

论 著

全脑灌注CTP联合头颈CTA诊断早期AIS的价值观察*

段 淼^{1,*} 陈大有¹ 郭泽春²
黄春兰³ 张 凯¹ 肖丹丹¹
陈佳林¹ 张 力¹

- 1.北京中医医院顺义医院放射科
(北京 101300)
2.北京中医医院顺义医院脑病科
(北京 101300)
3.汕头大学医学院附属粤北人民医院体检
中心 (广东 汕头 512026)

【摘要】目的 探究全脑CT灌注成像(CTP)联合头颈CT血管成像(CTA)对早期急性缺血性脑卒中(AIS)的诊断价值。方法 选取我院63例疑似AIS患者为研究对象,所有患者入院后均行全脑灌注CTP检查、头颈CTA检查及数字减影血管造影术(DSA)检查。以DSA检查为“金标准”,分析CTP、CTA单独及联合诊断早期AIS的价值、梗死区和健侧脑组织的CTP参数大小[脑血流量图(CBF)、脑血容量图(CBV)、平均通过时间(MTT)及达峰时间(TTP)]、CTA对头颈动脉狭窄程度的检出情况,采用Spearman相关性分析CTP参数与头颈动脉狭窄程度的相关性。结果 CTP诊断AIS阳性47例,阴性16例,诊断敏感度为91.84%,特异度85.71%,阳性预测值95.74%,阴性预测值75.00%,准确率为90.48%,Kappa值为0.738;CTA诊断AIS阳性46例,阴性17例,诊断敏感度为87.76%,特异度78.57%,阳性预测值93.48%,阴性预测值64.71%,准确率为85.71%,Kappa值为0.616;CTP联合CTA诊断AIS阳性48例,阴性15例,诊断敏感度为95.92%,特异度92.86%,阳性预测值97.92%,阴性预测值86.67%,准确率为95.24%,Kappa值为0.866,联合诊断价值更高。灌注异常区CBF、CBV值显著低于对侧正常区($P<0.05$),MTT、TTP值显著高于对侧正常区($P<0.05$);63例患者DSA共检出狭窄血管107处,其中轻度狭窄22处,中度狭窄46处,重度狭窄30处,闭塞9处,CTA检测轻度狭窄21处,中度狭窄47处,重度狭窄31处,闭塞8处,准确率分别为95.23%、89.36%、87.10%、100%,总准确率为90.65%;CTA检查动脉狭窄程度与CBF、CBV呈显著负相关($P<0.05$),与MTT、TTP呈显著正相关($P<0.05$)。结论 全脑灌注CTP可有效评估脑组织血流动力学变化和缺血严重程度,头颈CTA则可准确检测脑动脉血管狭窄部位和程度,两者联合诊断早期AIS价值较高,为临床疾病诊断和治疗方案选择提供参考。

【关键词】CT灌注成像;CT血管成像;
急性缺血性脑卒中;动脉狭窄;诊断价值
【中图分类号】R543.5
【文献标识码】A
【基金项目】韶关市卫生健康科研项目(Y21301)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.1.002

Value of Whole Brain CTP Combined with Head and Neck CTA in the Diagnosis of Early AIS*

