

胸部定位参考线配合红外定位系统在鼻咽癌放疗中的应用

杨晓梅,储开岳,金建华,葛云,吴建亭,赵永亮
南通市肿瘤医院放疗科,江苏 南通 226361

【摘要】目的:应用千伏级锥形束CT(CBCT)验证胸部定位参考线配合红外定位系统(OPS)减小鼻咽癌调强放疗摆位线性误差与旋转误差。**方法:**随机选取不同定位方式的鼻咽癌患者共60例分成两组,其中采用胸部定位参考线配合OPS的患者30例,常规定位的患者30例,60例患者均采用头颈肩热塑体膜固定体位。胸部定位参考线配合OPS的患者扫描前根据患者与头颈肩热塑体膜相对位置及头颈肩固定体板的位置仰卧于定位床上,确定胸部参考线并在其标记线上贴上相应OPS定位小球,其余治疗摆位时患者体位与体板相对位置以定位参考线为准,然后进行增强扫描定位,将定位图像传输至治疗计划系统(TPS)进行调强治疗计划。应用CBCT扫描对两种定位方法进行误差分析。**结果:**两组图像应用骨性和灰度加旋转配准算法计算与定位图像配准,得到X(左右方向)、Y(头脚方向)、Z(前后方向)线性和旋转误差。设置胸部参考线与未设置胸部参考线两组患者X、Y、Z方向摆位线性误差分别为 (-0.21 ± 1.13) 、 (0.14 ± 0.90) 、 (-0.31 ± 1.12) mm和 (-0.59 ± 1.76) 、 (0.76 ± 1.60) 、 (-0.41 ± 2.13) mm, P 值分别为0.664 000、0.000 038、0.421 000;X、Y、Z方向摆位旋转误差分别为 $0.23^\circ\pm0.61^\circ$ 、 $0.35^\circ\pm0.42^\circ$ 、 $0.11^\circ\pm0.72^\circ$ 和 $0.85^\circ\pm1.31^\circ$ 、 $0.47^\circ\pm0.61^\circ$ 、 $0.91^\circ\pm1.32^\circ$, P 值分别为0.000 150、0.054 200、0.000 430。**结论:**通过胸部定位参考线配合OPS,能有效减少来自摆位的随机误差,同时保证治疗体位的精确性和重复性,提高放疗精度。

【关键词】鼻咽肿瘤;胸部参考线;红外定位系统;调强放射治疗;锥形束CT

【中图分类号】R739.9

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)02-0147-04

Application of chest positioning reference line combined with infrared positioning system in intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma

YANG Xiaomei, CHU Kaiyue, JIN Jianhua, GE Yun, WU Jianting, ZHAO Yongliang
Department of Radiation Oncology, Nantong Tumor Hospital, Nantong 226361, China

Abstract: Objective To verify whether the chest positioning reference line combined with an infrared positioning system (OPS) helps to reduce the linear and rotational errors in intensity-modulated radiotherapy (IMRT) for nasopharyngeal carcinoma (NPC). **Methods** Sixty NPC patients were randomized into two groups to receive IMRT with two positioning strategies using chest positioning reference line combined with OPS (30 cases) or conventional positioning (30 cases). All the patients were immobilized with thermoplastic head-and-shoulder mask. Before the scanning, the patients with chest positioning reference line combined with OPS were asked to lie on the positioning bed in a supine position adjusted according to the position of the thermoplastic mask and the head-and-shoulder fixation plate; the chest reference line was determined and then traced with OPS positioning balls. In patients with conventional positioning, the position of the patients was adjusted according to the reference lined defined by the position of the body relative to the fixation plate. Intensity-modulated treatment plans were carried out using the treatment planning system (TPS) after contrast CT scans. The linear and rotational errors of the two positioning methods were analyzed using kilovoltage cone-beam CT scans. **Results** The linear and rotational errors of positioning in the right-left (X), superior-inferior (Y), and anterior-posterior (Z) directions were calculated in the two groups using the bone registration and gray plus rotation registration algorithms. The linear errors in X, Y, and Z directions were (-0.21 ± 1.13) , (0.14 ± 0.90) , and (-0.31 ± 1.12) mm in chest reference line group, and were (-0.59 ± 1.76) , (0.76 ± 1.60) , and (-0.41 ± 2.13)

