

首发脑卒中认知功能障碍的DCE-MRI影像学特征及其诊断价值

王璐¹, 陈壮军¹, 邱龙海², 王金本¹

1. 海南西部中心医院放射科, 海南 儋州 571700; 2. 儋州市人民医院心内科导管室, 海南 儋州 571700

【摘要】目的:探讨动态对比增强磁共振成像(DCE-MRI)参数对首发脑卒中认知功能障碍的诊断价值, 以期为临床早期评估脑卒中认知功能障碍发生风险、制定干预方案提供参考。**方法:**选取122例首发脑卒中患者作为研究对象, 根据其是否发生认知功能障碍分为发生组($n=53$)与未发生组($n=69$), 另选取53例非脑血管性认知功能障碍患者作为对照组, 入院后均行DCE-MRI检查, 比较3组及不同认知功能障碍程度患者DCE-MRI影像学参数[组织间隙-血浆速率常数(K_{ep})、容积转运常数(K_{trans})、细胞外间隙容积分数(V_e)、血浆容积分数(V_p)], 分析DCE-MRI影像学参数与认知功能障碍程度的相关性及其诊断价值, 并分析其对首发脑卒中认知功能障碍危险度的评估价值。**结果:**发生组与未发生组DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 均高于对照组, 发生组DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 高于未发生组($P<0.05$); 不同认知功能障碍程度患者DCE-MRI影像学参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 比较有统计学意义($P<0.05$), 且随着认知功能障碍程度加重, 患者DCE-MRI影像学参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 明显升高; K_{trans} 、 V_e 、 V_p 均与认知功能障碍程度呈正相关关系($P<0.05$); DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 联合诊断的AUC为0.921, 明显较单独指标高($P<0.05$); DCE-MRI参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 高水平者认知功能障碍发病风险分别是低水平的3.077、1.944、2.313倍。**结论:**DCE-MRI可用于首发脑卒中认知功能障碍诊断, 为临床早期预测卒中后认知功能障碍提供参考依据。

【关键词】首发脑卒中; 认知功能障碍; 动态对比增强磁共振成像; 诊断价值; 危险度

【中图分类号】R816.1

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2024)03-0327-06

DCE-MRI features of cognitive dysfunction in patients with first-episode stroke and their diagnostic value

WANG Lu¹, CHEN Zhuangjun¹, QIU Longhai², WANG Jinben¹

1. Department of Radiology, Hainan Western Central Hospital, Danzhou 571700, China; 2. Cardio-Catheter Room, Danzhou People's Hospital, Danzhou 571700, China

Abstract: Objective To investigate the diagnostic value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) parameters for cognitive dysfunction in first-episode stroke, thereby providing reference for the early clinical assessment of the risk of cognitive dysfunction in stroke and formulation of intervention programs. **Methods** A total of 122 patients with first-episode stroke were enrolled and divided into occurrence group ($n=53$) and non-occurrence group ($n=69$) according to whether they had cognitive dysfunction. Additionally, 53 patients with non-cerebrovascular cognitive dysfunction were selected as control group. All patients underwent DCE-MRI examination after admission. The 3 groups and patients with different degrees of cognitive dysfunction were compared for DCE-MRI parameters, including interstitium-to-plasma rate constant (K_{ep}), volume transfer constant (K_{trans}), volume fraction of extravascular extracellular space (V_e), and volume fraction of plasma (V_p). The correlations of DCE-MRI parameters with the degree of cognitive dysfunction were analyzed, along with their diagnostic value for cognitive dysfunction and evaluation value for the risk of cognitive dysfunction after first-episode stroke. **Results** Both occurrence group and non-occurrence group had higher levels of K_{trans} , V_e and V_p than control group, and these parameters were higher in occurrence group than non-occurrence group ($P<0.05$). K_{trans} , V_e and V_p of patients with different degrees of cognitive dysfunction differed significantly ($P<0.05$), and they were increased significantly with the aggravation of cognitive dysfunction. K_{trans} , V_e and V_p were all positively correlated with the degree of

【收稿日期】2023-10-14

【基金项目】海南省卫生健康行业科研项目(20A200416)

【作者简介】王璐, 主管技师, 研究专业: 医学影像技术, E-mail: wanglu58000@163.com

cognitive dysfunction ($P<0.05$). The AUC for the combined diagnosis using K_{trans} , V_e and V_p was 0.921, significantly higher than single index ($P<0.05$). The risks of cognitive dysfunction in first-episode stroke patients with higher levels of K_{trans} , V_e and V_p were 3.077, 1.944 and 2.313 times of the low-level, respectively. **Conclusion** DCE-MRI can be used to diagnose cognitive dysfunction in first-episode stroke, providing reference for early clinical prediction of cognitive dysfunction after stroke.

