

• 中枢神经影像学 •

低剂量脑 CT 灌注的迭代重建研究

黎佩君, 黄飏, 梁长虹, 朱文珍, 龙晚生

【摘要】 目的:探讨迭代重建(IR)技术对低剂量脑 CT 灌注(CTP)图像质量的影响。**方法:**43 例缺血性脑血管病患者行低剂量脑 CTP,CTP 原始图像分别经 IR 和滤波反投影(FBP)重建得到两组图像,比较两组图像客观质量及灌注参数图的主观质量。**结果:**对经 IR 及 FBP 重建的灌注参数图(CBV、CBF、MTT、TTP)进行评分并比较,两组各灌注参数图脑灰白质分界评分 P 值分别为 0.317、0.157、0.257、0.083,图像伪影严重程度评分 P 值分别为 0.083、0.046、 <0.001 、0.011。经 IR 重建的 CTP 原始图像客观质量及灌注参数图的图像均匀性、总体图像质量均优于 FBP 重建,且差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**低剂量脑 CT 灌注迭代重建能明显降低患者所接受的辐射剂量,改善图像质量,且具有较高的诊断效能。

【关键词】 脑缺血;灌注成像;迭代重建;辐射剂量;体层摄影术,X 线计算机

【中图分类号】 R743.3; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2015)09-0932-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2015.09.010

A study of Iterative reconstruction algorithm in low dose CT perfusion of brain LI Pei-jun, HUANG Biao, LIANG Chang-hong, et al. Department of Radiology, Jiangmen Central Hospital, Guangdong 529030, P. R. China

【Abstract】 Objective: To assess the image quality of low dose CT perfusion (CTP) of brain with iterative reconstruction algorithm. **Methods:** 43 patients with suspected cerebrovascular ischemic disorders were enrolled in the study. All patients underwent CTP of brain. Datasets of CTP were reconstructed by using IR and FBP algorithms. The objective image quality of CTP source image and the subjective quality of color coded perfusion maps of the two sets were assessed and compared. **Results:** Comparing the imaging scores of the four perfusion maps (CBV, CBF, MTT, TTP) after IR and FBP reconstruction, the P values of differentiating gray/white matter with these two algorithms were 0.317, 0.157, 0.257, 0.083 respectively; the P values of scoring artifacts severity of images were 0.083, 0.046; <0.001 , 0.011 respectively. The brain CTP reconstructed by using IR was superior to those reconstructed by FBP in following aspects: objective image quality, imaging scores and total image quality. Significant statistical differences were showed in all above aspects ($P<0.05$). **Conclusion:** Employing IR algorithm to reconstruct low dose CT perfusion of brain, not only can improve the image quality, but also reduce radiation dose. Additionally, high diagnostic effectiveness could be obtained.

【Key words】 Brain ischemia; Perfusion imaging; Iterative reconstruction; Radiation dose; Tomography, X-ray computed

对缺血性脑血管病,临床医生除了需要了解脑血管情况外,通常还需要知道其血流灌注信息,同时行 CT 灌注(CT perfusion,CTP)和 CT 血管成像(computed tomography angiography,CTA)检查辐射剂量较大。如何尽可能降低 CTP 检查的辐射剂量,成为急需解决的棘手问题。迭代重建(Iterative Reconstruction,IR)作为降低辐射剂量的热门方法被广泛应用于胸腹部及血管扫描^[1],而应用于脑 CTP 的报道较少。本研究对低剂量扫描条件下脑 CTP 进行迭代重建,分析低剂量 CTP 原始图及灌注参数图的图像质量。

材料与方法

1. 病例资料

搜集本院 2013 年 8 月—2014 年 3 月临床拟诊为缺血性脑血管病的患者 43 例,其中男 33 例,女 10 例,年龄 27~85 岁,平均(62.2±13.9)岁,从出现症状到进行检查时间为 7 h~3 个月。临床症状包括偏瘫、失语、头晕等。

本研究经医院伦理委员会批准,所有患者均于检查前签署知情同意书。

2. 检查方法

采用 256 层螺旋 CT(Philips Brilliance iCT)进行 CT 扫描。脑 CTP 扫描范围以毗耳线为基线,从颅底部向上 80 mm。采用高压注射器团注对比剂碘普罗胺(370 mg I/mL)约 40 mL,流率 4.0 mL/s,然后以相同流率注射生理盐水 20 mL。对比剂注射后延迟 7 s 开

作者单位:529030 广东,江门市中心医院放射科(黎佩君、龙晚生);510080 广州,广东省人民医院放射科(黎佩君、黄飏、梁长虹);430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科(朱文珍)

