

# 双源 CT 小肠造影双能量虚拟平扫的临床评估

邓丽萍, 史晓喆, 章士正, 张峭巍

**【摘要】** 目的:探讨 64 排双源 CT 小肠造影双能量虚拟平扫技术应用于临床的可行性。方法:采用双源 CT 机对 39 例患者进行小肠造影检查,常规行 CT 平扫以及动、静脉期对比增强双能量扫描(100 kVp/230 mAs 和 140 kVp/178 mAs)。利用 Liver VNC 软件进行后处理,获得动、静脉期的虚拟平扫 CT 图像。以常规 CT 平扫图像作为标准,对虚拟平扫图像的质量进行评估,采用 4 级评分法:最高为 4 分(图像解剖细节清晰,完全能满足诊断),最低为 1 分(图像模糊,不能满足诊断)。并对常规 CT 平扫、动、静脉期双能量 CT 扫描的辐射剂量进行比较。结果:39 例中有腹部病变者 25 例,无明显异常者 14 例。与常规平扫图像比较,虚拟平扫图像上所有病灶均能显示,且病灶的范围、大小亦无明显差异;两位医师对虚拟平扫图像质量的评分均  $>2$  分,两者的评分差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。所有虚拟平扫图像完全能满足诊断要求。常规平扫、双能量动脉期、双能量静脉期扫描的剂量长度乘积(DLP)分别为(283.8750±57.1195)、(289.3750±53.1543)和(301.2917±55.3346) mGy·cm,三次扫描的 DLP 的差异无统计学意义( $F=0.615, P=0.544$ )。结论:双源 CT 小肠造影检查时仅可进行双能量增强扫描,经后处理获得的虚拟平扫图像基本可取代常规 CT 平扫,从而可减少检查的辐射剂量。

**【关键词】** 小肠疾病; 体层摄影术, X 线计算机; 双能 CT; 小肠造影; 虚拟平扫

**【中图分类号】** R814.42; R574.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2014)12-1439-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2014.12.022

**Clinical evaluation of dual-source CT enterography using dual-energy virtual non-enhanced technique** DENG Li-ping, SHI Xiao-zhe, ZHANG Shi-zheng, et al. Sir Run Shaw Hospital, School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310016, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the clinical feasibility of dual-source CT enterography using dual-energy virtual non-enhanced CT (VNCT) technique. **Methods:** CT enterography were performed in 39 patients with dual source CT scanner, including conventional non-enhanced CT scan (CNCT), arterial and venous phase contrast-enhanced CT scan (CECT) with dual energy mode (100kVp/230mAs and 140kVp/178mAs). VNCT images of arterial and venous phase were obtained after being post-processed with Liver-VNC software. Using CNCT as a standard, the image quality of VNCT images were evaluated and scored with 1~4 grade scoring system (the higher score indicated better image quality; 4 scores means perfect, 1 score means unsatisfactory for diagnosis). The radiation dose of CNCT, arterial and venous phase CECT was compared. **Results:** Of 39 patients, there were 25 cases with lesions and 14 cases of normal. Compared with CNCT images, all the lesions were also detected accurately by VNCT images, and there was no significant difference of size and extent of lesions between CNCT and VNCT. The scores of VNCT images were all higher than 2, there was no significant statistic difference between the score of two doctors, and the image quality of VNCT images met the requirement of diagnosis. The average dose length product (DLP) of conventional non-enhanced CT, arterial and venous phase CECT were (283.8750±57.1195), (289.3750±53.1543) and (301.2917±55.3346) mGy·cm respectively, with no statistic difference ( $F=0.615, P=0.544$ ). **Conclusion:** Dual energy CT virtual non-enhanced images may replace true non-enhanced images in CT enterography and then can reduce radiation dose of examination.

