

双源CT双能量成像虚拟平扫技术在泌尿系统结石的应用研究

沈俊文 王荣江 黄文杰 杜传军

[摘要] 目的 评价双源双能量CT虚拟平扫(VNCT)泌尿系成像在检查泌尿系统结石中的价值。方法 选择91例临床怀疑泌尿系结石并行双源双能量CT检查的患者,包括全腹部常规平扫(CNCT)及增强动脉期检查、肾脏排泄期双能量扫描。比较CNCT和VNCT对泌尿系统结石的检出率、CT平均容积剂量指数(CT DIvol)和剂量长度乘积(DLP)。结果 CNCT、VNCT两种方法在肾内、输尿管腹段、输尿管盆段、输尿管膀胱壁内段和膀胱内的结石检出率比较,差异均无统计学意义(χ^2 分别=0.29、0.12、0.26、0.25、-0.16, P 均>0.05)。CT DIvol和DLP在CNCT、VNCT和DSCT动脉期的差异均有统计学意义(F 分别=62.89、36.02, P 均<0.05)。两两比较显示,CT DIvol和DLP在DSCT动脉期均高于CNCT和VNCT,差异有统计学意义(t 分别=6.79、6.99、6.79、6.65, P 均<0.05)。结论 VNCT与CNCT在泌尿系统结石检出率具有很高一致性。VNCT因减少一次扫描,可降低辐射剂量。

[关键词] 双源双能量CT 虚拟平扫; 结石; 泌尿系统

Application of virtual non-enhanced technology of dual energy CT in detection of urinary calculi SHEN Junwen, WANG Rongjiang, HUANG Wenjie, et al. Department of Urology, The First People's Hospital of Huzhou, Huzhou 313000, China

[Abstract] **Objective** To evaluate the value of virtual non-enhanced technology of dual energy CT(VNCT) on detection of urinary calculi. **Methods** The VNCT was applied in 91 patients with undiagnosed urinary calculi including the conventional non-enhanced CT(CNCT) for general scan of the abdomen, the enhanced scan in arterial phase and the dual energy scan in renal excretion phase. The detection rates of urinary calculi, CT DIvol and DLP between VNCT and CNCT were compared. **Results** There were no statistical differences between CNCT and VNCT in the detection rates of urinary calculi in the kidney, the abdominal and pelvic sections of ureter, the inner wall of the ureter and bladder, and the bladder($\chi^2=0.29, 0.12, 0.26, 0.25, -0.16, P>0.05$). The CT DIvol and DLP in CNCT, VNCT and DSCT in arterial phase were significantly different ($F=62.89, 36.02, P<0.05$). The CT DIvol in DSCT in arterial phase was significantly higher than in CNCT and VNCT as well as DLP ($t=6.79, 6.99, 6.79, 6.65, P<0.05$). **Conclusion** The VNCT has the same value on detection of urinary calculi with CNCT. The VNCT can reduce the radiation dose because of reducing once scan.

[Key words] virtual non-enhanced technology of dual energy CT; calculi; urinary system

泌尿系统结石是临床泌尿外科最常见的疾病。CT常规扫描因其无重叠,无肠气干扰,对检出高密度结石、了解结石位置和形态有重要意义,诊断敏感性在95%~100%之间^[1,2]。CT泌尿系成像检查是临床常规检查方法,对于尿路结石的患者常常用来评

估梗阻状况和双肾功能情况^[3,4]。双源CT双能量(dual energy computer tomography, DECT)的虚拟平扫技术(virtual nonenhanced CT, VNCT)能从增强检查图像的原始数据中通过双能量算法得到普通平扫图像(conventional nonenhanced, CNCT)^[5,6]。本次研究比较研究VNCT和CNCT两者之间对结石检查率,拟评价DECT对检测泌尿系结石的价值。现报道如下。

DOI: 10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2016.02.011

作者单位:313000 浙江湖州,湖州市第一医院泌尿外科(沈俊文、王荣江);临安市人民医院泌尿外科(黄文杰);浙江大学医学院附属第二医院泌尿外科(杜传军)

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2012年9月至2014年6月在湖州市第一医院泌尿外科就诊的临床怀疑泌尿系统结石并行DECT检查的患者91例,其中男性41例、女性50例;年龄24~78岁,平均年龄(51.63±18.36)岁;排除碘剂过敏史患者、严重心肺肾功能异常患者。扫描前患者均知情同意本次研究。

