

网络出版时间: 2018-4-23 10:00 网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1065.R.20180420.1545.022.html>

◇ 临床医学研究 ◇

能谱 CT 虚拟平扫成像在尿路造影中替代常规平扫的可行性研究

张进 李小虎 余玲 束宏敏 刘斌

摘要 目的 探讨在 CT 泌尿系成像中能谱 CT 虚拟平扫(VNC)替代真实平扫(TNC)的可行性。方法 本文共入组 24 例患者,分别测量并比较 TNC 和 VNC 两组图像的客观指标(噪声、对比噪声比、辐射剂量、结石大小及检出率)及两位医师对图像质量主观评分值。客观指标运用配对 *t* 检验,图像质量主观评价结果运用秩和检验方法进行统计学分析。结果 VNC 图像肾皮质噪声值为(10.31 ± 2.34),肾髓质噪声值为(10.64 ± 2.76),肾皮质对比噪声比为(2.37 ± 0.98),肾髓质对比噪声比为(2.14 ± 1.08);TNC 图像肾皮质噪声值为(9.56 ± 1.46),肾髓质噪声值为(9.46 ± 1.57),肾皮质对比噪声比为(2.42 ± 0.97),肾髓质对比噪声比为(2.40 ± 1.14);VNC 和 TNC 图像的噪声及对比噪声比差异均无统计学意义。能谱 CT 虚拟平扫 CT 尿路造影患者接受的有效辐射剂量为(16.04 ± 1.84) mSV,常规 CT 尿路造影检查患者接受的有效辐射剂量为(21.60 ± 2.37) mSV,差异有统计学意义($P < 0.05$),有效辐射剂量减少了 25.74%。 ≥ 3 mm 的结石在 TNC 和 VNC 图像上直径差异无统计学意义,3 mm 以上结石在 VNC 图像上的检出率达到 90% 以上,3 mm 以下较小结石 VNC 完全未检出。两位放射科医师对 TNC 和 VNC 图像质量评价具有高度一致性,Kappa 值均 > 0.6 ,主观评分均 ≥ 3 分。结论 CT 泌尿系成像中,能谱 CT 虚拟平扫替代常

规平扫,可在图像质量满足临床诊断需求下有效减少辐射剂量。

关键词 泌尿系疾病; X 线计算机; 能谱 CT; 虚拟平扫; 辐射剂量

中图分类号 R 814.42; R 692.4; R 445.3

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2018)04-0595-05

doi: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2018.04.021

随着多层螺旋 CT 技术的快速发展,CT 尿路造影(CT urography,CTU)在泌尿系检查中彰显了巨大优势,不仅省去了传统静脉尿路造影的肠道准备工作,而且可得到清晰的图像,使其成为了泌尿系疾病检查的首选方法。但是 CTU 扫描次数多,一次检查辐射剂量偏大,因此在不影响诊断的条件下,如何减少辐射剂量成为 CTU 检查需解决的问题之一^[1-2]。能谱 CT 具有的抑碘技术能从增强扫描图像中分离出虚拟平扫(virtual non-contrast scan,VNC)图像^[3],有望替代常规平扫(true non-contrast scan,TNC),需要进行 CT 泌尿系成像的患者通过减少扫描次数来降低辐射剂量。该研究主要通过比较 CTU 延迟期 VNC 图像与 TNC 图像,探讨 VNC 替代 TNC 以减少辐射剂量的可行性。

1 材料与方法

1.1 病例资料 收集 2015 年 10 月~2017 年 2 月安徽医科大学第一附属医院临床怀疑泌尿系占位而行 CT 泌尿系成像的患者 24 例,其中男 18 例,女 6

2017-12-21 接收

基金项目:安徽省高校省级自然科学研究重点项目(编号: KJ2013A144)

作者单位:安徽医科大学第一附属医院放射科,合肥 230022

作者简介:张进,男,硕士研究生;

