

基于辐射自显影胶片 EBT2 的剂量验证系统剂量响应特征及稳定性分析

A Study of Dose Response Characteristic and Stability for Dose Verification System Based on EBT2 Film // ZHENG Rui-ya, HUANG Min-xia, CHEN Wei-jun

郑瑞亚¹, 黄敏霞¹, 陈维军²

(1.宁波市鄞州人民医院, 浙江 宁波 315040; 2.浙江省肿瘤医院, 浙江 杭州 310022)

摘要: [目的] 分析不同扫描光源下辐射自显影 EBT2 胶片的剂量响应特性及 IMRT 剂量验证系统的稳定性。[方法] 使用 6MV 光子线照射 EBT2 胶片, 分析不同扫描光源下胶片的剂量响应特性; 然后通过对扫描仪的扫描不确定性和扫描方向对扫描仪读数的影响进行测试以评估由 EBT2 胶片、Uniscan C880 平板扫描仪和 FilmQA 剂量分析软件组成的 IMRT 剂量验证系统的性能。[结果] EBT2 胶片在红光扫描光源下的剂量响应敏感性最高且其响应曲线是非线性的, 使用三次多项式可以满足该剂量响应曲线的拟合要求。扫描仪的单次扫描不确定性和多次扫描不确定性分别是 0.22% 和 1.12%, 胶片放置方位对扫描仪读数影响很大。[结论] 基于辐射自显影胶片 EBT2 的剂量响应敏感性随剂量上升而下降, 不同光源下剂量响应敏感性不同。基于 EBT2 的调强放疗剂量验证系统操作简单、稳定性好, 值得在临床中推广应用。

关键词: 辐射自显影胶片; 剂量响应特性; 剂量验证; 放射治疗剂量

中图分类号: R730.55 **文献标识码:** B

文章编号: 1671-170X(2015)01-0074-04

doi: 10.11735/j.issn.1671-170X.2015.01.B017

随着计算机技术和各种剂量优化计算模型的发展和提高, 各种调强放疗技术不断出现并在临床上得到证明和认可, 目前调强放疗技术已逐渐取代传统放疗和适形放疗成为主要的放疗手段。调强放疗以精确勾画靶区、精确定义剂量和精确实施治疗的“三精”标准为前提, 因而在临床实施调强放疗时必须采用有效的质量控制手段, 才能保障患者得到理想的剂量学分布。胶片剂量仪因其高分辨率和操作简单、易于保存等特点, 很早就被用于剂量学测量和验证, 但传统的胶片剂量仪因受冲洗和曝光条件不易控制的影响, 导致剂量稳定性不好, 逐渐被非晶硅半导体探测器阵列如 mapcheck 和空气电离室阵列如 matrixx 替代^[1,2], 辐射自显影胶片 EBT2 的出现, 解决了传统胶片冲洗和曝光条件不易控制的弊端, 又因其剂量分辨率高、成本低廉的特点, 重新被应用于医学剂量学验证领域^[3,4]。本文针对该辐射自显影胶片进行了剂量学响应特性分析, 并对基于 EBT2 胶片的剂量验证系统进行了稳定性测试, 以了解其在临床剂量学测量中的使用方法和注意事项。

通讯作者: 郑瑞亚, 技师, 学士; 浙江省宁波市鄞州人民医院放射物理室, 浙江省宁波市百丈东路 251 号 (315040); E-mail: 248266891@qq.com

收稿日期: 2014-05-13; **修回日期:** 2014-08-05

1 资料与方法

1.1 仪器材料

ISP 公司 (International Specialty Products, 1361 Alps Road Wayne, NJ) GAFCHROMIC® EBT2 胶片 (以下简称 EBT2 胶片), IBA 公司 RW3 固体水, 清华紫光 Uniscan C880 型 48 位彩色平板扫描仪 (自带扫描软件), ISP 公司 FilmQA V2.2 胶片剂量分析软件, PTW Unidose 剂量仪, PTW 30013 0.6cc 指形电离室。

