

## 基于电子射野影像系统的鼻咽癌调强放疗摆位误差纠正及其应用

王占宇<sup>1</sup>, 曾自力<sup>2</sup>, 谭军文<sup>1</sup>

1. 柳州市工人医院肿瘤科放疗室, 广西 柳州 545005; 2. 柳州市柳铁中心医院肿瘤科, 广西 柳州 545005

**【摘要】目的:**通过电子射野影像系统(EPID)测量、分析鼻咽癌调强放射治疗的摆位误差,为计算临床靶区(CTV)到计划靶区(PTV)扩边值提供依据。**方法:**30例鼻咽癌患者从首次放疗摆位开始拍摄正位、侧位EPID图像,并与数字重建射线影像(DRR)图像进行融合。以DRR图像计划原点为0,EPID图像摆位原点和DRR原点在各方面差值为各方向摆位误差。若摆位误差超出容许范围,分析原因后进行纠正。治疗过程中每周病人每周进行一次摆位验证;根据CTV到PTV外放公式 $M_{PTV}=2.5\Sigma+0.7\delta$ ,分别计算患者在头脚、前后及左右方向CTV到PTV扩边值。**结果:**经过EPID纠正,患者在头脚、前后和左右方向的摆位误差绝对值分别减小至纠正前的59.5%、71.2%和73.6%,结果有统计学意义( $P=0.000, 0.000$ 和 $0.000$ )。CTV到PTV前后、左右、头脚扩边值由纠正前的1.66、2.00、3.11 mm减少为纠正后的1.14、1.50、1.96 mm。**结论:**在鼻咽癌调强放射治疗中利用EPID可确保患者治疗的准确性,减少CTV到PTV扩边值,使靶区周围的正常组织和危及器官得到最大限度的保护。该结果对柳州市柳铁中心医院CTV到PTV扩边值有较好的参考价值,该研究方法可为不同放疗单位计算CTV到PTV扩边值提供参考。

**【关键词】**电子射野影像系统;鼻咽癌;调强放射疗法;摆位误差;扩边值

**【中图分类号】**R815.6

**【文献标志码】**A

**【文章编号】**1005-202X(2017)09-0887-06

## Electron portal imaging device for the correction of set-up error in intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma and its application

WANG Zhanyu<sup>1</sup>, ZENG Zili<sup>2</sup>, TAN Junwen<sup>1</sup>

1. Radiotherapy Room, Department of Oncology, Liuzhou Worker's Hospital, Liuzhou 545005, China; 2. Department of Oncology, Liuzhou Municipal Liutie Central Hospital, Liuzhou 545005, China

**Abstract: Objective** To provide a basis for the calculation of the expanding boundary value from clinical target area to planning target area ( $M_{PTV}$ ) by measuring and analyzing the set-up error in intensity-modulated radiotherapy (IMRT) for nasopharyngeal carcinoma (NPC) with the use of electron portal imaging device (EPID). **Methods** From the first set-up, the front and lateral EPID images of 30 patients with NPC were obtained and fused with digitally reconstructed radiograph (DRR). Taken the origin of DRR plan as 0, the set-up error is defined as the difference between EPID origin and DRR origin in each direction. When the set-up error beyond the permissible range, we analyzed the causes and then corrected the set-up error. During the treatment, position verification was performed once a week for each patient. The formula  $M_{PTV}=2.5\Sigma+0.7\delta$  was used to calculate the  $M_{PTV}$  in left-right, head-foot and front-back directions. **Results** After the correction of EPID, the absolute values of set-up errors in head-foot, front-back, and left-right directions were reduced to 59.5%, 71.2% and 73.6% of those before correction, with statistical significance ( $P=0.000, 0.000$  and  $0.000$ ). The  $M_{PTV}$  in front-back, left-right and head-foot directions were 1.14, 1.50 and 1.96 mm, as comparison with the 1.66, 2.00 and 3.11 mm before correction. **Conclusion** Applying EPID into the IMRT for patients with NPC can ensure the treatment accuracy, reduce the  $M_{PTV}$ , and provide the maximum protection for the normal tissue around the target areas and organs-at-risk. The obtained results have a good reference value for determining the  $M_{PTV}$  in the Department of Oncology, Liuzhou Municipal Liutie Central Hospital, and the research method can provide reference for the calculation of  $M_{PTV}$  in other Radiotherapy Department.