【收稿日期】2016-09-22

【作者简介】杨晓梅,女,副高,从事放射物理工作,E-mail: YXMY1974@163.com

【通信作者】储开岳,男,副高,从事放射物理工作,E-mail: chu_ky@163.com

mm in conventional positioning group, respectively, and the errors showed significant differences between the two groups ($P=0.664\ 000$, $0.000\ 038$, and $0.421\ 000$, respectively). The rotational errors in X, Y, and Z directions also differed significantly between the two groups ($0.23^\circ\pm0.61^\circ$ vs $0.85^\circ\pm1.31^\circ$, $P=0.000\ 150$; $0.35^\circ\pm0.42^\circ$ vs $0.47^\circ\pm0.61^\circ$, $P=0.054\ 200$; and $0.11^\circ\pm0.72^\circ$ vs $0.91^\circ\pm1.32^\circ$, $P=0.000\ 430$, respectively). **Conclusion** The application of chest positioning reference line with OPS can effectively reduce random errors in positioning of the patients for IMRT to ensure the accuracy and repeatability of positioning and improve the precision of radiotherapy.

Keywords: nasopharyngeal carcinoma; chest reference line; infrared positioning system; intensity-modulated radiotherapy; cone beam CT

前言

放射治疗是目前鼻咽癌首选治疗手段^[1]。因鼻咽癌患者的病变部位解剖结构相对较复杂,周围需要保护的危及器官较多,剂量梯度陡峭,高剂量区紧包绕靶区,对摆位精度及其验证的要求高。因此,放疗引入的误差往往导致肿瘤及其周围正常组织实际接受的剂量与计划不一致。摆位误差是影响放疗的重要因素,即使是固定较好的头颈部肿瘤也难以避免^[2-3]。红外定位系统(OPS)是以电子直线加速器为辐射源,通过跟踪面膜或体膜上的红外定位标记小球,将病灶中心精确引导到加速器中心,并在治疗中通过实时跟踪病灶中心,达到精确摆位、实时监控的目的,同时辅以三维精确的放疗计划系统,最大限度杀死病变组织,保护正常组织,全方位保障精确放疗。本研究主要针对鼻咽癌应用胸部定位参考线配合OPS方法进行误差分析。鼻咽癌患者放射治疗通常用头颈肩热塑面膜固定,是相对稳定的一种固定方式,但也有必要对日常摆位误差予以评估并实施有效控制。近年来出现的图像引导放射治疗(Image-Guided Radiation Therapy, IGRT)是将放射治疗机和影像设备结合在一起,在治疗机上采集患者图像信息,与CT图像融合对比,可以有效纠正摆位误差^[4]。本文以Elekta加速器的机载千伏级锥形束CT(CBCT)和图像采集系统与图像处理系统(XVI),以每周一次的频率对鼻咽癌患者的放射治疗实施摆位校正,分析应用胸部定位参考线配合OPS是否能够减小鼻咽癌线性误差与旋转误差。

1 材料与方法

1.1 研究对象

随机选取2015年2~10月经南通市肿瘤医院病理确诊的鼻咽癌患者60例,行9野均分调强放射治疗技术,其中男38例,女22例,年龄40~65岁,中位数56岁。

1.2 设备及软件

Philips Bigbore CT模拟机;Elekta SynergyTM IGRT加速器机载千伏级CBCT和图像采集系统与图像处理系统(XVI);OPS-08A型放疗红外定位系统;Philips Pinnacle³ 9.0放射治疗计划系统;西门子MRI;IBA COMPASS3D验证系统。

