

DOI:10.3724/SP.J.1008.2010.00242

## 脊柱椎弓根螺钉内固定术后行多层螺旋 CT 扫描时减少伪影及放射剂量的参数优化研究

吴骏峰<sup>1</sup>, 杨长伟<sup>1</sup>, 李明<sup>1\*</sup>, 茅建辉<sup>2</sup>, 鸿玲<sup>3</sup>

1. 第二军医大学长海医院骨科, 上海 200433

2. 武警上海总队医院药剂科, 上海 201103

3. 总政白石桥第六干休所卫生所, 北京 100080

**[摘要]** **目的** 评价多层螺旋 CT 检查时管电压和管电流与金属伪影程度之间的关系, 探索适当的方案以减少金属伪影和辐射剂量。**方法** 将 4 枚椎弓根螺钉植入人体腰椎 L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub> 标本内制成的椎弓根螺钉内固定模型用丝线悬吊固定于伪影评价专用水模中央。对其使用不同扫描参数(主要是管电压及管电流)条件下的多层螺旋 CT 扫描, 并测量椎弓根螺钉前端的放射状伪影长度以评价其伪影程度, 记录辐射剂量。**结果** 多层螺旋 CT 管电流的变化并没有明显影响金属伪影, 但管电压的变化对伪影程度有较大影响, 随着管电压的增大(100~140 kV), 伪影程度明显减小( $P < 0.05$ )。辐射剂量随着管电流及管电压的升高而升高。**结论** 在其他扫描参数不变, 能同时减少伪影和辐射剂量的方案是: 高管电压(一般为 140 kV)并保持不变, 而管电流则使用低于 250~270 mA 常规使用值的电流。

**[关键词]** 螺旋计算机体层摄影术; 图像质量; 伪影; 辐射剂量; 植入物

**[中图分类号]** R 445.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2010)03-0242-04

### Optimization of parameters for reducing artifact and radiation dose in multi-detector computer tomography after pedicle screw internal fixation

WU Jun-feng<sup>1</sup>, YANG Chang-wei<sup>1</sup>, LI Ming<sup>1\*</sup>, MAO Jian-hui<sup>2</sup>, HONG Ling<sup>3</sup>

1. Department of Orthopedics, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

2. Department of Pharmaceutics, Hospital of Chinese People's Armed Forces Shanghai Division, Shanghai 201103, China

3. Health Care Unit, The Sixth Sanatorium for Retired Cadres, Department of General Politics of PLA, Beijing 100080, China

**[Abstract]** **Objective** To assess the correlation between the metal artifact degrees with the tube voltage (in peak kilovolts, kV) and tube current (in milliamperes, mA) in multidetector computed tomography (MDCT), so as to search for proper strategies to reduce metal artifact and the radiation dose. **Methods** Four lumbar pedicle screws were implanted in the human L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub> specimens to establish the pedicle screw fixation model, and the models were hung on the appropriate water mode to assess the artifacts with silk thread. Different scanning parameters (mainly tube tension, tube current) were used for scanning. The lengths of the artifacts emanating from the anterior tips of the screw were used to evaluate the degree of artifact. **Results** The tube current change did not significantly affect the metal artifacts ( $P > 0.05$ ), but the tube voltage had significant impact on the metal artifacts; the degree of artifacts decreased remarkably with the increase of the tube voltage (100-140 kV,  $P < 0.05$ ). Radiation dose rose with tube current and tube voltage increase. **Conclusion** Simultaneous reduction of the artifact and radiation dose can be achieved with high tube voltages (usually 140 kV) and tube currents should be lower than the generally used values of 250-270 mA.

**[Key words]** spiral computed tomography; image quality; artifacts; radiation dosage; implantation

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2010, 31(3):242-245]

随着脊柱外科基础和临床研究的不断发展, 椎弓根钉棒系统已经成为最常用的脊柱外科置入物,

**[收稿日期]** 2009-07-05 **[接受日期]** 2009-12-18

**[基金项目]** 国家自然科学基金(30872611), 上海市科委基础研究项目(07jc14069). Supported by National Natural Science Foundation of China(30872611) and Fund for Basic Research of Shanghai Science and Technology Committee(07jc14069).

