

论 著

自适应迭代重建法在低剂量肾动脉CTA扫描中的应用研究

上海长海医院放射科

(上海 200433)

叶风平 许 兵 王敏杰

【摘要】目的 对低剂量扫描肾动脉CTA检查原始数据分别运用自适应迭代重建技术(AIDR)和滤波反投影法(FBP)两种方法获得的图像进行比较,探讨AIDR的图像质量优势及临床应用价值。**方法** 对20例采用640层动态容积CT进行肾动脉CTA检查的患者原始图像数据,在工作站上分别使用AIDR和FBP两种方法进行图像重建,测量腹主动脉、肾动脉、竖脊肌CT值、背景SD并计算SNR及CNR值,对重建图像进行主、客观评分并进行图像质量的比较。**结果** 主观评价比较中,AIDR组图像质量整体评分及血管锐利度评分高于FBP组($P < 0.01$),两组图像MRP、VR和MIP血管分支显示方面均无显著统计学差异($P > 0.05$)。客观评价指标比较中,两组腹主动脉、肾动脉、竖脊肌及空气CT值分均无统计学差异($P > 0.05$),AIDR组SNR、CNR较FBP组增高($P < 0.05$)而噪声减低($P < 0.05$)。**结论** 相对于FBP重建方法,AIDR在相同扫描条件下可以提高肾动脉CTA图像质量、降低图像噪声。

【关键词】 肾动脉; 血管成像; 自适应迭代重建; 体层摄影术; X线计算机

【中图分类号】 R445.3; R543

【文献标识码】 A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.10.026

通讯作者: 王敏杰

Application of Adaptive Iterative dose Reduction and Low Tube Voltage in Renal Artery Computed Tomography Angiography

YE Feng-ping, XU Bing, WANG Min-jie. Department of Radiology, Changhai Hospital of the Second Military Medical University, Shanghai, 200433, China

[Abstract] Objective To compare the image qualities of low tube voltage renal artery computed tomography angiography (CTA) using adaptive iterative dose reduction (AIDR) and filter back projection (FBP) algorithm, and evaluate the clinical application value of AIDR. **Methods** Twenty consecutive patients underwent renal artery CTA. The collected raw data were reconstructed by AIDR and FBP algorithm respectively. CT and background SD value of abdominal aorta, renal artery and erector muscle of spine were measured, the SNR and CNR were calculated, and the image quality were compared with subjective grading. **Results** In subjective evaluation of the image quality as a whole and blood vessel sharpness, the AIDR group was higher than that in FBP group. There were no significant differences in the vessel branches displayed on MRP, VR and MIP. For objective evaluation, there were no significant differences of the CT value of abdominal aorta, renal artery and erector muscle of spine between two groups. The SNR and CNR in AIDR group were higher than that in FBP group, the SD values were lower than that in FBP group. **Conclusion** The image quality of AIDR group was better than that of FBP. AIDR could reduce the imaging noise, improve the image quality and has the potential of radiation reduction.

[Key words] Renal Artery; Angiography; Image Quality; Adaptive Iterative dose Reduction; Tomography; X-ray Computed

多排螺旋CT肾动脉血管成像(computed tomography angiography, CTA)技术是诊断肾动脉疾病以及指导肾脏肿瘤手术的常用检查方法^[1],作为传统的CT图像重建技术,滤波反投影(filtered back projection, FBP)算法对噪声敏感,降低辐射剂量的空间有限,而新近出现的基于原始数据的自适应迭代重建技术使得在较低辐射剂量、较少对比剂的基础上,也可以得到符合临床诊断需要的CT血管造影图像成为可能。本研究利用东芝公司320排容积CT行低剂量肾动脉CTA扫描,采用AIDR与FBP算法对同一原始数据进行图像重建,并对二者图像质量、噪声进行比较分析,探讨其在临床推广应用的可能价值。

