

论 著

MRI-DWI与PWI测量参数对老年急性缺血性脑卒中尿激酶溶栓治疗的预后评估价值

段晓培 韩晓凤 程星遥

武落冰*

河南科技大学第一附属医院

(河南 洛阳 471003)

【摘要】目的 分析核磁共振弥散加权成像(MRI-DWI)与灌注加权成像(PWI)测量参数对老年急性缺血性脑卒中尿激酶溶栓治疗的预后评估价值。方法 以行尿激酶溶栓治疗的老年急性脑卒中患者189例(研究组),以同时期来本院体检中心体检的健康志愿者98例(对照组),两组均行MRI-DWI与PWI检查。比较两组患者MRI-DWI与PWI测量参数。将研究组患者根据院内28 d内是否发生死亡分为死亡组和存活组,比较死亡组和存活组患者MRI-DWI与PWI测量参数以及其他可能影响因素。患者预后分析采用Logistic回归分析与受试者工作特征(ROC)曲线。结果 研究组ADC、rCBF低于对照组($P<0.05$),TTP高于对照组($P<0.05$)。死亡组患者入院时格拉斯哥昏迷(GCS)评分、ADC、rCBF低于存活组($P<0.05$),TTP水平高于存活组($P<0.05$)。GCS评分、CRP、ADC、rCBF、TTP水平均是影响老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的危险因素($P<0.05$)。ADC、rCBF、TTP三者联合预测老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡AUC为0.816均高于三者单独预测。结论 老年急性脑卒中患者ADC、rCBF降低,TTP升高,且均是影响其发生死亡的危险因素。ADC、rCBF、TTP三者联合对行尿激酶溶栓治疗的老年急性脑卒中患者预后具有较高的预测价值。

【关键词】核磁共振;弥散加权成像;灌注加权成像;老年;急性缺血性脑卒中;尿激酶

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.03.006

The Value of MRI-DWI and PWI Measurement Parameters in Evaluating the Prognosis of Urokinase Thrombolytic Therapy in Elderly Patients with Acute Ischemic Stroke

DUAN Xiao-pei, HAN Xiao-feng, CHENG Xing-yao, WU Luo-bing*.

The First Affiliated Hospital of Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the prognostic value of MRI-DWI and perfusion weighted imaging (PWI) measurement parameters for urokinase thrombolytic therapy in elderly patients with acute ischemic stroke. **Methods** 189 elderly patients with acute cerebral stroke who received urokinase thrombolysis (study group), and 98 healthy volunteers who came to the physical examination center of our hospital during the same period (control group), both groups underwent MRI-DWI and PWI examinations. MRI-DWI and PWI measurement parameters were compared between the two groups. The patients in the study group were divided into the death group and the survival group according to whether death occurred within 28 days in the hospital, and the MRI-DWI and PWI measurement parameters and other possible influencing factors of the patients in the death group and the survival group were compared. The prognosis of patients was analyzed using Logistic regression analysis and receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** The ADC and rCBF levels of the study group were lower than those of the control group ($P<0.05$), and the TTP level was higher than that of the control group ($P<0.05$). The Glasgow coma (GCS) score, ADC and rCBF levels of patients in the death group were lower than those in the survival group ($P<0.05$), and the levels of TTP were higher than those in the survival group ($P<0.05$). GCS score, CRP, ADC, rCBF and TTP levels were all risk factors for death in elderly patients with acute ischemic stroke ($P<0.05$). The AUC of ADC, rCBF, and TTP combined to predict death in elderly patients with acute ischemic stroke was 0.816, which was higher than that of the three alone. **Conclusion** The decrease of ADC and rCBF and the increase of TTP in elderly patients with acute stroke are the risk factors of death. The combination of ADC, rCBF and TTP has high predictive value for the prognosis of elderly patients with acute stroke treated with urokinase.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging; Diffusion Weighted Image; Perfusion Weighted Imaging; Elderly; Acute Ischemic Stroke; Urokinase