DUAN Miao^{1,*}, CHEN Da-you¹, GUO Ze-chun², HUANG Chun-lan³, ZHANG Kai¹, XIAO Dan-dan¹, CHEN Jia-lin¹, ZHANG Li¹.
1.Department of Radiology, Shunyi Hospital, Beijing Hospital of Traditional Chinese Medicine, Beijing 101300, China
2.Department of Cerebrology, Shunyi Hospital, Beijing Hospital of Traditional Chinese Medicine, Beijing 101300, China
3.Physical Examination Center of North Guangdong People's Hospital Affiliated to Shantou University School of Medicine, Shantou 512026, Guangdong Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the diagnostic value of whole brain CT perfusion imaging (CTP) combined with head and neck CT angiography (CTA) on early acute ischemic stroke (AIS). **Methods** 63 patients with suspected AIS in the hospital were selected as the study subjects. All patients underwent whole brain CTP examination, head and neck CTA examination and digital subtraction angiography (DSA) examination after admission. Using DSA examination as the gold standard, the value of DTP and CTA alone and in combination in diagnosing early AIS, CTP parameters [cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV), mean transit time (MTT), time to peak (TTP)] of infarct area and healthy brain tissue and the detection of head and carotid artery stenosis degree by CTA were analyzed. Spearman correlation analysis was used to analyze the correlation between CTP parameters and head and neck artery stenosis degree. **Results** CTP diagnosed 47 cases of positive AIS and 16 negative cases, and the diagnostic sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, accuracy rate and Kappa value were 91.84%, 85.71%, 95.74%, 75.00%, 90.48% and 0.738. CTA diagnosis of AIS was positive in 46 cases and negative in 17 cases, and the sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, accuracy rate and Kappa value of CTA were 87.76%, 78.57%, 93.48%, 64.71%, 85.71% and 0.616. CTP combined with CTA in the diagnosis of AIS showed that there were 48 positive cases and 15 negative cases, with diagnostic sensitivity of 95.92%, specificity of 92.86%, positive predictive value of 97.92%, negative predictive value of 86.67%, accuracy rate of 95.24% and Kappa value of 0.866. The combined diagnosis had higher value. The CBF and CBV in the abnormal perfusion area were significantly lower than those in the contralateral normal area ($P<0.05$) while the MTT and TTP were significantly longer than those in the contralateral normal area ($P<0.05$). A total of 107 sites of stenosis vessels were detected by DSA in 63 patients, including 22 sites of mild stenosis, 46 sites of moderate stenosis, 30 sites of severe stenosis and 9 sites of occlusion. CTA revealed 21 sites of mild stenosis, 47 sites of moderate stenosis, 31 sites of severe stenosis and 8 sites of occlusion, and the accuracy rates were 95.23%, 89.36%, 87.10% and 100%, and the total accuracy rate was 90.65%. The degree of artery stenosis detected by CTA was significantly negatively correlated with CBF and CBV ($P<0.05$), and was significantly positively correlated with MTT and TTP ($P<0.05$). **Conclusion** Whole brain CTP can effectively evaluate the brain tissue hemodynamic changes and ischemia severity while head and neck CTA can accurately detect the location and degree of cerebral artery stenosis. The combination of the two is of high value in the diagnosis of early AIS and can provide a reference for clinical disease diagnosis and treatment regimen selection.
Keywords: CT Perfusion Imaging; CT Angiography; Acute Ischemic Stroke; Artery Stenosis; Diagnostic Value

急性缺血性脑卒中(acute ischemic stroke, AIS)是由脑血管梗阻、狭窄引起的局部脑组织血液循环障碍,患者脑组织缺血、坏死而造成相应部位神经功能缺损,占脑血管疾病的70%以上,是中老年致瘫、致死的重要疾病之一,该病致病机制复杂,起病较急,发病前期不易诊断,而随着动脉硬化、管腔闭塞,最终可导致不可逆转的损伤,因而,及时明确病情并展开有效治疗是挽救患者生命、改善预后的关键^[1-2]。CT灌注成像(computed tomography perfusion, CTP)具有成像快、操作简单等优势,其通过对静脉注射对比剂对病变血管进行多层次连续扫描,进而获得时间-密度曲线,而后依据数学模型计算灌注参数,从而定量反映脑组织局部血流灌注改变情况。为临床AIS患者病情诊断、临床治疗提供有效参考^[3]。CT血管成像(computed tomography angiography, CTA)可以通过造影剂、薄层断面重建及多种后处理重组技术呈现病变血管,客观评估脑梗死区供血脑动脉的狭窄和闭塞情^[4]。基于此本研究拟探究全脑灌注CTP联合头颈CTA对早期AIS的价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取我院63例疑似AIS患者为研究对象。
纳入标准: AIS符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018》^[5]中诊断标准,并根据临床征象判定;发病时间<12h;年龄>40岁;无对比剂不耐受现象;临床资料完

【第一作者】段 淼,男,主治医师,主要研究方向:头颈部CTA缺血性脑卒中、头颈部CTA后处理AI。E-mail: duanmiao0@163.com
【通讯作者】段 淼

整。排除标准：存在CT检查禁忌症；合并脑出血或存在动脉瘤、血管病变等其他脑部病变者；入组前进行过溶栓治疗者；伴有严重心肝肾等重要脏器病变者；精神异常者。其中男41例，女22例，年龄43~78岁，平均(60.43±8.61)岁，合并高血压12例，高血脂15例，发病至就诊时间为2~8h，平均(5.37±1.53)h。本研究经院方伦理委员会审核批准。

