

自动曝光控制双因子模式对胸部 DR 图像质量和辐射剂量的影响

徐晓娟, 华海琴

【摘要】 目的:探讨在相同管电压条件下,采用自动曝光控制(AEC)技术,选择 kV 与 kV-mA 两种不同模式对胸部数字 X 线(DR)图像质量和辐射剂量的影响。**方法:**将 114 例受检者分为 A、B 两组,两组管电压均为 125 kV,均采用 AEC 技术,A 组 59 例,采用单因子控制技术(kV);B 组 55 例,采用双因子控制技术(kV-mAs),分别记录 mA、mAs、ms、剂量面积乘积(DAP)和基于信号的曝光指数(EI-S),mA 按照公式 $\text{mA} = \text{mAs} / \text{s}$ 计算,并由两位医师对图像质量进行客观评价和主观评分,并进行统计学分析。**结果:**A、B 两组受检者年龄、身高、体重、体质指数(BMI)、曝光指数差异均无统计学意义($P > 0.05$),两组客观图像质量和主观评分差异均无统计学意义($P > 0.05$),两组 mA、mAs、ms、DAP 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**采用 AEC 技术条件下,选择双因子控制技术较单因子控制技术能有效降低辐射剂量,并能保证胸部 DR 的影像质量。

【关键词】 放射摄影术; 数字化 X 线摄影; 胸部; 自动曝光控制技术; 辐射剂量

【中图分类号】 R814.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)01-0079-03

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.01.016

The influence of dual-factor mode on chest digital radiography quality and radiation dose under automatic exposure control

XU Xiao-juan, HUA Hai-qin. Department of Radiology, Community Health Service Center of Beijing Normal University, Beijing 100087, China

【Abstract】 Objective: To explore the influence of kV and kV-mA modes on chest digital X-ray image quality and radiation dose under automatic exposure control (AEC) technique with same tube voltages. **Methods:** 114 patients were randomly divided into group A and B. All underwent anteroposterior chest digital radiography exams under AEC mode with tube voltage set at 125kV. Group A with 59 patients was applied with single factor control of kV; Group B with 55 patients with two factors control of kV and mA. mA value, mAs, ms, dose area product (DAP) and exposure index (EI) were recorded respectively. mA was calculated with formula $\text{mA} = \text{mAs} / \text{s}$. Objective evaluation and subjective rating on image quality were subsequently made by two highly qualified radiologists. All recorded data was put through statistical analysis. **Results:** There were no significant statistical differences in age, height, weight, BMI, and EI between group A and B ($P > 0.05$). There were no significant statistical differences in objective image quality evaluation and subjective rating between the two groups ($P > 0.05$). But there were significant statistical differences in mA value, mAs, ms and DAP between the two groups ($P < 0.05$). **Conclusion:** Under AEC mode, application of dual-factor control technique can effectively both decrease radiation dose and ensure the chest digital radiography quality compared with single factor control technique.

【Key words】 Radiography; Digital radiography; Thorax; Automatic exposure control technology; Radiation dose

胸部是临床数字化 X 线摄影(digital radiography, DR)检查最常见的部位^[1],临床上胸部 DR 大都选择高千伏条件下的自动曝光控制(automatic exposure control, AEC)技术^[2],与手动调节技术相比, AEC 能降低辐射剂量并提供更好的图像质量^[3]。AEC 技术通常采用固定 kV^[4],电流模式可以选择电流衰减的单因子控制技术和电流恒定模式的双因子控制技术,临床常选用前者,双因子技术模式在国内鲜有报道。本文旨在探讨 AEC 条件下双因子技术模式对 DR 图像质量和辐射剂量的影响。

材料与方法

1. 病例资料

作者单位:100087 北京,北京师范大学社区卫生服务中心放射科(徐晓娟);100078 北京,北京中医药大学东方医院放射科(华海琴)
作者简介:徐晓娟(1979-),女,河北丰宁人,主治医师,主要从事影像诊断及图像质量控制工作。

搜集 2016 年 3 月—6 月于我院行 X 线检查的体检人员 120 例,排除胸廓畸形和体质指数(body mass index, BMI) $> 30 \text{ kg/m}^2$ 的 6 例受检者,共 114 例纳入本组研究, BMI 为 $17.31 \sim 29.75 \text{ kg/m}^2$ 。114 例受检者扫描时管电压均为 125 kV 且均采用 AEC 技术,分为单因子技术组(A 组)和双因子技术组(B 组);A 组共 59 例,其中男 29 例,女 30 例,平均年龄(45.36 ± 11.32)岁;B 组共 55 例,其中男 24 例,女 31 例,平均年龄(44.98 ± 12.81)岁,设定管电流为 200 mA。

