

DOI: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.02.024

## 低剂量胸部 CT 自动管电流调节技术在超重体型患者检查中的可行性研究

敖炜群<sup>1</sup> 孙 静<sup>1△</sup> 刘 军<sup>1</sup> 沈昭在<sup>2</sup> 胡金文<sup>1</sup> 丁景峰<sup>1</sup> 谢 进<sup>1</sup>

(1 上海市普陀区人民医院放射科 上海 200060; 2 同济大学附属同济医院 上海 200065)

**摘要** 目的:探讨 16 层螺旋 CT 自动管电流调节技术(CARE Dose 4D)在超重体型患者检查中的可行性。方法:收集行胸部 CT 检查的超重体型患者(BMI 值于 24-27.9 之间)100 例,扫描分低剂量组(A 组)和常规剂量组(B 组),其中 A 组扫描运用 CARE Dose 4D 技术自动调节管电流;B 组扫描运用常规剂量管电流为 70 mAs 扫描。扫描完成后记录加权 CT 剂量指数(CTDIvol)、有效 mAs 值、剂量长度乘积(DLP),计算出有效剂量(ED)及剂量减低比值(DR),并比较两组的剂量及图像质量。结果:与 B 组相比,A 组常规扫描辐射剂量显著降低,差异有显著统计学意义( $P<0.01$ ),A 组剂量减低比值(DR)降低约 20.84%,而图像质量无明显下降,不影响诊断,在主动脉弓上 4 cm(肺尖)层面 A 组图像质量优于 B 组,差异有统计学意义( $X^2=8.442, P=0.015$ )。结论:自动管电流调节技术既可以减少患者的辐射剂量,对待超重体型患者个体化、人性化,又不影响影像诊断,是一项有价值的检查方法。

**关键词:**低剂量 CT;自动管电流调节技术;超重体型

中图分类号:R445 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2014)02-292-04

## Feasibility Study on the Low-dose Chest CT Use of Automatic Tube Current Modulation in Overweight Patients

AO Wei-qun<sup>1</sup>, SUN Jing<sup>1△</sup>, LIU Jun<sup>1</sup>, SHEN Zhao-zai<sup>2</sup>, HU Jin-wen<sup>1</sup>, DING Jing-feng<sup>1</sup>, XIE Jin<sup>1</sup>

(1. Shanghai putuo people's hospital, Shanghai, 200060, China;

2. Tongji hospital, School of Medicine, Tongji University, Shanghai, 200065, China)

**ABSTRACT Objective:** To study the feasibility of 16 slice spiral CT use automatic tube current modulation (CARE Dose 4D) in overweight patients. **Methods:** 100 overweight patients (The value of body mass index in the 24 - 27.9). were collected and randomly divided into low-dose group (group A) and routine group (group B), group A was treated by CARE Dose 4D to scan. Group B was scanned with tube current of 70 mAs. After scanning, the volume CT dose index (CTDIvol), effective mAs, dose length product(DLP) were recorded. The effective dose (ED) and the dose reduction (DR) were calculated. Furthermore, the radiation dose and image quality were compared between two groups. **Results:** Compared with group B, the effective dose significantly reduced in group A ( $P<0.01$ ), the dose reduction (DR) reduced about 20.48%, while obvious difference could not be found in the quality of images obtained from group A and group B. At the apex of the lung level, the image quality of group A was superior to group B ( $X^2=8.442, P=0.015$ ). **Conclusion:** Automatic tube current modulation may not only reduce the radiation dose and make overweight patients' examination more individualized and humanity, but also not affect the diagnosis results. It was a valuable diagnostic method.

**Key words:** Low-dose CT; Automatic tube current modulation; Overweight

**Chinese Library Classification: R4452 Document code: A**

**Article ID:1673-6273(2014)02-292-04**

### 前言

胸部 CT 检查是诊断胸部疾病的重要手段,已广泛应用于临床,CT 对于人体辐射的危害与防护越来越受到重视。国内外学者对低剂量胸部 CT 进行了较多尝试,多采用降低管电流至固定值进行扫描<sup>[1-3]</sup>,但由于不同个体以及同一个体不同部位之间的组织结构差异,易造成对某些部位(如肺尖)照射不足,一些部位(如中肺)可能存在过度照射<sup>[4]</sup>。自动管电流调节技术可根据人体不同部位自动调节管电流,不仅能有效降低辐射剂量,而且能够保证图像质量符合诊断要求<sup>[5]</sup>,使得扫描更加个体化、

