

论 著

MRI-DWI联合PWI对急性脑梗死患者预后诊断价值*

孙剑波* 闫力永 马 程
复旦大学附属中山医院青浦分院放射科
(上海 201700)

【摘要】目的 探究磁共振弥散加权成像(MRI-DWI)联合灌注加权成像(PWI)对急性脑梗死(ACI)患者预后的诊断价值。方法 回顾性分析我院80例ACI患者资料,所有患者均进行MRI常规序列及DWI、PWI检查,观察DWI检测结果、表观扩散系数(ADC)值变化情况,PWI灌注参数[局部脑血容量(rCBV)、局部脑血流量(rCBF)、平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)]变化情况,所有患者均接受常规治疗并随访3个月,根据患者预后情况分为预后良好组和预后不良组,比较两组一般资料、DWI和PWI参数大小,治疗前后DWI和PWI参数大小,分析DWI、PWI参数对ACI预后的诊断价值。结果 预后不良组入院NIHSS评分显著高于预后良好组($P<0.05$),含有缺血半暗带占比显著低于预后良好组($P<0.05$),两组性别、年龄、病灶直径、合并症比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);预后不良组ADC、rCBV、rCBF水平显著低于预后良好组($P<0.05$),TTP显著高于预后良好组($P<0.05$),两组MTT水平比较,差异无统计学意义($P>0.05$);治疗后,两组ADC、rCBV、rCBF水平均显著升高($P<0.05$),MTT、TTP均显著降低($P<0.05$);ROC曲线分析显示,ADC、rCBV、rCBF、TTP单独及联合预测ACI患者预后的AUC为0.793、0.752、0.751、0.749、0.915。结论 MRI-DWI联合PWI检查有助于发现ACI早期梗死病灶,且对ACI患者预后具有较高的预测价值,可协助临床进行定量分析,为ACI治疗提供客观依据。

【关键词】磁共振;弥散加权成像;灌注加权成像;急性脑梗死;预后;诊断价值
【中图分类号】R445.2
【文献标识码】A
【基金项目】青浦区卫生健康委员会(QWJ2022-13)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.05.002

Diagnostic Value of MRI-DWI Combined with PWI on Prognosis in Patients with Acute Cerebral Infarction*

SUN Jian-bo*, YAN Li-yong, MA Cheng.
Radiology Department, Qingpu Branch of Zhongshan Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 201700, China

ABSTRACT
Objective To explore the diagnostic value of magnetic resonance imaging diffusion weighted imaging (MRI-DWI) combined with perfusion weighted imaging (PWI) on the prognosis in patients with acute cerebral infarction (ACI). **Methods** The data of 80 patients with ACI in our hospital were retrospectively analyzed. All patients underwent routine MRI sequence, DWI examination and PWI examination, and the changes in DWI detection results and apparent diffusion coefficient (ADC) value and PWI perfusion parameters [regional cerebral blood volume (rCBV), regional cerebral blood flow (rCBF), mean transit time (MTT), time to peak (TTP)] were observed. All patients received conventional treatment and were followed up for 3 months and were divided into good prognosis group and poor prognosis group according to the prognosis status. The general data and parameters of DWI and PWI of the two groups and parameters of DWI and PWI before and after treatment were compared, and the diagnostic value of DWI and PWI parameters on the prognosis of ACI was analyzed. **Results** The NIHSS score in poor prognosis group at admission was significantly higher than that in good prognosis group ($P<0.05$), while the proportion of ischemic penumbra was significantly lower than that in good prognosis group ($P<0.05$), but there were no statistically significant differences in gender, age, lesion diameter and comorbidity between the two groups ($P>0.05$). The ADC, rCBV and rCBF in poor prognosis group were significantly lower than those in good prognosis group ($P<0.05$), and the TTP was significantly longer than that in good prognosis group ($P<0.05$). There was no statistical significance in MTT between the two groups ($P>0.05$). After treatment, ADC, rCBV and rCBF were significantly increased ($P<0.05$), while MTT and TTP were significantly shortened ($P<0.05$). ROC curve analysis showed that the AUCs of ADC, rCBV, rCBF and TTP independently and combined diagnosis in predicting the prognosis in patients with ACI were 0.793, 0.752, 0.751, 0.749 and 0.915 respectively. **Conclusion** MRI-DWI combined with PWI examination is helpful to find the early infarction lesions of ACI, and has high predictive value on the prognosis in patients with ACI, and it can assist clinical quantitative analysis and provide objective basis for the treatment of ACI.
Keywords: Magnetic Resonance Imaging; Diffusion-weighted Imaging; Perfusion Weighted Imaging; Acute Cerebral Infarction; Prognosis; Diagnostic value