**[作者简介]** 吴骏峰, 硕士, 主治医师. E-mail: plawjf1979@sohu.com

\* 通讯作者(Corresponding author). Tel: 021-81873387, E-mail: limingch@21cn.com

它的出现极大地推动了脊柱疾病的治疗,但应用其进行手术也不可避免的存在一些并发症。CT可以产生切面图像,有助于术后并发症的诊断,但行CT检查时金属植入物会形成伪影,特别是对于脊柱外科,如果伪影很大,会影响邻近重要结构的观察<sup>[1]</sup>。多层螺旋CT(multi-detector computer tomography, MDCT)的出现,结合先进的计算机工作站,使金属伪影有了显著减少<sup>[2]</sup>。然而,金属伪影问题尚未得到彻底解决,植入物周围的组织清晰度仍有待提高。虽然目前已有报道可以采用一些方法消减金属伪影,但这些方法也都有各自的缺陷:有的烦琐、费时,临床不实用;有的在消减伪影的同时降低了图像的分辨率<sup>[3]</sup>,目前还没有临床实用的有效的金属植入物伪影消减成像参数标准和影像诊断标准。多层螺旋CT在给临床带来益处的同时,也不可避免地对患者及工作者带来辐射危害<sup>[3-4]</sup>。因此,要求在CT检查时采用较为有限的辐射剂量。了解扫描参数对辐射剂量的影响,在多层螺旋CT检查中科学合理地选择扫描条件非常必要。多层螺旋CT的扫描参数主要有管电压(kV)、管电流(mA)、扫描时间(s)、层厚、螺距(pitch)及扫描容积等<sup>[5]</sup>,本研究分析了多层螺旋CT扫描时,在其他参数不变的情况下管电压和管电流与金属伪影程度和放射剂量之间的相关性,探索减少金属伪影和放射剂量的适当方案,旨在保证图像质量的同时减轻辐射危害。

## 1 材料和方法

1.1 实验材料 椎弓根螺钉内固定模型:将4根枚弓根螺钉(长度4.5 cm,直径0.6 cm)植入人体腰椎L<sub>4</sub>、L<sub>5</sub>标本内,两侧上连接棒制成椎弓根螺钉内固定模型。自行设计的水模为有机玻璃材料组成的长方体,内盛1%CuSO<sub>4</sub>溶液,用丝线将椎弓根螺钉内固定模型悬吊固定于水模中央。

1.2 实验方法 使用Siemens公司的SOMATOM Sensation64层螺旋CT机,在其他扫描参数不变的情况下(1 mm扫描层厚,0.9螺距,0.6 mm多平面重建扫描层厚),分别采用不同的管电压(管电压峰值100、120、140 kV)及管电流(180、270、360 mA)进行扫描,得到植入物伪影图像。

1.3 伪影的测量分析 根据美国材料与试验协会(American Society of Testing Materials, ASTM)推荐的伪影测试方法进行测量和分析。对椎弓根螺钉内固定模型的伪影形态进行描述,每一侧每一节段都进行单独分析。在MDCT自带影像处理软件(SIENET SKY-DICOM-CD)上,在相同窗宽、窗位条件下测量伪

影的最大长度(采用盲法请5位放射科医生分别对4枚螺钉产生的伪影进行测量,3 d后再随机进行测量,共测5次)。只评估螺钉前方的金属伪影(图1),而不评价螺钉旁边的放射状条纹,因为螺钉旁边的放射状条纹数目不定且非常薄,无法进行量化分析。

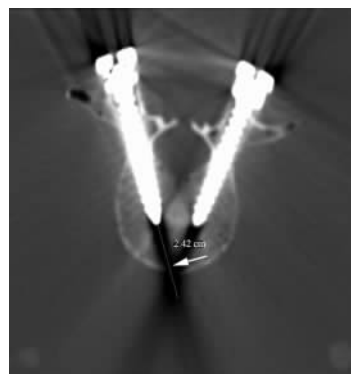


图1 利用多层螺旋CT工作站自带软件测量螺钉前方的放射状伪影长度

Fig 1 Lengths of artifacts(arrow) emanating from anterior tips of screw as showed by MDCT workstation software

