

论 著

CTA及CTP成像技术联合评估脑梗死早期神经功能中的价值*

高永阳¹ 黄 斌^{1,*} 杨 洁²
马逸群¹

1.三二〇一医院影像科

2.汉中职业技术学院 (陕西 汉中 723000)

【摘要】目的 探讨CT血管造影(CTA)及CT灌注(CTP)成像技术联合评估脑梗死早期神经功能中的价值。方法 回顾性分析我院2021年7月至2024年7月收治的120例脑梗死患者。根据患者入院时美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分,按神经功能缺损程度依次分为轻度组(≤ 4 分,33例)、中度组(5~15分,48例)、重度组(≥ 16 分,39例)。比较三组一般资料及CTA、CTP相关参数;分析CTA、CTP相关指标与脑梗死患者NIHSS评分的相关性;采取受试者工作特征(ROC)曲线分析CTA、CTP相关指标单独及联合评估脑梗死早期神经功能重度缺损的价值。结果 轻度组美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分、平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)、动脉病变程度、Alberta卒中项目早期CT评分(ASPECTS)评分显著低于中度组、重度组,中度组NIHSS评分、MTT、TTP、动脉病变程度、ASPECTS评分显著低于重度组,轻度组脑血流量(CBF)、脑血容量(CBV)显著高于中度组、重度组,中度组CBF、CBV显著高于重度组($P < 0.05$)。脑梗死患者NIHSS评分与CBF、CBV呈负相关,与MTT、TTP、ASPECTS评分呈正相关($P < 0.05$)。ROC曲线分析结果显示,CBF、CBV、MTT、TTP、ASPECTS评分评估脑梗死早期神经功能重度缺损的曲线下面积分别为0.834、0.890、0.735、0.772、0.851,敏感度分别为0.795、0.897、0.714、0.769、0.821,且 $P < 0.05$ 。各项联合评估的曲线下面积为0.941,敏感度为0.897。结论 CTA及CTP成像技术联合可辅助评估脑梗死患者早期神经功能损伤程度,具有一定价值。

【关键词】脑梗死;神经功能;
CT血管造影;CT灌注

【中图分类号】R322.81

【文献标识码】A

【基金项目】2019年度陕西省教育厅专项
科学研究计划项目(19JK0051);
汉中市三二〇一医院科研基金项目
(3201yk202234)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.07.007

The Value of CTA and CTP Imaging in Evaluating Neurological Function in the Early Stage of Cerebral Infarction*

GAO Yong-yang¹, HUANG Bin^{1,*}, YANG Jie², MA Yi-qun¹.

1.Department of Medical Imaging, 3201 HOSPITAL, Hanzhong 723000, Shaanxi Province, China

2.Hanzhong Vocational and Technical College, Hanzhong 723000, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the value of CT angiography (CTA) and CT perfusion (CTP) imaging in the evaluation of neurological function in the early stage of cerebral infarction. **Methods** A retrospective analysis was performed on 120 patients with cerebral infarction admitted to our hospital from July 2021 to July 2024. According to the National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score at admission, the patients were divided into mild group (≤ 4 points, 33 cases), moderate group (5-15 points, 48 cases) and severe group (≥ 16 points, 39 cases) according to the degree of neurological deficit. The general data and related parameters of CTA and CTP were compared among the three groups. The correlation between the related parameters of CTA, CTP and NIHSS score in patients with cerebral infarction was analyzed. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to analyze the value of CTA and CTP related indexes in evaluating the severe neurological deficit in the early stage of cerebral infarction. **Results** The scores of National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS), mean transit time (MTT), time to peak (TTP), degree of arterial lesion and Alberta stroke program early CT score (ASPECTS) in mild group were significantly lower than those in moderate group and severe group, and the scores of NIHSS, MTT, TTP, degree of arterial lesion and ASPECTS in moderate group were significantly lower than those in severe group; and cerebral blood flow (CBF) and cerebral blood volume (CBV) in mild group were significantly higher than those in moderate group and severe group, and CBF and CBV in moderate group were significantly higher than those in severe group ($P < 0.05$). The NIHSS score of cerebral infarction patients was negatively correlated with CBF and CBV, and positively correlated with MTT, TTP and ASPECTS scores ($P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the areas under the curve of CBF, CBV, MTT, TTP and ASPECTS in evaluating the severe neurological deficit in the early stage of cerebral infarction were 0.834, 0.890, 0.735, 0.772 and 0.851 respectively, and the sensitivities were 0.795, 0.897, 0.714, 0.769 and 0.821 respectively, and $P < 0.05$. The area under the curve of each joint evaluation was 0.941 and the sensitivity was 0.897. **Conclusion** The combination of CTA and CTP imaging technology can assist in evaluating the degree of early neurological impairment in patients with cerebral infarction, which has certain value.