急性脑梗死(acute cerebral infarction, ACI)是由脑灌注异常引起的神经性损伤疾病,发病以老年群体为主,具有较高的致残率和致死率,早期溶栓治疗是改善血管狭窄,恢复脑组织血流灌注的有效手段,对减轻脑神经损伤,改善预后具有关键作用,溶栓治疗的关键性依据是半暗带的形成,而准确评估患者病情,了解病变部位和血管病变程度对病情评估、预后预测及针对性治疗具有积极意义^[1]。血管造影检查是ACI临床诊断的“金标准”,但该技术为有创性检查,且造影剂禁忌症较多,因而临床应用有限。磁共振(magnetic resonance imaging, MRI)是目前ACI临床应用较为广泛的检查方法,具有无创、分辨率高、多方位、多角度成像的特点,可准确定位病灶部位,定量分析血流状态^[2]。随着医学影像技术的不断发展, MRI的其他模式已逐渐应用于临床,弥散加权成像(diffusionweightedimaging, DWI)和灌注加权成像(perfusion weighted imaging, PWI)是MRI常用的功能成像模式,可分别在分子水平观察水分子运动和组织血流灌注,准确判断脑损伤程度和缺血半暗带,目前DWI和PWI已被列入ACI患者的标准检查方案中^[3-4]。既往临床研究中, DWI和PWI多用于ACI早期诊断和缺血半暗带的鉴别,但在预后评估方面的研究较少,基于此,本研究拟探究MRI-DWI联合PWI对ACI患者预后的诊断价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2022年4月至2023年4月我院80例ACI患者资料。
纳入标准:符合ACI临床诊断标准^[5];发病较急,发病时间 $\leq 6h$,且于24h内接受MEI检查,包括常规序列, DWI序列、PWI序列。年龄 >40 岁,单侧病变;临床及随访资料完整。排除标准:合并谨慎性疾病者;严重肝、肾、心、肺等脏器功能异常者;近半年内有脑出血或脑部手术者;脑外伤、脑肿瘤、脑寄生虫病等引起的脑血管堵塞者。80例患者中男47例,女33例,年龄52~76岁,平均(64.52 $\pm$ 6.01)岁。
1.2 方法 所有患者入院后快速明确诊断并予以溶栓及其他对症治疗。
MRI检查:所有患者均采用3.0超导磁共振仪及8通道联合线圈进行多模态MRI检查,检查序列包括T₁WI、T₂WI、DWI、PWI。T₁WI采用SE自旋回波序列进行扫描,参

【第一作者】孙剑波,男,主管技师,主要研究方向:神经系统方面。E-mail: 18116015933@163.com
【通讯作者】孙剑波

数设置为TR/TE2205ms/22.4ms，层厚5mm，层间距1mm，FOV220mm×200mm，时间90ms；T₂WI采用FSE快速自旋回波序列扫描，参数为TR/TE4100ms/91ms，层厚5mm，层间距1mm，FOV220mm×200mm，时间70ms；DWI采用平面回波成像(echo planar imaging, EPI)，参数为TR/TE6500ms/90.4ms，FOV240mm×240mm，矩阵128×128，b值800~1000s/mm²，层厚5mm，间距1.2mm，层数20层，时间70ms；PWI采用DSC-EPI序列，参数为TR/TE2000ms，FOV240mm×240mm，层厚6mm，间隔1.5mm，矩阵128×128，连续扫描30个时相共11层，翻转角90度。所用对比剂为钆喷酸葡胺注射液，剂量15mL，注射速度2mL/s，记录造影剂通过时间、浓度达到峰值所需时间等相关指标，扫描完成后将图像导入工作站进行后续分析和处理。

图像处理：由2位经验丰富的影像科医生共同对扫描结果进行分析，选择梗死位置测量表观扩散系数(apparent diffusion Coefficient, ADC)值，PWI分别测量局部脑血容量(regional cerebral blood volume, rCBV)、局部脑血流量(regional cerebral blood flow, rCBF)、平均通过时间(mean transit time, MTT)、达峰时间(time to peak, TTP)。

