## •影像技术学•

# CR 与 DR 系统胸部摄影参数对比的实验研究

曹国全,周晓军,孙厚长,王宏清,郭献忠,邰云鹏

【摘要】 目的:比较 CR、DR 在胸部摄影中的最优化摄影参数。方法:CR、DR 系统分别对胸部等效衰减模体行不同参数曝光成像,记录每次曝光的模体表面剂量,并计算模体影像图像质量因子反数值 IQFinv。应用统计学软件分析获取 CR 组、DR 组最佳图像的 IQFinv 值,并换算成摄影参数。结果:CR 组、DR 组摄影剂量和图像质量 IQFinv 值之间的线性 回归方程为 DR:IQFinv = 0. 005D+3. 359, CR:IQFinv = 0. 005D+1. 651, D 为辐射剂量。 ROC 曲线分析(曲线下面积 AUC=0. 893, P<0. 001),最佳 IQFinv 值为 3. 55, 获得 DR、CR 最佳图像摄影参数分别为 125 kV、1. 6 mAs, 125 kV、16 mAs, 125 kV 16 mAs, 125 kV 12

【关键词】 体层摄影术,X线计算机;放射摄影术,胸部;对比研究

【中图分类号】R814.41, R814.44, R816.4 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2010)06-0691-03

A comparative experimental study of CR vs DR in chest radiography parameter CAO Guo-quan, ZHOU Xiao-jun, SUN Houzhang, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College, Wenzhou 325000, P. R. China

[Abstract] Objective: To optimize the parameters in chest radiography on CR and DR. Methods: The chest phantom was exposed in different radiation dose on DR and CR. The radiation dose of the phantom was recorded by dosimeter and the value of IQFinv was analyzed. The best IQFinv value of DR and CR was obtained by statistical software, and then the radiography condition of DR and CR was calculated. Results: The linear regression equation for DR was IQFinv = 0.005D+3.359, and for CR was IQFinv=0.005D+1.651, where D was radiation dose. On ROC, the under curve area was 0.893, P <0.001. From ROC, the optimized IQFinv value was 3.55, where the exposure condition of DR was 125kV, 1.6mAs and CR was 125kV, 16mAs. Conclusion: The radiation dose of CR is four times to DR for same image quality.

[Key words] Tomography, X-ray computed; Radiography, thoracic; Comparative study

为合理降低 X 线摄影检查中被检者剂量,优化摄影参数一直为人们所关注,CR、DR 作为两种不同的数字化摄影系统,DR 比 CR 具有更高的量子检测效率 (detective quantum efficiency,DQE)<sup>[1]</sup>,因此,要获得相同的图像质量,应用 DR 系统相比 CR 系统就会降低摄影剂量,这对于受检者来说具有重要的意义。本研究的目的是应用对比度-细节体模(CDRAD 2.0)分析 CR、DR 两种数字摄影系统照射剂量的差异,研究胸部 X 线数字摄影最优化摄影参数,为胸部数字摄影QC 规范的制定提供参考。

## 材料与方法

## 1. 设备仪器

DR 机: Philips digital diagnost VR/S 数字 X 线摄影系统, trixell 平板探测器主要参数: 成像范围 17 in×17 in。像素矩阵 3000×3000 pixel,像素尺寸 143 μm, A/D 转换灰阶 14bit,球管焦点 0.6/1.2 mm。

CR 机: FUJI 公司 FCR5000CR 处理装置,全新 IP 板规格 14 in×17 in。像素尺寸 149  $\mu$ m, A/D 转换灰

作者单位:325000 浙江,温州医学院附属第一医院放射科 作者简介:曹国全(1977一),男,山东潍坊人,硕士,主管技师,主要 从事影像设备维修及影像技术工作。

基金项目:温州市科技局科技计划项目(Y20090215)

阶 12bit 。CR 配套用 X 线机为 Philips Bucky Ts 高 频 X 线机,球管焦点 0.6/1.3 mm。

荷兰 ARTINIS 医疗系统生产 CDRAD2.0 对比度细节模体,CDRAD 2.0 配套软件评估系统 Artinis CDRAD Analyser Version 1.1,德国 IBA 公司生产 X 射线剂量测量仪 Dosimax plus i,探测头型号为 RQA (校准精度 $\pm5\%$ )。参考 Honey 的文献<sup>[2]</sup>自制胸部等效衰减模体,两侧各  $30\times30$  cm 的有机玻璃板,厚度分别为 5 cm、4 cm,中间夹 CDRAD2.0 对比度细节模体。

#### 2. 摄影方法

将等效衰减模体分别放置在 DR 和 CR 立式摄影架的表面(固定),摄影条件选择固定管电压 125 kV,mAs 不用 AEC 模式,mAs 手动选择从 0.5 到 20 (0.5、0.63、0.8、1.0、1.25、1.6、2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、6.3、8.0、10、12.5、16、20),附加滤过 0.1mmCu+1mmAl,选择大焦点,SID 为 180 cm。

