

• 临床经验与技术交流 •

两种体位固定装置在颈部放疗中的摆位误差比较研究*

许森奎, 姚文燕, 严惠莲, 陈佩芬, 陈炫光, 何汇朗, 刘慧, 林承光[△]

510060 广州, 中山大学肿瘤防治中心 华南国家肿瘤实验室

[摘要] 目的: 利用螺旋断层放疗系统的兆伏级电子计算机断层扫描(Megavolt computed tomography, MVCT)研究不同固定方法对颈部放疗时摆位准确性的影响。方法: 采用发泡胶头颈垫联合头颈肩面罩(发泡胶组)和简易头架联合真空袋(真空袋组)两种不同体位固定方法的患者各 10 例, 在螺旋断层治疗过程中给予每天一次 MVCT 扫描, 采集三维线性摆位误差数据和头脚方向旋转误差数据进行 *t* 检验, 比较数据差异有无统计学意义, 应用公式外扩边界(margin of planning target volume, MPTV) = $2.5\Sigma + 0.7\sigma$ 分别算出对应的计划靶区(planning target volume; PTV)外扩边界。结果: 发泡胶组患者在三维方向上的平均摆位误差及头脚方向的旋转误差分别为左右(left-right, LR): (-0.64 ± 1.55) mm; 头脚(superior-inferior, SI): (0.38 ± 1.82) mm; 前后(anterior-post, AP): (1.77 ± 2.54) mm; Roll: $0.08^\circ \pm 0.64^\circ$, LR、SI 和 AP 方向的外扩边界分别为 3.708 mm、4.289 mm 和 4.692 mm; 真空袋组对应的误差为 LR: (-0.20 ± 2.02) mm; SI: (0.94 ± 2.71) mm; AP: (2.58 ± 2.62) mm; Roll: $-0.22^\circ \pm 1.11^\circ$, LR、SI 和 AP 方向的外扩边界分别为 4.181 mm、5.245 mm 和 5.603 mm。两组摆位误差数据比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。结论: 发泡胶组在 SI 方向、AP 方向的摆位误差以及 SI 旋转误差均小于真空袋组; 而在 LR 方向上真空袋组的摆位误差小于发泡胶组; 发泡胶组对应的外扩边界小于真空袋组, 颈部照射时建议使用发泡胶头颈垫联合头颈肩面罩来进行固定。

[关键词] 放射治疗; 发泡胶; 摆位误差; 外扩边界

[中图分类号] R739.91; R730.55 **[文献标志码]** A doi:10.3969/j.issn.1674-0904.2019.06.010

引文格式: Xu SK, Yao WY, Yan HL, et al. Setup errors in the applications of two immobilization techniques in neck irradiation[J]. J Cancer Control Treat, 2019, 32(6): 528-532. [许森奎, 姚文燕, 严惠莲, 等. 两种体位固定装置在颈部放疗中的摆位误差比较研究[J]. 肿瘤预防与治疗, 2019, 32(6): 528-532.]

Setup Errors in the Applications of Two Immobilization Techniques in Neck Irradiation

Xu Senkui, Yao Wenyan, Yan Huilian, Chen Peifen, Chen Xuanguang, He Huilang, Liu Hui, Lin Chengguang[△]
(State Key Laboratory of Oncology in South China, Sun Yat-sen University Cancer Center, Guangzhou 510060, China)

Corresponding author: Lin Chengguang, Email: linchg@sysucc.org.cn

This study was supported by Guangdong Medical Science and Technology Research Fund (No. A2017613).

