

- [8] 张洁,周聊生,史浩,等. 易损斑块组织特征的影像学研究进展[J]. 中国动脉硬化杂志,2013,21(3):285-288.
- [9] Pasterkamp G, Falk E, Woutman H, et al. Techniques characterizing the coronary atherosclerotic plaque: influence on clinical decision making[J]. J Am Coll Cardiol, 2000, 36(1):13-21.
- [10] Nightingale KR, Palmeri ML, Nightingale RW, et al. On the feasibility of remote palpation using acoustic radiation force[J]. J Acoust Soc Am, 2001, 110(1):625-634.
- [11] 李明华,李梅. 易损斑块的影像学检查方法[J]. 磁共振成像, 2010, 1(6):411-414.
- [12] 王彬,李发琪. 声辐射力弹性成像:弹性成像的新发展[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(4):852-856.
- [13] Osaki A, Kubota T, Suda T, et al. Shear wave velocity is a useful marker for managing nonalcoholic steatohepatitis[J]. World J Gastroenterol, 2010, 16(23):2918-2925.

收稿日期:2017-10-17 修回日期:2017-11-04 编辑:周永彬

· 医疗技术 ·

## 256 层 iCT 迭代重建技术低剂量扫描 在颈部血管成像中的应用

张涛, 陆健, 黄爱娜, 张学琴, 王绍刚, 沈继明  
江苏省南通市第三人民医院医学影像科, 江苏 南通 226000

**摘要:** **目的** 探讨 256 层 iCT iDOSE 迭代重建技术低剂量扫描在颈部血管 CT 血管造影(CTA)中的临床价值。**方法** 选取 2016 年 6 月至 2017 年 4 月需行颈部血管 CTA 检查的 64 例患者,随机分为 A、B 两组,每组 32 例。A 组采用 iDOSE 迭代重建技术及管电流 100 mAs; B 组采用滤波反投影重建算法及管电流 250 mAs,其他参数两组均保持不变。采用独立 *t* 检验比较两组图像不同解剖位置的动脉强化 CT 值、有效辐射剂量以及图像质量主观评分。**结果** A 组主动脉弓、颈总动脉起始端、颈内动脉起始端血管内 CT 值分别为(364.61 ± 57.65)HU、(400.09 ± 65.83)HU、(337.35 ± 54.29)HU, B 组主动脉弓、颈总动脉、颈内动脉起始端血管内 CT 值分别为(372.76 ± 56.83)HU、(393.28 ± 64.94)HU、(336.06 ± 61.84)HU;组间差异均无统计学意义(*P* 均 > 0.05)。A、B 组图像质量评分分别为(4.40 ± 0.40)分、(4.10 ± 0.30)分, A 组显著高于 B 组(*t* = 3.39, *P* < 0.01);辐射剂量分别为(1.58 ± 0.09)mSv、(7.60 ± 0.88)mSv, A 组显著低于 B 组(*t* = 38.50, *P* < 0.01)。**结论** 采用 iDOSE 迭代重建技术低剂量扫描行颈部 CTA 检查,在满足临床诊断要求的前提下,既可提高图像质量又可有效降低辐射剂量。

**关键词:** X 线电子计算机断层扫描; 迭代重建技术; iDOSE 重建算法; 颈部血管; 辐射剂量

**中图分类号:** R 445.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-8182(2018)04-0554-04

### Application of low-dose scanning with iterative reconstruction technique in 256-slice iCT angiography for cervical arteries

ZHANG Tao, LU Jian, HUANG Ai-na, ZHANG Xue-qin, WANG Shao-gang, SHEN Ji-ming

Department of Radiology, Nantong Third People's Hospital Affiliated to Nantong University, Nantong, Jiangsu 226000, China

Corresponding author: LU Jian, E-mail: 19931067@qq.com

**Abstract: Objective** To explore the clinical value of low dose scanning in 256-slice iCT iterative reconstruction (iDOSE) in cervical computed tomography angiography (CTA). **Methods** From June 2016 to April 2017, 64 patients receiving CTA examination were randomly divided into group A and group B (*n* = 32, each). In group A, iDOSE iterative reconstruction technique and tube current of 100 mAs was used, and filtered back projection reconstruction method and tube current of 250 mAs was used in group B. The other parameters remained unchanged in two groups. By independent T test, enhanced CT value of arteries, effective radiation dose and subjective image quality score were compared at different anatomical positions between two groups. **Results** CT values of the aortic arch, the origin of common carotid artery and the origin of internal carotid artery were (364.61 ± 57.65)HU, (400.09 ± 65.83)HU, (337.35 ± 54.29)HU respectively in