**Keywords:** electron portal imaging device; nasopharyngeal carcinoma; intensity-modulated radiotherapy; set-up error; expanding boundary value

**【收稿日期】**2017-05-18

**【作者简介】**王占宇,男,工程师,从事肿瘤放射物理及精确放疗技术工作,E-mail: 982974132@qq.com

**【通信作者】**曾自力,E-mail: gxzzl@sina.com

## 前言

鼻咽癌是我国常见的恶性肿瘤之一,发病率以南方诸省较高,近年来我国北方地区的发病率也逐渐增高<sup>[1]</sup>。鼻咽又称上咽部或咽的鼻部,周边结构复杂,相邻大量的重要器官,而这些毗邻鼻咽原发灶的重要器官需要得到保护。目前鼻咽癌公认和有效的根治性治疗手段为放射治疗,或以放射治疗为主的综合治疗<sup>[2]</sup>。调强放射治疗(Intensity-Modulated Radiotherapy, IMRT)能使每一个射野内诸点的输出剂量率能按要求的方式进行调整,从而最大限度地使剂量准确地传递到肿瘤靶区而使肿瘤周围的正常组织和危及器官接受较小的剂量,得到充分保护<sup>[3]</sup>。但是IMRT对摆位的精确性要求极高,因而保证每次治疗摆位的重复性对鼻咽癌IMRT来说至关重要。为解决射野定位、患者摆位的实时验证和减少放射治疗照射误差等问题,电子射野影像系统(Electron Portal Imaging Device, EPID)迅速在医用电子直线加速器领域更新发展起来<sup>[4]</sup>,EPID能测量鼻咽癌IMRT摆位误差,提高摆位精度<sup>[5-6]</sup>。本文通过EPID在鼻咽癌IMRT的应用,保障患者放射治疗摆位的准确性,为治疗计划设计时,临床靶区(Clinical Target Volume, CTV)和计划靶区(Planning Target Volume, PTV)之间的间隙设置提供依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

经病理学检查诊断,30例鼻咽癌患者,分期为T<sub>1</sub>~T<sub>2</sub>N<sub>1</sub>M<sub>0</sub>期,采用头颈肩热成型面罩固定,均行IMRT。

### 1.2 设备

美国瓦里安aS1000 EPID,采用非晶硅的动态整体平板型直接数字化成像探测器,由马达驱动,可在X、Y、Z三维方向运动,患者进行摆位验证后可完全收回到安全位置,避免射线照射。成像探测器的有效图像感应面积 $\geq (40 \times 30) \text{ cm}^2$ ,空间分辨率 $\geq (1\,024 \times 768)$ 像素,像素灰度分辨率 $\geq 14 \text{ bit/pixel}$ ,动态图像采集速度 $\geq 23 \text{ 帧/s}$ 。图像编辑功能包括大小、翻转、旋转;几何测量功能包括测量距离、面积和角度。EPID可与放疗专用网络系统实现联网,并集成和共享数据,从网络获取参考图像;可将采集的实时图像存储在网络中,供其他工作站访问使用;可在实时影像系统的用户界面上同时察看实时成像和对比参考图像[模拟定位图像或治疗计划系统数字重建射线影像(Digitally Reconstructed Radiograph, DRR)图像],以及其他图像,即使在采集图像时,也能显示参考图像;可在图像上

