

影响数字乳腺 X 线摄影辐射剂量因素研究

王忠周 刘素兰 王新怡 李爱银 刘超

【摘要】 目的 对影响数字乳腺 X 线摄影辐射剂量的不同靶面/滤过组合以及不同曝光模式进行研究。方法 采用西门子 MAMMOMAT NovationDR 型数字乳腺摄影机,应用不同靶面/滤过组合和不同曝光模式对乳腺体模和 X 射线用矩形波测试卡进行照射,记录其辐射剂量并观察测试卡显示的线对数,再对临床病例进行对比研究,记录其辐射剂量并观察照片质量有无差别。结果 同等 X 线片质量下,三种不同靶面/滤过组合和两种不同曝光模式的辐射剂量差别较大,在体模试验中,钼靶/钼滤过组合达到 2.2 mGy,钼靶/铑滤过组合达到 1.5 mGy,而钨靶/铑滤过组合最小,只有 1.0 mGy;与自动曝光模式的辐射剂量 3.0 mGy 相比,手动曝光控制模式的辐射剂量可下降到 1.5 mGy。同时,临床病例测试结果与体模测试结果完全相符。结论 在实际工作中,应尽量选择手动曝光控制模式和钨靶/铑滤过组合进行摄影,以尽量减少患者的辐射剂量。

【关键词】 乳房 X 线摄影术;辐射剂量;靶面/滤过;自动曝光控制;手动曝光控制

Study on factors of influence to radiation dose of digital mammography WANG Zhong-zhou, LIU Sulan, WANG Xin-yi, LI Ai-yin, LIU Chao. Department of Radiology, Qianfoshan Hospital of Shandong Province, Jinan 250014, China

Corresponding author: LI Ai-yin, Email: layell@sina.com

【Abstract】 **Objective** To study different target surface/ filtration combination and exposure modes which are influence factors to digital mammography radiation dose. **Methods** Phantom of breast and rectangular wave test card were exposed to Siemens MAMMOMAT NovationDR digital breast X-ray machine by different target surface/ filtration combines and different exposure modes, radiation dose and line logarithms of test card was obtained. And then comparatively studied with clinical radiation does, observed the different quality of images. **Results** There are significant difference between three different target surface/ filtration combines and two different exposure modes at the same X-ray image quality. The radiation dose of target surface/ filtration combinations of molybdenum/molybdenum, molybdenum/rhodium, and tungsten/ rhodium were 2.2 mGy, 1.5 mGy, and 1.0 mGy in model test, respectively. Compared with 3 mGy of automatic exposure, manual exposure dose decreased to 1.5 mGy. The results of clinical case and model test were completely conformed. **Conclusion** Manual exposure mode and tungsten/rhodium target surface/filtration combination were advised to reduce the radiation dose in clinical application

【Key words】 Mammography; Radiation dosage; Target surface/ filtration; Automatic exposure control; Manual exposure control

数字乳腺 X 线摄影机与传统乳腺 X 线摄影机的最大不同就是具有钼、铑、钨多种不同靶面/滤过组合和自动曝光控制 (automatic exposure control, AEC)与手动曝光控制(manual exposure control, MEC)两种不同曝光模式。不同靶面/滤过组合和不同曝光模式产生的 X 射线对乳腺造成的辐射剂量和图

像质量有什么差别、日常工作应选择哪种靶面/滤过组合和曝光模式既能减少辐射剂量又能保证图像质量以达到辐射剂量的最正当和最优化,需要理论支持。本研究对钼靶/钼滤过、钼靶/铑滤过、钨靶/铑滤过三种不同靶面/滤过组合以及 AEC 与 MEC 两种不同曝光模式进行体模、X 线用矩形波测试卡和临床病例的实验,并对其进行辐射剂量和图像质量的对比研究,以期在实际工作中选择最正当和最优化的靶面/滤过组合和曝光模式。

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2012.02.014

基金项目: 山东省医药卫生科技发展计划项目 (2009HZ071)

作者单位: 250014 济南, 山东省千佛山医院放射科

通信作者: 李爱银 (Email: layell@sina.com)

1 材料与方法

摄影系统：采用德国西门子公司生产的 MAMMOMAT NovationDR 型数字乳腺 X 线摄影机。体模：由德国西门子公司生产的 45 mm 厚度的乳腺标准体模。测试卡：采用北京莱科德思医药科技有限责任公司生产的 R-1 型 X 射线用矩形波测试卡。剂量检测系统：采用西门子 MAMMOMAT NovationDR 型数字乳腺 X 线摄影机自动剂量检测显示系统。

