

## · 中枢神经影像学 ·

## 动态CTA对非时间窗内前循环脑缺血患者侧枝及血流状态的评估

周运锋, 董立军, 杨晨, 吴琛, 袁权, 陈娅娣

**【摘要】** 目的:分析动态CTA与最优单期CTA对前循环脑缺血患者的动脉闭塞程度、侧枝循环状态评估的差异,同时评估动脉闭塞程度、侧枝循环状态及全脑CTP与患者预后的关系。方法:回顾性分析45例非时间窗内的前循环脑缺血患者的全脑CTP及相应动态CTA图像数据,定量评估血管闭塞程度、侧枝循环状态,定性评估脑组织的血流灌注。结果:动态CTA较最优单期CTA图能更好评估脑动脉狭窄及侧枝循环( $P < 0.001$ )。患侧脑血容量(CBV)主要为基本正常(26例)和升高(15例),脑血流量(CBF)主要为降低(35例)和基本正常(7例);平均通过时间(MTT)主要为升高(41例)。29例患者预后好,16例预后差,两组之间血管闭塞程度、侧枝循环速度差异无统计学意义( $P = 0.376, 0.186$ ),但侧枝循环程度好、脑组织梗死体积和Tmax异常灌注区体积小者,患者预后好( $P = 0.005, < 0.001, 0.027$ )。结论:动态CTA能更好的评估脑缺血患者的动脉狭窄及侧枝循环状态,结合CT平扫及全脑CTP,能为患者的预后管理提供一定依据。

**【关键词】** 脑缺血;灌注成像;体层摄影术,X线计算机;预后

**【中图分类号】** R814.42; R743 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)03-0259-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.03.007

**Study of dynamic CT angiography in the assessment of collateral circulation and blood perfusion in patients with anterior circulation cerebral ischemic patients without time window** ZHOU Yun-feng, DONG Li-jun, YANG Chen, et al. Medical Imaging Center, the First Affiliated of Wannan Medical College, Anhui 241001, China

**【Abstract】 Objective:** To analyze the difference of dynamic CT angiography (CTA) and optimal single-phase CTA for the assessment of degree of artery occlusion, collateral circulation status in patients with anterior circulation ischemia, also to evaluate the relation between degree of artery occlusion, collateral circulation status, whole brain CT perfusion with the prognosis of the patients. **Methods:** The data of whole brain CTP and dynamic CTA were analyzed retrospectively in 45 patients with anterior circulation cerebral ischemia without time window. The degree of artery occlusion, collateral circulation status were evaluated quantitatively and the cerebral blood perfusion were evaluated qualitatively. **Results:** Dynamic CTA imaging was better than optimal single-phase CTA in evaluating cerebral artery occlusion and collateral circulation status ( $P < 0.001$ ). The cerebral blood volume (CBV) in these patients was basically normal in 26 cases, increased in 15 cases, the cerebral blood flow was decreased in 35 cases and basically normal in 7 cases. The mean transit time (MTT) was mainly increased (41 cases). The prognosis was good in 29 cases and poor in 16 cases, no significant statistic difference was existed in the degree of artery occlusion and collateral circulation velocity between these two groups ( $P = 0.376, 0.186$  respectively), however, patients with good collateral circulation score, small cerebral infarction volume as well as small abnormal perfusion volume of Tmax showed statistical significance in prognosis ( $P = 0.005, < 0.001, 0.027$  respectively). **Conclusion:** Dynamic CTA can better assess the arterial stenosis and collateral circulation status in cerebral ischemic patients, which in combination with whole brain CTP and non-enhanced CT provided information useful in the man-

作者单位: 241001 安徽,安徽省芜湖市皖南医学院第一附属医院影像中心

作者简介:周运锋(1978-),男,湖北荆门人,博士,副主任医师,主要从事心脑血管疾病CT诊断工作。

基金项目:2016年皖南医学院弋矶山医院人才引进基金资助项目(KY22310179)

agement of prognosis.

