

DOI:10.3969/j.issn.1005-202X.2017.01.003

医学放射物理

## 一种同时测量鼻咽癌放疗剂量与几何畸变度的新型体模

朱远湖<sup>1</sup>, 王学涛<sup>1</sup>, 戴振晖<sup>1</sup>, 张白霖<sup>1</sup>, 招什武<sup>1</sup>, 杨耕<sup>1</sup>, 朱琳<sup>1</sup>, 蔡春雅<sup>1</sup>, 李飞<sup>1</sup>, 陈超敏<sup>2</sup>

1.广东省中医院放射治疗中心,广东 广州 510006;2.南方医科大学生物医学工程学院,广东 广州 510515

**【摘要】目的:**设计一种新型体模,既能根据实际条件测量鼻咽癌放疗剂量,又能同时测量图像几何畸变度。**方法:**采用对放疗剂量极其敏感的热释光材料,构建头颈部U型槽作为载体,模拟病人实际头颈部肿瘤的大小轮廓、解剖结构和位置,将各个小组件组装拼接,构建新型头颈部放疗剂量测量体模,实现鼻咽癌放疗剂量测量;采用该新型测量模型,将同种形状模块按照一定规律排列和变化,测量图像三维几何畸变度。**结果:**与传统鼻咽癌放疗剂量的测量体模相比,新型体模能够根据病人实际条件进行精确调整,精确测量病人实际受照射剂量;与传统图像几何畸变度体模相比,新型体模能提供更多新型测量模型和排列方式来测量畸变度,显著提高测量精度。**结论:**新型体模将剂量测量体模和畸变度测量体模有机结合,既能准确测量鼻咽癌放疗剂量,又能精确测量几何畸变度,简单实用,在临床实际应用有很好的推广价值。

**【关键词】**鼻咽癌;放疗剂量;几何畸变度;体模

**【中图分类号】**R197.39

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2017)01-0013-04

## A new phantom for measurement of radiotherapy dose and geometric distortion for nasopharyngeal carcinoma

ZHU Yuanhu<sup>1</sup>, WANG Xuetao<sup>1</sup>, DAI Zhenhui<sup>1</sup>, ZHANG Bailin<sup>1</sup>, ZHAO Shiwu<sup>1</sup>, YANG Geng<sup>1</sup>, ZHU Lin<sup>1</sup>, CAI Chunya<sup>1</sup>, LI Fei<sup>1</sup>, CHEN Chaomin<sup>2</sup>

1. Department of Radiotherapy, Guangdong Hospital of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China; 2. School of Biomedical Engineering, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

**Abstract: Objective** To design a new phantom for measuring the radiotherapy dose and geometric distortion for nasopharyngeal carcinoma (NPC). **Methods** A thermoluminescence material highly sensitive to radiotherapy dose was used to prepare a U-shaped cast of the head and neck that simulated the size, profile, anatomical structure, and location of the head and neck tumors of patients. The components were assembled into a phantom for measurement of the radiotherapy dosimetry on the head and neck and in the NPC loci. Using this phantom, the three-dimensional geometric distortion was measured after adjustments of the modules. **Results** Compared with the conventional phantom for measuring radiotherapy dose for NPC, this new phantom allowed precise adaptive adjustment for individual patients for accurate dose measurement. Compared with the conventional phantom for measuring geometric distortion, this phantom provided more models and more variable arrangements for measurement of the distortion degree to improve the measurement accuracy. **Conclusion** The new phantom that integrates the conventional dosimetry phantom and distortion measurement phantom can achieve more accurate and convenient measurement of radiotherapy dose and geometric distortion in NPC patients.

**Keywords:** nasopharyngeal carcinoma; radiotherapy dose; geometric distortion; phantom

### 前言

传统鼻咽癌剂量的测量仅使用结构无法调整的

测量体模,不能根据患者实际的头颈部来调整测量体模,无法达到因人而异的测量条件<sup>[1-2]</sup>。因此,测量剂量与病人实际接受到的剂量有较大差异。传统CT/MRI图像几何畸变度测量体模的测量模型结构简单、数量较少、排列缺乏规律性,因此图像几何畸变度的整体测量精确度较低<sup>[3]</sup>。另外,传统测量体模的测量功能单一,仅能测量放疗剂量或者图像几何

