

· 论著 ·

AIDR 3D联合低管电压低对比剂用量在上腹部CT扫描中的应用研究

肖铁臣, 陈雯雯, 张进, 钱璐瑶, 景晶
常州市第四人民医院CT室, 江苏常州 213000

【摘要】 目的: 探讨三维自适应迭代剂量降低(adaptive iterative dose reduction 3D, AIDR 3D)联合低管电压、低对比剂用量在上腹部CT扫描中的可行性。方法: 将60例患者随机分为常规组和低剂量组两组(每组30例)。常规组管电压120 kV, 滤波反投影法(filtered back projection, FBP)重建, 对比剂用量1.5 mL/kg; 低剂量组管电压100 kV, AIDR 3D重建, 对比剂用量1.0 mL/kg。测量两组图像肝实质、主动脉、右侧竖脊肌、前腹壁皮下脂肪的CT值及标准差, 计算主动脉和肝实质的对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)、信噪比(signal-to-noise ratio, SNR), 记录容积CT剂量指数(volume CT dose index, CTDI_{vol})及剂量长度乘积(dose length product, DLP), 计算辐射有效辐射剂量(effective dose, ED), 并对图像质量进行主观评分。结果: 两组图像之间主动脉和肝实质CT值、CNR, SNR, 图像噪声差异均无统计学意义($P>0.05$); 两组图像主观评价差异无统计学意义($P>0.05$); 低剂量组CTDI_{vol}及ED均低于常规组, 差异有统计学意义($P<0.05$)。结论: 在上腹部CT检查中, AIDR 3D技术联合低管电压(100 kV)、低对比剂用量可在降低辐射剂量和对比剂用量的同时获得满足诊断要求的图像。

【关键词】 计算机断层扫描; 管电压; 辐射剂量; 对比剂; 图像质量

中图分类号: R445.3 文献标志码: A 文章编号: 1008-617X(2016)04-0331-05

An application research on AIDR 3D combined with low tube voltage and low contrast agent dose in enhanced CT scan of upper abdomen XIAO Tiechen, CHEN Wenwen, ZHANG Jin, QIAN Luyao, JIN Jing (Department of Radiology, Changzhou Fourth People's Hospital, Changzhou 213000, Jiangsu Province, China)

Correspondence to: ZHANG Jin E-mail: zjzj125@163.com

【Abstract】 **Objective:** To evaluate the feasibility of adaptive iterative dose reduction 3D (AIDR 3D) combined with low tube voltage and low contrast agent in CT scan of the upper abdomen. **Methods:** A total of 60 patients were randomly divided into the conventional group [tube voltage 120 kV, filter back projection (FBP) reconstruction, contrast agent 1.5 mL/kg] and the low dose group (tube voltage 100 kV, AIDR 3D reconstruction, contrast agent 1.0 mL/kg). Each group had 30 cases. CT values of the liver, aorta, right erector spinae and abdominal subcutaneous fat were measured, and the contrast-to-noise ratio (CNR) of the aortic and liver and signal-to-noise ratio (SNR) were calculated. The volume CT dose index (CTDI_{vol}) and the dose length product (DLP) were recorded, and the effective radiation dose (ED) was calculated. Images were evaluated for rating. **Results:** The differences in CT values of the aorta and liver, CNR, SNR and image noise between the two groups were not statistically significant ($P>0.05$). There was no significant difference in subjective score between the two groups ($P>0.05$). The CTDI_{vol} and ED values in the low dose group were lower than those in the conventional group ($P<0.05$). **Conclusion:** AIDR 3D combined with low tube voltage (100 kV) and low contrast agent can not only reduce the radiation dose and contrast agent, but also obtain the images that meet the requirement of diagnosis in CT scan of the upper abdomen.