**【Key words】** Brain ischemia; Perfusion imaging; Tomography, X-ray computed; Prognosis

急性缺血性脑卒中主要有效的治疗方法是及时的溶栓(静脉溶栓、血管内介入治疗)、抗血小板和抗凝治疗<sup>[1]</sup>,使阻塞的血管早期再通,改善脑组织的血流灌注,但是由于各种原因,在我国超过90%的患者都不能在有效的时间窗内得到及时的治疗<sup>[2-3]</sup>。在对非时间窗内患者的病情评估、治疗及预后评价中,侧枝循环状态是一项重要的影响因素<sup>[4-5]</sup>。本研究利用全脑CT灌注成像(computed tomography perfusion, CTP)数据及其衍生的动态CT血管成像(computed tomography angiography, CTA)评估非时间窗内患者的动脉闭塞、侧枝循环状态和脑组织血流灌注,为临床评估和管理此类患者提供客观依据。

## 材料与方法

### 1. 一般资料

搜集2016年1月—2017年1月在皖南医学院弋矶山医院影像科行全脑CTP检查的45例前循环缺血患者的影像学资料。纳入标准:①年龄 $\geq 18$ 岁;②单侧大脑中动脉M1~M2段、颈内动脉狭窄或闭塞,而对侧大脑中动脉及颈内动脉无狭窄或轻度狭窄的患者;③患者从症状发作到全脑CTP检查时间间隔 $\geq 6$ h。排除标准:①碘对比剂使用禁忌症者;②扫描过程中运动伪影明显者。45例患者中,男31例,女14例,年龄26~77岁,平均(57 $\pm$ 12)岁。主要临床症状有:一侧肢体乏力、活动障碍伴/或口角歪斜、口齿不清、言语不能者39例,头晕及反复晕厥发作各1例,头晕伴嗜睡2例,耳鸣1例,突发四肢抽搐伴口吐白沫1例。

### 2. 检查设备与方法

采用Siemens Somatom Definition Flash双源CT机及相应的Syngovia工作站。患者仰卧位,头先进,并用固定带对头部进行固定。先行头颅平扫,管电压120 kV,管电流390 mAs。然后采用全脑灌注模式扫描,采用双筒高压注射器(MEDRAD,美国)于肘静脉内用20G留置针以流率5 mL/s注射非离子型对比剂碘佛醇(350 mg I/mL)55 mL,紧接着以相同流率注射生理盐水40 mL。注射对比剂后8 s进行灌注扫描,管电压80 kV,管电流120 mAs,扫描范围150 mm(平行于眶听线,从颅底至颅顶),应用摇篮床技术,总扫描时间为46.35 s,时间序列为:0~21.00 s为第一扫描时相,间隔时间为1.50 s,共扫描14次;21.00~46.35 s为第二扫描时相,间隔时间为4.50 s,共扫描6次。CTA数据重建层厚1.5 mm、层间距1.0 mm,CTP数

据重建层厚3.0 mm、层间距3.0 mm,二者重建的卷积核均为H30f。重建后的数据传到Syngovia工作站用于血管重组及灌注分析。

### 3. 图像分析

所有的图像均经1位主治医师和1位副主任医师共同评阅与分析,意见不同时经商讨后达成一致。

CTA图像分析:CTA图像分析包括Willis环的评估、最优单期CTA(optimal single-phase CTA, OSP-CTA)和4D融合CTA(4-dimension fused CTA, 4DF-CTA)图像的血管闭塞程度和侧枝循环程度评分、侧枝循环时间的记录。OSP-CTA是指在动态CTA中健侧颈内动脉末端CT值最高的一期,4DF-CTA是指所有动态CTA的融合图像。血管闭塞程度积分参考Frölich等<sup>[6]</sup>的评分方法,是视以下动脉段是否通畅而得分(0~10分):大脑中动脉M1近段2分, M1远段2分,颈内动脉床突上段2分,床突下段1分,大脑中动脉M2段每个分支1分共2分,大脑前动脉A1段1分。侧枝循环程度评分参考van den Wijngaard等<sup>[7]</sup>的方法:无侧枝动脉显示0分,显影侧枝动脉 $\leq 50\%$ 得1分,显影的侧枝动脉 $> 50\%$ 但 $< 100\%$ 得2分,侧枝动脉显影达到100%得3分;同时,以尾状核头为界将大脑中动脉供血区分为上、下两部分,对上、下两部分侧枝动脉显影分别评分,取二者之和(0~6分)。同时记录OSP-CTA的时间(T健)、患侧侧枝动脉达峰时间(T患)和二者的差值(侧枝循环速度)。

CTP图像分析:从CTP的伪彩图上对患者脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、平均通过时间(mean transit time, MTT)和Tmax(transit time to the center of the IRF)进行定性分析。同时,在Tmax的伪彩图上对灌注异常区的体积进行测量。在CT平扫图像上对脑梗死体积进行测量。

临床预后:参照改良Rankin量表<sup>[8]</sup>(modified Rankin scale, mRS)在患者出院90天后通过门诊或电话回访对患者预后进行评分。出院90天后,mRS 0~2分为预后好,mRS 3~6分为预后差。

