

DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2024.04.010

• 论 著 •

青岛市部分医疗机构 CT 检查成人诊断参考水平的前期调查

刘筱钰¹, 张秀云², 张栋³, 王国华⁴, 车紫荆³, 刘珍友³

1. 复旦大学附属儿科医院, 上海 201102; 2. 青岛市中心医疗集团, 山东 青岛 266042; 3. 青岛市第八人民医院; 山东 青岛 266121; 4. 青岛市市立医院, 山东 青岛 266071

摘要: 目的 为制定符合青岛市国民体质特征的 X 射线计算机断层摄影(CT)辐射剂量诊断参考水平提供数据基础。方法 随机选取 2022 年 1 月 1 日—2022 年 12 月 31 日青岛市 3 家综合性三级医院和 1 家一级医院的成年人 CT 检查辐射剂量数据。共 14 台设备 3351 例, 扫描部位包括颅脑、鼻窦、颈部、胸部、腹部、颈椎、腰椎、颅脑 CTA、颈部 CTA、肺动脉 CTA 和主动脉 CTA。数据类型包括管电压(kV)、管电流时间积(mAs)、CTDI_{vol}、DLP, 并计算 CTDI_{vol} 和 DLP 的第 25%、第 50% 和第 75% 位分值。结果 成人各部位 DLP 差距较大, 由高向低依次为颅脑 CTA、颅脑平扫、腹部、腰椎(螺旋扫描)、主动脉 CTA、肺动脉 CTA、鼻窦、胸部、颈椎(螺旋扫描)和颈部。颅脑 DLP 75% 位分值 657.9 mGy·cm, 颈部为 228.1 mGy·cm。颅脑 CTDI_{vol} 最大(75% 位分值 52.0 mGy), 胸部 CTDI_{vol} 最小(75% 位分值 8.2 mGy)。结论 青岛市部分医疗机构成人各部位 CTDI_{vol} 和 DLP 数据差异较大, CT 辐射剂量与国内外其他地区比较处于较低水平。

关键词: CT 诊断参考水平; 容积 CT 剂量指数; 剂量长度乘积

中图分类号:X591 文献标识码:A 文章编号:1004-714X(2024)04-0409-06

Preliminary investigation of adult CT diagnostic reference levels in selected institutions in Qingdao City, China

LIU Xiaoyu¹, ZHANG Xiuyun², ZHANG Dong³, WANG Guohua⁴, CHE Zijing³, LIU Zhenyou³

1. The Children's Hospital of Fudan University, Shanghai 201102 China; 2. Qingdao Central Medical Group, Qingdao 266042 China; 3. Qingdao 8th People's Hospital, Qingdao 266121 China; 4. Qingdao Municipal Hospital, Qingdao 266071 China

Abstract: **Objective** To provide data base for the development of X-ray computed tomography (CT) diagnostic reference levels suitable for the physical characteristics of residents in Qingdao City, China. **Methods** A total of 3351 cases of adult CT scan data derived from 14 devices were randomly selected from three tertiary hospitals and one primary hospital from January 1 to December 31, 2022. CT examination was performed on the brain, paranasal sinus, neck, chest, abdomen, cervical vertebrae, and lumbar vertebrae. The cases also included CT angiography (CTA) data on the brain, neck artery, pulmonary artery, and aorta. The data types included tube voltage (kV), effective tube current (mAs), computed tomography dose index volume (CTDI_{vol}), and dose length product (DLP). The 1st, 2nd, 3rd quartile values of CTDI_{vol} and DLP were calculated. **Results** Large differences were observed in DLP among different body parts of adults. The DLP value showed a descending order of craniocerebral CTA, craniocerebral CT, abdomen CT, lumbar vertebral spiral CT, aorta CTA, pulmonary artery CTA, paranasal sinus CT, chest CT, cervical vertebral spiral CT, and neck CT. The 3rd quartile DLP values of the brain and neck were 657.9 and 228.1 mGy·cm, respectively. The CTDI_{vol} of the brain was largest (3rd quartile, 52.0 mGy) and the CTDI_{vol} of the chest was smallest (3rd quartile, 8.2 mGy). **Conclusion** There are significant differences in CTDI_{vol} and DLP between different body parts of adults in Qingdao City, and CT radiation dose levels are relatively low compared to other regions in China and other countries.