Keywords: first-episode stroke; cognitive dysfunction; dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging; diagnostic value; risk degree

前言

缺血性脑卒中多由脑血管局部狭窄、闭塞,导致脑组织出现坏死、软化引起,对患者生命安全造成严重威胁^[1-2]。报道显示,认知功能障碍与脑卒中病理、生理机制较为相似,且存在卒中史者发生认知功能障碍风险为无卒中史者的 5 倍^[3-4]。首发脑卒中后 3 个月左右为认知功能障碍高发期,积极探讨首发脑卒中认知功能障碍早期评估诊断方案至关重要^[5]。动态对比增强磁共振成像(DCE-MRI)可通过快速、连续获取对比剂注射前后的图像,经图像后处理可获取相关参数,对于脑血管疾病血脑屏障破坏及损伤程度具有一定评估价值^[6-8]。但目前临床鲜有关于 DCE-MRI 评估认知功能障碍发生风险的相关研究。

基于此,本研究旨在探讨首发脑卒中认知功能障碍的 DCE-MRI 影像学特征及其诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

经海南西部中心医院伦理委员会审核批准(批准文号:2018-039),选取 2019 年 1 月~2022 年 1 月间该院 122 例首发脑卒中患者作为研究对象,根据其是否发生认知功能障碍分为发生组($n=53$)与未发生组($n=69$),另选取 53 例非脑血管性认知功能障碍患者作为对照组。3 组研究对象性别、年龄、体质质量指数(BMI)、合并高血压、高脂血症、糖尿病等均衡可比($P>0.05$),见表 1。

表 1 3 组患者一般资料比较
Table 1 Comparison of general data among 3 groups

组别	<i>n</i>	性别(男/女)	年龄/岁	BMI/kg·m ²	合并症[例(%)]		
					高血压	高脂血症	糖尿病
发生组	53	29/24	61.41±5.32	23.18±1.02	22(41.51)	18(33.96)	10(18.87)
未发生组	69	37/32	62.54±5.53	23.32±1.14	27(39.13)	22(31.88)	13(18.84)
对照组	53	28/25	60.98±5.17	23.25±1.06	21(39.62)	19(35.85)	8(15.09)
χ ² / <i>F</i> 值		0.038	1.401	0.253	0.075	0.213	0.358
<i>P</i> 值		0.981	0.249	0.777	0.963	0.899	0.836

1.2 纳入及排除标准

纳入标准:发生组、未发生组均符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2014》^[9]中缺血性脑卒中相关诊断标准;均为初次发病;可接受本研究检查方案。

排除标准:合并颅内出血或严重脑外伤者;合并颅内肿瘤;合并循环系统疾病、自身免疫性疾病者;合并 DCE-MRI 检查绝对禁忌证者;脑卒中复发者;合并重大脏器功能障碍者;合并精神异常或检查依从性较差者。

1.3 方法

认知功能障碍评估:采用蒙特利尔认知(MoCA)

量表评估认知功能,包括视空间功能、瞬时与 4 min 延迟记忆、词语流畅性测试、执行控制。采用画钟试验评估执行控制、视空间功能,行 5 分制计分,采用词语流畅性评估语言功能,采用数字广度评估记忆与注意功能。均采用统一测试工具,并于同一环境下进行,由两名具有丰富经验的神经科医师判定结果,若 MoCA<26 分评估为认知功能障碍。

DCE-MRI 检查:采用美国 GE brivo355 型 1.5T 磁共振扫描仪进行检查,选用 8 通道头颅线圈,参数设置为轴位 T₂ 加权快速回波序列:TR=5 725.92 ms,TE=115.80 ms,FOV=24 cm×24 cm;轴位液体抑制反转恢复序列:TR

