

Comparison of maximal slope method and deconvolution method in the post-processing of cerebral CT perfusion with 64-slice spiral CT

ZHANG Meng-wei, GAO Si-jia*, WANG Zhong-hui, WANG Qiang, LIU Yi

(Department of Radiology, the First Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, China)

[Abstract] **Objective** To compare the difference of maximal slope method and deconvolution method in the post-processing of cerebral CT perfusion with 64-slice spiral CT at common injection rate of 6 ml/s. **Methods** Thirty-two patients who underwent cerebral plain CT and CT perfusion examination with 64-slice spiral CT were collected. The post-processing of images were performed respectively with perfusion software packages based on maximal slope method and deconvolution method. Regions of interest (ROI_s) were drawn in bilateral cortical areas, and absolute parameter values of CT perfusion were measured, including cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV), mean transit time (MTT) and time to peak (TTP). The ratio of the parameter value of pathological side and normal side was defined as relative parameter value. The data was analyzed with paired *t*-test. **Results** In the group with normal perfusion, the difference of every absolute parameter value obtained respectively from perfusion software packages based on two algorithms had statistical significance, and the difference of every relative parameter value had no statistical significance. In the group with unilateral abnormal perfusion, with regard to the cerebral side of abnormal perfusion, the difference of absolute parameter values of MTT and CBV had statistical significance, the difference of absolute parameter values of TTP and CBF had no statistical significance, nor did the difference of every relative parameter value. **Conclusion** At the frequently used clinical injection rate of 6 ml/s, the slope method can lead to the underestimate of CBF. Absolute parameter values obtained from the slope method are obviously greater than that from the deconvolution method. The evaluation of relative parameter values can not only make up the deficiency of the slope method at low injection rate, but also eliminate the difference of results caused by different post-processing algorithm, and can be used preferably in qualitative and quantitative analysis.

[Key words] CT perfusion; Tomography, X-ray computed; Maximal slope method; Deconvolution algorithm; Cerebral blood flow

最大斜率法与去卷积算法在 64 层螺旋 CT 脑灌注后处理中的应用比较

章梦薇, 高思佳*, 王忠辉, 王强, 刘屹

(中国医科大学附属第一医院放射科, 辽宁 沈阳 110001)

[摘要] **目的** 比较常用对比剂流率(6 ml/s)下最大斜率法和去卷积算法在 64 层螺旋 CT 后处理中的差异。**方法** 收集 32 例接受 64 层螺旋 CT 头部平扫及灌注成像的患者, 分别利用基于最大斜率模型和去卷积模型的灌注软件包进行后处理, 在双侧皮质区绘制感兴趣区(ROI), 测量 CT 灌注绝对参数值: 脑血流量(CBF)、脑血容量(CBV)、平均通过时间(MTT)和达峰时间(TTP), 以患侧参数值与对侧正常参数值的比值为相对参数值。由 2 位有经验的神经放射医师分别根据各参数伪彩功能图结合双侧灌注参数值盲法做出诊断, 以配对 *t* 检验进行统计学分析。**结果** 灌注正常组应用基于两种模型的灌注软件包所得各项参数绝对值差异均有统计学意义($P < 0.01$), 各相对值差异均无统计学意义($P > 0.05$)。单侧灌注异常组应用基于两种模型的灌注软件包所得灌注异常侧 MTT、CBV 绝对值差异有统计学意义($P < 0.01$), TTP、CBF 绝对值差异无统计学意义($P > 0.05$), 各参数相对值差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 在临床常用注射流率(6 ml/s)下, 最大斜率法会低估 CBF, 其所得 MTT、CBV 绝对值均明显大于相应去卷积算法所得值。计算相对值不仅能弥补在低注射流率下最大斜率法的不足, 而且能消除由不同后处理算法本身所带来的结果差异, 能更好地用于定性、定量分析。

[基金项目] 辽宁省教育厅高等学校科研基金(05L453)。

[作者简介] 章梦薇(1985-), 女, 江西临川人, 硕士。研究方向: 神经系统影像诊断。E-mail: zhangmengwei2006@sina.com

[通讯作者] 高思佳, 中国医科大学附属第一医院放射科, 110001。E-mail: scarlettgao@126.com

[收稿日期] 2008-09-04 **[修回日期]** 2008-12-05

[关键词] CT 灌注;体层摄影术,X 线计算机;最大斜率法;去卷积算法;脑血流量
[中图分类号] R445.3 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2009)03-0505-04

