

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

王 策, 周凤云, 轩艳姣, 王文海, 姚 麟, 施 政, 马永忠, 程晓光

Measurement and Analysis of Gonadal Irradiation Dose During Single-shot X-ray Exposure of Both Lower Limbs

WANG Ce, ZHOU Fengyun, XUAN Yanjiao, WANG Wenhai, YAO Lin, SHI Zheng, MA Yongzhong, and CHENG Xiaoguang

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15953/j.ctta.2023.171>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

Ce片滤过在基于光子计数X射线骨密度测量中的优势

The Advantages of Ce Filtration in the Measurement of Bone Mineral Density Using Photon Counting X-ray Detector

CT理论与应用研究. 2018, 27(5): 573–582

CT平扫图像纹理分析鉴别腮腺多形性腺瘤

Preliminary Study on Differentiating Pleomorphic Adenoma and Malignant Tumors of the Parotid Gland by Texture Analysis of Non-Enhanced CT Images

CT理论与应用研究. 2019, 28(6): 685–691

基于三维X射线显微镜的孔隙性砂岩中变形带微观结构解析

Microstructure Analysis of Deformation Band in Porous Sandstone Based on Three-dimensional X-ray Microscope

CT理论与应用研究. 2019, 28(2): 167–174

透射式微焦点X射线源钨-金刚石靶材的制备及其性能研究

Research on the Preparation and Performance of Tungsten-diamond Transmission Target for Microfocals X-ray Source

CT理论与应用研究. 2017, 26(2): 189–194

基于X射线连续谱的光子计数探测器能量标定方法

Energy Calibration Method of the Photon Counting Detector Based on Continuous X-ray Spectrum

CT理论与应用研究. 2018, 27(3): 363–372

几种降低锥束CT辐射剂量的方法

Several Methods for Reducing the Dose of Cone Beam CT

CT理论与应用研究. 2017, 26(3): 327–334



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

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).

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

王策¹, 周凤云¹, 轩艳姣¹, 王文海¹, 姚麟¹, 施政¹, 马永忠^{2✉}, 程晓光^{1✉}

- 首都医科大学附属北京积水潭医院放射科, 北京 100035
- 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: 探讨双下肢数字化 X 射线摄影中患者性腺的体表摄入剂量 (ESD) 与性别、年龄、身高和体重等生理参数之间的关系, 探讨一次性曝光全幅长板成像的辐射剂量在临床的可行性。方法: 前瞻性收集双下肢负重位患者 300 例, 其中男性 129 例, 女性 171 例。收集双下肢正位和正侧位扫描的患者, 摄片时分别在患者的两侧性腺部位设置 (TLD) 探测器, 曝光后使用 RGD-3B 型热释光剂量仪对其测读, 得出相应的剂量值并分析。结果: 全副长板成人模式的 3 次曝光剂量 (正位 + 双侧位) 为 $(1281 \pm 202) \mu\text{Gy}$, 是单次曝光剂量 $(429 \pm 99) \mu\text{Gy}$ 的 3 倍左右, 3 次曝光的剂量 (正位 + 双侧位) 显著低于国际规定的辐射剂量; 使用多元线性回归分析表明只有身高和体重是性腺辐射剂量的影响因素, 而与性别和年龄无关。在儿童扫描参数下, 身高 $< 160 \text{ cm}$ 的 ESD 剂量为 $(359 \pm 27) \mu\text{Gy}$, 身高 $> 160 \text{ cm}$ 的 ESD 剂量为 $(627 \pm 155) \mu\text{Gy}$, 有显著的统计学差异; 在成人模式下, 身高和体重并不影响 ESD 剂量。结论: 本研究表明单次曝光技术行负重位双下肢全长扫描时性腺的受照剂量与身高和体重有关。性腺所受剂量在安全范围内, 一次曝光全副长板的辐射剂量在临床实践中可行。

