

论 著

IVIM-DWI灌注参数与中青年急性脑梗死神经功能缺损程度及溶栓后出血性转化的相关性*

田 杨 李 蕾* 孟 岳

薛明琛

连云港市第一人民医院医学影像科

(江苏 连云港 222000)

【摘要】目的 分析体内不相干运动扩散加权成像(IVIM-DWI)灌注参数与中青年急性脑梗死神经功能缺损程度及溶栓后出血性转化(HT)的相关性。**方法** 选择2019年7月至2022年5月就诊于本院的90例中青年急性脑梗死患者,均接受IVIM-DWI检查与静脉溶栓治疗。治疗前按照美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分分为轻度组(28例)、中度组(40例)、重度组(22例),对比三组IVIM-DWI灌注参数(伪扩散系数(D^{*})、纯扩散系数(D)、灌注分数(f)、表观扩散系数(ADC)]及NIHSS评分,经Pearson相关性分析IVIM-DWI参数与NIHSS评分的相关性。按照溶栓后48h头颅CT结果分为HT组(22例)、非HT组(68例),对比两组基础资料、IVIM-DWI灌注参数,线性回归分析影响急性脑梗死溶栓后HT发生的因素,绘制ROC曲线评估IVIM-DWI灌注参数及联合预测急性脑梗死溶栓后HT发生的价值。**结果** 不同程度患者健侧区的ADC值、D值、D^{*}值、f值相比,差异无统计学意义(P>0.05);重度组梗死区的ADC值、D值、D^{*}值、f值<中度组<轻度组,NIHSS评分>中度组>轻度组(P<0.05);Pearson相关性发现,ADC值、D值、D^{*}值、f值均与ADC值呈反比(r<0, P<0.05);HT组、非HT组性别、发病部位、基础疾病、年龄相比,差异无统计学意义(P>0.05);HT组疾病程度重于非HT组,发病至溶栓时间长于非HT组,ADC值、D值、D^{*}值、f值低于非HT组(P<0.05);线性回归分析显示,ADC值、D值、D^{*}值、f值均与脑梗死静脉溶栓后HT的发生相关(P<0.05);ROC曲线结果发现,ADC值、D值、D^{*}值、f值及联合预测脑梗死静脉溶栓后HT发生的AUC为0.916(95%CI:0.856~0.976)、0.837(95%CI:0.751~0.922)、0.749(95%CI:0.622~0.876)、0.708(95%CI:0.570~0.845)、0.924(95%CI:0.841~1.000)。**结论** IVIM-DWI灌注参数与中青年脑梗死患者病情程度密切相关,且ADC值、D值、D^{*}值联合f值可有效预测溶栓后HT的发生。

【关键词】 中青年;急性脑梗死;体内不相干运动扩散加权成像;静脉溶栓;出血转化

【中图分类号】 R651.1

【文献标识码】 A

【基金项目】 南京医科大学康达学院科研发展基金重点项目(KD2022KYJJZD014)(基于晚期CTA图像的ASPECTS评分在评估急性前循环大血管闭塞患者EVT前侧枝状态中的作用)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.11.004

Correlation between IVIM-DWI Perfusion Parameters and Neurologic Impairment and Hemorrhagic Transformation After Thrombolysis in Young and Middle-Aged Patients with Acute Cerebral Infarction*

TIAN Yang, Li Lei*, MENG Yue, XUE Ming-chen.

