

论 著

DWI对腔隙性脑梗死患者早期神经功能恶化的预测价值分析*

花 蕾¹ 周 丹² 郑芳慧¹
王 莺¹ 沈海林^{1,*}

1.上海交通大学医学院苏州九龙医院

影像科 (江苏 苏州 215028)

2.南京医科大学附属明基医院放射科

(江苏 南京 210019)

【摘要】目的 分析弥散加权成像(DWI)对腔隙性脑梗死(LI)患者早期神经功能恶化(END)的预测价值。方法 收集2021年5月至2024年5月收治的112例LI患者临床资料,所有LI患者入院24h内完成磁共振(MRI)T1WI、T2WI、流体衰减反转恢复序列(FLAIR)及DWI序列扫描,分别在DWI图像、T2 FLAIR图像中测量梗死体积及脑白质病变(WMH)分级、脑萎缩程度,根据END发生情况分为END组与非END组,比较两组基线资料及MRI影像特征差异,使用Logistic回归分析评估LI患者发生END的危险因素。结果 112例LI患者中END发生率为19.64%(22/112)。END组与非END组在梗死体积、WMH分级及脑萎缩程度方面的比较,差异具有统计学意义($P<0.05$)。Logistic回归分析显示,梗死体积[OR=3.476, 95%CI(2.031~5.950), $P<0.05$]、重度WMH[OR=2.921, 95%CI(1.665~5.126), $P<0.05$]、重度脑萎缩[OR=2.683, 95%CI(1.479~4.866), $P<0.05$]均为LI患者发生END的危险因素。结论 DWI、T2 FLAIR等序列可评估LI患者梗死体积、WMH分级及脑萎缩程度,预测END的发生,可为LI的临床管理提供可靠数据。

【关键词】腔隙性脑梗死; 磁共振;
弥散加权成像; 早期神经功能恶化;
梗死体积; 脑白质病变; 脑萎缩

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】江苏省卫生健康委

科研项目(M2020041)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.08.002

Predictive Value of DWI on Early Neurological Deterioration in Patients with Lacunar Infarction*

HUA Lei¹, ZHOU Dan², ZHENG Fang-hui¹, WANG Ying¹, SHEN Hai-lin^{1,*}.

1.Department of Imaging, Suzhou Kowloon Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Suzhou 215028, Jiangsu Province, China

2.Department of Radiology, Benq Hospital Affiliated to Nanjing Medical University, Nanjing 210019, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the predictive value of diffusion-weighted imaging (DWI) on early neurological deterioration (END) in patients with lacunar infarction (LI). **Methods** The clinical data of 112 patients with LI admitted from May 2021 to May 2024 were collected. All patients with LI completed magnetic resonance imaging (MRI) T1WI, T2WI, fluid attenuated inversion recovery (FLAIR) and DWI sequence scan within 24 hours after admission. The infarct volume, white matter lesion (WMH) grading and brain atrophy degree were measured in DWI images and T2 FLAIR images respectively. According to the occurrence of END, the patients were divided into END group and non-END group. The baseline data and MRI image features were compared between groups. Logistic regression analysis was used to evaluate the risk factors for END in LI patients. **Results** The incidence rate of END in 112 patients with LI was 19.64% (22/112). There were statistical differences in infarct volume, WMH grading and brain atrophy degree between END group and non-END group ($P<0.05$). Logistic regression analysis found that infarct volume [OR=3.476, 95%CI (2.031-5.950), $P<0.05$], severe WMH [OR=2.921, 95%CI (1.665-5.126), $P<0.05$] and severe brain atrophy [OR=2.683, 95%CI (1.479-4.866), $P<0.05$] were risk factors for END in LI patients. **Conclusion** DWI, T2 FLAIR and other sequences can evaluate the infarct volume, WMH grading and brain atrophy degree of LI patients, predict the occurrence of END, and provide reliable data for clinical management of LI.

