

低剂量 CT 技术在泌尿系结石诊断中的应用价值

束宏敏¹ 李小虎¹ 宋建¹ 杜俊华² 刘斌¹ 余长亮¹ 钱银锋¹ 李晓舒¹ 张辉¹ 余永强¹

摘要 目的 探讨低剂量 CT 结合自适应统计迭代重建技术在泌尿系结石诊断中的价值。方法 使用自动管电流调节技术,对临床怀疑泌尿系结石的 41 例患者同时进行常规剂量及低剂量 CT 扫描,其中常规组噪声指数(NI)设定为 13,低剂量组 NI 设定为 25。运用滤过反投影技术(FBP)及自适应统计迭代重建技术(ASIR)对图像进行 1.25 mm 层厚重建,由两名放射科医师分别对结石(大小、位置、数目)、图像质量(1~5 分)、图像噪声(1~3 分)及诊断可信度(1~3 分)等几个方面进行评估,记录两组扫描的容积 CT 剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)并计算有效剂量(ED)。采用 Wilcoxon 符号秩和检验及配对 *t* 检验进行统计学分析。结果 低剂量组的平均 ED 为 1.76 mSv,常规组的平均 ED 为 5.98 mSv($P < 0.05$)。低剂量组使用 80% ASIR 法处理的图像质量明显高于 FBP 法处理的图像质量($P < 0.05$),而与常规组 FBP 法处理的图像质量大致相仿,差异无统计学意义($P > 0.05$)。结论 结合使用自动管电流调节技术及 ASIR,可在保证图像质量的前提下,明显降低 CT 扫描辐射剂量,具有较好的临床可行性。

关键词 泌尿系结石;低剂量;自适应统计迭代重建技术;CT

中图分类号 R 814.42

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2015)11-1657-04

尿石症是泌尿外科常见的疾病之一,发作时以疼痛及血尿为主要临床表现。以往依靠 KUB、超声和 IVU 等检查,近年来,伴随着螺旋 CT 技术的飞速发展,以其更快的扫描速度、更薄的扫描层厚及更强的三维重建技术^[1]为泌尿系结石诊断提供了更有效的检查方法,广泛应用于临床。然而,螺旋 CT 在提高结石诊断率的同时,也使患者接受了更多的辐射剂量。如何降低患者的辐射剂量成为医务工作者

和患者共同关注的焦点问题。因此,该研究结合使用了自适应统计迭代重建技术(adaptive statistical iterative reconstruction,ASIR)及自动管电流调节技术,探讨在保证图像质量符合临床诊断的前提下,低剂量 CT 扫描在泌尿系结石诊断中的可行性。

1 材料与方法

1.1 一般资料 收集 2014 年 9 月~2015 年 3 月因临床怀疑泌尿系结石行 CT 检查的 41 例患者,其中男 20 例,女 21 例,年龄 23~76(51.0 ± 12.8)岁。临床主要表现为:血尿、腹背部疼痛、尿急等。该研究已通过安徽医科大学第一附属医院伦理委员会同意,所有检查患者均签署知情同意书。

1.2 设备与方法 采用能谱 CT(Discovery CT750 HD)进行扫描,扫描前去除体表金属异物,并于扫描前半小时饮用 300 ml 饮用水。患者取仰卧位,扫描范围自胸 12 水平至耻骨联合下缘,扫描过程中嘱屏住呼吸。扫描时管电压 120 kV,使用自动毫安调节技术,管电流范围 10~400 mA,旋转时间 0.5 s/圈,螺距 1.375:1,常规组噪声指数(noise index,NI)为 13,低剂量组 NI 为 25。

1.3 图像后处理 常规组及低剂量组图像使用 1.25 mm 层厚重建,采用滤过反投影技术(filtered back projection,FBP)及 ASIR 对图像进行重建,其中 ASIR 的权重依次设定为 20%、40%、60% 及 80%,获得 10 组图像,并在 GE ADW4.3 工作站完成图像的测量工作。由两名具有 5 年以上腹部影像诊断经验的医师分别对 10 组图像进行评估观察,观察的内容包括:结石的数目、大小、位置,图像质量、图像噪声水平及诊断可信度等。在诊断过程中遇到诊断意见不一致的情况时,由两名医师协商达成一致。

