

# 石家庄市 11 家医疗机构 CT 受检者辐射剂量调查与分析

李鹏<sup>1</sup>, 张圆圆<sup>1</sup>, 张雨<sup>2</sup>, 梁志苓<sup>2</sup>, 牛庆国<sup>1</sup>, 徐辉<sup>3</sup>, 周静<sup>2</sup>, 师振祥<sup>1</sup>, 陈岩<sup>2</sup>

1. 石家庄市疾病预防控制中心, 河北 石家庄 050031; 2. 凯杰方大检测技术河北有限公司, 河北 石家庄 050000;  
3. 中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所, 北京 100088

**摘要:** **目的** 调查石家庄市部分医疗机构 CT 受检者不同检查部位(头颅、胸部、腹部)的辐射剂量水平, 为进一步优化医疗机构受检者辐射防护提供数据基础。 **方法** 2021 年 3 月—2022 年 3 月期间, 收集石家庄市内 11 家医用辐射防护监测点医疗机构的 CT 设备信息和 930 例成人和儿童 CT 受检者基本信息、扫描参数和剂量信息, 针对受检者剂量报告进行统计并分析, 将结果与国内外诊断参考水平和其他地市的结果进行比较。 **结果** 上述调查医院中, 儿童组 CT 受检者的头颅、胸部、腹部的 CTDI<sub>vol</sub>( $P_{50}$ ) 分别为 17.42~50.45 mGy、2.13~14.01 mGy、3.58~28.20 mGy, DLP( $P_{50}$ ) 分别为 228.87~966.97 mGy·cm、33.20~296.03 mGy·cm、74.90~926.53 mGy·cm; 成人组中, CT 受检者的头部、胸部、腹部的 CTDI<sub>vol</sub>( $P_{50}$ ) 分别为 37.28~54.05 mGy、6.43~14.99 mGy、8.28~18.75 mGy, DLP( $P_{50}$ ) 分别为 372.81~630.56 mGy·cm、219.77~467.93 mGy·cm、313.86~689.87 mGy·cm; 其中不同等级医院受检者辐射剂量分布差异较大, 部分医院尤其是基层医院 CT 剂量水平明显高于国内外诊断参考水平。 **结论** 部分二级和一级医院 CT 扫描参数设置存在单一化现象, 未根据受检者年龄和体型特异性设置扫描参数, 在后续检查中应严格遵循放射防护最优化原则, 加强辐射剂量优化与监管, 降低受检者剂量。

**关键词:** CT 检查; 辐射剂量; 诊断参考水平

中图分类号: X591 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2023)03-0328-07

## Investigation and analysis of radiation doses to CT examinees in 11 medical institutions in Shijiazhuang, China

LI Peng<sup>1</sup>, ZHANG Yuanyuan<sup>1</sup>, ZHANG Yu<sup>2</sup>, LIANG Zhiling<sup>2</sup>, NIU Qingguo<sup>1</sup>,  
XU Hui<sup>3</sup>, ZHOU Jing<sup>2</sup>, SHI Zhenxiang<sup>1</sup>, CHEN Yan<sup>2</sup>

1. Shijiazhuang Center for Disease Control and Prevention, Shijiazhuang 050031 China; 2. Kaijiefangda Detection Technology Hebei Limited Company, Shijiazhuang 050000 China; 3. National Institute for Radiological Protection, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100088 China

**Abstract:** **Objective** To investigate radiation doses to examinees undergoing computed tomography (CT) scanning of different body parts (the head, chest, and abdomen) in medical institutions of Shijiazhuang, China, and to provide a reference for optimizing radiation protection for examinees in medical institutions. **Methods** March 2021 to March 2022, eleven medical institutions of radiation monitoring in Shijiazhuang were surveyed for the basic information, scanning parameters, and dosimetric data of a total of 930 adults and children who received CT examinations. The dosimetric data of the subjects were analyzed and compared with the domestic and international diagnostic reference levels and the results of other cities in China. **Results** In the above hospitals, the CTDI<sub>vol</sub>( $P_{50}$ ) of CT subjects in children's group were 17.42-50.45 mGy, 2.13-14.01 mGy and 3.58-28.20 mGy, respectively. DLP( $P_{50}$ ) ranges from 228.87 to 966.97 mGy·cm, 33.20 to 296.03 mGy·cm, and 74.90 to 926.53 mGy·cm, respectively. In the adult group, the CTDI<sub>vol</sub>( $P_{50}$ ) in the head, chest and abdomen of CT subjects were 37.28-54.05 mGy, 6.43-14.99 mGy and 8.28-18.75 mGy, respectively. DLP( $P_{50}$ ) ranges from 372.81 to 630.56 mGy·cm, from 219.77 to 467.93 mGy·cm, and from 313.86 to 689.87 mGy·cm, respectively. The distribution of radiation doses in different-grade hospitals varied greatly. The abdomen dose of the children's hospital was higher than other hospitals. Especially the primary hospitals were significantly higher than the recommended diagnostic reference level (DRL). **Conclusion** In some secondary and primary hospitals, the setting of CT scanning parameters was sim-

