

【综述】

数字摄影(DR)受检者辐射剂量水平研究进展

邱正帅^{1,2}, 邓大平¹, 朱建国¹

中图分类号: R144.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2013)05-0637-04

近年来随着计算机 X 射线摄影技术(computed Radiography ,CR) 及数字化 X 射线成像技术(digital Radiography ,DR) 在临床中的应用, X 射线技术逐渐进入数字化时代,已基本取代了传统 X 射线摄影。目前,国际原子能机构(IAEA)、国际放射防护委员会(ICRP)、欧盟委员会(EC)、英国国家放射防护委员会(NRPB) 及我国的《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 等制定的放射诊断的医疗照射指导水平都是关于普通拍片的,未见关于数字摄影的参考水平。针对 DR 的广泛应用可能对受检者带来危险,国际放射防护委员会(ICRP) 93 号出版物认为要重视 DR 受检者的辐射防护^[1],要求在充分利用 X 射线的同时,必须切实做好防护工作,确保受检者身体健康。

1 DR 的成像特点和临床应用

DR 是用平板状探测器代替普通 X 射线摄影的暗盒,探测器可直接将 X 射线转变为数字信号(非晶硒数字平板) 或先将 X 射线转变为可见光再转换为数字信号(非晶硅数字平板),从而完成影像的数字化。它可以完成 X 射线摄影,也可以代替影像增强器用于透视和动态图像检出^[2],具有曝光宽容度大、对比度分辨率高、噪声小、数字化程度高、量子检出效率(DQE) 高、信息量大、成像质量高、成像速度快、后处理功能强大等优点。与传统 X 射线平片相比,DR 因其强大的后处理功能,可以更加明显的显示病灶的情况,大大提高临床诊断率,主要应用于胸部、腹部、骨关节检查中。在胸部检查中,由于胸部组织的密度差异较大,尤其是纵膈心影后膈下肋骨重叠部位的病变,通过后处理操作,可以更能清晰、准确地发现病灶;在腹部检查中,通过后处理操作,增加腹部软组织的分辨率,从而可以清晰的显示腹部游离气体、肠梗阻、尿道结石等病变;在骨关节的检查中,可用通过进行放大、调节窗宽、窗位,

从而更加清晰的发现骨折部位及骨质的微细结构等。

2 国内外研究现状

随着数字摄影在临床中的广泛应用,有关于操作中受检者的辐射剂量的研究引起国内外许多放射防护学者们的关注,他们为数字摄影受检者的辐射剂量及影像质量方面都提供了许多有价值的资料。目前常用入射体表剂量(ESD) 和面积剂量乘积(DAP) 来估计患者的辐射剂量^[3]。ESD 可以通过固体发光剂量计(如热释光剂量计 TLD、光激发光剂量计 OSL 等) 直接测量,检测方法主要有两种:一是在医院影像科现场直接对受检者体表布放剂量计检测;二是采用人体模型模拟实验进行布点检测。DAP 为 ESD 与射野面积的乘积,可通过面积剂量乘积仪直接测量,是患者吸收的辐射剂量的一种量度^[4],它反映的是该次放射学实践中授予受检者的 X 射线总能量。利用测量的 DAP 值,通过蒙特卡罗模拟方法(Monte-Carlo simulation) 估算出有效剂量(ED),从而定量描述辐射照射所致的随机性健康危害程度^[5,6]。

2.1 DR 受检者辐射剂量 部分学者对不同部位、不同投照方向的受检者入射体表剂量进行了研究,结果见表 1。

表 1 不同投照部位受检者 ESD(mGy/次)

投照部位	Compagnone ^[7] 等	张梦龙 ^[8] 等	
		优化前	优化后
头颅 PA	1.58	1.41	0.47
头颅 LAT	0.89	0.95	0.30
胸部 PA	0.06	0.29	0.09
胸部 LAT	0.13	0.27	0.18
腹部 AP	1.64	1.42	0.30
骨盆 AP	1.02	1.36	0.42
腰椎 AP	1.16	2.12	0.61
腰椎 LAT	1.72	4.60	1.52

从结果中可以看出:对于同类检查,国内外受检者辐射剂量水平也是有所差距的,以胸部和腰椎的差距较大;平均每次摄影受检者入射体表剂量均以腰椎 LAT 最高,胸部摄影最小;张梦龙等通过管电压、曝光

基金项目:卫生行业科研专项(201002009)

