

多模式CT在支架取栓术治疗急性缺血性卒中的应用

李立恒¹, 肖承江¹, 吴宏², 苏欢欢³, 刘金武³, 汪天悦³
(广东省第二人民医院 1. 介入科, 2. 神经内科, 3. 影像科, 广东广州 510317)

摘要:【目的】探讨多模式CT在Solitaire支架取栓治疗急性缺血性卒中的影像评估价值。【方法】选择从2015年1月至2016年6月在我院临床诊断为急性缺血性卒中62例患者,在发病3~8 h内行多模式CT检查,包括CT平扫(NCCT)、CT血管成像(CTA)、CT灌注成像(CTP),采用改良的血管TICI分级标准(mTICI)评估血管栓塞情况,通过CTA及CTP参数评估责任血管及血流灌注状态,初步判断患者行Solitaire支架取栓的可行性。患者行支架取栓术后24 h再次行多模式CT检查评估责任血管情况,患者入院时和取栓术后72 h分别进行美国国立卫生研究院神经功能缺损评分(NIHSS)评估神经功能情况。【结果】经多模式CT检查共筛选出34例患者有支架取栓适应证。行支架取栓术后复查多模式CT,血管再通成功30例(30/34),成功率88.2%。取栓治疗的34例患者中,术前CTP成像提示存在缺血半暗带(IP),表现为IP与健侧镜像区相比,脑血流量(CBF)显著降低,脑血容量(CBV)轻度降低,达峰时间(TTP)及平均通过时间(MTT)显著延长,差异有统计学意义($P < 0.01$);患者取栓术后责任区域相对脑血流量(rCBF)、相对脑容量(rCBV)、相对达峰时间(rTTP)、相对平均通过时间(rMTT)值与术前对比,rCBF、rCBV升高,rTTP、rMTT缩短,差异有统计学意义($P < 0.01$);术后72 h患者NIHSS评分与入院时比较其差异有统计学意义($P < 0.01$)。【结论】多模式CT对急性缺血性卒中患者行Solitaire支架取栓治疗具有指导作用和重要评估价值。

关键词:多模式CT;支架取栓;急性缺血性卒中;缺血半暗带

中图分类号:R816 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-3554(2019)04-0622-07

The Application of Multi-modal CT in Stent Embolectomy for Acute Ischemic Stroke

LI Li-heng¹, XIAO Cheng-jiang¹, WU Hong², SU Huan-huan³, LIU Jin-wu³, WANG Tian-yue³
(1. Department of Interventional Radiology, 2. Department of Neurology, 3. Department of Medical Imaging, Guangdong Second Provincial General Hospital, Guangzhou 510317, China)
Correspondence to: XIAO Cheng-jiang; E-mail: xxx196610@163.com

Abstract:【Objective】To explore the image evaluation value of multi-model CT in the treatment of acute ischemic stroke with Solitaire stent embolectomy. 【Methods】A total of 62 patients diagnosed with acute ischemic stroke from January 2015 to June 2016 in Guangdong Second Provincial General Hospital were included in this study. Multi-model CT inspection, including CT scan (NCCT), CT angiography (CTA) and CT perfusion imaging (CTP), was performed in all patients within 3~8 h. The improved vascular TICI classification standard (mTICI) was used to assess vascular embolization, and we evaluated the responsible vessels and blood perfusion state by CTA and CTP blood vessels, to determine the feasibility of embolectomy with Solitaire stent preliminarily. The patients underwent multi-mode CT examination 24 h after stent embolization to evaluate the responsible vessels. NIHSS was used to assess the neurological function at admission and 72 h after stent embolization. 【Results】A total of 34 patients with indication of stent thrombus removal were selected by multi-mode CT examination from 62 patients. Re-examination of multi-mode CT after stent thrombus removal

收稿日期:2019-02-27

基金项目:广东省医学科研基金指令性课题项目(C2016013)