Department of Medical Imaging, The First People's Hospital of Lianyungang, Lianyungang 222000, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the correlation between perfusion parameters of incoherent motion diffusion weighted imaging (IVIM-DWI) and the degree of neurological deficit and hemorrhagic transformation (HT) after thrombolysis in young and middle-aged patients with acute cerebral infarction. **Methods** A total of 90 young and middle-aged patients with acute cerebral infarction who were admitted to our hospital from July 2019 to May 2022 were included in the study and received IVIM-DWI examination and intravenous thrombolytic therapy. According to the National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score before treatment, the patients were divided into mild (28 cases), moderate (40 cases) and severe (22 cases) groups. The IVIM-DWI perfusion parameters [pseudo diffusion coefficient (D^{*}), pure diffusion coefficient (D), perfusion score (F), apparent diffusion coefficient (ADC)] and NIHSS score were compared among the three groups. The correlation between IVIM-DWI parameters and NIHSS score was analyzed by Pearson correlation. According to the cranial CT results 48h after thrombolysis, the patients were divided into HT group (22 cases) and non-HT group (68 cases). The basic data of the two groups and IVIM-DWI perfusion parameters were compared, and the factors affecting HT after thrombolysis for acute cerebral infarction were analyzed by linear regression analysis. The ROC curve was drawn to evaluate the perfusion parameters of IVIM-DWI and the value of its combination in the prediction of HT after thrombolysis for acute cerebral infarction. **Results** There were no significant differences in the values of ADC, D, D^{*} and F in the contralateral region of patients with different degrees (P>0.05). ADC value, D value, D^{*} value and F value of infarct area in severe group < moderate group < mild group, NIHSS score > moderate group > mild group (P<0.05); Pearson correlation analysis showed that the ADC value, D value, D^{*} value and F value were inversely proportional to the ADC value (r < 0, P<0.05). There were no significant differences in gender, onset location, underlying disease or age between the HT group and the non-HT group (P>0.05). The disease severity in the HT group was more severe than that in the non-HT group. The time from onset to thrombolysis was longer than that in the non-HT group. The values of ADC, D, D^{*} and F were lower than those in the non-HT group (P<0.05). Linear regression analysis showed that ADC value, D value, D^{*} value and F value were related to the occurrence of HT after intravenous thrombolysis in cerebral infarction (P<0.05). The results of ROC curve showed that AUC of ADC value, D value, D^{*} value, F value and combined prediction of HT after intravenous thrombolysis in cerebral infarction were 0.916 (95% CI: 0.856~0.976), 0.837 (95% CI: 0.751~0.922), 0.749 (95% CI: 0.622~0.876), 0.708 (95% CI: 0.570~0.845) and 0.924 (95% CI: 0.841~1.000). **Conclusion** IVIM-DWI perfusion parameters are closely related to the severity of cerebral infarction in young and middle-aged patients, and the combination of ADC value, D value, D^{*} value and F value can effectively predict the occurrence of HT after thrombolysis.

Keywords: Young and Middle-Aged; Acute Cerebral Infarction; Incoherent Motion Diffusion-weighted Imaging in Vivo; Intravenous Thrombolysis; Hemorrhagic Transformation

组织型纤溶酶原激活剂(rt-PA)静脉溶栓是治疗急性脑梗死的常见方案,可有效恢复缺血脑组织血供,再通梗死动脉^[1]。但相关数据发现,静脉溶栓治疗后出现出血性转化(HT)的风险高达10%~40%,而HT会进一步加重病情恶化,增加不良预后发生率^[2-3]。因此,早期筛查溶栓后HT高危人群,并采取优化治疗方案,对改善患者预后尤为关键。磁共振成像(MRI)是一种利用无线电波能量脉冲与磁场对人体内结构、器官进行成像的检查手段,具有无放射性损伤、软组织分辨率高等特点,且可通过多方位、多序列、多参数的成像直准确显示解剖结构^[4-5]。体素内不相干运动扩散加权成像(IVIM DWI)通过多b值选择及双指数模型分析法,在不借助注射对比剂情况下,即可获得组织水分子扩散与微血管灌注信息^[6]。目前,已有研究证实,IVIM DWI在评估肿瘤放疗效果、检测急性脑梗死“缺血半暗带”中具有一定价值^[7-8]。但国内外关于IVIM DWI与急性脑梗死患者病情及溶栓后预后关系的报道较少。基于此,本研究选择90例中青年急性脑梗死患者,分析IVIM-DWI灌注参数与中青年脑梗死患者病情程度的关系,并评估IVIM-DWI灌注参数预测患者静脉溶栓后HT发生的价值,旨在为临床识别高危人群提供参考。