急性缺血性脑卒中是一种发病较急的临床多发病, 占有急性脑血管疾病的70%, 具有较高致死率和死亡率^[1-2]。尿激酶溶栓治疗是挽救急性缺血性脑卒中患者神经功能的主要方式, 但此方式治疗后仍有患者发生死亡或残疾, 因此, 准确预测老年急性缺血性脑卒中患者预后, 对改善此类患者预后具有积极临床意义^[3]。目前, 核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)被广泛应用于急性缺血性脑卒中的诊断, MRI的弥散加权成像(diffusion weighted image, DWI)与灌注加权成像(perfusion weighted imaging, PWI)是常用功能成像模式, 具有较高的灵敏度与特异性^[4-5]。本研究以行尿激酶溶栓治疗的老年急性缺血性脑卒中患者为研究对象, 探讨DWI与PWI测量参数对此类患者预后的评估价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取本院于2018年3月至2021年3月收治的老年急性脑卒中患者189例(研究组)为研究对象, 均行尿激酶溶栓治疗, 另选取同时期来本院体检中心体检的健康志愿者98例(对照组)。其中研究组男104例, 女85例; 年龄60~80岁, 平均(69.26±5.37)岁; 对照组男55例, 43例; 年龄60~80岁, 平均(68.89±5.48)岁。两组患者一般资料比较无差异($P>0.05$)。本研究经本院伦理委员会同意批准。

1.2 纳入及排除标准

纳入标准: 研究组均符合老年急性缺血性脑卒中诊断标准^[6]; 均行MRI-DWI与PWI检查; 发病时间均≤6 h; 均行尿激酶溶栓治疗; 患者或家属自愿签署知情同意书。排除标准: 发病时间>6h; 存在MRI检查禁忌证者。

1.3 治疗方法 患者入院后均给予常规治疗, 在此基础上采用尿激酶治疗, 将100万~150万单位尿激酶溶于100 mL 9%生理盐水中, 静脉滴注, 前10分钟滴完整体的二分之一, 整体滴完时间控制在0.5 h以内。注意监测患者各项生命体征。

1.4 MRI检测方法 研究组与对照组均行MRI-DWI与PWI检查。DWI采用SE-EPI序列扫描, 具体扫描参数为: 矩阵、层厚、TR、FOV、层间隔、扫描时间分别为256×256、

【第一作者】段晓培, 男, 主治医师, 主要研究方向: 肿瘤的影像表现。E-mail: ttpowj@163.com

【通讯作者】武落冰, 女, 主治医师, 主要研究方向: 神经影像学。E-mail: dxp98@qq.com

8 mm、6000ms、240mm×240mm、2 mm、48 s。PWI采用GER-EPI序列扫描，具体扫描参数为：矩阵、层厚、TR、FOV、层间隔、扫描时间分别为128×128、6 mm、1200 ms、240mm×240mm、1 mm、80 s。扫描对比剂采用Gd-DTPA，流速为4mL/s，获取的图像导入工作站处理，于ADC图选择梗死位置测量表观扩散系数(apparent diffusion Coefficient, ADC)值，PWI分别测量相对脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、达峰时间(time to peak, TTP)(图1)。

1.5 收集可能影响老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的相关因素 统计可能影响老年急性缺血性脑卒中患者死亡的相关因素，包括性别、年龄、高血脂症、入院时意识情况差、心脏病、高血压、入院时格拉斯哥昏迷(glasgow coma scale, GCS)评分、糖尿病、ADC、rCBF、TTP。

1.6 预后判断及分组 预后判断根据参考文献^[7]，研究组患者根据院内28 d预后情况分为存活组(163例)和死亡组(26例)。

1.7 统计学分析 数据处理与分析采用SPSS 27.0软件，计数资料采用 χ^2 检验；计量资料采用t检验；Logistic回归分析影响老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的危险因素；绘制ROC对老年急性缺血性脑卒中患者的预后价值进行判断，以曲线下面积(area under the curve, AUC)>0.7表示预后效能较高， $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 对照组与研究组MRI-DWI与PWI测量参数的比较 研究组ADC、rCBF低于对照组($P<0.05$)，TTP高于对照组($P<0.05$)。见表1。