1.3 技术方法

将随机选取的60例鼻咽癌患者分成两组,两组患者均采用头颈肩热塑面膜进行体位固定,根据患者的脖子长度和舒适度采用不同高度的枕头让患者仰卧在定位床上,后颈和枕部与头枕曲线弧度吻合,双肩自然下沉,左右平行,高度一致。当左右方向床值为零时,矢状位激光线通过患者鼻尖与头部正中央矢状线重合^[5]。均使用模拟机扫描定位,应用胸部定位参考线配合OPS的患者用皮肤墨水,在患者胸部画出相应标记线作为摆位参考线并在十字中心贴相应的定位小球,带上面罩后在鼻咽部贴3~4个定位小球,贴好金点进行常规定位扫描。主管医生、放疗诊断医生共同勾画靶区和危及器官,物理师作治疗计划设计,均行9野均分调强放疗,治疗计划由主管医生确认后应用验证系统进行剂量验证,通过后将治疗计划和定位CT图像传输到加速器。实际治疗摆位时先调整患者体位,对准其胸部的摆位参考线,再带上面罩,对准治疗中心治疗。每周一次,应用加速器机载CBCT对60例患者进行扫描并配准,将配准结果进行分析。将千伏级CBCT进行扫描得到的摆位图像与定位CT图像进行骨性加旋转配准。对60例已治疗结束未使用胸部参考线患者CBCT图像比较分析,并对配准结果行 t 检验。

1.4 统计学方法

两种配准结果采用SPSS 16.0统计软件及Sigma-Plot 13.0绘图工具处理,线性误差分别用X表示左右方向移动,Y为头脚方向移动,Z为前后方向移动,单位为mm;旋转误差分别用X表示矢状面旋转,Y为

横断面旋转,Z为冠状面旋转,单位为deg。 $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 摆位误差数据统计

两组患者每周一次CBCT验证,把两种固定方法通过CBCT验证后的每一组误差数据记录下来,并计

算出X、Y、Z方向误差绝对值的平均值,通过CBCT验证出两组定位方法在患者X、Y、Z方向摆位线性误差与摆位旋转误差。线性误差方面:左右方向与上下方向无统计学差异,但是在头脚方向的两种方法有显著差异。旋转误差方面:矢状面与冠状面旋转误差有统计学意义,横断面方面无统计学意义。结果如表1所示。

表1 胸部参考线配合OPS配准后线性误差与旋转误差比较结果

Tab.1 Linear and rotational errors in positioning in 3 directions using chest reference line with OPS system and conventional positioning

Group	Linear errors (mm)/Rotational errors (°)		
	X	Y	Z
Chest reference line+OPS	0.21±1.13/0.23±0.61	0.14±0.90/0.35±0.42	0.31±1.12/0.11±0.72
Conventional positioning	0.59±1.76/0.85±1.31	0.76±1.60/0.47±0.61	0.41±2.13/0.91±1.32
P value	0.660/0.003	0.001/0.050	0.420/0.002

OPS: Infrared positioning system

2.2 结果分析

对两种定位方法误差分析(图1和图2),X和Z方向差别不大的原因在于对于Z方向限定可直接在面罩上标明床高数值,激光线“+”对准治疗点时,是否和面罩记录床高数值一致即可判定。导致偏差的因素有很多,如患者每次躺下的舒适度不一样、放疗中的不自主晃动等。而在Y方向两种定位方法相差较大是因为在对头颈肩板进行刻度后,患者身上3处十字线与其在同一横断面上,这样大大减少了Y方向的线性误差及X、Z的旋转误差。通过患者身体两侧的十字标记线与头颈肩热塑面膜上横线在同一水平面上可以减少患者Z方向的旋转误差,通过患者身体中线的十字标记线与头颈肩热塑面膜上正中线的竖线在同一激光线上可以有效减少X方向线性误差与X、Y旋转误差。