作者简介:李立恒,副主任医师,研究方向:血管介入,E-mail: liliheng177@163.com;肖承江,通信作者,主任医师,E-mail: xxx196610@163.com

showed that 30 of the 34 cases (30/34, the successful rate was 88.2%) gained success in vascular recanalization. Before the stent thrombus removal of the 34 patients, CTP imaging showed ischemic penumbra (IP), and there was significant decrease in cerebral blood flow (CBF) and slight decrease in cerebral blood volume (CBV), significantly prolonged peak time (TTP) and mean transit time (MTT) compared with the contralateral image area. The difference is statistically significant ($P < 0.01$). After the stent thrombus removal, the relative cerebral blood flow (rCBF) and relative cerebral blood volume (rCBV) were elevated, the relative peak time (rTTP) and relative mean transit time (rMTT) were shortened. The difference is statistically significant ($P < 0.01$). Compared with admission, there is significant statistical difference in the NIHSS score of patients 72 h after operation ($P < 0.01$). 【Conclusion】 Multi-model CT has guiding effect and important evaluation value in the treatment of acute ischemic stroke patients with Solitaire stent thrombolysis.

Key words: multi-model CT; stent embolectomy; acute ischemic stroke; ischemic penumbra

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2019, 40(4): 622-628]

急性缺血性卒中 (acute ischemic stroke, AIS) 是指脑动脉主干或皮质支急性循环障碍导致脑组织缺血缺氧, 迅速引起局限性或弥漫性脑功能缺损的临床事件^[1]。近年来临床应用 Solitaire 支架取栓术治疗 AIS 得到了国内外学者^[2-4]的一致认可。如何进一步扩大脑卒中治疗的时间窗、最大限度的挽救卒中患者缺血的脑组织成为目前研究的热点^[3]。多模式CT能快速显示卒中患者责任血管闭塞情况和责任病灶血流灌注状态, 判断是否存在可挽救的缺血半暗带 (ischemic penumbra, IP)^[4]。通过自身对照研究, 本文探讨了多模式CT指导下急性缺血性卒中行 Solitaire 支架取栓术的疗效, 拟对临床实践提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 临床资料

选择从2015年1月至2016年6月在我院神经内科临床诊断为急性缺血性卒中患者62例(男43, 女19), 年龄42~69(61.18±6.20)岁。本项目经伦理学委员会审核通过, 所有被试均需本人或法定监护人签订知情同意书, 患者在支架取栓术前均未实施过静脉溶栓治疗。纳入标准: ①年龄为40~70岁; ②有急性脑卒中的临床症状和体征, 症状和体征不能自行缓解或出现进行性加重, 美国国立卫生研究院神经功能缺损评分(National Institute of Health Stroke Scale USA, NIHSS)评分为10~17分; ③发病时间为3~8 h; ④头颅CT平扫排除脑出血、未出现明显脑梗死灶病例; ⑤患者临床诊断符合中国急性缺血性脑卒中诊治指南

2010标准; ⑥血压控制在140/90~180/100 mmHg。排除标准: ①肾功能不全史或对造影剂过敏史以及其他禁忌症如凝血功能障碍、多器官功能衰竭等; ②脑卒中后遗症所致的严重残疾或痴呆或NIHSS评分>25; ③合并脑肿瘤; ④1周内有无颅脑手术史; ⑤最近1个月有脑梗死或心肌梗死病史; ⑥合并双侧髂动脉、股动脉慢性闭塞或入路侧颈内动脉或椎动脉慢性闭塞。患者急诊入院后立即启动急性缺血性卒中绿色通道, 完成多模式CT检查到开始行支架取栓术整个过程应在40~60 min之内完成。

1.2 方法

1.2.1 多模式CT图像采集 使用Philips Brilliance 256排螺旋CT进行多模式CT检查, 先行CT平扫(non-contrast CT, NCCT), 再行CT灌注成像(CT perfusion, CTP), 隔5 min行CT血管成像(CT Angiography, CTA)扫描。以听眦线为标准定位线, 其中NCCT及CTP的扫描范围为全脑, CTA的扫描范围为主动脉弓至头顶。

