

· 论 著 ·

## ATCM 技术不同调制模式胸部 CT 扫描剂量的实验研究\*

赵 峰<sup>1</sup>, 曾勇明<sup>1△</sup>, 吴奇华<sup>2</sup>, 彭 刚<sup>1</sup>, 周 旸<sup>1</sup>

(1. 重庆医科大学附属第一医院放射科 400016; 2. 重庆市南川区人民医院 408400)

**摘要:**目的 通过仿真胸部体模 CT 扫描模拟实验, 评价 ATCM 技术 3 种调制模式胸部扫描辐射剂量的特点。方法 使用 Philips 公司 Brilliance 16 层螺旋 CT, 分别采用 ATCM 技术的角度调制、Z 轴调制和联合调制模式, 预置 2 组管电流(122 mA、296 mA), 其他技术参数相同, 扫描中国成人男性 CDP-IC 型仿真胸部体模。存储所有图像并记录 CTDI 和 DLP 值, 以联合调制作为对照组进行配对资料 *t* 检验。结果 角度调制和 Z 轴调制以其技术特点按照仿真胸部体模各层组织结构的变化调制管电流。预置 296 mA 组, 角度调制、Z 轴调制与联合调制比较, CTDI 和 DLP 值比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。结论 ATCM 技术的 3 种模式均可不同程度地降低胸部 CT 扫描辐射剂量, 使用联合调制模式降低辐射剂量更为显著。

**关键词:** 辐射剂量; 自动管电流调制; 仿真胸部体模

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2011.20.002

文献标识码: A

文章编号: 1671-8348(2011)20-1979-03

## Experimental study of radiation dose in chest CT scanning with different modulation patterns of ATCM technique\*

Zhao Feng<sup>1</sup>, Zeng Yongming<sup>1△</sup>, Wu Qihua<sup>2</sup>, Peng Gang<sup>1</sup>, Zhou Yang<sup>1</sup>

(1. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China;

2. The People's Hospital of Nanchuan District, Chongqing 408400, China)

**Abstract:** **Objective** To evaluate the characteristic of radiation dose in chest CT scanning with different patterns of automatic tube current modulation(ATCM) technique. **Methods** The Chinese anthropomorphic chest phantom(CDP-IC) was scanned by Brilliance 16(Philips) with three patterns(angular modulation, z-axis modulation and combined modulation) of ATCM technique using two pre-set mA(122mA, 296mA) and same others scan parameter. CT dose index(CTDI) and dose-length product(DLP) values were recorded. All data were analyzed by a paired *t* test. **Results** Angular modulation and z-axis modulation involves variation of the radiation dose among anatomic regions of chest anthropomorphic phantom by varying the tube current in accordance with its technique characteristic. In group of pre-set 296mA, compared with angular modulation and z-axis modulation, CTDI and DLP value had significant statistically differences( $P < 0.05$ ). **Conclusion** Three patterns of ATCM technique can decrease radiation dose in chest CT scanning, the radiation dose reduction of combined modulation technique is more significant than the others.

**Key words:** radiation dosage; automatic tube current modulation; anthropomorphic chest phantom

自动管电流调制(automatic tube current modulation, ATCM)技术自临床应用以来得到广泛的认可, 被认为是降低 CT 扫描辐射剂量较为理想的技术。ATCM 技术分为角度(X-Y 轴)调制、长轴(Z 轴)调制和角度-长轴联合调制<sup>[1]</sup>。本研究在 Philips 公司 Brilliance 16 层螺旋 CT 平台上, 通过仿真胸部体模实验比较 3 种调制模式降低辐射剂量的规律, 结合临床应用文献报道, 分析 ATCM 技术的特点, 为更好地运用 ATCM 提供理论依据。

**1 材料与与方法**

**1.1 仿真人胸部体模** 采用成都方拓仿真技术有限责任公司提供的中国成人男性 CDP-IC 型仿真胸部体模(图 1)。已经过组织等效性论证<sup>[2]</sup>, 说明该体模有很好的仿真性和 X 线衰减等效性<sup>[3]</sup>。

**1.2 实验设备及 CT 扫描参数** 使用 Philips 公司 Brilliance 16 层螺旋 CT。扫描参数: 管电压 120 kV、螺距 0.938、层厚 5 mm、DFOV 35 cm。扫描定位从胸骨上窝至肋弓下缘, 分别采用角度调制(D-DOM)、Z 轴调制(Z-DOM)和联合调制模式, 预置 2 组 mA(122、296)行胸部 CT 扫描, 扫描后存储所有图像, 记录所有技术参数、CTDI 和 DLP 值。

