

320 台 CT 设备性能和机房防护检测结果分析

朱维杰¹, 徐辉², 韩浚³, 俞君³, 陈娟¹

1. 北京大学医学部公共卫生学院, 北京 100191;
2. 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所; 3. 北京市疾病预防控制中心北京市预防医学研究中心

摘要: **目的** 对北京市现有 CT 设备的性能和机房防护情况进行检测并进行分析, 为进一步提高北京市 CT 设备性能和机房防护合格率, 促进北京市 CT 设备合理配置提供参考。**方法** 按照 GB 17589—2011《X 射线计算机断层摄影装置质量保证检测规范》规定的检查项目、要求及其检测方法, 对北京市 320 台 CT 设备进行性能状态检测。按照 GBZ 130—2013《医用 X 射线诊断放射防护要求》规定的要求和方法, 对 320 台 CT 设备机房进行防护检测。检测结果采用 SPSS 20.0 软件进行统计分析。**结果** 通过对 320 台 CT 设备性能和机房防护检测结果的统计分析, 发现北京市 CT 设备性能检测合格率和机房防护检测合格率较高, 均达到 99.7%, CT 设备中≥64 排 CT 比例比以往明显提高。在进口 CT 和国产 CT 的两项重要指标对比中, 进口 CT 在高对比分辨率(高对比算法)优于国产 CT($P=0.03$), 而国产 CT 在低对比可探测能力上优于进口 CT($P=0.03$)。**结论** 北京市 CT 设备性能和机房防护检测合格率均较高, 归功于持续监测和不断推进新的监督措施, 如开展“医用辐射监测网”和医院“稳定性检测”等, 未来需继续推进相关工作。在 CT 设备配置优化上, 可根据实际情况适当引入国产 CT 设备, 并通过购置≥64 排 CT 提高工作效率。

关键词: 计算机断层摄影装置(CT); 质量控制检测; 高对比分辨率; 低对比可探测能力

中图分类号: R144 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2019)06-0653-03

Analysis of 320 CTs' performance test and radiation protection test

ZHU Weijie¹, XU Hui², HAN Jun³, YU Jun³, CHEN Juan¹

1. Peking University, School of Public Health, Beijing 100191 China;
2. National Institute for Radiological Protection, China CDC; 3. Beijing Center for Disease Prevention and Control

Abstract: **Objective** To detect and analyze the performance and protection quality control of CT equipment in Beijing, and provide reference for improving the performance and protection quality of CT equipment and promoting the reasonable allocation of CT equipment in Beijing. **Methods** 320 CT equipment in Beijing were detected for performance status and radiation level respectively according rules and standards in GB 17589—2011 “Specifications for quality assurance test for computed tomography X-ray scanners” and GBZ 130—2013 “Requirements for radiological protection in medical X-ray diagnosis”. SPSS 20.0 software was used for analysis. **Results** The testing results of 320 CT equipment's performance and protection quality showed that the qualified rate of performance test and protection test was both 99.7%, and the proportion of ≥64 rows CT increased by years. The comparison between imported CT and domestic CT revealed that, the high contrast resolution (high contrast algorithm) of imported CT was better than domestic CT ($P=0.03$), while the low contrast detectability index of domestic CT was better than imported CT ($P=0.03$). **Conclusion** The qualified rate of CT equipment's performance and protection quality in Beijing was high, which should be credited to the persistently monitoring and constantly updated measures, such as “constancy test” and “networks monitoring”. To optimize the CT equipment's allocation and improve the work efficiency, increasing the proportion of domestic CT and ≥64 rows CT could be considered.