1.4 图像质量分析 ① 图像质量:以 5 分制进行评分(1 分:图像噪声大,伪影重,结构显示不清,完全不能满足临床诊断;2 分:图像噪声较大,大部分结构显示不清,不能满足临床诊断;3 分:图像噪声一般,部分结构显示欠佳,基本满足诊断;4 分:图像噪声尚可,组织结构显示清晰,可以满足诊断要求;5 分:图像噪声小,结构显示清晰,完全满足临床诊断要求);② 图像噪声:以 3 分制进行评分(1 分:噪声

2015-07-31 接收

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(编号:81301224);安徽省高校省级自然科学研究重点项目(编号:KJ2013A144);安徽医科大学第一附属医院青年培育基金项目(编号:2012KJ02)

作者单位:安徽医科大学第一附属医院¹放射科,²泌尿外科,合肥 230022

作者简介:束宏敏,男,硕士研究生;

余永强,男,教授,博士生导师,责任作者,E-mail: yuyongqiang@hotmail.com

小; 2分: 噪声一般; 3分: 噪声大); ③ 诊断可信度: 以3分制进行评分(1分: 无可信度; 2分: 基本可信; 3分: 完全可信) [2]。

1.5 噪声水平的测定 分别选择肝右叶、体表脂肪层及腰大肌(第5腰椎水平)作为感兴趣区, 大小为70~110 mm², 记录感兴趣区CT值的标准差(SD), 作为图像噪声的水平。

1.6 辐射剂量 分别记录两组扫描患者接受的辐射剂量参数: 容积CT剂量指数(CT dose index volumes, CTDIvol)、剂量长度乘积(dose length product, DLP)并计算有效剂量(effective dose, ED), 其中ED = DLP × W, W表示转换因子。根据欧洲CT质量标准指南规定, 腹部的转换因子为0.015。

1.7 统计学处理 采用SPSS 16.0统计软件进行分析, 对常规组及低剂量组的辐射剂量及噪声水平进行配对t检验, 对图像质量评分进行Wilcoxon符号秩和检验。

2 结果

2.1 诊断结果 41例患者共检出结石186枚, 其中肾结石167枚, 输尿管结石18枚(上段7枚, 中段4枚, 下段7枚), 膀胱结石1枚, 结石大小范围1.0~44.8 mm, 结石平均直径为7.4 mm。依据结石大小分类: 其中φ < 3 mm为56枚, 3~5 mm为43枚, 5~10 mm为41枚, > 10 mm为46枚。

2.2 图像质量主观评分 由两名医师分别对图像进行评分, 见表1。常规组FBP图像较低剂量组FBP的图像质量、图像噪声及诊断可信度的评分较高, 差异有统计学意义。图1、2为2例结石患者采用两组扫描方案获得的图像, 常规组FBP图像(1A、2A)质量较好, 可以满足临床诊断需求, 低剂量组FBP图像(1B、2B)质量最差, 噪声最大, 使用不同权重的ASIR处理后, 图像质量评分有所提高, 当ASIR的权重设定为80%时, 图像(1D、2D)质量明显提高, 低剂量组80% ASIR处理图像质量评分与常规组FBP处理图像质量评分差异无统计学意义。

2.3 图像噪声客观评分 常规组FBP与低剂量组FBP的图像噪声差异有统计学意义, 当使用80% ASIR处理后, 低剂量组的图像噪声明显降低, 感兴趣区图像噪声水平低剂量组ASIR较常规组FBP低, 但差异无统计学意义, 见表2。

2.4 辐射剂量 两组患者接受的辐射剂量, 低剂量组CTDIvol较常规组降低70.62%, DLP降低70.63%, ED降低70.56%, 差异有统计学意义(P <

0.05), 见表3。

表1 两组图像质量评分 [n = 41, M(Q)]

组别	图像质量	图像噪声	诊断可信度
常规			
FBP	4.00(0.50)	1.00(0.00)	3.00(0.00)
20% ASIR	4.00(1.00)	1.00(0.00)	3.00(0.00)
40% ASIR	5.00(0.00)	1.00(0.00)	3.00(0.00)
60% ASIR	5.00(0.00)	1.00(0.00)	3.00(0.00)
80% ASIR	5.00(0.00)	1.00(0.00)	3.00(0.00)
低剂量			
FBP	3.00(0.00)	2.00(0.00)	2.00(1.00)
20% ASIR	3.00(0.50)	2.00(0.00)	3.00(1.00)
40% ASIR	4.00(1.00)	2.00(1.00)	3.00(0.00)
60% ASIR	4.00(0.00)	1.00(0.00)	3.00(0.00)
80% ASIR	4.00(0.00)	1.00(0.00)	3.00(0.00)
Z值 [#]	-0.447	-1.732	-1.414
P值 [#]	0.655	0.083	0.157