Keywords: CT diagnostic reference level; Computed tomography dose index volume; Dose length product

Corresponding author: LIU Zhenyou, E-mail:liuzhenyouqd@126.com

随着 X 射线计算机断层扫描 (computed tomography, CT) 设备的普及, CT 检查的数量有了迅猛的增长, 带来的辐射风险也随之增加。2009—2018 年, 全球平均医疗照射检查频度 574 人次/千人口, 其中, 高收入国家和中等收入国家分别为 1612 人次/千人口和 362~457 人次/千人口。CT 检查人次占有放射诊疗人次的 7.9%, 占医疗照射总有效剂量的 43%^[1]。国内的 CT 检查频度大多在 125~362 人次/千人口^[2-9]。青岛市 CT 检查频度为 362.32 人次/千人口, 占有放射学检查的 52.65%^[10]。CT 对集体有效剂量的贡献已经超越了传统放射学、放射治疗学和核医学, 成为最大的单项人工辐射来源^[1,10]。CT 检查引起的医源性辐射量的增加正日益受到人们的关注。本调查对青岛市部分医疗机构不同检查部位 CT 检查产生的辐射剂量进行统计, 分析 CT 受检者的剂量水平, 以期制定符合青岛市国民体质特征的 CT 检查辐射剂量诊断参考水平 (diagnostic reference levels, DRL) 提供依据。

1 对象与方法

1.1 调查对象 选取青岛市 3 家综合性三级医院和 1 家一级医院的 CT 检查数据。根据不同的检查部位, 在医学影像存档与通信系统 (PACS) 中随机抽取病人检查资料。时间范围自 2022 年 1 月 1 日—2022 年 12 月 31 日。

1.2 调查方法

1.2.1 调查部位 由于各家医院在进行 CT 扫描时, 实际情况差异较大。为了便于比较, 选取扫描参数和扫描范围比较容易确定的 11 个部位进行统计, 分别为颅脑、鼻窦、颈部、胸部、腹盆部、颈椎、腰椎、颅脑 CTA、颈部 CTA、肺动脉 CTA 和主动脉 CTA (胸+腹)。颈椎和腰椎有逐层扫描和螺旋扫描 2 种扫描模式。前者在不同医院, 甚至同一家医院的不同技师、不同病人间扫描椎间盘的数量差异较大, 不利于比较, 因此本调查只统计颈椎和腰椎的螺旋扫描模式。主动脉 CTA 选取全主动脉 (胸+腹) 的数据进行统计。

1.2.2 病人年龄 本次调查只统计 18 岁及以上成人的扫描数据, 不包括儿童受检者。

1.2.3 数据类型 包括影像号 (ID 号)、性别、年龄、检查项目 (部位)、管电压 (kV)、管电流时间积 (mAs)、容积 CT 剂量指数 (CTDI_{vol})、剂量长度乘积 (DLP)。其中 CTDI_{vol} 和 DLP 记录单一扫描序列的

数据, 不包括定位像等其他序列。

1.2.4 调查数量 每台设备每个部位病例数不少于 30 例。因各家医院的 CT 设备使用各有侧重, 比如发热门诊 CT 只做胸部平扫; 高档 CT 设备多用于强化及 CTA 等, 故每台设备能记录的部位种类也有所差异。

1.3 质量控制 首先制定数据调查草案, 由所有参与人员进行讨论, 并初步确定调查部位、数据类型、数据来源, 制定调查表格。然后进行初步数据统计。2 周后调查小组就调查过程中遇到的问题汇总, 并讨论解决方法, 形成最终调查方案。调查过程中不定期抽查数据, 保证调查标准的统一, 对扫描范围过大或不足、伪影严重、重复检查、连续多部位扫描、登记与实际扫描部位不一致等情况予以记录和标记。调查结束后将数据汇总并由专门人员进行审核, 将带有上述标记的数据予以排除, 符合要求的数据录入 Excel 表格。

1.4 统计学处理 使用 SPSS 19.0 进行统计分析。按照 ICRP 推荐的方法^[11], 对于某一特定部位, 先将单台设备的 CTDI_{vol} 和 DLP 数据按大小排序, 取其中位数; 后将所有设备记录的该部位的中位数再次排序, 分别计算 25%、50% 和 75% 位数。其余部位以此类推。