刘斌,男,教授,主任医师,博士生导师,责任作者,E-mail: lbh321@126.com

20.72) (768.85 ± 35.55) (783.75 ± 27.30) mm^3 , respectively. The implanted tumor volumes of transfection group was significant reduced compared with BMSCs group and control group ($P < 0.05$). HE staining showed that the large area of necrosis of tumor tissue was seen in the transfection group, and the necrotic area cells were disintegrated and the cell structure disappeared. But there was no significant change between BMSCs group and control group. Compared with control group, expressions of ADAM17, EGFR and Ki-67 protein in transfection group were markedly decreased ($P < 0.05$). There was no statistical difference in expressions of ADAM17, EGFR and Ki-67 protein between BMSCs group and control group. **Conclusion** ADAM17-shRNA can target homing to breast cancer xenograft in nude mouse mediated by BMSCs and inhibit the expressions of ADAM17, EGFR, and Ki-67.

Key words breast cancer; RNAi; ADAM17; BMSCs

例,年龄 10 ~ 75 (42.96 ± 19.24) 岁,体重指数 (23.70 ± 2.50) kg/m²。行常规 CT 平扫及皮质期、实质期和延迟期三期能谱 GSI 扫描。所有患者检查前签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 GE Discovery CT 750 HD 扫描机。患者取仰卧位,行全尿路区 CT 常规平扫,后经前臂静脉团注非离子对比剂碘海醇(300 mg/ml) 约 100 ml,流速 3 ml/s,于注射对比剂时延时 30 s 及 60 s 分别行尿路区皮质期和实质期二期扫描。扫描参数:管电压 120 kV,自动管电流 100 ~ 500 mA,球管转速 0.4 r/s,螺距 1.375,噪声指数为 11。30 min 后行延迟扫描,采用 GSI 扫描,管电压在 80 ~ 140 KVP 瞬时切换,管电流 260 mA,球管转速 0.8 r/s,螺距 1.375。

1.3 图像质量主观评价 将扫描原始数据行 0.625 mm 薄层重建并传至 GE AW4.5 工作站进行后处理。运用 GSI View 软件对延迟期图像进行碘水物质分离得到 VNC 图像,由两位有 10 年腹部放射诊断经验的医师对 VNC 图像与 TNC 图像进行阅片,并采用打分制就两组图像质量及疾病的检出情况进行评价。1 分:细小解剖结构不能辨识,图像不清晰、伪影及噪声极明显,细节不清;2 分:细小解剖结构显示不清,图像边缘模糊、伪影较明显、噪声较重,细节模糊;3 分:解剖结构较清晰,图像略有伪影,噪声明显但可接受,大部分解剖结构及细节可以满足诊断,但少数图像不能评价;4 分:解剖细节较清晰,图像边缘较锐利、无伪影、噪声较多,能够评价;5 分:解剖细节清晰,图像边缘锐利、无伪影及明显噪声,解剖关系明确,能够简单明了的评价。图像质量 3 ~ 5 分被认为可以接受^[4]。

1.4 图像质量的客观评价

1.4.1 定量测量感兴趣区的噪声及对比噪声比 (contrast to noise ratio, CNR) 选择右侧肾脏(右侧病变时选择健侧肾脏),分别在肾门平面、肾上下极及右侧竖脊肌层面选择 7 个感兴趣区,面积为 30 mm² (compare 软件可保持感兴趣区在各组图像的同层面同一部位同一大小)。在 TNC 的肾门及肾脏上下极层面分别测得肾脏皮质和髓质的 CT 值及其标准差 SD,并分别取平均值作为肾脏皮质和肾脏髓质的 CT 均值和噪声值 SD_{常规}。在各组抑碘图中以同样方法测得肾皮质和髓质的 CT 均值及其噪声值 SD_{虚拟};背景噪声测量选择同层面右侧竖脊肌,测量方法与肾脏皮髓质测量相同。根据公式计算出肾皮髓质 CNR。

