

Correlation of focus-to-flat panel detector distance to radiation dosage and image quality in digital radiography

CHEN Xiaofei, ZHOU Sheng*, CAO Hongxia, LI Qinghua, WANG Xinzhu, WANG Wenqi

(Department of Radiology, Gansu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730050, China)

[Abstract] **Objective** To explore the relationship of focus-to-flat panel detector distance (FFD) to radiation dosage and image quality in digital radiography (DR). **Methods** Polymethylmethacrylate and CDRAD 2.0 phantoms were radiographed by DR auto exposure control (AEC) without filter grid under the 70 kV and 90 kV of tube voltage respectively. Sixteen different FFD (range 100—250 cm, 10 cm interval) were set. Exposure index (EI) was recorded, and entrance surface dose (ESD) and tube current were measured using X-ray dose measuring instrument. Image quality figure inverse (IQF_{inv}) was calculated, and statistical analysis was carried out. **Results** When tube voltage was 70 kV, there were high positive correlation between FFD and tube current ($r_1=0.993$, $P<0.05$), moderate positive correlation ($r_2=0.649$, $P<0.05$) between FFD and EI, high negative correlation ($r_3=-0.935$, $P<0.05$) between FFD and ESD, moderate negative correlation ($r_4=-0.699$, $P<0.05$) between FFD and IQF_{inv} . When tube voltage was 90 kV, there were high positive correlation ($r_5=0.985$, $P<0.05$) between FFD and tube current, high negative correlation ($r_7=-0.968$, $P<0.05$) between FFD and ESD, moderate negative correlation ($r_8=-0.628$, $P<0.05$) between FFD and IQF_{inv} . FFD and EI was no correlation ($r_6=-0.206$, $P>0.05$). The differences between r_1 and r_5 , r_3 and r_7 , r_4 and r_8 all had no statistically significant (all $P>0.05$). **Conclusion** When FFD is increased from 100 cm to 250 cm, ESD of DR is reduced, but the detail contrast of image is reduced slightly. The FFD must be adjusted according to clinical requirement.

[Key words] Radiography; Focus-to-flat panel detector distance; Radiation dosage; Image quality

DOI:10.13929/j.1003-3289.2016.08.035

数字 X 线摄影焦点至探测器距离与体表入射剂量及影像质量的相关性

陈晓飞, 周 晟*, 曹红霞, 李清花, 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** 探讨数字化 X 线摄影(DR)焦点至探测器距离(FFD)与辐射剂量和影像质量的相关性。**方法** 去除滤线栅, 采用自动曝光(AEC)模式对聚甲基丙烯酸甲酯和细节低对比度分析体模(CDRAD 2.0)进行 DR 摄影, 管电压分别为 70 kV、90 kV; 通过手动调节, 设定 16 个不同的 FFD, 在 100~250 cm 范围内以 10 cm 递增。记录曝光指数(EI), 采用 X 线剂量仪测量体表入射剂量(ESD)和管电流, 计算影像质量因子倒数(IQF_{inv}), 并进行统计学分析。**结果** 管电压 70 kV 时, FFD 与管电流呈高度正相关($r_1=0.993$, $P<0.05$); FFD 与 EI 呈中度正相关($r_2=0.649$, $P<0.05$); FFD 与 ESD 呈高度负相关($r_3=-0.935$, $P<0.05$); FFD 与 IQF_{inv} 呈中度负相关($r_4=-0.699$, $P<0.05$)。管电压 90 kV 时, FFD

[基金项目] 甘肃省卫生行业科研计划资助项目(GSWSKY-2014-12)。

[第一作者] 陈晓飞(1975—), 男, 甘肃庆阳人, 本科, 副主任技师。研究方向: 医学影像技术。E-mail: cxf750915@sina.com

[通信作者] 周晟, 甘肃省中医院放射影像科, 730050。E-mail: zhousheng2011731@sina.com

[收稿日期] 2016-01-05 **[修回日期]** 2016-05-27

与管电流呈高度正相关($r_5=0.985, P<0.05$);FFD 与 EI 无相关性($r_6=-0.206, P>0.05$);FFD 与 ESD 呈高度负相关($r_7=-0.968, P<0.05$);FFD 与 IQF_{inv} 呈中度负相关($r_8=-0.628, P<0.05$)。 r_1 与 r_5 、 r_3 与 r_7 、 r_1 与 r_8 差异均无统计学意义(P 均 >0.05)。 **结论** AEC 模式下 DR 摄影,随着 FFD 自 100~250 cm 范围内增加,可降低辐射剂量,但影像细节低对比度会略有降低,在实际应用中应根据诊断要求进行 FFD 参数的优化。