2 结果

2.1 设备 本次调查共涉及 14 台 CT 设备, 包括美国通用电气公司 (GE) 2 台、德国西门子股份公司 (Siemens) 4 台、荷兰飞利浦公司 (Philips) 4 台、联影医疗科技股份有限公司 3 台、东软医疗系统股份有限公司 1 台。

2.2 CT 检查项目的分布 本次调查共获得数据 3607 组, 有效数据 3351 组。其中颅脑 347 组; 鼻窦 344 组, 颈部 340 组, 胸部 459 组, 腹盆部 335 组, 颈椎 333 组, 腰椎 333 组, 颅脑 CTA 211 组, 颈部 CTA 213 组, 肺动脉 CTA 212 组, 主动脉 CTA 214 组。

2.3 管电压 (kV) 和管电流时间积 (mAs) 本调查发现, CT 检查多采用固定管电压模式, 范围 110~130 KV。大部分设备具有自动 mAs 调制技术。部分老旧设备使用固定 mAs, 大小主要由检查技师确定, 见表 1。

2.4 CT 检查受检者辐射剂量 (表 2) CT 检查受检者辐射剂量见表 2。不同检查部位 CTDI_{vol} 和 DLP 变化范围较大。CTDI_{vol} 颅脑最大 (75% 位值 52.0 mGy), 胸部最小 (75% 位值 8.2 mGy)。DLP 最

表 1 成人常见部位 CT 检查扫描参数

Table 1 CT scan parameters for different body parts of adults

部 位	管电压/KV			管电流/mAs		
	范围	均值 ± 标准差	中位数	范围	均值 ± 标准差	中位数
颅脑	110~130	125.20 ± 6.30	130	100~250	186.42 ± 74.25	250
鼻窦	100~130	123.54 ± 5.35	120	100~180	129.32 ± 29.09	150
颈部	120~130	126.00 ± 4.92	130	100~120	102.56 ± 6.71	100
胸部	100~130	122.56 ± 7.55	120	30~150	82.76 ± 23.78	80
腹盆部	110~130	126.34 ± 5.03	130	83~150	100.19 ± 4.46	100
颈椎	70~130	107.68 ± 22.00	110	100~531	259.24 ± 160.95	231
腰椎	80~140	104.19 ± 16.62	110	183~603	314.00 ± 119.28	270
颅脑CTA	120~130	125.27 ± 5.01	130	120~250	158.56 ± 40.84	120
颈部CTA	120~140	122.50 ± 5.03	120	100~250	185.83 ± 33.04	200
肺动脉CTA	110~130	115.12 ± 5.11	120	80~250	125.76 ± 27.19	120
主动脉CTA	110~120	113.80 ± 4.87	110	80~250	126.20 ± 38.64	100

表 2 成人不同部位 CT 检查剂量

Table 2 CT radiation doses of different body parts of adults

部位	设备数	病例数	25%		50%		75%	
			CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP	CTDI _{vol}	DLP
颅脑 ^a	12	347	41.4	497.4	48.8	619.0	52.0	649.3
鼻窦	11	344	15.2	250.7	28.7	385.3	35.6	446.9
颈部	11	340	7.8	161.3	10.3	187.5	10.5	228.1
胸部	14	459	7.0	217.6	7.4	253.6	8.2	285.7
腹盆部	11	335	10.2	442.8	10.6	486.8	11.0	548.0
颈椎	11	333	11.4	198.0	12.9	233.6	14.2	258.0
腰椎	11	333	15.3	415.0	18.0	474.0	20.3	534.70
颅脑CTA	7	221	15.5	366.5	21.6	534.2	28.3	657.9
颈部CTA	7	213	15.5	443.2	16.1	482.8	17.7	551.2
肺动脉CTA	7	212	7.5	292.9	10.2	375.9	11.6	433.9
主动脉CTA	7	214	7.5	401.1	7.6	434.1	7.8	468.3

注：a. 颅脑为CTDI_w。CTDI_{vol}单位mGy，DLP单位mGy·cm。

大的为颅脑 CTA(75% 位值 657.9 mGy·cm)，颈部最小(75% 位值 228.1 mGy·cm)。

2.5 CT 扫描剂量与行业标准和其他地区比较 与 2018 年中国卫生健康委员会发布的《X 射线计算机断层摄影成年人诊断参考水平(WS/T 637—2018)》^[12]相比,本次调查各部位 CTDI_{vol} 和 DLP 的 75% 位分值均明显偏低。主动脉 CTA 差别最大,DLP 是行业标准的 1/3(0.325 倍);腰椎差别最小,DLP 是行业标准的 0.92 倍,见表 3。

