

• CT 低剂量影像学专题 •

基于模型的迭代重建在胸廓出口处超低剂量 CT 扫描中的可行性

赵永为, 王鹤, 王霄英, 刘建新

【摘要】 目的:探讨基于模型的迭代重建(MBIR)技术在超低剂量胸部螺旋 CT 扫描中对胸廓出口处图像噪声的抑制程度。**方法:**选取连续 20 例患者行超低剂量胸部 CT 平扫,扫描范围为双侧颈根部层面至胸 2 椎体下缘层面胸廓出口处层面。扫描参数:120kVp,应用管电流调制技术(10~400mA),噪声指数(NI)40,重建层厚及层距 0.625mm。根据重建方式不同分为 30%ASIR 组和 MBIR 组。在 AW4.5 工作站上两组所得图像取胸廓出口处相同层面,分别测量双侧竖脊肌、甲状腺、肺尖、椎体及气管内 CT 值及 SD 值并进行统计学分析(配对 t 检验)。**结果:**两组间各兴趣区 CT 值差异均无统计学意义($P>0.05$),噪声(SD)值间差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**应用 MBIR 技术对超低剂量胸部 CT 数据进行重建,能够有效地降低胸廓出口层面图像的噪声。

【关键词】 体层摄影术,X 线计算机;迭代重建;辐射量

【中图分类号】 R814.42; R561 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)03-0288-03

Application of iterative reconstruction to reduce noise in the low-dose chest CT imaging of thoracic outlet level ZHAO Yong-wei, WANG He, WANG Xiao-ying, et al. Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, P. R. China

【Abstract】 Objective: To study the ability of inhibition of noise in the ultra-low-dose chest spiral CT scan of the thoracic outlet by using model-based iterative reconstruction (MBIR) technology. **Methods:** Twenty consecutive patients who underwent ultra-low-dose CT scan at the level of thoracic outlet were enrolled in this study. Scan range covered from bilateral carotid roots to the second thoracic vertebrae. Scanning conditions: 120kVp, using tube current modulation technology, 10~400mA, noise index 40, reconstruction thickness 0.625mm, slice distance 0.625mm. According to the reconstruction mode, the CT images were divided into ASIR group and MBIR group. Images at the same level of the two groups were taken at thoracic outlet, and regions of interest (ROI) were drawn in the same area in bilateral erector spinae muscles, thyroid, lung apex, vertebra, and tracheal lumen. CT value and SD value were measured on a AW4.5 workstation. CT value and SD value of the ROI in the 2 groups were compared by paired sample t -test respectively. There was significant difference when $P<0.05$. **Results:** Average CT value of ROI of ASIR group was (349.86 ± 96.70) HU, average SD value was (82.89 ± 26.05) . Meanwhile, those of MBIR group were (328.89 ± 160.29) HU and (31.03 ± 16.19) . There was no significant difference between the CT values of the ROI of the 2 groups ($P>0.05$). There was significant difference between the SD values of the ROI of the 2 groups ($P<0.05$). **Conclusion:** MBIR technology can effectively reduce the image noise of the thoracic outlet level compared to ASIR reconstruction images.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Iterative reconstruction; Radiation dose

低剂量 CT 作为肺部病变筛查的有效手段,在肺癌防治和临床早期发现方面得到日益重视,但目前使用的低管电流扫描技术导致图像噪声增加是限制其广泛应用的主要因素之一^[1]。有研究表明,图像噪声大小与扫描参数、重建算法、受检部位等因素有关^[2]。而胸廓出口处由于致密结构众多,横径相对较大,图像噪声相对于胸部其它部位高^[1]。本研究通过对比基于模型的迭代重建(model based iterative reconstruction, MBIR)技术与自适应迭代重建(adaptive statistical iterative reconstruction, ASIR)技术所处理的胸廓出口处图像,旨在探讨应用 MBIR 技术对管电流低于

