

• 诊治分析 •

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



扫描二维码
查看原文

吴磊，胡东，高续，曹雪花，谢玉海

【摘要】 目的 分析CT灌注成像（CTP）联合CT血管造影（CTA）对急性前循环脑梗死患者发生早期神经功能恶化（END）的预测价值。方法 选取2020年5月至2022年5月太和县人民医院收治的急性前循环脑梗死患者80例。根据患者是否发生END将其分为END组（n=19）与无END组（n=61）。采用CTP检测患者缺血区脑血流量（CBF）、脑血容量（CBV）、达峰时间（TTP）面积，采用CTA评估患者侧支循环情况。绘制ROC曲线以分析CTP、CTA检查指标及其联合对急性前循环脑梗死患者发生END的预测价值。结果 END组缺血区CBF、CBV、TTP面积大于无END组，侧支循环不良发生率高于无END组（ $P<0.05$ ）。ROC曲线分析结果显示，缺血区CBF、CBV、TTP面积及侧支循环不良单独预测急性前循环脑梗死患者发生END的AUC分别为0.742 [95%CI (0.615, 0.870)]、0.660 [95%CI (0.499, 0.821)]、0.792 [95%CI (0.678, 0.906)]、0.696 [95%CI (0.544, 0.847)]，四者联合预测急性前循环脑梗死患者发生END的AUC为0.909 [95%CI (0.837, 0.982)]。结论 CTP、CTA检查指标（缺血区CBF、CBV、TTP面积及侧支循环不良）联合对急性前循环脑梗死患者发生END的预测价值较高。

【关键词】 前循环脑梗死；CT血管造影；CT灌注成像；早期神经功能恶化；预测

【中图分类号】 R 743.33 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2022.00.298

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].实用心脑肺血管病杂志, 2022, 30 (12) : 106-109. [www.syxnf.net]

WU L, HU D, GAO X, et al. Predictive value of CT perfusion imaging combined with CT angiography for early neurological deterioration in patients with acute anterior circulation brain infarction [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30 (12) : 106-109.

Predictive Value of CT Perfusion Imaging Combined with CT Angiography for Early Neurological Deterioration in Patients with Acute Anterior Circulation Brain Infarction WU Lei, HU Dong, GAO Xu, CAO Xuehua, XIE Yumei

Department of Radiation Imaging, Taihe County People's Hospital, Fuyang 236600, China

Corresponding author: HU Dong, E-mail: 13866238585@163.com

【Abstract】 Objective To analyze the predictive value of CT perfusion imaging (CTP) combined with CT angiography (CTA) for early neurological deterioration (END) in patients with acute anterior circulation cerebral infarction. **Methods** A total of 80 patients with acute anterior circulation brain infarction admitted to Taihe County People's Hospital from May 2020 to May 2022 were selected. Patients were divided into END group ($n=19$) and non-END group ($n=61$) according to whether END occurred. The area of cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV) and time to peak (TTP) in ischemic area were detected by CTP, and collateral circulation was evaluated by CTA. ROC curve was drawn to analyzed the predictive value of CTP, CTA examination indexes and their combination for END in patients with acute anterior circulation cerebral infarction. **Results** The area of CBF, CBV and TTP in ischemic area in END group was larger than that in non-END group, and the incidence of poor collateral circulation was higher than that in non-END group ($P < 0.05$). ROC curve analysis showed that the AUC of area of CBF, CBV and TTP in ischemic area and poor collateral circulation alone in predicting END in patients with acute anterior circulation cerebral infarction was 0.742 [95%CI (0.615, 0.870)], 0.660 [95%CI (0.499, 0.821)], 0.792 [95%CI (0.678, 0.906)], 0.696 [95%CI (0.544, 0.847)], respectively. The AUC of their combination in predicting END in patients with acute anterior circulation cerebral infarction was 0.909 [95%CI (0.837, 0.982)]. **Conclusion** The combination of CTP, CTA examination indexes (area of CBF, CBV and TTP in ischemic area and poor collateral circulation) has a higher predictive value for END in patients with acute anterior circulation cerebral infarction.