显示多叶准直器的照射野形状;图像采集后,可自动进行图像增强处理;可自动或手动调节窗宽/窗位、图像放大/缩小显示;可进行自动照射野边界搜索和显示;可对参考图像和实时成像进行照射野边界和解剖结构的定位匹配的检测,并进行位移的测量,从而确定照射野的摆位误差<sup>[7]</sup>。

### 1.3 方法

鼻咽癌患者IMRT治疗体位的选择及固定,患者体位的选择有利于治疗计划设计及体位重复,减少不良反应。对于鼻咽癌患者通常采用仰卧位放射治疗,体位固定前要先让患者放松,消除患者思想顾虑及肌肉紧张。根据IMRT的需要和患者的舒适程度,选择合适的头枕,体位固定通常采用头颈肩热成型面罩,对患者进行个体化固定,便于每次IMRT能够最大程度地重复相同的体位,减少IMRT时的摆位误差。制作时,在额头、鼻翼、下巴、颈部及双肩等处精确塑形,做出轮廓。

鼻咽癌患者CT模拟定位及数据传输,在CT模拟机下,采用上述体位及头颈肩热成型面罩固定好患者,取2.5 mm层厚进行CT扫描,范围从颅底线上10 cm至锁骨下3 cm。将扫描信息传至治疗计划系统,并进行IMRT计划设计。将设计好的治疗计划、治疗计划系统DRR图像及实时野MLC图像等通过网络传输到医用直线加速器。

每位鼻咽癌患者在放射治疗前进行首次摆位,疗程内每周拍摄测量一次,按时间先后排序保存,当病人治疗计划改动时,需要重新拍摄测量,特殊患者可以增加拍摄测量次数。每位患者摆位时拍摄正位(加速器机架角0°)、侧位(90°或270°)EPID实时射野图像,将拍摄的EPID实时射野图像通过骨性标志和气管腔室与治疗计划系统DRR图像进行融合配准比较,读取EPID实时射野图像射野中心十字与DRR图像的中心十字重合程度,测量出两幅图像在头脚、前后及左右方向的摆位误差,拍摄图片见图1至图6。误差限值设定:摆位误差的绝对值在患者左右方向小于2 mm、前后方向小于2 mm、头脚方向小于3 mm。符合要求后进行治疗;不符合要求的,分析原因,并纠正后,重新摆位测量。

摆位误差通常分为系统误差、随机误差和总误差。系统误差为实际治疗位置和治疗参考位置有差异,用 $\Sigma$ 表示系统误差的标准差,表示患者在放射治疗前,由模拟定位机械系统、扫描系统、加速器的机械系统、激光灯等引起的误差。在整个放射治疗过程中,这些误差对于某一患者来说是恒定的,但不同患者之间的系统误差是不一样的。随机误差具有随

