



基于剂量模拟人的腹部CT扫描辐射剂量分布研究

倪晓龙, 周风云, 施政, 马永忠, 程晓光

Study on the Radiation Dose Distribution of Abdominal CT Scans Based on Dose Simulation Humans

NI Xiaolong, ZHOU Fengyun, SHI Zheng, MA Yongzhong, and CHENG Xiaoguang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15953/j.ctta.2024.087>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

辐射剂量和管电压对CT图像质量的影响: 基于任务的图像质量评价

The Effect of Radiation Dose and Tube Potential on Image Quality of CT: A Task-based Image Quality Assessment

CT理论与应用研究. 2022, 31(2): 211-217

口腔锥形束CT剂量评估模式的研究现状

Status of Study in Dental Cone Beam Computed Tomography Dose Estimation Modes

CT理论与应用研究. 2019, 28(1): 1-11

IVR-CT设备TACE治疗患者辐射剂量评价方法的研究

Study on Evaluation Method of Radiation Dose of Patients in TACE of IVR-CT

CT理论与应用研究. 2019, 28(6): 653-658

基于人工智能的CT肺结节检出影响因素分析: 体模研究

Analysis of Influencing Factors on Pulmonary Nodule Detection by Computed Tomography with Artificial Intelligence: A Phantom Study

CT理论与应用研究. 2024, 33(4): 471-477

基于自动管电流调制技术下不同螺距对颈部CTA辐射剂量及图像质量影响的研究

Based on the Effect of Different Pitches on Neck CTA Radiation Dose and Image Quality under Automatic Tube Current Modulation Technology

CT理论与应用研究. 2024, 33(3): 309-315

CT机型与管电压对图像质量影响的体模研究

Phantom Study on the Influence of CT Model and Tube Voltage on Image Quality

CT理论与应用研究. 2022, 31(3): 345-350



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

倪晓龙, 周风云, 施政, 等. 基于剂量模拟人的腹部 CT 扫描辐射剂量分布研究[J]. CT 理论与应用研究 (中英文), 2024, 33(6): 808-814. DOI:10.15953/j.ctta.2024.087.

NI X L, ZHOU F Y, SHI Z, et al. Study on the Radiation Dose Distribution of Abdominal CT Scans Based on Dose Simulation Humans[J]. CT Theory and Applications, 2024, 33(6): 808-814. DOI:10.15953/j.ctta.2024.087. (in Chinese).

基于剂量模拟人的腹部 CT 扫描辐射剂量分布研究

倪晓龙¹, 周风云¹, 施政¹, 马永忠^{2✉}, 程晓光^{1✉}

1. 首都医科大学附属北京积水潭医院放射科, 北京 100035

2. 北京市疾病预防控制中心放射卫生防护所, 北京 100013

摘要: 目的: 本研究旨在通过利用剂量模拟人系统地测量和分析腹部 CT 扫描在腹部以及体表关注部位的辐射剂量分布, 并提供相关数据, 以便评估患者的辐射风险并制定个性化的辐射保护策略。方法: 本研究使用剂量模拟人模拟常规临床腹部 CT 扫描过程, 选取剂量模拟人 42 个组织检测点和 8 个体表位点分别指代躯干部位主要器官和体表主要关注部位; 使用 RGD-3B 热释光测量仪测量人体躯干部主要脏器及体表关键部位的受照剂量水平。结果: 根据剂量模拟人实验数据分析, 胃部受照剂量最大, 为 15.9 mGy, 其次是肾脏和胰腺部位, 分别为 15.7 mGy 和 14.4 mGy。肾上腺、胆囊和肝左叶的受照剂量分别为 14.3、13.2 和 12.9 mGy。除上述器官外, 其余部位的受照剂量均小于 6.9 mGy; 体表关注部位的受照剂量测量结果显示左侧眼晶状体受照剂量为 0.017 mGy, 右侧眼晶状体为 0.029 mGy; 甲状腺部位的受照剂量左右侧分别为 0.062 mGy 和 0.057 mGy; 乳腺部位左侧和右侧的受照剂量分别为 1.71 mGy 和 1.58 mGy; 左右侧性腺部位的受照剂量分别为 0.145 mGy 和 0.090 mGy; 乳腺下缘作为 CT 扫描时临近皮肤的入射部位, 显示出皮肤入射剂量水平为 1~2 mGy。结论: 在腹部 CT 扫描过程中, 胃部、肾脏和胰腺的辐射剂量最高; 尽管体表敏感部位的受照剂量较低, 但甲状腺、性腺和晶状体等部位的辐射量仍高于其他体表组织。这些结论提示工作人员在特定高剂量区域可能仍需进一步防护, 以减少潜在的辐射危害。

