〖临床基础研究/论著〗

发泡垫在头颈肿瘤放疗定位中的价值研究

石慧烽　白景峰　孔月虹　胡海生　丁继平

上海交通大学附属第九人民医院口腔颌面—头颈肿瘤科，上海 200011

【摘要】 目的 通过研究定位发泡垫在头颈部调强放疗摆位中的应用，探讨其在定位中的价值。**方法** 选取上海交通大学附属第九人民医院 2014-02-01—2014-05-30 收治的 20 例头颈部患者，随机分为发泡垫组和头枕组，两组患者放疗前后体质量变化在 5Kg 以内。每名患者在放疗前与放疗 20 次后，各完成 1 次定位 CT 扫描；将定位图像输入 MIM 软件，建立坐标系，分别勾画颈椎，利用 DICE 流程计算出的 dice 系数、jaccard 系数、hausdoff 距离作为评价指标，分组研究颈椎位置变化。**结果** 定位发泡垫组的 dice 系数为 0.79 ±0.07，jaccard 系数为 0.65 ±0.10；头枕组的 dice 系数为 0.70±0.08，jaccard 系数为 0.58±0.10，$P<0.000\ 1$。定位发泡垫组的 hausdoff 距离为 0.84±0.12，头枕组的 hausdoff 距离为 0.60 ±0.15，$P<0.05$。定位发泡垫组颈椎中心间距为 0.21±0.08，头枕组的为 0.30±0.10。定位发泡垫组的 dice 系数、jaccard 系数、hausdoff 距离和颈椎中心间距均优于头枕组。**结论** 相对于传统的头枕，定位发泡垫减少患者横向纵向以及旋转的误差，更适合临床应用。

【关键词】 定位发泡垫；配准；dice 系数；jaccard 系数；hausdoff 距离

中华肿瘤防治杂志，2015，22(11)：

Study On The Value Of Styrofoam In Radiotherapy For Head And Neck Tumor

SHI Hui-feng，*Bai Jing-feng*，*KONG Yue-hong*，*HU Hai-sheng*，*DING Ji-ping*，

Department of oral and Maxillofacial-Head and Neck Oncology，*Ninth People's Hospital of Shanghai Jiaotong University School of Medicine*，*Shanghai* 200011，*P. R. China*

[**ABSTRACT**] **OBJECTIVE** To investigate the value of the location of Styrofoam by the study of the application of the Styrofoam in the head and neck Intensity modulated radiotherapy. **METHODS** 20 head and neck tumor patients were randomly divided into 2 groups, who were treated in our hospital in 2014. Group A was given styrofoam and the others were given stand plastics pillow . The weight change for the two sets of patients was within 5Kg after radiotherapy Each patient was given two CT scans. The first was given before radiotherapy and the second was given after the completion of 20 times radiotherapy ; The CT images were put into the MIM software, coordinate system was established and the outline of cervical vertebrae was drawn separately , The dice flow use the Dice coefficient, Jaccard coefficient, hausdoff distance as evaluation index to investigate cervical vertebra position changes. **RESULTS** The Styrofoam group: The average of dice coefficient=0.79 ±0.07 and jaccard coefficient=0.65 ±0.10. The stand plastics pillow group: The average of dice coefficient=0.77 ±0.08 and jaccard coefficient=0.58±0.10. Two coefficients $P<0.0001$. The Styrofoam group: The average of hausdoff distance coefficient=0.21±0.08. The stand plastics pillow group: The average of hausdoff distance coefficient =0.30±0.10. The 4 statistical data of Styrofoam was better than that of the stand plastics pillow . **CONCLUSIONS** Compared with the stand plastics pillow , the Styrofoam reduces the lateral , longitudinal and rotational error, It is more suitable for clinical application.

