

## 西门子CT模拟机图像均匀性的长期稳定性分析

时飞跃<sup>1</sup>, 柏正璐<sup>2</sup>, 秦航<sup>2</sup>, 秦伟<sup>1</sup>, 林强<sup>2</sup>

1. 南京医科大学附属南京医院(南京市第一医院)肿瘤放疗中心, 江苏 南京 210006; 2. 南京医科大学附属南京医院(南京市第一医院)医疗设备处, 江苏 南京 210006

**【摘要】目的:**分析使用水模体进行日常质量检测的数据,评价西门子Sensation Open CT模拟机图像均匀性的长期稳定性。**方法:**使用水模体,调用日常质量检测程序Daily Quality Check,每月检测西门子Sensation Open CT模拟机,得到标称管电压120 kV和140 kV两种情形的CT图像,通过手动勾画和计算得到图像均匀性的数据。对2017年3月~2018年2月的CT图像均匀性数据进行统计学分析和比较研究。**结果:**在120 kV情形下,第1至第6层(层厚4.8 mm)图像均匀性值分别为:( $2.5\pm0.4$ )、( $2.8\pm0.6$ )、( $2.2\pm0.2$ )、( $1.5\pm0.7$ )、( $1.4\pm0.4$ )和( $1.0\pm0.3$ ) HU;在140 kV情形下,第1至第6层图像均匀性值分别为:( $2.0\pm0.2$ )、( $3.0\pm0.4$ )、( $1.5\pm0.5$ )、( $0.7\pm0.4$ )、( $0.5\pm0.2$ )和( $0.7\pm0.5$ ) HU。该CT模拟机的图像均匀性在这12个月内的变化很小,所有值均在0~4 HU内。**结论:**在12个月内,该西门子CT模拟机图像均匀性比较稳定,满足使用要求。层面位置是影响图像均匀性的因素之一。

**【关键词】**CT模拟机;图像均匀性;管电压;长期稳定性

**【中图分类号】**R811.1

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2018)09-1035-04

### Long-term stability of image uniformity for a SIEMENS CT simulator

SHI Feiyue<sup>1</sup>, BAI Zhenglu<sup>2</sup>, QIN Hang<sup>2</sup>, QIN Wei<sup>1</sup>, LIN Qiang<sup>2</sup>

1. Radiation Therapy Center, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, China; 2. Department of Medical Equipment, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, China

**Abstract: Objective** To analyze the data from routine quality assurance (QA) measurement using water phantom and assess the long-term stability of image uniformity for a SIEMENS Sensation Open CT simulator. **Methods** The SIEMENS Sensation Open CT simulator was tested monthly using a water phantom and Daily Quality Check program. The CT images under the nominal tube voltages of 120 and 140 kV were obtained. Then the values of image uniformity were obtained by manual delineation and calculation. Finally, statistical analysis and comparative study were conducted on the test data obtained between March 2017 and February 2018. **Results** Under the nominal tube voltage of 120 kV, the values of image uniformity for the first to sixth slices, with a slice thickness of 4.8 mm, were ( $2.5\pm0.4$ ), ( $2.8\pm0.6$ ), ( $2.2\pm0.2$ ), ( $1.5\pm0.7$ ), ( $1.4\pm0.4$ ) and ( $1.0\pm0.3$ ) HU, respectively; and under the nominal tube voltage of 140 kV, the corresponding values were ( $2.0\pm0.2$ ), ( $3.0\pm0.4$ ), ( $1.5\pm0.5$ ), ( $0.7\pm0.4$ ), ( $0.5\pm0.2$ ) and ( $0.7\pm0.5$ ) HU, respectively. In the 12 months, all the values of image uniformity were within 4 HU and only had little changes. **Conclusion** In a time period of 12 months, the image uniformity for SIEMENS CT simulator is relatively stable and meets the requirements for application. The slice position is one of the factors affecting the image uniformity.

