

## MSCT轴向分辨力和图像噪声影响因素分析

董晓军<sup>1</sup>, 聂婷<sup>1</sup>, 陈宗桂<sup>1</sup>, 易文中<sup>2</sup>

1. 湖南医药学院, 湖南 怀化 418000; 2. 怀化市第一人民医院影像中心, 湖南 怀化 418000

**【摘要】目的:**探讨多排螺旋CT(MSCT)轴向分辨力或断层灵敏度曲线(SSP)和图像噪声的影响因素。**方法:**使用临床常用的腹部扫描模式,采用不同直径的模板,重建层厚、螺距、电压(kV)、重建算法等扫描参数,进行MSCT扫描,对不同参数对断层图像SSP和图像噪声的影响进行统计学分析。**结果:**当螺距和准直器宽度保持不变,不同层厚和重建算法得到的SSP的半高宽FWHM值基本保持不变( $P>0.05$ );当重建算法和准直器宽度保持不变,不同螺距和层厚得到的SSP的半高宽FWHM值基本保持不变( $P>0.05$ );不同准直器宽度,同螺距和层厚得到的SSP的半高宽FWHM值基本保持不变( $P>0.05$ );随着层厚、mAs增加,图像噪声减小( $P<0.05$ );随着kV增加,图像噪声随之减小,不同重建算法下图像噪声存在明显差异( $P<0.05$ )。**结论:**卷积重建算法、螺距和准直器宽度对SSP的影响很小,螺距对图像噪声影响很小,而层厚、重建算法、mAs、kV对图像噪声影响大。层厚、mAs、kV增大,图像噪声减小;重建算法分辨率越高,图像噪声越大。

**【关键词】**多排螺旋CT;轴向分辨力;断层灵敏度曲线;图像噪声;影响因素

**【中图分类号】**R318;R811.1

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2020)05-0604-04

### Analysis of factors affecting MSCT axial resolution and image noise

DONG Xiaojun<sup>1</sup>, NIE Ting<sup>1</sup>, CHEN Zonggui<sup>1</sup>, YI Wenzhong<sup>2</sup>

1. Hunan University of Medicine, Huaihua 418000, China; 2. Imaging Center, the First People's Hospital of Huaihua City, Huaihua 418000, China

**Abstract: Objective** To explore the factors affecting multi-slice spiral CT (MSCT) axial resolution or section sensitivity profile (SSP) and image noise. **Methods** With the commonly-used abdominal scan mode, the templates of different diameters and different parameters, such as reconstruction layer thickness, pitch, voltage and reconstruction algorithm, were adopted for MSCT scanning, thereby statistically analyzing the effects of different parameters on SSP of cross-sectional images and image noise. **Results** When pitch and collimator width remained unchanged, the full-width at half-maximum (FWHM) of SSP obtained by different layer thicknesses and reconstruction algorithms remain basically the same ( $P>0.05$ ). When reconstruction algorithm and collimator width remain unchanged, the FWHM of SSP obtained by different pitches and layer thicknesses also remain basically the same ( $P>0.05$ ). With different collimator widths, the same pitch and the same layer thickness, the FWHM of SSP remained basically the same ( $P>0.05$ ). As the layer thickness and mAs increased, the image noise decreased ( $P<0.05$ ). With the increase of kV, image noise was decreased. There were significant differences in image noise when different reconstruction algorithms were adopted ( $P<0.05$ ). **Conclusion** Convolution reconstruction algorithm, pitch and collimator width have little effect on SSP, and pitch has trivial effect on image noise, while layer thickness, reconstruction algorithm, mAs and kV have significant effects on image noise. With the increases of layer thickness, mAs and kV, the image noise is decreased. The higher the resolution of the reconstruction algorithm is, the larger the image noise is.