肾脏皮髓质 CNR = (SI_{肾皮质(髓质)} - SI_{竖脊肌}) / 背景噪声。其中 SI_{肾皮质(髓质)} 为肾脏皮髓质 CT 均值,SI_{竖脊肌} 为右侧竖脊肌的 CT 均值,背景噪声为右侧竖脊肌的噪声值。

1.4.2 辐射剂量计算 记录每例患者能谱 CT 扫描的容积 CT 剂量指数(CT dose index, CTDIvol) 和剂量长度乘积(dose length product, DLP),并按公式计算有效剂量(effective dose, ED): ED(mSv) = DLP × k,其中 k = 0.015 mSv/(mGy · cm)

1.4.3 结石比较 以 TNC 上结石最大径为参照标准将结石分为 4 组:分别是 <3 mm、3 ~ 5 mm、6 ~ 10 mm 及 >10 mm。分别比较在 VNC 和 TNC 上的显示情况。

1.5 统计学处理 采用 SPSS 19.0 统计分析软件,定量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示。对 TNC 和 VNC 图像的肾脏皮质及髓质的 CNR 及噪声进行配对 *t* 检验分析,对三期扫描总辐射剂量指标与 TNC 加三期扫描的总辐射剂量指标进行配对 *t* 检验,并且对结石在 TNC 和 VNC 图像上的最大直径进行配对 *t* 检验。两位医师对图像质量的主观质量评分进行 Wilcoxon 秩和检验比较,两位观察者间的一致性采用 Kappa 检验:0 ~ 0.20 一致性极低、0.21 ~ 0.40 一致性一般、0.41 ~ 0.60 一致性中等、0.61 ~ 0.80 高度一致性、0.81 ~ 1.00 几乎完全一致。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 总体情况 24 例 CTU 患者中有 15 例肾脏及输尿管结石(共 53 枚结石),3 例肾囊肿,5 例输尿管积水及 1 例肾盂肿瘤。

2.2 客观评价 客观评价中延迟期 VNC 图像肾脏皮髓质噪声值虽大于 TNC 图像肾脏皮髓质噪声值,CNR 小于 TNC 图像肾皮髓质 CNR,但两组图像的肾皮髓质噪声值及 CNR 差异无统计学意义,见表 1。

VNC 的 ED 为(16.04 ± 1.84) mSv, TNC 的 ED 为(21.60 ± 2.37) mSv,有效辐射剂量减少了 25.74%。且 VNC 的 CTDIvol、DLP 及 ED 均低于 TNC,且差异有统计学意义(*P* < 0.05),见表 1。

对于 ≥3 mm 的结石在 TNC 和 VNC 图像上直径差异无统计学意义,且 3 mm 以上的结石在 VNC 图像上检出率达到 90% 以上,本研究中有 2 枚 TNC 上显示 <3 mm 结石在 VNC 图像上未检出,见表 2、3。

2.3 主观评价 两位诊断医师对 VNC 图像的主观评分均 ≥3 分,图像质量满足诊断需求。两位诊断

医师对 TNC 和 VNC 图像的主观评价一致性较高, Kappa 值均 >0.6, 差异无统计学意义, 见表 4。

2.4 VNC 与 TNC 图像对病灶的显示 图 1 为肾结石和肾囊肿患者的 VNC 与 TNC 图像, 通过 VNC 与 TNC 图像对比可看出, 左侧输尿管结石在 TNC 图像上显示清晰(图 1A), 在 VNC 图像上亦可见斑点状结石影(图 1B、C、D); 肾囊肿在 TNC 图像上可见到类圆形低密度影, 边界清楚(图 1E), 在 VNC 图像上病灶亦清楚可见, 可达到 TNC 同样的诊断效果(图 1F)。