关键词: X 射线; 双下肢摄影; 性腺; 受照剂量

DOI:10.15953/j.ctta.2023.171

中图分类号: R814; R144

文献标识码: A

对于股骨头坏死、膝关节内外翻、外伤骨折、骨性关节炎、骨肿瘤等无法继续保守治疗的患者, 选择关节置换减轻痛苦、改善生活质量的越来越多。双下肢摄影是辅助临床诊断病情的一种必不可少的成像方式^[1]。临床上常用 EOS 成像系统进行双下肢全长和脊柱全长成像, 该技术采用多次曝光窄缝拼接式成像, 辐射剂量低, 但是其缺点是设备成本高, 操作技术复杂。

当前, 国内首次推出使用一次性曝光双下肢成像 X 射线摄影系统 (全幅长板 DR 成像系统), 该技术曝光一次可得到整个双下肢或脊柱成像, 与常规 3 次曝光拼接成像技术相比, 它的优点是避免了患者移动带来的拼接伪影, 另外, 其操作简便、速度快, 具有临床适用性, 但是它主要利用射线电离作用, 这种电离辐射容易引起多种放射疾病^[2-4]。虽然诊断性 X 射线检查中获得的剂量发生确定性效应的可能性小, 但仍存在随机性效应的风险, 尤其是对于性腺等辐射敏感器官, 电离辐射对生殖系统的影响表现为性腺的损伤^[5-9]。

随着医学影像技术的不断发展使得 X 射线检查能够使用更低的辐射剂量进行成像, 例如数字化 X 射线系统可以提供更高的图像质量并减少辐射剂量, 另外, 也可以通过优化成像参数来降低辐射剂量。在临床实践中, 操作医生会对受检者采取防护措施来降低对辐射敏感的区域辐射剂量, 但是站立位双下肢成像无法使用遮蔽物去保护性腺器官。因此, 进行双下肢成像中产生的辐射水平应给予高度重视, 尤其应有效掌握敏感器官可能受照的剂量, 这对于临床实践中摄影参数的优化仍然具有重大意义。

本文使用热释光剂量计 (thermoluminescent dosimeter, TLD) 测量双下肢摄影中性腺体表摄入

收稿日期: 2023-09-04。

基金项目: 北京市医院管理中心临床医学发展专项 (肌骨影像学 (ZYLX202107)); 北京市属医学科研院所公益发展改革试点项目 (京医研 2023-8); 北京市高层次公共卫生技术人才建设项目 (学科带头人-01-02)。

剂量 (entrance surface dose, ESD), 探讨性腺 ESD 辐射剂量和人体生理参数之间的联系, 并对全幅长板辐射剂量进行评价与分析。

1 资料与方法

1.1 一般性资料

选取 2023 年 2 月 1 日至 2 月 20 日到本院进行双下肢摄影的患者 300 例, 其中: 男性 129 例, 年龄 (30.53 ± 20.77) 岁; 女性 171 例, 年龄 (45.71 ± 23.58) 岁。所有参加的患者或其监护人都知情同意。

正位 (1 次曝光) 摄影患者 216 名, 正位 + 双侧位 (3 次曝光) 摄影患者 84 名。<14 岁的患者使用儿童模式扫描, >14 岁的患者使用成人模式扫描。

1.2 检查方法

(1) 仪器设备。用于 X 射线摄影的设备为新东方 1000 LB 医用数字化 X 射线摄影系统 (万东医疗), 管电压 72~90 kV、管电流 160~250 mA。剂量探测元件为 GR200 型 LiF (Mg, Cu, P) 热释光探测器 (TLD), 使用 RGD-3B 型热释光剂量仪对探测元件进行测读, 测量仪器均为北京防化研究院生产, 经计量检定部门检定合格且在检定有效周期内使用, 探测元件的分散性小于 3%。

(2) 测试方法和步骤。① TLD 准备: TLD 元件在专用退火炉中 240℃ 时退火 10 min, 在冷却炉快速冷却后放置于特制 TLD 盒中编号, 并在每个 TLD 盒中设置 2 个平行元件; ② 患者信息采集: 照射前记录患者身高、年龄、体重等参数; ③ TLD 布放: 患者脱去鞋站立于一个 20 cm 的台面上, 背紧贴探测器, 保持直立, 面向前方, 两腿并拢, 足尖朝前, 双手置于身体两侧。在每个患者性腺两侧对应体表部位平行约 3 cm 贴上 TLD 盒 (图 1); ④ 数据记录: 照射时记录照射条件 (kV、mA), 照射完成后取下 TLD 盒并放回铅盒; ⑤ 读数和剂量计算: 在实验室对 TLD 进行读数, 通过该测量系统的检定因子和修正系数计算出每个点的真实剂量。



图 1 患者性腺辐射剂量测量

Fig.1 Measurement of gonadal radiation dose.