=8 014 ms,TE=125.74 ms,FOV=24 cm×24 cm;平扫完成后行LAVA-MRI序列扫描,扫描时间664 s,采用高压注射器经肘静脉注射0.1 mmol/kg钆喷酸葡胺共10 mL,注射速率为1.5 mL/s,参数设置为TR=4.35 ms,TE=2.12 ms,翻转角15°,像素带宽62.50 kHz,矩阵=256×160。图像后处理方法:采用MISar visualization软件进行图像后处理分析,应用Extended Tofts线性模型计算影像学参数[组织间隙-血浆速率常数(K_{ep})、容积转运常数(K_{trans})、细胞外间隙容积分数(V_e)、血浆容积分数(V_p)]。

1.4 观察指标

(1)比较3组DCE-MRI影像学参数。(2)比较不同认知功能障碍程度患者DCE-MRI影像学参数。(3)分析DCE-MRI影像学参数与认知功能障碍程度的相关性。(4)分析DCE-MRI影像学特征对首发脑卒中认知功能障碍的诊断价值。(5)分析DCE-MRI影像学参数对首发脑卒中认知功能障碍危险度的评估价值。

1.5 统计学方法

采用SPSS23.0软件进行相关数据处理分析,符合正态分布的计量资料用均数±标准差表示,组间比较采用独立样本 t 检验,多组间比较以单因素方差进行分析,两两比较采用LSD- t 检验,Spearman行相关性分析,诊断价值分析采用ROC曲线,不同预测方案间AUC比较采用DeLong检验, $\alpha=0.05$ 。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

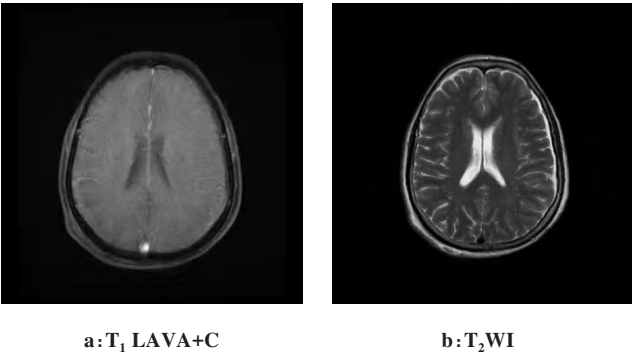
2.1 3组DCE-MRI影像学参数比较

3组DCE-MRI影像学参数 K_{ep} 比较,差异无统计学意义($P>0.05$);发生组与未发生组DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 均高于对照组($P<0.05$);发生组DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 高于未发生组($P<0.05$)。见表2。各组DCE-MRI影像见图1~图3。

表2 3组DCE-MRI影像学参数比较($\bar{x}\pm s$)
Table 2 Comparison of DCE-MRI parameters among 3 groups (Mean±SD)

组别	<i>n</i>	$K_{trans}/\times 10^3\cdot min^{-1}$	$K_{ep}/\times 10^3\cdot min^{-1}$	$V_e/\times 10^3$	$V_p/\times 10^3$
发生组	53	33.12±9.82 ^{ab}	178.42±50.64	90.82±15.23 ^{ab}	21.62±6.75 ^{ab}
未发生组	69	23.41±6.45 ^a	193.84±68.41	50.49±9.84 ^a	14.76±4.32 ^a
对照组	53	18.41±5.23	202.94±75.36	44.27±6.25	12.07±3.59
<i>F</i> 值		55.373	1.883	289.398	51.869
<i>P</i> 值		<0.001	0.155	<0.001	<0.001

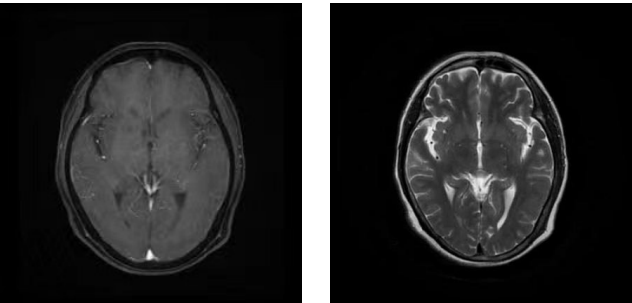
a: 与对照组比较, $P<0.05$; b: 与未发生组比较, $P<0.05$