[Abstract] **Objective:** To compare the setup accuracy between two immobilization methods in neck irradiation using Megavolt Computed Tomography (MVCT) scanning of tomotherapy. **Methods:** Ten patients were immobilized using polyurethane foam sealing agent pillow with the help of head-and-neck thermoplastic masks (foam group) and 10 patients was immobilized using the tailor-made head fixed device with the help of vacuum bag (vacuum group). MVCT was carried out daily with tomotherapy, and the setup errors of the neck position [left-right (LR), superior-inferior (SI), anterior-post (AP)] and SI rotation error were analyzed by independent sample *t* test to evaluate the differences. We applied the formula margin of planning target volume (MPTV) = $2.5\Sigma + 0.7\sigma$ to calculate the marginal of the target. **Results:** The average setup errors values and SI rotation error were (-0.64 ± 1.55) mm (LR), (0.38 ± 1.82) mm (SI), (1.77 ± 2.54) mm (AP) and $(0.08^\circ \pm 0.64^\circ)$ (Roll) in foam group, and the marginal was 3.708mm, 4.289mm and 4.692mm; The average setup errors values and SI rotation error were (-0.20 ± 2.02) mm (LR), (0.94 ± 2.71) mm (SI), (2.58 ± 2.62) mm (AP), $(-0.22 \pm 1.11^\circ)$ (Roll) in vacuum group, and the marginal was 4.181mm, 5.245mm and 5.603mm. The difference between two groups was statistically significant ($P < 0.05$).

[收稿日期] 2019-03-25 **[修回日期]** 2019-06-01

[基金项目] * 广东省医学科学技术研究基金(编号: A2017613)

[通讯作者] [△]林承光, E-mail: linchg@sysucc.org.cn

Conclusion: The immobilization of foam group is better than that of vacuum group in axial (SI, AP) and SI rotation. The result is reversed in the LR direction. The marginal of foam group is smaller than that of vacuum group, so it is suggested to use polyurethane

foam sealing agent pillow with the help of head-and-neck thermoplastic masks to immobilize the neck for radiotherapy.

[Key words] Radiation Therapy; Polyurethane foam sealing agent; Setup errors; Margin

头颈部肿瘤是全球范围内第 5 大常见肿瘤,其中包括颈部肿瘤、耳鼻喉肿瘤以及口腔颌面部肿瘤 3 大部分^[1]。头颈部解剖结构复杂,危及器官剂量要求严格,其中的颈部由于活动度大,运动维度多向,难以达到一个较理想的固定效果^[2],因此颈部放疗时固定是最为关键的环节之一。目前对颈部固定最为常见的是采用面罩或者负压真空袋以及联合两者来进行固定^[3-5],本研究采用主动塑形的发泡胶材料制作的个体化头颈垫联合头颈肩面罩来进行固定,并对比了简易头架联合负压真空袋的方法,探索发泡胶个体化头颈垫在颈部固定方面的优势。

1 资料与方法

1.1 临床资料

收集了 2015 年 1 月至 2016 年 1 月在我院采用螺旋断层放疗系统 (tomotherapy, Tomo) 进行颈部照射的肿瘤患者 20 例 (鼻咽癌颈部淋巴结复发照射 7 例,淋巴瘤颈部淋巴结照射 5 例,颈段食管癌 8 例)。其中男性 15 例,女性 5 例,平均年龄为 (48 ± 12.8) 岁 (最小年龄 14 岁,最大年龄 68 岁)。

1.2 体位固定

所有患者均采用自然仰卧体位。其中 10 例患者采用发泡胶垫联合头颈肩热塑面罩固定,如图 1,称为发泡胶组;另外 10 例患者采用本单位自主研发设计的简易头架(含面膜)联合体部真空袋进行固定。头部的固定主要由泡沫头枕联合热塑型头部面罩来进行固定,体部的固定由常规真空袋来固定。制定固定装置时患者平躺在未塑型的真空袋上,头部摆正躺在泡沫头枕上,在真空袋和头枕之间利用真空袋的可塑性作出吻合头枕轮廓的衔接形状,再对真空袋进行抽气固定,最后完成面罩的制作,如图 2,称为真空袋组。

