

双源 CT 中锡滤过器在泌尿系结石检出中的应用

刘彦含, 张古沐阳, 邹婷婷, 许梨梨, 肖河, 张寅生, 金征宇, 孙昊

【摘要】 目的:评价第三代双源 CT 运用锡滤过器后在泌尿系结石检出中的临床应用价值。**方法:**选取本院接受常规 120 kV、锡滤过器(Sn)150 kV 水平图像成像检查的患者 30 例,筛选直径 >3 mm 的结石进行分析研究。测定 120 kV、Sn150 kV 图像上目标结石的长径、短径和 CT 值,并对两组图像在 CT 值、噪声、信号噪声比、图像质量和辐射剂量等方面进行比较。**结果:**120 kV 图像中结石的长径、短径及结石平均 CT 值均大于 Sn150 kV 图像,差异具有统计学意义($P<0.05$)。Sn150 kV 图像中腰大肌噪声高于 120 kV 图像,而 SNR 低于 120 kV 图像($P<0.05$)。120 kV 和 Sn150 kV 图像中腰大肌的 CT 值差异均无统计学意义($P>0.05$),120 kV 和 Sn150 kV 图像中空气的 CT 值、噪声、信噪比差异及两组间的图像质量差异均无统计学意义($P>0.05$)。使用锡滤过器的 Sn150 kV 扫描组的辐射剂量比常规扫描组降低 57%($P<0.05$)。**结论:**第三代双源 CT 泌尿系结石检查运用锡滤过器可以在保证图像质量的前提下降低辐射剂量,具有临床应用价值。

【关键词】 泌尿系 CT; 泌尿系结石; 锡滤过器; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.42; R692.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)07-0797-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.07.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Clinical application of dual-source CT tin filter technique in urinary stone detection LIU Yan-han, ZHANG Gu-mu-yang, ZOU Ting-ting, et al. Department of Radiology, Aerospace Center Hospital, Beijing 100049, China

【Abstract】 Objective: To evaluate the clinical feasibility of the tin filter technique in urinary stone detection with the third generation dual-source CT. **Methods:** Totally 30 patients received dual-source CT with traditional 120kV mode and Sn150 kV mode. Stones with diameter more than 3mm were selected for analysis. The long and short diameter and the mean CT value of urinary stone were measured in two modes, respectively. The mean CT value, noise, signal to noise ratio (SNR), image quality and radiation dose were compared between two modes. **Results:** The mean CT value, long and short diameter of urinary stone in 120kV mode were statistically significant higher than that in Sn150kV mode ($P<0.05$). Sn150kV images had significant higher noise and lower SNR than 120kV images of psoas major (both $P<0.05$). There was no significant difference in mean CT value of psoas major ($P>0.05$). The mean CT value, noise and SNR of air had no significant difference between two modes, as well as the image quality ($P>0.05$). The radiation dose of the Sn150kV mode using tin filter was significant lower than conventional 120kV mode ($P<0.05$), with decrease of 57%. **Conclusion:** Using tin filter of the third generation dual-source CT has clinical application values due to keeping image quality and decreasing radiation dose in urinary stone CT examination.

【Key words】 Urinary CT; Urinary stone; Tin filter; Radiation dose

泌尿系结石是我国泌尿外科常见疾病,在泌尿外

科住院患者比例中居首位。近年来随着我国饮食结构的改变,泌尿系结石的发病率及疾病负担也持续攀升^[1]。CT 是评估肾结石疾病的首选方式^[2]。但由于 CT 扫描中辐射暴露具有引起癌症的潜在风险^[3],使得许多肾结石病患者可能不愿意接受 CT 检查,因此降低患者 CT 扫描剂量是临床研究热点问题。有研究表明,在第三代双源 CT 中使用安装有锡滤过器的新

作者单位:100049 北京,航天中心医院影像科(刘彦含); 100005 北京,中国医学科学院北京协和医院放射科(刘彦含、张古沐阳、邹婷婷、许梨梨、金征宇、孙昊),泌尿外科(肖河、张寅生);101300 北京,北京中医医院顺义医院(邹婷婷)
作者简介:刘彦含(1991-),女,河南周口人,住院医师,硕士,主要从事 CT/MR 及腹部影像诊断工作。
通讯作者:孙昊, E-mail: sunhao_robert@126.com
基金项目:北京协和医学院 2017 年“青年教育学者计划”(2017zlgc0705);2017 年北京协和医学院研究生校级教育教学改革(100232017)