**1.3 统计学处理** 配对资料比较采用 *t* 检验, 以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

**2 结 果**

**2.1 角度调制与 Z 轴调制模式胸部扫描层面管电流的比较** 对预置 122 mA 组图像序列, 每间隔 10 mm 选取 1 个层面, 共计 7 个胸部扫描横断面, 统计管电流数据。两种调制模式扫描时 7 个横断面所用管电流值见表 1。

表 1 两种管电流调制模式胸部扫描时  
相同层面的管电流(mA)

层面	角度调制(D-DOM)	Z 轴调制(Z-DOM)
10 mm 层	94	151
20 mm 层	144	145
30 mm 层	126	140
40 mm 层	138	117
50 mm 层	142	145
60 mm 层	141	147
70 mm 层	143	127

**2.2 3 种管电流调制模式胸部体模扫描剂量比较** 预置 296 mA, 3 种管电流调制模式下的 CTDI 值及 DLP 值比较见表 2。以联合调制作为对照组进行配对资料 *t* 检验, 角度调制、Z 轴

调制与其比较,CTDI 和 DLP 差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),说明使用联合调制模式扫描时,较采用角度调制或 Z 轴调制,辐射剂量的降低有显著性差异。从表 2 可见本实验模式下,随着旋转角度变换,各层图像的管电流发生改变,从而达到整体降低辐射剂量的效果。

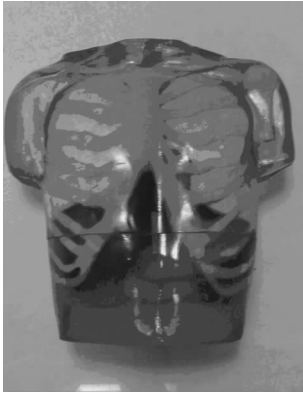


图 1 CDP-IC 型仿真胸部体模

表 2 预置 296 mA 时三种管电流调制模式胸部体模扫描平均辐射剂量比较

调制模式	CTDI(mGy)	DLP(mGy·cm)
角度调制	13.70 <sup>a</sup>	535.16 <sup>b</sup>
Z 轴调制	14.80 <sup>c</sup>	578.61 <sup>d</sup>
联合调制	10.40	404.19

<sup>a</sup>: $P < 0.05$ ,<sup>b</sup>: $P < 0.05$ ;<sup>c</sup>: $P < 0.05$ ,<sup>d</sup>: $P < 0.05$ ,与联合调制组比较。

### 3 讨论

ATCM 技术始于 1994 年 GE 单排螺旋 CT<sup>[4]</sup>,该技术基于兴趣对象的结构和 X 线衰减量量化的密度,来调制管电流。该信息通过测量正位和侧位 2 幅定位像上 100 个通道 X 线束的衰减而获得。360°旋转采集期间程序化管电流调制使不同位置 X 线束衰减均衡化,从而得到稳定的噪声,同时降低放射线剂量。各个 CT 厂家 ATCM 技术的原理基本相同,但略有区别。

角度调制技术根据投照角度自动调整每个投影角度的管电流,实现最小 X 线量衰减。由于侧位方向投影的剂量小于正位方向投影的剂量,因此角度调制技术降低了辐射剂量(图 2)。Philips 公司 CT 系统的角度调制(D-DOM)技术是以解剖位置同步角度调整管电流,即在主机旋转采集图像期间根据患者身体的对称性变化来更改管电流。该技术的调制基础是投影部位 X 线衰减的均方根(噪声量单位)<sup>[5]</sup>。在 X 线管 360°旋转内自动调节管电流,在 180°和 360°的影像(标准正位和侧位)与以前图像的 X 线衰减均方根相同。换言之,对于某一投影角度的 X 线衰减量,此后相同角度时调制一适宜的管电流。D-DOM 调制的 CT 图像信噪比与图像质量非常接近系统未调制管电流的图像质量,且明显降低了辐射剂量。

Z 轴调制与角度调制技术上有些不同<sup>[6]</sup>,它提供一个噪声指数以便使用者选择,用一个定位像选定噪声水平,按照长轴方向患者身体的密度差异来调节管电流(图 3)。无论患者的体型和解剖部位,Z 轴调制使所有图像具有相同的噪声<sup>[7]</sup>。噪声指数近似等于一个标准体模图像中央位置的影像噪声。Philips 公司 CT 系统的 Z 轴调制(Z-DOM)在扫描过程中沿长轴方向,按照预设方案 mA 的最高衰减噪声,调节管电流使沿