### 4. 统计学分析

所有的统计学分析是用PASW Statistics v18.0软件完成,计量资料用均数 $\pm$ 标准差表示, $P < 0.05$ 被认为有统计学意义。OSP-CTA和4DF-CTA两种方法对血管阻塞程度、侧枝循环程度积分的差异采用配对 $t$ 检验分析。两独立样本 $t$ 检验或两个独立样本比较的Wilcoxon秩和检验用来分析临床预后好(mRS

0~2分)和临床预后差(mRS 3~6分)患者之间的血管闭塞程度(4DF-CTA积分)、侧枝循环程度(4DF-CTA积分)和速度、脑组织梗死体积、Tmax灌注异常区体积的差异。

## 结果

45例患者中有完整的Willis环的3例,双侧后交通缺如的16例,双侧后交通缺如伴一侧大脑前动脉A1段细小或缺如的7例,一侧后交通缺如的有6例,单侧或双侧胚胎型大脑后动脉的有13例。CT平扫图像上梗死区体积为(22.7±31.4)mL。

OSP-CTA和4DF-CTA两种图像的动脉闭塞程度积分分别为:5.9±2.7、6.8±2.5,侧枝循环程度评分分别为:2.8±1.4、5.4±0.9,4DF-CTA图像对血管闭塞程度及侧枝循环程度的评估优于OSP-CTA图

像( $P<0.001$ ,图1、2)。T健和T患时间分别为(21.7±3.0)s、(27.2±5.3)s。

灌注伪彩图像显示患侧CBV基本正常或除梗死区外基本正常的有26例,CBV升高的有15例,CBV降低的有4例;CBF基本正常或除梗死区外基本正常的有7例,CBF升高的有3例,CBF降低的有35例;MTT基本正常或除梗死区外基本正常的有4例,其余均升高(图1~3)。Tmax图上灌注异常区体积为(203.7±151.6)mL。

出院90天后mRS为(1.7±1.7)分。出院90天患者预后好的(mRS 0~2分)有29例,预后差的(mRS 3~6分)有16例(表1)。两组之间动脉闭塞程度评分及侧枝循环速度的差异无统计学意义( $P=0.376,0.186$ )。但是,侧枝循环程度好、脑组织梗死体积和Tmax异常灌注区体积小者,患者预后好( $P<0.05$ )。