[**KEYWORDS**] positioning of styrofoam; registration; dice coefficient; laccard coefficient; hausdoff distance

Chin J Cancer Prev Treat，2015，22(11)：

【中图分类号】 R737.9　**【文献标识码】** A　**【文章编号】** 1673—5269(2015)11—0836—05

【基金项目】 上海市科委医学引导类项目(14411967900)

【第一作者简介】 石慧烽，男，浙江嵊州市人，硕士，物理师，主要从事肿瘤精确放疗体位固定技术的研究工作。

Tel：86—21—23271699—5665　E-mail：113074222@qq.com

【通讯作者简介】 涂文勇，男，山东烟台人，博士，副主任医师，硕士生导师，主要从事肿瘤放射治疗的临床研究工作。

Tel：86—21—23271699—5663　E-mail：tu4you@163.com

调强放射治疗是头颈部肿瘤治疗的主要手段，它能在肿瘤靶区进行高剂量照射的同时，使靶区周围重要危及器官得到保护[1]。它是一种高精度的放疗，靶区内剂量按处方要求分布，高剂量区紧紧包绕靶区，剂量梯度变化大，因而对治疗中摆位精确度要求更高[2-3]。其治疗关键在于每次实施照射时，靶区位置稳定，从而使靶区得到准确的剂量[4]。目前，常规定位以碳素平板和标准树脂头枕组合为底座，结合高分子热塑材料头颈肩面罩联合固定，在这种固定技术下，头枕和面罩与患者之间存在一定空腔，在整个治疗过程中，患者的摆位位置会有所变化[5-6]。这种摆位误差导致部分靶区不能得到稳定的照射剂量，从而降低肿瘤的局部控制率，影响疗效。并且由于常规定位技术中，头枕多为标准头枕，无法做到个体化，患者颈部的横向、纵向、旋转相对误差都比较大。McKerman[7]等研究报道，定位发泡垫技术是一种简单、便宜的方式，它可以降低头颈前后左右运动，提高放疗精度。我院从2014年开始使用定位发泡垫技术，对该技术进行研究推广，比较该技术与原有技术的差别，并利用MIM软件，研究发泡垫技术在保证放疗重复性中的价值。

1 对象与方法

1.1 病例选择及一般资料

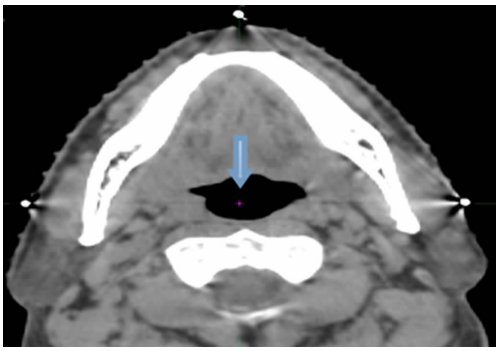
选取2014-02-01—2014-05-30在上海交通大学医学院附属第九人民医院进行治疗的20例舌癌术后患者，随机分为发泡垫组和头枕组。年龄32～66岁，中位年龄54.5岁。按UICC2010年第7版TNM分期标准，Ⅲ期13例，分别为$T_1N_1M_0$、$T_2N_1M_0$和$T_3N_0M_0$；ⅣA期7例，其中3例$T_2N_1M_0$，4例$T_4N_0M_0$。经病理学确诊均为鳞癌，且切缘阴性；同时这些患者在放疗期间体质量变化很小，在5 kg以内。所有患者都依据本院调强规范进行静态调强治疗。入组患者均签署知情同意书。

1.2 主要机器材料

Lightspeed 4排大孔径定位CT购自GE公司、MIM 6.4.1软件购自MIM software公司、定位发泡垫购自广州富瑞公司、全套头枕和碳素定位板均购自拓能公司、移动激光灯购自LAP、Pinnical 9.0 TPS治疗计划系统。

1.2 研究原理与方法

1.2.1 确定坐标原点及建立坐标系　放疗定位时，将定位层面放置到病灶附近，并在移动激光灯下放置3个原始标记点。图1示，根据3个标记点在患者内部空间中以十字叉确立坐标原点I(箭头)，十字叉确定以I为原点的坐标轴X和Y如，Z是以I为原点跟该平面相互垂直的坐标轴。



