

59521 例 CT 检查辐射剂量分析

侯超, 张晓东, 刘建新, 王霄英

【摘要】 目的:分析 59521 例 CT 检查的辐射剂量数据,建立医院水平的 CT 诊断剂量参考水平。方法:使用 CT 辐射剂量计算软件,回顾性分析本院 2015 年 7 月—2016 年 6 月共 59521 例成人的 CT 检查数据。按照检查部位分别计算 CT 容积剂量指数($CTDI_{vol}$)、体型特异性剂量估计(SSDE)、剂量长度乘积(DLP)和有效剂量(ED)的中位数及四分位数间距(IQR),取 $CTDI_{vol}$ 和 DLP 的第 3 个四分位数(Q3)为诊断剂量参考水平(DRL),其中胸部 CT 的数据分为低剂量、单期、多期和全部扫描分别计算,腹部 CT 的数据分为单期、多期和全部检查分别计算。结果:各部位 $CTDI_{vol}$ 的 DRL:头部为 45.2 mGy;胸部低剂量为 1.3 mGy,单期扫描为 11.5 mGy,多期扫描为 11.4 mGy,总剂量为 11.8 mGy;腹部单期扫描为 20.6 mGy,多期扫描为 20.2 mGy,总剂量为 20.6 mGy;冠状动脉为 12.9 mGy。各部位 DLP 的 DRL:头部为 569.8 mGy·cm;胸部低剂量为 42.0 mGy·cm,单期扫描为 399.0 mGy·cm,多期扫描为 968.5 mGy·cm,总剂量为 474.0 mGy·cm;腹部单期扫描为 958.0 mGy·cm,多期扫描为 2419.1 mGy·cm,总剂量为 2045.1 mGy·cm;冠状动脉为 328.0 mGy·cm。结论:对临床日常工作中 CT 检查辐射剂量数据的汇总分析有助于在医院水平评估 CT 辐射剂量。

【关键词】 体层摄影术,X线计算机;辐射剂量;剂量长度乘积;诊断参考值

【中图分类号】 R814.42; R818.7 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)12-1155-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.12.011

Analysis of radiation dose in 59521 CT examinations HOU Chao, ZHANG Xiao-dong, LIU Jian-xin, et al. Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China

【Abstract】 **Objective:** To establish institutional diagnostic reference level of radiation dose based on CT examination data of 59521 patients. **Methods:** Radiation dose metrics in diagnostic CT examinations of 59521 adults during July 2015 to June 2016 were retrospectively analyzed by software. The median and interquartile range (IQR) of volume CT dose index ($CTDI_{vol}$), size specific dose estimate (SSDE), dose-length product (DLP), and effective dose (ED) were calculated according to anatomic region. The $CTDI_{vol}$ and DLP at the 3rd quartile (Q3) were set as the dose reference levels (DRLs). Radiation dose metrics in chest CT were calculated for low-dose, single-phase, multiphase, and whole examination. And in abdomen CT those were calculated for single-phase, multiphase, and whole examination. **Results:** DRLs of $CTDI_{vol}$ for all anatomic regions were as follows: 45.2mGy for head; in chest, 1.3mGy for low-dose, 11.5mGy for single-phase, 11.4mGy for multiphase, 11.8mGy for whole examination; in abdomen, 20.6mGy for single-phase, 20.2mGy for multiphase, 20.6mGy for whole examination; and 12.9mGy for coronary artery. DRLs of DLP were as follows: 569.8mGy·cm for head, 42.0mGy·cm for chest of low-dose, 399.0mGy·cm for chest of single-phase, 968.5mGy·cm for chest of multiphase, 474.0mGy·cm for whole chest examination, 958.0mGy·cm for abdomen of single-phase, 2419.1mGy·cm for abdomen of multiphase, 2045.1mGy·cm for whole abdomen examination, and 328.0mGy·cm for coronary artery. **Conclusion:** Summary and analysis of radiation metrics of CT examination in clinical practice can be helpful for institutional evaluation of CT radiation doses.

