

## 自制口腔电子线限光筒的设计及其剂量学分析

姚二华<sup>1</sup>, 梁平<sup>1</sup>, 刘光贤<sup>2</sup>, 段继梅<sup>2</sup>, 杨永林<sup>2</sup>, 刘建民<sup>1</sup>, 王志伟<sup>2</sup>, 梁健宁<sup>1</sup>

1. 广西中医药大学附属瑞康医院放疗科, 广西南宁 530011; 2. 昆明医科大学第一附属医院放疗科, 云南昆明 650032

**【摘要】目的:**自制一套口腔电子线限光筒,并对其进行剂量学参数进行测定分析。**方法:**自行设计并采用低熔点铅制作一批简易的用于口腔癌治疗的电子线限光筒,利用三维水箱、射束分析系统软件等进行测试分析,得出在一定的源皮距条件下,各型号限光筒的百分深度剂量、离轴比等,分析其特点及规律。**结果:**采用9 MeV电子束时测量的斜口口腔筒有效治疗深度( $R_{85}$ )为2.32 cm,射野为3.24 cm,采用12 MeV电子束时测量的有效治疗深度为2.88 cm,射野为3.14 cm;采用9 MeV电子束时测量的平口口腔筒有效治疗深度为2.34 cm,射野为3.06 cm,采用12 MeV电子束时有效治疗深度为2.91 cm,射野为3.05 cm。**结论:**该限光筒操作简便,制作成本低,适用于表浅、小的口腔癌治疗。

**【关键词】**口腔癌/放射疗法;电子线口腔限光筒;剂量学

**【中图分类号】**R730.55

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2015)03-0387-04

## Self-design and dosimetric analysis of intraoral electron Cone

YAO Er-hua<sup>1</sup>, LIANG Ping<sup>1</sup>, LIU Guang-xian<sup>2</sup>, DUAN Ji-mei<sup>2</sup>, YANG Yong-lin<sup>2</sup>, LIU Jian-min<sup>1</sup>, WANG Zhi-wei<sup>2</sup>, LIANG Jian-ning<sup>1</sup>

1. Department of Radiotherapy, Ruikang Hospital of Guangxi College of Traditional Chinese Medicine, Nanning 530011, China; 2. Department of Radiotherapy, First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650031, China

**Abstract: Objective** To measure and analyze dosimetric parameters of a set of self-design intraoral electron cone. **Methods** The low melting point lead was adopted to design simple electron intraoral cones for mouth neoplasms radiotherapy. Three dimensional water tank and beam analysis system software were applied for test analysis. The percentage depth dose and off axis ratio of different cones in determined source skin distance were obtained and their characteristics and rules were analyzed. **Results** For 9 MeV electron beam, the effective treating depth ( $R_{85}$ ) of oblique intraoral cone was 2.32 cm, and the field size was 3.24 cm, while that of flat intraoral cone was 2.34 cm and the field size was 3.06 cm. For 12 MeV electron beam, the effective treating depth of oblique intraoral cone was 2.88 cm, and the field size was 3.14 cm, while that of flat intraoral cone was 2.91 cm and the field size was 3.05 cm. **Conclusion** The self-design intraoral cone was suitable to treat superficial and small mouth neoplasms for its simple operation and low manufacture cost.

**Key words:** mouth neoplasms/radiotherapy; electron intraoral cone; dosimetry

### 前言

通常医用直线加速器不设有专门的口腔癌治疗的电子束限光筒(以下简称口腔筒),而少数生产口腔筒的厂商由于受到不同种类加速器匹配问题和不同规格的限制,不能很好地满足临床需求。我们针对瓦里安2300 C/D直线加速器机型,应用科室现有条件,利用低熔点铅、切割机等常用放疗科材料和设

备,制作出用于口腔癌放射治疗推量的电子束限光筒,对各口腔筒各项物理学参数进行检测后,符合电子线检定规程中的相关规定<sup>[1]</sup>,现将设计思路及临床剂量学检测结果做以下报告分析。

### 1 材料与方法

#### 1.1 口腔筒的制作过程

在口腔筒的制作中,借鉴了文献报道较多的术中放疗(IORT)用限光筒的制作经验<sup>[2-4]</sup>。本次制作的口腔筒利用自制阴模型一次性整体浇注低熔点铅后冷却成型,见图1。其上端与6 cm×6 cm瓦里安自带限

