

# 贵州省儿童 CT 检查剂量调查分析与评估

宋想 陆文霆<sup>通讯作者</sup> 杨忠 曾飘飘 周光荣

贵州省疾病预防控制中心

DOI:10.32629/bmtr.v8i2.18873

**[摘要]** 目的：调查、统计分析贵州省儿童 CT 扫描参数和受检者辐射剂量水平，评估儿童受检者不同部位 CT 检查所致有效剂量和平均有效剂量，为贵州省儿童 CT 检查诊断参考水平和评估辐射剂量提供依据。方法：按照 2023 年医疗卫生机构医用辐射防护监测工作方案，选择贵州省 5 个市（州）6 家三甲医院共 10 台 CT 开展儿童受检者头颅、胸部、腹部 CT 扫描受检者剂量调查，儿童按照年龄分为四组：~1 岁、~5 岁、~10 岁、~15 岁。每台 CT 每个年龄段每种扫描部位调查例数不少于 20 例，共调查 1442 例儿童受检者。调查儿童受检者基本信息和 CT 扫描参数（管电压 kV、电流时间积 mAs），以及容积 CT 剂量指数  $CTDI_{vol}$ 、剂量长度乘积 DLP 等剂量信息，分析比较同一扫描部位不同年龄组的扫描管电压、电流时间积、 $CTDI_{vol}$ 、DLP 之间的关系，以及不同医院、不同扫描部位  $CTDI_{vol}$ 、DLP 的分布。对贵州省儿童不同部位 CT 扫描所致有效剂量与平均有效剂量进行评估。结果：同一扫描部位不同年龄组的 CT 扫描管电压、 $CTDI_{vol}$ 、DLP 具有统计意义（头颅、胸部、腹部管电压： $\chi^2=38.95、123.87、89.39, P<0.001$ ； $CTDI_{vol}$ ： $\chi^2=66.49、161.07、101.38, P<0.001$ ，DLP： $\chi^2=91.4、275.18、159.88, P<0.001$ ），儿童医院不同扫描部位受检者  $CTDI_{vol}$ 、DLP 分布低于综合医院，不同医院不同扫描部位之间  $CTDI_{vol}$ 、DLP 具有一定的关联性。贵州省儿童不同部位扫描所致平均有效剂量（头颅、胸部、腹部分别为 2.68mSv、2.86mSv、4.73mSv），儿童 CT 扫描平均有效剂量 3.37mSv。结论：贵州省三级医院儿童 CT 检查不同部位、不同年龄组之间  $CTDI_{vol}$ 、DLP 具有关联性， $CTDI_{vol}$ 、DLP 值高于部分省份调查结果，儿童医院  $CTDI_{vol}$ 、DLP 值优于综合医院，儿童 CT 扫描程序和扫描条件有优化的必要。

**[关键词]** 儿童 CT 扫描；诊断参考水平；有效剂量

中图分类号：R814.4 文献标识码：A

## Research Analysis and Evaluation of CT Check Dose to Children Patients in Guizhou

Xiang Song, Wenting Lu<sup>Corresponding Author</sup>, Zhong Yang, Piaopiao Zeng, Guangrong Zhou

Guizhou Provincial Disease Prevention and Control Center

**[Abstract]** Objective Investigation and statistical analysis of the CT scanning parameters of Guizhou Province and the radiation dose of the inspector, evaluate the effective doses and average effective dosage caused by the CT inspection of different parts of the child's inspector, and provide evidence to establish the reference level of the CT examination diagnosis and evaluate the radiation dose of Guizhou province for the establishment of the Guizhou province. Methods According to the 2023 Medical Radiation Protection Monitoring Work Plan for Healthcare Institutions, 10 CT scanners from 6 tertiary hospitals across 5 cities in Guizhou Province were selected to conduct a survey on radiation doses in pediatric patients undergoing head, chest, and abdominal CT scans. The pediatric patients were divided into four age groups: ~1 year, ~5 years, ~10 years, and ~15 years. This study involved a survey of 1,442 pediatric patients, ensuring that a minimum of 20 cases per CT scanner, age group, and scan type were included. The survey collected basic information of the pediatric patients and CT scanning parameters (tube voltage kV, current-time product mAs), as well as dose information such as volume CT dose index ( $CTDI_{vol}$ ) and dose-length product (DLP). The relationships between tube voltage, current-time product,  $CTDI_{vol}$ , and DLP for the same scan type across different age groups were analyzed, and the distribution of  $CTDI_{vol}$  and DLP across different hospitals and scan types was examined. Results Significant differences were observed in CT tube voltage,  $CTDI_{vol}$ , and DLP across different age groups