作者单位:1 山东省医学科学院放射医学研究所,山东 济南 250062;2 济南大学山东省医学科学院医学与生命科学学院

作者简介:邱正帅(1987-)男,硕士在读,研究方向为放射防护与辐射监测。

通讯作者:邓大平,研究员,硕士生导师。

量和焦片距的优化组合,使受检者的辐射剂量大幅下降,可见曝光参数的选择对于受检者的辐射防护具有重要意义。王鹏程^[9]等在骨盆数字化 X 射线摄影曝光剂量的优化研究中发现,在常规摄影条件(75 kV, 20 mAs)和最优条件(75 kV, 10 mAs)下曝光,受检者 ESD 由 1.31 mGy/次降为 0.61 mGy/次,这与张梦龙^[7]等的研究结果基本一致。

胸部摄影在常规 X 射线诊断中所占的比例是最大的^[10],有不少学者对 DR 胸部摄影中曝光条件与受检者辐射剂量的相关性进行了研究,然而他们的研究结果不尽相同。曲良勇^[11]等对不同 kV 条件下受检者辐射剂量进行了研究,从 60 kV 到 140 kV, DAP 由 173.8 mGy · cm² 逐渐降低到 24.61 mGy · cm², ESD 由 0.74 mGy 逐渐降低到 0.13 mGy,认为胸部摄影应适当提高管电压。曹允希^[12]等利用体模,在焦片距为 150 cm,曝光量固定为 4 mAs 条件下,管电压从 60 kV 逐级增加到 120 kV 进行曝光,体模表面的 ESD 从 63.4 μGy 逐渐增加到 328.7 μGy,在权衡受检者辐射剂量和影响质量后,认为 DR 胸部摄影的适宜管电压为 90 kV 左右。Launders^[13]等在其研究中却认为,只用 ESD 来估计受检者的辐射危险可能会引起误导,应结合有效剂量进行评估,有效剂量并不像入射体表剂量随 kV 的变化有很大的变化幅度,有效剂量在 110 kV 时最低。

2.2 与屏-片系统的比较 目前大多数报道都认为,与 CR 和屏-片系统相比,DR 受检者辐射剂量是最小的。原因是 DR 具有高达 60% 以上量子检出效率(DQE),在较小的照射剂量下便可以得到较好的影像效果^[14,15],同时 DR 系统强大的后处理功能,可以根据需要对所得影像进行调节,得到最佳影像;而传统的屏-片最大的缺点便是动态范围有限,几乎不能进行影像后处理,因而,应用 DR 可以在不影响影像质量的前提下降低受检者的辐射剂量^[16,17]。

Compagnone^[8]等的研究结果显示,除头颅 AP 外,其他投照部位的 ESD 均是屏-片系统高于 DR,DR 受检者 ESD 比屏-片系统低 29%,其中,在骨盆摄影中,DR 和屏-片系统的 ESD 分别是 0.168 mSv 和 0.295 mSv,相差最大;在头颅摄影中相差最小,ESD 分别是 0.022 mSv 和 0.027 mSv。John E. Aldrich^[18]等的研究表明,DR 胸部 PA、腹部 AP、骨盆 AP 的入射体表剂量 0.14 mGy/次,1.86 mGy/次,1.68 mGy/次,均低于屏-片系统的 0.20 mGy/次,5.24 mGy/次,3.30 mGy/次,并且,他们还进行了有效剂量的估算,结果也是 DR 低于屏-片系统。

3 降低受检者辐射剂量方法

对于一台具体 DR 机器,设备的性能是固定的,因此,曝光量、管电压、焦片距、照射野等成像参数的选择对于降低受检者的辐射剂量是至关重要的。

3.1 合理提高管电压 管电压决定了撞击靶上电子所具有的能量,管电压越大,产生的 X 射线的能量就越高,穿透力增强,从而降低了软射线对受检者的危害,同时缩小了各组织对 X 射线的吸收差异,影像层次增多,提供更多的诊断信息;管电压增加可缩短曝光时间,减少受检者器官运动造成的影像模糊,从而降低受检者入射体表剂量^[19]。

3.2 降低 mAs 曝光量与影像质量和受检者的辐射剂量都是密切相关的,随着曝光量的增大,虽然影像的噪声会逐渐减小,但患者的辐射剂量也会随之增大^[20],在满足临床诊断的情况下,降低 mAs,寻求二者之间的最佳平衡。

