

辐射自显影胶片 EBT2 在单次曝光与多次曝光条件下的剂量学研究

葛 宁, 韩栋梁, 辜石勇

广州军区武汉总医院放疗中心, 湖北 武汉 430070

【摘要】目的:研究辐射自显影胶片 EBT2 在全身放射治疗的剂量测量中单次辐照与多次累积辐照后的剂量学稳定性, 从而判断是否可用单张胶片记录多次治疗中的累积剂量。**方法:**对 3 张胶片分别给予 200 cGy、400 cGy、800 cGy 的辐照, 分别在照射后 10 h~96 h 内进行多次测量, 观察黑化时间对胶片剂量的影响; 对 3 张胶片分别给予 100 cGy、150 cGy、200 cGy 的辐照, 每天重复扫描 5 次共扫描 4 d, 并与第 1 次扫描结果相比较, 分析重复扫描对胶片剂量的影响; 将 EBT2 胶片分为 2 组, 一组每日分别给予 100 cGy、150 cGy、200 cGy 的剂量照射, 累计重复 4 d; 另一组分别一次性给予 200 cGy、300 cGy、400 cGy、450 cGy、600 cGy、800 cGy, 比较接受相同剂量不同照射方式下的胶片剂量。**结果:**辐照 4 d 后的胶片剂量相比于辐照 24 h 后的剂量要高 2%~3%; 累积照射 4 d 后的胶片剂量相比于单次接受同等剂量要低 1.5%~2.5%。同时也发现扫描仪的灯光对胶片剂量并不产生明显影响。**结论:**辐射自显影胶片 EBT2 可以用于多次照射后累积剂量的测量。

【关键词】EBT2 胶片; 全身照射; 单次曝光; 多次曝光; 剂量稳定性

【中图分类号】R811.1

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2015)04-0595-04

Dosimetric study on autoradiography films EBT2 under single-exposure and multi-exposure

GE Ning, HAN Dong-liang, GU Shi-yong

Department of Radiotherapy, Wuhan General Hospital of Guangzhou Military Command, Wuhan 430070, China

Abstract: Objective To evaluate the possibility of EBT2 films used for measuring accumulated dose of multiple fractionated radiotherapy by investigating the dosimetric stability of autoradiography films EBT2 undergoing single-exposure and multi-exposure during the general radiotherapy. **Methods** Three EBT2 films were irradiated by 200 cGy, 400 cGy, 800 cGy separately, and then multiple measurements were underwent in 10-96 hours after the exposure to observe the effect of darken time on the dosage of films. Another three EBT2 films were irradiated by 100 cGy, 150 cGy, 200 cGy separately, and the films were scanned 5 times a day and scanned for 4 days to analyze the effect of repeated scans on the dosage of films by comparing with the first scanning result. EBT2 films were divided into two groups. One group was irradiated by 100 cGy, 150 cGy, 200 cGy respectively per day for continuous 4 days, while the other group was irradiated by 200 cGy, 300 cGy, 400 cGy, 450 cGy, 600 cGy, 800 cGy in one time. And then the dosage of films which were delivered the same dose under different ways of exposure were compared. **Results** The dosage of films which were irradiated for continuous 4 days was 2%-3% higher than that of films irradiated for 24 hours, and 1.5%-2.5% lower than that of films which were delivered the same dose under single-exposure. Meanwhile, the light of the scanner had no obvious influence on the dosage of films. **Conclusion** Autoradiography films EBT2 can be used for measuring accumulated dose of multi-exposure.

Key words: EBT2 film; general radiotherapy; single-exposure; multi-exposure; dosimetric stability

前言

辐射自显影胶片 EBT2 (International Specialty Products Corporation, Wayne, NJ) 由于其空间分辨率高、胶片均匀性好、与人体组织等效、免冲洗自显影

等优点, 广泛应用于放射治疗的剂量测量与质量控制^[1-7]。本课题将研究 EBT2 胶片在全身光子线照射中的剂量测量及多次照射后的剂量稳定性。常规全身光子束治疗 (Total Body Irradiation, TBI) 方案为: 总照射剂量 12 Gy, 分次照射剂 1.5 Gy, 共 8 次^[8], 治疗时间共 4 d, 2 次/d。测量安排在每天首次治疗中, EBT2 胶片被裁剪为 3 cm×3 cm 大小, 装入带有 Bolus