[关键词] 放射摄影术;焦点至探测器距离;辐射剂量;影像质量

[中图分类号] R814.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2016)08-1281-04

数字 X 线摄影(digital radiology, DR)质量控制及质量保证的主要任务是降低辐射剂量和改善影像质量^[1-2]。X 线管焦点至探测器的距离(focus-to-flat panel detector distance, FFD)是 DR 基本成像参数之一,直接影响 DR 的几何成像性能。本研究通过低对比度体模实验,以影像质量因子(image quality figure, IQF)为评价指标,分析 DR 摄影 FFD 与体表入射剂量(entrance surface dose, ESD)及影像质量因子倒数(image quality figure inverse, IQF_{inv})的相关性,探讨 FFD 参数优化对降低 DR 摄影的辐射剂量及改善图像质量的价值。

1 仪器与方法

1.1 实验仪器 Carestream DRX-Evolution DR 系统,焦点 0.6 mm,X 线管总滤过 2.9 mmAl;非晶硅探测器 35 cm×43 cm,矩阵 2.5 k×3.0 k(像素 139 μm),灰阶 14 bit,量子探测效率 75%。细节低对比度分析体模(Artinis MANUAL CDRAD2.0 phantom, Holland),采用以聚甲基丙烯酸甲酯为材料制成的体积为 265 mm×265 mm×10 mm 的平板状体模,15 行×15 列,共 225 格,每格有不同深度和直径的圆形孔洞,右上角的孔洞最大,反映图像细节低对比度最低,左下角孔洞最小,反映图像细节低对比度最高。聚甲基丙烯酸甲酯(polymethylmethacrylate, PMMA)体模,厚度 10 cm。QUART dido2100K 型 X 线剂量仪(符合 IEC61676 标准),测量范围 40~150 kV,剂量 50 μGy~50 Gy,时间 0.01 ms~999 s,精度±0.1%。
1.2 实验方法 实验前对 DR 系统做性能校准。去除滤线栅,采用自动曝光(auto exposure control, AEC)模式对 PMMA 和 CDRAD 2.0 体模进行 DR 摄影,管电压分别为 70 kV、90 kV,FOV 27 cm×27 cm,通过手动调节悬吊 X 线管焦点至探测器之间的距离设定 16 个不同的 FFD,在 100~250 cm 范围内以 10 cm 递增。将不同 FFD,管电压 70 kV 时的图像记为 70 kV 组,管电压 90 kV 时的图像记为 90 kV 组。记录曝光指数(exposure index, EI),采用 X 线剂量仪测量 ESD 和管电流。分别进行 3 次曝光,各摄影参数取其均值。