为了减小 X 线机发生剂量漂移带来的偏差,每个参数曝光 3 次,分别用剂量仪记录,以平均值为准。为避免每次同条件曝光时,模体的小孔投影在探测器或者 IP 的两个像素之间影响模体图像质量,每次曝光时将模体旋转 5°角。利用剂量仪对每次曝光的剂量进行测量,以模体表面照射野中心点的空气比释动能为准。

## 3. DRAD2. 0 模体与图像质量评价方法

本研究采用 CDRAD2.0 对比度-细节模体的 X 线影像来评价影像质量,应用 CDRAD2.0 配套评估软件来检测模体 X 线影像的最小孔的直径和深度,并据此计算图像质量因子反数值(image quality figure inverse, IQFinv), IQFinv 定义为模体上能识别的最小孔的深度与直径乘积总和的倒数乘以 100。计算公式如下:

$$IQFinv = \frac{100}{\sum_{i=1}^{15} C_{i} D_{i,th}}$$

式中  $C_i$  和  $D_{i,th}$ 分别为第 i 列模体影像可分辨的最小孔的直径与深度。IQFinv 数值越高则说明影像质量越好。

将未作图像处理的符合医学数字影像传输标准 (DICOM3.0)的 CDRAD2.0 X 线影像拷贝到个人计算机,应用评估软件分析数据,计算 IQFinv 值,并进一步定量分析 IQFinv 值与曝光剂量之间的关系。

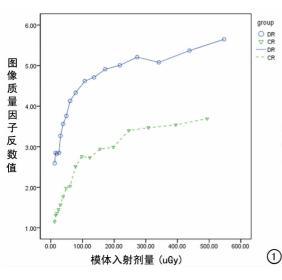
## 4. DRAD2. 0 模体影像统计学处理

应用 SPSS Statistics 17.0 统计学软件统计分析数据,应用 Pearson 相关检验 CR、DR 各组图像质量因子反数值 IQFinv 和辐射剂量之间的关系<sup>[3]</sup>。用线性回归以模体入射剂量(uGy)为自变量,图像质量因子为因变量,计算 CR 和 DR 组各自的回归方程。应用 ROC 曲线分析 CR 和 DR 组的 IQFinv 值的敏感度和特异度,取约登指数最大为最佳工作切点。检验水准取  $\alpha$ =0.05。

#### 结 果

#### 1. 入射剂量及 IQFinv 值

应用 X 线剂量测量仪所测得的 CDRAD2. 0 对比度细节模体表面入射剂量的平均值以及应用 Artinis CDRAD Analyser 分析软件分析 CR 和 DR 的模体影像,得到不同辐射剂量的 IQFinv 值如表 1 所示。



ROC 曲线

1.0

0.8

0.6

0.2

0.0

0.0

0.2

0.4

1- 特异性

2

表 1 不同入射剂量时 CR 和 DR 的模体影像的 IQFinv 值

mAs 值	模体入射剂量(uGy)		图像质量因子反数值 IQFinv	
	CR	DR	CR	DR
0.5	11.91	12.18	1.15	2.59
0.63	15.24	14.86	1.31	2.85
0.8	19.33	18.75	1.36	2.82
1	24.31	25.87	1.45	2.85
1.25	30.35	30.67	1.57	3.27
1.6	38.93	38.85	1.77	3.56
2	48.75	49.06	1.98	3.76
2.5	60.99	60.74	2.03	4.13
3.2	78	78.19	2.51	4.33
4	97.9	107.27	2.76	4.62
5	123.03	136.4	2.73	4.71
6.3	155.53	171.67	2.94	4.91
8	197.23	218.13	2.99	5.01
10	246.5	272.7	3.4	5.21
12.5	308.2	341.2	3.47	5.08
16	394.5	437.77	3.54	5.37
20	493.6	547.23	3.69	5.65

## 2. 两系统 IQFinv 值随入射剂量的变化曲线

以模体入射剂量为横坐标、图像质量因子反数值 IQFinv 为纵坐标,利用 SPSS17.0 软件的图标功能可得到两系统 IQFinv 值随入射剂量的变化曲线(图 1)。

## 3. CDRAD2. 0 模体影像统计学数据

应用 SPSS Statistics 17.0 统计学软件统计分析,两种数字化摄影系统,不管是 CR 还是 DR,辐射剂量和所得的 IQFinv 值之间均呈明显的正相关(CR:r=0.893;DR:r=0.848;P<0.01),并得到线性回归方程 DR: IQFinv = 0.005D+3.359、CR: IQFinv = 0.005D+1.651,其中 D 代表剂量 Dose,CR、DR 回归系数的显著性检验均 P<0.05,决定系数分别为 DR: R2=0.719,CR: R2=0.797。即随着辐射剂量的增加,影像质量因子反数值 IQFinv 值越高,图像质量更好。两组 IQFinv ROC 曲线分析(图 2)。得到曲线下面积 0.893(P<0.05),最佳工作切点(cutoff 值)3.55,敏感度为 70.6%,特异度为 94.1%。得到 CR、DR 相应的入射剂量值。CR 为 379.8uGy,DR 为