**Keywords:** multi-slice spiral CT; axial resolution; section sensitivity profile; image noise; influence factor

### 前言

**【收稿日期】**2019-12-23

**【基金项目】**湖南省教育厅科学研究项目(16C1150)

**【作者简介】**董晓军,主治医师,研究方向:腹部影像学诊断及医学影像教学,E-mail: lvmaikou0314@163.com

**【通信作者】**易文中,教授,研究方向:腹部MRI诊断,E-mail: chenke16-0302@163.com

多排螺旋CT(MSCT)技术是传统断层成像技术新的突破,是在病人进行X射线匀速扫描时,X射线运动轨迹和运动床速度形成一条螺旋线,称为螺旋扫描,与常规CT扫描有着截然的区别<sup>[1-2]</sup>。做好MSCT影像质量控制、提高图像质量,对其图像噪声、轴向分辨力进行测试和评价显得非常重要,有利于MSCT在临床诊断工作中更好地发挥性能<sup>[3-4]</sup>。本研究对MSCT的轴向分辨力和噪声进行测试,并分析不

同参数下轴向分辨力和图像噪声的影响因素。

1 材料与方法

1.1 实验器材

GE公司64排CT,测试体模是美国体模实验室研制的,断层灵敏度曲线(SSP)测试体模和螺旋CT病灶检测体模见图1和图2。

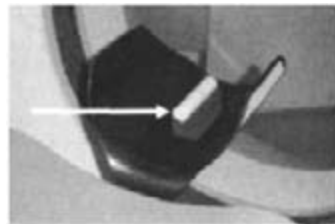


图1 SSP测试体模,内嵌金属丝(箭头)  
Fig.1 SSP test phantom, embedded with wires (arrow)

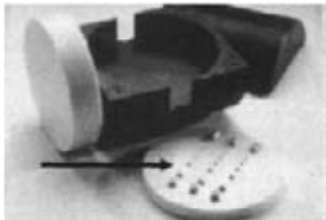


图2 螺旋CT病灶检测体模,箭头指示不同对比度和直径的模拟病灶  
Fig.2 Spiral CT lesion detection phantom and simulated lesions with different contrasts and diameters (arrow)

1.2 方法

1.2.1 测试方法 在64排螺旋CT机上,采用固定的毫安秒(mAs)大小对各测试体模分别进行扫描,扫描条件为腹部标准扫描。

1.2.2 轴向分辨力测试 SSP的半高宽(FWHM)是SSP 1/2最高幅值所对应曲线上两点间平行于横坐标的距离。临床上应用其表示纵轴分辨力反映的实际断层厚度。扫描时将检测体模固定于CT检查床中心,测试条件为120 kV,380 mAs;扫描野200 mm;螺距:0.60、0.75、1.00、1.50 mm,准直器宽度:32.0 mm×0.6 mm、24.0 mm×1.2 mm,卷积重建算法:平滑、标准、锐化;重建层厚0.60、0.75、1.00、1.50、2.00 mm。以每组图像所有测试值中的最大值归一处理后作为纵坐标,以对应图像所在的轴位作为螺旋CT扫描的横坐标,在此纵坐标和横坐标上将各点有顺序地连接起来得到一条曲线,即为SSP。

1.2.3 图像噪声测试 扫描参数使用临床常用的腹部扫描模式,参数设置为:层厚0.6、1.0、3.0、5.0、7.0、10.0 mm;视野(FOV):100 mm×100 mm、150 mm×150 mm、200 mm×200 mm;螺距:1.50、1.25、1.00、

0.75、0.50 mm;mAs:100、160、200;管电压:80、100、120、140 kV;重建算法:B30、B40smooth、B60、B70sharp。应用噪声测试的体膜上圆形感兴趣区对不同参数下的图像噪声进行检测,同时对检测结果进行记录分析。

1.3 统计学分析

采用SPSS 19.0软件对不同参数下断层图像SSP和图像噪声等数据进行处理,计数资料以率(%)表示,采用 $\chi^2$ 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 SSP测试结果

当螺距和准直器宽度保持不变,不同层厚和重建算法得到的SSP的FWHM基本保持不变( $P>0.05$ ,表1);当重建算法和准直器宽度保持不变,不同螺距和层厚得到的SSP的FWHM基本保持不变( $P>0.05$ ,表2);不同准直器宽度,同螺距和层厚得到的SSP的FWHM基本保持不变( $P>0.05$ ,表2~3)。

表1 不同重建算法和层厚的SSP的FWHM(mm)  
Tab.1 Full-width at half-maximum (FWHM) of slice sensitivity profiles (SSP) obtained by different reconstruction algorithms and reconstructed thicknesses (mm)