MRI检查后即根据给予氯吡格雷(Sanofi Winthrop Industrie, 法国, 国药准字HJ20171237)、依达拉奉(南京长澳制药有限公司, 国药准字H20110010)、阿托伐他汀(辉瑞制药有限公司, 美国, 国药准字H20051407)等药物治疗，用量根据患者病情进行调整，根据患者梗死面积适当采用甘露醇(天津金耀集团湖北天药业股份有限公司, 国药准字H12020569)辅助预防脑水肿。

预后评估^[6]：治疗3个月后，患者门诊复查MRI，采用改良Rankin量表(modified rankin scale, mRS)评分评估预后情况，0~2分为良好，≥3分为不良。分析不良转归组和良好转。本研究

中80例患者预后良好43例，预后不良37例。

1.3 观察指标 比较预后不良组和预后良好组一般资料、MRI-DWI和PWI参数、治疗前后ACI患者MRI-DWI和PWI参数，分析MRI-DWI和PWI参数对ACI患者预后的预测价值。

1.4 统计学方法 采用SPSS 23.0统计学软件处理数据，计数资料以例数或百分比(%)表示，行卡方检验；计量数据以($\bar{x} \pm s$)表示，行t检验，MRI-DWI和PWI参数对ACI患者预后的预测价值采用受试者工作特征(ROC)曲线分析，以P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组基线资料比较 预后不良组入院NIHSS评分显著高于预后良好组(P<0.05)，含有缺血半暗带占比显著低于预后良好组(P<0.05)，两组性别、年龄、病灶直径、合并症比较，差异均无统计学意义(P>0.05)，见表1。

2.2 两组MRI-DWI和PWI参数比较 预后不良组ADC、rCBV、rCBF水平显著低于预后良好组(P<0.05)，TTP显著高于预后良好组(P<0.05)，两组MTT水平比较，差异无统计学意义(P>0.05)，见表2。

2.3 治疗前后MRI-DWI和PWI参数比较 治疗后，两组ADC、rCBV、rCBF水平均显著升高(P<0.05)，MTT、TTP均显著降低(P<0.05)，见表3。

2.4 MRI-DWI与PWI参数对ACI患者预后的预测价值分析 ROC曲线分析显示，ADC、rCBV、rCBF、TTP单独及联合预测ACI患者预后的敏感度为83.78%、72.97%、78.38%、70.27%、89.19%，特异度为62.79%、69.77%、62.73%、69.87%、83.72%，AUC为0.793、0.752、0.751、0.749、0.915，见表4，ROC曲线见图1。

表1 两组基线资料比较[n(%)]

组别	例数	性别		年龄(岁)	病灶直径(mm)	入院NIHSS评分	缺血半暗带		合并症		
		男	女				有	无	高血脂	高血压	冠心病
预后不良组	37	21	16	65.47±5.42	25.11±5.04	13.12±2.31	17	20	29	22	5
预后良好组	43	26	17	63.71±5.76	23.43±4.63	11.26±2.03	30	13	26	19	7
t/χ ² 值		0.113		1.400	1.553	3.834	4.657		2.970	1.857	0.119
P值		0.737		0.165	0.124	<0.001	0.031		0.085	0.173	0.730

表2 两组影像学参数比较

组别	例数	ADC(×10 ⁻³ mm ² /s)	rCBV(mL/100g)	rCBF(mL/100g·min)	MTT(s)	TTP(s)
预后不良组	37	0.40±0.15	24.24±3.91	3.42±1.12	5.31±2.14	13.91±0.91
预后良好组	43	0.64±0.23	29.40±6.62	4.65±1.34	4.49±2.17	12.97±1.11
t值		5.429	4.156	4.412	1.696	4.099
P值		<0.001	<0.001	<0.001	0.094	<0.001

表3 治疗前后影像学参数比较

组别	例数	ADC(×10 ⁻³ mm ² /s)	rCBV(mL/100g)	rCBF(mL/100g·min)	MTT(s)	TTP(s)
治疗前	80	0.53±0.17	27.01±6.13	4.08±1.22	4.87±1.45	13.40±1.06
治疗后	80	0.68±0.22	31.28±6.32	4.76±1.31	3.65±1.26	12.17±1.12
t值		4.825	4.338	3.397	5.680	7.134
P值		<0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001

表4 MRI-DWI与PWI参数对ACI患者预后的预测价值分析

指标	Cut-off值	敏感度(%)	特异度(%)	约登指数	AUC	95% CI
ADC	0.555×10 ⁻³ mm ² /s	83.78	62.79	0.466	0.793	0.695-0.891
rCBV	27.600mL/100g	72.97	69.77	0.427	0.752	0.646-0.858
rCBF	3.890mL/100g·min	78.38	62.73	0.411	0.751	0.644-0.858
TTP	13.445 s	70.27	69.87	0.401	0.749	0.642-0.856
联合诊断	-	89.19	83.72	-	0.915	0.850-0.979