for the same scan type(Head, chest, and abdomen tube voltage:  $\chi^2=38.95$ 、 $123.87$ 、 $89.39$ ,  $P<0.001$ ; CTDI<sub>vol</sub>:  $\chi^2=66.49$ 、 $161.07$ 、 $101.38$ ,  $P<0.001$ ; DLP:  $\chi^2=91.4$ 、 $275.18$ 、 $159.88$ ,  $P<0.001$ ). CTDI<sub>vol</sub> and DLP were correlated across different hospitals and scan types. Furthermore, the distribution of these dose metrics for various scan parts was lower in children's hospitals compared to general hospitals. This study reports the average effective dose from scans of various body sites in Guizhou pediatric patients(Head: 2.68mSv, chest: 2.86mSv, and abdomen: 4.73mSv) and the average effective dose from pediatric CT scanning is 3.37mSv. Conclusions Significant correlations were identified for CTDI<sub>vol</sub> and DLP across different anatomical regions and age groups in pediatric CT examinations at tertiary hospitals in Guizhou Province. Children's hospitals demonstrated significantly lower CTDI<sub>vol</sub> and DLP values compared to general hospitals. These findings highlight the need for optimized pediatric CT scanning protocols and technical parameters.

[Key words] Children's CT scan; Diagnostic reference levels; Effective dose

## 引言

随着放射诊疗技术的广泛应用, 医疗照射已成为公众辐射剂量负担的主要来源<sup>[1]</sup>。在各类影像学检查中, CT 检查贡献了最大的集体有效剂量。联合国原子辐射效应科学委员会 (UNSCEAR) 报告中指出<sup>[2]</sup>, 全球 CT 检查占医疗照射总频度 9.6%, 对集体有效剂量贡献达 6.6%。相较于成人, 儿童对辐射更为敏感, 潜在的长期健康风险也更受关注。遵循辐射防护最优化原则, 在保证诊断质量的同时尽可能降低受检者剂量是核心目标。建立并使用诊断参考水平已成为实现剂量与图像质量最佳平衡的专家共识。国内已有多家机构开展了区域性 CT 诊断参考水平的研究<sup>[4,5]</sup>。本研究通过调查贵州省儿童 CT 扫描的参数与剂量, 分析其分布特点并评估有效剂量, 旨在为建立本地区儿童 CT 扫描诊断参考水平提供科学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 调查对象

选择贵州省 6 家三甲医院涉及 5 个市(州), 共 10 台 CT, 型号包括: 飞利浦 Ingenuity、西门子 (SOMATOM Definition Flash、SOMATOM Definition AS128、Brilliance CT 16 Slice、SOMATOM go.Top)、通用电气医疗 (LightSpeed VCT、Optima CT660) 联影 uCT550。

### 1.2 调查方法

按照 2023 年医疗卫生机构医用辐射防护监测工作方案的要求, 儿童受检者分四个年龄段 (0-1 岁, 1-5 岁, 5-10 岁, 10-15 岁), 每个年龄段调查 3 个部位: 头颅、胸部、腹部, 每个年龄段每种扫描部位调查例数不少于 20 例, 不足 20 例的按实际检查数量调查。选取单部位单序列, 避免选取多部位检查, 定位像序列不做记录。

### 1.3 调查内容

调查 CT 设备信息 (设备型号、出厂编号、生产厂家), 根据导出剂量报告, 统计儿童受检者基本信息 (年龄、性别、扫描部位)、CT 扫描参数 (管电压、管电流时间积、扫描

长度、层厚、螺距、准直宽度)、CT 剂量学指标 (容积 CT 剂量指数 CTDI<sub>vol</sub>、剂量长度乘积 DLP) 等参数。

### 1.4 有效剂量的计算方法<sup>[6]</sup>

$E = C_{E,CT} \cdot P_{RL,CT}$ ,  $E$  为有效剂量, 单位为毫希沃特 (mSv);  $C_{E,CT}$  为 CT 扫描所致受检者有效剂量转换系数, 单位为毫希沃特每毫戈瑞厘米 [mSv/(mGy·cm)], 头部、胸部、腹部分别取 0.004、0.018、0.02;  $P_{RL,CT}$  为 CT 扫描的空气比释动能长度乘积, 单位为毫戈瑞厘米 (mGy·cm)。平均有效剂量  $H = E_{\text{头颅}} \cdot f_{\text{头颅}} + E_{\text{胸部}} \cdot f_{\text{胸部}} + E_{\text{腹部}} \cdot f_{\text{腹部}}$ ,  $f$  为头部、胸部、腹部检查所占的频次百分数。