重建算法	层厚			
	0.60 mm	0.75 mm	1.00 mm	1.50 mm
锐化	0.86	0.85	1.09	1.45
标准	0.68	0.81	1.04	1.42
平滑	0.68	0.80	1.03	1.39

在准直器宽度32 mm×0.6 mm、螺距0.8条件下的测试结果。表中层厚为标称重建层厚

表2 不同螺距和层厚的SSP的FWHM(mm)  
Tab.2 FWHM of SSP obtained by different pitches and reconstructed thicknesses (mm)

螺距/mm	层厚		
	0.60 mm	1.00 mm	2.00 mm
1.50	0.71	0.95	1.85
1.00	0.67	1.02	1.92
0.75	0.68	1.03	1.90
0.50	0.65	0.99	1.89

在准直器宽度32 mm×0.6 mm,平滑算法条件下的测试结果

2.2 图像噪声测试结果

随着层厚、mAs的增加,图像噪声减小( $P<0.05$ ,

表4);随着kV增加,图像噪声随之减小,不同重建算法检测到的图像噪声存在显著差异( $P<0.05$ ,表5)。

表3 不同螺距和层厚的SSP的FWHM(mm)  
Tab.3 FWHM of SSP obtained by different pitches and reconstructed thicknesses (mm)

螺距/mm	层厚	
	2.0 mm	1.5 mm
1.50	2.09	0.95
1.00	2.12	1.02
0.75	2.13	1.03

在准直器宽度 24 mm×1.2 mm,平滑算法条件下的测试结果

表4 不同mAs和层厚的图像噪声比较  
Tab.4 Comparison of image noises at different mAs and reconstructed thicknesses

毫安秒/mAs	层厚					
	10 mm	7 mm	5 mm	3 mm	1 mm	0.6 mm
200	6.3	6.9	7.9	9.9	16.4	20.6
160	8.4	9.3	10.7	13.0	21.8	28.3
100	12.3	14.7	16.8	20.3	34.1	43.8

表5 不同重建算法、管电压的图像噪声  
Tab.5 Comparison of image noises at different pitches and tube voltages

管电压/kV	重建算法(smooth)			
	B30	B40	B60	B70
140	6.6	7.8	34.6	41.3
120	8.4	9.5	41.4	44.5
100	10.0	11.2	46.4	48.4
80	15.4	16.1	49.8	52.5

### 3 讨论

传统X线图像是X线束穿透某一部位的不同密度和厚度组织结构后的投影总和,是该穿透路径上各组织结构投影相互叠加在一起的影像<sup>[5]</sup>。CT图像从根本上克服了传统X线影像重叠的弊病,从而使医学影像学有了一个飞跃<sup>[6]</sup>。

通过查阅资料发现,MSCT图像质量评价参数与常规轴向CT的图像质量评价参数大致相同<sup>[7-8]</sup>。同时有学者将螺旋CT扫描的平面设置为X-Y平面,其中进行检查所用床的运动方向为长轴,用Z表示,发现MSCT在Z轴上的图像分辨率高低对图像质量的

影响大于常规轴向CT<sup>[9-10]</sup>。影响MSCT在Z轴上的图像分辨率大小的主要因素是重建断层厚度,得到了国际上公认。目前要对重建断层厚度进行评价的方法主要是测量其断层SSP<sup>[11]</sup>。本研究结果发现螺距、重建算法、准直器宽度对SSP虽然有一定影响,但不会对MSCT扫描得到的图像质量造成严重影响。本研究结果证明螺距、重建算法、准直器宽度对图像分辨力影响较小,不会对SSP的大小和形状造成较大影响,且FWHM与设定的重建层厚基本保持一致。