Keywords: Lacunar Infarction; Magnetic Resonance Imaging; Diffusion-Weighted Imaging; Early Neurological Deterioration; Infarct Volume; White Matter Lesion; Brain Atrophy

相较于其他类型卒中,腔隙性脑梗死(LI)患者常病情稳定、预后良好^[1]。然而,流行病学调查显示^[2],LI患者早期神经功能恶化(END)发生率在10%~40%,是导致LI预后不良的主要原因之一。目前,LI患者发生END的高危因素尚不明确,如何明确其危险因素并筛查END高危人群,以完善临床管理,改善LI患者预后,是临床关注的焦点^[3]。磁共振(MRI)具有无创、分辨率高等优点,是卒中患者入院检查的常用影像学手段,近年研究发现^[4],MRI检查可利用弥散加权成像(DWI)等序列观察LI梗腔情况,并评估脑白质病变(WMH)等征象,预测END的发生。但相关报道少见,并未在临床广泛应用。基于此,本研究分析MRI检查对LI患者发生END的预测价值,为LI的临床管理提供可靠数据,报道如下。

1 资料与方法

1.1 入组对象 单中心单位:苏州九龙医院。入组对象:112例LI患者。入院时间:2021年5月至2024年5月。

纳入标准:符合《中国脑小血管病诊治指南2020》^[5],入院时表现为反应迟钝、头晕等典型体征,头颅MRI显示新发梗死灶 $<20\text{mm}$;发病至入院时间 $\leq 24\text{h}$;入院24h内完成头颅MRI检查;年龄 ≥ 18 岁;发病前改良Rankin量表^[6]评分 <2 分;影像学检查等资料完整。排除标准:入院后72h内死亡;合并重要器官功能衰竭;合并颅内出血、感染或脑外伤、大面积脑梗死;合并多发性硬化等非脑血管因素造成的脑白质病变;合并帕金森等神经系统退行性疾病;合并精神分裂症等精神性疾病。

1.2 方法

1.2.1 MRI检查方法 LI患者入院后使用3.0T MRI扫描仪(德国Siemens,型号:skyra 3.0T;荷兰Philips,型号:Elition3.0T)检查,专用8通道头线圈,扫描参数包括:T1WI自旋回波脉冲序列TE 11ms,TR 32ms;T2WI快速自旋回波脉冲序列TE 106ms,TR 5000ms;FLAIR翻转回波序列TE 104ms,TR 9800ms;DWI resolve平面回波成像TE 73ms,TR 4000ms,b值取 0s/m^2 、 500s/m^2 、 1000s/m^2 ;上述扫描序列层厚均为5mm,层间距均为1mm。扫描结束后将图像传输至仪器配套的后处理工作站(Syngo mmwpVE40D),使用3D处理法及最大强度投影处理获得重建图像;由2名放射科医生阅片,意见不一时由上级协助诊断。

1.2.2 影像学评估方法 (1)梗死体积:在DWI图像上呈高信号且在表观扩散系数图像上呈低信号区的即为梗死区,使用Image J(64-bit Java)软件分析处理图像,经自动分割标记、去除杂质、感兴趣标记处理,计算各层面层厚与层间距之和与感兴趣面积乘积,

【第一作者】花 蕾,女,主管技师,主要研究方向:MRI技术应用方向。E-mail: Hl15911515@163.com

【通讯作者】沈海林,男,主任医师,主要研究方向:AI技术联合MSCT诊断。E-mail: hailinshen@163.com

累加各层面乘积后得到每位患者的总梗死体积。(2)WMH分级：在T2 FLAIR上见分布不均的点状、斑片状的高信号区且在T1WI上呈等、低信号及DWI上无异常信号即为WMH区，在Image J软件基于T2 FLAIR上图像测量WMH直径，使用Fazekas评分^[7]评估WMH分级，脑室旁WMH评分(无为0分，帽状或线状为1分，晕圈样为2分，不规则并延伸至深部为3分)与深部WMH评分(无为0分，直径<3mm的斑点状为1分，直径为3~10mm的融合病变为2分，融合病变直径>10mm为3分)相加为总分，根据总分将WMH程度分无(0分)、轻度(1~2分)、中度(3~4分)、重度(5~6分)为共4个等级。(3)脑萎缩程度^[8]：在T2 FLAIR上分别测量三脑室宽度、前角间最大径及最小径、侧脑室脉络丛间径、头颅最大外径、侧脑室顶间外径，计算哈氏值(Hartz index)^[8]=前角间最大径与最小径之和，脑室指数^[8]=侧脑室脉络丛间径/前角间最大径，侧脑室体部指数^[8]=头颅最大外径/侧脑室顶间外径，将脑萎缩分为无、轻度(三脑室宽度为8~10mm，哈氏值为16~20mm，脑室指数为1.4~1.6，侧脑室体部指数为3.6~4.0)、中度(三脑室宽度为11~14mm，哈氏值为21~25mm，脑室指数为1.0~1.3，侧脑室体部指数为3.0~3.5)、重度(三脑室宽度>14mm，哈氏值>