**【Key words】** Small intestinal diseases; Tomography, X-ray computed; Dual-energy CT; Enterography; Virtual non-enhanced scan

自上世纪 70 年代出现双能量 CT 技术以来,随着硬件及软件的不断发展,近十年来双能量技术已在临床上广泛应用。虚拟平扫是双能量技术的诸多临床应用之一,通过对增强扫描图像进行重建获得类似于 CT 平扫的图像。虚拟平扫技术的应用可以减少患者

因进行 CT 平扫检查而接受的辐射剂量。已有较多临床研究肯定了双能量 CT 虚拟平扫技术在上腹部实质性器官、泌尿系统和肺等器官中的应用价值<sup>[1-2]</sup>,但对于其在空腔脏器中成像质量的评估尚未见报道。本研究中对 44 例患者行双源 CT 小肠造影检查双能量虚拟平扫,将其图像质量与常规 CT 平扫进行对比,旨在探讨这项技术应用于小肠成像的临床可行性。

作者单位: 310016 杭州,浙江大学医学院附属邵逸夫医院放射科  
作者简介: 邓丽萍(1968-),女,湖南衡阳人,主任医师,主要从事腹部影像学诊断工作。

通讯作者: 史晓喆, E-mail: ritasxz@163.com

基金项目: 浙江省科技计划项目(2011C37015)

## 材料与方法

### 1. 一般资料

自 2013 年 1 月—2013 年 4 月对 44 例患者拟行双源 CT 小肠造影检查的患者进行了常规 CT 平扫及双能量 CT 增强扫描, 5 例患者因 CT 平扫层厚为 7mm 而被剔除, 共 39 例患者纳入本研究。其中男 13 例, 女 26 例, 年龄 118~87 岁, 平均(48.0±17.6)岁。

### 2. 扫描前准备和成像参数

所有患者检查前禁食至少 6 h, 检查前 45 min 开始口服肠道阴性对比剂(2.5%甘露醇溶液)1500 mL, 在 45 min 时间内匀速口服。对于无禁忌证的患者在开始检查前静脉注射山莨菪碱 20 mg。使用 Siemens Somatom FLASH 双源 CT 机。扫描范围自膈顶至耻骨联合水平, 检查序列包括常规 CT 平扫, 动、静脉期对比增强双能量 CT 扫描。平扫参数: 开启实时动态曝光剂量调节 CARE Dose 4D, 120 kV, 210 mAs, 螺距 0.6, 0.5 s/r, 准直宽度 128 i×0.6 mm, 重建层厚和间距 1 mm。平扫完成后, 通过患者肘前静脉的留置针, 经高压注射器注入碘帕醇(370 mg I/mL)80 mL, 流率 3 mL/s, 再以相同流率注射 50 mL 生理盐水。采用对比剂示踪法(bolus tracking)确定动脉期扫描延迟时间, 在膈上层降主动脉内选择感兴趣区检测 CT 值, 当 ROI 内 CT 值达 100 HU 时, 延迟 7 秒, 自动触发扫描。动脉期扫描结束后延迟 35 s 进行静脉期扫描。双能量扫描参数: A、B 管球分别为 140 kVp、178 mAs 和 100 kVp、230 mAs, 开启 CARE Dose 4D, 0.5 r/s, 准直宽度 32 i×0.6 mm, 螺距 0.6, 视野 33 cm×33 cm。通过后处理计算合成 120 kV 图像, 重建层厚 1 mm, 重建间距 1 mm, 双能量图像构成比 0.5(来自 140 kVp 和 100 kVp 的数据比值各为 50%)。最终得到动、静脉期的 140、100 kVp 以及合成的 120 kV 图像, 共 6 组图像数据。

### 3. 双能量虚拟平扫图像的重建方法

分别将动、静脉期的 140 和 100 kVp 图像数据调入 Siemens Syngo MMWP VE36A 图像工作站, 使用“dual energy”软件, 选择“Liver VNC”程序进行处理。采用软件系统默认状态: 100 和 140 kVp 条件下标准脂肪组织对应的 CT 值分别为 -103 和 -87 HU, 标准软组织所对应的 CT 值分别为 57 和 55 HU, 选择“射束硬化校正”、“器官轮廓增强”和“分辨率增强”。通过调整 CT 与碘对比剂的融合比例, 将 CT 融合比调节至 100, 碘对比剂融合比调整为 0。经上述图像后处理, 分别得到动、静脉期的虚拟平扫图像并保存。分别将保存的动、静脉期虚拟平扫图像、常规平扫图像及静脉期双能量 120 kV 合成图像调入 3D 软件内, 经图像