关键词: CT; 受照剂量; 仿真模体

DOI:10.15953/j.ctta.2024.087

中图分类号: R814; R144

文献标识码: A

在临床诊断和评估中, 计算机断层扫描 (computed tomography, CT) 因其高分辨率和准确性已成为不可或缺的影像学工具。CT 技术可以提供关于人体内部结构和病变的详细信息^[1]。然而, 与常规 X 射线成像技术相比, CT 检查对受检者产生更高的辐射剂量。联合国原子辐射效应科学委员会 2020 年的报告指出, CT 检查所致有效剂量占集体有效剂量的比例高达 52.5%^[2]。随着医疗照射频次的增加, 研究人员和临床医生亟需了解患者在接受 CT 检查时所接受的辐射剂量分布, 尤其是在腹部 CT 扫描中, 由于涉及多个重要器官和组织, 其辐射剂量分布的评估显得尤为重要^[3-9]。对腹部 CT 扫描的辐射剂量分布进行研究和优化, 对于确保患者安全和提高诊断质量至关重要。

腹部 CT 扫描广泛应用于诊断诸如肝脏、脾脏、胰腺、肾脏及胃肠道等器官的病变。通过获取精确的影像资料, 医生能够有效地发现和评估肿瘤、炎症、出血、创伤和先天性异常等病理变化。然而, 腹部 CT 扫描需要覆盖较大的体积, 并且使用较高的辐射剂量, 从而增加了患者的辐射暴露风险。

为此, 本研究采用剂量模拟人模拟腹部 CT 扫描过程, 通过在剂量模拟人中设置多个检测点, 测量腹部器官及体表重要部位的辐射剂量分布。这种方法可以在不对患者造成实际辐射风险的情况下, 为医生和技术人员提供精确的辐射剂量数据, 以减少辐射暴露并提高图像质量, 从而提高患者安全性和诊断效果, 为临床实践提供指导。

收稿日期: 2024-06-07。

基金项目: 北京市医院管理中心临床医学发展专项 (ZYLX202107); 北京市高层次公共卫生技术人才建设项目 (肌骨影像) 学科带头人 (01-20)。

1 材料与方法

1.1 仪器

选取东芝 (TOSHIBA PRIME Aquilion) 80 排螺旋 CT 设备, 设置管电压 120 kV 管, 电流 250 mA, 时间 0.5 s, 螺距 1, 层厚 0.5×80 mm。RGD-3B 型热释光剂量检测系统; 热释光精密退货炉 V 型; GR-200A 型 LIF (Mg、Cu、P) 热释光探测器 (TLD) (北京市放射卫生防护所), 分散性 $\leq 1\%$ 。

本研究所用仿真人体模型为 CIRS 公司生产的 ATOM 701 型影像剂量兼用的成人女性剂量模拟人, 身高 160 cm、体重 55 kg, 胸径尺寸 $20\text{ cm} \times 25\text{ cm}$ (未包括乳腺) (图 1), 照射时将组织等效乳腺模体安置于相应部位随同照射。

模体的实际高度为 98 cm, 包括腹股沟以上部分至头顶的 34 层组织 (1~34 层中每层厚度为 2.5 cm, 共 85 cm) 和腹股沟以下部分至大腿 (13 cm)。第 1 层和第 35 层均为实心体层, 没有可放置剂量探测器件的组织插孔, 其余的第 2~第 34 层均设有组织插孔, 在体模组织剂量监测时可将圆柱体拿出, 然后放置热释光探测器。

