



论著 • Article

自动配准技术的差异导致鼻咽癌放疗中不确定性的探讨

葛彬彬 商在春 赵玉婷 李明

(南通市肿瘤医院 江苏 南通 226361)

摘要 目的: 比较鼻咽癌精确放疗中应用KV级锥形束CT(kV-CBCT)不同配准方法对治疗中配准偏差的影响, 为鼻咽癌图像引导下放疗选择更优的配准方法提供依据。方法: 随机选取2021年02月-2021年10月在我科实施精确放疗的鼻咽癌患者10例, 应用Elekta SynergyTMIGRT加速器机载kV-CBCT对其进行位置验证, 首次治疗前及之后的每周一次扫描验证, 将其与定位时图像进行配准。每次CBCT图像均分别进行骨性与灰度配准, 并记录自动配准的结果, 最后由医生、物理师共同参与手动调整摆位误差值, 确认后发送到机器进行治疗。将两种不同配准方式的结果跟医生确认后的标准数值对比得到各自偏差值再行分析。结果: 骨性配准相对于灰度配准在面背方向(Z)相对偏差更小(0.588 ± 0.473 vs 0.885 ± 0.670 , $P < 0.05$); 以1 mm偏差值为界区分配准优劣, 同样面背方向(Z)骨性配准优的比例高于灰度配准(88% vs 70%, $P < 0.05$)。而左右(X)、头脚(Y)方向差异无统计学意义(P 均 > 0.05)。结论: 鼻咽癌精确放疗三维验证时, 应用CBCT图像配准中应以骨性配准为主, 同时查看GTV或PTV的配准结果, 从冠状位、矢状位和横断位等多方面比对微调后才能得到相对满意的配准结果。

关键词 鼻咽肿瘤; 放射治疗; 图像引导放疗; 锥形束CT; 图像配准; 线性误差

文章编号 034-2024-0110

Exploration of Uncertainty in Nasopharyngeal Carcinoma Radiotherapy Caused by Differences in Automatic Registration Techniques

Ge Binbin, Business in Spring, Zhao Yuting, Li Ming

(Nantong Tumor Hospital, Nantong 226361, China)

Abstract Objective: To investigate the effect of different registration methods on the registration deviation of kilovoltage cone beam CT(kV-CBCT) in precise radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma, and to provide a basis for selecting a better registration method for image guided radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma. **Methods:** Ten patients with nasopharyngeal carcinoma who received precise radiotherapy in our department from February 2021 to October 2021

收稿日期: 2022-03-02 录用日期: 2022-06-16

基金项目: 南通市科技计划项目(在线红外定位系统在鼻咽癌放疗中的应用研究MSZ20209)

通讯作者: 李明, 单位: 南通市肿瘤医院

引用格式: 葛彬彬, 商在春, 赵玉婷, 等. 自动配准技术的差异导致鼻咽癌放疗中不确定性的探讨[J]. 环球医学进展, 2022, 1(1): 28-32.

were randomly selected. The Elekta SynergyTMIGRT accelerator kV-CBCT was used to verify the position of the patients. Each CBCT image was registered with bone and gray scale respectively, and the results of automatic registration were recorded. Finally, doctors and physicists participated in manual adjustment of the setup error value, and then sent to the machine for treatment. The results of the two different registration methods were compared with the standard values confirmed by the doctors to obtain their own deviation values and then analyzed. **Results:** Compared with gray-scale registration, the relative deviation in the dorsal face direction (Z) was smaller in the bone registration (0.588 ± 0.473 vs 0.885 ± 0.670 , $P < 0.05$); When 1 mm deviation was used as the boundary, the proportion of excellent registration in the same dorsal face (Z) direction was higher in the bone registration than in the gray scale registration (88% vs 70%, $P < 0.05$). However, there was no significant difference in the left-right (X) and superior-inferior (Y) directions ($P > 0.05$). **Conclusion:** In the three-dimensional verification of precise radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma, the application of CBCT image registration should focus on bone registration, and the registration results of GTV or PTV should be checked at the same time. Only after fine-tuning the alignment from the coronal, sagittal and transverse positions can relatively satisfactory registration results be obtained.