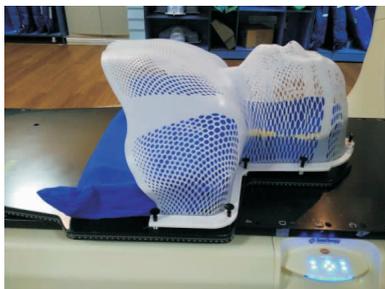


图 1 发泡胶组固定方法

Figure 1. Immobilization by Using Polyurethane Foam Sealing Agent Pillow



图 2 真空袋组固定方法

Figure 2. Immobilization by Using the Vacuum Bag

1.3 图像配准及误差数据采集

两组患者都在飞利浦直径 85cm 的大孔径 CT (Big Bore Brilliance CT) 下进行定位扫描,扫描层厚 3mm,重建层厚 3mm。在 Tomo 治疗时,治疗师为患者带好模具并摆好体位后,行图像引导兆伏级 CT (Megavolt CT, MVCT) 扫描,扫描范围包含整个靶区,扫描层厚为 2mm,CT 成像能量为 3.5MV。图像配准时选择超高分辨率 (super fine resolution) 及骨骼和软组织 (bone and tissue technique) 模式与定位影像进行自动配准,配准范围为扫描的范围,配准完成后观察靶区部位的影像在横断位、冠状位和矢状位三维方向上是否与定位影像重合,必要时进行手动调整,并记录患者在左右方向 (left-right, LR)、头脚方向 (superior-inferior, SI)、前后方向 (anterior-post, AP) 及头脚方向上的旋转 (Roll) 误差数值。

1.4 统计学处理

比较两种体位固定的摆位误差数据时,采用独立样本 t 检验, $P < 0.05$ 差异有统计学意义,根据外扩边界 margin of planning target volume (MPTV) = $2.5\Sigma + 0.7\sigma$ 算出两者的外扩边界进行对比,其中 Σ 为患者摆位系统误差的标准差, σ 为患者摆位随机误差的标准差^[6]。利用 IBM SPSS 24.0 计算机数据统计软件对数据进行分析。

2 结果

2.1 发泡胶组 - 真空袋组摆位误差比较

发泡胶组 10 例患者, MVCT 扫描 216 次。真空袋组 10 例患者, MVCT 扫描 194 次。两组患者的摆位误差数据进行独立样本 t 检验,统计结果如表 1 所示。

表 1 两组摆位误差比较

Table 1 Comparing the setup errors of two groups

Group	Scanning Times	Setup errors			
		LR(mm)	SI(mm)	AP(mm)	Roll(°)
Foam group	216	-0.64 ± 1.55	0.38 ± 1.82	1.77 ± 2.54	0.08 ± 0.64
Vacuum group	194	-0.20 ± 2.02	0.94 ± 2.71	2.58 ± 2.62	-0.22 ± 1.11
<i>t</i>		-2.47	-2.471	-3.186	3.344
<i>P</i>		0.014	0.014	0.002	0.001

由表 1 可知,两种不同的固定方法,在三维的线性误差和 SI 的旋转误差上比较差异都有统计学意义。在 LR 方向上,真空袋组的固定效果更优,而在其他方向以及 SI 的旋转误差比较上,发泡胶组则取得更好的固定效果。SI 方向的旋转误差对比示意图 3。

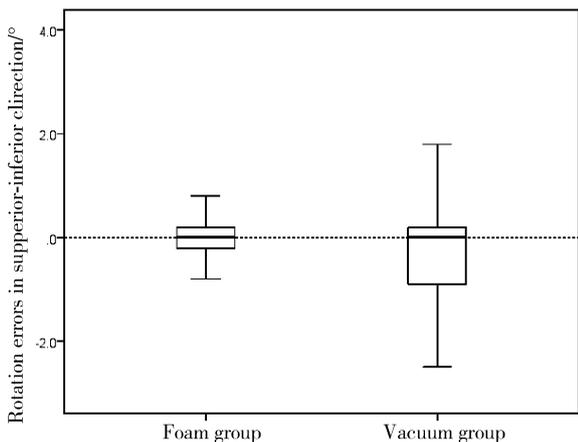


图 3 SI 方向旋转误差对比

Figure 3. Superior-Inferior Rotation Errors in Two Groups

2.2 发泡胶组 - 真空袋组靶区外扩边界比较

根据 van Herk 等^[6]的公式 $MPTV = 2.5\Sigma + 0.7\sigma$ 算出两者的外扩边界进行对比,详见表 2。

表 2 发泡胶组 - 真空袋组靶区外扩边界对比 (mm)