NCCT: 采用轴扫, 层厚2.5 mm, 层间距10 mm, 电压120 kv, 电流350 mA。

CTP: 使用高压注射器经右肘正中静脉注入碘海醇(300 mgI/mL)50 mL, 生理盐水40 mL, 注射速度5 mL/s, 延迟4 s, 电压80 kv, 电流125 mA, 扫描速度0.33 s/r, 间隔时间为4 s, 层厚5 mm, 层间距5 mm, 覆盖范围: 全脑, 共获得图像360幅。

CTA: 使用高压注射器经右肘正中静脉注入碘海醇(350 mgI/mL)60~70 mL, 生理盐水20 mL, 注射速度5 mL/s, 以18 s时间作为延迟时间, 采用螺旋扫描, 层厚0.8 mm, 螺距0.946, 电压100 kv,

电流 250 mA, 获得原始图像。

1.2.2 图像后处理 原始图像自动传至 Philips Intellispace Portal V5.0.1 工作站, 用 Brain Perfusion 软件对 CTP 原始数据进行后处理, 选取大脑前动脉为输入动脉, 上矢状窦为输出静脉, 获得感兴趣区域(region of interests, ROI)的时间-密度曲线(time-density curve, TDC), 系统自动计算出脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、达峰时间(time to peak, TTP)、平均通过时间(mean transmit time, MTT)等参数的伪彩图像以及根据 CBV/CBF 的不匹配模型得到的 mismatch 图像。

用 AVA 软件对 CTA 原始图像进行后处理, 得到重建出的容积重建(volume rendering, VR)图像、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)图像及颈部血管的曲面重建(curved planar reconstruction, CPR)图像。

本课题组专门负责的影像诊断医师对灌注图像进行分析, 采用对照健侧的方法确认梗死区, 其周边低灌注区为 IP, 手工勾画出 ROI, 测量 IP 和健侧镜像区的 CBF、CBV、TTP、MTT 值, 以“患侧/健侧”的计算方法得到各参数的相对值, 即相对脑血流量(relative CBF, rCBF)、相对脑容量(relative CBV, rCBV)、相对达峰时间(relative TTP, rTTP)、相对平均通过时间(relative MTT, rMTT)。

1.2.3 支架取栓术取栓适应征 同时符合以下条件: ①头颅 CT 平扫颅脑责任区域未见明显低密度梗死灶; ②CTP 提示责任区域存在缺血半暗带区域; ③CTA 显示责任血管闭塞, 责任血管直径 ≥ 2 mm。

运用 PHILIPS 公司 Allura Xper FD20 数字大平板血管造影机行数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)检查, 投照角度为标准正、侧位片, 图像采集帧速为 6 帧/秒, 主动脉弓及颈动脉、椎动脉内造影利用高压注射器注射造影剂, 主要参数设置为: 主动脉弓(流速: 15 mL/s, 注射总量 30 mL/s, 压力上限 900 psi), 颈内动脉(流速: 4 mL/s, 注射总量 8 mL/s, 压力上限 150 psi), 椎动脉(流速 3 mL/s, 注射总量 6 mL/s, 压力上限 150 psi)。

患者完成脑血管造影检查明确脑动脉闭塞位置后, 立即行支架取栓治疗, “Road Map” 路途技术指引下利用 X-pedion-10 微导丝通过责任血管闭塞段, 送入 Rebar-18/Rebar-27 导管, 送入 Solitaire

AB 型支架 4 mm \times 15 mm(6 mm \times 20 mm)置于闭塞段动脉内, 缓慢退出导管使支架自然张开后, Solitaire AB 支架与支架输送导管一同回撤收入指引导管, 最后撤出体外, 必要时重复取栓, 造影复查了解闭塞段血流状况, 改良的血管 TICI 分级标准(modified thrombolysis in cerebral infarction score, mTICI)评估前向血流达 II~III 级时结束治疗^[5]。