1.2 方法 CTP检查：患者取仰卧位，采用西门子SOMATOM Drive双源CT扫描仪，选择头部序列进行检查，先平扫整个头部，扫描参数：管电压120kV，管电流100mA，扫描层厚为0.9mm，层距0.45mm，螺距0.763，扫描视野25cm×25cm，平扫未见明显异常则以基底节平面作为CTP扫描中心平面，若发现早期梗死病灶则以梗死最大层面为CTP扫描中心平面，根据灌注异常范围，在最大病变层面选取感兴趣区域和健侧相应区域，取50mL碘伏醇对比剂注入患者体内，对感兴趣的层面进行同步动态横扫，获得获取时间-密度曲线(TDC)，并将扫描数据导入工作站。观察病变脑区血流灌注情况，采用专门CT灌注软件计算获得梗死区、半暗带区灌注参数[脑血流量图(CBF)、脑血容量图(CBV)、平均通过时间(MTT)及达峰时间(TTP)]。

CTA检查：CTP检查8min左右后于左侧肘静脉以4mL/s的速度追加50mL碘海醇(350mg/mL)，延迟8s后启动自动追踪触发扫描，参数设置：管电压120kV，管电流150mA，间隔0.5mm，层厚0.625mm，矩阵512mm×512mm，视野180mm，将所得数据导入工作站进行最大密度投影(MIP)、多平面重建(MPR)和容积再现(VR)进行三维重建，观察患者颈内动脉、颅内动脉血管狭窄状况，将狭窄血管标为阳性。

DSA检查：患者取仰卧位，局部浸润麻醉，使用高压注射器以4-5mg/s的速度向颈动脉注射碘普罗胺，Seldinger法进行颈动脉插管，采用飞利浦数字UNIQ FD20血管造影机先对主动脉弓及弓上大血管进行造影，而后采用5F弯造影管对锁骨下动脉、颈外动脉、颈内动脉进行造影，扫描结束后中和肝素，穿刺部位止血，包扎。

头颈动脉狭窄程度判定^[6]：根据影响检查结果进行分级，轻度狭窄，血管狭窄率<30%，中度狭窄，血管狭窄率为30%~69%；重度狭窄：血管狭窄率为70%~99%，闭塞，狭窄率为100%，狭窄率(%)=(1-血管狭窄出管径/健侧管径)×100%。

1.3 观察指标 (1)诊断价值：以DSA诊断为“金标准”，分别评估全脑灌注CTP和头颈CTA单独及联合诊断早期AIS的价值。(2)

CTP参数比较：比较灌注异常区和对侧正常区全脑灌注CTP参数。(3)动脉狭窄程度：以DSA检查为“金标准”，评估CTA对头颈部动脉狭窄程度的检出情况。(4)常用Spearman相关系数分析头颈CTA检查动脉狭窄程度与全脑灌注CTP成像参数相关性。

1.4 统计学方法 选择SPSS 25.0统计学软件，计量数据均经由正态分布检验，以($\bar{x} \pm s$)记录，行独立样本t检验，组间比较行配对t检验；计数数据以例(百分比)n(%)记录，行 χ^2 检验，检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 全脑灌注CTP联合头颈CTA诊断早期AIS的价值分析 63例患者经DSA检查AIS阳性49例，阴性14例，CTP诊断阳性47例，阴性16例，漏诊4例，误诊2例，诊断敏感度为91.84%(45/49)，特异度85.71%(12/14)，阳性预测值95.74%(45/47)，阴性预测值75.00%(12/16)，准确率为90.48%(47/63)，Kappa值为0.738；CTA诊断阳性46例，阴性17例，漏诊6例，误诊3例，诊断敏感度为87.76%(43/49)，特异度78.57%(11/14)，阳性预测值93.48%(43/46)，阴性预测值64.71%(11/17)，准确率为85.71%(54/63)，Kappa值为0.616；CTP联合CTA诊断阳性48例，阴性15例，漏诊2例，误诊1例，诊断敏感度为95.92%(47/49)，特异度92.86%(13/14)，阳性预测值97.92%(47/48)，阴性预测值86.67%(13/15)，准确率为95.24%(60/63)，Kappa值为0.866，联合诊断价值更高，见表1。