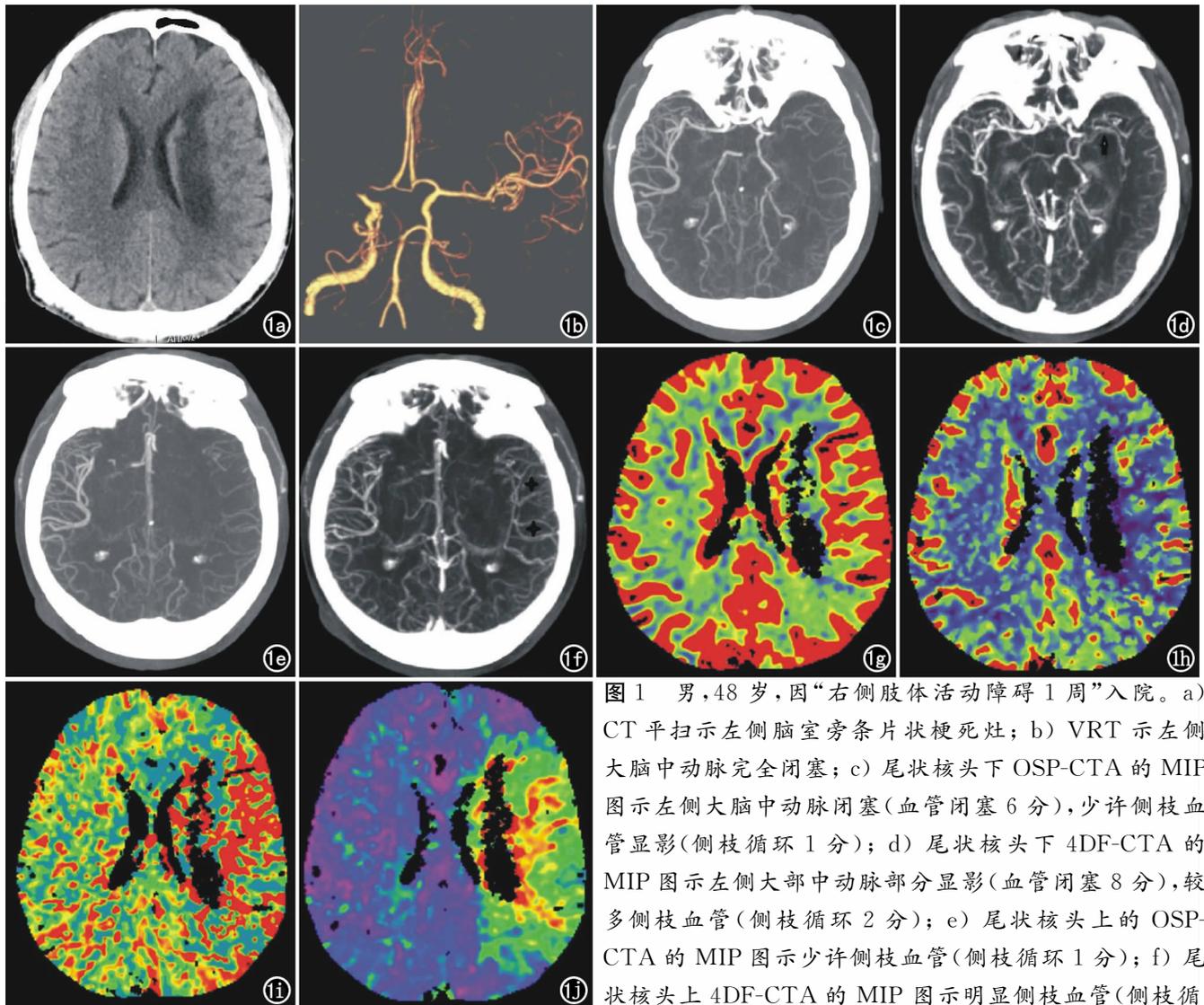


图1 男,48岁,因“右侧肢体活动障碍1周”入院。a) CT平扫示左侧脑室旁条片状梗死灶; b) VRT示左侧大脑中动脉完全闭塞; c) 尾状核头下OSP-CTA的MIP图示左侧大脑中动脉闭塞(血管闭塞6分),少许侧枝血管显影(侧枝循环1分); d) 尾状核头下4DF-CTA的MIP图示左侧大部中动脉部分显影(血管闭塞8分),较多侧枝血管(侧枝循环2分); e) 尾状核头上的OSP-CTA的MIP图示少许侧枝血管(侧枝循环1分); f) 尾状核头上4DF-CTA的MIP图示明显侧枝血管(侧枝循环3分),对血管阻塞程度(箭)及侧枝循环程度(星)积分的评估优于相应的OSP-CTA的MIP图; g) CBV图示左侧CBV升高; h) CBF图示左侧CBF降低; i) MTT图示左侧升高; j) Tmax图示左侧大片状异常灌注区。

对血管阻塞程度(箭)及侧枝循环程度(星)积分的评估优于相应的OSP-CTA的MIP图; g) CBV图示左侧CBV升高; h) CBF图示左侧CBF降低; i) MTT图示左侧升高; j) Tmax图示左侧大片状异常灌注区。

