

# 鼻咽癌放疗中T形口腔固定器的研制及其摆位误差和剂量影响研究

丘敏敏<sup>1</sup>, 徐圆<sup>1</sup>, 钟嘉健<sup>2</sup>, 邓永锦<sup>2</sup>, 周凌宏<sup>1</sup>

1. 南方医科大学生物医学工程学院, 广东 广州 510515; 2. 中山大学附属第一医院放射治疗科, 广东 广州 510080

**【摘要】目的:**探讨自制T形口腔固定器在鼻咽癌放疗中对摆位误差,以及对靶区和危及器官受照剂量的影响。**方法:**选择40例鼻咽癌放疗患者,随机分成两组,每组20例。A组为常规热塑膜固定器组,B组为热塑膜联合自制T形口腔固定器组,应用锥形束CT(CBCT)比较两组头部和颈部的平移误差及旋转误差;将误差带入计划系统重新计算模拟计划,得到靶区和危及器官体积剂量参数,与原始计划比较。**结果:**两组平移误差接近,而旋转误差明显减少,其中颈部 $\leq 2^\circ$ 的误差,A组在Cor、Sag、Tra方向上分别占88.7%、83.4%、80.5%;B组占98.4%、95.3%、96.9%,且具有统计学意义( $P$ 均 $<0.01$ )。靶区体积剂量百分比,A组的GTVnx-D<sub>98%</sub>、GTVnd-D<sub>98%</sub>、CTV1-D<sub>95%</sub>、CTV2-D<sub>95%</sub>在 $\pm 3\%$ 内占87.5%、88.3%、98.5%、98.5%,B组占100%、96.8%、100%、100%,B组剂量变化范围明显变小且全部具有统计学意义( $P$ 均 $<0.01$ )。**结论:**热塑膜联合自制T形口腔固定器可有效减少摆位误差,提高摆位重复性,提高靶区剂量准确性,尤其对于颈部,保障调强放疗的疗效,可在临床中推广应用。

**【关键词】**鼻咽癌;自制T形口腔固定器;摆位误差;剂量学变化

**【中图分类号】**R811.1

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2020)11-1367-06

## Development of T-shaped oral fixator and its effects on setup errors and dosimetric change in nasopharyngeal carcinoma radiotherapy

QIU Minmin<sup>1</sup>, XU Yuan<sup>1</sup>, ZHONG Jiajian<sup>2</sup>, DENG Yongjin<sup>2</sup>, ZHOU Linghong<sup>1</sup>

1. College of Biomedical Engineering, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 2. Department of Radiotherapy, First Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China

**Abstract: Objective** To explore the effects of the self-made T-shaped oral fixator on the setup errors and the PTV and organ-at-risk (OAR) dose in radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma. **Methods** 40 cases of nasopharyngeal carcinoma were randomly divided into two groups, with 20 patients in each group. Group A was immobilized by conventional thermoplastic mask, and group B was immobilized by thermoplastic mask plus self-made T-shaped oral fixator. Cone beam CT was used to compare the linear errors and rotation errors in the head and neck between those two groups. The PTV and organ-at-risk (OAR) dose were recalculated based on the above setup errors in planning system, and were compared with the original plan. **Results** The linear errors of two groups were very close, but the rotation errors were reduced in the group B, among which, the rotation errors in neck reduced to within  $2^\circ$ . In group A, the errors rates in Cor, Sag and Tra axis were 88.7%, 83.4% and 80.5% respectively, while that of group B were 98.4%, 95.3% and 96.9%, which has a statistically significant difference ( $P < 0.01$ ,  $P < 0.01$ ,  $P < 0.01$ ). As for the percentage of gross target volume dose in PTV, Group A's GTVnx-D<sub>98%</sub>, GTVnd-D<sub>98%</sub>, CTV1-D<sub>95%</sub> and CTV2-D<sub>95%</sub> within  $\pm 3\%$  occupied 87.5%, 88.3%, 98.5% and 98.5% respectively, but that of group B were 100%, 96.8%, 100% and 100% respectively, which also have their statistical differences ( $P < 0.01$ ,  $P < 0.01$ ,  $P < 0.01$ ,  $P < 0.01$ ). **Conclusions** Thermoplastic mask plus self-made T-shaped oral fixator can effectively reduce the setup errors, enhance the repeatability of setup, improve the accuracy of dosage in PTV, especially on neck. It can be popularized in clinical practice.