2.2 灌注异常区和对侧正常区全脑灌注CTP参数比较 灌注异常区CBF、CBV值显著低于对侧正常区($P<0.05$)，MTT、TTP值显著高于对侧正常区($P<0.05$)，见表2。

2.3 CTA检查头颈部动脉狭窄程度分析 63例患者DSA共检出狭窄血管107处，其中轻度狭窄22处，中度狭窄46处，重度狭窄30处，闭塞9处，CTA检测轻度狭窄21处，中度狭窄47处，重度狭窄31处，闭塞8处，准确率分别为95.23%、89.36%、87.10%、100%，总准确率为90.65%(97/107)，其中轻度狭窄2例过度诊断，中度狭窄1处诊断不足，3处重度狭窄，重度狭窄3处诊断不足，闭塞1处诊断不足，见表3。

2.4 头颈CTA检查动脉狭窄程度与全脑灌注CTP成像参数相关性 Spearman相关系数分析显示，头颈CTA检查动脉狭窄程度与CBF、CBV呈显著负相关($P<0.05$)，与MTT、TTP呈显著正相关($P<0.05$)，见表4。

表1 C全脑灌注CTP联合头颈CTA诊断早期AIS的价值分析[n(%)]

诊断方法		DSA检查		合计(n=63)
		阳性(n=49)	阴性(n=14)	
CTP	阳性	45	2	47
	阴性	4	12	16
CTA	阳性	43	3	46
	阴性	6	11	17
CTP联合CTA	阳性	47	1	48
	阴性	2	13	15

表2 灌注异常区和对侧正常区全脑灌注CTP参数比较

组别	例数	CBF[mL/(100·min)]	CBV[mL/100g]	MTT(s)	TTP(s)
灌注异常区	63	28.25±5.43	3.28±0.38	6.63±0.87	22.53±4.58
对侧正常区	63	43.56±8.21	4.33±0.52	4.53±0.68	17.53±3.26
t值		12.345	12.940	15.095	7.059
P值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表3 CTA检查头颈部动脉狭窄程度分析[n(%)]

CTA	DSA				合计
	轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄	闭塞	
轻度狭窄	20	1	0	0	21
中度狭窄	2	42	3	0	47
重度狭窄	0	3	27	1	31
闭塞	0	0	0	8	8
合计	22	46	30	9	107

表4 头颈CTA检查动脉狭窄程度与全脑灌注CTP成像参数相关性

动脉狭窄程度	CBF	CBV	MTT	TTP
r	-0.581	-0.545	0.486	0.529
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

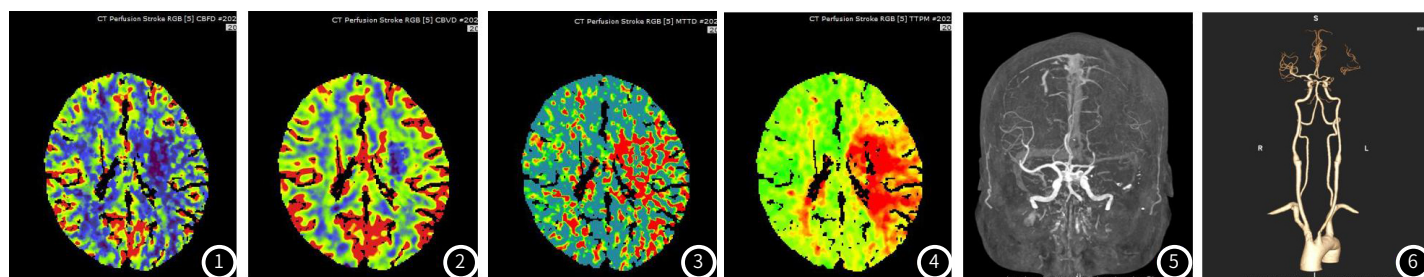


图1-图6 全脑灌注CTP与头颈CTA诊断早期AIS典型病例图像; 男性, 53岁, 突发右侧肢体无力4小时入院。图1-图4 分别为CTP全脑灌注成像参数CBF、CBV、MTT、TTP图, CTP提示左侧大脑中动脉供血区CBF较对侧明显减低, CBV局部减低, MTT及TTP较对侧明显延长; 图5-图6 头颈CTA扫描图, MPR提示左侧大脑中动脉M1段闭塞(图5), MIP及VR提示左侧大脑中动脉M1段闭塞, 远端分支纤细、稀疏(图6)。