该剂量模拟人使用与人体组织等效材料制成, 可有效替代人体心脏、肝脏、性腺等组织和器官。

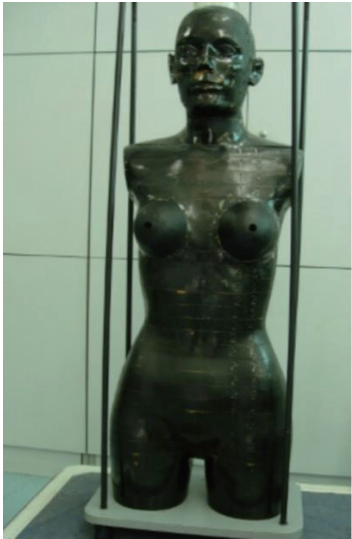
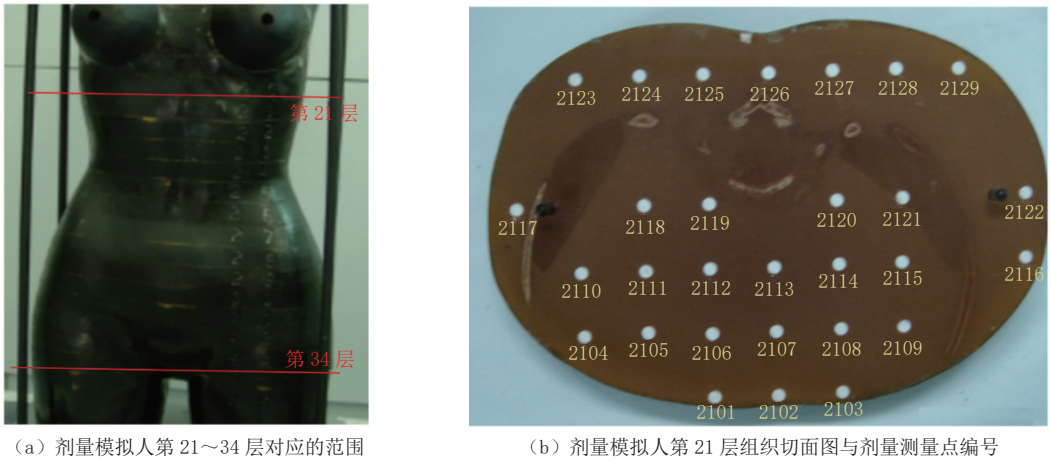


图 1 成年女性剂量模拟人外形
Fig.1 Adult female dose simulates human appearance

1.2 剂量模拟人辐射剂量测量点分布

(1) 将仰卧位剂量模拟人放置在 CT 床上, 选择腹部 CT 扫描协议, 采用脚先进扫描方式, 扫描范围覆盖整个上腹部, 重复扫描 5 次, 最后对所有辐射剂量取均值进行分析。

(2) 在仿真模体第 21~34 层中的关键组织器官位点进行照射剂量测量, 共设 42 个测量点。每个测量点的组织插孔中预先放置 2 个 TLD 探测器, 探测器使用专用包装, 以确保放置于探测孔后能真实反映该处的剂量水平。每个包装均编有唯一编码, 编码标识组织层编号及该层的组织关注位点编号, 例如 “2108” 表示仿真模体的第 21 层第 08 号位点 (图 2)。



(a) 剂量模拟人第 21~34 层对应的范围 (b) 剂量模拟人第 21 层组织切面图与剂量测量点编号

图 2 剂量模拟人 21~34 层对应解剖范围及第 21 层组织剂量点编号图像

Fig.2 Dose simulation of human layer 21~34 corresponding anatomical range and layer 21 tissue dose point number image.

(3) 在仿真人体模型表面确定 8 个位点, 作为相应部位皮肤体表受照剂量测量点。这些点包括: 左眼角 (左侧眼晶体)、右眼角 (右侧眼晶体)、左侧甲状腺、右侧甲状腺、左胸 (左侧乳腺)、右胸 (右侧乳腺)、左性腺部位和右性腺部位。每个测量位点设置 2 个 TLD 探测器于同一个包装中, 每个包装唯一编码识别反应相应部位测量信息, 并与结果对应。

1.3 组织吸收剂量计算

本研究使用 120 kV 管电压, X 射线光子能量分布通常在 30 keV 到 120 keV 之间, 其中大多数光子能量在 40~80 keV 范围内。对于这个能量范围, 光子的相互作用主要包括光电效应和康普顿散射。<50 keV 为低能量光子, 光子能量主要通过光电效应完全沉积在局部, 比释动能近似吸收剂量。50~120 keV 为中等能量光子, 虽然康普顿散射作用显著, 但仍可以通过适当的修正因子将比释动能转化为吸收剂量。

