

基于一种插值算法的金球位置追踪方法

程秀艳¹, 胡逸民²

1. 河南省肿瘤医院, 河南 郑州 450008; 2. 中国医学科学院/北京协和医科大学肿瘤医院放射治疗中心, 北京 100021

【摘要】目的:建立一种算法,从低空间分辨力二维电离室矩阵测得的预埋有金球的穿过模体的剂量分布中读取金球投影位置坐标。**方法:**(1)利用Octavius 729二维电离室矩阵测得穿过埋有金球的模体的剂量分布;(2)采用一种插值算法将得到的低空间分辨力的剂量分布转换成高空间分辨力的剂量分布;(3)在得到的高空间分辨力的剂量分布上自编算法读取模体内金球投影位置坐标;(4)将得到的金球投影位置坐标与用高空间分辨力EPID图像得到的金球投影位置坐标进行比较。**结果:**在模体中共有3个金球,在机架角为0°条件下进行测量,计算得到3个金球的投影位置坐标,与金球实际投影位置坐标的最大偏差为2.5 mm,最小偏差为0.1 mm。**结论:**该插值算法及所编软件可以用于低空间分辨力二维电离室矩阵读取预埋于体内金球的投影位置识别,且软件操作方便快捷,结果可靠。

【关键词】二维电离室矩阵;插值算法;金球;剂量分布;投影位置坐标;位置追踪方法

【中图分类号】R815

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2016)03-0304-04

Gold markers location tracking method based on interpolation algorithm

CHENG Xiu-yan¹, HU Yi-min²

1. Henan Tumor Hospital, Zhengzhou 450008, China; 2. Radiation Oncology Center, Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Science/Peking Union Medical College, Beijing 100021, China

Abstract: Objective To develop an algorithm for obtaining the projection positions' coordinates from the dose distribution of the phantom with pre-implanted gold marker. The dose distribution was measured by using two-dimensional (2D) ionization chamber array of low spatial resolution. **Methods** The dose distribution of the phantom with pre-implanted gold makers was measured by using 2D ionization chamber array of Octavius 729. The measured dose distribution of low spatial resolution was converted into a dose distribution of high spatial resolution by using an interpolation algorithm. Based on the dose distribution of high spatial resolution, self-compiled algorithm was applied to read the projected positions' coordinates of gold markers. The read coordinates were compared with the coordinates obtained by using the electronic portal imaging device image of high spatial resolution. **Results** With the gantry angle at 0°, the measurement was performed for the phantom with 3 pro-implanted gold markers. The projected positions' coordinates of gold markers were calculated. The maximum deviation between the calculated coordinates and practical coordinates was 2.5 mm, and the minimum deviation was 0.1 mm. **Conclusion** The interpolation algorithm and self-compiled software can be used in 2D ionization chamber array of low spatial resolution to locate the projected positions of pre-implanted gold markers, with convenient and fast operation, and reliable results.

Key words: two-dimensional ionization chamber array; interpolation algorithm; gold marker; dose distribution; projected position's coordinate; location tracking method

前言

调强适形放射治疗技术能够造成高适合度的靶

区适形剂量分布和避免周围器官的高量照射,但因器官和组织的运动,有可能使高度适形的剂量分布偏离靶区^[1]。因此需要建立照射中的靶区位置和靶区剂量分布的实时跟踪[Real Time Imaging Guide RT (rIGRT)/Real Time Dose Guide RT (rDGRT)]。目前用于靶区位置和剂量监测的射野影像系统主要有非晶硅平板,它具有很高的灵敏度和空间分辨力^[2-3],但

【收稿日期】2015-10-19

【作者简介】程秀艳(1988-),女,物理师。Tel: 18539245975; E-mail: rgxlm123@163.com。

【通信作者】胡逸民,教授,首席专家。E-mail: yiminhu888@163.com。

由于其辐射耐受力很差,不能长期用于治疗中的射野位置监测和剂量监测^[4-8];另一类射野影像系统如二维电离室矩阵^[9-10],其灵敏度较高,辐射耐受力高,但因其电离室体积的限制,导致其空间分辨力较低。本研究试图建立一种算法,将低空间分辨力图像转换为高空间分辨力图像,并用于预埋模体内金标记投影位置测量比较。

1 材料和方法

1.1 材料

Elekta Synergy Platform 直线加速器、Alderson Rando胸部模体、3个直径为0.3 cm的金球、PTW公司的二维电离室矩阵 Octavius 729 以及其配套的剂量分析软件MEPHYSTO、非晶硅射野影像系统(Electronic Portal Imaging Device, EPID)(大小:41 cm×41 cm,像素:1024×1024)、等效固体水模体、程序使用 Matlab语言编写。