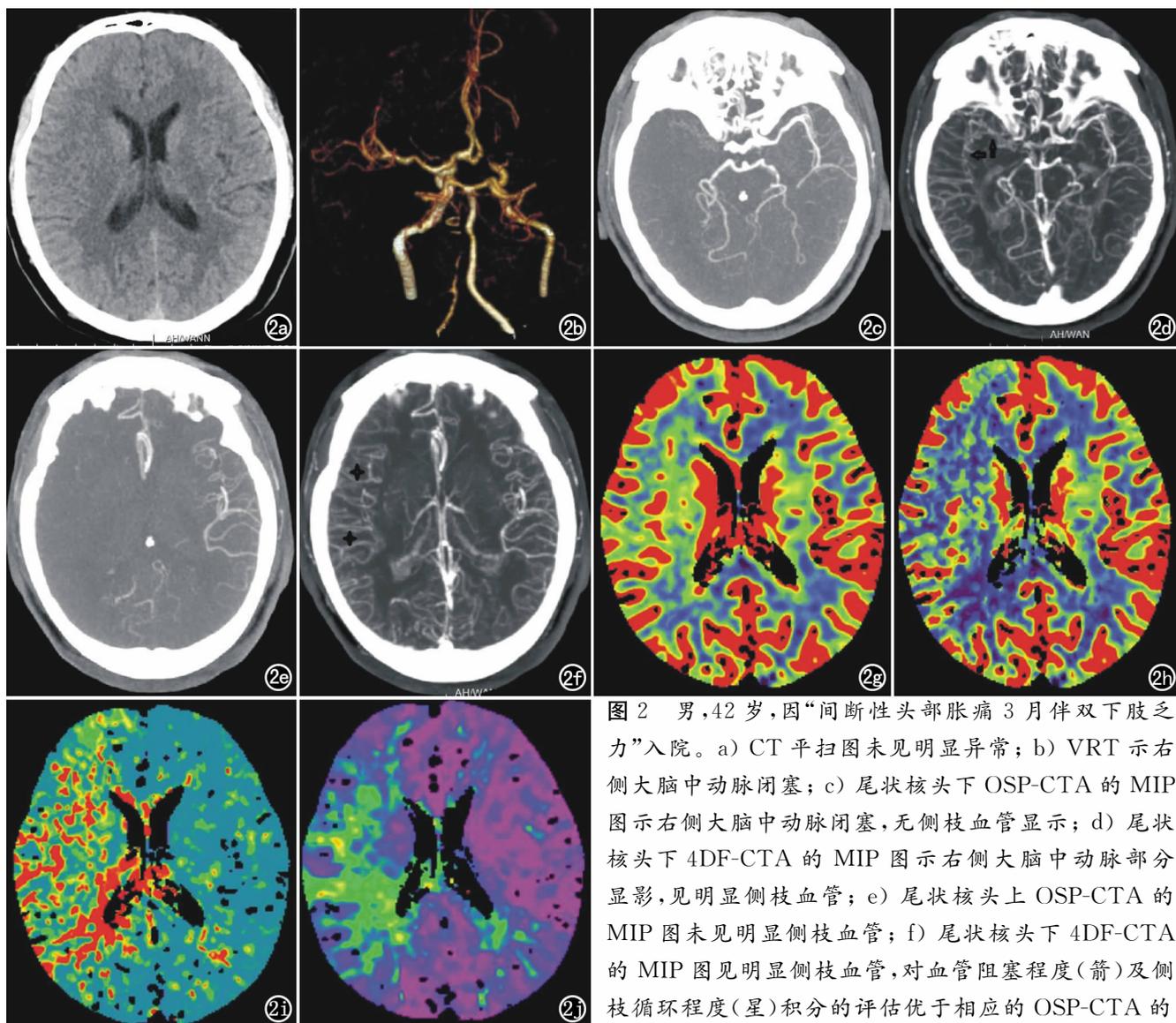


图2 男,42岁,因“间断性头部胀痛3月伴双下肢乏力”入院。a) CT平扫图未见明显异常; b) VRT示右侧大脑中动脉闭塞; c) 尾状核头下OSP-CTA的MIP图示右侧大脑中动脉闭塞,无侧枝血管显示; d) 尾状核头下4DF-CTA的MIP图示右侧大脑中动脉部分显影,见明显侧枝血管; e) 尾状核头上OSP-CTA的MIP图未见明显侧枝血管; f) 尾状核头下4DF-CTA的MIP图见明显侧枝血管,对血管阻塞程度(箭)及侧枝循环程度(星)积分的评估优于相应的OSP-CTA的

MIP图; g) CBV图示左侧CBV升高; h) CBF图示右侧CBF降低; i) MTT图示右侧MTT延长; j) Tmax图示右侧大片状异常灌注区。

表1 出院90天患者预后好与预后差组各参数比较

参数	预后好 (29例)	预后差 (16例)	<i>t</i>	<i>P</i>
动脉阻塞程度积分(分)	7.0±2.1	6.3±3.2	0.89	0.376
侧枝循环程度评分(分)	5.8±0.6	4.8±1.1	3.80	0.005
侧枝循环速度(s)	5.1±2.9	6.5±4.1	-1.35	0.186
脑组织梗死体积(mL)	11.2±24.2	43.5±33.0	-3.76	<0.001
Tmax灌注异常区体积	167.0±153.5	270.1±126.9	-2.29	0.027

## 讨论

全脑CTP检查不仅可以动态的评估缺血性脑卒中患者的动脉闭塞程度和侧枝循环状态,而且可以通过灌注分析软件定性和定量的评估脑组织血流灌注情况,为脑卒中患者药物治疗和介入术前评估提供依据。同时,随着CT扫描机硬件与软件的发展,辐射剂量逐步降低、覆盖范围越来越大,全脑CTP检查在脑卒中患者中的应用也逐步增多<sup>[7,9]</sup>。