同一结构或组织的CT值在若干平均值范围上下随机分布,这种随机涨落叫噪声<sup>[12]</sup>。噪声的来源及影响因素很多,如探测器接受的光子数目、X线管电流、探测器的转换率、重建矩阵与像素大小等<sup>[13-18]</sup>。本研究结果显示,螺距对图像噪声影响很小,而层厚、重建算法、mAs、kV对图像噪声影响大,且层厚、mAs、kV增大,图像噪声减小,重建算法分辨率越高,图像噪声越大。分析其原因:重建层厚不同,相应的模体检测到的图像噪声大小也不一致。重建层厚越大,模体检测到图像噪声越小,反之则越大<sup>[19]</sup>。图像噪声与探测器接受的有效光子数成反比。研究发现mAs降低,探测器接受的有效光子数减少,图像的噪声越大,反之,图像噪声减小。当管电压提高或者不变的情况下,射线穿透力增加,从而使图像噪声减小。李金矿等<sup>[20]</sup>报道既往CT扫描诊断工作中只采用单一的管电压120 kV,而在腰椎或颅底CT扫描过程中采用管电压>120 kV,图像噪声更小,获得的图像质量更佳。

综上所述,MSCT扫描中,卷积重建算法、螺距和准直器宽度对SSP的影响很小,螺距对图像噪声影响很小,而层厚、重建算法、mAs、kV对图像噪声影响大。层厚、mAs、kV增大,图像噪声减小;重建算法分辨率越高,图像噪声越大。

### 【参考文献】

[1] 袁知东,冯飞,石桥,等.管电流调制技术结合多函数重建降低四肢骨关节MSCT辐射剂量的应用[J].中国CT和MRI杂志,2016,14(11):115-117.  
YUAN Z D, FENG F, SHI Q, et al. The application of multi-slice CT automatic tube-current modulation technique combine multiple reconstruction kernel to decrease the radiation dose of extremities and joints[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2016, 14(11): 115-117.  
[2] 罗锦文,邓义,何月明.低剂量低对比剂低张胃充气造影MSCT诊断胃肿瘤的临床研究[J].海南医学,2016,27(19):3182-3185.  
LUO J W, DENG Y, HE M Y. Clinical study of low-dose multi-dose spiral CT with low contrast agent and low inflated stomach in the diagnosis of gastric cancer[J]. Hainan Medical Journal, 2016, 27(19): 3182-3185.  
[3] 张庆,朱普和,吴宗山.多层螺旋CT图像质量与肾透明细胞癌诊断准确率的相关性研究[J].实用心脑血管病杂志,2018,26