3 讨论

放射治疗已进入精确放疗时代,对治疗质量的控制尤为重要^[6]。摆位过程中体位的偏差是导致摆位误差最常见的原因,调强放射治疗精确度极高,可以达到毫米级别,在数个毫米范围内,为了有效保护正常组织,放疗剂量梯度很大。鼻咽癌患者在调强放疗过程中,大部分偏移在2 mm以下,个别患者超过4 mm。当系统误差为2 mm时,并没有发生剂量不足超过3%的情况;而当系统误差为5 mm时,剂量不

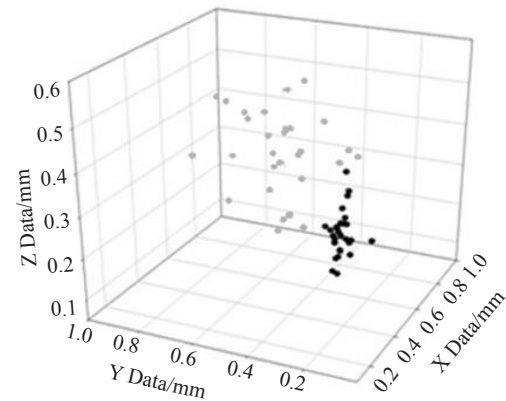


图1 常规定位与 胸部参考线配合OPS摆位线性误差
Fig.1 Linear error of conventional positioning and positioning with chest reference line and OPS system

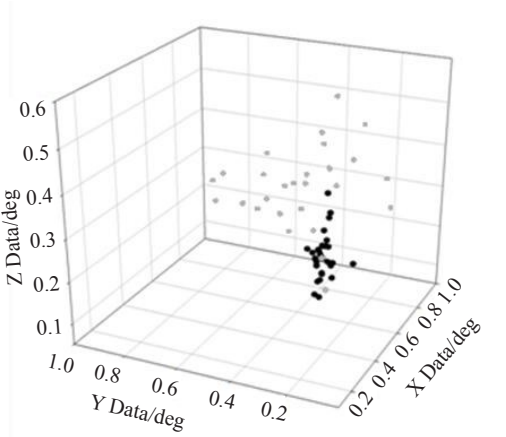


图2 常规定位与胸部参考线配合OPS摆位旋转误差
Fig.2 Rotational error of conventional positioning and chest reference line with OPS system

足超过3%的机会明显增加^[7]。因为在治疗期间仍有部分患者摆位偏移大于2 mm,特别是治疗后期有摆位偏移随时间增加的情况,对鼻咽癌调强放疗的患者将来可以考虑采用适应性放疗的技术策略来减少系统误差^[8]。放疗作为鼻咽癌重要治疗手段在定位、计划制作、摆位治疗各个方面对于治疗体位的要求非常严格。摆位误差产生的因素也有很多,如患者消瘦导致患者与热塑膜之间出现空隙。李媛媛等^[9]报道,鼻咽癌患者体质量下降范围为0%~15.85%,中位数6.67%,放疗至28次时体质量平均减轻了3.14 kg。头颈部外轮廓发生改变,颈部后面软组织有所缩小,头颈部向下沉,使得实际摆位的中心点偏向腹部那侧^[10]。热塑面膜的固定、体表线的配合、图像引导配准范围的选取等,而得益于IGRT的广泛使用,摆位效率与精度在大部分情况下可达到临床接受范围(除有呼吸运动造成的摆位难问题等)。但是在做CBCT治疗的过程中,患者会受到小剂量的照射,且增加了摆位的时间。而OPS通过治疗室和操作室的显示器可以看到荧光球位置与计划要求位置间方向上和数值上的差距,不需要摄片就可以及时调整及确认摆位,同时避免了小剂量照射,进一步节省摆位时间,提高摆位效率。由于患者标记了胸部摆位线,且贴上了定位小球,可以明确患者身体与头颈肩面罩的位置,通过相对较固定的位置设置定位小球,通过OPS发现患者的摆位误差。调强放疗是根据局部受照剂量不同将靶区分为大小不等的子野实施治疗,对治疗摆位精度要求更高,鼻咽癌患者定位时胸部定位摆位参考线配合OPS对提高治疗质量有积极作用,有效减小了鼻咽癌患者的摆位线性误差与旋转误差。

