

论 著

全脑CT灌注联合头颈部CTA成像对小体积急性脑梗死灶诊断准确性及临床预后分析*

高 燕 吴雯菁 姜亦伦*
无锡市锡山人民医院影像科
(江苏 无锡 214000)

【摘要】目的 探讨全脑CT灌注联合头颈部CTA成像对小体积急性脑梗死灶诊断准确性及临床预后分析。方法 收集并分析2018年1月~2024年3月在我院接受全脑CT灌注联合头颈部CTA成像检查的患者120例，患者均完成全脑CT灌注及MRI检查，以DWI检查结果作为“金标准”，观察并分析CTA、CTP及CTA联合CTP诊断小体积脑梗死的诊断效能，评价指标主要有诊断的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及诊断符合率；根据随访结果对患者进行分组对比，分析CT全脑灌注扫描定量参数差异。结果 DWI检查证实小体积脑梗死患者103例，检查结果阴性患者17例；CTA检测阳性患者71例，阴性患者49例；CTP检查阳性患者80例，阴性患者40例；CTA联合CTP联合诊断阳性患者87例，阴性患者33例；以DWI检查结果为金标准，CTA诊断敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及诊断符合率分别为41.75%、29.41%、78.18%、7.69%及40.00%，CTP诊断敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及诊断符合率分别为71.84%、64.71%、92.50%、27.50%及70.83%，CTA联合CTP诊断敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及诊断符合率分别为79.61%、70.59%、94.25%、36.36%及78.33%；CTA联合CTP检查的各项指标显著高于CTA、CTP单独结果，差异有统计学意义($P<0.05$)；103例小体积急性脑梗死患者中，出院三个月后随访行mRS评分，有14例评为0分，36例评为1分，17例评为2分，22例评为3分，9例评为4分，3例评为5分，根据评分结果，67例归入预后良好组，36例归入预后不良组；预后不良组患者年龄明显高于预后良好组($P<0.05$)，梗死部分分布差异并无统计学意义($P>0.05$)；预后良好组患者脑梗死体积平均 $5.63\pm2.05\text{mL}$ ，明显高于预后不良组患者脑梗死体积平均 $6.71\pm1.74\text{mL}$ ，差异有统计学意义($P<0.05$)；CTP定量参数显示，小体积急性脑梗死患者预后不良组的CBF和CBV值低于预后良好组，MTT和TTP值高于预后良好组，两组之间差异均有统计学意义($P<0.05$)。结论 全脑CT灌注联合头颈部CTA成像对小体积急性脑梗死灶诊断具有一定的诊断价值。

【关键词】全脑CT灌注；CT血管造影；磁共振成像；急性脑梗死
【中图分类号】R445.2
【文献标识码】A
【基金项目】江苏省卫生健康委科研项目(Z2019047)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.006

Diagnostic Accuracy and Clinical Prognosis Analysis of Whole Brain CT Perfusion Combined with Head and Neck CTA Imaging in Small Volume Acute Infarction*