(3) 摄片参数。曝光条件成人为管电压 90 kV, 管电流 250 mA, 曝光时间 80 ms, 大焦点摄影, 摄影距离为 200 cm; 儿童摄影参数为管电压 80 kV, 管电流 200 mA, 曝光时间 100 ms, 大焦点摄影, 摄影距离为 200 cm。摄影范围起自髌骨上缘, 终点定于踝关节。拍摄后图像由影像归档和通信系统 (picture archiving and communication systems, PACS) 储存, 并将图像发送至激光相机打印胶片。

1.3 统计学分析

使用 SPSS 26.0 统计学软件对数据进行分析。使用单样本 t 检验, 比较单次和多次曝光辐射剂量

与国际剂量之间的差异；使用两样本 *t* 检验，比较两侧性腺和两种扫描模式之间的差异；使用单因素方差分析不同身高、体重之间性腺辐射剂量的差异，组间数据的多重比较行 LSD-*t* 检验。 $P < 0.05$ 表示差异有显著统计学意义。

2 结果

全幅长板成人模式的 3 次曝光剂量（正位 + 双侧位）为 $(1281 \pm 202) \mu\text{Gy}$ ，是单次曝光剂量 $(429 \pm 99) \mu\text{Gy}$ 的 3 倍左右（图 2），全幅长板成人模式 3 次曝光的剂量（正位 + 双侧位）显著低于国际规定的辐射剂量。

使用多元线性回归分析结果表明只有身高和体重是性腺 ESD 辐射剂量的影响因素。在儿童扫描参数下，身高 $< 160 \text{ cm}$ 的 ESD 剂量为 $(359 \pm 27) \mu\text{Gy}$ ，身高 $> 160 \text{ cm}$ 的 ESD 剂量为 $(627 \pm 155) \mu\text{Gy}$ ，有显著的统计学差异。但是使用成人扫描模式，身高并不影响 ESD 剂量（表 1）。

随着体重的增加，性腺 ESD 辐射剂量也随之增加。在儿童扫描模式下，不同体重之间存在统计学差异，其中体重大于 70 kg 的人群性腺 ESD 高于体重低于 70 kg 的人群，而低于 50 kg 和 $50 \sim 70 \text{ kg}$ 之间并没有统计学差异。在成人扫描模式下，体重之间并没有统计学差异（表 2）。

校正身高和体重的影响后分析两侧性腺和两种扫描模式的差异。男性和女性的左侧性腺 ESD 剂量都显著低于右侧性腺。在左侧性腺中，儿童模式和成人模式的 ESD 剂量分别为 $(404 \pm 36) \mu\text{Gy}$ 和 $(723.94 \pm 26) \mu\text{Gy}$ ；同样在右侧性腺中，儿童模式和成人模式的 ESD 剂量分别为 $(431 \pm 38) \mu\text{Gy}$ 和 $(802 \pm 28) \mu\text{Gy}$ ，都存在统计学差异（表 3）。

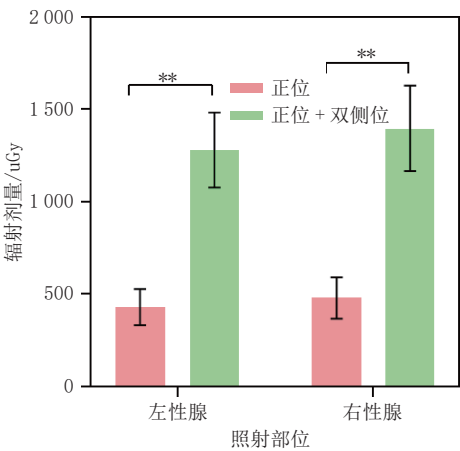


图 2 成人的模式下分析正位和正位 + 双侧位性腺的曝光剂量
Fig.2 Analysis of exposure dose in antero-posterior (AP) and AP + bilateral oblique positions in adults