25mm，脑室指数<1.0，侧脑室体部指数<3.0)共4个等级。
1.2.3 END判断方法^[9] 以入院后7d内，美国国立卫生研究院卒中量表评分较入院时总得分增加≥2分或运动条目得分增加≥1为END，以此将112例LI患者分为END组与非END组。
1.2.4 资料收集方法 在获得患者知情同意后，经医院电子病历系统获取性别、年龄等人口学资料及既往史、实验室检查等资料，其中实验室检查均来自LI患者入院24h内的空腹外周静脉血标本，使用全自动生化分析仪(美国Abbott Laboratories, 型号: C8000)完成检测。
1.3 统计学方法 使用SPSS 26.0(美国IBM, 64位处理)分析数据，对年龄等符合正态分布的连续型数据以($\bar{x} \pm s$)描述，采用t检验比较；对高血压等分类数据以n(%)描述，采用 χ^2 检验；使用Logistic回归(向前逐步)分析评估LI患者发生END的危险因素；检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 LI患者入院7d内END发生情况 112例LI患者中有22例发生END，发生率为19.64%。典型病例见图1。

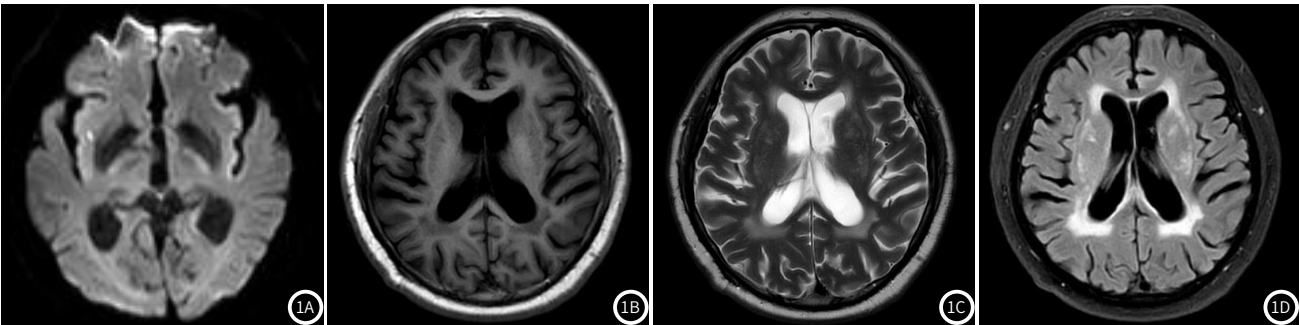


图1A~图1D LI患者入院后MRI检查图像。LI患者，76岁，因头晕、视物旋转入院。图1A为DWI图像，1B取值1000s/m²，可见右侧基底节区可见斑点状DWI高信号；图1B为T1图像，图1C为T2图像，双侧基底节区多发斑点状脑脊液信号影；图1D为T2 FLAIR图像，可见部分病灶周围FLAIR稍高信号影环绕，双侧侧脑室周围及大脑深部白质区多发斑片状FLAIR稍高信号，且在DWI上信号不高。

2.2 两组基线资料比较 END组与非END组基线资料比较，均P>0.05，见表1。

2.3 两组MRI影像特征比较 END组与非END组在梗死体积、WMH分级及脑萎缩程度方面的比较，均P<0.05，见表2。

2.4 LI患者发生END的危险因素分析 以END为因变量，上述有统计学意义的指标为自变量，赋值见表3，行Logistic回归向前步进分析，发现梗死体积、重度WMH、重度脑萎缩均为LI患者发生END的危险因素(P<0.05)，见表4。

表2 两组MRI影像特征比较[n(%)]