基金项目: 河北省卫生健康委青年科技课题 (课题编号: 20201427)

作者简介: 李鹏 (1981—), 男, 河北人, 主管技师, 研究方向: 放射卫生检测与评价。E-mail: hebeilip2000@126.com

通信作者: 张圆圆, E-mail: fswszhang@126.com

plified, not specific to the subjects' age and body types. They should strictly comply with the principal of optimizing radiation protection to strengthen radiation dose optimization and supervision, reducing the radiation dose of examinees in future examinations.

**Keywords:** CT examination; Radiation dose; Diagnostic reference level

**Corresponding author:** ZHANG Yuanyuan, Email: [fswszhang@126.com](mailto:fswszhang@126.com)

X 射线计算机断层扫描(computed tomography, CT)以其优质图像和快速扫描的优势,越来越广泛地应用于各种疾病的临床诊断。研究表明,CT 扫描所产生的辐射剂量远高于 X 射线摄影,尤其儿童对辐射的敏感性远高于成人,世界卫生组织(World Health Organization, WHO)在相关报告中显示,儿童受照射后诱发实体癌的风险是一般人群的 2~3 倍<sup>[1]</sup>,对受检者 CT 辐射剂量的调查研究与优化已成为国际国内关注的热点<sup>[2-5]</sup>,本研究目的就在于通过对部分医疗机构成人和儿童受检者常见 CT 检查部位辐射剂量进行调查,为进一步优化 CT 扫描参数和指导医疗机构实现放射防护最优化提供指导。

## 1 材料与方法

**1.1 调查对象** 按照国家卫生健康委印发的《医疗卫生机构医用辐射防护监测工作方案》的要求,根据石家庄市各辖区医疗机构的数量和医院性质,考虑部分医疗机构的依从性,选取 11 家医疗机构作为监测调查对象,将 11 家医疗机构(分别定义为 A~K 医院)作为监测医院,按照编号顺序为三级医院 5 家,包括 1 家儿童专科医院、1 家妇幼保健院、3 家市级综合性三级医院,二级医院 5 家,包括 3 家县级综合性二级医院、2 家妇幼保健院,一级及以下医院 1 家,为民营医院。调查对象为各个年龄段受检者,按年龄分为<1 岁组,1~5 岁组,6~10 岁组,11~15 岁组和 15~70 岁组,对于儿童医院,因其受检人群的特殊性,未调查 ≥15 岁受检者。回顾性的调查上述监测点内于 2021 年 3 月 31 日—2022 年 3 月 31 日之间进行 CT 检查的患者的辐射剂量数据,并按照头部、胸部和腹部检查部位进行分类。每台设备每个年龄段不同扫描部位调查例数为 5~10 例。

**1.2 调查内容** 按照国家卫生健康委印发的《医疗卫生机构医用辐射防护监测工作方案》中的要求,记录所调查 CT 设备的基本信息如生产厂家、型号;通过医疗机构的医学影像存档与通信系统(PACS)或者设备自带的影像系统记录受检者基本信息如年龄、性别、检查项目及类型(螺旋或非螺旋、平扫或增强扫描);根据检查部位的生理特点及临床常用检查条件,

将本次检查类型限制为头颅非螺旋扫描(轴扫)、胸部、腹部螺旋扫描(包括平扫和增强扫描),扫描条件包括管电压(kV)、曝光量(mAs)、螺距因子和扫描长度(L)等,以及受检者剂量学参数包括容积 CT 剂量指数(volume computed tomography dose index, CTDI<sub>vol</sub>)和剂量长度乘积(dose-length product, DLP)。

**1.3 统计学分析** 使用 EXCEL 2010 录入数据,SPSS 21.0 软件进行统计分析,计算每台设备上每个年龄段不同扫描部位受检者的中位数,作为医院该 CT 扫描部分的典型值,并将典型值排列后计算 75% 位数( $P_{75}$ ),与国内外发布的诊断参考水平(diagnostic reference level, DRL)进行比较,组间比较采用非参数 Kruskal-Wallis H 检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义,组间进行两两比较,采用 Bonferroni 法校正  $P$  值。