3.3 合理调节照射野 人体是散射体,在相同管电压下,散射线量除与组织类型、组织厚度等有关外,还与照射野面积密切相关,照射野越大,产生的散射线就越多,对图像的质量及受检者的辐射剂量的影响就越大,因此,将照射野缩小到能容下被检部位的最小程度并准直定位可以有效的减少散射线量^[21,22]。

3.4 控制焦片距 X 射线是在球管内的高速电子流撞击阳极钨靶时产生的,产生的 X 射线随距离和能量的传递而衰减,若忽略空气的吸收,在没有其他介质存在的情况下,来自点状源的辐射照射剂量率与到该点源之间的距离平方成反比^[23]。由此,缩短焦片距,受检者辐射剂量率和入射体表剂量都会大幅提高;增加焦片距则会增加管电量,从而使 X 射线球管的负荷增加。

3.5 使用附加过滤 使用过滤能屏蔽掉低能 X 射线,大量的软射线被阻挡和吸收,使 X 射线质相对变硬,使其射线能量以高能部分为主,从而降低受检者的入射体表剂量^[24]。

3.6 合理组合电离室 DR 平板探测器中一般有 2~3 个电离室,各个电离室可根据不同部位摄影的要求组合使用。吕杰^[25]等的研究表明,在 DR 摄影选择电离室时,在胸部、颈椎等组织密度相对均衡的解剖部位,所用的电离室越多,受照剂量越小;在骨盆等组织密度相对不均衡的解剖部位,相对密度低和组织厚度小的区域所用的电离室越少,受照剂量越小。

3.7 辅助防护用品的使用 在不影响诊断检查和影响质量的前提下,为受检者提供辅助防护用品,特别注意受检者性腺、甲状腺及眼晶状体等敏感部位的屏蔽

防护。

4 研究的趋势

常规医疗 X 射线检查照射已成为公众辐射照射剂量负担的主要来源。X 射线成像是利用 X 射线的穿透等性质取得人体内器官与组织的影像信息以诊断疾病的技术,因而不可避免地对人体有辐射伤害,所以如何选择最优化曝光参数,在保持图像质量以符合诊断要求的同时最大限度地降低 X 射线辐射剂量,从而减少电离辐射对受检者和操作人员的辐射危险就成为人们关心的重点。

DR 既可以潜在减少受检者辐射剂量,也可能导致受检者辐射剂量的增加,原因是即使在过度曝光条件下,因 DR 系统具有比较大的曝光宽容度,也可以得到高质量的图像^[26]。DR 系统带有自动曝光控制(AEC),其可以根据被照体的厚度、病理等特征,自动控制 X 射线的曝光量,以生成较好的图像,可以大大提高工作效率,但是,在实际操作中仍需手动适当改变摄影条件,而且,好多先进的数字化设备都是从欧美等西方国家进口的,它们生产的设备的 kV、mAs 等参数可能都是参照欧美人的体型设置的,对于我们中国人不一定合适。由于数字系统和屏-片系统在成像原理的不同,以往关于屏-片系统的优化措施是否适用于数字系统也是值得商榷的。因此,在保证影像质量的情况下,通过各种最优化手段,使患者接受的辐射剂量降至最低,寻求最佳的曝光条件才是研究的发展趋势。

5 结论

数字放射摄影图像的质量及受检者的辐射剂量与机器性能和设备参数是密切相关的^[27],应定期检测 X 射线球管中心及光野摄影的一致性,校验 kV、mAs 的准确性,校准电离室的偏差,以防止因机器的性能和设备参数的不准确而引起的图像质量下降和受检者辐射剂量的增加。最优化曝光条件的选择与影像技术人员的业务素质是密不可分的,影像科医生应摒弃一味追求影像质量而不考虑受检者辐射剂量的做法,而应该根据 ALARA 原则权衡各因素的利弊,选择最优的曝光参数,得到一幅既能满足诊断需要又能最大限度降低受检者辐射剂量的片子,使受检者免遭不必要的 X 射线照射,加强对 DR 的质量保证(quality assurance, QA)和质量控制(quality control, QC)是势在必行的。

参考文献:

[1] ICRP Publication 93. Managing patient dose in digital radiolo-

gy. A report of the International Commission on Raditional Protection [R]. Ann ICRP, 2004, 80(960): 807-815.