**【收稿日期】**2016-08-27

**【基金项目】**广东省科技计划项目(2015A020214013)

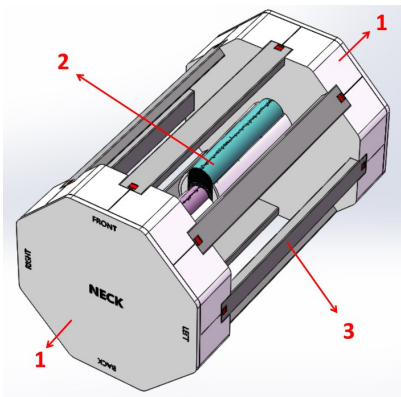
**【作者简介】**朱远湖,研究方向:肿瘤放射治疗,E-mail: 1275841716@qq.com

**【通信作者】**陈超敏,教授,E-mail: gzccm@fimmu.com

畸变度,即没有同时具备放疗剂量测量与CT/MRI图像几何畸变度测量这两种功能,工作中使用较为不便。为此,本研究创新设计了一套新型测量体模,此体模具备两种测量功能,既能测量鼻咽癌放疗剂量,又能测量CT/MRI图像几何畸变度,同时这两种测量功能较传统体模的测量方法均有较大创新。较传统鼻咽癌放疗剂量测量,新型的测量体模增加了模块大小形状调整的功能,最大程度模拟患者头颈部的实际形状,为剂量测量创造更加接近实际的测量条件,使得测量剂量与病人实际接受剂量相比较,更具实际临床应用推广价值<sup>[4-5]</sup>。较传统CT/MRI图像几何畸变度测量,新型的测量体模提供了更多数量和形状的测量模型,同种形状的测量模型按一定规律排列,形状的大小遵循相同的规律变化,这为CT/MRI图像几何畸变度测量提供更加精准的测量条件。

1 材料与方法

该新型测量体模包括基座、鼻咽癌放疗剂量测量组件、加强锁(图1)。基座内部设置有CT/MRI图像畸变测量模型和盖板,基座呈八边形,八边形基座的设计能确保体模在使用时的不同角度摆放。鼻咽癌放疗剂量测量组件模拟真实人体鼻咽部放疗,准确测量放疗剂量,能够更好地控制放疗剂量,提高放疗增益比<sup>[6]</sup>。CT/MRI图像畸变测量模型能够测量CT/MRI图像畸变度,根据畸变度能更加精确地确定肿瘤的大小和位置<sup>[7]</sup>。



1: Base; 2: Module for the measurement of radiotherapy dose for nasopharyngeal carcinoma; 3: Safety lock  
图1 新型体模整体结构

Fig.1 Structure of the designed phantom

1.1 鼻咽癌剂量测量体模结构设计

鼻咽癌放疗剂量测量组件包括鼻咽癌剂量测量U型槽、热释光片插值圆管、头颈部大小调节模块、咽部高度调节模块(图2~4)。U型槽分为头部U型槽和

颈部U型槽,分别用于放置头颈部热释光片插值圆管和咽部高度调节模块;热释光片插值圆管有不同规格,厚度均为3 mm,各种规格圆管能够套叠于一体,每个圆管上都布满小坑,小坑用于插值热释光片,圆管的中空结构模拟人体咽部的空腔部位;头颈部大小调节模块呈薄片状,厚度为2 mm,模拟人体头颈部形状,通过叠加或减少模块数量,调节头颈部大小,设计原理类似剥洋葱方法;咽部高度调节模块呈弧形状薄片,厚度为1 mm,用于调节热释光片插值圆管的位置,将模块放置于插值圆管上方和下方,通过调节模块数量来调节插值圆管在U型槽中的位置,使测量组件能够最大程度模拟实际条件进行测量<sup>[8-9]</sup>。

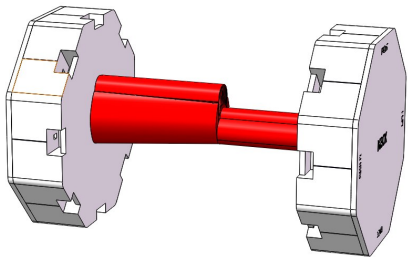


图2 鼻咽癌剂量测量组件(红色部分)  
Fig.2 Module for the radiotherapy dose measurement for nasopharyngeal carcinoma (the red)

