

数字 X 线摄影焦点至探测器距离与体模表面入射剂量的实验研究

陈晓飞, 周晟, 汪新柱, 王闻奇

甘肃省中医院放射影像科, 甘肃 兰州 730050

摘要: **目的** 探讨数字 X 线摄影系统焦点至探测器距离(FFD)的设定对体模体表入射剂量(ESD)的影响。**方法** 利用 BMD Phantom Spine Femur 模拟人体进行数字 X 线摄影。根据预设管电压分为 60、80、120 kV 3 组, 每组仅以 FFD 为变量进行分次曝光。采用自动曝光(AEC)模式, 去除滤线器, 固定照射野 15 cm × 15 cm, 每次曝光中探测器获得相同曝光量。GE DEFINIUM 6000 功能数字化摄影系统电离室自动测量 ESD, MARK 标记评价影像畸变率。采用 SPSS 19.0 软件作 Pearson 相关分析, 建立体表入射剂量与 FFD 的关系曲线。**结果** 在探测器感光相同时, ESD 与 FFD 呈负相关($r = -0.922, P < 0.01$), FFD 从 100 cm 增至 200 cm, 在 60、80、120 kV 时, ESD 值分别降低了 35.4%、35.3%、44.0%。60、80、120 kV 时影像畸变率无变化, FFD 200 cm 在不同管电压时影像畸变率均明显低于 FFD 100 cm (P 均 < 0.05)。**结论** 增加 FFD 可以降低受检者的辐射剂量, 改善几何成像性能。

关键词: 放射摄影术; 焦点至探测器距离; 体表入射剂量; 畸变率; 辐射剂量; 几何成像

中图分类号: R 814.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-8182(2016)03-0384-03

数字 X 线摄影系统(DR)焦点至探测器距离(focus-to-flat panel detector distance, FFD)作为基本成像参数, 通常被教科书及指南规定为固定参数。本文拟探讨 FFD 如何影响 X 线辐射剂量及成像质量, 增加 FFD 是否有利于辐射防护及改善影像质量。

1 资料与方法

1.1 设备 GE DEFINIUM 6000 功能数字化摄影系统。整板碘化铯/非晶硅, 成像面积 41 cm × 41 cm, 矩阵 2 000 × 2 000 (每像素 200 μm), 检测灰阶 14 bit, 量子探测效率(DQE): 75%。具备曝光参数[kV, mA, ms; 入射体表剂量(ESD)、剂量与面积之积(DAP)、片源距(SID)、FFD]智能测量及显示技术。BMD Phantom Spine Femur 校准体模。10 mm 直径钢球(MARK)见图 1。

1.2 实验方法 在对 GE DEFINIUM 6000 功能数字化摄影系统做系统校准及探测器校准后, 以 BMD Phantom Spine Femur 体模模拟人体进行数字 X 线摄影, 在体模周边黏贴钢球。依据预设管电压分为 60、80、120 kV 3 组, 每组仅以 FFD 为变量, 自 100 ~ 200 cm 以 10 cm 分级进行分次曝光。采用自动曝光

(auto exposure control, AEC)中间野模式(探测器在每次曝光中获得相同曝光量)。去除滤线器(避免栅焦距随 FFD 改变所致切割效应影响 FPD 感光一致), 固定照射野 15 cm × 15 cm。利用设备自身空气电离室测量 ESD, MARK 标记评价影像畸变率^[1-2], 详细记录相关参数。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 19.0 软件进行统计处理。作 ESD 与 FFD 的 Pearson 相关分析, 并建立 ESD 与 FFD 的关系曲线。计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 其组间差异性采用 Z 检验。检验水准为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 体模实物及影像 黏贴 MARK 的 BMD Phantom Spine Femur 校准体模见图 1; FFD 100 cm 体模影像见图 2a; FFD 200 cm 体模影像见图 2b。

