

鼻咽癌螺旋断层放疗 MegaVoltage CT 引导下摆位误差分析

黄栋, 田晓云, 刘海, 韩成龙, 柳杰, 张新良
南京军区解放军第81医院放疗科, 江苏 南京 210002

【摘要】目的:运用螺旋断层放疗系统(Helical Tomotherapy, HT)MV(Mega Voltage)CT图像配准功能, 分析研究鼻咽癌患者的摆位误差及影像引导的临床意义。**方法:**随机选取31例接受HT治疗的鼻咽癌患者, 每次摆位后行MVCT扫描以获得影像, 并与治疗计划系统数字重建影像进行配准, 记录IEC X、Y、Z、ROLL、PITCH及YAW的摆位误差值并进行统计学分析。**结果:**31例病人共进行MVCT扫描1023次, 在IEC X、Y、Z、ROLL、PITCH及YAW六个方向上摆位误差平均值分别为 (1.30 ± 1.10) mm、 (1.71 ± 1.21) mm、 (1.02 ± 0.84) mm、 $(0.91 \pm 0.92)^\circ$ 、 $(0.43 \pm 0.51)^\circ$ 及 $(0.53 \pm 0.64)^\circ$ 。IEC X、Y、Z三个方向摆位误差值 <1.0 mm的次数分别为: 508次(49.66%)、371次(36.27%)、607次(59.34%); <3.0 mm的次数分别为: 930次(90.91%)、858次(83.87%)、990次(96.77%)。ROLL、PITCH和YAW误差值 $<1^\circ$ 的次数分别为: 623次(60.9%)、904次(88.37%)、853次(83.38%); $<2^\circ$ 的次数分别为: 886次(86.61%)、992次(96.97%)、982次(95.99%)。**结论:**鼻咽癌患者摆位重复性较好, 摆位误差小, 每日治疗前的MVCT图像配准可降低系统误差和随机误差, 提高治疗精度, 保证剂量准确性。

【关键词】鼻咽癌; 螺旋断层放疗; MVCT; 摆位误差

【中图分类号】R739.6; R815

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2016)02-0204-04

Setup errors in helical tomotherapy with MegaVoltage CT for nasopharyngeal carcinoma

HUANG Dong, TIAN Xiao-yun, LIU Hai, HAN Cheng-long, LIU Jie, ZHANG Xin-liang

Department of Radiation Oncology, 81st Hospital of Nanjing Military Area Command of Chinese People's Liberation Army, Nanjing 210002, China

Abstract: **Objective** To analyze the setup errors of nasopharyngeal carcinoma (NPC) patients and the clinical significance of image guidance by using the MegaVoltage CT (MVCT) image registration of helical tomotherapy (HT). **Methods** Totally, 31 NPC patients treated with HT were randomly selected. After the positioning, all patients underwent MVCT scan to obtain MVCT images which were registered with digitally reconstructed radiographs of treatment planning system. The setup errors of IEC X, Y, Z, ROLL, PITCH and YAW were recorded and statistically analyzed. **Results** All patients underwent 1023 MVCT scans. The mean values of the setup errors of IEC X, Y, Z, ROLL, PITCH and YAW were respectively (1.30 ± 1.10) mm, (1.71 ± 1.21) mm, (1.02 ± 0.84) mm, $(0.91 \pm 0.92)^\circ$, $(0.43 \pm 0.51)^\circ$ and $(0.53 \pm 0.64)^\circ$. The counts of the error values less than 1.0 mm were respectively 508 (49.66%), 371 (36.27%), 607 (59.34%) in IEC X, Y, Z directions, and those of the error values less than 3.0 mm were respectively 930 (90.91%), 858 (83.87%), 990 (96.77%). The counts of the error values less than 1° of ROLL, PITCH and YAW were respectively 623 (60.9%), 904 (88.37%), 853 (83.38%) and those of the error values less than 2° were respectively 886 (86.61%), 992 (96.97%), 982 (95.99%). **Conclusion** NPC patients have good setup repeatability and small setup errors. MVCT image registration before the daily treatment reduces the systemic error and random error, improves the treatment accuracy, and ensures the dose accuracy.