1.2 检查方法与参数选择 所有患者均在双源64排CT机(由德国西门子公司生产)上完成扫描。患者在扫描前禁食、禁水4~6h,去除身上金属异物,仰卧位于扫描床上,双手置于头顶,训练患者呼吸,使吸气屏气规律、规则。首先行常规扫描定位检查,定位像从胸10至耻骨联合水平。然后行CNCT检查,开启实时动态曝光剂量调节CARE(combined application reduce exposure, CARE),管电压120 kV,管电流300~450 mA,准直器宽度64 mm×0.6 mm,螺距1.2,球管转速0.5秒/圈,FOV 260 mm,扫描范围为膈肌水平至耻骨联合水平,屏气扫描。然后经双筒高压注射器经肘前浅静脉留置针内推注碘海醇注射液 300 mgI/ml,剂量为1.5 kg/ml进行增强检查,对比剂注射完成后再以相同的速率注射40 ml 0.9%氯化钠注射液。增强采用人工智能触发扫描技术,触发点感兴趣区设置在膈肌以下水平腹主动脉内,触发阈值110 HU,延时8 s行动脉期扫描,延迟后行480 s排泄期扫描^[7]。扫描参数:A球管管电压为140 kV,有效电流80~110 mA,B球管管电压80 kV,有效电流350~410 mA,在扫描前开启实时动态曝光剂量调节CARE Dose 4D,准直器宽度64 mm×0.6 mm,FOV 260 mm,螺距0.5~0.75,球管旋转时间0.5秒/圈,双能量扫描获得三组数据,分别为140 kV图像、80 kV图像和按照前两种数据通过计算机特殊计算后得到重建DE-composition=0.3(70%140 kV的数据与30%80 kV的数据比率,通过特殊计算后的融合数据)。自动重建层厚0.5 mm,重建间隔0.5 mm。所有数据采用腹部窗宽,窗位(400,40)。常规记录每例患者CNCT及排泄期双能量扫描的CT平均容积剂量指数(CT dose index volume, CT DIvol)和剂量长度乘积(dose length product, DLP)。

1.3 图像后处理 扫描完成后,将双能排泄期两组数据(140 kV,80 kV)调入双能应用程序内,启动应用程序内的Liver VNCT处理,调整CT的融合比率值至100%,碘对比剂的融合比率值至0,得到VNCT的轴位数据。然后VNCT、CNCT数据应用工作站内

Inspace软件进行影像重建,包括仿真内镜、容积再现、多平面重组、最大密度投影。由两名副主任医师以上级别的专攻腹部影像诊断的高年资医师分别进行图像分析,确定CNCT、VNCT图像上的结石数目及具体位置。

1.4 统计学方法 采用SPSS 17.0统计软件包进行统计学分析。采用Kappa一致性检验评价两名医师的诊断一致性。0.75<K≤1,诊断一致性极好;0.40<K≤0.75,诊断一致性好;0≤K≤0.40时,诊断一致性差。结石数目和辐射剂量采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示。常规平扫、动脉期双能量扫描和排泄期双能扫描之间辐射剂量的比较采用单因素方差分析和两两比较。设P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两种方法结石检出率比较 Kappa一致性检验显示,两名医师图像分析的诊断一致性极好(Kappa=0.83)。在91例患者中,CNCT共检出234颗结石,VNCT共检出222颗结石。两种方法结石检出率比较见表1。

表1 CNCT和VNCT的结石检出率比较/颗

结石位置	CNCT		VNCT	
	+	-	+	-
肾内	96	128	92	132
输尿管腹段	43	181	41	183
输尿管盆段	35	189	32	192
输尿管膀胱壁内段	39	185	36	188
膀胱内	21	91	21	91

由表1可见,CNCT、VNCT两种方法在肾内、输尿管腹段、输尿管盆段、输尿管膀胱壁内段和膀胱内的结石检出率比较,差异均无统计学意义(χ^2 分别=0.29、0.12、0.26、0.25、-0.16,P均>0.05)。

2.2 CNCT、VNCT和DSCT动脉期辐射剂量结果见表2

表2 三期扫描CT DIvol和DLP比较/mGy

扫描期像	CT DIvol	DLP
CNCT	11.60±2.28*	531.53±101.37*
DSCT 动脉期	14.53±3.43	683.32±187.46
DSCT 排泄期(VNCT)	11.38±2.59*	529.48±116.58*

