

· 论著 ·

CT平扫“金属征”和CT灌注成像指标与急性大血管闭塞性脑卒中患者介入取栓后发生出血转化的关系研究

扫描二维码
查看更多胡骁¹, 申松波¹, 马迎辉¹, 胡胜¹, 邱晓明²

作者单位: 1.423500湖北省黄石市中心医院 湖北理工学院附属医院神经外科 2.423500湖北省黄石市中心医院 湖北理工学院附属医院放射科

通信作者: 申松波, E-mail: 304819569@qq.com

【摘要】 目的 探讨CT平扫“金属征”和CT灌注成像(CTP)指标与急性大血管闭塞性脑卒中(AIS-LVO)患者介入取栓后发生出血转化(HT)的关系。**方法** 选取2019—2022年黄石市中心医院收治的介入取栓后发生HT的AIS-LVO患者67例为HT组,另选取同期黄石市中心医院收治的介入取栓后未发生HT的AIS-LVO患者120例为对照组。比较两组患者临床资料、CT平扫“金属征”检出率及CTP指标, AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的影响因素分析采用多因素Logistic回归分析;计算CT平扫“金属征”预测AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的正确率,绘制ROC曲线以评估CTP指标对AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的预测价值。**结果** 两组入院时美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分、入院时格拉斯哥昏迷量表(GCS)评分、取栓次数、闭塞血管、接受抗血小板治疗者占比、CT平扫“金属征”检出率、脑血流量(CBF)、脑血容量(CBV)、平均通过时间(MTT)、达峰时间(TTP)、表面通透性(PS)比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。多因素Logistic回归分析结果显示,入院时NIHSS评分、取栓次数、接受抗血小板治疗、CT平扫“金属征”、CBF是AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的独立影响因素($P<0.05$)。对照组无CT平扫“金属征”96例,HT组有CT平扫“金属征”55例。CT平扫“金属征”预测AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的正确率为80.7% (151/187)。ROC曲线分析结果显示, CBF、CBV、MTT、TTP、PS预测AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的AUC分别为0.804 [95%CI (0.741~0.866)]、0.616 [95%CI (0.532~0.699)]、0.782 [95%CI (0.711~0.851)]、0.719 [95%CI (0.642~0.796)]、0.801 [95%CI (0.733~0.869)]。**结论** CT平扫“金属征”和CBF是AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的独立影响因素,且CT平扫“金属征”、CBF和PS对AIS-LVO患者介入取栓后发生HT具有一定预测价值。

【关键词】 卒中;急性大血管闭塞性缺血性卒中;金属征;CT灌注成像;介入取栓;出血转化**【中图分类号】** R 743 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2024.00.021

Relationship between CT Plain Scan "Metallic Hyperdensity Sign" and CT Perfusion Imaging Indexes and Hemorrhagic Transformation after Interventional Thrombectomy in Patients with Acute Ischemic Stroke with Large Vessel Occlusion

HU Xiao¹, SHEN Songbo¹, MA Yinghui¹, HU Sheng¹, QIU Xiaoming²

1. Department of Neurosurgery, Huangshi Central Hospital/Affiliated Hospital of Hubei Institute of Technology, Huangshi 423500, China

2. Department of Radiology, Huangshi Central Hospital/Affiliated Hospital of Hubei Institute of Technology, Huangshi 423500, China

Corresponding author: SHEN Songbo, E-mail: 304819569@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the relationship between CT plain scan "metallic hyperdensity sign" and CT perfusion imaging (CTP) indexes and hemorrhagic transformation (HT) after interventional thrombectomy in patients with acute ischemic stroke with large vessel occlusion (AIS-LVO). **Methods** From 2019 to 2022, 67 cases AIS-LVO patients with HT after interventional thrombectomy in Huangshi Central Hospital were selected as HT group, and 120 cases AIS-LVO patients without HT after interventional thrombectomy in Huangshi Central Hospital in the same period were selected as control group. The clinical data, detection rate of CT plain scan "metallic hyperdensity sign", and CTP indexes were compared between the two groups. Multivariate Logistic regression analysis was used to analyze the influencing factors of HT after interventional thrombectomy in AIS-LVO patients. The accuracy of CT plain scan "metallic hyperdensity sign" for predicting HT after interventional