2. 检查方法

DR 检查采用飞利浦 Bucky Diagnost VS 系统,配有 Pixium 型碘化铯平板探测器,照射野 $35 \text{ cm} \times 43 \text{ cm}$,摄影距离 180 cm,探测器敏感度为 S400,选择上方两个 AEC 电离室;球管固有滤过 2.5 mm 铝/75 kV。滤线栅焦距 180 cm,滤线栅固有过滤为 0.3 mm 铝/

100 kV。附加过滤为 0.1 mm 铜+1 mm 铝。

3. 辐射剂量

辐射剂量估算软件为飞利浦 DR 系统的自带软件 ElevaWorkspot,本研究纳入统计的辐射剂量指标为剂量面积乘积(dose areas product,DAP)及曝光指数(exposure index of signals,EI-S),曝光后由系统自动生成。分别记录两组的 mAs、ms、DAP 和 EI-S。两组平均管电流均按照公式 $mA=mAs/s$ 计算得出。

4. 图像质量和噪声评估

参考胸部立位高电压摄影胸片视觉评价标准^[5]和图像质量评分标准^[6]:①肺纹理分布包括内带、外带、膈下肺纹理、心影后肺纹理;②气管的显示包括气管、气管隆突、左主支气管、右主支气管;③纵隔包括 1—4 胸椎、肺门结构、心缘;④肋骨包括骨小梁、骨皮质;⑤胸壁软组织包括胸壁周围软组织、脂肪线。以上每项显示清晰评分为 1 分,显示不清晰评分为 0 分。噪声评价:3 分,无噪声;2 分,噪声较小;1 分,噪声明显,但不影响诊断;0 分,噪声明显且影响诊断。由两位有 10 年以上工作经验的影像诊断主治医师共同评价及评

分。

5. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析,数据用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组年龄、mA、mAs、ms、DAP 及客观图像质量评分首先行方差齐性检验,如符合方差齐性,则采用独立样本 *t* 检验进行组间比较;如方差不齐,则采用非参数检验 Tamhane's *T*₂,主观图像质量评分采用 Kruskal-Wallis *H* 进行组间比较,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

两组受检者的年龄、身高、体重、基于信号的曝光指数差异均无统计学意义,具体数值见表 1。

表 1 两组年龄、身高、体重、EI-S 值比较

观察指标	A 组	B 组	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
年龄(岁)	45.36±11.32	44.98±12.81	0.028	0.867
身高(cm)	167.41±7.03	166.57±9.40	0.295	0.588
体重(kg)	67.45±10.89	64.64±12.10	0.695	0.196
EI-S	328.91±47.18	296.15±46.21	0.343	0.559

A、B 两组的实际管电流分别是脉冲电流和恒定

表 2 A、B 两组 mA、ms、mAs、DAP 值比较

指标	A 组	B 组	检验值	<i>P</i> 值
管电流(mA)	548.01±28.21	223.14±64.61	$Z=-8.888$	0.000
曝光时间(ms)	1.72±0.45	3.03±0.94	$F=91.117$	0.000
电流毫安乘积(mAs)	0.94±0.25	0.66±0.21	$F=41.281$	0.000
DAP($\mu gGym^2$)	6.15±1.44	5.08±1.55	$F=14.570$	0.000