3 讨论

近年来, 随着 CT 在临床检查中的广泛应用, 患者接受到的辐射也逐渐增加^[5]。通过减少扫描次数来降低患者做 CT 检查的辐射已在双能 CT 的使用和研究中取得了可行的试验成果^[6]。能谱 CT 最显著的特征就是提供了多种定量分析方法与多参数成像为基础的综合诊断模式。彭波等^[7]通过比较 TNC 与能谱 CT 两种类型 VNC 图像对泌尿系结石

的检出情况, 发现 VNC 对结石的检出和显示情况与 TNC 具有较好一致性, 而且替代 TNC 可减少约 27.89% 的辐射剂量。胡镭等^[8]研究发现采用 VNC 技术省略 TNC 对甲状腺结节进行评估, 平均吸收剂量可减少约 48.76%。王慧慧等^[9]通过比较第二代双源 CT 对胰腺的 VNC 与 TNC 的辐射剂量, 同样发现用 VNC 代替 TNC 可降低患者约 18.31% 的有效辐射剂量。

本研究通过 CTU 检查中排泄期 GSI 扫描图像得出 VNC 图像, 与 TNC 比较其临床应用中的可行性。初步结果表明在满足临床诊断图像质量要求的前提下使用 VNC 技术 CTU 检查的辐射剂量较使用 TNC 技术 CTU 检查的辐射剂量减少 25.74%, 与此同时, VNC 可以减少患者的检查时间及费用, 特别是对于急症和需要长期随访多次进行 CT 检查有非常大的临床应用价值。

本研究中测量 VNC 图像上肾皮质和髓质的噪声均 >TNC, CNR <TNC, 但噪声及 CNR 在 VNC 和 TNC 图像上差异无统计学意义。本研究结果与潘

表 1 VNC 和 TNC 图像客观指标统计分析结果($\bar{x} \pm s$ $n=24$)

项目	SD _{皮质}	SD _{髓质}	CNR _{皮质}	CNR _{髓质}	CTDIvol(mGy)	DLP(mGy · cm)	ED(mSv)
TNC	9.56 ± 1.46	9.46 ± 1.57	2.42 ± 0.97	2.40 ± 1.14	29.07 ± 2.85	1440.17 ± 158.01	21.60 ± 2.37
VNC	10.31 ± 2.34	10.64 ± 2.76	2.37 ± 0.98	2.14 ± 1.08	21.62 ± 2.46	1069.05 ± 122.46	16.04 ± 1.84
<i>t</i> 值	1.25	1.83	0.25	1.12	48.18	31.45	31.46
<i>P</i> 值	0.22	0.08	0.81	0.27	<0.001	<0.001	<0.001

表 2 TNC 和 VNC 图像上结石大小比较($n=15$)

结石最大径(mm)	TNC 图像上结石最大径(mm)	VNC 图像上结石最大径(mm)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
<3	2.70 ± 0.28	—	—	—
3~5	4.19 ± 0.48	4.00 ± 0.46	2.15	0.060
6~10	7.83 ± 1.15	7.73 ± 0.89	0.26	0.803
>10	18.06 ± 6.48	17.98 ± 6.35	0.10	0.920

注: <3 mm 结石在 VNC 图像上未检出, 未做统计分析

表 3 TNC 和 VNC 图像上结石检出情况($n=15$)

结石最大径(mm)	TNC 图像上结石数目(个)	VNC 图像上结石数目(个)	VNC 图像对结石的检出率(%)
<3	2	0	—
3~5	11	10	90.90
6~10	14	14	100.00
>10	26	26	100.00
合计	53	50	94.34

表 4 两位诊断医师对图像质量的主观评分($n=24$)

模式	甲					乙					Kappa 值	主观评分
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
TNC	0	0	2	16	6	0	0	2	15	7	0.752	4.17 ± 0.56
VNC	0	0	9	15	0	0	0	11	13	0	0.660	3.63 ± 0.49