Keywords: Cerebral Infarction; Neurological Function; CT Angiography; CT perfusion

脑卒中是我国致死率极高的疾病,其中脑梗死是最常见的一类,发生率约占全部脑卒中的70%~80%,常发生于中老年患者^[1]。脑梗死患者通常表现出不同程度的神经功能缺损症状,如偏瘫、失语等。神经功能缺损不仅是脑梗死发作症状,若未给予有效干预,还可能遗留为后遗症,影响患者生活,故脑梗死患者神经功能与其预后有明显相关性^[2]。此外,还可根据神经功能缺损程度制定个性化治疗方案,例如,给予神经保护类药物等^[3-4]。因此,早期评估脑梗死患者神经功能水平,对临床制定治疗方案有重要意义。既往常以美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health stroke scale, NIHSS)评估脑梗死神经功能^[5]。但其具有一定局限性,例如主要集中在运动功能和语言能力,较少涉及认知、情感等方面的评估,且量表评估具有一定主观性。故寻找更多可准确、有效评估脑梗死患者早期神经功能的工具,具有一定意义。CT血管造影(CT angiography, CTA)能够清晰显示血管细节,在脑梗死早期诊断、神经系统疾病等疾病中有重要作用^[6]。CT灌注(CT perfusion, CTP)成像能够量化反映局部组织血流动力学,在脑缺血、肿瘤等疾病中价值显著^[7-8]。本次研究分析脑梗死患者CTA及CTP资料,探讨CTA及CTP与脑梗死患者早期神经功能缺损程度的关系,为临床提供帮助。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析我院2021年7月至2024年7月收治的120例脑梗死患者。根据患者入院时NIHSS^[9]评分,按神经功能缺损程度依次分为轻度组(≤ 4 分,33例)、中度组(5~15分,48例)、重度组(≥ 16 分,39例)。

纳入标准:参考相关文献^[10]中标准确诊脑梗死;年龄 ≥ 18 岁;患者临床资料完整。排除标准:有出血倾向;合并颅脑外伤;心、肝等器官严重受损;其他原因导致的神经功能缺损;近3个月内接受过抗凝治疗;合并恶性肿瘤;合并CTA或CTP检查禁忌症。

1.2 方法

1.2.1 CTP检查 采用飞利浦公司256排Brilliance iCT,患者取平卧位,先平扫头部,再以基底节为中心进行平扫,若有梗死病灶则将其最大层面设置为中心层面,静脉注射50 mL碘对比剂[扬子江药业集团有限公司,国药准字H20000551,规格75mL:22.5g(I)](速

【第一作者】高永阳,男,技师,主要研究方向:影像技术。E-mail: 595244882@qq.com

【通讯作者】黄 斌,男,副主任技师,主要研究方向:CT放射技术。E-mail: 173934110@qq.com

率5 mL/s)。设置参数：80kV、120mA，层厚5 mm，1圈/s，获得的数据上传至美国CE公司AW4.7工作站处理CT灌注成像，计算脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、平均通过时间(mean transit time, MTT)、达峰时间(time to peak, TTP)。

1.2.2 CTA检查 CTP结束10 min后，静脉注射碘对比剂80 mL及0.9%氯化钠注射液50 mL。设置参数：120 kV、120 mA，层厚5 mm，1圈/s，由主动脉弓至颅顶进行扫描。当靶血管碘对比剂浓度达到高峰150 Hu时开始扫描，数据上传至工作站，获取图像。以Alberta卒中项目早期CT评分(Alberta stroke program early CT score, ASPECTS)对病变血管位置和狭窄程度进行判断，总分10分^[11]。

