论著

## CTAI分析系统与 Philips CT后处理工作 站在预测急性脑梗死预 后中的一致性分析\*

黄 河\* 李大胜 李 欢 徐海旺

## 北京市海淀医院(北京大学第三医院海淀 院区)放射科 (北京 100080)

【摘要】目的 探讨CT脑灌注成像(CTP)智能(AI)分析 系统与Philips CT后处理工作站在预测急性脑梗死 (ACI)预后中的一致性。方法选取我院2021年6月至 2023年6月ACI患者100例,根据90 d预后情况分为 预后良好组(77例)与预后不良组(23例)。入院时均行 CTP检查,比较AI分析系统与Philips CT后处理工作 站测量的患侧最大层面与对应健侧血流参数[脑血流 量(CBF)、脑血容量(CBV)、平均通过时间(MTT)、相 对脑血流量(rCBF)、相对脑血容量(rCBV)、相对平 均通过时间(rMTT)、缺血区最大层面CBF、CBV面 积]预测ACI患者预后的一致性。结果 AI分析系统、 Philips CT后处理工作站测量的预后不良组患侧最 大层面CBF、CBV、rCBF、rCBV低于预后良好组, 患侧最大层面MTT、rMTT、缺血区最大层面CBF、 CBV面积高于预后良好组(P<0.05); AI分析系统、 Philips CT后处理工作站测量的两组患侧最大层面与 对应健侧CBF、CBV、MTT、rCBF、rCBV、rMTT、 缺血区最大层面CBF、CBV面积差异无统计学意义 (P>0.05); 患侧最大层面CBF、CBV、MTT、rCBF、 rCBV、rMTT、缺血区最大层面CBF、CBV面积均 是ACI预后的影响因素(P<0.05); AI分析系统测量 的患侧最大层面CBF、CBV、MTT、rCBF、rCBV、 rMTT、缺血区最大层面CBF、CBV面积预测ACI预后 AUC分别为0.742、0.776、0.842、0.809、0.782、 0.755、0.742、0.787; Philips CT后处理工作站 测量的患侧最大层面CBF、CBV、MTT、rCBF、 rCBV、rMTT、缺血区最大层面CBF、CBV面积预 测ACI预后的AUC分别为0.742、0.722、0.816、 0.803、0.772、0.761、0.750、0.781;两种方式测 量出的CTP参数预测ACI预后的AUC差异均无统计学 意义(P>0.05),一致性Kappa值均>0.7。结论 CTP AI分析系统与Philips CT后处理工作站测量的血流参 数在预测ACI预后中一致性良好,可将AI分析系统作 为优选的图像后处理方式。

 【关键词】急性脑梗死;CT脑灌注; 智能分析系统; Philips CT后处理工作站;预后; 预测价值;一致性
【中图分类号】R651.1
【文献标识码】A
【基金项目】北京市科技计划课题 (Z211100003521004)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.11.003

# Consistency Analysis of CTAI Analysis System and Philips CT Post-processing Workstation in Predicting Prognosis of Acute Cerebral Infarction\*

### HUANG He<sup>\*</sup>, LI Da-sheng, LI Huan, XU Hai-wang.

Department of Radiology, Beijing Haidian Hospital(Haidian Section of Peking University Third Hospital), Beijing 100080, China