本研究通过实验计算得到在 120 kV 管电压下的修正因子 $f(E) = 1.15$, 因此本研究采用以下公式对组织吸收剂量进行计算:

$$D = X_i \times C_f \times \left[\frac{\mu_{en}}{\rho} \right]_{air}^T \times f, \quad (1)$$

其中 D 为组织吸收剂量; X_i 为空气比释动能 (例如, $0.95 \mu\text{Gy}/\text{读出数值}$); C_f 为热释光探测器空气比释动能刻度系数 (例如, 1.0); $\left[\frac{\mu_{en}}{\rho} \right]_{air}^T$ 为空气到组织的转换系数 (例如 1.2); $f(E)$ 为修正因子 (如 1.15)。

2 结果

2.1 CT 扫描受检者组织吸收辐射剂量分布

CT 扫描时, 所选取的 42 个典型监测位点剂量测量结果表明躯干内各器官组织受照剂量范围值为 $0.07 \sim 15.9 \text{ mGy}$, 平均值为 3.50 mGy , 其中胃部受照剂量最大, 为 15.9 mGy , 其次为肾脏和胰腺部位, 分别为 15.7 mGy 和 14.4 mGy , 肾上腺、胆囊和肝左叶分别为 14.3 、 13.2 和 12.9 mGy ; 其余部位受照剂量均小于 6.9 mGy , 左侧卵巢和右侧卵巢受照剂量分别为 0.31 和 0.33 mGy , 子宫部位受照剂量为 $0.21 \sim 0.33 \text{ mGy}$, 直肠受照剂量为 $0.21 \sim 0.51 \text{ mGy}$ (表 1)。

2.2 CT 扫描受检者体表吸收辐射剂量分布

CT 扫描时, 体表关注部位的受照剂量测量结果表明左侧眼晶状体受照剂量为 0.017 mGy , 右侧眼晶状体受照剂量为 0.029 mGy ; 甲状腺部位受照剂量左右侧分别为 0.062 mGy 和 0.057 mGy ; 乳腺部位左侧和右侧分别为 1.71 mGy 和 1.58 mGy , 两者无明显差别; 左右侧性腺部位 (以左右侧卵巢对应体表部位) 分别为 0.145 mGy 和 0.090 mGy ; 乳腺下缘为 CT 扫描时临近皮肤入射部位, 该处也初步反映出 CT 扫描时皮肤入射剂量水平 $1 \sim 2 \text{ mGy}$ (图 3)。

3 讨论

随着放射技术的不断进步, 医用诊断设备如 CT 等在疾病诊断方面扮演着日益重要的角色。然而, 由于这些设备采用体层扫描技术, 受检者在接受疾病诊断过程中可能会暴露于较高的辐射剂量^[10-11]。

以往的研究主要通过调取 CT 设备显示剂量 (CTDIvol 和 DLP) 来评估 CT 受检者的辐射剂量^[12-13]。然而, 有研究发现, 受检者暴露后, CT 设备显示的剂量与实际测量的体模剂量并不完全一致, 并且不同品牌的设备之间也存在一定的差异^[14-15]。研究显示^[14-15], 两种品牌的 CT 设备在头部扫描时, 实际测量的剂量分别是 CT 设备显示剂量的 $1.30 \sim 1.39$ 倍和 $1.17 \sim 1.26$ 倍; 在胸部扫描时, 实际测量的剂量分别是 CT 设备显示剂量的 $1.95 \sim 2.27$ 倍和 $1.75 \sim 1.97$ 倍。因此, CT 设备显示的剂量并不

能直接等效为受检者的辐射剂量，而且这些剂量信息只能评判受检者的整体辐射剂量，无法评估受检者的局部组织吸收剂量，比如眼晶体、甲状腺等。

表 1 CT 扫描人体躯干部位主要脏器的受照剂量分布水平
Table 1 Distribution of radiation dose levels to major visceral organs in the human trunk during CT scans