图1 肾结石和肾囊肿的 VNC 与 TNC 图像对比

图 A~D: 30 岁男, 临床怀疑输尿管结石患者; 图 A 为左侧输尿管结石患者的 TNC 图像, 图 B、C、D 为延迟期横断位、冠状位及矢状位的 VNC 图像, 左侧输尿管结石及输尿管扩张积水显示清楚(实心箭头); 图 E~F: 62 岁女, 临床怀疑肾占位患者; 图 E 为该患者肾囊肿的 TNC 图像, 图 F 为同一病灶的 VNC 图像

卫星等^[10]通过对肝脏病变的研究显示 VNC 图像噪声大于 TNC 图像的研究结果基本一致。虽然 VNC 图像噪声有所增加, 但通过两位放射科医师分别对 VNC 和 TNC 图像质量的主观评价发现两位医师对 VNC 和 TNC 图像的主观评分均 ≥ 3 分, 对 VNC 图像具有较好的认可性, 图像质量可以满足临床 CTU 检查诊断及鉴别诊断的需要。对肾脏和输尿管结石进行了统计分析表明, ≥ 3 mm 的结石在 TNC 图像上的直径略大于 VNC 图像上结石直径, 但大小差异无统计学意义。结石的检出方面 2 枚在 TNC 图像中显示 < 3 mm 的结石, VNC 图像未见显示, 这与 VNC 图像噪声增加有一定的关系, 且 0.625 mm 薄层重建图像的噪声增大, 空间分辨率有所降低, 也会影响较小结石的检出。对 3~5 mm 的结石漏检 1 个。3 例肾囊肿、5 例输尿管积水和 1 例肾盂占位均可在 VNC 图像上清楚显示病灶部位, 所以总体上 VNC 接近 TNC, 可以达到满意的诊断效果。本研究结果与既往研究结果基本一致, Moon et al^[11]通过对结石检出的研究同样显示 VNC 图像对于 1~3 mm 结石的检出存在一定局限性。但本研究对 6 mm 以上的结石检出率达到了 100%, 即使 3~5 mm 结石的检出率也达到了 90% 以上, 考虑到较小结石

对于临床治疗的意义可能不是很大, 所以 VNC 仍具备 TNC 相同的临床检查意义, 具有替代 TNC 的潜力。

本研究存在下述不足, ① 样本量较小, 由此得到的相关参数可能存在一定偏差, 有待以后研究中进一步增加样本量; ② 本研究泌尿系造影结石患者居多, 对泌尿系肿瘤占位患者未作定量分析比较, 这也成为了以后研究的方向; ③ 基于能谱 CT 的 VNC 不能提供 CT 值测量, 对于 CT 值的研究比较有待进一步扩展。

综上所述, CT 泌尿系成像中, 能谱 CT 的 VNC 替代 TNC, 可在图像质量满足临床诊断需求下有效减少辐射剂量, 优化临床工作流程, 具有较好的临床应用价值。