GAO Yan, WU Wen-jing, JIANG Yi-lun*
Department of Imaging, Wuxi Xishan People's Hospital, Wuxi 214000, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the diagnostic accuracy and clinical prognosis of whole brain CT perfusion combined with head and neck CTA imaging in small volume acute infarction. **Methods** A total of 120 patients who underwent whole brain CT perfusion combined with head and neck CTA imaging in our hospital from January 2018 to March 2024 were collected and analyzed. All patients completed whole brain CT perfusion and MRI. Taking DWI examination results as the gold standard, the diagnostic efficacy of CTA, CTP and CTA combined with CTP in diagnosing small-volume cerebral infarction was observed and analyzed. The main evaluation indexes were diagnostic sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and diagnostic coincidence rate. According to the follow-up results, the patients were grouped and compared to analyze the difference of quantitative parameters of CT whole brain perfusion scan. **Results** DWI examination confirmed 103 patients with small volume cerebral infarction, 17 patients with negative results. 71 cases were positive and 49 cases were negative by CTA. 80 cases were positive and 40 cases were negative by CTP. CTA combined with CTP diagnosed 87 positive patients and 33 negative patients. Taking DWI as the gold standard, the diagnostic sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and diagnostic coincidence rate of CTA were 41.75%, 29.41%, 78.18%, 7.69% and 40.00%, respectively. Diagnostic sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and diagnostic coincidence rate of CTP were 71.84%, 64.71%, 92.50%, 27.50% and 70.83%, respectively. The diagnostic sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and diagnostic coincidence rate of CTA combined with CTP were 79.61%, 70.59%, 94.25%, 36.36% and 78.33%, respectively. The indexes of CTA combined with CTP were significantly higher than those of CTA and CTP alone, the difference was statistically significant ($P<0.05$). Among the 103 patients with small-volume acute cerebral infarction, mRS Scores were performed three months after discharge. 14 cases were rated as 0, 36 as 1, 17 as 2, 22 as 3, 9 as 4, and 3 as 5. According to the scores, 67 cases were classified as the good prognosis group and 36 as the poor prognosis group. The age of patients in the poor prognosis group was significantly higher than that in the good prognosis group ($P<0.05$), and there was no statistical difference in the distribution of infarct parts ($P>0.05$). The average volume of cerebral infarction in the good prognosis group was $5.63\pm2.05\text{mL}$, which was significantly higher than that in the poor prognosis group ($6.71\pm1.74\text{mL}$), and the difference was statistically significant ($P<0.05$). Quantitative parameters of CTP showed that the CBF and CBV values of the poor prognosis group were lower than those of the good prognosis group, and the MTT and TTP values were higher than those of the good prognosis group, with statistical significance between the two groups ($P<0.05$). **Conclusion** Whole brain CT perfusion combined with head and neck CTA imaging has certain diagnostic value in the diagnosis of small volume acute infarction.

Keywords: Whole Brain CT Perfusion; CT Angiography; Magnetic Resonance Imaging; Acute Cerebral Infarction

缺血性卒中是中老年人常见的疾病之一，具有高发病率及高残疾率的特点^[1]。临床研究表明^[2]，卒中发作后4.5小时内静脉溶栓治疗或6小时内机械血栓切除术可以大大减少并发症，改善治疗后遗症。早期发现并诊断缺血性卒中，及时有效的干预治疗，对改善患者生活质量具有重要意义^[3]。颅脑CT灌注(CT perfusion, CTP)成像能够反映脑组织血流动力学信息，局部灌注参数改变对急性脑梗死(acute cerebral infarction, ACI)诊断有重要价值，对脑组织缺血半暗带及核心梗死区的精确评估提供依据，对患者的治疗措施选择具有指导意义，可一定程度及预判预后情况^[4-5]。全脑CTP联合头颈部CTA成像技术对于小体积急性脑梗死灶的诊断起着至关重要的作用，可以快速、全面地获取患者的头颈部血管信息和脑组织的灌注情况，为诊断提供了全面的影像学依据，可以提高卒中患者梗死、缺血和血管闭塞的诊断准确性^[6]。本研究以小体积急性脑梗死患者作为研究对象，评估全脑CT灌注联合头颈部CTA成像对小体积急性脑梗死灶的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集并分析2018年1月至2024年3月在我院接受全脑CT灌注联合头颈部CTA成像检查的患者120例，其中男性53例，女性67例，年龄48~79岁，平均年龄(63.71 ± 9.48)岁；患者均在全脑CT灌注扫描3天内完成MRI检查，并根据扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)图像计算脑梗死体积；本研究均取得患者及家属同

【第一作者】高 燕，女，主治医师，主要研究方向：神经系统影像学。E-mail: 562913011@qq.com
【通讯作者】姜亦伦，男，主任医师，主要研究方向：神经系统影像学。E-mail: docjiangyl@163.com

意，并签署知情同意书。

纳入标准：临床考虑脑梗患者；无其他恶性病史；既往无大面积缺血或出血性卒中病史，临床资料完整。排除标准：影像检查质量不符合诊断要求；脑出血患者；经检查DWI显示ACI灶体积>8 mL的患者。