Key words: Computed Tomography (CT); Quality Control Testing; High Contrast Resolution; Low Contrast Detectability

Corresponding author: CHEN Juan, E-mail: chenjuan@bjmu.edu.cn

随着临床上 CT(Computed Tomography)检查被越来越广泛的应用,其设备性能和防护检测也愈发引起人们的重视。近年来,全国各级检测机构持续开展相关检测和研究,为提高我国 CT 机设备性能和机房防护效果提供了科学数据支持^[1-4],也为建立适合我国国民体质特征的 CT 诊断参考水平提供了依据^[5]。本研

作者简介:朱维杰(1984—),男,四川广汉人,从事辐射防护工作。E-mail:santageorge@163.com
通讯作者:陈娟,E-mail:chenjuan@bjmu.edu.cn

究检选了 2018 年北京市 320 台 CT 的设备性能和机房防护检测结果,掌握了在 GB 17589—2011《X 射线计算机断层摄影装置质量保证检测规范》、GBZ 130—2013《医用 X 射线诊断放射防护要求》^[6-7]标准运用下北京市 CT 设备的性能和防护现状,进而探讨提高北京市 CT 设备性能和防护的措施,促进北京市 CT 设备合理配置。

1 材料与方法

- 1.1 对象 北京市 2018 年 320 台正在使用的 CT 设备。
- 1.2 仪器 利用美国 FLUKE 公司的 Raysafe X2 型综合评价系统、美国模体实验室 Catphan500 CT 性能模体、嵌套式 CT 剂量模体、悬挂式水模体对 CT 的性能进行检测。利用白俄罗斯 ATOMTEX 公司生产的 AT1121 型剂量仪进行场所防护检测。综合评价系统和钢尺均经中国计量科学研院校准。
- 1.3 方法 按照 GB 17589—2011《X 射线计算机断层摄影装置质量保证检测规范》规定的检查项目、要求及其检测方法,对 CT 设备进行状态检测。按照 GBZ 130—2013《医用 X 射线诊断放射防护要求》规定的要求和方法,对 CT 设备机房防护进行检测。
- 1.4 统计学处理 描述性统计,进口和国产 CT 设备的检测项目数据比较采用非参数 Mann-Whitney U 检

验,通过 SPSS 20.0 软件进行分析。

2 结果

2.1 2018 年北京市 CT 设备配置现况 共检测医疗机构 168 家,CT 设备 320 台。168 家机构在用 CT 设备统计见表 1。从 CT 设备生产厂家看,占比最多的前三家厂商都是进口厂商,分别为通用,西门子和飞利浦,其中通用公司的 CT 设备占比高达 40.9%,进口 CT 总计 304 台。而国产 CT 设备厂商均排位靠后,三家国产厂商合计占比仅为 5%,总计 16 台。说明北京市在用 CT 设备以进口 CT 设备为主。320 台 CT 设备中,<64 排 CT 为 135 台,≥64 排 CT 为 185 台,比例为 73:100。

表 1 2018 年北京市检测 320 台 CT 设备情况表

厂家		≥64 排 CT	<64 排 CT	总计	构成比
通用	进口	83	48	131	40.9%
西门子	进口	51	40	91	28.4%
飞利浦	进口	36	20	56	17.5%
东芝	进口	11	15	26	8.1%
联影	国产	4	8	12	3.8%
东软	国产	-	3	3	0.9%
深圳安科	国产	-	1	1	0.3%
总计		185 (57.8%)	135 (42.2%)	320	-