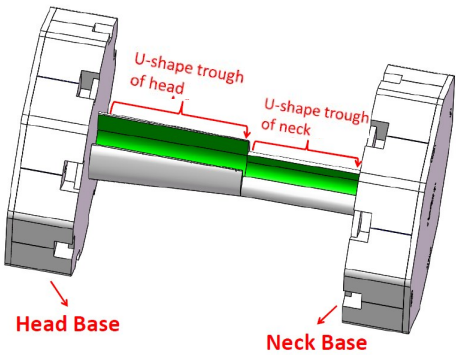


图3 鼻咽癌剂量测量U型槽  
Fig.3 U-shaped trough for the radiotherapy dose measurement for nasopharyngeal carcinoma

1.2 CT/MRI图像几何畸变度测量体模结构设计

圆锥体共17个,1个中心圆锥体,16个外周圆锥体,中心锥体底圆直径25 mm,拔模角度30°,外周圆锥体圆周阵列分布,底圆直径以2 mm从40~10 mm等量递减,拔模角度以1°从27°~12°等量递减(图5a)。

圆环体共11个,厚度均为5 mm,内圆直径以20 mm从40~240 mm等量递增,高度以4 mm从2~42 mm等量递增(图5a)。

长方体上排长方体共17个,水平长度均为10 mm,相邻长方体间距20 mm,垂直长度按2 mm从20~52 mm

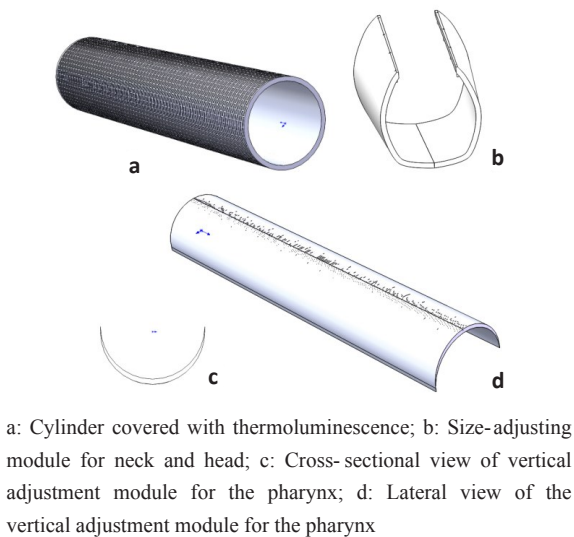


图4 鼻咽癌剂量测量组件

Fig.4 Module for radiotherapy dose measurement of nasopharyngeal carcinoma.

等量递增(从左到右),高度按2 mm从2~34 mm等量递增(从左到右);下排长方体共17个,水平长度均为10 mm,相邻长方体间距20 mm,垂直长度以1 mm从2~18 mm等量递增(从右到左),高度以1 mm从2~18 mm等量递增(从右到左)(图5b)。

圆柱体上排圆柱体共17个,相邻圆柱体间距20 mm,直径以1 mm从4~20 mm等量递增(从左到右),高度以1 mm从2~18 mm等量递增(从左到右);下排圆柱体共9个,相邻圆柱体间距40 mm,直径以2 mm从22~38 mm等量递增(从右到左),高度以2 mm从2~18 mm等量递增(从右到左)(图5b)。

1.3 体模加固锁

加强锁杆共8个,锁杆分别固定在NECK基座和HEAD基座上,均匀分布于两个基座之间,方便体模搬运和储存<sup>[10-11]</sup>(图6)。

2 使用方法及步骤

2.1 鼻咽癌剂量测量

如图7所示,A:将热释光片插值于热释光片圆管中;B:将插满热释光片的各个圆管套叠于一体;C:将圆管置于U型槽中,同时放置咽部高度调节模块,根据病人鼻咽部解剖结构调节圆管上下的模块数量,

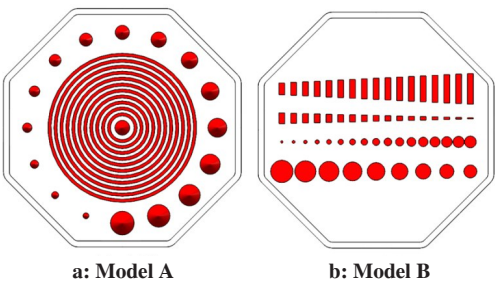


图5 CT/MRI图像几何畸变度测量模型

Fig.5 Measurement model of geometrical distortion in CT/MRI

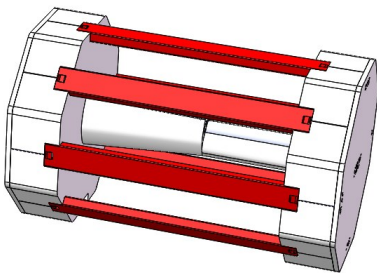


图6 体模加固锁(红色部分)