【Key words】 Tomography, X-ray computed; Radiation dose; Dose-length product; Diagnostic reference level

辐射剂量是 CT 检查中的重要问题,对患者辐射剂量的记录和监控备受关注。美国 FDA 倡议全美放射科记录每例患者的容积 CT 剂量指数(volume computed tomography dose index, $CTDI_{vol}$)和剂量长度乘积(dose length product, DLP)^[1],一些欧盟国家已强制实施该政策^[2]。欧盟、澳大利亚和日本等国家及地区已建立或正在建立 CT 诊断剂量参考水平(diagnostic reference level, DRL)^[3-5]。为了进一步评估和优化

CT 辐射剂量,明确当前的辐射剂量水平,在大样本数据的基础上建立 DRL 尤为重要。本研究回顾性搜集了本单位最近 1 年成人诊断性 CT 检查的辐射剂量的连续数据,使用剂量分析软件进行汇总分析,评估该时间段的 CT 辐射剂量水平,初步建立医院水平的 DRL。

材料与方法

搜集 2015 年 7 月—2016 年 6 月我院行诊断性 CT 检查的全部成人(≥ 18 岁)患者的相关数据。实验和介入相关 CT 检查未纳入本研究。由于儿童 CT 检

作者单位:100034 北京,北京大学第一医院医学影像科

作者简介:侯超(1985—),男,陕西人,博士,主治医师,主要从事影像诊断及 CT 辐射剂量管理工作。

通信作者:王霄英, E-mail: cjr.wangxiaoying@vip.163.com

查样本量过少,未纳入本研究。所有检查使用 4 台 CT 机:GE LightSpeed VCT、GE Discovery CT750 HD、Philips Brilliance 64 和 Siemens Somatom Definition Flash。将 CT 数据从 PACS 分批上传至 Radimetrics 服务器(Bayer Healthcare),其作为本院的辐射剂量信息管理平台,对 DICOM 数据中的辐射剂量相关数据进行综合计算及分析。

从 DICOM 数据中提取患者的性别、年龄、检查时间、CT 设备信息、扫描方案名称、CTDI_{vol}和 DLP 等数据,计算体型特异性剂量估计(size specific dose estimate,SSDE)值和有效剂量(effective dose,ED)。在扫描范围中部层面的 CT 图像上计算患者的体部径线,转换成体部直径,进而计算 SSDE^[6]。计算 ED 时,使用 Cristy 体模库^[7],根据年龄、体重或直径将患者匹配至特定的体模。对库中的每一个体模,使用 Monte Carlo 模拟计算器官剂量,然后根据国际放射防护委员会^[8]发表的 103 号出版物(ICRP 103)中的器官组织权重因子,得到 ED 值。

本研究将检查部位分为头部、胸部、腹部、冠状动脉和其它,根据扫描期相的不同又将胸部分为低剂量、单期和多期检查,将腹部分为单期和多期检查。使用 Radimetrics 计算得出的 4 种参数评估 CT 辐射剂量:CTDI_{vol}、DLP、SSDE、有效剂量。对于多期和全部检查,CTDI_{vol}、SSDE 为各扫描期相计算值的均值,DLP、有效剂量为各扫描期相计算值之和。SSDE 一般仅用于描述腹部的辐射剂量,但因为其应用越来越广泛,本研究也使用 SSDE 描述胸部和冠状动脉的辐射剂量。取 CTDI_{vol}和 DLP 的第 3 个四分位数(Q3)为 DRL。

4. 统计学分析

使用 SPSS 13.0 统计学软件。按照检查部位分别计算 CT 辐射剂量相关参数(CTDI_{vol}、DLP、SSDE、有效剂量)的中位数和四分位数间距(interquartile range,IQR)。

结果

本研究总计纳入了 59521 例 CT 检查的数据。检查部位:腹部 22120 例(37.2%)、胸部 18053 例(30.3%)、头部 9641(16.2%)、冠状动脉 2940 例(4.9%),其它部位 6767 例(11.4%)。所有检查部位 CT 辐射剂量相关参数的中位数(Q2)和上下四分位数(Q1、Q3)见表 1。