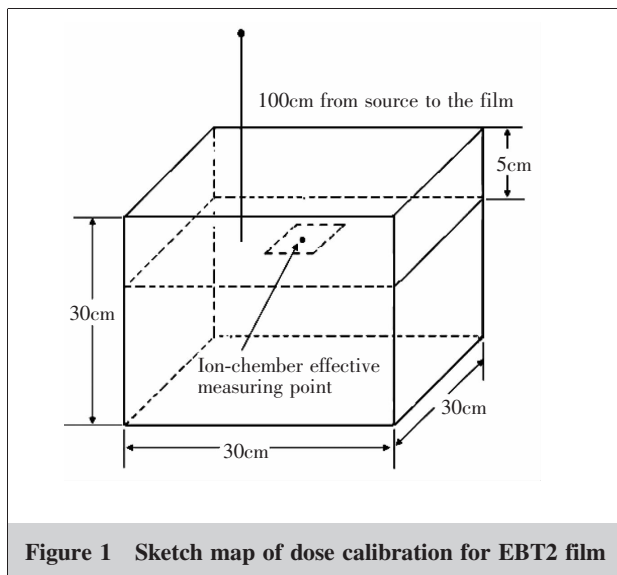
1.2 方法

1.2.1 胶片剂量刻度与响应曲线拟合

由于 EBT2 胶片可以任意裁剪, 为避免光子散射线对胶片产生剂量影响, 胶片剂量刻度采用将胶片切割后单独照射的方式进行: 将 EBT2 胶片裁剪成 5cm×5cm 大小共 8 张并依次编号, 将胶片水平居中按同一方向放置于固体水模体内 5cm 深度处, 源到胶片距离 100cm (Figure 1), 照射野设定为 10cm×10cm, 每张照片按编号顺序依次用 6MVX 射线照射, 照射剂量分别为 0、18.7、46.7、93.0、139.6、186.1、232.7、279.8cGy, 用剂量仪和电离室测定胶片中心的吸收剂量。将照射后的胶片放置于不透光的盒子中并放置 24h 以使胶片显影稳定, 使用 Uniscan C880 彩色平板扫描仪以与照射时相同的方向依次扫描照射后的胶片, 影像格式为 48 位 RGB 格式 TIF 图, 扫描分辨率为 75dpi。使用 FilmQA 剂量分析软件导入扫描好的胶片数字影像, 应用 FilmQA 软件的图像分离功能分别提取红光、绿光和蓝光通道下的胶片数字影像, 在对应的数字影像中心选取 1cm×1cm 的感兴趣区, 提取该区域的平均像素值, 输入对应的吸收剂量, 建立不同扫描光源通道下的胶片剂量响应特性曲线。对比不同光源通道下胶片剂量响应敏感性 (以 $\Delta\text{pixel value/cGy}$ 表示)。

1.2.2 基于辐射自显影胶片 EBT2 的剂量验证系统分析

使用 EBT2 胶片剂量仪, Uniscan C880 48 位彩色平板扫描仪 (自带扫描软件), ISP 公司 FilmQA V2.2 胶片剂量分析软件组建基于辐射自显影胶片 EBT2 的剂量验证系统, 对其稳定性进行测试分析。



单次扫描重复性测试:扫描仪开机进行充分预热,待响应稳定后,设定扫描分辨率 75dpi,上述的 8 张剂量刻度胶片各连续扫描 15 次,使用 FilmQA 软件在最高灵敏度剂量通道下提取刻度片中心 1cm×1cm 区域内的平均像素值。

多次扫描重复性测试:扫描仪开机充分预热、扫描仪响应稳定后,设定扫描分辨率 75dpi,将单次扫描的步骤每隔 1h 重复做一次,共 8 次,使用 FilmQA 软件在最高灵敏度剂量通道下提取刻度片中心 1cm×1cm 区域内的平均像素值。

不同方向放置胶片对扫描结果的影响:设定相同的扫描分辨率 75dpi,将 EBT2 胶片长边与 Uniscan C880 扫描平面长边对齐(定义为 0°方向)扫描剂量刻度片共 8 张;将胶片扫描方向顺时针旋转 90°(定义为 90°方向)重复这一过程。使用 FilmQA 导入扫描好的胶片,在最高敏感性剂量通道下提取胶片影像中心 1cm×1cm 区域内的平均像素值。

正反面放置胶片对扫描结果的影响:设定相同的扫描分辨率 75dpi,将 EBT2 胶片长边与 Uniscan C880 扫描平面长边对齐,扫描剂量刻度片共 8 张(定义为正面),将胶片翻转放置(定义为反面)重复这一过程;FilmQA 导入扫描好的胶片,在最高敏感性剂量通道下提取胶片影像中心 1cm×1cm 区域内的平均像素值。