**Keywords:** nasopharyngeal carcinoma; self-made T-shaped oral fixator; setup errors; dosimetric change

**【收稿日期】**2020-05-13

**【作者简介】**丘敏敏,技师,研究方向:从事CT模拟定位机和医用直线加速器的操作,E-mail: qiumm@mail.sysu.edu.cn

**【通信作者】**周凌宏,教授,博士生导师,研究方向:肿瘤放射物理学和智能医学仪器,E-mail: smart@smu.edu.cn

## 前言

鼻咽癌调强放疗已经得到广泛应用,精确的体位固定技术是调强放疗技术实现精准治疗的基础<sup>[1-3]</sup>。目前头颈部的固定装置主要是热塑膜,不少研究显示单纯热塑膜面罩固定的头颈部肿瘤仍

有 3~5 mm 的误差<sup>[4-6]</sup>。头颈部类似圆柱状,头颈部尤其是颈部表面轮廓与热塑膜没有固定点,在治疗过程中,旋转误差很难控制,颈椎的灵活性使颈部固定精度比头部更低。本文在常规热塑膜基础上,加入自制 T 形口腔固定器,结合应用图像引导放射治疗(Image Guided Radiotherapy, IGRT)的锥形束 CT(Cone Beam CT, CBCT),分别对头部以及颈部的固定效果进行定量分析,并计算分析其导致的靶区和危及器官剂量覆盖变化,对固定器提高颈部固定的获益进行研究和分析。

## 1 材料与方法

### 1.1 临床资料

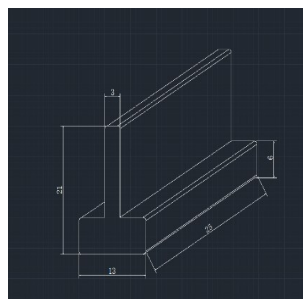
选取2018年5月~2019年2月期间在中山大学附属第一医院放疗科进行治疗的鼻咽癌患者40例,随机分成A、B两组,A组采用常规热塑膜固定,B组在A组固定的基础上加入自制T形口腔固定器固定。A组患者男16例、女4例,年龄23~68岁,中位年龄48岁,分期 $T_{1-4}N_{1-2}M_0$ ;B组患者男15例、女5例,年龄27~61岁,中位年龄47岁,分期 $T_{1-4}N_{1-2}M_0$ 。两组患者一般临床资料无明显差异。所有患者充分了解治疗及数据采集过程,同意参与数据采集,并均签署知情同意书。

### 1.2 体位固定

**1.2.1 自制 T 形口腔固定器制作** 将补偿膜(没有打孔的热塑膜材料)放在 70 °C 的恒温水箱中泡软,裁剪成长 5 cm、宽 2 cm 的矩形。在 3 cm 处将矩形折成直角,接下来在 2 cm 这边每 0.5 cm 对折一次。注意对折过程中挤出气泡。冷却定形。T 形口腔固定器设计如图 1a 所示,实物如图 1b 所示。

**1.2.2 常规热塑膜固定** 将真空垫置于一体化碳素板上,患者舒适地平躺于真空垫上,患者头部、颈部及整个后背与真空垫贴合。热塑膜放在恒温水箱浸泡至透明,快速沥干水分后放于患者头颈肩部。均匀拉膜并扣好固定扣。轻按患者眼窝、鼻梁、下颌、锁骨窝等部位,使热塑膜尽量与患者体表贴合,避免产生虚位。

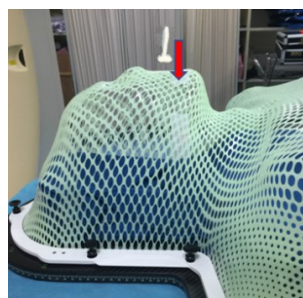
**1.2.3 热塑膜联合自制 T 形口腔固定器固定** 真空垫和热塑膜的固定过程与常规热塑膜组相同,只是在制作热塑膜时让患者轻轻张开嘴,将自制 T 形口腔固定器与热塑膜一起塞进患者口腔,让患者轻轻咬住,在热塑膜上形成齿痕如图 1c 所示。深度以患者舒适为宜,一般为 1.5~2.0 cm。轻压热塑膜使之与体表贴合。热塑膜联合自制 T 形口腔固定器固定最终固定效果如图 1d 所示。治疗时,重复上述方法,使热塑膜与患者面部轮廓吻合,找到齿痕轻轻咬住,再两侧同时扣下固定扣。