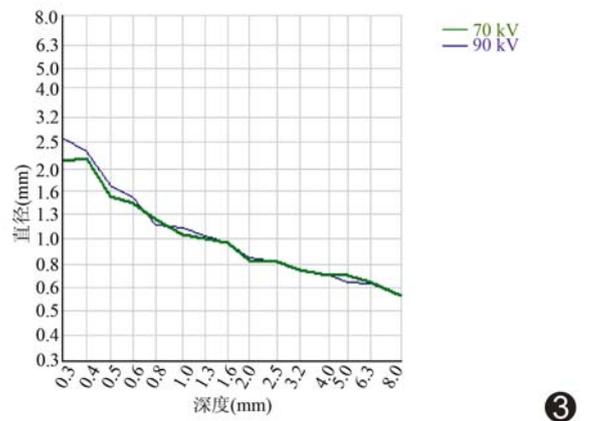
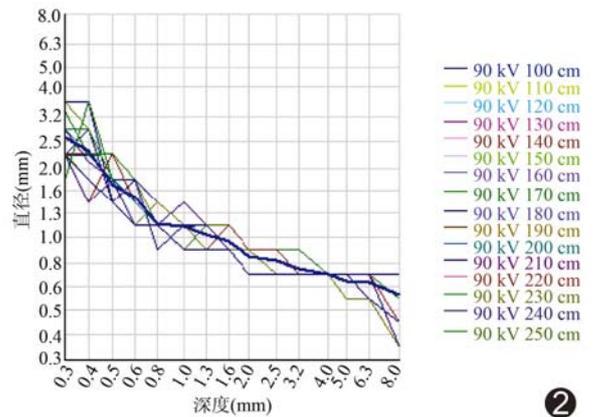
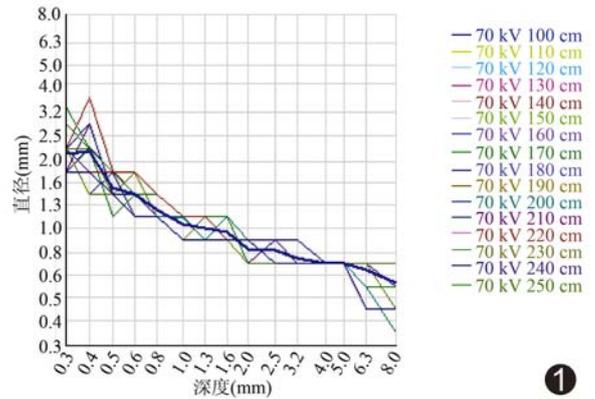


图 1 70 kV 组图像细节低对比度曲线 图 2 90 kV 组图像细节低对比度曲线 图 3 70 kV 组与 90 kV 组图像细节低对比度比较曲线

1.3 图像质量评价 将 DICOM 格式的体模原始影像导入细节低对比度体模分析软件 (analyzer software version 2.1), 自动计算影像的 IQF_{inv} , 并生成 70 kV 组和 90 kV 组图像细节低对比度曲线 (图 1、2)。分别将 70 kV 组和 90 kV 组图像每一孔洞的细节低对比度取均值, 生成两组图像细节低对比度比较曲线 (图 3)。 IQF_{inv} 计算公式:

$$IQF_{inv} = \frac{100}{\sum_{i=1}^{15} C_i \cdot D_{i,th}}$$

孔洞直径, $D_{i,th}$ 为第 i 列体模影像最小孔洞深度。

1.4 统计学分析 采用 Excel 软件建立体模 IQF_{inv} 、ESD、管电流、EI 与 FFD 关系曲线。采用 SPSS 19.0 统计分析软件, FFD 与管电流、EI、ESD 及 IQF_{inv} 的相关性采用 Pearson 相关性分析 ($r \geq 0.7$ 为高度相关; $0.4 \leq r < 0.7$ 为中度相关; $r < 0.4$ 为低度相关); 各相关系数的比较采用 Fisher 检验; 并对 FFD 与 ESD 的相关性做一元线性回归分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

管电压分别为 70 kV 和 90 kV 时, EI 值呈波动性改变, 70 kV 时波动范围为 1 498 ~ 2 110, 平均 ($1 713.81 \pm 209.21$); 90 kV 时波动范围 1 729 ~ 2 651, 平均 ($1 849.94 \pm 237.91$)。随着 FFD 逐渐增加, ESD 值逐渐下降 (图 4), 70 kV 时 ESD 值降低约 24.00%; 90 kV 时 ESD 值降低约 39.90%。FFD 在 100 ~ 150 cm 范围内 ESD 下降显著; FFD 在 160 ~ 250 cm 范围内 ESD 下降较缓。FFD 与 IQF_{inv} 关系曲线显示随着 FFD 增加, IQF_{inv} 值略有下降 (图 5)。

管电压 70 kV 时, FFD 与管电流呈高度正相关 ($r_1 = 0.993, P < 0.05$); FFD 与 EI 呈中度正相关 ($r_2 = 0.649, P < 0.05$); FFD 与 ESD 呈高度负相关 ($r_3 = -0.935, P < 0.05$); FFD 与 IQF_{inv} 呈中度负相关 ($r_4 = -0.699, P < 0.05$)。管电压 90 kV 时, FFD 与管电流呈高度正相关 ($r_5 = 0.985, P < 0.05$); FFD 与 EI 无相关性 ($r_6 = -0.206, P > 0.05$); FFD 与 ESD 呈高度负相关 ($r_7 = -0.968, P < 0.05$); FFD 与 IQF_{inv} 呈中度负相关 ($r_8 = -0.628, P < 0.05$)。 r_1 与 r_5 、 r_3 与 r_7 、 r_4 与 r_8 差异均无统计学意义 (P 均 > 0.05)。