**Keywords:** CT simulator; image uniformity; tube voltage; long-term stability

### 前言

随着精确放射治疗的发展进步,大孔径CT模拟

机在放疗单位中的应用越来越广泛<sup>[1-3]</sup>。放疗CT模拟机必须由物理师对其作定期的质量保证和质量控制检验,其目的是保证模拟定位过程的安全,精确设计和定位肿瘤靶区及周围的重要器官,并提供治疗计划剂量计算所需要的准确数据<sup>[4-6]</sup>。图像均匀性是评价CT设备成像质量的重要指标之一,是CT设备日常质量控制中的一项重要工作;放疗定位CT图像的优劣程度直接关系到放疗医师勾画肿瘤靶区的准确性,因此需要定期对放疗定位CT设备进行质量保

**【收稿日期】**2018-04-02

**【基金项目】**国家自然科学基金青年科学基金(81603674);江苏省自然科学基金青年基金(BK20161049)

**【作者简介】**时飞跃,博士,助理研究员,研究方向:肿瘤放射物理,E-mail: shifeiyue2013@126.com

**【通信作者】**秦航,高级工程师,研究方向:医疗设备的质量控制与管理,E-mail: 18951670885@189.cn

证和质量控制检验,从而满足临床图像的质量要求<sup>[4-5]</sup>。西门子CT模拟机配备了包含水模体的模体组以及专用质量控制程序,用于日常质量检测和稳定性测试,在前期工作中,我们已应用上述模体和日常质量检测程序对水的CT值、图像噪声和管电压的长期稳定性进行了分析及讨论<sup>[7]</sup>。目前国内对大孔径CT模拟机图像均匀性的长期稳定性鲜有报道,本研究对西门子Sensation Open CT模拟机在12个月内的日常质量检测数据进行分析,并对该CT模拟机图像均匀性的长期稳定性进行评价。

## 1 材料与方法

### 1.1 设备和模体

西门子SOMATOM Sensation Open CT模拟机,机架孔径82 cm,配备一台主机工作站、一台辅机工作站和一台Vsim工作站<sup>[7-8]</sup>。西门子厂家为该CT模拟机配备一套质量控制模体组,模体组包含水模体、断层厚度模体、电线模体和准线模体这4个部分。其中水模体的外直径为20 cm,玻璃壁厚约0.5 cm。在主机工作站上,系统有专门用于日常质量检测的程序Daily Quality Check,能够自动分析并保存日常质量检测的数据结果。

### 1.2 检测方法

西门子CT模拟机的日常质量检测程序,使用旋转扫描方式,有效层厚4.8 mm,每次旋转得到相邻的6层图像,每次扫描时间0.5 s,重建视野为250 mm,卷积核为S80f。系统对标称管电压120 kV和140 kV两种情形进行了测量,相应的管电流分别为250 mA和200 mA。

每月使用模体组对该CT模拟机进行日常质量检测,具体操作方法见文献<sup>[7]</sup>。测量结束后,系统自动将水的CT值、图像噪声和管电压的数据结果保存为PDF文件并放置在预设文件夹中。但是该程序不给出图像均匀性值,该值需要工作人员在CT图像上通过手动勾画和计算才能得到。

在西门子Syngo的Viewing界面,对每次测量得到的12张水模体CT图像(两种情形各6张),分别在模体中心和模体边缘的右、下、左、上区域(相当于钟表时针3、6、9、12时的方位),使用圆形勾画工具手动勾画5个面积为3.04 cm<sup>2</sup>、像素点数为1 276的感兴趣区域(Region of Interest, ROI)。系统给出每个ROI内像素的平均CT值,如图1所示。记中心ROI的平均CT值为 $\bar{x}$ ,分别计算周围4个ROI的平均CT值与 $\bar{x}$ 的偏差,最大偏差的绝对值记为 $|\Delta\bar{x}|_{\max}$ ,即CT图像均匀性值<sup>[9]</sup>。