3 讨论

AIS是多种因素引起的脑组织循环障碍, 进而引起脑组织缺血、坏死, 受累区域根据病变程度可分为梗死区和半暗带区, 其中梗死区脑组织已经坏死, 临床治疗以软化病灶为结局, 预后较差, 而半暗带区脑组织虽存在损伤但并未坏死, 若治疗及时可部分或完全恢复患者脑功能, 因而, 把握治疗时机十分重要。多项研究表明, AIS发病后在4.5h内进行溶栓治疗效果较好, 加大对早期AIS病灶的检出是当前临床治疗的重点^[7-8]。

针对早期发病的AIS病灶, 脑组织变化主要为微循环和电解质的改变, 常规CT平扫无法明确病灶, 因而极易漏诊而错失最佳治疗时机。DSA作为临床检验“金标准”, 对脑血管病成像较为清晰全面, 但该方法临床存在临床禁忌症, 且有创检查患者难以接受, 因而不适用于早期病灶筛查^[9]。当前卒中临床检查主要通过MRI参数判断缺血半暗带区和梗死区, 但该方法检测时间较长, 而AIS病情变化迅速, 因而用于早期病灶筛查的可行性较差^[10]。全脑灌注CTP可通过选定特定颅脑层面并进行连续动态扫描, 借助对比剂还可对靶层面进行多层次连续扫描, 通过后续数据处理可得出时间-密度曲线, 并获取脑组织的CBF、CBV、MTT、TTP等血流动力学参数, 进而客观评估患侧脑组织的血流灌注状态^[11]。相关研究发现, AIS早期脑血管出现阻塞和供血障碍时, 侧支循环开始进行代偿性供血, 因而对比剂通过颈动脉到达病变组织的时间延长, 因而此时MTT、TTP值升高, 而由于主血管供血障碍, 侧支循环代偿机制虽能够缓解供血障碍, 但随着主血管堵塞加重, 病变脑区血流灌注水平降低, 因而CBF、CBV值下降。全脑灌注CTP可通过血流动力学参数客观反映大脑供血情况, 且根据参数大小定量评估脑部损伤程度, 进而更为精确地指导AIS临床治疗^[12]。田超等^[13]人研究显示, CTP参数图可反映后循环脑缺血期及脑梗死超急性期的病理生理学改变。随着临床影像技术的不断发展和完善, 多模式成像检查逐渐应用于临床疾病诊断中, AIS临床表现不仅存在血流灌注异常, 随着疾病进展还可出现动脉血管狭窄、堵塞, 准确评估血管狭窄程度对AIS疾病诊断及溶栓治疗具有重要参考价值。头颈CTA为非介入性血管成像手段, 通过对颈动脉血管注入对比剂了解脑血管动脉病变情况, 当头颈动脉对比剂充盈度达到顶峰时进行图像容积数据采集, 并采用MIP、MPR等图像后处理技术对采集到的图像进行全方位、多角度成像, 从而客观显示动脉管腔和不稳定斑块, 采用VR技术评估血管狭窄程度和钙化情况, 进而预测卒中发病风险^[14]。余燕武等^[15]研究显示, CTA诊断卒中患者动脉狭窄及侧支循环障碍的曲线下面积(AUC)为0.862, 提示CTA对血管狭窄的显示效果较好。

本研究结果显示, 全脑灌注CTP和头颈CTA诊断早期AIS的敏感度分别为91.84%、87.76%、95.92%, 特异度分别为85.71%、78.57%、92.86%, Kappa值为0.738、0.616、0.866, 二者联合诊断对AIS的预测价值更高。对比患侧和健侧CTP参数发现, 灌注异常区CBF、CBV值显著低于对侧正常区, MTT、TTP值显著高于对侧正常区, 与上述分析相一致, 本研究63例患者中CTA检测血管轻度狭窄、中度狭窄、重度狭窄、闭塞的准确率分别为95.23%、89.36%、87.10%、100%, 总准确率