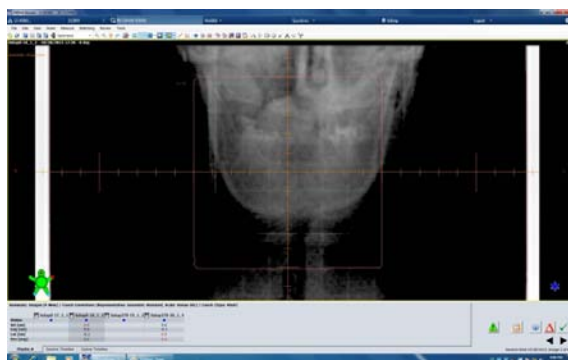


图1 正位EPID实时射野图像

Fig.1 Real-time front electron portal imaging device (EPID) image

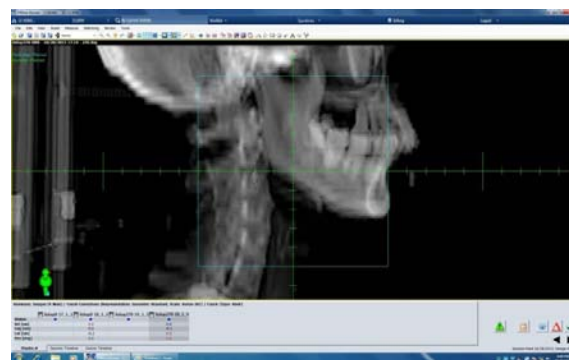


图5 侧位DRR图像

Fig.5 Lateral DRR image

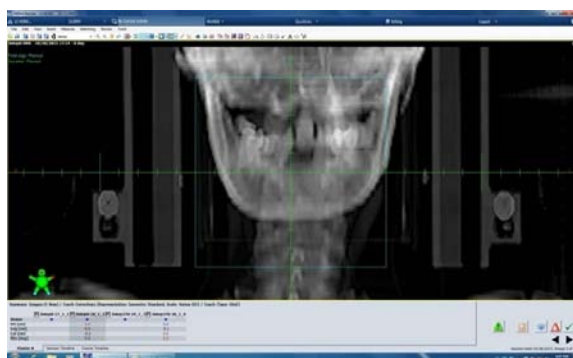


图2 正位DRR图像

Fig.2 Front digitally reconstructed radiograph (DRR) image



图6 侧位EPID图像与DRR图像比较

Fig.6 Comparison of lateral EPID image and DRR image



图3 正位EPID图像与DRR图像比较

Fig.3 Comparison of front EPID image and DRR image



图4 侧位EPID实时射野图像

Fig.4 Real-time lateral EPID image

机性,用 $\delta$ 表示随机误差的标准差,发生在治疗计划执行期间,是患者每次治疗时体位重复性的差异,一般因患者位置和器官运动的变化引起,有偶然性。CTV到PTV的扩边值是由McKenzie等<sup>[8]</sup>和van Herk等<sup>[9-10]</sup>经过大量研究提出CTV外扩到PTV的数值计算公式 $M_{PTV}=2.5\Sigma+0.7\delta$ 来计算,其中 $M_{PTV}$ 为摆位扩边估计值, $\Sigma$ 为系统误差的标准差, $\delta$ 为随机误差的标准差<sup>[11]</sup>。在一个放射治疗疗程中,按时间先后排序,将鼻咽癌患者IMRT每次的EPID实时射野图像进行分析,可得到鼻咽癌患者群体摆位误差分布情况,为CTV到PTV之间的间隙设置提供依据。

#### 1.4 统计学方法

采用SPSS 19.0统计软件包进行统计学分析,计量资料以用均数 $\pm$ 标准差表示,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

30例病人在治疗过程中,平均每例病人摆位并拍摄EPID实时射野图像7次左右,患者在头脚、前后及左右方向的摆位误差绝对值的最大值在纠正前分别为5、3、3 mm;摆位误差超过容许范围的需进行纠正后才能实施治疗,纠正后摆位误差绝对值的最大



值分别为3、2、2 mm。

纠正前,共计采集210次数据,在头脚、前后、左右方向的偏差如图7~图9所示。纠正后(摆位误差超过容许值的无需纠正)和纠正前的一样,共计采集210次数据,在头脚、前后、左右方向的偏差分布如图10~图12所示。