1.3 统计学方法 采用SPSS 22.0统计软件进行数据分析，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，组间比较采用t检验，多组间比较采用方差分析，两两比较采用LSD-t检验；计数资料以[n(%)]表示，采用 χ^2 检

验；相关性采取Pearson系数分析；通过受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析CTA、CTP相关指标单独及联合评估脑梗死早期神经功能重度缺损的价值； $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 三组临床资料及CTA、CTP相关指标比较 三组在性别、年龄、体质指数、吸烟、饮酒、基础疾病、脑梗死病史方面组间比较无差异($P>0.05$)。轻度组NIHSS评分、MTT、TTP、动脉病变程度、ASPECTS评分显著低于中度组、重度组，中度组NIHSS评分、MTT、TTP、动脉病变程度、ASPECTS评分显著低于重度组，轻度组CBF、CBV显著高于中度组、重度组，中度组CBF、CBV显著高于重度组($P<0.05$)。见表1。

表1 三组临床资料及CTA、CTP相关指标比较[n(%)]

项目	轻度组(n=33)	中度组(n=48)	重度组(n=39)	χ^2/F 值	P值
性别(男/女)	18/15	29/19	20/19	0.759	0.684
年龄(岁)	60.92±10.78	62.07±11.43	63.16±11.96	0.343	0.710
体质指数I(kg/m ²)	23.54±3.05	22.28±2.76	23.37±3.24	2.208	0.115
吸烟				0.211	0.900
有	17(51.52)	23(47.92)	18(46.15)		
无	16(48.48)	25(52.08)	21(53.85)		
饮酒				0.532	0.766
有	6(18.18)	12(25.00)	9(23.08)		
无	27(81.82)	36(75.00)	30(76.92)		
基础疾病				0.536	0.997
糖尿病	9(27.27)	13(27.08)	12(30.77)		
高血压	14(42.42)	22(45.83)	15(38.46)		
冠心病	7(21.21)	10(20.83)	9(23.08)		
其他	2(6.06)	4(8.33)	3(7.69)		
脑梗死病史				0.204	0.903
有	7(21.21)	11(22.92)	10(25.64)		
无	26(78.79)	37(77.08)	29(74.36)		
NIHSS评分(分)	2.86±0.61	11.82±1.76*	18.43±2.35**	691.351	0.000
CBF[mL/(100g·min)]	30.16±8.29	21.49±5.82*	15.26±3.17**	55.777	0.000
CBV(mL/100 g)	2.41±0.49	1.88±0.45*	1.09±0.31**	90.141	0.000
MTT(s)	4.21±1.27	5.16±1.49*	6.28±1.74**	16.716	0.000
TTP(s)	9.78±1.95	11.46±2.17*	13.95±2.38**	33.583	0.000
动脉病变程度				20.503	0.000
狭窄	33(100.00)	41(85.42)	23(58.97)		
闭塞	0(0.00)	7(14.58)	16(41.03)		
ASPECTS评分(分)	3.01±0.63	4.34±0.71*	5.89±0.76**	150.191	0.000

注：与轻度组比较，* $P<0.05$ ；与中度组比较，** $P<0.05$ 。

2.2 CTA、CTP相关指标与脑梗死患者NIHSS评分的相关性 脑梗死患者NIHSS评分与CBF、CBV呈负相关，与MTT、TTP、ASPECTS评分呈正相关($P<0.05$)。见表2。

2.3 CTA、CTP相关指标单独及联合评估脑梗死早期神经功能重度缺损的ROC分析 ROC曲线分析结果显示，CBF、CBV、MTT、TTP、ASPECTS评分评估脑梗死早期神经功能重度缺损的

曲线下面积分别为0.834、0.890、0.735、0.772、0.851，敏感度分别为0.795、0.897、0.714、0.769、0.821，且 $P<0.05$ 。各项联合评估的曲线下面积为0.941，敏感度为0.897，见表3。CTA、CTP相关指标单独及联合评估脑梗死早期神经功能重度缺损的ROC曲线见图2。