a: T₁ LAVA+C b: T₂ WI

图1 发生组DCE-MRI影像

Figure 1 DCE-MRI images of occurrence group



a: T₁ LAVA+C b: T₂ WI

图2 未发生组DCE-MRI影像

Figure 2 DCE-MRI images of non-occurrence group

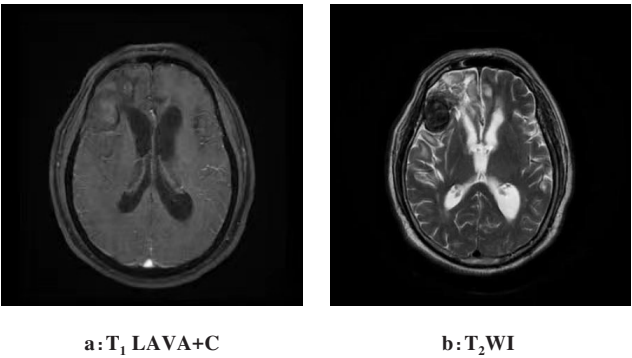
2.2 不同认知功能障碍程度患者DCE-MRI影像学参数比较

不同认知功能障碍程度患者DCE-MRI影像学参数 K_{ep} 比较,差异无统计学意义($P>0.05$);不同认知功能障碍程度患者DCE-MRI影像学参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 比

较,差异有统计学意义($P<0.05$),且随着认知功能障碍程度加重,患者DCE-MRI影像学参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 明显升高。见表3。

2.3 DCE-MRI影像学参数与认知功能障碍程度的相关性

相关系数模型分析可知,首发脑卒中中认知功能



a: T₁ LAVA+C b: T₂WI

图3 对照组DCE-MRI影像

Figure 3 DCE-MRI images of control group

障碍患者DCE-MRI定量参数 K_{ep} 与认知功能障碍程度无相关性($P>0.05$), K_{trans} 、 V_e 、 V_p 均与认知功能障碍程度呈正相关关系($P<0.05$)。见图4。

2.4 DCE-MRI影像学特征对首发脑卒中认知功能障碍的诊断价值

以发生组为阳性,未发生组为阴性,绘制ROC曲线分析可知,DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 诊断首发脑卒中认知功能障碍的AUC分别为0.739、0.833、0.709,建立DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 联合诊断Logistic模型,结果显示DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 联合诊断的AUC为0.921,可知DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p

表3 不同认知功能障碍程度患者DCE-MRI影像学参数比较($\bar{x}\pm s$)

Table 3 Comparison of DCE-MRI parameters in patients with different degrees of cognitive dysfunction (*Mean*±*SD*)

组别	<i>n</i>	$K_{trans}/\times 10^3\cdot min^{-1}$	$K_{ep}/\times 10^3\cdot min^{-1}$	$V_e/\times 10^3$	$V_p/\times 10^3$
轻度	17	28.41±6.25	182.29±55.69	84.41±9.82	18.21±4.56
中度	22	33.07±5.41	178.41±52.36	90.45±12.88	21.56±5.28
重度	14	38.92±4.02	173.74±50.11	99.17±15.36	25.86±7.04
<i>F</i> 值		14.626	0.100	5.182	7.191
<i>P</i> 值		<0.001	0.905	0.009	0.002