临床病例是对同一患者的左右乳房(相同的压迫厚度)分别采用不同靶面/滤过组合和不同曝光模式进行照射, 这样既减少了患者的辐射剂量又增加了数据的准确性。

方法 1: 在实验之前, 首先对乳腺机的钨靶/钨滤过、钨靶/铈滤过、钨靶/铈滤过三种不同靶面/滤过组合分别进行校准(因探测器设置可能受外部环境的影响而更改, 因此探测器必须进行定期校准, 方法是在机器上安装模拟压迫板, 将机器设定在校准状态, 连续进行 8 次曝光, 机器根据 8 次曝光所得到的数据, 自动校准至最佳状态), 以保证数据的准确性; 然后依次应用钨靶/钨滤过、钨靶/铈滤过、钨靶/铈滤过三种不同靶面/滤过组合和 AEC 模式对乳腺标准体模进行 5 次摄影, 记录其辐射剂量并计算平均值。为保证数据的准确性, 摄影体位均选择头尾位, 压迫力为 5 kg, 压迫达到最佳压迫[即自动优化压迫 Opcomp(OC)灯为绿灯], 摄影条件: 管电压均为 27 kV, 管电流 (mAs) 为 AEC 模式。

方法 2: 应用 AEC 模式对 X 射线用矩形波测试卡进行摄影, 记录其管电流和辐射剂量(mGy), 在 AEC 模式的管电流基础上分别下降 20%、35%和 50%的比例, 采用 MEC 模式进行摄影, 比较不同曝光模式下 X 射线用矩形波测试卡的图像质量和辐射剂量。同样, 为保证数据的准确性, 摄影体位均选择头尾位, 压迫力为 5 kg, 压迫达到最佳压迫(即 OC 灯为绿灯), 靶面/滤过组合应用钨靶/铈滤过组合(因为从方法 1 的结果可以看出, 在靶面/滤过组合中钨靶/铈滤过组合的辐射剂量最低), 管电压均为 27 kV。

方法 3: 体模照射实验完成后, 应用临床病例选择不同靶面/滤过组合和不同曝光模式进行照射,

方法是对同一患者的左右乳房(原因是患者左右乳房的厚度和腺体组织相同, 既增加了实验数据的准确性, 又避免对同一腺体多次进行照射而增加患者的辐射剂量)压迫到相同的厚度, 先对患者的左乳头尾位采用钨靶/钨滤过组合、AEC 模式、管电压为 30 kV(自动设定)进行摄影, 再对右乳采用钨靶/铈滤过或钨靶/铈滤过组合、AEC 模式进行摄影, 记录其管电流量和辐射剂量; 同理, 在 AEC 模式的管电流量的基础上下降 50%, 采用 MEC 模式对右乳头尾位进行摄影(管电压不变, 均采用钨靶/铈滤过组合), 记录其辐射剂量; 将所摄得的临床病例 X 线片除放大相同倍数外不再经过任何后处理, 在照度为 600 lx 的阅片室^[1]应用亮度为 3500 cd/m² 的观片灯^[2]经 2 位副主任职称以上的医师进行阅读对比。

2 结果

乳腺标准体模应用钨靶/钨滤过、钨靶/铈滤过、钨靶/铈滤过三种不同的靶面/滤过组合、AEC 模式对 X 射线用矩形波测试卡进行测试的摄影技术参数及辐射剂量见表 1, AEC 和 MEC 两种不同曝光模式对 X 射线用矩形波测试卡进行测试的摄影技术参数及辐射剂量见表 2。统计数据表明, 三种不同靶面/滤过组合的辐射剂量差别较大, 其中钨靶/钨滤过组合达到 2.2 mGy, 钨靶/铈滤过组合达到 1.5 mGy, 而钨靶/铈滤过组合最小, 只有 1.0 mGy; 摄影条件相对应地也是钨靶/钨滤过组合最大, 钨靶/铈滤过次之, 钨靶/铈滤过最小。同样, 在 AEC 模式下对 X 射线用矩形波测试卡进行测试: 当管电流为 158 mAs, 其辐射剂量为 3.0 mGy, X 射线用矩形波测试卡可观察到 4 LP/mm(图 1); 而 MEC 模式下在管电流相对于 AEC 模式下下降到 125 mAs、100 mAs 和 80 mAs 的情况下, X 射线用矩形波测试卡仍可观察到 4 LP/mm(图 2), 与 AEC 模式下得到的结果无明显差别, 但其辐射剂量显著降低, 分别为 2.4 mGy、1.9 mGy 和 1.5 mGy。

表 1 乳腺标准体模为 45 mm 时不同靶面/滤过组合辐射剂量对比

靶面/滤过组合	管电压 (kV)	管电流量 (mAs)	辐射剂量 (mGy)
钨靶/钨滤过	27	128.0	2.2
钨靶/铈滤过	27	87.6	1.5
钨靶/铈滤过	27	87.0	1.0

