

· 论著 ·

低辐射剂量结合低对比剂用量在肝脏占位CT扫描中的应用研究

陈雯雯, 巢 华, 肖铁臣, 景 晶, 张 进
常州市第四人民医院CT室, 江苏常州 213001

【摘要】 目的: 探讨三维自适应迭代剂量降低(adaptive iterative dose reduction 3D, AIDR 3D)迭代重建技术结合低对比剂用量在肝脏病灶扫描中的应用。方法: 前瞻性地将60例肝脏占位患者随机分为两组, 每组30例, A组(常规组)采用滤过反投影(filtered back projection, FBP)重建+常规对比剂用量(1.5 mL/kg), B组(双低剂量组)采用AIDR 3D重建+低对比剂用量(1.0 mL/kg)。对两组图像主观噪声、总体质量及是否达到诊断要求, 按1~5分(1分最差, 5分最优)予以评分。定量计算两组图像的有效辐射剂量、图像噪声、信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)、对比度噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)。计量资料采用完全随机设计的独立样本t检验及秩和检验, 计数资料采用完全随机设计的非参数检验(Mann-Whitney test)。结果: B组有效剂量较A组降低约32.1%; 主观评估中, B组图像质量评分与A组相似, 差异无统计学意义($P>0.05$); 客观评估中, B组图像噪声低于A组, CNR与SNR高于A组($P<0.05$)。结论: 低对比剂剂量结合AIDR 3D重建技术, 在降低CT辐射剂量及减少造影剂用量的条件下, 仍可得到符合诊断标准的图像。

【关键词】 对比剂; 计算机断层扫描; 辐射剂量; 图像质量

中图分类号: R445.3 文献标志码: A 文章编号: 1008-617X(2017)03-0231-05

Application of low radiation dose in combination with low dose contrast medium in CT scans of hepatic lesions

CHEN Wenwen, CHAO Hua, XIAO Tiechen, JING Jing, ZHANG Jin (Department of CT Room, Changzhou Fourth People's Hospital, Changzhou 213001, Jiangsu Province, China)

Correspondence to: ZHANG Jin E-mail: ZJZJ125@163.com

【Abstract】 **Objective:** To investigate the image quality and radiation dose of adaptive iterative dose reduction 3D (AIDR 3D) iterative reconstruction technique and low dose contrast medium in enhanced CT scans of focal liver lesions. **Methods:** A total of 60 patients underwent hepatic enhanced CT scans were randomly divided into two groups. Group A adopted filtered back projection (FBP) reconstruction and conventional dose contrast medium (1.5 mL/kg), and group B adopted AIDR 3D reconstruction and low dose contrast medium (1.0 mL/kg). Qualitative ranking of noise, image quality and whether meet the requirements of diagnosis were graded [a scale of 1-5 (1 worse, 5 (best))]. The radiation dose, imaging noise, signal-to-noise ratio (SNR), contrast-to-noise ratio (CNR) were quantitatively measured. **Results:** The effective dose (ED) in group B decreased 32.1% compared to group A. In group B, the score of image quality was similar to group A ($P>0.05$), the image noise was lower, CNR and SNR were higher compared with group A ($P<0.05$). **Conclusion:** Low dose contrast medium combined with AIDR 3D reconstruction technology can be used for CT scans of the hepatic lesions.

【Key words】 Contrast medium; Computed tomography; Radiation dose; Image quality

近年来, 随着CT诊断技术飞速发展, 设备不断更新, 有关低辐射剂量的研究手段越发多样, 很多方法旨在探讨在保证影像质量、达到诊断目的基础上采用相对低剂量。在用于肝脏内病灶检出和定性的CT增强检查中, 造影剂(碘剂)的使用会对受检者的肾功能产生一定损伤, 这一损伤与造影剂的剂量、化学结构和理化性质密切相关^[1-4]。本研究拟前瞻性探讨三维自适

应迭代剂量降低(adaptive iterative dose reduction 3D, AIDR 3D)迭代重建技术结合低对比剂用量在肝脏病灶扫描中降低辐射剂量、降低对比剂剂量的可行性。