**1.4 质量控制** 调查前对课题组人员进行方案培训,由医院放射科技师辅助课题组人员现场抄录相关数据并留存电子档照片,对现场填写的调查表格进行数据的整理和审核,如发现异常值,及时与医院放射科医师沟通,进行数据的剔除,录入数据时与现场记录的照片进行复核,以确保数据的准确性。

## 2 结果

**2.1 基本情况** 本次共调查 300 名成人受检者(15~70 岁)和 630 名儿童受检者(<15 岁),涉及 CT 设备共 11 台,包括 4 个生产厂家(分别为荷兰 PHILIPS 公司 4 台、美国 GE 公司 3 台、日本东芝公司 2 台、沈阳东软医疗系统有限公司 1 台、绍兴明峰医疗系统股份有限公司 1 台),其中 64 排及以上 CT 8 台(72.7%)、24 排 CT 1 台、16 排 CT 1 台、2 排 CT 1 台。本研究中 CT 设备型号及类型见表 1。

**2.2 不同检查部位 CT 主要扫描参数分析** 本研究共采集头颅扫描 342 例,胸部平扫 319 例,腹部平扫 269 例。表 2 列出了本次调查 CT 设备的主要扫描参数统计。由表 2 可以看出,不同检查部位管电压变化差异较小,大部分采用 120 kV 进行扫描;不同部位之间曝光量差异较大,其中头颅 CT 各年龄段曝光量中

表 1 石家庄市 11 家医疗机构剂量水平调查的 CT 设备品牌类型

Table 1 Manufacturers and types of CT equipment in 11 medical institutions in Shijiazhuang in this radiation dose survey

医院级别	生产厂家	设备型号	设备类型	出厂日期
三级医院	PHILIPS	Ingenuity Core 128	64排	2016年7月
	东芝	Aquilion ONE TSX-301C	320排	2019年10月
	GE	Optima CT660	64排	2013年2月
二级医院	PHILIPS	Incisive CT	64排	2020年9月
	PHILIPS	MX16-slice	16排	2017年12月
	沈阳东软	Neuviz 128	64排	2017年12月
	GE	Optima CT660	64排	2019年8月
儿童医院/妇幼保健院	东芝	Aquilion PRIME TSX-302A	80排	2017年12月
	PHILIPS	Incisive CT	64排	2020年1月
	GE	Brivo CT325	2排	2016年5月
一级医院	明峰医疗	Scintcare CT 16	24排	2018年2月

表 2 儿童和成人受检者在 CT 诊断检查中所用主要扫描参数

Table 2 Main scanning parameters for adults and children in CT examination

检查部位	年龄组/岁	例数	设备数	管电压/kV		曝光量/mAs		螺距因子		扫描长度/cm	
				范围	中位数	范围	中位数	范围	中位数	范围	中位数
头颅	<1	56	7	100~140	120	125~350	190.0	—	—	6.5~15.6	12.0
	1~5	62	8	80~140	120	35~350	200.0	—	—	8.4~16.8	12.4
	6~10	60	8	100~130	120	180~350	213.0	—	—	7.5~16.8	13.6 <sup>a</sup>
	11~15	64	8	100~140	120	150~350	215.0	—	—	8.0~17.5	14.0 <sup>a</sup>
	15~70	100	10	120~130	120	200~365	250.0	—	—	11.5~29.0	15.5 <sup>ab</sup>
胸部	<1	50	7	80~120	110	18~190	57.5	0.80~1.60	1.13	9.6~22.4	14.25
	1~5	51	8	80~120	120	22~191	75.0	0.80~1.50	1.20	9.0~34.5	19.0 <sup>a</sup>
	6~10	58	8	100~140	120	13~338	100.0	0.50~1.25	1.08	16.0~36.6	25.5 <sup>a</sup>
	11~15	60	8	100~140	120	21~327	100.0	0.76~1.60	1.09	12.0~38.1	27.6 <sup>ab</sup>
	15~70	100	10	100~130	120	47~250	165.0	0.80~1.38	1.02	11.5~45.5	30.5 <sup>abc</sup>
腹部	<1	31	4	80~130	120	60~250	109.5	0.50~1.38	0.98	6.5~35.5	17.9
	1~5	43	7	100~120	120	100~250	150.0	0.50~1.38	1.00	8.50~36.0	22.5
	6~10	48	8	80~140	120	100~338	165.0	0.80~1.40	1.02	14.0~42.1	24.5
	11~15	47	8	100~140	120	100~338	170.0	0.67~1.40	1.04	12.0~53.7	25.0 <sup>ab</sup>
	15~70	100	10	120~130	120	97~220	180.0	0.60~1.20	0.96	11.8~55.6	28.0 <sup>ab</sup>

