

论 著

西门子CT模拟机水的CT值和图像噪声的短期稳定性分析*

彭明洋¹ 赵紫婷² 时飞跃^{3,*}
秦 伟³ 魏晓为³

- 1.南京医科大学附属南京医院(南京市第一医院)医学影像科 (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)
- 3.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)

【摘要】目的 利用CT模拟机(西门子Sensation Open),分析水模体日常质量检测多次重复实验的结果,评价水的CT值和图像噪声的短期稳定性。方法 使用与西门子CT模拟机配套的水模体,调用日常的质量检测(DQC)程序进行质控检测。DQC程序使用标称管电压120 kV和140 kV两种检测条件。通过质控检测,得到两种条件下水的CT值和图像噪声在30分钟内的10次检测数据,进行统计分析和比较研究。结果 120kV条件,第1至6层(S1-S6)水的CT值(单位: HU)分别为: 0.94 ± 0.34 , 1.66 ± 0.30 , 0.87 ± 0.37 , -0.83 ± 0.34 , 0.3 ± 0.42 , 0.29 ± 0.45 。140 kV条件,第1至6层水的CT值(单位: HU)分别为: -0.26 ± 0.45 , 0.64 ± 0.37 , -0.14 ± 0.31 , -2.09 ± 0.33 , -1.33 ± 0.34 , -1.35 ± 0.31 。120kV与140kV条件第1至6层水的CT值在10次检测中的变化范围分别为(0.21~1.28)HU、(-1.23~-0.30)HU,第1次测量结果显著大于其余各次。120 kV和140 kV条件图像噪声(单位: HU)分别为 10.23 ± 0.03 , 9.37 ± 0.04 。结论 由数据分析可见,该西门子CT模拟机水的CT值和图像噪声有较好的短期稳定性,但水的CT值在短时间内,随检测次数的增加呈下降趋势。

【关键词】CT模拟机; 水的CT值; 图像噪声; 短期稳定性

【中图分类号】R445.3

【文献标识码】A

【基金项目】江苏省自然科学基金面上项目 (BK20181118)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.11.061

Analysis of Short-Term Stability of CT Number of Water, Image Noise and Tube Voltage for A SIEMENS CT-Simulator*

PENG Ming-yang¹, ZHAO Zi-ting², SHI Fei-yue^{3,*}, QIN Wei³, WEI Xiao-wei³.

1.Department of Medical Radiology, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, Jiangsu Province, China

2.Department of Medical Equipment, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, Jiangsu Province, China

3.Radiation Therapy Center, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the short-term stability of CT number of water and image noise for a SIEMENS CT-simulator, by analyzing the results of repeated experiments of daily quality check measurements using the water phantom. **Methods** The SIEMENS Sensation Open CT-simulator is tested 10 times within 30 minutes using a water phantom and the daily quality check (DQC) program, from which data of CT number of water and image noise for two cases with nominal tube voltages of 120 kV and 140 kV are obtained. Statistical analysis and comparison were conducted on the test data. **Results** In case 120 kV, data of CT number of water(unit: HU)for the 1st-6th slice are 0.94 ± 0.34 , 1.66 ± 0.3 , 0.87 ± 0.37 , -0.83 ± 0.34 , 0.3 ± 0.42 , and 0.29 ± 0.45 respectively; and in case 140 kV, corresponding values(unit: HU) are -0.26 ± 0.45 , 0.64 ± 0.37 , -0.14 ± 0.31 , -2.09 ± 0.33 , -1.33 ± 0.34 , and -1.35 ± 0.31 respectively. The deviation range of CT value of water in the two cases is (0.21~1.28)HU、(-1.23~-0.30)HU respectively, and the results of the first measurement are significantly greater than the others. In Case 120 kV and Case 140 kV, data of image noise are (10.23±0.03)HU and (9.37±0.04)HU respectively. **Conclusions** It can be seen from the statistical data that the SIEMENS CT-simulator in our department have good short-term stability of CT number of water and image noise. But the CT number of water tends to decrease with the increase of short-interval test times.

