

# 分次团注结合双能 量扫描在CTU检查 中的应用价值

### 江苏省盐城市第一人民医院影像科 (江苏盐城 224001)

顾廷	き华	孙大林	卢定友
石	全	许晶晶	

【摘要】目的 探讨分次团注双能量扫描 在降低CTU检查辐射剂量的应用价值。方 法 50例行CTU检查的患者平均分两组, 其中试验组(A组)25例,行两次团注对 比剂后实质期常规扫描和排泄期双能量 扫描; 对照组(B组)25例, 行全泌尿系 平扫及单次团注对比剂后实质期和肾孟 期常规扫描。A组的数据在工作站上使 用双能量后处理软件获得排泄期的最佳 keV图像,将图像的集合系统分段,测量 各段管腔内的CT值,并计算对比噪声比 (contrast to noise ratio, CNR)。B组 排泄期图像发送至同一工作站进行相同 的测量和CNR计算,同时记录所有病例 完成全部检查的有效辐射量((effetive radiation dose, ERD)), 比较两组CT 值、CNR、ERD的差别。结果 分次团注 排泄期最佳keV图像集合系统的均匀度 提高,各段CT值均高于常规图像,其差 异有统计学意义(P<0.05); 与常规排 泄期集合系统各段CNR没有统计学意义 (P>0.05); 分次团注双能量方法完成全 部检查的ERD(平均12.56 mSv)明显低于常 规CTU(平均18.27mSv), 差异有统计学意 义(P<0.05)。并能利用双能量软件中的 其他功能为诊断提供更多的信息。结论 分次团注结合双能量扫描能够有效降低 CTU的辐射剂量,提高图像质量。

【关键词】X线体层摄影术; 泌尿系成 像; 排泄期; 双能量成像 【中图分类号】R445.3 【文献标识码】A DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2016.09.036

通讯作者:孙大林

# Application Value of Split-bolus Injection Combined with Dual Energy CT Scan in CT Urography

GU Jian-hua, SUN Da-lin, LU Ding-you, et al., Department of Radiology, the First People's Hospital of Yancheng, Yancheng 224001, Jiangsu Province, China

[Abstract] Objective To discuss the application value of split-bolus injection combined with dual energy CT scan in CT urography. *Methods* Fifty patients underwent CT urography were randomly and averagely divided into two groups. Twenty-five cases of the experimental group(A group)were applied with conventional scan in parenchymal phase and dual energy scan in excretory phase after split-bolus injection. Other 25 cases of the control group(B group) underwent plain scan in total urinary and conventional scan in parenchymal and excretory phase after single-bolus injection. The keV images of Group A's excretory phase data were acquired by using dual energy software. The images were segmented by urinary collection system and CT values of each lumen were measured, and contract to noise ratio (CNR) was calculated. Images of Group B's excretory phase were sent to the same workstation to do the same measurement and CNR calculation. At the same time, the amount of effective radiation in a complete inspection was recorded for all 50 cases. The CT value, CNR and the amount of effective radiation of two groups were compared. **Results** The uniformity of excretory phase's keV images of split-bolus injection improves compares to that of conventional method. CT value is significantly higher(P<0.05) while CNR is not significantly different(P>0.05). The effective amount of radiation in a complete inspection(12.56mSv in average)for split-bolus method is lower than conventional one(18.27mSv in average) and it is significantly different(P<0.05). In addition, split-bolus method can also provide more information for diagnosis by using other features in dual energy software. Conclusion Split-bolus injection combined with dual energy scan can effectively reduce the radiation dose of CTU, improve the quality of images.

