

图像域迭代重建算法对腹部CT平扫图像质量和辐射剂量的影响

吴明群, 杨聪玲, 高红霞
辽阳市中心医院CT室, 辽宁 辽阳 111000

【摘要】目的:探讨图像域迭代重建算法对腹部CT平扫图像质量及辐射剂量的影响。**方法:**以辽阳市中心医院2017年1月~2018年4月行腹部CT平扫的150例患者为研究对象,依据就诊先后顺序随机将其分为观察组与对照组,各75例。均行自动毫安控制技术扫描,管电压均为130 kV。观察组预设图像质量参考毫安秒150 mAs,行图像域迭代重建算法重建;对照组预设图像质量参考毫安秒250 mAs,行滤波反投影重组。通过CT值、图像噪声SD、图像信噪比、对比噪声比评价两组图像客观质量,并行图像质量主观评价,记录两组CT剂量容积指数。**结果:**观察组肝脏、脾脏的图像噪声SD均显著低于对照组,图像信噪比均显著高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);CT值、对比噪声比、主观整体质量评分两组比较差异均无统计学意义($P>0.05$);观察组CT剂量容积指数为 (10.02 ± 2.85) mGy,显著低于对照组的 (15.68 ± 4.36) mGy,差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**图像域迭代重建算法不仅能保证腹部CT平扫图像质量,而且能有效减少辐射剂量。

【关键词】CT; 图像域; 迭代重建算法; 图像质量; 辐射剂量

【中图分类号】R318.6

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2018)10-1169-04

Effects of iterative reconstruction in image space on the quality of abdominal CT plain scan image and radiation dose

WU Mingqun, YANG Congling, GAO Hongxia

CT Room, the Central Hospital of Liaoyang City, Liaoyang 111000, China

Abstract: Objective To explore the effects of iterative reconstruction in image space (IRIS) on the quality of abdominal CT plain scan image and radiation dose. **Methods** A total of 150 patients who underwent abdominal CT plain scan in the Central Hospital of Liaoyang City between January 2017 and April 2018 were selected as subjects. The patients were randomly divided into observation group and control group, with 75 cases in each group. The scans were performed by automatic milliamperage control technique, with a tube voltage of 130 kV. In observation group, the preset image quality reference milliamperage second was 150 mAs, and IRIS was performed; in control group, the preset image quality reference milliamperage second was 250 mAs, and filtered back projection (FBP) reconstruction was performed. The quality of two groups of images was objectively evaluated with CT value, image noise SD, signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR). Meanwhile, the subjective evaluation of image quality was performed. The volume CT dose indexes in both groups were recorded. **Results** The image noise SD of the liver and spleen in observation group was significantly lower than that in control group, while the SNR was significantly higher than that in control group ($P<0.05$). No statistical differences were found in CT value, CNR and the subjective score of overall quality between the two groups ($P>0.05$). The volume CT dose index in observation group was (10.02 ± 2.85) mGy, significantly lower than (15.68 ± 4.36) mGy in control group ($P<0.05$). **Conclusion** IRIS can not only ensure the quality of CT plain scan images, but also effectively reduce the radiation dose.

Keywords: computed tomography; image space; iterative reconstruction algorithm; image quality; radiation dose

前言

多层螺旋CT技术极大提高了疾病检出率,但CT

扫描有辐射,其辐射剂量随应用的增多而不断增加,存在潜在并发症,增加放射相关疾病发生几率。有调查发现,行腹部CT检查的病人癌症发生率12.5/万,危险系数与吸烟12个月类似^[1]。CT扫描辐射剂量大小与管电压、管电流等有关,而这些因素通常也会影响图像质量,为此采取何种手段保证CT扫描图像质量的同时尽可能减少辐射剂量一直是影像学研究的