### 1.5 质量控制措施

省级卫生健康行政部门制定下发工作文件, 统一调查方案; 省级疾病预防控制中心对调查员进行技术培训, 规范调查方法, 并对调查情况进行督导, 对调查数据进行质控审核, 并对异常数据进行核实。所调查的 CT 设备工作正常, 各项性能指标均符合 WS519-2019《X 射线计算机体层摄影质量控制检测规范》。

### 1.6 统计学处理

使用数值计算软件 MATLAB (Matrix & laboratory) 对调查的儿童 CT 扫描信息进行统计分析。对所有儿童受检者 CT 扫描参数和剂量信息: kV、mAs、CTDI<sub>vol</sub>、DLP 等进行正态分布验证 (Jarque-Bera 检验)。采用 Kruskal-Wallis H 检验分析同一检查部位不同年龄组之间的 kV、mAs、CTDI<sub>vol</sub>、DLP 结果差异, 采用 Wilcoxon 秩和检验分析不同医院之间的 CTDI<sub>vol</sub>、DLP 差异。接受统计检验假设的概率  $P$  取 0.05,  $P<0.05$  具有统计学意义,  $P\geq 0.05$  或  $h=1$  则不服从假设检验, 不具备统计学意义。

## 2 结果

2.1 本次调查共选取 5 个市州 6 家三甲医院 (分别用 A、B、C、D、E 表示), 包括 5 家综合医院和 1 家儿童医院。共调查 1442 例儿童受检者 (男性 891 例、女性 551 例), 年龄范围 0-15 岁, 平均年龄 5.7 岁。儿童受检者基本信息详

见表1。

表1 儿童受检者基本信息

医院类型	受检者信息			平均年龄 (SD)		
	男(例)	女(例)	合计(例)	男(岁)	女(岁)	平均
A 三级甲等综合	53	37	90	4.5(5.30)	6.3(5.22)	5.2(5.32)
B 三级甲等综合	226	133	359	5.7(4.65)	5.6(4.23)	5.7(4.50)
C 三级甲等综合	143	97	240	5.7(4.55)	5.5(4.94)	5.6(4.70)
D 三级甲等综合	101	56	157	5.9(4.61)	5.6(4.18)	5.8(4.48)
E 三级甲等综合	227	129	356	6.2(5.45)	6.1(5.53)	6.2(5.47)
F 三级甲等儿童	141	99	240	5.0(4.29)	6.1(4.64)	5.5(4.46)
合计	891	551	1442	5.7(4.85)	5.9(4.81)	5.7(4.83)

2.2 CT扫描主要参数 kV、mAs 经检验不符合正态分布, 不同年龄组不同检查部位的分布情况如表2所示。由表2可以看出, 同一扫描部位, 不同年龄组的管电压随年龄增加而增大, 差异具有统计学意义, 头颅、胸部、腹部  $\chi^2=38.95$ 、123.87、89.39,  $P<0.001$ 。同一年龄组头颅扫描平均管电压均高于胸部扫描; 头颅扫描平均管电压随年龄增加不明显, 离散程度相对胸部和腹部不明显。不同年龄组头颅扫描管电流时间积 mAs 的  $\chi^2=3.18$ ,  $P>0.05$ , 不具有统计学意义。胸部和腹部  $\chi^2=62.79$ 、29362,  $P<0.001$ 。不同扫描部位不同年龄组 mAs 数据离散程度高, 且头颅扫描同一年龄组平均 mAs 均高于胸部和腹部扫描。头颅、胸部、腹部扫描不同年龄组平均 mAs 75%分位数介于 251.25-300mAs、126-217mAs、93-239mAs。