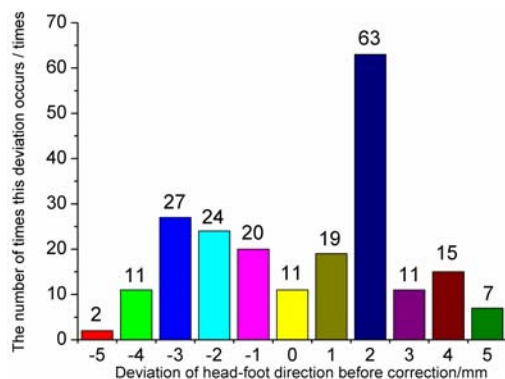


图7 纠正前头脚方向的偏差分布

Fig.7 Deviation distribution of head-foot direction before correction

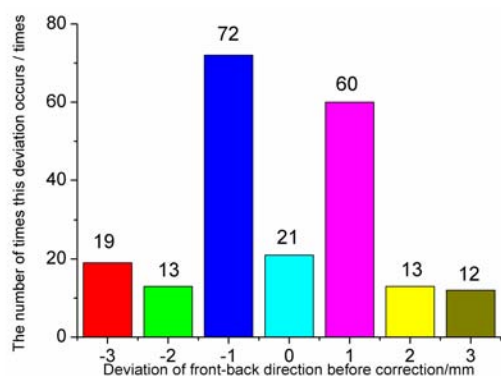


图8 纠正前前后方向的偏差分布

Fig.8 Deviation distribution of front-back direction before correction

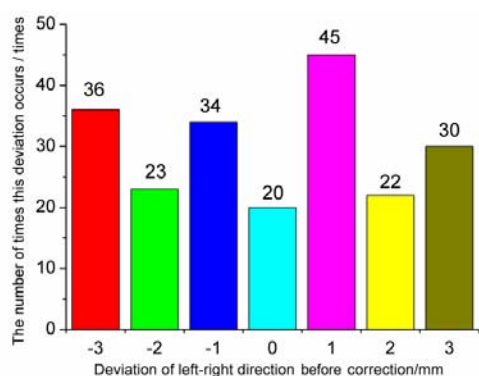


图9 纠正前左右方向的偏差分布

Fig.9 Deviation distribution of left-right direction before correction

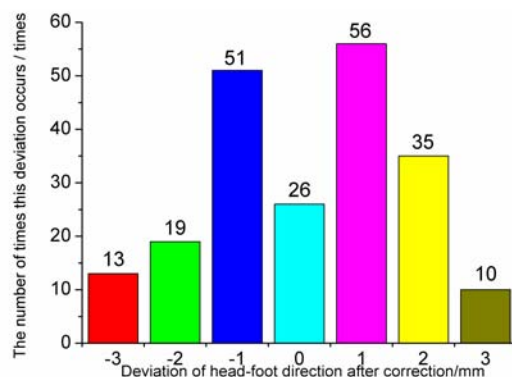


图10 纠正后头脚方向的偏差分布

Fig.10 Deviation distribution of head-foot direction after correction

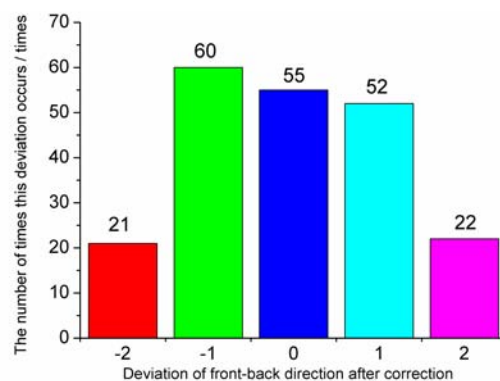


图11 纠正后前后方向的偏差分布

Fig.11 Deviation distribution of front-back direction after correction

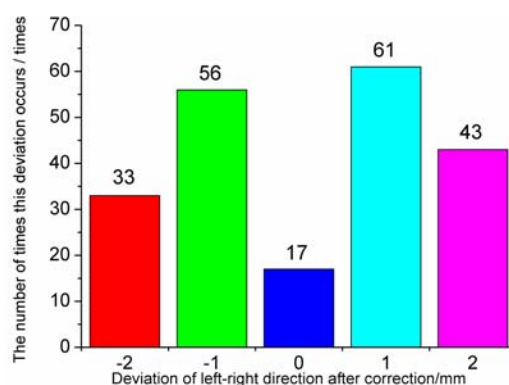


图12 纠正后左右方向的偏差分布

Fig.12 Deviation distribution of left-right direction after correction

患者纠正后的头脚、前后及左右方向的摆位误差绝对值均值均小于纠正前,分别为纠正前的59.5%、71.2%和73.6% ( $P=0.000$ 、 $0.000$ 和 $0.0000$ )。患者摆位通过EPID降低了摆位误差,在头脚方向改变较明显,见表1。