注：箭头所指为十字叉

图1　确定十字叉

1.2.2 坐标原点配准　患者在相同的体位下做2次CT，设第一次CT坐标原点为I1，第二次CT坐标原点为I2，I1与I2为刚性配准坐标原点。

1.2.3 组织配准　I1与I2坐标原点刚性配准完成后，2次CT处在同一个坐标系中，如果患者体位完全相同，患者内部的组织结构也是应该完全匹配。

1.3 研究步骤

1.3.1 定位发泡垫和面罩制作　技术员将定位头架、定位袋放置在碳素板上，患者端坐于碳素平板末端，然后躺下，确定体位后坐起，保持不动。技术员将定位发泡剂摇匀，均匀放入定位袋中，患者躺下，封口；定位发泡垫冷却15 min，切割修饰定位发泡垫；发泡垫完成2 h后制作头颈肩面罩。

1.3.2 第一次CT扫描　面罩完全冷却，做定位CT，将移动激光灯移至靶区中心层面，放3个金属标记点，调节电压到260 V、电流120 mA、FOV调至最大，避免信息遗漏。采集到的数据传输到MIM软件的工作站里，根据这3个金属点在CT上确定定位点I1，作为该坐标系原点。

1.3.3 第二次CT扫描　放疗中再做一次CT扫描，选择相同的CT扫描参数，在同样的位置上放置3个金属标记点，根据这3个点在CT上确定定位点I2，作为坐标系的原点。

1.4 坐标配准

图2示，将两次CT的I1点跟I2点重合在一起，完成点配准；在第一组CT图像上勾画7个颈椎，将其定义为cn-reference，将颈椎勾画存为cn-reference(n＝1～7)；在第二组CT扫描图像上进行上述操作，将颈椎定位为cn-test，将颈椎勾画存到第一组CT上为cn-test(n＝1～7)。