1.3 疗效评估

观察患者取栓术后责任血管再通情况、责任区域血流灌注及缺血半暗带的范围变化, 观察患者神经功能改善及有无手术并发症。采用 mTICI 分级标准评估血管再通程度^[6]。0 级: 血管闭塞, 没有对比剂通过, 远端无灌注; I 级: 少量对比剂通过闭塞部位, 但远端灌注无改善; II a 级: 部分血管再通, 远端灌注范围 < 50% 的受累血管供血区; II b 级: 部分血管再通, 远端灌注范围 > 50% 的受累血管供血区; III 级: 血管完全再通, 远端灌注完全恢复。责任区域血流灌注采用术前、术后对照及健侧镜像对照的方法, 通过观察 CBF、CBV、TTP、MTT 值及 rCBF、rCBV、rTTP、rMTT 值的变化评估, 同时评估缺血半暗带的范围, 利用 NIHSS 评分量表评价患者神经功能恢复情况。

1.4 统计学分析

使用 SPSS 18.0 软件统计分析, 符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示; 不符合正态分布的计量资料以 P_{50} ($P_{25} \sim P_{75}$)描述。配对设计资料比较, 配对的差值资料服从正态分布时, 用配对 t 检验; 配对差值呈偏态分布时, 用配对符号秩检验。成组设计资料比较, 如果方差齐性并且两组资料分别呈正态分布, 用成组 t 检验; 如果方差不齐性但两组资料分别呈正态分布, 用成组 t' 检验; 如果方差不齐, 或者偏态分布, 则用两组独立样本比较的秩和检验(Two-sample Wilcoxon rank-sum test)。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

62 例患者全部完成多模式 CT 检查及图像后处理, CT 扫描及图像后处理时间平均约 30 min, CTA 检查显示责任血管闭塞且责任血管直径 ≥ 2 mm 者 48 例(48/62), CTP 判断存在缺血半暗带者 45 例(45/62), CTP 表现为责任区域与健侧镜像区相比, CBF 降低, CBV 正常或轻度降低、升高, TTP 及

MTT延长(图1 A-D),CTA表现为责任血管闭塞(图1 E)共筛选出38例(38/62)患者有支架取栓适应证,4例患者因病情变化未能及时行支架取栓术,其余34例患者全部完成支架取栓治疗,术前DSA表现为责任血管闭塞(图1 F),其中一侧颈内动脉颅内段闭塞5例,一侧大脑中动脉主干闭塞20例,一侧大脑前动脉闭塞7例,椎-基底动脉闭塞2例,行Solitaire支架取栓术(图1 G),取栓术后即刻复查DSA(图1 H),取出的栓子送病理检查(图1 N~P),取栓术后24 h复查多模式CT检查提示血管再通成功30例,再通成功率88.2%(30/34),责任区域脑血流灌注完全恢复或部分恢复,缺血半暗带

范围缩小(图1 I~L),再通失败4例,责任区域无脑血流灌注,缺血半暗带范围变大,所有病例无继发性脑栓塞,无动脉夹层,无颅内出血并发症。

取栓治疗的34例患者中,术前CTP成像提示存在IP,表现为IP与健侧镜像区相比,CBF显著降低,CBV轻度降低,TTP及MTT显著延长,差异有统计学意义($P < 0.01$;表1);患者取栓术后责任区域rCBF、rCBV、rTTP、rMTT值与术前对比,rCBF、rCBV升高,rTTP、rMTT缩短,两者差异有统计学意义($P < 0.01$;表2);术后72 h患者NIHSS评分与入院时比较明显降低,差异有统计学意义($P < 0.01$;表3)。

表1 患者取栓前IP区和健侧镜像区各参数对比

Table 1 The comparison of CTP parameters between IP area and contralateral mirror area before operation

[($\bar{x} \pm s$), medians (inter-quartile range)]

	CBF/[mL/(100 g·min)]	CBV/(mL/100 g)	TTP/S	MTT/S
IP area	22.21(19.12~26.59)	5.80(5.11~6.14)	30.07±2.71	16.06(14.57~18.34)
Mirror area	136.23(108.46~170.39)	6.88(6.02~8.26)	20.97±1.91	5.30(4.83~5.98)
<i>t/Z</i>	-5.09 ¹⁾	-5.05 ¹⁾	14.63 ²⁾	-5.09 ¹⁾
<i>P</i>	0.00	0.00	0.00	0.00

The analysis was done by comparing to the IP area and contralateral mirror area. Skewed data was expressed as medians (inter-quartile range). 1) Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test: The CTP parameters of IP area and contralateral mirror area before operation. There was significant difference between the two groups ($P < 0.01$); 2) Paired-sample *t* test: The CTP parameters of IP area and contralateral mirror area before operation, the difference was statistically significant between the two groups ($P < 0.01$).