2.2 单因素分析可能影响老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的相关因素 单因素分析显示死亡组患者入院时的GCS评分、ADC、rCBF水平低于存活组($P<0.05$)，CRP、TTP水平高于存活组($P<0.05$)。见表2。

2.3 Logistic回归分析明确影响老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的危险因素 Logistic回归分析显示入院时GCS评分、

CRP、ADC、rCBF、TTP水平均是影响老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的危险因素($P<0.05$)。见表3。

2.4 MRI-DWI与PWI测量参数对老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的预测价值分析 ROC曲线分析显示，ADC、rCBF、TTP三者联合预测老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的灵敏度、准确度、AUC分别为89.68%、85.39%、0.816均高于ADC、rCBF、TTP单独预测；ADC、rCBF、TTP三者联合预测老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的特异度低于单独预测。见图2，见表4。

表1 对照组与研究组MRI-DWI与PWI测量参数的比较

指标	对照组(n=98)	研究组(n=189)	t值	P值
ADC	0.93±0.21	0.36±0.13	28.313	<0.001
rCBF(mL/100g/min)	5.01±1.01	3.11±0.54	20.780	<0.001
TTP(s)	9.62±0.68	13.79±0.79	44.408	<0.001

表2 单因素分析可能影响老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的相关因素

可能影响因素	死亡组(n=26)	存活组(n=163)	χ^2/t 值	P值
性别[男, n(%)]	14(53.85)	90(55.21)	0.017	0.896
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	68.97±6.86	69.85±7.38	0.570	0.569
高血脂症[n(%)]	13(50.00)	84(51.53)	0.021	0.884
入院时意识情况差[n(%)]	15(57.69)	84(51.53)	0.341	0.559
心脏病[n(%)]	7(26.92)	39(23.93)	0.109	0.741
高血压[n(%)]	5(19.23)	29(17.79)	0.031	0.859
入院时的GCS评分(分, $\bar{x} \pm s$)	5.65±2.14	13.17±2.26	15.866	<0.001
糖尿病[n(%)]	4(15.38)	21(12.88)	0.122	0.727
ADC($\bar{x} \pm s$)	0.24±0.02	0.38±0.08	8.861	<0.001
rCBF(mL/100g/min, $\bar{x} \pm s$)	2.61±0.84	3.19±0.67	3.951	<0.001
TTP(s, $\bar{x} \pm s$)	14.92±1.06	13.61±0.96	6.369	<0.001