序号	编号	模体内 TLD 探测位置对应的组织器官	吸收剂量 /mGy	序号	编号	模体内 TLD 探测位置对应的组织器官	吸收剂量 /mGy
1	2108	肝左叶	12.924	22	2927	右髂内、外动静脉	0.878
2	2109	肝左叶	12.502	23	2929	左髂内外动脉	0.866
3	2213	胃	15.007	24	3028	右髂外动静脉，盲肠	0.590
4	2312	胰体	14.410	25	3036	右卵巢	0.512
5	2320	肾上腺	14.320	26	3037	直肠	0.507
6	2409	胆囊	13.206	27	3126	膀胱	0.355
7	2419	左肾	15.716	28	3132	右卵巢	0.330
8	2503	横结肠	5.168	29	3133	子宫底	0.334
9	2513	降结肠	6.928	30	3134	左卵巢	0.305
10	2610	升结肠	3.160	31	3142	直肠	0.315
11	2620	左肾	3.734	32	3225	膀胱	0.220
12	2712	回肠	2.120	33	3230	子宫体	0.212
13	2714	下腔静脉	2.144	34	3236	直肠	0.211
14	2715	髂总动脉	2.196	35	3327	右闭孔神经	0.109
15	2716	输尿管	2.108	36	3328	左闭孔神经	0.117
16	2717	空肠	1.718	37	3334	膀胱	0.140
17	2804	小肠	1.309	38	3340	直肠	0.143
18	2823	右髂总动静脉	1.230	39	3413	右股动、静脉	0.079
19	2824	左髂总动静脉	1.310	40	3418	左股动、静脉	0.079
20	2907	小肠	0.886	41	3438	尿道	0.087
21	2909	乙状结肠	0.904	42	3444	直肠	0.090

注：表中编码对应组织层编号和在该层的组织关注位点编号，如“2108”，表示仿真模体的第 21 层第 08 号位点。

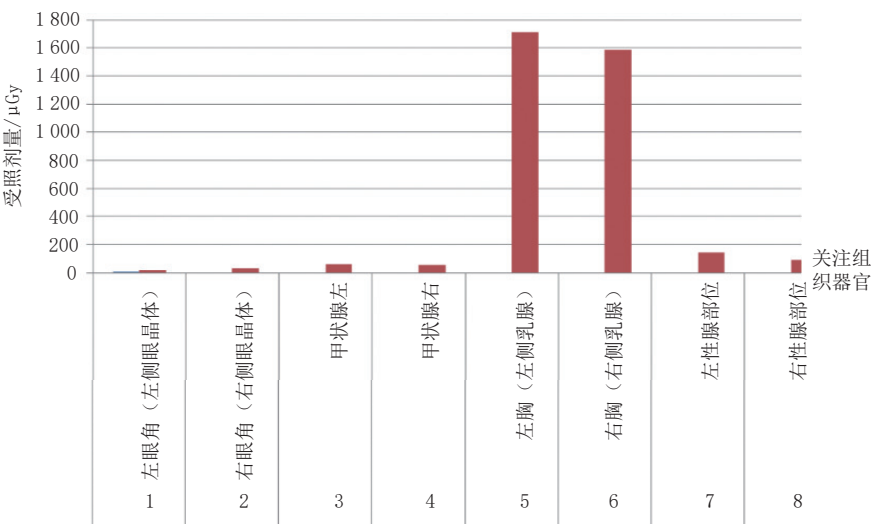


图 3 CT 扫描体表关注部位的吸收剂量水平及其分布状况
Fig.3 The absorption dose levels and their distribution in the regions of interest on the body surface during CT scans

另外，在 CT 检查中，受检者各器官的吸收剂量尚难直接准确测量，特别是敏感部位，若使用人体仿真体模，内部安装剂量探测器，可直接得到辐射剂量，且定位准确^[16]。

因此,本研究使用 CT 扫描测量仿真体模躯干内各器官组织受照剂量。我们观察到,胃部是受照剂量最高的器官,其受照剂量达到 15.9 mGy,这可能是由于胃部位于扫描范围内,放射线束经过该区域时相对较密集。肾脏和胰腺部位的受照剂量分别为 15.7 mGy 和 14.4 mGy,肾上腺、胆囊和肝左叶的受照剂量也较高,分别为 14.3、13.2 和 12.9 mGy,这与以往的研究结果类似^[17-19]。这些结果提示我们在进行 CT 扫描时,需要特别注意这些器官的受照剂量,以减少潜在的辐射风险。其他躯干部位的受照剂量均较低,都小于 6.9 mGy。左侧卵巢和右侧卵巢的受照剂量分别为 0.31 mGy 和 0.33 mGy,子宫部位的受照剂量范围为 0.21~0.33 mGy,直肠的受照剂量范围为 0.21~0.51 mGy。以上结果说明,在 CT 扫描过程中,这些部位所受到的辐射剂量相对较低,风险较小。

