

## 论 著

## 分段自动管电流调制技术在胸腹盆联合CT扫描中的应用

王宇鹏 袁颖 钟朝辉\*

吴柯薇 赵田瑞 关伟

首都医科大学附属北京友谊医院放射科  
(北京 100050)

**【摘要】目的** 探讨分段自动管电流调制技术在胸腹盆联合CT扫描中的应用。**方法** 选取60例我院行胸腹部联合CT扫描患者,随机分为A、B两组。预设A组图像质量指数(DoseRight Index)23, B组采用自动管电流调制技术,预设图像质量指数20,肝区质量指数(Liver DoesRight Index)设置为+3。分别记录两组患者的容积CT剂量指数(Volumetric CT Dose Index, CTDIvol)和剂量长度乘积(Dose-Length Product, DLP)。比较两组图像在气管分叉处主动脉和肝门水平肝脏均匀区域以及骶髂关节层面臀大肌区的客观噪声(SD)和信噪比(SNR),由2名具有十年以上放射科工作经验的医师采用双盲法对获得的图像进行评分。**结果** 在气管分叉层面两组图像SD值差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),在肝门层面和骶髂关节层面SD值及SNR差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。两组患者的DLP分别为 $1045.07 \pm 42.94$ 、 $738.87 \pm 39.53$ ,具有统计学差异( $P < 0.05$ )。主观评价无统计学差异。**结论** 胸腹盆部联合CT扫描应用分段自动管电流调制技术可以在保证图像质量的前提下,有效地降低辐射剂量。

**【关键词】** 自动管电流调制技术; 体层摄影术; X射线计算机; 辐射剂量

**【中图分类号】** R445.3

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.018

## Application of Segmented Automatic Tube Current Modulation Technology in combined Thoracoabdominal and Pelvic CT Scanning

WANG Yu-peng, YUAN Ying, ZHONG Zhao-hui\*, WU Ke-wei, ZHAO Tian-rui, GUAN Wei.

Department of Radiology, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China

## ABSTRACT

**Objective** To explore the application of segmented automatic tube current modulation technique in chest, abdomen and pelvis combined CT scanning. **Methods** 60 patients with chest and abdomen combined CT scan in our hospital were randomly divided into group A and Group B. The preset image quality Index of group A is 23, and the preset image quality Index of group B is 20 and Liver DoesRight Index is set to +3 using automatic tube current modulation technology. The Volumetric CT Dose Index (CTDIvol) and dose-length Product (DLP) of the two groups were recorded respectively. Objective noise (SD) and signal-to-noise ratio (SNR) were compared between the two groups of images in the uniform liver area at the level of the aorta and the hepatic portal at the level of the sacroiliac joint and in the gluteus maximus at the level of the sacroiliac joint, and the obtained images were scored by two physicians with more than ten years of radiology experience using a double-blind method. **Results** There were statistically significant differences in SD values between the two groups at the tracheal bifurcation level ( $P < 0.05$ ), there was no significant difference in SD value and SNR between hilar level and sacroiliac joint level ( $P > 0.05$ ). The DLP of the two groups were  $1045.07 \pm 42.94$  and  $738.87 \pm 39.53$ , respectively, with statistical difference ( $P < 0.05$ ). There was no statistical difference in subjective evaluation. **Conclusion** The application of segmental automatic tube current modulation technique in chest, abdomen and pelvis combined CT scan can effectively reduce the radiation dose while ensuring the image quality.