【收稿日期】2015-02-10

【作者简介】葛 宁(1982-), 女, 硕士研究生, 物理师。Tel: 18507178515; E-mail: cindy0371@163.com。

的胶袋中,并放置于患者不同身体部位。由于 EBT2 胶片对室内灯光不敏感,使得将其重复用于患者的剂量测量成为可能。目前已有学者研究过 EBT2 胶片的剂量准确性、重复性以及剂量线性^[9-10]。关于 EBT2 胶片重复利用的报道尚未检索到。如果 EBT2 胶片能被重复使用,则可以利用单张胶片记录患者整个治疗过程中的剂量,每次测量后的扫描图像可以作为该患者的永久剂量学数据储存,同时也降低了患者的治疗费用。基于此背景,本课题研究了单次曝光与多次曝光条件下 EBT2 胶片的剂量特征。

1 材料与方法

为减少实验误差,本研究中 EBT2 胶片均取自同一批次,将一大张 EBT2 胶片切成 3 cm×3 cm 大小并依次编号,将胶片水平居中按同一方向放置于 30 cm×30 cm 固体水模体内 5 cm 深度处,源到胶片距离 100 cm,照射野设定为 (10×10) cm²。所测胶片均采用爱普生 10 000 XL 平板扫描仪 (Epson America Inc. Long Beach, CA, USA),扫描条件及标准采用 EBT2 胶片商家推荐。将照射后的胶片放置于不透光的盒子中并放置 24 h 以使胶片显影稳定,扫描采用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 300 dpi。数据分析使用 FilmQA 剂量分析软件。

1.1 黑化时间对胶片剂量的影响

当 EBT2 胶片被辐照后由于光化学作用胶片中的单体开始发生聚合反应,其颜色也由最初的浅黄色慢慢变黑,但这种黑化过程不会立即达到饱和状态而是持续进行。EBT2 胶片所接受的剂量通过光学密度来度量,即通过扫描仪测量胶片的黑化程度。因此辐照后的胶片通常需要放置一段时间^[10](商家推荐不超过 24 h)。如果将胶片进行多次重复使用,则需研究在 24 h~96 h 的胶片黑化作用对剂量的影响。因此本研究同时对 3 张胶片分别给予 200 cGy、400 cGy、800 cGy 的辐照,并分别在照射后 10 h~96 h 内进行多次测量。

1.2 重复扫描对胶片剂量的影响

如果要重复使用 EBT2 胶片并用它来记录患者多次照射后的累积剂量,EBT2 胶片必须在每次辐照后接受扫描仪扫描。扫描灯光是否对 EBT2 胶片有影响? 本研究对 3 张胶片分别给予 100 cGy、150 cGy、200 cGy 的辐照,每天重复扫描 5 次共扫描 4 d,并将这些扫描结果与第 1 次扫描结果相比较,分析重复扫

描对胶片剂量的影响。

1.3 单次辐照与多次辐照的剂量比较

为测试 EBT2 胶片是否可以在长达 4 d 的时间内被反复多次重复使用,本研究将 EBT2 胶片分为两组:一组为单次辐照组(SF);另一组为累积辐照组(CF)。3 张累积辐照胶片 CF100、CF150、CF200 每天分别给予 100 cGy、150 cGy、200 cGy 的照射一次共 4 d,剂量测量安排在下次照射前。单次辐照组共 6 张胶片 SF200、SF300、SF400、SF450、SF600、SF800,分别一次性给予 200 cGy、300 cGy、400 cGy、450 cGy、600 cGy、800 cGy 的照射。

2 结果

2.1 黑化时间对胶片剂量的影响

在实验过程中分别使用了 3 张 EBT2 胶片,分别曝光于 200 cGy、400 cGy 和 800 cGy。在曝光过后的 96 h 内分不同时段分别测试 3 张胶片。比较同一张胶片在曝光后 24 h 和 96 h 的测试数据。在整个研究时长里 EBT2 胶片始终存在黑化过程,但在实验的后段时间里这种黑化速率已较早期减慢。相较于 24 h 的测试数据,同一张胶片在 96 h 后的测试数值增加了 2%~3%(图 1)。

