

DOI:10.13491/j.issn.1004-714x.2018.05.012

· 医疗照射/论著 ·

广东省 MDCT 机所致受检者剂量水平初探

谭展, 邹剑明, 黄伟旭, 龙旋, 马睿

广东省职业病防治院, 广东 广州 510300

摘要: **目的** 了解广东省 MDCT 机所致受检者辐射剂量水平。**方法** 采用分层随机抽样方法, 选取广东省 24 台 MDCT 机进行医疗照射剂量水平调查, 分析广东省 MDCT 检查所致受检者的辐射剂量水平。**结果** 成人头部、成人胸部、成人腹部、成人脊柱、成人四肢、成人冠脉的加权 CT 剂量指数的均值分别为 44.5、15.4、20.0、23.4、16.9、38.2 mGy, 而相应的剂量长度乘积的均值分别为 776、482、693、691、539、1056 mGy·cm; 儿童头部、儿童胸部、儿童腹部的加权 CT 剂量指数的均值分别为 20.9、9.6、15.1 mGy, 而相应的剂量长度乘积的均值分别为 257、167、472 mGy·cm。**结论** 调查数据可以促进对受检者的剂量控制, 以更好推动辐射防护最优化。

关键词: CT; 加权 CT 剂量指数; 剂量长度乘积; 剂量水平

中图分类号: R144.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2018)05-0465-03

A preliminary study on the radiation dose levels due to MDCT examination in Guangdong Province

TAN Zhan, ZOU Jianming, HUANG Weixu, LONG Xuan, MA Rui

Guangdong Province Hospital for Occupational Disease Prevention Treatment, Guangzhou 510300 China

Abstract: **Objective** To know the radiation dose levels subjects caused by MDCT examination in Guangdong Province. **Methods** A stratified random sampling method was used to investigate the medical exposure dose level by selected 24 MDCT machines in Guangdong Province. **Results** The adult's means weighted CT dose indices of head, chest, abdomen, spine, limbs and coronary head, chest, abdomen, spine, limbs and coronary were 44.5 mGy, 15.4 mGy, 20.0 mGy, 23.4 mGy, 16.9 mGy and 38.2 mGy, respectively, while the mean values for the corresponding dose length product were 776 mGy·cm, 482 mGy·cm, 693 mGy·cm, 691 mGy·cm, 539 mGy·cm, 1056 mGy·cm, respectively. The children's means weighted CT dose index for head, chest and abdomen were 20.9 mGy, 9.6 mGy and 15.1 mGy, respectively, while the mean values for the corresponding dose length product was 257 mGy·cm, 167 mGy·cm and 472 mGy·cm, respectively. **Conclusion** The survey data can promote the dose control of the subjects, so as to better promote the optimization of radiation protection.

Key words: CT; Weighted CT Dose Index; Dose Length Product; Dose Levels

CT 断层扫描技术是现代医学诊断检查中不可缺少的一种重要手段, 随着科技、医疗、计算机技术的发展, CT 技术也在不断的更新发展, 其运用也越来越普及, 从省、市、县(区)医疗机构, 以至到镇一级医疗机构都相继配置 CT, 为公众健康查体和疾病的准确诊断做出了卓越贡献^[1]。目前, 医疗照射是大众所受最大的人工电离辐射来源, 而其中以 CT 检查的份额最为突出^[2]。我国国家第 4 代放射防护基本标准 GB 18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》于 2002 年首次规定我国典型成人受检者 CT 检查的医疗照射指导水平, 但其水平的制定并非基于实际调查,

而是引用西方国家标准的成人数据, 水平的制定不一定能真正反映我国的真正情况^[3], 目前我国 CT 检查中剂量水平的广泛调查正在进行, 以从实际调查值的剂量分布中推导医疗照射指导水平并确保其应用和定期更新, 真正有效地指导和推进 CT 防护最优化进程。随着 CT 机的更新换代, 大量 MDCT (multi-detector computed tomography) 的数量在不断增加, 代替了传统的 SDCT (single-detector computed tomography), 面对这种形势, MDCT 扫描的患者剂量应引起我们足够的重视。因此, 本研究对广东省 MDCT 机所致受检者剂量水平进行调查和分析, 为有效指导 CT 检查所产生医

基金项目: 医疗照射辐射防护与质量控制 (131031110000150002)