人性化。随着人们生活水平的提高,超重体型人群的增多,超重体型患者愈来愈受到关注。本研究对自动管电流调节技术在超重体型病人检查中的应用进行了探索,现将结果报道如下。

### 1 材料与方法

#### 1.1 临床资料

收集 2010 年 10 月至 2012 年 8 月来我院行 CT 体检的超重体型<sup>[6]</sup>(BMI 值于 24-27.9 之间)患者 100 例。扫描前告知患者,签署知情同意后病人随机入组,A、B 组各 50 例。A 组扫描运用 CARE Dose 4D 技术自动调节管电流,其中男 22 例,女 28 例,年龄 23-98 岁,平均年龄 65.5 岁。B 组扫描运用常规剂量管电流为 70mAs 扫描,其中男 29 例,女 21 例,年龄 27-86 岁,平均年龄 60.4 岁。

#### 1.2 设备参数和扫描方法

作者简介:敖炜群(1983-),男,硕士研究生,医师,研究方向:低剂量 CT,电话:13917232079, E-mail: aoweiqun@yahoo.com.cn

△通讯作者:孙静, E-mail: sunlaojing@sina.com

(收稿日期:2013-02-23 接受日期:2013-03-15)

采用采用 SIEMENS SOMATOM Emotion16 层螺旋 CT, 用  $16 \times 1.2$  mm 螺旋扫描, 130Kv, 扫描螺距 0.8, 扫描视野做适应性调节, 由肺底向肺尖方向扫描。采用 CT 的出厂配置及工程师调定 70 mAs 为标准剂量, CARE Dose 4D 扫描为低剂量。扫描所得 5 mm 层厚的肺窗(窗宽 1500HU, 窗位 -600HU, 卷积函数 B70S, Lung)和纵隔窗(窗宽 350HU, 窗位 50HU, 卷积函数 B40S, Mediastinum)图像传至工作站。对受检者进行憋气训练; 扫描范围由两侧肋膈角下缘至胸锁关节。

### 1.3 放射剂量及图像质量的比较

**1.3.1 客观评价** 扫描完成后 CT 机自动算出有效 mAs 值、剂量长度乘积(dose length product, DLP), 采用国际放射防护委员会(ICRP)制定的蒙特卡罗(Monte Carlo)有效剂量转换公式:  $E=k \cdot DLP$  进行计算。式中, E 为人体有效剂量, mSv; k 为人体不同部位的剂量转换因子; DLP 为剂量长度乘积,  $mGy \cdot cm$ <sup>[7]</sup>, 胸部的剂量转换因子  $K=0.014$ <sup>[8]</sup>。计算出两组病人的有效剂量。采用联合国科学委员会(NUSC)制定的剂量减低比值计算公式:  $DR = \frac{DLP_{AEC\ off} - DLP_{AEC}}{DLP_{AEC}}$  式中  $DLP_{AEC}$  为运用自动管电流调节扫描计算出的 DLP 值,  $DLP_{AEC\ off}$  为常规扫描计算出的 DLP

值<sup>[9]</sup>。计算出低剂量组的剂量减低比值。

**1.3.2 主观评价** 在 A、B 两组主动脉弓上 4 cm(肺尖)、主动脉弓、气管隆突、肺底膈面上方 2 cm 各取一副图像, 对肺组织、气道、纵隔、胸壁显示的清晰度、对比度及图像噪声进行总体评价, 并将图像质量分为 3 个等级, 分别为优秀: 基本无噪声和伪影, 图像清晰对比度好; 良好: 有部分噪声或伪影或图像对比度、清晰度欠佳, 但不影响诊断; 差: 明显噪声或伪影, 影响诊断。

### 1.4 统计学处理

采用软件 PASW18.0 进行统计学处理, 分别计算出两组图像的有效 mAs、CTDIvol、DLP、ED 及 DR, 计量资料经 t 检验、F 检验、分类资料进行卡方检验, 以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组的剂量比较