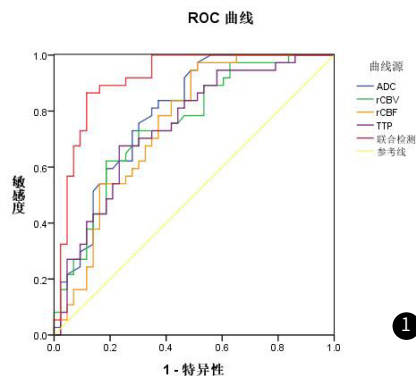


图1 MRI-DWI与PWI参数预测ACI患者预后的ROC曲线

3 讨论

ACI治疗后存在神经及肢体功能障碍除了与神经元缺氧性损伤、坏死有关，也与早期临床检查有密切关系。以往ACI患者主要通过脑部CT或常规MRI扫描诊断病情，对明显病变的检出率较高，而对于细微病变却存在漏诊情况，以至患者无法全面了解病变血管部位及血管病变程度，延误后期治疗^[7-8]。

随着磁共振技术的不断发展，多序列磁共振已逐渐应用于临床疾病诊断。DWI是目前是在T₂WI的基础上发展起来的快速成像方法，其主要利用生物微观水分子布朗运动敏感序列对ACI进行诊断，在ACI早期识别、诊断及复发指导等方面具有重要价值，目前该技术已成为ACI最重要且最基础的临床诊断手段^[9]。脑梗死患者由于局部脑组织血流灌注异常，导致病灶内水分子扩散受到抑制，而通过DWI反映出的水分子运动异常可作为临床诊断依据。研究显示，PWI可在梗死发生30min内诊断出大脑血流灌注异常区，而常规MRI则通常在梗死发生后5~6h才能有影像表征，采用DWI序列诊断早期ACI可有利于在窗口期内给予及时治疗，避免更大面积脑梗死出现^[10]。ADC是评估水分子扩散能力的主要指标，临床上，梗死发生后DWI显示高信号，而ADC呈低信号，且脑组织灌注异常越严重ADC值下降越明显，临床上可根据ADC值的下降程度评估脑组织缺血程度^[11]。陈海清等^[12]研究显示，与治疗前相比，ACI患者治疗后ADC值显著升高。邵兆琴等^[13]研究显示，ACI患者预后良好组ADC值显著高于预后不良组，符合以上研究依据。

PWI是通过DSC-EPI序列追踪对比剂受过效应的成像技术，其主要通过对比剂通过前后信号改变判断检测部位的微循环状态，正常组织通常表现为T₂信号降低，而ACI患者由于患侧脑血流灌注异常而呈现高信号或信号衰减幅度减小现象。临床上主要通过对比信号强度处理而得到相应的灌注成像参数，如CBF、CBV、MTT、TTP等，并借此定量评估患者病灶区血流灌注状态^[14]。通常情况下，正常组织血管血流通畅，灌注充分血液流速较快，ACI患者由于血管灌注降低，往往表现为MTT和TTP延长，此时脑血管可通过代偿性扩张调节脑血流量，但随着灌注持续降低，CBV、CBF均呈现降低趋势，PWI检查正是通过评估灌注参数的变化诊断早期脑血管病变^[15]。此外，还可通过评估灌注参数异常程度判断ACI患者病情严重程度，以预测患者预后，如根据MTT延长判断灌注损伤区血流阻力，以MTT延长<4.3s为良性灌注减少，该类患者一般不会发展为进展性梗死，而MTT延长在4.1~6.1s之间可能发展为进展性梗死，MTT延长>6.1则为不可逆性梗死。借助灌注参数量化梗死风险可为后续溶栓治疗提供较高的参考价值^[16]。徐海峰等^[17]研究显示，梗死区CBV、CBF值显著低于半暗带区，MTT值显著高于半暗带区。本研究结果显示，预后不良组ADC、rCBV、rCBF水平显著低于预后良好组，TTP显著高于预后良好组，提示患者预后与病变程度相关，早发现早治疗对改善ACI患者预后意义重大，但两组MTT水平无显著性差异，这可能是由于两组病灶直径大小相仿有关，两组病灶区域面积相当，因而MTT差异性不大，但预后良好组由于血管狭窄程度较低，血流峰值较快达到，因为TTP较短，这也是TTP评