作者简介: 谭展 (1982-), 男, 广东茂名人, 主管医师, 主要从事放射卫生防护工作。

通讯作者: 邹剑明, E-mail: zjm990916@126.com

疗照射的放射防护奠定基础,并为相关标准和法规的制定提供数据支持。

1 对象与方法

1.1 调查研究对象与数量 根据广东省 CT 机分布的情况,采用分层随机抽样方法,在 2017 年 9-10 月分别对分布在六个地区(广州市、惠州市、肇庆市、江门市、潮州市、茂名市)的 24 台 MDCT 机进行医疗照射剂量水平调查,调查对象包含综合性医院、妇幼保健院、中医医院及肿瘤专科医院,其中三级医院 12 家,二级医院 10 家,一级医院 2 家。

1.2 调查方法 调取每台 MDCT 机的受检者剂量报告,按检查部位(头部、胸部、腹部、脊柱、四肢、冠脉)进行分类,每个部位随机抽取 5 例受检者检查信息,记录以下具体内容:(1)受检者的年龄、性别、检查类型等信息;(2)MDCT 机的品牌型号、检查所用的扫描管电压、管电流与扫描时间乘积、螺距因子、扫描长度等参数;(3)各类型 MDCT 机扫描的剂量学参数,例如加权 CT 剂量指数($CTDI_w$)或容积 CT 剂量指数($CTDI_{vol}$),以及剂量长度乘积(DLP)等。在现场调查中无法直接读取 DLP 值时,还可以由相应容积 CT 剂量指数($CTDI_{vol}$)值乘以临床实际扫描长度(L)计算得到 DLP 值,即: $DLP = CTDI_{vol} \cdot L$ 。

1.3 质量控制 调查人员均经过统一规范化培训,要求原始记录清晰,对现场调取的剂量报告进行拍照或截屏保存,以备对现场记录的内容进行核对;所抽取的 CT 机年度性能检测结果均合格。

1.4 数据处理及统计分析 若现场记录的是容积 CT 剂量指数($CTDI_{vol}$),则使用公式 $CTDI_w = CTDI_{vol} \cdot Pitch$ (螺距因子)统一换算成加权 CT 剂量指数($CTDI_w$)。应用统计软件(SPSS 22.0)对数据进行统计分析。

2 结果

2.1 基本情况 本次调查受检者剂量信息共 655 例,其中成人(>15 岁)的受检者剂量信息共 590 例,儿童(≤ 15 岁)的受检者剂量信息共 65 例,检查类型包括成人头部、儿童头部、成人胸部、儿童胸部、成人腹部、儿童腹部、成人脊柱、成人四肢、成人冠脉。

2.2 CT 各检查类型主要扫描参数分析 CT 的扫描参数是影响 CT 受检者剂量的重要因素之一。CT 的扫描参数包括管电压、管电流与扫描时间乘积(曝光量)、螺距因子、扫描长度等参数。掌握 CT 的主要扫描参数是估算受检者所致剂量的关键,具有十分重要的意义。表 1 汇总了本次调查各 CT 诊断检查类型中所用主要扫描参数。

表 1 本次调查各 CT 诊断检查类型中所用主要扫描参数

检查类型	例数	管电压(kV)		管电流(mAs/圈)		螺距因子		扫描长度(cm)	
		范围	均值 \pm 标准差	范围	均值 \pm 标准差	范围	均值 \pm 标准差	范围	均值 \pm 标准差
成人头部	120	120~140	121 \pm 3	102~440	261 \pm 98	0.30~1.0	0.85 \pm 0.20	9.0~35.7	15.4 \pm 4.2
儿童头部	25	100~120	114 \pm 8	100~228	155 \pm 38	0.70~1.0	0.89 \pm 0.13	7.0~25.8	14.0 \pm 5.0
成人胸部	120	120~140	121 \pm 4	63~321	174 \pm 58	0.77~1.38	1.01 \pm 0.17	9.6~67.2	30.5 \pm 8.1
儿童胸部	25	90~130	108 \pm 15	100~200	146 \pm 38	0.94~1.38	1.06 \pm 0.17	8.5~30.0	18.1 \pm 4.9
成人腹部	115	120~140	121 \pm 4	78~380	222 \pm 66	0.60~1.38	0.95 \pm 0.17	10.0~62.0	30.9 \pm 11.3
儿童腹部	15	100~120	113 \pm 10	160~336	256 \pm 68	0.80~1.38	1.04 \pm 0.25	24.0~40.5	27.0 \pm 5.5
成人脊柱	105	120~140	123 \pm 7	120~500	252 \pm 82	0.52~1.75	0.97 \pm 0.22	3.0~63.5	25.6 \pm 11.4
成人四肢	70	120~140	122 \pm 6	40~400	189 \pm 82	0.39~1.38	0.86 \pm 0.25	6.0~90.5	21.3 \pm 11.7
成人冠脉	60	110~140	121 \pm 6	20~800	384 \pm 292	0.12~0.98	0.37 \pm 0.18	8.0~28.2	15.2 \pm 4.3