重组获得层厚 5 mm、重建间隔 5 mm 的冠状面图像。将所有图像传入 PACS 系统, 用于影像诊断及图像质量分析。

### 4. 图像质量评估

由两位多年资影像科医师分别独立观察及比对图像。阅片顺序: 先观察虚拟平扫图像, 记录异常发现; 再逐层对比相同层面的静脉期虚拟平扫图像与常规平扫图像, 以常规平扫图像为标准, 评估静脉期虚拟平扫图像的质量。虚拟平扫图像质量评分标准: 4 分, 虚拟平扫图像上肠壁、肠系膜、血管及淋巴结等解剖细节清晰, 与常规平扫图像质量一样, 完全能满足诊断要求; 3 分, 虚拟平扫图像上的解剖细节较常规平扫稍模糊, 但完全能满足诊断要求; 2 分, 图像上的解剖结构和细节显示欠清晰, 基本能满足诊断要求; 1 分, 图像模糊, 不能满足诊断要求。

### 5. 辐射剂量的评估

记录每例患者在检查时由机器自动生成的容积 CT 剂量指数(CT dose index, CTDIvol)及剂量长度乘积(dose length product, DLP)。

### 6. 统计学处理

使用 SPSS 17.0 统计分析软件。两位医师对静脉期虚拟平扫图像质量评分的差异采用卡方检验(chi-test), 对常规平扫、动脉期和静脉期双能量扫描的 DLP, 使用单因素方差分析(One-ANOVA)进行多组均数间的比较。所有分析为双侧检验, 检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 结果

39 例中有病变者 25 例, 无明显异常者 14 例。25 例患者中 Crohn 病 18 例(1 例升结肠内有活动性出血点), 溃疡性结肠炎、直肠炎、空肠内小脂肪瘤(6 mm)、回盲部淋巴瘤、十二指肠内粪石(3.9 cm×2.5 cm)、胰腺炎导致小肠系膜的根部稍浑浊和肠系膜淋巴结增多且轻度肿大各 1 例。以常规平扫为标准, 两位医师均在虚拟平扫图像上标出了所有病变的位置, 虚拟平扫图像上显示的病变范围基本与常规平扫图像上一致(图 1~3); 但肠管内小的高密度内容物, 在虚拟平扫图像上的密度有所减低, 大小稍有减小。1 例患者的胃管在虚拟平扫图像上未能显示。两位医师对虚拟平扫图像质量的评分见表 1。所有图像的评分均为 4 分和 3 分, 无 2 分和 1 分者, 平均得分为(3.59±0.50)分。