近年来,随着多层螺旋 CT 的飞速发展,脑 CT 灌注的临床应用取得了很大进展,各生产厂家所提供的灌注后处理软件也更加完备。CT 活体组织灌注测量中,各厂家所采用的扫描方法基本类似,但都基于不同的的数学模型,其中以最大斜率法和去卷积算法应用最为广泛。本研究比较在临床常规注射速率(6 ml/s)下最大斜率法与去卷积算法在 64 层螺旋 CT 后处理中的差异,观察应用不同灌注后处理软件包对诊断准确性的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2006 年 5 月—2008 年 5 月在我院接受头部 CT 平扫及灌注成像的患者 32 例,男 26 例,女 6 例,年龄 24~82 岁,平均(55.3 ± 11.4)岁。所有患者均因临床怀疑脑缺血而接受检查,其中 12 例接受 CTA 或 DSA 检查,诊断颈部血管狭窄或闭塞者 6 例,大脑中动脉狭窄者 4 例,颈部、脑部血管均有狭窄者 2 例。

1.2 检查方法 采用 TOSHIBA Aquilion 64 层螺旋 CT 机扫描,所有患者均先接受头部 CT 平扫,选取基底节区及其上下层面进行灌注成像。使用高压注射器经肘静脉团注非离子型对比剂(碘海醇 300 mgI/ml),注射流率 6 ml/s,总量 45 ml,延迟 5 s 后对选定层面进行灌注扫描:管电压 120 kV,管电流 70 mA,层厚 8 mm,扫描 4 层,总扫描时间 50 s。

1.3 图像后处理 将重建的 4 × 50 幅原始图像传至 ADW 4.1 及 Vitrea 2 工作站,分别使用基于去卷积模型的 GE Light speed perfusion 3 及基于最大斜率模型的 Ascend CT perfusion 灌注软件包进行图像后处理得到反映颅脑灌注功能状态的脑血流量(cerebral blood flow, CBF)、脑血容量(cerebral blood volume, CBV)、平均通过时间(mean transit time, MTT)和达峰时间(time to peak, TTP)伪彩功能图。在 4 个扫描层面大脑凸面皮质区选择 3~5 个感兴趣区(region of interest, ROI),测定 CBF、CBV、MTT 及 TTP 值,取平均值作为各参数的绝对值,并用镜面法分别在对侧测定各相应值。若 CT 灌注为单侧灌注异常,用患侧参数值与对侧正常参数值的比值作为相对参数值;若 CT 灌注正常,则以右侧与左侧参数值的比值作为相对参数值。ROI 的选择大于 50 个像素,一般在 100 个像素左右,并避开血管部位。流入动脉常规选择大脑前动脉,流出静脉常规选择上矢状窦。

1.4 数据处理 采用 SPSS 11.5 统计软件包对所得计量资料进行统计学分析。每组计量资料均首先经正态性检验,双侧 P > 0.05 认为本组数据呈正态性分布。由 2 位有经验的神经放射医师盲法根据各参数伪彩功能图结合双侧灌注参数值分别做出诊断,根据诊断结果将所有患者分为灌注正常组、单侧灌注异常组和双侧灌注异常组,计算各组灌注参数值的均数、标准差,并分别进行配对样本 t 检验, P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2 位放射医师得出的诊断结果一致:32 例患者中 14 例为

灌注正常,14 例为单侧灌注异常呈缺血性改变,4 例为双侧灌注异常呈缺血性改变。32 例灌注图像质量有 30 例为良好,其中 2 例图像质量较差(1 例为单侧灌注异常,1 例为双侧灌注异常),2 位医师均认为这两例病例应用基于去卷积模型的灌注软件包所得伪彩功能图像显示脑缺血性改变不如基于最大斜率模型的灌注软件包所得的图像直观(图 1~8),在 MTT