勾画ROI时,为了增加手动勾画的一致性,本研究采用了如下技巧:(1)使用“View->Scalegrid”的菜单,借助网格线判断ROI的位置;(2)以一幅“稳定性测试”的CT图像(有程序自动勾画的5个ROI)为参照,在一幅日常质量检测程序的CT图像上勾画ROI,并作为勾画基准图像;(3)将勾画基准图像放入一个序列的CT图像中,然后通过拷贝的方法得到每幅CT图像上的5个ROI,并且不需要再调整位置。

### 1.3 统计学分析

在2017年3月~2018年2月内,共12个月,使用WPS表格对CT模拟机进行日常质量检测,并对得到的图像均匀性值进行统计学分析,得到在管电压120 kV和140 kV下每层数据的平均值、标准差、最大值、最小值和极差的值,从而研究图像均匀性的长期稳定性。

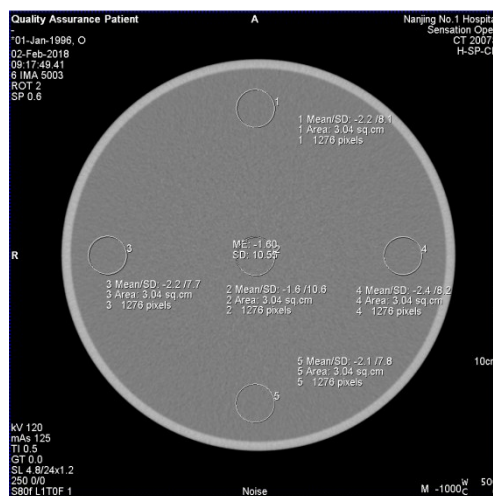


图1 手动勾画感兴趣区获取图像均匀性值示例

Fig.1 An example of manually delineating regions of interest to acquire value of image uniformity

## 2 结果

在管电压分别为120 kV和140 kV的情形下,水模体CT图像第1~6层(S1~S6)的图像均匀性值在12个月内的变化趋势见图2。表1和表2分别为两种情形下图像均匀性值的统计学数据。

## 3 讨论

由图2和表1、表2可见,该CT模拟机的图像均匀性值在12个月内的变化很小,所有值均在0 HU到4 HU的范围内,符合GB17589-2011报告中CT机检测均匀性偏差 $\leq 6$  HU的状态检测标准,同时也符合 $\leq 5$  HU的验收检测标准<sup>[10]</sup>。在120 kV情形下,S4的标准差和极差均为最大,分别为0.7 HU和2.1 HU;在

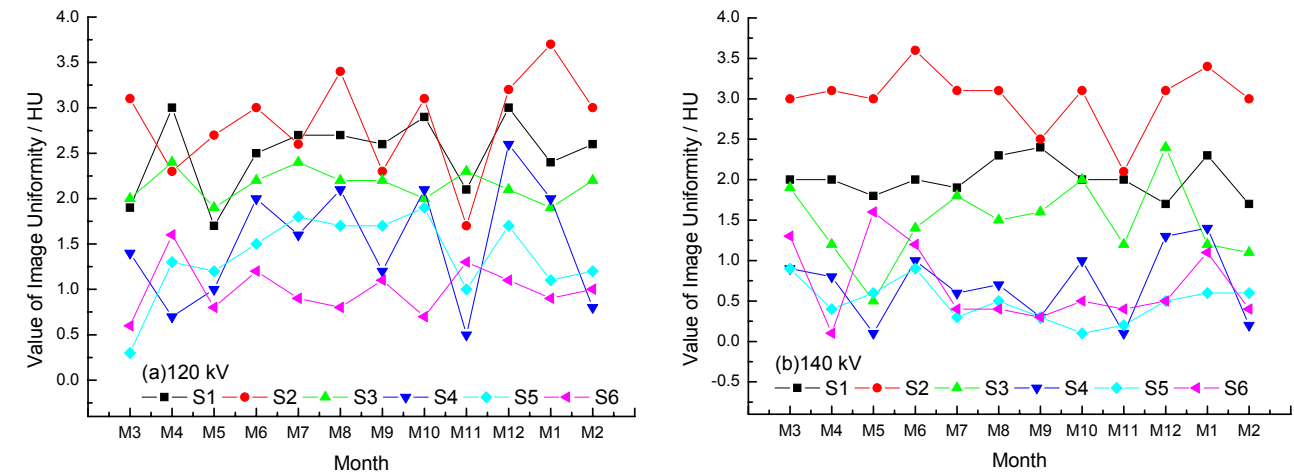


图2 两种情形图像均匀性在12个月中的变化趋势  
Fig.2 Variation trends of the image uniformity in 12 months