表 2 乳腺标准体模在不同曝光模式下的 X 线摄影条件和辐射剂量

曝光模式	管电压 (kV)	管电流量 (mAs)	辐射剂量 (mGy)	测试卡显示的线对数 (LP/mm)
AEC	27	158	3.0	4.0
MEC	27	125	2.4	4.0
MEC	27	100	1.9	4.0
MEC	27	80	1.5	4.0

注：表中，AEC 为自动曝光控制模式；MEC 为手动曝光控制模式；LP/mm 为每毫米可分辨的线对数。

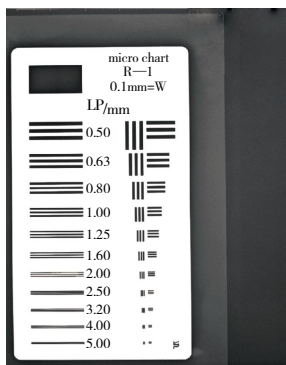


图 1 应用自动曝光控制模式的 X 线用矩形波测试卡测试结果 摄影条件为 158 mAs 时，辐射剂量达到 3.0 mGy，X 线用矩形波测试卡可观察到 4 LP/mm。

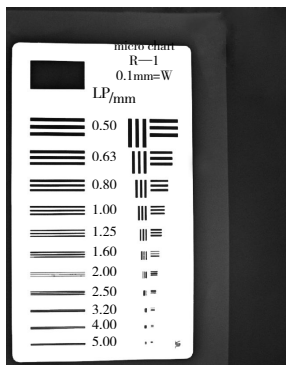


图 2 应用手动曝光控制模式的 X 线用矩形波测试卡测试结果 摄影条件为 80 mAs 时，辐射剂量只有 1.5 mGy，X 线用矩形波测试卡仍可观察到 4 LP/mm。

在体模照射实验基础上，我们应用临床病例对同一患者的左右乳房分别采用不同靶面/滤过和不同曝光模式进行摄影，结果：不同靶面/滤过组合及不同曝光模式下所摄临床病例 X 线片结果无显著差别，全部达到诊断要求，但实测的病灶辐射剂量各异，钨靶 / 铈滤过组合能大幅度减少乳腺的辐射剂量 (图 3、图 4)。

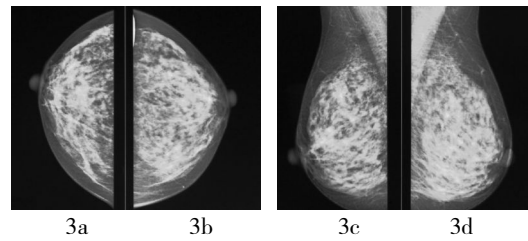


图 3 同一患者的左右乳房采用不同靶面 / 滤过组合、自动曝光控制模式进行 X 线摄影的结果 图 3a：右侧乳房，钨靶/钨滤过组合，辐射剂量 1.5 mGy；图 3b：左侧乳房，钨靶/铈滤过组合，辐射剂量 0.8 mGy；图 3c：右侧乳房，钨靶/铈滤过组合，辐射剂量 1.5 mGy；图 3d：左侧乳房，钨靶/铈滤过组合，辐射剂量 0.9 mGy。

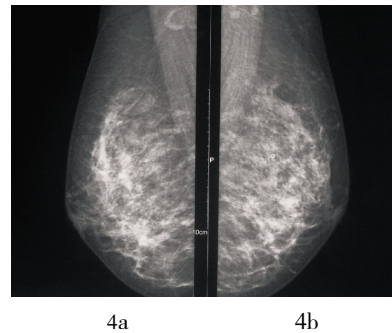


图 4 同一患者的左右乳房采用不同曝光模式进行 X 线摄影的结果 图 4a 为右侧乳房应用自动曝光控制模式进行摄影，摄影条件为 30 kV(自动设定)、109 mAs；图 4b 为左侧乳房应用手动曝光控制模式进行摄影，摄影条件为 30 kV、63 mAs。结果：图像质量无显著差别，但辐射剂量分别为 1.4 mGy 和 0.8 mGy。

3 讨论

我国乳腺癌的发病率以每年 3% 的速度递增^[3]，就目前来讲，乳腺 X 线摄影仍是早期发现乳腺癌的最有效的检查方法，也是被美国食品和药物管理局批准用于对乳腺癌筛查的检查方法^[4]。但由于乳腺是辐射高感受组织，其一次辐射致癌的危险度的权重系数达到了 0.15^[5]，因此在工作中怎样用最低的辐射剂量来达到图像的诊断质量是我们必须充分考虑的问题。对于传统乳腺 X 线摄影，由于乳腺组织间的 X 射线吸收差较小，高能量 X 射线会使图像对比度减小，影响乳腺摄影的质量，而钨靶因其产生的是低能 X 射线，可以提高乳腺摄影的对比度，所以传统乳腺摄影机应用的都是钨靶摄影，但同时在日常工作中又面临着这样一个问题：随着乳腺厚度的增加，钨靶产生的 X 射线不能达到良