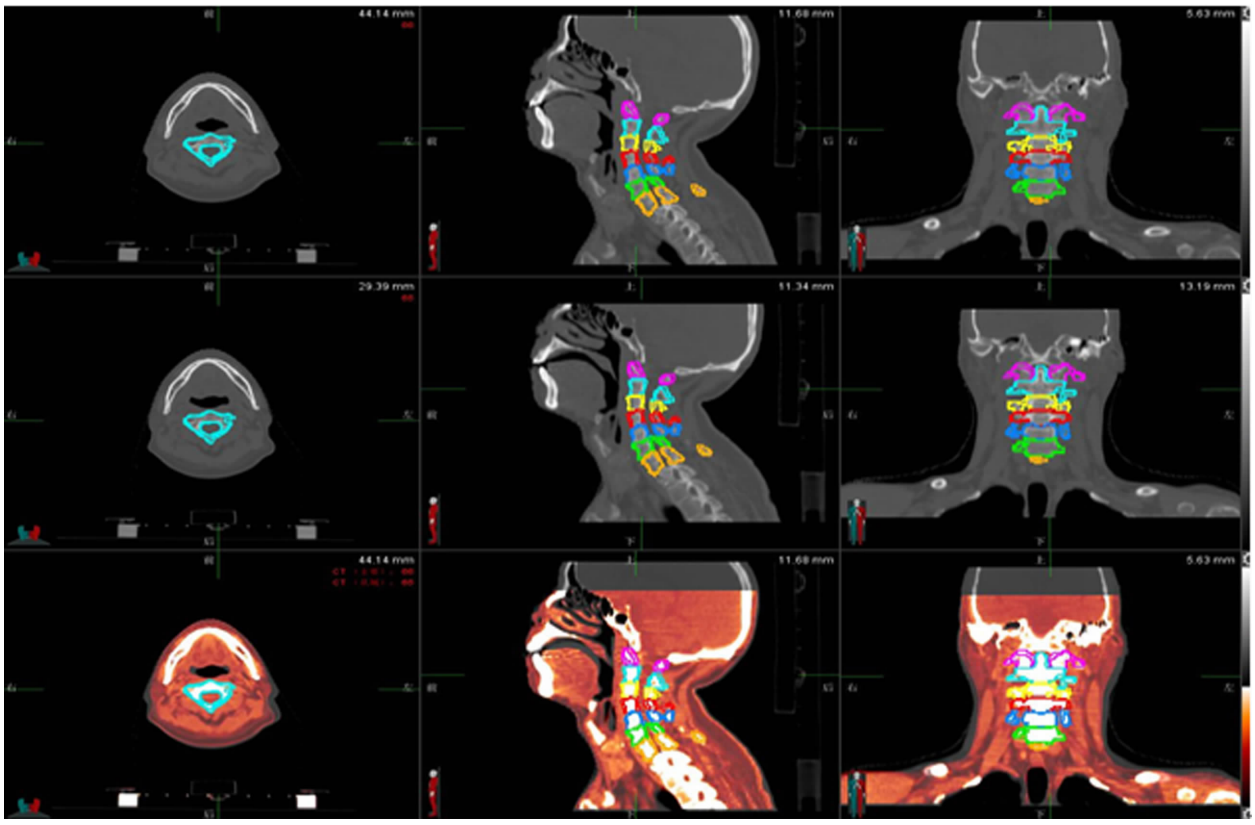


图 2　第一组与第二组 CT 扫描图像做 I 点刚性配准

1.5　配准结果评价

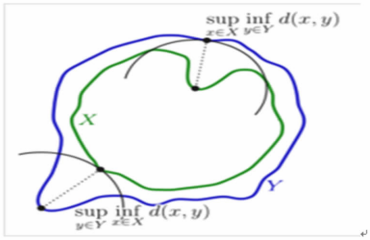
选择第一组 CT 做 MIM 自带 dice 流程，这时两个组织勾画会显示在同一组 CT 上，系统会根据 2 组勾画的空间位置、相互间的重复程度得到统计数据，分别计算出两组 dice 系数、jaccard 系数和 hausdoff 距离的平均值。

其中，Dice 系数（勾画中 2 个交集体积乘以 2 除以两个集合的体积和）、jaccard 系数（两个勾画的交集体积除以两个勾画的并集体积）$J=|A\cap B|/|A\cup B|$[8]。

豪斯多夫距离 dH(X,Y)是最小的数 r 使得 X 的闭 r-邻域包含 Y，Y 的闭 r-邻域也包含 X，设 X 和 Y 是度量空间 M 的两个真子集。设 X 和 Y 为两个勾画，X 中的点和 Y 勾画最大的距离，及 Y 中的点和 X 勾画最大的距离，二者中较大者为 X 和 Y 的 hausdoff 距离。其定义与计算公式见图 3。

1.6　统计学方法

采用 SPSS 17.0 软件，分别对两组患者的 dice 系数、jaccard 系数和 hausdorff 距离的残差采用 Shapiro-Wilk 正态性检验；满足正态分布的用随机区组方差分析，不满足正态分布的采用配对资料 Wilcoxon 符号秩和检验。检验水准 $\alpha=0.05$。



$$d_H(X,Y)=max\left\{sup_{x\epsilon X}inf_{y\epsilon Y}d(x,y),sup_{y\epsilon Y}inf_{x\epsilon X}(x,y)\right\}$$