a: 设计图



b: 实物图



c: 使用示意图



d: 效果图

图1 T形口腔固定器

Fig.1 T-shaped oral fixator

### 1.3 CT扫描及计划设计

在 Philips Big-Bore Brilliance16 排大孔径螺旋 CT 模拟定位机下进行头颈部 CT 扫描,层厚 3 mm,FOV 600 mm,平扫加增强扫描。平扫电压电流分别为 140 kV/250 mAs,增强扫描为 120 kV/300 mAs,扫描范围为额窦上缘至锁骨关节下 3 cm。CT 图像通过 Aria 局域网传输至 Eclipse 治疗计划系统进行靶区勾画和计划设计。所有患者均为初程根治性放疗,剂量为 68.10~70.06 Gy/30~33 次。所有患者在 Varian Novalis TX 直线加速器上治疗。

### 1.4 配准图像采集及误差记录

运用加速器自带 OBI 系统,每周进行一次 CBCT 图像采集。CBCT 图像与定位 CT 图像配准,采用骨性标记的自动刚性配准。对首次摆位的图像进行回顾性分析。头部和颈部的摆位误差通过设置 2 种不同的配准范围,可分别获得头部和颈部的平移误差与旋转误差。本研究只考虑误差绝对值,不考虑误差方向。患者左右、头脚、前后方向的平移误差分别用 Lat、Lng、Vrt 表示;患者冠状面(Coronal)、矢状面(Sagittal)、横断面(Transverse)的旋转误差分别用 Cor、Sag、Tra 表示。头部以及颈部的配准框如图 2 所示。头部配准框:左右方向为两耳外缘,头脚方向为眼眶下缘至颅底,前后方向为鼻尖处至枕骨后缘。颈部配准框:头脚方向为颅底至第 7 颈椎中间,其余方向与头部范围相同。由于治疗床不支持六维移动,且每次治疗只能按一个误差值进行位置校正,所以,权衡头部和颈部误差,实际治疗中