在 CT 扫描过程中,不同组织和器官在左右两侧接受的辐射剂量会有所不同,这种差异在晶状体、乳腺、甲状腺及性腺中均可出现,但是在测量辐射剂量时,TLD 探测器的放置位置的不同可能也会造成测量结果出现轻微差异,因此,在研究中需要进行多次测量并取平均值,以减少单次测量误差的影响。晶状体在头部 CT 扫描中受照剂量不同,主要受扫描角度和头部位置不对称影响。乳腺在胸部 CT 扫描中受照剂量差异,主要由于胸部解剖结构差异和扫描区域覆盖范围不同所致。甲状腺受照剂量差异则源于其位置和形状的不对称以及邻近组织的影响。性腺在腹部或骨盆 CT 扫描中受照剂量差异,受到体位和扫描角度以及解剖结构差异的影响,这与之前一项关于在 X 线曝光中对性腺受照剂量分析的研究结果类似^[20]。理解这些因素有助于优化 CT 扫描技术,减少不必要的辐射暴露。为了更准确地评估和控制受照剂量,可以采取标准化体位、优化扫描参数以及个体化剂量估算等措施,从而更好地保护患者健康。

针对体表关注部位的受照剂量测量结果,我们研究结果发现甲状腺、性腺和晶状体的受照剂量相对较高。这些区域的辐射剂量接近或高于其他体表区域和组织的剂量水平,显示出这些部位对辐射的高度敏感性。乳腺下缘的皮肤入射剂量为 1~2 mGy,反映了皮肤对辐射的暴露情况,也提示在这些敏感区域周围的皮肤可能受到相对较高的辐射,我们扫描时需要做好患者敏感部位的防护。这些测量结果为医生和放射技师提供了重要的参考数据,帮助他们合理选择扫描参数并优化剂量分配,以降低患者暴露在辐射下的风险。此外,对于特定器官和部位,如胃部、肾脏和胰腺等,需要加强监测和保护措施,以减少辐射对患者健康的潜在影响。

综上所述,本研究通过对 CT 扫描时人体躯干内各器官组织和体表关注部位的受照剂量进行测量,提供了有关剂量分布的重要数据,对降低辐射风险以及改善患者的辐射安全具有重要意义。未来的研究可以进一步探索不同人群和不同扫描条件下的受照剂量,以进一步完善辐射保护策略。

参考文献

- [1] 张智, 汤淳清, 杨柯, 等. 安徽三所医院胸部 CT 检查的辐射剂量调查[J]. *影像研究与医学应用*, 2022, 6(13): 19-21, 24. DOI:10.3969/j.issn.2096-3807.2022.13.007.
ZHANG Z, TANG C Q, YANG K, et al. Radiation dose investigation of chest CT examination in three hospitals in Anhui province[J]. *Imaging Research and Medical Application*, 2022, 6(13): 19-21, 24. DOI:10.3969/j.issn.2096-3807.2022.13.007. (in Chinese).
- [2] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2020 report to the general assembly with scientific annexes. Evaluation of medical exposure to ionizing radiation[R]. New York: United Nations, 2020.
- [3] 张玉珩, 陈英民, 陈睿, 等. 仿真儿童体模头部 CT 检查剂量及屏蔽防护效果研究[J]. *中国辐射卫生*, 2020, 29(1): 21-25.
ZHANG Y H, CHEN Y M, CHEN R, et al. Study on CT dose and shielding effect of simulated body model head of children[J]. *Chinese Journal of Radiation Health*, 2020, 29(1): 21-25. (in Chinese).
- [4] 赵小爱, 徐丽, 金秀花. 个人剂量监测中异常结果的调查与分析[J]. *中国辐射卫生*, 2021, 30(5): 587-591.
ZHAO X A, XU L, JIN X H. Investigation and analysis of abnormal results in individual dose monitoring[J]. *Chinese Journal of Radiation Health*, 2021, 30(5): 587-591. (in Chinese).
- [5] 杜翔, 徐小三, 杨春勇, 等. 江苏省 CT 扫描检查中受检者剂量调查与分析[J]. *江苏预防医学*, 2021, 32(3): 290-292, 295.