注：max 最大值，sup 集合中的上确界，任何该元素都小于或者等于该值

图 3　豪斯多夫距离定义与计算公式

2　结果

2.1　不同定位方法的颈椎矢状位图

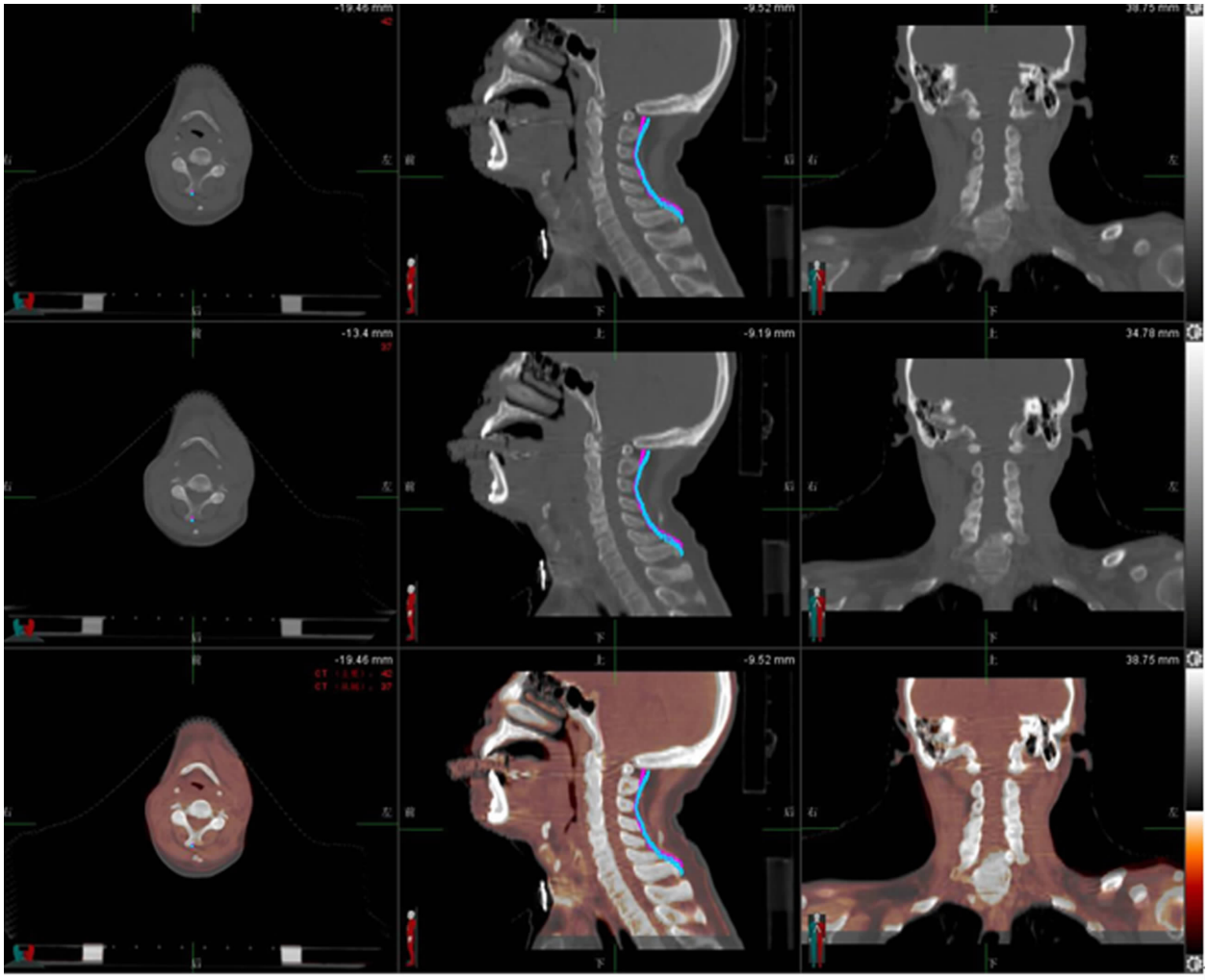
图 4 示，头颈组跟定位发垫组刚性融合后，对两组 CT 矢状位图像上的棘突进行连线，发现两根连线在颅底与颈 7 处有移动，其余基本重合。对头部与头枕完全贴合患者以及头部与头枕存在间隙的患者进行测量发现：头部跟头枕完全贴合的患者矢状位图像上颈椎棘突连线多处有移动。存在间隙患者颈椎棘突连线基本无重合。