【Key words】 Computed tomography; Tube voltage; Radiation dose; Contrast agent; Image quality

随着上腹部CT增强检查在临床中应用越来越普遍, 其产生的X线辐射损伤越来越受到关注。国外有文献报道, 全世界CT检查只占放射性检查的7%, 但其产生的有效辐射剂量之和超过总量的40%^[1]。此外, 对比剂肾病(contrast-

induced nephropathy, CIN)已成为医院获得性急性肾损伤的第3位病因^[2], 其发生率随着对比剂用量的增加而升高^[3]。因此, 如何减少辐射剂量和对比剂用量成为亟需解决的问题。本研究拟探讨三维自适应迭代剂量降低(adaptive iterative

dose reduction 3D, AIDR 3D)联合低管电压、低对比剂用量在上腹部CT扫描中可行性。

1 资料和方法

1.1 一般资料

收集2016年4—7月于常州市第四人民医院拟行腹部CT增强检查的患者60例, 体质指数(body mass index, BMI) < 25 kg/m², 其中男性32例、女性28例, 平均年龄59.5岁。

1.2 设备和方法

采用TOSHIBA公司Aquilion Prime能谱CT进行检查。常规组: 管电压120 kV, 对比剂用量1.5 mL/kg, 滤波反投影法(filtered back projection, FBP)重建; 低剂量组: 管电压100 kV, 对比剂用量1.0 mL/kg, AIDR 3D重建。两组均采用自动曝光控制技术(SUREExposure 3D, 最大管电流400 mA, 最小管电流40 mA, SD 7.5)。扫描范围自肝顶至双肾下缘。准直器40 mm×1.0 mm, 矩阵512×512, 层厚5 mm, 层间距5 mm。采用高压注射器以3 mL/s速率经肘正中静脉注入对比剂碘克沙醇(320 mg I/mL), 低剂量组在对比剂注射结束后以相同速率继续注射生理盐水30 mL, 以冲洗注射管及外周静脉内对比剂进入动脉, 同时保持对比剂流率, 延长血管强化的平台期时间^[4], 且可充分水化, 减少对对比剂肾病的发生^[5]。在腹腔干层面腹主动脉勾画感兴趣区(region of interest, ROI), 触发阈值设为180 Hu, 动脉期扫描结束后延时30 s开始门静脉期扫描。

1.3 图像质量评价

1.3.1 图像质量客观评价

由1名具有5年以上阅片经验的影像科医师在门静脉期图像上测量两组图像相似位置ROI(肝实质、主动脉、竖脊肌、前腹壁皮下脂肪)的CT值均值及其标准差, 非血管组织测量时避开大血管及病变区域(图1)。每个ROI测3次, 取均值, ROI面积为(100.0±7.1) mm²。运用公式: 对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)_{肝脏}=(ROI_{肝脏}-ROI_{肌肉})/SD_{背景}^[6]及CNR_{腹主动脉}=(ROI_{腹主动脉}-ROI_{肌肉})/SD_{背景}, 计算肝脏及腹主动脉CNR。其中ROI_{肝脏}为肝实质CT值均值, ROI_{腹主动脉}为腹主动脉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CT值均值。以肝实质CT值标准差为图像噪声, 运用公式: 信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)=ROI_{肝脏}/SD_{肝脏}, 计算图像的SNR。

1.3.2 图像质量主观评价

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。参考相关文献^[6], 采用四分法对图像进行评价, 评价内容包括以下方面。①病灶边缘锐利度评分: 4分, 边缘清晰锐利; 3分, 边缘较锐利; 2分, 边缘模糊; 1分, 边缘显示不清或与伪影无法分辨。②图像主观噪声: 4分, 图像噪声小; 3分, 图像噪声较小; 2分, 图像噪声偏大; 1分, 图像噪声大。③诊断信心评分: 4分, 图像总体质量优秀, 有信心确定诊断; 3分, 图像总体质量较好, 有较高信心诊断; 2分, 图像总体质量较差, 影响诊断; 1分, 图像总体质量极差, 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。

1.4 辐射剂量

采用容积CT剂量指数(volume CT dose index, CTDI_{vol})及有效剂量(effective dose, ED)评价患者的辐射剂量。CTDI_{vol}与CT剂量长度乘积(dose length product, DLP)由机器扫描结束后自动计算生成。ED值计算采用公式: ED=DLP×k计算 [k=0.015 mSv/(mGy·cm)]^[7]。