表2 患者取栓前后IP区rCBF、rCBV、rTTP、rMTT对比

Table 2 The comparison of CTP parameters in IP area between preoperative and postoperative

[($\bar{x} \pm s$), medians (inter-quartile range)]

IP area	rCBF	rCBV	rTTP	rMTT
Preoperative	0.16(0.13~0.23)	0.76±0.20	1.49(1.39~1.54)	3.05±0.67
Postoperative	0.95(0.90~1.07)	0.95±0.29	1.06(0.98~1.10)	1.34±0.49
<i>t/Z</i>	-5.09 ¹⁾	-3.26 ²⁾	-5.07 ¹⁾	11.9 ²⁾
<i>P</i>	0.00	0.00	0.00	0.00

The analysis was done by comparing the IP areas between the two groups. Skewed data were expressed as medians (inter-quartile range). 1) Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test: The rCBF of IP area on the affected side was improved and the rTTP was shortened after operation. There was significant difference between the two groups ($P < 0.01$); 2) Paired-sample *t* test: The rCBV of IP area on the affected side was improved and the rMTT was shortened after operation. The difference was statistically significant between the two groups ($P < 0.01$).

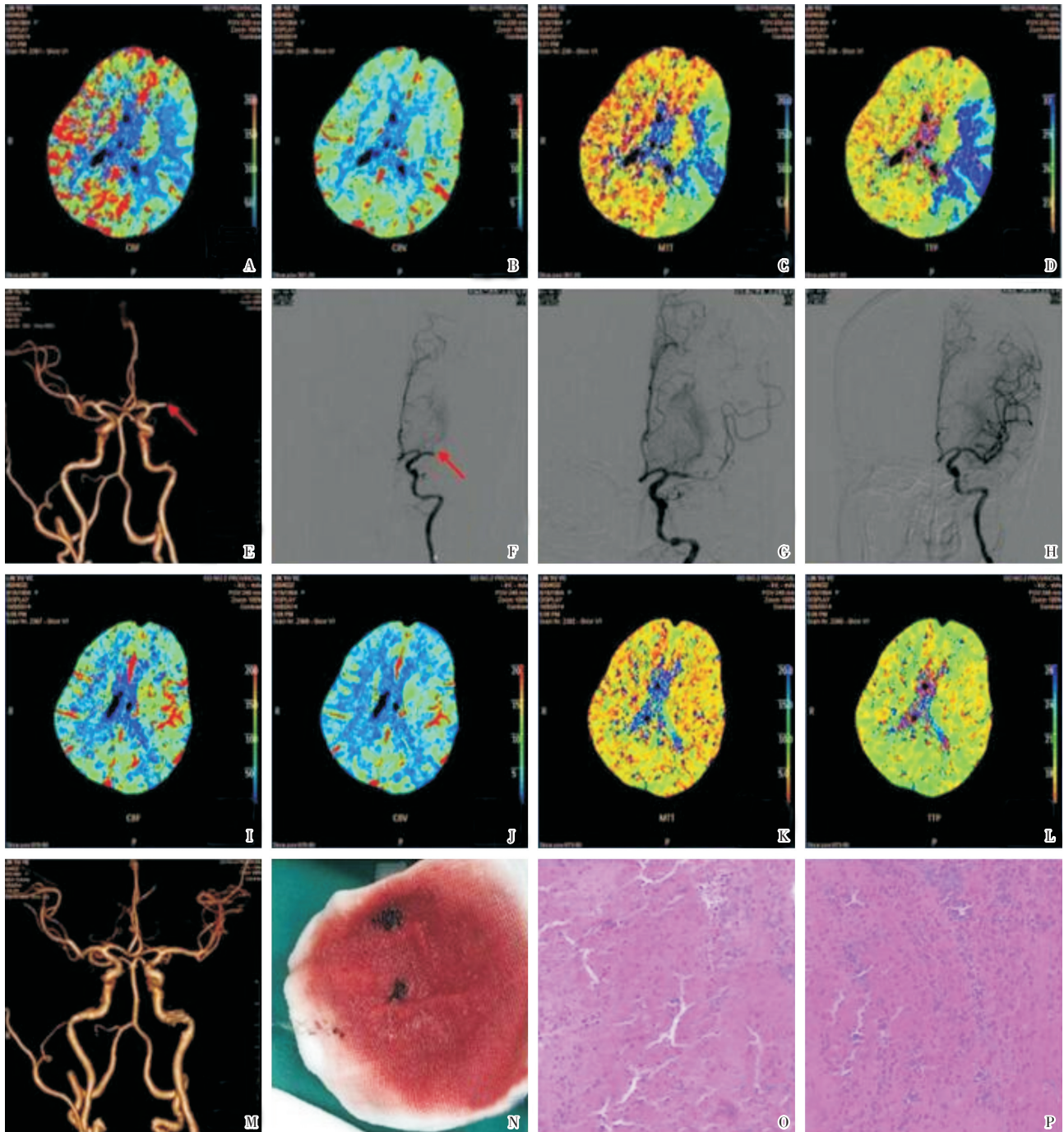
表3 患者治疗前后神经功能缺损评分NIHSS比较

Table 3 The comparison of NIHSS between preoperative and postoperative

($\bar{x} \pm s$)

Groups	<i>n</i>	Before treatment	After treatment	Difference	<i>t</i>	<i>P</i>
Successful	30	12.73±1.44	3.50±1.78	9.23±2.24	22.59	0.00
Failure	4	15.25±0.50	15.75±0.96	-0.50±1.29	-0.78	0.50

Paired-sample *t* test: The NIHSS value of the successful embolectomy group was significantly lower than that of the preoperative group. There was a significant difference between the two groups ($P < 0.01$).