源于全脑CTP数据的动态CTA图像覆盖了血流从动脉流入到静脉流出的全过程,因此可以根据要观察的目标动脉而选择其显影的最优期相,分别对闭塞或狭窄动脉以及侧枝动脉进行分期显像,从而避免了单期CTA图像对动脉显影峰值时间把握不准或不能同时兼顾显示闭塞动脉和侧枝动脉的困境。在本研究中,4DF-CTA是动态CTA的融合图像,对血管的显示无扫描时相依赖性,故对血管闭塞程度及侧枝循环程度的评估优于OSP-CTA图像,这同Frölich<sup>[6]</sup>和van den Wijngaard等<sup>[7]</sup>研究结果一致。同时,由于OSP-CTA是从动态CTA图像中选出的最优期相,其受扫描时相条件(触发点位置、触发阈值、延迟扫描时间)和患者自身条件(心功能、动脉狭窄)等因素的影响较小,因而其图像质量要优于常规触发扫描模式的单期CTA图像。所以,动态CTA图像对脑血管的显示

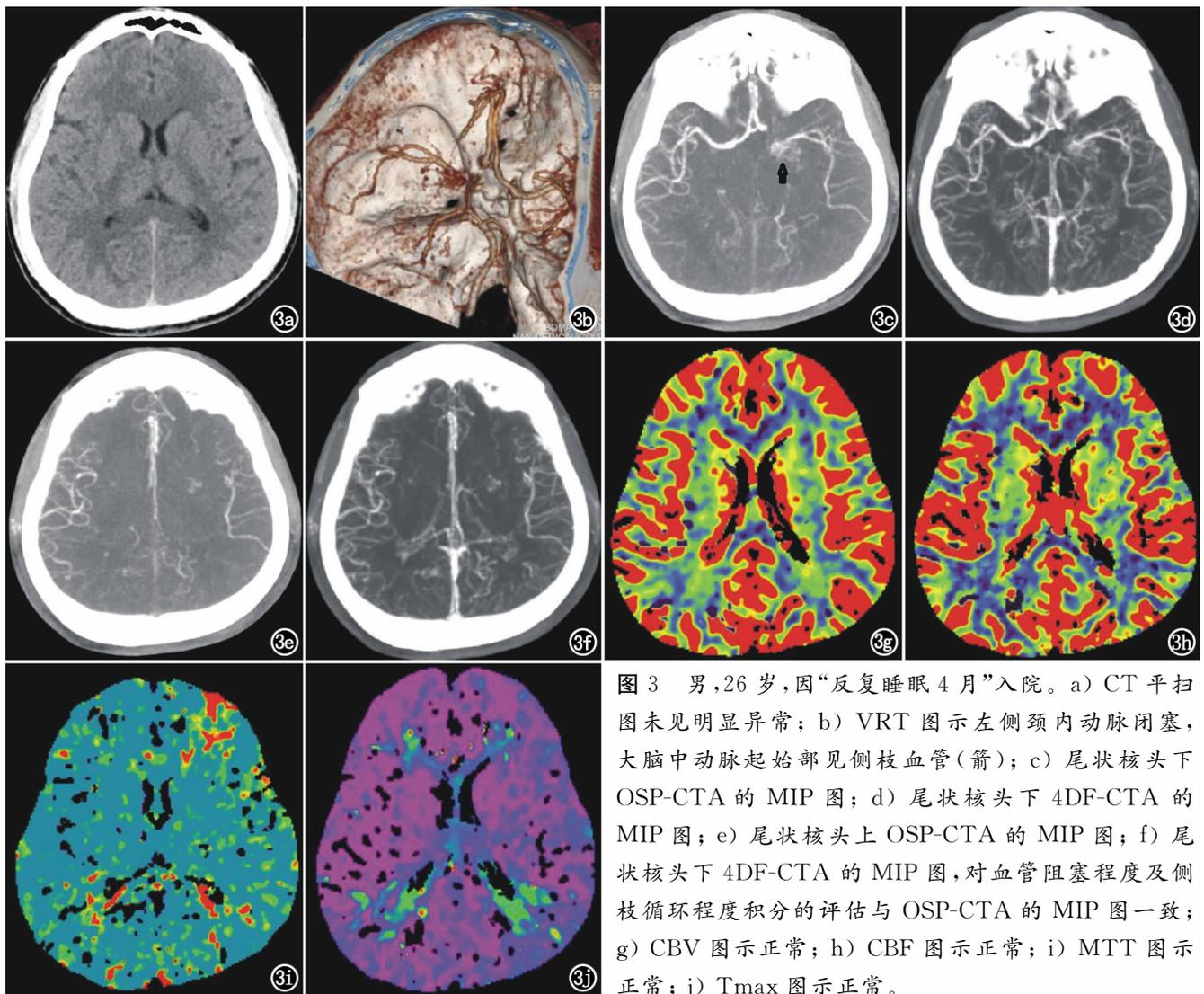


图3 男,26岁,因“反复睡眠4月”入院。a) CT平扫图未见明显异常; b) VRT图示左侧颈内动脉闭塞,大脑中动脉起始部见侧枝血管(箭); c) 尾状核头下OSP-CTA的MIP图; d) 尾状核头下4DF-CTA的MIP图; e) 尾状核头上OSP-CTA的MIP图; f) 尾状核头上4DF-CTA的MIP图,对血管阻塞程度及侧枝循环程度积分的评估与OSP-CTA的MIP图一致; g) CBV图示正常; h) CBF图示正常; i) MTT图示正常; j) Tmax图示正常。

要明显优于常规触发扫描模式的单期CTA图像。全脑CTP模式的动态CTA除了可以很好的评估脑动脉狭窄程度、侧枝循环状态,同时CTP还可以评估缺血半暗带等脑组织血流灌注情况。如果仅评估脑动脉狭窄和侧枝循环状态,多期CTA也是一种很好的选择<sup>[10]</sup>。