group A and were  $(372.76 \pm 56.83)$  HU,  $(393.28 \pm 64.94)$  HU,  $(336.06 \pm 61.84)$  HU respectively in group B. There were no significant differences between two groups (all  $P > 0.05$ ). The image quality score in group A was significantly higher than that in group B [ $(4.40 \pm 0.40)$  vs  $(4.10 \pm 0.30)$ ,  $t = 3.39, P < 0.01$ ]. The radiation dose in group A was significantly lower than that in group B [ $(1.58 \pm 0.09)$  mSv vs  $(7.60 \pm 0.88)$  mSv,  $t = 38.50, P < 0.01$ ]. **Conclusion** Under the premise of satisfying clinical diagnosis, iDOSE iterative reconstruction technique of low dose scanning can improve the image quality and reduce the radiation dose effectively in cervical CTA.

**Key words:** X-ray computed tomography; Iterative reconstruction technique; iDOSE reconstruction algorithm; Cervical artery; Radiation dose

随着 CT 血管造影 (computed tomographic angiography, CTA) 技术的日渐发展, 头颈部血管 CTA 成像已成为临床的一种常规检查, 尤其是在颈部动脉狭窄方面可替代数字减影血管造影 (digital subtraction angiography, DSA)。由于 CTA 导致辐射剂量增加, 尤其是颈部软组织如甲状腺对射线具有高敏感性, 因此, 降低 CTA 的辐射剂量成为目前研究的热点之一。过去我们采用滤波反投影 (filtered back projection) 重建算法时常采用降低管电压、管电流的方法减少辐射剂量, 但会导致图像噪声的明显增加; 目前采用迭代重建 (iterative reconstruction) 技术可降低图像噪声, 尤其是新技术 iDOSE 重建算法的问世, 在明显提高图像质量的同时进一步降低了图像噪声<sup>[1-4]</sup>。本文旨在研究 iDOSE 迭代重建技术低剂量扫描在颈部血管 CTA 中的临床应用价值。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 选取南通市第三人民医院 2016 年 6 月至 2017 年 4 月需行颈部血管 CTA 检查的患者 64 例, 临床表现为头痛、头晕、肢体麻木无力或者偏瘫、口角麻木、复视。体质指数 (BMI)  $\leq 25$  kg/m<sup>2</sup>。排除标准: (1) 严重肝、心、肾功能不全者; (2) 对碘剂过敏者; (3) 妊娠或哺乳期妇女; (4) 图像质量很差不能观察者。所有入组患者随机分为 A、B 两组, 每组 32 例。A 组患者中男性 21 例, 女性 11 例; 年龄 41 ~ 77 ( $62.18 \pm 6.66$ ) 岁; 头痛 9 例, 头晕 10 例, 肢体麻木无力或者偏瘫 4 例, 口角麻木 5 例, 复视 4 例。B 组患者中男性 22 例, 女性 10 例; 年龄 41 ~ 78 ( $63.45 \pm 6.79$ ) 岁; 头痛 10 例, 头晕 9 例, 肢体麻木无力或者偏瘫 3 例, 口角麻木 5 例, 复视 5 例。本研究获得本院伦理委员会批准, 纳入研究的患者均签署知情同意书。

1.2 检查方法 扫描方法采用仰卧位头先进; 嘱患者颈部保持不动并去除扫描范围内金属物体。通过实际测量患者身高与体重来计算 BMI。

1.2.1 扫描参数 CT 机采用 Philips Brilliance 256 iCT。A 组采用 iDOSE 迭代重建技术、重建水平为 4

级, 管电流 100 mAs; B 组采用滤波反投影重建算法及管电流 250 mAs, 其他参数两组一致: 管电压 120 kV, 探测器宽度 128 mm  $\times$  0.625 mm, 螺距 0.915, 层厚 0.75 mm, 层间距 0.322 mm, 旋转时间 0.39 s/周, 矩阵 512  $\times$  512, 视野 (FOV) 210 mm  $\times$  210 mm。使用 Medrad 双筒高压注射器经右侧肘前静脉以 5.00 ~ 5.50 ml/s 速率注入对比剂 60 ml, 注入后以同样的速率注入生理盐水 50 ml。采用对比剂追踪技术, 监测放在主动脉弓层面, 阈值为 120 HU, 延迟 4 s 开始扫描。设定扫描范围从主动脉弓层面至头皮下结束。

