

西门子CT模拟机水的CT值、图像噪声和管电压长期稳定性分析

时飞跃¹, 柏正璐², 秦伟¹

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得到的数据,评价西门子 Sensation Open CT模拟机水的CT值、图像噪声和管电压的长期稳定性。**方法:**使用水模体,调用日常质量检测程序,每月检测西门子 Sensation Open CT模拟机,得到标称管电压120和140 kV两种情形水的CT值、图像噪声和管电压的检测数据。对2013年7月~2016年4月共34个月的检测数据进行统计分析。**结果:**120 kV情形:第1~6层(层厚4.8 mm)水的CT值分别为:(0.05 ± 0.47)、(0.75 ± 0.36)、(0.08 ± 0.50)、(-1.21 ± 0.46)、(-0.53 ± 0.45)、(-0.62 ± 0.45) HU。140 kV情形:第1~6层水的CT值分别为:(0.07 ± 0.50)、(1.01 ± 0.42)、(0.11 ± 0.41)、(-1.36 ± 0.51)、(-1.24 ± 0.38)、(-1.01 ± 0.45) HU。120和140 kV两种情形的图像噪声分别为(10.32 ± 0.05)、(9.42 ± 0.06) HU。标称管电压120 kV情形,检测到管电压值119.8 kV 28次,120.0 kV 6次;标称管电压140 kV情形,检测到管电压值139.8 kV 18次,139.6 kV 16次。**结论:**由统计数据可见,在34个月中,该西门子CT模拟机水的CT值、图像噪声和管电压比较稳定,满足使用要求。

【关键词】CT模拟机;水的CT值;图像噪声;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(2017)12-1232-04

Long-term stability of CT number of water, image noise and tube voltage for a SIEMENS CT-simulator

SHI Feiyue¹, BAI Zhenglu², QIN Wei¹

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 evaluate the long-term stability of the CT number of water, image noise and tube voltage for a SIEMENS Sensation Open CT-simulator by analyzing the data from routine quality assurance measurements using water phantom. **Methods** SIEMENS Sensation Open CT-simulator was tested monthly by a water phantom and routine quality assurance program. We obtained the CT number of water, image noise and tube voltage when the nominal tube voltages was 120 or 140 kV. Statistical analysis was conducted on the test data of 34 months from July 2013 to April 2016. **Results** At the nominal tube voltages of 120 kV, the CT number of water for the first to the sixed slice (slice thickness: 4.8 mm) were (0.05 ± 0.47), (0.75 ± 0.36), (0.08 ± 0.50), (-1.21 ± 0.46), (-0.53 ± 0.45) and (-0.62 ± 0.45) HU, respectively; and at 140 kV, the corresponding CT number of water for six slices were (0.07 ± 0.50), (1.01 ± 0.42), (0.11 ± 0.41), (-1.36 ± 0.51), (-1.24 ± 0.38) and (-1.01 ± 0.45) HU, respectively. The image noises at the nominal tube voltages of 120 and 140 kV were (10.32 ± 0.05) and (9.42 ± 0.06) HU. When the nominal tube voltage was 120 kV, we detected 28 times of 119.8 kV (tube voltage) and 6 times of 120.0 kV; when the nominal tube voltage was 140 kV, we detected 18 times of 139.8 kV and 16 times of 139.6 kV. **Conclusion** The statistical data shows that in the 34 months, the CT number of water, image noise and tube voltage for SIEMENS CT-simulator are stable and meet the operating requirements.

Keywords: CT-simulator; CT number of water; image noise; tube voltage; long-term stability

前言

【收稿日期】2017-09-25

【基金项目】江苏省高校自然科学研究面上项目(15KJB360004)

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

在现代精确放射治疗时代,大孔径CT模拟机得到了广泛应用^[1-3]。为了保证模拟定位过程的安全,精确设计和定位放疗靶区及周围的重要器官,并且提供治疗计划剂量计算所需要的准确数据,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^[4-6]。水的CT值和图像噪声的测量,是CT