Fig.6 Safety lock (red components)

安置头颈部大小调节模块,根据病人头颈部大小调整模块数量<sup>[12]</sup>;D:将装置好的鼻咽部测量组件置于直线加速器下,模拟病人摆位,执行病人的放疗计划照射体模;E:取出热释光片进行热处理获取吸收剂量,记录每个热释光片的吸收剂量,整合所有测量点的剂量,算出鼻咽癌肿瘤部位的受照射剂量<sup>[13]</sup>。

头部和颈部剂量测量组件的组装原理相同,以头部剂量测量组件为例,详细介绍组装流程:(1)将热释光片插值于热释光片插值圆管的小坑,填满所有小坑;(2)将填满小坑的不同规格热释光片插值圆管套叠为一整体;(3)将套叠后的热释光片插值圆管置于头部U型槽,调节圆管底部和上部的咽部高度调节模块数量,调节头颈部大小调节模块的数量(类似剥洋葱);(4)至此,头部测量组件组装完成(图8)。

2.2 CT/MRI图像几何畸变度测量

将体模置于CT/MRI中扫描,得出影像资料,通过计算机将CT/MRI图像中模型的大小、位置和模型间的距离测量出来,采集多组数据,与实际数值作比较,算出期望和方差,即可得出畸变度。也即得知CT/MRI扫描出来的图像与实际物体存在的偏差度,根据畸变度可以更精确地得知肿瘤大小和位置<sup>[14-15]</sup>。



图7 鼻咽癌剂量测量流程图

Fig.7 Flow chart of radiotherapy dose measurement for nasopharyngeal carcinoma

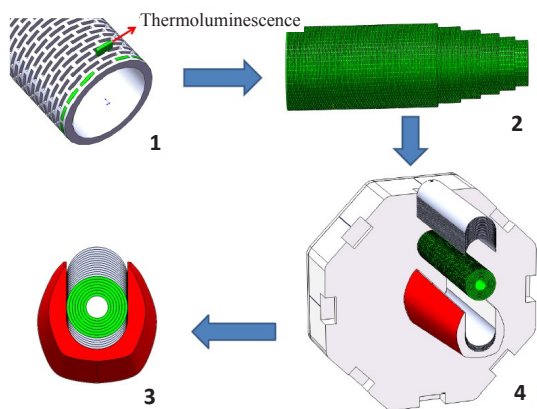


图8 鼻咽癌剂量组件组装流程图

Fig.8 Assembling of the modules for radiotherapy dose measurement for nasopharyngeal carcinoma

### 3 结论

临床上已经存在且也成熟应用的放疗剂量测量体模有很多,同样CT/MRI图像畸变度测量体模也有不少。但是,至今还没有能够根据患者头颈部大小和形状进行调整测量的体模,也未有如本设计构建的新型体模如此齐全、结构和排列如此精细的CT/MRI图像畸变度测量模型,也未发现能够集鼻咽癌放疗剂量测量与CT/MRI图像畸变度测量于一体的体模。虽然该新型体模式基于应用热释光片这种低效率的测量方式来测量放疗剂量,但是它能够很好地解决因人而异的辩证测量不同患者的放疗剂量问题,在实际临床应用有很好的推广价值。

### 【参考文献】

- [1] 王玉龙, 冯炎, 李龙根, 等. 鼻咽癌放疗中应用热释光探测器剂量测量方法的初步探讨[J]. 山西医药杂志, 2011, 40(9): 895-896.  
WANG Y L, FENG Y, LI L G, et al. Preliminary study on the dose measurement method of thermoluminescence detector used in nasopharyngeal carcinoma radiotherapy [J]. Shanxi Medical Journal, 2011, 40(9): 895-896.
- [2] 王学涛, 陈少文, 戴振晖, 等. 瓦里安加速器6 MV X线小野数据测量与计算比较[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2012, 21(6): 557-559.  
WANG X T, CHEN S W, DAI Z H, et al. Analysis and data comparison of Varian accelerator 6 MV in small field [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2012, 21(6): 557-559.
- [3] 王梦蛟. 锥束CT几何畸变校正和临床应用关键问题研究[D]. 北京: 清华大学, 2014.  
WANG M J. Study on the correction of geometric distortion of conic-beam CT and the key problems in clinical application [D]. Beijing: Tsinghua University, 2014.
- [4] 王锐濠, 张书旭, 张国前, 等. 局部晚期鼻咽癌调强放疗解剖体积变化及其对剂量分布的影响[J]. 广东医学, 2014, 35(1): 9-11.  
WANG R H, ZHANG S X, ZHANG G Q, et al. Anatomical volume changes of intensity modulated radiotherapy for locally advanced nasopharyngeal and its effect on dose distribution [J]. Guangdong Medical Journal, 2014, 35(1): 9-11.
- [5] 张达光, 蒋胜鹏, 李智华, 等. 鼻咽癌调强放疗中解剖结构改变及