表1 120 kV 情形图像均匀性在12个月内的统计数据(HU)  
Tab.1 Statistical data of the image uniformity in 12 months under the tube voltage of 120 kV (HU)

Parameter	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Mean	2.5	2.8	2.2	1.5	1.4	1.0
Standard deviation	0.4	0.6	0.2	0.7	0.4	0.3
Maximum	3.0	3.7	2.4	2.6	1.9	1.6
Minimum	1.7	1.7	1.9	0.5	0.3	0.6
Range	1.3	2.0	0.5	2.1	1.6	1.0

表2 140 kV 情形图像均匀性在12个月内统计数据(HU)  
Tab.2 Statistical data of the image uniformity in 12 months under the tube voltage of 140 kV (HU)

Parameter	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Mean	2.0	3.0	1.5	0.7	0.5	0.7
Standard deviation	0.2	0.4	0.5	0.4	0.2	0.5
Maximum	2.4	3.6	2.4	1.4	0.9	1.6
Minimum	1.7	2.1	0.5	0.1	0.1	0.1
Range	0.7	1.5	1.9	1.3	0.8	1.5

140 kV 情形下,S3的标准差和极差均为最大,分别为0.5 HU 和1.9 HU。结合图2中S1~S6层的图像均匀性值的变化趋势,可见在12个月内该CT模拟机图像均匀性比较稳定。

由表1和表2的统计学分析数据可知,层面位置也是影响图像均匀性的因素之一,前三层(S1~S3)的图像均匀性差于后三层(S4~S6)的图像均匀性。图像均匀性值越小,表明CT图像均匀性越好。不同层面图像均匀性差异的原因,可能与不同位置探测器

的性能差异有关。CT设备的图像均匀性受很多因素的影响,如靶材料、探测器、重建算法以及扫描时的剂量等<sup>[11-13]</sup>。此外,所使用的水模体里水量是否充足,或是否含有杂质等也会影响图像均匀性的检测。在CT使用过程中,电子及机械部件的老化会导致图像质量的下降,也会影响图像均匀性,因此物理师定期测试图像均匀性等图像参数是非常必要的<sup>[14-15]</sup>。西门子、飞利浦等厂家的大孔径CT模拟机在肿瘤放射治疗中的应用越来越广泛<sup>[11, 14-16]</sup>。AAPM 83号报告建议,CT模拟机的图像均匀性偏差<5 HU<sup>[4-5]</sup>。为了确保放疗定位CT图像的质量,有利于放疗医师勾画肿瘤靶区以及物理师设计准确的放疗计划,定期进行CT模拟机图像均匀性的质量控制检测,是放疗质量控制的必要工作之一。卜羽等<sup>[17]</sup>将统计学方法及统计过程控制应用于CT图像均匀性数据的质量管理中,为肿瘤放疗患者提供更清晰的CT图像;杨克桢<sup>[18]</sup>提出了一种改进的CT值均匀性评价方法,期望能更全面、客观地评价断层图像整个重建视野内CT值的变化;Hobson等<sup>[19]</sup>使用ACR模体,检测包括图像均匀性的CT和CBCT的图像质量参数;Oliver等<sup>[20]</sup>使用Catphan模体,对Mobius AIRO移动式CT系统的图像质量进行检测,该系统适用于图像引导质子治疗;Tomic等<sup>[21]</sup>使用Catphan模体,对通用电气、飞利浦和东芝这3种大孔径CT模拟机的图像质量进行了测量和比较。