#### ABSTRACT

Objective To investigate the consistency of intelligent (AI) analysis system of CT cerebral perfusion imaging (CTP) and Philips CT post-processing workstation in predicting the prognosis of acute cerebral infarction (ACI). Methods A total of 100 ACI patients from our hospital from June 2021 to June 2023 were selected and divided into a good prognosis group (77 cases) and a poor prognosis group (23 cases) based on the 90 day prognosis. At admission, CTP examination was performed to compare the consistency of predicting the prognosis of ACI patients by comparing the maximum cross-sectional blood flow parameters (CBF, CBV, MTT, rCBF, rCBV, rCVT, rCVT, and CBV area) measured by AI analysis system and Philips CT post-processing workstation on the affected side and corresponding healthy side. Results The maximum layer CBF, CBV, rCBF and rCBV of the affected side in the poor prognosis group were lower than those in the good prognosis group, and the maximum layer MTT, rMTT and the maximum layer CBF and CBV of the ischemic area were higher than those in the good prognosis group (P<0.05). There was no significant difference in CBF, CBV, MTT, rCBF, rCBV, rMTT, and the area of CBF and CBV at the maximum layer of ischemic zone between the two groups measured by AI analysis system and Philips CT post-processing workstation (P>0.05). The maximum layer CBF, CBV, MTT, rCBF, rCBV, rMTT, and the maximum layer CBF and CBV area of ischemic area were all influencing factors for the prognosis of ACI (P<0.05). The AUC of the maximum layer CBF, CBV, MTT, rCBF, rCBV, rMTT, and the area of the maximum layer CBF and CBV measured by AI analysis system to predict the prognosis of ACI were 0.742, 0.776, 0.842, 0.809, 0.782, 0.755, 0.742, and 0.787, respectively. Philips The AUC of CBF, CBV, MTT, rCBF, rCBV, rMTT, and the area of CBF and CBV at the maximum layer of the affected side to predict the prognosis of ACI measured by CT post-processing workstation were 0.742, 0.722, 0.816, 0.803, 0.772, 0.761, 0.750 and 0.781, respectively 1; The CTP parameters measured by the two methods had no statistical significance in predicting ACI prognosis AUC (P>0.05), and the consistency Kappa value was greater than 0.7. Conclusion The blood flow parameters measured by CTP AI analysis system and Philips CT post-processing workstation were in good agreement in predicting the prognosis of ACI, and AI analysis system could be used as the preferred post-processing method.

Keywords: Acute Cerebral Infarction; CT Cerebral Perfusion; Intelligent Analysis System; Philips CT Postprocessing Workstation; Prognosis; Predictive Value; Consistency

相关资料统计显示,急性脑梗死(ACI)在所有脑血管疾病中占70%左右,具有起病急骤、病情严重且进展迅速及预后较差等特点,是中老年人群致残致死的主要病因之一<sup>[1-2]</sup>。临床实践发现,及早识别ACI患者中预后不良的高危人群,对早期采取科学的治疗措施改善预后至关重要<sup>[3-4]</sup>。CT脑灌注成像(CTP)具有操作简单、扫描时间短的优点,可清晰显示脑组织多支血管,获取局部脑组织血流灌注的定量参数,能为临床准确评估脑血管损害情况及脑血流下降程度提供有效的影像学信息<sup>[5-6]</sup>。传统的CTP图像分析是由影像科医师利用CTP扫描仪配套的后处理工作站进行人工阅片,可能会导致相关参数存在一定误差<sup>[7]</sup>。近年来,随着智能医疗系统的不断发展,AI分析系统逐渐应用于影像科图像分析中,且受到临床广泛关注。但目前国内尚未有报道分析CTP AI分析系统在ACI患者中的应用情况。鉴于此,本研究尝试分析CTP AI分析系统与Philips CT后处理工作站在预测ACI预后中的一致性,旨在为临床选择更合理可靠的CTP图像分析方式提供参考依据。报告如下。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 选取我院2021年6月至2023年6月ACI患者100例。

纳入标准:均经颅脑CT检查证实存在梗死病灶;均符合ACI诊断标准<sup>[8]</sup>;均为首次发 病;患者及家属均知晓本研究方案,签订知情同意书。排除标准:既往有ACI病史的患 者;合并其他颅脑疾病的患者;存在CTP检查禁忌的患者;对造影剂过敏的患者;存在 认知障碍、精神异常的患者;参与本研究前接受ACI相关治疗的患者;合并其他严重躯 体疾病的患者;感染新型冠状肺炎及受疫情影响无法配合研究及随访的患者。其中男54 例,女46例,年龄43~78岁,平均(62.80±4.80)岁;体质量指数(BMI)17~26kg/m<sup>2</sup>,平均 (20.97±1.51)kg/m<sup>2</sup>;发病时间1~6 h,平均(3.69±0.53)h;梗死面积22~95 mm<sup>2</sup>,平均 (50.64±8.79)mm<sup>2</sup>;NIHSS评分4~22分,平均(11.05±2.74)分。研究经医院伦理委员会 审批通过。