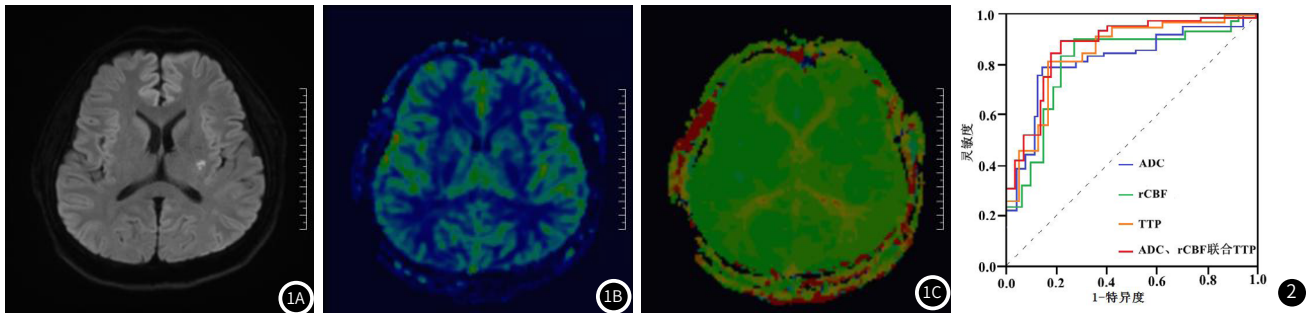


图1 MRI诊断影像分析图。注：图1A DWI显示左侧基底节区斑片状高信号，测得ADC值减低；图1B~图1C PWI分别于左侧基底节区梗死灶处测量CBF与TTP值，图1B显示梗死灶CBF降低，图1C显示梗死灶TTP延长。图2 MRI-DWI与PWI测量参数对老年急性缺血性脑卒中患者预后价值评估ROC曲线图。

表3 Logistic回归分析明确影响老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的危险因素

项目	β	SE	Wald χ^2	OR	95%CI	P值
入院时GCS评分	0.758	0.187	16.431	2.134	1.145~3.123	<0.001
ADC	0.579	0.154	14.136	1.784	1.056~2.513	<0.001
rCBF	0.315	0.104	9.174	1.370	1.052~1.689	0.008
TTP	0.486	0.132	13.556	1.626	1.016~2.236	<0.001

表4 MRI-DWI与PWI测量参数对老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的预测价值分析

参数	最佳截断点	灵敏度	特异度	准确度	AUC	95% CI
ADC	0.18	79.26%	82.96%	75.59%	0.766	0.689~0.815
rCBF	2.35mL/100g/min	72.34%	80.51%	69.34%	0.751	0.691~0.824
TTP	13.87 s	82.67%	68.37%	80.26%	0.787	0.710~0.857
联合		89.68%	62.54%	85.39%	0.816	0.789~0.902

3 讨论

急性缺血性脑卒中是导致全球人类致残和死亡的首要病因，尿酸酶静脉溶栓是治疗此病的主要手段，能在一定程度上改善此类患者的临床症状，但仍有部分患者在治疗后发生死亡^[8]。同时，临床上缺乏准确预测急性缺血性脑卒中患者发生死亡的标志物或手段。DWI是一种利用生物微观水分子布朗运动敏感序列，对急性缺血性脑卒中的诊断具有高的灵敏度和特异度，但其是否

能有效预测急性缺血性脑卒中患者的预后仍有待研究^[9]。PWI是一种能准确反映脑组织血流动力学信息的新技术，能准确诊断急性缺血性脑卒中的发生，但临床上将其测量参数用于判断急性缺血性脑卒中预后的研究鲜有报道^[10]。故DWI与PWI测量参数是否能用于判断急性缺血性脑卒中预后成为医学工作者关注热点。

(下转第 30 页)

可以作为评估冠状动脉静息血流的替代物^[9]，可用于评估冠状动脉是否存在血流动力学上的狭窄^[10]。正常血管腔内对比剂的CT值呈线性衰减，当血管存在狭窄时，腔内的对比剂CT值衰减下降会更明显^[11]，所得斜率会更大，即TAG值越大。在本研究中，对照组病例为正常人群，左右大脑中动脉的血流动力学表现基本相同，因此本研究结果显示两位医生各测量的大脑中动脉两侧之间无差异性，两位医生间测量的大脑中动脉TAG值无差异性，而疾病组左右两侧的TAG值具有差异性，并且根据Kruskal-Wallis H秩和检验结果，在去掉线性方程代表方向的负号后，疾病组患侧TAG值水平要高于健侧，这也符合TAG值的理论依据。