- [2] 孟俊非. 医学影像学[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2009: 1-9.
- [3] Lanca L, Silva A. Assessment of patient dose in digital systems [J]. Digital Imaging System for Plain Radiography, 2013: 49-62.
- [4] Dougeni ED, Delis HB, Karatza AA, et al. Dose and image quality optimization in neonatal radiography [J]. British Journal of Radiology, 2007, 80(958): 807-815.
- [5] 李士俊. 电离辐射剂量学基础[M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2008: 58-60.
- [6] Suliman II, Habbani FI. Effective dose calculations in conventional diagnostic X-ray examinations for patients in major sudanese hospitals [C]//World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006. Springer Berlin Heidelberg, 2007: 2 087-2 091.
- [7] Compagnone G, Baleni MC, Pagan L, et al. Comparison of radiation doses to patients undergoing standard radiographic examinations with conventional screen-film radiography, computed radiography and direct digital radiography [J]. British journal of radiology, 2006, 79(947): 899-904.
- [8] Zhang ML, Chu CK. Optimization of the radiological protection of patients undergoing digital radiography [J]. Journal of Digital Imaging, 2012, 25(1): 196-200.
- [9] 王鹏程, 张富利, 李士俊. 骨盆数字化 X 射线摄影曝光剂量的优化研究 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2006, 25(5): 453-455.
- [10] Compagnone G. Radiation doses to patients using computed radiography, direct digital radiography, and screen-film radiography. General Methods and Overviews [J]. Lung Carcinoma and Prostate Carcinoma, 2008: 109-128.
- [11] 曲良勇, 高林峰, 姚杰, 等. 数字化 X 射线摄影设备(DR)曝光条件与剂量学参数相关性研究 [J]. 中国辐射卫生, 2010, 19(3): 279-281.
- [12] 曹允希, 刘慧琴, 邱建峰, 等. 数字化 X 线胸部摄影管电压选择对影像质量影响的研究 [J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(7): 697-699.
- [13] Launders JH, Cowen AR, Bury RF, et al. Towards image quality, beam energy and effective dose optimisation in digital thoracic radiography [J]. European radiology, 2001, 11(5): 870-875.
- [14] 胥志生, 秦维昌, 元恒涛, 等. CR, DR 系统低密度信号检出能力比较 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2007, 26(6): 617-618.
- [15] 王鹏程, 张富利, 李士俊. 两种数字化 X 射线摄影技术影像质量与成像剂量的比较 [J]. 中华放射医学与防护杂志, 2005, 25(1): 91-93.

- [16] Geijer H , Beckman KW , Andersson T , et al. Image quality vs. radiation dose for a flat - panel amorphous silicon detector: a phantom study [J]. Eur Radiol , 2001 , 11 (9) : 1 704 - 1 709.
- [17] Persliden J. Digital radiology and the radiological protection of the patient [J]. European Radiology Supplements , 2004 , 14 : 50 - 58.
- [18] Aldrich JE , Duran E , Dunlop P , et al. Optimization of dose and image quality for computed radiography and digital radiography [J]. Journal of Digital Imaging , 2006 , 19 (2) : 126 - 131.
- [19] 章伟敏 , 丁文洪 , 王志康 , 等. 胸部高千伏摄影过滤方式与表面剂量相关性的实验研究 [J]. 中华放射医学与防护杂志 , 2003 , 23 (1) : 155 - 156.
- [20] 孙建忠 , 王志康 , 章伟敏 , 等. 数字 X 线胸部摄影适宜检查参数的研究 [J]. 中华放射学杂志 , 2010 , 44 (10) : 1 103 - 1 105.
- [21] 郭辉 , 张铁亮 , 努尔 , 等. 优化婴幼儿胸部 DR 图像质量和辐射剂量的前瞻性临床研究 [J]. 中国循证医学杂志 , 2011 , 11 (10) : 1 129 - 1 132.
- [22] 黄光辉 , 李可女. 小照射野在 X 射线检查最优化原则中的作用 [J]. 中华放射医学与防护杂志 , 2005 , 24 (6) : 555 - 556.
- [23] 姜德智. 放射卫生学 [M]. 苏州: 苏州大学出版社 , 2004 : 153 - 156.
- [24] 刘建军 , 程金生 , 张良安 , 等. 胸部 X 射线摄影优化研究进展 [J]. 中国辐射卫生 , 2008 , 17 (1) : 106 - 108.
- [25] 吕杰 , 解中福 , 阎晓斌 , 等. DR 摄影中电离室测射野的选择对辐射剂量影响的临床研究 [J]. 中国辐射卫生 , 2012 , 21 (1) : 91 - 93.
- [26] Vano E. ICRP publications on medical exposures: digital radiology [C] // World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2006. Springer Berlin Heidelberg , 2007 : 4 216 - 4 219.
- [27] K rner M , Weber C H , Wirth S , et al. Advances in digital radiography: Physical Principles and System Overview [J]. Radiographics , 2007 , 27 (3) : 675 - 686.