Key words: nasopharyngeal carcinoma; helical tomotherapy; MegaVoltage CT; setup errors

【收稿日期】2015-09-24

【作者简介】黄栋(1983-), 男, 主管技师, 主要从事临床放射治疗学研究。Tel: 13405851951; E-mail: 13135190@qq.com。

【通信作者】刘海(1971-), 男, 高级工程师, 主要从事临床放射物理学研究。Tel: 02580864231; E-mail: crazyfisher@gmail.com。

前言

放射治疗作为鼻咽癌的首选治疗手段^[1], 经历了从二维放疗到调强放疗技术的飞跃, 患者5年生存率由30%提升至60%以上, 其中早期患者(I、II期)5年生存率更是惊人地超过了90%^[2-3], 但这需要精确

的靶区定位、靶区计划设计及靶区照射^[4],计划剂量的准确和精确实施是保证所有放射治疗质量的基础^[5]。研究表明,鼻咽癌调强放疗中大于3.0 mm的摆位误差对靶区和危及器官的剂量影响有统计学意义^[6]。作为当今世界最先进的放疗设备之一,螺旋断层放疗系统(Helical TomoTherapy, HT)在鼻咽癌的放射治疗中已逐步体现出其重要性和优越性^[1]。它的一个重要优势在于,每日治疗前能够运用其自带的MV(Mega Voltage)CT扫描系统快速获取病灶部位的三维图像(包括横断面,冠状面,矢状面),并与定位CT影像进行配准,获取三维方向的平移及旋转摆位误差信息,进而对治疗床进行调整,减少误差,提高治疗精度。本研究通过对31例鼻咽癌患者MVCT影像进行配准,获取并记录IEC X、Y、Z, ROLL、PITCH及YAW摆位误差值,并进行了分析。

1 资料与方法

1.1 材料

随机选取31例鼻咽癌螺旋断层放疗患者,治疗时间在2012年1月~2013年12月之间,其中男性24人,女性7人,年龄17~82岁,中位年龄49。

治疗及定位设备:TomoTherapy螺旋断层放疗系统、LAP激光定位系统、多功能定位底板、头颈肩热塑网固定面罩等。

1.2 方法

1.2.1 定位及影像获取 患者取仰卧位,并用多功能定位底板和头颈肩热塑面罩固定,要求头部与头枕紧贴,额部、鼻尖及下巴与面膜紧贴无空隙,两侧耳孔与面膜帖服,应用激光线标记面膜,行CT扫描并获取影像,扫描范围为颅顶至胸骨柄,层间距3 mm。

1.2.2 计划制定及验证 按照病人病情资料勾画靶区及正常组织,制定治疗计划并应用模体进行计划验证。

1.2.3 治疗摆位及MVCT配准 按照定位时体位要求进行摆位,应用MVCT扫描图像,扫描部位应包括鼻咽、颅底、颈椎,必要时包括眼眶(如果病灶靠近视神经)。在操作控制系统中与定位CT影像进行配准,获取并记录6个方向的摆位误差值:IEC X(左右)、Y(前后)、Z(上下)、PITCH(为沿身体长轴头脚方向的倾斜)、ROLL(沿身体长轴的旋转)以及YAW(沿身体水平方向的旋转)。其中IEC X、Y、Z误差为平移误差,PITCH、ROLL、YAW误差为旋转误差,方向示意

图见图1及图2。所有取值均取绝对值,不考虑方向问题。

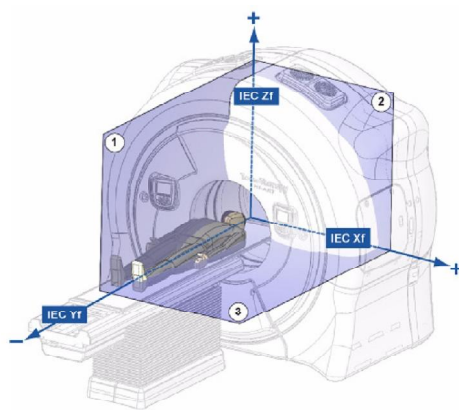


图1 IEC X、Y、Z方向

Fig.1 IEC X, Y, Z directions

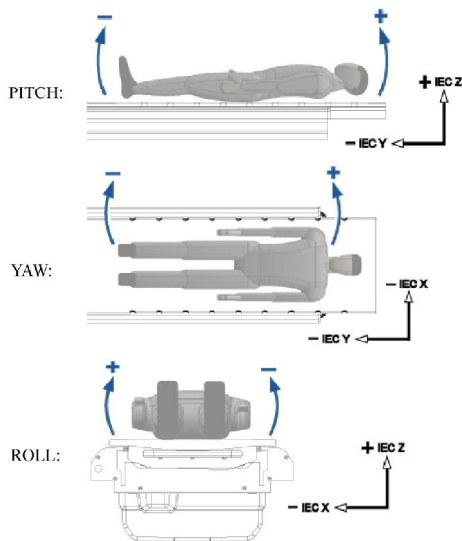


图2 PITCH、ROLL、YAW方向

Fig.2 PITCH, ROLL, YAW directions

1.2.4 统计分析 使用SPSS17.0进行统计学分析,统计31例患者1023次治疗前MVCT校正的摆位误差均值及单因素方差分析, $P<0.05$ 定义为具有统计学显著性差异。