1.2 CT检查方法 采用双源CT force进行检查，CTP扫描方案：患者采用平卧位，将听眶线作为基线扫描，扫描参数：管电压120kVp，管电流220mA，层厚4mm，视野24cm×24cm，螺距1.375，层间距为0；对比剂采用40mL碘比醇(浓度为350mgI/mL)，以6.0mL/s的速率用高压注射器经右侧肘正中静脉注射对比剂，注射10s后开始扫描；CTP扫描结束5min后行常规头颈CTA检查。

1.3 图像处理 (1)定义脑梗死体积≤8mL为小体积急性梗死灶，以DWI检查为“金标准”，脑梗死体积测量方法为各层面梗死灶面积之和与层厚的乘积值。(2)将所获得的CTP及CTA图像传输至数坤脑灌注、头颈CTA辅助诊断软件进行处理，得到脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、平均通过时间(mean transit time, MTT)及达峰时间(time to peak, TTP)定量参数图及最大密度投影(MIP)、多平面重建(MRP)、曲面重建(CPR)及容积重建(VR)等头颈CTA后处理图像。③测量与临床症状相符的感兴趣区域及对侧镜像区域的CBV、CBF、MTT及TTP定量参数值，并计算相对脑血容量(relative cercbral blood volume, rCBV)及相对脑血流量(relative cercbral blood flowrCBV, rCBF)值，其中任一参数值的变化比率超过30%即定义为阳性，所有参与变化率均低于30%即为阴性；头颈CTA评估颅内血管狭窄程度及远端分支显示情况，其中重度狭窄或闭塞(>75%)、单支或多支血管远端血管显示明显较对侧稀疏记为CTA检查阳性，否则为阴性。由2名高年资主治医师对所有患者影像学诊断进行评估，诊断不一致时，由1名副主任医师参与讨论后得出一致意见。

1.4 随访 所有患者治疗3个月后，通过电话随访或门诊复诊等形式完成预后评估，采用使用改良 Rankin 量表(modified rankin scale, mRS)，评分范围0~6分，其中0分：完全无症状；1分：轻微症状、不影响正常工作、生活；2分：轻度残疾，不能独立完成所有工作、活动；3分：中度残疾，可自主行走；4分：重度残疾，无自主行走能力；5分：严重残疾，大小便失禁，需持续护理；6分：死亡。根据mRS评分将患者分为预后良好组(0~2分)和预后不良组(3~6分)。

1.5 观察指标 记录120例患者影像学检查结果，以DWI检查为“金标准”，分析CTA、CTP及CTA联合CTP诊断小体积脑梗死的诊断效能，评价指标主要有诊断的敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及诊断符合率；根据随访结果对患者进行分组对比，分析CT全脑灌注扫描定量参数差异。

1.6 统计学分析 所有数据均采用SPSS V26.0软件进行统计学分析，计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示，采用独立样本T检验；计数资料用百分比表示，采用 χ^2 检验； $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 颅脑DWI、CTA及CTP检查结果分析 经DWI检查证实的小体积急性梗死灶患者103例，检查结果阴性患者17例；CTA检测阳性患者71例，阴性患者49例；CTP检查阳性患者80例，阴性患者40例；CTA联合CTP联合诊断阳性患者87例，阴性患者33例；详见表1及图1。

2.2 影像学检查诊断效能对比分析 以DWI诊断为“金标准”，CTA诊断敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及诊断符合率分别为41.75%、29.41%、78.18%、7.69%及40.00%，CTP诊断敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及诊断符合率分别为71.84%、64.71%、92.50%、27.50%及70.83%，CTA联合CTP诊断敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及诊断符合率分别为79.61%、70.59%、94.25%、36.36%及78.33%；CTA联合CTP检查的各项指标显著高于CTA、CTP单独结果，差异有统计学意义($P<0.05$)；详见表2。

2.3 随访预后分组对比分析 纳入研究的103例小体积急性脑梗死患者中，出院三个月后随访行mRS评分，有14例评为0分，36例评为1分，17例评为2分，22例评为3分，9例评为4分，3例评为5分，根据评分结果，67例归入预后良好组，36例归入预后不良组。预后不良组患者年龄明显高于预后良好组($P<0.05$)，梗死部分分布差异并无统计学意义($P>0.05$)；预后良好组患者脑梗死体积平均 5.63 ± 2.05 mL，明显高于预后不良组患者脑梗死体积平均 6.71 ± 1.74 mL，差异有统计学意义($P<0.05$)，详见表3。