[Key words] Anterior circulation brain infarction; CT angiography; CT perfusion imaging; Early neurological deterioration; Forecasting

在我国，脑梗死发病率、复发率及致残率均较高，位于各种疾病死亡原因首位^[1]。有研究表明，脑梗死患者早期常见神经系统并发症为早期神经功能恶化（early neurological deterioration, END），其发生率为20%~40%^[2-3]。急性前循环脑梗死是急性脑梗死的主要亚型之一，其具有病情急、进展快等特点，患者出现END后可导致其预后不良。早期预测END有利于对急性前循环脑梗死患者进行分层干预，从而改善其预后。CT血管造影（CT angiography, CTA）属于非侵入式血管成像，其能准确反映脑血管状况，判断颅内血管闭塞部位、侧支循环情况及血管狭窄程度等^[4]。CT灌注成像（CT perfusion imaging, CTP）能够半定量评估脑组织血流灌注情况，提供准确的血流灌注信息^[5]。既往研究指出，CTA与CTP能够预测急性脑梗死患者的临床结局^[6]。目前，尚无关于CTA与CTP联合预测缺血性脑梗死患者发生END的报道。本研究旨在探讨CTA联合CTP对急性前循环脑梗死患者发生END的预测价值，现报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取2020年5月至2022年5月太和县人民医院收治的急性前循环脑梗死患者80例。根据患者是否发生END将其分为END组（n=19）与无END组（n=61）。两组性别、年龄、BMI、入院时收缩压、入院时舒张压、吸烟史及基础疾病比较，差异无统计学意义（P>0.05），见表1。

1.2 纳入与排除标准 纳入标准：（1）年龄≥18岁；（2）符合急性前循环脑梗死的诊断标准^[7]，为新发梗死灶，且经磁共振成像（magnetic resonance imaging, MRI）检查证实；（3）发病至就诊时间≤48 h；（4）CTA及CTP检查资料完整，影像学图像清晰。排除标准：（1）合并严重的心、肝、肾、肺等脏器疾病；（2）合并出血性卒中、短暂性脑缺血发作、颅脑创伤、后循环脑梗死或恶性肿瘤；（3）存在明显的出血倾向；（4）住院时间<7 d或拒绝配合治疗；（5）近3个月内接受过抗凝治疗；（6）合并影响神经功能的其他疾病；（7）全身性疾病导致昏迷。本研究通过太和县人民医院伦理委员会审核批准（伦批：2020-06）。

1.3 检查方法

1.3.1 CTP检查 选择256排螺旋CT（荷兰Philips公司生产），先进行常规扫描，其中层距与层厚均为5 mm，进行

多层动态扫描。采取肘静脉注射方式，通过高压注射器，以4.5 ml/s的速率注入碘海醇（规格：100 ml : 300 mgI/ml）75~80 ml，并在注射延时6 s后进行扫描，扫描速率为1层/s，控制层厚为5 mm，进行65 s动态扫描，控制管电压与管电流分别为100 kV、30 mA。使用AW4.4灌注软件分析CTP图像，测量缺血区最大层面病变的脑血流量（cerebral blood flow, CBF）、脑血容量（cerebral blood volume, CBV）、达峰时间（time to peak, TTP）面积。

1.3.2 CTA检查 灌注扫描约10 min后继续追加造影剂以进行CTA检查，扫描范围为主动脉弓至颅顶，控制层厚为1 mm，且团注检测层面位置在降主动脉，注意在第一时相注射造影剂约65 ml，并在第二时相注射0.9%氯化钠溶液40 ml，采用4.5~5.0 ml/s的注射速率，控制管电压及层厚分别为120 kV、0.625 mm。安排2名经验丰富的影像学医师采集患者图像，2名经验丰富的影像学医师分析图像，如意见不一致则讨论后达成一致。根据CTA检查结果进行侧支循环评分，评分范围0~3分，其中0~1分判定为侧支循环不良。

1.4 END判断标准 与入院时相比，患者入院第7天美国国立卫生研究院卒中量表（National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS）评分增加≥2分或运动项评分增加≥1分定义为END^[8]。

1.5 统计学方法 采用SPSS 20.0统计学软件进行数据处理。计数资料以[n (%)]表示，组间比较采用χ²检验；计量资料以(̄x±s)表示，两组间比较采用成组t检验；绘制ROC曲线以分析CTP、CTA检查指标及其联合对急性前循环脑梗死患者发生END的预测价值。双侧检验水准α=0.05。

2 结果

2.1 两组CTP、CTA检查指标比较 END组缺血区CBF、CBV、TTP面积大于无END组，侧支循环不良发生率高于无END组，差异有统计学意义（P<0.05），见表2。

