

论 著

锥形束CT在鼻咽癌调强放疗中摆位误差情况
及对靶区、邻近器官剂
量的影响分析

冯凯华* 玉贵永 邹良群

桂林医学院附属医院放疗科

(广西 桂林 541001)

【摘要】目的 观察锥形束CT(CBCT)在鼻咽癌调强放疗中摆位误差情况以及对靶区、邻近器官剂量的影响。方法 选取2017年6月至2020年6月在我院行调强放疗治疗的鼻咽癌患者120例,采用CBCT系统获取CBCT图像,在摆位前、在线修正后及治疗结束后的获取CT实际图像,比较摆位前、在线修正后及治疗结束后的摆位误差及偏差 $\leq 2\text{mm}$ 的人数比例;比较各靶区实际剂量与计划剂量及放疗前、放疗中期原发肿瘤大体瘤体积(GTVnx)、转移淋巴结大体瘤体积(GTVnd)、原发灶临床靶体积(CTV1)剂量分布;统计各邻近器官剂量的实际剂量。结果 在线修正后及治疗结束后3个方向的摆位误差均小于摆位前,偏差 $\leq 2\text{mm}$ 的人数比例高于摆位前($P<0.05$);各靶区实际剂量均低于计划剂量,放疗中期、治疗结束后GTVnx、GTVnd、CTV1剂量分布对比无明显差异($P>0.05$);脑干、脊髓及颌骨放疗中期、治疗结束后的平均剂量对比无明显差异($P>0.05$),腮腺放疗中期的平均剂量高于治疗结束后($P<0.05$)。结论 CBCT可有效减小摆位误差,降低邻近器官的辐射剂量,而靶区在线修正前后的剂量分布无明显差异。

【关键词】锥形束CT; 鼻咽癌; 调强放疗;

摆位误差; 放射剂量

【中图分类号】R445.3; R739.6

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.05.003

Setup Errors of Cone Beam CT in Intensity Modulated Radiotherapy for Nasopharyngeal Carcinoma and Its Influences on Target Volume and Adjacent Organ Dose

FENG Kai-hua*, YU Gui-yong, ZOU Liang-qun.

Department of Radiotherapy, Affiliated Hospital of Guilin Medical College, Guilin 541001, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

ABSTRACT

Objective To observe the setup errors of cone beam computed tomography (CBCT) in intensity modulated radiotherapy (IMRT) for nasopharyngeal carcinoma and its influences on target volume and adjacent organ dose. **Methods** A total of 120 patients with nasopharyngeal carcinoma who underwent IMRT in the hospital from June 2017 to June 2020 were enrolled. CBCT images were obtained by CBCT system. The actual CT images were obtained before setup, after online correction and at end of treatment. The setup errors and the proportion of patients with deviation not longer than 2mm before setup, after online correction and at end of treatment, actual dose and planned dose of each target volume, as well as dose distribution of gross tumor volume of primary tumor (GTVnx), the gross tumor volume of metastatic lymph nodes (GTVnd) and the clinical target volume 1 (CTV1) before radiotherapy and during intermediate stage of radiotherapy were compared. The actual dose of each adjacent organ dose was statistically analyzed. **Results** After online correction and after treatment, the setup errors in the three directions were smaller than those before setup, while the proportion of patients with deviation not longer than 2mm was more than that before setup ($P<0.05$). The actual dose was fewer than planned dose in each target volume. There was no significant difference in the dose distribution of GTVnx, GTVnd and CTV1 during intermediate stage of radiotherapy and after treatment ($P>0.05$). There was no significant difference in the average dose of brainstem, spinal cord and jaw during intermediate stage of radiotherapy and after treatment ($P>0.05$). The average dose of parotid during intermediate stage of radiotherapy was more than that after treatment ($P<0.05$). **Conclusion** CBCT can effectively reduce the setup error and reduce the radiation dose of adjacent organs. There is no significant difference in the dose distribution before and after the online correction of target volume.

