

## 论 著

## 探讨CTP联合dCTA评估AIS患者侧支循环状态与梗死核心增长率的相关性\*

许甜甜<sup>1</sup> 徐 峰<sup>1</sup> 胡春峰<sup>2,\*</sup>  
陈建秋<sup>1</sup> 刘路路<sup>1</sup> 时士伟<sup>1</sup>

1.徐州医科大学宿迁临床学院

(江苏 宿迁 223800)

2.徐州医科大学附属医院影像科

(江苏 徐州 221000)

【摘要】目的 利用CTP联合dCTA探讨AIS患者侧支循环状态与梗死核心增长率的相关性。方法 本研究纳入2022年8月-2023年5月经我院收治的AIS患者62例。所有患者均在发病24小时内行头颅CTP检查。记录所有患者发病至其做CTP的总时长。将ASITN/SIR侧支评分0~2分定为侧支循环不良组, 3~4分定为侧支循环良好组。根据CTP原始数据可得出梗死核心体积, 梗死核心增长率=梗死核心体积/发病至其做CTP的总时长。比较不同侧支循环状态下梗死核心增长率的变化。结果 侧支循环不良组患者的梗死核心体积、梗死核心增长率、rTmax大于良好组, rCBF、rCBV及不匹配率小于侧支循环良好组, 差异均有统计学意义( $P<0.05$ ); rCBF、rCBV及不匹配率与侧支循环评分呈正相关, 梗死核心体积、梗死核心体积增长率及rTmax与侧支循环评分呈负相关, 差异均有统计学意义( $P<0.05$ )。结论 侧支循环差的患者可能有着更快的梗死核心增长率, 可以帮助临床医生对患者的进一步处理提供指导意见。

【关键词】急性缺血性脑卒中; 动态CT血管成像; CT灌注成像; 梗死核心增长率; 侧支循环

【中图分类号】R445.3; R543.5

【文献标识码】A

【基金项目】宿迁市社会发展普通项目(SY202212)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.02.008

## To Investigate the Correlation between Collateral Circulation and Infarct Core Growth Rate in Patients with AIS Evaluated by CTP Combined with dCTA\*

XU Tian-tian<sup>1</sup>, XU Feng<sup>1</sup>, HU Chun-feng<sup>2,\*</sup>, CHEN Jian-qiu<sup>1</sup>, LIU Lu-lu<sup>1</sup>, SHI Shi-wei<sup>1</sup>.

1. Suqian Clinical College of the Xuzhou Medical University, Suqian 223800, Jiangsu Province, China

2. Department of Radiology of the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To investigate the correlation between the status of collateral circulation and the growth rate of infarct core in patients with AIS using CTP combined with dCTA. **Methods** A total of 62 AIS patients admitted to our hospital from August 2022 to May 2023 were included in this study. All patients underwent cranial CTP within 24 hours of onset. The total time from onset to CTP was recorded. According to the ASITN/SIR Collateral score, 0-2 was defined as the poor collateral circulation group, and 3-4 was defined as the good collateral circulation group. Infarct core volume can be obtained from the original CTP data, infarct core growth rate = infarct core volume/total time from onset to CTP. The changes of infarct core growth rate under different collateral circulation status were compared. **Results** The infarct core volume, infarct core growth rate and rTmax in the poor collateral circulation group were higher than those in the good collateral circulation group, and the rCBF, rCBV and mismatch rate were lower than those in the good collateral circulation group, and the differences were statistically significant ( $P<0.05$ ). rCBF, rCBV and mismatch rate were positively correlated with collateral circulation score, and infarct core volume, infarct core volume growth rate and rTmax were negatively correlated with collateral circulation score, and the differences were statistically significant ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Patients with poor collateral circulation may have a faster growth rate of infarct core, which can help clinicians to provide guidance for the further management of patients.