Keywords Nasopharyngeal neoplasms; Radiotherapy; Image-guided radiotherapy; Cone-beam ct; Image registration; Error of linearity

鼻咽癌的首选治疗方式为放射治疗^[1]。头颈部的危及器官较多且复杂，而精确放疗尤其调强或容积调强放疗的出现，大大增加了肿瘤靶区的适形度，且边缘剂量快速跌落，更好地保护周围正常组织^[2]。随着影像技术的快速发展，图像引导技术已经成熟应用于放射治疗，提高了治疗精度和放射治疗的增益比^[3,4]。

1 材料与方法

1.1 研究病例 随机选取 2021 年 2 月 - 2021 年 10 月在我科实施精确放疗的鼻咽癌患者 10 例，均无放疗禁忌症，其中男 7 例，女 3 例，年龄 36-67 岁，中位年龄 57 岁。

1.2 设备及软件 Elekta SynergyTMIGRT 加速器机载 kV-CBCT，图像采集与处理系统 (XVI)，飞利浦 Pinnacle39.8 放射治疗计划系统，Philips 大孔径 CT，西门子 MRI，科莱瑞迪头颈肩热塑模固定系统和 IBA COMPASS 3D 验证系统。

1.3 技术方法 采用头颈肩热塑膜固定体位，大孔径专用 CT 增强扫描定位，采用层厚 3 mm 扫描，将定位 CT 图像导入至 Pinnacle39.8

计划系统，同时行鼻咽部磁共振扫描定位，并将其与 CT 图像融合，医生勾画靶区、危及器官，物理师根据处方及剂量限值进行计划设计，经审核通过后应用 IBA COMPASS 3D 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。应用 kV-CBCT 对鼻咽癌精确放疗患者进行扫描位置验证。每位患者首次治疗前及之后的每周均行一次 CBCT 扫描，各六次验证图像，共采集患者 CBCT 图像数据 60 组。将 CBCT 图像与定位 CT 图像进行配准，比较方法采用灰度配准和骨性配准（图 1、2），分别记录配准数据，最终由医生、物理师共同参与手动微调得到满意的结果后进行治疗。将两种不同配准方式的结果跟医生确认后的标准数值对比得到各自偏差值再行分析。

1.4 统计方法 数据采用 SPSS 26.0 软件分析，三个方向线性误差分别为 X：左右方向，Y：头脚方向，Z：面背方向，计量资料以 x 表示，组间比较采用 t 检验， $P < 0.05$ 提示差异有统计学意义。

1.5 结果 最终治疗的标准为医生手动调整后

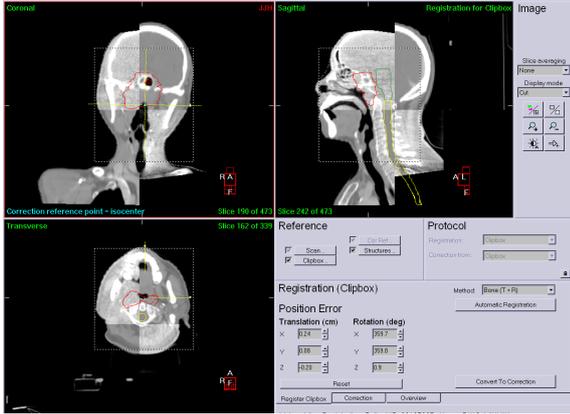


图 1 骨性配准图例

Figure 1 Bone registration legend

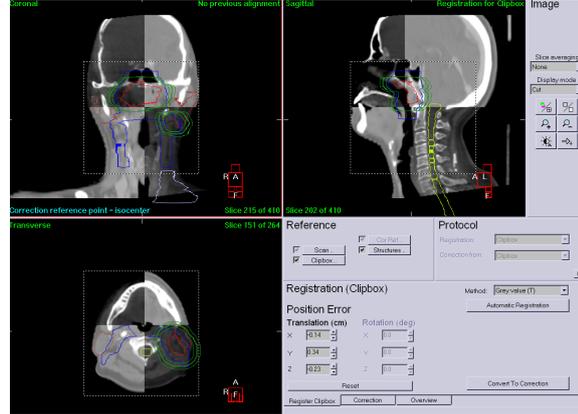


图 2 灰度配准图例

Figure 2 Grayscale registration legend

的位移数据，而骨性配准与灰度配准的结果均无法一次达到满意的结果，取两种配准方法的结果分别与医生确认的标准数据相对偏差比较，来确定哪种配准方式对于鼻咽癌 CBCT 位置验证更有优势。