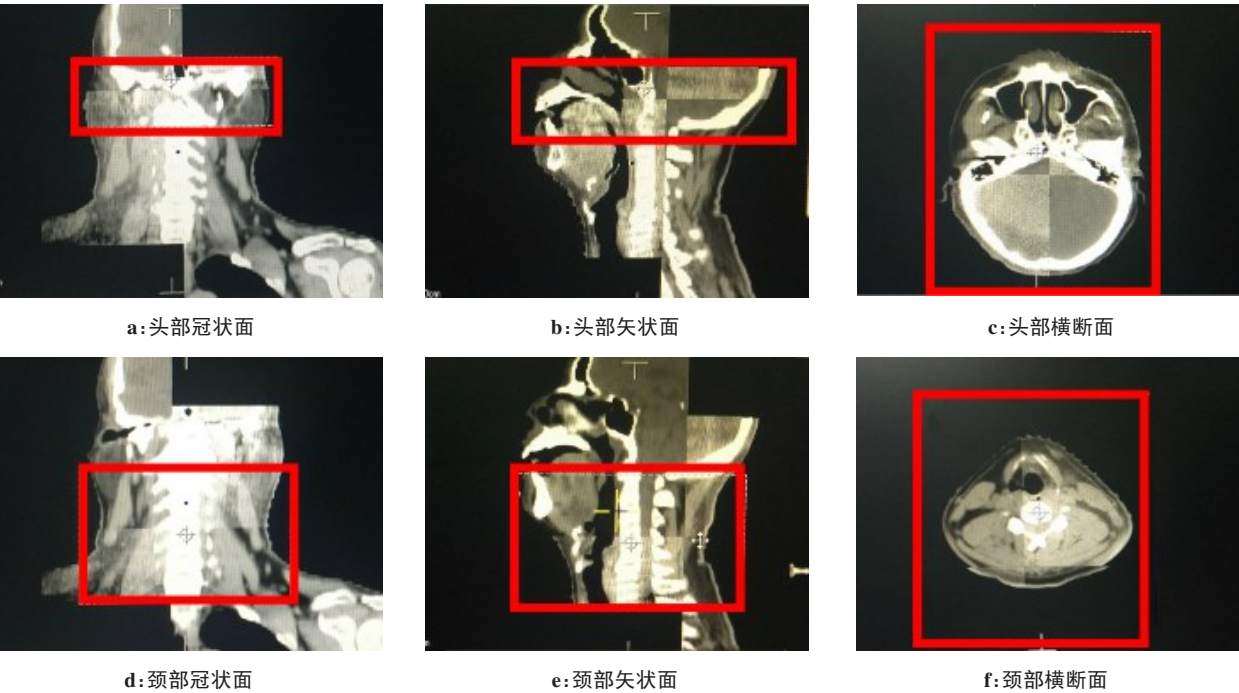


图 2 头部和颈部配准框示意图  
Fig.2 Scope of image registration for head and neck

仅执行一个三维的平移误差值,此为整体误差。

1.5 剂量覆盖变化及记录

实际治疗中每次只能执行一个移床值,本研究用整体误差表示,整体误差通过权衡头部和颈部误差得到,且治疗床不支持六维移动,所以仅做三维配准。将每例患者的治疗计划完全不作变化地拷贝到计划系统中,仅根据误差值调整中心点,重新计算得到包含摆位误差的模拟计划。通过比较模拟计划与原始计划的 DVH 图,获得靶区和危及器官剂量变化情况,读取数据包括,靶区:肿瘤靶区(Gross Target Volume, GTV)、鼻咽大体肿瘤(GTVnx)和颈部大体肿瘤(GTVnd)的 98% 体积剂量  $D_{98\%}$ ; 临床靶区(Clinical Target Volume, CTV)、高危亚临床靶区(CTV1)和低危亚临床靶区(CTV2)的 95% 体积剂量  $D_{95\%}$ 。危及器官:脑干(Brain Stem)的 1% 体积剂量  $D_{1\%}$ ; 脊髓(Spinal Cord)、左右腮腺(Parotid)、左右晶体(Lens)的 50% 的体积剂量  $D_{50\%}$ 。与原始计划对比,得到剂量学变化,以百分比形式表示。体积剂量百分比=(模拟计划剂量-原始计划剂量)/原始计划剂量 $\times 100\%$ 。

1.6 统计学方法

运用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析。对于摆位误差,采用平移误差和旋转误差的绝对值,而体积剂量百分比,正数代表与原始计划对比,模拟计划剂量增加,负数反之。不符合正态分布的计量资料采

用  $m(Q1, Q3)$  表示,采用 Wilcoxon 秩和检验。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

2 结果

40 例患者总共进行 261 次 CBCT,其中常规热塑膜固定(A 组)133 次,热塑膜联合自制 T 形口腔固定器固定(B 组)128 次。

2.1 平移和旋转误差结果

平移误差结果:A、B 两组比较,平移误差相差不大,其中,头部的 Lat 方向( $P=0.02$ )及颈部 Vrt 方向( $P=0.02$ )具有统计学差异。如表 1 所示。

旋转误差结果:无论头部还是颈部,B 组旋转误差明显减少,全部方向(Cor、Sag、Tra)差异具有统计学意义( $P$ 均 $<0.01$ ),如表 2 所示。

旋转误差分布:头部误差全部在  $3^{\circ}$  以内,其中 A 组 $\leq 2^{\circ}$ 的误差,Cor、Sag、Tra 3 个方向分别占 99.3%、97.8%、96.2%;B 组占 99.1%、99.2%、100.0%。颈部旋转误差比头部大,且 A 组大于 B 组。其中,A 组 $\leq 2^{\circ}$ 的误差,Cor、Sag、Tra 3 个方向分别占 88.7%、83.4%、80.5%;B 组占 98.4%、95.3%、96.9%。A 组最大旋转误差达到  $6^{\circ}$ 。如表 3 所示。

2.2 整体误差对体积剂量影响的结果

整体误差结果:两组整体误差相差不大,如表 4 所示。误差对靶区体积剂量影响:两组模拟计划的靶区剂量都减少,其中 B 组减少量明显小于 A 组,

表1 平移误差的统计结果(mm)  
Tab.1 Descriptive statistics of linear errors in two groups (mm)