Table 2. MPTV in Foam Group and Vacuum Group (mm)

Group	Variable	LR	SI	AP
Foam group	Σ	1.376	1.546	1.726
	σ	0.383	0.606	0.537
	MPTV	3.708	4.289	4.692
Vacuum group	Σ	1.516	1.758	1.946
	σ	0.558	1.214	1.054
	MPTV	4.181	5.245	5.603

由表 2 可知,发泡胶组在三维方向上的 PTV 靶区外扩边界都比真空袋组的小。

3 讨论

放疗是恶性肿瘤最重要的治疗手段之一,70%

的恶性肿瘤患者在治疗的不同阶段需要接受放疗,且其中 70% 为根治性放疗^[7]。随着医学影像技术和计算机软、硬件技术的飞速发展,放疗技术也经历了二维普通放疗、三维适形调强放疗、四维自适应放疗的发展过程^[8]。精度更高、速度更快的肿瘤放射治疗技术对放疗过程中的体位固定、计划设计、计划实施等环节都提出了更严格的要求^[9]。体位固定是放疗的第一个环节,也是贯穿整个放疗过程的重要环节,而调强放射治疗相对于常规放射治疗的优势是把剂量集中到靶区,实现形状和剂量分布上的双重适形^[10],因此体位固定的精确度对放疗的精确实施有着非常重要的影响。

断层螺旋治疗系统是当前世界上最先进的放疗设备之一,其放射治疗的特点是射野小、子野多、剂量分布精细^[11],因此每次治疗前建议进行 MVCT 扫描,且其扫描为极低剂量的扫描^[12],Tomo 的放射源与成像源采用“同源双束”的独特结构,图像配准的系统误差较低,配准更为精确^[13]。本研究采用螺旋断层治疗系统的 MVCT 采集颈部放疗的摆位误差数据进行研究分析。

目前国内大部分放疗单位对头颈部肿瘤放疗的固定采用头颈肩面罩进行固定,有部分单位则采用发泡胶头颈垫联合头颈肩面罩来进行固定^[14-15],而胸腹部肿瘤一般采用真空袋或体模进行固定^[16-18]。无论是对头颈部的照射,还是对颈胸部的照射,颈部的固定一直是一个难题,因为颈部关节多且活动度大,难以取得较为有效的固定。目前需要对颈部进行单独照射的病种有喉癌、颈段食管癌、颈部淋巴结残留或复发等。本中心对于颈部的固定,传统采用的是简易头架加上真空袋来进行固定,这种方法即考虑了面罩对头部固定优势,又结合了真空袋对体部固定的优势,取得了颈部固定较好的效果。随着本中心发泡胶技术的开发和应用,作者单位开始尝试用发泡胶来对各部位放疗进行体位固定^[19],对于颈部的固定采用发泡胶个体化头颈垫联合头颈肩面罩进行固定。

本研究对于这两种固定方式运用了 Tomo 来进行摆位误差数据的收集及研究,分析数据结果显示:发泡胶组在患者的头脚方向、前后方向上固定效果均优于真空袋组。发泡胶组与真空袋组比较,发泡胶垫对于头部和颈部来说属于整体固定,而真空袋组则存在真空袋与头架之间衔接的问题。衔接则容易产生虚位,进而影响了头脚方向上的摆位误差;当操作不当衔接中间产生的虚位较大时,易对颈部产生一个拉伸作用,既影响头脚方向的误差,又改变了颈部前后方向的体位。简易头架联合真空袋在左右方向上的固定效果则优于发泡胶组,头架联合真空袋(1.2 米真空袋)可以从患者头顶到臀部都形成一个限制左右方向的有效固定,而发泡胶组对于双肩以下的左右方向则没有任何的有效的固定;并且真空袋组固定可以暴露出颈部和锁骨部位的皮肤,便于在皮肤上进行划线或者打激光点做纵轴的摆位参考,这样能更为有效地限制患者左右的活动,提高左右方向的固定效果。考虑到发泡胶的可塑性较强,建议制作发泡胶垫的时候加长患者头脚方向的长度,减少颈部以下部位的左右活动度,进一步改善发泡胶在颈部左右方向的固定效果。头脚方向旋转误差 Roll 的比较上,发泡胶组优于真空袋组,虽然平移误差对靶区剂量分布的影响远大于旋转误差^[20],但大于 1° 的旋转误差则会影响到 95% 的 CTV (clinical target volume, CTV) 处方剂量,发泡胶组在旋转误差 Roll 方面较真空袋组低。薛青等^[3]学者采用个体化的负压真空袋联合面罩来进行下颈部位固定的改进,和本研究采用个体化发泡胶垫联合面罩来进行固定相似,两项研究在 LR 以及 SI 方向的误差类似,而 AP 方向上本研究的误差相对较大,可能由于 Tomo 治疗机床面比较厚重,进床过程中存在下沉现象,且下沉的程度与治疗床载重以及治疗进床的长度有关^[21],因此在 AP 方向上本研究的误差相对较大。