1.4 辐射剂量分析 辐射剂量大小以CT容积剂量指数(CTDIvol,单位为mGy)表示,由多层螺旋CT机扫描时自动计算生成。

1.5 统计学处理 数据均以 $\bar{x} \pm s_x$ 表示,使用完全随机设计多个样本独立比较的Kruskal-Wallis H检验来评价不同参数条件下金属伪影长度的变化。

## 2 结果

2.1 伪影随管电流、管电压的变化 在实验中,管电压的变化并没有明显影响金属伪影;但管电流的变化会对伪影程度产生影响,具体表现为,随着管电流的增高,金属伪影程度无论从统计学角度还是视觉角度都明显减小( $P < 0.05$ ,表1,图2)。

2.2 放射剂量随管电流、管电压的变化 在其他扫描参数不变的情况下,CTDIvol随着管电压与管电流的升高而升高(图3)。

表1 管电流和管电压对伪影长度变化的影响

Tab 1 Effect of tube voltage and tube current on length of artifact measurement

( $n=5, \bar{x} \pm s_x$ )

Tube voltage U/kV	Tube current I/mA			P value
	180	270	360	
100	2.708±0.016	2.694±0.021	2.690±0.007	>0.05
120	2.404±0.017	2.406±0.027	2.396±0.021	>0.05
140	2.118±0.019	2.112±0.022	2.100±0.022	>0.05
P value	<0.05	<0.05	<0.05	

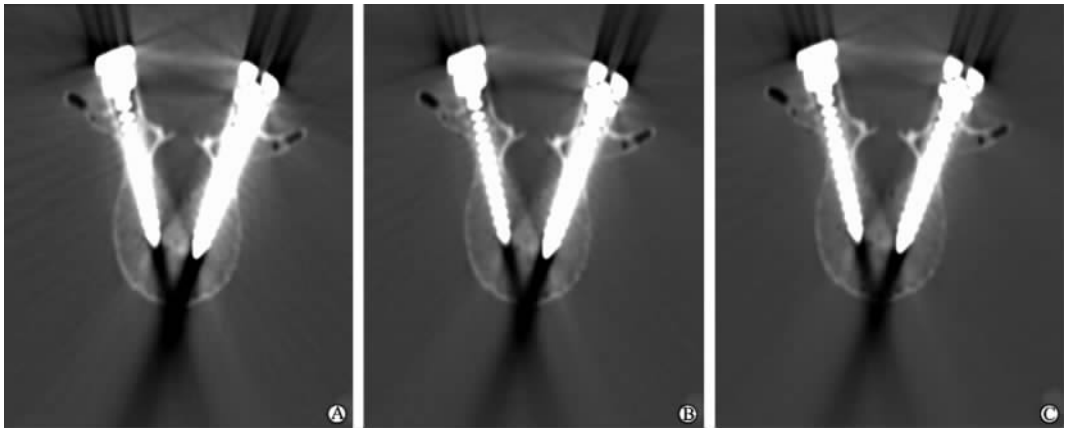


图 2 当管电流固定(360 mA)时金属伪影图像随管电压的变化

Fig 2 Changes of artifact image with tube voltage when tube current is 360 mA

Tube voltages are 100 kV (A), 120 kV (B), and 140 kV(C), indicating the degree of artifacts decreasing with the increase of tube voltage