部位	Lat		Z值	P值	Lng		Z值	P值	Vrt		Z值	P值
	A组	B组			A组	B组			A组	B组		
头部	0.10(0, 0.10)	0.10(0, 0.20)	-2.34	0.02	0.10(0, 0.10)	0.10(0, 0.10)	-0.21	0.83	0.10(0.10, 0.20)	0.10(0, 0.20)	-0.39	0.69
颈部	0.10(0, 0.20)	0.10(0, 0.20)	-0.14	0.90	0.10(0, 0.20)	0.10(0, 0.20)	-0.89	0.38	0.10(0, 0.20)	0.10(0, 0.20)	-2.31	0.02

表2 旋转误差的统计结果(°)  
Tab.2 Descriptive statistics of rotation errors in two groups (°)

部位	Cor		Z值	P值	Sag		Z值	P值	Tra		Z值	P值
	A组	B组			A组	B组			A组	B组		
头部	0.50(0.30, 0.90)	0.10(0, 0.40)	-7.43	<0.01	0.40(0.20, 0.80)	0.10(0.10, 0.30)	-7.10	<0.01	0.50(0.30, 1.05)	0.10(0.10, 0.40)	-7.62	<0.01
颈部	1.00(0.50, 1.45)	0.30(0, 1.00)	-4.11	<0.01	1.00(0.40, 1.75)	0.30(0, 1.10)	-3.84	<0.01	1.20(0.55, 1.85)	0.4(0, 1.20)	-3.88	<0.01

表3 旋转误差分布情况统计(%)  
Tab.3 Frequency of rotation errors in two groups (%)

旋转误差	头部						颈部					
	Cor		Sag		Tra		Cor		Sag		Tra	
	A组	B组	A组	B组	A组	B组	A组	B组	A组	B组	A组	B组
≤1°	82.0	86.7	85.0	95.3	74.4	85.2	58.6	78.9	49.6	74.2	48.1	68.8
1°~2°	17.3	12.4	12.8	3.9	21.8	14.8	30.1	19.5	33.8	21.1	32.4	28.1
2°~3°	0.7	0.9	2.2	0.8	3.8	0.0	9.8	1.6	9.0	3.1	13.5	2.3
3°~4°	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	5.3	1.6	6.0	0.8
4°~5°	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
5°~6°	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0

表4 整体平移误差的统计描述(mm)  
Tab.4 Descriptive statistics of overall linear errors (mm)

组别	Lat	Lng	Vrt
A组	0.10(0, 0.10)	0.10(0, 0.10)	0.10(0.10, 0.20)
B组	0.10(0.10, 0.20)	0.10(0, 0.10)	0.10(0, 0.10)
Z值	-0.29	-0.22	-0.18
P值	0.77	0.83	0.94

GTVnx-D<sub>98%</sub>、GTVnd-D<sub>98%</sub>、CTV1-D<sub>95%</sub>、CTV2-D<sub>95%</sub> 全部具有统计学意义(*P*均<0.01),如表5所示。

误差对危及器官体积剂量影响:危及器官体积剂量百分比变化不一,如表6所示。

靶区体积剂量百分比分布:靶区体积剂量绝大部分减少,A组剂量变化较大,甚至GTVnd-D<sub>98%</sub>减少11%,而B组剂量变化范围明显变小,全部在5%范围内。其中,A组的GTVnx-D<sub>98%</sub>、GTVnd-D<sub>98%</sub>、CTV1-D<sub>95%</sub>、

CTV2-D<sub>95%</sub>在±3%内占87.5%、88.3%、98.5%、98.5%;B组占100%、96.8%、100%、100%,如表7所示。

3 讨论

调强放射治疗技术在保证肿瘤覆盖率的同时,可以有效地保护周边正常器官。由于其高度适形,靶区边缘剂量陡峭,对摆位精度提出了更高的要求<sup>[7-10]</sup>。目前头颈部的固定装置主要是热塑膜,迟锋等<sup>[11]</sup>研究发现采用热塑膜固定,有的患者平移误差在Lat和Lng方向高达5 mm。Schubert等<sup>[12]</sup>侧重旋转误差,指出头颈部肿瘤旋转误差比体部肿瘤更明显。Astreinidou等<sup>[13]</sup>,Sun等<sup>[14]</sup>发现旋转误差在1°范围内对剂量分布影响不大。Gutfeld等<sup>[15]</sup>则发现大于2°的旋转误差会使靶区剂量发生3%~5%的变化。ICRU24<sup>[16]</sup>号报告指出,靶区照射剂量偏离5%可能造成原发灶失控或并发症增加,故认为大于2°的旋转误差是需要校正的。