【第一作者】 田 杨,女,技师,主要研究方向:医学影像诊断方向。E-mail: rd7k2mf5@163.com

【通讯作者】 李 蕾,女,副主任医师,主要研究方向:医学影像诊断方向。E-mail: lyglilei@vip.163.com

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2019年7月至2022年5月就诊于本院的90例中青年急性脑梗死患者，男52例，女38例；年龄18-45岁，年龄(34.51±4.52)岁；发病部位：基底核20例，尾状核22例，丘脑与脑桥25例，内囊23例；基础疾病：高血压40例，糖尿病18例，高脂血症22例，心房颤动10例。本研究已获院内医学伦理委员会批准。

纳入标准：符合急性脑梗死诊断标准^[9]；年龄18-45岁；发病至静脉溶栓时间<4.5h；首次发病；自愿签署知情同意书。排除标准：既往有颅内动脉畸形、颅内肿瘤、颅内手术与椎管内手术史；疑似为蛛网膜下出血的活动性内出血；入组前3个月有重大颅脑外伤史、出血性疾病史；入院24h内死亡；凝血功能异常；48h内接受肝素治疗且血小板计数<100×10⁹/L，活化部分凝血活酶时间延长或服用抗凝药物，凝血酶原时间>15s；严重免疫系统疾病、感染性疾病、恶性肿瘤、血液系统疾病。

1.2 方法

1.2.1 病情程度 静脉溶栓治疗前，根据美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)^[10]对患者病情进行评估，量表包括共济失调、肢体运动障碍、面部表情瘫痪程度、视野缺损、眼球活动、意识水平、指令配合度、语言表达等，总分0-42分，0-15分为轻度组，16-30分为中度组，31-42分为重度组。

1.2.2 IVIM-DWI检查 仪器选用3.0T磁共振扫描仪(GE Discovery, 美国GE公司)，32通道相控阵线圈。(1)常规MRI：快速自选回波，矩阵为256×230，TR为5730ms，TE为24ms，视野为150×150mm，层厚为3mm。(2)IVIM DWI序列：TR为4500ms，TE为81.7ms，视野为240×240mm，层厚为5mm，层间距为1.5mm，激励次数为3次，选取10、20、30、40、80、100、150、200、400、600、1000s/mm²时的11个b值。(3)图

像分析。将IVIM DW序列原始数据输入GE公司AW4.6工作站，利用Functool软件包中MADC程序处理。选择双指数模型，在IVIM DWI(b值=1000s/mm²)图像中选择梗死灶最大层面(梗死区)勾画感兴趣区(ROI)，在对侧镜像区(健侧区)勾画ROI。借助双指数模型拟合生成曲线图，得出伪扩散系数(D*)、纯扩散系数(D)、灌注分数(f)、表观扩散系数(ADC)。

1.2.3 静脉溶栓治疗 所有患者入院后均接受侧支循环改善、自由基清除、血脂调节与胃黏膜保护等基础治疗。静脉溶栓治疗：将剂量为0.9mg/kg的阿替普酶(批准文号SJ20160055，生产厂家Boehringer Ingelheim Pharma GmbH & Co. KG，规格50mg×1支/盒)溶于250ml 0.9%氯化钠注射液，10%的剂量于2min内通过负荷剂量静脉推注，剩余90%的溶液于1h内经持续微泵静脉滴注完毕。

1.2.4 HT判断标准 静脉溶栓后48h内接受飞利浦Brilliance iCT 256层螺旋CT机检查，参考《中国急性脑梗死后出血转化诊治共识2019》^[11]中标准：头颅CT检查显示脑实质存在出血灶可判断为HT。

1.3 统计学方法 采用SPSS 23.0统计分析软件，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，多组间采用单因素方差分析，进一步两两比较用LSD-t检验；两组间比较用独立样本t检验；相关性采用Pearson相关性分析；绘制ROC曲线分析预测价值，P<0.05表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 不同程度患者IVIM-DWI参数与NIHSS评分对比 不同程度患者健侧区的ADC值、D值、D*值、f值相比，差异无统计学意义(P>0.05)；重度组梗死区的ADC值、D值、D*值、f值<中度组<轻度组，NHSS评分>中度组>轻度组(P<0.05)。见表1。