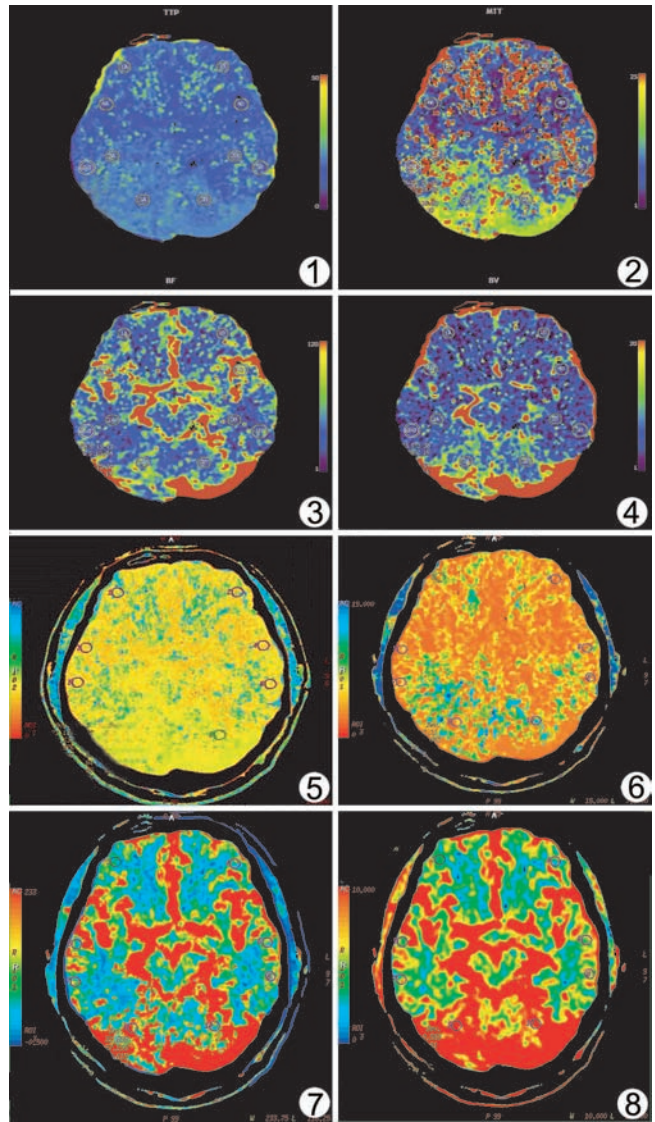


图 1~8 男,52 岁,突发 TIA 图 1~4 基于最大斜率模型的 Ascend CT perfusion 软件包所得图像 图 1. CT 灌注 TTP 图;图 2. MTT 图;图 3. CBF 图;图 4. CBV 图 图 5~8 基于去卷积模型的 GE Light speed perfusion3 软件包所得图像 图 5. CT 灌注 TTP 图;图 6. MTT 图;图 7. CBF 图;图 8. CBV 图

伪彩功能图像(图 2、6)上更为明显。

灌注正常组应用基于两种模型灌注软件包所得各项参数绝对值差异均有统计学意义,各相对值差异均无统计学意义(表 1)。

单侧灌注异常组应用基于两种模型的灌注软件包所得灌注异常侧 MTT、CBV 绝对值差异有统计学意义, TTP、CBF 绝对值间差异无统计学意义,各参数相对值之间差异均无统计学意义。灌注异常侧 MTT、TTP 值均可见升高, CBF 值降低, CBV 值无明显变化(表 2)。

双侧灌注异常组例数较少,其所得灌注参数 MTT、CBV、CBF 绝对值差异有统计学意义($P < 0.01$), TTP 绝对值和各参数相对值差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

3 讨论

作为一种能反映脑微循环信息的功能成像, 颅脑 CT 灌注成像能显示常规 CT、MR 图像不能显示的缺血改变, 对超早期脑梗死的诊断及溶栓治疗具有重要意义。本研究所有病例均在 TOSHIBA Aquilion 64 层螺旋 CT 机上扫描, 多层螺旋 CT 具有独特的探测器排列方式, 具有很高的时间分辨率和空间分辨率, 可同时进行多层面的灌注扫描, 并具有更快的扫描速度, 更利于追踪对比剂首过脑循环的情况^[1], 从而减少了定性、定量分析系统误差, 在一定程度上保证了得到的参数值的准确性。