thrombectomy in patients with AIS-LVO was calculated. ROC curve was drawn to analyze the predictive value of CTP indexes for HT after interventional thrombectomy in patients with AIS-LVO. **Results** There were statistically significant differences in National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score at admission, Glasgow Coma Scale (GCS) score at admission, number of thrombectomy, occluded vessels, proportion of patients receiving antiplatelet therapy, detection rate of CT plain scan "metallic hyperdensity sign", cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV), mean transit time (MTT), time to peak (TTP), permeability surface (PS) between the two groups ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that NIHSS score at admission, number of thrombectomy, antiplatelet therapy, CT plain scan 'metallic hyperdensity sign' and CBF were independent influencing factors of HT after interventional thrombectomy in AIS-LVO patients ($P < 0.05$). There were 96 cases without CT plain scan "metallic hyperdensity sign" in the control group, and 55 cases with CT plain scan "metallic hyperdensity sign" in the HT group. The accuracy of CT plain scan "metallic hyperdensity sign" in predicting HT after interventional thrombectomy in AIS-LVO patients was 80.7% (151/187). ROC curve analysis showed that the AUC of CBF, CBV, MTT, TTP and PS in predicting HT after interventional thrombectomy in AIS-LVO patients were 0.804 [95%CI (0.741-0.866)], 0.616 [95%CI (0.532-0.699)], 0.782 [95%CI (0.711-0.851)], 0.719 [95%CI (0.642-0.796)] and 0.801 [95%CI (0.733-0.869)], respectively. **Conclusion** CT plain scan "metallic hyperdensity sign" and CBF are independent influencing factors for HT after interventional thrombectomy in AIS-LVO patients, and CT plain scan "metallic hyperdensity sign", CBF and PS have certain predictive value for HT after interventional thrombectomy in AIS-LVO patients.

【Key words】 Stroke; Acute ischemic stroke with large vesselocclusion; Metallic hyperdensity sign; CT perfusion imaging; Interventional thrombectomy; Hemorrhagic transformation

急性缺血性脑卒中 (acute ischemic stroke, AIS) 是最常见的脑卒中类型, 其预后不良与出血转化 (hemorrhagic transformation, HT) 密切相关^[1-2]。HT 可以发生于自发性再灌注、溶栓治疗或机械再灌注治疗 (如血栓切除术) 后^[3], 且随着再灌注治疗时间延迟其发生率不断升高^[4]。因此, 预测AIS患者再灌注治疗后HT发生风险对抗血栓治疗方案的制定、患者预后的改善具有重要意义。研究表明, 介入取栓后CT平扫常能检测到AIS患者伴有脑高密度区域, 提示其继发性HT发生风险较高, 但脑高密度区域并不总是与脑实质性出血 (parenchymal hemorrhage, PH) 相关^[5]。此外, 有研究者提出CT平扫“金属征”可以预测HT的发生风险^[6]。CT灌注成像 (CT perfusion imaging, CTP) 可以定量检测脑血流动力学指标, 研究表明, HT患者CTP指标发生了明显改变^[7-9]。基于此, 本研究旨在探讨CT平扫“金属征”和CTP指标与急性大血管闭塞性缺血性卒中 (acute ischemic stroke with large vesselocclusion, AIS-LVO) 患者介入取栓后发生HT的关系, 现报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取2019—2022年黄石市中心医院收治的介入取栓后发生HT的AIS-LVO患者67例为HT组, 另选取同期黄石市中心医院收治的介入取栓后未发生HT的AIS-LVO患者120例为对照组, 患者均符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018》^[10]中AIS-LVO的诊断标准。HT的诊断标准为: 介入取栓后72 h内发生脑出血, 主要表现为CT或MRI检查显示脑梗死灶周围出现点状出血灶或片