表1 不同程度患者IVIM-DWI参数与NIHSS评分对比

组别	例数	ADC值(×10 ⁻³ mm ² /s)		D值(×10 ⁻³ mm ² /s)		D*值(×10 ⁻³ mm ² /s)		f值(%)		NIHSS评分(分)
		梗死区	健侧区	梗死区	侧区	梗死区	健侧区	梗死区	健侧区	
轻度组	28	0.49±0.08	0.78±0.18	0.48±0.08	0.62±0.11	3.12±0.74	4.51±0.86	26.85±2.88	31.05±3.76	10.65±3.20
中度组	40	0.43±0.09 ^a	0.79±0.12	0.42±0.09 ^a	0.59±0.09	2.74±0.69 ^a	4.39±0.85	22.65±3.26 ^a	30.58±3.48	19.85±2.51 ^a
重度组	22	0.32±0.08 ^{ab}	0.76±0.13	0.34±0.08 ^{ab}	0.63±0.13	2.21±0.48 ^{ab}	4.75±0.79	18.05±2.65 ^{ab}	31.25±3.65	25.65±2.84 ^{ab}
F值		25.196	0.310	16.862	1.201	11.631	0.512	52.940	0.284	183.811
P值		0.000	0.734	0.000	0.306	0.000	0.684	0.000	0.753	0.000

注：与轻度组相比，^aP<0.05；与中度组相比，^bP<0.05。

2.2 IVIM-DWI参数与NIHSS评分的相关性分析 Pearson相关性发现，ADC值、D值、D*值、f值均与ADC值呈反比(r<0，P<0.05)。见表2。

2.3 HT组、非HT组相关指标对比 HT组、非HT组性别、发病部位、基础疾病、年龄相比，差异无统计学意义(P>0.05)；HT组疾病程度重于非HT组，发病至溶栓时间长于非HT组，ADC值、D值、D*值、f值低于非HT组(P<0.05)。见表3。

2.4 脑梗死静脉溶栓后HT影响因素线性回归分析 线性回归分析显示，ADC值、D值、D*值、f值均与脑梗死静脉溶栓后HT的发生相关(P<0.05)。见表4。

2.5 IVIM-DWI参数预测脑梗死静脉溶栓后HT发生的价值 将脑梗死静脉溶栓后HT发生状态(0为发生，1为未发生)作为状态变量，将IVIM-DWI参数作为检验变量，ROC曲线结果发现，ADC值、D值、D*值、f值及联合预测脑梗死静脉溶栓后HT发生的AUC为0.916(95%CI:0.856~0.976)、0.837(95%CI:0.751~0.922)、0.749(95%CI:0.622~0.876)、0.708(95%CI:0.570~0.845)、0.924(95%CI:0.841~1.000)。见表5、图1。