CT 灌注计算灌注值常用如下几种数学模型: 最大斜率法、对比剂平衡原理及去卷积算法, 其中以 Miles 等^[7]提出的最大斜率法原理最简单, 使用也最为广泛。最大斜率模型不需进行伽玛变量来消除对比剂再循环的影响, 仅需要首过早期的数据, 计算简便, 检查流程快^[2], 但前提条件是对比剂注射速率要在 8~10 ml/s 以上, 低于此注射速率会造成对灌注值的低估。本研究使用临床常用的注射速率 6 ml/s, 所得灌注正常组的结果显示利用基于最大斜率模型的灌注软件包所得脑灰质血流量为(36.33 ± 6.63) ml · min⁻¹ · 100 g⁻¹, 明显低于潘中允等^[3]报道的(50.0~70.0) ml · min⁻¹ · 100 g⁻¹; 而利用基于去卷积模型的灌注软件包所得 CBF 值为(52.82 ± 9.34) ml · min⁻¹ · 100 g⁻¹; 这表明最大斜率法在低注射速率(小于 10 ml/s)下会导致对 CBF 的低估, 而去卷积原理对注射速率的要求不高, 所得 CBF 值与实际生理过程更接近, 与文献报道相吻合^[4,5]。但是, 笔者认为在低注射速率下使用最大斜率法会低估 CBF 的情况下, 可以将 CBF 绝对值与同层面中对称健侧相比较, 计算出相对值, 再进行评价。赵合庆等^[6]用 SPECT 测量 46 例脑梗死患者的脑血流灌注情况, 其局部 CBF 比值均小于 0.9, 本研究结果与之相符, 单侧灌注异常组应用去卷积法和最大斜率法所得 CBF 相对值小于 0.9,

表 1 灌注正常组

灌注参数	绝对值		相对值		P ₁ 值	P ₂ 值
	去卷积法	最大斜率法	去卷积法	最大斜率法		
MTT(s)	3.58 ± 0.49	37.79 ± 10.46	0.97 ± 0.06	0.99 ± 0.13	0.00	0.63
TTP(s)	22.11 ± 2.94	19.94 ± 3.29	0.99 ± 0.04	0.99 ± 0.04	0.00	0.96
CBV (ml·100g ⁻¹)	2.65 ± 0.28	13.73 ± 3.05	0.98 ± 0.08	0.94 ± 0.11	0.00	0.17
CBF (ml·min ⁻¹ ·100g ⁻¹)	52.82 ± 9.34	36.33 ± 6.63	0.98 ± 0.04	0.93 ± 0.09	0.00	0.15

注: P₁ 为利用两种算法所得各灌注参数绝对值行配对 t 检验所得概率; P₂ 为所得各灌注参数相对值行配对 t 检验所得概率

表 2 单侧灌注异常组

灌注参数	绝对值		相对值		P ₁ 值	P ₂ 值
	去卷积法	最大斜率法	去卷积法	最大斜率法		
MTT(s)	7.21 ± 4.77	41.18 ± 12.50	1.87 ± 0.99	2.01 ± 1.06	0.00	0.39
TTP(s)	23.91 ± 2.43	22.85 ± 2.21	1.26 ± 0.26	1.17 ± 0.15	0.06	0.37
CBV (ml·100g ⁻¹)	2.40 ± 0.46	14.26 ± 4.57	0.98 ± 0.18	1.35 ± 0.50	0.00	0.09
CBF (ml·min ⁻¹ ·100g ⁻¹)	36.88 ± 15.18	30.97 ± 9.91	0.70 ± 0.28	0.70 ± 0.20	0.36	0.95

注: P₁ 为利用两种算法所得各灌注参数绝对值行配对 t 检验所得概率; P₂ 为所得各灌注参数相对值行配对 t 检验所得概率

而灌注正常组应用两种算法所得 CBF 相对值则均大于 0.9, CBF 相对值差异均无统计学意义, 故可计算出相对值再进行评价, 这样可以弥补最大斜率法的不足, 不影响其临床应用。