1.5 统计学处理

采用SPSS 17.0软件进行统计分析。所得计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 表示, 符合正态分布者采用独立样本 t 检验, 不符合正态分布者采用秩和检验; 计数资料(主观评分)采用非参数检验(Mann-Whitney U test)。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 常规组与低剂量组一般资料比较

两组患者一般资料差异无统计学意义($P>0.05$)(表1)。

2.2 图像质量

两组图像的腹主动脉和肝实质CT值、CNR, SNR, 噪声比较均无统计学差异($P>0.05$)

(表2)。两组图像均具有较好的主观评价质量, 均能满足诊断要求(图2、3), 主观评分差异无统计学意义($P>0.05$)(表3)。

2.3 辐射剂量

低剂量组ED低于常规组, 差异有统计学意义($P<0.05$)(表2)。

表 1 两组患者年龄、BMI比较($\bar{x}\pm s$)

	常规组	低剂量组	F值	P值
年龄(岁)	63.30±12.41	55.77±13.18	0.209	0.649
BMI (kg/m ²)	22.01±2.44	22.59±2.55	0.235	0.630

表 2 两组图像CT值、CNR、SNR、噪声、CTDI_{vol}、ED比较($\bar{x}\pm s$)

分组	CT值(Hu)		CNR		SNR	噪声	CTDI _{vol} (mGy)	ED(mSv)
	腹主动脉	肝实质	腹主动脉	肝实质				
常规组	161.09 ± 19.09	104.48 ± 12.53	12.68 ± 3.53	5.75 ± 2.13	11.34 ± 1.62	9.31 ± 1.17	10.45 ± 3.09	3.92 ± 1.15
低剂量组	167.71 ± 24.58	109.51 ± 13.99	13.28 ± 4.93	6.01 ± 2.67	11.43 ± 2.21	9.78 ± 1.41	8.92 ± 2.65	3.28 ± 1.04
t值	-1.165	-1.469	-0.541	-0.424	-0.181	-1.405	2.058	2.254
P值	0.249	0.147	0.591	0.673	0.857	0.165	0.044	0.028

表 3 两组图像主观评分比较(n)

分组	病灶边缘锐利度评分				图像主观噪声评分				诊断信心评分			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
常规组	0	2	24	4	0	6	21	3	0	5	23	2
低剂量组	0	1	24	5	0	4	22	4	0	1	24	5
Z值			-0.777				-0.729				-1.923	
P值			0.437				0.466				0.055	