根据 ICRU50 号报告^[22]的建议,在放疗计划设计中,为了弥补内部的器官运动、外部的摆位误差等因素影响,需要将临床靶区外扩一定边界设计为计划靶区(planning target volume, PTV),目前大部分的临床使用的计划设计系统选择在笛卡尔维方向上实现外放^[9],许多学者提出了很多基于系统误差和随机误差进行外放距离计算的方法,其中对于头颈部应用最多的是 van Herk 等^[6]的计算公式。本研究根据 van Herk 的计算公式分别计算出两种固定方式的外扩边界。发泡胶组对应的三维方向 LR、SI

和 AP 的 MPTV 为 3.708mm、4.289mm 和 4.692mm,真空袋组三维方向 LR、SI 和 AP 方向的 MPTV 为 4.181mm、5.245mm 和 5.603mm。发泡胶组与真空袋组比较能进一步减小颈部靶区的外扩边界,减轻周边正常组织器官的受照剂量,减轻放疗并发症。调强放射治疗的广泛应用,让更多的患者获得了更长的生存期,患者的生活质量也越来越受到重视。Balter 等^[23]研究显示,当摆位误差大于 1cm 时会导致周围靶区丢失大于 6mm,且周边的危及组织和器官会卷入高剂量的照射范围内,这样会增加患者的放疗并发症,降低患者的生活质量。而调强放射治疗靶区外扩边界的大小和体位固定技术息息相关^[24-25]。通过体位固定技术的改进,提高靶区准确性的同时减低正常组织的受照剂量必将成为趋势。发泡胶技术的出现,解决了以往很多特殊部位以及特殊体位的固定难题,其主动塑形的功能,让体位固定更加舒适和适形。发泡胶与真空袋相比较,发泡胶主动塑性固定适应范围更广,例如对于四肢、手指、脚趾等特殊部位,也能形成一个局部有效的固定,且无漏气的风险,重量上较同体积的真空袋更为轻便,存储也较为安全和便利。

综上所述,针对头颈部放疗的颈部固定效果,发泡胶组在更多维度的线性误差及旋转误差方面有优势,该方法所需的外放边界更小,因此运用发泡胶头颈肩垫联合头颈肩面罩的头颈部放疗固定方法值得进一步推荐。

作者声明:本文第一作者对于研究和撰写的论文出现的不端行为承担相应责任;

利益冲突:本文全部作者均认同文章无相关利益冲突;

学术不端:本文在初审、返修及出版前均通过中国知网(CNKI)科技期刊学术不端文献检测系统学术不端检测;

同行评议:经同行专家双盲外审,达到刊发要求。

[参考文献]

- [1] 熊咏超. 发泡胶联合头颈肩膜在头颈部肿瘤放疗中的应用及其摆位误差[J]. 医疗装备, 2016, 29(5):14-15.
- [2] 林承光, 翟福山. 放射治疗技术学[M]. 北京:人民卫生出版社, 2016:96-97.
- [3] 薛青, 陆维, 张艳俊, 等. 探讨不同固定方式在鼻咽癌放疗中的应用[J]. 肿瘤预防与治疗, 2019, 32(1):67-71.
- [4] 葛琴, 蔡晶, 赵季忠, 等. CBCT 验证食管癌放疗治疗中两种