1 资料和方法

1.1 患者资料

收集常州市第四人民医院2016年5月—2016

年7月临床拟诊肝脏占位或占位复查的患者60例。男性36例、女性24例；年龄38~92岁，中位年龄62岁。将60例患者随机分为两组，每组30例。实验经医院伦理委员会批准并在其监督下进行。所有患者均签署知情同意书。

1.2 仪器、扫描方法及分组

1.2.1 仪器及扫描方法

使用TOSHIBA公司Aquilion PRIME能谱CT。患者取仰卧位，足先进，扫描范围自肝顶至双肾下缘。增强扫描采用Medrad Stellant双筒高压注射器，以3.5 mL/s的流率经肘前静脉注入非离子等渗对比剂威氏派克(含320 mg I/mL)，对比剂注射结束后以相同注射流率追加注射30 mL生理盐水。腹主动脉CT值达180 HU后延时5 s开始动脉期扫描，动脉期结束后延时30 s开始门脉期扫描，平扫与增强扫描条件相同。

1.2.2 参数

管电压120 kV，自动管电流调节(sure exposure 3D，最大管电流400 mA，最小管电流40 mA)，X线管旋转速度0.75 s/圈，矩阵512×512，准直器40 mm×1.0 mm，重组层厚5 mm，层间距5 mm，以上参数两组一致。噪声指数(noise index, NI)在常规剂量组中为7.5，低剂量组中为9^[5]。

1.2.3 分组

根据重建算法及对比剂剂量，将患者分为常规组(A组)和双低剂量组(B组)。A组行滤过反投影(filtered back projection, FBP)+常规对比剂用量(1.5 mL/kg)扫描，NI=7.5；B组行AIDR 3D+低剂量对比剂用量(1.0 mL/kg)扫描，NI=9.0(表1)。

表1 扫描参数及重建方法

	常规组(A组)	双低剂量组(B组)
准直器	40 mm×1.0 mm	40 mm×1.0 mm
管电压	120 kV	120 kV
管电流	sure explorer 3D	sure explorer 3D
层厚/层间隔	5 mm/5 mm	5 mm/5 mm
噪声指数	7.5	9.0
重建算法	FBP	AIDR 3D
对比剂	320	320
对比剂剂量	1.5 mL/kg	1.0 mL/kg
对比剂注射速率	3.5 mL/s	3.5 mL/s

sure explorer 3D: 三维智能剂量控制

1.3 图像后处理

A组门静脉期扫描采用FBP重建算法生成图像，B组采用AIDR 3D重建算法生成图像。

1.4 图像质量评价

(1)主观评价：由2名具有10年以上腹部阅片经验的诊断医师采用双盲法，分别对两组图像进行独立评价，统一图像的窗宽和窗位。图像质量评分标准参考Schonfeld等^[6]的5级评分法。5分：图像非常好，噪声控制好，无伪影，达到用于临床诊断的标准；4分：图像好，噪声和伪影少，达到用于临床诊断的标准；3分：图像一般，有一些噪声和(或)伪影，不影响诊断；2分：图像较差，有严重噪声和(或)伪影，影响诊断；1分：检查失败，图像噪声和(或)伪影太大，无法诊断。阅片者意见不统一时，经第3名专家进行评分后采用多数者评分值。

(2)客观评价：由1名具有5年以上腹部CT阅片经验的影像诊断医师采用双盲法，定量测量两组图像肝实质、右侧竖脊肌、前腹壁皮下脂肪中央均匀区域的CT均值及其标准差^[7]，测量时尽量避开大血管和硬化伪影明显的区域。感兴趣区(region of interest, ROI)面积为(100.00±6.8) mm²。每个ROI测3次，取均值。以肝实质CT值的标准差(SD)作为图像噪声。图像的对比度噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)运用公式 $CNR=(ROI_{\text{肝实质}}-ROI_{\text{肌肉}})/SD_{\text{背景}}$ ^[8]计算。其中ROI_{肝实质}为肝实质Ct值均值；ROI_{肌肉}为右侧竖脊肌CT值均值；SD_{背景}为前腹壁皮下脂肪SD平均值。图像的信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)运用公式 $SNR=ROI_{\text{肝实质}}/SD_{\text{肝实质}}$ 计算。