与国内其他地区 and 国外数据^[13-24] 比较见表 4 和表 5 及图 1 和图 2。

3 讨 论

CTDI_{vol} 与设备性能和技术参数有关,DLP 的大小主要取决于 CT 的扫描范围,或者说与病人体型有关。通常选取调查数据中典型患者辐射剂量分布的 75% 位数作为某一地区的诊断参考水平(DRL)^[25]。当辐射剂量超过 DRL 时,应进行回顾性分析和优化,

表 3 成人各部位 CT 辐射剂量与行业标准比较（75% 位值）

Table 3 Comparison of CT radiation doses in different body parts of adults in Qingdao with the industry standard
(3rd quartile values)

		颅脑	鼻窦	颈部	胸部	腹盆部	颈椎	腰椎	颅脑CTA	颈部CTA	肺动脉CTA	主动脉CTA
本次调查	CTDI _{vol}	52	35.6	10.5	8.2	10.8	14.2	20.3	28.3	17.7	11.6	7.8
	DLP	649.3	446.9	228.1	285.7	548	258	534.7	657.9	551.2	433.9	468.3
行业标准	CTDI _{vol}	60	40	25	15	20	-	25	40	30	-	20
	DLP	800	520	590	470	790	-	580	1390	1130	-	1440

注：1.单位：CTDI_{vol}为mGy，DLP为mGy·cm；2.颅脑为CTDI_w；3.“-”表示无数据。4.数据来源见参考文献[12]。

表 4 成人各部位 CT 辐射剂量与国内其他地区比较（75% 位值）

Table 4 Comparison of CT radiation doses in different body parts of adults in Qingdao with other regions in China
(3rd quartile value)

		颅脑	鼻窦	颈部	胸部	腹盆部	颈椎	腰椎	颅脑CTA	颈部CTA	肺动脉CTA	主动脉CTA
本次调查	CTDI _{vol}	52	35.6	10.5	8.2	10.8	14.2	20.3	28.3	17.7	11.6	7.8
	DLP	649.3	446.9	228.1	285.7	548	258	534.7	657.9	551.2	433.9	468.3
徐辉等 ^[13]	CTDI _{vol}	50	-	-	19	23	-	32	-	-	-	-
	DLP	659	-	-	525	632	-	479	-	-	-	-
河北 ^[14]	CTDI _{vol}	56.76	-	-	15.58	17.71	-	25.53	-	-	-	-
	DLP	751.24	-	-	515.9	603	-	562.7	-	-	-	-
宁夏 ^[15]	CTDI _{vol}	65.67	-	29.32	11.5	14.33	28.23	31.07	-	-	-	-
	DLP	860.74	-	490	382.1	670.78	548.93	626.7	-	-	-	-
上海 ^[16]	CTDI _{vol}	57	-	-	11	16	-	18	-	-	-	-
	DLP	862	-	-	361	593	-	530	-	-	-	-
福建 ^[17]	CTDI _{vol}	57	-	-	11	16	-	-	-	-	-	-
	DLP	760	-	-	395	625	-	-	-	-	-	-
广东 ^[18]	CTDI _{vol}	51.6	-	-	17.6	23.8	-	-	-	-	-	-
	DLP	914	-	-	541	897	-	-	-	-	-	-

注：1.单位：CTDI_{vol}为mGy，DLP为mGy·cm；2. 颅脑为CTDI_w；3.“-”表示无数据。4.数据来源见参考文献[13-18]。

表 5 成人各部位 CT 辐射剂量与国外其他地区比较（75% 位值）

Table 5 Comparison of CT radiation doses in different body parts of adults in Qingdao with regions in other countries
(3rd quartile value)