表 5 靶区剂量变化百分比的统计描述(%)

Tab.5 Descriptive statistics for percentage of gross target volume dose (%)

组别	GTVnx-D <sub>98%</sub>	GTVnd-D <sub>98%</sub>	CTV1-D <sub>95%</sub>	CTV2-D <sub>95%</sub>
A 组	-1.63(-2.59, -0.72)	-1.23(-2.35, -0.59)	-0.76(-1.45, -0.33)	-0.83(-1.58, -0.39)
B 组	-0.76(-1.31, -0.48)	-0.82(-1.54, -0.27)	-0.47(-0.83, -0.18)	-0.55(-0.94, -0.26)
Z 值	-6.30	-3.49	-4.33	-3.67
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 6 危及器官体积剂量百分比的统计描述(%)

Tab.6 Descriptive statistics for percentage of organs at risk dose (%)

组别	脑干 D <sub>1%</sub>	脊髓 D <sub>50%</sub>	左腮腺 D <sub>50%</sub>	右腮腺 D <sub>50%</sub>	左晶体 D <sub>50%</sub>	右晶体 D <sub>50%</sub>
A 组	3.41(-1.49, 7.56)	1.13(-0.65, 2.92)	2.12(-2.59, 6.82)	-1.80(-5.81, 2.44)	-0.10(-2.18, 4.08)	-1.03(-3.69, 3.93)
B 组	1.16(-1.19, 3.93)	0.39(-0.62, 1.85)	1.29(-2.2, 6.35)	-4.4(-8.37, 1.47)	1.01(-1.99, 4.93)	0.7(-3.11, 4.17)
Z 值	-2.45	-1.95	-0.25	-2.37	-1.35	-0.27
P 值	0.01	0.05	0.81	0.02	0.18	0.78

表 7 两组靶区体积剂量百分比分布情况统计(%)

Tab.7 Frequency for percentage of gross target volume dose in two groups (%)

体积剂量百分比	GTVnx-D <sub>98%</sub>		GTVnd-D <sub>98%</sub>		CTV1-D <sub>95%</sub>		CTV2-D <sub>95%</sub>	
	A 组	B 组	A 组	B 组	A 组	B 组	A 组	B 组
1%	0	0	0.8	1.6	0	0	0	0
0	10.8	26.9	19.2	32.0	35.2	52.4	36.1	48.4
-1%	37.2	57.9	38.4	42.4	41.9	46.0	38.5	46.8
-2%	26.3	13.6	19.2	16.8	16.0	1.6	17.7	4.8
-3%	13.2	1.6	10.7	4.0	5.4	0	6.2	0
-4%	6.9	0	3.9	0.0	1.5	0	1.5	0
-5%	2.4	0	3.9	3.2	0	0	0	0
-6%	2.4	0	2.3	0	0	0	0	0
-7%	0.8	0	0.8	0	0	0	0	0
-8%	0	0	0	0	0	0	0	0
-9%	0	0	0	0	0	0	0	0
-10%	0	0	0	0	0	0	0	0
-11%	0	0	0.8	0	0	0	0	0

本研究中,两组平移误差相差不大,但旋转误差减少明显且具有统计学意义。其中头部 $\leq 1^{\circ}$ 的旋转误差分别从 82%、85%、74.4% 提高到 86.7%、95.3%、85.2%。颈部误差减少更加明显, $\leq 1^{\circ}$ 的误差比例从 58.6%、49.6%、48.1% 提高到 78.9%、74.2%、68.8%。分析可能的原因:头颈部类似圆柱状,传统热塑膜没有固定点,加上颈椎自身的灵活性,传统热塑膜没有受力点,颈部旋转误差甚至超过  $3^{\circ}$ <sup>[17-18]</sup>。而本研究中 T 形口腔固定器与热塑

