

数字X线检查北仑区成人体表照射剂量参考值研究

章群¹, 张丹丹², 王爱红¹, 屈凌燕¹, 胡群雄³, 王雪英³

1.宁波市疾病预防控制中心环境与职业卫生所, 浙江 宁波 315010; 2.宁波市疾病预防控制中心, 浙江 宁波 315010;
3.宁波市北仑区疾病预防控制中心, 浙江 宁波 315800

摘要: **目的** 建立宁波市北仑区数字X线摄影(DR)成年受检者体表照射剂量参考值, 为优化DR设备参数, 合理控制照射剂量提供依据。**方法** 通过覆盖北仑区11家公立医院14台DR设备的云影像系统, 收集2020年5月—2021年4月成年DR受检者就诊信息和检查设备信息。以空气比释动能-面积乘积(P_{KA})为评价量, 按照检查部位、投射方向和摄影体位, 采用四分位数确定地方诊断参考水平(LDRL)、地方剂量中值(RMD)、地方最低剂量提示水平(LDPL)和机房剂量典型值, 将 P_{KA} 值转换为入射体表空气比释动能($K_{a,c}$), 并与GBZ 130—2020《放射诊断放射防护要求》的标准推荐值比较。**结果** 2020年5月—2021年4月北仑区成人DR检查累计133 065人次。腹部(前后位)卧位RMD值最高, 为120 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$; 胸部(后前位)立位RMD值最低, 为17 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$ 。胸部(后前位)卧位、腹部(前后位)卧位和骨盆(前后位)卧位的机房剂量典型值最大值高于相应LDRL(33 vs. 30 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$; 161 vs. 153 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$; 164 vs. 162 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$); 胸部(后前位)立位和胸部(侧位)立位机房剂量典型值最小值低于相应LDPL(10 vs. 11 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$; 33 vs. 34 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$)。换算为 $K_{a,c}$ 值后, LDRL范围为0.27~3.80 mGy, 机房剂量典型值最大值范围为0.25~3.55 mGy, 均远低于国家标准推荐值。**结论** 本研究建立了北仑区DR成人体表照射剂量参考值, 且低于标准推荐值, 医疗机构在优化DR设备参数时可作为参考。

关键词: 数字X线摄影; 照射剂量; 诊断参考水平; 空气比释动能-面积乘积

中图分类号: R814 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087(2022)04-0400-05

Reference value of surface radiation dose of digital radiography among adults in Beilun District

ZHANG Qun¹, ZHANG Dandan², WANG Aihong¹, QU Lingyan¹, HU Qunxiong³, WANG Xueying³

1. Department of Environmental and Occupational Health, Ningbo Center for Disease Control and Prevention, Ningbo, Zhejiang 315010, China; 2. Ningbo Center for Disease Control and Prevention, Ningbo, Zhejiang 315010, China; 3. Beilun Center for Disease Control and Prevention, Ningbo, Zhejiang 315800, China

Abstract: Objective To investigate the reference level of surface radiation dose of digital radiography (DR) among adult examinees in Beilun District, Ningbo City, so as to provide insights into the optimization of the parameters of DR systems and rational management of the radiation dose. **Methods** Based on the cloud imaging system covering 14 DR systems in 11 public hospitals in Beilun District, the diagnosis of adults receiving DR and DR systems check were collected from May 2020 to April 2021. The air kerma-area product (P_{KA}) was selected as a measure, and the local diagnostic reference level (LDRL), the regional median dose (RMD), the regional lowest dose predicted level (LDPL) and the typical dose in the DR imaging room were defined using the quartile method according to the examination site, projection direction and radiography positions. The PKA value was transformed into incident air kerma ($K_{a,c}$), and compared with the recommended value in the *Requirements for Radiological Protection in Diagnostic Radiology* (GBZ 130-

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2022.04.016

基金项目: 浙江省公益技术应用研究计划项目(LGF20H260005);
宁波科技惠民计划项目(2019C50088)