从表 1 可以看出,对于不同的受检者和不同的检查类型,CT 扫描所用扫描参数的变化范围还是比较大的,管电压的均值在 108~123 kV 范围内,曝光量的均值在 146~384 mAs/圈范围内,螺距因子的均值在 0.37~1.06 范围内,扫描长度的均值在 14.0~30.9 cm 范围内。这说明扫描参数的设置受其他因素影响较大,如 CT 系统技术特性、受检者因素、CT 操作人员因素等^[4]。成人头部、成人胸部和成人腹部的所

设管电压均值均明显高于儿童的。除成人冠脉外,各检查类型的螺距因子均值均接近于 1.0。成人各检查类型的扫描长度均值均高于儿童的。

2.3 各检查类型的加权 CT 剂量指数 $CTDI_w$ 值 加权 CT 剂量指数 $CTDI_w$ 表征单次扫描再断层内的平均剂量分布,是受检者所致剂量的参考之一,常用于控制曝光参数的选择。表 2 汇总了本次调查 CT 检查类型的加权 CT 剂量指数($CTDI_w$)值。

表 2 本次调查 CT 检查类型的
加权 CT 剂量指数 (CTDI_w) 相关结果

检查类型	CTDI _w (mGy) 均值 ± 标准差	范围	P ₅₀ (mGy)	P ₇₅ (mGy)
成人头部	44.5 ± 10.8	19.7 ~ 60.0	38.4	51.6
儿童头部	20.9 ± 4.9	15.2 ~ 28.8	15.6	27.4
成人胸部	15.4 ± 7.7	5.5 ~ 50.2	10.5	17.6
儿童胸部	9.6 ± 5.2	4.0 ~ 16.3	5.6	15.2
成人腹部	20.0 ± 7.6	7.9 ~ 58.6	13.9	23.8
儿童腹部	15.1 ± 6.4	6.2 ~ 21.1	7.5	21.1
成人脊柱	23.4 ± 10.3	7.0 ~ 58.3	14.9	28.9
成人四肢	16.9 ± 10.0	4.5 ~ 47.2	10.9	19.9
成人冠脉	38.2 ± 15.2	3.7 ~ 59.9	22.4	52.3

从表 2 可以看出,不同检查类型的 CTDI_w 均值有较大差异,就本次调查而言,无论对于成人还是儿童,都是头部检查 CTDI_w 值最大,胸部检查的 CTDI_w 值最小,这与高林峰等人的研究结果相近^[5]。成人冠脉检查的均值标准差较大,说明对于成人冠脉检查来说,不同 MDCT 机对不同受检者检查的 CTDI_w 也有很大差异。

在本次调查的 CTDI_w 值中,成人头部和成人腹部的 P₅₀ 值均明显低于我国基本标准推荐的诊断参考水平(头部为 50 mGy、腹部为 25 mGy)^[6]。儿童头部和儿童腹部的 P₇₅ 值均明显低于英国推荐的儿童患者诊断参考水平^[7]。

2.4 各检查类型的剂量长度乘积 DLP 值 剂量长度乘积 DLP 是另一个反映受检者剂量的重要表征量,是 ICRP 第 87 号出版物推荐的另一个 CT 诊断参考剂量学量,常用于控制受照体积和总的照射量。表 3 汇总了本次调查 CT 检查类型的剂量长度乘积 (DLP) 值。表 4 列出了欧洲与英国的推荐的成年患者诊断参考水平 (DRL) 与此次调查结果的数据^[7]。