使用西门子提供的水模体,调用其稳定性测试程序对CT模拟机进行检测,程序能自动勾画图像中心及上下左右这5个位置的ROI,并给出5个ROI的平均CT值,再通过手动计算,得到图像均匀性值。但稳定性测试需要获取并输入账号密码,执行操作耗时较长,不适合日常质量控制检测。而本研究



的数据均来源于CT模拟机的日常质量检测所得的CT图像。日常质量检测程序中只能自动勾画每张图像中心区域的ROI,四周ROI需手动勾画。为保证每次勾画的ROI位置及大小一致,工作人员需花费较长时间。如果能在日常质量控制检测程序中添加稳定性检测中的自动勾画多个ROI的功能,则可节约工作人员的分析时间。此外,不论是稳定性检测还是日常检测,每次测量结束保存的图像文件都会覆盖前次测量的图像文件。为能连续保存每次质量控制检测结果,本研究在每次测量结束后,都将CT图像文件传输至其他电脑并保存,需要分析时再回传至主台工作站。如果厂家能针对上述问题改进其质量检测程序,将会更有利于检测CT设备的各种图像质量参数,从而更好地服务广大患者。

致谢:衷心感谢西门子郭强、余晓林在CT模拟机使用中提供的帮助和支持。

## 【参考文献】

- [1] 廖雄飞,黎杰,王培. CT模拟定位机的扫描参数对放疗计划系统剂量计算的影响[J]. 肿瘤预防与治疗, 2015, 28(1): 49-51.  
LIAO X F, LI J, WANG P. The effect of CT simulator scanning parameters on dose calculating in treatment planning system (TPS)[J]. Journal of Cancer Control and Treatment, 2015, 28(1): 49-51.
- [2] ABOU E S. Quality assurance for computed-tomography simulator: in home Z-phantom for mechanical tests of the couch and the gantry [J]. Chinese-German J Clin Oncol, 2013, 12(5): 237-242.
- [3] WU V, PODGORSK M B, TRAN T A, et al. Dosimetric impact of image artifact from a wide-bore CT scanner in radiotherapy treatment planning[J]. Med Phys, 2011, 38(7): 4451-4463.
- [4] MUTIC S, PALTA J R, BUTKER E K, et al. Quality assurance for computed-tomography simulators and the computed-tomography-simulation process: report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No.66[J]. Med Phys, 2003, 30(10): 2762-2792.
- [5] 邓小武,黄邵敏,祁振宇. CT模拟机的质量控制和质量保证检验[J]. 中国肿瘤, 2004, 13(9): 546-550.  
DENG X W, HUANG S M, QI Z Y. Quality control and quality assuring requirements of CT-simulator[J]. China Cancer, 2004, 13(9): 546-550.
- [6] 祁振宇,黄邵敏,邓小武. 放疗计划CT值的校准检测及其影响因素分析[J]. 癌症, 2006, 25(1): 110-114.  
QI Z Y, HUANG S M, DENG X W. Calibration of CT values used for radiation treatment planning and its impact factors[J]. Chinese Journal Cancer, 2006, 25(1): 110-114.
- [7] 时飞跃,柏正璐,秦伟. 西门子CT模拟机水的CT值、图像噪声和管电压的长期稳定性分析[J]. 中国医学物理学杂志, 2017, 34(12): 1232-1235.  
SHI F Y, BAI Z L, QIN W. Long-term stability of CT number of water, image noise and tube voltage for a SIEMENS CT-simulator [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2017, 34(12): 1232-1235.
- [8] 时飞跃,秦伟,陈飞,等. 碳纤维平板对水的CT值影响的研究[J]. 中国医疗设备, 2013, 28(3): 69-70.  
SHI F Y, QIN W, CHEN F, et al. Study on influence of carbon fibre plates on CT values of water[J]. Chinese Medical Devices, 2013, 28(3): 69-70.
- [9] 柏正璐,时飞跃,蒋红兵. 使用DoseLab检测CT图像均匀性的程序改进[J]. 中国数字医学, 2017, 12(12): 57-60.  
BAI Z L, SHI F Y, JIANG H B. Program improvement in DoseLab for testing CT image uniformity[J]. Chinese Digital Medicine, 2017, 12(12): 57-60.
- [10] 马桥,刘德明. 四川省CT机质量控制与辐射防护检测结果分析[J]. 职业卫生与病伤, 2015, 30(3): 161-163.  