25mA 的超低剂量胸部 CT 扫描图像上^[3-4]胸廓出口处噪声的改善能力。

材料与方法

1. 一般资料

分析 2012 年 4 月—5 月在我院行超低剂量胸部螺旋 CT 平扫的所有患者,将有胸部及甲状腺疾病的患者剔除出组。要求患者屏气良好、胸廓出口部位无异物。入组 20 例患者,男 9 例,年龄 35~83 岁,中位年龄 71 岁,体重指数(body weight index, BMI) $17.5 \sim 29.0 \text{ kg/m}^2$,中位 BMI 为 22 kg/m^2 ;女 11 例,年龄 17~66 岁,中位年龄 41 岁, BMI 为 $17.4 \sim 31.7 \text{ kg/m}^2$,中位 BMI 19.1 kg/m^2 。

2. 扫描方案

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科

作者简介:赵永为(1983—),男,天津人,技师,主要从事 CT 技术工作。

使用 GE Discovery CT 750 HD 螺旋 CT 机。扫描范围自双侧颈根部层面至双侧肾上腺层面,扫描参数:120kVp,应用管电流自动调制技术,10~400mA、噪声指数 40。ASIR 组使用 ASIR 30%对胸出口处图像进行重建、重建层厚 0.625mm,层距 0.625mm。MBIR 组使用 MBIR 重建、重建层厚 0.625mm,层距 0.625mm。训练患者吸气后屏气,在吸气后屏气相行 CT 扫描。

3. CT 值及噪声测量方法

选取所有入组患者 CT 图像上 Th₁ 椎体两侧第 1 椎肋关节显示最大的层面测量图像噪声。应用 AW4.5 工作站 Reformat 软件分别测量两组图像中双侧竖脊肌、双侧甲状腺、双侧肺尖、椎体以及气管内 CT 值(图 1)以及其标准差(standard deviation,SD),以 SD 值代表噪声。兴趣区面积为 19mm²。

4. 统计学方法

使用 SPSS 13.0 软件进行分析。采用配对样本 *t* 检验,分别比较两组胸廓出口层面 CT 图像上各 ROI 的 CT 值及 SD 值。

结 果

两组图像上左右竖脊肌、左右甲状腺、左右肺尖、椎体和气管内 CT 值测量结果见表 1。两组组间各部位测量所得 CT 值间差异均无统计学意义(*P* > 0.05)。

表 1 ASIR 组及 MBIR 组胸廓出口层面各兴趣区 CT 值 (HU)

部位	ASIR 组	MBIR 组
竖脊肌左	50.73±24.40	50.14±24.40
竖脊肌右	54.40±21.48	55.05±22.13
甲状腺左	89.80±19.48	89.33±19.37
甲状腺右	93.02±23.81	93.39±23.22
肺尖左	-570.84±317.63	-495.84±427.17
肺尖右	-670.53±247.14	-671.58±247.33
椎体	346.34±102.67	347.32±105.03
气管	-923.12±16.96	-828.51±413.66

两组图像上左右竖脊肌、左右甲状腺、左右肺尖、椎体、气管内 SD 值测量结果见表 2。两组间各部位 SD 值间差异均有统计学意义(*P* < 0.05),ASIR 组图像噪声大于 MBIR 组。

表 2 ASIR 及 MBIR 组胸廓出口层面各兴趣区 SD 值 (HU)

部位	ASIR 组	MBIR 组
竖脊肌左	83.66±25.06	22.43±5.58
竖脊肌右	98.29±37.48	24.73±7.69
甲状腺左	67.81±15.39	18.30±4.82
甲状腺右	65.73±13.14	20.09±6.91
肺尖左	89.67±21.86	33.80±21.44
肺尖右	86.51±34.02	44.78±34.15
椎体	108.57±49.09	66.10±42.41
气管	62.92±12.37	18.04±6.51