设备(含放疗CT模拟机)质量控制和质量保证的重要内容^[5, 7-9]。管电压是CT设备电气性能参数检测的内容之一,管电压的变化会对CT值测量产生影响^[7, 10-11]。西门子CT模拟机配备了包含水模体的模体组以及专用质控程序用于日常质量检测和稳定性测试。目前,国内对于CT模拟机各项质控检测参数的长期稳定性鲜有报道。本工作,对西门子Sensation Open CT模拟机在34个月中的日常质量检测数据进行分析,评价该CT模拟机水的CT值、图像噪声和管电压的长期稳定性。

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,配备了一台主机工作站、一台辅机工作站和一台Vsim工作站,还配备了宽度53 cm、厚度3.2 cm的CIVCO碳纤维平板床^[12]。厂家为该CT模拟机配备的一套质控模体组,模体组包含水模体(Model No. 4806977)、断层厚度模体(Model No. 7396604)、电线模体(Model No. 8872215)和准线模体(Model No. 7396901)4个部分。其中水模体模块,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(Field of View, FOV)为250 mm,卷积核为S80f。系统对标称管电压120和140 kV两种情形进行了测量,相应的管电流分别为250和200 mA。在水的CT值的测量中,程序自动在每层图像的中心勾画半径 $R=10$ mm的兴趣区(ROI),计算该ROI内像素的平均CT值作为水的CT值;在图像噪声的测量中,系统自动在中间两层(第3层和第4层)的图像中心勾画半径 $r=40$ mm的ROI,对每个ROI计算该区域内像素CT值的标准差,然后把两个标准差值取平均得到图像噪声值。CT模拟机出束曝光时,在高压发生器内部通过分压电阻直接读取一个电压值。该电压值与管电压kV值有固定的比例关系,并且该电压值会被反馈到高压控制板并转换成数字信号,计算机通过该电压值可实时控制管电压kV值。在运行日常质量检测程序时,管电压的具体数值会被记录到质控报告的PDF文件中。

每月使用模体组对该CT模拟机进行日常质量

检测。首先将碳纤维CT平板床取下,然后用锁定钮将模体支架固定在检查床下面的插槽里,接着通过模体支架将模体组固定在检查床的头端,最后将检查床移入机架,打开定位灯,根据模体组上的参考标志将检查床调至适当的高度和位置。在CT控制室,调用日常质量检测程序,Setup(设置)→Quality(质量)。程序启动后,提示设置检查床至指定高度,点击OK按钮;对话框提示按START键开始扫描,则按动控制箱上的黄色启动键出束。系统自动对120和140 kV两种标称管电压的情形进行测量。测量结束后,系统自动将数据结果(水的CT值、图像噪声和管电压)保存为PDF文件并放置在预设文件夹中。

1.3 统计学方法

使用Excel对2013年7月~2016年4月共34个月的日常质量检测数据,进行统计分析,研究水的CT值、图像噪声和管电压3项参数的长期稳定性。

2 结果

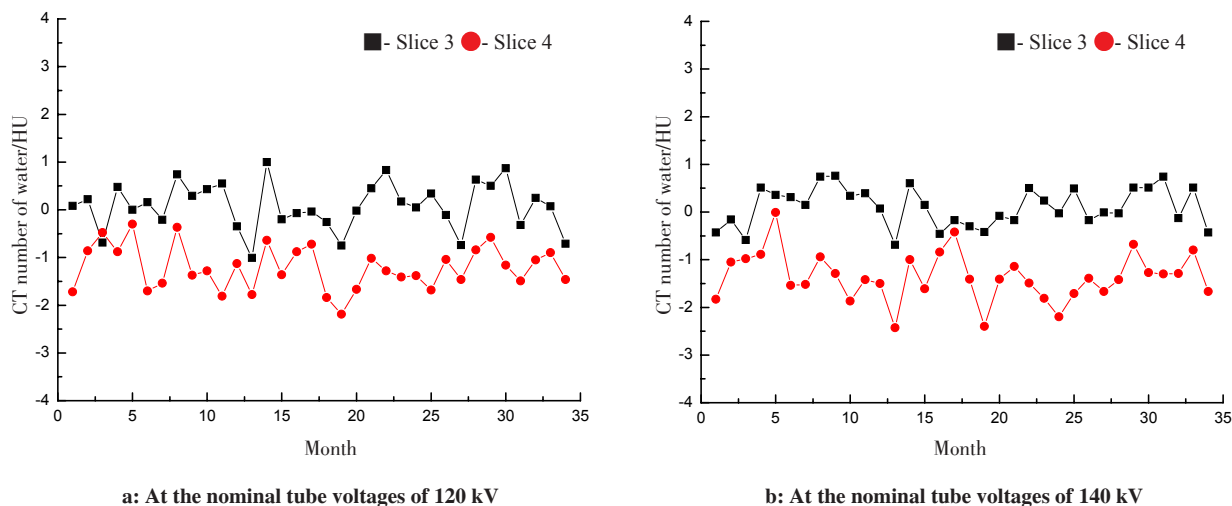
图1和图2分别为第3层、第4层图像水的CT值和图像噪声在34个月中的变化趋势。表1和表2所示分别为两种情形水的CT值(第1~6层, S1-S6)和图像噪声的统计数据。