1 材料与方法

1.1 材料 本研究收集了2015年3月~2015年5月间行肾动脉CTA检查的20例患者的病例资料,其中男性12例,女8例,年龄范围26~61,平均年龄48.5岁,体重指数(body mass index, BMI)为 $25.6 \pm 3.3 \text{ kg/m}^2$ 。所有患者均排除碘过敏史、严重肝肾功能异常。

1.2 CT扫描方案及后处理技术 CT扫描均采用东芝公司320排容积CT Aquillion ONE, GE公司Centricity影像阅读工作站,联动美国stellant高压注射器,扫描范围16cm,包括双侧肾上腺水平至肾脏下极。CT扫描参数:管电压100kV,固定管电流300mA,球管转速0.5s/

圈,探测器 $160 \times 0.5\text{mm}$ 。对比剂注射方案:碘对比剂为优维显(370mgI/ml ,拜耳),使用高压注射器自肘正中静脉团注流速 5ml/s ,注射剂量 $60 \sim 70\text{ml}$,注射完毕后追加 20mL 生理盐水。在扫描范围中心层面的降主动脉设定感兴趣区(region of interest, ROI),当感兴趣区CT值达到 200HU 时嘱患者屏气后启动扫描。图像后处理:将原始数据重建为层厚 1mm 、层间距 1.00mm 的横断位图像,分别进行AIDR和FBP两种方法的图像重建,重建卷积核均为FC 08,重建厚度均为 1mm ,重建间隔均为 1mm 。在工作站上对图像分别进行多平面重组(multiple planar reformation, MRP)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、容积成像(volume rendering, VR)等后处理手段获得肾动脉主干及其分支的二、三维图像。

1.3 图像分析 将20例分别用AIDR和FBP两种方法得到的肾动脉CTA图像分为A、B两组,并对两组重建图像进行主客观评价。主观图像质量分析:由2名具有10年以上工作经验的放射科医师采用盲法按照5分法分别对两组图像质量进行评价,评价不一致时协商后确定,标准如下:1分,图像质量很差,不能用于诊断;2分,图像质量较差,不能用于诊断;3分,图像质量一般,可用于诊断;4分,图像质量较好,适于诊断;5分,图像质量很好,诊断可信度很强。图像细节质量评分内容包括肾动脉主干清晰度、分支识别度。主干清晰度评分标准如下:1分,边界模糊,不能从背景中识别;2分,边界不清晰,可从背景中识别;3分,边界较清晰;4分,边界清晰;5分,边界清晰锐利。此外,在无肾动脉近

段狭窄的情况下,对其属支进行评分:1分,可识别肾动脉主干;2分,可识别一级分支;3分,可识别二级分支;4分,可识别三级分支;5分,可识别四级分支。依照上述标准,首先对48例患者横断位图像进行5分法评价图像整体质量,然后对横断位图像、MPR、VR及MIP图像进行细节评价。评分 ≥ 3 分为适于诊断要求, < 3 分则为不适于诊断要求。

客观图像质量包括测量腹主动脉主干CT值、距离肾动脉起始部约 1cm 处肾动脉CT值,同层面竖脊肌CT值作为背景值,测量腹壁前方 2cm 内空气CT值及标准差(标准差定义为背景噪声),并测量图像CT值、噪声、计算图像的对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)和信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)。

1.4 统计学分析 采用SPSS 16.0软件进行统计学分析。组间主观评分比较采用非参数Mann-Whitney U检验。CT值、CNR、SNR采用配对样本t检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

本研究中两组肾动脉CTA图像质量均能够满足诊断需求,图像质量主观评分均 ≥ 3 分。AIDR组图像质量整体评估结果为4分3例、5分17例,FBP组为3分2例、4分4例、5分14例,AIDR组显著高于FBP组(Z 值 $=-3.203$, $P < 0.01$)。血管锐利度评分中,AIDR组为3分2例、4分3例、5分34例,FBP组为3分3例、4分7例、5分30例,AIDR组显著高于FBP组(Z 值 $=-4.576$, $P < 0.01$)。两组图像血管分支数主观评分结果中,两组间均无显著统计学差异(所有 $P > 0.05$),见表1,图1。