Keywords: Cone Beam CT; Nasopharyngeal Carcinoma; Intensity Modulated Radiotherapy; Setup Error; Radiation Dose

鼻咽癌是发病率最高的耳鼻咽喉恶性肿瘤疾病,目前常采用放疗治疗该疾病,但因鼻炎附近器官组织较多,结构较为复杂,故在治疗时对CT摆位精度要求较高,摆位误差过大不仅会导致靶区治疗剂量降低,还会对周围组织造成损伤,增加放疗并发症^[1]。研究发现,在采用锥形束CT(cone beam computed tomography, CBCT)治疗时,可较为准确地检测并纠正放疗治疗的摆位误差^[2]。CBCT在治疗时能准确的计算出三维方向上的实际误差,并且能清晰的显示靶区肿瘤变化情况及照射区组织的结构^[3]。故本研究对鼻咽癌患者给予CBCT扫描,旨在探究其对在鼻咽癌调强放疗中摆位误差情况以及对靶区、邻近器官剂量的影响,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取2017年6月至2020年6月在我院行调强放疗治疗的鼻咽癌患者120例,其中男69例,女51例;年龄35~68岁,平均年龄(51.27 ± 8.53)岁。

纳入标准:符合《鼻咽癌放射治疗临床参考指南》有关鼻咽癌的诊断标准^[4];患者知情同意且签署同意书;经病理学检查确诊为低分化鳞癌患者;影像学资料完整者;行三维适形放疗治疗者。排除标准:严重心肝肾功能异常者;存在放射

【第一作者】冯凯华,男,主管技师,主要研究方向:放疗治疗技术。E-mail: futiandi718@163.com

【通讯作者】冯凯华

治疗禁忌证者；已接受手术治疗者；严重认知障碍患者；存在沟通障碍者；临床资料不完整者；其他类型恶性肿瘤疾病患者；有鼻咽部放射治疗史者。

1.4 方法 治疗设备及仪器：应用美国Varian Medical Systems公司CBCT系统及美国GE公司CT模拟定位机，并采用Varian公司的调强放射治疗计划系统、水解塑料膜、碳素纤维板及治疗床，CBCT系统由X、Y、Z方向的3组激光灯组成，激光线扭转 $\leq 0.5^\circ$ ，定位中心的精度及X、Y方向的激光灯移动精度要求均 $\leq 2\text{mm}$ ，

治疗方法：患者均取仰卧位，利用三维激光系统进行定位，应用肩颈联合架面膜固定体位，在患者平躺15~20min后对着三维激光贴好坐标，而后进行CT定位。根据国际辐射与测量委员会62号文件原则^[5]，给患者勾画靶区：原发肿瘤大体瘤体积(gross tumor volume of primary tumor, GTVnx)、转移淋巴结大体肿瘤体积(gross tumor volume of metastatic lymph nodes, GTVnd)、原发灶临床靶体积(clinical target volume1, CTV1)、预防照射区(clinical target volume2, CTV2)。各靶区的处方剂量见表1，共治疗23次。

表1 各靶区的处方剂量

组别		处方剂量(Gy)	
鼻咽癌	PTV-GTVnx	DT69~75Gy	2.18Gy/次
	PTV-CTV1	DT60~64Gy	2.00Gy/次
	PTV-CTV2	DT50~53Gy	1.81Gy/次
颈淋巴	PTV-GTVnd	DT60~65Gy	2.18Gy/次
	PTV-CTVnd	DT50~53Gy	2.12Gy/次

CBCT扫描：将上述靶区及危及器官的中心传至CBCT上，确定靶区的照射中心后，进行CBCT扫描，图像采集范围为2.5mm，分辨率为 $0.48 \times 0.48\text{mm}^2$ ，图像大小为 512×512 ，得到第一组CBCT图像，利用骨匹配得到其与计划定位CT融合后的3个方向的偏差，如3个方向中任一方向的偏差 $>2\text{mm}$ 时需进行位置矫正，校正后再次进行CSCT扫描得到第二组CBCT图像，然后进行骨匹配得到X、Y、Z3个方向的偏差，共获得240次在线修正后的摆位偏差。在治疗完成后进行CBCT扫描，获得120次治疗完成后的摆位偏差。