**1.2 方法**治疗方法:所有患者确诊后均口服阿司匹林肠溶片200 mg/次,1次/d,静脉 河,男,主治医师,主要研究方向:CT和MRI诊断。E-mail: gohs267@163.com

【第一作者】黄

滴注血栓通500mg/次,1次/d,伴有脑水肿和高颅内压的患者 静脉滴注甘露醇500mg/次,1次/d。除了基础治疗之外,根据 患者病情和实际情况选择静脉溶栓治疗或数字减影全脑血管造影 (DSA)取栓治疗。

CTP检查方法:选择Philips Brilliance ict 128排扫描仪进 行CTP检查,扫描前叮嘱患者扫描过程中不能晃动头部,指导其 仰卧位平躺于扫描床,设置扫描参数:管电流200 mA,管电压 110 kV, 层厚5mm, 间距5mm, 首先进行平扫, 平扫完成后经 肘静脉使用高压注射器注入350mg/mL碘佛醇注射液30 mL进 行增强扫描,扫描完成后进行图像处理。(1)Philips CT后处理工 作站:由2名影像科医师使用Philips CT星云后处理工作站Brain Perfusion软件进行CTP图像后处理,测量并记录患侧最大层面 与对应健侧血流参数[脑血流量(CBF)、脑血容量(CBV)、平均通 过时间(MTT)、相对脑血流量(rCBF)、相对脑血容量(rCBV)、相 对平均通过时间(rMTT)、缺血区最大层面CBF、CBV面积,取2 名医师测量的平均值作为最终结果。(2)AI分析系统:直接将获取 的CTP图像上传至联影CTP AI分析系统的AI影像辅助处理软件uAI Research Portal进行自动图像分析,获取患侧最大层面与对应 健侧CBF、CBV、MTT、rCBF、rCBV、rMTT、缺血区最大层面 CBF、CBV面积等血流参数。

预后判定方法: 90 d后通过门诊复查评估预后情况,将改良 Rankin量表(mRS)评分>2分判定为预后不良,≤2分判定为预后 良好。根据90d预后情况分为预后良好组(77例)与预后不良组(23 例)。两组临床资料见表1。 **1.3 统计学分析**统计分析在SPSS 27.0版本中进行。计量资料行 Kolmogorov-Smirnov正态性检验和Levene法方差齐性检验,正 态分布且方差齐性时以( $\overline{x} \pm s$ )表示,组内比较采用配对样本t检 验,组间比较采用独立样本t检验;计数资料以n(%)表示, $x^2$ 检 验;采用MedCalc18.2软件绘制受试者工作特征曲线(ROC)评估 预测价值,不同方案曲线下面积(AUC)比较采用Hanley-McNeil检 验;采用一致性检验验证检测结果,Kappa值>0.75为一致性良 好,在0.4 $\leq$ Kappa值 $\leq$ 0.75为一致性一般,Kappa值<0.4为一 致性较差。P<0.05表明差异有统计学意义。

### 2 结 果

**2.1 两组临床资料** 两组性别、BMI、发病时间差异无统计学意义 (P>0.05); 预后不良组年龄、梗死面积、NIHSS评分大于预后良 好组(P<0.05),见表1。

2.2 两组CTP参数 (1)组间比较,AI分析系统、Philips CT后处理 工作站测量的预后不良组患侧最大层面CBF、CBV、rCBF、rCBV 低于预后良好组,患侧最大层面MTT、rMTT、缺血区最大层面 CBF、CBV面积高于预后良好组(P<0.05);两组对应健侧CBF、 CBV、MTT差异无统计学意义(P>0.05)。

(2)组内比较,两组经AI分析系统、Philips CT后处理工作 站测量的患侧最大层面与对应健侧CBF、CBV、MTT、rCBF、 rCBV、rMTT、缺血区最大层面CBF、CBV面积差异无统计学意义 (P>0.05),见表2-3。典型病例的CTP AI分析系统与Philips CT后 处理工作站测量下的影像图片1-2。

表1 两组临床资料										
组别	例数	性别		$BMI(kg/m^2)$	年龄(岁)	发病时间(h)	梗死面积(mm <sup>2</sup> )	NIHSS评分(分)		
		男	女							
预后不良组	23	12(52.17)	11(47.83)	20.75±1.44	67.23±4.09	3.81±0.47	62.14±7.36	13.27±2.61		
预后良好组	77	42(54.55)	35(45.45)	21.03±1.31	61.48±4.27	3.66±0.50	47.21±8.15	10.39±2.30		
x ²/t		0.040		0.879	5.720	1.279	7.874	5.107		
P		0.841		0.382	<0.001	0.204	<0.001	<0.001		