Keywords: CT-Simulator; CT Number of Water; Image Noise; Short-Term Stability

大孔径CT模拟定位机是现代精确放射治疗必不可少的设备^[1-2]。CT模拟机须由物理师定期做质量保证与质量控制检测,以保证放疗模拟定位过程的安全与放疗计划剂量计算的准确性。CT设备质控检测中,水的CT值和图像噪声其中的重要内容^[3-4]。此前,本部门已对西门子CT模拟机水的CT值和图像噪声的长期稳定性进行了研究^[5]。国内目前对于放疗CT模拟机长期图像质量参数的稳定性有相关的报道,但是对水的CT值和图像噪声的短期稳定性未见报道^[6]。因此,本研究对大孔径的CT模拟机(西门子Sensation Open)水CT值和图像噪声的短期稳定性进行数据检测并分析评价。

1 资料与方法

1.1 设备和模体 机架孔径820 mm的一台西门子SOMATOM Sensation Open CT模拟机。西门子厂家提供了一套质控模体组用于该CT模拟机的质控检测。该质控模体组中包含的水模体模块为Model No. 4806977,外直径为200 mm,玻璃壁厚约5 mm,其中充满水。主机工作站内有日常的检测质量程序(Daily Quality Check, DQC),该程序能够自动分析扫描得到的模体图像,并输出PDF文档报表^[5,7]。

1.2 检测方法 调用DQC检测程序,该程序扫描方式为螺旋扫描,扫描时间0.5s,有效层厚4.8 mm,重建视野250mm,卷积核S80f,检测并记录标称管电压在120kV与140 kV两种条件(分别对应管电流250mA与200mA)的结果。每次扫描获得相邻的6层图像,分别标记这6层图像的编号S1、S2、…、S6^[7]。程序自动在每层图像的中心勾画半径10mm的圆形感兴趣区,计算该区域内像素的平均CT值作为水的CT值;在中间两层S3和S4的图像中心勾画半径40mm的圆形感兴趣区,计算该区域内像素的CT值的标准差,将两层计算结果的均值作为图像噪声值^[7-8]。

质控检测前取下CIVCO碳纤维平板床,使用L形支架将模体组固定在凹面检查床末端。调节检查床的高度和位置,使内置定位激光灯与模体组的参考标记重合。在控制室电脑上,通过Setup(设置)、Quality(质量),调用日常检测质量程序,并根据提示开始扫描。测量结束后,到预设文件夹中找到PDF文件报表,报表中包含两种条件下水的CT值、图像噪声、实际管电压等数据。将上述扫描过程重复10次,每次平间隔约2分钟(间隔时间范围在2~4分钟),在30分钟内完成。根据10组数据分析水的CT值和图像噪声的短期稳定性。

1.3 统计分析 使用SPSS 20.0软件,对10组日常质量检测数据进行统计分析。采用Wilcoxon检验配对比较水的CT值在不同测量次序之间的差异,以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

120kV条件, S1-S6层水的CT值(单位: HU)分别为: 0.94 ± 0.34 , 1.66 ± 0.3 , 0.87 ± 0.37 , -0.83 ± 0.34 , 0.3 ± 0.42 , 0.29 ± 0.45 。140 kV条件, S1-S6层水的CT值

【第一作者】彭明洋,男,主治医师,主要研究方向:腹部影像诊断。E-mail: 605602804@qq.com

【通讯作者】时飞跃,男,副研究员,主要研究方向:肿瘤放射物理。E-mail: shifeiyue2013@126.com

(单位: HU)分别为: -0.26 ± 0.45 , 0.64 ± 0.37 , -0.14 ± 0.31 , -2.09 ± 0.33 , -1.33 ± 0.34 , -1.35 ± 0.31 。120 kV和140 kV两种情况下, 6个层面水的CT值的均值在10次检测中的变化趋势如图1所示。两种条件S1-S6水的CT值均值的变化范围分别为(0.21~1.28) HU、(-1.23~-0.30) HU。以图像噪声值为纵坐标, 测量次序(M1~M10)为横坐标, 得到如图2所示的两种条件下图像噪声随测量次数的变化趋势, 120kV与140kV条件10次测量数据变化范围分别为(10.18~10.26)HU、(9.32~9.43)HU。具体数据列于表1。