1.5 扫描剂量

采用容积CT剂量指数(CT dose index volume, CTDIvol)，CT剂量长度乘积(dose length product, DLP)及有效辐射剂量(effective dose, ED)评价患者的辐射剂量。记录扫描过程中CTDIvol及DLP值。采用公式： $ED=DLP\times k$ ，计算患者有效辐射剂量，其中 $k=0.015\text{ mSv}/(\text{mGy}\cdot\text{cm})$ ^[9]。

1.6 统计学处理

应用SPSS 17.0软件进行统计分析。所得计

量资料均采用均数 ± 标准差表示,符合正态分布者采用完全随机设计的独立样本*t*检验,不符合正态分布者采用秩和检验。计数资料(各组间主观评分)采用完全随机设计的非参数检验(Mann-Whitney test)。*P*<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般资料

60例受检者均顺利通过检查,无不良反应发生。两组受检者一般资料差异均无统计学意义(*P*>0.05)。

2.2 辐射剂量评价

B组患者的CTDIvol、DLP、ED均明显低于A组,差异有显著统计学意义(*P*<0.01)。B组患者的ED较A组降低约32.1%(表2)。

2.3 图像质量主观评价

B组的图像质量评分与A组相似,无统计学差异(*P*>0.05)(表3、图1、图2)。

2.4 图像质量客观评价

B组的肝实质图像噪声低于A组,差异有统计学意义(*P*<0.05);B组肝实质CNR与肝实质SNR高于A组,差异有统计学意义(*P*<0.05)(表4)。

表 2 两组CTDIvol、DLP和ED比较

	A	B	F值	P值
CTDIvol (mGy)	10.27±2.96	6.57±2.40	1.665	0.000
DLP (mGy×cm)	251.17±72.57	170.98±71.10	0.000	0.000
ED (mSv)	3.77±1.09	2.56±1.07	0.000	0.000

注:CTDIvol:容积CT剂量指数;DLP:剂量长度乘积;ED:有效剂量

表 3 两组图像主观评分比较

各等级分数例数(分值1/2/3/4/5)			Z值	P值
	A	B		
图像总体质量	0/0/24/6/0	0/1/25/4/0	-0.925	0.355

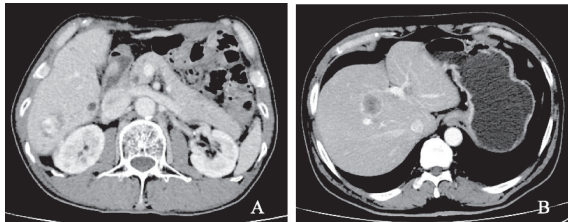


图 1 A组肝血管瘤与肝转移瘤影像表现

A: 为肝血管瘤, A组常规剂量门脉期图像, 管电压120kV, 自动管电流, NI=7.5, FBP重建, 对比剂剂量1.5 mL/kg, ED=2.08 msV; B为肝转移瘤, A组常规剂量门脉期图像管电压120 kV, 自动管电流, NI=7.5, FBP重建, 对比剂剂量1.5 mL/kg, ED=5.31 msV

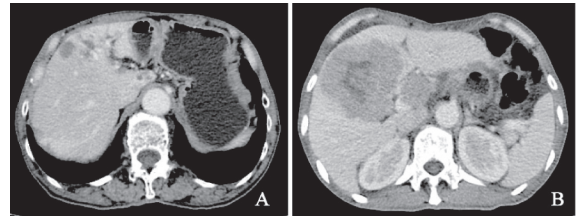


图 2 B组肝血管瘤与肝转移瘤影像表现

A: 为肝血管瘤, B组双低剂量门脉期图像, 管电压120 kV, 自动管电流, NI=9, AIDR-3D重建, 对比剂剂量1.0 mL/kg, ED=1.36 msV; B: 为肝转移瘤, B组双低剂量门脉期图像, 管电压120 kV, 自动管电流, NI=9, AIDR-3D重建, 对比剂剂量1.0 mL/kg, ED=1.29 msV