2 结果

2.1 MVCT配准并获取摆位误差

对31例鼻咽癌患者共计1023次治疗前MVCT配准,得到摆位误差数值。如图3。

2.2 各方向误差

在IEC X、Y、Z,ROLL、PITCH及YAW六个方向上的摆位误差结果见表1。

2.3 摆位误差统计

对IEC X、Y、Z三个方向摆位误差值<1.0 mm 及<3.0 mm 的次数、对ROLL、PITCH和YAW 误差值<1° 及<2°的次数进行统计,数值见表2和表3。

2.4 单因素方差分析

经单因素方差分析,不同患者之间(组间)摆位误差差别有统计学意义($P<0.05$),而同一患者(组内)每次治疗之间摆位误差差别无统计学意义($P>0.05$),统计值见表4。

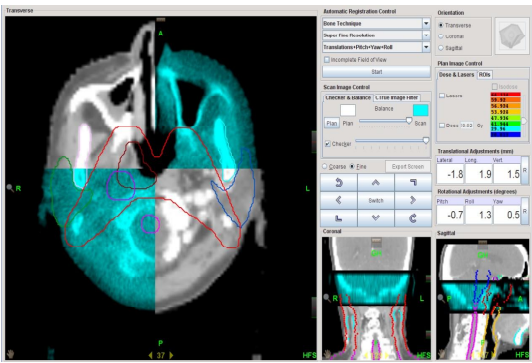


图3 治疗前MVCT配准
Fig.3 Megavoltage CT (MVCT) registration before treatment

表1 MVCT 配准获取的平移误差及旋转误差值
Tab.1 Translational errors and rotational errors obtained by MVCT registration

Item	Translational error (mm)			Rotational error (°)		
	X	Y	Z	ROLL	PITCH	YAW
Mean error	1.30±1.10	1.71±1.21	1.02±0.84	0.91±0.92	0.43±0.51	0.53±0.64

表2 摆位平移误差统计
Tab.2 Translational error statistics

Item	Translational error <1.0 mm			Translational error <3.0 mm		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Counts	508	371	607	930	858	990
Percentage (%)	49.66	36.27	59.34	90.91	83.87	96.77

表3 摆位旋转误差统计
Tab.3 Rational error statistics

Item	Rotational error<1°			Rotational error<2°		
	ROLL	PITCH	YAW	ROLL	PITCH	YAW
Counts	623	904	853	886	992	982
Percentage (%)	60.90	88.37	83.38	86.61	96.97	95.99

表4 不同患者之间(组间)与同一患者(组内)摆位误差单因素方差分析
Tab.4 One-way ANOVA of setup errors between groups and within groups

Orienta-tion	X		Y		Z		ROLL		PITCH		YAW	
	Between groups	Within groups	Between groups	Within groups	Between groups	Within groups	Between groups	Within groups	Between groups	Within groups	Between groups	Within groups
F value	27.94	0.48	19.31	0.68	6.16	0.52	5.59	0.31	9.83	0.25	7.34	0.24
P value	0.00	0.32	0.00	0.15	0.00	0.17	0.00	0.31	0.00	0.31	0.00	0.60

3 讨论

对于鼻咽癌放疗患者,螺旋断层放疗相对于常规调强放疗,在剂量学分布上有着较大的优势^[7-8],这源于螺旋断层放疗系统在治疗床前进的同时环绕患者进行360°螺旋放射治疗,产生数目巨大的调制射野,可对复杂靶区实现非常均匀并高度适形的剂量分布。另外,由于结构上设计为同源双束,成像源即是照射源,保证了CT扫描成像和治疗坐标的一致性,降低了由此原因产生的误差^[9],其足够低的MVCT扫描剂量(<3 cGy),使得患者可以在每次治疗前进行CT扫描配准,以保证体位正确性及剂量的准确性,临床使用中,HOU等^[10]通过螺旋断层放疗MVCT发现患者由于体质量减轻5%可造成AP(IEC Z)方向超过3 mm误差,及时避免了对患者的伤害。

