

• 影像技术学

锥形束 CT 分析发泡胶个体化头枕在头颈部肿瘤调强放射治疗中的应用

付秀根, 袁响林, 郑祖安, 肖志平, 王俊峰, 尹龙斌, 黄河

【摘要】 目的:探讨发泡胶个体化头枕在头颈部肿瘤调强放射治疗体位固定中的应用价值。**方法:**选取 92 例头颈部肿瘤患者,共进行 589 次锥形束 CT(CBCT)扫描,其中 44 例患者采用发泡胶个体化头枕体位固定(个体化组),进行了 252 次 CBCT 扫描,48 例患者采用标准化头枕体位固定(标准组),进行了 337 次 CBCT 扫描。分析摆位误差,对误差结果进行分析并记录成小结供以后摆位时参考,记录两组患者的摆位误差结果并进行统计学分析。**结果:**个体化组在 X、Y 和 Z 轴的线性误差分别为 (0.85 ± 0.68) mm、 (1.17 ± 0.87) mm 和 (1.00 ± 0.81) mm,旋转误差分别为 $(0.52 \pm 0.45)^\circ$ 、 $(0.72 \pm 0.49)^\circ$ 和 $(0.57 \pm 0.47)^\circ$;标准组在 X、Y 和 Z 轴的线性误差分别为 (1.15 ± 0.90) mm、 (1.48 ± 1.20) mm 和 (1.08 ± 0.81) mm,旋转误差分别为 $(0.68 \pm 0.52)^\circ$ 、 $(0.77 \pm 0.55)^\circ$ 和 $(0.60 \pm 0.44)^\circ$;个体化组在 X、Y 轴的线性误差、X 轴的旋转误差小于标准组,差异有统计学意义(P 值分别为 0.000、0.001、0.000)。小结前标准组 Y 轴的线性误差大于小结后($P = 0.001$),个体化组小结前与小结后的线性误差和旋转误差差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论:**相对于标准化头枕,个体化头枕可以减少 X、Y 轴的线性误差及 X 轴的旋转误差,个体化头枕体位固定稳定,摆位可重复性高,可在临床中推广应用。

【关键词】 发泡胶;个体化头枕;体层摄影术,X 线计算机;头颈部肿瘤;摆位误差

【中图分类号】 R739.91; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)05-0522-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.05.019

Study on customized polyurethane foam head and neck support in intensity-modulated radiotherapy for head and neck neoplasms using cone-beam CT FU Xiu-gen, YUAN Xiang-lin, ZHANG Zhu-an, et al. Department of Oncology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

【Abstract】 Objective: To study the superiority of customized polyurethane foam filled support for patient immobilization in intensity-modulated radiotherapy for head and neck neoplasms. **Methods:** 92 patients with head and neck neoplasms were selected, for whom a total of 589 CBCT scans were performed. 44 patients were immobilized by customized polyurethane foam head and neck support, for whom 252 scans of CBCT were collected; 48 patients were immobilized by standard support, for whom 337 images of CBCT were collected. Elekta's XVI software was used to analyze setup errors. For the first three times, CBCT testing was made every day and the error results were analyzed and summarized to offer reference for later positioning and, if the same direction linear error greater than 1mm, it was revised and the positioning center was remarked. Later, CBCT testing was made each week to collect the setup errors of two groups of patients and to make data analysis. **Results:** In the customized head and neck support group, the linear error on X-, Y- and Z-axis was (0.85 ± 0.68) mm, (1.17 ± 0.87) mm and (1.00 ± 0.81) mm respectively; the rotation error on X-, Y- and Z-axis was $(0.52 \pm 0.45)^\circ$, $(0.72 \pm 0.49)^\circ$ and $(0.57 \pm 0.47)^\circ$ respectively. In the standard head and neck support group, on X-, Y- and Z-axis, the linear error was (1.15 ± 0.90) mm, (1.48 ± 1.20) mm and (1.08 ± 0.81) mm respectively, the rotation error was $(0.68 \pm 0.52)^\circ$, $(0.60 \pm 0.44)^\circ$ and $(0.77 \pm 0.55)^\circ$ respectively. In the customized head and neck support group, the linear error on X- and Y-axis, and rotation error on X-axis was smaller than that in the standard group, indicating statistical significant difference ($P < 0.05$). Before the summary, on Y-axis, the linear error of the standard pillow group was greater than the linear error after the summary, and for the customized pillow group, there was no difference before and after the summary. **Conclusions:** Compared with standard pillow, customized pillow can reduce the linear error on X- and Y-axis, and the rotation error on X-axis. The patient immobilization using customized pillow is stable. The repeatability of positioning is high, which makes the treatment more accurate and can be applied widely in clinical application.