(收稿日期: 2013 - 03 - 27)

(上接第 636 页) 剂的增多, 输卵管内造影剂浓度就会明显增浓而出现输卵管内造影剂浓度的变化; 输卵管真性扩张因为有积水而扩张, 所以输卵管壁就会不同程度变薄, 管壁弹性亦不同程度变差, 这样在推入造影剂过程中输卵管的扩张程度就会变化较小或无明显变化, 同时由于输卵管管壁弹性变差, 输卵管收缩及蠕动功能明显减低, 这也就出现了 20 min 后照腹腔涂抹像时可见迂曲、扩张的输卵管影的特点, 本组 5 例输卵管扩张程度有轻微加重的变化, 原因应为其输卵管肌层受损较小、管壁尚有一定弹性所致。输卵管假性扩张因为输卵管自身没有积水, 所以在推注造影剂过程中输卵管显影浓度不会有变化, 同时输卵管管壁没有变薄, 弹性亦没有受损, 所以在推注造影剂过程中随着注药压力增大及造影剂的增多狭窄或梗阻点输卵管的近端就会逐渐扩张, 输卵管管壁没有变薄, 弹性没有受损, 输卵管的蠕动及收缩功能就正常, 这样在 20 min 后照腹腔涂抹像时就不会见到迂曲、扩张的输卵管影。本组有 2 例 20 min 后照腹腔涂抹像时可见迂曲、轻度扩张的输卵管影, 原因应为其输卵管病变介于急、慢性炎症之间, 虽然其输卵管内没有明显积水存在, 但其肌层应受到了一定的损伤、管壁弹性变差、输卵管蠕动功能减低所致。

3.2 输卵管真、假性扩张鉴别的意义 避免了过去曾经只要发现输卵管扩张, 就诊断为输卵管积水的误区存在, 这样对临床的治疗及预后就不会起到误导作用; 准确地鉴别输卵管真、假性扩张, 能为临床采取何

种治疗方法及采取何种受孕方式提供理论依据, 对于输卵管假性扩张的患者, 临床就可以通过抗炎及直肠给药、外加烤电等物理疗法消除因输卵管炎症引起的狭窄或梗阻, 以使患者自然受孕; 少部分轻度真性扩张患者因其管壁没有明显受损变薄, 输卵管蠕动及收缩功能没有明显减弱, 亦可以采取上述同样的方法治疗, 达到自然受孕的目的; 大部分输卵管真性扩张、尤其是双侧输卵管扩张程度较重者, 临床上就没有必要再采取以上的保守治疗方法了, 因其自然受孕率极低, 即使怀孕, 还极易致宫外孕, 所以临床上多采用体外受精 - 胚胎移植 (IVF - ET), 但术前还应切除积水、扩张程度较重的输卵管, 因输卵管内的积水可能通过机械作用影响子宫内膜的容受性及对胚胎毒性作用, 从而降低 IVF - ET 成功率^[3], 一侧输卵管正常, 不管对侧输卵管积水、扩张程度如何, 临床还都可以指导患者在超声监测排卵的状态下利用健康侧输卵管受孕, 同样可以达到自然受孕的目的。

参考文献:

- [1] 乐杰. 妇产科学 [M]. 7 版. 北京: 人民卫生出版社, 2008 : 351 - 353.
- [2] 史家蓉 , 廖邦兴. 阴道超声引导下子宫输卵管声学造影的应用价值 [J]. 中国医药导报 , 2008 , 5 (9) : 84 - 85.
- [3] 吴洪波 , 覃晓楣 , 李柳铭 , 等. IVF - ET 中输卵管积水对子宫内膜和内膜下血流的影响 [J]. 生殖与避孕 , 2009 , 29 (6) : 395 - 398.

(收稿日期: 2013 - 03 - 12)