A 62-year-old woman with a 6.5-hour onset had a NIHSS score of 12 points before embolization. A-D is CTP before embolization, indicating that CBF (A) in the left middle cerebral artery blood supply area is lower, CBV (B) is basically unchanged, MTT (D) and TTP (C) are prolonged (with false color image red representing increase, blue representing decrease, and from red to blue showing a decreasing trend). E is CTA before embolization, showing left middle cerebral artery occlusion (arrow). F-G is angiography and stent embolization. F is preoperative DSA, indicating left middle cerebral artery occlusion (arrow). G shows Solitaire stent implantation at left middle cerebral artery embolism site for embolization, while H shows left middle cerebral artery blood flow recovery after embolization by DSA, TIC1 grade III. I-L is CTP after embolization, indicating that CBF (I) and CBV (J) in the left middle cerebral artery blood supply area are basically unchanged, MTT (L) and TTP (K) are slightly prolonged (with false-color image red representing increased, blue representing decreased, and from red to blue showing a decreasing trend); M: CTA after embolization, showing the recovery of blood flow in the left middle cerebral artery horizontal segment, TIC1 score. Class III level; N shows Solitaire stent and removed embolic material, while O and P shows thrombus tissue pathologically.

图1 患者在多模式CT指导下行取栓术的术前、术后对比图

Fig.1 The comparison of treatment effect between preoperative and postoperative CT-guided thrombectomy