**Keywords:** Automatic Tube Current Modulation Technology; Tomography; X-ray Computer; Radiation

随着CT检查在临床中的广泛应用,由此所带来的辐射危害现已成为一个不可忽视的问题。有关研究显示在美国的偶然致癌事件中,接近2%是由于CT使用造成<sup>[1]</sup>。辐射安全人们广泛的关注,合理降低辐射剂量减少辐射损害已经成为目前CT检查中的研究热点<sup>[2]</sup>。近年来,自动管电流调制(automatic tube current modulation, ATCM)技术在CT检查中的辐射剂量优势得到临床研究证实<sup>[3]</sup>。分段ATCM技术是基于定位像不同组织对放射线衰减信息不同,确定各部位剂量权重指数(DoseRight Index),对管电流进行分段调节的扫描方式。此技术通过对管电流的分段调制实现对辐射剂量的降低。目前有关使用自动管电流调制(DoseRight)技术来降低受检者的辐射剂量用于儿童胸腹CT扫描、成人胸部及上气道扫描等报道<sup>[4-5]</sup>,但运用分段管电流调制技术报道较少。本研究主要探讨分段自动管电流调制技术在成人胸腹盆联合CT扫描中对图像质量和辐射剂量的影响。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 本研究选取2022年1月至2022年12月于我院行胸腹盆部CT检查的患者,共60例,平均年龄( $57 \pm 10.28$ )岁。将患者随机分为A、B两组,其中A组为对照组,共30例(男16例,女14例),B组为实验组,共30例(男14例,16例)。纳入标准:因疾病需要进行胸部常规CT+腹盆部CT患者。排除标准:无法进行呼吸配合的患者。

**1.2 仪器设备与扫描方法** 采用Philips Brilliance128排iCT,取仰卧位,行吸气位扫描,扫描范围自肺尖至耻骨联合下缘。扫描参数:预设A组图像质量指数(DoseRight Index)设置为23, B组图像质量指数20,肝区质量指数设置为+3(Liver Area DoesRight Index)。B组扫描时把Liver线上线放置肝门下线放置耻骨联合下缘(见图1)。两组均采用管电压120KVp,自动管电流125mAs(范围50-350mAs),螺距比0.925:1,准直宽度为 $128 \times 0.625$ ,图像重建矩阵为 $512 \times 512$ 。采用标准算法重建,重建层厚为5.0 mm,层间距为5.0 mm,记录各组剂量长度乘积(dose-length product, DLP)和容积CT剂量指数(volumetric CT dose index, CTDIvol)。

**1.3 图像质量评价**(1)客观评价:两组CT扫描数据传到图像后处理工作站EBW。图像质量的客观评价:分别选取支气管分叉层面主动脉处、肝门层面脾区、骶髂关节层面臀大肌区(见图2)选取 $100 \text{ mm}^2$ 区域为兴趣区(ROI),读取其CT值和噪声(standard deviation, SD),每组图像测量3次,取平均值。并计算图像信噪比(signal-to-noise ratio, SNR),其中 $\text{SNR} = \text{CT值} / \text{SD}$ ,以反映图像客观噪声<sup>[6-7]</sup>。

(2)主观评价:将两组图像传至PACS系统,由2名具有十年以上放射科工作经验的医师采用双盲法对获得的CT图像进行评级。胸部图像质量的主观评级分为5级:1级图像

**【第一作者】** 王宇鹏,男,技师,主要研究方向:医学影像技术。E-mail: 1119217064@qq.com

**【通讯作者】** 钟朝辉,男,副主任技师,主要研究方向:医学影像技术。E-mail: laijinyxuanl2@sina.com

组织结构清晰, 噪声少, 对比度好, 没有伪影, 完全满足诊断要求; 2级图像组织结构清晰, 有噪声, 对比度较好, 有少量伪影, 能够满足临床诊断; 3级图像组织结构显示一般, 图像质量一般, 噪声较多, 有伪影, 基本满足诊断要求; 4级图像噪声多, 图像质量差, 组织结构显示不清, 不能满足诊断要求; 5级图像噪声多, 图像质量很差, 组织结构显示不清, 完全没有诊断价值。小于等于3级的图像被认为可以满足诊断要求<sup>[8]</sup>。腹盆部图像质量的主观评级: 在腹盆部软组织窗图像上, 根据腹腔各器官的显示情况, 进行主管评级分为5级。1级图像噪声少, 图像质量好, 各组织结

构显示清晰, 对比度好, 无伪影, 完全满足诊断需求; 2级图像噪声不大, 图像质量较好, 各组织结构显示较清楚, 有少量伪影, 能够满足临床诊断; 3级图像噪声较多, 图像质量一般, 部分组织结构显示欠佳, 有伪影, 基本满足诊断要求; 4级图像噪声多, 图像质量较差, 大部分组织结构显示不清, 有较多伪影, 不能满足诊断需求; 5级图像噪声多, 图像质量很差, 各组织结构显示不清, 有大量伪影, 完全没有诊断价值<sup>[9]</sup>。小于等于3级的图像被认为可以满足诊断要求。