好的乳腺摄影密度。在此情况下,为了取得适中的乳腺摄影密度,必须使用高能 X 射线(钨靶产生的 X 射线)来增加乳腺摄影密度。随着科学技术的发展,现在的数字化乳腺摄影机都是使用钨和钨或钨和铈双重轨道来作为靶面,特别是数字乳腺机具有大宽容度和强大的后处理功能,弥补了钨靶乳腺摄影对比度差的缺点,提高了乳腺摄影的密度,改善了腺体的层次,增加了信息量,特别是本次实验使我们看到,钨靶/铈滤过组合能大幅度减少乳腺的辐射剂量,并且图像质量无任何差异。因此,我们建议在进行乳腺摄影时应尽量选择钨靶/铈滤过组合进行照射。

在本次实验中,当乳腺体模厚度达到 45 mm 时,接受一次乳腺 X 线摄影患者的平均吸收剂量值最高为 2.2 mGy,符合联合国原子辐射效应科学委员会 2007 年给出的 2~3 mGy 的范围^[6],低于美国报出的增感屏胶片法乳腺组织吸收剂量均值^[7],也符合我国 2010 年颁布的育龄妇女和孕妇 X 射线检查放射卫生防护标准的要求^[8],为广泛开展妇女乳腺疾病的普查工作解除了辐射剂量的后顾之忧。

在不同曝光模式实验中我们可以看出,MEC 模式下将管电流量下降 50%,所摄 X 线片仍可达到 AEC 模式下所摄 X 线片质量,乳腺组织仍具有良好的密度和腺体层次,其主要原因也是因为数字乳腺 X 线机具有大宽容度和强大后处理功能的特点,可以在一定摄影条件范围内对 X 线片进行后处理,使其达到诊断要求。因此,在数字乳腺摄影中为了尽量减少辐射剂量,应尽量掌握 MEC 模式的摄影条件。AEC 模式与 MEC 模式在实际应用中各有利弊,AEC 模式的优点是乳腺摄影时不用进行摄影条件的选择,摄影速度快,病灶摄影的成功率较高,适合患者较多时的查体工作,其缺点是患者接受的辐射剂量较大;而 MEC 模式的优点是技师根据自己日常的工作经验可以尽可能地减少患者的辐射剂量,其缺点是工作中完全依靠技师的工作经

验进行摄影条件的选择,若摄影条件选择不当,会造成 X 线片质量下降,影响诊断,所以 AEC 模式与 MEC 模式的选择对摄影技师的整体素质要求比较高,如果摄影技师工作经验丰富,可选择 MEC 模式,尽可能地减少患者的辐射剂量;如果摄影技师对摄影条件把握不好,则可选择 AEC 模式,以免造成 X 线片质量下降或重摄,对患者造成更大的辐射。

综上所述,通过对影响数字乳腺机辐射剂量的不同靶面/滤过组合以及不同曝光模式进行的研究,我们可以看出,数字乳腺摄影中应用钨靶/铈滤过、掌握准确的 MEC 模式等摄影条件,对减少乳腺摄影的辐射剂量具有重要的临床意义。

参 考 文 献

- [1] Rill LN, Huda W, Gkanatsios NA. View box luminance measurements and their effect on reader performance. *Acad Radiol*, 1999, 6(9): 521-529.
- [2] Kirchner J, Kollath J. Quality assurance measures within DIN 6856: the adaptation of film viewing boxes and their specifications in the radiology department of a university hospital. *Deutsche Industrie-Norm. Rofo*, 1996, 164(2): 146-149.
- [3] 彭伟军. 重视乳腺影像学检查技术和诊断水平的普及与提高为降低我国乳腺癌发病率而努力. *中华放射学杂志*, 2009, 43(5): 453.
- [4] White J. FAD approach system for digital mammography. *J Natl Cancer Inst*, 2000, 92(6): 442.
- [5] 燕树林. 全国医用设备使用人员上岗考试指南——乳腺摄影技术分册. 北京: 国家行政学院音像出版社, 2007: 192.
- [6] 潘自强. 国际放射防护委员会 2007 年建议书. 北京: 原子能出版社, 2007.
- [7] Hendrick RE, Pisano ED, Averbukh A, et al. Comparison of acquisition parameters and breast dose in digital mammography and screen-film mammography in the American College of Radiology Imaging Network digital mammographic imaging screening trial. *AJR Am J Roentgenol*, 2010, 194(2): 362-369.
- [8] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB 16348-2010 医用 X 射线诊断受检者放射卫生防护标准. 北京: 中国标准出版社, 2011.

(收稿日期: 2012-02-06)