

Quality Control In Mammography

TU Yu

(Department of Radiomedicine, Suzhou Medical College, Jiangsu Suzhou 215007, China)

Abstract Mammography is the most reliable method to lesions in the breast. This technique can detect small lesions before clear clinical symptoms appear. It requires high quality standards, since the contrast between normal and pathological areas in the breast is extremely low. To meet this required of high-quality studies at low dose, high attention to quality control is required on the parts of radiologist, radiographer and medical physicist. This Paper Presents the quality control tests, Those are the minimum set of tests, which should be carried out on an annual basis to help assure proper mammo graphic system performance.

Key words breast diseases; X-ray photography; quality control

文章编号: 1001-098X(2000)01-0038-06

普通 X射线诊断设备的质量控制

涂 彧

(苏州医学院放射医学系,江苏苏州 215007)

摘要: 尽管现代放射诊断设备非常先进,但在经历了一段时间运行后,它的实际输出有可能发生改变,并由此影响诊断质量或者增加病人及医务人员照射剂量。为了时刻保证仪器设备的正确输出,完善的质量保证计划为此提供了可能。本文列举出了普通的 X射线诊断设备常用的质量控制实验实施目的、方法、允许误差等,期望对临床实践有所帮助。

关键词: 放射诊断; 质量保证; 质量控制

中图分类号: R812 文献标识码: A

在病人受照剂量尽可能低的情况下,获得具有充足信息的高质量诊断图像的前提是组织完善的质量保证计划(QAP)。ICRP(国际辐射防护委员会)为医院放射科制定了现行的辐射防护原则,即正当化、最优化和个人剂量限值。这样,任何放射实践活动都必须进行风险-利益的分析,服从 ALA(as low as reasonably achievable)原则,即不难达到的最低水平的剂量限制原则,个人剂量要符合国际辐射防护基本安全标准——SS(International Basic Safety Standards for Protection)。任何减少病人剂量的措施,也可以减少医务人员的受照剂量。有眼光的当局应当拟定所有的放射设备目录,建立可接受的放射性工作标准。所有的正在使用的仪器设备必须进行强有力的旨在有效的辐射防护和质量控制(QC)监管。这将能确保一旦仪器设备不符合所建立的标准时能及时地被退换下来。

X射线设备的选择非常重要。购买合同必须包括说明书和必要的技术指导,一旦设备安装好了,就必须进行实验,确保设备按照说明书的介绍运行。说明书介绍的有关设备性能的实验通常生产厂家已经进行过论证,当然,这一论证也可由购买者自己进行。论证实验必须保证是按临床使用要求进行的。一旦临床上使用这种设备,在日常操作中,必须时时监视它的工作性能,每六个月或一年进行一次质量控制实验(QCT)。有一点必须强调,已制定的放射性标准适用于每一次 QCT,一旦实验结果偏离标准,就必须采取进一步行动。

在每一项质量保证(QA)测定开始之前,有必要确立放射性设备性能的基准水平,这一水平应当能够全面广泛地说明设备性能特征。这些都必须作为参考资料记录下来,以便将来进行比较。设备的一些参数值可能会由于日常连续运行而出现与实际不符的变化,这些必须通过 QCT进行修正调节。

1 普通 X射线设备实施 QC所需条件和工具

1.1 剂量测定仪器

收稿日期: 1999-06-28

作者简介: 涂 彧,苏州医学院放射医学系放射卫生教研室,讲师

审校者: 苏州医学院放射医学系 姜德智

进行剂量测定所使用的放射性测量器应当有较宽的量程:它测量剂量的范围必须从 0.1Gy 到 0.2 Gy,剂量率范围从 0.1 Gy/s 到 0.2 Gy/s, X射线能量范围从 20keV 到 150keV,所测剂量、剂量率与标准值偏差小于 1.0%,综合不稳定性小于±10.0%。实际上,对于高质量设备,其综合不稳定性大约是±3.0%。使用者应当熟悉测量器的能量依赖性、方向依赖性及其他影响仪器读数的因素