		颅脑	鼻窦	颈部	胸部	腹盆部	颈椎	腰椎
本次调查	CTDI _{vol}	52	35.6	10.5	8.2	10.8	14.2	20.3
	DLP	649.3	446.9	228.1	285.7	548	258	534.7
韩国 ^[19]	CTDI _{vol}	52.2	-	13.4	7.6	8.9	20.9	20.6
	DLP	969.8	-	597.1	324.2	473.7	508.7	738.5
欧盟 ^[20]	CTDI _{vol}	48	-	-	8	8	17	-
	DLP	807	-	-	348	436	455	-
奥地利 ^[21]	CTDI _{vol}	-	-	-	-	-	-	-
	DLP	929	174	-	327	521	-	-
日本 ^[22]	CTDI _{vol}	77	-	-	13	18	-	-
	DLP	1350	-	-	510	880	-	-
新加坡 ^[23]	CTDI _{vol}	51	-	-	7	12	-	-
	DLP	1057	-	-	295	643	-	-
澳大利亚 ^[24]	CTDI _{vol}	52	-	17	10	13	23	20
	DLP	880	-	450	390	600	470	670

注：1.单位：CTDI_{vol}为mGy，DLP为mGy·cm；2.“-”表示无数据。3.数据来源见参考文献[19-24]。

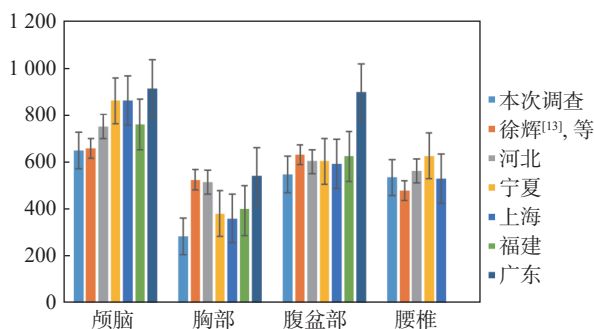


图 1 成人不同部位 DLP 与国内部分地区数据比较
(75% 位值)

Figure 1 Comparison of DLP in different body parts of adults in Qingdao with other regions in China (3rd quartile value)

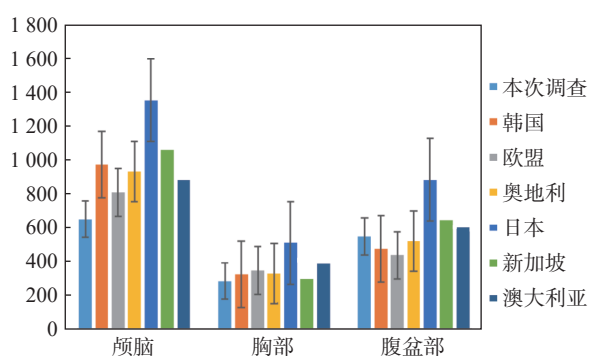


图 2 成人颅脑、胸部及腹部 DLP 与国外数据比较
(75% 位值)

Figure 2 Comparison of DLP for the head, chest, and abdomen of adults in Qingdao with regions in other countries (3rd quartile value)

在保证图像质量满足诊断要求的前提下,降低扫描条件,控制辐射剂量。

本次调查显示成人各部位 DLP 差异较大。75% 位值最高的是颅脑 CTA, DLP 为 657.9 mGy · cm, 是颈部 CT 平扫(228.1 mGy · cm)的 2.88 倍。DLP 由高到低依次为颅脑 CTA、颅脑平扫、颈部 CTA、腹盆部、腰椎(螺旋)、主动脉 CTA、肺动脉 CTA、鼻窦、胸部、颈椎(螺旋)和颈部。CTDI_{vol} 75% 位值颅脑 CT 平扫最高,为 52.0 mGy; 主动脉 CTA 最低,仅为 7.8 mGy。与《X 射线计算机断层摄影成年人诊断参考水平(WS/T 637—2018)》^[12]相比,青岛市成人各部位 DLP 和 CTDI_{vol} 均明显偏低。腰椎、鼻窦和颅脑 CT 平扫降幅较小。颅脑 CTA、颈部 CTA 和主动脉 CTA 降幅较大,仅分别相当于行业标准 50%、50% 和 25% 位值的水平,主动脉 CTA 的 DLP 仅为行业标准的 1/3。一般而言,多层螺旋 CT 的辐射剂量与管电压(kV)、管电流时间积(mAs)呈正相关,而与螺距因子和准直器宽度呈负相关^[26]。本次调查中各医院在辐射剂量的控制方面低于国家行业标准,可能与设

备参数的调整有关,也可能与近年来新设备在剂量控制方面的技术进步有关。对 DLP 明显偏低的某些部位,图像质量的改善也是下一步需要考虑的内容。

与国内其他地区^[13-18]比较,本次调查成人颅脑、胸部、腹部和腰椎的 DLP 也处于较低水平。广东省颅脑、胸部和腹部的 DLP 较高,分别为 914、541、897 mGy · cm,为本次调查相应部位的 1.4 倍、1.89 倍和 1.64 倍。就腰椎而言,本次调查 DLP 与上海市(530 mGy · cm)相当,低于宁夏回族自治区(626.7 mGy · cm)。