Miles 等^[7]认为与去卷积算法相比, 最大斜率法所得灌注值更低, 并推测这可能与最大斜率法采用排除血管算法有一定关系。国内外很多文献^[8-10]也认为, 由于低注射速率不能满足最大斜率模型成立的前提条件, 所以与去卷积算法相比会导致灌注值的低估。笔者认为此灌注值低估应进一步具体为对 CBF 的低估。本研究中采用最大斜率法所得 MTT 和 CBV 值均明显大于相应去卷积算法所得值, 以 MTT 为著, 差异有统计学意义; 应用最大斜率法所得 TTP 则略低于相应去卷积算法所得值。由于本研究应用两种算法进行后处理均采用同一原始图像且所有患者均在相同 CT 机上进行检查, 推测可能是两种不同算法本身的差异所引起。两种算法所得 MTT、CBV 和 TTP 相对值之间差异均无统计学意义, 也进一步说明计算相对值能消除两种算法本身所带来灌注值的差异, 能更好地用于定量分析。

鉴于目前临床常用灌注软件包基于不同的模型, 笔者认为仅计算常用的绝对值将影响诊断结果的标准化, 相对值的计算能消除由不同后处理算法本身所带来的差异, 能更好地用于定性、定量分析。

[参考文献]

[1] Li CH, Yao ZW. The cerebral hemodynamics study by using multislice CT perfusion imaging in normal adult. Journal of Practical Medical Techniques, 2006, 13(15): 2569-2572.
李春和, 姚振威. 正常成人多层螺旋 CT 灌注成像的脑血流动力学研究. 实用医技杂志, 2006, 13(15): 2569-2572.

[2] Wu QD, Hu CH, Yao CY, et al. Effect of contrast medium injection rate on cerebral hemodynamics study by using multislice CT perfusion imaging. Chin J Radiol, 2006, 40(5): 458-461.

吴庆德, 胡春洪, 姚翠云, 等. 注射流率对脑 CT 灌注成像血流动力学的影响. 中华放射学杂志, 2006, 40(5): 458-461.

[3] PAN ZY. Clinical nuclear medicine. Beijing: Atomic Energy Publishing house, 1994: 134-135.
潘中允. 临床核医学. 北京: 原子能出版社, 1994: 134-135.

[4] Tomandl BF, Klotz E, Handschu R, et al. Comprehensive imaging of ischemic stroke with multisection CT. Radiographics, 2003, 23(3): 565-592.

[5] Wu QD, Hu CH. An improvement method of regional cerebral blood flow assessment by perfusion CT study based on maximal slope model. Chin J Med Imaging Technol, 2006, 22(12): 1907-1910.
吴庆德, 胡春洪. 基于最大斜率模型脑 CT 灌注量的改良算法. 中国医学影像技术, 2006, 22(12): 1907-1910.

[6] Zhao HQ, Bao SY, He GR, et al. Research on the relationship between SPECT and cognitional potential of patients with cerebral infarction. Chin J Nucl Med, 1995, 15(4): 205-207.

赵合庆, 包仕尧, 何广仁, 等. 脑梗塞患者 SPECT 血流灌注显像与认知电位变化研究. 中华核医学杂志, 1995, 15(4): 205-207.

[7] Miles KA, Griffiths MR. Perfusion CT: a worthwhile enhancement? BR J Radiol, 2003, 76(904): 220-231.

[8] Goh V, Halligan S, Bartram CI. Quantitative tumor perfusion assessment with multidetector CT: are measurements from two commercial software packages interchangeable? Radiology, 2007, 242(3): 777-782.

[9] Miles KA. Perfusion CT for the assessment of tumour vascularity: which protocol? BR J Radiol, 2003, 76(Spec No 1): S36-42.

[10] Yuan XD, Zhang J, Tian JM, et al. Analysis of accuracy and improvement of maximum-slope method in CT perfusion under the condition of low injection rate. Radiol Practice, 2005, 20(4): 345-348.
袁小东, 张静, 田建明. CT 灌注在低注射流率时最大斜率法的准确性分析及改良. 放射学实践, 2005, 20(4): 345-348.