**【收稿日期】**2015-03-25

**【基金项目】**昆明医学院研究生创新基金(KM2007L04)

**【作者简介】**姚二华(1979-),男,硕士,主治医师,研究方向:肿瘤放射治疗, Tel: 15107715235, E-mail: yaoerhua@126.com。

**【通讯作者】**刘光贤,主任医师, E-mail: 35123948@qq.com。

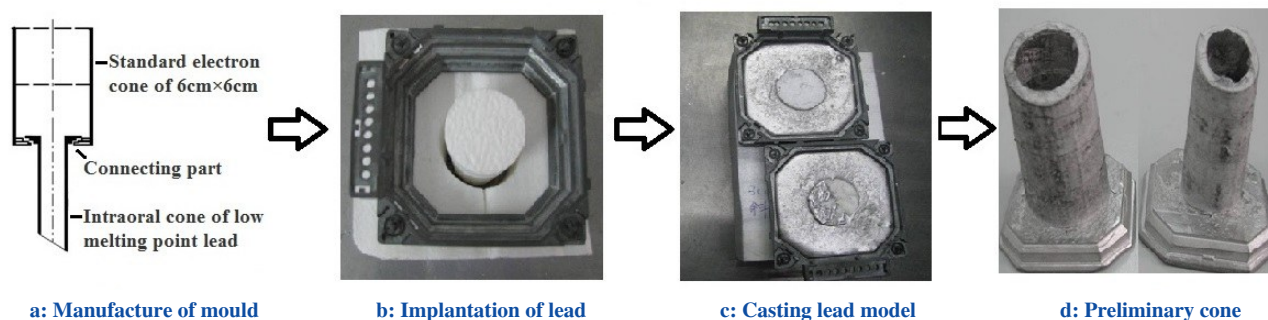


图1 口腔筒制作过程

Fig.1 The process of making electron intraoral cone

光筒下口相连,下端斜口和平口,筒壁外可涂无毒材料。

制作前首先设计图纸,确定各主要物理参数<sup>[1]</sup>。如依据完全阻止穿射电子所需要的铅的厚度与入射电子束能量的关系确定筒壁厚度为0.3 cm;实际测量成年男性和女性口腔直径的大小,确定限光筒内径为3 cm,外径为3.6 cm;根据源皮距对百分深度剂量的影响,我们设计的筒长度为6.5 cm;考虑到临床应用的方便以及斜口角度对临床剂量学参数影响程度<sup>[5]</sup>,我们制作了末端平口和末端斜口30°两种。依据图纸设计利用二维切割机切割高密度泡沫制作阴模,在阴模中浇注低熔点铅,冷却后去除泡沫即得粗制口腔筒。

## 1.2 口腔筒的临床参数测定

实际放射治疗中所需要的物理剂量参数包括限光筒输出因子、表面剂量( $D_s$ )、X线污染( $D_x$ )、百分深度剂量(PDD)、离轴比(OAR)、半影剂量等。根据恶性肿瘤的浸润深度以及电子线的物理特性<sup>[6]</sup>,测试的能量选用9 MeV和12 MeV两个能级,根据筒壁长度,测试源皮距选取103.5 cm,测试设备主要采用德国产WELHOFER WP600三维水箱。

## 2 结果

### 2.1 表面剂量( $D_s$ )

表1显示内径 $\phi 3$  cm末端斜口和末端平口的两种口腔筒,测试的能量能级在9 MeV和12 MeV时的表面剂量均在90%以上,符合电子束治疗口腔表浅肿瘤的要求<sup>[6]</sup>;电子束的表面剂量随电子束的能量提高而提高(9 MeV至12 MeV)。

### 2.2 X线污染( $D_x$ )

当测量深度为5 cm时,斜口筒9 MeV时X线污染为0.8%,12 MeV时也仅为1.2%,平口筒的X线污染较斜口筒稍小。

### 2.3 最大剂量深度( $R_{max}$ )和有效治疗深度( $R_{85}$ )

表1 限光筒百分深度剂量和射野输出因子

Tab.1 PDD and OUF of electron intraoral cone

Dosimetry	Oblique		Flat	
	9 MeV	12 MeV	9 MeV	12 MeV
$D_s$ (%)	91.9	95.2	91.3	93.3
$D_x$ (%)	0.8	1.2	0.7	1.1
$R_{max}$ (cm)	1.26	1.22	1.31	1.37
$R_{85}$ (cm)	2.32	2.88	2.34	2.91
OUF	0.792	0.835	0.817	0.859