[Key words] X-ray Tomography; Urography; Excretion; Dual Energy Imaging

CTU是CT尿路造影(computed tomography urography, CTU)的简称,可显示自肾脏到膀胱的全部信息及腹腔的情况,并能整体显示排泄系统,推断肾功能,对泌尿系统各种病变的诊断有较大的价值,是目前泌尿系统疾病的最佳检查方法<sup>[1-2]</sup>。但面临的最大问题是较高的辐射剂量、显影的均匀度不能得到较好的保障。本研究将双能量扫描模式与分次团注方法相结合,旨在探讨CTU检查方法的进一步优化,以期达到在不增加对比剂用量的前题下,降低辐射剂量,优化图像质量的效果。同时利用双能量软件中的其他功能为疾病的诊断提供更多有价值的内容。

#### 1 材料与方法

**1.1 一般资料** 2014年1~10月本院因"血尿待查"申请CTU检查的病例50例,实验组25例,男18例,女7例,年龄27~88岁,平均52.0 岁;体重44~90kg,腹围60~112cm,平均90.2cm。对照组25例,男15例,女10例,年龄34~82岁,平均56.7岁;腹围70~110cm,平均85.6cm。病例纳入标准:①无肾功能不全(血肌酐<133μmo1/1);②无碘对比剂使用禁忌;③患者一般情况良好。

1.2 检查方法 所有患 者检查前30~60分钟饮水 500~1000ml,保持膀胱半充盈状 态。实验组进行分次团注双期CTU 扫描,对照组进行单次团注三期 CTU扫描。两组均使用碘海醇90m1 (300mgI/ml),采用同型号高压注 射器。使用机器为西门子64排炫 速双源CT。

实验组的注射方式和扫描模 式: (1)首先团注30m1对比剂,速 度2m1/秒,在候诊区走动。(2)延 迟10~15分钟, 第2次团注60m1对 比剂, 速度3m1/秒。(3)65秒后以 普通模式行实质期扫描,5~10 分钟后行排泄期能谱扫描,完成 全泌尿集合系统检查。(4)扫描 范围包括膈肌下缘至耻骨联合下 缘。①实质期:普通模式,管电 压120kv,自动毫安,噪声指数 11.57,30%,自适应统计迭代重 建技术, Acg 128×0.6mm; ②排 泄期: Dual Energy扫描模式, 管电压80kv+120kv,探测器宽度 40mm, 视野350mm×350mm, Aca  $128 \times 0.6$  mm.

对照组的注射方式和扫描模 式:(1)平扫后单次注射对比剂 90m1,延时65s行实质期扫描,下 床在候诊区走动,延时10~15分 钟后行排泄期扫描。(2)扫描范围 为膈肌下缘至耻骨联合下缘。使 用同样的机器,三期均为普通模 式扫描,扫描参数:120kv,自动 毫安,层厚0.6mm,间隔0.5mm, 螺距0.7,噪声指数7.81。

1.3 图像后处理 所有图像 发送至Siemens Syngo mmwp47230 后处理工作站,排泄期的双能量 扫描数据使用Dual Energy后处理 软件中monoenergetic模式,以腰 大肌代表软组织,输尿管腔作为 背景,分别放置ROI,生成最佳 CNR曲线,曲线最高点即为兴趣区 的最佳单能量(图1),生成并保存 此最佳单能量图像,同时保存泌 尿集合系统碘对比剂CT值最高的 单能量图像。将实验组的最佳单 能量图像和对照组的肾盂期图像 进行重组和数据记录。平扫图像 通过liver VNC软件处理获得。

1.4 数据分析 两位副主任 医师进行数据统计,具体做法如 下: (1)将集合系统分为8段: 上 肾盏(S1)、中肾盏(S2)、下肾盏 (S3)、肾盂(S4)、输尿管上段 (S5)、输尿管中段(S6)、输尿管 下段(S7)及膀胱(S8),对尿路各 个分段近、中、远侧分别进行测 量,取平均值代表此段尿路的CT 值。(2) 另测量S1-4、S5、S6、 S7腰大肌的CT值及脐水平腹部皮 下脂肪CT值的标准差,分别代表 软组织CT值(CT软)及背景噪声 (CT噪)。按以下所示公式计算双 侧各段尿路的(CNR): CNR=CT尿 路-CT软/CT噪。(3)记录每位患 者各扫描期相的剂量长度乘积 (doselength product, DLP), 并按以下公式计算有效辐射量 (effetive radiation dose, ERD): ERD(mSv)=DLP×k其中 k=0.016mSv/(mGv.cm)。