**Keywords:** Acute Ischemic Stroke(AIS); Dynamic CT Angiography; Infarct Core Growth Rate; Collateral Circulation

对于脑动脉闭塞引起的急性缺血性脑卒中(acute ischemic stroke,AIS), 缺血区主要包括缺血半暗带和梗死核心。缺血半暗带的概念由Astrup等在1977年首次提出, 并于1981年给出明确定义<sup>[1]</sup>。主要用于描述潜在的可逆性损伤的脑组织区域, 该区域如果不能在时间窗内使血流得到恢复, 即可发展成不可逆的脑梗死核心<sup>[2]</sup>。无论是静脉溶栓还是血管内取栓, 都是通过恢复缺血区血液供应来阻止梗死核心体积的增长。梗死核心增长率的变化很大, 如果不及时恢复血液供应, 梗死核心可能会持续增长长达72小时。根据以往的研究, 在最初的24小时, 卒中时间和梗死核心增长率之间呈近似线性模式<sup>[3-4]</sup>。梗死核心增长率已被报道为临床结果的独立预测因子<sup>[4-5]</sup>。陈聚惠等<sup>[6]</sup>的研究结果显示, 良好的侧支循环状态有助于预测较小的最终梗死体积。本研究通过对本院62例单侧大脑中动脉或颈内动脉闭塞的AIS患者进行CT灌注成像(CT perfusion imaging, CTP)及动态CT血管成像(dynamic CT angiography, CTA)检查, 从而评估梗死核心体积的增长率与侧支循环状态之间的相关性。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集2022年8月至2023年5月经我院急诊绿色通道入院单侧大脑中动脉或颈内动脉闭塞的AIS患者62例, 其中男性36例, 女性26例, 年龄27~91岁, 平均(70.32±12.83)岁。

纳入标准: 首次发病; 发病24小时以内; 单侧大脑中动脉或颈内动脉闭塞。排除标准: 大脑前动脉、大脑后动脉或基底动脉闭塞; 颅内出血和肿瘤; 运动伪影所致CTP图像质量差; 临床病史资料不全。本研究最初入组了65例, 有2例因为运动伪影、1例因为临床病史资料不全而被排除。

1.2 方法 采用西门子SOMATOM-Force双源CT成像系统, 患者取仰卧位, 首先行常规头颅CT平扫, 设置以下扫描参数: 管电压120kV, 管电流300mAs, 层厚5mm, 层间距5mm。CTP参数: 设置管电压70kV, 管电流200mAs, 层厚5mm, 使用高压注射器注射对比剂优维显370 45mL, 流速5.5mL/s, 延迟5s后开始扫描, 总扫描时长58s, 随后以相同流速推入30mL生理盐水冲洗, 重组厚度为1.5mm获得35期容积数据。

1.3 图像后处理 将CTP原始数据传输至西门子Syngo. Via(VB40B\_HF07)后处理工作站, 使用神经灌注 workflow 打开图像, 经运动矫正及自动去骨等操作后, 得到全脑脑血流量(CBF)、脑血容量(CBV)、平均通过时间(MTT)及达到最大值的时间(Tmax)的彩色灌注图像。根据Tmax图, 在异常灌注最高水平处手动勾画感兴趣区(region of interest, ROI), 软件会通过镜像方法, 在健侧自动生成相对应灌注参数, 利用患侧参

【第一作者】许甜甜, 女, 主治医师, 主要研究方向: 心脑血管方面。Email: xutt9010@126.com

【通讯作者】胡春峰, 男, 主任医师, 主要研究方向: 心脑血管方面。Email: hcfz@163.com

数值/健侧参数值，得到相对CBF(rCBF)、相对CBV(rCBV)、相对MTT(rMTT)、相对Tmax(rTmax)。根据Wintermark<sup>[7]</sup>等的研究，设定Tmax>6s为低灌注区，rCBF<20%为核心梗死区，选择半影功能后即可自动生成缺血体积、梗死核心体积和不匹配率，其中不匹配率=缺血体积/梗死核心体积，梗死核心增长率=梗死核心体积/发病至CTP的总时长。

将CTP扫描的35期原始数据使用动态CT血管成像工作流程打开，经运动矫正、自动去骨后即可创建出动静脉血管重组图像。在多期重组轴位、冠状位及矢状位tMIP图上评估侧支血管情况。根据美国介入和治疗性神经放射学会/介入放射学会 (ASITN/SIR) 侧支评分评估患者的侧支循环<sup>[8]</sup>，0分：任何期相内，缺血部位没有或仅有很少的软脑膜侧支血管；1分：静脉晚期可以在缺血部位看见部分侧支血管；2分：静脉期之前可以在缺血部位看见部分侧支血管；3分：静脉晚期在缺血部位可以看见完整的侧支血管；4分：静脉期前在缺血部位可以看见完整的侧支血管。0~2分为侧支循环不良组，3~4分为侧支循环良好组。以上评分由2名经验丰富的放射科主治医师独立完成。