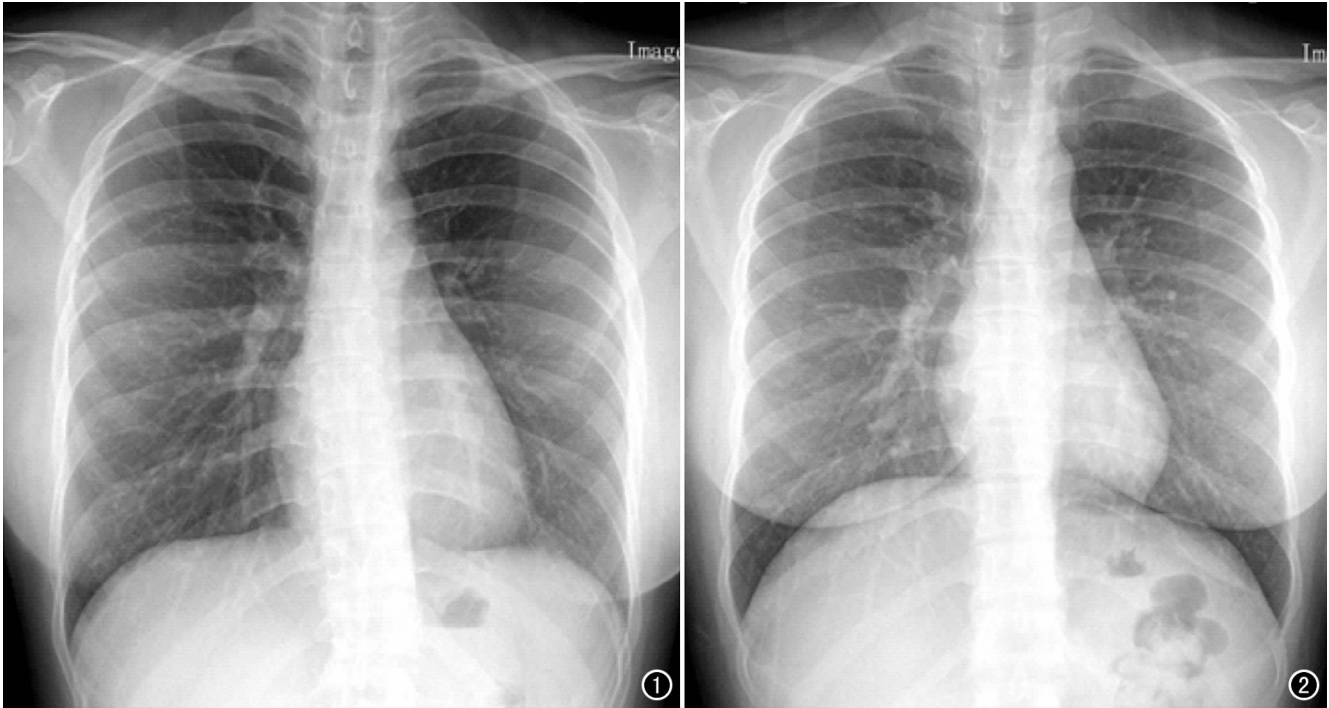


图 1 采用 kV 单因子控制的 AEC 技术。受检者身高 163 cm,体重 59 kg,BMI=22.21 kg/m²;曝光条件为 125 kV,0.7 mAs,1.2 ms,5.18 $\mu gGym^2$,EI-S 为 407。图 2 采用 kV-mA 双因子控制的 AEC 技术。受检者身高 162 cm,体重 59.5 kg,BMI=22.67 kg/m²;曝光条件为 125 kV,0.7 mAs,2.9 ms,4.89 $\mu gGym^2$,EI-S 为 403。两种曝光条件下的图像胸部结构均显示清晰,对比较好。图像质量评分均为 5 分;噪声评分均为 0 分。

电流,为方便比较,管电流的大小均按照公式 $\text{mA} = \text{mAs/s}$ 计算,B组管电流方差不齐,采用非参数 Tamhane's T_2 检验,A、B 两组管电流差异有统计学意义 ($P < 0.05$);A、B 两组 mA、mAs、DAP 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$,表 2)。

A、B 两组图像质量评分 ($Z = -0.178, P = 0.859$,图 1~2)、噪声评分 ($Z = -0.083, P = 0.933$) 之间差异无统计学意义。

讨 论

自动曝光控制技术能有效降低受检者所受的辐射剂量,并能有效提高影像质量^[7]。胸部是临床中最常见的 X 线检查部位,降低其辐射剂量具有重要意义^[8]。在管电压恒定的条件下,X 射线的强度取决于管电流的大小;管电流与曝光时间的乘积可间接反映 X 射线的强度^[9];电压、管电流和曝光时间的合理选择是获得优质影像的重要参数^[10]。胸部 X 线检查通常采用高 kV 技术,且 kV 固定不变,电离室可以实现摄影组织厚度和密度的变化,实现自动曝光控制^[11],其有两种模式,一种是 kV 模式的单因子技术,其电流为持续下降负载模式;一种为 kV-mA 模式的双因子技术,其电流为恒定电流。

单因子技术控制模式下,能最大程度利用球管的功率,在 kV 达到所设定的阈值后,电流呈脉冲式迅速上升,瞬间电流达到球管的最大值,然后电流呈自由衰减模式快速下降。双因子技术控制模式下,在 kV 达到设定的阈值后,电流能保持恒定,因此称为恒定电流技术。在 kV 恒定的条件下,电离室内电离程度取决于 X 射线的强度或曝光时间乘积即 mAs 大小。