【参考文献】

- [1] 谷铎之,殷蔚伯,余子豪,等. 肿瘤放射治疗学[M]. 第4版. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2008: 458.
- GU X Z, YIN W B, YU Z H, et al. Radiation therapy oncology [M]. 4th ed. Beijing: Chinese Peking Union Medical College Press, 2008: 458.
- [2] KAM M K, CHAU R M, SUEN J, et al. Intensity modulated radiotherapy in nasopharyngeal carcinoma dose in error advantage over convention-plans and feasibility of dose escalation [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2003, 56(1): 145-157.
- [3] 丁伟杰, 曾昭冲, 孙菁, 等. 利用MVCT图像引导技术分析肝脏恶性肿瘤放疗不同体位固定方式的摆位误差[J]. 中国临床医学, 2016, 23(3): 341-343.
- DING W J, ZENG Z C, SUN J, et al. Analysis of positioning deviation of different body position fixing methods for hepatic carcinoma patients with radiotherapy by MVCT [J]. Chinese Journal of Clinical Medicine, 2016, 23(3): 341-343.
- [4] 于金明. 二十一世纪的放射肿瘤学[J]. 中华肿瘤杂志, 2002, 24(6): 521-525.
- YU J M. Radiation oncology of the 21st century [J]. Chinese Journal of Oncology, 2002, 24(6): 521-525.
- [5] 罗世洪, 赵威, 曾梁楠, 等. 锥形束CT在定位和拔除下颌阻生第三磨牙中的应用[J]. 实用医学杂志, 2016, 32(9): 1485-1487.
- LUO S H, ZHAO W, ZENG L N, et al. Application of cone beam CT in locating and removing mandibular impacted third molar [J]. The Journal of Practical Medicine, 2016, 32(9): 1485-1487.
- [6] 邓小武. 放射治疗的物理质量控制与质量保证[J]. 中国肿瘤杂志, 2008, 17(8): 660-662.
- DENG X W. Radiotherapy in physical quality control and quality assurance [J]. Chinese Journal of Cancer, 2008, 17(8): 660-662.
- [7] 王鑫, 胡超苏, 应红梅, 等. 摆位系统误差对鼻咽癌放疗剂量分布的影响[J]. 中国癌症杂志, 2008, 18(8): 620-625.
- WANG X, HU C S, YING H M, et al. Systematic setup errors for intensity modulated radiation therapy in the nasopharyngeal carcinoma: effect on dose distribution [J]. Chinese Journal of Cancer, 2008, 18(8): 620-625.
- [8] JAFFRAY D, KUPELIAN P, DJEMIL T, et al. Review of image guided radiation therapy [J]. Expert Rev Anticancer Ther, 2007, 7(1): 89-103.
- [9] 李媛媛, 郑峰, 金凤, 等. 鼻咽癌适形调强放疗相关体积变化对靶区剂量影响分析[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2014, 21(17): 1358-1367.
- LI Y Y, ZHENG F, JIN F, et al. Target volume dose and its corresponding factors during intensity modulated radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma [J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2014, 21(17): 1358-1367.
- [10] 莫小咪, 肖爱农, 伍海彪, 等. 千伏级锥形束kV-CBCT在鼻咽癌调强放疗摆位误差的研究[J]. 中国辐射卫生, 2016, 25(2): 206-208.
- MO X M, XIAO A N, WU H B, et al. Kilovoltage cone-beam CT in the evaluation of set-up errors in the nasopharyngeal carcinoma with intensity modulated radiotherapy [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2016, 25(2): 206-208.

(编辑:陈丽霞)