两种配准方式相对标准数值偏差见表 1，其中面背方向 (Z) 骨性配准相对偏差更小 ($P < 0.05$)，而左右 (X)、头脚 (Y) 方向两种

配准方式偏差无统计学差别 (P 均 > 0.05)。

当自动配准相对医生确认的标准数据偏差小于 1 mm 时，认为配准结果为优，反之配准结果为劣，三个方向偏差优劣 (比例) 见表 2，可见左右 (X)、头脚 (Y) 方向配准优劣比例差别无统计学意义 (P 均 > 0.05)，而面背方向 (Z) 骨性配准优的比例高于灰度配准 (88% vs 70%， $P < 0.05$)。

表 1 灰度配准与骨性配准相对标准数值偏差比较 (mm)

Table 1 Comparison of relative standard numerical deviation between grayscale registration and bone registration (mm)

	X	Y	Z	PCO ₂ (mm Hg)	SaO ₂ %
骨性	0.743 ± 0.630	0.938 ± 0.700	0.588 ± 0.473	50.9 ± 27.4	96.3 ± 3.7
灰度	0.725 ± 0.580	0.902 ± 0.987	0.885 ± 0.670	52.1 ± 10.5	90.1 ± 3.0
<i>t</i>	0.176	0.247	-2.976		
<i>P</i>	0.861	0.806	0.004		

表 2 不同配准方式下三个方向偏差优劣比较

Table 2 Comparison of the advantages and disadvantages of three directional deviations under different registration methods

误差方向	配准方式	合计 (例)	优 [例 (%)]	劣 [例 (%)]	χ^2	<i>P</i>
X	骨性	60	45 (75%)	15 (25%)	0.043	0.835
	灰度	60	44 (73%)	16 (27%)		

误差方向	配准方式	合计 (例)	优 [例 (%)]	劣 [例 (%)]	χ^2	P
Y	骨性	60	43 (72%)	17(28%)	0.042	0.838
	灰度	60	44 (73%)	16(27%)		
Z	骨性	60	53 (88%)	7(12%)	6.114	0.013
	灰度	60	42 (70%)	18(30%)		

2 讨论

放疗最基本的原则为提高肿瘤剂量的同时尽可能地保护^[5]。技术的飞速发展, 给了放射治疗很多可能, 尤其多叶光栅的设计出现使得调强放疗快速成熟, 保证了靶区足够剂量的同时使其周围剂量快速跌落, 从而更好地保护周围正常组织^[6]。有研究认为与传统常规放疗相比, 体位的不确定性对精确放疗的影响更大, 治疗计划的剂量分布仅仅是一种理想模型, 但是由于摆位误差的存在, 实际上剂量分布与计划有一定差别^[7]。在鼻咽癌精确放疗中, 调强技术的开展使得高剂量区更加集中于计划靶区, 周围的危及器官受量则迅速跌落至限值内。日常放疗中针对体位重复性应用了各种辅助固定装置, 然而人体不是绝对刚性的, 导致不可避免的摆位误差产生, 如此靶区、危及器官的位置、形状发生变化, 必然会影响治疗的精确性, 因此毫米级的摆位误差仍然存在甚至更大^[8,9]。针对摆位误差和器官运动, 常规的办法是根据日常摆位误差对肿瘤区外放一定的距离得到计划靶区, 针对计划靶区行计划设计, 保证靶区不会漏照。但它是以更大范围的周围正常组织、尤其是危及器官的被照射为代价的。由于头颈部解剖特点, 重要组织和器官密集, 同时也存在很大的个体差异, 必定要求鼻咽癌在放射治疗中摆位精度要求更为严格^[10]。