表2 两组CTPAI分析系统测量参数比较					表3 两组Philips CT后处理工作站测量参数比较				
测量参数 预	后不良组(n=23)	预后良好组(n=77)	t	Р	测量参数    予	页后不良组(n=23)	预后良好组(n=77)	t	Р
患侧最大层面					患侧最大层面				
CBF[mL/(100 g·min)]	16.68±4.25	19.87±5.03	2.759	0.007	CBF[mL/(100 g∙mir	)] 16.70±4.17	19.91±5.12	2.744	0.007
CBV(mL/100 g)	2.02±0.44	2.46±0.52	3.680	<0.001	CBV(mL/100 g)	2.01±0.46	$2.46 \pm 0.51$	3.794	<0.001
MTT(s)	20.13±3.49	$17.28 \pm 3.05$	3.803	<0.001	MTT(s)	20.17±3.52	17.32±3.11	3.740	<0.001
对应健侧					对应健侧				
CBF[mL/(100 g ⋅ min)]	44.27±10.35	44.56±11.74	0.107	0.915	CBF[mL/(100 g · mir	)] 44.31±10.28	44.53±11.57	0.082	0.935
CBV(mL/100 g)	4.36±1.04	4.45±1.13	0.341	0.734	CBV(mL/100 g)	4.37±1.05	4.42±1.10	0.193	0.847
MTT(s)	4.82±1.10	4.80±1.22	0.071	0.944	MTT(s)	4.80±1.08	4.81±1.21	0.036	0.972
患侧与健侧相对值					患侧与健侧相对值				
rCBF	0.38±0.05	0.45±0.08	3.963	< 0.001	rCBF	0.38±0.06	0.45±0.09	3.499	<0.001
rCBV	0.46±0.08	0.55±0.12	3.374	0.001	rCBV	0.46±0.07	$0.56 \pm 0.13$	3.531	0.001
rMTT	4.18±0.62	3.60±0.49	4.676	< 0.001	rMTT	4.20±0.65	$3.60 \pm 0.61$	4.078	<0.001
缺血区最大层面					缺血区最大层面				
CBF面积(cm <sup>2</sup> )	24.29±7.35	17.76±5.21	4.771	<0.001	CBF面积(cm <sup>2</sup> )	24.33±7.28	17.71±5.14	4.895	<0.001
CBV面积(cm <sup>2</sup> )	17.43±5.02	13.04±4.18	4.215	< 0.001	CBV面积(cm <sup>2</sup> )	17.40±5.05	13.02±4.23	4.163	< 0.001
				1) — <i>(</i>				/	

2.3 测量参数对ACI预后的影响 Logistic回归分析显示,校正年龄、梗死面积、NIHSS评分等其他因素后,AI分析系统、Philips CT后处理工作站测量的患侧最大层面CBF、CBV、MTT、rCBF、rCBV、rMTT、缺血区最大层面CBF、CBV面积均是ACI预后的影响因素(P<0.05),见表4。

2.4 测量参数对ACI预后的预测价值 (1)AI分析系统测量的患侧

最大层面CBF、CBV、MTT、rCBF、rCBV、rMTT、缺血区最大 层面CBF、CBV面积预测ACI预后的AUC分别为0.742(95%CI: 0.644~0.824)、0.776(95%CI: 0.682~0.854)、0.842(95%CI: 0.755~0.907)、0.809(95%CI: 0.718~0.881)、0.782(95%CI: 0.688~0.858)、0.755(95%CI: 0.659~0.835)、0.742(95%CI: 0.645~0.825)、0.787(95%CI: 0.694~0.863),敏感度分别为 73.91%、86.96%、86.96%、86.96%、82.61%、69.57%、 73.91%、82.61%,特异度分别为70.13%、55.84%、70.13%、 70.13%、64.94%、76.62%、68.83%、66.23%,见图3。