【收稿日期】2018-06-21

【作者简介】吴明群,硕士,副主任医师,研究方向:腹部CT影像诊断,
E-mail: 253500228@qq.com

重难点^[2]。近年来迭代重建技术被发现可以减少CT扫描伪影,降低噪声,获取高质量图像,同时其也能减少辐射剂量^[3-5]。本研究对行腹部CT平扫的患者应用西门子的图像域迭代重建算法(Iterative Reconstruction in Image Space, IRIS),探讨IRIS对CT平扫图像质量及辐射剂量的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择辽阳市中心医院2017年1月~2018年4月行腹部平扫的患者150例。纳入标准:疑似有腹部疾病;性别不限,年龄>18岁;体质指数(Body Mass Index, BMI) 18.00~26.50 kg/m²;呼吸正常,配合完成检查;患者知情同意。排除标准:腹腔中存在内置物;肝、肾、心、肺严重障碍;近期有介入治疗史、腹部手术史;配合度差。按照就诊先后顺序随机将患者分为观察组与对照组,每组75例。观察组男47例,女28例;年龄30~80(54.36±4.12)岁;BMI 18.20~26.50(23.28±2.03) kg/m²。对照组男45例,女30例;年龄32~78(55.17±4.30)岁;BMI 18.00~26.34(22.98±1.86) kg/m²。两组患者性别、年龄、BMI比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。

1.2 检查方法

西门子 Emotion 16 排螺旋 CT 扫描机。检查前30 min叮嘱患者口服清水500~800 mL,检查前5 min再饮200 mL。并指导患者配合呼吸,于平静状态下呼气相开始扫描。选择仰卧位,头先进,叮嘱患者扫描时举上肢过头顶,由膈顶扫描到耻骨联合下2 cm。两组患者均选择自动毫安控制技术扫描,管电压130 kV,螺距0.6,重建层厚、间隔均为5 mm。观察组、对照组预设图像质量参考毫安秒分别为150、250 mAs。观察组、对照组分别行IRIS重建、滤波反投影(Filter Back Projection, FBP)重组,卷积函数分别为131S medium smooth+、B31S medium smooth+。两组患者图像重建层厚、间隔均为5 mm,重建野35 cm。窗口技术相同:窗宽、窗位分别为180、60 HU。

1.3 图像质量评价

1.3.1 客观评价 图像传输到AW4.4工作站,1名经验丰富(年资至少5年)、不知具体情况的影像科CT医师阅片。对两组患者图像肝脏、脾脏、右竖背肌CT值、图像噪声SD测量。感兴趣区(Region of Interest, ROI)需避开大血管部位,其面积45 mm²,肝脏、脾脏、竖背肌均选取同一层面,各测量ROI 3次,取均值。计算各组图像信噪比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)=ROI_{肝脏或脾脏}/SD_{肝脏或脾脏},对比噪声比(Contrast-to-Noise Ratio, CNR)=(ROI_{肝脏或脾脏}-ROI_{肌肉})/SD_{背景}^[6],其中ROI_{肝脏或脾脏}即肝实质或脾实质CT均值,ROI_{肌肉}即右侧竖背肌CT均值,SD_{背景}即前腹壁皮下脂肪SD均值。

1.3.2 主观评价 2名经验丰富(年资至少5年)、不知具体情况的影像科CT医师共同评价,意见不一则需通过第三方讨论统一,以统一结果为两组CT图像质量主管评价结果。采取5等级评分法^[7]:1分表示图像噪声大,伪影严重,腹部组织结构显示模糊,图像质量差;2分表示噪声较大,伪影较重,腹部组织结构显示模糊,图像质量较差;3分表示噪声较大,伪影较多,腹部组织部分模糊清晰可见,图像质量一般;4分表示噪声较小,伪影较少,腹部组织结构清晰可见,图像质量良好;5分表示噪声小,腹部组织结构清晰可见,对比良好,图像质量优秀。另外对各组腹部CT平扫的CT剂量容积指数(CT Dose Index Volume, CTDI_{vol})记录。

1.4 统计学处理

应用SPSS 20.0学统计软件处理数据,计量资料以均数±标准差表示,行 t 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 图像质量客观评价结果

观察组肝脏、脾脏的SD均明显小于对照组,SNR均明显大于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);两组肝脏、脾脏的CT值、CNR比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表1和表2。

表1 两组肝脏图像质量客观评价指标比较($n=75$, $\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Comparison of objective evaluation indexes of liver image quality between two groups ($n=75$, $Mean \pm SD$)

Group	CT value/HU	SD	SNR	CNR
Observation	53.65±5.48	6.56±1.20	9.67±3.17	1.57±2.42
Control	55.02±4.63	7.30±1.02	8.30±2.69	1.20±1.97
t value	1.654	5.169	2.854	1.027
P value	0.100	<0.001	0.005	0.306

SD: Image noise; SNR: Signal-to-noise ratio; CNR: Contrast-to-noise ratio

表2 两组脾脏图像质量客观评价指标比较($n=75$, $\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of objective evaluation indexes of spleen image quality between two groups ($n=75$, $Mean \pm SD$)