本次调查成人颅脑、胸部、腹盆部 CTDI_{vol} 与韩国^[19]、欧盟^[20]、新加坡^[23]和澳大利亚^[24]的数据相当。但颅脑 DLP 明显低于上述地区。胸部 DLP 与新加坡相当。腹盆部 DLP 高于韩国、欧盟、奥地利,低于新加坡和澳大利亚。日本^[22]在颅脑、胸部和腹部的 CTDI_{vol} 和 DLP 方面均明显高于本次调查数据。

肺动脉栓塞好发于中老年人,也是医院胸痛中心需要重点排查的一种疾病。本次调查中,肺动脉 CTA CTDI_{vol}(11.6 mGy)和 DLP(433.9 mGy · cm)均高于欧盟数据(9 mGy, 307 mGy · cm)^[20],说明该检查项目辐射剂量尚有改善空间。

本次调查中对多部位联扫、超范围扫描、不规范多次扫描的数据均不予采用,只用规范扫描产生的数据。而这也可能是本次调查所得数据整体偏低的原因之一。

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 刘筱钰负责数据分析,撰写论文;张秀云负责数据统计,绘制图表;张栋负责数据统计和整理;王国华负责课题方案设计;车紫荆负责数据统计;刘珍友负责提出研究思路和研究方向

参考文献

- [1] United Nations. Report of the United Nations scientific committee on the effects of atomic radiation: sixty-seventh and sixty-eighth sessions[R]. New York: United Nations, 2021.
- [2] 姚杰,高林锋,钱爱君,等.上海市医用 X 射线诊断应用频度调查[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2019, 39(5): 370-375. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.05.009.
- [3] Yao J, Gao LF, Qian AJ, et al. Survey on frequency of medical X-ray diagnosis in Shanghai[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2019, 39(5): 370-375. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.05.009. (in Chinese)
- [3] 杨云福,李炜,张华东,等.重庆市医疗卫生机构放射诊疗频度