状出血灶^[10]。纳入标准: 年龄50~79岁。排除标准: 伴有凝血功能障碍者, 有造影剂过敏史者, 合并高血压脑出血、颅内占位性病变、肝肾功能障碍、精神疾病或阿尔茨海默病者, 近3个月内发生心肌梗死、脑血管疾病者。本研究经黄石市中心医院医学伦理委员会审批通过 (伦研审 [2018] -0017)。

1.2 CT检查方法

运用第二代双源CT扫描仪 (SOMATOM Definition Flash, Siemens) 进行CT检查。所有患者于介入取栓后 (24 ± 4) h进行常规CT平扫或磁敏感加权成像检查, 以CT平扫显示基底核非瘀点性脑内高密度病变 (直径 >1 cm) 内发现最大CT密度 >90 HU定义为存在“金属征”^[6]。根据CT平扫图像选取基底核及其上面4个层面进行灌注扫描, 层厚5 mm, 层间距5 mm, 采用高压注射器团注法经肘静脉注入碘海醇, 注射造影剂后延迟6 s开始扫描, 每秒采集1次数据, 每次扫描可获得4帧图像, 连续扫描40 s共获得160帧图像。在图像上评估脑实质密度值, 具体如下: 首先, 使用RadiAnt DICOM Viewer (<https://www.radiantviewer.com>) 手动分割每层脑实质密度值; 其次, 测量每层分割区域的密度值, 并记录最大值。记录CT平扫“金属征”检出情况及CTP指标 [主要包括脑血流量 (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)、表面通透性 (permeability surface, PS)]。

1.3 观察指标

比较两组患者临床资料、CT平扫“金属征”检出

率及CTP指标,其中临床资料包括年龄、性别、BMI、合并症(包括高血压、糖尿病、高脂血症、冠心病及心房颤动)、入院时美国国立卫生研究院卒中量表(National Institute of Health Stroke Scale, NIHSS)评分、入院时格拉斯哥昏迷量表(Glasgow Coma Scale, GCS)评分、发病至血管再通时间、取栓次数、闭塞血管、侧支循环形成情况及其他治疗方法(包括抗血小板治疗、桥接治疗)。

1.4 统计学方法

应用SPSS 21.0统计学软件进行数据处理。计量资料符合正态分布,以($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料比较采用 χ^2 检验;AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的影响因素分析采用多因素Logistic回归分析;计算CT平扫“金属征”预测AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的正确率,绘制ROC曲线以评估CTP指标对AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 AIS-LVO患者介入取栓后发生HT影响因素的单因素分析

两组年龄、性别、BMI、合并症发生率、发病至血管再通时间、侧支循环形成者占比及接受桥接治疗者占比比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);两组入院时NIHSS评分、入院时GCS评分、取栓次数、闭塞血管、接受抗血小板治疗者占比、CT平扫“金属征”检出率、CBF、CBV、MTT、TTP、PS比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表1。

2.2 AIS-LVO患者介入取栓后发生HT影响因素的多因素Logistic回归分析

以AIS-LVO患者介入取栓后是否发生HT为因变量(赋值:未发生=0,发生=1),以单因素分析中差异有统计学意义的项目为自变量,进行多因素Logistic回归分析,结果显示,入院时NIHSS评分、取栓次数、接受抗血小板治疗、CT平扫“金属征”、CBF是AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的独立影响因素($P < 0.05$),见表2。

2.3 CT平扫“金属征”和CTP指标对AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的预测价值

对照组无CT平扫“金属征”96例,HT组有CT平扫“金属征”55例。CT平扫“金属征”预测AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的正确率为80.7%(151/187)。ROC曲线分析结果显示,CBF、CBV、MTT、TTP、PS预测AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的AUC分别为0.804 [95%CI (0.741 ~ 0.866)]、0.616 [95%CI (0.532 ~ 0.699)]、0.782 [95%CI (0.711 ~ 0.851)]、0.719 [95%CI