表 1 不同的扫描模式分析不同的身高对性腺辐射剂量的影响
Table 1 Analysis of the impact of height on gonadal radiation dose in various scanning modes

扫描模式	项目	身高/cm		<i>P</i>
		$< 160 (n = 127)$	$\geq 160 (n = 173)$	
儿童扫描模式	左性腺/ μGy	358.83 ± 27.04	627.33 ± 155.39	< 0.05
	右性腺/ μGy	382.00 ± 27.74	672.23 ± 162.83	< 0.05
成人扫描模式	左性腺/ μGy	653.64 ± 41.61	759.51 ± 32.86	> 0.05
	右性腺/ μGy	725.58 ± 43.78	840.21 ± 36.02	> 0.05

表 2 不同的扫描模式不同体重对性腺辐射剂量的影响
Table 2 Analysis of the impact of weight on gonadal radiation dose in various scanning modes

扫描模式	项目	体重/kg			统计检验		LSD
		1: $< 50 (n = 65)$	2: $0 \sim 70 (n = 149)$	3: $> 70 (n = 86)$	<i>F</i>	<i>P</i>	
儿童扫描模式	左性腺/ μGy	362.79 ± 27.10	507.48 ± 159.66	959.61 ± 470.38	00.71	< 0.001	1, 2 < 3
	右性腺/ μGy	382.94 ± 27.66	548.68 ± 156.86	1084.10 ± 480.52	00.88	< 0.001	
成人扫描模式	左性腺/ μGy	855.88 ± 99.94	709.36 ± 33.66	715.60 ± 44.80	30.08	> 0.05	
	右性腺/ μGy	927.66 ± 111.23	783.31 ± 35.82	801.28 ± 49.64	20.83	> 0.05	

表3 不同性别和不同扫描模式左右性腺的差异以及同一性腺不同性别和不同扫描模式之间的差异
Table 3 Analysis of differences in left and right gonads by sex and scanning modes; differences between sexes and scanning modes within the same gonad

项目	性别		P^*	模式		P^*
	男 ($n = 129$)	女 ($n = 171$)		儿童模式 ($n = 53$)	成人模式 ($n = 247$)	
左性腺/ μGy	714.55 ± 38.77	631.99 ± 28.78	> 0.05	404.43 ± 36.44	723.94 ± 26.06	< 0.05
右性腺/ μGy	794.13 ± 42.73	692.59 ± 30.76	> 0.05	431.29 ± 38.07	801.69 ± 28.24	< 0.05
P^*	< 0.05	< 0.05		< 0.05	< 0.05	

注: *—同一性腺下, 不同性别和扫描模式之间的差异比较; #—同一性别和扫描模式下, 不同性腺之间的差异比较。

3 讨论

本研究使用的全幅长板装置是一种使用电离室探测器的 X 射线系统, 允许双下肢单次曝光成像, 优势是短时快速。本研究结果表明: 双下肢单次曝光剂量约 $500 \mu\text{Gy}$, 3 次曝光剂量约 $1300 \mu\text{Gy}$, 单次曝光剂量约为 3 次曝光剂量的 3 倍 (图 1), 相比国际规定的辐射剂量较低^[10]。该结果表明全幅长板每次曝光剂量相对稳定, 并且该技术可以相对减少患者受照剂量。

本研究结果表明, 相同扫描模式下两侧性腺受照剂量存在统计学差异, 与相关文献报道的研究结果相似, 例如 Delin 等^[11]测量双下肢的研究结果表明右侧卵巢和左侧卵巢的辐射剂量分别为 0.1 mGy 和 0.5 mGy , 右侧睾丸和左侧睾丸的辐射剂量为 0.3 mGy 和 0.4 mGy 。表明不同位点之间辐射剂量存在差异。本研究发现睾丸接受的 ESD 剂量相比卵巢稍高, 这可能是由于男性和女性性腺部位解剖结构的差异而造成不同的散射条件所致。