Group	CT value/HU	SD	SNR	CNR
Observation	53.03±5.50	6.50±1.18	9.84±3.05	2.00±2.69
Control	54.65±4.75	7.32±1.04	8.02±2.58	1.38±2.00
<i>t</i> value	1.930	4.515	3.945	1.602
<i>P</i> value	0.055	<0.001	<0.001	0.111

2.2 图像质量主观评价结果

两组图像质量主观评分比较差异均无统计学意义($P>0.05$),见表3、图1。

表3 两组图像主观评价评分比较($n=75$, $\bar{x} \pm s$, 分)

Tab.3 Comparison of subjective scores of image quality between two groups ($n=75$, $Mean \pm SD$, points)

Group	Noise	Display of abdominal tissue structure	Overall quality
Observation	4.38±0.26	4.40±0.24	4.40±0.25
Control	4.33±0.28	4.32±0.29	4.32±0.30
<i>t</i> value	1.133	1.840	1.774
<i>P</i> value	0.259	0.068	0.078

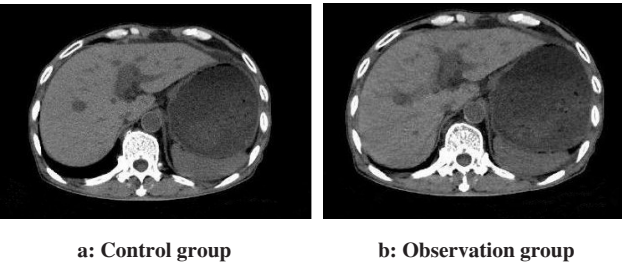


图1 两组图像比较

Fig.1 Comparison of images from different groups

2.3 辐射剂量

观察组CT剂量容积指数为(10.02 ± 2.85) mGy, 显著低于对照组的(15.68 ± 4.36) mGy, 差异有统计学意义($P<0.05$)。

3 讨论

随着影像学技术的不断发展及人们安全意识的提高,提高CT平扫图像质量、减少辐射剂量受到广大医师及患者的重视。临床上CT辐射剂量一定程度上与图像质量有关,通常辐射剂量越大,噪声则越小,图像质量可能高。管电压、扫描范围、管电流等多种因素均可能影响辐射剂量^[8-9]。有研究报道通过管电流、管电压优化以减少CT辐射剂量^[10]。也有学者通过迭代算

法以减少CT辐射剂量^[11-13]。FBP具有重建时间短优点,既往被认为是CT图像重建“金标准”,但该方法对原始数据分析较为简单,难以满足高质量图像、低辐射剂量要求,不符合临床诊断需求。

迭代重建包括自适应统计迭代重组技术、基于模型的迭代重组技术等,可建立系统统计模型(与噪声性质有关)与系统光学模型(与扫描物体有关),通过迭代计算以获取高分辨率,提高图像质量,且对噪声有一定的减少作用,同时迭代计算对投影数据要求较少,能在数据不全、低剂量条件下成像。其中适应性迭代重组通过不同迭代权重级别设置对图像质量有所调整;基于模型的迭代重组技术可对射线发射、吸收等还原,在减少噪声、提高空间分辨率上有优势,但其有随机斑纹状伪影,会造成部分微小结构边界不清。李成龙等^[14]研究表明40%~70%的权重自适应迭代算法为儿童腹部CT平扫图像质量保证、辐射剂量减少的最佳方式。赵英明等^[15]通过与FBP、自适应统计迭代重组技术比较,发现基于模型的迭代重建技术的0.625 mm层厚图像能显著减少噪声,提高CNR,符合临床诊断要求。Hur等^[16]通过模体试验发现图像域迭代重建能有效减少图像噪声,相比FBP,管电压一致时其能提高CNR 29%。贾永军等^[17]通过与FBP比较,分析不同迭代算法(自适应统计迭代重建、常规基于模型之迭代重建、新一代基于模型之迭代重建)对腹部CT图像质量的影响,结果显示辐射剂量减少75%左右的上腹部CT成像,新一代基于模型之迭代重建成像质量最佳。