型扫描方案可以有效降低辐射剂量^[4]。这种厚度为 0.6 mm 的滤过器主要吸收 CT 扫描中产生的低能量光子,而低能量光子对平扫图像质量的贡献很小,并增加患者的辐射剂量。国外有关滤过器运用的研究主要集中于肺、心血管检查^[5-6]及腹盆虚拟平扫图^[7]上,国内外尚未见将锡滤过器运用于结石检出方面的报道。本文旨在通过探讨运用滤过器后平扫与常规平扫在结石参数测量以及腰大肌、空气 CT 值、噪声和信噪比(signal to noise ratio, SNR)等方面的差异,评价其临床应用的可行性。

材料与方法

1. 研究对象

选取 2017 年 8—9 月在本院接受双源 CT 泌尿系结石低剂量检出成像的患者 30 例,其中男 20 例,女 10 例;年龄 26~76 岁,平均(46±12)岁。临床检查适应症为怀疑泌尿系结石的患者。筛选直径>3 mm 的结石进行分析研究。本实验经医院伦理委员会同意,全部患者均签署知情同意书。

2. 设备与方法

采用 Siemens Somatom Force 双源 CT 机。患者取仰卧位,先行常规腹盆部屏气定位像,然后行常规及锡滤过器两次腹盆部平扫。平扫参数:两次扫描时管电压分别为 120 kV、Sn150 kV,参考管电流分别为 147 mAs、130 mAs,开启实时动态曝光剂量调节 CARE Dose 4D,球管旋转时间分别为 0.5 s、0.25 s,准直为 192×0.6 mm,螺距 0.9,视野 354 mm,重建层厚 1 mm,重建间距 1 mm。扫描范围为膈顶至耻骨联合水平。

3. 图像分析

将所得图像传输至 GE PACS 工作站,由 1 名具有 3 年临床诊断经验的放射科医师调入层厚及间隔均为 1 mm 的 120 kV、Sn150 kV 图像进行分析,选择基本相同的层面进行联动,确定结石最大界面进行测量,测定目标结石的长径、短径和 CT 值(图 1),再选取腰大肌及空气测取 CT 值和噪声,CT 值为相应兴趣区(region of interests, ROI)的平均 CT 值,噪声为标准差。信噪比(signal-noise ratio, SNR)为平均 CT 值与标准差的比值,即 $SNR = CT \text{ 值} / \text{噪声}$ 。记录两种检查方法的辐射剂量。

由两名有经验的放射科医生共同观察两次扫描图像,对图像质量进行主观评分。采用“5 分”法评分,标准如下:1 分,由于严重的伪影或图像质量很差导致解剖结构模糊,不能做出诊断;2 分,由于伪影等因素导致图像质量较差,解剖细节不清,影响诊断;3 分,图像质量尚可,大部分解剖结构清晰,可对大部分图像进行

诊断;4 分,图像质量较好,解剖结构和细节较清晰,可能存在少量伪影,但不影响诊断;5 分,图像质量优秀,无伪影,解剖细节清晰,诊断简便易行^[8]。评分 3 分或以上表明图像质量可满足临床诊断需要。意见不一致时,共同商议确定最后评分。

4. 统计学方法

采用 SPSS 24.0 进行统计学分析。数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用配对样本 *t* 检验比较 120 kV、Sn150 kV 水平图像之间结石的长径、短径、CT 值、腰大肌和肌肉的 CT 值、噪声、SNR、两组图像质量及接受的辐射剂量。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

全部患者均顺利完成泌尿系结石检出低剂量 CT 检查,选取长径大于 3 mm 结石共 40 例入组进行分析。常规扫描组结石的长径、短径及结石的平均 CT 值分别为(7.1±3.4) mm、(4.9±2.2) mm、(963.9±424.9) HU,而锡滤过器扫描组相应指标分别为(6.9±3.3) mm、(4.6±2.2) mm、(709.7±324.1) HU,常规扫描组均高于锡滤过器扫描组,差异具有统计学意义($P < 0.05$,表 1)。

表 1 结石的长径、短径及兴趣区的平均 CT 值

参数	常规扫描组	锡滤过器扫描组	<i>t</i>	<i>P</i>
结石长径(mm)	7.1±3.4	6.9±3.3	3.3	0.002
结石短径(mm)	4.9±2.2	4.6±2.2	3.7	0.001
结石 CT 值(HU)	963.9±424.9	709.7±324.1	9.2	0.000

常规扫描组和锡滤过器扫描组腰大肌的 CT 值差异无统计学意义($P > 0.05$),锡滤过器扫描组腰大肌噪声高于常规扫描组水平,而 SNR 稍低于 120 kV 图像($P < 0.05$),常规扫描组和锡滤过器扫描组中空气的 CT 值、噪声及信噪比差异均无统计学意义($P > 0.05$,表 2)。