3 讨论

治疗急性缺血性卒中目的是尽快恢复可挽救脑组织的血流灌注,治疗核心是挽救缺血半暗带区域的脑组织^[7]。多模式CT指导溶栓治疗已经成为治疗急性缺血性卒中的重要方法,但溶栓治疗的时间依赖性太强,发病超过6h的卒中患者行溶栓治疗容易导致脑组织缺血再灌注损伤,甚至出现继发性脑出血等严重并发症^[8]。和溶栓治疗相比,采用Solitaire AB支架取栓术治疗AIS进一步扩大了治疗时间窗,在取得良好的血管开通率的同时,大大减少了出血并发症。本课题组在2010年开始使用Solitaire AB支架取栓术治疗AIS,前期开展的工作由于条件限制,术前评估仅采用CT平扫排除脑出血和明显脑梗塞灶的方法,无法在支架取栓术前预先判断责任血管的情况和责任区域缺血半暗带的范围。随着多层螺旋CT检查技术的不断发展,新的多模式CT检查可以更早期、准确、全面的诊断急性缺血性卒中,对于急性缺血性脑卒中患者,CT平扫排除脑出血、未出现明显脑梗死灶,CTA能直观显示闭塞血管的部位和直径大小,CTP能准确评价梗死的核心区和半暗带脑组织的血流灌注状态^[9],因此,多模式CT的应用可以为卒中患者提供快速、精准的术前评估及术后疗效的客观判断。

脑卒中患者的治疗方式的选择不应该完全依赖时间窗标准,更为精准直观的病灶血流生理病理状态才是最为可靠的治疗方法选择证据^[10]。因此,时间窗只是一个相对的概念。本组62例患者中有18例发病时间超过6h,通过多模式CT筛查存在缺血半暗带者9例(9/18),结合CTA判断靶血管的情况,共7例(7/18)患者适合行支架取栓术,取栓术后复查多模式CT提示完全再通4例,部分再通2例,再通失败1例,再通成功率达85.7%(6/7),术后患者NIHSS评分下降。对这7例

取栓患者的术前多模式CT评估和治疗后是否获益是本研究关注的重点,分析该7例患者的DSA图片,DSA只能判断责任血管近端的血流状态,无法评估闭塞远端区域的脑组织灌注情况以及是否可挽救;而多模式CT的术前评估价值得到了很好的体现:取栓组7例患者CTP提示均存在CBF减低,TTP、MTT延长,CBV正常或轻度下降,TTP、MTT延长往往反映局部脑灌注压降低或侧支血管代偿所致,研究表明,在CBF降低,CBV正常或轻度下降、升高时,TTP、MTT延长说明该区域脑组织尚保留血管调节功能,潜在侧支循环向缺血区域供血^[11],提示即使发病时间延长,该区域神经组织仍未达到完全性不可逆损伤,缺血脑组织有挽救的价值^[12];另外9例未取栓患者的CTP则表现为MTT、TTP延长,CBF降低,CBV明显下降,提示为梗死区域,无取栓治疗适应证。

综上所述,多模式CT可通过灌注参数判断患者是否存在缺血半暗带,通过CTA评估责任血管有无取栓适应证,尤其对超时间窗患者进行支架取栓治疗时具有重要的评估价值。结合多年来对多模式CT检查的应用体会,总结如下:①高效:一站式检查可以快速评估脑实质、脑血管、灌注及缺血半暗带(parenchyma, pipes, perfusion, penumbra, 4P)的情况^[13];②准确:CTP对急性缺血性卒中患者脑缺血的敏感性及特异性分别为93%和98%^[14],结合CTA不但可以显示缺血半暗带,还可以直观显示责任血管狭窄和闭塞程度;③急诊检查优于MR:多模式CT扫描获取的影像信息与MR相似,并且其扫描时间短,对患者配合要求低于MR,更适合急诊患者应用^[15]。④必要:在对扩大时间窗的AIS患者实施Solitaire AB支架取栓治疗时,术前对患者责任区域脑血管情况、脑组织灌注等生理、病理状态评估必不可少,多模式CT可作为首选。然而,本研究样本量小,只能得出初步结论,还需要更大样本量的对照研究试验证明上述观点。