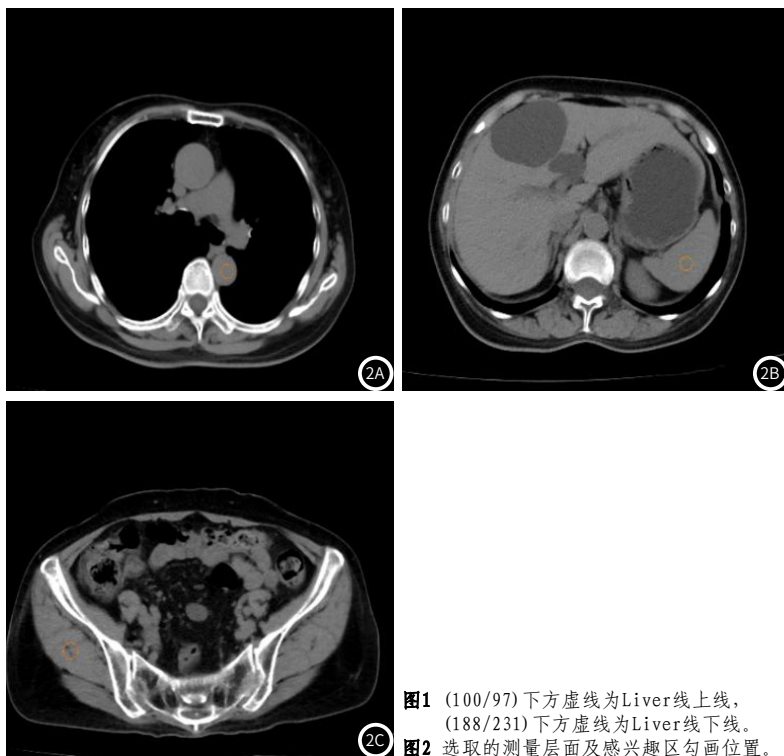
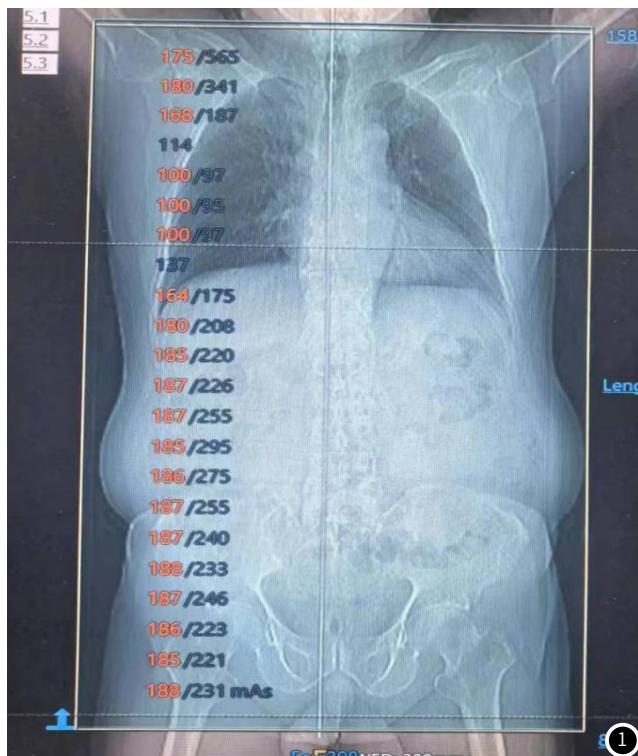


图1 (100/97) 下方虚线为Liver线上线, (188/231) 下方虚线为Liver线下线。  
图2 选取的测量层面及感兴趣区勾画位置。

**1.4 统计学方法** 应用SPSS 19.0统计学软件, 采用t检验比较两组图像CTDIvol、DLP、SD、SNR。应用秩和检验比较两组图像的主观评分。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。应用Kappa检验判断两名放射科医师对图像诊断的一致性, Kappa值 $\geq 0.75$ 为一致性较好, 0.4~0.74为一致性中等,  $< 0.4$ 为一致性较差。