管电压 70 kV 时, FFD 与 ESD 的一元线性回归

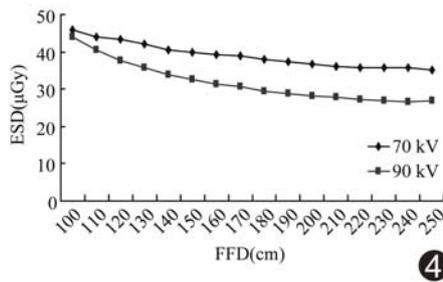


图 4 FFD 与 ESD 关系曲线

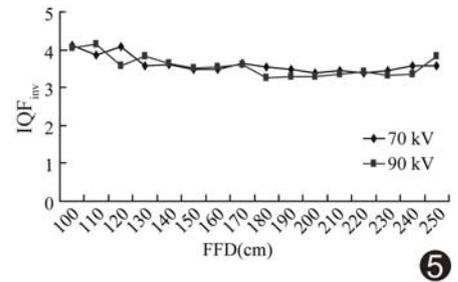


图 5 FFD 与 IQF_{inv} 关系曲线

方程为 $Y = 709.75 - 13.69X$ ($P < 0.001$)。管电压 90 kV 时, FFD 与 ESD 的一元线性回归方程为 $Y = 440.51 - 8.37X$ ($P < 0.001$)。

3 讨论

Brennan 等^[3-4]认为增加 X 线管焦点和胶片之间的距离可降低辐射剂量, 有利于 X 线摄影的辐射防护。但既往研究^[3-4]均采用传统 X 线摄影系统进行研究, 而本研究是探讨 DR 系统 FFD 与辐射剂量的相关性问题。管电压为 70 kV 和 90 kV 时 FFD 与 ESD 均呈高度负相关 ($r = -0.935, -0.968, P$ 均 < 0.05), 提示增加 FFD 可有效降低辐射剂量。在 AEC 模式下固定管电压并增加 FFD 时, 依据 X 线强度衰减与距离呈平方反比的法则, 管电流值相应增加, 并与 FFD 的平方成反比, 故理论上 ESD 应不变。但实际 X 线源是一束连续能谱的混合射线, AEC 增加管电流补偿的同时, 较大的 FFD 剔除了原发射线束中的软射线成份, 从而降低了 ESD 值。孔祥闯等^[5]通过婴幼儿胸部 DR 摄影研究发现, 增加 FFD 会引起 ESD 的增高, 建议在婴幼儿胸部 DR 摄影中 FFD 采用 90 cm; 与本研究结果不同的原因可能是由于是否使用滤线栅等因素所致。陈方等^[6-7]采用计算机 X 线摄影探讨了 FFD 与影像质量的关系, 认为缩短 FFD 可有效提高影像质量及辐射防护效果, 但该研究只是主观评价, 未以 ESD 和 IQF_{inv} 值为客观评价指标。

FFD 与 X 线几何成像密切相关, 一般认为增加 FFD 可降低影像放大率及畸变率, 有利于提高图像质量^[8]。本研究管电压为 70 kV 和 90 kV 时, FFD 与 IQF_{inv} 呈中度负相关 (P 均 < 0.05), 提示增加 FFD 可降低图像细节低对比度, 其原因可能是增加 FFD 提高了 X 线束的平均能量, 与赵永霞等^[9]的研究结果一致。

目前国内外评价 DR 图像质量多应用 CDRAD 2.0 体模和细节低对比度体模分析软件^[10-12]。 IQF_{inv} 值可反映图像细节低对比度, 但不同的后处理参数也