表2 儿童受检者 CT扫描曝光参数分布

扫描部位	年龄	调查例数	管电压 (kV)	电流时间积 (mAs)
			P25、P50、P75	P25、P50、P75
头颅	0-	79	110、120、120	100、200、251.25
	1-	169	100、120、120	42、232、260
	5-	87	110、120、120	42、155、300
	10-15	134	120、120、120	42、260、300
	$\chi^2=38.95, P<0.001$			$\chi^2=3.18, P=0.3648$
胸部	0-	70	80、100、100	40、80、126
	1-	208	100、100、120	58、86、144
	5-	109	100、100、120	54.25、120、144
	10-15	147	120、120、120	116、149、217
	$\chi^2=123.87, P<0.001$			$\chi^2=62.79, P<0.001$
腹部	0-	55	80、100、120	20、66、93
	1-	150	100、100、120	45、90.5、239
	5-	109	100、120、120	19、66、90
	10-15	125	120、120、120	19、119、164
	$\chi^2=89.39, P<0.001$			$\chi^2=29.62, P<0.001$

2.3 CT扫描辐射剂量 CTDI<sub>vol</sub>、DLP 经检验不符合正态分布, 不同年龄组不同检查部位的分布情况如表3所示。由表3可以看出, 同一扫描部位, 不同年龄组的 CTDI<sub>vol</sub>、DLP 随年龄增加而增大, 差异具有统计学意义: 对于 CTDI<sub>vol</sub>, 头颅、胸部、腹部  $\chi^2=66.49$ 、161.07、101.38,  $P<0.001$ ; 对于 DLP, 头颅、胸部、腹部  $\chi^2=91.4$ 、275.18、159.88,  $P<0.001$ 。同一年龄组头颅扫描平均 CTDI<sub>vol</sub>、DLP 均高于胸部和腹部扫描; 同一扫描部位 CTDI<sub>vol</sub> 随年龄增长不明显, 不同扫描部位不同年龄组增 DLP 离散程度高。头颅、胸部、腹部扫描不同年龄组平均 CTDI<sub>vol</sub> 75%分位数介于 42.58-58.54mGy、6.47-12.43mGy、5.9-12.22mGy; 平均 DLP 75%分位数介于 561.53-1010 mGy·cm、107.93-397.04 mGy·cm、146.35-549.5 mGy·cm。

表3 不同年龄儿童受检者不同部位 CT扫描 CTDI<sub>vol</sub>和 DLP 分布

扫描部位	年龄	调查例数	CTDI <sub>vol</sub> (mGy)	DLP(mGy·cm)
			P25、P50、P75	P25、P50、P75
头颅	0-	79	19、24.38、42.58	310.351.4、561.53
	1-	169	23.86、39.50、46.79	408.48、605.2、707
	5-	87	32.60、40.40、58.54	565、707、1010.0
	10-15	134	42.57、46.79、58.54	614.1、803.5、1010.0
	$\chi^2=66.49, P<0.001$			$\chi^2=91.4, P<0.001$
胸部	0-	70	1.05、2.13、6.47	18.88、40.48、107.93
	1-	208	2、2.98、7.04	39.6、71.3、150.91
	5-	109	2.24、7.04、9.21	54.98、165.51、253.27
	10-15	147	7.09、9.21、12.43	227.5、326.96、397.04
	$\chi^2=161.07, P<0.001$			$\chi^2=275.18, P<0.001$
腹部	0-	55	1.82、3.2、5.9	43.00、77.80、146.35
	1-	150	1.98、4.07、7.59	51.00、116.09、196.96
	5-	109	2.05、4.30、12.22	92.39、150.2、405.19
	10-15	125	8.04、12.20、12.22	297.5、405.0、549.5
	$\chi^2=101.38, P<0.001$			$\chi^2=159.88, P<0.001$

2.4 不同医院不同扫描部位 CTDI<sub>vol</sub>、DLP 分布情况如表4所示。表4中, 与综合医院相比, 儿童医院(F)不同扫描部位 CTDI<sub>vol</sub>、DLP 75%分位数均处于较低水平。儿童医院头颅扫描 CTDI<sub>vol</sub>为 39.95 mGy, 综合医院介于 30.85-61.76 mGy, DLP 为 680 (573-1200) mGy·cm; 胸部 CTDI<sub>vol</sub> 为 3.56 (3.55-12.43) mGy, DLP 为 102.95 (113.1-384.9) mGy·cm;

腹部 CTDI<sub>vol</sub> 为 5.55 (5.15-18.59) mGy, DLP 为 195.65 (189-549.5) mGy • cm。