通常取 CTDI_{vol}和 DLP 的第 3 个四分位数(Q3)为 DRL,以此为标准各检查部位的医院水平 DRL 见表 2。

表 2 不同检查部位的 DRL

检查部位	CTDI _{vol} (mGy)	DLP(mGy·cm)
头部	45.2	569.8
胸部		
低剂量	1.3	42.0
单期	11.5	399.0
多期	11.4	968.5
全部	11.8	474.0
腹部		
单期	20.6	958.0
多期	20.2	2419.1
全部	20.6	2045.1
冠状动脉	12.9	328.0

讨论

DRL 是国际放射防护委员会在 1996 年提出的概念,旨在建立一种方法,用来判断某种放射诊断所致受检者的辐射剂量是否过高或低^[9]。医院可以将其 CT 检查的辐射剂量与 DRL 进行比较,以评估本单位当前扫描方案的合理性,并对扫描方案进行改进。目前 DRL 倾向于采用 CTDI_{vol}和 DLP 作为量值,通常取其剂量分布的第 3 个四分位数作为 DRL^[10]。一般而言,医院、地区和国家都应根据人口和经济因素,并根据本地医用 X 射线装置的使用频率和医疗水平制定相应的 DRL。DRL 的推广和应用可以在一定程度上规范检查方案,降低受检者所接收的辐射剂量。

表 1 不同部位 CT 辐射剂量相关参数测量结果

检查部位	检查数	CTDI _{vol} (mGy)			SSDE(mGy)			DLP(mGy·cm)			ED(mSv)		
		Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3
头部	9641	42.2	43.9	45.2	—	—	—	542.7	542.7	569.8	1.3	1.5	1.6
胸部													
低剂量	1251	0.9	1.1	1.3	1.2	1.3	1.5	29.0	35.0	42.0	0.6	0.7	0.8
单期	13525	6.7	9.1	11.5	9.3	12.6	15.1	248.4	318.6	399.0	4.8	6.2	7.5
多期	3277	8.4	11.4	11.4	12.7	16.4	19.9	536.7	750.0	968.5	12.1	16.1	20.0
全部	18053	6.4	9.1	11.8	9.0	12.7	15.7	246.0	335.5	474.0	4.7	6.5	9.9
腹部													
单期	8438	16.1	19.0	20.6	21.6	25.3	28.5	693.9	855.2	958.0	12.4	15.1	17.6
多期	13682	14.9	18.5	20.2	20.6	24.2	27.8	1505.7	1883.3	2419.1	27.5	35.4	46.4
全部	22120	15.2	18.6	20.6	20.9	24.6	28.1	906.6	1428.4	2045.1	16.1	26.0	39.0
冠状动脉	2940	7.6	9.6	12.9	9.8	12.0	16.0	185.0	239.0	328.0	3.9	5.8	8.3
其它	6767	6.0	12.4	18.8	—	—	—	233.0	478.4	933.6	1.2	1.6	1.7

自上世纪九十年代以来,很多国际组织、国家都在试图建立并完善 DRL。欧盟汇总分析了 36 个国家的辐射剂量数据,针对 X 线平片、CT 和核医学检查制定了典型成年患者[体重(70±15)kg]和代表性年龄组儿童患者的 DRL^[3]。澳大利亚辐射防护和核安全机构(Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, ARPANSA)通过组织全国多中心研究,针对 CT 检查建立了适用于成人和不同年龄组儿童的国家 DRL^[4]。日本于 2010 年建立了医疗辐射研究信息网络(Japan Network for Research and Information on Medical Exposures, J-RIME),2015 年发布了国家 DRL,包括 CT、X 线平片、乳腺钼靶 X 线摄影和核医学的相关数据^[5]。美国尚未建立国家层面的 DRL,但已有地区性的多中心研究^[11]。2012 年我国发布了《X 射线计算机断层摄影放射防护要求》GBZ 165-2012 标准,首次公布了典型成年患者的 DRL(加权 CT 剂量指数,CTDI_w):头部 50 mGy,腰椎 35 mGy,腹部 25 mGy。但该数据并非基于我国大样本量的 CT 辐射剂量研究,而是来自于早期国外的研究数据,不一定能反映我国的现状,而且该标准缺少胸部及其它检查部位的数据,推广和应用受到一定限制。我国目前仍缺少建立在大样本量数据基础上的符合我国国情的 DRL。