对水的CT值的各次测量结果进行两两比较, Wilcoxon检验结果显示: 首次测量所得水的CT值均大于其余9次(Z值分别为-2.237, -2.903, -2.904, -3.059, -3.059, -3.059, -3.059, -3.059, -3.061), 差异具有统计学的意义($P < 0.05$)。

3 讨论

以CT模拟定位扫描为基础的精确放疗, 已成为现代放射治疗的主流。CT模拟定位扫描是三维适形放疗、调强放疗和立体定向放射治疗的关键环节^[9-10]。作为专用于放射治疗的虚拟模拟扫描设备, 大孔径CT模拟定位机不仅要求高质量图像, 还要有较高的稳定性和准确性^[11]。为保证模拟定位过程的安全与放疗计划剂量计算的准确性, 须由物理师定期对放疗CT模拟定位机进行质量保

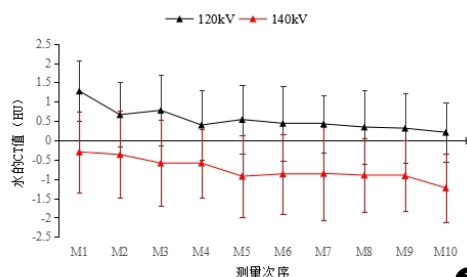


图1 120kV与140kV条件水的CT值随测量次数的变化。

表1 120kV和140kV条件水的CT值(S1-S6)与图像噪声的10次测量统计数据(单位: HU)

测量次序	水的CT值(HU)		噪声(HU)	
	120kV	140kV	120kV	140kV
M1	1.28±0.78	-0.30±1.05	10.24	9.34
M2	0.67±0.84	-0.37±1.13	10.18	9.43
M3	0.78±0.91	-0.59±1.11	10.25	9.32
M4	0.40±0.89	-0.59±0.88	10.20	9.40
M5	0.54±0.89	-0.93±1.06	10.25	9.35
M6	0.44±0.97	-0.87±1.03	10.22	9.37
M7	0.43±0.75	-0.86±1.2	10.24	9.41
M8	0.35±0.94	-0.9±0.96	10.21	9.35
M9	0.32±0.90	-0.92±0.92	10.21	9.37
M10	0.21±0.77	-1.23±0.88	10.26	9.4

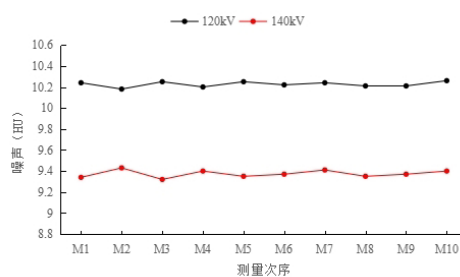


图2 120kV与140kV条件噪声值随测量次数的变化

证(QA)与质量控制(QC)检测。其中, 定期进行水的CT值和图像噪声值测量是CT模拟定位扫描QA和QC的必要工作^[12]。CT模拟机所采集的影像资料将被用于放疗计划设计和基于组织不均匀性修正的剂量分布计算^[13-14], 图像CT值的准确性将直接影响放疗计划系统剂量计算准确性^[15], 图像噪声可以影响图像的质量, 是其敏感因素^[16], 降低图像的噪声能提升肿瘤及正常组织轮廓勾勒的准确度^[17]。因此, 水的CT值及图像噪声的稳定性对于放疗定位及后续工作至关重要。

根据AAPM TG-66号报告^[18]的建议, 水的CT值与基线值相差 ± 5 HU以内, 图像噪声与厂家的产品指标相差 $\pm 10\%$ 以内。由表1可见, 水的CT值在短时间内的多次重复测量结果变化很小, 在 ± 3 HU的范围内, 符合上述标准。两种条件图像噪声的10次测量结果变化范围分别为(10.18~10.26)HU和(9.32~9.43)HU。西门子厂家在两种测试条件下, 水模体图像中的噪声验收范围分别为(9.56~11.44)HU和(8.82~10.96)HU, 测试结果与该标准相符。