估患者病变程度及预后的有力依据。患者治疗后血管狭窄、梗死得以缓解，因而ADC、rCBV、rCBF水平显著升高，MTT、TTP值显著下降，与以上研究结果一致。ROC曲线分析显示，ADC、rCBV、rCBF、TTP单独及联合预测ACI患者预后的AUC为0.793、0.752、0.751、0.749、0.915，联合预测价值更高，临床上可通过监测DWI、PWI判断早期ACI的存在，并根据参数大小采取恰当的治疗手段，以改善患者预后。

综上所述，MRI-DWI联合PWI检查有助于发现ACI早期梗死病灶，且对ACI患者预后具有较高的预测价值，可协助临床进行定量分析，为ACI治疗提供客观依据。

参考文献

- [1]Beijnink CWH,van der Hoeven NW,Konijnenberg LSF,et al.Cardiac MRI to visualize myocardial damage after ST-segment elevation myocardial infarction:a review of its histologic validation[J].Radiology,2021,301(1):4-18.
- [2]Lloyd SG,Farris GR.MRI apparent diffusion coefficient in reperfused acute myocardial infarction:new use of an old technique[J].Radiology,2020,295(3):550-551.
- [3]An DA,Shi RY,Wu R,et al.Different myocardial perfusion status in acute myocardial infarction and infarct-like myocarditis:a novel intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging based MRI study[J].Acad Radiol,2020,27(8):1093-1102.
- [4]朱友义,高律萍,曹成瑛,等.MRI-DWI、HR-MRI评估急性脑梗死患者相关高危斑块特征研究[J].中国临床医学影像杂志,2021,32(10):700-703.
- [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]纪海霞,彭永明.多模态磁共振评估单侧急性脑梗死患者预后的应用研究[J].中国急救复苏与灾害医学杂志,2022,17(5):611-614.
- [7]卞宗和,陈进铭,叶小平,等.急性脑梗死患者外周血单核细胞自噬相关蛋白表达特点[J].罕少疾病杂志,2022,29(10):13-15.
- [8]Debeaumarché J,Leclercq T,Didier R,et al.Acute myocardial infarction related to coronary artery embolism:a systematic cardiac and cerebral magnetic resonance imaging study[J].Arch Cardiovasc Dis,2022,115(8-9):457-466.
- [9]Mazur W,Urbańczyk-Zawadzka M,Czy ,et al.Diffusion-tensor magnetic resonance imaging of the human heart in health and in acute myocardial infarction using diffusion-weighted echo-planar imaging technique with spin-echo signals[J].Postępy Kardiologii Interwencyjnej,2022,18(4):416-422.
- [10]王朝刚,张晓曼,李兆妍,等.弥散加权成像和灌注加权成像在超急性期脑梗死诊断及预后评估中的应用价值[J].实用心脑血管病杂志,2022,30(12):100-105.
- [11]梁凤俊,杜菊梅,申艳方,等.MRI扫描ADC值及PWI对评估脑梗死患者脑组织缺血程度可行性研究[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(7):12-14.
- [12]陈海清,任岩,郑玉明.DWI-PWI在诊治急性脑梗死患者中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(1):19-21,27.
- [13]邵兆琴,黄清玲,朱万荣,等.三维ASL联合DWI评估急性脑梗死患者缺血性半暗带及预后[J].中国医学影像技术,2020,36(9):1292-1296.
- [14]李建超,刘丙川,刘献知.急性脑梗死患者MRI弥散加权成像联合灌注加权成像的评估效果[J].四川生理科学杂志,2022,44(3):537-539.
- [15]赵松,张智琴,刘岩,等.全脑CT灌注成像诊断小体积急性脑梗死及其评估病灶体积与弥散加权成像的相关性[J].中国医学影像技术,2022,38(8):1157-1161.
- [16]刘晓红,方勇超,周道田.磁共振DWI和PWI联合在不同时期脑梗死早期诊断中的应用价值[J].临床和实验医学杂志,2017,16(15):1508-1513.
- [17]徐海峰,陈克敏,张永利,等.磁共振弥散加权成像联合灌注加权成像预测肿瘤样脑梗死最终梗死体积的价值[J].实用临床医药杂志,2021,25(11):4-7,38.

(收稿日期:2023-04-25)

(校对编辑:孙晓晴)