2.2 不同管电压模拟 3 组的 ESD、FFD 值变化 在相同 AEC 模式下, 3 组数据均显示 ESD 值随 FFD 增加显著减小, 在探测器感光相同时, ESD 与 FFD 呈负相关($r = -0.922, P < 0.01$)。见图 3。FFD 从 100 cm 增至 200 cm, 在 60、80、120 kV 时, ESD 值分别降低了 35.4%、35.3%、44.0%。mAs 值随 FFD 变化基本符合 X 线衰减的平方反比法则。见图 4。

2.3 FFD 100 cm 与 FFD 200 cm 影像畸变率比较 60、80、120 kV 时影像畸变率无变化, FFD 200 cm 在不同管电压时影像畸变率均明显低于 FFD 100 cm (P 均 < 0.05)。见表 1。

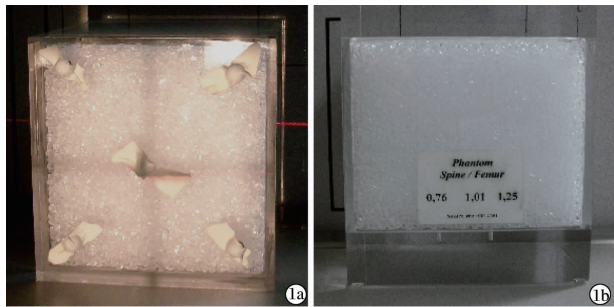
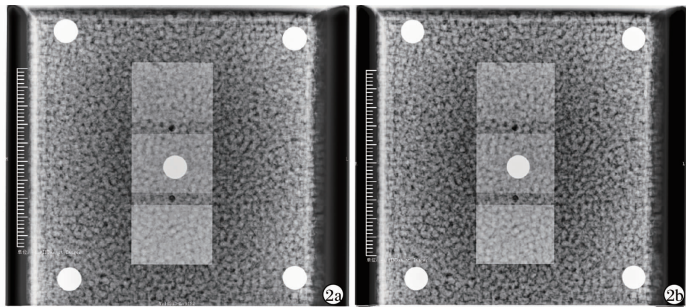


图 1 黏贴 MARK 的 BMD Phantom Spine Femur 校准体模



注:2a;FFD 100 cm;2b;FFD 200 cm。

图 2 体模影像

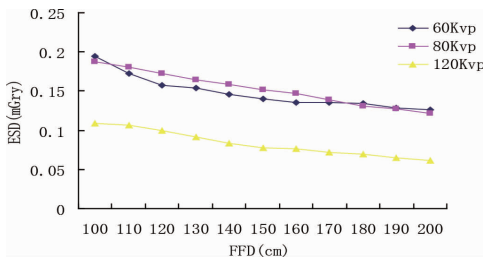


图 3 FFD 与 ESD 的关系曲线

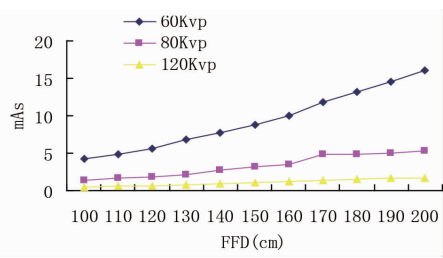


图 4 FFD 与 mAs 的关系曲线

表 1 FFD 100 cm 与 FFD 200 cm 影像畸变率比较 (% , $\bar{x} \pm s$)

项目	60 kV	80 kV	120 kV
FFD 100 cm	11.2 ± 0.1	11.2 ± 0.2	11.0 ± 0.1
FFD 200 cm	2.0 ± 0.1	2.1 ± 0.1	2.0 ± 0.1
Z 值	6.725	6.730	6.150
P 值	<0.05	<0.05	<0.05

3 讨论

X 线摄影距离称为焦-片距 (focus-to-film distance), 在数字化 X 线摄影中我们称为焦-探测器距 (focus-to-flat panel detector distance), 即 FFD。在 X 线摄影技术指南中常被规定为固定值。FFD 参数主要受到设备安装空间及管球输出量的限制, 而数字 X 线摄影具有良好动态范围和较高的 DQE, 同时大容量 X 线球管是增加 FFD 摄影的前提。增大数字 X 线摄影的低数字 X 线摄影的斜射线效应, 提高 X 线几何成像性能^[3], 有效提高下肢全长 X 线摄影拼接的精确性^[4]。