2.2 320 台 CT 设备的性能检测结果

表 2 2018 年北京市检测 320 台 CT 设备性能检测结果

检测项目		检测要求	判定标准	合格台数	合格率	平均值	标准差
诊断床定位精度	定位	±2 mm		320	100%	0.44	0.29
	归位	±2 mm		320	100%	0.09	0.37
定位光精度	-	±3mm		320	100%	0.27	0.50
重建层厚偏差	s≥8 mm	15%		256	100%	-4.04	4.20
	8 mm>s>2 mm	30%		320	100%	-4.60	6.69
	s≤2 mm	50%		316	100%	3.12	11.46
CTDI _w /mGy	头部模体	与厂家说明书指标相差±15%内,若无说明书技术指标参考,应≤50		320	100%	43.83	3.96
	体部模体	与厂家说明书指标相差±15%内,若无说明书技术指标参考,应≤30		320	100%	23.70	4.53
CT 值(水)	水模体	±6 HU		320	100%	0.17	2.28
均匀性	水或等效水均匀模体	±6 HU		320	100%	0.88	2.01
噪声	水模体,中心剂量不大于 50 mGy,	<0.45%		320	100%	0.29	0.06
高对比分辨力	常规算法	>5.0 lp/cm		319	99.7%	6.94	0.45
	CTDI _w <50 mGy						
	高对比算法	>10 lp/cm		320	100%	11.50	0.78
	CTDI _w <50 mGy						
低对比可探测能力	-	<3.0		320	100%	1.60	0.45
CT 值线性	-	60 HU		320	100%	13.25	23.41

性能检测指标结果反映了 CT 设备的性能是否符合要求。检测结果显示(表 2),2018 年北京市 CT 设备性能检测合格率为 99.7%,仅有 1 台 CT 的高对比

分辨力项目不合格。不合格设备为进口 CT 设备,<64 排 CT。其高对比分辨力在常规算法为 3 lp/cm,高对比算法为 6 lp/cm,均达不到国家标准要求的

5 lp/cm和 10 lp/cm 以上。在 320 台设备中,有 64 台无 ≥ 8 mm 的重建层厚导致该项目未进行检测,包括 1 台东芝 CT、5 台飞利浦 CT、59 台通用 CT;另有 4 台无

≤ 2 mm 的重建层厚,该项目未进行检测,均为联影 CT。

2.3 320 台 CT 设备的防护检测结果

表 3 2018 年北京市检测 320 台 CT 设备防护检测结果

检测条件	散射模体	判定标准	合格台数	合格率	最小值	最大值	平均值	标准差
常用条件	体模	$\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$	319	99.7%	$0.09 \mu\text{Sv/h}$	$4.64 \mu\text{Sv/h}$	$0.74 \mu\text{Sv/h}$	$0.61 \mu\text{Sv/h}$

在北京市 320 台 CT 防护检测结果中(表 3),2018 年北京市 CT 设备防护检测合格率为 99.7%,仅有 1 台 CT 设备的机房防护检测结果不合格,其控制室门的防护检测最大值为 $4.64 \mu\text{Sv/h}$ 。不合格设备所属医疗机构为二级医疗机构,该机房经过改造,复测后合格。

2.4 进口 CT 和国产 CT 的高对比分辨力和低对比可探测能力指标对比 高对比分辨力和低对比可探测能力是 CT 设备性能指标中两个最关键的指标,对临床诊断有重要影响^[8-10]。本研究用非参数 Mann-Whitney 检验,分析进口 CT 和国产 CT 在以上两个指标间的异同, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果显示(表 4),进口 CT 和国产 CT 的高对比分辨力(常规算法)指标无差异,高对比分辨力(高对比算法)和低对比可探测能力指标有差异,其中低对比可探测能力指标,按照剂量成反比的原理修正到 CTDI_w 50 mGy。在高对比分辨力(高对比算法)指标中,进口 CT 优于国产 CT。在低对比可探测能力指标中,国产 CT 优于进口 CT。

表 4 2018 年北京市进口 CT 和国产 CT 高对比分辨力和低对比可探测能力指标对比结果

CT 设备(台)	高对比分辨力 /(lp/cm) (常规算法)		高对比分辨力 /(lp/cm) (高对比算法)		低对比可探测能力 /mm	
	中位数	四分位距	中位数	四分位距	中位数	四分位距
进口	304	7.00 0.00	11.60	1.00	1.50	0.60
国产	16	7.00 0.30	11.00	0.55	1.30	0.95
Mann-Whitney U	2043.0		1668.0		1681.0	
P 值	0.18		0.03		0.03	