1.5 观察指标 (1)比较摆位前、在线修正后及治疗结束后的摆位误差及偏差 $\leq 2\text{mm}$ 的人数比例。(2)比较PTV-GTVnx、PTV-CTV1、PTV-CTV2、PTV-GTVnd、PTV-CTVnd的实际剂量与计划剂量。(3)分析放疗中期、治疗结束后GTVnx、GTVnd、CTV1剂量分布。(4)统计各邻近器官剂量的实际剂量，在记录左右侧腮腺或颌骨剂量时应取左右侧平均值为腮腺或颌骨的剂量值。

1.6 统计学方法 研究所得数据均用SPSS 17.0软件处理，计数资料以%表示，采用 χ^2 检验比较组间差异；计量资料经正态检验后用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，用t检验比较组间差异。 $P < 0.05$ 即差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 摆位前、在线修正后及治疗结束后的CBCT扫描结果

统计 在线修正后及治疗结束后3个方向的摆位误差均小于摆位前，偏差 $\leq 2\text{mm}$ 的人数比例高于摆位前($P < 0.05$)，见表2。

2.2 各靶区实际剂量与计划剂量的比较 各靶区实际剂量均低于计划剂量($P < 0.05$)，见表3。

2.3 放疗中期、治疗结束后靶区剂量分布比较 放疗中期、治疗结束后GTVnx、GTVnd、CTV1剂量分布对比无明显差异($P > 0.05$)，见表4。

2.4 邻近器官剂量的实际平均剂量分析 腮腺放疗中期的平均剂量高于治疗结束后($P < 0.05$)；脑干、脊髓及颌骨放疗中期、治疗结束后的平均剂量对比无明显差异($P > 0.05$)，见表5。

表2 摆位前、在线修正后及治疗结束后的CBCT扫描结果统计

组别		摆位误差(mm)	偏差最大值(mm)	偏差 $\leq 2\text{mm}(\%)$
摆位前	X	1.41 ± 0.26	2.53	85.00(510/600)
	Y	1.59 ± 0.28	2.49	81.33(488/600)
	Z	1.01 ± 0.16	2.30	89.00(534/600)
在线修正后	X	$0.05 \pm 0.01^*$	0.10	100.00(240/240)*
	Y	$0.07 \pm 0.11^\#$	0.13	100.00(240/240)^\#
	Z	$0.04 \pm 0.01^\Delta$	0.09	100.00(240/240)^\Delta
治疗结束后	X	$0.18 \pm 0.03^*$	0.37	100.00(120/120)*
	Y	$0.12 \pm 0.02^\#$	0.25	100.00(120/120)^\#
	Z	$0.10 \pm 0.02^\Delta$	0.28	100.00(120/120)^\Delta

注：*表示与摆位前X方向比较，差异具有统计学意义($P < 0.05$)；[#]表示与摆位前Y方向比较，差异具有统计学意义($P < 0.05$)；^Δ表示与摆位前Z方向比较，差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

表3 各靶区实际剂量与计划剂量比较(%)

组别	PTV-GTVnx	PTV-CTV1	PTV-CTV2	PTV-GTVnd	PTV-CTVnd
实际剂量	-1.21 ± 0.18	-3.24 ± 0.52	-2.28 ± 0.42	-2.18 ± 0.40	-2.47 ± 0.41
计划剂量	-0.86 ± 0.15	-2.86 ± 0.49	-1.65 ± 0.38	-1.32 ± 0.25	-1.25 ± 0.36
t	16.363	5.826	12.185	19.972	24.495
P	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001

表4 放疗中期、治疗结束后靶区剂量分布比较(n=120, Gy)

靶区		放疗中期	放疗结束后
GTVnx	平均剂量	72.19 ± 3.89	72.25 ± 4.13
	5%体积所接受的剂量	71.13 ± 3.11	72.07 ± 3.29
	95%体积所接受的剂量	68.84 ± 3.59	68.97 ± 3.12
GTVnd	平均剂量	69.10 ± 2.96	69.62 ± 2.27
	5%体积所接受的剂量	70.38 ± 2.95	70.86 ± 3.10
	95%体积所接受的剂量	67.83 ± 3.52	68.04 ± 3.69
CTV1	平均剂量	70.35 ± 3.67	68.82 ± 3.07
	5%体积所接受的剂量	70.05 ± 3.08	68.99 ± 3.53
	95%体积所接受的剂量	65.92 ± 4.56	63.54 ± 5.39