A 组剂量减低比值(DR)约 20.84%, 与 B 组相比, A 组的有效 mAs、CTDIvol、DLP、ED 均有不同程度降低, 差异有显著统计学意义( $P < 0.01$ )(表 1 及图 1、2)。

表 1 两组的有效 mAs、CTDIvol、DLP 及 ED 比较( $\bar{x} \pm s$ )

Table 1 Comparison of single scan length, effective mAs, CTDIvol, DLP and ED between two groups

| Group | Number of cases | Age        | BMI (kg/m <sup>2</sup> ) | Scan length (cm) | Effective mAs | CTDIvol (mGy) | DLP (mGy·cm)   | ED(mSv)     | DR     |
|-------|-----------------|------------|--------------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|-------------|--------|
| A     | 50              | 65.5± 16.8 | 25.59± 1.14              | 26.9± 2.9        | 55.06± 8.36*  | 5.97± 1.13*   | 185.18± 29.84* | 2.59± 0.42* | 20.84% |
| B     | 50              | 60.4± 16.4 | 25.37± 0.99              | 26.1± 2.7        | 70*           | 7.88*         | 233.94± 25.96* | 3.28± 0.36* | -      |
| F     |                 | 2.31       | 1.10                     | 1.76             | 160.05        | 142.55        | 75.99          | 75.99       | -      |
| P     |                 | 0.13       | 0.297                    | 0.19             | 0.00          | 0.00          | 0.00           | 0.00        | -      |

注: \*A、B 两组检查的有效 mAs、CTDIvol、DLP、ED 差异有显著统计学意义。

Note: \* Significant difference of the effective mAs, CTDIvol, DLP and ED between group A and B.

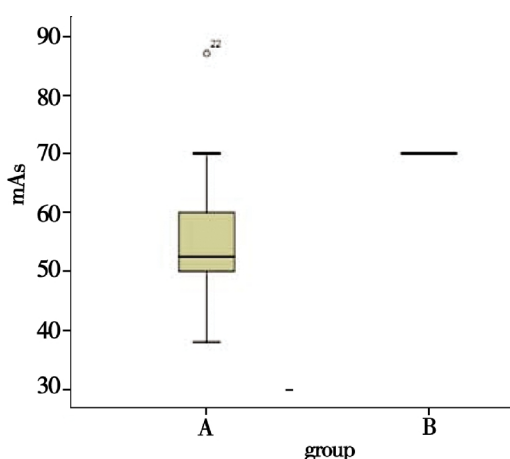


图 1 A、B 两组有效 mAs 比较

Fig. 1 Comparison of effective mAs between two groups

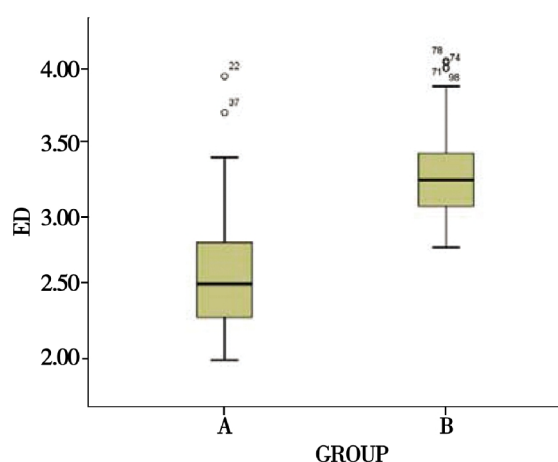


图 2 A、B 两组有效剂量 ED(mSv)比较

Fig. 2 Comparison of effective dose (mSv) between two groups

### 2.2 两组的图像质量比较

在主动脉弓上方 4 cm 层面(肺尖)A 组的图像质量优于 B 组, 差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 但两组总体图像质量评估差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。A、B 两组肺尖水平、主动脉弓水平