2.2　MIM 软件统计

2.2.1　表 1 示，根据 MIM 软件自带 dice 流程对每个患者的 Dice、Jaccard 系数、Hausdorff 距

离、颈椎中心距离进行统计，将统计完的数据做平均处理，得到的 10 例发泡垫患者 dice、jaccard 系数、hausdoff 距离各个颈椎的平均值。

2.2.2　表 2 示，根据 MIM 软件计算头枕组 10 患者的统计数据得到 dice、jaccard 系数、hausdoff 距离各个颈椎的平均值，跟前 5 个颈椎的相比，颈 6、颈 7 的 hausdoff 距离明显增加很多，得到的 10 例头枕患者 dice、jaccard 系数、hausdoff 距离各个颈椎的平均值。



注：红色第 1 次，蓝色第 2 次

图 4　定位发泡垫后 2 次 CT 扫描图像颈部棘突连线

表 1　发泡垫患者各个颈椎 3 个系数的平均值（$\bar{x} \pm s$）

颈 1	颈 2	颈 3	颈 4	颈 5	颈 6	颈 7	
dice 系数	0.79±0.04	0.81±0.04	0.79±0.03	0.80±0.03	0.78±0.03	0.75±0.02	0.79±0.03
Jaccard 系数	0.66±0.05	0.68±0.06	0.66±0.05	0.67±0.04	0.65±0.04	0.60±0.02	0.65±0.05
hausdoff 距离	0.57±0.04	0.68±0.06	0.68±0.14	0.52±0.04	0.68±0.11	0.73±0.11	0.71±0.14

表 2　头枕患者各个颈椎 3 个系数平均值（$\bar{x} \pm s$）

颈 1	颈 2	颈 3	颈 4	颈 5	颈 6	颈 7	
dice 系数	0.71±0.11	0.76±0.08	0.71±0.09	0.70±0.09	0.67±0.10	0.66±0.08	0.68±0.04
Jaccard 系数	0.56±0.12	0.61±0.10	0.57±0.12	0.54±0.10	0.51±0.11	0.45±0.14	0.46±0.13
hausdoff 距离	0.72±0.13	0.65±0.10	0.80±0.12	0.61±0.10	0.79±0.11	1.02±0.14	1.29±0.13

2.2.3　根据表 1 和表 2 的数据得到 dice、jaccard 系数、Hausdorff 距离和颈椎中心距离所有颈椎的平均

值比较结果见表 3。dice、jaccard 系数越接近 1 表示重合程度越高，hausdorff、颈椎中心距离越小越好，发泡垫组摆位误差较头枕组小。

2.3　表 4 示，两组 Dice 系数、Jaccard 系数、Hausdoff 距离的残差正态性检验及方差分析结果。由数据计算结果可知，Dice 系数、Jaccard 系数 $P<0.0001$ 和 Hausdorff 距离 $P<0.05$，两组差异有统计学意义。

表 3　Dice 系数、Jaccard 系数、Hausdorff 距离和颈椎中心距离所有颈椎平均值($\bar{x}\pm s$)

观察参数平均值	发泡垫组	头枕组
所有颈椎 Dice 系数	0.79±0.07	0.70±0.08
所有颈椎 Jaccard 系数	0.65±0.10	0.53±0.10
所有颈椎 Hausdorff 距离（cm）	0.65±0.12	0.84±0.15
Cn-reference 中心跟 Cn-test 中心的距离的(n=1、2、3、4、5、6、7 颈椎)	0.21 ±0.08	0.30±0.10

表 4　两组 Dice 系数、Jaccard 系数和 Hausdoff 距离统计学结果

	正态性检验		方差分析	
	Shapiro-Wilk	P 值	F 值	P 值
Dice 系数	0.990 6	0.999 7	136.74	<0.000 1
Jaccard 系数	0.985 0	0.994 3	68.59	0.000 2
Hausdorff 距离	0.940 7	0.427 0	6.59	<0.05