表 4 不同医院儿童受检者 CT 扫描 CTDI<sub>vol</sub>、DLP 分布

扫描部位		医疗机构					
		A(P25、P50、P75)	B(P25、P50、P75)	C(P25、P50、P75)	D(P25、P50、P75)	E(P25、P50、P75)	F(P25、P50、P75)
头颅	CTDI <sub>vol</sub>	19.07、22.57、30.85	61.17、61.17、61.76	18.74、24.77、58.54	40.13、40.4、40.4	42.56、44.72、46.79	26.3、32.7、39.95
	DLP	296、367.5、573	1092.9、1138.8、1200	335.5、437.5、1010	606、706.9、707	486.47、613.7、655.12	425.5、566、680
胸部	CTDI <sub>vol</sub>	1.05、3.05、9.10	3.15、7.03、9.21	0.59、1.06、7.16	1.88、2.6、3.55	7.8、9.33、12.43	2.12、2.21、3.56
	DLP	18、71.5、239	57.2、152.74、244.06	12、26、222	47.65、70.4、113.1	152.63、261.5、384.9	46、54.05、102.95
腹部	CTDI <sub>vol</sub>	1.53、7.54、11.15	5.9、12.22、12.22	1.70、2.68、5.15	3.83、4.8、5.8	16.97、16.97、18.59	1.88、2.31、5.55
	DLP	32、139、189	162.25、405.19、521.31	49、94.5、210	95.53、143、197.93	278.30、426.8、549.5	56.5、79.85、195.65

2.5 不同医院不同扫描部位 CTDI<sub>vol</sub>、DLP 的 Wilcoxon 秩和检验情况如表 5-表 10 所示。不同医院头颅 CTDI<sub>vol</sub> 的检验结果中, 有 3 组结果无显著差异; 头颅 DLP 有 4 组结果无显著差异, 胸部 CTDI<sub>vol</sub> 有 2 组结果无显著差异; 胸部 DLP 有 4 组结果无显著差异; 腹部 CTDI<sub>vol</sub> 有 2 组结果无显著差异; 腹部 DLP 有 5 组结果无显著差异。

表 5 不同医院头颅 CTDI<sub>vol</sub> 检验结果

	A	B	C	D	E	F
A	/	H=1, Z=-6.9, P<0.001	H=0, Z=-0.61, P=0.54	H=1, Z=-4.14, P<0.001	H=1, Z=-4.02, P<0.001	H=1, Z=-2.45, P=0.014
B	/	/	H=1, Z=8.65, P<0.001	H=1, Z=6.77, P<0.001	H=1, Z=7.92, P<0.001	H=1, Z=8.01, P<0.001
C	/	/	/	H=1, Z=-1.97, P=0.049	H=0, Z=-1.61, P=0.107	H=0, Z=-0.41, P=0.682
D	/	/	/	/	H=1, Z=-5.96, P<0.001	H=1, Z=-4.94, P<0.001
E	/	/	/	/	/	H=1, Z=3.39, P<0.001
F	/	/	/	/	/	/

表 6 不同医院头颅 DLP 检验

	A	B	C	D	E	F
A	/	H=1, Z=-5.82, P<0.001	H=0, Z=-0.64, P=0.52	H=1, Z=-3.95, P<0.001	H=1, Z=-3.35, P<0.001	H=1, Z=-2.16, P=0.031
B	/	/	H=1, Z=7.64, P<0.001	H=1, Z=6.83, P<0.001	H=1, Z=8.25, P<0.001	H=1, Z=7.45, P<0.001
C	/	/	/	H=0, Z=-1.72, P=0.086	H=0, Z=-0.88, P=0.378	H=0, Z=-0.074, P=0.941
D	/	/	/	/	H=1, Z=2.71, P=0.0068	H=1, Z=4.25, P<0.001
E	/	/	/	/	/	H=1, Z=2.37, P=0.0177
F	/	/	/	/	/	/

表 7 不同医院胸部 CTDI<sub>vol</sub> 检验

	A	B	C	D	E	F
A	/	H=1, Z=-2.48, P=0.0132	H=1, Z=2.07, P=0.0387	H=0, Z=1.06, P=0.2893	H=1, Z=-5.76, P<0.001	H=1, Z=2.11, P=0.0347
B	/	/	H=1, Z=5.66, P<0.001	H=1, Z=5.40, P<0.001	H=1, Z=-11.15, P<0.001	H=1, Z=7.86, P<0.001
C	/	/	/	H=1, Z=-2.18, P=0.029	H=1, Z=-8.97, P=0.107	H=1, Z=-2.78, P=0.0055
D	/	/	/	/	H=1, Z=-9.24, P<0.001	H=0, Z=0.59, P=0.5576
E	/	/	/	/	/	H=1, Z=12.17, P<0.001
F	/	/	/	/	/	/