表 4 两组图像噪声、CNR、SNR比较

	A	B	F	P
噪声(Hu)	10.45±1.41	9.48±1.31	0.429	0.007
CNR	4.24±1.98	5.87±2.08	0.063	0.003
SNR	9.46±1.72	11.33±1.64	0.016	0.000

3 讨论

联合国原子辐射效应科学委员会在其报告

中指出, CT年检查辐射剂量占有放射学检查的34%或更高, 大大增加了罹患放射相关疾病的风险。有研究表明, 1.5%~2.0%的肿瘤可能因CT产生的高放射剂量而引起^[10]。此外, 腹

部器官之间密度差异较小,组织对比不明显,常规扫描需较大辐射剂量才能满足临床诊断的需要。因此,在保证图像质量的前提下尽量降低患者辐射剂量,具有重要临床意义。由于受到FBP重建方法的局限性的影响,进一步降低扫描剂量将明显增加图像噪声,从而降低图像质量^[11-13]。迭代重组算法通过对低剂量扫描的原始数据进行重组,弥补了噪声升高导致的图像质量下降,在降低辐射剂量的同时可保证图像质量^[14-15]。本研究显示,应用AIDR 3D迭代重建技术的双低剂量组(B组)CTDIvol、DLP、ED均明显低于常规组(A组),有效剂量降低约32.1%,与Gervaise等^[7]、张进等^[16]研究相仿。

造影剂总量是造影剂肾病的基础高危因素之一。目前,CT使用的碘造影剂用量一般需根据患者体重计算(1.5~2.0 mL/kg),约90%经肾脏排泄,从而加重了肾脏负担。较大剂量的造影剂增加了造影剂肾病的发生概率,当造影剂总量<100 mL时,造影剂肾病的发生率显著降低^[17]。国内有研究表明^[18],在肝脏CT增强扫描中采用1.0~1.1 mL/kg体重对比剂剂量可达到诊断目的,本研究依此标准定量双低剂量组(B组)对比剂的剂量。

在图像质量主观评价中,B组图像质量评分类似于A组,噪声和伪影较少,病灶显示清晰,可达到用于临床诊断的标准。B组中1例图像评分为2分,图像较差,噪声较多,影响诊断,结合患者一般资料(男性,身高170 cm,体重50 kg),注射对比剂剂量50 mL,考虑此例患者图像噪声较高与其体质指数(body mass index, BMI)偏低、辐射剂量及对比剂剂量偏少有关。由于AIDR 3D具有“自适应”的功能,可通过将迭代结果与上一次处理进行比对,空间分辨率下降时停止迭代,还原上一次结果,从而使此例患者图像仍可符合诊断的要求。同时也提示应探索最低对比剂剂量标准,避免因体重及BMI过低导致图像质量降低而影响诊断。图像质量客观评价中,B组噪声低于A组,CNR及SNR高于A组,与徐姝等^[8]、Gervaise等^[7]、Hara等^[19]、Prakash等^[20]、陈疆红^[21]及张进等^[16]研究一致。AIDR 3D可前瞻性地整合到

扫描计划中,在图像数据空间和投影数据空间均进行迭代,在不降低空间分辨率和密度分辨率的情况下去除噪声,避免因降噪而使图像模糊;且其重建速度快,可满足临床对扫描速度的需求。