本研究通过对31例螺旋断层放疗鼻咽癌患者的1023次摆位验证以及对误差数值的分析,可见患者在影像配准中Y值误差较大,且方向相同数值接近,分析其原因是由于CT模拟定位时,患者后枕及颈部与头枕未紧密贴合,而后期治疗摆位却加以纠正所形成的误差,说明同一患者在摆位时虽然重复性较好,但产生误差的因素比较固定,其累积效应对治疗时照射剂量的分布会产生较大的影响,经过每日MVCT配准后减少了这一因素的影响。有少部分患者由于未选用最合适的头枕而引起下颌过仰或过低,进而导致PITCH值较大,使下颌与颅底无法在同一层面配准,需重新摆位。上述现象提醒在对患者进行初始定位的整个过程中必须保持严谨,避免给后续的治疗工作带来不确定性。另外,组间分析显示不同患者之间的误差差异性大,说明导致误差的原因较多,有很大的随机因素,在摆位时很难将所有误差因素都减少至最小,经图像引导后则保证了每位患者治疗质量的统一。

综上所述,头颈部患者放疗摆位总体具有重复性较好、摆位误差小等特点,但仍存在部分误差超出临床允许范围的现象。螺旋断层放疗系统的每日MVCT可以有效降低摆位误差,并有助于及时发现误差原因所在,对保证患者医疗质量具有重要意义。

【参考文献】

- [1] 于金明,殷蔚伯,李宝生. 肿瘤精确放射治疗学[M]. 济南:山东科学技术出版社, 2004:576-580.
YU J M, YIN W B, LI B S. Tumor precise radiotherapy[M]. Ji'nan: Shandong Science and Technology Press, 2004: 576-580.
- [2] 孔琳,张有望,吴永如,等. 鼻咽癌放疗后长期生存者晚期副反应研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2006, 15(3): 153-156.
KONG L, ZHANG Y W, WU Y R, et al. Late side reactions of long-term survivors after radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2006, 15(3): 153-156.
- [3] 高黎,易俊林,黄晓东,等. 鼻咽癌根治性放疗10年经验总结[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2006, 15(4): 249-256.
GAO L, YI J L, HUANG X D, et al. Ten-year experience of radical radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2006, 15(4): 249-256.
- [4] 于金明,李宝生. 调强放射治疗的临床应用现状与存在的问题[J]. 中华肿瘤杂志, 2005, 27(3): 188-190.
YU J M, LI B S. Intensity modulated radiotherapy for the clinical application of present situation and the existing problems[J]. Chinese Journal of Oncology, 2005, 27(3): 188-190.
- [5] 刘均,陈宏,王永刚,等. 图像引导鼻咽癌调强放疗技术和质量保证[J]. 现代肿瘤医学, 2010, 18(7): 1289-1293.
LIU J, CHEN H, WANG Y G, et al. Quality assurance and methods based on the image guided intensity modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Modern Oncology, 2010, 18(7): 1289-1293.
- [6] 沈君妹,朱锡旭,李兵,等. 鼻咽癌调强放疗中摆位误差对物理剂量学的影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2008, 25(2): 552-581.
SHEN J S, ZHU X X, LI B, et al. Effects of the Setup error on the physics dose for nasopharyngeal carcinoma undergoing the intensity modulated radiation therapy[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2008, 25(2): 552-581.
- [7] 杭霞瑜,刘海,李益坤,等. 鼻咽癌螺旋断层放疗与常规调强放疗的剂量学分析[J]. 中国医疗设备, 2013, 28(12): 15-18.
HANG X Y, LIU H, LI Y K, et al. A dosimetric analysis between helical tomotherapy and conventional IMRT for nasopharyngeal carcinoma[J]. China Medical Devices. 2013, 28(12): 15-18.
- [8] SHENG K, MOLLOY J A, LAMER J M, et al. A dosimetric comparison of non-coplanar IMRT versus helical tomotherapy for nasal cavity and paranasal sinus cancer[J]. Radiother Oncol, 2007, 82(1): 174-178.
- [9] 马林,王连元,周桂霞. TomoTherapy 肿瘤断层放射治疗[M]. 成都:四川科学技术出版社, 2010: 7-17.
MA L, WANG L Y, ZHOU G X. Tomo Therapy[M]. Cheng Du: Si Chuan Science and Technology Press, 2010: 7-17.
- [10] HOU W, WANG C, WU J, et al. The ratio of weight loss to planning target volume significantly impacts setup errors in nasopharyngeal cancer patients undergoing helical tomotherapy with daily MVCT[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2014, 90: S529.