2.4 CTP定量参数预后分组对比分析 CTP定量参数显示，小体积急性脑梗死患者中预后不良组的CBF和CBV值明显低于预后良好组，MTT和TTP值明显高于预后良好组，两组之间差异均有统计学意义($P<0.05$)，见表4。

表1 影像学检查结果(n)

检查方法		DWI	
		阳性	阴性
CTA	阳性	59	12
	阴性	44	5
CTP	阳性	74	6
	阴性	29	11
CTA联合CTP	阳性	82	5
	阴性	21	12

表2 影像学检查诊断效能对比分析

检查方法	敏感度	特异度	阳性预测值	阴性预测值	诊断符合率
CTA	41.75%	29.41%	78.18%	7.69%	40.00%
CTP	71.84%	64.71%	92.50%	27.50%	70.83%
CTA联合CTP	79.61%	70.59%	94.25%	36.36%	78.33%
χ^2	32.206	6.811	8.34	12.427	37.847
P	<0.001	0.033	0.004	<0.001	<0.001

表3 随访预后分组对比分析[n(%)]

组别	例数	年龄		梗死部位			梗死面积(mL)
		≥60岁	<60岁	大脑	基底节区	小脑及脑干	
预后良好组	67	36(53.73)	31(46.27)	33(49.25)	21(31.34)	13(19.40)	5.63 ± 2.05
预后不良组	36	27(75.00)	9(25.00)	20(55.56)	9(25.00)	7(19.44)	6.71 ± 1.74
χ^2/t	/	4.035		0.504			3.641
P值	/	0.046		0.777			0.005

表4 CTP定量参数预后分组对比分析

组别	例数	CBV(mL/100g)	CBF(mL/100g/min)	MTT(s)	TTP(s)	rCBV	rCBF
预后良好组	67	2.77 ± 0.64	20.16 ± 5.39	11.35 ± 2.64	30.26 ± 5.42	0.73 ± 0.21	0.69 ± 0.24
预后不良组	36	2.26 ± 0.81	17.42 ± 4.16	12.97 ± 2.79	33.93 ± 4.51	0.61 ± 0.15	0.58 ± 0.17
t值	/	3.969	2.819	3.209	3.712	3.202	2.571
P值	/	<0.001	0.005	0.002	<0.001	0.002	0.011

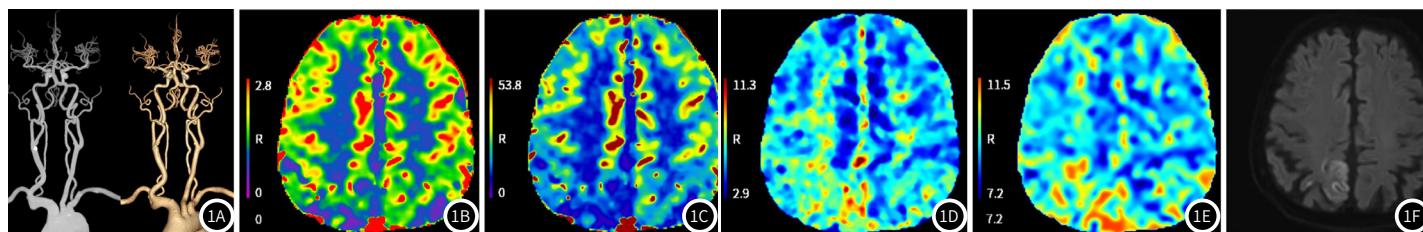


图1A-1F 亚急性脑梗死影像。77岁，男性，左侧肢体无力入院，所示头颈血管未见异常；右侧顶叶皮层CBV及CBF值明显减低，MTT及TTP值延长，均与DWI呈高信号区域一致。1A：头颈血管最大密度投影(MIP)及容积重建(VR)图；1B：脑血容量(CBV)图；1C：脑血流量(CBF)图；1D：平均通过时间(MTT)图；1E：达峰时间(TTP)图；1F：扩散加权成像(DWI)。