3 讨论

北京市从上世纪 90 年代开始全面开展 CT 设备的性能和防护检测工作,但是由于仅有少量对 CT 设备的性能和防护检测结果进行过相关研究,因此缺少对北京市 CT 设备质量控制状况的第一手资料。本研究检测了 2018 年北京市 320 台 CT 的设备性能和防护情况,并对结果进行了分析总结,发现 2018 年北京市

CT 设备性能检测合格率为 99.7%,320 台 CT 设备中,仅有一台 CT 的一个项目不合格。2018 年北京市 CT 设备防护检测合格率为 99.7%,仅有一台 CT 设备的机房防护检测结果不合格,后来机房经过改造后合格。

2018 年北京市 CT 设备性能和防护检测结果显示性能检测和防护检测合格率均优于其他省市的结果^[14,11]。通过分析可能主要有以下原因:一方面,北京市在 90 年代全面展开 CT 设备的性能和防护检测,到目前做到每一台登记于《放射诊疗许可证》的 CT 设备均在每年进行性能和防护检测,持续的检测是 CT 设备质量控制得到较好结果的保证。另一方面,北京市卫生行政部门在加大监督力度的同时,积极在医疗机构间,推进 CT 设备的“稳定性检测”等工作,督促医疗机构提高质量控制意识。同时,北京市从 2011 年起,积极开展“医疗卫生机构医用辐射防护监测(简称网点监测)”工作,并在近几年配合和开展了相关的国家和市级督导,也加强了 CT 设备的质量控制工作。但是本研究并没有对纵向数据进行比较,并不能全面展示质量控制在北京市开展结果的进展,未来可进一步搜集资料,开展北京市 CT 设备质量控制的回顾性研究。

2014 年北京市 < 64 排 CT 和 ≥ 64 排 CT 的比例为 96 : 100^[8],本次调查 2018 年北京市 < 64 排 CT 和 ≥ 64 排 CT 的比例为 73 : 100,不难看出,在四年的时间里,北京市内 < 64 排 CT 呈现逐步减少的趋势。 ≥ 64 排 CT 由于其扫描范围更宽,因此采集图像所需的时间较 < 64 排 CT 短,工作效率更高,研究结果提示在北京市 CT 使用量日益增大的情况下^[12],工作效率更高的 ≥ 64 排 CT 配置上升是必然趋势。

从进口 CT 和国产 CT 的高对比分辨力和低对比可探测能力对比结果可以看出,国产 CT 和进口 CT 在高对比分辨力和低对比可探测能力这两个对临床影响较大的项目各有优势,进口 CT 在高对比分辨力(高对比算法)项目优于国产 CT,而国产 CT 在低对比可探测能力项目上优于进口 CT。研究结果显示,国产 CT 和进口 CT 在高对比分辨率和低对(下转第 661 页)

过程的合理气流组织,使产生的废气及气溶胶有序过滤排放。

3 讨论

通过对本次某排风中心室外通风管沟的源项调查可以得出:①通风管沟周围土壤有局部污染,主要集中在 T7、T17 区域,主要放射性核素为¹³⁷Cs 和⁹⁰Sr,拆除时会产生极低污染土和低污染土;②K-1 观察井底部还存有约 10 cm 深的积水,废液体积 3.0 m³;③整个施工过程中放射性固体废物产生量为约 456.1 m³,其中极低污染土约为 312 m³,低污染土约为 56 m³,其它放射性固体废物约为 88.1 m³;④通风管沟拆除过程中产生一定量的放射性气溶胶。

该核设施目前存在严重安全隐患,其退役拆除工作是急迫的;在通风管沟拆除工作过程中,应提前适当处理好 K-1 观察井中的积水及污泥,采取适当的辐射防护措施并对废物进行合理分类,以实现辐射防护最优化及废物最小化^[8]。

参考文献

(上接第 655 页)比可探测能力这两项重要指标的综合比较上难以区分优劣。目前从本研究检测数量上来看,北京市目前国产 CT 仅配置 16 台。因此,医疗机构在采购 CT 设备时,可以按照自身的资金情况、工作量情况、人员熟悉度情况等,酌情考虑国产 CT 设备。