参考文献

- [1] Nino-Murcia M, Jeffrey R B Jr, Beaulieu C F, et al. Multidetector CT of the pancreas and bile duct system: value of curved planar reformations[J]. *AJR AM J Roentgenol*, 2001, 176(3): 689-93.
- [2] 植金兴. 多层螺旋 CT 尿路成像在泌尿系统疾病中的诊断价值[J]. *实用临床医学*, 2014, 15(12): 96-7.
- [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] Behrendt F F, Schmidt B, Plumhans C, et al. Image fusion in dual energy computed tomography: effect on contrast enhancement, signal-to noise ratio and image quality in computed tomography angiography [J]. *Invest Radiol*, 2009, 44(1): 1-6.
- [5] Schindera S T, Nauer C, Treier R, et al. Strategies for reducing the CT radiation dose [J]. *Radiologe*, 2010, 50(12): 1120-1122-7.
- [6] De Cecco C N, Buffa V, Fedeli S, et al. Dual energy CT(DECT) of the live: conventional versus virtual unenhanced images [J]. *Eur Radiol*, 2010, 20(12): 2870-5.
- [7] 彭波, 刘姝岑, 侯键, 等. 能谱 CT 虚拟平扫在泌尿系统结石检出中的应用价值 [J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2017, 15(1): 88-90.
- [8] 胡镭, 罗德红, 李琳, 等. 能谱 CT 虚拟平扫替代常规平扫评估甲状腺结节的可行性研究 [J]. 国际医学放射学杂志, 2017, 40(1): 11-3.
- [9] 王慧慧, 刘建新, 李子元, 等. 双能量 CT 虚拟平扫对胰腺的显示: 与真实平扫对比 [J]. 中国医学影像技术, 2016, 32(12): 1814-6.
- [10] 潘卫星, 米玉成, 樊树峰, 等. 肝脏能谱 CT 虚拟平扫成像替代传统 CT 平扫成像可行性研究 [J]. 医学影像学杂志, 2013, 23(7): 1043-4.
- [11] Moon J W, Park B K, Kim C K, et al. Evaluation of virtual unenhanced CT obtained from dual-energy CT urography for detecting urinary stones [J]. *Br J Radiol*, 2012, 85(1014): e176-81.

Virtual non-contrast CT imaging replaces the conventional non-contrast CT imaging in urography: a feasibility study

Zhang Jin, Li Xiaohu, Yu Ling, et al

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

Abstract Objective To investigate the feasibility of virtual non-contrast CT images instead of conventional non-contrast CT images in CT imaging of urinary system. **Methods** 24 patients were enrolled in this study. The objective parameters (noise, contrast-to-noise ratio, radiation dose, stone size) and the subjective score of two doctors were measured and compared in the two groups of non-contrast scan and discharge stage virtual non-contrast scan respectively in field of vision. Paired t test was used for analysis of objective indexes and rank sum test was used for analysis of subjective scores of image quality. **Results** In virtual non-contrast CT images, the renocortical noise was (10.31 ± 2.34), the renal medullary noise was (10.64 ± 2.76), the contrast to noise ratio of cortex renis was (2.37 ± 0.98) and the contrast to noise ratio of renal medullary was (2.14 ± 1.08). In conventional non-contrast CT images, the renocortical noise was (9.56 ± 1.46), the renal medullary noise was (9.46 ± 1.57), the contrast to noise ratio of cortex renis was (2.42 ± 0.97) and the contrast to noise ratio of renal medullary was (2.40 ± 1.14). There was no significant difference in contrast to noise ratio and the noise between virtual non-contrast CT images and conventional non-contrast CT images. The effective radiation dose received by virtual non-contrast scan patients was (16.04 ± 1.84) mSV. The effective radiation dose received by the conventional non-contrast scan is (21.60 ± 2.37) mSV, and the CTDIvol, DLP and ED of the virtual non-contrast scan were lower than those of the conventional non-contrast scan, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The effective radiation dose of the CT enhanced scan was reduced by 25.74% compared with the conventional scan and enhancement scan alone. In addition, more than 3 mm stones in the conventional non-contrast scan and virtual non-contrast images on the diameter of the difference was not statistically significant. The detection rate of 3 mm above stones in virtual non-contrast scan images was over 90%, while the smaller ones under 3 mm were not detected. The two radiologists were highly consistent in the quality evaluation of virtual non-contrast scan and conventional scan, and the Kappa was both greater than 0.6. The difference was not statistically significant, and the subjective scores were greater than three. **Conclusion** In CT urinary imaging, virtual non-contrast scan with spectral CT scan may perform instead of conventional scan, although the rate of detection of smaller stones is reduced, but the radiation dose is significantly reduced.

Key words urinary diseases; X ray computer; energy spectrum CT; virtual non-contrast image; radiation dose