【Key words】 Styrofoam; Customized head support; Tomography, X-ray computed; Head and neck neoplasms; Setup errors

作者单位: 430030 武汉, 华中科技大学同济医学院附属同济医院肿瘤科
作者简介: 付秀根(1978—), 男, 湖南绥宁人, 硕士, 主管技师, 主要从事肿瘤放射治疗技术。
通讯作者: 黄河, E-mail: 346336437@qq.com

调强放射治疗是头颈部肿瘤治疗的有效手段之一, 调强放疗技术能够形成与肿瘤靶区相适应的高剂量分布, 而在肿瘤周围照射剂量急剧下降, 从而实现肿

瘤接受高剂量照射的同时周围重要器官得到有效保护效果^[1-2],因此头颈部的精确体位固定非常重要,可减少治疗时的摆位误差,保证靶区的高剂量,避免周围器官的超量照射,实现精准治疗。现在固定患者头颈部的常用方法是标准化树脂头枕结合头颈肩面膜,在这种固定技术下,部分患者固定效果不理想,有的患者颈部较短没有合适的头枕搭配,有的患者颈部较长,颈后部与底板空隙较大,患者易出现体位固定不稳定,摆位重复性不好的情况。McKernan 等^[3]的报道认为发泡胶技术固定颈部简单、有效,能降低总的位移误差,可减少颈部的左右摆位误差。本文应用锥形束 CT(cone-beam computed tomography,CBCT)分析发泡胶制作的个体化头枕对头颈部肿瘤患者的固定效果,并与标准化头枕进行对比,分析两种固定方式的摆位误差结果,旨在为头颈部肿瘤患者的调强放射治疗提供更稳定、精确的体位固定方式。

材料与方法

1. 病例资料

随机选取 2016 年 2 月—2016 年 12 月在我院放疗中心治疗的头颈部肿瘤患者 92 例,其中鼻咽癌 77 例,其他头颈部肿瘤 15 例。92 例患者中男 65 例,女 27 例,年龄 33~70 岁,中位年龄 56 岁。

2. 固定方法与相关设备

44 例患者采用发泡剂发泡制作个体化头颈肩枕(广州福瑞医疗科技有限公司生产)结合头颈肩碳素板、头颈肩面膜(科莱瑞迪公司)进行体位固定(个体化组);48 例患者采用标准化树脂头枕结合头颈肩碳素板、头颈肩面膜(科莱瑞迪公司)进行体位固定(标准组)。主要设备包括 ELEKTA Synergy 直线加速器、XVI 软件、Siemens SOMATOM Definition AS CT 机、MOSAIQ 系统和 MONACO 治疗计划系统。

3. 定位图像采集与计划设计

患者体位固定好后采用 Siemens Somatom Definition AS CT 机进行图像采集,扫描参数:120 kV,300 mAs,层厚 3 mm,重建层厚 3 mm,螺距 0.5,图像采集完成后传至计划系统 Monaco 进行靶区勾画与计划设计,计划设计完成后将图像传至医科达 Synergy 直线加速器的 XVI 系统。