表 1 两位医师对虚拟平扫图像质量的评分

评分医师	分值			
	4	3	2	1
甲	25	14	0	0
乙	19	19	0	0

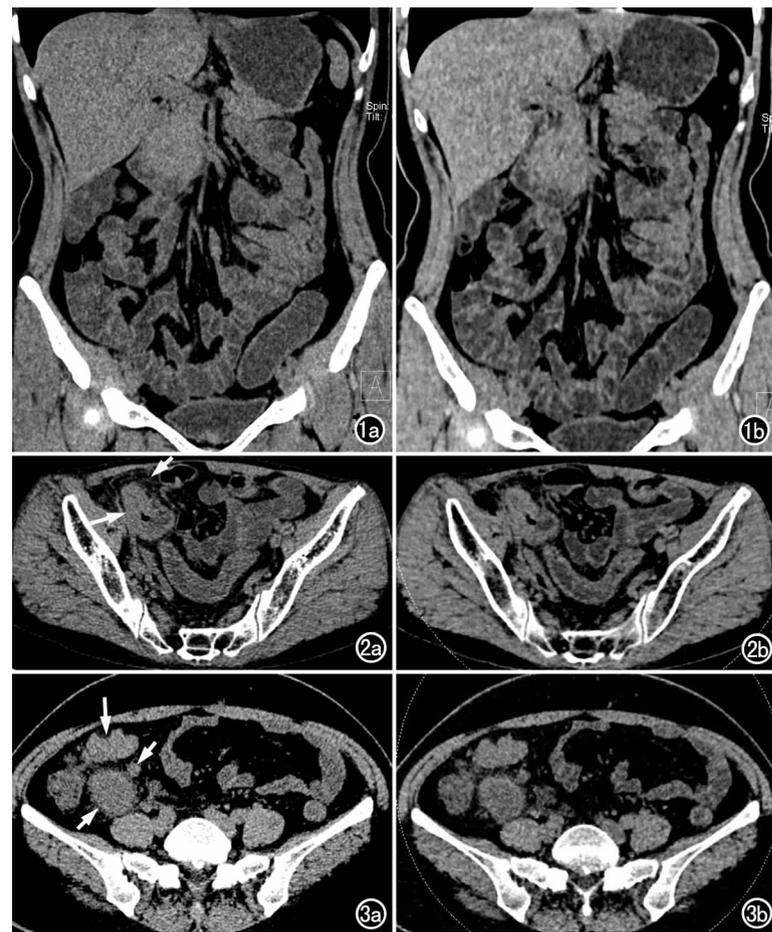


图 1 女, 39 岁, 浅表性胃炎患者, CT 小肠造影未见异常。a) 常规 CT 平扫冠状面重组图像, 肠管、肠壁、肠系膜及系膜血管的解剖细节显示清晰; b) 与图 a 相对应层面的增强扫描静脉期双能量虚拟平扫图像, 对肠道及系膜的解剖结构的显示效果与图 a 相似, 图像质量评分为 4 分。

图 2 女, 58 岁, Crohn 病。a) 常规 CT 平扫图像, 显示回肠末端节段性管壁增厚(长箭)伴邻近系膜内小血管增多(短箭); b) 图 a 对应层面的增强扫描静脉期双能量虚拟平扫图像, 显示相同位置及范围的肠管壁增厚, 但对邻近系膜内小血管的显示不及图 a 清晰, 图像质量评分为 3 分。

图 3 女, 46 岁, 回肠末端弥漫性大 B 细胞恶性淋巴瘤。a) 常规 CT 平扫图像, 显示回肠末端管壁增厚(长箭), 邻近系膜内可见肿大的淋巴结(短箭); b) 图 a 对应层面的增强扫描静脉期双能量虚拟平扫图像, 对病变肠管、肿大淋巴结及系膜浑浊等病变的显示与图 a 一致, 图像质量评分为 4 分。

常规平扫、双能量动脉期和静脉期增强扫描的 DLP 分别为  $(283.8750 \pm 57.1195)$ 、 $(289.3750 \pm 53.1543)$  和  $(301.2917 \pm 55.3346)$  mGy·cm, 三组间 DLP 的差异无统计学意义 ( $F=0.615$ ,  $P=0.544$ ,  $P>0.05$ )。

## 讨论

采用双源 CT 双能量虚拟平扫的目的就是通过对增强 CT 图像的重建获得类似平扫的图像, 以期减少一次平扫所造成的辐射剂量。本研究中 CT 平扫 DLP 为  $217 \sim 437$  mGy·cm, 平均  $(284 \pm 57)$  mGy·cm。有

效剂量为 DLP 与换算因子 C 的乘积, 本研究中 C 采用欧洲 CT 质量标准指南提出的腹部取值为 0.015, 经换算获得 CT 平扫的平均有效剂量为 4.26 mSv。CT 检查已经成为目前最主要的医疗辐射来源, 放射检查的风险近年来备受关注。在接受 CT 小肠造影的患者中以 Crohn 病最常见, 本组 39 例中 Crohn 病患者达 18 例 (占 46%), 几乎是一半的患者。而且, Crohn 病主要发生于年轻患者, 而且病情反复时间长, 患者常常需多次接受影像检查, 接受的辐射剂量问题不容忽视。采用直接增强扫描的方法可减少辐射剂量, 但仅有增强扫描图像、无平扫图像的对比时, 通常难以鉴别腹腔内高密度是对比剂外渗还是肠道的高密度内容物等, 不利于对消化道出血等疾病进行正确诊断。

本研究在进行实验设计时, 希望能同时对动、静脉期的虚拟平扫图像质量进行比较, 所以每例患者均行动、静脉期的双能量 CT 扫描并分别进行图像重建。据文献报道, 动脉期虚拟平扫图像的质量要好于静脉期<sup>[3]</sup>, 笔者认为可能的原因还是与虚拟平扫图像重建的原理有关<sup>[4]</sup>: 动脉期图像上对比剂主要集中在动脉血管中, 脏器组织毛细血管中对比剂的含量少, 因此所得到的虚拟平扫图像脏器和组织的自然对比更接近于常规 CT 平扫图像。但由于 CT 小肠造影检查的患者中, Crohn 病占了很大一部分, 有专家认为对于 Crohn 病的患者, CT 小肠造影可不需要进行动脉期扫描<sup>[5]</sup>。故本研究中仅选择了静脉期的虚拟平扫图像进行图像质量评估。如果静脉期虚拟平扫图像的质量能满足诊断要求、可以取代传统平扫, 那么 Crohn 病患者 CT 小肠造影时只需进行静脉期双能量扫描即可。