2 结果

2.1 剂量响应特性与曲线多次项拟合

Figure 2 为不同光源下 EBT2 胶片的剂

量响应曲线,曲线使用三次多项式拟合,拟合判定系数 R² 均大于 0.99,表明三次多项式能够满足 EBT2 胶片剂量响应刻度曲线的拟合要求。EBT2 胶片在红光、绿光和蓝光扫描光源下,胶片响应是不一样的,剂量响应敏感性(Δ pixel value/cGy)在 280cGy 剂量范围以内依次是 109.8、88.1 和 29.9,即胶片剂量响应敏感性红光好于绿光,绿光好于蓝光,且随着剂量上升,剂量响应敏感性呈下降趋势。

2.2 基于辐射自显影胶片 EBT2 的剂量验证系统稳定性测试分析结果

2.2.1 单次扫描重复性测量结果

对 8 张胶片各进行了 15 次连续扫描,Figure 3 显示 EBT2 剂量刻度胶片对应的像素值相对标准偏差和吸收剂量的关系,测量结果的相对标准差平均为 0.22%,最大为 0.28%。

2.2.2 多次扫描重复性测量结果

对 8 张胶片各进行了 8 次扫描,每次间隔 1h,Figure 4 显示 EBT2 剂量刻度胶片对应的像素值相对标准偏差和吸收剂量的关系,测量结果的相对标准差平均为 1.12%,最大值为 2.1%。

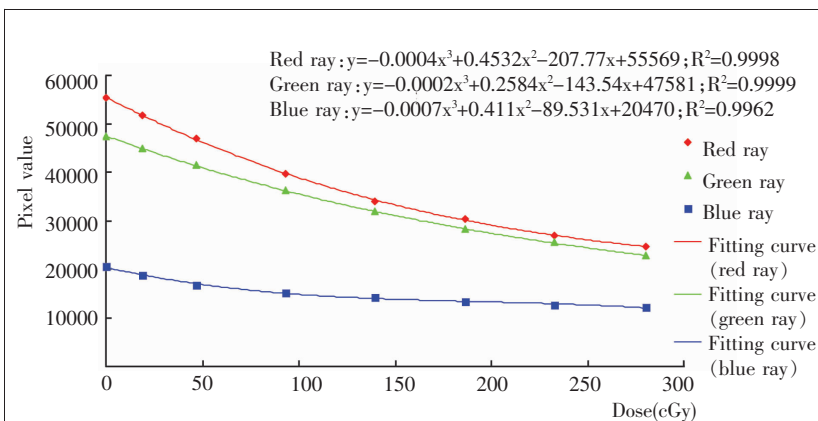


Figure 2 Dose response curves of EBT2 film

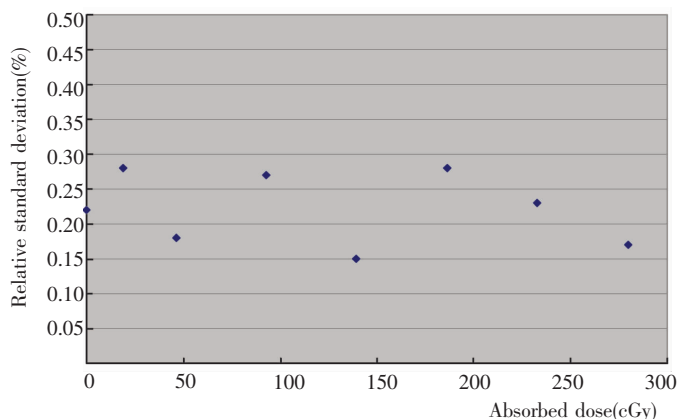
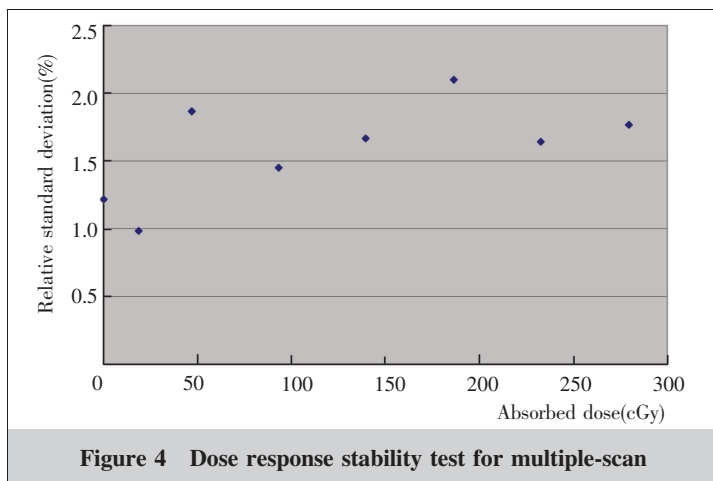