1.2 方法

本研究的方法和步骤是利用二维电离室矩阵 Octavius 729 得到穿过埋有金球的模体的剂量分布;然后采用一种插值算法将得到的低空间分辨力的剂量分布转换成高空间分辨力的剂量分布;在得到的高空间分辨力的剂量分布上自编算法读取模体内金球位置的投影坐标;将得到的金球投影位置坐标与直接用高分辨力的EPID图像得到的金球投影位置坐标进行比较。

1.2.1 实验设置 将埋有金球的 Alderson Rando 胸部假体置于加速器的治疗床上,按标记的摆位参考标记线来进行摆位,使等中心落于中间层面的金球处,然后将二维电离室矩阵 Octavius 729 置于与 EPID 的相同位置(SSD=160 cm)处,用等效固体水作为反散射材料置于其下,连接电缆。加速器条件为:机架角置于0°,能量6 MV,照射100 MU,得到此时的剂量分布。然后将二维电离室矩阵 Octavius 729 和等效固体水撤去,用EPID拍摄相同位置(SSD=160 cm)处的穿过埋有金球的 Alderson Rando 胸部假体的片子,加速器条件与上述相同:机架角置于0°,能量6 MV,照射100 MU。

1.2.2 图像处理 (1)将用二维电离室矩阵 Octavius 729(5 mm edge-to-edge)得到的穿过埋有金球的模体的低空间分辨力的剂量分布矩阵,通过双立方插值算法^[11]插值成1024×1024大小的矩阵,将其转换成高空间分辨力的剂量分布矩阵。双立方卷积插值是利

用待采样点周围16个点的值作3次插值,不仅考虑到4个直接相邻点的值的影响,而且考虑到各邻点间数值变化率的影响^[12-13]。这种算法需要选取插值基函数来拟合数据,其数学表达式如下:

$$1-2w^2+w^3, w<1$$

$$S(w)=4-8w+5w^2-w^3, 1\leq w\leq 2$$

$$0, w>2$$

双立方插值公式如下: $f(i+u, j+v)=ABC$ (其中, A 、 B 、 C 均为矩阵);

A 、 B 、 C 形式如下:

$$A=S(1+u)S(u)S(1-u)S(2-u)$$

$$f(i-1, j-2)f(i, j-2)f(i+1, j-2)f(i+2, j-2)$$

$$B=f(i-1, j-1)f(i, j-1)f(i+1, j-1)f(i+2, j-1)$$

$$f(i-1, j)f(i, j)f(i+1, j)f(i+2, j)$$

$$f(i-1, j+1)f(i, j+1)f(i+1, j+1)f(i+2, j+1)$$

$$C=S(1+v)S(v)S(1-v)S(2-v)^T$$

其中, $f(i, j)$ 表示源图像。

(2)由于金球的密度很高,射线穿过金球会造成大幅度衰减,造成金球投影位置附近的点剂量偏低,但是在半影区(射野宽度80%外)范围内,剂量也会明显的跌落,所以在此范围内金球投影位置无法辨认。在射野宽度的80%范围内,先采用圆曲率识别算法,设置圆曲率和最小图形面积对图像上的圆形进行甄别,遴选出符合圆曲率面积大于最小面积的图形并计算其圆心的坐标位置;然后自编算法,设置阈值,找出剂量偏低的点的区域,算出该区域点的平均剂量,再算出其周围点的平均剂量,两个平均剂量的差值(即跌落的幅度)大于5%的区域考虑为金球的投影位置,算出其中心的投影位置坐标;然后将两种方法得到的投影位置坐标取其交集,即为金球投影位置坐标,如图1所示。

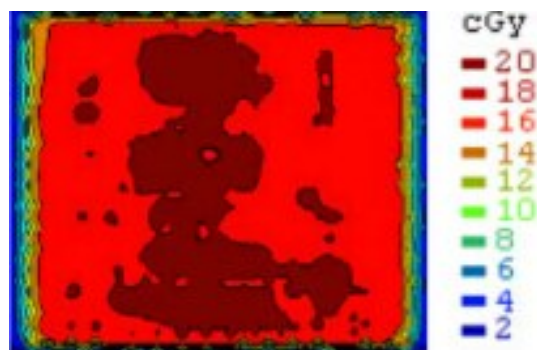


图1 用双立方插值算法插值后的高密度剂量分布图

Fig.1 High density dose distribution after interpolation by using bicubic interpolation algorithm