长轴的所有层面图像的噪声不变。表 1 所示,随着本实验体模 Z 轴方向密度的变化调制出各层面的管电流。自动管电流设置(automatic current setting,ACS)是 Philips 公司 CT 剂量优化技术的一部分,根据自动学习模式自动调整管电流。ACS 针对患者检查的个性化推荐一预设 mA,来量化参考图像(一个以前完成的期望噪声量图像作为特定协议)中央区的量子噪声水平。在临床应用中,一定噪声量的参考图像确定为协议后,CT 系统主机将每一层面图像与协议的层面图像数据比较,计算患者的校正参数和 CT 扫描 mA 值,产生与参考图像相同质量(相同噪声)的 CT 图像。通常 Z-DOM 与 ACS 一起操作,可获得稳定的噪声水平 CT 影像,实现整体的剂量节省。

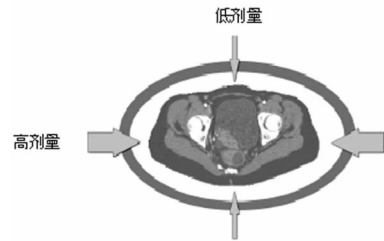


图 2 正位和侧位方向不同辐射剂量

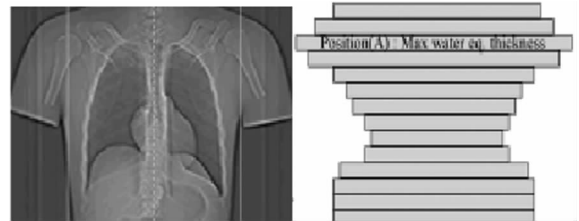


图 3 仿真体模定位像(左)及转换后的水等效厚度(右)

角度调制在临床应用中体现出以下规律:(1)旋转采集对称部位时,不会节省辐射剂量;(2)旋转采集不对称的部位时,节省较多辐射剂量。有研究报告,使用角度调制放射线剂量降低 20%以上<sup>[8-10]</sup>。来自临床的评价资料,Z 轴调制用于小个患者和特殊解剖部位时,降低辐射剂量明显优于固定管电流方法,降低剂量范围在 15%~45%<sup>[11-12]</sup>。

联合调制是一种三维剂量调控技术<sup>[13-14]</sup>。本实验结果证实,联合调制模式较角度调制和 Z 轴调制的辐射剂量有显著性的降低。所以,临床上推荐采用角度-长轴联合调制,可最大限度地降低 CT 检查患者的辐射剂量。此外,X 线束偏中心对 ATCM 技术的剂量降低和图像质量有较大影响<sup>[15-16]</sup>。在使用 ATCM 技术时,操作者必须准确定位患者检查部位的左右中心线,以达到最佳的管电流调制效果。

### 参考文献:

- [1] McCollough CH, Bruesewitz MR, Kofler B, et al. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options[J]. Radiographics, 2006, 26(2): 503-509.
- [2] 王远萍,林大全. 组织等效材料的组成结构对辐射等效性影响的研究[J]. 生物医学工程学杂志, 1997, 14(1): 42-44.
- [3] 曾勇明,吴富荣,张志伟,等. CR 入射体表剂量与肺部病变检出相关性的实验研究[J]. 重庆医学, 2009, 38(2): 130-132.
- [4] Kopka L, Funke M, Breiter N, et al. An anatomically adapted variation of the tube current in CT: studies on ra-

- diation dosage reduction and image quality [J]. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr*, 1995, 163(2):383-389.
- [5] Gies M, Kalender WA, Wolf H, et al. Dose reduction in CT by anatomically adapted tube current modulation. I. Simulation studies [J]. *Med Phys*, 1999, 26(6): 2235-2239.
- [6] Westerman BR. Radiation dose from Toshiba CT scanners [J]. *Pediatr Radiol*, 2002, 32(2): 735-740.
- [7] Peng Y, Li J, Ma D, et al. Use of automatic tube current modulation with a standardized noise index in young children undergoing chest computed tomography scans with 64-slice multidetector computed tomography [J]. *Acta Radiol*, 2009, 50(10): 1175-1179.
- [8] Lehmann KJ, Wild J, Georgi M. Clinical use of software-controlled X-ray tube modulation with "Smart-Scan" in spiral CT [J]. *Aktuelle Radiol*, 1997, 7(1): 156-161.
- [9] Mulkens TH, Bellinck P, Baeyaert M, et al. Use of an automatic exposure control mechanism for dose optimization in multi-detector row CT examinations: clinical evaluation [J]. *Radiology*, 2005, 237(1): 213-218.
- [10] Rizzo S, Kalra M, Schmidt B, et al. Comparison of angular and combined automatic tube current modulation techniques with constant tube current CT of the abdomen and pelvis [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 186(3): 673-680.
- [11] Russell MT, Fink JR, Rebeles F, et al. Balancing radiation dose and image quality: clinical applications of neck volume CT [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2008, 29(4): 727-732.
- [12] Lee EJ, Lee SK, Agid R, et al. Comparison of image quality and radiation dose between fixed tube current and combined automatic tube current modulation in craniocervical CT angiography [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30(9): 1754-1759.
- [13] Matsubara K, Koshida K, Suzuki M, et al. Comparison between 3-D and z-axis automatic tube current modulation technique in multidetector-row CT [J]. *Radiat Prot Dosimetry*, 2008, 128(1): 106-110.
- [14] Matsubara K, Takata T, Koshida K, et al. Chest CT performed with 3D and z-axis automatic tube current modulation technique: breast and effective doses [J]. *Acad Radiol*, 2009, 16(4): 450-458.
- [15] Kalra MK, Maher MM, Kamath RS, et al. Sixteen detector-row CT of abdomen and pelvis: study for optimization of z-axis modulation technique performed in 153 patients [J]. *Radiology*, 2004, 233(1): 241-246.
- [16] Toth T, Ge Z, Daly MP. The influence of patient centering on CT dose and image noise [J]. *Med Phys*, 2007, 34(7): 3093-3098.