两组间腹主动脉、肾动脉、竖脊肌及空气CT值均无显著统计学差异, P 值(分别为 0.839 , 0.767 , 0.488 和 0.645)均 > 0.05 。与应用FBP组比较,应用AIDR组腹主动脉主干、肾动脉、竖脊肌及空气图像噪声均显著降低($P < 0.05$),而SNR及CNR均显著升高($P < 0.05$),同样辐射剂量下AIDR组图像质量均优于FBP组,见表2。

3 讨 论

近年来多层螺旋CT在临床广泛普及,增强后薄层扫描并应用MIP、VR等图像后处理技术能够清晰显示血管解剖位置、走行等细节^[2,3],在保留肾单位的肾癌术前评估、肾动脉狭窄性高血压诊断、肾脏供体移植术前评估以及肾动脉支架植入术后评价等方面,肾动脉CTA具有非常重要的作用^[4-7]。相较于DSA,肾动脉CTA检查更为安全^[8],但仍有一定的辐射风险。随着CT辐射剂量问题日益受到关注,如何在保证图像质量的前提下尽可能降低受检者辐射剂量,成为临床研究和CT设备研发的重要课题之一^[9]。

自20世纪70年代以来,FBP技术一直是传统的CT影像重建技术,但当辐射剂量不足、投影数据采集不足、噪声较大时,FBP重建图像质量有可能无法满足临床诊断需要^[10]。近年来CT影像技术及计算机性能不断提高,传统的FBP技术已经不能满足人们对更高影像质量与更低辐射剂量的需求。与FBP算法比较,迭代重建算法具有可以在数据不完全和低信噪比(低剂量)条件下获得高质量重建图像的优点。上述算法都是采用数据模型进行重建,而本研究中AIDR组则首先对原始图

表1 AIDR组与FBP组图像质量主观评分结果

指标	AIDR组					FBP组					Z值	P值
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
图像整体评分	0	0	0	3	17	0	0	2	4	14	-3.203	<0.01
血管锐利度评分	0	0	2	4	34	0	0	3	7	30	-4.576	<0.01
显示血管分支数												
MRP	0	0	0	3	37	0	0	0	6	34	-1.791	0.073
VR	0	0	1	6	33	0	0	3	7	30	-0.660	0.509
MIP	0	0	3	3	34	0	0	3	4	33	-0.430	0.667

表2 AIDR组与FBP组图像质量客观评价指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

	AIDR组	FBP组	t值	P值
腹主动脉				
CT值	582 ± 66	586 ± 65	-0.204	0.839
SNR	52 ± 14	46 ± 13	0.548	<0.01
CNR	47 ± 13	34 ± 10	0.514	<0.01
SD	25 ± 6	45 ± 7	0.612	<0.001
肾动脉				
CT值	513 ± 62	519 ± 65	-0.299	0.767
SNR	46 ± 13	34 ± 11	3.103	<0.05
CNR	41 ± 12	30 ± 10	2.998	<0.01
SD	38 ± 12	54 ± 13	-4.181	<0.001
竖脊肌				
CT值	55 ± 4	56 ± 4	-0.700	0.488
SD	19 ± 3	35 ± 5	-13.618	<0.001
空气				
CT值	-992 ± 13	-994 ± 11	0.892	0.645
SD	12 ± 3	17 ± 4	-3.782	<0.05