膜融合,患者咬住口腔固定器在热塑膜上形成齿印,形成相对稳定的结构,摆位过程中身体和肩膀贴合真空垫和面罩,位置相对稳定,那么处于中间的颈部移动被限制,颈部弯曲度和旋转度相对减少,否则患者会出现不适会主动要求调整,从而减少摆位误差。误差减少在靶区剂量分布上得到体现。对于靶区体积剂量百分比,GTVnx-D<sub>98%</sub>、GTVnd-D<sub>98%</sub>、CTV1-D<sub>95%</sub>、CTV2-D<sub>95%</sub> 变化 $\leq \pm 3\%$ ,A 组为 87.5%、88.3%、98.5%、98.5%,B 组为

100%、96.8%、100%、100%，且全部具有统计学意义( $P$ 均 $<0.01$ )。

本研究热塑膜联合自制T形口腔固定器固定，T字横边长度使口腔固定器与热塑膜可以卡住，贴合程度较高，不易脱落，又不会增加患者不适。自制T形口腔固定器采用无孔热塑膜材料制作，对剂量分布无影响，且体积小，用料少，制作成本低。相较于牙胶，患者舒适度更好，重复性更高，价格更便宜。然而，依旧有小比例旋转误差大于 $2^\circ$ ，但本研究未配有六维治疗床，只能图像配准不能对旋转误差进行校正，旋转误差对靶区剂量存在一定影响。另外，本研究依靠患者门齿使口腔固定器与热塑膜形成齿印，对于门齿缺失或者咬合功能有障碍的患者不适用。在临床应用中发现，定位时患者普遍存在紧张心理，需要详细解释定位过程，将口腔固定器给患者试咬住，提前适应，以达到预期的固定效果。

基于以上研究，相较于单纯常规热塑膜固定，联合自制T形口腔固定器固定增加口腔内固定点，与热塑膜形成连接，可有效提高鼻咽癌的体位固定精度减少摆位误差，尤其旋转误差得到有效控制，保障调强放疗的疗效，且T形口腔固定器制作简单，成本低廉，使用方便，治疗摆位操作简便，可在临床中推广应用。