评价为差的图像其清晰度、对比度差, 噪声较明显、肺小叶结构显示欠佳。肺底膈面上方 2 cm 层面 A、B 组分别有 2 幅图像有呼吸运动伪影(表 2)。

表 2 医生对几组影像的主观评判( $X^2=4.234, P=0.120$ )Table 2 Subjective evaluation of the groups of images( $X^2=4.234, P=0.120$ )

| Group | Selecting level         | Number of pictures | Image quality |      |     |
|-------|-------------------------|--------------------|---------------|------|-----|
|       |                         |                    | Excellent     | Good | Bad |
| A     | 4 cm above aortic arch  | 50                 | 26*           | 15*  | 9*  |
|       | aortic arch level       | 50                 | 40            | 7    | 3   |
|       | Carina of trachea level | 50                 | 44            | 6    | 0   |
|       | 2 cm above base of lung | 50                 | 39            | 8    | 3   |
| B     | 4 cm above aortic arch  | 50                 | 12*           | 22*  | 16* |
|       | aortic arch level       | 50                 | 30            | 14   | 6   |
|       | Carina of trachea level | 50                 | 47            | 3    | 0   |
|       | 2 cm above base of lung | 50                 | 42            | 6    | 2   |

注:\* 肺尖水平 A、B 组图像质量差异有统计学意义( $X^2=8.442, P=0.015$ )。

Note: \* At the apex of the lung level group A's image quality is superior to group B ( $X^2=8.442, P=0.015$ ).

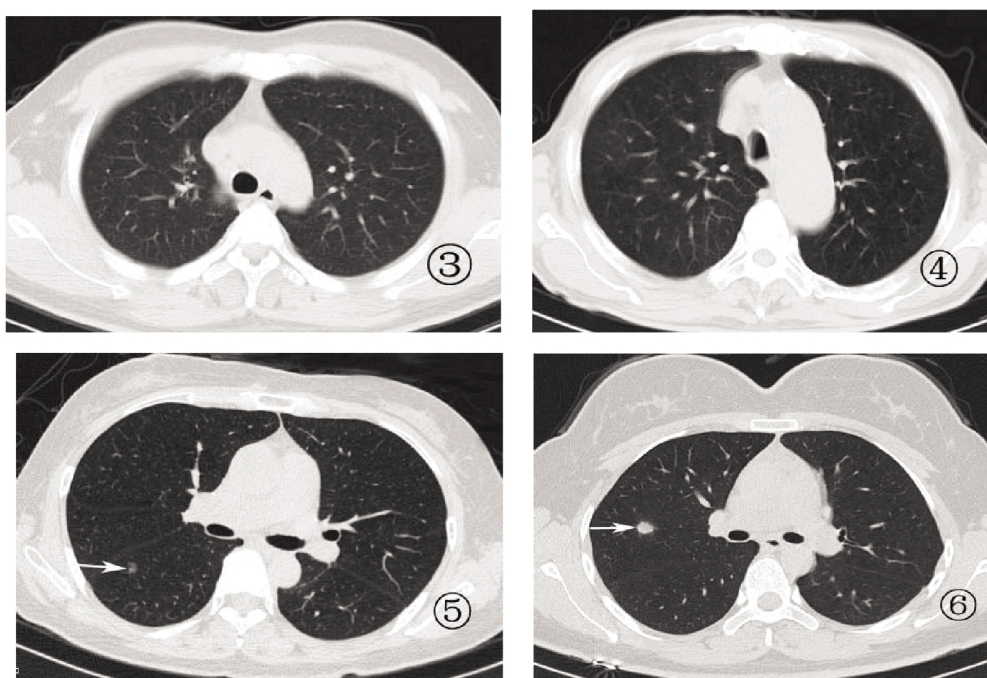


图 3 A 组体检者(BMI=24.3kg/m<sup>2</sup>)主动脉弓层面图像,用 CARE Dose 4D 技术扫描,图像评价为优秀,支气管、肺纹理清晰、小叶结构显示好、图像对比度好,无伪影。

图 4 B 组体检者(BMI=24.1kg/m<sup>2</sup>)主动脉弓层面图像,图像评价为良好,图像对比度较好,部分肺纹理显示较模糊。

图 5 A 组体检者(BMI=24.9kg/m<sup>2</sup>),用 CARE Dose 4D 技术扫描,发现右肺下叶见磨玻璃样小结节(箭头所指),结节显示清楚与周边肺实质对比度好。

图 6 B 组体检者(BMI=25.1kg/m<sup>2</sup>),发现右肺中叶小结节(箭头所指),结节显示清楚与周边肺实质对比度好。

Fig.3 Group A's case(BMI=24.3kg/m<sup>2</sup>), use of CARE Dose 4D to scan, image evaluation is excellent, bronchi, lung texture, pulmonary lobule displayed good, no artifacts.