**2 结果**

**2.1 两组扫描的CTDIvol和DLP对比** B组扫描的CTDIvol和DLP均低于A组, 其中B组平均DLP较A组降低了29.2%, 差异具有统

计学意义( $P < 0.05$ ), 见表1。

**2.2 两组图像在胸部、腹部、盆腔的SD与SNR对比** B组在胸部的SD大于A组SNR小于B组, 差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。两组图像在腹部和盆腔的SD与SNR, 差异不具有统计学意义( $P > 0.05$ ), 见表2。

**2.3 两组图像主观评分** 两组患者图像主观评分在秩和检验中 $P > 0.05$ 差异不具有统计学意义, 两组患者图像胸部图像在观察者间评分一致性较好( $k = 1$ ), 腹部图像观察者间评分一致性中等( $k = 0.4$ ), 所得胸腹部图像主观评分均 $\geq 3$ 分, 均能满足诊断需求。

表1 两组扫描的CTDIvol和DLP对比

剂量参数	A组	B组	t值	P值
CTDIvol(mGy)	14±0.54	9.9±0.52	6.909	$P < 0.05$
DLP(mGy·cm)	1045.07±42.94	738.87±39.53	6.667	$P < 0.05$

注: CTDI 为容积剂量指数; DLP 为剂量长度乘积。

表2 CT图像质量的客观评价结果

感兴趣层面	A组	B组	P值
胸部气管分叉处			
SD	5.6±0.78	7.7±2.47	$P < 0.01$
SNR	7.7±0.27	5.1±0.26	$P < 0.01$
腹部门脉层面脾区			
SD	8.13±1.21	8.45±1.56	0.407
SNR	6.15±1.06	5.99±1.20	0.639
盆腔骶髂关节区			
SD	11.2±1.73	12.1±2.12	0.113
SNR	4.4±0.97	4.0±0.92	0.155

### 3 讨论

CT检查具有可连续采集、空间结构成像好、密度分辨率高、扫描时间短等优势,可直观地显示受检者体内病变的位置、大小、数量及毗邻关系等关键信息,为疾病诊断提供科学的参考依据<sup>[10]</sup>。任心爽等<sup>[11]</sup>的研究显示,CT检查是我国最常用的检查方式之一,检查率高达10%,以胸部及腹盆腔CT扫描应用最广泛。胸腹盆CT连扫检查在肿瘤患者复查中较多,而肿瘤患者定期复查频率较高,因此受到的辐射要高于一般病人。而赵永霞等<sup>[12]</sup>研究指出,与其他影像学检查相比,CT检查过程中,受检者需承担较大的辐射危害,于是降低受检者CT检查中辐射剂量逐渐成为研究热点。分段自动管电流调制技术,是在自动管电流调制(automatic tube current modulation, ATCM)技术上基于定位像在不同的扫描范围进行不同的自动管电流的调制。O'Daniel等<sup>[13]</sup>学者报道称,自动曝光控制(AEC)能够在保证图像质量的前提下,有效地降低受检者在CT检查中的辐射剂量。DoseRight技术作为一项与AEC性能相近的影像技术,能够根据扫描定位像所确定的受检者的体型和检查部位以及X线的衰减情况进行相关计算,给出合适的mAs,因此能够优化扫描条件,在保证图像质量的前提下尽可能的降低辐射剂量<sup>[14]</sup>。

首先,本研究发现:在降低辐射剂量方面,B组CTDI及DLP均低于A组,其中B组平均DLP较A组降低了29.2%,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。说明分段管电流调制技术能够有效降低胸腹盆联合CT扫描的辐射剂量。自动管电流调制技术(ATCM)能够通过定位像上不同部位厚度的变化调节管电流保证图像质量的相对统一,从而在辐射剂量上进行优化<sup>[15]</sup>。分段自动管电流调制是在联合扫描中对图像质量要求不同部位间分段进行自动管电流的调制保证不同部位对图像客观参数相对一致,本研究表明分段自动管电流调制技术应用于胸腹盆联合CT扫描中能够降低受检者在检查过程中受到的辐射危害。