- (z1): 279-281.
- ZHANG Q, ZHU P H, WU Z S. Correlation between the quality of multi-slice spiral CT images and the diagnostic accuracy of renal carcinoma[J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2018, 26(z1): 279-281.
- [4] PENG N, WANG X, ZHANG Z, et al. Diagnosis value of multi-slice spiral CT in renal trauma[J]. J Xray Sci Technol, 2016, 24(5): 1-7.
- [5] JIA G S, FENG G L, LI J P, et al. Using receiver operating characteristic curves to evaluate the diagnostic value of the combination of multislice spiral CT and alpha-fetoprotein levels for small hepatocellular carcinoma in cirrhotic patients [J]. Hepatobiliary Pancreat Dis Int, 2017, 16(3): 303-309.
- [6] 李元胃, 周洋, 尚乃舰, 等. 不同剂量64排CT增强扫描结合三维重建在胃癌应用中的图像质量研究[J]. 现代生物医学进展, 2017, 17(15): 2944-2948.
- LI Y Z, ZHOU Y, SHANG N J, et al. Different doses of 64 row CT enhanced scan combined with image quality of the application of 3D reconstruction in gastric carcinoma [J]. Progress in Modern Biomedicine, 2017, 17(15): 2944-2948.
- [7] LI M, CHEN Y, GAO Z, et al. Evaluation of the blood flow in common hepatic tumors by multi-slice spiral CT whole-liver perfusion imaging [J]. China Medical Abstracts (Internal Medicine), 2016, 37(1): 904-908.
- [8] 何宗喜, 陈飞, 李素平, 等. SPECT-CT肾动态显像图像质量常见影响因素分析[J]. 中国医学装备, 2017, 14(10): 29-32.
- HE Z X, CHEN F, LI S P, et al. Analysis of common influence factors for image quality of dynamic renography of SPECT-CT[J]. China Medical Equipment, 2017, 14(10): 29-32.
- [9] 叶玉芳, 潘宝根, 张淑倩, 等. 多层螺旋CT重建技术诊断双侧内耳复杂畸形并脑脊液耳漏一例[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2017, 52(4): 297-299.
- YE Y F, PAN B G, ZHANG S Q, et al. Reconstruction processing of multi-slice spiral CT in the diagnosis of complex bilateral inner ear malformation with cerebrospinal fluid otorrhea: one case report[J]. Chinese Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, 2017, 52(4): 297-299.
- [10] 王辉, 李平, 潘卫东, 等. 多层螺旋CT双期扫描与生长抑素受体显像在胰腺内分泌肿瘤诊断中的比较[J]. 中国医学科学院学报, 2016, 38(3): 312-317.
- WANG H, LI P, PAN W D, et al. Comparison of multislice spiral CT dual phase and somatostatin receptor scintigraphy in the diagnosis of pancreas neuroendocrine tumors [J]. Acta Academiae Medicinae Sinicae, 2016, 38(3): 312-317.
- [11] 钱根年, 陈自谦, 付丽媛, 等. 多层螺旋CT图像常见伪影的影响因素与解决方案[J]. 中国医学装备, 2017, 14(5): 18-22.
- QIAN G N, CHEN Z Q, FU L Y, et al. Discussion on influence factors of common artifact of MSCT images[J]. China Medical Equipment, 2017, 14(5): 18-22.
- [12] KIM S H, CHOI Y H, CHO H H, et al. Comparison of image quality and radiation dose between high-pitch mode and low-pitch mode spiral chest CT in small uncooperative children: the effect of respiratory rate [J]. Eur Radiol, 2016, 26(4): 1149-1158.
- [13] 肖太星. 多层螺旋CT"双低"扫描在冠状动脉成像中的临床应用[J]. 中国医疗设备, 2017, 32(3): 52-57.
- XIAO T X. Clinical application of coronary imaging with "double low" multi-slice spiral computed tomography angiography[J]. China Medical Devices, 2017, 32(3): 52-57.
- [14] 白玫, 刘彬, 郑钧正. 多排螺旋CT纵轴分辨力和图像噪声影响因素研究[J]. 中国医学影像技术, 2008, 24(7): 1110-1113.
- BAI M, LIU B, ZHENG J Z. Research on the parameters for impacting the ordinate/Z-axis resolution and image noise of multi-detector spiral CT[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2008, 24(7): 1110-1113.
- [15] ABUHAIMED A, MARTIN C J, DEMIRKAYA O. Influence of cone beam CT (CBCT) scan parameters on size specific dose estimate (SSDE): a Monte Carlo study [J]. Phys Med Biol, 2019, 64(11): 115002. DOI: 10.1088/1361-6560/ab0bc8.
- [16] NAKASHIMA D, ISHII K, NISHIWAKI Y, et al. Quantitative CT-based bone strength parameters for the prediction of novel spinal implant stability using resonance frequency analysis: a cadaveric study involving experimental micro-CT and clinical multislice CT[J]. Eur Radiol Exp, 2019, 3(1): 1. DOI: 10.1186/s41747-018-0080-3.
- [17] JUMRIAH A, SYAMSIR D, BUALKAR A, et al. Study of image quality, radiation dose and low contrast resolution from MSCT head by using low tube voltage[J]. J Phys Conf Ser, 2018, 979(1): 98-102.
- [18] PIERGALLINI L, SCOLA E, TUSCANO B, et al. Flat-panel CT versus 128-slice CT in temporal bone imaging: assessment of image quality and radiation dose[J]. Eur J Radiol, 2018, 106: 106-113.
- [19] 李远, 解学乾, 张皓, 等. 前瞻性心电门控单心动周期256排CT成像图像质量影响因素[J]. 中国介入影像与治疗学, 2018, 15(6): 369-373.
- LI Y, XIE X Q, ZHANG H, et al. Image quality and impact factors for single heart-beat coronary CTA using prospectively ECG-triggered 256-slice CT [J]. Chinese Journal of Interventional Imaging and Therapy, 2018, 15(6): 369-373.
- [20] 李金矿, 陈喜兰, 龚福林. 肠系膜上动脉夹层的MSCT血管成像[J]. 放射学实践, 2016, 31(12): 1223-1226.
- LI J K, CHEN X L, GONG F L. Analysis of multi-slice CT angiography in superior mesenteric artery dissection[J]. Radiologic Practice, 2016, 31(12): 1223-1226.

(编辑:黄开颜)