侧枝循环状态对缺血性脑卒中患者的治疗方案的选择、梗死体积和预后的评估至关重要<sup>[4-5]</sup>。侧枝循环主要包括3个水平<sup>[11]</sup>:①Willis环主要是前、后循环的沟通;②软脑膜动脉、眼动脉及其他小动脉之间形成的血管网;③新生血管。当动脉狭窄或阻塞时,根据个体差异不同,3个水平的侧枝循环会不同程度的开放或形成。在本组病例中,完整的Willis环的只有3例,而双侧后交通缺如的有23例、单侧缺如的有6例,所以第二和第三水平的侧枝循环尤为重要。本组病例中,侧枝循环程度与患者的预后明显相关,侧枝循环好的患者预后好,但是侧枝循环的速度对患者预后影响不明显。这和van den Wijngaard等<sup>[7]</sup>以梗死体积作为预后标准来评判侧枝循环程度和速度对大脑中动脉

阻塞患者预后影响的结果是一致的。

脑CTP主要用于动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者迟发性脑缺血的诊断<sup>[12]</sup>和急性缺血性脑卒中患者药物及介入治疗前的评估<sup>[13]</sup>。在缺血性脑卒中患者中可以通过CBV、CBF、MTT和Tmax等参数定性和定量的评估缺血半暗带和梗死核心,但是由于各医学中心扫描模式和各厂家分析软件算法的不一致,目前还没有统一的阈值与标准<sup>[14]</sup>。由于本组病例都不是急性脑缺血患者,所以仅对灌注伪彩图进行了定性评估,没有进行定量参数测量和分析。本组数据中时间参数MTT和Tmax大都延长,伪彩图能较敏感的反映血流灌注异常,而CBV大部正常或升高。这可能是由于在慢性缺血患者中大都建立起二级及三级的侧枝血管,但是动脉近段阻塞或狭窄的病灶又持续存在所致。因此,对于CTA显示血管狭窄,而CT平扫又显示脑实质正常的非急性缺血患者,CTP能提供更多的脑组织血流灌注信息,从而有利于临床医生对患者进行更精准和个性化的管理。

综上所述,对于非时间窗内的前循环脑缺血患者,

动态 CTA 图像能准确显示动脉狭窄及侧枝循环状态,全脑 CTP 又能很好的反映脑组织血流灌注情况。因此,一站式的全脑 CTP 及相应的动态 CTA 能为临床精准的管理此类患者提供客观依据。