表 8 不同医院胸部 DLP 检验

	A	B	C	D	E	F
A	/	H=0, Z=-1.50, P=0.133	H=0, Z=1.47, P=0.1425	H=0, Z=0.49, P=0.6184	H=1, Z=-4.56, P<0.001	H=0, Z=1.74, P=0.0827
B	/	/	H=1, Z=4.61, P<0.001	H=1, Z=3.66, P<0.001	H=1, Z=-7.21, P<0.001	H=1, Z=5.71, P<0.001
C	/	/	/	H=1, Z=-2.22, P=0.026	H=1, Z=-7.25, P<0.001	H=1, Z=-2.55, P=0.0106
D	/	/	/	/	H=1, Z=-7.68, P<0.001	H=0, Z=1.15, P=0.1476
E	/	/	/	/	/	H=1, Z=11.47, P<0.001
F	/	/	/	/	/	/

表9 不同医院腹部CTDI<sub>vol</sub>检验

	A	B	C	D	E	F
A	/	H=1, Z=-3.53, P<0.001	H=1,Z=2.57, P=0.01	H=0,Z=1.56, P=0.1191	H=1,Z=-6.19, P<0.001	H=1,Z=2.17, P=0.0299
B	/	/	H=1, Z=9.57, P<0.001	H=1,Z=8.49, P<0.001	H=1,Z=-7.87, P<0.001	H=1,Z=9.10, P<0.001
C	/	/	/	H=1,Z=-4.20, P<0.001	H=1,Z=-9.77, P<0.001	H=0,Z=-1.21, P=0.2276
D	/	/	/	/	H=1,Z=-8.17, P<0.001	H=1,Z=4.28, P<0.001
E	/	/	/	/	/	H=1,Z=9.66, P<0.001
F	/	/	/	/	/	/

表10 不同医院腹部DLP检验

	A	B	C	D	E	F
A	/	H=1, Z=-5.40, P<0.001	H=0, Z=-0.35, P=0.7245	H=0,Z=-1.09, P=0.2740	H=1,Z=-6.29, P<0.001	H=0,Z=-0.18, P=0.9065
B	/	/	H=1,Z=7.97, P<0.001	H=1,Z=6.78, P<0.001	H=0,Z=-1.69, P=0.0904	H=1,Z=9.06, P<0.001
C	/	/	/	H=1,Z=-2.62, P=0.0088	H=1,Z=-8.31, P<0.001	H=0,Z=0.265, P=0.7914
D	/	/	/	/	H=1,Z=-7.91, P<0.001	H=1,Z=2.994, P=0.0028
E	/	/	/	/	/	H=1,Z=9.158, P<0.001
F	/	/	/	/	/	/

表5至表10通过Wilcoxon秩和检验,对比了贵州省6家三甲医院(A-E为综合医院, F为儿童医院)儿童头颅、胸部、腹部CT扫描的容积CT剂量指数(CTDI<sub>vol</sub>)与剂量长度乘积(DLP)差异,可以得出以下结论:

(1) 头颅部位: B医院剂量显著偏高, C医院剂量稳定性最优

①头颅CTDI<sub>vol</sub>(表5): 仅3组无显著差异,且均围绕C医院,包括A-C(P=0.54)、C-E(P=0.107)、C-F(P=0.682); B医院与其他5家医院对比均为P<0.001,剂量显著偏高,是重点优化对象。

②头颅DLP(表6): 共4组无显著差异,仍以C医院为代表,新增C-D(P=0.086)组; B医院与其余医院对比

均为P<0.001,剂量偏高问题涉及容积剂量与累积剂量,需系统性调整扫描参数。

(2) 胸部部位: 儿童医院与部分综合医院剂量一致, B医院高剂量差异突出。

①胸部CTDI<sub>vol</sub>(表7): 仅2组无显著差异,为D-F(P=0.5576)、C-F(P=0.107),体现儿童医院F与综合医院D、C剂量兼容性; B医院与其他医院对比均为P<0.001, E医院与F医院对比P<0.001,二者剂量显著偏高。

②胸部DLP(表8): 共4组无显著差异,含F与A(P=0.0827)、C(P=0.1476)、D(P=0.1476)及B-E(P=0.0904); B医院与A、C、D、F对比均为P<0.001,与E医院无差异,二者需参考F医院方案优化。