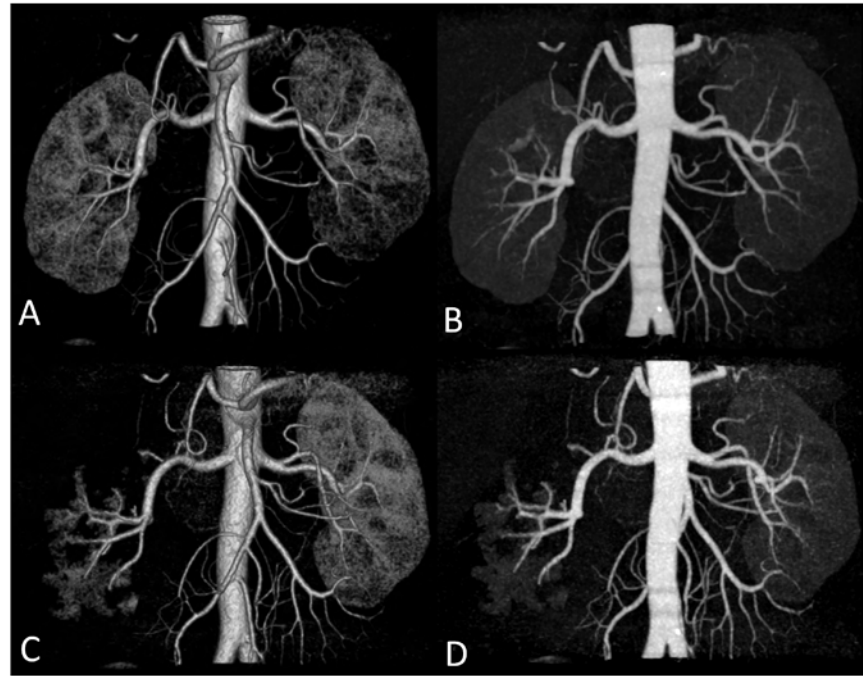


图1 图A-D为同一患者重建图像，图像整体质量均较好，AIDR组（图A-B）整体质量较FBP组（图C-D）更好，两组图像能够清晰显示肾动脉主干及其分支，两组间图像细节显示无显著差异。

像进行主重建并对原始数据进行精确的图像校正，经过对数据域去噪去伪影后再对图像域进行校正，这种算法得到的图像更接近真实。本研究中AIDR重建图像中血管轮廓更加清晰、图像更加平滑，图像主观评分也显著高于FBP组，这可能是由于本研究所用CT扫描仪中AIDR技术提供了Mild、Standard和Strong 3种权重分级，不同权重分级可以在不同程度上降低辐射剂量、提高图像质量，本研究中我们选择的是标准权重，在以后我们会对各种权重的作用程度进行更为细致的研究。

本研究中主观图像评价中，FBP及AIDR组肾动脉主干平均CT值无显著统计学差异，图像质量不受影响，主观图像评价中两组间也没有显著统计学差异，但AIDR组中评分为优的肾动脉数量多于FBP组，这表明两种重建方式在肉眼识别中存在一定的差异。图像质量相关参数中3项客观评价指标（SNR、CNR及SD）比较中，AIDR组SNR及CNR均显著高于FBP组，而SD均低于FBP组。SNR和CNR是影响CT图像质量的两个重要因素^[11]，而CNR与SNR主要影响因素是管电压管电流，高管电压及高管电流穿透力强，X衰减程度小，得到的图像质量高，但负面因素是增加了患者吸收的辐射剂量。迭代重建技术具有较高的图像质量，因而具有降低辐射计量的潜在可能性。彭盛坤等^[12]研究表明，在相同的扫描条件下应用迭代重建技术可以有效提高冠状动脉CTA图像质量，Moscarillo^[13]采用迭代重建技术对冠状动脉CTA图像质量、诊断准确性及辐射计量的影响进行了研究，结果表明在不影响图像质量的前提下，迭代重建技术可以进一步降低辐射剂量，本研

究也得到了相似的结果。

本研究不足之处在于是回顾性研究,样本量也比较少,但本研究是对基于同一原始数据对不同重建算法的图像质量进行评价,避免了分组影响因素,能够更为准确评估AIDR及FBP重建算法对图像质量的影响。本研究结果发现在相同扫描条件下,与FBP技术相比,应用AIDR技术能够有效的提高肾动脉CTA图像质量。