**1.4 统计学分析** 采用SPSS 25.0软件对数据进行统计。侧支循环良好与不良组临床及影像参数，符合正态分布者用平均数±标准

差( $\bar{x} \pm s$ )来描述，采用两独立样本t检验分析组间差异；偏态分布数据采用四分位距(IQR)来描述，非参数Mann-Whitney U检验分析其组间差异；分类变量采用频数(构成比)描述，卡方检验分析组间差异。采用Spearman相关性分析影像学定量数据与侧支循环评分之间的相关性。以P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

**2.1 临床参数比较** 本研究纳入62例患者，侧支循环良好者37例，侧支循环不良者25例。两组患者临床资料比较见表1，其中入院NIHSS评分差异有统计学意义(P<0.05)。

**2.2 影像参数比较** 侧支循环不良组患者的梗死体积、梗死核心增长率、rTmax大于良好组，rCBF、rCBV及不匹配率小于侧支循环良好组。差异均有统计学意义(P<0.05)，见表2。

**2.3 侧支循环评分与影像学参数之间的相关性** 由于各影像学参数均为偏态分布数据，所以采用了Spearman相关性分析，检验结果见表3。rCBF、rCBV及不匹配率与侧支循环评分呈正相关，梗死核心体积、梗死核心体积增长率及rTmax与侧支循环评分呈负相关。差异均有统计学意义(P<0.05)。

**2.4 案例分析** 典型病例影像分析，见图1~11。

表1 侧支循环良好与不良组之间的临床参数比较

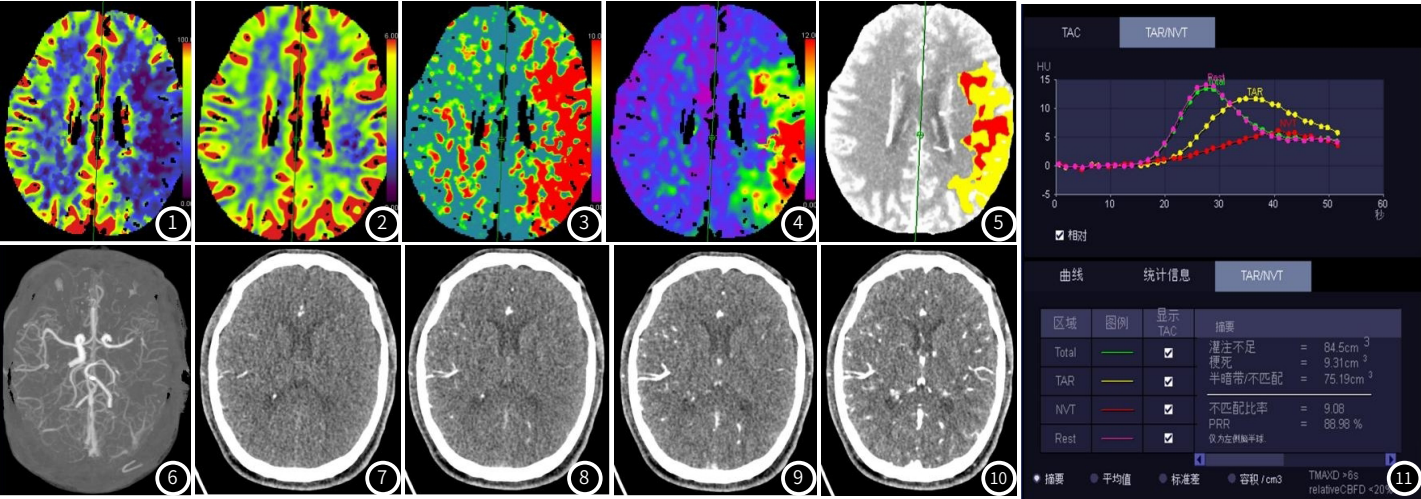
| 临床变量           | 侧支循环良好<br>(n=37) | 侧支循环不良<br>(n=25) | P值    |
|----------------|------------------|------------------|-------|
| 年龄(岁)          | 71.3010.85       | 72.6413.21       | 0.262 |
| 男[n(%)]        | 20(54.1)         | 16(64.0)         | 0.436 |
| BMI            | 25.024.2         | 22.982.54        | 0.082 |
| 血糖(mmol/L,IQR) | 6.93(2.91)       | 5.97(1.8)        | 0.890 |
| 总胆固醇(mmol/L)   | 3.900.78         | 3.821.22         | 0.867 |
| 入院收缩压(mmHg)    | 151.4823.41      | 137.0923.35      | 0.532 |
| 入院舒张压(mmHg)    | 85.3012.99       | 80.5513.56       | 0.602 |
| 入院NIHSS评分      | 10.575.97        | 5.364.59         | 0.025 |