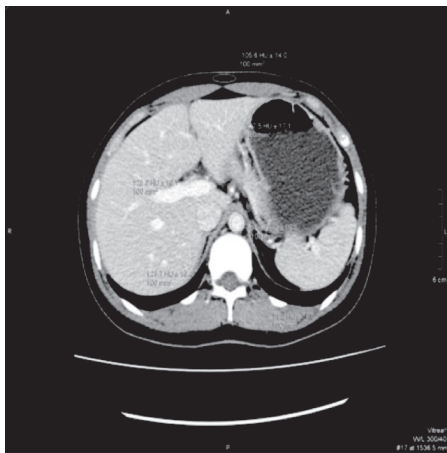


图 1 CT测量示意图

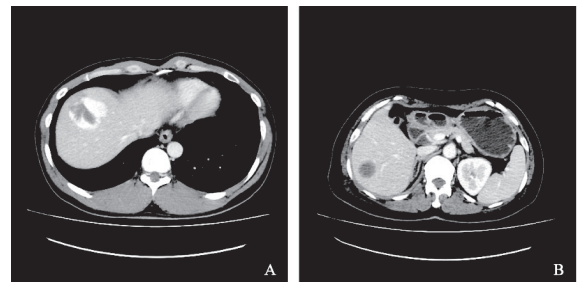


图 3 低剂量组图像

A: 肝血管瘤; B: 肝转移瘤。两组图像均能清楚显示病灶, 满足诊断要求

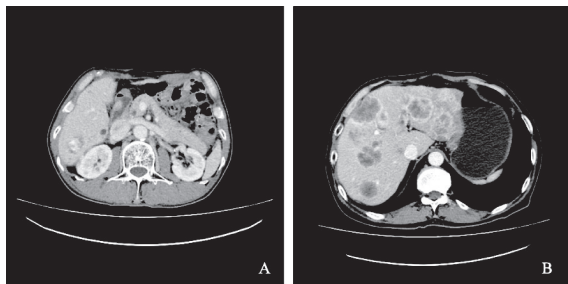


图 2 常规组图像

A: 肝血管瘤; B: 肝转移瘤

3 讨 论

目前, 腹部增强CT检查在临床中的应用越来越普遍。由于腹腔内有很多器官对射线敏感, 其辐射危害往往要高于其他部位, 尤其是上腹部多期动态增强CT扫描时, 患者同一部位需重复接受扫描, 器官辐射损伤更明显。因此, 遵循辐射防护最优化原则(as low as reasonable achievable, ALARA)^[8], 有效降低腹部CT检查的辐射剂量显得尤为重要。

最常用的降低辐射剂量方法是降低管电流、降低管电压等^[9-11]。低管电压(100或80 kV)的X线

能量接近碘原子的k层结合能(33 keV),可产生更强的光电效应,相应增加含碘对比剂的CT值,从而改善血管、实质器官及富血供病变的显示,降低患者受到的辐射剂量^[12]。因此,本研究低剂量组采用低管电压。同时,随着迭代重建算法技术的应用,可在低SNR背景下获得比FBP更好的图像质量,为在保证图像质量前提下进一步降低噪声提供了可能。本研究采用的AIDR 3D重建算法是东芝公司推出的最新迭代重建算法,其采用双空间迭代,即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,从而提高图像质量;且其具有“自适应”功能,通过将迭代结果与上一次处理结果进行对比,一旦发现因去除噪声过度而使得空间分辨率下降,即停止迭代,从而保证图像质量稳定。

相较于动脉期,门静脉期时腹主动脉和门静脉对比剂与血液混合更充分,密度更均匀,能更好地显示肝实质等组织结构,有利于测量处理,减少误差。因此,本研究均采用门静脉期图像进行图像质量指标的测量与评价。BMI与图像噪声呈线性相关^[13],世界卫生组织规定BMI正常范围为18.5~24.9。范维鹏等^[14]研究表明,在BMI>24 kg/m²时,随着管电压减低,图像噪声明显增加。因此,为保证图像质量,本研究仅对BMI<25 kg/m²的患者进行研究。

在图像质量客观评价方面,本研究两组图像的腹主动脉与肝实质的CT值差异无统计学意义,而低剂量组的对比剂用量比常规组降低30%左右,这也验证了低管电压可提高碘对比剂的CT值,与Schindera等^[15]的研究结果相符。两组图像之间图像噪声、CNR、SNR均无统计学意义,且两组图像主观评分无1分,均能满足诊断要求,两组间差异无统计学意义。结果充分显示了AIDR 3D算法的降噪能力,在降低扫描剂量的情况下依然能获得与常规剂量类似的图像质量。在辐射剂量方面,低剂量组辐射剂量低于常规组,降低16%左右,降低幅度不大。分析原因,当管电压降低时,图像噪声增加,自动曝光技术自动增加管电流以保证图像质量,而管电流增加引起辐射剂量增加,与低管电压降低辐射剂量部

分抵消。

本研究存在一定的局限性,样本量偏少,未纳入BMI≥25 kg/m²的患者,有待后续研究。辐射剂量降低较少,能否通过增加自动曝光技术的SD值来降低辐射剂量,尚需进一步探讨。