## 【参考文献】

- [1] AU K H, NGAN R K, NG A W, et al. Treatment outcomes of nasopharyngeal carcinoma in modern era after intensity modulated radiotherapy (IMRT) in Hong Kong: a report of 3 328 patients (HKNPCSG 1 301 study)[J]. *Oral Oncol*, 2018, 77(2): 16-21.
- [2] 张云, 曹舜翔, 应惟良. 鼻咽癌放疗3种体位固定方式的摆位误差研究[J]. *实用癌症杂志*, 2017, 32(1): 165-166.  
ZHANG Y, CAO S X, YING W L. Study on setup error of three fixation methods for nasopharyngeal carcinoma radiotherapy[J]. *The Practical Journal of Cancer*, 2017, 32(1): 165-166.
- [3] WEN C, JIQING S, RUI W, et al. Different setup errors assessed by weekly cone-beam computed tomography on different registration in nasopharyngeal carcinoma treated with intensity-modulated radiation therapy[J]. *Onco Targets Ther*, 2015(8): 2545-2553.
- [4] 许森奎, 姚文燕, 胡江, 等. 鼻咽癌发泡胶个体化塑形与标准化头枕放疗体位固定精确度比较[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2015, 24(2): 196-199.  
XU S K, YAO W Y, HU J, et al. The research of accuracy immobilized using individualized polyurethane scaling agent compared to positioning foam with standard plastics pillow in the radiotherapy of nasopharyngeal carcinoma [J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2015, 24(2): 196-199.
- [5] 李强, 贾勇士, 张丽萍, 等. EPID辅助头颈肩热塑膜在喉癌调强放疗中的摆位误差[J]. *肿瘤学杂志*, 2014, 20(10): 852-855.  
LI Q, JIA Y S, ZHANG L P, et al. Analysis of setup error on head, neck and shoulder thermoplastic film adjuvant with electronic portal imaging device (EPID) in IMRT for laryngeal carcinoma[J]. *Journal of Chinese Oncology*, 2014, 20(10): 852-855.
- [6] 尹文晶, 孙颖, 迟峰, 等. 应用锥形束CT研究鼻咽癌容积弧形调强放射治疗的摆位误差[J]. *中山大学学报(医学科学版)*, 2012, 33(5): 678-682.  
YIN W J, SUN Y, CHI F, et al. Analysis of inter-fraction and intra-fraction setup error of nasopharyngeal carcinoma patients treated with volumetric modulated arc therapy (VMAT) with Cone Beam CT[J]. *Journal of Sun Yat-sen University (Medical Sciences)*, 2012, 33(5): 678-682.
- [7] 林承光, 林刘文, 刘秉梯, 等. 鼻咽癌三维适形和调强放疗过程中头部与颈部摆位误差比较研究[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2011, 20(4): 322-325.  
LIN C G, LIN L W, LIU B T, et al. A study of the positioning errors of head and neck in the process of intensity modulation radiated therapy of nasopharyngeal carcinoma[J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2011, 20(4): 322-325.
- [8] 潘才住, 潘建基, 陈传本, 等. 应用电子射野影像装置实时纠正鼻咽癌调强放疗摆位误差研究[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2009, 18(5): 341-345.  
PAN C Z, PAN J J, CHEN C B, et al. Electronic portal imaging device in the real-time correction of setup error in intensity modulated radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2009, 18(5): 341-345.
- [9] 戴建荣, 胡逸民. 图像引导放疗的实现方式[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2006, 15(2): 132-135.  
DAI J R, HU Y M. The implementation of image-guided radiotherapy [J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2006, 15(2): 132-135.
- [10] 梁健, 黄思娟, 张树芝, 等. 全段食管癌旋转容积调强与固定野静态调强和三维适形放疗计划的剂量学比较[J]. *中山大学学报(医学科学版)*, 2016, 37(4): 597-601.  
LIANG J, HUANG S J, ZHANG S Z, et al. Dosimetric comparison of VMAT, IMRT, and 3DCRT for treatment of esophagus cancer[J]. *Journal of Sun Yat-sen University (Medical Sciences)*, 2016, 37(4): 597-601.
- [11] 迟峰, 何振宇, 林承光, 等. 鼻咽癌基于锥形束CT调强放疗的摆位误差分析[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2013, 20(18): 1422-1424.  
CHI F, HE Z Y, LIN C G, et al. Analysis of intrafractional setup errors in intensity modulated radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma based on cone-beam computed tomography[J]. *Chinese Journal of Radiation Oncology*, 2013, 20(18): 1422-1424.
- [12] SCHUBERT L K, WESTERLY D C, WOLFGANG A T, et al. A comprehensive assessment by tumor site of patient setup using daily MVCT imaging from more than 3,800 helical tomotherapy treatments [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2009, 73(4): 1260-1269.
- [13] ASTREINIDOU E, BEL A, RAAIJMAKERS C P, et al. Adequate margins for random setup uncertainties in head-and-neck IMRT[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2005, 61(3): 938-944.
- [14] SUN W Z, ZHANG D D, PENG Y L, et al. Retrospective dosimetry study of intensity-modulated radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma: measurement-guided dose reconstruction and analysis[J]. *Radiat Oncol*, 2018, 13(1): 42.
- [15] GUTFELD O, KRETZLER A E, KASHANI R, et al. Influence of rotations on dose distributions in spinal stereotactic body radiotherapy (SBRT)[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2009, 73(5): 1596-1601.
- [16] CHAVALDRA J, BRIDIER A. Definition of volumes in external radiotherapy: ICRU reports 50 and 62[J]. *Cancer Radiat J De La Societe Franc De Radiat Oncol*, 2001, 5(5): 472-480.
- [17] 钟仁明, 何跟波, 张英杰, 等. 图像引导下鼻咽癌放射治疗中颈部变形旋转误差研究[J]. *华西医学*, 2010, 25(12): 2147-2150.  
ZHONG R M, HE Y B, ZHANG Y J, et al. Rotation errors due to neck deformation in nasopharyngeal cancer radiotherapy with image guiding [J]. *West China Medical Journal*, 2010, 25(12): 2147-2150.
- [18] 庄建发, 刘萍萍, 张恩环, 等. 鼻咽癌放疗首次摆位在斜坡、颈4、颈7层面的摆位误差分析[J]. *现代仪器与医疗*, 2017, 23(6): 11-12.  
ZHUANG J F, LIU P P, ZHANG E H, et al. Setup error analysis of nasopharyngeal carcinoma radiotherapy positioning at the slope, cervical 4 and cervical 7 levels for the first time [J]. *Modern Instruments & Medical Treatment*, 2017, 23(6): 11-12.

(编辑:陈丽霞)