注:*:与DSCT动脉期比较,P<0.05。

由表2可见,CT DIvol和DLP在三期的差异均有统计学意义(F分别=62.89、36.02,P均<0.05)。两两

比较显示,CT DIvol在DSCT动脉期高于CNCT和VNCT,差异有统计学意义(t 分别=6.79、6.99, P 均 <0.05)。DLP在DSCT动脉期高于CNCT和VNCT,差异有统计学意义(t 分别=6.79、6.65, P 均 <0.05)。

3 讨论

双能CT是利用X线穿过人体组织时,产生光电效应和康普顿散射效应并进一步得到衰减^[8,9]。研究表明光电效应的强弱度和被曝光物质的原子量及X线的光子跃迁的能量级别有算术关系,如果当X线穿过钙质和碘剂等高密度物质时,产生的衰减可以用数学模型计算出来^[10,11]。但是软组织CT值随X线能量的变化并不显著,故而CT值随X线能量的数学计算可以用公式表现出来,所以可以根据不同能量级别的X线衰减和组织相对应的CT值变化来区分不同的人体组成成分。目前研究可以通过双能量扫描模式可以分离出钙质和碘剂,如将钙质去除实现双能量自动去骨,将碘比剂从增强影像上去除实现VNCT^[12]。双源CT双能量成像是利用旋转机架内有两套互相垂直的球管和探测器,第二代双源CT主探测器A的孔径可达50 cm,覆盖整个扫描视野,第二探测器B孔径33 cm,较第一代DSCT增大7 cm,其双能量成像局限在中心视野^[13]。两个X线管球以两个管电压140 kV和80 kV运行,利用采集到的两套X线衰减数据,经过数据转换的后处理将碘值由增强影像上去除,从而实现虚拟平扫图像^[14,15]。

结石的CT值易受结石大小、探测器准直和周围介质等因素的影响,变化范围较大。特别是在体内环境中,不同成分结石的CT值会存在大量重叠。有学者在单源CT上使用80 kV和100 kV、80 kV和120 kV的电压组合行结石双能量扫描,认为此方法与单能量扫描结果相比优势不明显,并且辐射剂量大,不适合临床应用。本次研究应用DSCT组合应用两组80 kV和140 kV的电压,增大了物质之间衰减的差异性,更适合用于物质区分。而且DSCT只需一次扫描即能完成双能量数据采集,克服了单源CT双能量成像需二次扫描带来的空间配准不良问题,同时对于结石成分分析能达到与普通平扫相似的效果。本次研究显示,双源双能量VNCT与CNCT对泌尿系结石检出率无明显差异(P 均 >0.05)。这说明VNCT对泌尿系的结石检出具有一定的价值。但本次研究中DECT也有漏诊病例。本次研究的漏诊病例多为直径小于1~3 mm的肾内结石和输尿管结石,而膀胱内结石无一例漏诊,推测其原因可能由于肾内和输尿管内

小结石CT值恰好与碘剂CT值相仿,计算机无法识别,因此把结石随同碘剂一同去掉缘故,而膀胱内结石因其较大况且内有混合成分无法完全去除,故难以漏诊。此外肥胖患者的图像信噪比小,图像分辨率低也成为漏诊的原因之一。本次研究没有把患者的体重指数考虑进去,也成为本次研究的缺陷之一。

多层螺旋CT技术的不断进步发展给传统的泌尿系检查带来了技术的革命^[16]。现在多层螺旋CT泌尿系成像技术检查已成为诊断泌尿系统疾病的首要选择的影像学检查方法。但是,由于泌尿系管道长,CT扫描成像检查扫描范围较其它器官和系统的长,况且扫描期像有平扫、动脉期、实质期、排泄期,无疑增加了患者接受的剂量^[17]。本次研究显示,CT DIvol和DLP在DSCT动脉期均高于CNCT和VNCT,差异有统计学意义(P 均 <0.05)。虽然肾动脉期双能量扫描放射剂量CT DIvol和DLP均高于CNCT和VNCT,但由于VCT图像质量与CNCT相近,因此在CT泌尿系成像检查中,可以忽略CNCT的扫描,行肾动脉期双能量扫描和排泄期扫描,进而得出VNCT的虚拟平扫图像,可减少患者的CNCT的一次辐射。因此在进行泌尿系增强检查中放弃泌尿系CT的平扫,而直接进行泌尿系增强检查+延迟期扫描,进而重建出虚拟平扫图像和泌尿系排泄期的三维成像数据,可以至少降低50%的辐射剂量,而不影响临床的诊断信息的完整性。