注: <sup>a</sup>表示与同部位中<1岁组比较,  $P<0.05$ ; <sup>b</sup>表示与同部位中1~5岁组比较,  $P<0.05$ ; <sup>c</sup>表示与同部位中6~10岁组比较,  $P<0.05$ ; —表示数据收集例数太少, 此次分析未纳入。

位数远高于同年龄段其他两个部位, 3 个部位中胸部 CT 曝光量最低; 螺距因子与检查部位存在较大关系, 头部扫描采用轴扫, 胸部和腹部为螺旋扫描, 其中胸部平扫所用的螺距因子中位数均  $>1$ , 其中 5~10 岁螺距因子差距最大, 最大值/最小值为 2.5, 腹部平扫各年龄段螺距因子中位数均接近 1.0; 扫描长度

与检查类型直接相关, 对于头颅而言, 扫描长度随年龄增大而略增大, 趋势并不明显, 成人组扫描长度为婴儿组( $<1$ 岁)的 1.29 倍( $P<0.05$ ), 而胸部和腹部的扫描长度设置中, 随着年龄增长, 扫描长度增长较明显, 其中成人组(15~70岁)与儿童组( $<1$ 岁、1~5岁、6~10岁)均有显著性差异( $P<0.05$ )。

2.3 不同医院儿童 CT 检查辐射剂量水平比较 由于 J 和 K 医院因儿童受检者例数太少, 此次分析未纳入。对上述医院 CT 设备显示的 CTDI<sub>vol</sub> 和 DLP 变化趋势进行分析, 见表 3 和表 4, 各医院头颅 CT 检查的 CTDI<sub>vol</sub> 调查值均明显大于胸、腹部 CT 检查, 大部分调查单位受检部位辐射剂量水平随年龄增加而增加,

表 3 不同医疗机构儿童受检者容积 CT 剂量指数 (CTDI<sub>vol</sub>) 调查结果

Table 3 Volume CT dose index for children examined in different medical institutions

CT 类型	年龄组 (岁)	CTDI <sub>vol</sub> 中位数/mGy								美国 2022 DRL <sup>[6]</sup>
		A	B	C	D	E	G	H	I	
头颅	<1	33.38	26.04	17.42	18.70	—	50.45	37.57	32.37	23
	1~5	36.12	32.37	24.67	34.30	68.02	50.45	37.57	34.45	31
	6~10	42.62	42.83	38.72	44.15	68.48	50.45	37.57	40.70	55
	11~15	42.63	45.04	48.53	47.70	68.56	50.45	37.57	45.72	55
胸部	<1	2.20	2.13	2.43	7.20	—	2.96	3.72	9.29	1.7
	1~5	2.35	8.86	3.90	8.50	9.66	2.99	4.82	9.29	2.2
	6~10	2.60	10.76	5.88	7.20	13.26	5.50	6.43	9.29	2.5
	11~15	6.26	10.76	6.91	7.25	14.01	5.96	6.43	9.29	4.1
腹部	<1	10.20	8.61	3.97	4.11	—	—	—	—	—
	1~5	10.20	8.87	4.60	9.80	28.20	—	4.90	3.58	2.6
	5~10	16.40	10.63	5.89	9.90	28.20	6.25	7.12	5.96	4.8
	11~15	16.90	11.92	10.59	11.24	28.20	8.30	10.39	8.28	8.1

注: CTDI<sub>vol</sub>: 容积 CT 剂量指数; DLP: 剂量长度乘积; — 表示数据收集例数太少, 此次分析未纳入。

表 4 不同医疗机构儿童受检者剂量长度乘积 (DLP) 调查结果

Table 4 Dose-length product for children examined in different medical institutions