表2 侧支循环良好与不良组之间的影像学参数比较(IQR)

| 参数      | 侧支循环不良<br>(n=37) | 侧支循环良好<br>(n=25) | P值     |
|---------|------------------|------------------|--------|
| 梗死体积    | 22.03(31.40)     | 7.29(11.13)      | <0.001 |
| 梗死核心增长率 | 0.20(1.99)       | 0.02(0.05)       | <0.001 |
| 不匹配率    | 5.27(7.74)       | 10.38(26.65)     | 0.002  |
| rCBF    | 0.16(0.18)       | 0.28(0.14)       | 0.001  |
| rCBV    | 0.51(0.60)       | 0.91(0.63)       | 0.002  |
| rTmax   | 6.65(4.7)        | 3.86(3.09)       | 0.013  |

表3 侧支循环良好组与不良组影像学参数之间的相关性

| 统计指标 | 梗死体积   | 梗死核心增长率 | 不匹配率  | rCBF  | rCBV  | rTmax  |
|------|--------|---------|-------|-------|-------|--------|
| r    | -0.576 | -0.743  | 0.403 | 0.421 | 0.391 | -0.320 |
| P值   | <0.001 | <0.001  | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.011  |



**图1-图10** 患者男，50岁，突发言语不清伴右侧肢体无力1小时，入院时NIHSS评分12分。CTP伪彩图示左侧额颞顶叶片状低灌注区(图1-图4)，CBF较对侧明显减低，CBV较对侧变化不大，rCBF=0.28，rCBV=1.15；MTT及Tmax较对侧明显延长，rMTT=3.90，rTmax=4.18；(图5、图11)半影功能可显示出半暗带(黄色)和梗死核心范围(红色)，同时自动计算出灌注不足体积、梗死核心体积、不匹配率；3D-tMIP融合图左侧大脑中动脉M1段闭塞，其远端供血区可见较丰富的侧支血管(图6)；dCTA的动脉早期、动脉晚期、静脉早期、静脉晚期(分别为图7-图10)可以看见静脉晚期缺血区出现完整的侧支循环，故此例患者的ASITN/SIR评分为3分。

### 3 讨论

当大脑中动脉(MCA)严重狭窄或闭塞时,软脑膜血管吻合口首先与同侧的大脑前动脉(ACA)和大脑后动脉(PCA)之间建立侧支循环,新的毛细血管形成,使缺血的脑组织重新得到不同程度的血液灌注<sup>[9]</sup>。Lin<sup>[3]</sup>等的研究表明梗死核心增长率是AIS患者临床结局的独立预测因子。Wang<sup>[10]</sup>等人的研究表明,CTP能较准确地显示AIS患者脑梗死核心及缺血半暗带的范围。本研究利用全脑CTP联合dCTA通过各种灌注参数,定量探讨单侧颈内动脉或MCA闭塞患者梗死核心增长率与侧支循环状态的相关性。

侧支循环不良组的rCBF、rCBV及不匹配率小于良好组( $P<0.05$ ),这是由于供血动脉的突然闭塞,导致其所供血的脑组织内血流量(CBF)明显下降,侧支循环良好的患者,缺血区的侧支血管逆流以更好的维持局部残余的血流和灌注压<sup>[11]</sup>。杨晨<sup>[12]</sup>等的研究也认为CBV直接反映脑组织缺血程度及循环代偿的能力,侧支循环良好的患者应该有着更好的脑血流储备能力。侧支循环良好组有着更高的不匹配比,也反映了良好的侧支循环对缺血的脑组织有着更好的血流灌注。Tmax主要反映大血管的特征,但严重的Tmax延长可能反映了侧支循环微血管的情况<sup>[6]</sup>。本研究的结果显示,rTmax与侧支循环评分之间呈负相关,预示着Tmax较长的患者可能有着较差的侧支循环。