1.5 统计分析 使用SPSS 13.0统计软件进行数据分析。对 实验组与对照组各段集合系统管 腔内的CT值、CNR及患者的ERD分 别采用独立样本非参数秩和检验 (Mann-Whitney U),以P<005为 差异有统计学意义。

### 2 结 果

实验组和对照组分别有5.8% 和8.8%分段未见显影,因此实验 组和对照组各有353段、341段进 入统计分析。

2.1 观察不同单能量水平CTU 图像,发现随着单能量水平降 低,各组织CT值逐渐升高,以血 管、泌尿系集合系统等对比剂浓 聚的结构更为明显,40KeV集合系 统CT值最高,显示最亮,同时图 像的背景噪声提高,CNR与对照组 有显著差异(图2-4)。

2.2 实验组最佳单能量为 65~70KeV,平均(67±4.0)KeV, 最佳单能量图像上各段集合系统 管腔内CT值亦明显高于对照组排 泄期图像(图5-6,表1、2),差异 有统计学意义(P<0.001); CNR与

表1 实验组和对照组各段集合系统CT值比较

AT MAAT MAAD AARD MOOT BOOK										
CT值 (HU)			Z值	P值						
试验组(40KeV)	试验组(最佳CNR)	对照组	最佳CNR组与对照组							
$2658 \pm 319$	$1582 \pm 408$	489 ± 55	-4.894	<0.001						
$2258 \pm 578$	$1567 \pm 502$	$511 \pm 74$	-4.120	<0.001						
$2372 \pm 725$	$1590 \pm 990$	$540 \pm 95$	-4.235	<0.001						
$2483 \pm 585$	$1482 \pm 521$	$470\pm32$	-4.824	<0.001						
$2401 \pm 684$	$1403 \pm 621$	$438 \pm 51$	-3.982	<0.001						
$2232 \pm 757$	$1327 \pm 752$	$372 \pm 81$	-3.853	<0.001						
$2120 \pm 806$	$1101 \pm 907$	$371 \pm 23$	-4.561	<0.001						
$2013 \pm 493$	$1109 \pm 531$	$389 \pm 61$	-4032	<0.001						
		CT值 (HU)   试验组 (40KeV) 试验组 (最佳CNR)   2658 ± 319 1582 ± 408   2258 ± 578 1567 ± 502   2372 ± 725 1590 ± 990   2483 ± 585 1482 ± 521   2401 ± 684 1403 ± 621   2232 ± 757 1327 ± 752   2120 ± 806 1101 ± 907   2013 ± 493 1109 ± 531	CT值 (HU)   试验组 (40KeV) 试验组 (最佳CNR) 对照组   2658 ± 319 1582 ± 408 489 ± 55   2258 ± 578 1567 ± 502 511 ± 74   2372 ± 725 1590 ± 990 540 ± 95   2483 ± 585 1482 ± 521 470 ± 32   2401 ± 684 1403 ± 621 438 ± 51   2232 ± 757 1327 ± 752 372 ± 81   2120 ± 806 1101 ± 907 371 ± 23   2013 ± 493 1109 ± 531 389 ± 61	$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $						

#### 表2 实验组和对照组各段集合系统CNR测量结果比较

分段	对比噪声比				
	试验组	对照组	Z值	P值	
S1-4	48 ± 32	$43 \pm 25$	-0.454	0.651	
<b>S</b> 5	$43 \pm 34$	$36 \pm 23$	-0.695	0.491	
<b>S</b> 6	$40 \pm 36$	$34 \pm 21$	-0.724	0.513	
S7	$36 \pm 20$	$29 \pm 21$	-0.503	0.347	
S8	$40 \pm 28$	$31 \pm 26$	-1.016	0.212	



对照组排泄期比较,无统计学差异(P>0.05)。

2.3 实验组总体有效辐射量 低于对照组(见图1),分次团注双 能量扫描方式较三期扫描的剂量 减少近1/3。两组间差异有统计学 意义(Z=-5.981, P<0.001)。