CT 类型	年龄组/岁	DLP 中位数/(mGy · cm)								美国 2022 DRL <sup>[6]</sup>
		A	B	C	D	E	G	H	I	
头颅	<1	402.55	228.87	228.80	239.05	—	605.35	506.30	371.82	344
	1~5	480.60	440.50	299.53	423.00	828.53	605.35	506.30	413.27	518
	6~10	613.80	540.48	469.20	687.45	897.90	605.35	506.30	529.70	910
	11~15	613.80	540.48	684.68	700.70	966.97	605.35	506.30	571.10	910
胸部	<1	33.20	36.30	37.40	145.80	—	47.67	63.69	151.96	27
	1~5	58.95	217.85	90.46	126.46	184.68	57.61	113.03	196.94	49
	6~10	77.60	279.89	162.44	166.90	307.48	114.95	154.24	210.40	70
	11~15	196.50	296.03	220.15	237.95	418.23	144.88	190.37	269.68	128
腹部	<1	226.50	180.88	74.90	78.96	—	—	—	—	—
	1~5	293.15	186.49	116.50	210.39	561.14	—	168.37	150.76	95
	6~10	642.40	244.65	176.33	287.20	678.79	178.19	190.31	202.35	171
	11~15	724.20	405.67	365.75	398.40	926.53	262.10	249.59	222.68	367

注: — 表示数据收集例数太少, 此次分析未纳入。

其中 G 医院(二级医院)和 H 医院(县级妇幼保健院)头颅各年龄段  $CTDI_{vol}$  固定不变, I 医院(县级妇幼保健院)胸部  $CTDI_{vol}$  固定不变; 将调查数据中位数与美国最新调查的儿童各部位 DRL<sup>[6]</sup> 进行比较, 其中头颅部位婴儿组( $<1$  岁)  $CTDI_{vol}$  水平 C 医院和 D 医院低于美国 DRL, 1~5 岁组中只有 C 医院调查值低于美国 DRL, 其余医疗机构调查值均大于美国 DRL, 最高的为 E 医院, 为美国 DRL 的 2.19 倍,  $\geq 5$  岁年龄段除 E 医院和 G 医院外, 其余医院调查值均小于美国 DRL, 胸部和腹部各年龄段均大于美国 DRL, 其中 A 医院(儿童医院)和 E 医院(市级综合性三级医院)腹部扫描剂量明显高于其他三级和二级医院, 详见表 3。

**2.4 不同医院不同部位成人受检者 CT 检查辐射剂量参数比较** 进一步按医院将成年人头颅、胸部、腹部 CT 扫描的  $CTDI_{vol}$  和 DLP 进行比较, 其中头颅  $CTDI_{vol}$  远高于胸部和腹部, DLP 分布则为胸部最低,

K 医院(一级医院)辐射剂量参数中位数水平远高于其他医院。将此次调查医院数值与 GBZ 130—2020 规定的 DRL<sup>[7]</sup> 比较, 各医院头颅辐射剂量均满足要求, 但 K 医院胸部  $CTDI_{vol}$  和 DLP 调查值以及腹部  $CTDI_{vol}$  高于 GBZ 130—2020 中的 DRL, G 医院的胸部 DLP 水平高于 GBZ 130—2020 中的 DRL, 详见表 5。

**2.5 与其他国家/地区辐射剂量参数的比较** 统计此次调查的各医院成人受检者头颅、胸部和腹部辐射剂量中位数的  $P_{75}$ , 并通过查阅文献, 将石家庄市本次调查结果与美国、宁夏市<sup>[8]</sup>、河南省<sup>[9]</sup>、河北省<sup>[10]</sup>等地的调查结果做比较, 对比此次调查结果与其他国家/地市  $CTDI_{vol}$  和 DLP 的  $P_{75}$ , 其中头颅  $CTDI_{vol}$  和 DLP 水平高于其他地市, 腹部  $CTDI_{vol}$  高于其他地市调查水平, 但 DLP 处于较低水平, 胸部  $CTDI_{vol}$  低于国家标准和部分地市, 但 DLP 水平高于国家标准和其他地市(河北、河南除外), 结果详见图 1。

表 5 各医院成人受检者  $CTDI_{vol}$  和 DLP 调查结果

Table 5 Volume CT dose index and dose-length product for adults examined in different hospitals