Fig.4 Group B's case(BMI=24.1kg/m<sup>2</sup>), image evaluation is good, image contrast is good, lung marking displayed fuzzy.

Fig.5 Group A's case(BMI=24.9kg/m<sup>2</sup>), use of CARE Dose 4D to scan, a ground-glass nodule was found in the lower lobe of right lung (as the arrow indicates), nodule showed a clear contour.

Fig.6 Group B's case(BMI=25.1kg/m<sup>2</sup>), a nodule was found in the middle lobe of right lung (as the arrow indicates), nodule showed a clear contour.

### 3 讨论

由于肺内气体与实质组织之间有良好的对比, 因此胸部比较适合采用低剂量螺旋 CT 扫描。降低 CT 放射剂量的方法包括硬件设计的优化、降低 kV、降低 mAs 等<sup>[10]</sup>, 目前研究和应

用最多的技术是降低 mAs<sup>[11]</sup>。大部分胸部 CT 低剂量研究主要集中在普通人群和小儿<sup>[12,13]</sup>, 随着生活质量的提高, 人们对超重患者的关注度越来越高, 但对超重体型人群胸部低剂量文献的报道较少。由于患者体型及机型的差异, 目前低剂量胸部扫描所需的最小管电流和最低扫描剂量目前仍无一致意见及统

一标准,理想的 CT 扫描方案需要在螺旋扫描期间根据位置改变管电流,即球管在扫描上中、下肺野的过程中改变电流<sup>[14,15]</sup>。CARE Dose 4D 的自动管电流曝光技术,根据病人的尺寸及病人 Z-轴方向的衰减自动调整球管电流,实现了不同病人胸部不同部位最佳剂量分布,并得到稳定的诊断图像。

本组研究中低剂量组较常规剂量组有效 mAs、CTDIvol、DLP、ED 均有不同程度减低,辐射剂量减低比值(DR)约 20.84%,Kalra 等<sup>[16]</sup> 对非筛选人群胸部 CT 运用自动管电流调节技术扫描剂量减低约 26%。笔者注意到有一部分超重患者上胸部软组织较厚,开启 CARE Dose 4D 后上胸部自动调节管电流高于常规剂量 70mAs,局部层面最高可达 120 mAs,但在中、下胸部低剂量组管电流远低于常规剂量,局部层面最低可达 20 mAs,但有效 mAs 及辐射剂量仍低于常规剂量。对两组病人分别选出的图像进行总体评价,两组清晰度、对比度及图像噪声评价差异无统计学意义,在肺尖层面 A 组图像质量优于 B 组,差异有统计学意义。这些结果表明胸部自动管电流调节技术应用于超重体型患者的扫描,既降低了患者的辐射剂量,同时图像质量无下降,不影响诊断。

综上所述,自动管电流调节技术对超重体型患者胸部扫描具有以下优点:(1)使患者接受的辐射剂量大大降低;(2)更加人性化,扫描剂量因人身高体重而异,消除了部分人群的恐惧心理,尤其适用于年轻患者的检查;(3)低剂量扫描获得的影像信息及图像质量完全可疑满足诊断要求,在肺尖水平(主动脉弓上 4 cm)图像效果优于常规剂量图像质量;延长了球管的寿命,节约成本,为社会带来更多的效应<sup>[17]</sup>。本组研究达虽然到了预期的效果,但仍然有些不足:(1)自动管电流调节技术用于普通人群、小儿和超重人群(本组研究)的效果良好,笔者发现应用于部分肥胖体型患者(BMI 值 $\geq 28$ )剂量可以高于常规剂量,此技术应用于肥胖人群的价值有待评估。(2)在管电流下限阈值方面,可以更低,在胸部的不同部位找出下限阈值电流值得进一步尝试。