双源双能量CT尿路造影中排泄期双能量重建出的VNCT图像可用于检测泌尿系结石,而省去CNCT检查,可以减少一次扫描,减少患者接受的辐射剂量,提供同样有效的影像诊断数据为临床服务。

参考文献

- 1 Mangold S, Thomas C, Fenchel M, et al. Virtual non-enhanced dual-energy CT urography with tin-filter technology: determinants of detection of urinary calculi in the renal collecting system[J]. Radiology, 2012, 264(1): 119-125.
- 2 Karcaaltincaba MAktas A. Dual-energy CT revisited with multidetector CT: review of principles and clinical applications[J]. Diagn Interv Radiol, 2011, 17(3): 181-194.
- 3 Thomas C, Heuschmid M, Schilling D, et al. Urinary calculi composed of uric acid, cystine, and mineral salts: differentiation with dual-energy CT at a radiation dose comparable to that of intravenous pyelography [J]. Radiology, 2010, 257(2): 402-409.

- 4 Eiber M, Holzapfel K, Frimberger M, et al. Targeted dual-energy single-source CT for characterisation of urinary calculi: experimental and clinical experience[J]. *Eur Radiol*, 2012, 22(1): 251-258.
- 5 Qu M, Ramirez-Giraldo JC, Leng S, et al. Dual-energy dual-source CT with additional spectral filtration can improve the differentiation of non-uric acid renal stones: an ex vivo phantom study[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2011, 196(6): 1279-1287.
- 6 Manglaviti G, Tresoldi S, Guerrer CS, et al. In vivo evaluation of the chemical composition of urinary stones using dual-energy CT[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2011, 197(1): W76-83.
- 7 Jepperson MA, Cernigliaro JG, Ibrahimel SH, et al. In vivo comparison of radiation exposure of dual-energy CT versus low-dose CT versus standard CT for imaging urinary calculi[J]. *J Endourol*, 2015, 29(2): 141-146.
- 8 Kulkarni NM, Eisner BH, Pinho DF, et al. Determination of renal stone composition in phantom and patients using single-source dual-energy computed tomography[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2013, 37(1): 37-45.
- 9 Botsikas D, Hansen C, Stefanelli S, et al. Urinary stone detection and characterisation with dual-energy CT urography after furosemide intravenous injection: preliminary results[J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(3): 709-714.
- 10 Karlo CA, Gnannt R, Winklehner A, et al. Split-bolus dual-energy CT urography: protocol optimization and diagnostic performance for the detection of urinary stones[J]. *Abdom Imaging*, 2013, 38(5): 1136-1143.
- 11 Morsbach F, Wurnig MC, Muller D, et al. Feasibility of single-source dual-energy computed tomography for urinary stone characterization and value of iterative reconstructions[J]. *Invest Radiol*, 2014, 49(3): 125-130.
- 12 Jepperson MA, Cernigliaro JG, Sella D, et al. Dual-energy CT for the evaluation of urinary calculi: image interpretation, pitfalls and stone mimics[J]. *Clin Radiol*, 2013, 68(12): e707-714.
- 13 Qu M, Jaramillo-Alvarez G, Ramirez-Giraldo JC, et al. Urinary stone differentiation in patients with large body size using dual-energy dual-source computed tomography[J]. *Eur Radiol*, 2013, 23(5): 1408-1414.
- 14 Liu Y, Qu M, Carter RE, et al. Differentiating calcium oxalate and hydroxyapatite stones in vivo using dual-energy CT and urine supersaturation and pH values[J]. *Acad Radiol*, 2013, 20(12): 1521-1525.
- 15 Sahni VA, Shinagare AB, Silverman SG. Virtual unenhanced CT images acquired from dual-energy CT urography: accuracy of attenuation values and variation with contrast material phase[J]. *Clin Radiol*, 2013, 68(3): 264-271.
- 16 Wisenbaugh ES, Paden RG, Silva AC, et al. Dual-energy vs conventional computed tomography in determining stone composition[J]. *Urology*, 2014, 83(6): 1243-1247.
- 17 Cai X, Zhou Q, Yu J, et al. Impact of reduced-radiation dual-energy protocols using 320-detector row computed tomography for analyzing urinary calculus components: initial in vitro evaluation[J]. *Urology*, 2014, 84(4): 760-765.

(收稿日期 2016-02-03)

(本文编辑 蔡华波)