作者简介: 章群, 硕士, 副主任医师, 主要从事放射卫生监测工作

通信作者: 张丹丹, E-mail: zhangdd@nbcdc.org.cn

2020). **Results** DR was performed among 133 065 person-times from May 2020 through April 2021 in Beilun District. The greatest RMD was found on abdomen AP DR in the supine position ($120 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$), and the lowest RMD was seen on chest PA DR in the standing position ($17 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$). The maximums of typical dose in the DR imaging room on chest PA (33 vs. $30 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$), abdomen AP (161 vs. $153 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$) and pelvis AP DR (164 vs. $162 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$) were greater than LDRL in the supine position, and the minimums of typical dose on chest PA (10 vs. $11 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$) and chest LAT DR (33 vs. $34 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$) were lower than LDPL in the standing position. Following transformation into $K_{a,e}$, the LDRL ranged from 0.27 to 3.80 mGy, and the maximums of typical dose ranged from 0.25 to 3.55 mGy, which was much lower than the recommended dose proposed in the national criteria. **Conclusions** The reference level of surface radiation dose of DR is established among adults in Beilun District, which is lower than the recommended dose in the national criteria of China. Such a reference level may be employed by medical institutions for optimization of the parameters of DR systems.

Keywords: digital radiography; radiation dose; diagnostic reference level; air kerma-area product

医疗照射是最大的人工电离辐射来源。受检者为了疾病诊治或健康体检等目的接受医疗照射,本身是直接受益者,因此医疗照射没有剂量限值,但应遵从防护最优化原则,在保证获得足够诊断信息的前提下使用最低照射剂量。剂量参考值是制定诊疗设备防护最优化措施的重要参考。国际放射防护委员会(International Commission on Radiological Protection, ICRP)第135号出版物《医学影像诊断参考水平》报告建议诊断程序应考虑选择使用剂量参考水平,包括诊断参考水平(diagnostic reference level, DRL)、剂量中值、最低剂量提示水平和机房剂量典型值^[1]。本研究以浙江省宁波市北仑区云影像系统为数据源,以现行标准 GBZ 130—2020《放射诊断放射防护要求》中成年人常见 X 线检查项目的剂量约束值^[2]为参考,运用大数据技术建立数字 X 线摄影(digital radiography, DR)受检者的剂量参考值范围,为北仑区 DR 设备参数优化提供依据。

1 对象与方法

1.1 资料来源 成年 DR 受检者资料来源于北仑区 11 家公立医院 14 台 DR 设备的云影像系统。

1.2 方法 通过云影像系统的 DICOM (Digital Imaging and Communications of Medicine) 文件收集 2020 年 5 月—2021 年 4 月北仑区成年 DR 受检者就诊信息和检查设备信息,包括受检者 ID、年龄、就诊日期、就诊医疗机构、检查设备 ID、检查部位、投射方向、曝光参数(kVp 和 mAs)和焦屏距(focal screen distance, SID)等。

以空气比释动能-面积乘积(air kerma-area product, P_{KA})为评价量,参照 ICRP 第 135 号出版物《医学影像诊断参考水平》^[1]和 GBZ 130—2020

《放射诊断放射防护要求》^[2]推荐方法建立 DR 检查 DRL 指标体系,包括地方 DRL (local DRL, LDRL)、地方剂量中值(regional median dose, RMD)、地方最低剂量提示水平(regional lowest dose predicted level, LDPL)和机房剂量典型值。有 4 台飞利浦 DR 设备配置了 P_{KA} 监测仪,可直接从 DICOM 文件中提取 P_{KA} 值;其他设备按照设备 ID、检查部位、投射方向和摄影体位选定相应的数学拟合方程^[3-6]计算 P_{KA} 值。DRL 指标对应的检查部位和照射体位参照 GBZ 130—2020《放射诊断放射防护要求》附录 E^[2]设置。受检者不同部位不同投照方向的身体标准厚度参照 GB 10000—1988《中国成年人人体尺寸》^[7]。按照检查部位和照射体位对 P_{KA} 值进行排序,25%、50%、75% 位对应的数值分别确定为 LDPL、RMD、LDRL;按照机房、检查部位和照射体位分类,以 50% 位对应的数值为机房剂量典型值。参考文献[3]方法(反散射因子取 1.35)将 P_{KA} 值转换为入射体表空气比释动能(incident air kerma, $K_{a,e}$),并与 GBZ 130—2020《放射诊断放射防护要求》中的标准推荐值^[2]比较。

1.3 统计分析 采用 Excel 2013 软件整理和分析数据。

2 结果

2.1 北仑区成年 DR 受检者体表照射剂量参考值 2020 年 5 月—2021 年 4 月 DR 检查累计 133 065 人次。9 种常见 DR 检查项目以 RMD 评价,腹部(前后位)卧位剂量最高,胸部(后前位)立位剂量最低。胸部(后前位)卧位、腹部(前后位)卧位和骨盆(前后位)卧位的机房剂量典型值最大值高于 LDRL,胸部(后前位)立位和胸部(侧位)立位机房剂量典型值最小值低于 LDPL。见表 1。