图 1 CR、DR 两系统 IQFinv 值随入射剂量的 变化曲线。

图 2 CR、DR 两组 IQFinv 值的 ROC 曲线。 38. 2uGy。也就是说要获得最佳且同等的图像质量, CR 的剂量为 DR 的近 10 倍。表 1 知 DR 的最佳摄影 条件为 125 kV、1.6 mAs,而 CR 为 125 kV、16 mAs。

## 讨论

CR、DR 都是数字化成像系统,数字成像链复杂,影响图像质量的因素很多,最终的图像密度与 X 线强度分布并不成线性关系。本研究 IP 像素值 149 μm,平板探测器的像素值 143 μm,有抽样间隔即抽样不足问题,使输出影像信号位置发生位移,测量抽样间隔的图像质量因子 IQFinv值时,包括不了整个间隔<sup>[4]</sup>。本研究采用模体与探测板(FPD或 IP)水平中心线倾斜5°、10°角放置模体曝光来解决这一问题。实验前将DR 探测器进行校准以减少非晶硅光电二极管矩阵性能漂移对结果的影响。为避免每次同条件曝光时,模体的小孔投影在探测器或者 IP 的两个像素之间影响模体图像质量,采用 3 次曝光取平均值。本试验模体摄影条件不能无限制增大,首先受到 X 线设备容量的限制,其次当>20 mAs 时,两系统的曝光指数(EI)将大幅度下降超出了设备软件图像处理的能力。

表 1 表明两种数字化摄影系统随着辐射剂量的增加,影像质量因子反数值 IQFinv 值变大,影像质量逐渐变高。但是,图像质量并不随入射剂量增大而呈线性提高,图 1 入射剂量与 IQFinv 值的关系显示无论 CR 还是 DR,在低剂量(特别是<100uGy)的范围内,IQFinv 值随入射剂量增大的比例较大,即增加较小的入射剂量就会大幅度提高图像质量,在相对高剂量(>100 uGy)的范围内,IQFinv 值随入射剂量增大的程度逐渐减缓。实际工作中我们不可能无限制增大辐射剂量,首先平板探测器和 IP 板都有自己的动态范围,超出动态范围的剂量将得不到适合临床诊断的图像,另外增大辐射剂量也增大了患者的辐射危害。

研究结果表明要获得最佳且同等的图像质量,CR的剂量为 DR 的近 10 倍,DR 的最佳摄影条件为125 kV、1.6 mAs,而 CR 为 125 kV、16 mAs。这一结果与 Frank 等[5]对非晶硅平板探测器 DR 的研究结论

(当 IQFinv 值为 2.5 时,DR 可相当于 CR77%的辐射剂量)并不完全一致。主要是因为本实验中虽然用新的成像板但 CR 影像阅读器已经安装应用多年,其激光发生器功率不足,成像板的光激发发光量、导光器的聚光效率以及光电倍增管转换效率均下降,都会造成CR 所需成像剂量的大幅度提高<sup>[6]</sup>。从医疗照射的ALARA 原则考虑,用最少的辐射剂量产生最优的图像质量,图 1 的曲线斜率由大变小的转折点,即 CR 剂量 100 uGy、IQFinv 为 2.8 时就可得到满足临床诊断的图像质量,表 1 可得出摄影条件为 125 kV、4 mAs。而当 DR 的 IQFinv 为 2.8 时,剂量为 25 uGy 左右,表 1 得出 DR 摄影条件大致为 125 kV、1 mAs。因此,得到满足诊断需求的图像质量,CR 的剂量为 DR 的 4 倍即可。

综上所述,数字 X 线胸部摄影时应用 DR 比 CR 可降低 mAs 参数以降低辐射剂量,CR 随着使用年限的增加,需要加大曝光参数以保证图像质量。

#### 参考文献:

- [1] Hakan G. Image quality vs radiation dose for a flat-panel amorphous silicon detector; a phantom study[J]. Eur Radiol, 2001, 11 (5):1704-1709.
- [2] Honey ID, Mackenzie A, Evans DS. Investigation of optimum energies for chest imaging using film-screen and computed radiography[J]. Br J Radiol, 2005,78(5):422-427.
- [3] Yi CA, Lee KS, Kim TS, et al. Multidetector CT of bronchiectasis: effect of radiation dose on image quality[J]. AJR, 2003, 181 (2):501-505.
- [4] 李月卿. 医学影像成像理论[M]. 北京:人民卫生出版社,2003.95-97
- [5] Frank F, Jens R. Flat panel digital radiography compared to storage phosphor computed radilography; assessment of dose versus image quality in phantom studies[J]. Invest Radiol, 2002, 37(11): 609-614
- [6] 徐跃,梁碧玲. 医学影像设备学[M]. 北京:人民卫生出版社, 2006.114-124.

(收稿日期:2009-11-27 修回日期:2009-12-18) (英文审校:程流泉)