Primary cystic stromal tumor of liver: case report 肝脏原发囊性瘤 1 例

苗红, 陈亚宾, 马茜, 赵新光
(抚顺市中心医院影像科, 辽宁 抚顺 113006)

[Key words] Liver; Stromal neoplasms; Magnetic resonance imaging [关键词] 肝脏; 间质肿瘤; 磁共振成像
[中图分类号] R735.8; R814.42 [文献标识码] B [文章编号] 1003-3289(2009)03-0508-01

患者男, 45 岁。2 个月前无明显诱因出现便血。体检发现肝占位。实验室检查: 红细胞 $3.17 \times 10^{12}/L$ 、中性粒细胞百分比 77.40%、总蛋白 50.90 g/L、白蛋白 29.20 g/L。胃肠检查: 胃底、胃体黏膜光滑, 胃窦黏膜散在充血、红斑, 蠕动好。诊断: 浅表性胃炎。

B 超: 肝脏左叶一大小约 10.80 cm × 8.90 cm 的囊性肿物, 边界清, 内呈液性细小光点反射。CT 平扫: 肝左叶囊性低密度病灶, 边界清楚, 周围可见囊壁。前壁内侧可见等密度结节影。增强扫描动脉期囊壁可见均匀强化, 前壁内侧小结节明显强化。门脉期囊壁及结节仍有强化, 但增强效应有所减弱。延迟期无强化效应(图 1)。CT 诊断: 考虑肝左叶囊腺瘤。MR 平扫: 肝左叶实质内可见类圆形长 T1 长 T2 信号影, 大小约为 10.90 cm × 7.50 cm, 边界清楚, 周围可见囊壁, 轮廓见小分叶, 前壁内侧可见结节状突起。增强扫描: 肝脏病灶囊壁可见轻度强化, 内部始终未见强化。MR 诊断: 肝脏左叶囊性占位, 性质待定(图 2)。

手术见肿块约 10.00 cm × 9.00 cm 大小, 呈类圆形、囊壁较厚, 囊液为血性。免疫组化: CD117(+), CD34(-), SMA(-), S-100(-)。病理诊断: 肝间质瘤(低度恶性)。

讨论 胃肠道外的间质瘤罕见, 多发于成人, 临床表现不明

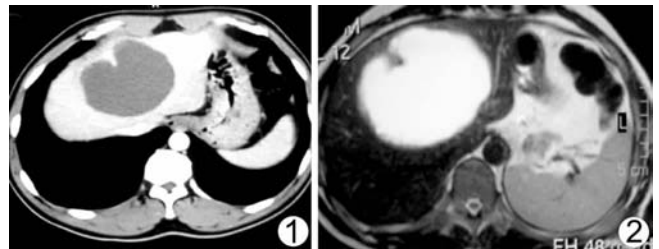


图 1 CT 增强动脉期囊壁结节明显强化 图 2 MR 示囊壁结节状突起

显特征性, 为向平滑肌和神经双向分化或缺乏分化特征的肿瘤。肝间质瘤影像表现主要有: ①CT 可见单发囊性病灶, 边界清楚, 周围可见囊壁, 轮廓可见小分叶。②彩超观察囊性肿物内侧壁稍显不光整, 呈液性, 透声欠佳, 可见细小光点反射, 彩色多普勒超声无明显血流显示。③CT、MR 平扫可见囊壁内侧结节状突起, 囊性部分均匀, 均呈水样密度和信号。④CT、MR 增强扫描: 动脉期囊壁及壁结节明显强化, 门脉期囊壁及壁结节均有强化, 但强化效应明显减低。延迟期扫描后囊壁及壁结节均无强化, 病灶无延迟强化趋势。对临床有便血症状而影像表现又具有上述特点的肝囊性占位的病例, 应考虑到肝间质瘤的可能。本病的确诊目前靠病理诊断, 免疫组化染色加以确诊。

[作者简介] 苗红(1970-), 女, 辽宁抚顺人, 本科, 副主任医师。
E-mail: miaoxinyue009@sina.com
[收稿日期] 2008-12-18 [修回日期] 2009-01-02