(2)Philips CT后处理工作站测量的患侧最大层面CBF、CBV、MTT、rCBF、rCBV、rMTT、缺血区最大层面CBF、CBV面积预测ACI预后的AUC分别为0.742(95%CI: 0.644~0.824)、0.722(95%CI: 0.623~0.807)、0.816(95%CI: 0.726~0.886)、0.803(95%CI: 0.711~0.876)、0.772(95%CI: 0.677~0.850)、0.761(95%CI: 0.666~0.841)、0.750(95%CI: 0.653~0.831)、0.781(95%CI: 0.687~0.857),敏感度分别为73.91%、86.96%、86.96%、82.61%、82.61%、73.91%、73.91%、

86.96%,特异度分别为70.13%、58.44%、70.13%、71.43%、66.23%、76.62%、67.53%、66.23%,见图4。

2.5 AUC成对对比及一致性分析 AI分析系统与Philips CT后处 理工作站测量的患侧最大层面CBF、CBV、MTT、rCBF、rCBV、 rMTT、缺血区最大层面CBF、CBV面积预测ACI预后的AUC差 异均无统计学意义(P>0.05),一致性Kappa值分别为1.000、 0.913(95%CI: 0.847~0.984)、0.843(95%CI: 0.746~0.953)、 0.902(95%CI: 0.831~0.979)、0.907(95%CI: 0.828~0.993)、 0.911(95%CI: 0.839~0.990)、0.911(95%CI: 0.832~0.997)、 0.908(95%CI: 0.827~0.996),均>0.7,提示AI分析系统与 Philips CT后处理工作站测量参数预测ACI预后的一致性良好。



图1 男,57岁,右侧肢体无力,急诊就医收入院,联影AI分析系统CTP测量。 图2 典型病例Philips CT后处理工作站CTP测量,左上tMIP,右上CBV,左下CBF,右下MTT。

测量参数		AI分析系统	充	CT后处理工作站				
	OR	95%CI	Р	OR	95%CI	Р		
患侧最大层面								
CBF	0.364	0.217~0.611	<0.001	0.364	0.220~0.603	< 0.001		
CBV	0.418	0.305~0.573	<0.001	0.426	0.312~0.581	< 0.001		
MTT	4.867	1.934~12.248	<0.001	5.061	1.962~13.057	< 0.001		
患侧与健侧相对值								
rCBF	0.492	0.332~0.728	<0.001	0.493	0.340~0.714	< 0.001		
rCBV	0.570	0.416~0.780	<0.001	0.564	0.413~0.771	< 0.001		
rMTT	5.614	2.241~14.062	<0.001	5.516	2.196~13.855	<0.001		
缺血区最大层面								
CBF面积	4.318	1.720~10.839	<0.001	4.478	1.802~11.130	<0.001		
CBV面积	4.701	1.835~12.045	< 0.001	4.857	1.887~12.502	<0.001		

表4 测量参数对ACI预后的影响



**图3** AI分析系统测量参数对ACI预后的预测价值。 图4 Philips CT后处理工作站测量参数对ACI预后的预测价值。

#### 3 讨 论

CTP是一种非侵入性影像学检查方法,主要是以中心容积定 律和放射性示踪剂稀释原理为理论基础,通过注入造影剂对感兴 趣区进行多层面的连续动态扫描,可清晰显示病灶组织内造影剂 的变化情况,从而获得时间-密度曲线,之后利用数学模型计算出 脑灌注血流参数,能定量反映局部脑组织血流灌注情况,为临床 判定脑梗死范围和程度提供最直接的脑血管灌注信息<sup>[9-11]</sup>。CTP可 获取多种脑血流灌注参数,其中CBF是反映病灶区域单位时间的 血流量的参数,CBV是指病灶区域内血管床容积,两者水平下降 提示局部脑组织存在缺血症状,下降幅度越明显,局部脑组织缺 血越严重<sup>[12-13]</sup>。MTT表示血流到达感兴趣区速率和通过时间,有 研究显示,MTT延长说明局部脑组织出现了血供障碍<sup>[14]</sup>。rCBF、 rCBV、rMTT则是患侧与健侧血流灌注情况的对比值,能呈现患 侧血管灌注相对健侧的改变程度<sup>[15]</sup>。缺血区最大层面CBF、CBV 面积反映的是脑灌注异常范围,两者面积越大,提示脑组织血流 灌注异常范围越大<sup>[16]</sup>。既往多项报道指出,CTP血流参数患侧最 大层面CBF、CBV、MTT、rCBF、rCBV、rMTT、CBV、缺血区最 大层面CBF、CBV面积与ACI患者神经功能缺损程度、预后显著相 关,能作为评估病情程度、预测预后的重要影像学参数<sup>[17-19]</sup>。是 由于早期局部脑组织血流灌注储备较差及异常改变范围较大会导 致梗死病灶周边脑组织代偿能力明显降低,从而影响神经功能恢 复,增加预后不良风险<sup>[20]</sup>。