MRI影像特征	END组(n=22)	非END组(n=90)	χ^2/t	P
梗死体积(cm ³)	1.86±0.39	1.56±0.32	3.771	<0.001
WMH分级			8.959	0.030
无	3(13.64)	29(32.22)	2.992	0.084
轻度	7(31.82)	36(40.00)	0.500	0.479
中度	7(31.82)	20(22.22)	0.890	0.346
重度	5(22.73)	5(5.56)	4.473	0.034 [#]
脑萎缩程度			8.541	0.036
无	4(18.18)	31(34.44)		
轻度	6(27.27)	35(38.89)		
中度	6(27.27)	17(18.89)		
重度	6(27.27)	7(7.78)	4.786	0.029

表1 两组基线资料比较[n(%)]

基线资料	END组(n=22)	非END组(n=90)	χ^2/t	P
年龄(岁)	68.22±7.16	66.98±8.04	0.662	0.510
男/女	12/10	51/39	0.032	0.857
体质指数(kg/m ²)	24.16±2.05	23.98±1.89	0.394	0.694
高血压	15(68.18)	61(67.78)	0.001	0.971
糖尿病	6(27.27)	19(21.11)	0.113	0.736 [#]
高脂血症	10(45.45)	28(31.11)	1.623	0.203
缺血性心脏病	3(13.64)	6(6.67)	0.410	0.522 [#]
心房颤动	2(9.09)	4(4.44)	0.115	0.734 [#]
吸烟史	9(40.91)	31(34.44)	0.322	0.571
饮酒史	7(31.82)	20(22.22)	0.890	0.346
总胆固醇(mmol/L)	4.52±0.89	4.39±0.85	0.637	0.525
甘油三酯(mmol/L)	1.81±0.36	1.68±0.34	1.589	0.115
空腹血糖(mmol/L)	5.62±1.02	5.44±0.97	0.772	0.442
超敏C反应蛋白(mg/L)	3.16±0.68	2.98±0.56	1.294	0.198
梗腔部位			0.271	0.603
前循环	7(31.82)	34(37.78)		
后循环	15(68.18)	56(62.22)		
梗腔数目(个)	2.69±0.59	2.55±0.52	1.102	0.273
发病至入院时间(h)	6.98±1.45	7.32±1.65	0.886	0.378
入院时NIHSS评分(分)	3.06±0.62	2.91±0.59	1.058	0.292
入院后主要治疗方案				
抗凝药物	2(9.09)	11(12.22)	0.002	0.968 [#]
抗血小板药物	21(95.45)	85(94.44)	0.115	0.734 [#]
他汀类药物	19(86.36)	74(82.22)	0.022	0.883 [#]

注：“#”为连续校正卡方检验(下表同)

表3 自变量赋值

自变量	赋值
梗死体积	连续变量, 初始值
WMH分级	无=0, 轻度=1, 中度=2, 重度=3
脑萎缩程度	无=0, 轻度=1, 中度=2, 重度=3

表4 LI患者发生END的Logistic回归分析

因素	β	SE	Wald χ^2	OR	95%CI	P
梗死体积	1.246	0.354	12.389	3.476	2.031~5.950	<0.001
重度WMH	1.072	0.312	11.805	2.921	1.665~5.126	0.001
重度脑萎缩	0.987	0.299	10.897	2.683	1.479~4.866	0.001

3 讨 论

END已成为公认的影响LI预后的关键因素,如何预测、管理END的发生是临床面临的难题,MRI可通过多参数图像观察病灶缺血情况及周围病变状态,对判断病情进展及预测预后有利,是卒中诊疗的常用工具^[10]。本研究中,LI患者END发生率为19.64%,与目前的报道相近^[10]。且本研究发现,END组梗死体积明显高于非END组,回归分析也显示,LI患者发生END的危险因素。分析其原因为由DWI图像及后处理技术可准确得到每位LI患者的总梗死体积,随着梗腔的增大,内皮功能障碍及血脑屏障破坏也更严重,更易发生病情进展,出现END^[11]。

