on T2*-weighted MRI[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 4004.
- 邵丽, 秦敬翠, 王苗, 等. 磁敏感加权成像诊断腔隙性脑梗死中脑微出血的临床研究[J]. 徐州医科大学学报, 2020, 40(12): 907-910.
- 王亚萍, 张莉红, 陈文君. CT、MRI检查路径在腔隙性脑梗死中的临床诊断价值对比[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(12): 19-20.
- 刘志英, 赵利红, 唐聚花. MRI不同扫描模式在诊断急性期脑梗死合并脑微出血患者中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16(7): 65-67.
- 贾济波, 朱全新, 杨文广, 等. MRI磁敏感加权成像在高血压伴脑微出血的临床应用及潜在危险因素分析[J]. 中国血液流变学杂志, 2021, 31(2): 260-264.
- 王东煜, 罗小平, 吴加满, 等. MRI常规序列、SWI序列及DWI在脑外伤微出血患者诊断中的应用研究[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(2): 205-208.
- 王虹, 韩伟华, 龙美跃, 等. 头颅磁敏感加权成像联合血清血管内皮生长因子、微小RNA-127、微小RNA-320在小动脉闭塞性脑梗死患者预后评估中应用[J]. 临床军医杂志, 2023, 51(10): 1081-1084.
- Kranendonk KR, Treurniet KM, Boers AMM, et al. Hemorrhagic transformation is associated with poor functional outcome in patients with acute ischemic stroke due to a large vessel occlusion[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11(5): 464-468.
- 李林峰, 贾晓静, 贾少杰, 等. 双重抗血小板治疗对急性缺血性脑卒中合并脑微出血的影响[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42(5): 1046-1049.
- 李红梅, 热西达木·麦麦提, 于庆亮. 脑微出血对急性脑梗死患者神经、认知功能和预后的影响[J]. 广西医学, 2021, 43(6): 670-673, 684.
- 陈翩翩, 王耀光, 申春云, 等. 基于SWI的CMBs、ACVS特征与急性脑梗死患者预后的关系[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(6): 1396-1401.

(收稿日期: 2024-11-12) (校对: 翁佳鸿 排版: 张鸿燊)