2.2 CTP、CTA检查指标及其联合对急性前循环脑梗死患者发生END的预测价值 ROC曲线分析结果显示，缺血区CBF、CBV、TTP面积及侧支循环不良单独预测急性前循环脑梗死患者发生END的AUC分别为0.742 [95%CI (0.615, 0.870)]、0.660 [95%CI (0.499, 0.821)]、0.792 [95%CI (0.678, 0.906)]、0.696 [95%CI (0.544, 0.847)]，四者联合预

表1 两组一般资料比较

Table 1 Comparison of general information between the two groups

| 组别 | 例数 | 性别 (男/女) | 年龄 (̄x±s, 岁) | BMI (̄x±s, kg/m ²) | 入院时收缩压 (̄x±s, mm Hg) | 入院时舒张压 (̄x±s, mm Hg) | 吸烟史 [n (%)] | 基础疾病[n (%)] | | |
|----------------------|----|-------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-------------|-----------|-----------|
| | | | | | | | | 高血压 | 糖尿病 | 高脂血症 |
| 无END组 | 61 | 40/21 | 65.2±11.0 | 23.7±2.4 | 134±14 | 88±9 | 23 (37.7) | 21 (34.4) | 15 (24.6) | 11 (18.0) |
| END组 | 19 | 12/7 | 64.1±10.7 | 23.7±2.4 | 136±14 | 89±9 | 7/19 | 8/19 | 5/19 | 3/19 |
| χ ² (t) 值 | | 0.037 | 0.376 ^a | 0.079 ^a | 0.634 ^a | 0.378 ^a | 0.005 | 0.370 | 0.023 | 0.015 |
| P值 | | 0.847 | 0.708 | 0.937 | 0.528 | 0.706 | 0.946 | 0.543 | 0.879 | 0.904 |

注：END=早期神经功能恶化；^a表示t值；1 mm Hg=0.133 kPa

表2 两组CTP、CTA检查指标比较

Table 2 Comparison of CTP and CTA examination indexes between the two groups

| 组别 | 例数 | 缺血区CBF面积 ($\bar{x} \pm s$, cm ²) | 缺血区CBV面积 ($\bar{x} \pm s$, cm ²) | 缺血区TTP面积 ($\bar{x} \pm s$, cm ²) | 侧支循环不良 [n (%)] |
|-------------------------|----|---|---|---|---------------------|
| 无END组 | 61 | 18.05 ± 3.45 | 9.76 ± 1.73 | 27.84 ± 5.21 | 5 (8.2) |
| END组 | 19 | 23.78 ± 4.12 | 11.62 ± 2.98 | 32.58 ± 5.94 | 9/19 |
| <i>t</i> (χ^2) 值 | | 6.032 | 3.394 | 3.349 | 12.804 ^a |
| <i>P</i> 值 | | <0.001 | 0.001 | 0.001 | <0.001 |

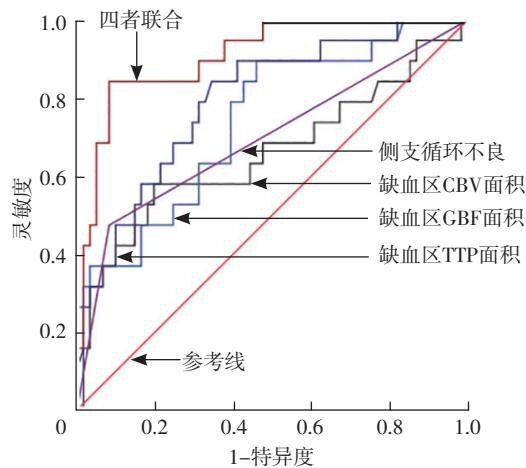
注: CBF=脑血流量, CBV=脑血容量, TTP=达峰时间; ^a表示 χ^2 值

测急性前循环脑梗死患者发生END的AUC为0.909 [95%CI (0.837, 0.982)], 见图1、表3。

3 讨论

急性脑梗死患者发生END后其预后不良发生风险增加^[9]。本研究结果显示, 80例急性前循环脑梗死患者中19例发生END, END发生率为23.8%, 与鲍勇等^[10]研究结果相近, 提示急性前循环脑梗死患者END发生风险较高。END可造成脑梗死患者永久性神经功能缺损, 进而影响其预后, 故寻找能早期预测END的方法并及时调整治疗方案具有重要临床意义。