MA Q, LIU D M. Detection and analysis on CT machine quality control and radiation protection in Sichuan province[J]. Journal of Occupational Health and Damage, 2015, 30(3): 161-163.
- [11] 甘晓根,徐子海,廖福锡,等. 西门子SOMATOM OPEN CT简介及在放射治疗中的优势[J]. 中国医疗设备, 2011, 26(3): 100-101.  
GAN X G, XU Z H, LIAO F X, et al. Introduction of Siemens SOMATOM OPEN CT system and its advantages in radiation therapy [J]. China Medical Devices, 2011, 26(3): 100-101.
- [12] 李锋坦,李东,张云亭. 管电压对CT值测量、辐射剂量及图像质量影响的模型研究[J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(5): 458-461.  
LI F T, LI D, ZHANG Y T. Influence of tube voltage on CT attenuation, radiation dose, and image quality: phantom study [J]. Chinese Journal of Radiology, 2013, 47(5): 458-461.
- [13] 彭文献,彭天舟,叶小琴,等. CT扫描参数对人体组织CT值影响的研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2010, 30(1): 79-81.  
PENG W X, PENG T Z, YE X Q, et al. Effect of CT scanning parameters on CT number [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2010, 30(1): 79-81.
- [14] 张富利,陈建平,郑明民. PHILIPS大孔径CT模拟机噪声测试研究[J]. 中国医疗设备, 2009, 24(1): 123-124.  
ZHANG F L, CHEN J P, ZHENG M M. Measurement of image noise for Philips large bore CT-simulator[J]. China Medical Devices, 2009, 24(1): 123-124.
- [15] 时飞跃,任军,吴正参,等. 西门子Sensation Open CT模拟机CT值稳定性分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2017, 26(12): 1407-1410.  
SHI F Y, REN J, WU Z C, et al. Study on constancy of CT numbers of SIEMENS Sensation Open CT-simulator[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2017, 26(12): 1407-1410.
- [16] BEEKSMA B, TRUANT D, HOLLOWAY L, et al. An assessment of image distortion and CT number accuracy within a wide-bore CT extended field of view[J]. Australas Phys Eng Sci, 2015, 38(2): 255-261.
- [17] 卜羽,高关心. CT图像均匀性数据的质量管理[J]. 中国医疗设备, 2017, 32(2): 47-50.  
BU Y, GAO G X. Quality control in uniformity of CT image data[J]. China Medical Devices, 2017, 32(2): 47-50.
- [18] 杨克怪. CT值均匀性评价方法研究[J]. 中国测试, 2016, 42(1): 7-11.  
YANG K C. A modified evaluation method for CT value uniformity [J]. China Measurement & Test, 2016, 42(1): 7-11.
- [19] HOBSON M A, SOISSON E T, DAVIS S D, et al. Using the ACR CT accreditation phantom for routine image quality assurance on both CT and CBCT imaging systems in a radiotherapy environment[J]. J App Clin Med Phys, 2014, 15(4): 226-239.
- [20] OLIVER J A, ZEIDAN O A, MEEKS S L, et al. The Mobius AIRO mobile CT for image-guided proton therapy: characterization & commissioning[J]. J Appl Clin Med Phys, 2017, 18(3): 130-136.
- [21] TOMIC N, PAPACONSTADOPOULOS P, ALDELAJIAN S, et al. Image quality for radiotherapy CT simulators with different scanner bore size[J]. Phys Med, 2018, 45: 65-71.

(编辑:谭斯允)