讨 论

图像噪声是指在 CT 扫描均匀水模时其像素 CT 值偏离标准值之差。其大小可用兴趣区均匀物质 CT 值的标准方差来表示^[5]。相关研究表明,CT 图像噪声大小与扫描参数和重建算法有关。图像噪声随着 CT 管电流、管电压的增加而减少。而重建算法对 CT 图像噪声影响很大。高分辨力重建算法可使图像噪声明显增大。一般来说,凡是有助于改善空间分辨力的因素均可引起噪声的增加,其相对程度可以用重建算法调节^[2]。

在本次研究中,读取 ASIR 组和 MBIR 组的剂量报告(dose report)可知 20 例患者行超低剂量胸部 CT 平扫的平均 CT 剂量指数(computed tomography dose index,CTDI)为 0.81mGy。与以往研究比较显著降低了患者的辐射剂量^[6]。但是由于胸廓出口层面有众多的肌肉、血管、气管以及双上臂等众多结构,密度分布变化较大,层面致密结构众多,横径相对较大,这些因素均导致此处 CT 图像上噪声较大,降低了局部层面的图像质量。应用 ASIR 技术重建仍未得到有效改善。

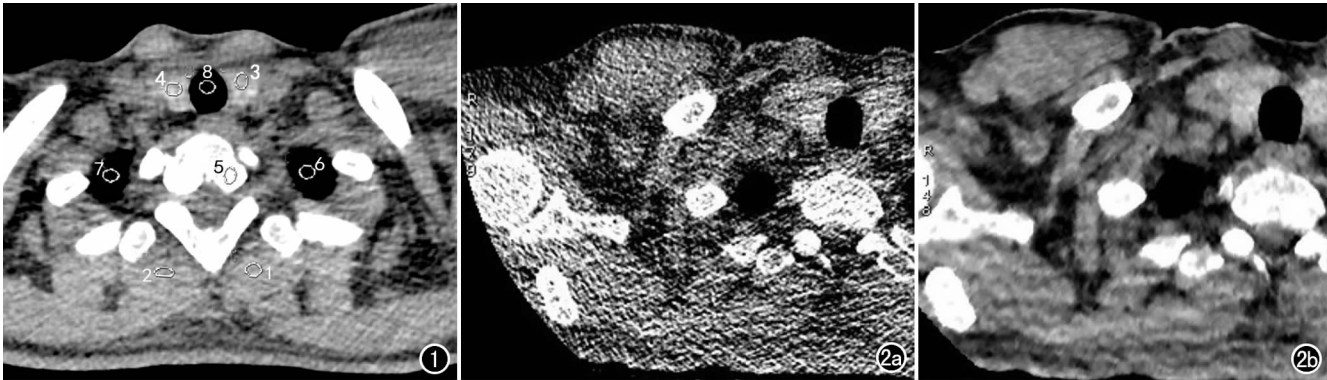


图 1 胸廓出口层面各部位噪声的测量,图中所示兴趣区依次为 1、2 为竖脊肌,3、4 为甲状腺,5 为 Th₁ 椎体,6、7 为双侧肺尖,8 为气管。图 2 胸廓出口层面图像比较,MBIR 图像噪声明显低于 ASIR 图像。a) 应用 ASIR 技术重建的低剂量胸部 CT 图像; b) 应用 MBIR 技术重建的低剂量胸部 CT。

本组选取的测量部位为双侧竖脊肌、双侧甲状腺、双侧肺尖、椎体以及气管内。在胸廓出口层面,这些组织位置较固定,且多为双侧对称,在固定 ROI 位置的情况下,内部结构 CT 值及理论变化值较固定。

超低剂量胸部平扫 CT 检查应用 MBIR 技术重建的胸廓出口处图像上噪声相对于传统超低剂量 CT 应用 ASIR 技术重建胸的图像,在不改变被检部位原本均匀性的情况下(CT 值无明显差异,表 1)图像噪声得到非常显著性改善($P < 0.05$,表 2)。MBIR 技术是基于模型的迭代重建算法,其用于重建的模型包括焦点模型、X 线锥形束模型、三维体素模型、探测器单元模型和系统噪声模型等,不仅考虑到数据的统计噪声性质,而且对探测系统的光学性质也在重建中一并加以考虑。MBIR 对每一个体素进行精确描述,考察这个非常小的立体结构受到特定大小的 X 线点光源照射后激活探测器单元的情况;随体素位置不同、与 X 线源的距离不同,受照射后激活探测器单元区域的大小也会不同。MBIR 对这种空间位置差异的精确描述比 ASIR 更能反映 CT 系统的真实情况,从而能在重建图像上更为准确地还原扫描信息。MBIR 通过迭代方法从每一个独立数据点的水平将统计噪声和光学模糊效应从原始数据空间中不断去除,还原一个真实的物体。因此,MBIR 技术能够明显提高 CT 图像的分辨力并减小噪声^[7-8]。