CTA检查能协助临床医生评估颅内血管闭塞及侧支循环情况, 为临床诊治提供非侵入性的、清晰直观的影像学资料, 且在介入治疗期间能可视化人体血管内通路。本研究结果显示, END组侧支循环不良发生率高于无END组, 提示侧支循环不良可能增加急性前循环脑梗死患者END发生风险, 分析其机制可能为侧支循环不良减少了缺血半暗带的氧供, 促使脑组织坏死范围扩大及神经功能损伤加重^[11]。脑灌注成像是临幊上判定脑血流灌注情况的常用方法, 主要包括磁共振灌注成像与CTP, 其中磁共振灌注成像虽无辐射, 但其成像制约因素较多, 如受检者有焦虑情绪或幽闭恐怖症、体内安装金属支架及扫描时间长等均会影响磁共振灌注成像的开展。示踪剂稀释原理及中心容积定理为CTP的主要理论基础, 其能通过对选定区予以同层动态扫描, 形成时间-密度曲线, 同时通过对这一曲线进行数字模型转换处理及电脑伪彩色处理, 进而呈现相应灌注图像及各项灌注参数, 从而评价器官或局部组织灌注状态^[12-13]。CTP主要通过CBV、CBF及TTP等参数反映大脑血流灌注情况, 其中CBV、CBF属于缺血区与梗死区的主要判定指标, 二者均会受到侧支循环的影响^[14]; TTP延长提示血流速度减慢^[15]。既往研究表明, TTP对脑缺血灶血流灌注变化非常敏感, 故其成为评价脑灌注损伤情况的主要指标^[16-17]。既往研究表明, 急性脑梗死患者缺血区域内CBF面积、CBV面积及TTP面积与NIHSS评分均相关, 提示缺血区面积能影响急性脑梗死患者神经功能缺损情况^[18]。本研究结果显示, END组缺血区CBF、CBV、TTP面积大于无END组, 与上述研究观点基本相符, 提示发生END的急性前循环脑梗死患者局部脑组织低灌注面积更大。本研究进一步绘制ROC发现, 缺血区CBF、CBV、TTP面积及侧支循环不良联合预测急性前循环脑梗死患者发生END的AUC为0.909, 提



注: CBF=脑血流量, CBV=脑血容量, TTP=达峰时间

图1 CTP、CTA检查指标及其联合预测急性前循环脑梗死患者发生END的ROC曲线

Figure 1 ROC curve of CTP and CTA examination indexes and their combination for predicting END in patients with acute anterior circulation cerebral infarction

表3 CTP、CTA检查指标及其联合对急性前循环脑梗死患者发生END的预测价值

Table 3 Predictive value of CTP and CAT examination indexes and their combination for END in patients with acute anterior circulation cerebral infarction

| 变量 | AUC | SE | 95%CI | P值 | 最佳截断值 |
|--------|-------|-------|----------------|--------|-----------------------|
| CBF面积 | 0.742 | 0.065 | (0.615, 0.870) | 0.001 | 19.42 cm ² |
| CBV面积 | 0.660 | 0.082 | (0.499, 0.821) | 0.036 | 10.78 cm ² |
| TTP面积 | 0.792 | 0.058 | (0.678, 0.906) | <0.001 | 29.96 cm ² |
| 侧支循环不良 | 0.696 | 0.077 | (0.544, 0.847) | 0.010 | - |
| 四者联合 | 0.909 | 0.037 | (0.837, 0.982) | <0.001 | - |

注: -表示无相关数据

示四者联合对急性前循环脑梗死患者发生END的预测价值较高。

综上所述, CTP、CTA检查指标(缺血区CBF、CBV、TTP面积及侧支循环不良)联合对急性前循环脑梗死患者发生END的预测价值较高。但本研究存在一定局限性, 如样本量较小, 属于单中心研究, 故有待多中心、大样本量研究进一步证实本研究结论。

作者贡献: 吴磊、胡东进行文章的构思与设计; 吴磊、胡东、曹雪花进行研究的实施与可行性分析; 高续、曹雪花、谢玉海进行数据收集、整理、分析; 吴磊、胡东、高续进行结果分析与解释; 吴磊负责撰写、修订论文; 吴磊、胡东、谢玉海负责文章的质量控制及审校; 胡东对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] TIAN Y, SU G, LIU J F, et al. Rodent models for intravascular ischemic cerebral infarction: a review of influencing factors and method optimization [J]. Neuroreport, 2020, 31 (16): 1154-1160. DOI: 10.1097/WNR.0000000000001529.