本研究使用全幅长板单次曝光技术测量的性腺 ESD 剂量 (约 $500 \mu\text{Gy}$) 并没有使用其他设备作为一个对比, 但是根据以前的相关研究, 发现狭缝拼接技术对性腺产生的剂量约 $1000 \sim 3000 \mu\text{Gy}$ ^[12-13], 而 EOS 技术对性腺产生的剂量约为 $500 \sim 1000 \mu\text{Gy}$ ^[14-15]。与本研究结果出现这种差异的原因可能是 EOS 和狭缝拼接技术是使用下肢连续分段扫描进行图像采集, 因此性腺处于照射野中并且与探头处于平行, 而全幅单次曝光技术扫描的性腺部位受到有用束照射的份额相对较低。

有研究表明生物不同组织、器官、细胞及不同阶段和生理状态下的辐射敏感性均有明显差异, 对辐射敏感器官受照剂量的监测尤为重要。儿童尤其是婴幼儿正处于生长发育的时期, 对电离辐射危害的敏感性高于成人 3 倍以上, 因此在放射检查时应用于儿童的摄影参数应特别慎重^[16-17]。

在本研究中发现使用儿童模式扫描下, 身高和体重对性腺受照剂量存在明显的影响, 但是在成人模式下身高和体重对性腺 ESD 剂量并没有影响, 这同时也证实儿童相比成人对电离辐射更加敏感。因此儿童进行 X 射线检查时应引起高度重视, 更应采取一定的防护措施。在全幅长板 X 射线摄影检查中, 无论是成人模式还是儿童模式, 均不能忽视电离辐射对生物体的影响^[18], 并始终遵循指南要求确认每次医学成像检查的合理性、优化设备和限制剂量^[19-23]。

综上所述, 利用单次曝光技术行负重位双下肢全长扫描时性腺的受照剂量因身高和体重的影响而有所不同, 但性腺所受剂量均在安全范围之内, 当然对患者采取相应的防护措施也是非常必要的。

参考文献

- [1] 王芳, 马丽文, 张国勇, 等. DR 双下肢全长摄影在临床中的应用现状[J]. 现代医药卫生, 2022, 38(23): 4059-4062. DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2022.23.021.
WANG F, MA L W, ZHANG G Y, et al. Application status of DR bilateral lower limb full-length radiography in clinical practice[J]. Modern Medicine & Health, 2022, 38(23): 4059-4062. DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2022.23.021. (in Chinese).
- [2] Van BILJON L, FASHEMI B, RODRIGUEZ J, et al. Visualizing DNA damage repair proteins in patient-derived ovarian cancer organoids via immunofluorescence assays[J]. Journal of Visualized Experiments, 2023, 24(192): 10.3791/64881. DOI:10.3791/64881.