Figure 3 Dose response stability test for single-scan



2.2.3 不同方向放置胶片对扫描结果的影响

8 张剂量刻度片分别以 0° 和 90° 放置扫描, 红光通道下像素值和吸收剂量的关系如 Figure 5 所示, 两组胶片扫描方式获取的影像像素值最大偏差为 3.13%。

2.2.4 正反面放置胶片对扫描结果的影响

对 8 张剂量刻度片分别以正反和反面放置扫描, 红光通道下像素

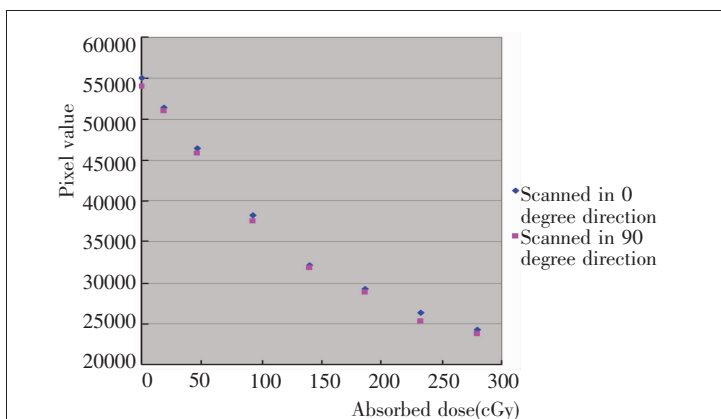


Figure 5 Pixel values relations with absorbed dose for film scanned in 0° and 90° direction

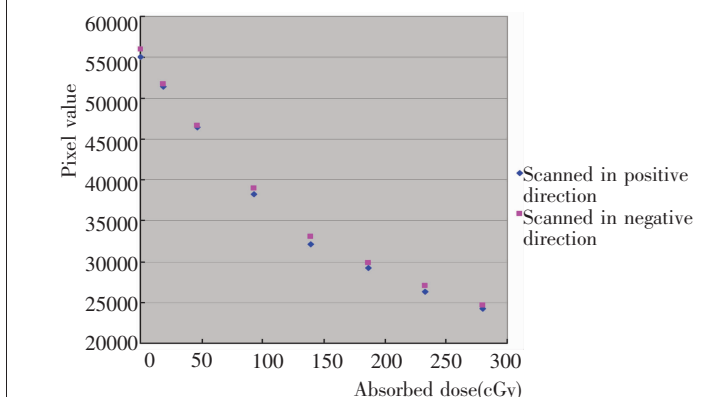


Figure 6 Pixel values relations with absorbed dose for film scanned in positive and negative direction

值和吸收剂量的关系如 Figure 6 所示, 两组胶片扫描方式获取的影像像素值最大偏差为 3.93%。

3 讨论

传统的胶片刻度方法由于受冲洗条件限制, 一般将不同的剂量刻度段在同一张胶片上采取分段或者阶梯的方式照射, 这一方法存在的一个弊端是由于受相邻照射野刻度胶片时漏射线和散射线的剂量影响, 胶片实际受到的照射剂量要大于电离室监测到的剂量, 本文采用将胶片切割后单独照射的方式进行剂量刻度, 很好地解决了这一问题, 同时由于刻度胶片是从同一张胶片切割而来, 所以不同剂量刻度片的物理特性是一致的, 不会因为单独照射刻度片而引进误差。通过对 EBT2 胶片剂量仪在不同扫描光源下的剂量响应特性研究分析, 发现使用 FilmQA 软件分离胶片 RGB 影像得到的红光影像的剂量响应敏感性要高于绿光和蓝光影像, 在实验设定的 0~280cGy 剂量范围内, 剂量响应敏感性依次是 109.8、88.1 和 29.9, 红光通道下敏感性是蓝光通道下的 3 倍多, 这就提示我们在放疗常见的剂量范围内, 使用红光扫描光源或者使用软件提取红光通道胶片影像能够获得最高敏感性的剂量结果。通过本研究我们发现胶片影像像素值与吸收剂量的关系是非线性的, 使用三次多项式拟合不同光源通道下的剂量响应曲线, 曲线拟合判定因子都大于 0.99, 表明使用三次多项式能够满足“像素值—剂量响应”曲线拟合的要求, 由于采用“像素值—剂量响应”方法建立的剂量刻度曲线非线性, 这就使得在实际应用中必须注意测量胶片的最大剂量值要在剂量响应曲线刻度的最大剂量范围内。