2.4 两次扫描可获得虚拟平 扫、实质期、排泄期的图像以及 碘基图,可满足泌尿系统多种病 变的CT诊断。本组除了常规诊断 外,还进行了在体结石的成分分 析图(图7-8),水基图和碘基图的 分析(图9-10),为明确诊断提供 了更多的依据。

#### 3 讨 论

3.1 **辐射剂量** 随着对医疗 辐射的重视,CTU扫描的高辐射 问题受到越来越多的关注。近年 来,出现了各种低剂量CTU的研 究,从降低扫描条件、减少扫描 期相、分次团注等各个方面对辐 射剂量进行缩减<sup>[3-5]</sup>,但减少的剂 量非常有限。

双能模式CT扫描辐射剂略高 于普通模式全腹扫描,但由于分 次团注双能量扫描模式仅扫描实 质期和排泄期,常规法扫描三 次。综合结果,分次团注双能量 CTU的辐射剂量明显低于常规方 法。

3.2 扫描期相的选择 本组 选择的扫描方式是实质期普通扫 描+排泄期双能量扫描,与文献 报道平扫+实质期双能量扫描<sup>[6]</sup>相 比,体会有以下三点好处:1、平 扫图像可通过虚拟平扫得到,无 需扫描。2、实质期的辐射剂量稍 小于平扫,但提供的诊断信息较 平扫多。3、排泄期肾实质的密度 下降,较实质期的双能量扫描更 有利于在不增加对比剂剂量的情 况下肾脏集合系统的显示。

通过liver VNC程序获得虚拟 平扫图像, 文献报道及GE、西门 子的研究证实虚拟平扫是可以替 代平扫的,对于小于4mm的结石, 80kv/Sn140kv更佳<sup>[7-8]</sup>,实质期 扫描可以为诊断肾或输尿管等软 组织病变提供信息。双能CT能提 高组织的对比,特别是含碘结构 与周围组织的对比,能量级别越 低,含碘管腔的CT值越高<sup>[9-10]</sup>。 本组中40Kev进行图像重组时,排 泄系统的CT值最高,但由于信噪 比增大,图像质量受到影响,故 选择最佳单能量图像(65-70Kev) 代替混能图像进行图像分析和诊 断。用最佳单能量图像进行图像 分析时考虑到体型、心肾功能等 的差异,做到个体化的成像,最 大程度减少了这些因素的影响, 而且集合系统对比剂的亮度、均 匀度与常规扫描有显著性差异。

3.3 对比剂剂量和图像质量 分次团注双期CTU是近年来较受关 注的成像方法<sup>[11]</sup>,该方法通过减 少一次扫描,降低辐射剂量。但 为了使集合系统内有足够的对比 剂与肾实质区分,需要注射更多 的剂量<sup>[12-13]</sup>。在多项研究中,分 次团注使用对比剂量为120~150 m1(300mgI/m1)(常规<100m1), 结果是降低了辐射剂量,但增加 了对比剂风险,特别是对比剂肾 病发生的危险。

在本研究的分次团注双期CTU 扫描方案中,对比剂总量仍采 用常规单次团注的用量(90m1, 300mg1/m1)。第一次注射的目的 是充盈下尿路和膀胱,并通过走 动促进对比剂分布均匀,第二次 团注的对比剂则主要分布于上中 尿路和肾实质,两次注射可获得 全尿路显影相对均匀的图像。再 利用单能谱成像软件中的最佳单 能量成像提升排泄系统对比剂的 亮度,同时不增加图像的噪声。

另外,患者的体型、心肾功 能、有无尿路梗阻等,都会影响 双侧或一侧排泄系统的显影。双 源CT的另一优势在于通过最佳单 能量成像,最大程度地减少了这 些因素的影响,得到组织对比最 佳的图像。