表2 IVIM-DWI参数与NIHSS评分的相关性分析

系数	ADC值	D值	D*值	f值
r	-0.546	-0.498	-0.518	-0.421
P	0.000	0.000	0.000	0.000

表3 HT组、非HT组相关指标对比

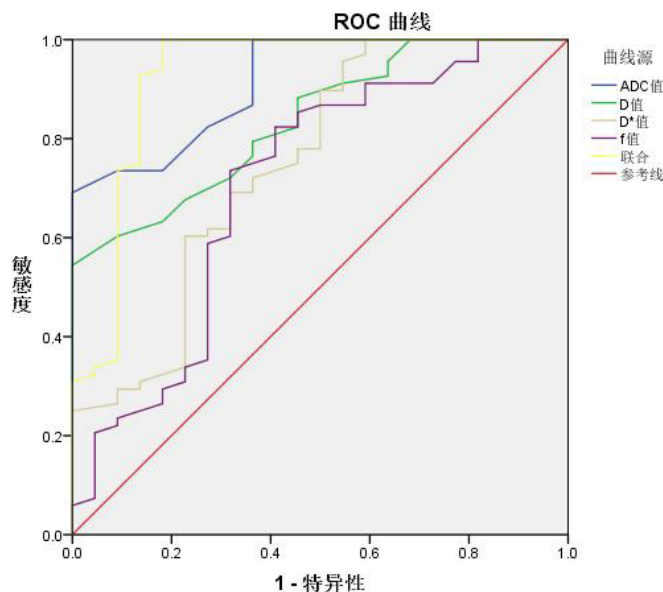
因素		HT组(n=22)	非HT组(n=68)	统计值	P值
性别	男(n=52)	13	39	0.021	0.886
	女(n=38)	9	29		
发病部位	基底核(n=20)	5	15	0.028	0.867
	尾状核(n=22)	6	16		
	丘脑与脑桥(n=25)	5	10		
	内囊(n=23)	6	17		
基础疾病	高血压(n=40)	10	30	0.012	0.913
	糖尿病(n=18)	5	13		
	高脂血症(n=22)	6	16		
	心房颤动(n=10)	3	7		
年龄(岁)		35.21±4.68	33.98±5.02	1.015	0.313
发病至溶栓时间(h)		4.02±0.47	3.52±0.46	4.409	0.000
NHSS评分(分)		22.65±3.21	17.65±2.54	7.509	0.000
ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)		0.35±0.06	0.48±0.06	8.542	0.000
D值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)		0.34±0.06	0.44±0.07	5.703	0.000
D*值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)		2.34±0.58	2.86±0.36	4.978	0.000
f值(%)		21.21±2.95	23.16±2.56	2.994	0.004

表4 脑梗死静脉溶栓后HT影响因素线性回归分析

项目	B	标准误差	标准系数	t	P	95%的CI
常量	-1.418	0.353	-	4.017	0.000	-2.120~-0.716
发病至溶栓时间	0.094	0.063	0.102	1.477	0.143	-0.032~0.220
ADC值	2.534	0.375	0.501	6.766	0.000	1.789~3.279
D值	1.319	0.396	0.246	0.335	0.001	0.533~2.106
D*值	0.234	0.062	0.259	3.765	0.000	0.110~0.357
f值	0.023	0.010	0.147	2.197	0.031	0.002~0.044

表5 IVIM-DWI参数预测脑梗死静脉溶栓后HT发生的价值

指标	最佳截断值	AUC	标准误	95%CI	P值
ADC值	$0.412 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$	0.916	0.030	0.856~0.976	0.000
D值	$0.398 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$	0.837	0.043	0.751~0.922	0.000
D*值	$2.615 \times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$	0.749	0.065	0.622~0.876	0.000
f值	22.541%	0.708	0.070	0.570~0.845	0.000
联合	-	0.924	0.042	0.841~1.000	0.000



结生成的对角线。

图1 IVIM-DWI参数预测脑梗死静脉溶栓后HT发生ROC图

3 讨论

急性脑梗死又称急性缺血性脑卒中,多由血管阻塞、痉挛等原因造成脑部血流不畅,从而诱发的脑组织缺氧缺血性坏死,可伴有不同程度的功能丧失^[12-13]。以为认为急性脑梗死是中老年疾病,但随着近年来饮食结构、生活方式与疾病谱的变化,我国中青年脑梗死发病率呈逐年上升趋势。研究发现,中青年、中老年不同年龄段的急性脑梗死患者危险因素、病因、MRI影像学特点均存在一定差异,且中青年急性脑梗死患者的静脉溶栓获益程度高于中老年患者^[14]。目前国内外关于脑梗死的报道多集中于中老年人群,关于中青年脑梗死患者影像学特征、危险因素、生物学标志物的报道较少。