要对 IMRT 进行准确的剂量测量, 验证系统本身的 QA 是非常重要的^[1], 本文针对基于辐射自显影胶片 EBT2 的剂量验证系统的稳定性分析主要测试了 Uniscan C880 扫描仪的扫描重复性, 从结果来看, Uniscan C880 具有较好的扫描重复性, 能够用于 IMRT 剂量验证; 由于 FilmQA 分析软件本身具备扫描不均匀性校正功能, 能够修正由扫描光源和胶片散射光引起的扫描图像不均匀, 因而在本文中未对扫描仪的不均匀性进行测量。胶片放置方式的不同会对扫描仪的读数产生很大的影响, 使用相同的方向放置剂量刻度胶片和测量胶片能够避免这一误差的发生^[5,6]。

总之, 辐射自显影胶片 EBT2 有自己的性能特点, 在实际的临床剂量验证使用时要加以正确认识, 以提高测量结果的准确性, 基于 EBT2 的剂量验证系统稳定性可靠, 且其价格低廉, 值得推广使用。

参考文献:

- [1] Chen WJ, Di XY. Progress in dose verification in intensity modulated radiotherapy [J]. Journal of Chinese Oncology, 2011, 17(1): 67-70. [陈维军, 狄小云. 调强放疗的剂量学验证研究进展[J]. 肿瘤学杂志, 2011, 17(1): 67-70.]
- [2] Ma JL, Jiang GL. Effects of chemical processing time on the reproducibility of film dosimetry and its optimization [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2005, 14(6): 514-518. [马金利, 蒋国梁. 冲洗时间因素对胶片剂量的影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2005, 14(6): 514-518.]
- [3] Ganapathy K, Kurup PG, Murali V, et al. A study on comparison of Gafchromic EBT2 film response under single and cumulative exposure conditions[J]. J Med Phys, 2013, 38(4): 173-177.
- [4] Natanasabapathi G, Bisht RK. Verification of Gamma Knife extend system based fractionated treatment planning using EBT2 film[J]. J Med Phys, 2013, 40(12): 122104.
- [5] Zhang K, Xie LL, Zhang ZZ, et al. Development of multi-layer radiochromic film dose verification system [J]. China Medical Equipment, 2014, 11(2): 1-5. [张可, 谢玲灵, 张中柱, 等. 多层放射性铬胶片剂量验证系统的研制[J]. 中国医学装备, 2014, 11(2): 1-5.]
- [6] Li Q, Li GJ, Han J, et al. Dose calibration for film in IM-RT verification[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2007, 16(5): 384-385. [李勤, 李光俊, 韩军等. 调强验证中胶片刻度方法的研究 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2007, 16(5): 384-385.]

中国医师协会胸外科医师分会 2015 年会/ 第六届全国胸外科大会暨第八届浙江省胸部肿瘤论坛 会议预告及征文通知

中国医师协会胸外科医师分会 2015 年会/第六届全国胸外科大会暨第八届浙江省胸部肿瘤论坛将于 2015 年 6 月 12 日~14 日在杭州举行。本次大会由中国医师协会、中国医师协会胸外科医师分会主办, 浙江省肿瘤医院、浙江医院、中国人民解放军第 117 医院承办, 肿瘤学杂志社、浙江省癌症中心、浙江省抗癌协会协办。

大会将着重围绕胸外科各领域的新理论、新概念、新技术和新方法进行探讨, 并针对胸外科及相关领域热点问题进行多种形式的交流。大会对全程参会者经考试合格后将授予国家级 I 类继续教育学分 8 分。会议注册费(含资料费): 会员注册费 600 元/人; 非会员注册费 1000 元/人; 会议期间食宿统一安排, 费用自理。欢迎胸外科专科医师、胸部肿瘤相关专业医生及研究人员、学生及研究生等踊跃投稿与积极参会。

征文要求:

(1) 胸部肿瘤专业相关学术论文均可投稿, 投稿一律通过电子邮件提交, 文稿以附件形式发送至 hdxblt@163.com, 提交全文的同时必须有 500~800 字以内的中文摘要。主页上请注明第一作者的姓名、单位、科室、地址、邮编、联系电话、手机号码等, 邮件主题请标注为“中国医师协会胸外科医师分会 2015 年会投稿”。

(2) 所有投稿论文均将编入大会论文集, 大会学术委员会将组织专家对论文进行同行评议, 择优组织专题报道, 刊登于《中国肿瘤》和《肿瘤学杂志》。截稿日期: 2015 年 4 月底。请作者自留底稿!