作者简介:黎佩君(1986—)女,广东广州人,硕士,住院医师,主要从事 CT、MRI 诊断工作。

通讯作者:黄飏, E-mail: cjr.huangbiao@vip.163.com

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAI08B10)

始扫描,不移动扫描床连续采集 30 个动态容积数据,时间分辨力 1.5 s,总扫描时间 45 s。扫描参数:层厚 5 mm,层间距 0 mm,管电压 80 kV,管电流 100 mAs,探测器 128×0.625 mm。

3. 图像处理与分析

CTP 原始数据分别经 iDose4 (Level 4) 迭代重建及滤波反投影 (filtered back projection, FBP) 重建得到两组图像,运行工作站内 Brain Perfusion 软件,手工选取大脑前动脉 A2 段为输入动脉,上矢状窦为输出静脉。经工作站后处理分别生成两组四种灌注参数图,即脑血流量 (cerebral blood flow, CBF) 图、脑血容量 (cerebral blood volume, CBV) 图、对比剂平均通过时间 (mean transit time, MTT) 图、对比剂峰值时间 (transit time to the peak, TTP) 图。保证同一病例的两组图像后处理中所选的输入动脉及输出静脉保持一致。同一种灌注参数图采用相同的色阶标尺及同一窗宽、窗位显示。

噪声的评价参照 Lin 等^[2]提出的方法,即在 Tmax 图中选取显示侧脑室与基底节最好的层面,并选择健侧大脑半球 5 个感兴趣区:额叶白质 (ROI 1)、尾状核头 (ROI 2)、豆状核 (ROI 3)、丘脑背侧 (ROI 4) 及枕叶白质 (ROI 5)。如果两侧大脑半球均无病灶,则选择感兴趣区内血管相对较少及伪影影响相对较小的一侧大脑半球。避开血管、伪影,ROI 面积视具体情况而定,大小 18~160 mm²,保持两组图像中 ROI 位置、大小一致。每个 ROI 记录其 CT 平均值 (A_v) 及 CT 值的标准差 (standard deviation, SD),将 SD 作为噪声。按下列公式计算信噪比 (signal to noise ratio, SNR): $SNR_{ROI} = A_{vROI} / SD_{ROI}$ 。图像质量主观评价参照 Lin 等^[2]对 Abels 等^[3]修改后的评分方法,即每种灌注参数图均进行脑灰白质分界、图像均匀性、图像伪影严重程度评分,每一指标均作 0~2 分的评分,0 分:差;1 分:一般;2 分:好,分数越高,代表图像质量越好。最后把三个指标的评分相加作为图像质量主观评分,

即总分为 0~6 分。

分析前对图像质量判别标准进行统一认识,所有图像由两位具有 5 年以上神经放射诊断经验的医师采用盲法进行评价。

4. 统计学处理

采用 SPSS 13.0 软件进行统计学分析。噪声、SNR 比较采用配对 *t* 检验或 Wilcoxon 符号秩和检验 (不符合正态分布时)。主观质量评分比较采用 Wilcoxon 符号秩和检验。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。两位阅片人的一致性评价采用 Kappa 检验。

结 果

1. 辐射剂量

CTP 的剂量长度乘积 (dose length product, DLP) 为 920.0 mGy · cm。根据射线剂量计算公式 $E = k \times DLP$ (*E* 为有效剂量, *k* 为 DLP 转化成 *E* 的剂量转换因子,头部 *k* 值为 0.0023 mSv/mGy · cm),则每一患者 CTP 扫描有效辐射剂量均为 2.12 mSv。

2. 观察者一致性分析

两位医师对图像质量主观评价的观察结果具有较好的一致性 (Kappa = 0.765)。

3. 图像客观质量

5 个 ROI 均显示迭代重建的图像噪声水平较 FBP 重建图像低,SNR 较 FBP 重建图像高,且差异均有统计学意义 (*P* < 0.05,表 1)。

4. 图像质量主观评分

43 例 (86 组图像) 患者的四种灌注参数图的图像质量主观评分结果见表 2。两种重建算法 CBV、CBF、MTT、TTP 图的脑灰白质分界评分比较, *P* 值分别为 0.317、0.157、0.257、0.083;图像均匀性评分比较 *P* 值均 < 0.001;图像伪影严重程度评分比较 *P* 值分别为 0.083、0.046、< 0.001、0.011。IR 重建算法的总图像质量评分高于 FBP 算法,差异有统计学意义 (*P* < 0.001,图 1)。