目前,常规获取上述CTP血流灌注参数的方法是经由CTP扫 描得到脑组织血流灌注图像后发送至后处理工作站,由影像科医 师进行人工阅片后测量出参数值,这就要求阅片的影像科医师必 须具备丰富的临床工作经验,并熟练掌握脑血流知识、CTP后处 理工作站软件的使用方法等,但仍无法避免人为原因造成的数据 偏差<sup>[21]</sup>,不能做到完全准确测量,由此CTP AI分析系统应运而 生。CTP AI分析系统可将所获取的CTP图像经由AI影像辅助处理 软件uAI Research Portal进行图像处理,其具备CTP图像的自动 化智能后处理功能<sup>[22]</sup>。Shi F等<sup>[23]</sup>报道指出,AI影像辅助处理软 件uAI Research Portal的分割模型是以VB-Net架构为基础,曾在 67个器官和病灶分割任务上取得平均0.95的Dice指标,提示其能 精准地测量病灶组织内的异常变化情况。本研究结果显示,AI分 析系统、Philips CT后处理工作站测量的两组患侧最大层面与对 应健侧CBF、CBV、MTT、rCBF、rCBV、rMTT、缺血区最大层 面CBF、CBV面积无明显差异,可见CTP AI分析系统能准确测量 局部脑组织血流灌注参数。原因在于: CTP AI分析系统中的AI影 像辅助处理软件uAI Research Portal能通过模板匹配进行头部摆 正、利用机器学习模型进行运动校正、动静脉选点、选择深度学 习模型进行半球及脑区分割,之后自动重建CTP图像,获取局部 脑组织血流灌注参数图,得到CBF、CBV、MTT在多阈值下的分 析结果,从多维度评估异常脑血流灌注情况,还可自动分割核心 梗死区、低灌注区与错配(Mismatch)区域,提供精准的脑血流参 数量化值[24]

进一步分析显示,CTP AI分析系统与Philips CT后处理工作 站测量的血流参数均为ACI预后的影响因素,且两种方式测量出 的患侧最大层面CBF、CBV、MTT、rCBF、rCBV、rMTT、缺血 区最大层面CBF、CBV面积预测ACI预后的AUC差异不大,一致性 Kappa值均>0.7,表明CTP AI分析系统在预测ACI预后方面能取 得与Philips CT后处理工作站相近的价值,还能节约医疗资源, 减轻影像科医师工作负担,减少人为原因造成的数据误差。因 此,可将AI分析系统作为优选的CTP图像后处理方式。不足之处 是本研究所纳入的样本量偏少,后续还需大样本的病例验证CTP AI分析系统的准确性。

综上可知,CTP AI分析系统与Philips CT后处理工作站测量 的血流参数在预测ACI预后中一致性良好,可将AI分析系统作为优 选的图像后处理方式。

#### 参考文献

- [1] 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.
- [2]Li C, Xu BF, Zhang M, et al. Severe thrombocytopenia with acute cerebral infarction: a case report and literature review[J]. Niger J Clin Pract, 2023, 26 (7): 1040-1044.
- [3]Min L, Wenning Z, Wei W, et al. Acute progressive large-area cerebral infarction caused by wasp sting: a case report[J]. Neurocase, 2022, 28 (4): 364-368.
- [4] Zheng DL, Li XM, Fu YP. Risk factors of acute cerebral infarction in patients with primary hypertension [J]. Ir J Med Sci, 2023, 192 (5): 2441-2445.