在高电压摄影过程中,必须建立 AEC 最短响应时间的概念,它被定义为 AEC 能做出反应的最短时间限制(minimum response time, MRT);即在没有受检者(被照体)的情况下曝光,AEC 就会在一定时间内切断 X 线,那么,这一时间限制即为 AEC 的最短响应时间^[12],最短响应时间是由整个检查系统决定的,经测定飞利浦 BuckyDiagnost VS 系统的 MRT 为 1 ms。本研究中 A 组电流是随着时间变化的一条复杂曲线,为简便计算和比较,A、B 两组均按照公式 $\text{mA} = \text{mAs/s}$ 计算平均值。A 组平均管电流为 $(548.01 \pm 28.21) \text{ mA}$,B 组平均管电流为 $(223.14 \pm 64.61) \text{ mA}$,B 组平均管电流也稍高于预设的恒定电流值,系统精度和 MRT 是造成此种结果的重要原因。本研究中 A 组的平均曝光时间仅为 1.72 ms,但 A 组瞬间电流远高于 B 组的恒定电流,在 MRT 相同的情况下,A 组较 B 组的辐射剂量更高。尽管 A 组的实际曝光时间小于 B 组,但 A 组的 mAs 明显高于 B 组,且两组间差异

有统计学意义 ($P < 0.05$)。

本研究中 A、B 两组受检者身高、体重、BMI 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$);两组曝光指数分别为 (328.91 ± 47.18) 、 (296.15 ± 46.21) ,差异无统计学意义,且均在厂商推荐的正常范围内(250~350),图像质量均符合诊断要求。同时,两组 EI-S 标准差非常接近,说明在 AEC 模式下,两组对曝光量的控制都较为精准。A、B 两组图像的清晰度、对影像细节的显示无明显差异。A 组的 DAP 为 $(6.15 \pm 1.44) \text{ mGy} \cdot \text{cm}^2$,高于 B 组的 $(5.08 \pm 1.55) \text{ mGy} \cdot \text{cm}^2$,且差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。在同样使用 AEC 技术的情况下,合理设置并使用恒定管电流的双因子控制技术,与单纯设置 kV 的单因子控制技术相比,图像质量无明显差异,但能有效降低受检者的辐射剂量。

本研究的不足之处:没有纳入 $\text{BMI} > 30 \text{ kg/m}^2$ 的受检者,对 $\text{BMI} > 30 \text{ kg/m}^2$ 的受检者双因子控制技术是否同样适用以及对图像质量的影响,在后续的工作中将进一步研究。

参考文献:

- [1] Marietta G, Svenja PH, Horst JJ, et al. Digital radiography versus conventional radiography in chest imaging; diagnostic performance of a large-area silicon flat-panel detector in a clinical CT-controlled study[J]. JADA, 2005, 174(1): 75-80.
- [2] Kroft LJ, Veldkamp WJ, Mertens BJ, et al. Dose reduction in digital chest radiography and perceived image quality[J]. Br J Radiol, 2007, 80(960): 984-988.
- [3] Compagnone G, Pagan L, Baleni MC, et al. Patient dose in digital projection radiography[J]. Radiat Prot Dosimetry, 2008, 129(1-3): 135-137.
- [4] 张信起, 高国栋. DR 胸部高千伏摄影与普通条件摄影应用比较[J]. 河北医科大学学报, 2011, 32(6): 727-728.
- [5] 赵喜, 杨烁慧, 俞健力, 等. DR 胸部摄片质量与自动曝光量的相关性分析[J]. 临床医学工程, 2009, 16(1): 8-10.
- [6] 陈玉勤. DR 图像的质量控制与保证[J]. 医疗卫生装备, 2005, 26(2): 42.
- [7] 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): 55-56.
- [8] 孙建忠, 王志康, 章伟敏, 等. 直接 X 线成像受检者照射剂量及图像质量的实时监测[J]. 中华放射学杂志, 2009, 43(12): 1264-1267.
- [9] 安静, 雷成斌, 栗志亮. 影响 X 线数字图像质量的几种因素[J]. 实用医学影像杂志, 2002, 3(3): 232-233.
- [10] 刘云福, 康天良, 牛延涛. 附加滤过对胸部数字 X 线摄影图像质量和辐射剂量的影响[J]. 中华放射学杂志, 2016, 50(2): 128-131.
- [11] Grewal RK, Young N, Collins L, et al. Digital chest radiography image quality assessment with dose reduction[J]. Australas Phys Eng Sci Med, 2012, 35(1): 71-80.
- [12] 徐寿平, 王石, 吴朝霞, 等. 基于非晶硅电子射野影像装置的剂量响应研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2012, 29(3): 3380-3385.

(收稿日期: 2016-05-08 修回日期: 2016-09-14)