表 3 本次调查 CT 检查类型的
剂量长度乘积 (DLP) 相关结果

检查类型	DLP (mGy · cm) 均值 ± 标准差	范围	P ₅₀ (mGy · cm)	P ₇₅ (mGy · cm)
成人头部	776 ± 324	217 ~ 1 666	756	914
儿童头部	257 ± 61	107 ~ 323	285	300
成人胸部	482 ± 345	170 ~ 2 916	376	541
儿童胸部	167 ± 74	88 ~ 291	151	218
成人腹部	693 ± 425	201 ~ 2 611	548	897
儿童腹部	472 ± 258	141 ~ 884	536	589
成人脊柱	691 ± 420	107 ~ 2 101	573	924
成人四肢	539 ± 556	96 ~ 2 432	297	673
成人冠脉	1 056 ± 501	83 ~ 2 068	198	1 383

从表 3 可以看出,DLP 均值的变化范围和标准差都较大,其中以成人冠脉检查最为突出,说明检查的扫描长度对 DLP 影响较大。

表 4 英国、欧洲成人诊断参考水平 (DRL)
与本次调查的 DLP 值的比较

检查 部位	英国 MDCT 的 DRL (mGy · cm)	欧洲 MDCT 的 DRL (mGy · cm)	本次调查 DLP 的 P ₇₅ 值 (mGy · cm)
头部	930	1 050	914
胸部	940	650	541
腹部	560	780	897

从表 4 可以看出,在本次调查的 DLP 值中,成人头部和成人胸部的 P₇₅ 值均明显低于英国、欧洲推荐的诊断参考水平,成人腹部的 P₇₅ 值高于英国、欧洲推荐的诊断参考水平。

3 讨论

3.1 与传统的 CT 受检者剂量水平调查方法相比,直接读取患者剂量信息的调查方法是方便实用的。以往所进行的 CT 受检者剂量水平调查,通常是采用热释光剂量计或者笔型电离室等测量工具模拟现场工作环境获得剂量数据^[8],但这些调查方法对于 MDCT 而言存在许多不足和局限性^[5],在宽束 CT 剂量测量时由于方法的不同还容易带来误差^[9],这些都不利于调查工作的顺利开展。随着科技的不断进步和公众对受检者剂量关注度的提高,与以往 SDCT 机相比,现在 MDCT 机均能在检查系统中生成受检者的剂量报告,不同厂商或许剂量报告的格式有所不同,结合受检者的临床扫描图片上的扫描信息和医生操作各检查类型的扫描序列,可以把调查所需要的数据收集齐全,有利于调查者获取推算与评价所致受检者剂量的基础数据。高林峰等人研究的结果证明该方法是可行的^[5]。若各 CT 厂商的剂量报告的格式和内容得到进一步规范化和统一,该方法还可以应用于网络信息平台上,将每个受检者的剂量报告及时传输到平台上,及时生成即时的剂量信息,这样对于及时掌握某个医疗机构、某个地区或者国家的剂量水平变化具有重要意义。

3.2 本次调查所做的预调查发现,不同的 CT 机厂家都为儿童和成人设定了不同部位的扫描序列,除了某些厂家有自动调节输出量的功能外,大多数厂家设定的扫描条件是固定的,所以在调查同一台 CT 机同一个检查类型时,多个成人受检者所登记的扫描条件和 CTDI_w 值几乎是一致的,本着调查样本(下转第 471 页)

管癌、鼻咽癌;女性恶性肿瘤发病顺位是肺癌、乳腺癌、胃癌、结直肠癌、肝癌和宫颈癌^[7]。调查显示我省三级医院放射治疗最多的是胸部肿瘤,二级医院放射治疗最多的是胸部肿瘤和头颈部肿瘤,可能与我省胸部肿瘤、头颈部肿瘤的发病率高且放射治疗的治疗效果较好有关,所以加速器治疗胸部肿瘤和头颈部肿瘤的频次较高。二级医院总体治疗例数较少,主要是因为目前我省二级医院的放射治疗设备少,放疗人员技术力量薄弱,肿瘤患者倾向于到省级医院进行治疗。所以必须加强放射治疗相关工作人员的技术能力培训,提高放疗工作人员的技术水平,保证放疗质量,为放疗事业均衡发展添砖加瓦。