本研究选择图像域迭代重建技术作为观察组,它是西门子开发的一种于图像空间内行迭代重建技术。IRIS原理即对原始数据1次重建后于图像空间内迭代,以减少重建及反重建运算量,保证图像锐利度下减少噪声,让处理时间与图像质量平衡^[18-19]。总体来说,该迭代重建技术通过减少图像造影以提高图像质量,低剂量扫描时效果更佳^[20]。本研究以常规剂量、FBP重建、预设图像质量参考毫安秒250 mAs为对照组,结果显示预设图像质量参考毫安秒150 mAs、图像域迭代重建图

像SD值明显减少,SNR值明显提高,可见图像域迭代重建相比FBP重建能明显降低图像噪声水平,提高图像SNR,且图像域迭代重建与FBP重建可保持图像同一水平CNR。可见从客观指标上看图像域迭代重建相比FBP图像质量更优。但本研究结果显示图像域迭代重建与FBP重建主观质量评价相当,这可能与医师阅片主观能动性有关。整体上来说,图像域迭代重建能提高腹部CT扫描图像质量。另外,本研究结果显示相比FBP重建,图像域迭代重建CTDI_{vol}显著低,提示图像域迭代重建相比FBP重建能有效减少辐射剂量。但本研究仍存在一定的不足:对患者BMI范围限定,关于其他BMI范围患者情况需进一步分析;未对不同权重迭代算法重建结果分析,有待以后通过大样本例数进一步探究。