- DU X, XU X S, YANG C Y, et al. Investigation and analysis of patient dose during CT scan in Jiangsu province[J]. *Jiangsu Preventive Medicine*, 2021, 32(3): 290-292, 295. (in Chinese).
- [6] 赵微鑫, 王海华, 钱前, 等. 探究 4 种临床 CT 扫描方式对受检者辐射剂量的影响及胸部扫描辐射场的空间分布[J]. *中国辐射卫生*, 2022, 31(4): 437-442.
- ZHAO Z X, WANG H H, QIAN Q, et al. To explore the effect of 4 kinds of clinical CT scanning methods on the radiation dose of subjects and the spatial distribution of radiation field in chest scanning[J]. *Chinese Journal of Radiation Health*, 2022, 31(4): 437-442. (in Chinese).
- [7] 杨世芳. 探讨低剂量对比剂和低 X 线辐射量 CT 尿路成像的可行性[J]. *现代医用影像学*, 2019, 28(10): 2257-2258. DOI:10.3969/j.issn.1006-7035.2019.10.041.
- YANG S F. Study on the feasibility of low dose contrast agent and low X-ray radiation amount CT urography[J]. *Journal of Modern Medical Imaging*, 2019, 28(10): 2257-2258. DOI:10.3969/j.issn.1006-7035.2019.10.041. (in Chinese).
- [8] 杨红云, 李海亮, 杨淑慧, 等. 五种头颅 CT 扫描方式受检者眼晶体受照剂量的测量及比较[J]. *中国辐射卫生*, 2019, 28(2): 148-151, 154.
- YANG H Y, LI H L, YANG S H, et al. Measurement and comparison of eye lens exposure dose of subjects with five head CT scanning methods[J]. *Chinese Journal of Radiation Health*, 2019, 28(2): 148-151, 154. (in Chinese).
- [9] DELIN C, SILVER S, BASSINT C, et al. Ionizing radiation doses during lower limb torsion and anteversion measurements by EOS stereoradiography and computed tomography[J]. *European Journal of Radiology*, 2014, 83(2): 371-377. DOI:10.1016/j.ejrad.2013.10.026.
- [10] 肖丹. 辐射剂量与放射源在线监测管理平台[R]. 哈尔滨, 黑龙江省科学院技术物理研究所, 2019-07-26.
- XIAO D. Online monitoring and management platform for radiation dose and radioactive source[R]. Haerbin, Institute of Technical Physics, Heilongjiang Academy of Sciences, 2019-07-26. (in Chinese).
- [11] 王亮, 彭勇, 刘怡, 等. 医院级 CT 辐射剂量及诊断剂量水平研究[J]. *辐射防护*, 2019, 39(6): 517-521.
- WANG L, PENG Y, LIU Y, et al. Study on radiation dose and diagnostic dose level of hospital-grade CT[J]. *Radiation Protection*, 2019, 39(6): 517-521. (in Chinese).
- [12] EEDO M, MORI S, KANDATSU S, et al. Development and performance evaluation of the second model 256-detector row CT[J]. *Radiological Physics and Technology*, 2008, 1(1): 20-26. DOI:10.1007/s12194-007-0004-z.
- [13] HIGASHIGAITO K, BECKER A S, SPERNEL K, et al. Automatic radiation dose monitoring for CT of trauma patients with different protocols: Feasibility and accuracy[J]. *Clinical Radiology*, 2016, 71(9): 905-911. DOI:10.1016/j.crad.2016.04.023.
- [14] COUSINS C, MILLER D L, BERNARDI G, et al. ICRP publication 120: Radiological protection in cardiology[J]. *Annals of the ICRP*, 2013, 42(1): 1-125. DOI:10.1016/j.icrp.2012.09.001.
- [15] MIYAZAKI S, HILL C. General tissue reactions and implications for radiation protection[J]. *Annals of the ICRP*, 2015, 44(S1): 76-83. DOI:10.1177/0146645314560689.
- [16] 井赛, 张谷敏, 孙旭, 等. CT 辐射剂量检测仿真人体模的研制[J]. *医疗卫生装备*, 2017, 38(11): 31-34.
- JING S, ZHANG G M, SUN X, et al. Development of simulated human body model for CT radiation dose detection[J]. *Medical & Health Equipment*, 2017, 38(11): 31-34. (in Chinese).
- [17] GRAJO J R, SAHANI D V. Dual-energy CT of the abdomen and pelvis: Radiation dose considerations[J]. *Journal of the American College of Radiology*, 2018, 15(8): 1128-1132. DOI:10.1016/j.jacr.2017.08.012.
- [18] ASCENTI G, MAZZIOTEI S, MILET A O, et al. Dual-source dual-energy CT evaluation of complex cystic renal masses[J]. *American Journal of Roentgenology*, 2012, 199(5): 1026-1034. DOI:10.2214/AJR.11.7711.
- [19] SHUMAN W P, GREEN D E, BUSEY J M, et al. Dual-energy liver CT: Effect of monochromatic imaging on lesion detection, conspicuity, and contrast-to-noise ratio of hypervascular lesions on late arterial phase[J]. *American Journal of Roentgenology*, 2014, 203(3): 601-606. DOI:10.2214/AJR.13.11337.
- [20] 王策, 周凤云, 轩艳姣, 等. 患者双下肢 X 射线一次性曝光中性腺受照剂量测量与分析[J]. *CT 理论与应用研究 (中英文)*, 2024, 33(5): 627-632. DOI: 10.15953/j.ctta.2023.171.
- WANG C, ZHOU F Y, XUAN Y J, et al. Measurement and analysis of gonadal irradiation dose during single-shot X-ray exposure of both lower limbs[J]. *CT Theory and Applications*, 2024, 33(5): 627-632. DOI: 10.15953/j.ctta.2023.171. (in Chinese).