1.2 千伏电压(kV)值测定仪器

kV测定器应当能够测量所有波型的kV值,并且其精确度偏差不超过±3.0%,量程为50~150kVp,准确性偏差不超过0.1kV。用示波器显示kV波型时,垂直方向最大偏离不超过±2.0%。当与有存储功能示波器联接时,kV测定器所得的kV波型能够被令人满意地记录下来。

1.3 X射线曝光定时器

陀螺仪是定时测定X射线的经典方法,它仅适用于单相和三相X射线发生器,不能用于中高频发生器。目前这种方法很少使用,因为现代放射探测仪能充分地测量曝光时间。一种固体形状探测仪被特别推荐用于三相X射线发生器,它能以数字形式保存信息。在1.2节所述的存储示波器也可以用来测定曝光时间。数字探测仪还可以用于查找失误,它可输出一种与瞬间X射线剂量率有关的信号,这种信号在曝光时可以作为剂量率分布在存储示波器上快速显示出来,分布图上的不规则性可较好地反映发生器的功能。目前市售曝光定时测定器的准确性误差不得超过±1.0%或者±0.3ms

1.4 显像密度计

显像密度计的测量范围是0.0~3.5个光密度(OD)。为了QA目的,要求重复测量时光密度差不超过±0.01个OD,准确性不超过±0.02个OD

1.5 放射性测量仪

带电离室的有测量整体曝光功能的放射性测量仪更适于测量漏射线和散射线,它具有非常快速的反应时间和很高的探测效率,能够测量出 10^{-10} C/kg级辐射

1.6 铝过滤片

铝过滤片必须有足够的纯度(AI含量不小于99.8%)。为尽测量半价层(HVL)和球管总过滤厚度所需,要求单一铝片厚度为0.5mm和1.0mm,总计厚度为5.0mm

1.7 准直器和线束调节实验工具

短的弯成90°角的金属线用于标定光野的边角。X射线胶片成像可以论证光野边角与X射线野边角的相互关系。另外有一种中空的圆筒状有机玻璃制成的工具,它的上下面的中间各有一个小钢球,两球相距15cm,此工具可以检查图像生成平面与X射线中心轴的垂直程度。现有一种专用实验工具可用于此项检查

1.8 焦点实验工具

现有两项技术可以用于确定焦点大小,一项是针孔放大术(magnification pinhole)或裂隙成像术(slits camera),另一项是使用星形模具的最小分辨距离术(star resolution pattern)。这两种方法之间有良好的相关性,在焦点大小超过0.6mm时,两种检测结论十分吻合。

1.9 水模 [检验自动曝光控制(AEC)]

均匀密度、大小为30cm×30cm、厚度为5~10~15~20~25cm的水模,用于检验AEC,它实际上就是装满水的有机玻璃箱。

2 质量控制测量

对普通X射线设备进行的QC应当包括:X射线设备的机械和电路安全的检验;适用的辐射防护检验;X射线机器本身安全标准和性能的测试。

2.1 机械和电路安全检验

任何机械不稳定或故障的信号一出现,必须立即进行检查。以下几方面值得注意:制动和按钮的工作状态、成角刻度的正确显示、球管的固定位置等等。对于并非一直在水平地板上使用的可移动便携式设备更应详细检验上述各项。所有调控开关、按钮等都应当有清晰的标识。若X射线设备某一处标识不清楚,就可能使其他人不敢贸然使用该设备,此时应及时更改模糊的标识。通常,机械和电路安全检验至少包括以下部分:

(1)观察设备可移动部分的异常磨损及特别噪音;

(2)观察机械安全设施:制动装置、按钮、导轨的固定性、悬吊装置;

(3)观察开关、把手、操作台的螺栓是否拧紧;

(4)观察刻度、限值及标识的清晰度;

(5)观察电线、电线排设及损坏情况;

(6)检验准直器和照明设施的物理状态;

(7)检验移动联锁装置的工作状态;

(8)检验手动和脚动开关及所控制的功能;

(9)检验指示灯及其所处位置;