- [5] Václavík D, Volný O, Cimflová P, et al. The importance of CT perfusion for diagnosis and treatment of ischemic stroke in anterior circulation[J]. J Integr Neurosci, 2022, 21(3):92.
- [6] Nguyen TN, Abdalkader M, Nagel S, et al. Noncontrast computed tomography vs computed tomography perfusion or magnetic resonance imaging selection in late presentation of stroke with large-vessel occlusion [J]. JAMA Neurol, 2022, 79 (1): 22-31.
- [7]Fiehler J. Do we need CT perfusion for stroke patients? Define your terms[J]. J Neurointerv Surg, 2022, 14 (9): 847-848.
- [8] 国家卫生健康委员会急诊医学质控中心,中国医师协会急诊医师分会,世界中医药学会联合会急症专业委员会.中国急性缺血性脑卒中急诊诊治专家共识[J].中国急救医学,2018,38(4):281-287.
- [9] Furlanis G, Manganotti P, Ajčević M, et al. CT perfusion and EEG patterns in contrast-induced encephalopathy stroke mimic[J]. Can J Neurol Sci, 2022, 49 (1): 140-143.
- [10] Bagley LJ, Loevner LA. Should perfusion CT and CTA be performed in all patients with suspected stroke? Counterpoint-no, judicious use is warranted, and such studies should not be done simply to exclude [J]. AJR Am J Roentgenol, 2021, 217 (2): 293-294.
- [11]Olive-Gadea M, Requena M, Diaz F, et al. Systematic CT perfusion acquisition in acute stroke increases vascular occlusion detection and thrombectomy rates [J]. J Neurointerv Surg, 2022, 14 (12): 1270-1273.
- [12] Chung CY, Hu RL, Peterson RB, et al. Automated processing of head CT perfusion imaging for ischemic stroke triage: a practical guide to quality assurance and interpretation [J]. AJR Am J Roentgenol, 2021, 217 (6): 1401-1416.
- [13] Regenhardt RW, Potter CA, Huang SS, et al. Advanced imaging for acute stroke treatment selection: CT, CTA, CT perfusion, and MR imaging [J]. Radiol Clin North Am, 2023, 61 (3): 445-456.
- [14] Ioannidis GS, Christensen S, Nikiforaki K, et al. Cerebral CT perfusion in acute stroke: the effect of lowering the tube load and sampling rate on the reproducibility of parametric maps[J]. Diagnostics (Basel), 2021, 11(6):1121.
- [15] Nael K, Sakai Y, Larson J, et al. CT perfusion collateral index in assessment of collaterals in acute ischemic stroke with delayed presentation: comparison to single phase CTA[J]. J Neuroradiol, 2022, 49 (2): 198-204.
- [16] Divel SE, Christensen S, Segars WP, et al. A dynamic simulation framework for CT perfusion in stroke assessment built from first principles[J]. Med Phys, 2021, 48 (7): 3500-3510.
- [17] Krupa M, Romero JM. Commentary on 'Systematic CT perfusion acquisition in acute stroke increases vascular occlusion detection and thrombectomy rates' [J]. J Neurointerv Surg, 2022, 14 (10): 1047-1048.
- [18] 杜静波,刘迎新,李振武. CTA联合CTP在预测急性脑梗死预后中的价值[J]. 影像科 学与光化学, 2022, 40 (1): 78-82.
- [19]Klug J, Dirren E, Preti MG, et al. Integrating regional perfusion CT information to improve prediction of infarction after stroke[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2021, 41 (3): 502-510.
- [20] 付秀鑫,郑艳华,庄甲军,等.急性脑梗死CT灌注成像分期与大脑中动脉狭窄程度及临床预后的相关性研究[J].临床和实验医学杂志,2021,20(9):916-919.
- [21] Davies E, Elnagi F, Smith T. CT perfusion: stroke, seizure or both[J]. BMJ Case Rep, 2021, 14(12): e245723.
- [22]Wu JJ,Xia YW,Wang XC, et al. uRP: an integrated research platform for onestop analysis of medical images [J]. Front Radiol, 2023, 18 (3): 1153784.
- [23]Shi F, Hu WG, Wu JJ, et al. Deep learning empowered volume delineation of whole-body organs-at-risk for accelerated radiotherapy[J]. Nat Commun, 2022, 13(1):6566.
- [24] Sui H, Wu JJ, Zhou Q, et al. Nomograms predict prognosis and hospitalization time using non-contrast CT and CT perfusion in patients with ischemic stroke [J]. Front Neurosci, 2022, 22 (16): 912287.

(收稿日期: 2023-12-05) (校对编辑: 翁佳鸿)