表5 邻近器官剂量的实际平均剂量分析(n=120, Gy)

组别	脑干	脊髓	腮腺	颌骨
放疗中期	52.86 ± 5.27	37.98 ± 5.32	29.81 ± 3.53	65.92 ± 14.83
治疗结束后	53.97 ± 5.34	36.82 ± 5.17	27.69 ± 3.68	62.71 ± 13.50
t	1.621	1.713	4.554	1.753
P	0.106	0.088	0.000	0.081

3 讨论

在进行鼻咽癌放射治疗时,因各种因素导致的摆位误差是不可避免的,而摆位误差的存在使患者各器官实际接收的放射剂量与设计剂量存在很大的差异^[6]。有研究指出,CBCT的应用可缩小计划靶区范围,减少敏感组织体积,提高肿瘤靶区剂量,进而可达到提高临床疗效、降低放疗并发症的作用^[7-8]。通过CBCT扫描可显示患者治疗前肿瘤大小、形状和位置及与周围器官的关系、状态等,将获得的图像与三维CT图像进行匹配分析,可得到肿瘤位置的摆位误差,然后可通过移床等措施来降低摆位误差,进而可提高靶区放射剂量、减轻对周围正常组织的损伤^[9-10]。本研究中,在线修正后及治疗结束后3个方向的摆位误差均小于摆位前,偏差 $\leq 2\text{mm}$ 的人数比例高于摆位前,说明CBCT扫描可减小3个方向的摆位误差。李庆等^[11]研究也指出,采用CBCT进行扫描有助于减少摆位误差。

摆位误差直接决定了靶区边界大小。Au等^[12]研究指出,摆位误差会导致放疗过程中,患者各器官及治疗靶区接受的实际剂量与计划剂量存在差异,导致治疗疗效降低。摆位误差的存在可能会导致肿瘤周围正常组织器官的放射治疗药物过量,而肿瘤靶区的放射剂量降低,进而影响临床治疗效果,且会对周围正常组织造成严重损害^[13]。且蒋璐等^[14]研究指出,如照射靶区于原计划偏离5%就可能增加放疗并发症,且使原发灶的照射剂量降低,进而影响放疗效果。本研究发现,各靶区实际剂量均低于计划剂量,这可能与摆位误差导致靶区辐射剂量降低有关。

进行放疗治疗时,不同邻近器官及靶区的药物剂量分布存在较大的差异。相关报道指出,鼻咽癌放疗治疗过程中,因腮腺贴近靶区,其受到的辐射剂量远高于计划剂量,且摆位误差对该区域的影响远高于脊髓和脑干,故CBCT扫描时进行摆位修正可降低腮腺的辐射剂量^[15-16]。本研究发现腮腺放疗中期的平均剂量高于治疗结束后,脑干、脊髓及颌骨放疗中期、治疗结束后的平均剂量对比无明显差异,说明进行CBCT扫描可降低腮腺的放射剂量,证实了上述研究,表明CBCT扫描时对邻近组织的影响或与距离扫描靶区距离有关。患者在进行放疗治疗时,往往靶区部位是被高剂量区环绕的,如想达到理想治疗效果,必须降低摆位误差,缩小实际药物剂量与计划药物剂量的差异性^[17]。徐久宏等^[18]、王发鹏等^[19]研究指出,采用CBCT进行扫描可提高靶区实际剂量。但本研究发现,放疗中期、治疗结束后GTVnx、GTVnd、CTV1剂量分布对比无明显差异,表明在进行摆位修正后患者靶区放射剂量无明显变化,与Zhang等^[5]研究结果存在差异,这主要与本研究样本量过少有关。

综上所述,CBCT可有效减小摆位误差,降邻近器官的辐射剂量,而靶区在在线修正前后的剂量分布无明显差异,因此,后续需增加进行进一步研究探讨CBCT对靶区放射剂量的影响。

参考文献

[1] 玉贵永, 邹良群, 阮国柱. 锥形束CT在鼻咽癌调强放射治疗中摆位误差

对危及器官及靶区剂量分布的影响研究[J]. 中国医学装备, 2018, 15(10): 42-45.