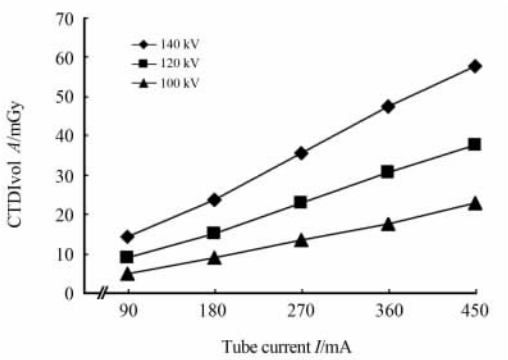


图 3 不同管电压下管电流与辐射剂量之间的线性关系

Fig 3 Linear relation of tube current

with radiation dose under different tube voltages

### 3 讨论

金属相关性伪影能很大程度上降低图像质量并且使骨科及放射科医生对邻近结构的评价产生困难<sup>[3]</sup>。而这些对于手术后患者的评价来说尤其关键。金属伪影产生的主要原因是金属的 X 线衰减系数远远高于周围的软组织和骨组织<sup>[6-7]</sup>。伪影不仅取决于管电流和管电压,同样取决于螺距、层厚、转速、扫描位置等<sup>[5]</sup>。本实验研究了管电流和管电压两项参数。

预处理技术是减少 CT 检查时的金属伪影的主要方法之一<sup>[8-9]</sup>。选用 X 线衰减系数小且横断面积小的金属(减少金属路径长度),有可能减少 X 射线束的衰减以减少投影数据的丢失<sup>[10]</sup>;增加 X 射线的有效投射能量,包括使用更高的管电流与管电压,能够提高 X 射线的穿透力并减少投影数据的丢失<sup>[11-12]</sup>。但是后者又受限于对患者的放射剂量暴露,而且,由于图像质量与光子通量之间存在直接关系,减小管电

流与管电压导致的射线剂量减少会影响图像质量。由于这些原因,放射学专家面临如何在减少射线剂量的同时又能保证图像质量的挑战<sup>[13]</sup>。

关于金属伪影程度和 X 射线剂量之间关系的许多预处理实验结果并不完全一致。提高管电压,比如 140 kV,能减少伪影,减少图像干扰<sup>[14-15]</sup>,因此为了保证图像质量应该保留更高的管电压比如 120~140 kV,但是由于放射成像技术多层螺旋 CT,必须保证在图像质量可接受的情况下使患者接触更少的射线辐射<sup>[16]</sup>。如果需要好的图像质量并且需要升高管电压,那么相应的就该减少管电流以降低辐射剂量<sup>[13,17]</sup>。我们的结果提示在管电流与吸收的放射剂量间存在线性关系,而且降低管电流对 CT 图像质量影响不大(伪影长度  $P > 0.05$ )。因此,尽量减少管电流对于降低辐射剂量来说相当重要。而降低管电压虽然能使辐射剂量下降但同时也降低了 CT 图像质量,导致患者受照射量和图像质量之间的关系破坏<sup>[16-18]</sup>。因此,CT 扫描中应保持高管电压,多数 CT 机的管电压选择范围在 120~140 kV,笔者认为选择 140 kV 是 CT 检查时最为合适的管电压。管电流与辐射剂量呈线性改变,即辐射剂量与管电流的大小成正比,降低 50% 的管电流,意味着降低 50% 的剂量,因此选择合适的管电流是控制辐射剂量的有效方法。笔者认为管电流应使用低于 250~270 mA 的常规使用值,如 180~200 mA。

总之,我们的结果表明,180~360 mA 范围内的管电流水平对金属伪影的程度影响不大,但是,100~140 kV 范围内的管电压水平越大,金属伪影长度越小。因此在选择多层螺旋 CT 扫描参数时,能同时减少伪影和辐射剂量的合适方案是:高管电压(一般为 140 kV)并保持不变,而管电流则使用低于