[#]表示低剂量组80% ASIR与常规组FBP比较

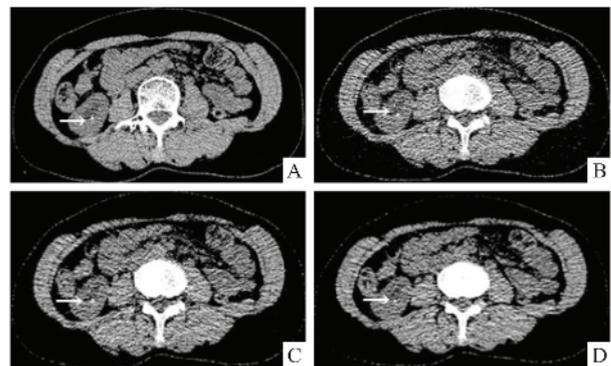


图1 两组扫描方案中小结石的显示情况

A: 常规扫描, FBP重建; B: 低剂量扫描, FBP重建; C: 低剂量扫描, 60% ASIR重建; D: 低剂量扫描, 80% ASIR重建

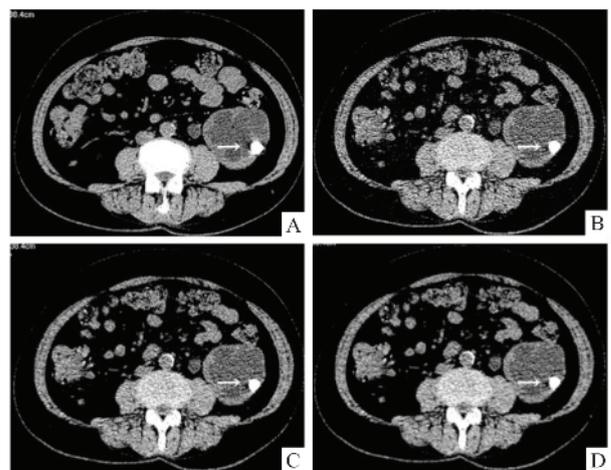


图2 两组扫描方案中软组织病变(肾盂积水)的显示情况

A: 常规扫描, FBP重建; B: 低剂量扫描, FBP重建; C: 低剂量扫描, 60% ASIR重建; D: 低剂量扫描, 80% ASIR重建

表2 两组图像噪声客观评分($n=41$ $\bar{x} \pm s$)

部位	常规组 FBP	低剂量组 FBP	低剂量组 60% ASIR	低剂量组 80% ASIR	<i>t</i> 值 [#]	<i>P</i> 值 [#]
脂肪	24.50 ± 3.57	40.91 ± 6.24	27.80 ± 4.51	23.03 ± 3.74	3.018	<0.05
肝右叶	29.40 ± 3.77	55.90 ± 6.86	35.71 ± 5.69	29.38 ± 4.27	0.027	0.979
腰大肌	27.99 ± 3.63	51.45 ± 7.79	33.44 ± 5.46	27.17 ± 3.91	1.393	0.171

[#]表示低剂量组 80% ASIR 与常规组 FBP 比较

表3 两组的剂量比较($n=41$ $\bar{x} \pm s$)

指标	常规组	低剂量组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
CTDIvol (mGy)	8.34 ± 1.97	2.45 ± 0.71	29.308	<0.05
DLP (mGy · m)	398.48 ± 98.10	117.03 ± 34.56	22.776	<0.05
ED (mSv)	5.98 ± 1.47	1.76 ± 0.52	27.787	<0.05

3 讨论

CT 技术目前已成为临床诊断泌尿系结石的金标准,有研究^[3]表明其在发现结石的同时可以进一步区分结石的化学成分,从而指导患者的临床治疗。由于泌尿系结石患者的复发率高^[4],患者往往需要接受多次的 CT 检查。自 1990 年 Naidich et al^[5] 首先报道低剂量 CT 胸部扫描以来,低剂量 CT 扫描越来越受到人们的关注。降低辐射剂量的常用方法有增大螺距或降低管电流,增大螺距可以降低患者的辐射剂量,但造成图像在 Z 轴上的空间分辨力下降,遗漏小病灶的危险性增大^[6],减低管电流成为降低辐射剂量的首选手段。