3 讨论

随着影像技术的发展，多模态影像检查技术广泛应用于急性脑卒中患者诊断中^[7]，颅脑CTP可以精确的反映出脑梗死灶及周围组织的血流动力学变化，可以有效提高对早期脑梗死的诊断准确性，具有检查方便、诊断快速的优势，是对急性脑梗死诊断较为理想的检查方法之一^[8]。刘松国等^[9]研究发现颅脑CTP联合头颈CTA成像对早期急性缺血性脑卒中患者的检出敏感度达到了94%、特异度83%、阳性预测值97%、阴性预测值71%，颅脑CTP联合头颈CTA检查对可以对早期急性缺血性脑卒中患者的评估有较高的价值；本研究CTA联合CTP诊断敏感度、特异度、阴性预测值均较其低，仅阳性预测值与其接近，这可能是本研究入组患者梗死灶体积较小，病变检出率较大面积脑梗死患者减低。吴磊等^[10]通过对80例急性前循环脑梗死患者的研究显示，发生早期神经功能恶化的患者缺血区CBF、CBV、TTP面积大于正常对照组，侧支循环不良发生率高同样显著增高；CTP、CTA联合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较高；钟景云等^[11]通过对60例急性缺血性卒中患者进行CTP-CTA联合扫描分析发现，神经功能缺损评估为重度的患者CBV、CBF、值低于轻中度缺损患者，MTT、TTP值则较轻中度缺损患者增高，CTP-CTA参数对急性缺血性卒中患者脑损伤具有较好的判断价值。赵松等^[12]通过对小体积急性脑梗患者CTP定量参数图与DWI检查结果对比发现，CTP定量参数图(CBF、CBV及MTT、TTP)与DWI评估的急性梗死灶体积均呈线性相关($R=0.87$ 、 0.84 、 0.74 及 0.76)，CTP参数图与DWI评估的梗死灶体积具有良好的相关性，有助于诊断小体积梗死灶。

张园园等^[13]通过对短暂性脑缺血发作患者研究发现，CTP联合CTA检查预测其进展为急性脑梗死具有重要价值。孙运秀等^[14]研究发现，ASPECTS侧支循环评分联合rCBV、rMTT预测急性缺血性脑卒中患者预后不良的受试者工作特征(ROC)曲线下面积为0.820，CTA联合CTP在预测预后方面有一定价值。赵松等^[15]通过全脑CTP各参数比较发现，CTP对位于皮质/皮质下和丘脑、基底节区的小体积急性梗死灶诊断准确度曲线下面积(AUC)分别为0.886和0.675；全脑CTP对小体积急性梗死灶诊断具有一定的价值；CTP对较大直径病灶及位于脑浅表皮质、皮质下病灶诊断准确度较高，其中，CBV的特异度高达92.86%。MTT及TTP是诊断脑组织缺血损伤较为敏感的灌注参数，早期阶段局部CBV及CBF尚未表现异常改变，由于代偿作用下侧支循环形成、血流速度减缓，会引起TTP及MTT参数值延迟，其灌注彩图可以有效提高CTP对小体积急性梗死灶的诊断价值^[16-18]。

在本研究中，为了验证全脑CT灌注联合头颈部CTA成像在小体积急性梗死灶诊断准确性及临床预后分析中的可靠性，我们纳入了120例符合入选标准的患者，发现全脑CT灌注联合头颈部CTA成像在小体积急性梗死灶的诊断准确性方面表现出较高的可靠性。以MRI检查结果为“金标准”，CTA联合CTP检查的各项指标显著高于CTA、CTP单独结果；另外，发病年龄及梗死体积与急性脑梗死治疗预后息息相关。这两种成像技术的结合可以为梗死灶的定位提供更为准确的信息，为临床治疗和预后评估提供更为科学的依据^[19-20]。

综上所述，头颈部CTA成像则可以全面评估颅内血管的状况，CTP则提供了梗死灶的形态特征和周围微观循环信息；全脑CT灌注联合头颈部CTA成像技术对小体积急性梗死灶的诊断具有重要价值。