医疗机构	头颅		胸部		腹部	
	$CTDI_{vol}$ 中位数/mGy	DLP中位数/(mGy·cm)	$CTDI_{vol}$ 中位数/mGy	DLP中位数/(mGy·cm)	$CTDI_{vol}$ 中位数/mGy	DLP中位数/(mGy·cm)
B(三级医院/妇幼保健院)	41.72	540.48	12.18	406.57	15.23	468.39
C(三级医院)	45.04	630.56	14.99	467.93	17.42	689.87
D(三级医院)	46.3	460.24	8.72	305.73	10.09	451.76
E(三级医院)	47.21	575.87	8.06	276.34	18.58	381.84
F(二级医院)	42.6	511.5	11.1	393.6	13.6	426.2
G(二级医院)	50.45	605.35	13.04	487.5	18.75	529
H(二级医院)	43.19	518.34	9.88	374.12	17.13	650.14
I(二级医院/妇幼保健院)	54.05	594.47	9.29	219.77	13.3	313.86
J(二级医院/妇幼保健院)	37.28	372.81	6.43	252.21	8.28	382.78
K(一级医院)	59.05	767.18	19.06	585.69	28.59	772.66
GBZ 130—2020	60	860	15	470	20	790

注: A 医院为儿童医院, 未调查  $\geq 15$  岁受检者。

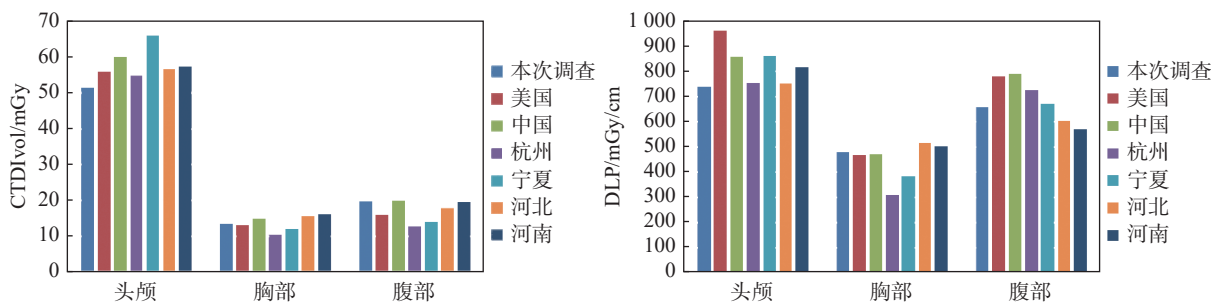


图 1 本次调查成年受检者头颅、胸部、腹部辐射剂量参数与其他国家/地区 DRL 比较

Figure 1 Comparison of radiation dose parameters for the brain, chest, and abdomen in adults in this survey with diagnostic reference levels of other countries/cities

### 3 讨论

国际辐射防护委员会(ICRP)第 135 号出版物<sup>[11]</sup>提出倡议,希望各国及各地市阶段性的监测受检者辐射剂量水平,进而建立符合自身区域特点 CT 检查诊断参考水平,同时通过各地区之间辐射剂量水平的比较来优化 CT 扫描条件,进而降低辐射剂量。本次调查采用实地走访和调查表结合的形式,所获数据有助于了解石家庄市常见检查部位不同年龄段的辐射剂量现状,为后续优化 CT 扫描参数及辐射剂量控制打好基础。

本研究按照 2021 年《医疗卫生机构医用辐射防护监测工作方案》要求及国际习惯<sup>[11]</sup>,将受检者分为 5 个年龄组(0~1 岁、1~5 岁、6~10 岁、11~15 岁和 15~70 岁),对收集到的扫描参数和扫描剂量分析,对于同一年龄段不同部位中,头颅部位曝光量(管电流时间积)、CTDI<sub>vol</sub> 和 DLP 最大,主要原因是与胸部和腹部相比,头颅骨密度高,衰减系数较大,射线在其中穿行时损失的能量较大,为保证影像质量,头部 CT 检查时需要更大的管电流时间积<sup>[12]</sup>。本研究结果显示, E 医院(三级综合性医院)各部位调查值和 G 医院(二级综合性医院)头颅辐射剂量水平远高于其他医院,提示这两个医院应遵循 ALARA 原则,优化影像质量和扫描条件。E 医院和 G 医院头颅扫描儿童各年龄段与成人 CTDI<sub>vol</sub> 和 DLP 值一致,并没有随着年龄的降低而改变,说明该院在 CT 扫描参数的选择使用上并未充分考虑受检者年龄和身材差异情况,扫描条件单一,未主动降低电流时间积,建议该院应按照辐射防护最优化原则,根据受检者的年龄和身材调整扫描参数,尽可能降低受检者辐射剂量。