本研究采用自动管电流调制技术降低患者的辐射剂量,其作为一种前瞻性的剂量调控技术,包括 Z 轴自动管电流调节技术和角度自动管电流调节技术^[7],NI 是预设的主要参数之一,NI 升高,图像噪声水平升高,辐射剂量降低。在扫描定位相时,机器会获得扫描体在 Z 轴上的厚度、密度等信息,扫描过程中,根据受检者的体形在 Z 轴上的变化,管电流会自动进行调节,使得各断层图像保持预设的噪声水平,在降低剂量的同时,获得稳定的图像质量^[8-10]。

本研究显示,使用低剂量扫描,患者接受的辐射剂量由 5.98 mSv 降为 1.76 mSv,较常规组下降约 70.6%。Kwon et al^[11] 采用 100 kV、60 mAs 低剂量扫描显示辐射剂量下降 76.5% ~ 76.7%,Gervaise et al^[12] 采用依据 BMI 设定不同管电压(120 kV、100 kV、80 kV),自动毫安(10 ~ 300 mA)低剂量扫描显示辐射剂量下降约 76%,与本研究的结果基本一致;与以往研究相比,本研究的辐射剂量下降程度稍低,推测可能与管电压、NI 值的设定及患者的 BMI

不同有关。

然而,低剂量扫描在降低辐射剂量的同时,也增加了图像噪声,使得图像质量明显下降。ASIR 作为一种降低图像噪声的重建算法,它考虑到数据的统计噪声性质,利用迭代的方法在原始数据空间加以抑制,在不损害空间分辨力的前提下明显降低图像噪声,获得清晰的图像^[13]。

低剂量组扫描的图像噪声水平较高,使用不同权重的 ASIR 重建后,图像噪声水平均有所降低,图像质量提高,可以较好的满足临床诊断。本研究采用主观及客观评分对图像质量及噪声进行评估,随着 ASIR 权重的逐渐增加,感兴趣区的 SD 值逐渐下降,当 ASIR 权重设定为 80% 时,SD 值降至最低,提示图像噪声水平最低,此时图像质量评分亦为最高。杨尚文等^[14]在胸部低剂量 CT 应用中认为最适宜 ASIR 权重为 40%,提出 ASIR 的权重并非越高越好,过高的 ASIR 值可以进一步抑制图像噪声,但同时造成图像对比度降低,图像质量下降。McLaughlin et al^[15]在使用不同权重 ASIR(40%、70%、90%)对腹部图像处理时,认为在 70% ASIR 时图像质量最好,最能满足于临床诊断。本研究结果显示,当 ASIR 权重设定为 80% 时,图像质量最好,可较好满足临床诊断需求,与以往研究比较有一定的差异,这与选择不同的检查部位,具有不同的最佳 ASIR 权重设定有关。因此,关于泌尿系 CT 扫描最适宜的 ASIR 权重设定需进一步研究。

本研究中尚有需要改进的地方:①在以往的研究中,对照组的选择常常采用异体对照或自身随访对照,因个体差异或在随访过程中结石的位置可能会发生改变,对比性较差,本研究采用自身对照的方法,即患者同时接受常规组及低剂量组的重复扫描,这样的设置会引起患者接受更多地辐射剂量,但使用低剂量扫描引起的剂量增加并不大^[11],且所有参与研究的患者均签知情同意书,对于长期随访复查的患者而言,低剂量扫描在临床的应用将会降低检查过程中总体的辐射剂量,目前国外已经开展了一些类似的研究^[11];②研究的样本量较小,在后续的

研究中,将会进一步扩大样本量。

总之,结合使用自动管电流调节技术,在泌尿系结石诊断中行低剂量 CT 扫描,并使用合适权重的 ASIR 重建图像,可以在保证图像质量满足临床诊断需求的同时,明显降低辐射剂量,具有较好的临床可行性。