- 体位固定方式摆位误差的比较分析[J]. 现代肿瘤医学, 2017 (17):120-122.
- [5] 韩雪. 用头颈肩膜对接受放射治疗的上段食管癌患者进行体位固定对其摆位误差的影响[J]. 求医问药, 2018, 16(2):72-73.
- [6] van Herk M, Remeijer P, Lebesque JV. Inclusion of geometric uncertainties in treatment plan evaluation[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2002, 52(5):1407-1422.
- [7] 李涛, 郎锦义. 放射肿瘤学的进展与未来[J]. 肿瘤预防与治疗, 2019, 32(1):1-6.
- [8] 胡庆, 许文, 王阁. 自适应放射治疗的研究进展[J]. 山东医药, 2011, 51(11):106-107.
- [9] 王若峥, 尹勇. 肿瘤精确放射治疗计划设计学[M]. 北京: 科学出版社, 2014:25
- [10] Hatano K, Narita Y, Araki H, et al. 3D-CRT and intensity modulated radiation therapy (IMRT) [J]. *Gan To Kagaku Ryoho*, 2003, 30(13):2050-2055.
- [11] 尚进, 李东. TOMOTHERAPY 螺旋断层放射治疗的现状与应用前景[J]. 中国医疗设备, 2012, 27(2):48-50
- [12] Shah AP, Langen KM, Ruchala KJ, et al. Patient dose from megavoltage computed tomography imaging[J]. *Int J Radiol Oncol Biol Phys*, 2008, 70(5):1579-1587.
- [13] Mackie TR. History of tomotherapy[J]. *Phys Med & Bio*, 2006, 51(13):R427-453.
- [14] 黄春兰, 刘华之. 发泡胶用于头颈部肿瘤头颈肩体位固定放疗的临床研究[J]. 当代医学, 2015, 21(31):3-5.
- [15] 段巧. 发泡胶用于头颈部肿瘤头颈肩体位固定放疗的临床效果[J]. 医疗装备, 2018, 31(8):88-89
- [16] 张飞燕, 陈国付, 单国平. 胸部肿瘤放疗体位固定技术的现状[J]. 医学理论与实践, 2016, 29(17):3020-3021.
- [17] 尚凯, 迟子峰, 王军, 等. 胸段食管癌 IGRT 中摆位误差分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2015, 24(1):70-73.
- [18] 赵文龙, 廖清平, 刘景杰. 食道癌放疗体位固定的临床探讨[J]. 中国医学创新, 2015, 12(11):95-97.
- [19] 许森奎, 姚文燕, 胡江, 等. 鼻咽癌发泡胶个体化塑形与标准化头枕放疗体位固定精确度比较[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2015, 24(2):196-199.
- [20] Astreimidou E, Bel A, Raaijmakers CPJ, et al. Adequate margins for random setup uncertainties in head-and-neck IMRT[J]. *Int J Radiol Oncol Biol Phys*, 2005, 61(3):938-944.
- [21] 张磊, 程晶晶, 单国平, 等. 螺旋断层放射治疗的研究进展[J]. 实用医学杂志, 2015, 31(12):2056-2058.
- [22] Jones D. ICRU Report 50-Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy[J]. *Med Phys*, 1994, 21(6):833-834.
- [23] Balter JM, Chen GT, Pelizzari CA, et al. Online repositioning during treatment of the prostate: a study of potential limits and gains[J]. *Int J Radiol Oncol Biol Phys*, 1993, 27(1):137-143.
- [24] Mongioj V, Orlandi E, Palazzi M, et al. Set-up errors analyses in IMRT treatments for nasopharyngeal carcinoma to evaluate time trends, PTV and PRV margins[J]. *Acta Oncologica*, 2011, 50(1):61-71.
- [25] Wunderink W, Méndez RA, Seppenwoolde Y, et al. Potentials and limitations of guiding liver stereotactic body radiation therapy set-up on liver-implanted fiducial markers. [J]. *Int J Radiol Oncol Biol Phys*, 2010, 77(5):1573-1583.