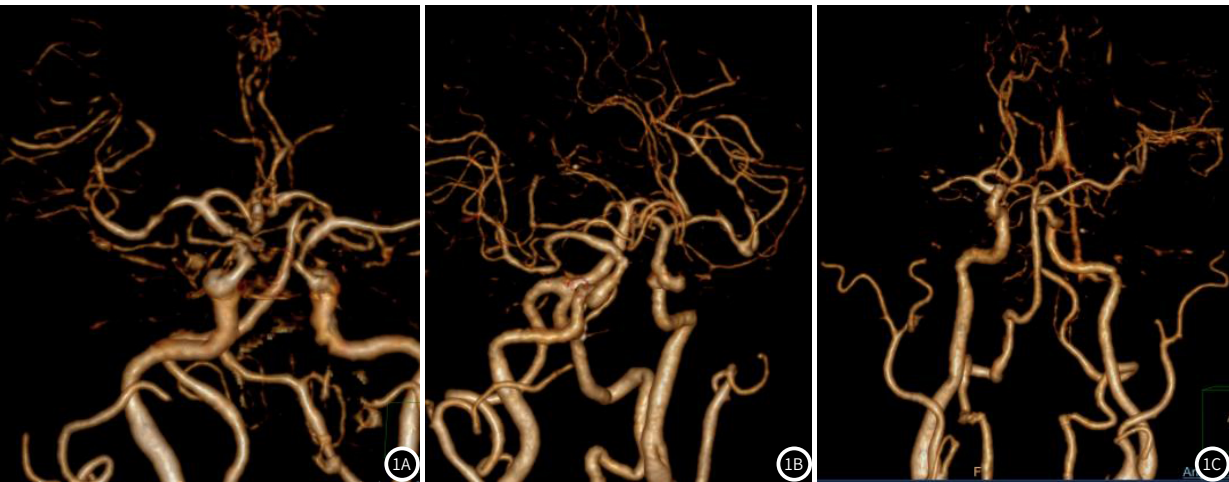


图1A-图1C 不同神经功能缺损程度患者CTA图像(图1A: 轻度神经功能缺损患者, 可见动脉轻度狭窄; 图1B: 中度神经功能缺损患者, 可见动脉中、重度狭窄; 图1C: 重度神经功能缺损患者, 可见动脉闭塞)。

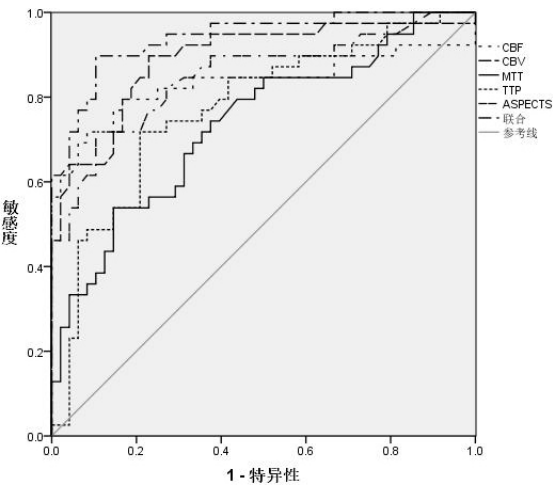


图2 CTA、CTP相关指标单独及联合评估脑梗死早期神经功能重度缺损的ROC曲线。

表2 CTA、CTP相关指标与脑梗死患者NIHSS评分的相关性分析

指标	NIHSS评分	
	r值	P值
CBF	-0.507	0.000
CBV	-0.484	0.000
MTT	0.472	0.000
TTP	0.496	0.000
ASPECTS评分	0.513	0.000

表3 CTA、CTP相关指标单独及联合评估脑梗死早期神经功能重度缺损的ROC分析

指标	曲线下面积	标准误	P	95%可信区间	最佳截断值	敏感度	特异性
CBF	0.834	0.051	0.000	0.733~0.934	18.120 mL/(100g·min)	0.795	0.833
CBV	0.890	0.037	0.000	0.818~0.962	1.250 mL/100 g	0.897	0.771
MTT	0.735	0.054	0.000	0.629~0.841	5.590 s	0.714	0.646
TTP	0.772	0.052	0.000	0.671~0.874	12.455 s	0.769	0.625
ASPECTS评分	0.851	0.043	0.000	0.766~0.935	4.800分	0.821	0.729
联合	0.941	0.025	0.000	0.893~0.989	-	0.897	0.896