在本次研究中,应用常规 ASIR 算法的低剂量 CT 其 CTDI 虽然均值仅为 0.81mGy,相对于以往研究^[4](CTDI 均值 6.2mGy)下降高达 87%。但是在应用 MBIR 技术重建胸廓出口处图像后,在同样是个体剂量降低的情况下,各兴趣区内噪声值相对于应用 ASIR 算法的低剂量胸部 CT 均有显著降低($P < 0.05$),这也显示了 MBIR 技术在降噪方面的显著效果。

本研究中,应用低剂量胸部 CT 平扫的方法虽然大幅度降低了被检者的接收剂量,但是由于管电流自动调制技术使 mA 大幅降低,ASIR 图像噪声显著增加。而 MBIR 组中在重建算法层面调节所得图像噪声水平^[9],得到的 CT 图像上噪声明显优于应用 ASIR

算法的低剂量胸部平扫 CT 图像(图 2)。

本研究也有一些不足之处:首先,本研究中样本量较小(仅 20 例),可能还不能全面反映 MBIR 在图像降噪方面的强大优势,尚需进一步增加样本量,提高数据的可信性;其次,本研究中所有检查的管电压均为 120kVp,未采用低 kVp 检查,因为低 kVp 时患者接受的有效剂量会更低,这需要进一步研究及实验。

综上所述,应用 MBIR 技术对低剂量胸部 CT 胸廓出口处图像进行重建,在被检者辐射剂量低的同时,能够有效地降低胸廓出口处的噪声指数,提高图像质量。

参考文献:

- [1] 江一峰,叶剑定,丁晓毅,等. 胸部低剂量 CT 图像噪声和伪影分析[J]. 中华放射学杂志,2011,44(1):37-40.
- [2] 陈志安,潘勇,岳秀,等. CT 图像噪声相关因素的分析[J]. 中国医学影像技术,2001,17(12):1236-1237.
- [3] 朱晓华,李士骏,薛永明,等. 胸部 CT 低剂量扫描的图像质量与吸收剂量关系分析[J]. 中国放射学杂志,2011,37(10):945-950.
- [4] Neroladaki A, Botsikas D, Boudabbous S, et al. Computed tomography of the chest with model-based iterative reconstruction using a radiation exposure similar to chest X-ray examination: preliminary observations[J]. Eur Radiol, 2013, 23(2):360-366.
- [5] 亓恒涛,秦维昌,王巍,等. 64 层螺旋 CT 噪声测试及其影响因素分析[J]. 中华放射医学与防护杂志,2007,27(2):195-198.
- [6] 贾楠,王新江,惠萍,等. 适应性统计迭代重建技术降低胸部 CT 扫描剂量的初步临床研究[J]. 中国医学影像学杂志,2010,18(6):551-553.
- [7] 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.
- [8] Katsura M, Matsuda I, Akahane M, et al. Model-based iterative reconstruction technique for radiation dose reduction in chest CT: comparison with the adaptive statistical iterative reconstruction technique[J]. Eur Radiol, 2012, 22(8):1613-1623.
- [9] Husarik DB, Marin D, Samei E, et al. Radiation dose reduction in abdominal computed tomography during the late hepatic arterial phase using a model-based iterative reconstruction algorithm: how low can we go? [J]. Invest Radiol, 2012, 47(8):468-474.

(收稿日期:2013-01-23)