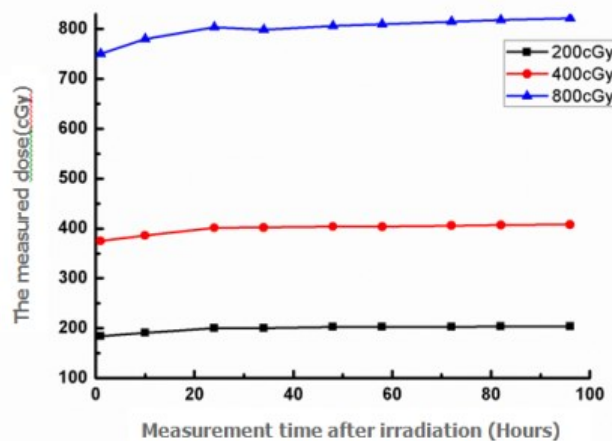


图 1 黑化时间对胶片剂量的影响

Fig.1 Effects of darken time on the dosage of films

2.2 重复扫描对胶片剂量的影响

对所有 3 张胶片每天 5 次重复扫描显示读数差别非常小,最大偏差是 0.3 cGy(图 2)。

2.3 单次曝光和多次曝光对胶片剂量的影响

被 100 cGy 重复曝光 2 次~4 次的胶片 CF100 测试的读数分别为 207 cGy、307 cGy 和 416 cGy,而单

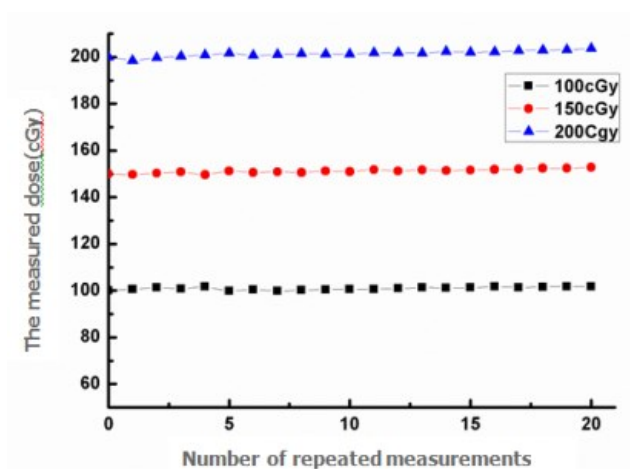


图 2 重复扫描对胶片剂量的影响

Fig.2 Effects of multiple scanning on the dosage of films

次曝光 200 cGy、300 cGy 和 400 cGy 的 2 张胶片 SF200、SF300、SF400 测试的读数分别为 205 cGy、316 cGy 和 425 cGy(图 3)。

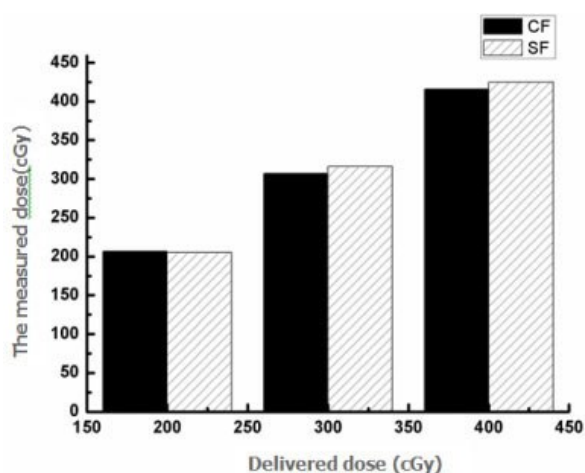


图 3 累次曝光 CF100 与单次 SF200、SF300、SF400 曝光剂量比较

Fig.3 Dosage comparison of multi-exposure CF100 with single-exposure SF200, SF300, SF400

被 150 cGy 重复曝光 2 次~4 次的胶片 CF150 测试的读数分别为 304 cGy、463 cGy 和 620 cGy, 而单次曝光 300 cGy、450 cGy 和 600 cGy 的 3 张胶片 SF300、SF450、SF600 测试的读数分别为 307 cGy、472 cGy 和 630 cGy(图 4)。

被 200 cGy 重复曝光 2 次~4 次的胶片 CF200 测试的读数分别为 403 cGy、623 cGy 和 820 cGy, 而单次曝光 400 cGy、600 cGy 和 800 cGy 的 3 张胶片 SF400、SF600、SF800 测试的读数分别为 408 cGy、624 cGy 和 840 cGy(图 5)。