1.2.2 图像后处理技术 获取薄层图像后传输至工作站 (星云工作站, Intelispace portal), 通过后处理技术获得曲面重建 (CPR)、容积再现 (VR)、最大密度投影 (MIP) 图像, 并对图像质量进行主观及客观评价。

### 1.3 图像处理与分析

1.3.1 图像客观评价 由两名具有高级职称的影像医生在每位患者的横断面上标注主动脉弓、颈总动脉起始端、颈内动脉起始端 3 个层面并进行测量。分别测量 3 支强化血管的 CT 值, 主动脉弓、颈内动脉起始端和颈总动脉起始端分别设置椭圆形感兴趣区 (ROI), 面积为 7 mm<sup>2</sup>, ROI 选取避开血管内钙化斑块。测量两次取平均值。

1.3.2 图像主观评价 所有图像均采用双盲法由两名具有高级职称的影像医生进行评价, 采用标准 5 分法对所得图像进行评分。图像质量主观评分的标准如下: 1 分, 图像质量很差, 对比度差, 颈部血管主干显示较差, 有严重伪影, 不能用于诊断; 2 分, 图像质量显示不佳, 对比度较差, 颈部血管边缘毛糙, 分支及远端显影差, 有明显伪影, 图像影响诊断; 3 分, 图像质量尚可, 对比度一般, 颈部血管主干及其分支显示好, 远端显示不佳, 有伪影, 但可以用于诊断; 4 分, 图像质量良好, 对比度较好, 颈部血管显示好, 分支显示好, 远端显示较好, 有或无少许伪影, 可以用于诊断; 5 分, 图像质量佳, 对比度好, 颈部血管边缘光滑、分支及远端显示良好, 无伪影, 易于诊断;  $\geq 3$  分的图像认

为可用于临床诊断<sup>[4]</sup>。

1.3.3 辐射剂量的记录 比较 A、B 两组 CT 扫描过程中自动生成的患者剂量长度乘积 [dose length product, DLP (mGy · cm)], 以及 CT 容积剂量指数 [volume CT dose index, CTDIvol (mGy)], 并计算有效剂量 [ED (mSv)]。ED = DLP × k。k 为转换系数, 颈部 CTA 扫描中 k 取值为 0.0031 mSv · mGy<sup>-1</sup> · cm<sup>-1</sup>。

1.4 统计学方法 所有数据使用 SPSS 19.0 软件进行分析。两组患者 CT 值、有效辐射剂量以及图像质量主观评分比较用  $\bar{x} \pm s$  表示, 采用独立样本 *t* 检验。计数资料以例 (%) 表示, 组间比较采用四格表  $\chi^2$  检验。P < 0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 两组所获图像的基本情况 本研究所获得的所有图像均能满足临床诊断要求。图 1 为 67 岁男性, BMI 22.5, 采用 iDOSE 算法及管电流 100 mAs, VR 及 CPR 显示血管清晰, 图像评分为 5 分。图 2 为 59 岁男性, BMI 21.6, 采用滤波投影重建算法及管电流 250 mAs, VR 及 CPR 显示血管清晰, 图像评分为 4 分。

2.2 主观及客观图像质量比较 A、B 两组患者的主动脉弓、颈总动脉起始端、颈内动脉起始端 CT 值的差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)。A、B 两组图像主观质量评分为 (4.40 ± 0.40) 分、(4.10 ± 0.30) 分, 组间差异有统计学意义 (t = 3.39, P < 0.01)。见表 1。

2.3 两组有效辐射剂量比较 A、B 两组 CTDIvol 分别为 (6.72 ± 0.75) mGy、(31.23 ± 4.45) mGy, 差异有统计学意义 (t = 30.72, P < 0.01); DLP 分别为 (268.00 ± 14.80) mGy · cm、(1288.83 ± 148.42) mGy ·



注: 2a: 滤波反投影法重建图像; 2b: 颈部血管 CTA 图像。

图 2 一例 59 岁男性颈部血管 CTA 图像和滤波反投影法重建图像

表 1 两组患者主动脉弓、颈总动脉、颈内动脉 CT 值及图像主观质量评分比较 (n = 32,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	CT 值 (HU)			图像主观质量评分
	主动脉	颈总动脉	颈内动脉	
A 组	364.61 ± 57.65	400.09 ± 65.83	337.35 ± 54.29	4.40 ± 0.40
B 组	372.76 ± 56.83	393.28 ± 64.94	336.06 ± 61.84	4.10 ± 0.30
<i>t</i> 值	0.57	0.42	0.09	3.39
<i>P</i> 值	0.57	0.68	0.93	0.00