参考文献

- [1] Ma YC, Chen AQ, Guo F, et al. The value of whole-brain CT perfusion imaging combined with dynamic CT angiography in the evaluation of pial collateral circulation with middle cerebral artery occlusion[J]. Technol Health Care, 2022, 30(4): 967-979.
- [2] 梁仁涛, 陈宏山, 金璐, 等. 动态容积CT血管造影CT灌注成像一体化技术对急性缺血性脑卒中患者的临床价值研究[J]. 中国医学装备, 2021, 18(11): 64-67.
- [3] 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.
- [4] Sousa JA, Sondermann A, Bernardo-Castro S, et al. CTA and CTP for detecting distal medium vessel occlusions: a systematic review and meta-analysis[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2023, 42(12): 1716-1721.
- [5] 刘芮, 王汉, 陈艳, 等. CTA和CTP评估急性缺血性脑卒中侧支循环状态及与预后的关系[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2024, 27(4): 442-447.
- [6] 熊亮, 李胜, 曹阳, 等. 多模态CT的ASPECTS评分预测颅内动脉粥样硬化狭窄相关急性大血管闭塞患者预后的价值[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42(7): 1062-1065.
- [7] 曾国利, 朱木林, 陈晓飞, 等. 急性缺血性脑卒中患者溶栓治疗后半暗带CT灌注成像参数的预测价值[J]. 分子影像学杂志, 2023, 46(1): 103-107.
- [8] 李晓慧, 陈旭峰, 王璇, 等. 核心梗死体积对大血管闭塞性急性缺血性脑卒中早期临床预后的预测价值[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2022, 42(12): 1716-1721.
- [9] 刘松国, 张涛, 孟祥福, 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.
- [10] 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.
- [11] 钟景云, 梁满球, 李伟, 等. 脑CT灌注成像-CT血管造影参数对急性缺血性脑卒中脑损伤的判断价值[J]. 广东医科大学学报, 2022, 40(3): 281-284.
- [12] 赵松, 张智琴, 刘岩, 等. 全脑CT灌注成像诊断小体积急性脑梗死及其评估病灶体积与弥散加权成像的相关性[J]. 中国医学影像技术, 2022, 38(8): 1157-1161.
- [13] 张园园, 任思颢, 李盼盼, 等. 探讨CT灌注成像(CTP)联合CT血管造影(CTA)对短暂性脑缺血发作(TIA)患者进展为急性脑梗死(ACI)的预测价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(7): 27-29.
- [14] 孙运秀, 顾艳, 李娅, 等. 动态CT血管造影联合CT灌注成像评估预测急性缺血性脑卒中预后研究[J]. 中国医学装备, 2023, 20(7): 66-71.
- [15] 赵松, 何业举, 高国栋, 等. 全脑CT灌注成像对小体积急性梗死灶诊断准确性及影响因素分析[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2023, 29(2): 125-130.
- [16] 杨莎莎, 林惠卿, 方欣欣, 等. 急性缺血性脑卒中预后的影响因素及基于CTP评估侧支循环状态的关系[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2022, 25(10): 1196-1202.
- [17] 甘叶, 蔡望洲, 刘郁芳. 多时相CT血管造影及颅脑灌注在急性大脑中动脉脑卒中的价值研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(9): 35-40.
- [18] 刘志文, 蒋云, 王蕊, 等. 多参数半定量Alberta卒中项目早期CT评分联合评价在急性缺血性卒中的应用[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(21): 1697-1702.
- [19] Peng G, Lu W, Chen K, et al. Study on collateral circulation level and prognosis of acute ischemic stroke by 4D CTA-CTP integrated technology and serum S100B[J]. Microvasc Res, 2022, 140: 104270.
- [20] 方玉荣, 崔冰, 周顺厚. 多时相CTA联合CTP对急性缺血性脑卒中患者脑血流灌注状态与预后评估的价值[J]. 北华大学学报(自然科学版), 2022, 23(1): 84-88.

(收稿日期: 2024-04-22)

(校对编辑: 翁佳鸿)