在鼻咽癌调强放疗中, 微小的位移也会导致靶区末端的明显移位。在对鼻咽 CBCT 图像配准中, 由于鼻咽部相对于蝶窦、斜坡等解

剖结构, 第一颈椎受窗宽窗位影响相对较小, 可以快速准确地得到匹配结果。采用千伏级 CBCT 技术对鼻咽癌调强放疗分次间摆位误差的纠正和 PTV 边界的评估对提高鼻咽癌治疗的精度有重要意义。本研究随机选取了接受放疗的鼻咽癌患者 10 例, 首次及以后的每周进行一次 kV-CBCT, 每人 6 组图像, 共 60 组。每次 CBCT 图像均分别进行骨性与灰度配准, 并记录自动配准的结果, 最后由医生、物理师共同参与手动调整摆位误差值, 确认后发送到机器进行治疗。将两种不同配准方式的结果跟医生确认后的标准数值对比得到各自偏差值, 两组偏差值可以看出骨性配准相对于灰度配准在面背方向(Z)相对偏差更小(0.588 ± 0.473 vs 0.885 ± 0.670 , $P < 0.05$); 以 1 mm 偏差值为界区分配准优劣, 同样面背方向(Z)骨性配准优的比例高于灰度配准(88% vs 70%, $P < 0.05$)。尽管患者采用了较好的体位固定技术, 在治疗过程中仍然会出现包括 X、Y、Z 三个轴向的线性误差。对于灰度配准其面背方向的配准偏差劣的比例更高, 鼻咽肿瘤与骨性位置关系密切, 尤其是原发部位, 图像配准时要除了要参考骨性位置, 更主要考虑肿瘤 GTV、PTV 以及脑干和脊髓形变配准, 要从冠状位、矢状位和横断位等多方面情况综合评价。虽然图像引导技术在放疗体位校中的应用, 为图像配准提供标准化的平台, 极大提高了放疗精度, 但是作为临床工作者绝不可完全依赖于机器, 临床读片水平和经验是影响配准结果的重要因素。

综上所述,鼻咽癌精确放疗三维验证时,应用 CBCT 图像配准中应以骨性配准为主,同时查看 GTV 或 PTV 的配准结果,从冠状位、矢状位和横断位等多方面比对微调后才能得到相对满意的配准结果。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

参考文献

- [1] 康敏. 中国鼻咽癌放射治疗指南(2022版)[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2022, 29(09): 611-622. DOI:10.16073/j.cnki.cjcp.2022.09.01.
- [2] 周亚娟, 牟艳花, 胡德胜. II~IV a 期鼻咽癌根治性放化疗—2021 年 CSCO/ASCO 国际循证指南解读 [J]. 肿瘤防治研究, 2021, 48(05): 553-562.
- [3] TOMSEJ M. SP-0715 IGRT for head and neck[J]. Radiotherapy and Oncology, 2021, 161: S553-S554.
- [4] ZACHIU C, DE SENNEVILLE BD, TIJSSEN RHN, et al. Non-rigid CT/CBCT to CBCT registration for online external beam radiotherapy guidance[J]. Physics in Medicine & Biology, 2018, 63(1): 015-027. DOI:10.1088/1361-6560/aa990e.
- [5] 李晔雄. 肿瘤放射治疗学 [M]. 5 版. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2018:1371-1419.
- [6] GUO C. A New Radiotherapy Optimization Model Based on Equivalent Uniform Dose[J]. IEEE Access, 2021, 9: 146233-146243. DOI:10.1109/ACCESS.2021.3123166.
- [7] 张超. 调强放疗摆位误差的研究进展[J]. 重庆医学, 2021, 50(4): 684-688. DOI:10.3969/j.issn.1671-8348.2021.04.032.
- [8] BLANCHARD P, BIAU J, HUGUET F, et al. Radiotherapy for nasopharyngeal cancer[J]. Cancer/Radiothérapie, 2022, 26(1-2): 168-173. DOI:10.1016/j.canrad.2021.08.009.
- [9] SUN X S, LI X Y, CHEN Q Y, et al. Future of radiotherapy in nasopharyngeal carcinoma[J]. The British journal of radiology, 2019, 92(1102): 20190209. DOI:10.1259/bjr.20190209.
- [10] YUE M, XUE X, WANG Z, et al. Dose prediction via distance-guided deep learning: Initial development for nasopharyngeal carcinoma radiotherapy[J]. Radiotherapy and Oncology, 2022, 170: 198-204. DOI:10.1016/j.radonc.2022.03.012.