Study on the Radiation Dose Distribution of Abdominal CT Scans Based on Dose Simulation Humans

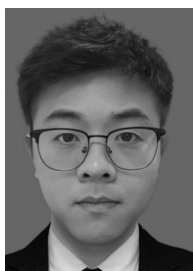
NI Xiaolong¹, ZHOU Fengyun¹, SHI Zheng¹, MA Yongzhong^{2✉}, CHENG Xiaoguang^{1✉}

1. Department of Radiology, Beijing Jishuitan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100035, China

2. The Beijing Municipal CDC, Beijing 100013, China

Abstract: Objective: This study aimed to systematically measure and analyze the radiation dose distribution in the abdomen and specific areas of interest on the body surface during abdominal CT scans using a dose simulation phantom, providing relevant data to assess patient radiation risks and to develop personalized radiation protection strategies. Methods: The study simulated routine clinical abdominal CT using a dose simulation phantom. Forty-two tissue detection points and eight surface points on the phantom were selected to represent major organs in the trunk and key areas of concern on the body surface. RGD-3B thermoluminescence was used to measure the dose level of the main organs and key parts of the body surface. Results: Experimental data from the dose simulation phantom were analyzed and indicated that the stomach received the highest radiation dose at 15.9 mGy, followed by the kidneys and pancreas, at 15.7 mGy and 14.4 mGy, respectively. The doses for the adrenal glands, gallbladder, and left lobe of the liver were 14.3, 13.2, and 12.9 mGy, respectively. All other areas received doses < 6.9 mGy. Surface area dose measurements showed that the left and right eye lens received a dose of 0.017 and 0.029 mGy, respectively. The dose for the thyroid was 0.062 mGy and 0.057 mGy on the left and right sides, respectively. The doses to the left and right breasts were 1.71 mGy and 1.58 mGy, respectively. The gonads received doses of 0.145 mGy and 0.090 mGy on the left and right sides, respectively. The skin entry dose at the lower edge of the breast, which is near the skin during CT scans, was between 1 and 2 mGy. Conclusion: During abdominal CT, the stomach, kidneys, and pancreas received the highest radiation doses. Although the radiation dose of sensitive areas on the body surface is lower, that in the thyroid, gonads, and lens remain higher than that in other surface tissues. These findings suggest that workers may need further protection in specific high-dose areas to reduce potential radiation hazards.

Keywords: CT; absorbed dose; phantom



作者简介: 倪晓龙, 男, 首都医科大学附属北京积水潭放射科初级技师, 主要研究方向为 X 线普放, E-mail: 84072066@qq.com; 马永忠[✉], 北京市疾病预防控制中心放射卫生防护所主任医师, 主要研究方向为辐射防护, E-mail: myz0905@126.com; 程晓光[✉], 首都医科大学附属北京积水潭医院主任医师, 主要研究方向为骨科放射, E-mail: xiao65@263.net。