3 讨 论

脑梗死的基本病因是动脉粥样硬化导致的动脉狭窄甚至闭塞, 脑组织缺血发生坏死, 其危险因素包括吸烟、高血压、糖尿病等^[12]。脑梗死患者的首选治疗方式是在时间窗内进行溶栓, 以恢复脑部血流通畅。此外, 由于脑梗死患者通常存在不同程度神经功能缺损, 视情况给予神经保护措施。神经功能缺损程度不仅可评估患者病情, 还与其预后有关^[13]。因此, 早期有效、准确评估脑梗死患者神经功能有重要临床意义。

本研究结果显示, 轻度组NIHSS评分、MTT、TTP、动脉病

变程度、ASPECTS评分显著低于中度组、重度组, 中度组NIHSS评分、MTT、TTP、动脉病变程度、ASPECTS评分显著低于重度组, 轻度组CBF、CBV显著高于中度组、重度组, 中度组CBF、CBV显著高于重度组, 且相关性分析显示, CBF、CBV与脑梗死患者NIHSS评分呈负相关, MTT、TTP、ASPECTS评分与脑梗死患者NIHSS评分呈正相关。CTP成像能有效、并量化反映局部组织血流灌注量的改变, 在评估病灶血流情况中有重要价值^[14-15]。在脑梗死中, 局部脑组织缺血时血供减少, CTP表现为灌注量小于正常值,

不同灌注参数具有不同意义。CBF指每100g脑组织每分钟的血流毫升数,反映了单位时间内流经一定量脑组织血管结构的血流量,是评估脑血流状态的重要指标;CBV指每100g脑组织内含血量,用于确定梗死核心的大小,是评估脑组织血容量变化的重要参数^[16-17]。脑组织缺血时,血供减少,血流供应减少,导致CBF、CBV减小。吴磊等人^[18]研究报道,发生早期神经功能恶化的脑梗死患者缺血区CBF、CBV面积显著大于未发生神经功能恶化的患者,这提示CBF、CBV与神经功能有关。分析原因,CBF、CBV越小,组织灌注量越小,提示缺血越严重,脑组织发生缺血性损伤,神经功能受损越严重。MTT主要反映对比剂通过毛细血管的时间,TTP指对比剂开始出现到对比剂浓度达到峰值的时间,MTT、TTP延长提示血流灌注减少,延长越多,患者血流灌注越少,缺血越严重,神经功能缺损情况越重^[19]。时建文等人^[20]的研究结果显示,急性脑梗死患者MTT、TTP与NIHSS评分呈正相关,与本次研究结果存在一致之处。但是CTP也有一定局限性,例如受到对比剂注射速度、运动伪影等多种因素影像。CTA通过显影剂在X光下显示出的影像来诊断血管病变,能够清晰显示颅内血管病变位置及病变程度,为后续诊疗提供重要帮助^[21]。CTA提示血管狭窄的患者较血管闭塞的患者血流通过更多,脑组织缺血情况较血管闭塞的患者更轻,因此神经功能更好。

最后,本次研究行ROC分析,结果显示,CBF、CBV、MTT、TTP、ASPECTS评分评估脑梗死早期神经功能重度缺损的曲线下面积分别为0.834、0.890、0.735、0.772、0.851,各项联合评估的曲线下面积为0.941,敏感度为0.897,提示以上指标联合在脑梗死患者早期神经功能缺损程度评估中有一定价值,且 $CBF \leq 18.120 \text{ ml}/(100\text{g} \cdot \text{min})$ 、 $CBV \leq 1.250 \text{ mL}/100 \text{ g}$ 、 $MTT \geq 5.590 \text{ s}$ 、 $TTP \geq 12.455 \text{ s}$ 、ASPECTS评分 ≥ 4.800 分提示脑梗死神经功能重度缺损高风险,需给予密切关注。

综上所述,CTA及CTP成像技术联合在脑梗死患者早期神经功能损伤程度评估中具有一定价值,CBF、CBV越低,MTT、TTP、ASPECTS评分越高,提示神经功能缺损越严重。

参考文献

- [1]《中国脑卒中防治报告2021》编写组,王陇德.《中国脑卒中防治报告2021》概要[J].中国脑血管病杂志,2023,20(11):783-792.
- [2]Jin MZ,Peng QX,Wang YD.Post-thrombolysis early neurological deterioration occurs with or without hemorrhagic transformation in acute cerebral infarction:risk factors,prediction model and prognosis[J].Heliyon,2023,9(5):e15620.
- [3]Qian J,Pei Q,Jing RT,et al.Effects of butylphthalide on the levels of serum C-reactive protein,Parkinson disease protein 7 and neurotrophin-3 and neurological function in patients with acute cerebral infarction[J].Pak J Pharm Sci,2022,35(1):349-354.