#### 参考文献(References)

- [1] O'Connor OJ, Vandeleur M, McGarrigle AM, et al. Development of Low-Dose Protocols for Thin-Section CT Assessment of Cystic Fibrosis in Pediatric Patients[J]. Radiology, 2010, 257(12): 820-829
- [2] Cheng Tao, David S. Gierada, Fang Zhu, et al. Automated Matching of Pulmonary Nodules: Evaluation in Serial Screening Chest CT [J]. AJR, 2009, 192(3): 624-628
- [3] 唐威,黄遥,吴宁,等. 64 层螺旋 CT 胸部低剂量扫描方案优选的多中心研究[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(2):142-148  
Tang Wei, Huang Yao, Wu Ning, et al. The optimization of low-dose scanning protocols of 64-slice spiral CT in the adult chest: a multicenter study[J]. Chin J Radiol, 2011, 45(2): 142-148
- [4] 张晓锦,董健,崔斌,等. 自动管电流调节技术在胸部低剂量 CT 筛查中的临床价值[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(6): 1169-1172  
Zhang Xiao-jin, Dong Jian, Cui Bin, et al. Clinical value of automatic tube current modulation in chest screening with low dose CT[J]. Chin J Med Imaging Technol, 2010, 26(6): 1169-1172
- [5] Chang Hyun Lee, Jin Mo Goo, Hyun Ju Lee, et al. Radiation Dose Modulation Techniques in the Multidetector CT Era: From Basics to Practice[J]. RadioGraphics 2008; 28(5): 1451-1459
- [6] 陈春明,孔灵芝. 中国成人超重和肥胖症预防控制指南(试行)[M]. 1 版. 北京:人民卫生出版社, 2006: 2-4  
Chen Chun-ming, Kong Lin-zhi. Chinese adult overweight and obesity prevention and control guide (Trial Implementation) [M]. Version 1. Beijing: People's Medical Publishing House, 2006: 2-4
- [7] Kwang Pyo Kim, Andrew J. Einstein, Amy Berrington de González, et al. Coronary artery calcification screening estimated radiation dose and cancer risk[J]. Arch Intern Med, 2009, 169(13): 1188-1194
- [8] Christner JA, Kofler JM, McCollough CH. Estimating effective dose for CT using dose-length product compared with using organ doses: consequences of adopting International Commission on Radiological Protection publication 103 or dual-energy scanning [J]. AJR, 2010, 194(4): 881-889
- [9] S derberg M, Gunnarsson M. Automatic exposure control in computed tomography-an evaluation of systems from different manufacturers[J]. Acta Radiologica, 2010, 51(6):625-634
- [10] Kim MJ, Park CH, Choi SJ, et al. Multifid detector computed tomography chest examinations with low-kilovoltage protocols in adults:effect on image quality and radiation dose [J]. Comput Assist Tomogr, 2009, 33(3): 416-421
- [11] 刘士远,于红. 积极推进胸部低剂量 CT 扫描的临床应用 [J]. 中华放射学杂志, 2010, 44(1): 6-7  
Liu Shio-yuan, Yu Hong. Actively promote the clinical application of chest low-dose CT scan[J]. Chin J Radiol, 2010, 44(1): 6-7
- [12] 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 Radiologica, 2009, 50(10): 1175-1181
- [13] Frederick J. Larke, Randell L. Kruger, Christopher H. Cagnon, et al. Estimated Radiation Dose Associated With Low-Dose Chest CT of Average-Size Participants in the National Lung Screening Trial [J]. AJR, 2011, 197(5): 1165-1169
- [14] 吴晓华,马大庆. 胸部低剂量螺旋 CT 实验研究的进展 [J]. 国外医学临床放射学分册, 2004, 27(1): 25-27  
Wu Xiao-hua, Ma Da-qing. Thorax low dose spiral CT experimental research progress [J]. Foreign Medical Sciences Clinical Radiological Fascicle, 2004, 27(1): 25-27
- [15] Itoh S, Ikeda M, Mori Y, et al. Lung: feasibility of a method for changing tube current during low-dose helical CT [J]. Radiology, 2002, 224(3): 905-912
- [16] Kalra MK, Rizzo S, Maher MM, et al. Chest CT performed with z-axis modulation: scanning protocol and radiation dose [J]. Radiology, 2005, 237(1): 303-308
- [17] 敖群辉,孙静,吴宗林,等. 个体化低剂量 CT 尿路造影在诊断输尿管结石中的应用[J]. 现代生物医学进展, 2012, 12(13): 2531-2534  
Ao Wei-qun, Sun Jing, Wu Zong-lin, et al. Diagnostic value of individual low dose CTU in ureteral stone disease [J]. Progress In Modern Biomedicine, 2012, 12(13): 2531-2534