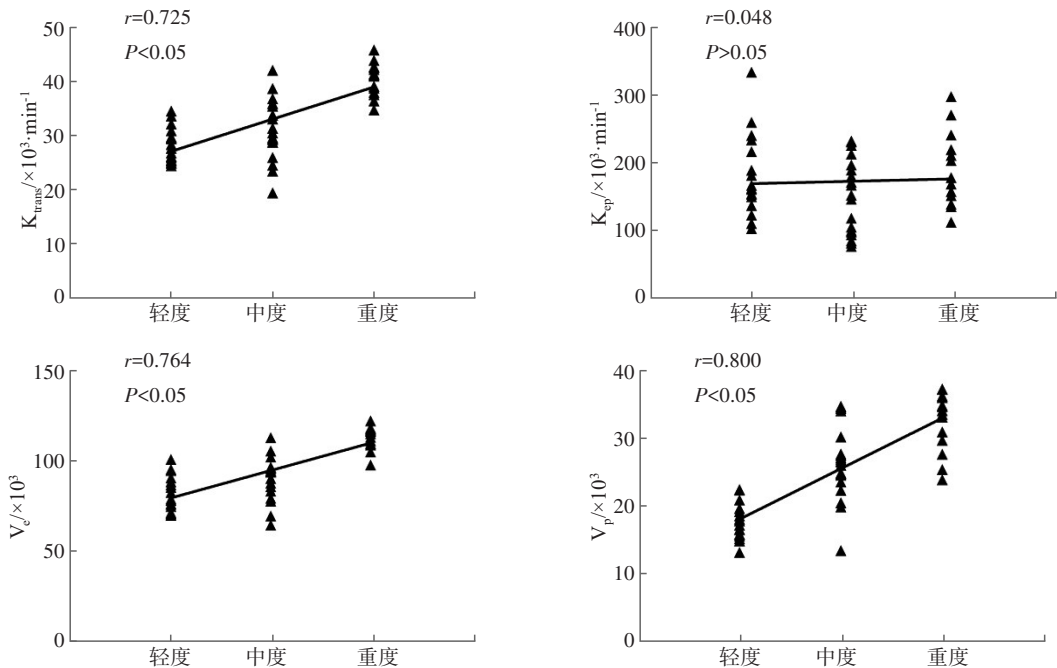


图4 DCE-MRI影像学参数与认知功能障碍程度的相关性

Figure 4 Correlations between DCE-MRI parameters and the degree of cognitive dysfunction

联合诊断的AUC明显较单独指标高($P<0.05$)。

2.5 DCE-MRI影像学参数对首发脑卒中认知功能障碍危险度的评价

以二分位法将DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 分

为高水平与低水平进行分层分析,结果可知,DCE-MRI定量参数 K_{trans} 、 V_e 、 V_p 高水平的首发脑卒中患者认知功能障碍发病风险分别是低水平的3.077、1.944、2.313倍。见表4。

表4 DCE-MRI影像学参数对首发脑卒中认知功能障碍危险度的评价[例(%)]

Table 4 Evaluation of DCE-MRI parameters for the risk of cognitive dysfunction in first-episode stroke[cases(%)]

组别	n	K _{trans}		V _e		V _p	
		高水平	低水平	高水平	低水平	高水平	低水平
发生组	53	40(75.47)	13(24.53)	35(66.04)	18(33.96)	37(69.81)	16(30.19)
未发生组	69	21(30.43)	48(69.57)	26(37.68)	43(62.32)	24(34.78)	45(65.22)
RR(95% CI)		3.077(1.838~5.152)		1.944(1.247~3.032)		2.313(1.450~3.688)	
U值		3.709		2.335		2.885	
P值		<0.001		0.020		0.004	

3 讨论

缺血性脑卒中中具有病情凶险、发病突然、致残率高等特点,多发生于中老年人群,且随近年来人们生活饮食习惯改变,其发病率呈上升趋势^[10-11]。报道显示卒中后认知功能障碍患者可出现焦虑、抑郁等负面情绪,不利于脑卒中后神经功能恢复、日常生活能力改善,严重影响预后恢复^[12-13]。因此,尽早评估诊断脑卒中认知功能障碍、针对性给予干预措施至关重要。

影像学检查为目前临床评估缺血性脑卒中的主要方案,其中DCE-MRI可通过快速MRI连续采集病灶及周围血管、组织对比剂注射前后的图像,经计算机分析毛细血管对比剂的分布、清除信息后,可有效反映靶器官及组织的血流灌注、毛细血管通透性等^[14-15]。本研究结果显示发生组与未发生组DCE-MRI定量参数K_{trans}、V_e、V_p均高于对照组,且发生组DCE-MRI定量参数K_{trans}、V_e、V_p高于未发生组,提示DCE-MRI参数对于认知功能障碍具有一定评估价值。DCE-MRI通过药代动力学可获取血流灌注图,可呈现小分子物质进出组织血管间隙及微血管分布,通过提取通透性、血供参数可评估新生血管密度、血脑屏障通透性及炎症反应程度等^[16-17]。国外学者研究发现血脑屏障通透性与脑卒中患者认知功能障碍存在紧密联系^[18-19],而K_{trans}、V_e、V_p等均可反映血脑屏障通透性,其中K_{trans}为对比剂从血管渗漏至血管外的转运系数,可定量测量微血管的通透性。因此,可通过DCE-MRI定量参数评估缺血性脑卒中患者认知功能障碍。本研究经相关性分析发现,DCE-MRI定量参数与认知功能障碍程度具有显著相关性,进一步说明其对缺血性脑卒中患者认知功能障碍的评估价值。