实验组病例的体型变化较 大,但统一使用了90m1对比剂, 均能得到满意的图像质量。说明 CTU双能分次注射的图像中,对比 剂用量与患者的体型无关,也提 示对比剂剂量还有降低的空间。 双能CT与分次团注方法结合,可 成为不增加对比剂用量,提高图 像质量的检查方法。

3.4 双能量软件的其他应用 两次扫描可获得虚拟平扫、实质 期、排泄期的图像以及碘基图, 可满足泌尿系统多种病变的CT诊 断。如本组除了常规诊断外,还 进行了在体结石的成分分析图, 水基图和碘基图的分析等,为双 能量软件在临床应用提供了一些 思路。

3.5 本研究的局限性 本次 研究目的是评估双能量成像对提 高集合系统显影程度的价值,兼 顾了肾实质期、肾静脉的强化情况,肾肿瘤的动脉期表现没有考虑,肾动脉的显示也非最佳时像,可以在扫描时根据病史做些 扫描期像的调整。这将在下一步 研究中继续深入。此外,用排泄 期的能谱图像进行虚拟平扫对肾 盏内小结石的观察有没有显著性 差异,需要更大样本的进一步研 究。

## 参考文献

- [1] Dillman JR, Caoili EM, Cohan RH. Multi-detector CT urography: a one-stop renal and urinary tract imaging modality[J]. Abdom Imaging, 2007, 32 (4): 519-529.
- [2]周硕,林美福,陈彩龙,等.HSCTU诊 断泌尿系统先天性疾病的价值:与 IVU、MRU对比研究[J].中国CT和 MRI杂志,2008,6(5):38-41.
- [3]Yanaga Y, Awai K, Funama Y, et al. Low-dose MDCT urography: feasibility study of low-tubevoltage technique and adaptive noise reduction filter[J]. Am J Roentgenol, 2009, 193(3): 220-229.
- [4] Portnoy O, Guranda L, Apter S, et al. Optimization of 64-MDCT urography: effect of dual-phase imaging with furosemide on collecting system opacification and radiation dose[J]. Am J Roent-genol, 2011, 197 (5): 882-886.
- [5] 刘畅, 刘彬, 王万勤. 分次团注对比 剂法CTU在泌尿系统检查中的应用 价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2011,

9(4):44-46.

- [6] 胡娟, 王鹤, 王霄英, 等. 双能CT成像 在分次团注双期CTU中的临床应用 [J]. 放射学实践, 2012, 27(3): 259-263.
- [7] 李真林,阳琴,赵利娜,等. 纯化 技术在泌尿系虚拟平扫成像 中的应用价值[J].放射学实 践, 2013, 28 (12): 1196-1199.
- [8] Mangold S, Thomas C, Fenchel M, et al. Virtual nonenhanced 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.
- [9] Imafuji A, Hara M. Sasaki S, et al. Usefulness of dualenergy CT scanning at 80 kVp for identifying hilar and mediastinal structures: evaluation of contrast enhancement of the pulmonary vessels and lymph nodes[J]. Jpn J Radiol, 2012, 30(1):69-77.
- [10] Chandarana H, Godoy MC, Vlahos I, et al. Abdominal aorta: evaluation with dual-source dual-energy multidetector CT after endovascular repair of aneurysmsinitial observations [J]. Radiology, 2008, 249 (2): 692-700.
- [11] Maheshwari EO, Malley ME, Ghai S, et al. Split-bolus MDCT urography: upper tract opacification and performance for uppertract tumors in patients with hematuria[J]. Am J Roentgenol, 2010, 194 (2): 453-458.
- [12] Chow LC, Kwan SW, Olcott EW, et al. Split-bolus MDCT urography with synchronous nephrographic and excretory phase enhancement[J]. Am J Roentgenol, 2007, 189(2): 314-322.
- [13] 王鹤, 孙晓伟, 王继琛, 等. 正常集合 系统分次团注双期与传统单次团注 多期CT泌尿系造影的比较[J]. 中国 医学影像技术, 2009, 25(11): 2076-2080.

(本文编辑:张嘉瑜)

【收稿日期】2016-08-03