志谢:感谢上饶市卫生监督所、吉安市卫生监督所、萍乡市卫生监督所、九江市卫生监督所及全省医疗机构的相关同志对调查给予的支持和帮助。

参考文献

(上接第 467 页)要有代表性的原则,本次调查增加了 CT 数量上的选取,而减少了对受检者不同检查类型的调查数量。由于客观条件限制,本次调查也存在一些局限性,主要包括:儿童 CT 检查剂量调查例数过少;未对不同年龄段的儿童进行分组调查。

3.3 儿童 CT 检查所致剂量调查数据有待完善。我国现有的放射防护基本标准只推荐了成人受检者的 CT 检查医疗照射诊断参考水平,而缺乏儿童方面的数据,这点不利于施行儿童 CT 检查的正当性和最优化工作,不利于降低儿童 CT 检查辐射剂量,不利于实现防护的最优化原则。从此次 MDCT 剂量水平调查初探的结果上看,儿童的检查类型以头部、胸部和腹部为主,极少数的儿童专科医院开展儿童的冠脉检查,儿童做脊柱和四肢的 CT 检查例数极少,说明今后开展大范围的儿童 CT 检查诊断参考水平调查时,所调查的检查类型应以头部、胸部和腹部为主,对于有实力的儿童专科医院,还应开展冠脉检查类型的调查。

3.4 此次初探研究是针对广东省在用 MDCT 开展的一项探索性受检者剂量水平研究,其结果不但为建立广东省儿童 CT 检查的医疗照射诊断参考水平提供了数据基础,而且也为制定国家和地区的医疗照射诊断

- [1] 赫捷,王绿化,李晔雄,等.放射治疗质量控制基本指南[J].中华放射肿瘤学杂志,2018,27(4):335-342.
- [2] 余子豪.肿瘤放射治疗的发展和展望[J].广西医学,2005,27(6):771.
- [3] 江西省统计局.2017 江西统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2017.
- [4] UNSCEAR. Sources and effects of ionizing radiation, Vol. I [M]. UNSCEAR 2008 Report. New York: UN,2010.
- [5] 吴文质,李南翔,何明强.江西省“九五”期间放射治疗现状调查[J].中华放射医学与防护杂志,2000,20(S1):107.
- [6] 殷蔚伯,余耕,陈峻,等.2006 年全国放疗人员及设备调查报告[J].中华放射肿瘤学杂志,2007,16(1):1-5.
- [7] 刘杰,朱丽萍,杨旭丽,等.江西省肿瘤登记地区恶性肿瘤发病情况分析[J].现代预防医学,2013,40(19):3678-3683.
- [8] 陈万青,李贺,孙可欣,等.2014 年中国恶性肿瘤发病和死亡分析[J].中华肿瘤杂志,2018,40(1):5-13.
- [9] 陈万青,孙可欣,郑荣寿,等.2014 年中国分地区恶性肿瘤发病和死亡分析[J].中国肿瘤,2018,27(1):1-14.

收稿日期:2018-07-01

参考水平和法规标准提供数据支持。

参考文献

- [1] 郑钧正.电离辐射医学应用的防护与安全[M].北京:原子能出版社,2009.
- [2] ICRP. ICRP Publication 87 Managing patient dose in computed tomography [M]. Oxford: Pergamon Press,2001.
- [3] 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. 2014,30(10):1583-1586.
- [4] 李真林,邓开鸿,杨志刚. CT 剂量调控及合理应用的临床意义[J].华西医学. 2005,20(2):312-313.
- [5] 高林峰,郑钧正,卓维海,等.医用 X 射线 CT 主要检测类型所致成年受检者剂量研究[J].辐射防护. 2013,33(2):74-81.
- [6] 中华人民共和国卫生部,国家环境保护总局,中国核工业总公司. 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,2002-10-08.
- [7] 岳保荣,牛延涛.多排探测器计算机 X 线体层摄影患者剂量控制[M].北京:人民军医出版社,2011:26-27.
- [8] 邓太平,张贵林,朱建国,等. CT 检查剂量与防护[J].中国辐射卫生. 2004,13(4):309-310.
- [9] 徐辉,王建超,黄卓,等.宽束多排螺旋 CT 剂量的测量研究[J].中国辐射卫生,2017,26(6):623-626.

收稿日期:2018-03-25