表 1 5 个 ROI 的两种不同重建算法的图像噪声、SNR 比较

兴趣区	噪 声				SNR			
	IR	FBP	t/Z 值	<i>P</i> 值	IR	FBP	t/Z 值	<i>P</i> 值
ROI1	3.84±0.73	4.7±0.77	5.66	<0.001	11.26±1.81	10.03±1.35	5.66	<0.001
ROI2	4.54±1.38	5.63±1.44	5.68	<0.001	13.96±3.92	11.87±2.87	8.74	<0.001
ROI3	5.06±1.04	6.08±1.18	16.91	<0.001	12.38±2.60	10.99±2.21	5.65	<0.001
ROI4	4.67±0.97	5.78±1.07	5.72	<0.001	12.46±2.26	10.8±1.58	11.23	<0.001
ROI5	4.06±0.87	5.07±1.06	10.31	<0.001	10.87±1.92	9.54±1.42	8.09	<0.001

表 2 灌注参数图图像质量评分 (分)

算法	脑灰白质分界				图像均匀性				伪影严重程度			
	CBV	CBF	MTT	TTP	CBV	CBF	MTT	TTP	CBV	CBF	MTT	TTP
IR	1.93±0.26	1.95±0.21	1.65±0.53	1.58±0.50	1.56±0.50	1.84±0.37	1.58±0.59	1.60±0.54	1.91±0.29	1.95±0.21	1.72±0.45	1.74±0.44
FBP	1.91±0.29	1.91±0.29	1.58±0.59	1.51±0.55	1.14±0.52	1.28±0.63	0.58±0.50	0.81±0.63	1.84±0.37	1.86±0.35	1.40±0.73	1.56±0.50

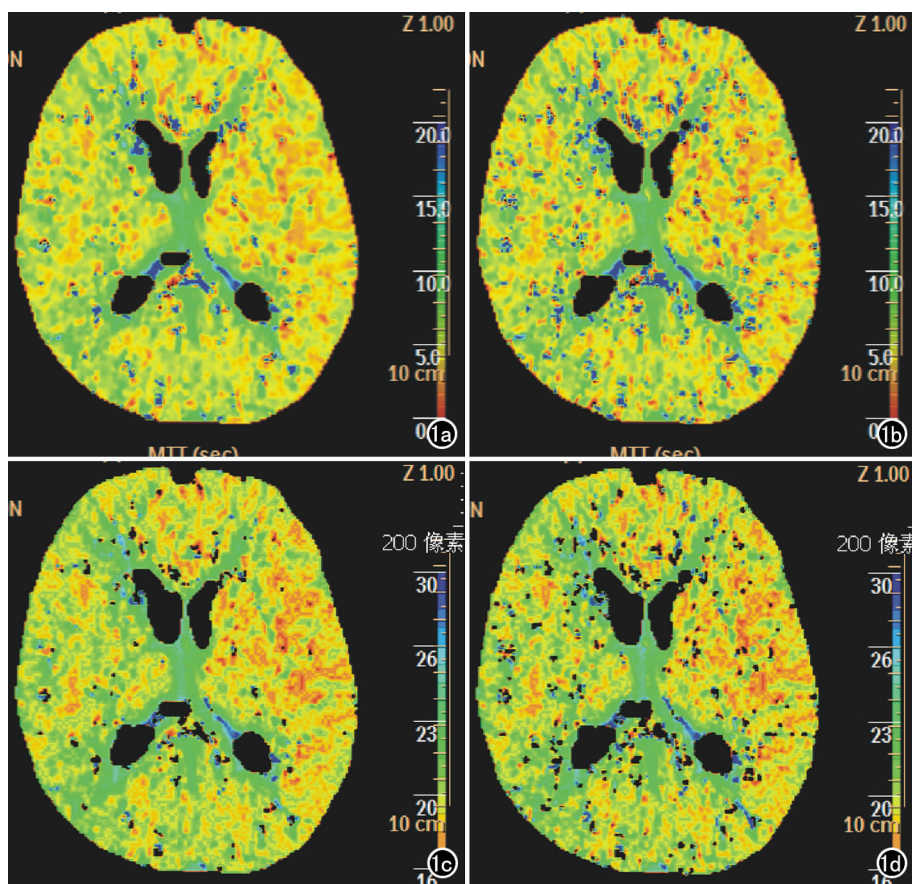


图1 男,57岁,头晕、嗜睡2月余。迭代重建的图像均匀性、总图像质量更优。a) IR重建的 MTT 图; b) IR重建的 TTP 图; c) FBP重建的 MTT 图; d) FBP重建的 TTP 图。