侧支循环评分与患者入院时的梗死核心体积( $r=-0.576$ ,  $P<0.05$ )及其增长速度( $r=-0.743$ ,  $P<0.05$ )呈中度负相关,这结果意味着侧支循环越好梗死核心体积越小,梗死核心增长的可能也越慢。Lin<sup>[3]</sup>等的研究也证明了侧支循环是梗死核心增长的主要决定因素。这也为临床医师对AIS患者的处理提供了进一步指导。因为目前有很大一部分AIS患者首先在初级卒中中心接受治疗,然后再根据患者具体情况决定是否要转诊至更高级别卒中中心<sup>[13]</sup>。对于初级卒中中心医生来说,做出是否转诊的决定是具有挑战性的,特别是那些侧支循环不良的患者,因为他们梗死核心增长的速度可能更快一些,在转诊途中,梗死核心很可能会扩大到整个缺血区。根据Guenego A<sup>[14]</sup>等人的研究,侧支循环不良的AIS患者,在到达上级卒中中心时梗死核心已经有了明显的进展。所以估算出患者的梗死核心增长率,可以帮助临床医生大致推测出挽救该患者缺血半暗带所剩下的时间,也可在到达上级卒中中心时预估出患者梗死核心的体积,节省了重复检查所耽误的时间,为AIS患者争取到更多的抢救时间。因为无论是手术取栓还是血管内溶栓,都有其对应的最佳时间窗,超出该时间窗的患者从中获得的好处微乎其微。

本研究的局限性:(1)样本量较少,无法进一步证明梗死核心增长率与侧支循环状态间究竟有着多大的关联性;(2)这项研究目前仅限于单侧颈内动脉或MCA闭塞的患者,而目前多支血管闭塞或重度狭窄的患者并不少见。对于那些梗死核心增长速度更快的患者,在转运途中是否可以采取新的治疗方法来减缓梗死核心的增长还有待进一步研究。

综上所述,侧支循环差的患者可能有着更大的梗死核心体积以及更快的梗死核心增长速度,可以帮助临床医生对患者的进一步处理提供指导意见。

### 参考文献

- [1]Ermine CM,Bivard A,Parsons MW,et al.The ischemic penumbra:from concept to reality[J].Int J Stroke,2021,16(5):497-509.
- [2]Baron,Jean-Claude,Baron,et al.Lindsay symon:a giant of stroke[J].International Journal of Stroke,2020,15(4):356-360.
- [3]Lin L T,Yang J H,Chen C S,et al.Association of collateral status and ischemic core growth in patients with acute ischemic stroke[J].Neurology,2020,96(2):e161-e170.
- [4]Wheeler H M,Mlynash M,Inoue M,et al.The growth rate of early DWI lesions is highly variable and associated with penumbral salvage and clinical outcomes following endovascular reperfusion[J].International Journal of Stroke,2015,10(5):723-729.
- [5]Jean-Marc,Olivot,Leila,et al.Impact of initial diffusion-weighted imaging lesion growth rate on the success of endovascular reperfusion therapy[J].Stroke,2016,47(9):2305-2310.
- [6]陈聚惠,付晓,张琼,等.4D-CTA评估急性缺血性脑卒中患者侧支循环与CTP灌注参数的相关性[J].临床放射学杂志,2020,39(2):270-275.
- [7]Wintermark M,Flanders AE,Velehnis B,et al.Perfusion-CT assessment of infarct core and penumbra:receiver operating characteristic curve analysis in 130 patients suspected of acute hemispheric stroke[J].Stroke,2006,37:979-985.
- [8]Ma Y C,Chen A Q,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].Technology and health care,2022,30(4):967-979.
- [9]艾莉,彭亚飞,鲁宏等.3D-ASL对急性脑梗死侧支循环建立的评估价值初探[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(12):10-12,38.
- [10]Wang Z,Xie J,Tang T Y,et al.Collateral status at single-phase and multiphase CT angiography versus CT perfusion for outcome prediction in anterior circulation acute ischemic stroke[J].Radiology,2020,296(2):393-400.
- [11]阮成伟,梁琰,李展展,等.多模态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.
- [12]杨晨,董立军,赵宇,等.双源CT全脑灌注成像对大脑中动脉狭窄时侧支循环状态及预后的评估[J].临床放射学杂志,2018,37:1072-1077.
- [13]Van Veenendaal P,Yan B,Churilov L,et al.Endovascular clot retrieval by hub-and-spoke service delivery is feasible compared with direct-to-mothership[J].Cerebrovasc Dis,2018;46:172-177.
- [14]Guenego A,Mlynash M,Christensen S,et al.Hypoperfusion ratio predicts infarct growth during transfer for thrombectomy[J].Ann Neurol,2018,84:616-620.

(收稿日期:2023-06-02)

(校对编辑:姚丽娜)