被 400 cGy 单次曝光的胶片 SF400, 4 d 后测试的结果比以 100 cGy 重复曝光 4 次后的读数高 2.16%, 而

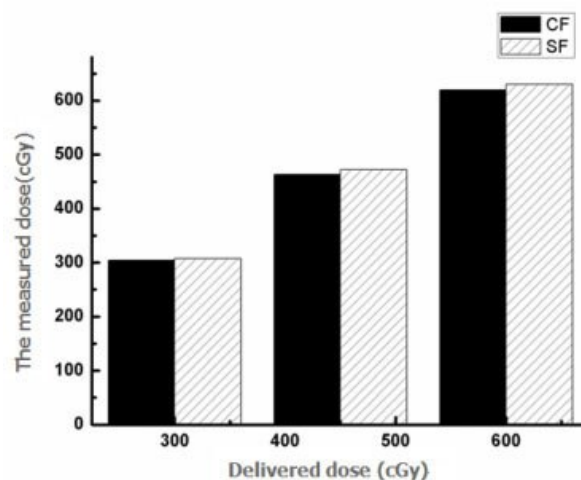


图 4 累次曝光 CF150 与单次 SF300、SF450、SF600 曝光剂量比较

Fig.4 Dosage comparison of multi-exposure CF150 with single-exposure SF300, SF450, SF600

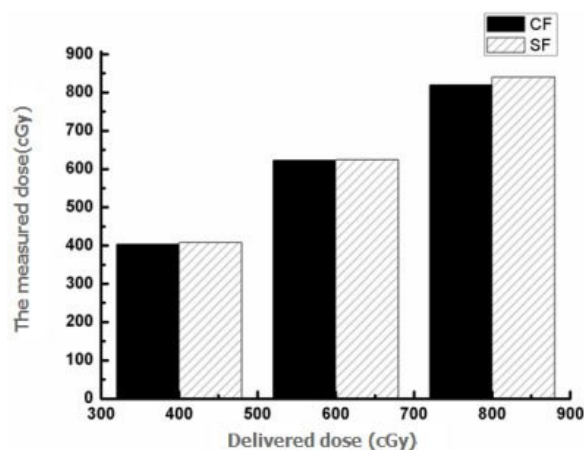


图 5 累次曝光 CF200 与单次 SF400、SF600、SF800 曝光剂量比较

Fig.5 Dosage comparison of multi-exposure CF200 with single-exposure SF400, SF600, SF800

单次曝光 600 cGy 的胶片 SF600 比以 150 cGy 剂量重复曝光 4 次后的读数高 1.61%, 800 cGy 剂量的实验数据表明单次曝光比分 4 次曝光读数高 2.44%。

3 讨论

通过研究发现扫描仪的灯光对 EBT2 胶片剂量的读数没有明显的影响。对接受相同剂量辐照的胶片研究发现单次曝光和多次曝光后的测试读数是有所区别的, 通常单次照射后的读数要略高于重复多次曝光。这说明 EBT2 胶片照射后有持续黑化效应, 并且此效应随时间延长而减弱。在对不同时间辐照后的胶片连续测量数据也很好证明了此点。

在对曝光时间超过 96 h 的 EBT2 胶片的研究中, 我们也观察到聚合物反应导致的黑化过程, 并且此过程超过 24 h。考虑到单次照射的黑化效应要高于

重复照射,因此很好地说明为什么本次试验3张胶片分4次照射较单次照射的读数要低1.5%~2.5%。

本研究中照射范围内的剂量是均匀的,然而在日常放射治疗QA检测中会包含非均匀区域。例如IMRT病人的QA,EBT2胶片经常用于测试复杂且含有高梯度的剂量分布,因此目前不推荐EBT2用于累积剂量的测量^[11-14]。用于测量全身照射的EBT2胶片通常被裁剪成2 cm×2 cm大小,在这个范围内的剂量可以被认为是均匀的,因此EBT2胶片可以用于全身照射患者累积剂量的测量。

4 结 论

本次试验通过研究EBT2胶片以相同剂量在单次曝光和重复曝光下的区别,以此来分析重复曝光环境下EBT2胶片读数的可信度。同时也研究了曝光后持续黑化效应和重复扫描对胶片剂量的影响。曝光后持续的黑化效应会延续超过24 h,而重复读数对实验结果的影响可以忽略不计。