- [3] LIU C, LIAO W, CHEN J, et al. Cholesterol confers ferroptosis resistance onto myeloid-biased hematopoietic stem cells and prevents irradiation-induced myelosuppression[J]. *Redox Biology*, 2023, 62: 102661. DOI:10.1016/j.redox.2023.102661.
- [4] PICONE C, FUSCO R, TONERINI M, et al. Dose reduction strategies for pregnant women in emergency settings[J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2023, 12(5): 1847. DOI:10.3390/jcm12051847.
- [5] 杨娟, 曾慧红, 邵立健. 电离辐射对睾丸生殖功能的影响[J]. *临床与病理杂志*, 2022, 42(9): 2274–2283. DOI:10.3978/j.issn.2095-6959.2022.09.033.
YANG J, ZENG H H, SHAO L J. The impact of ionizing radiation on testicular reproductive function[J]. *Journal of Clinical and Pathological Research*, 2022, 42(9): 2274–2283. DOI:10.3978/j.issn.2095-6959.2022.09.033. (in Chinese).
- [6] LIN C M, CHANG W P, DOYLE P, et al. Prolonged time to pregnancy in residents exposed to ionising radiation in cobalt-60-contaminated buildings[J]. *Occupational and Environmental Medicine*, 2010, 67(3): 187–195. DOI:10.1136/oem.2008.045260.
- [7] 王月娇, 袁素娥. 电离辐射对医务人员生殖系统的影响及防护的研究进展[J]. *护理研究*, 2017, 31(11): 1291–1295. DOI:10.3969/j.issn.1009-6493.2017.11.004.
WANG Y J, YUAN S E. Research progress on the effects of ionizing radiation on the reproductive system of medical personnel and protection[J]. *Nursing Research*, 2017, 31(11): 1291–1295. DOI:10.3969/j.issn.1009-6493.2017.11.004. (in Chinese).
- [8] PUY V, BARROCA V, MESSIAEN S, et al. Mouse model of radiation-induced premature ovarian insufficiency reveals compromised oocyte quality: Implications for fertility preservation[J]. *Reproductive Biomedicine Online*, 2021, 43(5): 799–809. DOI:10.1016/j.rbmo.2021.06.027.
- [9] 于楠, 屈明玥, 王凯, 等. 电离辐射对男性生殖系统的危害及其预防[J]. *解放军预防医学杂志*, 2020, 38(10): 36–38. DOI:10.13704/j.cnki.jyyx.2020.10.012.
YU N, QU M Y, WANG K, et al. Harm and prevention of ionizing radiation on male reproductive system[J]. *Military Medical Journal of PLA*, 2020, 38(10): 36–38. DOI:10.13704/j.cnki.jyyx.2020.10.012. (in Chinese).
- [10] ICRP 第 147 号出版物《放射防护中使用的剂量量》内容摘要[J]. *辐射防护通讯*, 2022, 42(1): 30–31.
Summary of the Content of ICRP Publication 147: Dose Quantities Used in Radiation Protection[J]. *Radiation Protection Communication*, 2022, 42(1): 30–31. (in Chinese).
- [11] DELIN C, SILVERA S, BASSINET 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.
- [12] LEE K H, KWON J W, YOON Y C, et al. Slot-scan digital radiography of the lower extremities: A comparison to computed radiography with respect to image quality and radiation dose[J]. *Korean Journal of Radiology*, 2009, 10(1): 51–57. DOI:10.3348/kjr.2009.10.1.51.
- [13] MUSSMANN B, JENSEN C, BENSEN A S, et al. Radiographic signs of acetabular retroversion using a low-dose slot-scanning radiographic system (EOS®)[J]. *Radiography (Lond)*, 2019, 25(3): e53–e57. DOI:10.1016/j.radi.2019.01.001.
- [14] DIETRICH T J, PFIRRMANN C W, SCHWAB A, et al. Comparison of radiation dose, workflow, patient comfort and financial break-even of standard digital radiography and a novel biplanar low-dose X-ray system for upright full-length lower limb and whole spine radiography[J]. *Skeletal Radiology*, 2013, 42(7): 959–967. DOI:10.1007/s00256-013-1600-0.
- [15] CHIRON P, DEMOULIN L, WYTRYKOWSKI K, et al. Radiation dose and magnification in pelvic X-ray: EOS™ imaging system versus plain radiographs[J]. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 2017, 103(8): 1155–1159. DOI:10.1016/j.otsr.2017.07.018.
- [16] 李巍伟. 两种小儿胸部 DR 摄影体位在眼晶状体辐射剂量方面对比研究[J]. *影像技术*, 2020, 32(1): 4–5, 20. DOI:10.3969/j.issn.1001-0270.2020.01.01.
LI W W. Comparative study on the radiation dose to the eye lens in two pediatric chest DR imaging positions[J]. *Imaging Technology*, 2020, 32(1): 4–5, 20. DOI:10.3969/j.issn.1001-0270.2020.01.01. (in Chinese).
- [17] KUMAR R, de JESUS O. Radiation effects on the fetus[M]//StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright, 2022, StatPearls Publishing LLC., 2022.
- [18] BONE C M, HSIEH G H. The risk of carcinogenesis from radiographs to pediatric orthopaedic patients[J]. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 2000, 20(2): 251–254. DOI:10.1302/0301-620X.101B3.BJJ-2018-0663.R1.
- [19] SHAPIRA S, NITECKI M, TZUR D, et al. Occupational exposure to nonionizing radiation and risk for