由图1可见, 两种条件下, 6层水的CT值的均值的10次测量结果呈现明显的下降趋势, 120 kV与140 kV条件S1-S6水的CT值在10次检测中的变化范围分别为(0.21~1.28)HU、(-1.23~-0.30)HU, 极差分别为1.07 HU和0.93 HU。结合表1与统计结果可知第一次测量所得水的CT值显著大于其余各次测量结果。分析上述下降趋势的原因, 可能与球管连续出束导致过热有关, 深入的原因分析有待后续进一步的深入研究。由图2可见, 图像噪声在10次测量内的变化较小, 两种条件的图像噪声分别为(10.23±0.03)HU、(9.37±0.04)HU, 极差分别为0.08 HU和0.11 HU。密度的(低对比度)分辨率、空间的高(高对比度)分辨率、CT-电子密度曲线等也是CT模拟定位机质量保证与控制的重要内容, 需要使用Catphan模体、电子密度模体进行测量^[19-20], 本研究重点分析利用西门子厂家提供的水模体及日常检测质量程序获得的短期数据, 故未将上述指标纳入分析讨论。

综上所述, 使用西门子提供的水模体及DQC程序对CT模拟机进行检测, 短期测量结果在总体上比较稳定, 但随检测次数增加, 水的CT值在120kV条件下有下降趋势, 且第1次与第10次的测量结果有显著统计学差异; 图像噪声在10次测量内的变化较小, 从整体上140 kV的图像噪声值低于120 kV的图像噪声值。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 时飞跃, 柏正璐, 秦伟. 西门子CT模拟机水的CT值、图像噪声和管电压长期稳定性分析[J]. 中国医学物理学杂志, 2017, 34(12): 1232-1235.
- [6] 时飞跃, 柏正璐, 秦航, 等. 西门子CT模拟机图像均匀性的长期稳定性分析[J]. 中国医学物理学杂志, 2018, 35(9): 1035-1038.
- [7] 蒋志伟, 霍新颖, 时飞跃, 等. 层面位置对西门子CT模拟机图像噪声的影响[J]. 中国医疗设备, 2020, 35(3): 64-66, 83.
- [8] 时飞跃, 王敏, 秦伟, 等. DoseLab软件检测CT图像噪声的程序改进及应用分析[J]. 中国医学物理学杂志, 2021, 38(3): 327-330.
- [9] 陈立新, 李文杰, 黄晓延, 等. 治疗计划系统中CT值及图像质量保证的若干问题讨论[J]. 中国医学物理学杂志, 2003, 20(4): 193-196, 206.
- [10] 牛保龙, 戴正昆, 张宏, 等. 不同CT模拟定位条件对射波刀图像引导头部位系统误差的影响研究[J]. 中国医学装备, 2019, 16(2): 23-27.
- [11] Garcia-Ramirez J L, Mutic S, Dempsey J F, et al. Performance evaluation of an 85-cm-bore X-ray computed tomography scanner designed for radiation oncology and comparison with current diagnostic CT scanners[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2002, 52(4): 1123-31.
- [12] 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.
- [13] 高立权, 孙小喆, 刘智慧. CT-电子密度转换曲线的采集校正及对治疗计划剂量计算的影响[J]. 医疗卫生装备, 2016(2): 103-105.
- [14] 吴先想, 郭红博, 费振乐, 等. CT值相对电子密度转换关系影响因素及其对剂量计算的影响分析[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(2): 157-162.
- [15] 殷旭君, 王新, 李夏南, 等. 低剂量迭代重建技术在放疗定位图像中的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2020, 37(2): 145-152.
- [16] 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.
- [17] 李定杰, 刘如, 毛荣虎, 等. 不同CT扫描条件模拟定位对放射治疗计划的影响[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2012, 19(20): 1579-1581.
- [18] 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.
- [19] 曾华驱, 温尊北, 陈宗友, 等. 西门子大孔径CT模拟定位机的稳定性测试[J]. 中国医疗设备, 2019, 34(10): 37-40.
- [20] 殷旭君, 李富华, 王新, 等. 大孔径CT图像质量保证的自动化方法研究[J]. 中国医学装备, 2017, 14(5): 14-18.

(收稿日期: 2020-04-25)

(校对编辑: 姚丽娜)