我国还未发布中国自己的儿童 CT 的 DRL,将本研究结果与美国的 DRL 比较,本次调查结果显示各医院儿童受检者胸部、腹部 CTDI<sub>vol</sub> 和 DLP 中位数明显高于 2022 年美国调查值,将本次调查的各医院中位数与 2017—2018 年河北省儿童胸部 CT 受检者调查数据<sup>[13]</sup>相比,与河北省 CTDI<sub>vol</sub> 的  $P_{75}$ (0~1 岁组 3.80 mGy, 1~5 岁组 9.00 mGy, 6~10 岁组 6.71 mGy, 11~15 岁组 6.71 mGy)比较, I 医院各年龄段均高于河北省调查值,而 B 医院( $\geq 5$  岁组)、D 医院(除 1~5 岁组)和 E 医院(除  $< 1$  岁组)调查值均高于河北省  $P_{75}$ ,说明上述医院 CT 扫描条件仍有优化空间。

将本研究 10 家医疗机构成年受检者头颅、胸部和腹部检查的辐射剂量水平,按照各医院中位数排列

后计算  $P_{75}$ ,并与国家卫生标准和各地区的调查水平进行比较,发现除胸部 DLP 外,其余部位调查值的  $P_{75}$  均不高于国家卫生标准 GBZ 130—2020<sup>[7]</sup>中规定的 DRL,其中成人受检者头颅剂量水平低于杭州市<sup>[12]</sup>和宁夏市<sup>[8]</sup>调查水平,但胸部和腹部剂量高于杭州市和宁夏市,CTDI<sub>vol</sub> 约为杭州市的 1.28 倍和 1.54 倍,为宁夏市的 1.13 倍和 1.42 倍,但腹部 DLP 低于杭州市和宁夏市调查结果;本次调查还发现不同等级医院受检者辐射剂量分布差异较大,其中基层医院(K 医院)的 CT 扫描剂量相对要高,排除检查设备的影响,考虑与工作人员操作水平及防护意识有关,应及时组织对技术人员进行培训,提高其辐射防护的意识和能力,从而降低患者的辐射剂量。

总体来说,石家庄市 CT 受检者辐射剂量与国内其他省份的报道值相比较有高有低,与我国和美国的 DRL 相比,部分医院的中位数超过了 DRL,同时调查还发现部分医院没有根据受检者提醒调节扫描参数,这些都说明我市 CT 扫描仍有很大的优化空间,在后续检查中应严格遵循放射防护正当性原则,在扫描过程中根据受检者体型及诊断要求,优化扫描参数,选取最佳扫描范围,防止其他器官或组织受照,促进辐射防护最优化的实施,降低受检者辐射剂量<sup>[14]</sup>。

本次调查仍存在一定的不足:①石家庄市儿童 CT 检查主要集中在儿童医院和妇幼医院,造成一定的抽样误差,导致整体调查水平可能存在一定的偏倚。②此次调查儿童腹部样本量小,尤其是 0~1 岁儿童,这与新生儿科医师的辐射防护意识提高有关<sup>[15]</sup>,儿童腹部以 B 超检查为首选。③选取的扫描类型只包括检查频次较高的头颅、胸部和腹部,但不够细化,后续应将扫描部位进一步扩大。④在下一步的调查研究中将扩大 CT 检查受检者剂量的样本量,细化 CT 扫描种类,涵盖各部位螺旋扫描的增强扫描数据,覆盖到全市各个级别、类型的医疗机构。尽管本研究存在这些不足,但现有的调查数据依然能为建立石家庄市受检者 CT 诊断参考水平提供重要的数据支持,对了解我市 CT 诊断剂量分布,后续有效降低受检者剂量具有重要的参考意义。