3　讨论

随着三维适形、调强放疗技术的开展，对放疗体位固定技术提出更高的要求[9]。定位装置的正确使用有利于减小 CT 模拟定位和治疗过程的不确定位移，使用不当会增加误差产生和造成一些不易察觉的假象[10]。头颈部放疗定位技术也在不断地探索和改良，从传统的单独头部固定方式到树脂头枕联合头颈肩面罩固定，定位精度已经得到很大提高，但在很多特殊情况下无法完成精确定位：比如有些患者颈部过短，有些颈部过长，还有一些驼背的患者，对于这些特殊群体如果还是使用标准化制作的头枕，其固定作用就会丧失，定位精度大幅度降低。在这些情况下，采用个体化制作的发泡垫替换头枕，它是根据患者头颈形状、大小专门制作，不会存在上述问题，可以更好的对患者进行固定，从而实现个体化放疗[11]。

徐全敬等[12]研究也发现，颈部摆位误差大于头部的摆位误差，且存在统计学差异。而头颈部位移主要与颈椎的空间移动和旋转有关，因而选定颈椎作为头颈部变化的判断依据，同时使用 MIM 软件自带的 Dice 流程，采集颈椎位移的 dice 系数[13]、jaccard 系数[14]、Hansdoff 距离[15]和椎体中心距离参数从三维空间上对颈椎变化进行评价。其中，dice 系数和 jaccard 系数作为两组勾画的相似性系数，锥体平移和旋转都能引起数据的变化，它们可以从整体上对两组勾画的相似程度进行评价；Hausdoff 距离表示一个子集上的空间点到另外一个子集上的空间点的最大位移，量度度量空间中真子集之间的距离，椎体轻微的扰动都能在 Hausdoff 距离上反映出来；椎体中心距离是指一个椎体两次 CT 图像中心空间差异，它是椎体位移的平均值，可以更小的减少随机误差的发生。本研究利用以上 4 个参数作为评价两次 CT 勾画的重合程度，相对于传统 X、Y、Z 三个方向偏移的评价方法，这几个参数可以更系统、更全面地评估颈椎空间活动变化程度。

许文奎等[16]采用头颈定位泡沫垫对鼻咽癌进行体位固定，发现其效果优于传统标准头枕配合头颈肩面罩固定技术，特别是在颈部固定有了较大提升。本研究中也发现类似结果，在统计数据采集，观察到使用定位发泡垫的患者 dice 系数和 jaccard 系数的平均值高于使用头枕的患者，hausdoff 距离、椎体的中心距离小于使用头枕的患者，存在统计学差异。特别是颈 6、7 水平的 hausdoff 距离与前面几个颈椎相比差别更大。研究表明，皮下脂肪层的厚度会影响皮肤位置和移动，在使用头枕结合头颈肩面罩固定技术时，由于颈 6、颈 7 所在区域脂肪层厚度高于其他颈椎所处，且在该处，头枕由于长度限制已无法起到支撑作用，其自由度就会大幅提高，增加随机误差[17]；而使用定位发泡垫固定时，定位发泡垫根据患者的颈部、肩膀进行塑形，任何变化都会引起发泡垫本身跟人体的贴合问题，利于技术员进行观察，并予以修正，从而减少误差。另外通过颈椎棘突连线直观显示，本研究发现使用不同的定位装置棘突最远端连线存在一定的差异，使用合适头枕以及定位发泡垫的患者，棘突连线最远端最大误差 2 mm 以内；使用不合适头枕，后脑与头枕存在很大间隙，颈椎活动度增加，最远端连线最大差距接近 5 mm，原因可能是由于头枕没有起到合适的支撑作用时，患者误以为自己躺的位置跟定位时一致，导致随机误差的发生。

放射治疗摆位技术越舒适，摆位精度越满足临床需求[18]。使用定位发泡垫技术在颈部固定上存在明显的优势，它可以根据患者的体型做相应的改变，发泡完成后，发泡垫跟人体是完全贴合在一起的，不存在人垫分离的问题，头部、颈部以及双肩合适的作用力，配合头颈肩面罩对患者进行双重固定，使得患者在合适的作用力下能更加轻松得保持放疗体位，提高患者的重复性和舒适度，从而提高放疗精度，值得在放疗中大力推广。但是，本研究也发现发泡垫固定技术与完全重合时 dice 系数、jaccard 系数等于 1 或者 hausdoff 和椎体中心距离等于零还是存在一定的差距。因此，虽