表1 纠正前与纠正后头脚、左右及前后方向的摆位误差的绝对值对比

Tab.1 Comparison of the absolute value of set-up errors before and after correction in head-foot, front-back, left-right direction

Direction	Front-back (F-B)	Left-right (L-R)	Head-foot (H-F)
Before correction/mm	1.32±0.85	1.74±1.01	2.27±1.18
After correction/mm	0.94±0.69	1.28±0.60	1.35±0.84
After/Before	71.2%	73.6%	59.5%
P value	0.000	0.000	0.000

根据30例病人的摆位误差均值和30例病人的摆位误差标准差,求出群体的系统误差的标准差 $\Sigma$ 和群体的随机误差的标准差 $\delta$ ,再根据CTV到PTV外放公式 $M_{PTV}=2.5\Sigma+0.7\delta$ ,分别计算患者在头脚、前后及左右方向摆位误差的 $M_{PTV}$ 值。

群体的系统误差的标准差的计算公式为:

$$\Sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}, \text{ 其中 } N \text{ 为病例数, } x_i \text{ 为第 } i \text{ 例病人摆}$$

位误差的平均值, $\mu$ 为30例病人摆位误差平均值的均值。

群体的随机误差的标准差 $\delta$ 的计算公式为:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\sigma_i - \mu')^2}, \text{ 其中 } N \text{ 为病例数, } \sigma_i \text{ 为第 } i \text{ 例病人}$$

摆位误差的标准差, $\mu'$ 为30例病人摆位误差标准差的均值。

PTV外放公式为: $M_{PTV}=2.5\Sigma+0.7\delta$ 。计算结果如表2所示。

表2 纠正前与纠正后前后、左右及头脚方向的CTV到PTV扩边值计算

Tab.2 Calculation of  $M_{PTV}$  before and after correction in head-foot, front-back, left-right direction

	Before correction			After correction		
	F-B	L-R	H-F	F-B	L-R	H-F
$\Sigma/\text{mm}$	0.55	0.69	1.09	0.39	0.53	0.68
$\delta/\text{mm}$	0.40	0.39	0.56	0.25	0.25	0.37
$M_{PTV}/\text{mm}$	1.66	2.00	3.11	1.14	1.50	1.96

$\Sigma$ : Standard deviation of systemic error;  $\delta$ : Standard deviation of random error;  $M_{PTV}$ : Expanding boundary from clinical target area to planning target area

由表2可知,纠正前CTV到PTV扩边值为1.66、2.00、3.11 mm,纠正后为1.14、1.50、1.96 mm。通过EPID降低了患者摆位误差和 $M_{PTV}$ 值,同时减小了CTV到PTV扩边值,使靶区周围的正常组织和危及器官得到最大限度的保护。

### 3 讨论

放射治疗中的摆位误差即为实际治疗位置和治疗参考位置的差异<sup>[12]</sup>,摆位误差一方面表现为患者身体在三维空间上的平移,另一方面表现为患者身体的旋转,本研究中不涉及旋转。在放射治疗中,虽然采用了各种措施去控制,但摆位误差或大或小依然存在<sup>[13]</sup>,因此放射治疗前校正患者摆位,及时发现及时校正,确保射线束总对准靶区照射是必要。治疗参考位置由DRR

图像提供,实际治疗位置由EPID图像提供,EPID利用治疗射线拍摄数字化射野影像,并配有分析软件,对射野和靶区误差进行自动分析和计算,可以定量地测量出患者的位置偏差,并知道是哪个方向上的偏差,当发现误差超过一定范围时,便可采取相应的校正措施进行实时纠正。从结果可以看出鼻咽癌患者纠正前头脚、前后及左右方向的偏差的绝对值与纠正后比较有了明显减少,差异有统计学意义( $P=0.000$ 、 $0.000$ 和 $0.000$ ),这说明通过EPID可以降低患者摆位误差。