- [4]Marco-Contelles J. α -Phenyl-N-tert-butyl nitron and Analogous α -Aryl-N-alkyl nitrones as neuroprotective antioxidant agents for stroke[J]. Antioxidants (Basel),2024,13(4):440.
- [5]Du JG,Wang Y,Che BZ,et al.The relationship between neurological function trajectory,assessed by repeated NIHSS measurement,and long-term cardiovascular events,recurrent stroke,and mortality after ischemic stroke[J].Int J Stroke,2023,18(8):1005-1014.
- [6]Busto G,Morotti A,Carlesi E,et al.Pivotal role of multiphase computed tomography angiography for collateral assessment in patients with acute ischemic stroke[J].Radiol Med,2023,128(8):944-959.
- [7]Lin X,Wang WJ,Tao TT,et al.Synthetic role of miR-411-5p and CT perfusion information in predicting clinical outcomes after thrombolysis in acute cerebral infarction[J].Acta Neurol Belg,2023,123(2):457-464.
- [8]张要宇,王博.磁共振灌注成像与CT灌注成像在老年缺血性脑血管病患者中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(9):14-16.
- [9]Kwah LK,Diong J.National Institutes of Health stroke scale (NIHSS)[J].J Physiother,2014,60(1):61-61.
- [10]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.
- [11]van Horn N,Kniep H,Broocks G,et al.ASPECTS interobserver agreement of 100 investigators from the TENSION study[J].Clin Neuroradiol,2021,31(4):1093-1100.
- [12]朱东磊,秦一凡,张广波,等.不同年龄急性脑梗死患者危险因素及出院结局研究[J].北京医学,2022,44(1):10-14.
- [13]朱浩,冯红选,董晓峰,等.血小板/淋巴细胞比值联合NIHSS评分预测急性脑梗死患者静脉溶栓预后的临床价值[J].中国实验诊断学,2023,27(10):1175-1177.
- [14]王绘锋,王俊杰,闫静.CTA联合CTP对急性脑梗死患者康复的预测临床价值[J].医学影像学杂志,2023,33(3):516-519.
- [15]张为,李小虎,吴宗山,等.多时相CT血管成像"一站"扫描对急性缺血性脑卒中的价值研究[J].安徽医药,2020,24(9):1835-1838.
- [16]杜勇,郭蓉娟,王革生,等.单侧症状性颈动脉狭窄CEA术后早期脑血流动力学变化:CT灌注研究[J].临床神经外科杂志,2022,19(6):620-624.
- [17]刘德国,袁雪霞,陈月芹,等.CT灌注成像评价脑-硬脑膜-动脉血管融通术治疗烟雾病的疗效分析[J].中华神经医学杂志,2020,19(5):493-498.
- [18]吴磊,胡东,高续,等.CT灌注成像联合CT血管造影对急性前循环脑梗死患者发生早期神经功能恶化的预测价值[J].实用心脑血管病杂志,2022,30(12):106-109.
- [19]陈鹏军,林桂涵,卢陈英,等.低剂量双源CT颅脑灌注成像在超急性期脑梗死中的诊断价值[J].中华放射学杂志,2020,54(2):112-118.
- [20]时建文,杨忠泽,刘森.CT灌注成像参数对急性脑梗死侧支循环的评估价值及与术后近期预后的相关性[J].中国CT和MRI杂志,2024,22(2):42-44.
- [21]李振强,马明辉,郭子琪.头颅CT血管造影联合磁共振血管造影对短暂性脑缺血发作后卒中的预测价值[J].实用临床医药杂志,2020,24(6):30-33.

(收稿日期:2024-12-05)

(校对编辑:翁佳鸿、韩敏求)