能量能级为9 MeV时,平口筒的最大剂量点深度在1.31 cm,有效治疗深度(通常选取 $R_{85}$ )为2.34 cm;测试的能量能级为12 MeV时,最大剂量点深度在1.37 cm,有效治疗深度为2.91 cm( $R_{80}$ 为3.11 cm)。斜口筒的最大剂量深度、有效治疗深度较平口筒提前。图2显示斜口和平口筒剂量跌落区的PDD几乎相同<sup>[3]</sup>,最大剂量点深度之后的曲线重合在一起。

### 2.4 对称性

测量深度2.5 cm时,9 MeV束时平口筒X方向的对称性为3.31%,其他X、Y轴上的对称性均 $\leq 3\%$ ,见图3。

### 2.5 半影

选取 $1/2R_{85}$ 的深度与射束中心轴平面测量的斜口筒9 MeV和12 MeV两种能级后的最大半影为1.12 cm,平口筒最大半影为1.06 cm。斜口口腔筒的半影大小除电子线能量、筒壁厚度有关以外<sup>[6]</sup>,还与斜口的方向直接相关,另外,斜口和平口筒9 MeV的半影较12 MeV的半影大。

### 2.6 射野

采用9 MeV时斜口筒射野最大为3.24 cm,12 MeV时射野最大为3.14 cm;9 MeV时测量的平口筒射野最大为3.06 cm,12 MeV时射野最大为3.05 cm。对斜口筒而言,Y方向(顺倾斜口)射野比X方向(对称斜口)的射野较大,平口筒的Y和X方向差别不大,见表2。

表2 限光筒离轴比

Tab.2 OAR of electron intraoral cone

OAR	Oblique				Flat			
	9 MeV		12 MeV		9 MeV		12 MeV	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Symmetry (%)	0.13	0.51	0.62	0.92	3.31	1.02	2.82	1.33
Left penumbra (cm)	1.08	1.12	0.85	0.95	1.01	1.04	0.77	0.80
Right penumbra (cm)	1.08	1.10	0.87	0.79	1.06	1.06	0.80	0.80
Radiation field (cm)	3.08	3.24	3.08	3.14	3.02	3.06	3.03	3.05

2.7 射野输出因子(Output Factor, OUF)

影响射野输出因子的变化因素主要为电子束的能量、限光筒的边长、源皮距的变化等因素,在临床应用时,应对所配置的限光筒进行实际测量。本次测量

的斜口筒输出因子较同能级的平口筒输出因子略低。

3 讨论

放射治疗是口腔癌最常用的治疗手段之一,对于早期病人可以单纯用放疗的方法治愈,相比于手术的优势,放疗可以保存舌的功能,通常采用根治性放疗剂量,即先用X线大野治疗40 Gy~50 Gy,之后再缩野保护脊髓继续外照射推量,或者用敷贴放疗、放射粒子插植或电子线限光筒推量20 Gy~30 Gy,局部达到根治剂量;对于晚期病人,可以行姑息照射改善症状,提高生活质量;对于手术后切缘不足或有切缘残留,也可以对瘤床区进行照射,降低复发风险。

不同的推量方式对口腔癌病人总生存的影响尚无数据,但副反应差别显而易见。采用全程外照射的病人在后期全口腔会出现严重的3~4级放射黏膜反应,病人常因疼痛不能进食、进水,难以耐受而中止放疗,同时腮腺常出现不可逆损伤,常伴随出现顽固性口干等晚期并发症,生活质量明显下降;敷贴放疗治疗多用<sup>192</sup>Ir后装治疗的方法,单次治疗时间较长,由于口腔及膜的特殊结构,往往不容易固定,重复性差;而组织间放射粒子插植本身属于有创治疗,使近放射源处剂量很高,易导致组织坏死,晚期出现纤维化,副反应重,影响口腔器官尤其是舌功能的使用。口腔电子线限光筒在治疗时局部剂量高,不累及靶区外的口腔黏膜和腮腺,单次治疗短,给量精确,重复性较好,操作简便无创,容易被患者所接受,所以采用口腔筒电子线推量受到了越来越多的重视<sup>[7]</sup>。但是由于各医用加速器厂商通常不配有专门的口腔筒,所以国外发达地区常自行设计和研制用于临床治疗,使加速器的性能得以延伸。