ICRU 50号报告提出光子线照射的靶体积概念,包括肿瘤靶区、CTV、PTV。ICRU 62号报告对此进行了补充,PTV是一个集合概念:指所有可能几何变化所确定的,使由此所设定野的大小和分布能使CTV获得规定剂量的容积,包括由于摆位误差和器官运动等因素

引起的CTV位置相对射野的变化。由于IMRT时肿瘤靶区周围等剂量线梯度变化大,如果PTV设定不当会导致CTV剂量过低,肿瘤周围的正常组织及危及器官受到超耐受量照射,致使肿瘤局部控制率降低、正常组织并发症概率上升。Ploquin等<sup>[14]</sup>和蒋璐等<sup>[15]</sup>通过研究认为,当IMRT摆位误差为2、4、6 mm时,肿瘤靶区的剂量分别减少了4.0%、7.5%、10.0%。

在鼻咽癌放射治疗疗程中,分析每次的EPID实时射野图像,可得鼻咽癌患者群体摆位误差分布情况,为CTV到PTV之间的间隙设置提供参数,再由外放公式 $M_{PTV}=2.5\sigma+0.7\delta$ 来计算扩边值。Wang等<sup>[16]</sup>发现如果没有进行EPID摆位纠正,为确保CTV足够的覆盖范围,需外扩的边界为5~6 mm。也有研究报道,对鼻咽癌的IMRT,CTV到PTV的外放应为5 mm<sup>[17-19]</sup>。本研究中,鼻咽癌患者通过EPID摆位降低了摆位误差,减少了CTV到PTV扩边值 $M_{PTV}$ ,使靶区周围的正常组织和危及器官得到最大限度的保护,前后、左右及头脚方向CTV到PTV扩边值由纠正前的1.66、2.00、3.11 mm减少为纠正后的1.14、1.50、1.96 mm。扩边值 $M_{PTV}$ 是通过摆位误差分析计算得来,由于国内目前并未形成鼻咽癌放射治疗摆位的统一方法和标准,病人固定装置、模拟定位机械系统、扫描系统、加速器的机械系统、技术员操作等各不相同,不同放疗单位的计算结果会略有差异,因此该结果仅对柳州市柳铁中心医院CTV到PTV扩边值有较好的参考价值,但本研究方法可为不同放疗单位计算CTV到PTV扩边值提供参考。临床中,CTV到PTV扩边值还应考虑到放射治疗过程中肿瘤大小、位置的变化、人体各器官的运动、体质量变化等因素的影响,扩边值应略大于 $M_{PTV}$ ,对于特殊病人还应做重复定位。