表 1 北仑区成人 DR 受检者体表照射剂量参考值
Table 1 The DRLs of DR among adults in Beilun District

检查部位 Examination site	投射方向 Projection direction	摄影体位 Position	P_{KA} 值/ ($\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$)			机房剂量典型值 Typical dose in DR imaging room	
			LDPL	RMD	LDRL	最大值 Max	最小值 Min
胸部 Chest	后前位 PA	立位 Standing position	11	17	27	25	10
		卧位 Supine position	14	20	30	33	15
	侧位 LAT	立位 Standing position	34	51	68	67	33
腹部 Abdomen	前后位 AP	立位 Standing position	69	96	116	101	81
		卧位 Supine position	77	120	153	161	84
胸椎 Thoracic vertebra	前后位 AP	立位 Standing position	49	69	91	86	55
		卧位 Supine position	57	84	108	108	59
	侧位 LAT	立位 Standing position	63	89	115	113	63
		卧位 Supine position	74	104	126	122	78
腰椎 Lumbar vertebra	前后位 AP	立位 Standing position	56	82	107	95	69
		卧位 Supine position	66	96	118	115	73
	侧位 LAT	立位 Standing position	69	103	154	145	74
		卧位 Supine position	76	113	168	157	79
骨盆 Pelvis	前后位 AP	立位 Standing position	60	80	101	—	—
		卧位 Supine position	80	115	162	164	89
髋关节 Hip joint	前后位 AP	卧位 Supine position	30	43	64	62	34

注：“—”表示仅1个机房有骨盆立位摄影，故无剂量典型值。Note: “—” represented that there was no typical dose due to only one DR system for pelvis AP examination in the standing position.

2.2 北仑区成年 DR 受检者体表照射剂量参考值与标准推荐值比较 换算为 $K_{a,e}$ 值后，不同检查部位的 LDRL 范围为 0.27~3.80 mGy，机房剂量典型值最大值范围为 0.25~3.55 mGy，均远低于标准推荐值。见表 2。

3 讨论

本研究参考 ICRP 第 135 号出版物《医学影像诊断参考水平》推荐的典型成人受检者剂量参考值制定方法，建立了北仑区成人 DR 检查体表照射剂量参考水平。其中，LDRL、RMD 和 LDPL 可反映北仑区成人体表照射剂量分布，机房剂量典型值为 14 个机房剂量的中位数。不同医疗机构可对比分析各自机房剂量典型值与 LDRL 和 LDPL 的差异。若机房剂量典型值高于 LDRL 提示设备剂量输出偏高，低于 LDPL 提示设备剂量输出偏低，可按照检查部位、投射方向、摄影体位进行参数优化。本研究以 P_{KA} 值为评价量主要考虑新购置的 DR 设备均配备了 P_{KA} 监测仪，便于数据的信息化提取和评价，且 P_{KA} 值通过信息化途径转化为标准推荐值评价量 $K_{a,e}$ 值也很方便^[3-5]。

本研究得出的 LDRL 远低于标准推荐参考值，

略高于 ZARGHANI 等^[8]报道的 DRL，低于日本^[9]和英国^[10]学者报道的 DRL，提示北仑区 DR 设备性能及程序操作均相对较好。不同照射部位的 LDRL 和 LDPL 与各机房剂量典型值比较，部分设备检查项目高于 LDRL 或低于 LDPL，可能与附加滤过改变、kVp 及 SID 设置差异有关。飞利浦 DR 设备在胸部立位摄片时增加 1 mm 铝和 0.1 mm 铜附加滤过，导致 P_{KA} 值明显小于其他无附加滤过改变的设备。DR 一般为 AEC 曝光模式，kVp 固定而 mAs 随受检者身体厚度改变，kVp 及 SID 设置可影响 DR 输出量。赵洪波等^[11]分析了不同管电压条件下，像素值、空间分辨率和 P_{KA} 值的关系，提示 80~130 kVp 时像素值波动较小，80~110 kVp 较 60~80 kVp 的 P_{KA} 值下降明显，而低对比度分辨率下降并不明显。不同照射部位成像对比度的要求不同，如胸片摄影对空间对比度要求较低，可选择 80 kVp 以上的设置条件；腹部等照射部位成像对空间对比度要求较高，可选择 90 kVp 以下的设置条件。此外，球管老化会导致设备剂量输出功率下降，若 kVp 设置不恰当可导致剂量典型值偏低。SID 设置与探测器和滤线栅有关，探测器灵敏度对辐射剂量无显著影响^[12]，但 SID、滤