(3)将用EPID拍摄的穿过埋有金球的胸部假体的片子进行处理,获得金球投影位置的坐标,此算法是在田龙等^[14-15]研究基础上改进完善的,程序软件界面如图2所示,程序包括以下步骤:①程序首先逐行逐列对每个像素点进行分析判断,处理过的点都会做相应标记。如果该点已经处理过,则处理下一个点;②判断该点像素值是否超过设定阈值,且与前一像素点像素值差值是否超过阈值,如果是,则该像素点可能为起始点,把该点坐标放入堆栈,并记录到点集中。然后进入While循环,处理堆栈中的点的信息;③While循环中首先判断堆栈是否为空,如果否(第一次因为加入了初始点,肯定为否),则取出最上层点,并查询该点上下左右4个相邻点。同样先判断

相邻点是否已经处理,若已经处理则跳过该相邻点。未处理则开始判断,并标记已处理;④依次判断相邻点的像素值是否超过金球像素值阈值,若是,则把该点放入堆栈,并记录到点集中。不是则不放入堆栈中,并处理下一个相邻点;⑤相邻点处理完毕后再次回到步骤4中,查询堆栈是否为空,并以此循环,直到堆栈为空;⑥堆栈为空后,说明该初始点附近,像素值高于金球阈值的相邻点都已经记录完毕。然后计算该点集大概形状,是否相似于圆形,且点集中点的数量在设定范围(金球大小和分辨率共同决定)内;⑦若是,则计算点集中心点坐标,得到一个金球坐标,若否,则是噪声点,舍弃;⑧回到步骤1继续处理,直到查询完所有像素点。

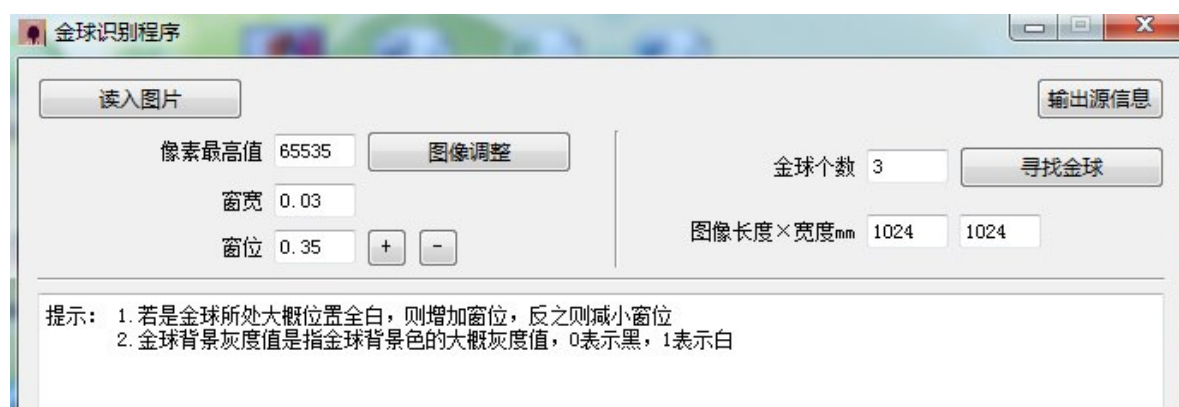


图2 自编的进行金球探测的软件界面

Fig.2 Interface of self-compiled software applied in gold markers' detection

2 结果

本研究中共有3个金球,在机架角为0°的条件下进行测量,所有3个金球的位置均可以计算得到,且得到的金球投影坐标与用基于EPID图像得到的金球投影位置坐标的最大偏差为2.5 mm,最小偏差为0.1 mm,如表1所示。

3 讨论

本研究中3个金球的投影坐标位置可以通过二

维电离室矩阵Octavius 729经过插值算法计算得到,且最大偏差在5 mm(2.5 mm对应点)之内,但是所采用的插值算法在高剂量梯度跌落较大区插值的剂量与实际的剂量偏差较大,较难符合3%和5%的剂量偏差的要求。任何一种插值方法都是对真实剂量分布的一种估计,由于插值造成的误差无法避免;而且由于双立方插值结果具有连续性的特点,对于两采样点之间剂量分布变化比较剧烈时,此插值方法的结果也会有较大偏差,所以不可能插值后的剂量分布

表1 插值方法与基于EPID图像得到的金球投影位置坐标比较

Tab.1 Comparison of projected positions' coordinates obtained by using interpolation method and electronic portal imaging device (EPID) image

Gold markers	Coordinate obtained by interpolation	Coordinate obtained by EPID image	Absolute deviation
P1	(0.18, 0.45)	(0.13, 0.02)	(0.05, 0.25)
P2	(0.14, -2.12)	(0.15, -2.20)	(0.01, 0.08)
P3	(3.10, 4.13)	(3.21, 4.17)	(0.11, 0.04)