IVIM-DWI定量参数包括ADC、f、D、D*等,其中ADC值可定量评估组织弥散能力、反映组织微观水分子空间运动能力与弥散系数;f值与毛细血管丰富程度密切相关,可反映微循环灌注占总体扩散效应的容积率;D可反映真实组织中水分子的扩散状态;而D*与主要毛细血管水分子扩散有关,可表示微循环灌注所致扩散效应^[15]。Kim^[16]等研究发现,ADC值可有效评估脑梗死患者病灶区缺血性损伤程度。Nakajo^[17]等研究报道,ADC值可用于评估重度脑梗死患者溶栓效果,溶栓效果差的患者ADC值相对较低。刘路路^[18]等建立二元Logistic回归模型发现,D值是急性缺血性脑梗死患者近期预后的独立预测因子,当最佳临界值取0.613时,其预测预后的灵敏度、特异度分别为0.613、0.833。由上述国内外研究可以看出,IVIM-DWI定量参数与急性脑梗死病情、溶栓效果与预后密切相关。本研究中,重度组梗死区的ADC值、D值、D*值、f值<中度组<轻度组,ADC值、D值、D*值、f值均与ADC值呈反比,再次证实IVIM-DWI定量参数可有效评估脑梗死患者病情程度,且与患者神经缺损程度有关,分析原因可能在于:由于急性脑梗死位于血管源性水肿与细胞毒性水肿期间,首先经历细胞毒性水肿,此阶段缺血可损伤能量代谢功能,致使NA⁺-K⁺-ATP酶与其他离子泵功能衰竭,打乱细胞内外离子梯度平衡,造成细胞外离心进入至细胞内,限制细胞内水分子弥散,故ADC值、D值、D*值降低。由于脑梗死属于一个动态变化过程,不可逆ADC值、D值、D*值、f值降低的阈值可能与梗死持续时间、梗死区血流减少程度有关,即与脑梗死病情程度相关。

HT是指脑梗死患者出现继发性颅内出血,与缺血脑组织再灌注、侧支循环形成相对较差、凝血功能障碍等诸多因素有关^[19]。HT可加重脑梗死患者神经功能损伤程度,提高致残率、致死率,不利于预后。徐阳^[20]等研究发现,急性脑梗死患者静脉溶栓后HT发生率为20.33%(25/123),且HT的发生与NIHSS评分有关。刘娜^[21]等参考欧洲急性卒中协作研究(ECASS)-II分型标准将HT分为脑实质血肿、出血性梗死,结果发现,不同HT亚型对急性脑梗死患者转归的影响存在差异,其中出血性梗死是转归不良的独立危险因素。由此可见,早期识别HT发生在改善急性脑梗死患者溶栓治疗后预后中尤为关键。本研究中,线性回归分析显示,ADC值、D值、D*值、f值均与脑梗死静脉溶栓后HT的发生相关,且ROC曲线结果发现,ADC值、D值、D*值、f值及联合预测脑梗死静脉溶栓后HT发生的AUC为0.916、0.837、0.749、0.708、0.924,表明IVIM-DWI灌注参数可有效预测溶栓后HT的发生,提示临床可借助IVIM-DWI技术早期识别HT的高危人群,并采取合适的干预手段积极预防HT的发生。

综上所述,IVIM-DWI灌注参数与中青年脑梗死患者病情程度密切相关,且ADC值、D值、D*值联合f值可有效预测溶栓后HT的发生。但本研究仍存在一定不足,主要包括:(1)样本量小、研究对象单一、病例来源受地域限制,且随访时间较短;(2)由于脑梗死是一个动态变化过程,本研究未能获得患者不同分期的参数。因此,在今后研究中需增加样本量、纳入多中心研究对象并扩大病例来源范围、延长随访时间作进一步的研究,以证实本研究结果。