我们依据自身条件,粗制出两种口腔电子线限光筒,经过测定各剂量学参数,符合电子线检定规程中的相关规定,可以用于临床。在制作前有以下几点考虑:(1)为了使口腔筒重量轻,操作方便,我们选用6 cm×6 cm原配限光筒作为基座。(2)由于低熔点

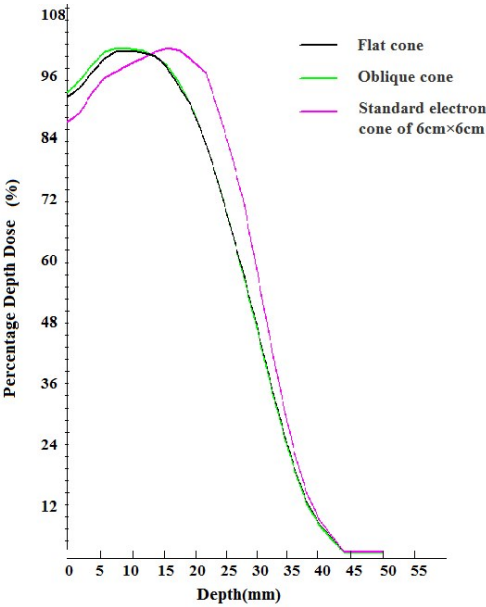


图2 9 MeV时限光筒PDD

Fig.2 PDD of electron intraoral cone with 9 MeV

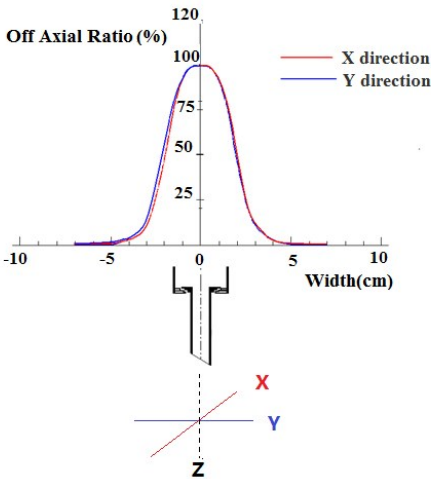


图3 9 MeV时斜口筒X和Y方向的OAR

Fig.3 OAR of the X and Y directions of electron intraoral oblique cone with 9 MeV



铅屏蔽好且易于成型, 常温下稳定, 故作为口腔筒材质; 有些医院采用有机玻璃作为筒壁, 可降低韧致辐射, 减少X线污染, 但半影较大。(3)依据完全电子挡铅厚度(以mm为单位)应是电子束能量(MeV为单位)的 $1/2^{[6]}$ , 同时考虑安全, 可再增加1 mm<sup>[8]</sup>, 即9 MeV时, 挡铅厚度应为5.5 mm; 12 MeV时, 挡铅厚度应为7 mm, 我们设计口腔筒底座厚度为1.5 cm, 完全可以屏蔽20 MeV以下的电子束。(4)考虑到成人口腔开度约4 cm, 我们选取内径3 cm, 由于铅窗射野对输出量和深度量等影响在小野时变化明显<sup>[9-10]</sup>, 所以需实际测量; 另外, 如筒壁太厚, 则难以插进口腔, 测试筒壁厚度为0.3 cm的限光筒OAR参数显示, 12 MeV以下电子束野外1 cm漏射量已经降到10%以下, 符合要求<sup>[1]</sup>。(5)由于增加源皮距会使表面剂量降低, X射线污染增加<sup>[4]</sup>, 又考虑到过短的口腔筒会对舌根部病灶的治疗引起不便, 为减少X线污染, 方便使用, 确定筒壁长度为6.5 cm, 筒末端和肿瘤表面应留有间隙, 故测试的源皮距为103.5 cm, X线污染达到要求<sup>[1]</sup>。(6)圆形筒比方形限光筒更易插入口腔, 末端斜口会更好的贴合在舌体部和舌根部肿瘤, 故制作末端斜口的圆形限光筒; 有资料证实超过45°的斜口角度会对百分深度剂量和平坦度影响较大<sup>[11]</sup>, 对于斜入射的角度 $\leq 30^\circ$ 时, 百分深度剂量可以不做修正,  $> 30^\circ$ 斜入射时, 百分深度剂量应予以修正<sup>[12]</sup>或实际测量, 故我们选用斜口的角度为 $30^\circ$ 。