**利益冲突** 本研究由署名作者按以下贡献声明独立开展,排名无争议。文章不涉及任何利益冲突

**作者贡献声明** 李鹏、张圆圆负责统计分析和论文撰写;张雨、梁志苓、周静、师振祥负责数据收集、现场调查、数据

录入整理; 牛庆国、陈岩负责实验方案指导以及论文审核, 徐辉负责论文终审及统计分析指导

## 参考文献

- [1] World Health Organization. Communicating radiation risks in paediatric imaging: information to support healthcare discussions about benefit and risk[R]. Geneva: WHO, 2016.
- [2] Berrington de Gonzalez A, Salotti JA, McHugh K, et al. Relationship between paediatric CT scans and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: assessment of the impact of underlying conditions[J]. *Br J Cancer*, 2016, 114 (4): 388-394. DOI: 10.1038/bjc.2015.415.
- [3] Aberle C, Ryckx N, Treier R, et al. Update of national diagnostic reference levels for adult CT in Switzerland and assessment of radiation dose reduction since 2010[J]. *Eur Radiol*, 2020, 30 (3): 1690-1700. DOI: 10.1007/s00330-019-06485-1.
- [4] Vassileva J, Rehani M, Kostova-Lefterova D, et al. A study to establish international diagnostic reference levels for paediatric computed tomography[J]. *Radiat Prot Dosimetry*, 2015, 165 (1/4): 70-80. DOI: 10.1093/rpd/ncv116.
- [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. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.03.010.  
Xu H, Yue BR, Wei KD, et al. Investigation and analysis on the dose of the subjects in CT scanning in China[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2019, 39 (3): 213-217. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.03.010.
- [6] Kanal KM, Butler PF, Chatfield MB, et al. U. S. diagnostic reference levels and achievable doses for 10 pediatric CT examinations[J]. *Radiology*, 2022, 302 (1): 164-174. DOI: 10.1148/radiol.2021219027.
- [7] 国家卫生健康委员会. GBZ 130—2020 放射诊断放射防护要求[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.  
National Health Commission of the People's Republic of China. GBZ 130 —2020 Requirements for radiological protection in diagnostic radiology[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [8] 邱海静, 高知玲, 贾晶, 等. 宁夏成年人常见CT检查项目的辐射剂量状况调查研究[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2019, 39 (9): 691-696. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.09.010.  
Qiu HJ, Gao ZL, Jia J, et al. Investigation of radiation dose in CT scanning for adult patients in Ningxia[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2019, 39 (9): 691-696. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.09.010.
- [9] 赵艳芳, 楚彩芳, 张钦富, 等. 河南省CT检查所致受检者剂量调查与分析[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2020, 40 (3): 227-232. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2020.03.012.  
Zhao YF, Chu CF, Zhang QF, et al. Investigation and analysis of CT doses to examined individuals in Henan province[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2020, 40 (3): 227-232. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2020.03.012.
- [10] 郭大伟, 罗英男, 高艳辉, 等. 河北省CT检查成年受检者剂量水平调查[J]. *职业与健康*, 2021, 37 (7): 865-868. DOI: 10.13329/j.cnki.zyyjk.2021.0217.  
Guo DW, Luo YN, Gao YH, et al. Investigation on dose level of adult subjects undergoing CT examination in Hebei province[J]. *Occup Health*, 2021, 37 (7): 865-868. DOI: 10.13329/j.cnki.zyyjk.2021.0217.
- [11] Vañó E, Miller DL, Martin CJ, et al. ICRP publication 135: diagnostic reference levels in medical imaging[J]. *Ann ICRP*, 2017, 46 (1): 1-144. DOI: 10.1177/0146645317717209.
- [12] 王强, 赵微鑫, 杨勇, 等. 杭州市2742例CT受检者辐射剂量及影响因素[J]. *环境与健康杂志*, 2020, 37 (4): 336-340. DOI: 10.16241/j.cnki.1001-5914.2020.04.014.  
Wang Q, Zhao ZX, Yang Y, et al. Radiation dose and influencing factors of 2742 individuals receiving CT examination in Hangzhou[J]. *J Environ Health*, 2020, 37 (4): 336-340. DOI: 10.16241/j.cnki.1001-5914.2020.04.014.
- [13] 郭大伟, 罗英男, 高艳辉, 等. 儿童胸部CT辐射剂量调查[J]. *中国辐射卫生*, 2020, 29 (3): 232-235. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.03.008.  
Guo DW, Luo YN, Gao YH, et al. Investigation of CT radiation dose in chest of children[J]. *Chin J Radiol Health*, 2020, 29 (3): 232-235. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2020.03.008.
- [14] 苗晓翔, 苏垠平, 徐辉, 等. 浅议放射卫生在医用辐射防护领域的几个问题[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2021, 41 (4): 276-281. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.04.007.  
Miao XX, Su YP, Xu H, et al. Discussion on the radiation protection and safety in medical use of ionizing radiation in China[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2021, 41 (4): 276-281. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.04.007.
- [15] 许书聪, 郝文瀚, 袁新宇, 等. 基于水当量直径体型特异性剂量估计在儿童头部CT检查中的价值[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2022, 42 (1): 69-72. DOI: 10.3760/cma.j.cn112271-20210725-00291.  
Xu SC, Hao WH, Yuan XY, et al. The value of SSDE based on effective diameter and water equivalent diameter in pediatric head CT[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2022, 42 (1): 69-72. DOI: 10.3760/cma.j.cn112271-20210725-00291.

(收稿日期: 2023-01-10)