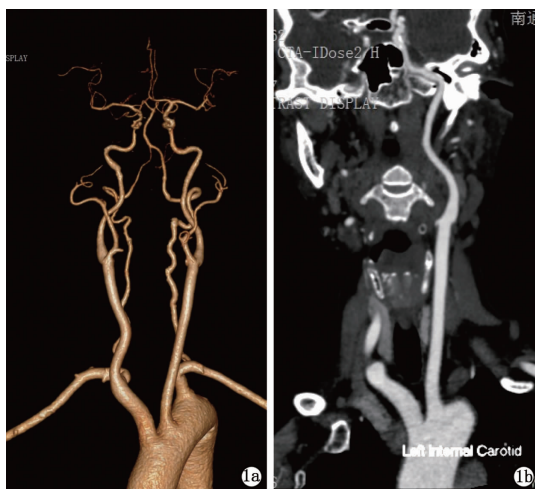
表 2 两组有效辐射剂量比较 (n = 32,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	CTDIvol	DLP	有效辐射剂量
	(mGy)	(mGy · cm)	(mSv)
A 组	6.72 ± 0.75	268.00 ± 14.80	1.58 ± 0.09
B 组	31.23 ± 4.45	1288.83 ± 148.42	7.60 ± 0.88
<i>t</i> 值	30.72	38.72	38.50
<i>P</i> 值	0.00	0.00	0.00

cm, 差异有统计学意义 (t = 38.72, P < 0.01); 有效辐射剂量分别为 (1.58 ± 0.09) mSv、(7.60 ± 0.88) mSv, 差异有统计学意义 (t = 38.50, P < 0.01)。辐射剂量 A 组较 B 组减少 79.21%。见表 2。

## 3 讨论

颈部血管病变是中老年人多发病, 且有年轻化的趋势, 轻者造成机体功能障碍, 重者引起偏瘫甚至死亡。研究表明, 颈部血管粥样硬化致动脉狭窄是引起脑供血不足的主要原因。如何早期发现这些血管的病变, 是有效防止和改善血管性病变发生和预后的有效途径。随着 CTA 技术日渐成熟, 颈部血管 CTA 已成为一种常规检查, 尤其是在颈部动脉狭窄方面可替代 DSA。但 CTA 会导致有效辐射剂量增加, 尤其是甲状腺组织对射线具有高敏感性, 因此, 降低 CTA 的有效辐射剂量成为目前研究的热点之一。在保证图像质量的前提下使患者接受最小的辐射剂量, 实现二者之间的优化匹配, 一直是研究的焦点<sup>[5-7]</sup>。



注: 1a: iDOSE 迭代重建图像; 1b: 颈部血管 CTA 图像。

图 1 一例 67 岁男性患者颈部血管 CTA 图像和 iDOSE 迭代重建图像

既往传统降低颈部 CTA 有效辐射剂量的方法有降低管电流、管电压,使用自动毫安技术等<sup>[8]</sup>。但上述方法对降低辐射剂量有很大局限性,且图像质量不能得到保证。随着计算机技术的迅猛发展,CT 图像重建算法也由原来的滤波反投影重建算法转变成迭代重建算法,低剂量迭代重建技术已成为 CT 成像领域的新热点,它能够在保证图像质量的情况下降低噪声,明显减少有效辐射剂量,与常规重建技术相比具有很大的优势。iDOSE 作为全新一代的迭代重建算法,具有多解剖模型和噪声、双空间等多重优势,在对噪声精确处理的同时,更进一步强化器官固有特性,提高图像分辨率,保持图像原有的真实性,消除蜡状伪影,从而能在低辐射剂量下获得更好的图像,在相同图像质量下明显降低辐射剂量<sup>[9-12]</sup>。国外有学者认为 iDOSE 技术可以在保证图像质量的前提下降低有效辐射剂量 70% 以上<sup>[13-15]</sup>。iDOSE 具有明显降低有效辐射剂量的能力,且能在提高图像质量的同时显著降低图像噪声。