综上所述,在上腹部CT检查中,AIDR 3D技术联合低管电压(100 kV)、低对比剂用量,可在降低辐射剂量和对比剂用量的同时获得满足诊断要求的图像。

参考文献

- [1] METTLER F A JR, BHARGAVAN M, FAULKNER K, et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: Frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources—1950–2007 [J]. *Radiology*, 2009, 253(2): 520–531.
- [2] WU C T, SHEU M L, TSAI K S, et al. The role of endoplasmic reticulum stress-related unfolded protein response in the radiocontrast medium-induced renal tubular cell injury [J]. *Toxicol Sci*, 2010, 114(2): 295–301.
- [3] KANE G C, DOYLE B J, LERMAN A, et al. Ultra-low contrast volumes reduce rates of contrast-induced nephropathy in patients with chronic kidney disease undergoing coronary angiography [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2008, 51(1): 89–90.
- [4] 孙丛,柳澄,王道平,等.多层螺旋CT低剂量高浓度对比剂腹部血管成像应用研究 [J]. *放射学实践*, 2007, 22(3): 259–261.
- [5] 付传明,张海波,陈伦刚,等.减少对比剂量在CTPA中的可行性探讨 [J]. *CT理论与应用研究*, 2013, 22(1): 121–127.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] SLOVIS T L. The ALARA concept in pediatric CT: myth or reality? [J]. *Radiology*, 2002, 223(1): 5–6.
- [9] SANO T, MATSUTANI H, KONDO T, et al. Prospective electrocardiogram gated coronary 320-row area detector computed tomography angiography using low tube current scanning with full reconstruction [J].

- Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi, 2013, 69(3): 244-250.
- [10] 王瑞琼, 付侠, 邓建国, 等. 低kV管电流调制技术在正常体重指数者 CT 冠状动脉成像中的可行性研究 [J]. CT理论与应用研究, 2013, 22(4): 345-352.
- [11] 李航, 彭芸, 曾津津, 等. 联合低电压和自动管电流调节技术降低婴幼儿胸部增强CT扫描剂量 [J]. 中国医学影像技术, 2014, 30(5): 676-679.
- [12] 张龙江, 卢光明. CT血管成像静脉注射碘对比剂的原则和策略 [J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(6): 597-600.
- [13] 袁灼彬, 郑晓林, 邹玉坚, 等. 迭代重建技术在CT腹部低剂量扫描应用的可行性研究 [J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(2): 288-292.
- [14] 范维鹏, 李世维, 丁建, 等. CCTA检查中对比剂使用个性化方案的制定 [J]. 影像与介入, 2013, 3(12): 110-112.
- [15] SCHINDERA S T, DIEDRICHSEN L, MÜLLER H C, et al. Iterative reconstruction algorithm for abdominal multidetector CT at different tube voltages: assessment of diagnostic accuracy, image quality, and radiation dose in a phantom study [J]. Radiology, 2011, 260(2): 454-462.
- (收稿日期: 2016-08-18 修回日期: 2016-09-13)

《中国癌症杂志》2017年征订启事

《中国癌症杂志》是由国家教育部主管、复旦大学附属肿瘤医院主办的全国性肿瘤学术期刊, 读者对象为从事肿瘤基础、临床防治研究的中高级工作者。主要报道内容: 国内外研究前沿的快速报道、专家述评、肿瘤临床研究、基础研究、文献综述、学术讨论、临床病理讨论、病例报道、讲座和简讯等。《中国癌症杂志》已入选中文核心期刊、中国科技核心期刊及全国肿瘤类核心期刊, 并为中国科技论文统计源期刊, 先后被“中国期刊网”、“万方数据——数字化期刊群”和“解放军医学图书馆数据库(CMCC)”等收录。

《中国癌症杂志》为月刊, 大16开, 80页铜版纸(随文彩图), 每月30日出版, 单价15元, 全年180元。国际标准连续出版物号1007-3639, 国内统一连续出版物号CN 31-1727/R, 邮发代号4-575。

读者可在当地邮局订阅, 漏订者可直接向本刊编辑部订阅。

主 编: 沈镇宙

联系地址: 上海市东安路270号复旦大学附属肿瘤医院内
《中国癌症杂志》编辑部

邮 编: 200032

电 话: 021-64188274; 021-64175590 × 83574

网 址: www.china-oncology.com

电子邮件: zgazz@163.com

《中国癌症杂志》编辑部