讨论

脑 CT 灌注能较好地探测急慢性脑血流动力学的异常,综合分析各脑灌注参数图的变化,可了解脑的急慢性缺血改变。CTP 应用于急性缺血性脑卒中患者,根据 CBV 与 CBF 异常区域不匹配,确定脑梗死区的范围及可能存在的缺血半暗带,有助于判断患者是否适合溶栓治疗。然而脑 CTP 辐射剂量较大,降低辐射剂量的重要途径是降低管电流,但降低管电流必然增加图像的噪声,降低图像的 SNR 及对比噪声比(contrast to noise ratio, CNR)。本研究降低管电流(由原来的 150 mAs 降为 100 mAs,比推荐^[4]使用的低剂量方案 200 mAs 降低约 50%)后,CTP 扫描有效辐射剂量仅为 2.12 mSv,利用迭代算法重建图像,有效减少了噪声高的影响,在图像客观质量的比较中,无论是噪声还是 SNR,IR 都比 FBP 重建更胜一筹,这是 IR 具有较强降噪能力的体现,与 Lin 等^[2]的研究结果相一致。

迭代重建应用于 CT 扫描应从两方面对其有效性进行评价,包括技术有效性和诊断有效性。技术有效性评价,即第一水平评价,是对图像质量的客观评价,如噪声、CNR 等^[4,5]。诊断有效性的评价,即第二水平

评价^[6],是检验所得图像是否能达到临床诊断要求,这往往为研究者所忽略。IR 作为最有潜力的降噪技术被广泛应用于各种组织器官的低剂量 CT 扫描及儿童的 CT 检查^[7],还被应用于低剂量灌注扫描^[8]。对 CTP 来说,灌注参数图能提供血流灌注信息,是研究者更重点关注的图像^[9]。因此,本研究对灌注参数图进行了图像质量评价。本研究结果表明,IR 与 FBP 重建对灌注参数图脑灰白质分界的差异不大。对图像均匀性及图像总质量评价中,相比 FBP 重建,迭代重建的图像质量更好,这是因为在曝光条件不变的情况下,影响图像均匀性的重要因素是图像的噪声水平,在低剂量扫描条件下,噪声增加,而 IR 恰好能发挥其较强的降噪作用,改善图像质量。

Schindera 等^[10]通过模拟肥胖患者腹部 CT 扫描的研究显示,相比 FBP 重建,虽然 IR 能够降低图像噪声、提高图像的客观质量,但不能改善对低对比度病灶的探测能力。Gramer 等^[9]在模拟肝脏的扫描实验中证实,低剂量扫描条件会不同程度丧失对低对比度病灶的探测效能,这种情况不仅在 FBP 重建中出现,在迭代重建中也同样出现,IR 无法改善这种状况。Pickhardt 等^[11]在临床试验中证实即便是采用了基于模型的迭代重建技术(model-based iterative reconstruction, MBIR),过低剂量的腹部 CT 扫描也比全剂量扫描条件下的 FBP 重建图像漏诊了相当多的病灶。但 CTP 的特殊性在于,得到血流灌注信息更为重要,而不是着重于原始解剖图像的解读。当平扫 CT 对超早期的急性脑梗死难以显示清楚时,也就是脑梗死病灶区与正常脑实质密度差异不大或者无密度差异,仅有轻度难以辨别的脑肿胀的时候,CTP 却可以通过额外得到的脑血流灌注信息而发现早期病灶。因此,或许低剂量扫描条件下图像对低对比度病灶的探测能力有所丧失,但通过 CTP 提供额外的诊断信息,一定程度上弥补了这个缺点。

总之,低剂量脑 CT 灌注迭代重建,明显降低了患者所接受的辐射剂量(仅为 2.12 mSv),改善了原始图像及灌注参数图的图像质量,且具有较高的诊断效能。

参考文献:

- [1] 曾苗雨,梁长虹,赵振军,等. 迭代重建算法(iDose4)胸部低剂量扫描的初步应用[J]. 放射学实践, 2013, 28(12): 1262-1267.
- [2] Lin CJ, Wu TH, Lin CH, et al. Can iterative reconstruction improve imaging quality for lower radiation CT perfusion initial experience[J]. AJNR, 2013, 34(8): 1516-1521.
- [3] Abels B, Klotz E, Tomandl BF, et al. CT perfusion in acute ischemic stroke; a comparison of 2-second and 1-second temporal resolution[J]. AJNR, 2011, 32(9): 1632-1639.
- [4] Konstas AA, Goldmakher GV, Lee TY, et al. Theoretic basis and technical implementations of CT perfusion in acute ischemic stroke, part 2: technical implementations[J]. AJNR, 2009, 30(5): 885-892.
- [5] Sardanelli F, Hunink MG, Gilbert FJ, et al. Evidence-based radiology: why and how? [J]. Eur Radiol, 2010, 20(1): 1-15.
- [6] Fryback DG, Thornbury JR. The efficacy of diagnostic imaging [J]. Med Decis Making, 1991, 11(2): 88-94.
- [7] Schindera ST, Odedra D, Raza SA, et al. Iterative reconstruction algorithm for CT: can radiation dose be decreased while low-contrast detectability is preserved? [J]. Radiology, 2013, 269(2): 511-518.
- [8] Ho C, Oberle R, Wu I, et al. Comparison of image quality in pediatric head computed tomography reconstructed using blended iterative reconstruction versus filtered back projection[J]. Clin Imaging, 2014, 38(3): 231-235.
- [9] Gramer BM, Muenzel D, Leber V, et al. Impact of iterative reconstruction on CNR and SNR in dynamic myocardial perfusion imaging in an animal model[J]. Eur Radiol, 2012, 22(12): 2654-2661.
- [10] Schindera ST, Odedra D, Mercer D, et al. Hybrid iterative reconstruction technique for abdominal CT protocols in obese patients: assessment of image quality, radiation dose, and low-contrast detectability in a phantom[J]. AJR, 2014, 202(2): W146-W152.
- [11] Pickhardt PJ, Lubner MG, Kim DH, et al. Abdominal CT with model-based iterative reconstruction (MBIR): initial results of a prospective trial comparing ultralow-dose with standard-dose imaging[J]. AJR, 2012, 199(6): 1266-1274.

(收稿日期: 2014-12-16 修回日期: 2015-04-27)

中华医学会放射学分会第十三届全国心胸影像学术会议暨 湖南省医学会放射学专业委员会第十七届年会、 湖南省医学会影像技术专业委员会第二届年会 第二轮会议通知

为加强全国心胸影像学同道的学术交流,促进心胸影像学事业的繁荣与发展,经中华医学会批准,由中华医学会、中华医学会放射学分会、中华医学会放射学分会心胸学组主办,湖南省医学会、湖南省医学会放射学分会和湖南省医学会放射技术分会承办的中华医学会放射学会第 13 届全国心胸影像学术会议,定于 2015 年 11 月 5 日至 11 月 8 日在“楚汉名城”长沙召开。

本次会议主题为“精准规范与心胸影像”,届时将邀请国内外知名专家作专题讲座,并进行优秀论文代表发言、论文交流、论文展板、疑难病例讨论等多种形式的学术交流活动,欢迎广大同仁积极参与,踊跃投稿;届时还将举行青年医师英语论文演讲比赛,欢迎广大青年医师、学生积极参加。现将征文事项通知如下:

一、征文内容

①呼吸系统肿瘤或非肿瘤性疾病、心脏大血管、纵隔、膈肌及胸壁等疾病的 X 线、CT、MRI、DSA、PET-CT/MRI 诊断与鉴别诊断;②分子与功能影像新技术在心胸疾病诊疗中的应用与研究;③胸部与心血管罕见病例或疑难病例个案报道;④胸部疾病与心血管疾病的介入诊断与治疗;⑤心胸影像相关的临床研究 with 实验研究。

二、征文要求

1. 未正式公开发表过的论文。
2. 要求具有科学性、实用性,论据充分、文字精练、重点突出。
3. 投稿需提交论文摘要一份,请撰写 800 字左右标准结构式摘要,包括“目的、材料与方法、结果、结论”四要素,摘要中不要附图表。论文应写清楚题目、作者姓名、单位、邮编、E-mail 和联系方式。
4. 参加青年医师英语论文演讲比赛的论文摘要必须采用全英文书写。
5. 本次会议使用 word 文档格式,采用网上投稿。登录大会网站 www.chinaradiology.org, 实名注册投稿。
6. 截稿日期:2015 年 10 月 5 日。

三、此次会议被列入国家继续医学教育项目,授予国家级 I 类学分。

四、会议地点:长沙市融程花园酒店

会议报到时间:2015 年 11 月 5 日(全天)

会议时间:2015 年 11 月 6 日—2015 年 11 月 8 日

注册费:800 元/人(网上注册),1000 元/人(现场注册),西部地区 500 元/人:陕西、重庆、贵州、云南、四川、甘肃、宁夏、青海、新疆、西藏、内蒙古、广西(省会城市除外);食宿费自理。

五、联系人:廖伟华(13973126486),邢妩(13517479555),李红(13875859284),张声旺(13787318131)

大会联系 E-mail: hfnfxxh2015@163.com

(中华医学会放射学分会)