本研究基于本单位 1 年内连续 59521 例 CT 检查的数据,对 CT 剂量相关数据进行了汇总分析,可以初步建立医院水平的 DRL。与欧盟^[3]、澳大利亚^[4]、日本^[5]和美国^[11]的 DRL 数据进行对比(表 3),本研究结果显示,本院的头部、胸部单期和冠状动脉 CT 检查的 DRL 处于较低水平,其中冠状动脉的 DRL 明显低于上述国家,而腹部单期扫描的 DRL 略高。

建立医院水平 DRL 的意义:第一,与其它国家、地区或机构水平的 DRL 进行比较,发现扫描方案中存在的问题并进行优化。例如,本单位腹部 CT 检查的辐射剂量相对于其它国家、地区的 DRL 偏高,提示我们需要找出具体原因,进一步对扫描方案进行优化并改进工作流程,以降低辐射剂量。第二,由于目前国内仍缺少广泛接受的 DRL,而欧盟、澳大利亚、日本、美国等国家或地区的研究数据可能并不符合本单位的临床

需求,本研究建立的 DRL 可以作为院内质量控制的标准。由于 CT 设备间存在差异,国内其它机构可谨慎参考本研究的数据。第三,由于我国不同地区和不同级别医院间的疾病谱、CT 机的配置和放射科工作流程间存在着较大差异,因此各医院应根据实际情况确定合理的 DRL,降低辐射剂量应建立在保证图像质量和诊断效能的基础上^[12-13]。第四,随着 CT 技术的进展和扫描方案的不断优化,CT 辐射剂量有逐渐降低的趋势,DRL 需要根据情况定期重新计算。

对 CT 辐射剂量相关数据进行计算和分析涉及到 DICOM 数据的挖掘,当 PACS 中存在海量数据时,剂量相关数据的分析就必须依赖软件来完成。目前国外已有一系列商业软件可以实现这一功能,如 Radimetrics (Bayer)、DoseWatch Explore (GE)、DoseWise Portal (Philips)、Teamplay (Siemens) 和 tqm | Dose (AGFA),国内各单位可根据需要选用。但由于国内外工作流程的差异,部分软件功能尚不完善。协助开发适合于我国国情的 CT 辐射剂量分析软件,是 CT 工作人员的一项重要任务。

本研究存在的不足:首先,由于 Radimetrics 软件处理能力的限制,本研究仅纳入了最近 1 年的 CT 检查数据,以后的研究可继续扩大样本量。其次,由于医院服务对象的局限,本研究并未纳入儿童的 CT 辐射剂量数据。再次, Radimetrics 对检查部位和扫描期相的区分取决于 DICOM 数据中扫描方案的名称,这导致无法详细区分增强扫描的期相数,妨碍了进一步细化 CT 剂量数据分析。将来应进一步规范扫描方案的定义,对不同检查部位、不同期相的扫描方案进行统一命名,可以显著降低剂量管理的难度,提高数据分析的质量。最后,本研究综合分析了本单位 4 台 CT 机的总体辐射剂量数据,但没有具体对比各机型间的差异。通过进一步研究,比较同一部位 CT 检查在不同设备间的剂量分布,分析剂量较高与较低的扫描方案之间的差异,在此基础上优化工作流程,更多采用低剂量的扫描方案或改进高剂量扫描方案,可以进一步降低辐射剂量。