(收稿日期: 2010-11-14 修回日期: 2011-02-02)

(上接第 1978 页)

Treg 细胞的增殖从而诱导局部的免疫耐受微环境尚不清楚。

本研究通过将含有人全长 IDO 基因通过慢病毒系统转染到小鼠 DC 细胞, 得到具有正常 IDO 基因生物学功能的 DC 细胞, 再与小鼠 T 淋巴细胞共培养, 通过流式细胞仪检测, 结果表明 Treg 细胞增殖明显, 与亲本细胞和空质粒转染细胞对照组比较, 差异有统计学意义, 表明 IDO(+)DC 细胞在体外可以诱导 Treg 细胞的增殖, 为恶性肿瘤局部 Treg 细胞的产生和肿瘤淋巴转移机制的研究提供了新的实验依据, 同时也为恶性肿瘤患者的免疫干预研究提供了新的思路。但是, IDO(+)DC 细胞是通过哪种信号通路诱导了 Treg 细胞的增殖尚不明确, 本课题组正在进一步研究之中。

#### 参考文献:

- [1] Theresa LW. Immune responses to malignancies [J]. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2010, 125(2): S272-S283.
- [2] Gajewski TF, Meng Y, Harlin H, et al. Immune suppression in the tumor microenvironment [J]. *J Immunother*, 2006, 29(3): 233-240.
- [3] Soldano F, Theresa LW. Tumor microenvironment and immune escape [J]. *Surgical Oncology Clinics of North America*. 2007, 16(4): 755-774.
- [4] Nizar S, Meyer B, Galustian C, et al. T regulatory cells, the evolution of targeted immunotherapy [J]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2010, 1806(1): 7-17.
- [5] Dimitrios M, Aniruddha C, Alvaro L, et al. Regulatory T cells in cancer [J]. *Advances in Cancer Research*. 2010, 107(3): 57-117.
- [6] Maria Z, Anastasios EG, Vaios K. Tumor immune escape mediated by indoleamine 2, 3-dioxygenase [J]. *Immunology Letters*, 2007, 111(2): 69-75.
- [7] Chung DJ, Rossi M, Romano E, et al. Indoleamine 2, 3-dioxygenase-expressing mature human monocyte-derived dendritic cells expand potent autologous regulatory T cells [J]. *Blood*, 2009, 114(3): 555-563.
- [8] Chen W, Liang X, Peterson AJ, et al. The indoleamine 2, 3-dioxygenase pathway is essential for human plasmacytoid dendritic cell-induced adaptive T regulatory cell generation [J]. *J Immunol*, 2008, 181(8): 5396-5404.
- [9] Fallarino F, Vacca C, Orabona C, et al. Functional expression of indoleamine 2, 3-dioxygenase by murine CD8 $\alpha$  + dendritic cells [J]. *Int Immunol*, 2002, 14(1): 65-68.
- [10] Orabona C, Puccetti P, Vacca C, et al. Toward the identification of a tolerogenic signature in IDO-competent dendritic cells [J]. *Blood*, 2006, 107(1): 2846-2854.
- [11] 高艳芳, 彭瑞清, 伍小军, 等. 吡啶胺-2, 3-双加氧酶在结肠癌及其区域淋巴结中的表达与临床意义 [J]. *中国肿瘤临床*, 2007, 34(14): 811-814.

(收稿日期: 2010-12-13 修回日期: 2011-04-15)