(3) 腹部部位: 医院间差异最小, F与多院剂量高度协调

①腹部CTDI<sub>vol</sub>(表9): 仅2组无显著差异,为A-D(P=0.1191)、C-F(P=0.2276); E医院与其他医院对比均为P<0.001, B医院与A、C、D、F对比P<0.001,二者剂量显著偏高。

②腹部DLP(表10): 共5组无显著差异,含A与C(P=0.7245)、D(P=0.2740)、F(P=0.9065)及C-F(P=0.7914)、B-E(P=0.0904); 仅B、E医院与A、C、D、F对比P<0.001,需参考A、C、F方案调整。

(4) 医院差异特征: B医院(头颅、胸部)与E医院(腹部)为剂量偏高核心医院,需优先优化; C医院剂量稳定性最优,可作为区域参考模板; 儿童医院F剂量适配性强,其方案可被综合医院借鉴。

(5) 部位差异特征: 头颅部位医院间差异最大,需优先建立诊断参考水平(DRL); 腹部差异最小,可进一步推广现有最优方案。

2.6 国内外不同年龄组不同部位的儿童CT扫描剂量相关调查结果与本文结果如表12所示。

与国内报道的调查结果相比,本次调查的儿童头颅不同年龄组CTDI<sub>vol</sub>、DLP均高于天津、上海和河南的相应值。胸部和腹部剂量水平接近河南调查结果,均高于天津和上海的调查值。与国外相比,不同扫描部位不同年龄组剂量水平均高于埃及; 头颅与胸部剂量水平和日本调查值接近; 腹部剂量水平均低于日本调查值,高于埃及和德国的剂量水平。

表12 本文CT扫描剂量调查结果与国内外调查结果对比

地区		头颅				胸部				腹部			
		~1岁	~5岁	~10岁	~15岁	~1岁	~5岁	~10岁	~15岁	~1岁	~5岁	~10岁	~15岁
本文2023	CTDI <sub>vol</sub>	4.25	4.68	5.55	5.85	6.55	7.00	9.21	2.14	5.99	7.66	1.22	1.22
	DLP	5.61	7.07	1.00	1.00	1.00	1.05	2.55	3.70	1.94	1.49	4.75	5.94

天津 2022 [7]	CT Div oll	2 1	2 8	4 4	4 4	2. 8	2. 8	5. 7	8. 9	2. 5	5. 3	1 0.	2. 2
	DL P	2 9	4 3	5 3	5 3	6 8	1 7	1 9	3 1	7 9	1 0	2 8	4 5
上海 2021 [8]	CT Div ol	2 5	2 5	2 8	4 3	2. 7	2. 2	2. 8	5. 4	4. 9	4. 4	8. 2	1 2
	DL P	4 0	4 7	5 0	7 5	4 0	4 8	7 5	1 6	1 7	1 0	2 3	4 7
河南 2019 [9]	CT Div ol	2. 2	3. 7	4. 3	4. 6	9. 3	9. 3	9. 3	9. 3	5. 5	5. 5	1. 5	1. 5
	DL P	4 7	5 7	7 1	7 4	1 4	1 4	2 7	2 2	3 3	3 3	3 9	5 3
埃及 2021 [10]	CT Div ol	2 3	2 7	2 8	3 2	4 4	5 5	6 6	8 8	5 5	6 6	7 7	9 9
	DL P	3 4	4 2	4 9	6 3	6 7	8 5	1 4	2 5	9 6	1 7	2 3	3 4
日本 2020 [11]	CT Div ol	3 0	4 0	5 5	6 0	6 6	8 8	1 3	1 3	1 0	1 2	1 5	1 8
	DL P	4 8	6 6	8 5	1 0	1 4	1 9	3 5	4 6	2 0	3 0	5 3	9 0
德国 2019 [12]	CT Div ol	3 3	4 0	5 0	6 0	2. 0	3. 5	5. 0	8. 0	3. 5	6. 0	8. 0	1 3.
	DL P	4 0	5 0	6 5	8 0	3 0	6 5	1 5	2 0	8 5	1 5	2 5	5 0

2.7 根据 CT 扫描受检者有效剂量的计算公式，算得贵州省此次调查儿童 CT 检查有效剂量结果如表 13 所示。头颅、胸部、腹部 CT 扫描所致平均有效剂量分别为 2.68mSv、2.86mSv、4.73mSv，CT 扫描所致平均有效剂量为 3.37mSv。