在急性缺血性脑卒中患者中, 血管内栓子局部阻塞血管, 造成血管内血流减少, 进而脑组织灌注不足引起细胞水肿、坏死。对于血栓直接造成血管完全闭塞, 行动脉CTA诊断责任血管轻而易举, 如前文所述^[4], 在急性脑卒中患者中将近一半患者头颈动脉CTA结果显示阴性(如图8), 但是行颅脑CTP扫描则提示已经有灌注异常存在, 究其原因可能是解剖学上的病理改变要明显晚于功能上的改变, 这在以往冠脉CTA的相关研究中也同样存在这类问题, 在早期COURAGE^[12]的研究中已证明冠脉CTA的解剖学狭窄并不能准确反映具有临床意义的功能性缺血。由此表明, 单从头部动脉CTA解剖学上判断责任血管具有一定的局限性, 也需要引进TAS手段丰富头颈动脉CTA的诊断价值。

同时,在以往文献里表明TAG在评价冠状动脉血管时会受到解剖变异的影响^[13],Kato^[14]等研究发现正常冠脉前降支和右冠状动脉的TAG值会不同,并且右冠状动脉的值要更高,关于此现象的原因可能是TAG的衰减值与血管长度相关^[15]。但头颈动脉具有先天的优势,除个别存在变异的病例外,双侧颅外及颅内血管的长度、走形、管腔直径、邻近组织结构关系等基本对称,因此不会出现类似冠脉解剖结构所造成的差异。通过本研究证实TAG值的测量具有可重复性,并且正常人群双侧大脑中动脉TAG值无差异性,当发生急性脑卒中事件时,责任血管的血流动力学会发生改变,TAG值变大,结合临床查体,即可得到初步判定,对临床的下一步救治提供依据。

本研究同时存在不足：本研究ROC确定临界值时敏感度略偏小，分析原因可能是所选病例数量不足，另一原因可能是人工手动勾画兴趣区后计算得出的TAG值，存在一定的误差，但随着计算机的发展尤其AI技术的发展，此误差必定会消除；本次研究只是筛选大脑中动脉进行研究，对前循环及后循环尚未进行研究；与其他检查方法的联合研究尚显不足，尤其是与脑灌注检查的联合研究；本次研究仅是可行性研究，对TAG值的变化与急性或亚急性脑

梗死面积之间的关系并未进行,这也是下一步深入研究的方向。

综上所述, TAG技术可用来评估急性脑卒中患者大脑中动脉的血流动力学变化。目前国家致力于卒中绿色通道的建立, 有条件的逐步推行一站式脑卒中检查, TAG的应用, 不仅是头颈动脉CTA具有解剖形态的诊断价值, 同时更赋予功能学的评价, 为临床更快、更准确地进行干预提供有利保障。