剂量分布变化的研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2013, 30(4): 25-28.

ZHANG D G, JIANG S P, LI Z H, et al. Study on the changes of anatomical structure and dose distribution in intensity-modulated radiation therapy [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2013, 30(4): 25-28.

- [6] 肖锋, 孙朝阳, 石梅, 等. 鼻咽癌动态调强放疗计划的剂量学验证[J]. 现代肿瘤医学, 2007, 15(2): 178-180.

XIAO F, SUN C Y, SHI M, et al. Dosimetric verification of intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma dynamic [J]. Journal of Modern Oncology, 2007, 15(2): 178-180.

- [7] 陈建武, 潘建基, 柏鹏刚, 等. MRI/CT影像融合对鼻咽癌靶区勾画的影响[J]. 肿瘤, 2009, 29(1): 61-64.

CHEN J W, PAN J J, BAI P G, et al. The effect of MRI/CT image fusion on the delineation of nasopharyngeal carcinoma target area [J]. Tumor, 2009, 29(1): 61-64.

- [8] 曹建忠, 罗京伟, 徐国镇, 等. 鼻咽癌调强放疗中解剖及剂量学改变再次计划必要性研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2008, 17(3): 161-164.

CAO J Z, LUO J W, XU G Z, et al. Study on the necessity of treatment re-planning for nasopharyngeal carcinoma due to anatomical and dosimetric changes after intensity modulated radiotherapy [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2008, 17(3): 161-164.

- [9] 黄劲敏, 邓小武, 赵充, 等. 鼻咽癌调强放疗中解剖结构改变对剂量分布影响研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2010, 19(5): 404-408.

HUANG S M, DENG X W, ZHAO C, et al. Study on the effect of anatomical structure changes on dose distribution in intensity-modulated radiation therapy [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2010, 19(5): 404-408.

- [10] 吕庆文, 王立新. 提高鼻咽癌放射治疗精度的研究[J]. 医疗装备, 2003, 16(5): 11-14.

LÜ Q W, WANG L X. Study on the improvement of radiotherapy accuracy [J]. Chinese Journal of Medical Device, 2003, 16(5): 11-14.

- [11] 陈超敏, 唐木涛, 周凌宏, 等. 调强放射治疗中剂量计算与射野参数优化研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2006, 26(3): 248-250.

CHEN C M, TANG M T, ZHOU L H, et al. Dose calculation and optimization of field parameters in intensity-modulated radiation therapy [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2006, 26(3): 248-250.

- [12] 潘志华. 鼻咽癌的断层解剖与CT表现[J]. 中华全科医学, 2005, 3(4): 361-362.

PAN Z H. Anatomy of the nasopharyngeal carcinoma and CT images [J]. Chinese Journal of General Practice, 2005, 3(4): 361-362.

- [13] 高莹, 李毅, 马瑾璐. 肿瘤放射治疗剂量个体化验证仿真体模及其建立和应用: CN104258505A [P]. 2015-01-07.

GAO Y, LI Y, MA J L. Individualized verification of phantom and its establishment and application in radiation therapy: CN104258505A [P]. 2015-01-07.

- [14] 余晓铿, 蔡凡伟, 何兴华, 等. PET/CT图像融合精度测试体模与测试方法研究[J]. 中国测试, 2014, 40(3): 13-15.

YU X E, CAI F W, HE X H, et al. Study on the phantom and test method of PET/CT image fusion accuracy [J]. China Measurement & Test, 2014, 40(3): 13-15.

- [15] 张丽媛, 康立丽, 贺杰禹. MRI性能测试体模设计与实验验证[J]. 中国测试, 2015, 41(1): 124-128.

ZHANG L Y, KANG L L, HE J Y. Design and experimental test of MRI performance [J]. China Measurement & Test, 2015, 41(1): 124-128.

(编辑:谭斯允)