- malignancy in young adults[J]. *Military Medicine*, 2023, 188(7/8): e2424–e2430. DOI:10.1093/milmed/usad020.
- [20] ABDELRAHMAN M, LOMBARDO P, DABIN J, et al. Impact of the implementation of the new radiation quantities recommended by ICRU/ICRP for practical use in interventional radiology: A Monte Carlo study[J]. *Journal of Radiological Protection*, 2023, 43(1). DOI:10.1088/1361-6498/acb780.
- [21] HUDA W, NICKOLOFF E L, BOONE J M. Overview of patient dosimetry in diagnostic radiology in the USA for the past 50 years[J]. *Medical Physics*, 2008, 35(12): 5713–5728. DOI:10.1118/1.3013604.
- [22] VANO E. ICRP recommendations on 'Managing patient dose in digital radiology[J]. *Radiation Protection Dosimetry*, 2005, 114(1/3): 126–130. DOI:10.1093/rpd/nch533.
- [23] METTLER F. Managing patient dose in digital radiology: A report of the International Commission on Radiological Protection[J]. *Annals of the ICRP*, 2004, 34(1): 1–73. DOI:10.1016/j.icrp.2004.02.001.

Measurement and Analysis of Gonadal Irradiation Dose During Single-shot X-ray Exposure of Both Lower Limbs

WANG Ce¹, ZHOU Fengyun¹, XUAN Yanjiao¹, WANG Wenhai¹,
YAO Lin¹, SHI Zheng¹, MA Yongzhong^{2✉}, CHENG Xiaoguang^{1✉}

1. Department of Radiology, Beijing Jishuitan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100035, China
2. Beijing Center for Disease Control and Prevention Radiation Health Protection Institute, Beijing 100013, China

Abstract: Objective: To investigate the relationship between entrance surface dose (ESD) of gonads and physiological parameters such as sex, age, height, and weight in digital X-ray exposure of both lower limbs and to explore the feasibility of full-width long-plate imaging with single-dose radiation exposure. Methods: A total of 300 patients at a weight-bearing position of both lower limbs were prospectively enrolled in a hospital in Beijing, including 129 males and 171 females. The TLD detectors were set at the gonads on both sides of the patient during scanning. After exposure, the TLD detectors were measured with an RGD-3B thermoluminescence dosimeter, and the corresponding dose values were obtained and analyzed. Results: The average triple exposure dose (AP + bilateral view) in the full-length plate adult mode was (1281 ± 202) μGy , which was approximately three times the single exposure dose (429 ± 99) μGy . The triple exposure dose (AP + bilateral view) was significantly lower than the radiation dose recommended by international standards. Multiple linear regression analysis showed that only height and weight affected gonadal radiation dose. Under the scanning parameters of children, the ESD dose was (359 ± 27) μGy and (627 ± 155) μGy when the height was less or more than 160 cm, respectively, with a significant statistical difference. In adult mode, height and weight did not affect the ESD dose. Conclusions: This study showed that the exposure dose of gonads during full-length scanning of both lower limbs in a weight-bearing position with a single exposure was affected by height and weight. The dose received by the gonads was within the safe range, and a single exposure of the full-length plate radiation dose is feasible in clinical practice.

Keywords: X-ray; lower limb photography; gonads; dose of exposure



作者简介: 王策, 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: wangce819@icloud.com; 马永忠[✉], 男, 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剂量与放射防护, E-mail: myz0905@126.com; 程晓光[✉], 男, 首都医科大学附属北京积水潭医院放射科主任医师, 主要研究方向为骨科放射, E-mail: xiao65@263.net。