表 13 有效剂量计算结果

部位	平均 DLP	有效剂量转换系数	不同扫描部位所致有效剂量	扫描频率百分比	平均有效剂量
头颅	671.2	0.004	2.68mSv	32.53%	3.37mSv
胸部	159.14	0.018	2.86mSv	37.03%	
腹部	236.33	0.02	4.73mSv	30.44%	

### 3 讨论

诊断参考水平 DRL 分为国家 DRL、地区 DRL、本地 DRL，建立贵州省本地儿童 CT 扫描 DRL 用于评估辐射剂量，减少不必要的辐射照射。在此基础上，通过 DRL 对辐射剂量进行调整，对于平衡辐射剂量与影像质量，促进医疗照射最优化，具有重要的意义。

本次调查涵盖了贵州省 9 个市（州）中的 5 个市（州）和 10 台 CT。结果显示，儿童 CT 扫描参数（平均管电压、平均管电流时间积、管电流时间积中位数、管电流时间积 75%分位数）总体上随儿童年龄增大呈增加的趋势；CTDI<sub>vol</sub> 和 DLP 随儿童年龄增大而增大；儿童医院 CT 扫描 CTDI<sub>vol</sub>

和 DLP 优于综合医院。表明贵州省儿童 CT 扫描程序和扫描条件有优化的必要。

本研究初次建立了贵州省儿童不同部位扫描所致平均有效剂量（头颅、胸部、腹部分别为 2.68mSv、2.86mSv、4.73mSv），进一步评估了儿童 CT 扫描平均有效剂量达 3.37mSv，为进一步研究建立了参考值。

调查发现，贵州省儿童头颅 CT 扫描 CTDI<sub>vol</sub>、DLP 均高于天津、上海和河南，胸部和腹部剂量水平平均高于天津和上海，表明 CT 扫描设备、扫描方案、放射工作人员防护意识等因素和发达省份存在差异，值得进一步关注并采取有效措施，降低剂量。

#### [参考文献]

[1]International Commission on Radiological Protection.ICRP Publication 105.Radiological protection in medicine[R].Oxford: Pergamon Press,2008.

[2]United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.UNSCEAR 2020/2021 Report Volume I.Report to the general assembly scientific annex A:evaluation of medical exposure to ionizing radiation[R].Vienna: UNSCEAR,2020.

[3]中华医学会放射学分会质量管理与安全管理学组，CT 辐射剂量诊断参考水平专家共识[J].中华放射学杂志，2017,51(11):817-822.

[4]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.

[5]牛延涛,张永县,康天良,等.成年人 CT 扫描中辐射剂量和诊断参考水平的探讨[J].中华放射医学与防护杂志，2016,36(11):862-867.

[6]国家卫生健康委员会. GB/T 16137-2021 X 射线诊断中受检者器官剂量的估算方法[S].北京:中国标准出版社,2021.

[7]National Health Commission of the People's Republic of China. GB/T 16137-2021 Methods for estimation of examinee's organ doses in X-ray diagnosis[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.

[8]刘春旭,刘彦,倪洋,牛振,等.天津市儿童 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，2023,43(12): 997-1002.

[9]温学新,姚杰,高林峰,等.上海市 4 家儿童医院的儿童 CT 剂量分析[J].中华放射医学与防护杂志，2023, 43(2): 124-130.

[10]Wen XX, Yao J, Gao LF, et al. Analysis of CT doses to paediatric patients in four children's hospitals in

Shanghai[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2023, 43(2): 124-130.

[11]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.

[12]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.

[13]Abdou SE, Salama DH, Ahmad KA, et al. 2021 national diagnostic reference levels for paediatric computed tomography in Egypt[J]. Radiat Prot Dosim, 2022, 198(7): 423-433.

[14]Japan Network for Research and Information on Medical Exposure(J-RIME). National diagnostic reference levels in Japan(2020) Japan DRLs 2020[EB/OL]. [2020-10-12]. [http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRL2020\\_Engver.pdf](http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRL2020_Engver.pdf).

[15]Schegerer A, Loose R, Heuser LJ, et al. Diagnostic reference levels for diagnostic and interventional X-ray procedures in Germany: update and handling[J]. Rofo, 2019, 191(8): 739-751.

#### 作者简介：

宋想（1988.02-），男，汉族，籍贯江苏省淮安市，工程师（副科长），硕士，研究方向：放射卫生检测评价、职业性化学中毒与核辐射事故应急处置。