表1 AIS-LVO患者介入取栓后发生HT影响因素的单因素分析
Table 1 Univariate analysis of influencing factors of HT after interventional thrombectomy in AIS-LVO patients

项目	对照组 (n=120)	HT组 (n=67)	$t(\chi^2)$ 值	P值
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	65.5 ± 8.1	67.8 ± 7.3	1.928	0.055
性别(男/女)	68/52	40/27	0.162 ^a	0.687
BMI($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	23.3 ± 2.3	23.5 ± 2.0	0.682	0.496
合并症[n(%)]				
高血压	81 (67.5)	41 (61.2)	0.754 ^a	0.385
糖尿病	43 (35.8)	26 (38.8)	0.163 ^a	0.686
高脂血症	90 (75.0)	58 (86.6)	3.485 ^a	0.062
冠心病	27 (22.5)	12 (17.9)	0.549 ^a	0.459
心房颤动	8 (6.7)	6 (9.0)	0.325 ^a	0.569
入院时NIHSS评分($\bar{x} \pm s$, 分)	14.8 ± 2.6	16.0 ± 2.8	3.016	0.003
入院时GCS评分($\bar{x} \pm s$, 分)	10.2 ± 0.9	9.8 ± 0.9	-2.644	0.009
发病至血管再通时间($\bar{x} \pm s$, h)	10.0 ± 2.6	9.4 ± 2.4	-1.566	0.119
取栓次数($\bar{x} \pm s$, 次)	1.8 ± 0.5	2.2 ± 0.7	4.651	<0.001
闭塞血管[n(%)]			4.126 ^a	0.042
颈内动脉	54 (45.0)	20 (29.8)		
大脑中动脉	66 (55.0)	47 (70.2)		
侧支循环形成[n(%)]	16 (13.3)	13 (19.4)	1.209 ^a	0.272
其他治疗方法[n(%)]				
抗血小板治疗	33 (27.5)	29 (43.3)	4.833 ^a	0.028
桥接治疗	11 (9.2)	12 (17.9)	3.047 ^a	0.081
CT平扫“金属征”[n(%)]	24 (20.0)	55 (82.1)	67.933 ^a	<0.001
CTP指标($\bar{x} \pm s$)				
CBF [ml · (100 ml) ⁻¹ · min ⁻¹]	60.7 ± 11.3	48.2 ± 8.5	-7.913	<0.001
CBV (ml/100 ml)	2.9 ± 0.8	2.6 ± 0.8	-2.755	0.006
MTT (s)	12.7 ± 3.8	16.5 ± 4.4	6.107	<0.001
TTP (s)	20.2 ± 4.6	24.8 ± 5.7	6.098	<0.001
PS [ml · (100 ml) ⁻¹ · min ⁻¹]	1.7 ± 0.6	2.7 ± 0.8	9.375	<0.001

注:^a表示 χ^2 值;HT=出血转化,NIHSS=美国国立卫生研究院卒中量表,GCS=格拉斯哥昏迷量表,CBF=脑血流量,CBV=脑血容量,MTT=平均通过时间,TTP=达峰时间,PS=表面通透性。