(10)检验球管指示灯及其联锁装置

2.2 辐射防护检验

屏蔽、监视器和工作过程是辐射防护所关心的三个主要部分。供应商提供的辐射防护指导手册中全面给出了各种情况下的屏蔽厚度。可移动屏蔽物如铅屏风、铅围裙、铅手套等的屏蔽效率可作为QAP的日常检验内容,确保减少医务人员受照剂量。配备有X射线设备的单位应当负责提供足够的屏蔽用品和良好的监视器。要在工作过程中减少病人及医务人员受照剂量则是放射技术员和放射医师的职责。辐射防护检验主要包括:

(1)检查已获许可从事辐射防护管理或X射线机器操作人员的工作效果;

(2)检查房间位置,室内设计,X射线球管的安装及房屋面积,含铅的门、墙,室内外环境,初始射线束方向等等;

(3)检查病人和工作人员的防护,包括个人防护用品(如围裙、手套)专用含铅眼镜的大小及厚度等等;

(4)检查工作环境中工作人员的个人辐射剂量的情况记录、医学情况记录;

(5)检查操作人员所在位置及X射线机房内球管的漏射线;

(6)检查放射性警告标识、警告灯光及有关规章;

(7)检查设备的设计方案,如输电线、警示灯、总过滤等等

2.3 性能及安全标准的测试

所有实验的图像、数据及结果都应该记录下来存档。对QAP结果的分析必须由有资格和有经验的人进行,应当公布符合标准的设备的QA报告和许可证。万一结果显示偏差超过可接受的范围,就应当在QA报告中注明不符合要求,同时要求生产厂家对偏差进行矫正。

2.3.1 照射野的一致和射线束的调整

准直器能很好地防止对非感兴趣区的照射,也可大量减少散射线对感兴趣区的照射,有利于提高图像质量。如果光野和射线野不一致,临床感兴趣区可能就不能全部在图像上体现出来,不得不进行的重拍势必增加病人受照剂量。如果X射线束不垂直于图像接受装置,图像就会变形。一旦使用滤线栅,变形则会加大,许多详细的信息便会丢失。

所需设备:可弯成直角的金属线,专用准直器与射线束调整实验工具,装有中等感光速度胶片的胶片盒(20cm×25cm),酒精水准仪,直尺。

步骤:

(1)用水准仪调整工作台,确保水平。

(2)将胶片盒置于工作台中央,调节球管与胶片的距离(FFD)为100cm

(3)调整光野大小为10cm×10cm,在胶片盒上用金属线标出光野的4个边角,将专用的射线束调整实验工具置于光野中央,检验整个系统的水平性,以50kV、1mAs的经典参数曝光

(4)放大射线野范围,二次曝光,曝光参数值减半,冲洗胶片。

(5)选用20cm×20cm、35cm×35cm的照射野重复上述过程,用冲洗出的胶片比较4个边角的位置与X射线野的关系

(6)若用专用的准直器实验工具,将工具置于胶片盒上,使光野与实验工具的矩形边缘(14cm×18cm)吻合,再将射线束调整实验工具放在光野中央,确保系统水平,以50kV、1mAs的参数曝光

(7)通过将光野开到最大,可以测量X射线束的最大面积

2.3.2 球管输出

球管输出是评价X射线球管及发生器性能的唯一最重要的参数。测定球管输出的最好方式是曝光,由于曝光量随球管和发生器的参数如kV、mAs的改变而改变,因此这种方法能够提供许多有用的信息。输出的一致性对临床实践非常重要,它要求在相同参数曝光条件下所得的图像应完全一致。

所需设备:带电离室的静电测量仪,kVp计测量器,数字式X射线定时器,酒精水准仪,直尺。

2.3.2.1 输出的一致性

步骤:

(1)将静电测量仪、kVp计测量器、X射线定时器放在15cm×15cm照射野中心,焦点到工作平台的距离(FTD)为100cm

(2)选用一个固定的mA、曝光时间及kVp(如200mA、0.1s、80kVp),将球管焦点尽可能开到最大,曝光,记录静电测量仪、kVp计测量器及X射线定时器的读数。上述过程重复5次

(3)降低2档或更多kVp值,选用不同的焦点大小,其他参数不变,重复步骤(1)和步骤(2)。

(4)对每一次测量计算($\mu\text{C/kg}$)/mAs之值,评

价变异系数

(5)计算实际 kV 值与使用过程中 X 射线机器显示的 kV 值之比,评价变异系数

(6)计算 X 射线定时器的均值及其变异系数

2.3.2.2 kV 输出的变异

步骤:

(1)将测量仪、kV_p 计量器、X 射线定时器放在 15cm×15cm 照射野中心,FTD 为 100cm

(2)选用固定的 mA 和时间,如 200mA 0.1s,工作电压选 50kV,尽量开大球管焦点。曝光,记录静电测量仪、kV_p 计量器及定时器的读数,计算每 mAs 的输出 [(μC/kg)/mAs] 和实际的 kV。以 10kV 为单位向上增加,直到 120kV,每增加一次,在其他参数不变的情况下,重复上述过程

(3)在不同的 kV 值时,选用小焦点,其他参数不变,重复步骤 (1)和步骤 (2)。

(4)注意实际 kV 值和刻度 kV 值之间的最大偏差

(5)列出 [(μC/kg)/mAs] 与 kV 之间的关系。

2.3.2.3 管电流输出的变异

步骤:

(1)将测量仪、kV_p 计量器、X 射线定时器放在 15cm×15cm 照射野中心,FTD 为 100cm

(2)选用固定的 kV 和曝光时间,如 80kV 0.1ms,选择可行的 mA 值,尽可能将球管焦点开到最大,记录静电测量器、kV_p 计量器及 X 射线定时器的读数。

(3)选用不同的 mA,在其他参数不变情况下,重复上述过程。

(4)改变焦点大小,其他参数不变,重复步骤 (1), (2), (3)。

(5)计算每一组测量值的 [(μC/kg)/mAs], 评价其线性系数

2.3.2.4 时间输出的变异

步骤:

(1)将测量仪、kV_p 计量器、X 射线定时器放在 15cm×15cm 照射野中心,FTD 为 100cm

(2)选用 80kV 200mA,记录用 X 射线机器最小曝光时间曝光时,静电测量仪、kV_p 计量器及 X 射线定时器的读数。

(3)在整个机器允许的时间范围内,逐级增加曝光时间,其他参数不变,逐次重复步骤 (1), (2)

(4)计算实际价值及曝光时间,评价 X 射线机

器上时间装置的准确性

(5)计算每一组测量值的 [(μC/kg)/mAs], 评价其线性系数

2.3.3 球管总过滤的评价

测定 X 射线束的 HVL 是评价 X 射线束总的等价铝过滤的可行性方法。必须注意到,过小的过滤会增加病人不必要的照射量,在一些病案中,如乳房 X 射线摄片,太厚的 HVL 则可能减少图像中的对比而影响诊断。

所需设备: 0.5mm 1.0mm 厚的铝过滤片(总厚度 5.0mm),带电离室的放射量测量仪,半对数坐标纸和直尺。

步骤:

(1)将测量仪置于 10cm×10cm 照射野中心,与焦点距离 100cm

(2)选用 70kV 15mAs,曝光。注意最初没有插入任何铝片时测量仪读数,此时读数应是满刻度。如果存在值得关注的差异,则应调整曝光参数或者测量仪的检测设置,直到测量仪读数满刻度。

(3)插入 0.5mm 厚铝片,重复上述测量过程。继续插入 0.5mm 或 1.0mm 的铝片测量,直到测量仪读数减少到初始读数的一半。此时总铝过滤层厚度大约 4.0mm

(4)取出所有铝片,校验无过滤层时测量仪读数

(5)以所测曝光量为对数坐标,过滤层厚度为直线坐标,在半对数坐标纸上描绘曲线,评估 HVL

(6)参照公开数据,评价总过滤层

(7)以 80kV、100kV,其他参数不变,重复步骤 (1)至步骤 (6) 评价总过滤

2.3.4 焦点大小的测定

小焦点得出的 X 射线图像有更高的清晰度。焦点的大小可用针孔放大术(或裂隙成像术)或者最小分辨距离的原理来测定。识别图像上最小距离的能力是由球管中靶的大小所决定的。在对胸部、腹部等人体较大部位连续 X 射线成像时,焦点的大小尤为重要。为了确保焦点大小及形状在电子束对靶长期轰击下不发生改变,对焦点大小作定期测定很有必要。针孔术和最小分辨距离术的正常焦点大小为 0.6mm 至 2.0mm,针孔术和最小分辨距离术所得结果误差多半在 20% 至 80%。