## 【参考文献】

- [1] 北京协和医院. 放射治疗科诊疗常规[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004: 7.  
Peking Union Medical College Hospital. Radiation therapy routine [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2004: 7.
- [2] 殷蔚伯, 余子豪, 徐国镇, 等. 肿瘤放射治疗学[M]. 4版. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2008: 458.  
YIN W B, YU Z H, XU G Z, et al. Radiation oncology[M]. 4th ed. Beijing: Peking Union Medical College Press, 2008: 458.
- [3] 潘才住, 潘建基, 陈传本, 等. 电子射野影像系统测量鼻咽癌调强放疗的摆位误差[J]. 福建医科大学学报, 2007, 41(1): 49-52.  
PAN C Z, PAN J J, CHEN C B, et al. Measurement of the setup error of intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma by electron field imaging system [J]. Journal of Fujian Medical University, 2007, 41(1): 49-52.
- [4] ERRIDGE S C, SEPPENWOOLDE Y, MULLER S H, et al. Portal imaging to assess set-up errors, tumor motion and tumor shrinkage during conformal radiotherapy of non-small cell lung cancer [J]. Radiother Oncol, 2003, 66(1): 75-85.
- [5] 郭根燕, 刘晓岚, 郑旭, 等. 电子射野影像系统对鼻咽癌调强放疗摆位误差的测量[J]. 中国辐射卫生, 2011, 20(3): 321-324.  
GUO G Y, LIU X L, ZHENG X, et al. Measurement of the setup error of intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma by electron field imaging system [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2011, 20(3): 321-324.
- [6] 黄焱秋, 周春骏, 余忠全, 等. 影像验证系统在鼻咽癌调强放疗中的应用[J]. 实用癌症杂志, 2015, 30(12): 1921-1923.  
HUANG Y Q, ZHOU C J, YU Z Q, et al. Application of image verification system in intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma [J]. the Practical Journal of Cancer, 2015, 30(12): 1921-1923.
- [7] 陈杨生, 曾自力. 电子射野影像系统的质量保证及应用[J]. 中国辐射卫生, 2016, 25(6): 692-695.  
CHEN Y S, ZENG Z L. Quality assurance and application of electronic portal imaging system [J]. Chinese Journal of Radiological Health, 2016, 25(6): 692-695.
- [8] MCKENZIE A, VANHERK M, MIJNHEER B. Margins for geometric uncertainty around organs at risk in radiotherapy [J]. Radiother Oncol, 2002, 62(3): 299-307.
- [9] VAN HERK M, REMEIJER P, LEBESQUE J V. Inclusion of geometric uncertainties in treatment plan evaluation [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2002, 52(5): 1407-1422.
- [10] VAN HERK M. Errors and margins in radiotherapy [J]. Semin Radiat Oncol, 2004, 14(1): 52-64.
- [11] WALLING M A, NOVAK J A, SHEPARD J R. Quantum dots for live cell and *in vivo* imaging [J]. Int J Mol Sci, 2009, 10(2): 441-491.
- [12] HURKMANS C P, LEBESQUE J V. Set-up verification using portal imaging: review of current clinical practice [J]. Radiother Oncol, 2001, 58(2): 105-120.
- [13] VAN ASSELEN B, DEHNAD H, RAAIJMAKERS C P, et al. Implanted gold markers for position verification during irradiation of head-and-neck cancers: a feasibility study [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 59(4): 1011-1017.
- [14] PLOQUIN N, LAU H, DUNSCOMBE P. Intensity modulated and three-dimensional conformal radiation therapy plans for oropharyngeal cancer: a comparison of their sensitivity to set-up errors and uncertainties [J]. Curr Oncol, 2006, 13(2): 61-66.
- [15] 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.  
JIANG L, QIU X P, SHAN G P, et al. Influence of setup error and anatomic structure change on dosimetry in nasopharyngeal carcinoma radiotherapy [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2017, 34(4): 348-354.
- [16] WANG J, BAI S, CHEN N, et al. The clinical feasibility and effect of online cone beam computer tomography-guided intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal cancer [J]. Radiother Oncol, 2009, 90(2): 221-227.
- [17] 臧志芳, 邢晓汾, 崔桐, 等. 鼻咽癌调强放疗的摆位误差分析[J]. 肿瘤研究与临床, 2011, 23(2): 136.  
ZANG Z F, XING X F, CUI T, et al. Analysis of the setup error of intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma [J]. Cancer Research and Clinic, 2011, 23(2): 136.
- [18] 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]. China Oncology, 2008, 18(8): 620-625.
- [19] 方卫宁, 陈榕钦, 柏朋刚, 等. 基于头部和颈部摆位误差的鼻咽癌不同段靶区扩边研究[J]. 医疗装备, 2015, 28(3): 11-12.  
FANG W N, CHEN R Q, BAI P G, et al. Nasopharyngeal carcinoma of head and neck position error in different segments of the target area [J]. Medical Equipment, 2015, 28(3): 11-12.

(编辑: 谭斯允)