(0.642 ~ 0.796)]、0.801 [95%CI (0.733 ~ 0.869)]，见图1。

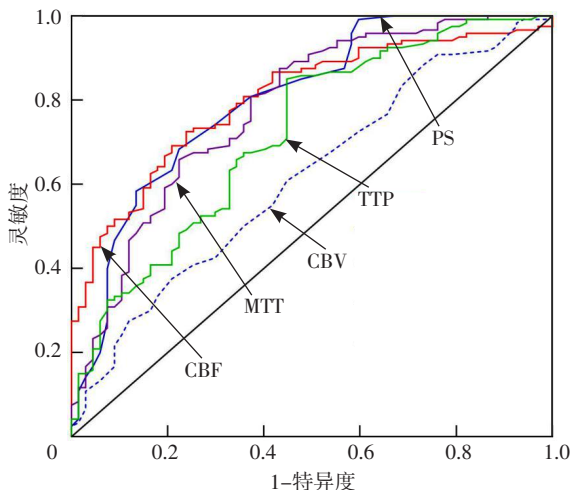
3 讨论

既往研究表明,机械再灌注治疗可以改善AIS患者功能结局^[11],但>50%的患者仍会出现不良功能结局^[12],最常见的原因是HT,尤其是PH,二者均与神经系统症状恶化密切相关^[13]。因此,早期预测HT对于介入取栓后患者的治疗策略调整非常重要。临床上常根据CT平扫显示高密度区域来诊断介入治疗后出血并发症发生情况,但这并未达成共识;近年有研究者指出,CT平扫“金属征”与PH密切相关^[9]。本研究结果显示,HT组CT平扫“金属征”检出率高于对照组(82.1%比20.0%),提示CT平扫“金属征”与AIS-LVO患者

表2 AIS-LVO患者介入取栓后发生HT影响因素的多因素Logistic回归分析

Table 2 Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of HT after interventional thrombectomy in AIS-LVO patients

变量	赋值	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR (95%CI)
入院时NIHSS评分	实测值	0.71	0.311	5.212	0.027	2.034 (1.106~3.742)
入院时GCS评分	实测值	0.308	0.261	1.393	0.395	1.361 (0.816~2.270)
取栓次数	实测值	0.261	0.104	6.298	<0.001	1.298 (1.059~1.592)
闭塞血管	颈内动脉=0, 大脑中动脉=1	0.551	0.372	2.194	0.152	1.735 (0.837~3.597)
接受抗血小板治疗	否=0, 是=1	0.498	0.225	4.899	0.037	1.645 (1.059~2.557)
CT平扫“金属征”	无=0, 有=1	0.522	0.251	4.325	0.047	1.685 (1.030~2.756)
CBF	实测值	-0.614	0.227	7.316	<0.001	0.541 (0.347~0.844)
CBV	实测值	-0.391	0.246	2.526	0.115	0.676 (0.418~1.095)
MTT	实测值	0.461	0.240	3.690	0.081	1.586 (0.991~2.538)
TTP	实测值	0.395	0.281	1.976	0.205	1.484 (0.856~2.575)
PS	实测值	0.477	0.303	2.478	0.119	1.611 (0.890~2.918)



注：CBF=脑血流量，CBV=脑血容量，MTT=平均通过时间，TTP=达峰时间，PS=表面通透性。

图1 CTP指标对AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的预测价值

Figure 1 Predictive value of CTP indexes for HT after interventional thrombectomy in AIS-LVO patients

介入取栓后发生HT可能有关，分析原因为：血脑屏障完整性被破坏后会导致HT，其主要特征是血液快速外渗导致组织受压^[14]，致使基底层发生缺血性损伤，在CT平扫时表现为明显的“金属征”。本研究多因素Logistic回归分析结果显示，CT平扫“金属征”是AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的独立影响因素，且CT平扫“金属征”预测AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的正确率为80.7%，提示CT平扫“金属征”对AIS-LVD患者介入取栓后发生HT具有一定预测价值。

CTP可以提供颅内丰富的血流动力学信息及评估缺血半影区^[15-16]，目前其已被相关指南推荐用于指导LVO-AIS患者的机械再灌注治疗^[17]。研究表明，

血脑屏障被破坏和灌注不足可促进颅脑损伤和HT的发生^[18]。CTP指标中的CBF和CBV可以反映梗死区灌注不足的严重程度^[19]；MTT可以反映造影剂通过脑缺血区域的速度，当血流灌注异常时，MTT延长^[20]；TTP可以反映正常组织与靶病变组织造影剂增强的时间强度等信息；PS可以反映患侧和健侧脑血管通透性的差异，进而评估血脑屏障损伤严重程度^[21]。本研究结果显示，HT组CBF、CBV小于对照组，MTT、TTP长于对照组，PS高于对照组；多因素Logistic回归分析结果显示，CBF是AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的独立影响因素；ROC曲线分析结果显示，CBF、CBV、MTT、TTP、PS预测AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的AUC分别为0.804、0.616、0.782、0.719、0.801，提示CBF增大是AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的独立保护因素，且CBF和PS对AIS-LVO患者介入取栓后发生HT具有一定预测价值。