参考文献

- [1] 韩玉庆, 许阳阳, 董力庆, 等. 早期血管检查对急性脑梗死诊治的临床意义[J]. 检验医学与临床, 2019, 9: 1269-1271.
- [2] Anzidei M, Napoli A, Zaccagna F, et al. Diagnostic accuracy of colour Doppler ultrasonography, CT angiography and blood-pool-enhanced MR angiography in assessing carotid stenosis: a comparative study with DSA in 170 patients[J]. Radiol Med. 2012 Feb; 117(1): 54-71.
- [3] 聂云娟, 周丽波, 陈刚, 等. 320排能谱CT一站式全脑灌注联合头颈部CTA在急性缺血性脑卒中早期诊断中的应用探讨[J]. 影像研究与医学应用, 2020, 4(20): 144-145.
- [4] 刘松国, 张涛, 王泽福, 等. 颅脑CT灌注联合头颈CT血管造影成像对早期急性缺血性脑卒中患者的临床应用价值[J]. 实用医学影像杂志, 2022, 23(4): 335-337.
- [5] 彭斌, 吴波. 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] Choi J, H, Kim E K, Kim S M, et al. Noninvasive evaluation of coronary collateral arterial flow by coronary computed tomographic angiography[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2014, 7(3): 482-490.
- [7] Steigner ML, Mitsouras D, Whitmore AG, et al. Iodinated contrast opacification gradients in normal coronary arteries imaged with prospectively ECG-gated single heart-beat 320-detector row computed tomography[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2010, 3(2): 179-186.
- [8] 周晨埏. 管腔内密度衰减梯度在下肢动脉硬化闭塞症中的应用[D]. 蚌埠医学院, 2019:
- [9] Min JK, Castellanos J, Siegel R. New frontiers in CT angiography: physiologic assessment of coronary artery disease by multidetector CT[J]. Heart. 2013 May; 99(9): 661-8.
- [10] Li Y, Yu M, Zhang J, et al. Non-invasive imaging of myocardial bridge by coronary computed tomography angiography: the value of transluminal attenuation gradient to predict significant dynamic compression[J]. Eur Radiol, 2017 May; 27(5): 1971-1979.
- [11] Wong DT, Ko BS, Cameron JD, et al. Transluminal attenuation gradient in coronary computed tomography angiography is a no-vel noninvasive approach to the identification of functionally significant coronary artery stenosis: A comparison with fractional flow reserve[J]. J Am Col Cardiol, 2013, 61(12): 1271-1279.
- [12] Shaw LJ, Berman DS, Maron DJ, et al. Optimal medical therapy with or without percutaneous coronary intervention to reduce ischemic burden results from the clinical outcomes utilizing revascularization and aggressive drug evaluation (COURAGE) trial nuclear substudy[J]. Circulation, 2008, 117(10): 1283-1291.
- [13] Fujimoto S, Giannopoulos AA, Kumamaru KK, et al. The transluminal attenuation gradient in coronary CT angiography for the detection of hemodynamically significant disease: can all arteries be treated equally? [J]. Br J Radiol, 2018 Jul; 91(1087): 20180043.
- [14] Kato E, Fujimoto S, Takamura K, et al. Clinical significance of transluminal attenuation gradient in 320-row area detector coronary CT angiography[J]. Heart Vessels, 2018 May; 33(5): 462-469.
- [15] Xu N, Peng K, Dai S, et al. Does vessel length impact transluminal attenuation gradient in 320-slice coronary CT angiography? Correlation with invasive angiography[J]. Eur Radiol. 2019 Dec; 29(12): 6837-6845.

(收稿日期: 2022-10-24)

(校对编辑：谢诗婷)

(上接第 15 页)

DWI检查可获得ADC值, ADC值主要反映不可逆核心梗死区脑灌注量, 在急性缺血性脑卒中发生后, 梗死区域血液运动受限, 即水分子扩散运动慢, DWI出现异常高信号, ADC值降低^[11]。ADC值越低表明患者脑灌注量越低, 神经组织受损越严重^[12]。吴雅蔚等^[13]研究显示在患者神经细胞发生毒性水肿时DWI便可显示异常高信号, 有利于早期缺血性脑卒中的诊断。PWI是一种以造影剂为媒介, 获得脑血流量经过脑组织的全部信息, 得到rCBF、TTP值, 反映脑组织神经功能状态, 主要获得脑组织低灌注区的信息, 能较早发现存在脑血流灌注异常的区域和范围^[14]。在急性缺血性脑卒中发生后, rCBF降低、TTP升高表明患者存在脑血流灌注不足区域^[15]。本研究结果显示研究组ADC、rCBF水平低于对照组, TTP水平高于对照组。与上述观点一致, 提示DWI与PWI测量参数可用于急性缺血性脑卒中的早期诊断。

本研究结果中单因素分析显示,死亡组患者入院时GCS评分、ADC、rCBF水平低于存活组,CRP、TTP水平高于存活组。提示急性缺血性脑卒中发生死亡与入院时GCS评分、CRP、ADC、rCBF、TTP水平密切相关。Logistic回归分析显示入院时GCS评分、CRP、ADC、rCBF、TTP水平均是影响老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的危险因素。提示ROC曲线分析显示,ADC、rCBF、TTP三者联合预测老年急性缺血性脑卒中患者发生死亡的灵敏度、准确度、AUC分别为89.68%、85.39%、0.816,均高于ADC、rCBF、TTP单独应用。这可能与三种参数所反映的缺血、梗死组织不匹配,单独应用不足以反映病情严重程度有关,而通过ADC、rCBF、TTP联合应用可提高老年急性缺血性脑卒中患者预后的预测效能,有助于临床提前采取相应的治疗措施,改善患者预后。