研究表明缺血性脑卒中患者血脑通透性受破坏,提升出血转化风险,进而影响认知功能^[20-22]。经DCE-MRI检查显示,患者额叶、颞叶及边缘叶K_{trans}值与MMSE量表项目均呈负相关,即K_{trans}值越大,患者

认知功能越差。结合上述研究结果,本研究首次采用ROC曲线分析DCE-MRI定量参数对卒中后认知功能障碍的诊断价值,发现K_{trans}、V_e、V_p联合诊断的AUC为0.921,明显高于单一参数诊断,具有较高诊断价值。国外学者通过对比不同灌注缺血性脑卒中患者DCE-MRI定量参数发现,高灌注组患侧K_{trans}、V_e、V_p均显著高于非灌注组,而缺血性脑卒中高灌注患者血脑屏障受损程度较高,可导致可逆性血管源性水肿、缺血期释放相关活性物质,诱发氧化应激反应,最终影响认知功能障碍^[23-24]。另有学者发现缺血性脑卒中患者微血栓形成、白细胞凝聚均可导致局部血流灌注降低,且局部炎症介质、免疫复合物等均可引起血脑屏障通透性增加,影响认知功能,DCE-MRI定量参数随之发生变化^[25-26]。本研究还发现DCE-MRI参数K_{trans}、V_e、V_p高水平的首发脑卒中患者认知功能障碍发病风险分别是低水平的3.077、1.944、2.313倍,提示临床可通过DCE-MRI定量参数早期评估缺血性脑卒中患者认知功能障碍发生风险。

综上所述,DCE-MRI对于首发脑卒中认知功能障碍具有较高诊断价值,临床可通过其早期预测认知功能障碍发生风险,以制定相应干预方案,改善预后。

【参考文献】

[1]

Masson A, Boulouis G, Janot K, et al. Acute hydrocephalus and delayed cerebral infarction after aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. Acta Neurochir (Wien), 2022, 164(9): 2401-2408.

[2]

Zheng K, Lin LM, Jiang W, et al. Single-cell RNA-seq reveals the transcriptional landscape in ischemic stroke[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2022, 42(1): 56-73.

[3]

Shao YJ, Zhang Y, Wu RR, et al. Network pharmacology approach to investigate the multitarget mechanisms of Zhishi Rhubarb Soup on acute cerebral infarction[J]. Pharm Biol, 2022, 60(1): 1394-1406.

[4]

Zhang S, Zhao LM, Xue BQ, et al. Acute recurrent cerebral infarction caused by moyamoya disease complicated with adenomyosis: a case report[J]. World J Clin Cases, 2022, 10(14): 4617-4624.

[5]

Feng L, He WL, Huang GQ, et al. Reduced thiamine is a predictor for cognitive impairment of cerebral infarction[J]. Brain Behav, 2020, 10(9): e01709.

[6]