参考文献

- [1] 于晓艳,冯令志,边杰,等.螺旋 CT 三期动态扫描技术对肾癌的诊断价值[J].放射学实践,2006,21(1):52-6.
- [2] Kulkarni N M, Uppot R N, Eisner B H, et al. Radiation dose reduction at multidetector CT with adaptive statistical iterative reconstruction for evaluation of urolithiasis: How low can we go? [J]. *Radiology* 2012, 265(1):158-66.
- [3] 李小虎,余永强,王万勤,等. CT 能谱成像对肾结石成分分析的初步研究[J].中华放射学杂志,2011,45(12):1216-9.
- [4] Curhan G C. Epidemiology of stone disease [J]. *Urol Clin North Am* 2007, 34(3):287-93.
- [5] Naidich D P, Marshall C H, Gribbin C, et al. Low-dose CT of the lung: preliminary observations [J]. *Radiology* 1990, 175(3):729-31.
- [6] 汪素涵,刘昌盛,查云飞.低剂量与常规剂量 16 排螺旋 CT 扫描泌尿系结石的对比研究[J].中华放射医学与防护杂志,2011,31(4):497-500.
- [7] 张祺丰,彭芸,李剑颖,等.64 排螺旋自动管电流调节技术降低儿童胸部扫描剂量的应用研究[J].中国医学影像学,2009,25(9):1591-4.
- [8] Rampado O, Marchisio F, Jzzo A, et al. Effective dose and image quality evaluations of an automatic CT tube current modulation system with an anthropomorphic phantom [J]. *EJR* 2009, 72(1):181-7.
- [9] Papadakis A, Perisinakis K, Damilakis G, et al. Angular on-line tube current modulation in multidetector CT examinations of children and adults: the influence of different scanning parameters on dose reduction [J]. *Med Phys* 2007, 34(7):2864-74.
- [10] Li X H, Yu Y Q, Liu B, et al. Radiation dose reduction at multidetector CT [J]. *Radiology* 2013, 268(3):925-6.
- [11] Kwon J K, Chang I H, Moon Y T, et al. Usefulness of low-dose non-enhanced computed tomography with iterative reconstruction for evaluation of urolithiasis: Diagnostic performance and agreement between the urologist and the radiologist [J]. *Urology* 2015, 85(3):531-8.
- [12] Gervaise A, Naulet P, Beuret F, et al. Low-dose CT with automatic tube current modulation, adaptive statistical iterative reconstruction and low tube voltage for the diagnosis of renal colic: Impact of Body Mass Index [J]. *AJR* 2014, 202(3):553-60.
- [13] Flicek K T, Hara A K, Silva A C, et al. Reducing the radiation dose for CT colonography using adaptive statistical iterative reconstruction: a pilot study [J]. *AJR* 2010, 195(1):126-31.
- [14] 杨尚文,何健,杨献峰,等. ASIR 算法结合自动管电流调制技术在胸部低剂量 CT 中的应用研究 [J]. 医学影像学杂志, 2012, 22(1):58-61.
- [15] McLaughlin P D, Murphy K P, Hayes S A, et al. Non-contrast CT at comparable dose to an abdominal radiograph in patients with acute renal colic; impact of iterative reconstruction on image quality and diagnostic performance [J]. *Insights Imaging* 2014, 5(2):217-30.

The application of low-dose CT for evaluation of urinary stone

Shu Hongmin, Li Xiaohu, Song Jian, et al

(Dept of Radiology, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022)

Abstract Objective To evaluate the feasibility of low-dose CT (LDCT) combined with adaptive statistical iterative reconstruction (ASIR) in the diagnosis of urinary calculi. **Methods** 41 patients with clinically suspected urolithiasis were included. Followed by both conventional-dose CT scans (CDCT) and LDCT. Automatic tube current modulation scanning was used with noise index setting of 13 in CDCT and 25 in LDCT. Imaging reconstructed was completed by filtered back projection (FBP) and different settings of ASIR (20%, 40%, 60%, 80%) respectively. Calculi (size, location, number), image quality (scale 1-5), image noise (scale 1-3) and confidence levels for urolithiasis diagnose (scale 1-3) were evaluated and measured by two radiologists independently. Radiation dose by CT dose index volumes (CTDIvol) and dose length product (DLP) were recorded, effective dose (ED) was calculated. Statistical analysis was performed with Wilcoxon signed rank and paired t tests. **Results** Mean ED was 1.76 mSv in LDCT compared with 5.98 mSv in CDCT ($P < 0.05$). LDCT 80% ASIR images shared great image quality with CDCT FBP images ($P > 0.05$), which was higher than that of LDCT FBP images ($P < 0.05$). **Conclusion** Radiation dose can be significantly reduced with image quality maintained with the combination of automatic tube current modulation scanning and ASIR in low-dose CT scan.

Key words urinary stone; low dose; adaptive statistical iterative reconstruction; computed tomography