然使用定位发泡垫可以有效的减少颈部线性、旋转误差，但由于颈椎的特殊性，颈椎的变化还是客观存在的。

参考文献

[1] 马翔，茅冬俊，姚家红，等. CBCT 在头颈部肿瘤调强放疗首次摆位中的应用[J]. 中国医疗设备，2013，28(4)：114-115.

[2] 黄家文，张梅芳. 鼻咽癌放疗摆位重复性分析[J]. 现在肿瘤医学，2010，18(2)：282-284.

[3] 叶森林，梁廷，王志令. 乳腺癌保乳术后调强放疗两种标记法的比较[J]. 中国医疗设备，2012，27(3)：122-123，130.

[4] 廖希一，林少俊，吴君心，等. 锥形束 CT 研究头颈部肿瘤调强放疗摆位误差[J]. 肿瘤学杂志，2013，19(4)：249-252.

[5] Bortfeld T，van-Herk M，Jiang SB，et al. When should systematic patient position errors in radiotherapy be corrected? [J]. Phys Med Biol，2002，47(23)：297-302.

[6] Guckenberger M，Meyer U，Wilbert J，et al. Precision of image-guided radiotherapy (IGRT) in six degrees of freedom and limitations in clinical practice[J] strahlenther Onkol，2007，183(6)：307-313.

[7] McKeman B，Bydder S，Ebert M，et al. A simple and inexpensive method to routine ly produce customized neck supports for patient immobilization during radiotherapy[J]. J Med Imaging Radiat Onco，2008，52(6)：611-616.

[8] 晋民杰，王快，范英，等. 一种基于相似系数的权重确定方法[J]. 太原科技大学学报，2015，36(1)60-64.

[9] 胡逸民. 治疗体位及体位固定技术. 肿瘤放射物理学[M]. 北京：原子能出版社，1999：423-425.

[10] 李黎军，张新忠，李飞舟，等. 网膜体位固定技术在腹盆部肿瘤 CT 模拟定位过程的误差分析[J]. 临床医学，2005，25(9)：16-18.

[11] 李宝生，朱健. 肿瘤个体化放射治疗[J]. 中华肿瘤防治杂志，2014，21(23)：1845-1850.

[12] 徐全敬，段诗苗，李多杰，等. 颈淋巴结转移性鼻咽癌调强放疗头部与颈部摆位误差比较研究. 中华全科医学[J]，2012，10(7)：1037-1068.

[13] 邱均平，许畅. 馆藏资源本体模型的语义相似度算法研究[J]. 图书馆研究，2015，45(3)：1-7.

[14] 查九，李振博，徐桂琼. 基于组合相似度的优化协同过滤算法[J]. 计算机应用与软件. 2014，31(12)：325-328.

[15] 李伟峰，周金强，方圣辉. 基于改进 Hausdoff 距离的图像配准方法[J]. 国土资源遥感. 2014，26(2)：94-98.

[16] 许文奎，姚文燕，胡江，等. 鼻咽癌发泡胶个体化塑形于标准化头枕放疗体位固定精确度比较[J]. 中华放射肿瘤杂志，2015，24(2)：196-199.

[17] 迟锋，何振宇，林承光，等. 鼻咽癌急于锥形束 CT 调强放疗的摆位误差分析[J]. 中华肿瘤防治杂志，2013，20(18)：1422-1428.

[18] 郑祖安，王俊峰，李庆，等. 可调式头颈部放疗体位固定器及其应用[J]. 实用神经疾病杂志，2004，7(5)82-84.

收稿日期：2015－02－27　**修回日期**：2015－04－10

（编辑：史本玲）