为90.65%, 进一步证实了CTA对血管病变形态成像的诊断价值。Spearman相关系数分析显示, CTA检查动脉狭窄程度与CTP参数CBF、CBV、MTT、TTP均具有明显相关性, 提示早期AIS血流动力学改变与血管病变存在病变关联。全脑灌注CTP阳性检出率略高于头颈CTA主要是因为全脑灌注CTP为脑功能成像, 其主要反映脑组织的微循环和血流动力学变化, 而头颈CTA微血管形态学成像, 反映的是脑血管的狭窄情况和病变状态, 早期AIS病变脑循环改变出现在血管形态学改变之前, 因而CTP对早期病变的检出更有优势, 借助CTP参数可定量分析脑血管血流动力学变化, 同时结合CTA的3D立体成像技术更能客观评估AIS发病风险或病变程度, 从而更能准确指导地临床治疗^[16]。

综上所述, 脑灌注CTP可有效评估脑组织血流动力学变化和缺血严重程度, 头颈CTA则可准确检测脑动脉血管狭窄部位和程度, 两者联合诊断早期AIS价值较高, 为临床疾病诊断和治疗方案选择提供参考。

参考文献

- [1] 阮成伟, 梁琰, 李展展, 等. 多模式CT扫描成像技术对老年急性缺血性脑卒中患者侧支循环及预后的评估价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(1): 29-31.
- [2] 朱石柱, 黄立雪, 程浩, 等. CT血管成像和MRI对急性缺血性脑卒中侧支循环的诊断价值分析[J]. 实用医院临床杂志, 2021, 18(3): 60-64.
- [3] 方晓云, 姚柳, 汪艳芳, 等. 多时相CT血管造影评价急性缺血性脑卒中病人侧支循环的效果研究[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2021, 19(14): 2431-2434.
- [4] 叶洁翊, 刘志锋, 阮耀钦, 等. 基于多时相CTA预测急性缺血性脑卒中患者静脉溶栓后的可行性研究[J]. 中风与神经疾病杂志, 2022, 39(7): 605-608.
- [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, 彭斌, 刘鸣, 崔丽英. 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] 魏庆民, 张华龙, 张友良, 等. CTA钙化积分与冠状动脉造影诊断冠状动脉狭窄程度的对比研究[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2022, 14(5): 578-580.
- [7] 张茹, 朱政锦, 朱丽, 等. 基于ADC图的影像组学模型在判断急性缺血性脑卒中缺血半暗带的价值[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(4): 383-389.
- [8] 张昕. CTP联合CTA对缺血性脑卒中的诊断价值[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2022, 20(18): 3416-3419.
- [9] 邢晓明, 孟会红, 张超, 等. DSA诊断及介入治疗缺血性脑卒中患者颈部血管狭窄[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(4): 699-701.
- [10] 潘莉君, 王娟, 赵一旭, 等. DCE-MRI结合ASL定量评估缺血性脑卒中血脑屏障损伤并预测出血转化[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2021, 27(3): 199-203.
- [11] 吴彬彬, 余永强. CTP全脑灌注成像参数与Hcy的相关性及对缺血性脑卒中的诊断[J]. 影像科学与光化学, 2022, 40(5): 1269-1273.
- [12] 袁巍, 徐秋贞, 王孝磊, 等. CT灌注成像联合CT血管成像对急性缺血性脑卒中的诊断价值[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(4): 554-557.
- [13] 田超, 杨天昊, 付乐君, 等. 后循环脑缺血及脑梗死超急性期的CT灌注成像研究[J]. 中华神经科杂志, 2019, 52(12): 1039-1046.
- [14] 吕志坤, 魏萌萌, 李国珍, 等. 头颈部CTA联合动态动脉硬化指数在急性分水岭脑梗死中的诊断及预后价值分析[J]. 中国动脉硬化杂志, 2022, 30(11): 966-973, 1012.
- [15] 余燕武, 江敏, 陆国云. 头颈CTA对急性缺血性脑卒中侧支循环及动脉狭窄的诊断价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2020, 31(12): 862-866.
- [16] 张铭, 周慧, 梁凯铁. 动态灌注技术CTP联合头颈部血管造影CTA在基层医院急性缺血性脑卒中评估中的价值[J]. 医学影像学杂志, 2021, 31(4): 541-545.

(收稿日期: 2023-06-20)

(校对编辑: 谢诗婷)