- [2] Jiang H, Wang G, Song H, et al. Analysis of the efficacy of intensity-modulated radiotherapy and two-dimensional conventional radiotherapy in nasopharyngeal carcinoma with involvement of the cervical spine[J]. *Oncol Lett*, 2015, 10(5): 2731-2738.
- [3] 吴伟, 吴伟伟. 锥形束CT对鼻咽癌调强放疗的摆位误差的影响[J]. *实用癌症杂志*, 2016, 31(8): 1260-1263.
- [4] 夏云飞, 孙颖, 陈晨, 等. 鼻咽癌放射治疗临床参考指南[M]. 北京: 北京大学医学出版社: 9-10.
- [5] Zhang J, Ge Y, Chen X, et al. Positioning Errors of the conventional method in nasopharyngeal carcinoma radiotherapy: A clinical study of an optical patient position guidance system[J]. *J Med Imaging Health Inform*, 2015, 5(3): 622-629.
- [6] 宋健. 鼻咽癌调强放疗中影响靶区体积的摆位误差分析[J]. *中国医师进修杂志*, 2020, 43(6): 563-568.
- [7] Chang H, Wei J W, Chen K, et al. Apolipoprotein A-I is a prognosticator of nasopharyngeal carcinoma in the era of intensity-modulated radiotherapy[J]. *J Cancer*, 2018, 9(4): 702-710.
- [8] 张大伟, 覃文, 苏世达, 等. 锥形束CT在头颈部和腹盆部肿瘤放疗摆位误差中的应用[J]. *广西医科大学学报*, 2017, 34(12): 1731-1734.
- [9] Cao C N, Luo J W, Gao L, et al. Update report of T4 classification nasopharyngeal carcinoma after intensity-modulated radiotherapy: An analysis of survival and treatment toxicities[J]. *Oral Oncol*, 2015, 51(2): 190-194.
- [10] 钱金栋, 段小娟, 周一兵. 鼻咽癌放疗中系统摆位误差对剂量分布影响的研究[J]. *医疗卫生装备*, 2016, 37(1): 76-78.
- [11] 李庆, 尹龙斌, 谢慧轻, 等. 鼻咽癌调强放疗中摆位误差的变化趋势: 基于千伏级锥形束CT的前瞻性研究[J]. *放射学实践*, 2017, 32(8): 96-101.
- [12] Au K H, Ngan R K C, Ng A W Y, et al. Treatment outcomes of nasopharyngeal carcinoma in modern era after intensity modulated radiotherapy (IMRT) in Hong Kong: A report of 3328 patients[J]. *Oral Oncol*, 2018, 77(1): 16-21.
- [13] Chen X, Lei H, Liang Z, et al. Intensity-modulated radiotherapy controls nasopharyngeal carcinoma distant metastasis and improves survival of patients[J]. *Springer Plus*, 2016, 5(1): 1459.
- [14] 蒋璐, 邱小平, 单国平, 等. 鼻咽癌放疗中摆位误差及解剖结构变化对剂量学的影响[J]. *中国医学物理学杂志*, 2017, 34(4): 348-354.
- [15] Liang S B, Teng J J, Hu X F, et al. Prognostic value of total tumor volume in patients with nasopharyngeal carcinoma treated with intensity-modulated radiotherapy[J]. *BMC Cancer*, 2017, 17(1): 506-511.
- [16] 高路, 刘青峰, 谢克北, 等. CBCT与CTVision图像引导放射治疗技术在鼻咽癌放射治疗摆位误差校正中的应用差异[J]. *中国医学装备*, 2019, 16(12): 69-72.
- [17] Sim C, Soong Y L, Pang E, et al. Xerostomia, salivary characteristics and gland volumes following intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma: A two-year follow-up[J]. *Aust Dent J*, 2018, 63(2): 217-223.
- [18] 徐久宏, 张军宁, 王建平, 等. 锥形束CT在鼻咽癌放疗的摆位误差及靶区外放边界的应用价值[J]. *江苏医药*, 2015, 41(1): 65-68.
- [19] 王发鹏, 杜镭, 马生虎, 等. 探讨应用辅助体表标记技术降低鼻咽癌放疗摆位误差的有效性[J]. *解放军医学院学报*, 2019, 39(1): 28-32.

(收稿日期: 2020-06-25)