实验结果表明可以用一张EBT2胶片测量整个全身治疗中的累积剂量,但是EBT2胶片不太适用于非均匀剂量的环境。

【参考文献】

- [1] Aland T, Kairn T, Kenny J, et al. Evaluation of a Gafchromic EBT2 film dosimetry system for radiotherapy quality assurance[J]. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2011, 34(2): 251-260.
- [2] 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.
Li Q, Li GJ, Han J, et al. Study of film scaling method in IMRT verification[J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2007, 16(5): 384-385.
- [3] 周颖娟, 黄劲敏, 邓小武. 辐射显色剂量胶片的特性及其在放射医学的应用[J]. *国际肿瘤学杂志*, 2007, 34(1): 28-30.
Zhou YJ, Huang SM, Deng XW. Characteristics of radiochromic film and its applications in radiation dosimetry[J]. *Journal of International Oncology*, 2007, 34(1): 28-30.
- [4] Richley L, John AC, Coomber H, et al. Evaluation and optimization of the new EBT2 radiochromic film dosimetry system for patient dose verification in radiotherapy[J]. *Phys Med Biol*, 2010, 55(9): 2601-2617.
- [5] Schneider F, Polednik M, Wolff D, et al. Optimization of the Gafchromic EBT protocol for IMRT QA[J]. *Z Med Phys*, 2009, 19(1): 29-37.
- [6] 蔡汉飞, 裴元吉, 沈学明, 等. 高能光子相对输出因子的测量与分析[J]. *中国医学物理学杂志*, 2009, 26(4): 1273-1276.
Cai HF, Pei YJ, Shen XM, et al. Measurement and analysis of relative output factor for high energy photons[J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2009, 26(4): 1273-1276.
- [7] 蔡汉飞, 沈学明, 李贵. 基于辐射自显影胶片的多叶准直器校准[J]. *中国医疗设备*, 2009, 24(7): 141-144.
Cai HF, Shen XM, Li G. Calibration of multi-leaf collimator with gafchromic EBT film[J]. *China Medical Equipment*, 2009, 24(7): 141-144.
- [8] Ganapathy K, Kurup PG, Murali V, et al. Patient dose analysis in total body irradiation through *in vivo* dosimetry[J]. *J Med Phys*, 2012, 37(4): 214-218.
- [9] Su FC, Shi C, Papanikolaou N. Clinical application Gafchromic EBT film for TBI *in vivo* dose measurements of total body irradiation radiotherapy[J]. *Appl Radiat Isot*, 2008, 66(3): 389-394.
- [10] Devic S, Aldelaijan S, Mohammed H, et al. Absorption spectra time evolution of EBT-2 model Gafchromic film[J]. *Med Phys*, 2010, 37(5): 2207-2214.
- [11] Kairn T, Hardcastle N, Kenny J, et al. EBT2 radiochromic film for quality assurance of complex IMRT treatments of the prostate: Micro-collimated IMRT, RapidArc, and TomoTherapy[J]. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2011, 34(3): 333-343.
- [12] Hu Y, Wang Y, Fogarty G, et al. Developing a novel method to analyse Gafchromic EBT2 films in intensity modulated radiation therapy quality assurance[J]. *Australas Phys Eng Sci Med*, 2013, 36(4): 487-494.
- [13] Grofsmid D, Dirkx M, Marijnissen H, et al. Dosimetric validation of a commercial Monte Carlo based IMRT planning system[J]. *Med Phys*, 2010, 37(2): 540-549.
- [14] Anjum MN, Parker W, Ruo R, et al. Evaluation criteria for film based intensity modulated radiation therapy quality assurance[J]. *Phys Med*, 2010, 26(1): 38-43.
- [7] Cashmore J. The characterization of unflattened photon beams from a 6 MV linear accelerator[J]. *Phys Med Biol*, 2008, 53(23): 1933-1946.
- [8] Kragl G. Dosimetric characteristics of 6 and 10 MV unflattened photon beams[J]. *Radiother Oncol*, 2009, 93(9): 141-146.
- [9] Dawson LA, Normolle D, Baker JM, et al. Analysis of radiation-induced liver disease using the Lyman NTCP model [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2002, 53(4): 810-821.
- [10] Fu WH. Delivery time comparison for intensity-modulated radiation therapy with/without flattening filter: A planning study[J]. *Phys Med Biol*, 2004, 49(5): 1535-1540.
- [4] 梁世雄, 蒋国梁. 原发性肝癌三维适形放疗后放射性肝病的影响因素[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2005, 14(4): 284-288.
Liang SX, Jiang GL. Risk factors of radiation-induced liver disease after three-dimensional conformal radiotherapy for primary liver carcinoma[J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2005, 14(4): 284-288.
- [5] Feuvret L, Noel G, Mazeron J, et al. Conformity index: A review[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2006, 64(2): 333-342.
- [6] Nicolini G, Fogliata A. Radiosurgery with unflattened 6-MV photon beams[J]. *Med Phys*, 1991, 18(10): 118-200.

(上接594页)