Koniczny MJ, Dewenter A, Ter Telgte A, et al. Multi-shell diffusion

- MRI models for white matter characterization in cerebral small vessel disease[J]. *Neurology*, 2021, 96(5): e698-e708.
- [7] Yilmazer-Hanke D, Mayer T, Müller HP, et al. Histological correlates of postmortem ultra-high-resolution single-section MRI in cortical cerebral microinfarcts[J]. *Acta Neuropathol Commun*, 2020, 8(1): 33.
- [8] Ye CY, Lin QB, Jin Z, et al. Predictive effect of DCE-MRI and DWI in brain metastases from NSCLC[J]. *Open Med (Wars)*, 2021, 16(1): 1265-1275.
- [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2014[J]. *中华神经科杂志*, 2015, 48(4): 246-257.
- Neurology Branch of Chinese Medical Association, Cerebrovascular Disease Group of neurology Branch of Chinese Medical Association. Chinese guidelines for the diagnosis and treatment of acute ischemic stroke 2014[J]. *Chinese Journal of Neurology*, 2015, 48(4): 246-257.
- [10] Zhao YF, Zhang XJ, Chen XY, et al. Neuronal injuries in cerebral infarction and ischemic stroke: From mechanisms to treatment (review) [J]. *Int J Mol Med*, 2022, 49(2): 15.
- [11] Luo WZ, Liu X, Bao KY, et al. Ischemic stroke associated with COVID-19: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Neurol*, 2022, 269(4): 1731-1740.
- [12] Takeda H, Yamaguchi T, Yano H, et al. Microglial metabolic disturbances and neuroinflammation in cerebral infarction [J]. *J Pharmacol Sci*, 2021, 145(1): 130-139.
- [13] Renú A, Millán M, San Román L, et al. Effect of intra-arterial alteplase vs placebo following successful thrombectomy on functional outcomes in patients with large vessel occlusion acute ischemic stroke: the CHOICE randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2022, 327(9): 826-835.
- [14] Ramirez-Suarez KI, Tierradentro-Garcia LO, Smith CL, et al. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance lymphangiography[J]. *Pediatr Radiol*, 2022, 52(2): 285-294.
- [15] Koh DM, Ba-Ssalamah A, Brancatelli G, et al. Consensus report from the 9th International Forum for Liver Magnetic Resonance Imaging: applications of gadoteric acid-enhanced imaging [J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(8): 5615-5628.
- [16] 吴雅蔚, 叶靖, 征锦, 等. 动态对比增强磁共振成像联合NLR对急性缺血性脑梗死预后的预测价值[J]. *实用放射学杂志*, 2020, 36(7): 1027-1030.
- Wu YW, Ye J, Zheng J, et al. The value of DCE-MRI combined with NLR in predicting the outcomes of patients with acute ischemic stroke [J]. *Journal of Practical Radiology*, 2020, 36(7): 1027-1030.
- [17] Kawasaki K, Okubo T, Nagatari T, et al. Clinical significance of gadobutrol in magnetic resonance imaging for the detection of myocardial infarction: matched-pair cohort study to compare with gadopentetate dimeglumine at standard dose[J]. *Radiol Phys Technol*, 2020, 13(3): 306-311.
- [18] Yasuda T, Takagi T, Hasegawa D, et al. Multiple cerebral infarction associated with cerebral vasculitis in a patient with ulcerative colitis [J]. *Intern Med*, 2021, 60(1): 59-66.
- [19] Cui B, Yang DD, Zheng WM, et al. Plaque enhancement in multi-cerebrovascular beds associates with acute cerebral infarction[J]. *Acta Radiol*, 2021, 62(1): 102-112.
- [20] 刘路路, 陈骥, 叶靖, 等. 动态对比增强MRI对急性脑梗死功能预后的早期预测[J]. *实用放射学杂志*, 2021, 37(2): 175-179.
- Liu LL, Chen J, Ye J, et al. Early prediction of the functional prognosis of acute cerebral infarction by dynamic contrast-enhanced MRI[J]. *Journal of Practical Radiology*, 2021, 37(2): 175-179.
- [21] Nakaoka H, Tsuda E, Morita Y, et al. Cardiac function by magnetic resonance imaging in coronary artery occlusions after Kawasaki disease[J]. *Circ J*, 2020, 84(5): 792-798.
- [22] Shang WW, Zhang YY, Xue L, et al. Evaluation of collateral circulation and short-term prognosis of patients with acute cerebral infarction by perfusion-weighted MRI[J]. *Ann Palliat Med*, 2022, 11(4): 1351-1359.
- [23] Soni N, Kumar S, Shimle A, et al. Cerebrovascular complications in tuberculous meningitis-a magnetic resonance imaging study in 90 patients from a tertiary care hospital[J]. *Neuroradiol J*, 2020, 33(1): 3-16.
- [24] Frank L, Burigk L, Lehmbecker A, et al. Meningioma and associated cerebral infarction in three dogs[J]. *BMC Vet Res*, 2020, 16(1): 177.
- [25] 丁辉, 邹维, 张良, 等. 动态对比增强磁共振成像联合PLR、NLR预测急性脑梗死短期预后的回顾性研究[J]. *现代生物医学进展*, 2021, 21(22): 4363-4367.
- Ding H, Zou W, Zhang L, et al. A retrospective study of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging combined with PLR and NLR in predicting short-term prognosis of acute cerebral infarction [J]. *Progress in Modern Biomedicine*, 2021, 21(22): 4363-4367.
- [26] 陈蓓蕾, 于海龙, 杭景, 等. 动态对比增强磁共振对急性脑梗死患者血脑屏障通透性的研究[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2020, 22(2): 127-132.
- Chen BL, Yu HL, Hang J, et al. Role of dynamic contrast-enhanced MRI in assessing permeability of blood brain barrier in acute ischemic stroke patients[J]. *Chinese Journal of Geriatric Heart Brain and Vessel Diseases*, 2020, 22(2): 127-132.

(编辑:黄开颜)