两种情形管电压的数据如下:120 kV情形,检测到管电压值119.8 kV 28次,120.0 kV 6次;140 kV情形,检测到管电压值139.8 kV 18次,139.6 kV 16次。

3 讨论

由图1和表1、表2可见,水的CT值在34个月中的变化很小,所有水的CT值均在-3 HU到3 HU的范围内,符合美国医学物理学家学会(American Association of Physicists in Medicine, AAPM)83号报告中水CT值偏差 <5 HU的建议标准,也符合国际电工学会IEC 61223-3-5:2004的 <4 HU的标准。120 kV情形中S3的标准差最大,为0.50 HU, S5的极差最大,为2.14 HU;140 kV情形中S4的标准差最大,为0.51 HU, S4的极差最大,为2.42 HU。S3和S4水的CT值在34个月中的变化趋势见图1。由此可见,这34个月中,该CT模拟机水的CT值比较稳定。

由图2和表1、表2可见,图像噪声值在34个月中的变化也很小。120 kV情形和140 kV情形的图像噪声(平均值 \pm 标准差)分别为 (10.32 ± 0.05) 和 (9.42 ± 0.06) HU,两种情形的极差分别为0.19和0.24 HU。可见在这34个月中,该CT模拟机的图像噪声比较稳定。由管电压的数据可见,120和140 kV两种情形管电压相对于标称电压偏差很小,最大只有0.4 kV,说明管电压



a: At the nominal tube voltages of 120 kV

b: At the nominal tube voltages of 140 kV

图1 第3层和第4层图像水的CT值在34个月中的变化趋势

Fig.1 Variation trends of the CT number of water for slice 3 and slice 4 in 34 months

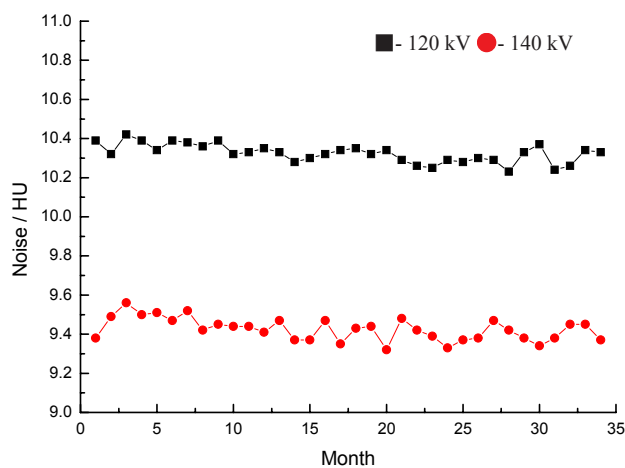


图2 图像噪声在34个月中的变化趋势

Fig.2 Variation trends of image noise in 34 months

在34个月中比较稳定。高对比分辨率、低对比可探测能力、CT剂量指数等指标也是CT设备质量保证与控制的重要内容,需要使用Catphan模体、CT剂量仪等进行测量,而本研究侧重于对使用西门子厂家提供的水模体和日常质量检测程序获得的长期数据进行分析,因此本文没有对上述指标进行分析讨论。