- 调查分析[J]. *中国辐射卫生*, 2021, 30(6): 682-686,692. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2021.06.005.
- Yang YF, Li W, Zhang HD, et al. Investigation and analysis of frequency of radiation diagnosis and treatment in medical and health institutions in Chongqing[J]. *Chin J Radiol Health*, 2021, 30(6): 682-686,692. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2021.06.005. (in Chinese)
- [4] 牛振, 刘春旭, 刘彦, 等. 天津市 X 射线诊断设备医疗照射频度调查[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2019, 39(6): 450-453. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.06.009.
- Niu Z, Liu CX, Liu Y, et al. Investigation on the frequency of medical exposure of X-ray diagnostic equipment in Tianjin[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2019, 39(6): 450-453. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.06.009. (in Chinese)
- [5] 扬声, 闫庆倩, 张菁, 等. 南京市放射诊断机构 X 射线设备及诊断频度调查[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2021, 41(12): 941-945. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.12.011.
- Yang S, Yan QQ, Zhang J, et al. Investigation of X-ray equipment and radiodiagnostic frequency in Nanjing[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2021, 41(12): 941-945. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.12.011. (in Chinese)
- [6] 张燕, 郑琪珊, 黄丽华, 等. 福建省医用 X 射线诊断应用频度调查[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2019, 39(5): 376-380. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.05.010.
- Zhang Y, Zheng QS, Huang LH, et al. Survey of diagnostic medical X-ray frequency in Fujian province[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2019, 39(5): 376-380. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.05.010. (in Chinese)
- [7] 张京战, 沈爱国, 高艳辉, 等. 河北省医疗照射应用频度调查[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2019, 39(5): 331-337. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.05.003.
- Zhang JZ, Shen AG, Gao YH, et al. Survey on frequency of medical exposure in Hebei province[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2019, 39(5): 331-337. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.05.003. (in Chinese)
- [8] 赵宇, 张毅, 王瑞翀, 等. 黑龙江省医用 X 射线诊断应用频度调查[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2019, 39(5): 338-343. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.05.004.
- Zhao Y, Zhang Y, Wang RC, et al. Survey on frequency of medical X-ray diagnosis in Heilongjiang province[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2019, 39(5): 338-343. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2019.05.004. (in Chinese)
- [9] 霍彬彬, 徐志勇, 陈晓敏. 淮安市 2020 年放射诊疗资源应用现状调查[J]. *中华放射医学与防护杂志*, 2021, 41(7): 509-513. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.07.006.
- Huo BB, Xu ZY, Chen XM. Current status of the application of radiodiagnosis and radiotherapy resources in Huai'an City in 2020[J]. *Chin J Radiol Med Prot*, 2021, 41(7): 509-513. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2021.07.006. (in Chinese)
- [10] 张秀云, 刘洁, 刘珍友, 等. 青岛市医疗机构 X 射线诊断设备及检查频率调查[J]. *辐射防护*, 2022, 42(6): 630-636. DOI: 10.3969/j.issn.1000-8187.2022.6.fsfh202206021.
- Zhang XY, Liu J, Liu ZY, et al. Investigation on X-ray diagnostic equipment and examination frequency of medical institutions in Qingdao city[J]. *Radiat Prot*, 2022, 42(6): 630-636. DOI: 10.3969/j.issn.1000-8187.2022.6.fsfh202206021. (in Chinese)
- [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] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. WS/T 637—2018 X 射线计算机断层摄影成年人诊断参考水平[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- National Health Commission of the People's Republic of China. WS/T 637—2018 Diagnostic reference levels for adults in X-ray computed tomography[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018. (in Chinese)
- [13] 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. (in Chinese)
- [14] 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. (in Chinese)
- [15] 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 ZY, 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. (in Chinese)
- [16] 钱爱君, 高林峰, 姚杰, 等. 上海地区 CT 扫描检查成年人受检者剂量分析[J]. *中国辐射卫生*, 2022, 31(5): 587-591. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2022.05.012.
- Qian AJ, Gao LF, Yao J, et al. An investigation of radiation dose to adult subjects in computed tomography scanning in Shanghai, China[J]. *Chin J Radiol Health*, 2022, 31(5): 587-591. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714X.2022.05.012. (in Chinese)
- [17] 郑森兴, 张燕, 黄丽华, 等. 2016 年度福建省医用 X 射线 CT 应用频度与剂量调查分析[J]. *中国辐射卫生*, 2018, 27(6): 543-546,561. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714x.2018.06.007.
- Zheng SX, Zhang Y, Huang LH, et al. Investigation and analysis of the application frequency of medical X-CT and the dose in Fujian Province in 2016[J]. *Chin J Radiol Health*, 2018, 27(6): 543-546,561. DOI: 10.13491/j.issn.1004-714x.2018.06.007. (in Chinese)

- awareness and countermeasures[D]. Jinan: Shandong University, 2021. (in Chinese)
- [11] 中共山东省委、山东省人民政府关于山东省级机构改革的实施意见(鲁发〔2018〕42号)[Z].
Implementation opinions of Shandong provincial committee of the CPC and Shandong provincial people's government on institutional reform at the Shandong level (Lu Fa [2018] No. 42)[Z]. (in Chinese)
- [12] 刘镭. 工业生产中射线探伤辐射防护意识问题研究[J]. 学术论坛, 2023, 43(6): 136-138.
Liu L. Research on radiation protection awareness in X-ray detection in industrial production[J]. Acad Forum, 2019, 43(6): 136-138. (in Chinese)
- [13] 国家卫生健康委员会. GBZ 117-2022 工业探伤放射防护标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
National Health Commission. GBZ 117-2022 Standard for radiological protection in industrial radiography[S]. Beijing: Standards Press of China, 2022. (in Chinese)
- [14] 刘孟周, 梁雅婉. 工业 γ 射线探伤的辐射防护分析[J]. 中国高科技, 2021(21): 125-126.
Liu MZ, Liang YW. Analysis of radiation protection for industrial gamma ray detection[J]. China High-Tech, 2021(21): 125-126. (in Chinese)
- [15] 丁洪深, 刘卫东, 王克, 等. X射线探伤辐射安全问题调查与建议[J]. 中国辐射卫生, 2013, 22(4): 458-460. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2013.04.004](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2013.04.004).
Ding HS, Liu WD, Wang K, et al. Investigation and suggestions on radiation safety in X-ray detection[J]. Chin J Radiol Health, 2013, 22(4): 458-460. DOI: [10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2013.04.004](https://doi.org/10.13491/j.cnki.issn.1004-714X.2013.04.004). (in Chinese)
- [16] 喻佩, 雷翠萍, 李小亮, 等. 核事故对特定人群的心理影响[J]. 中国辐射卫生, 2023, 32(3): 344-348. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2023.03.023](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2023.03.023).
Yu P, Lei CP, Li XL, et al. Psychological impact of nuclear accidents on specific populations[J]. Chin J Radiol Health, 2023, 32(3): 344-348. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2023.03.023](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2023.03.023). (in Chinese)
- [17] 王津晗, 张涛, 刘强. 核与辐射事故公众心理效应及应对策略[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2019, 43(2): 110-112. DOI: [10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.02.003](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.02.003).
Wang JH, Zhang T, Liu Q. Enviro-psychological effects and countermeasures of nuclear and radiation accidents[J]. Int J Radiat Med Nucl Med, 2019, 43(2): 110-112. DOI: [10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.02.003](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.02.003). (in Chinese)