对于虚拟平扫图像质量的评估, 由于是空腔脏器, 本研究中没有选择 CT 值来进行评估, 而是选择了以常规平扫图像为标准, 对常规平扫和虚拟平扫相同层面的图像进行逐层一一对比评分的方法。在高级和中级医师中各选择了一位, 其目的亦是分析了不同年资医师对虚拟平扫图像上病变的诊断准确性是否有差异。评估结果显示, 两位医师均在虚拟平扫图像上标出了所有病变的位置, 虚拟平扫图像显示的病变范围基本与常规平扫图像一致。对于图像质量的评估, 两位医师的评分结果都为 4 分和 3 分, 无 2 分和 1 分, 虚拟图像完全能满足诊断。但两位医师认为, 虚拟平扫图像上组织器官的边缘较常规平扫图像上稍欠锐

利,但通过在 PACS 上调节图像的窗宽和窗位可以弥补,不会影响对病变的显示。值得注意的是,虚拟平扫图像对肠道内较小的高密度物体的显示能力不及常规平扫,这与文献报道的结果一致<sup>[6]</sup>。这是否会影响对肠道隐性活动性出血与钙化的误判,还需要后续进一步研究。本组中 1 例患者术中发现升结肠内约 3 mm 的活动性出血点,在 CT 虚拟平扫图像上,通过对动脉期及静脉期图像的动态对比观察,发现对比剂外渗逐渐增多的表现,明确了活动性出血的诊断。虽然对于肠管内小的高密度内容物,虚拟平扫图像在显示病灶的密度和大小方面不及常规平扫,但在诊断时结合增强图像,完全能准确分析和诊断小肠病变。综上所述,本研究通过对 39 例患者的小肠双能量虚拟平扫图像进行分析和评估,初步显示了虚拟平扫结合增强扫描图像能准确诊断小肠病变,基本可以取代 CT 小肠造

影中的常规平扫,从而降低患者接受的辐射剂量。

#### 参考文献:

- [1] 钱玉娥,胡红杰,张峭巍,等. 新双源 CT 虚拟平扫技术在肝脏检查中的应用[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(2): 120-123.
- [2] 郭兴,丁伟,秦慧娟. 双能 CT 虚拟平扫鉴别良恶性孤立肺结节的临床应用价值[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(9): 846-849.
- [3] 彭晋,张龙江,周长圣,等. 对比剂注射流率对双源 CT 上腹部虚拟平扫图像质量的影响[J]. 放射学实践, 2010, 25(2): 215-218.
- [4] 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.
- [5] 章士正. 小肠影像检查的方法和应用选择[J]. 中华放射学杂志, 2012, 46(4): 298-299.
- [6] Im AL, Lee YH, Bang DHE, et al. Dual energy CT in patients with acute abdomen; is it possible for virtual non-enhanced images to replace true non-enhanced images[J]. Merg Radiol, 2013, 20(6): 475-483.

(收稿日期:2014-06-01 修回日期:2014-08-23)

## 疾病治疗后影像学丛书

总主编: 孟俊非



人民军医出版社  
PEOPLE'S MILITARY MEDICAL PRESS

国内第一套着眼于疾病治疗后和随访的影像学著作,由中山大学第一附属医院孟俊非等多位教授主编,对各种疾病的治疗原则、治疗后发生的病理生理变化、治疗后影像学表现进行了详细阐述,重点介绍了如何判断各种疾病的治愈、好转、稳定、进展、恶化、转移及各种并发症的影像学表现。

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 《中枢神经系统疾病治疗后影像学》 | 主编: 罗柏宁 江利 方燕南 |
| 《头颈部疾病治疗后影像学》    | 主编: 杨智云        |
| 《心胸疾病治疗后影像学》     | 主编: 李向民 周旭辉    |
| 《腹部疾病治疗后影像学》     | 主编: 郑可国 沈冰奇    |
| 《泌尿生殖系统疾病治疗后影像学》 | 主编: 郭燕 刘明娟 张小玲 |
| 《骨肌系统疾病治疗后影像学》   | 主编: 张朝晖 高振华    |



各地新华书店、专业书店、当当、卓越、京东、淘宝网“人民军医出版社旗舰店”等网上书店有售。为方便读者购买,出版社可以邮购,邮购联系人:林露,电话:010-51927252。编辑咨询联系人:高爱英,电话:010-51927300转8172。地址:北京市复兴路22号75号楼 邮编:100842 <http://www.pmp.com.cn>