参考文献

- [1] Li S, Pan Y, Wang Z, et al. Safety and efficacy of tenecteplase versus alteplase in patients with acute ischaemic stroke (TRACE): a multicentre, randomised, open label, blinded-endpoint (PROBE) controlled phase II study [J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2022, 7(1): 47-53.
- [2] Ma P, Zhang Y, Chang L, et al. Alteplase for the treatment of patients with acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Neurol*, 2022, 269(10): 5262-5271.
- [3] Thomas SE, Plumber N, Venkatapathappa P, et al. A review of risk factors and predictors for hemorrhagic transformation in patients with acute ischemic stroke [J]. *Int J Vasc Med*, 2021, 2021: 4244267.
- [4] Krishnamoorthy S, Singh G, Jose K J, et al. Biomarkers in the prediction of hemorrhagic transformation in acute stroke: a systematic review and meta-analysis [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2022, 51(2): 235-247.
- [5] Zhai H, Liu Z, Wu S, et al. Predictive value of magnetic resonance imaging-based texture analysis for hemorrhage transformation in large cerebral infarction [J]. *Front Neurosci*, 2022, 16: 923708.
- [6] Hu LB, Hong N, Zhu WZ. Quantitative measurement of cerebral perfusion with intravoxel incoherent motion in acute ischemia stroke: initial clinical experience [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(19): 2565-2569.
- [7] 董孟浩, 马小鹏, 林婷婷, 等. MRI-DWI-IVIM多参数成像在乳腺癌新辅助化疗疗效预测中的价值 [J]. *皖南医学院学报*, 2022, 41(1): 52-55.
- [8] 吴雅蔚, 叶靖, 征锦, 等. IVIM-DWI与DCE-PWI在急性缺血性脑梗死中各灌注参数的相关性研究 [J]. *临床放射学杂志*, 2020, 39(3): 596-599.
- [9] 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 [J]. *中华神经科杂志*, 2018, 51(9): 666-682.
- [10] Hu LB, Hong N, Zhu WZ. Quantitative measurement of cerebral perfusion with intravoxel incoherent motion in acute ischemia stroke: initial clinical experience [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2015, 128(19): 2565-2569.
- [11] 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. 中国急性脑梗死后出血转化诊治共识2019 [J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(4): 252-265.
- [12] 徐阳, 金凡夫, 赵丽, 等. 急性脑梗死静脉溶栓前后美国国立卫生研究院卒中量表评分与收缩压变化值在颅内出血性转化中的预测价值 [J]. *安徽医药*, 2021, 25(2): 250-254.
- [13] 王伟伟, 徐家萍, 张浩亮, 等. 老年急性脑梗死患者静脉溶栓后发生早期神经功能恶化的影响因素分析 [J]. *血栓与止血学*, 2022, 28(3): 364-366.
- [14] 韦菊临, 赵志雄. 青年与中老年急性脑梗死MR特点和危险因素对比研究 [J]. *影像科学与光化学*, 2020, 38(4): 684-689.
- [15] Juan CJ, Lin SC, Li YH, et al. Improving interobserver agreement and performance of deep learning models for segmenting acute ischemic stroke by combining DWI with optimized ADC thresholds [J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(8): 5371-5381.
- [16] Kim Y C, Lee J E, Yu I, et al. Evaluation of diffusion lesion volume measurements in acute ischemic stroke using encoder-decoder convolutional network [J]. *Stroke*, 2019, 50(6): 1444-1451.
- [17] Nakajo Y, Zhao Q, Enmi J I, et al. Early detection of cerebral infarction after focal ischemia using a new MRI indicator [J]. *Mol Neurobiol*, 2019, 56(1): 658-670.
- [18] 刘路路, 叶靖, 王守安, 等. IVIM对急性脑梗死近期临床预后的诊断价值 [J]. *临床放射学杂志*, 2021, 40(5): 860-863.
- [19] 杨毅, 张拥波. 外周血粒淋比(NLR)和衍生粒淋比(dNLR)对大动脉粥样硬化型脑梗死出血转化的预测价值研究 [J]. *昆明医科大学学报*, 2021, 42(11): 33-37.
- [20] 徐阳, 金凡夫, 赵丽, 等. 急性脑梗死静脉溶栓前后美国国立卫生研究院卒中量表评分与收缩压变化值在颅内出血性转化中的预测价值 [J]. *安徽医药*, 2021, 25(2): 250-254.
- [21] 刘娜, 赵建华, 鲍婕好, 等. 急性缺血性卒中患者的出血性转化与转归的相关性 [J]. *国际脑血管病杂志*, 2022, 30(2): 94-98.

(收稿日期: 2024-04-20)

(校对编辑: 谢诗婷)