常规使用值(250~270 mA)的180~200 mA。

## [参考文献]

- [1] Ohashi K, El Khoury G Y, Bennett D L, Restrepo J M, Berbaum K S. Orthopedic hardware complications diagnosed with multi-detector row CT[J]. *Radiology*, 2005; 237: 570-577.
- [2] Dalal T, Kalra M K, Rizzo S M, Schmidt B, Suess C, Flohr T, et al. Metallic prosthesis: technique to avoid increase in CT radiation dose with automatic tube current modulation in a phantom and patients[J]. *Radiology*, 2005; 236: 671-675.
- [3] Kalra M K, Maher M M, Toth T L, Hamberg L M, Blake M A, Shepard J A, et al. Strategies for CT radiation dose optimization [J]. *Radiology*, 2004; 230: 619-628.
- [4] Hundt W, Rust F, Stäbler A, Wolff H, Suess C, Reiser M. Dose reduction in multislice computed tomography[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2005; 29: 140-147.
- [5] 王时庆, 吴新淮, 常 钧, 耿西亮. CT 图像伪影的产生及消除[J]. *医疗卫生装备*, 2002; 58-59.
- [6] 时劲松. 影响 CT 影像噪声的相关因素[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2000, 20: 112-113.
- [7] Prokop M. General principles of MDCT[J]. *Eur J Radiol*, 2003, (45 Suppl 1): S4-S10.
- [8] Sahani D, Saini S, D'Souza R V, O'Neill M J, Prasad S R, Kalra M K, et al. Comparison between low (3 : 1) and high (6 : 1) pitch for routine abdominal/pelvic imaging with multislice computed tomography[J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2003; 27: 105-109.
- [9] Shrimpton P C, Hillier M C, Lewis M A, Dunn M. NRPB-W67: Doses from computed tomography (CT) examinations in the UK-2003 review[M]. Oxon: National Radiological Protection Board, 2005; 32.
- [10] Yazdi M, Gingras L, Beaulieu L. An adaptive approach to metal artifact reduction in helical computed tomography for radiation therapy treatment planning: experimental and clinical studies [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2005; 62: 1224-1231.
- [11] NAS. BEIR VII: health risks from exposure low levels of ionizing radiations[R]. Washington, DC: National Academy of Sciences National Academy Press, 2006; 550.
- [12] Mayo J R, Aldrich J, Muller N L; Fleischner Society. Radiation exposure at chest CT: a statement of the Fleischner Society [J]. *Radiology*, 2003; 228: 15-21.
- [13] 谢高强, 李世国, 刘玉清. 诊断用 X 线的致癌危险: 对英国及其他 14 个国家的评估[J]. *国外医学: 临床放射学分册*, 2005, 28: 270-273.
- [14] 张照喜, 陈建生, 陈 军, 安连峰, 杜东屏, 徐 宁, 等. 多层螺旋 CT 曝光参数的优化[J]. *临床放射学杂志*, 2003, 22: 231-234.
- [15] Kim J C, Kim J H, Kim H C, Kang E, Kim K G, Kim H C, et al. Effect of fiber structure on dialysate flow profile and hollow-fiber hemodialyzer reliability: CT perfusion study[J]. *Int J Artif Organs*, 2008; 31: 944-950.
- [16] Bayram E, Kocatürk H, Kantarci M, Fil F, Colak M C. Anomalous origin of the right coronary artery arising from the left anterior descending artery in a case with single coronary artery anomaly: multi-detector computer tomography imaging[J]. *Anadolu Kardiyol Derg*, 2008; 8: 385-386.
- [17] Vande Berg B, Malghem J, Maldague B, Lecouvet F. Multi-detector CT imaging in the postoperative orthopedic patient with metal hardware[J]. *Eur J Radiol*, 2006; 60: 470-479.
- [18] Saba L, Mallarini G. Differences between MIP and MPR techniques in the carotid artery stenosis degree measurement. Evaluation using multi-detector-row CT angiograph [J]. *Minerva Cardioangiol*, 2008; 56: 21-27.

[本文编辑] 孙 岩

## · 消 息 ·

### 《第四军医大学学报》更名为《医学争鸣》启事

从 2010 年始,《第四军医大学学报》更名为《医学争鸣》,邮发代号 52-86,双月刊,每期 48 页。更名后主要内容包括假说与否定、发明与创新、发现与探索。主要栏目包括精读名品、高端论坛、述评、综述与进展、医学史、医学高层管理论坛、精华文摘等。欢迎投稿,欢迎订阅。

地址: 西安市长乐西路 169 号 邮编: 710033

电话: 029-84774674

E-mail: edjfmumu@fmmu.edu.cn

《医学争鸣》编辑部