表 2 兴趣区的平均 CT 值、噪声及信号噪声比

参数	常规扫描组	锡滤过器扫描组	<i>t</i>	<i>P</i>
腰大肌				
CT 值(HU)	52.5±6.4	52.8±6.1	-0.3	0.751
噪声	13.6±2.1	16.5±4.3	-4.1	0.000
信噪比	4.0±1.1	3.5±1.3	2.5	0.017
空气				
CT 值(HU)	-952.1±21.8	-950.3±22.5	-0.5	0.631
噪声	20.8±20.3	17.0±14.0	1.1	0.271
信噪比	-83.3±44.2	-76.1±30.1	-0.9	0.351

常规扫描组(4.63±0.49)的主观质量评分略高于锡滤过器扫描组(4.13±0.77),但两者差异无统计学意义($P > 0.05$),且二者图像质量均在 3 分以上。常规扫描组的平均 CTDIvol 为(6.80±1.27) mGy,锡滤过器扫描组为(2.92±0.25) mGy,锡滤过器扫描组所受到的辐射剂量比常规扫描组降低 57%,差异有统计学意义($P < 0.05$)。



图 1 1 为结石长径,2 为结石短径,3 为结石兴趣区的 CT 值。a)常规扫描;b)锡滤过器扫描。

讨论

泌尿系结石在世界范围内非常普遍,其对身体造成的危害包括直接损伤、梗阻、感染或恶变。据报道我国肾结石的发病率达 5.8%,且逐年递增,从 1994 年至今泌尿系结石发病率增加了约 75%^[9]。

CT 检查因其准确、快速、无创等优点在泌尿系结石诊断、疗效评价等方面发挥着重要作用。平扫 CT 已经成为诊断急性肾绞痛的金标准,不仅可以检测到 X 线不显影的尿酸结石和黄嘌呤结石,还可以根据 CT 值确定结石的密度以及结石距皮肤的距离,为体外冲击波碎石的治疗提供指导信息。近年来,更有不少研究表示双能量 CT 可以在治疗前鉴别泌尿系结石的主要成分,能区分尿酸和非尿酸结石,为治疗方案的选择提供更多有价值的信息,避免不必要的手术^[10]。但由于泌尿系 CT 扫描范围大,辐射剂量高带来的潜在危害受到广泛关注,为了最大限度地降低辐射暴露带来的潜在风险,现已运用多种技术降低辐射剂量^[11],包括自动管电流调制、降低管电压^[5]和迭代图像重建技术^[12]。此外,在第三代双源 CT 中球管后方安装有锡滤过器的新型扫描方案可以有效降低辐射剂量^[4],本研究中锡滤过器扫描组所受到的辐射剂量比常规扫描组降低 57%。这种厚度为 0.6 mm 的滤过器主要吸收 CT 扫描中产生的低能量光子,低能量光子对图像质量的贡献很小,但会明显增加患者的辐射剂量负担。

既往研究已发现,结石大小长期以来被用于评估泌尿系结石是否需要通过药物治疗的标准^[13-15]。根据加拿大泌尿外科(Canadian Association of Urology, CUA)泌尿外科指南提示:对<0.4 cm 结石大约 95%可自然排出,故本研究纳入长径>0.3 cm 结石入组研究。本研究显示,第三代 CT 120 kV、Sn 150 kV

水平图像中结石的长径、短径及 CT 值差异具有统计学意义,120 kV 水平图像中结石的长径与短径均略大于 Sn150 kV 水平,差值分别为 (0.3 ± 0.5) mm、 (0.3 ± 0.6) mm,均小于此次扫描重建层厚及间距均为 1 mm,故笔者认为两者差异虽具有统计学意义,但是不具有临床意义,不会对结石的临床处理流程产生影响。

SNR 是衡量图像抗干扰的能力,与扫描管电压、管电流、图像重建算法、层厚及后处理软件有关。

Bodelle 等^[16]研究表明标准 100 kV、Sn100 kV 水平图像中噪声及 SNR 差异无统计学意义,证实使用光谱滤过器不会对平扫 CT 图像质量产生影响。本研究中 Sn150 kV 水平图像中腰大肌噪声稍高于常规 120 kV 水平,而 SNR 稍低于 120 kV 图像,但两组空气的 CT 值、噪声及信噪比差异均无统计学意义,提示使用锡滤过器后图像在某种情况下抗干扰能力稍低于普通扫描图像。但对两次扫描图像进行主观评价结果显示,锡滤过器扫描图像质量与常规平扫相近,因此在 CT 泌尿系结石检查中,可以使用锡滤过器扫描替代常规 CT 平扫,可降低 57% 的辐射剂量,与 Haubenreisser 等^[4]及 Kawai 等^[7]采用锡滤过器用于其他系统疾病 CT 检查的研究结果一致。