参考文献

- [1] Xu N, Kan P, Yao X, et al. Astragaloside IV reversed the autophagy and oxidative stress induced by the intestinal microbiota of AIS in mice[J]. *J Microbiol*, 2018, 56(11): 838-846.
- [2] Zibold F, Mordasini P, Mosimann P, et al. Safety of the solitaire 4 × 40 mm stent retriever in the treatment of ischemic stroke [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2018, 41(1): 49-54.
- [3] Saber H, Rajah GB, Kherallah RY, et al. Comparison of the efficacy and safety of thrombectomy devices in acute stroke: A network meta-analysis of randomized trials[J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10(8): 729-734.
- [4] 李利锋, 鲁宏. 脑组织半暗带的病理、分子机制及影像表现的研究进展[J]. *国际医学放射学杂志*, 2016, 39(1): 18-22.
Li LF, Lu H. Research progresses of pathology, molecular mechanism, and imaging manifestation of the brain penumbra tissue [J]. *Int J Med Radiol*, 2016, 39(1): 18-22.
- [5] Zhu G, Michel P, Jovin T, et al. Prediction of recanalization in acute stroke patients receiving intravenous and endovascular revascularization therapy [J]. *Int J Stroke*, 2015, 10(1): 28-36.
- [6] Zaidat OO, Yoo AJ, Khatri P, et al. Recommendations on angiographic revascularization grading standards for acute ischemic stroke: a consensus statement[J]. *Stroke*, 2013, 44(9): 2650-2663.
- [7] Hirano T. Searching for salvageable brain: the detection of ischemic penumbra using various imaging modalities[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2014, 23(5): 795-798.
- [8] 王以翠, 常焕显, 孔令胜. 重组组织型纤溶酶原激活剂动脉溶栓联合血管内治疗对早期脑梗死患者的疗效观察[J]. *中国急救医学*, 2016, 36(7): 609-613.
Wang YC, Chang HX, Kong LS. Clinical observation of intra-arterial thrombolysis with recombinant tissue plasminogen activator in the treatment of early acute cerebral infarction [J]. *Chin J Crit Care Med*, 2016, 36(7): 609-613.
- [9] Strambo D, Rey V, Rossetti AO, et al. Perfusion-CT imaging in epileptic seizures[J]. *J Neurol*, 2018, 265(12): 2972-2979.
- [10] 刘迪龚, 陈洁, 赵宇, 等. 机械性血管再通治疗超时间窗急性缺血性脑卒中患者 11 例[J]. *介入放射学杂志*, 2016, 25(4): 287-292.
Liu DG, Chen J, Zhao Y, et al. Mechanical endovascular recanalization therapy for over-time-window acute ischemic stroke: initial experience in 11 cases [J]. *J Intervent Radiol*, 2016, 25(4): 287-292.
- [11] Kheradmand A, Fisher M, Paydarfar D. Ischemic stroke in evolution: predictive value of perfusion computed tomography[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2014, 23(5): 836-843.
- [12] Burton KR, Dhanoa D, Aviv RI, et al. Perfusion CT for selecting patients with acute ischemic stroke for intravenous thrombolytic therapy [J]. *Radiology*, 2015, 274(1): 103-114.
- [13] 江桂华, 张雅茜, 田军章, 等. 急性缺血性脑卒中多模式 CT 检查的可行性研究[J]. *中国急救复苏与灾害医学杂志*, 2014, 9(1): 29-32.
Jiang GH, Zhang YX, Tian JZ, et al. Feasible analysis of multimodal CT examination in patients with acute ischemic stroke [J]. *Chin J Emerg Resuscit & Disast Med*, 2014, 9(1): 29-32.
- [14] 黄镗, 武剑, 马青峰, 等. 全脑 CT 灌注成像指导静脉溶栓的有效性和安全性评价[J]. *中华医学杂志*, 2013, 93(43): 3419-3423.
Huang Q, Wu J, Ma QF, et al. Intravenous thrombolysis directed by whole-brain computed tomographic perfusion: a case-control study [J]. *Nat Med J Chin*, 2013, 93(43): 3419-3423.
- [15] Hacke W, Furlan AJ, Al-Rawi Y, et al. Intravenous desmoteplase in patients with acute ischaemic stroke selected by MRI perfusion-diffusion weighted imaging or perfusion CT (DIAS-2): a prospective, randomised, double-blind, placebo-controlled study [J]. *Lancet Neurol*, 2009, 8(2): 141-150.

(编辑 余菁)