有研究认为, 减小 FFD 可以减少辐射剂量, 显著增加影像质量^[5-7], 本实验结果与其不一致, 可能是其在实验中没有客观的辐射评价指标, 忽略了滤线栅的影响或没有考虑探测器获得相同感光量。而国外有报道认为增加 FFD 是一种较好的降低辐射剂量、提高影像质量的技术^[8-10], 并在膝关节摄影, 腰椎侧位摄影及腰椎数字化摄影^[11]中进行了验证。本实验结果与其一致。产生这种实验结果的主要原因, 可能基于医用锥形束 X 线是一束连续能谱混合射线, 其距离衰减遵循在真空中的平方反比法则, 但增加

FFD, 在 AEC 增加管电流补偿的同时, 加大了低能射线的衰减, 高能成分相对增加, 通过空气进行了有效的滤过, 与 X 线摄影的附加滤过效应原理一致^[12]。

本实验设计采取去除滤线栅摄影, 排除改变 FFD 时与滤线栅焦距不匹配产生的切割效应, 排除滤线栅对实验结果的干扰, 增加了实验的科学性。实验设计中采用 AEC 模式, 可以有效保证在不同 FFD 参数曝光时探测器获得相同 X 线量曝光, 增加了实验中每次曝光的可比性。本实验仅在理论上进行初步探讨, 其去除滤线栅摄影仅在不用滤线栅的摄影中具有一定应用价值, 而对于临床必须应用滤线栅摄影的检查则有局限。对影像质量评价也仅限于畸变率的主观评价, 尚缺乏客观影像质量评价方法。

本体模试验研究显示, 增加 FFD 可以降低受检者的辐射剂量并改善几何成像性能。但试验中仅利用设备自身电离室测量剂量值, 在影像质量评价中也仅以 MARK 标记法简单评价几何成像性能, 有待进一步采取影像质量的客观评价进行研究。

参考文献

- [1] 周晟, 陈晓飞, 贾有福, 等. MARK 标记分次曝光法在下肢全长 X 线摄影技术中的应用价值[J]. 中国医学影像技术, 2009, 25(9):1721-1722.
- [2] 汪新柱, 陈晓飞, 周晟, 等. MARK 标记技术在 X 线摄影中的应用价值[J]. 中国临床研究, 2012, 25(10):1011, 1016.
- [3] 刘传亚, 孙峰, 王道庆, 等. 数字 X 线摄影平板探测器斜射线效应的研究[J]. 中华放射学杂志, 2010, 44(12):1312-1315.
- [4] 陈晓飞, 周晟, 汪新柱, 等. 全下肢分次曝光与单次曝光 X 线成像的对比[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(9):1938-1939.