综上所述,本研究通过与常规剂量、FBP重建比较,显示低剂量、图像域迭代重建能有效提高腹部CT扫描图像质量,减少辐射剂量。

【参考文献】

- [1] TSAPAKI V, REHANI M, SAINI S. Radiation safety in abdominal computed tomography[J]. Semin Ultrasound CT MR, 2010, 31(1): 29-38.
- [2] 王倩,冯世超,赵心明,等.确定成人腹部CT图像质量客观评价测量的最佳层面区域的比较性研究[J].中国CT和MRI杂志,2013,11(6): 108-113.
WANG Q, FENG S C, ZHAO X M, et al. Determine the optimal region to measure and evaluate image quality in adult abdominal CT objectively[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2013, 11(6): 108-113.
- [3] 马宇,周智鹏,邱维加,等.自适应迭代重建算法结合自动管电流调制技术在腹部CT低剂量应用[J].中国医学影像学杂志,2014,22(2): 145-148.
MA Y, ZHOU Z P, QIU W J, et al. Adaptive statistical iterative reconstruction algorithm combined with automatic tube current modulation in abdomen low-dose CT[J]. Chinese Journal of Medical Imaging, 2014, 22(2): 145-148.
- [4] 浦仁旺,刘义军,刘静红,等.低管电压结合自适应统计性迭代算法对腹部CT平扫图像的影响[J].中国临床医学影像杂志,2015,26(1): 66-68.
PU R W, LIU Y J, LIU J H, et al. Effects of low tube voltage combining with ASIR on abdominal plain CT scan images[J]. Journal of China Clinic Medical Imaging, 2015, 26(1): 66-68.
- [5] 贾永军,于楠,贺太平,等.新一代基于模型的迭代重建对肺部CT计算机辅助气道分析的影响[J].实用放射学杂志,2018,34(4): 596-599.
JIA Y J, YU N, HE T P, et al. Effect of new model-based iterative reconstruction on computer-aided detection for quantitative analysis of airway tree in chest CT[J]. Journal of Practical Radiology, 2018, 34(4): 596-599.
- [6] KALRA M K, MAHER M M, TOTH T L, et al. Techniques and applications of automatic tube current modulation for CT[J]. Radiology, 2004, 233(3): 649-657.
- [7] SINGH S, KALRA M K, MOORE M A, et al. Dose reduction and complication with pediatric CT protocols adapted to patient size, clinical indication and number of prior studies[J]. Radiology, 2009, 252(1): 200-208.
- [8] 余广海,吴越,刘斌,等.大尺度非局部均值伪影抑制技术对提高低剂量腹部CT图像质量的价值研究[J].安徽医科大学学报,2017,52(6): 887-891.
- [9] YU G H, WU Y, LIU B, et al. Study on the value of large-scale non-local mean artifacts suppression technique in improving the quality of low-dose CT images[J]. Acta Universitatis Medicinalis Anhui, 2017, 52(6): 887-891.
- [9] 王新莲,贺文,陈疆红,等.低管电压结合迭代重建腹部CT低剂量扫描的体模研究[J].放射学实践,2017,32(9): 951-955.
WANG X L, HE W, CHEN J H, et al. Phantom study of low tube voltage in combination with adaptive statistical iterative reconstruction in low-dose abdominal CT scan[J]. Radiologic Practice, 2017, 32(9): 951-955.
- [10] 张卫国,蒋涛.智能最佳管电压联合自动管电流在腹部CT扫描中的应用[J].中华放射医学与防护杂志,2017,37(1): 68-72.
ZHANG W G, JIANG T. Application of CARE kV combined with CARE dose 4D in abdominal CT[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2017, 37(1): 68-72.
- [11] 袁肖娜,高知玲,朱凯,等.iDose迭代重建算法对上腹部CT图像质量的影响[J].实用放射学杂志,2016,32(1): 102-106.
YUAN X N, GAO Z L, ZHU K, et al. The effect of iDose iterative reconstruction algorithm on the image quality of upper abdomen CT scan[J]. Journal of Practical Radiology, 2016, 32(1): 102-106.
- [12] 朱正,赵心明,周纯武,等.宝石能谱单能量成像及自适应统计迭代重建技术在腹部低剂量CT扫描中的可行性研究[J].放射学实践,2017,32(4): 418-422.
ZHU Z, ZHAO X M, ZHOU C W, et al. Feasibility study of gemstone spectral imaging and adaptive statistical iterative reconstruction technique in low radiation dose abdominal CT scan[J]. Radiologic Practice, 2017, 32(4): 418-422.
- [13] 赵君禄,刘冲,郑立冬,等.迭代重建技术与自动毫安控制相结合降低肝脏平扫辐射剂量的效果研究[J].河北医药,2015,37(7): 968-971.
ZHAO J L, LIU C, ZHENG L D, et al. Effect of iterative reconstruction algorithm combined with CARE dose 4D on reducing radiation dose in liver CT[J]. Hebei Medical Journal, 2015, 37(7): 968-971.
- [14] 李成龙,张欣贤.不同权重自适应迭代算法重组对儿童腹部CT平扫图像质量的影响[J].影像诊断与介入放射学,2018,27(1): 23-26.
LI C L, ZHANG X X. Effects of different adaptive statistical iterative reconstruction-V percentage on pediatric abdominal computed tomography[J]. Diagnostic Imaging & Interventional Radiology, 2018, 27(1): 23-26.
- [15] 赵英明,邓克学,韦炜,等.迭代算法对腹部CT图像影响及降低剂量的研究[J].中国医学计算机成像杂志,2014,20(5): 407-411.
ZHAO Y M, DENG K X, LI W, et al. Impact of iterative reconstruction algorithm on abdominal CT image quality and radiation dose[J]. Chinese Journal Computed Medical Imaging, 2014, 20(5): 407-411.
- [16] HUR S, LEE J M, KIM S J, et al. 80-kVp CT using iterative reconstruction in image space algorithm for the detection of hypervascular hepatocellular carcinoma: phantom and initial clinical experience[J]. Korean J Radiol, 2012, 13(2): 152-164.
- [17] 贾永军,于楠,贺太平,等.新一代基于模型的迭代重建在低剂量上腹部CT中的应用[J].中国医学影像技术,2017,33(12): 1882-1887.
JIA Y J, YU Y, HE T P, et al. Application of new model-based iterative reconstruction in low-dose upper abdominal CT[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2017, 33(12): 1882-1887.
- [18] HU X H, DING X F, WU R Z, et al. Radiation dose of non-enhanced chest CT can be reduced 40% by using iterative reconstruction in image space[J]. Clin Radiol, 2011, 66(11): 1023-1029.
- [19] 袁灼彬,郑晓林,邹玉坚,等.迭代重建技术在CT腹部低剂量扫描应用的可行性研究[J].临床放射学杂志,2016,35(2): 288-293.
YUAN Z B, ZHENG X L, ZOU Y J, et al. An application study on the feasibility of abdominal low-dose CT with hybrid iterative reconstruction[J]. Journal of Clinical Radiology, 2016, 35(2): 288-293.
- [20] 杨石平,吴莉,王勇,等.基于原始数据域迭代重建技术在颞骨高分辨率CT中的应用[J].中国医学影像学杂志,2015,23(3): 169-172.
YANG S P, WU L, WANG Y, et al. Application of sinogram-affirmed iterative reconstruction in routine dose temporal bone high resolution CT[J]. Chinese Journal of Medical Imaging, 2015, 23(3): 169-172.

(编辑:黄开颜)