另外,在图像质量方面,本研究发现:两组图像在腹部和盆腔的SD和SNR上的差异没有统计学意义( $P > 0.05$ ),但A组胸部的SD和SNR值与B组的差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),由于胸部CT检查肺部含有大量的天然对比剂(空气),所以胸部CT检查对图像客观参数要求低,并且从主观评价上看A、B两组胸部图像评分均在4分以上,均满足临床诊断需求,因此表明两种扫描方式对于胸部检查都是不影响临床诊断。从主观评分两组图像差异没有统计学意义( $P > 0.05$ ),并且两名放射科医生对图像的诊断一致性较好,表明两种扫描方式得到的图像质量无明显差异。因此,本研究认为分段管电流调制技术应用于胸腹盆联合CT扫描中,所获得图像质量均表现良好,能满足临床诊断需求。

本研究的不足之处:样本量较小,没有对患者的性别、年龄、身高及体重进行匹配。本研究应用Philips Brilliance128排iCT设备扫描,对于其他设备应用分段ATCM技术扫描结果是否一致,需进一步探究。

### 4 结论

本研究认为:应用分段自动管电流调制技术在胸腹盆联合CT扫描中,能够有效地降低患者的辐射剂量,并获得良好的图像质量,减少辐射对患者的危害。

### 参考文献

- [1] Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure[J]. *N Engl J Med*, 2007, 357(22): 2277–2284.
- [2] 孔海涛, 郭子祺, 刘婷婷. 人工智能技术结合低剂量方案在胸部CT成像中的应用研究探讨[J]. *罕少疾病杂志*, 2024, 31(12): 75–76, 102.
- [3] 李军, 刘伟宾, 邱威. 管电流调制技术在减少上气道CT检查法时辐射剂量的可行性研究[J]. *中国CT和MR杂志*, 2016, 14: 110–113.
- [4] 李翔, 王翔, 杨欣, 等. 自动管电流技术联合人工智能在COVID-19肺部低剂量CT中的应用价值[J]. *放射学实践*, 2020, 35(9): 1082–1086.
- [5] 边传振, 李倩, 张见, 等. 双定位像结合 Dose Right 技术降低外伤儿童胸腹部CT检查辐射剂量的可行性研究[J]. *临床放射学杂志*, 2020, 39(1):
- [6] Bastos MD, Lee EY, Strauss KJ, et al. Motion artifact on high-resolution CT images of pediatric patients: comparison of volumetric and axial CT methods[J]. *Am J Roentgenol*, 2009, 193: 1414–1418.
- [7] Kelly DM, Hasegawa I, Borders R, et al. High-resolution CT using MDCT: comparison of degree of motion artifact between volumetric and axial methods[J]. *Am J Roentgenol*, 2004, 182: 757–759.
- [8] 程香, 何玲, 陈欣, 等. 管电流自动调节技术在儿童腹部CT中的应用[J]. *中国医学影像技术*, 2015, 31: 294–297.
- [9] 王鑫宏, 孙建忠, 张文姬, 等. CT检查所致肝癌患者受照剂量水平分析[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2015, 35: 231–232.
- [10] 马煜磊. 探讨多层螺旋CT多平面重建技术在诊断卵巢囊腺瘤扭转中的应用价值[J]. *罕少疾病杂志*, 2023, 30(4): 62, 74.
- [11] 任心爽, 安云强, 吕滨, 等. 中国冠状动脉CT血管成像扫描技术及辐射剂量的现状调查[J]. *中华放射学杂志*, 2022, 56(4): 405–410.
- [12] 赵永霞, 李冬雪, 张天乐, 等. 器官剂量调制和3D智能毫安调制在CT肺动脉血管造影检查影像质量和辐射剂量的比较研究[J]. *实用放射学杂志*, 2021, 37(2): 304–308.
- [13] O'Daniel JC, Stevens DM, Cody DD. Reducing radiation exposure from survey CT scans[J]. *Am J Roentgenol*, 2005, 185: 509–515.
- [14] Kalra MK, Naz N, Rizzo SMR, et al. Computed Tomography radiation dose optimization scanning protocols and clinical applications of automatic exposure control[J]. *Curr Probl Diagn Radiol*, 2005, 34: 171–181.
- [15] 刘昌盛, 查云飞, 李茂进, 等. Z轴自动管电流调制技术在头颈部CT扫描血管成像中对甲状腺剂量的降低[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2010, 30(4): 486–488.

(收稿日期: 2024-06-30)

(校对编辑: 赵望淇)