WMH被认为是亚临床脑损伤,主要因微动脉粥样硬化等生理病理改变导致胶原蛋白沉积,造成局部微循环持续低灌注^[12]。本研究结果显示,重度WMH是LI患者发生END的危险因素。究其原因可能为重度WMH代表严重的微循环低灌注及小血管损害,LI急性期产生的炎症介质等在微环境障碍及小血管损害状态下更易聚集,加剧缺血,且持续的微循环低灌注易造成缺血半暗带供血不足,导致梗腔扩大,促进疾病进展,诱导END的发生^[13]。

另外,LI的患病人群以老年为主,研究发现^[14],LI患者也常伴不同程度脑萎缩。本研究中,重度脑萎缩也是LI患者发生END的危险因素。分析其原因一方面为缺血性损伤是脑萎缩的主要发生机制之一,LI患者严重脑缺血损伤时可加剧脑萎缩,故入院后MRI可见重度脑萎缩,此类患者疾病进展快,易发生END;另一方面,重度脑萎缩伴随着神经变性及神经元凋亡,可协同缺血损伤,加剧中枢神经功能损害,诱导END^[15]。

综上所述,由MRI DWI、T2 FLAIR等序列测量的梗死体积、WMH及脑萎缩程度与LI患者发生END风险密切相关,可为临床管理提供指导意见。

参考文献

[1]Guo MN,Hao XY,Tian J,et al.Human blood metabolites and lacunar stroke:a Mendelian randomization study[J].Int J Stroke,2023,18(1):109-116.
[2]Lee H,Heo J,Lee IH,et al.Association between blood viscosity and early neurological deterioration in lacunar infarction[J].Front Neurol,2022,13(1):e979073.
[3]Tan C,Zhao L,Dai C,et al.Risk factors related to early neurological deterioration in lacunar stroke and its influence on functional outcome[J].Int J Stroke,2023,18(6):681-688.

[4]Goldstein ED,Fayad FH,Shah A,et al.FLAIR signal intensity ratio predicts small subcortical infarct early neurologic deterioration:a cross-sectional study[J].Neuroradiology,2024,66(3):343-347.
[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.中国脑小血管病诊治指南2020[J].中华神经科杂志,2022,55(8):807-818.
[6]Quinn TJ,Dawson J,Walters MR,et al.Reliability of the modified Rankin Scale:a systematic review[J].Stroke,2009,40(10):3393-3395.
[7]Yi HA,Won KS,Chang HW,et al.Association between white matter lesions and cerebral A β burden[J].PLoS One,2018,13(9):e0204313.
[8]Chrzan R,Gleń A,Bryll A,et al.Computed tomography assessment of brain atrophy in centenarians[J].Int J Environ Res Public Health,2019,16(19):e3659.
[9]Nam KW,Kang MK,Jeong HY,et al.Triglyceride-glucose index is associated with early neurological deterioration in single subcortical infarction:Early prognosis in single subcortical infarctions[J].Int J Stroke,2021,16(8):944-952.
[10]Jin D,Yang J,Zhu H,et al.Risk factors for early neurologic deterioration in single small subcortical infarction without carrier artery stenosis:predictors at the early stage[J].BMC Neurol,2023,23(1):83-86.
[11]Huang YC,Weng HH,Lin LC,et al.Redefining infarction size for small-vessel occlusion in acute ischemic stroke:a retrospective case-control study[J].Neurol Int,2024,16(5):1164-1174.
[12]党丽丽,刘瑞.基于图像自动分割算法的MRI成像对脑小血管病患者脑白质病变的诊断分析[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(9):31-32,41.
[13]Werring DJ,Ozkan H,Doubal F,et al.Early neurological deterioration in acute lacunar ischemic stroke:Systematic review of incidence,mechanisms,and prospects for treatment[J].Int J Stroke,2024,5(1):e17474930241273685.
[14]Lee HJ,Kim T,Koo J,et al.Multiple chronic lacunes predicting early neurological deterioration and long-term functional outcomes according to TOAST classification in acute ischemic stroke[J].Neurol Sci,2023,44(2):611-619.
[15]Mausbach S,Abdallah LA,Ben-David E,et al.CT Perfusion imaging as prognostic factor for outcome of lacunar stroke[J].Neuroradiology,2024,66(12):2223-2231.

(收稿日期: 2025-01-14)
(校对编辑: 韩敏求、翁佳鸿)