与原始剂量分布完全一致^[16], 即计算的金球投影位置会有所偏差。

4 结 论

该插值算法及所编软件可用于低空间分辨力的二维电离室矩阵读取预埋于体内金球的投影位置的识别, 且软件操作方便快捷, 结果可靠。

【参考文献】

- [1] 胡逸民. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999: 538-541.
HU Y M. Radiation Oncology Physics [M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1999: 538-541.
- [2] Wouter V E, Leah M D, Sebastiaan N, et al. A literature review of electronic portal imaging for radiotherapy dosimetry [J]. Radiother Oncol, 2008, 88(3): 289-309
- [3] 张彦新, 戴建荣, 易俊林, 等. 应用EPID分析头颈部肿瘤调强放疗的摆位误差[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2008, 17(1): 39-42.
ZHANG Y X, DAI J R, YI J L, et al. Analyzing setup error with electron portal images device for head and neck tumors treated with intensity modulated radiation therapy [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2008, 17(1): 39-42.
- [4] 陈明伟, 邓小武, 黄绍敏, 等. 非晶硅电子射野影像用于放射治疗剂量学质量控制检验的应用[J]. 癌症, 2007, 26(11): 1272-1275.
CHEN M W, DENG X W, HUANG S M, et al. Application of amorphous silicon electronic portal imaging device (a-Si EPID) to dosimetry quality assurance of radiation therapy [J]. Chinese Journal of Cancer, 2007, 26(11): 1272-1275.
- [5] 孙彦泽, 谈友恒, 文万信. 非晶硅电子射野影像系统用于加速器照射野剂量学特性的研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2012, 32(4): 395-398.
SUN Y Z, TAN Y H, WEN W X. Study on dosimetric verification system based on amorphous silicon flat panel detector [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2012, 32(4): 395-398.
- [6] 徐寿平, 王石, 吴朝霞, 等. 应用EPID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.
XU S P, WANG S, WU Z X, et al. Study of dose-response for an amorphous silicon electronic portal imaging device [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2012, 29(3): 3380-3385.
- [7] VAN ZIJTVEIL M, DIRKX M, BREUERS M, et al. Portal dose image prediction for *in vivo* treatment verification completely based on EPID measurements [J]. Med Phys, 2009, 36(3): 946-952.
- [8] WENDLING M, LOUWE R J, MCDERMOTT L N, et al. Accurate two-dimensional IMRT verification using a back-projection EPID dosimetry method [J]. Med Phys, 2006, 33(2): 259-273.
- [9] 王运来, 戴相坤, 谢儒, 等. 二维电离室矩阵在调强放疗剂量验证中的应用[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2008, 17(2): 150-151.
WANG Y L, DAI X K, XIE J, et al. A 2D array seven29TM ionization chamber used in dose verification of IMRT [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2008, 17(2): 150-151.
- [10] 贾明, 轩纪天, 龙张梁, 等. Seven29TM二维电离室矩阵剂量学的评价[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2009, 18(1): 65-68.
JIA M, XUAN J T, LONG Z L, et al. Dosimetry evaluation of seven29TM two dimensional ion chamber array [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2009, 18(1): 65-68.
- [11] 程秀艳, 李明辉, 胡逸民, 等. 低密度剂量矩阵像高密度剂量矩阵转换算法的研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2015, 32(3): 397-400.
CHEN X Y, LI M H, HU Y M, et al. An algorithm study of converting a low density of 2D array dose distributions to a high density ones based on film dosimetry [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2015, 32(3): 397-400.
- [12] ELLENBERG J. Using math to turn lo-res datasets into hi-res samples [J]. Wired Magazine, 2010, 10(3): 135-137.
- [13] 王会鹏, 周莉莉, 张杰. 一种基于区域的双三次图像插值算法[J]. 计算机工程, 2010, 36(19): 216-218.
WANG H P, ZHOU L L, ZHANG J. Region-based bicubic image interpolation algorithm [J]. Computer Engineering, 2010, 36(19): 216-218.
- [14] 田龙, 李明辉, 胡逸民. 利用EPID图像金球位置自动跟踪算法研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2014, 31(4): 5038-5042.
TIAN L, LI M H, HU Y M. Study on automatically detecting the golden marker's position by using EPID images [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2014, 31(4): 5038-5042.
- [15] SANG-JUNE P, DAN I, FRED H, et al. Automatic marker detection and 3D position reconstructing cine EPID images for SBRT verification [J]. Med Phys, 2009, 36(10): 4536-4554.
- [16] 张建英. 插值对二维电离室矩阵调强验证Gamma通过率的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2010, 27(6): 2224-2226.
ZHANG J Y. The effort to gamma pass rates of interpolation during the 2D chamber array IMRT QA [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2010, 27(6): 2224-2226.