本研究的局限性是未加入其他降低剂量 CT 扫描方法对比研究,这在以后的研究中可进一步完善。总之,在第三代双源 CT 泌尿系成像中,锡滤过器的运用可以在保证图像质量的前提下,明显减少无效辐射的剂量,具有重要而广泛的临床运用价值。

参考文献:

- [1] Zeng G, Mai Z, Xia S, et al. Prevalence of kidney stones in China: an ultrasonography based cross-sectional study[J]. BJU Int, 2017, 120(1): 109-116.
- [2] Reddy S. State of the art trends in imaging renal of colic[J]. Emerg Radiol, 2008, 15(4): 217-225.
- [3] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure[J]. N Engl J Med, 2007, 357(22): 2277-2284.
- [4] Haubenreisser H, Meyer M, Sudarski S, et al. Unenhanced third-generation dual-source chest CT using a tin filter for spectral shaping at 100kVp[J]. Eur J Radiol, 2015, 84(8): 1608-1613.
- [5] Niemann T, Henry S, Duhamel A, et al. Pediatric chest CT at 70kVp: a feasibility study in 129 children [J]. Pediatr Radiol, 2014, 44(11): 1347-1357.
- [6] Suntharalingam S, Allmendinger T, Blex S, et al. Spectral beam

- shaping in unenhanced chest CT examinations: a phantom study on dose reduction and image quality[J]. Acad Radiol, 2018, 25(2):153-158.
- [7] Kawai T, Takeuchi M, Hara M, et al. Accuracy of iodine removal using dual-energy CT with or without a tin filter: an experimental phantom study[J]. Acta Radiologica, 2013, 54(8):954-960.
- [8] 孙昊, 薛华丹, 刘炜, 等. 双源 CT 泌尿系成像双能量虚拟平扫的临床评估[J]. 中国医学科学院学报, 2010, 32(6):649-654.
- [9] Scales CD, Tasian GE, Schwaderer AL, et al. Urinary stone disease: advancing knowledge, patient care, and population health[J]. Clin J Am Soc Nephrol, 2016, 11(7):1305-1312.
- [10] 张古沐阳, 石冰, 薛华丹, 等. 双源双能量 CT 前瞻性分析体内泌尿系结石的主要成分[J]. 放射学实践, 2018, 33(1):55-59.
- [11] Raman SP, Johnson PT, Deshmukh S, et al. CT dose reduction applications: available tools on the latest generation of CT scanners[J]. J Am Coll Radiol, 2013, 10(1):37-41.
- [12] Kordolaimi SD, Argentos S, Pantos I, et al. A new era in computed tomographic dose optimization: the impact of iterative reconstruction on image quality and radiation dose[J]. J Comput Assist Tomogr, 2013, 37(6):924-931.
- [13] Lancet T. Prognosis of stone in the ureter[J]. Lancet, 1957, 270(7):86.
- [14] Coll DM, Varanelli MJ, Smith RC, et al. Relationship of spontaneous passage of ureteral calculi to stone size and location as revealed by unenhanced helical CT[J]. AJR, 2002, 178(1):101-103.
- [15] Lee SR, Jeon HG, Park DS, et al. Longitudinal stone diameter on coronal reconstruction of computed tomography as a predictor of ureteral stone expulsion in medical expulsive therapy (Urology 2012;80:784-789). Reply by the authors[J]. Urology, 2013, 81(1):213-214.
- [16] Bodelle B, Fischbach C, Booz C, et al. Single-energy pediatric chest computed tomography with spectral filtration at 100kVp: effects on radiation parameters and image quality[J]. Pediatr Radiol, 2017, 47(7):1-7.

(收稿日期:2019-03-04 修回日期:2019-04-10)

欢迎订阅 2019 年《放射学实践》

《放射学实践》是由国家教育部主管,华中科技大学同济医学院主办,与德国合办的全国性影像学学术期刊,创刊至今已 34 周年。2018 年 8 月,《放射学实践》杂志再次入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999 年之后的第 4 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向,关注国内外影像医学的新进展、新动态,全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果,受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文核心期刊、中国科学引文数据库统计源期刊,在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中,被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

主要栏目:论著、继续教育园地、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊,每册 25 元,全年定价 300 元。

国内统一刊号:ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R 邮政代号:38-122

电话:(027)69378385

E-mail:fsxsjzz@163.com 网址:http://www.fsxsj.net

编辑部地址:430199 武汉市蔡甸区中法新城同济医院专家社区别墅 C 栋