此外，本研究多因素Logistic回归分析结果还显示，入院时NIHSS评分、取栓次数、接受抗血小板治疗是AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的独立影响因素，分析原因为：较高的NIHSS评分意味着AIS-LVO患者颅内缺血面积大、颅脑损伤严重，更易诱发HT^[22]；AIS本身的血流动力学改变及抗血小板治疗不充分会导致血液呈高凝状态，更易形成血栓，这增加了取栓次数，但取栓又可导致血管内皮细胞损伤，加速血栓形成，形成恶性循环，最终导致HT的发生；抗血小板药物可抑制血小板功能，减少血小板聚集和血栓形成，此外其还可能影响血管内皮细胞功能，使血管更容易受损，从而增加HT的发生风险。

4 结论

综上所述，CT平扫“金属征”和CBF是AIS-LVO患者介入取栓后发生HT的独立影响因素，且CT平扫“金属征”、CBF和PS对AIS-LVO患者介入取栓后发生HT具有一定预测价值。但本研究为单中心研究，纳入的混杂因素不全面，故所得结论仍有待进一步研究证实。

作者贡献：胡晓进行文章的构思与设计，结果分析与解释，负责撰写、修订论文，负责文章的质量控制及审校，并对文章整体负责、监督管理；申松波、马迎辉进行研究的实施与可行性分析；马迎辉、胡胜、邱晓明进行数据收集、整理、分析。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] 刘琦, 王萌, 王博. 老年急性缺血性脑卒中介入治疗后并发症的临床分析 [J]. 血管与腔内血管外科杂志, 2023, 9 (1): 40-44. DOI: 10.19418/j.cnki.issn2096-0646.2023.01.09.
- [2] UIVAROSAN D, BUNGAU S, TIT D M, et al. Financial burden of stroke reflected in a pilot center for the implementation of thrombolysis [J]. Medicina, 2020, 56 (2): 54. DOI: 10.3390/