综上所述,ADC、rCBF、TTP均是影响老年急性脑卒中患者发生死亡的危险因素,ADC、rCBF、TTP三者联合对行尿激酶治疗的老年急性脑卒中患者预后具有较高的预测价值。

参考文献

- [1] Dong Y, Qu J, Zhang Z, et al. Human urinary kallidinogenase in treating acute ischemic stroke patients: analyses of pooled data from a randomized double-blind placebo-controlled phase IIb and phase III clinical trial[J]. *Neurol Res*, 2020, 42(4): 286-290.
- [2] Liu Z, Zhou X, Zhang W, et al. Resilience and its correlates among first ischemic stroke survivors at acute stage of hospitalization from a tertiary hospital in China: a cross-sectional study[J]. *Aging Ment Health*, 2020 May; 24(5): 828-836.
- [3] Nan D, Jin H, Yang D, et al. Combination of polyethylene glycol-conjugated urokinase nanogels and urokinase for acute ischemic stroke therapeutic implications[J]. *Transl Stroke Res*, 2020, 12(5): 844-857.
- [4] 吕亚洲, 耿巧玲, 杨红. MRI常规扫描及DWI诊断小儿自发性脑出血的价值及影像学特点分析[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19(4): 17-20.
- [5] Zhu C, Federau C, Wintermark M, et al. Comparison of MRI IVIM and MR perfusion imaging in acute ischemic stroke due to large vessel occlusion[J]. *Int J Stroke*, 2020, 15(3): 332-342.
- [6] 中华医学会儿神经病学分会中华神经学会神经病学分会脑血管病学组, 刘鸣, 蒲传强. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南2014[J]. *中华神经科杂志*, 2015, 48(4): 246-257.
- [7] 张润涛, 吴小燕, 郭建军, 等. Willis环及脑白质变化对急性缺血性脑卒中静脉溶栓患者预后的影响[J]. *广东医学*, 2020, 41(16): 1659-1663.
- [8] 张会文, 文建英, 李婷婷, 等. 多层螺旋CT灌注成像结合血管成像应用于诊断急性缺血性脑卒中的临床价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19(11): 11-12, 35.
- [9] Jiang L, Peng M, Chen H, et al. Diffusion-weighted imaging (DWI) ischemic volume is related to FLAIR hyperintensity-DWI mismatch and functional outcome after endovascular therapy[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2020, 10(2): 356-367.
- [10] Yoshie T, Yu Y, Jiang H, et al. Perfusion parameter thresholds that discriminate ischemic core vary with time from onset in acute ischemic stroke[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2020, 41(10): 1809-1815.
- [11] Liu C, Zhang S, Yao Y, et al. Associations between diffusion dynamics and functional outcome in acute and early subacute ischemic stroke[J]. *Clin Neuroradiol*, 2020 Sep; 30(3): 517-524.
- [12] 刘焯, 李利颖, 周腾飞, 等. ADC值预测急性缺血性脑卒中脑组织不同转归的相关研究[J]. *中华神经医学杂志*, 2021, 20(2): 160-164.
- [13] 吴雅蔚, 叶靖, 征铨, 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.
- [14] Kufner A, Khalil AA, Galinovic I, et al. Magnetic resonance imaging-based changes in vascular morphology and cerebral perfusion in subacute ischemic stroke[J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2021, 41(10): 2617-2627.
- [15] 肖惟楠, 温学花, 龚向阳. MR液体衰减反转快速序列高信号血管征与脑灌注加权成像的相关性研究[J]. *实用放射学杂志*, 2019, 35(12): 2013-2017.

(收稿日期: 2022-02-15)

(校对编辑：谢诗婷)