综上,北京市 CT 设备性能和防护检测合格率高于其他省市,归功于北京市持续开展 CT 设备的性能和防护检测,并积极推进网点监测及相关督导工作,监管部门仍应保持监督力度,继续在医疗机构间积极推进“稳定性检测”,以进一步巩固和提高北京市 CT 设备的防护质量。同时医疗机构在采购 CT 设备时,可考虑采购≥64 排 CT 提高工作效率,并结合实际情况酌情考虑国产 CT 设备。

参考文献

[1] 刘科,胡涵,侯占仙. 自贡市 X 射线 CT 机质量控制检测与放射防护监测结果分析[J]. 中国辐射卫生,2018,27(6):552-554.

[2] 徐丹丹,袁璐. 武汉市放射诊疗机构 2015 年度 CT 使用现状调查及分析[J]. 中国辐射卫生,2017,26(6):674-679.

[3] 李士正,楚彩芳,李庆新,等. 南阳市 78 台 CT 机质量控制检测与分析[J]. 中国辐射卫生,2018,27(5):476-478.

[1] 国际原子能机构. IAEA-RS-G-1.7 排除、豁免和解控概念的适用[S]. 北京:原子能出版社,2006.

[2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 28178—2011 极低水平放射性废物的填埋处置[S]. 北京:中国标准出版社,2011.

[3] 国家质量技术监督局. GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S]. 北京:中国标准出版社,2002.

[4] 王绍林,文富平,邵明刚,等. 关于设施退役前源项调查方法的探讨[C]//“二十一世纪初辐射防护论坛”第十次会议:核与辐射设施退役及放射性废物治理研讨会论文集. 绵阳,2012:246-257.

[5] 中国核工业总公司. EJ 381—1989 电离辐射工作场所监测的一般规定[S]. 1989.

[6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 14056. 1—2008 表面污染测定第一部分 β 发射体(E_{βmax} > 0.15MeV)和 α 发射体[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[7] 卢正永. 放射性气溶胶监测与内照射剂量估算[J]. 辐射防护通讯,1993,13(3):48-54.

[8] 潘自强. 辐射防护最优化的实际应用[J]. 核科学与工程,1995,15(3):270-278.

收稿日期:2019-03-10

[4] 林海辉,杨宇华,谭展,等. 2014 年广东省 CT 机质量保证检测结果分析[J]. 中国辐射卫生,2017,26(3):309-311,315.

[5] 徐辉,岳保荣,尉可道,等. 我国 CT 扫描检查中受检者剂量调查结果与分析[J]. 中华放射医学与防护杂志,2019,39(3):213-217.

[6] 中华人民共和国卫生部. GB 17589—2011 X 射线计算机断层摄影装置质量保证检测规范[S]. 北京:中国标准出版社,2012.

[7] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GBZ 130—2013 医用 X 射线诊断放射防护要求[S]. 北京:中国标准出版社,2014.

[8] 朱维杰,王新明,韩浚,等. 基于北京市 141 台 CT 性能检测结果的差异分析与启示[J]. 中华放射医学与防护杂志,2018,38(6):439-442,460.

[9] 杨秀江. CT 空间分辨率和低对比度分辨率的检测及其影响因素[J]. 科技视界,2018(14):72-73.

[10] 李庚,高关心,夏慧琳. CT 空间分辨率和低对比度分辨率的检测及其影响因素[J]. 中国医疗设备,2010,25(1):7-9.

[11] 伍健,耿建华. CT 设备质量控制的现状与展望[J]. 中国医学装备,2018,15(11):163-166.

[12] 北京市卫生和计划生育委员会. 北京市大型医用设备配置与使用管理白皮书[R/OL]. 2015. http://www.bjchfp.gov.cn/xwzx/wnxw/201512/t20151231_130171.htm.

收稿日期:2019-06-12