2.3.4.1 最小分辨距离技术——棒形实验模具 (bar test pattern)

所需设备:焦点实验专用工具中的棒形实验模具,无增感屏的内装感光速度中等的 $20\text{cm}\times 25\text{cm}$ 胶片的胶片盒,酒精水准仪,铅皮,放大镜和直尺。

步骤:

(1)将胶片盒放在水平台上,棒形模具置于胶片盒上,使之与球管射线中心轴垂直,参照指导手册上推荐的获得最佳放大倍数所需,选定FTD

(2)对于三相发生器,以 70kV 、 40mAs 条件曝光;对于单相发生器,以 70kV 、 80mAs 条件曝光。

(3)如有可能,用同样型号胶片;对不被曝光部分给予足够的屏蔽;改变焦点大小,重复上述过程

(4)冲洗胶片。用放大镜观察胶片上棒形模具图像,确认所有同一组中6条棒的垂直线和水平线能被清楚地分辨出。

(5)参照实验工具生产厂家提供的表格,导出相应的焦点大小。

(6)当焦点小于 0.8mm 时,必须选用更高的放大倍数,在焦点测量工具下方放置隔离物来测定焦点大小。

2.3.4.2 最小分辨距离技术——星形实验模具 (Star test pattern)

星形实验工具有好几种,下面仅介绍其中一种,但其他几种也很有用。

所需设备:星形实验模具,装有高分辨增感屏或用纸板包裹着胶片的胶片盒,模具定位块

步骤:

(1)胶片盒置于X射线照射台,FTD取 100cm ,球管中心与胶片盒中心相吻合。

(2)用隔离架将星形模具安置在焦点与胶片中间各相距 50cm 处,确保模具面与胶片盒面平行,与球管射束中心轴垂直。为了适应不同焦点大小,这一距离依据厂家说明可能有所变化。

(3)调整射线束,确保其中心穿过模具中心。

(4)以 55kVp 及足够的 mAs 曝光,使图像有较好的对比。冲洗胶片。

(5)在胶片图像上测量模具直径 H 在实物上测量模具直径 h ,则放大倍数 $M=H/h$ 。然后,在图像上测量最宽处两侧模糊区域的距离 D 。星形模具轮辐间夹角 θ° ,则焦点大小 F 可由下列公式导出: $F=\theta^\circ \cdot D/180(M-1)$

2.3.5 漏射线的测量

为了保护在X射线设备周围的工作人员,必须保证漏射线不超过许可值。用于诊断目的的每一个

球管必须围封在包鞘内,以使来源于放射源的漏射线在离源 1.0m 处的照射率不超过 $2.58\times 10^{-5}\text{C/kg}\cdot\text{h}$

所需设备:带电离室的放射性测量仪,铅块,米尺,支架,温度计,湿度计,气压计。

步骤:

(1)将X射线设备的支持系统的开关打到“开”的位置,预热

(2)将测量仪面向X射线球管放在平台上,FTD取 100cm

(3)将测量仪开关打开,预热,调整好指针位置(参照指导手册)。

(4)关闭准直器或者用铅块密封照射窗

(5)将球管设置到最大照射量输出位置(参照指导手册),曝光,记录测量仪读数

(6)将测量仪分别置于离球管 1.0m 处的不同地方,如左、右、上等,在其他条件不变情况下,重复步骤(1)至步骤(5)

2.3.6 图像质量的检验

成像系统的性能可用最小距离分辨能力来判断。这个能力会由于前面述及的各种因素的影响而降低。这样,定期检验成像系统的分辨能力确保图像质量就变得非常重要了。

所需设备:TOR(RAD)或TOR(CDR)体模, 1.0mm 厚铜过滤片,胶片盒,增感屏,直尺和密度计。

步骤:

(1)将装有胶片的胶片盒放在X射线平台上,体模放在胶片盒上。实验必须确保使用相同的胶片盒、增感屏和同一型号的胶片。

(2)FTD取 100cm ,使X射线束中心正好穿过体模中心,调整射线束边缘

(3)曝光,使胶片光密度大约为 1.5 。为此必须进行以下4次曝光实验:① 50kVp ,最小焦点;② 50kVp ,最大焦点;③ 70kVp ,最小焦点,附加 1.0mm 铜过滤片;④ 70kVp ,最大焦点,附加 1.0mm 铜过滤片。

(4)冲洗胶片,观察胶片,评价:①在 50kVp 曝光时,最小分辨距离;②在 70kVp 曝光时,低对比的探出能力;③在 70kVp 曝光时,细微景像的探出能力;④若需要评价灰雾水平、感光速度及对比情况,应当用 70kVp 曝光图像

2.3.7 自动曝光控制(AEC)

AEC系统的电离室、光电管的性能必须进行校验,其目的是检验胶片OD的稳定性;评价令人满意的对胶片性能很好控制的操作(自动操作);检验由于kV值变化情况下胶片OD的稳定性;检验由于病人躯干厚度不同时胶片OD的稳定性。

所需设备:均匀密度体模如水模,装好胶片并附有正常感光速度增感屏的胶片盒,放射性测量仪,密度计。

步骤:

(1)在胶片盒架上放置一个带复合增感屏的胶片盒,其上置测量仪,FFD取100cm,X射线束穿过测量仪中心。

(2)将水模放在胶片盒上方,于球管与测量仪之间。调节射束大小,使射束每侧外缘均超过水模周边2.0cm。水模厚度由kV值、胶片及增感屏的情况决定。

(3)选择标准电流设置,大约200mA

(4)密度控制设置为零,暗室1曝光,暗室2曝光……,直至所有暗室均一一曝光。胶片冲洗后比较OD。

(5)选择最常用的暗室,将密度控制设置为零,曝光。逐步改变密度控制设置值,重新装入胶片,曝光。

(6)依据手册提供的数据,选用不同的kV值和病人的厚度值,及时更新胶片,一一曝光,比较冲洗后胶片的OD,以此校验放射性密度的稳定性。

2.3.8 DAP(dose area product)检验

所有待用的DAP剂量计都要事先送去在标准X射线机器上刻度。然而,对于绝大多数机器来说彼此性能都不完全一样,因此确保用DAP对每一部经常使用的机器进行刻度检验是十分必要的。

所需设备:标准电离室,装好胶片的胶片盒,温度计,气压计,已刻度的DAP剂量计。

步骤:

(1)用胶片精确测量X射线束的大小。为了保证来自电离室数据的准确性,精确测量射束区域大小十分重要。

(2)开始用DAP剂量计记录,检验专用频道上的读数,至少5分钟,观察有何倾向,其中的差异不能超过 ± 0.01 。

(3)为了制作一个精确刻度的DAP剂量计,建议使用次级标准电离室。

(4)取80kV,100mAs值曝光。

(5)依据标准仪器读数,计算标准DAP值。

(6)记录DAP剂量计读数。

(7)为了增加刻度的可信性,有必要选用不同参数值进行多次曝光。

(8)评判刻度因子(标准DAP值与DAP剂量计读数的平均比率)。

3 结束语

对诊断用X射线设备进行检验可确保射线的有效使用、辐射的最优化以及为提供高质量的健康服务作出贡献。这些设备的可靠性能可有效地减少重复进行放射检查,降低对工作人员及公众不必要的照射。

参考文献:

本文根据“IAEA/RCA Regional Training Workshop on Radiation Protection and QA Including Optimization of Collective Dose from Diagnostic Radiology, Kuala Lumpur, Malaysia 19-24 April 1999”有关材料整理而成。

The Quality Control for General X-ray diagnostic Equipment

TU Yu

(Department of Radiomedicine, Suzhou Medical College, Jiangsu Suzhou 215007, China)

Abstract Although the radiodiagnosis equipment is advanced, the actual output may be changed when it has worked for some time. This may affect the quality of x-ray or lead to cases of unnecessary radiation exposure to workers and patients. In order to ensure the proper output, the quality assurance program should be organized. In this paper, the purpose, procedures, acceptable variations of the quality control for general X-ray equipment are listed and they will be useful to clinic practice.

Key words radiodiagnosis; quality assurance; quality control