- medicina56020054.
- [3] HERPICH F, RINCON F. Management of acute ischemic stroke [J]. *Crit Care Med*, 2020, 48 (11): 1654-1663. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004597.
- [4] IANCU A, BULEU F, CHITA D S, et al. Early hemorrhagic transformation after reperfusion therapy in patients with acute ischemic stroke: analysis of risk factors and predictors [J]. *Brain Sci*, 2023, 13 (5): 840. DOI: 10.3390/brainsci13050840.
- [5] CAI J S, ZHOU Y, ZHAO Y Q, et al. Comparison of various reconstructions derived from dual-energy CT immediately after endovascular treatment of acute ischemic stroke in predicting hemorrhage [J]. *Eur Radiol*, 2021, 31 (7): 4419-4427. DOI: 10.1007/s00330-020-07574-2.
- [6] XU C, ZHOU Y, ZHANG R, et al. Metallic hyperdensity sign on noncontrast CT immediately after mechanical thrombectomy predicts parenchymal hemorrhage in patients with acute large-artery occlusion [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2019, 40 (4): 661-667. DOI: 10.3174/ajnr.A6008.
- [7] KALININ M N, KHASANOVA D R, IBATULLIN M M A. Comprehensive assessment of brain perfusion data in patients with acute ischemic stroke for prediction of hemorrhagic transformation [J]. *Z Nevrol Psikhiatr Im SS Korsakova*, 2019, 119 (3): 24. DOI: 10.17116/jnevro201911903224.
- [8] LI X, LIU H, ZENG W B, et al. The value of whole-brain perfusion parameters combined with multiphase computed tomography angiography in predicting hemorrhagic transformation in ischemic stroke [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2020, 29 (4): 104690. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.104690.
- [9] ARBA F, PICCARDI B, PALUMBO V, et al. Blood-brain barrier leakage and hemorrhagic transformation: the Reperfusion Injury in Ischemic Stroke (RISK) study [J]. *Eur J Neurol*, 2021, 28 (9): 3147-3154. DOI: 10.1111/ene.14985.
- [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2018 [J]. *中华神经科杂志*, 2018, 51 (9): 666-682. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2018.09.004.
- [11] BERKHEMER O A, FRANSEN P S S, BEUMER D, et al. A randomized trial of intraarterial treatment for acute ischemic stroke [J]. *N Engl J Med*, 2015, 372 (1): 11-20. DOI: 10.1056/NEJMoa1411587.
- [12] VOLNY O, KRAJINA A, BELASKOVA S, et al. Mechanical thrombectomy performs similarly in real world practice: a 2016 nationwide study from the Czech Republic [J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10 (8): 741-745. DOI: 10.1136/neurintsurg-2017-013534.
- [13] VAN KRANENDONK K R, TREURNIET K M, BOERS A M M, et al. Hemorrhagic transformation is associated with poor functional outcome in patients with acute ischemic stroke due to a large vessel occlusion [J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11 (5): 464-468. DOI: 10.1136/neurintsurg-2018-014141.
- [14] JICKLING G C, LIU D Z, STAMOVA B, et al. Hemorrhagic transformation after ischemic stroke in animals and humans [J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2014, 34 (2): 185-199. DOI: 10.1038/jcbfm.2013.203.
- [15] RAVA R A, SNYDER K V, MOKIN M, et al. Enhancing performance of a computed tomography perfusion software for improved prediction of final infarct volume in acute ischemic stroke patients [J]. *Neuroradiol J*, 2021, 34 (3): 222-237. DOI: 10.1177/1971400920988668.
- [16] XU S M, WANG L, ZHAO L D. Clinical application value of brain CT perfusion imaging in the treatment of acute ischemic stroke thrombolytic therapy [J]. *Exp Ther Med*, 2019, 17 (5): 3971-3976. DOI: 10.3892/etm.2019.7431.
- [17] POWERS W J, RABINSTEIN A A, ACKERSON T, et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association [J]. *Stroke*, 2019, 50 (12): e344-e418. DOI: 10.1161/STR.0000000000000211.
- [18] NG F C, CHURILOV L, YASSI N, et al. Microvascular dysfunction in blood-brain barrier disruption and hypoperfusion within the infarct posttreatment are associated with cerebral edema [J]. *Stroke*, 2022, 53 (5): 1597-1605. DOI: 10.1161/STROKEAHA.121.036104.
- [19] BUNKER L D, WALKER A, MEIER E, et al. Hypertensive vessels on imaging account for neurological function independent of lesion volume in acute ischemic stroke [J]. *Neuroimage Clin*, 2022, 34: 102991. DOI: 10.1016/j.nicl.2022.102991.
- [20] 张建雷, 张睿, 潘菲, 等. 脑灌注成像预测机械取栓后急性缺血性脑卒中患者出血转化风险的价值 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2021, 32 (11): 761-765. DOI: 10.12117/jcemi.2021.11.001.
- [21] LIU C, YAN S Q, ZHANG R T, et al. Increased blood-brain barrier permeability in contralateral hemisphere predicts worse outcome in acute ischemic stroke after reperfusion therapy [J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10 (10): 937-941. DOI: 10.1136/neurintsurg-2017-013663.
- [22] 郭元展, 温昌明, 张保朝, 等. 急性前循环大血管闭塞性卒中患者超时间窗机械取栓的治疗效果研究 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2023, 31 (6): 13-17. DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2023.00.146.

(收稿日期: 2023-08-22; 修回日期: 2023-12-10)

(本文编辑: 谢武英)