(收稿日期: 2024-01-26)

(上接第 414 页)

- [18] 谭展, 邹剑明, 黄伟旭, 等. 广东省 MDCT 机所致受检者剂量水平初探[J]. 中国辐射卫生, 2018, 27(5): 465-467, 471. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2018.05.012](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2018.05.012).
Tan Z, Zou JM, Huang WX, et al. A preliminary study on the radiation dose levels due to MDCT examination in Guangdong Province[J]. Chin J Radiol Health, 2018, 27(5): 465-467, 471. DOI: [10.13491/j.issn.1004-714X.2018.05.012](https://doi.org/10.13491/j.issn.1004-714X.2018.05.012). (in Chinese)
- [19] Nam S, Park H, Kwon S, et al. Updated national diagnostic reference levels and achievable doses for CT protocols: a national survey of Korean hospitals[J]. Tomography, 2022, 8(5): 2450-2459. DOI: [10.3390/tomography8050203](https://doi.org/10.3390/tomography8050203).
- [20] Tsapaki V, Damilakis J, Paulo G, et al. CT diagnostic reference levels based on clinical indications: results of a large-scale European survey[J]. Eur Radiol, 2021, 31(7): 4459-4469. DOI: [10.1007/s00330-020-07652-5](https://doi.org/10.1007/s00330-020-07652-5).
- [21] Wachabauer D, Röthlin F, Moshhammer HM, et al. Diagnostic Reference Levels for computed tomography in Austria: a 2018 nationwide survey on adult patients[J]. Eur J Radiol, 2020, 125: 108863. DOI: [10.1016/j.ejrad.2020.108863](https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.108863).
- [22] Kanda R, Akahane M, Koba Y, et al. Developing diagnostic reference levels in Japan[J]. Jpn J Radiol, 2021, 39(4): 307-314. DOI: [10.1007/s11604-020-01066-5](https://doi.org/10.1007/s11604-020-01066-5).
- [23] Liang CR, Chen PXH, Kapur J, et al. Establishment of institutional diagnostic reference level for computed tomography with automated dose-tracking software[J]. J Med Radiat Sci, 2017, 64(2): 82-89. DOI: [10.1002/jmrs.210](https://doi.org/10.1002/jmrs.210).
- [24] Lee KL, Beveridge T, Sanagou M, et al. Updated Australian diagnostic reference levels for adult CT[J]. J Med Radiat Sci, 2020, 67(1): 5-15. DOI: [10.1002/jmrs.372](https://doi.org/10.1002/jmrs.372).
- [25] 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. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.11.013](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.11.013).
Niu YT, Zhang YX, Kang TL, et al. Investigation of radiation dose and diagnostic reference levels in CT scanning for adult patients[J]. Chin J Radiol Med Prot, 2016, 36(11): 862-867. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.11.013](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-5098.2016.11.013). (in Chinese)
- [26] 蔡元文, 覃东进, 文超. 多层螺旋 CT 扫描所致辐射剂量的主要影响因素分析[J]. 中国医学工程, 2014, 22(1): 9, 11.
Cai YW, Qin DJ, Wen C. The major influencing factors of the radiation dose caused by multislice spiral CT scan[J]. China Med Eng, 2014, 22(1): 9, 11. (in Chinese)

(收稿日期: 2024-01-30)