总之,本研究汇总分析了 CT 辐射剂量数据,建立了医院水平的 DRL,有助于评估目前扫描方案的合理

表 3 本研究建立的医院水平 DRL 与其它国家、地区的比较

检查部位	CTDI _{vol} (mGy)					DLP (mGy · cm)				
	欧盟	澳大利亚	日本	美国	本研究	欧盟	澳大利亚	日本	美国	本研究
头部	50~75	60	85	62	45	760~1300	1000	1350	1300	570
胸部单期	10~30	15	15	17	12	270~700	450	550	830	399
腹部单期	13~35	15	20	17	21	510	1200	700	1000	1460
冠状动脉	N/A	N/A	90	N/A	13	1000	N/A	1400	N/A	328

注:N/A 表示不适用。

性,并对扫描方案进行改进。

参考文献:

- [1] Hampton T. Radiation oncology organization, FDA announce radiation safety initiatives[J]. JAMA, 2010, 303(13): 1239-1240.
- [2] Treier R, Aroua A, Verdun FR, et al. Patient doses in CT examinations in Switzerland; implementation of national diagnostic reference levels[J]. Radiat Prot Dosimetry, 2010, 142(2-4): 244-254.
- [3] European Commission. Radiation protection N° 180. Diagnostic reference levels in thirty-six european countries [EB/OL]. <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/RP180%20part2.pdf>. 2014.
- [4] Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA). Current national DRLs for multi detector CT[EB/OL]. <http://www.arpansa.gov.au/Services/NDRL/current.cfm>. 2015.
- [5] Japan Association on Radiological Protection in Medicine. Diagnostic Reference Levels based on latest surveys in Japan-Japan DRLs 2015[EB/OL]. <http://www.iomp.org/sites/default/files/drlhoukokusyoen.pdf>. 2015.
- [6] 张晓东, 郭小超, 王霄英. 体型特异性剂量估计的概念和方法[J]. 放射学实践, 2013, (3): 312-314.
- [7] Cristy M. Mathematical phantoms representing children of various ages for use in estimates of internal dose. U. S. Nuclear Regulatory Commission Rep. NUREG/CR-1159 (also Oak Ridge National Laboratory Rep. ORNL/NUREG/TM-367) [M]. Oak Ridge, Tenn: Oak Ridge National Laboratory, 1980: 1-20.
- [8] ICRP publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection [J]. Ann ICRP, 2007, 37(2-4): 1-332.
- [9] Brink JA, Miller DL. U. S. National diagnostic reference levels: closing the gap[J]. Radiology, 2015, 277(1): 3-6.
- [10] 彭建亮, 党磊, 刘长安. CT 诊断参考水平的制定及进展[J]. 中国医学影像技术, 2014, (10): 1583-1586.
- [11] Smith-Bindman R, Moghadassi M, Wilson N, et al. Radiation doses in consecutive CT examinations from five university of California medical centers[J]. Radiology, 2015, 277(1): 134-141.
- [12] 郭丽, 林志勇, 杨敏, 等. 70kVp 结合个性化对比剂注射方案在糖尿病足下肢 CTA 检查中的可行性研究[J]. 放射学实践, 2016, 31(2): 118-122.
- [13] 姜健, 王可, 许玉峰, 等. 低辐射剂量肝脏 CT 增强扫描: 80kVp 结合迭代重建技术的初步研究[J]. 放射学实践, 2016, 31(4): 316-320.

(收稿日期: 2016-10-17 修回日期: 2016-11-01)

欢迎订阅 2017 年《放射学实践》

《放射学实践》是由国家教育部主管, 华中科技大学同济医学院主办, 与德国合办的全国性影像学学术期刊, 创刊至今已 32 周年。2015 年 6 月, 《放射学实践》杂志入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999, 2008 年之后的第 3 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向, 关注国内外影像医学的新进展、新动态, 全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果, 受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文核心期刊、中国科学引文数据库统计源期刊, 在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中, 被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

主要栏目: 论著、继续教育园地、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊, 每册 15 元, 全年定价 180 元。

国内统一刊号: ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R 邮政代号: 38-122

电话: (027) 83662875 传真: (027) 83662887

E-mail: fsxsjzz@163.com 网址: <http://www.fsxsj.net>

编辑部地址: 430030 武汉市解放大道 1095 号 同济医院《放射学实践》编辑部