表 2 北仑区成人 DR 受检者 LDRL、剂量典型值最大值及标准推荐值

Table 2 The LDRLs, maximums of typical dose and recommended doses of DR among adults in Beilun District

检查部位 Examination site	投射方向 Projection direction	摄影体位 Position	DRL标准推荐值 DRL criteria recommended dose/mGy	K _{ap} 值/mGy	
				LDRL	机房剂量典型值最大值 Maximum of typical dose in DR imaging room
胸部 Chest	后前位 PA	立位 Standing position	0.4	0.27	0.25
		卧位 Recumbent position		0.37	0.40
	侧位 LAT	立位 Standing position	1.5	0.67	0.66
腹部 Abdomen	前后位 AP	立位 Standing position	10	1.50	1.30
		卧位 Recumbent position		2.30	2.42
胸椎 Thoracic vertebra	前后位 AP	立位 Standing position	7	1.77	1.67
		卧位 Recumbent position		2.44	2.44
	侧位 LAT	立位 Standing position	20	2.09	2.06
		卧位 Recumbent position		2.85	2.76
腰椎 Lumbar vertebra	前后位 AP	立位 Standing position	10	2.08	1.85
		卧位 Recumbent position		2.67	2.60
	侧位 LAT	立位 Standing position	30	2.99	2.82
		卧位 Recumbent position		3.80	3.55
骨盆 Pelvis	前后位 AP	立位 Standing position	10	1.22	—
		卧位 Recumbent position		2.43	2.46
髋关节 Hip joint	前后位 AP	卧位 Recumbent position	10	2.41	2.34

注：“—”表示仅1个机房有骨盆立位摄影，故无剂量典型值最大值。Note: “—” represented that there was no maximum of typical dose due to only one DR system for pelvis AP examination in the standing position

线栅和探测器的联合作用影响设备剂量输出。不同型号的滤线栅在栅比、栅密度、栅焦距等参数上存在差异，不恰当的焦屏距将导致离焦现象，探测器将提示设备提高输出量，以改善影像质量。

成人 DR 检查体表照射剂量参考值范围是一个动态更新的过程，通过信息化途径实时监测受检者剂量，定期优化设备参数将有助于实现区域 DR 诊疗剂量输出与影像质量的最优化，在减小区域公众集体受照射剂量的同时，提高影像诊断效率。本次调查部分机房剂量典型值高于 LDRL 或低于 LDPL，可能存在不合理的参数设置，后期将结合大数据和影像医师对影像的效果评价开展参数设置优化研究，如通过仿真人体体模分析不同品牌型号设备参数优化对影像医师诊断容忍度的影响，或分析不同照射部位高/低对比度分辨率与曝光参数等指标的关系等。

参考文献

[1] VAÑÓ E, MILLER D L, MARTIN C J, et al. ICRP Publication 135: diagnostic reference levels in medical imaging [J]. Ann ICRP, 2017, 46 (1): 1-144.
 [2] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 放射诊断放射防护要求:

GBZ 130—2020 [S]. 北京: 人民卫生出版社, 2020.
 National Health Commission of the People's Republic of China. Requirements for radiological protection in diagnostic radiology: GBZ 130—2020 [S]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2020.
 [3] RAMPADO O, GARELLI E, ZATTERI R, et al. Patient dose evaluation by means of DICOM images for a direct radiography system [J]. Radiol Med, 2008, 113 (8): 1219-1228.
 [4] BRADY S L, KAUFMAN R A. Estimating pediatric entrance skin dose from digital radiography examination using DICOM metadata: a quality assurance tool [J]. Med Phys, 2015, 42 (5): 2489-2497.
 [5] 张丹丹, 章群, 陈斌, 等. 基于 DICOM 文件的数字化 X 射线摄影入射体表剂量计算值与热释光测读值的比较 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38 (10): 787-791.
 ZHANG D D, ZHANG Q, CHEN B, et al. Comparison of digital radiography's entrance surface doses computed from DICOM file or directly from TLDs [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2018, 38 (10): 787-791.
 [6] 王鹏程. 放射物理与辐射防护 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009.
 WANG P C. Radiation physics and radiation protection [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2009.
 [7] 国家技术监督局. 中国成年人人体尺寸: GB 10000—1988 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.

(下转第 407 页)