AAPM 83号报告建议,至少每天验证水的CT值的准确性,每个月和每次调整机器或更换主要部件后增加验证3~5种物质CT值的准确性^[4-5]。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^[12-14]。为了确保放疗计划剂量计算的准确性,定期进行CT值的校准或CT值与相对电子密度关系的校正,是CT模拟定位扫描质量控

表1 120 kV情形水的CT值和图像噪声34个月的统计数据(HU)

Tab.1 Statistical data of the CT number of water and image noise in 34 months at the nominal tube voltages of 120 kV (HU)

Statistical data	CT number of water						Image noise
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Mean±SD	0.05±0.47	0.75±0.36	0.08±0.50	-1.21±0.46	-0.53±0.45	-0.62±0.45	10.32±0.05
Maximum	0.80	1.41	1.00	-0.30	0.51	0.17	10.42
Minimum	-0.77	-0.23	-1.01	-2.19	-1.63	-1.66	10.23
Range	1.57	1.64	2.01	1.89	2.14	1.83	0.19

SD: Standard deviation

制的必要工作^[5,15]。

使用西门子提供的水模体,调用其日常质量检测程序对CT模拟机进行检测,操作非常方便,数据分析比较自动化,数据结果保存和读取也比较方

便。但是该程序中,所使用的扫描条件(例如管电流、层厚、卷积核等)和分析方法(ROI的大小)比较固定,不能更改,与GB 17589-2011《X射线计算机断层摄影装置质量保证检测规范》和放疗工作中常使用

表2 140 kV情形水的CT值和图像噪声34个月的统计数据(HU)

Tab.2 Statistical data of the CT number of water and image noise in 34 months at the nominal tube voltages of 140 kV (HU)

Statistical data	CT number of water						Image noise
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	
Mean±SD	0.07±0.50	1.01±0.42	0.11±0.41	-1.36±0.51	-1.24±0.38	-1.01±0.45	9.42±0.06
Maximum	0.84	2.05	0.76	-0.01	-0.62	-0.31	9.56
Minimum	-1.36	0.04	-0.69	-2.43	-1.93	-2.17	9.32
Range	2.20	2.01	1.45	2.42	1.31	1.86	0.24

的扫描设置有差异^[16]。例如放疗扫描协议常用的卷积核有H31、B30和B31,放疗CT图像常用层厚为3或5 mm。如果厂家的日常质量检测程序的参数设置能够考虑国标要求和放疗工作常用的条件,那么检测数据将更有意义。

致谢:衷心感谢西门子郭强工程师在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] WU V, PODGORSAK M, TRAN T, 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.
- [3] ABOU-ELENEIN H 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.
- [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 of Cancer, 2006, 25(1): 110-114.
- [7] 官照利,凌华浓,林英金,等. CT机建设与质量控制[J]. 中国医学装备, 2011, 8(7): 50-53.
- GONG Z L, LING H N, LIN Y J, et al. Construction and quantity control of CT equipment[J]. China Medical Equipment, 2011, 8(7): 50-53.
- [8] 莫利明,孙卫星,王清波,等. 区域性CT设备质量控制规范与方法研究[J]. 中国医学装备, 2011, 8(12): 9-19.
- MO L M, SUN W X, WANG Q B, et al. Study on specifications and methods for quality control of regional CT devices[J]. China Medical Equipment, 2011, 8(12): 9-19.
- [9] 王鹏,万胜平,王云芳. 浅谈CT的安装验收与维护[J]. 中国医疗设备, 2012, 27(2): 145-146.
- WANG P, WAN S P, WANG Y F. Discussion on installation, acceptance and maintenance of spiral CT [J]. China Medical Devices, 2012, 27(2): 145-146.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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 Device, 2011, 26(3): 100-101.
- [13] 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.
- [14] 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 Med, 2015, 38(2): 255-261.
- [15] 李宾,王川健,朱仔运,等. 海南省CT机质量控制和放射防护检测结果分析[J]. 中国职业医学, 2017, 44(5): 622-624.
- LI B, WANG C J, ZHU Z Y, et al. Analysis on results of quality control and radiation protection test of the CT machines in Hainan province[J]. China Occupational Medicine, 2017, 44(5): 622-624.
- [16] 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.

(编辑:薛泽玲)