- 床应用价值[J]. 实用放射学杂志, 2009, 25(11): 1625 - 1628.
- [2] Bollier M, Smith PA. Anterior cruciate ligament and medial collateral ligament injuries[J]. J Knee Surg, 2014, 27(5): 359 - 368.
- [3] 梁文彬, 胡卫东, 娄明武, 等. 内侧髌股韧带急性损伤的磁共振诊断研究[J]. 医学影像学杂志, 2014, 24(8): 1372 - 1375.
- [4] Craft JA, Kurzweil PR. Physical examination and imaging of medial collateral ligament and posteromedial corner of the knee[J]. Sports Med Arthrosc, 2015, 23(2): 1 - 6.
- [5] 吴建国, 黄钢勇, 蔡叶华, 等. 高频彩超早期诊断膝关节内侧副韧带损伤[J]. 国际骨科杂志, 2014, 35(6): 397 - 399.
- [6] 王辉. 膝关节内侧副韧带的应用解剖[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2008, 12(28): 5545 - 5548.
- [7] Allen BJ, Krych AJ, Engasser W, et al. Medial patellofemoral ligament tears in the setting of multiligament knee injuries rarely cause patellar instability [J]. Am J Sports Med, 2015, 43(6): 1386 - 1390.
- [8] 张雷, 陈涛, 李莉, 等. 膝关节侧副韧带 MRI 显示方法分析[J]. 实用放射学杂志, 2010, 26(1): 71 - 73.
- [9] 陈伟, 杨柳, 唐康来, 等. 膝关节内侧副韧带薄层断面与 MRI 解剖及其诊断价值[J]. 放射学实践, 2005, 20(10): 912 - 914.
- [10] 俞国有, 阮建江, 陈浩军, 等. X 线与 MRI 对膝关节内侧副韧带损伤的表现分析[J]. 中国医学影像学杂志, 2011, 19(5): 377 - 379.
- [11] 刘秀民, 张振勇, 王海波. 低场 MRI 对膝关节内侧副韧带损伤的诊断及分级价值[J]. 中国医学创新, 2012, 9(6): 73 - 74.
- [12] 孙阳, 徐刚, 王晓东. 低场磁共振在膝关节内侧副韧带损伤中的应用[J]. 中国医药科学, 2013, 3(1): 123 - 124.
- [13] 文亚名, 杨柳, 陈伟. 膝关节内侧副韧带正常与损伤 MRI 表现分析[J]. 重庆医学, 2008, 37(19): 2144 - 2145, 2147.
- [14] Gupta MK, Rauniyar MK, Karn NK, et al. MRI evaluation of knee injury with arthroscopic correlation [J]. J Nepal Health Res Council, 2014, 12(26): 63 - 67.
- [15] Taketomi S, Uchiyama E, Nakagawa T, et al. Clinical features and injury patterns of medial collateral ligament tibial side avulsions: "wave sign" on magnetic resonance imaging is essential for diagnosis [J]. Knee, 2014, 21(6): 1151 - 1155.

收稿日期: 2015 - 10 - 13 编辑: 王国品

(上接第 385 页)

- [5] 陈方, 王西瑞, 侯钦森, 等. X 线摄影焦点 (F) - IP 板的距离对 CR 成像质量的影响 [J]. 中国医疗装备, 2008, 23(9): 137 - 138.
- [6] 吴长春, 范朝梅. 缩短焦片距显著增加放射防护效果 [J]. 中华放射与防护杂志, 2006, 26(2): 185.
- [7] 孔祥闯, 夏忠心, 余建明. 婴幼儿胸部 DR 摄影距离对体表入射剂量与图像质量的影响 [J]. 中华放射与防护杂志, 2011, 31(6): 719 - 721.
- [8] Robinson J, McLean D. Extended focal-film distance technique: an analysis of the factors in dose reduction for the AP knee radiograph [J]. Radiography, 2001, 7(3): 165 - 170.
- [9] Dilger R, Egan I, Hayek R. Effects of Focus Film Distance (FFD) variation on entrance testicular dose in lumbar-pelvic radiography [J]. Australas Chiropr Osteopathy, 1997, 6(1): 18 - 23.
- [10] Brennan PC, Nash M. Increasing FFD: an effective dose-reducing tool for lateral lumbar spine investigations [J]. Radiography, 1998, 4(98): 251 - 259.
- [11] 陈晓飞, 周晟, 汪新柱, 等. 腰椎数字化 X 线摄影焦片距 120cm 与焦片距 200cm 的成像对比 [J]. 西部中医药, 2015, 28(3): 133 - 135.
- [12] 赫英辉, 邓振生, 高凯, 等. 附加铝质滤过板对 X 线图像质量和患者吸收剂量的影响 [J]. 第四军医大学学报, 2006, 27(11): 1002 - 1004.

收稿日期: 2015 - 11 - 08 修回日期: 2015 - 12 - 01 编辑: 石嘉莹