会对其有一定影响^[13]。本研究以 CDRAD 2.0 和 PMMA 2 种体模为被摄体,直接将原始图像导入分析软件自动计算 IQF_{inv}。通常管电压超过 60 kV、体模厚度>15 cm 摄影时,散射线含有率会显著增加,需使用滤线栅,但本研究为了从理论上对 ESD 与 FFD 相关性进行探讨,为避免不同 FFD 与滤线栅焦距不匹配对研究结果的干扰,未使用滤线栅,与临床实际 X 线摄影存在差异,有待以后增加滤线栅进行进一步深入研究。

总之,在 DR 摄影的 AEC 模式下,随着 FFD 增加(100~250 cm),被摄体 ESD 值降低,因此增加 DR 摄影的 FFD 是降低辐射剂量的有效措施,但图像细节低对比度会略有降低,在实际应用中应根据诊断要求进行 FFD 参数的优化。

[参考文献]

[1] Mourik JE, van der Tol P, Veldkamp WJ, et al. Comparison of wireless detectors for digital radiography systems: Image quality and dose. *Radiat Prot Dosimetry*, 2015, 169(1-4):303-307.
 [2] Jones AK, Heintz P, Geiser W, et al. Ongoing quality control in digital radiography: Report of AAPM Imaging Physics Committee Task Group 151. *Med Phys*, 2015, 42(11):6658-6670.
 [3] Brennan PC, McDonnell S, O'Leary D. Increasing film-focus dis-

stance (FFD) reduces radiation dose for X-ray examinations. *Radiat Prot Dosimetry*, 2004, 108(3):263-268.
 [4] Dilger R, Egan I, Hayek R. Effects of Focus Film Distance (FFD) variation on entrance testicular dose in lumbar-pelvic radiography. *Australas Chiropr Osteopathy*. 1997, 6(1):18-23.
 [5] 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. *中华放射与防护杂志*, 2011, 31(6):719-721.
 [6] 陈方,王西端,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. *中国医疗设备*, 2008, 23(9):137-138.
 [7] 吴长春,范朝梅.缩短焦片距增加放射防护效果. *中华放射医学与防护杂志*, 2006, 26(2):185.
 [8] 陈晓飞,周晟,汪新柱,等.腰椎数字化 X 线摄影焦片距 120 cm 与 200 cm 的成像对比. *西部中医药*, 2015, 28(3):133-135.
 [9] 赵永霞,秦维昌,黄玲,等.成人胸部适当高电压数字 X 线摄影试验研究. *中华放射学杂志*, 2010, 44(12):1316-1319.
 [10] Aichinger H, Dierker J, Joite-Barfuß S, et al. Radiation exposure and image quality in X-Ray diagnostic radiology. [2016-01-05]. <http://www.springer.com/cn/book/9783642112409>
 [11] 曹允希,蔡小涛,谢晋东,等. X 射线胸部摄影曝光剂量与图像质量相关性研究. *中华放射医学与防护杂志*, 2014, 34(3):225-227.
 [12] 李娟,胡志海,贺文.应用 CDRAD 2.0 模体定量评价 DR 成像的密度分辨率. *中国医学影像技术*, 2011, 27(10):2146-2148.
 [13] 侯立霞,谢晋东,王鹏程,等.腰椎数字 X 线摄影后处理参数的体模研究. *中华放射学杂志*, 2011, 45(10):985-988.

《心血管介入治疗并发症——病例与图谱》已出版

《心血管介入治疗并发症——病例与图谱》原著由 3 位国际著名的心血管介入治疗专家担任主编。中文版由国内心血管内科权威专家周玉杰、霍勇、葛均波、马长生、杨士伟担任主译,由胡大一、高润霖担任主审,保证了译质量的专业性和权威性。

本书收集了与心血管介入治疗相关的几乎全部并发症,以病例与图谱的形式呈现给读者,每个并发症均由相关病例引出,讲解术者处理并发症的策略与方法、并发症发生的危险因素以及如何预防与避免,并进行深入讨论,包括发生的可能原因、如何预测、怎样最大程度地预防或减少并发症带来的危害及如何处理,文末经验与教训概括了每一类并发症防治的关键点。书中包含 450 多幅清晰的介入手术图片,并配有 DVD 视频,真实再现了介入治疗并发症的应对和处理过程,对心血管介入医师具有极高的学习和参考价值。

联系人:陈妍华 电话:022-87894312
 地址:天津市南开区白堤路 244 号 邮编:300192
 网址:www.tsttpc.com