本研究结果可以看出,在管电流由 100 mAs 上升至 250 mAs 后,管电压不变的情况下,有效辐射剂量明显增加,但两组之间的 CT 值却无差异。且笔者通过统计发现,在图像主观质量评分方面,两组图像质量均能达到诊断要求,但 A 组图像质量评分高于 B 组,差异有统计学意义。另本研究结果显示, A 组 iDOSE 迭代重建技术使有效辐射剂量降低了 79.21%。故 iDOSE 迭代重建技术实现了检查技术的优化,采用 iDOSE 迭代重建技术低剂量扫描行颈部血管 CTA 检查,在满足临床诊断要求的前提下,既可提高图像质量又可有效降低辐射剂量。

#### 参考文献

[1] Zheng M, Wu Y, Wei M, et al. Low-concentration contrast medium for 128-slice dual-source CT coronary angiography at a very low radiation dose using prospectively ECG-triggered high-pitch spiral acquisition[J]. Acad Radiol, 2015, 22(2): 195-202.

[2] Rose SD, Sanchez AA, Sidky EY, et al. Investigating simulation-based metrics for characterizing linear iterative reconstruction in digital breast tomosynthesis[J]. Med Phys, 2017, 44(9): e279-e296.

[3] Pryor A Jr, Yang Y, Rana A, et al. GENFIRE: A generalized Fourier iterative reconstruction algorithm for high-resolution 3D imaging[J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 10409.

[4] Yang J, Yang X, De Cecco CN, et al. Iterative reconstruction improves detection of in-stent restenosis by high-pitch dual-source coronary CT angiography[J]. Scientific Reports, 2017, 7: 6956.

[5] Kondratyev E, Karmazanovsky G. Low radiation dose 256-MDCT angiography of the carotid arteries: effect of hybrid iterative reconstruction technique on noise, artifacts, and image quality[J]. Eur J Radiol, 2013, 82(12): 2233-2239.

[6] 胡莹莹, 孙宏亮, 王玉丽, 等. 采用低管电压技术和低剂量对比剂行 256 层螺旋 CT 头颈部动脉成像的可行性[J]. 中国医学影像技术, 2012, 28(7): 1396-1400.

[7] Hou Y, Liu X, Xv S, et al. Comparisons of image quality and radiation dose between iterative reconstruction and filtered back projection reconstruction algorithms in 256-MDCT coronary angiography[J]. AJR Am J Roentgenol, 2012, 199(3): 588-594.

[8] Hou Y, Ma Y, Fan W, et al. Diagnostic accuracy of low-dose 256-slice multi-detector coronary CT angiography using iterative reconstruction in patients with suspected coronary artery disease[J]. Eur Radiol, 2014, 24(1): 3-11.

[9] Luo S, Zhang LJ, Meinel FG, et al. Low tube voltage and low contrast material volume cerebral CT angiography[J]. Eur Radiol, 2014, 24(7): 1677-1685.

[10] 袁庆海, 刘建华, 韩冰, 等. 应用 80 kV 管电压降低主动脉 CT 造影射线剂量初探[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2010, 30(6): 740-743.

[11] 李瑞, 林洁, 唐坤, 等. 低管电压扫描对颈动脉 CT 血管成像图像质量及辐射剂量的影响[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(5): 819-823.

[12] Funama Y, Taguchi K, Utsunomiya D, et al. Combination of a low-tube-voltage technique with hybrid iterative reconstruction (iDose) algorithm at coronary computed tomographic angiography[J]. J Comput Assist Tomogr, 2011, 35(4): 480-485.

[13] Rajiah P, Schoenhagen P, Mehta D, et al. Low-dose, wide-detector array thoracic aortic CT angiography using an iterative reconstruction technique results in improved image quality with lower noise and fewer artifacts[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2012, 6(3): 205-213.

[14] Tesche C, De Cecco CN, Schoepf UJ, et al. Iterative beam-hardening correction with advanced modeled iterative reconstruction in low voltage CT coronary calcium scoring with tin filtration: Impact on coronary artery calcium quantification and image quality[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2017, 11(5): 354-359.

[15] Lee SH, Yun SJ, Kim DH, et al. Diagnostic usefulness of low-dose lumbar multi-detector CT with iterative reconstruction in trauma patients: a comparison with standard-dose CT[J]. Br J Radiol, 2017, 90(1077): 20170181.

收稿日期: 2017-09-27 修回日期: 2017-11-01 编辑: 石嘉莹