综上所述,低对比剂剂量结合AIDR 3D重建技术可用于肝脏病变扫描,降低CT辐射剂量,减少对比剂用量。

本研究存在一定的局限性:①样本量偏少;②最低对比剂剂量标准仍需探索;③减少对比剂剂量对肾功能的影响有待进一步研究。

参考文献

- [1] METTLER F A JR, THOMADSEN B R, BHARGAVAN M, et al. Medical radiation exposure in the U.S. in 2006: preliminary Results [J]. Health Phys, 2008, 95(5): 502-507.
- [2] VALENTIN J. International Commission on Radiation Protection. Managing patient dose in multidetector computed tomography (MDCT): ICRP Publication 102 [J]. Ann ICRP, 2007, 37(1): 1-79.
- [3] MCCOLLOUGH C H, BRUESEWITZ M R, KOFLER J M JR. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options [J]. Radiographics, 2006, 26(2): 503-512.
- [4] KALRA M K, MAHER M, TOTH T L, et al. Radiation from “extra” images acquired with abdominal and/or pelvic CT: effect of automatic tube current modulation [J]. Radiology, 2004, 232(2): 409-414.
- [5] NYMAN U, AHL T L, KRISTIANSSON M, et al. Patient-circumference-adapted dose regulation in body computed tomography: a practical and flexible formula [J]. Acta Radiol, 2005, 46(4): 396-406.
- [6] SCHONFELD S J, LEE C, BERRINGTON DE GONZALEZ A. Medical exposure to radiation and thyroid cancer [J]. Clin Oncol, 2011, 23(4): 244-250.
- [7] GERVAISE A, OSEMONT B, LOUIS M, et al. Standard dose versus low-dose abdominal and pelvic CT: Comparison between filtered back projection versus adaptive iterative dose reduction 3D [J]. Diagn Interv Imaging, 2014, 95(1): 47-53.
- [8] 徐姝,侯阳,郭启勇.应用迭代重建技术的低剂量增强CT评估肝脏肿瘤的可行性 [J].中国医学影像技术, 2011, 27(8): 1633-1636.
- [9] MARIN D, NELSON R C, SCHINDERA S T, et al. Low-tube-voltage, high-tube-current multidetector

- abdominal CT: improved image quality and decreased radiation dose with adaptive statistical iterative reconstruction algorithm—initial clinical experience [J]. *Radiology*, 2010, 254(1): 145–153.
- [10] BRENNER D J, HALL E J. Computed tomography: an increasing source of radiation exposure [J]. *N Engl J Med*, 2007, 35(7): 2277–2284.
- [11] KATSURA M, MATSUDA I, AKAHANE M, et al. Model-based iterative reconstruction technique for radiation dose reduction in chest CT: comparison with the adaptive statistical iterative reconstruction technique [J]. *Eur Radiol*, 2012, 22(8): 1613–1623.
- [12] SCHINDERA S T, NELSON R C, YOSHIKUMI T, et al. Effect of automatic tube current modulation on radiation dose and image quality for low tube voltage multidetector row CT angiography: phantom study [J]. *Acad Radiol*, 2009, 16(8): 997–1002.
- [13] REID J, GAMBERONI J, DONG F, et al. Optimization of Kvp and mAs for pediatric low-dose simulated abdominal CT: is it best to base parameter selection on object circumference? [J]. *AJR*, 2010, 195(4): 1015–1020.
- [14] NAKAURA T, NAKAMURA S, MARUYAMA N, et al. Low contrast agent and radiation dose protocol for hepatic dynamic CT of thin adults at 256-detector row CT: effect of low tube voltage and hybrid iterative reconstruction algorithm on image quality [J]. *Radiology*, 2012, 264(2): 445–454.
- [15] SINGH S, KALRA M K, HSIEH J, et al. Abdominal CT: comparison of adaptive statistical iterative and filtered back projection reconstruction techniques [J]. *Radiology*, 2010, 257(2): 373–383.
- [16] 张进, 陈雯雯, 肖铁臣, 等. 基于迭代重建技术的低辐射剂量和低对比剂剂量在肝脏增强CT中的应用研究 [J]. *临床放射学杂志*, 2015, 34(6): 992–996.
- [17] 舒小钢, 查云飞. 低剂量对比剂CTU的可行性研究 [J]. *临床放射学杂志*, 2012, 31(4): 567–570.
- [18] HARA A K, PADEN R G, SILVA A C, et al. Iterative reconstruction technique for reducing body radiation dose at CT: feasibility study [J]. *AJR*, 2009, 193(3): 764–771.
- [19] PRAKASH P, KALRA M K, KAMBADAKONE A K, et al. Reducing abdominal CT radiation dose with adaptive statistical iterative reconstruction technique [J]. *Invest Radiol*, 2010, 45(4): 202–210.
- [20] 陈疆红, 贺文, 赵丽琴, 等. 适应性统计迭代重建技术减低胸部剂量CT图像噪声的效果 [J]. *中国医学影像技术*, 2011, 27(12): 2398–2402.

(收稿日期: 2016-08-18 修回日期: 2016-09-20)