- [2] SENER P, BEN HASSEN W, LAPERCUE B, et al. Prediction of early neurological deterioration in individuals with minor stroke and large vessel occlusion intended for intravenous thrombolysis alone [J]. *JAMA Neurol*, 2021, 78 (3) : 321–328. DOI: 10.1001/jamaneurol.2020.4557.
- [3] HE Y B, SU Y Y, RAJAH G B, et al. Trans-cranial Doppler predicts early neurologic deterioration in anterior circulation ischemic stroke after successful endovascular treatment [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2020, 133 (14) : 1655–1661. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000881.
- [4] 郑冲, 曹丽珍, 傅璠, 等. 心脑联合CT血管成像对急性脑梗死头颈动脉与冠状动脉粥样硬化的相关性研究 [J]. 实用放射学杂志, 2021, 37 (12) : 1931–1935. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2021.12.002.
- [5] ICHIKAWA S, YAMAMOTO H, MORITA T. Comparison of a Bayesian estimation algorithm and singular value decomposition algorithms for 80-detector row CT perfusion in patients with acute ischemic stroke [J]. *Radiol Med*, 2021, 126 (6) : 795–803. DOI: 10.1007/s11547-020-01316-6.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 陈宇, 徐依成, 温宏峰, 等. 弥散加权成像-阿尔伯塔卒中项目早期CT评分对急性前循环脑梗死患者早期神经功能恶化的预测价值 [J]. 中风与神经疾病杂志, 2021, 38 (2) : 109–112. DOI: 10.19845/j.cnki.zfysjjbzz.2021.0026.
- [9] LIU Y L, YIN H P, QIU D H, et al. Multiple hypointense vessels on susceptibility-weighted imaging predict early neurological deterioration in acute ischaemic stroke patients with severe intracranial large artery stenosis or occlusion receiving intravenous thrombolysis [J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2020, 5 (4) : 361–367. DOI: 10.1136/svn-2020-000343.
- [10] 鲍勇, 李从圣, 孟令毅, 等. 弥散加权成像-阿尔伯塔卒中项目早期CT评分对急性前循环脑梗死早期神经功能恶化的预测价值 [J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2022, 36 (5) : 479–482.
- DOI: 10.13507/j.issn.1674-3474.2022.05.011.
- [11] CHEN N H, ZHANG Y M, JIANG F P, et al. FLAIR vascular hyperintensity predicts early neurological deterioration in patients with acute ischemic stroke receiving endovascular thrombectomy [J]. *Neurol Sci*, 2022, 43 (6) : 3747–3757. DOI: 10.1007/s10072-021-05853-4.
- [12] MALINOVA V, TSOUKAS I, BEHME D, et al. Defining cutoff values for early prediction of delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage by CT perfusion [J]. *Neurosurg Rev*, 2020, 43 (2) : 581–587. DOI: 10.1007/s10143-019-01082-8.
- [13] TARAN S, MANDELL D M, MCCREDIE V A. CT perfusion for the detection of delayed cerebral ischemia in the presence of neurologic confounders [J]. *Neurocrit Care*, 2020, 33 (1) : 317–322. DOI: 10.1007/s12028-020-01005-2.
- [14] HUANG X J, SHI X L, YANG Q, et al. Topography of the hyperintense vessel sign on fluid-attenuated inversion recovery represents cerebral hemodynamics in middle cerebral artery occlusion: a CT perfusion study [J]. *Neuroradiology*, 2019, 61 (10) : 1123–1130. DOI: 10.1007/s00234-019-02231-y.
- [15] 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. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2020.02.005.
- [16] 韦丹, 赵静, 党超, 等. 一站式CTP对预测急性脑梗死患者预后的评估价值 [J]. 中山大学学报(医学科学版), 2021, 42 (2) : 279–286.
- [17] 胡晨, 董瑞芳, 史方堃. 单侧颈内动脉狭窄患者血清游离三碘甲状腺原氨酸、游离甲状腺素水平变化及其与脑血流灌注、认知功能的相关性研究 [J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2019, 27 (10) : 29–33. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2019.10.006.
- [18] CAO W, LING Y, YANG L, et al. Association of admission nihss score with infarct core volume and target mismatch of infarct core/penumbra volume on CT perfusion in acute ischaemic stroke [J]. *Cerebrovasc Dis*, 2021, 50 (6) : 700–706. DOI: 10.1159/000515167.

(收稿日期: 2022-08-09; 修回日期: 2022-09-22)

(本文编辑: 谢武英)