参考文献

- [1] Gill IS, Desai MM, Kaouk JH, et al. Laparoscopic partial nephrectomy for renal tumor: duplication open surgical techniques[J]. J Urol, 2002(2 Pt 1), 167: 469-476.
- [2] 田锦林,杜亚辉,王伟,等.选择性肾动脉栓塞治疗急性肾挫裂伤出血[J]. 中国介入影像与治疗学,2010,7: 609-612.
- [3] 吴朋,吕国士. 64层螺旋CT血管成像对副肾动脉源性肾积水的应用[J]. 中国CT和MRI杂志,2012,10(6): 85-87.
- [4] 毕阳,谢宝君. CT血管造影术(CTA)后处理技术在肾癌分期中的临床应用[J]. 中国CT和MRI杂志,2014,12(1): 85-88.
- [5] Shao P, Qin C, Yin C, et al. Laparoscopic partial nephrectomy with segmental renal artery clamping: Technique and clinical outcomes[J]. Eur Urol, 2011, 59(5): 849-855.
- [6] Sebastia C, Peri L, Salvador R, et al. Multidetector CT of living renal donors: lesions learned from surgeons[J]. Radiographics, 2010, 30(7): 1875-1890.
- [7] Manousaki E, Perisinakis K, Karantanias A, et al. MDCT angiography assessment of renal artery instent restenosis: can we reduce the radiation exposure burden? A feasibility study[J]. Eur J Radiol, 2011, 79(2): 224-231.
- [8] Van Helvoort Postulart D, Dirksen CD, Nelemans PJ, et al. Renal artery stenosis: cost-effectiveness of diagnosis and treatment[J]. Radiology, 2007, 244(2): 2277-2284.
- [9] Brenner D, Elliston C, Hall E, et al. Estimated risk of radiation induced fatal cancer from pediatric CT[J]. Am J Roentgenol, 2001, 176: 289-296.
- [10] Thibault JB, Sauer KD, Bouman CA, et al. A three-dimensional statistical approach to improved image quality for multislice helical CT[J]. Med Phys, 2007, 34(11): 4526-4544.
- [11] Achenbach S, Goroll T, Seltmann M, et al. Detection of coronary artery stenosis by low-dose, prospectively ECG-triggered, high-pitch spiral coronary CT angiography[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2011, 4(4): 328-330.
- [12] 彭盛坤,曾勇明,吕金发,等. SAFIRE/FBP算法冠状动脉CTA图像质量的对比研究[J]. 重庆医学. 2013, 42(17): 1952-1954.
- [13] Moscreillo A, Richard AP, Takx U, et al. Coronary CT angiography: image quality, diagnostic accuracy, and potential for radiation dose reduction using a novel iterative image reconstruction technique comparison with traditional filtered back projection[J]. Eur Radiol, 2011, 21(10): 2130-2138.

(本文编辑: 汪兵)

【收稿日期】2015-09-06

(上接第 72 页)

- [13] 汪丽娅, 骆平, 郭琪等. 2D-thick-TSE和2D-thin-HASTE MRCP技术的临床诊断比较[J]. 中国CT和MRI杂志, 2005, 3(3): 44-45, 48.
- [14] Kim, J. E., Lee, J. M., Baek, J. H. et al. Initial assessment of dual-energy CT in patients with gallstones or bile duct stones: Can virtual nonenhanced images replace true nonenhanced images?[J]. AJR: American Journal of Roentgenology: Including Diagnostic Radiology, Radiation Oncology, Nuclear Medicine, Ultrasonography and Related Basic Sciences, 2012, 198(4): 817-824.
- [15] Sakai, Y., Tsuyuguchi, T., Sugiyama, H. et al. Endoscopic sphincterotomy combined with large balloon dilation for removal of large bile duct stones[J]. Hepato-gastroenterology, 2013, 60(122): 58-64.

(本文编辑: 汪兵)

【收稿日期】2015-09-06