#### 参考文献:

- [1] 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 2014[J].中华神经科杂志,2015,48(4):246-257.
- [2] Wang Y, Liao X, Zhao X, et al. Using recombinant tissue plasminogen activator to treat acute ischemic stroke in china: analysis of the results from the Chinese National Stroke Registry (CNSR) [J]. Stroke, 2011, 42(6): 1658-1664.
- [3] 张小雪,张京芬.国内急性期缺血性脑卒中的溶栓治疗现状分析[J].中华老年心脑血管病杂志,2015,17(2):222-224.
- [4] Liu LP, Xu AD, Wong LK, et al. Chinese consensus statement on the evaluation and intervention of collateral circulation for ischemic stroke[J]. CNS Neurosci Ther, 2014, 20(3): 202-208.
- [5] Seyman E, Shaim H, Shenhar-Tsarfaty S, et al. The collateral circulation determines cortical infarct volume in anterior circulation ischemic stroke[J]. BMC Neurol, 2016, 16(1): 206.
- [6] Frölich AM, Schrader D, Klotz E, et al. 4D CT angiography more closely defines intracranial thrombus burden than single-phase CT angiography[J]. AJNR, 2013, 34(10): 1908-1913.
- [7] van den Wijngaard IR, Holswilder G, Wermer MJ, et al. Assessment of collateral status by dynamic CT angiography in acute

- MCA stroke: timing of acquisition and relationship with final infarct volume[J]. AJNR, 2016, 37(7): 1231-1236.
- [8] Rittenberger JC, Raina K, Holm MB, et al. Association between cerebral performance category, modified rankin scale, and discharge disposition after cardiac arrest[J]. Resuscitation, 2011, 82(8): 1036-1040.
- [9] 王涛,师毅冰,华荣,等.双低剂量联合迭代重建技术在急性脑梗死容积 CT 全脑灌注成像中的可行性应用[J].放射学实践,2015,30(10):980-984.
- [10] Maas MB, Lev MH, Ay H, et al. Collateral vessels on CT angiography predict outcome in acute ischemic stroke[J]. Stroke, 2009; 40:3001-3005.
- [11] Liebeskind DS. Collateral circulation[J]. Stroke, 2003, 34(8): 2279-2284.
- [12] Francoeur CL, Mayer SA. Management of delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage[J]. Crit Care, 2016, 20(1): 277.
- [13] Borst J, Berkhemer OA, Roos YB, et al. Value of computed tomographic perfusion-based patient selection for intra-arterial acute ischemic stroke treatment[J]. Stroke, 2015, 46(12): 3375-3382.
- [14] Bivard A, Levi C, Spratt FN, et al. Perfusion CT in acute stroke: a comprehensive analysis of infarct and penumbra[J]. Radiology, 2013, 267(3): 543-550.

(收稿日期:2017-06-27)

## 本刊网站及远程稿件处理系统投入使用

本刊网站与远程稿件处理系统已开发测试完毕,已于 2008 年 3 月 1 号正式开通投入使用。

作者进行网上投稿及查稿具体步骤如下:请登录《放射学实践》网站(<http://www.fsxsj.net>)点击进入首页 → 点击“作者投稿” → 按提示注册(请务必按系统提示正确填写个人信息,同时记住用户名和密码,以便查询稿件处理进度) → 用新注册的用户名和密码登录 → 点击“作者投稿”进入稿件管理页面 → 点击“我要投稿” → 浏览文件 → 上传文件(浏览文件后请点击后面的“上传”按钮,只有系统提示“稿件上传成功”方可进行下一步录入操作,文章须以 WORD 格式上传,图表粘贴在文章中) → 录入稿件标题、关键词等 → 最后点击“确定”即可完成投稿。投稿后请速寄审稿费(100 元/篇)以使稿件迅速进入审稿处理。

作者自投稿之日起可不定期登录本刊网站查看稿件处理进度,不必打电话或发邮件查询,具体步骤如下:用注册过的用户名和密码登录 → 点击“作者查稿”进入稿件管理页面 → 点击左侧导航栏“我的稿件库” → “稿件状态”显示稿件处理进度 → 点击“查看” → 选择“当前信息”或“全部信息”查看稿件处理过程中的具体信息。稿件退修和催审稿费(版面费)的信息作者亦可在注册时填写的邮箱中看到,作者在邮箱看到相关信息后须进入本系统进行相应处理。

作者如从邮箱和邮局投稿(或网上投稿成功后又从邮箱或邮局再次投稿),本刊须花费大量精力将稿件录入系统中,部分稿件重复多次处理,这给我们的稿件统计及处理工作带来巨大困难。本刊作者需登录本刊网站投稿,如果通过邮箱或邮局投稿,本刊会通知您通过网上投稿。

由于准备时间仓促及经验不足,网站及远程稿件处理系统必然会存在一些缺点和不足之处,希望各位影像同仁不吝赐教,多提宝贵意见,予以指正。

如果您在投稿中遇到什么问题,或者对本系统及网站有好的意见和建议,请及时联系我们。

联系人:石鹤 明桥 联系电话:027-83662875