本次探索制作的口腔电子线限光筒, 测试后符合《国家外照射治疗辐射源-电子线剂量检定规程》中的有关规定, 在临床应用中, 采用9 MeV时, 3 cm斜口和平口的两种限光筒可用在2 cm直径以内、浸润深度小于2 cm的口腔肿瘤; 12 MeV电子束时可用在2 cm直径以内、浸润深度小于3 cm的口腔肿瘤。考虑到限光筒采用的低熔点铅材质有一定毒性且光整度不高, 在使用时需外套一次性薄膜材料增加安全性。基于此, 计划下一步采用不锈钢或有机玻璃加工, 不但外壁和内壁表面光洁度高, 同时也易于浸泡消毒, 但需对剂量学参数重新测量。

## 【参考文献】

- [1] IAEA. Absorbed dose determination in photon and electron beams an international code of practice[R]. In: Technical reports series No. 277, 2ed. Vienn: International Atomic Energy Agency, 1997.
- [2] 罗伟, 刘孜, 玛黎清, 等. 盆腔术中放疗限光筒的设计[J]. 医疗设备信息, 2005, 20(9): 4-5.  
Luo W, Liu Z, Ma LQ, et al. Design of electron cone of radiation with pelvic surgery[J]. Medical Equipment Information, 2005, 20(9): 4-5.
- [3] 黄玉堂, 赵克领. 术中限光筒的制作及临床应用[J]. 中日友好医院学报, 1996, 10(3): 211-212.  
Huang YT, Zhao KL. Preparation and clinical application of electron cone of radiation during operation[J]. Journal of China-Japan Friendship Hospital, 1996, 10(3): 211-212.
- [4] 吴湘阳, 张军安, 樊为民, 等. 术中放疗IORT限光筒的设计及其剂量学分析[J]. 现代肿瘤医学, 1997, 5(3): 149-151.  
Wu XY, Zhang JN, Fan WM, et al. Design and dosimetric analysis electron cone IORT limit intraoperative radiotherapy[J]. Modern Oncology, 1997, 5(3): 149-151.
- [5] 李智华. 电子线斜入射对剂量分布影响的分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2004, 13(1): 58-60.  
Li ZH. Analysis on the influence of dose distribution in the electron cone of oblique incident[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2004, 13(1): 58-60.
- [6] 殷蔚伯, 谷铎之. 肿瘤放射治疗学[M]. 第3版. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2002: 56-60, 451.  
Yin WB, Gu XZ. Tumor radiation therapy[M]. 3rd ed. Beijing: Peking Union Medical College Press, 2002: 56-60, 451.
- [7] Robertson AJ, Soutar DS, Paul J, et al. Early closure of a randomized trial: Surgery and postoperative radiotherapy versus radiotherapy in the management of intra-oral tumors[J]. Clin Oncol, 1998, 10: 155-160.
- [8] Khan FM. Clinical electron beam dosimetry. Report of AAPM radiation therapy committee task group No. 25[J]. Med Phys, 1991, 18: 73.
- [9] 姚志凯, 纪文达, 史勇吉, 等. 高能电子束特征分析及其在放射治疗中的应用研究[J]. 医疗卫生装备, 2013, 34(8): 128-130.  
Yao ZK, Ji WD, Shi YJ, et al. Feature analysis of highpower electron beam and its application in radiotherapy[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2013, 34(8): 128-130.
- [10] 张颖, 陶建民, 胡杰, 等. 高能医用电子束输出因子的剂量学特性[J]. 现代医学, 2010, 38(5): 458-461.  
Zhang Y, Tao JM, Hu J, et al. Dosimetry characters of output factors of medical high-energy electrons[J]. Modern Medical Journal, 2010, 38(5): 458-461.
- [11] 秦林林, 毛凯. 术中照射限光筒剂量学研究[J]. 北京生物医学工程, 1995, 14(1): 31-34.  
Qin LL, Mao K. The cylinder dosimetry study of electron cone intraoperative irradiation[J]. Beijing Biomedical Engineering, 1995, 14(1): 31-34.
- [12] 胡逸民. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999: 245.  
Hu YM. The radiation oncology physics[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1999: 245.