4. 配准图像采集

头颈部采用 CBCT 扫描,扫描参数:管电压 100 kV,管电流 36.6 mAs,扫描视野的准直器为 S20,滤过器为 F0,扫描角度为 70°~230°,扫描剂量为 1.2 mGy。患者前 3 次每天进行 CBCT 扫描,扫描结束后将 CBCT 图像与定位图像进行对比,配准框的选取包括肿瘤靶区及其附近骨结构;配准采用的方法是骨

配准,采用 XVI 系统自带图像配准分析软件配准,可获得 X、Y 和 Z 轴的线性误差与旋转误差,线性误差≤1 mm 时不做校正,记录误差数据;线性误差为 1~2 mm 时,自动移动加速器床校正误差并记录误差数据,如果配准结果中线性误差>3 mm 或旋转误差>2°,重新摆位获取 CBCT 图像配准并记录数据。前 3 次 CBCT 验证结束后,分析前 3 次的误差结果,根据误差的均值进行校正,并修改摆位中心标记。以后每周进行 1 次 CBCT 扫描。

5. 统计学分析

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析,为了说明摆位误差的绝对数值,X、Y 和 Z 轴的线性误差和旋转误差取其绝对值。计量数据以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

92 例头颈部肿瘤患者共进行 589 次 CBCT 验证,其中标准组 48 例患者共进行 337 次 CBCT 验证,个体化组 44 例患者共进行 252 次 CBCT 验证。个体化组与标准组相比,在 X、Y 轴的线性误差与 X 轴的旋转误差差异有统计学意义($P = 0.000$ 、 0.001 和 0.000),个体化组在 X 轴的误差(包括线性误差和旋转误差)与 Y 轴的线性误差均小于标准组(表 1、2)。个体化组线性误差≤1 mm 在 X、Y 和 Z 轴的发生比例分别为 67.0%、53.6% 和 63.1%,线性误差为 1~2 mm 的比例分别为 27.0%、36.9% 和 25.0%,线性误差>2 mm 的比例分别为 6.0%、9.5% 和 11.9%;标准组线性误差≤1 mm 在 X、Y 和 Z 轴的发生比例分别为 52.5%、43.0% 和 55.5%,线性误差 1~2 mm 的比例分别为 33.2%、34.1% 和 32.9%,线性误差>2 mm 的比例分别为 14.3%、22.9% 和 11.6%(表 3)。个体化组旋转角度误差≤1°在 X、Y 和 Z 轴的发生比例分别为 87.7%、71.0% 和 83.7%,而标准组旋转角度误差≤1°在 X、Y 和 Z 轴的发生比例分别为 74.8%、71.8% 和 83.7%(表 4)。

表 1 标准组与个体化组的 CBCT 验证线性误差结果比较 (mm)

组别	标准组	个体组	<i>t</i> 值	<i>P</i>
X	1.15±0.90	0.85±0.68	4.450	0.000
Y	1.48±1.20	1.17±0.87	3.451	0.001
Z	1.08±0.81	1.00±0.81	1.099	0.272

表 2 标准组与个体化组的 CBCT 验证旋转误差结果比较

角度	标准组	个体组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
X 轴	0.68±0.52	0.52±0.45	3.935	0.000
Y 轴	0.77±0.55	0.72±0.49	1.012	0.346
Z 轴	0.60±0.44	0.57±0.47	0.777	0.438

表 3 2 组的 CBCT 验证结果(按线性误差的发生比例进行统计)

轴	≤ 1mm(%)		1 ~ 2mm(%)		> 2mm(%)	
	标准组	个体化组	标准组	个体化组	标准组	个体化组
X	52.5	67.0	33.2	27.0	14.3	6.0
Y	43.0	53.6	34.1	36.9	22.9	9.5
Z	55.5	63.1	32.9	25.0	11.6	11.9

表 4 2 组的 CBCT 验证结果(按旋转误差的发生比例进行统计)

轴	≤ 1°(%)		1° ~ 2°(%)		> 2°(%)	
	标准组	个体组	标准组	个体组	标准组	个体组
X	74.8	87.7	24.6	11.9	0.6	0.4
Y	71.8	71.0	26.1	28.2	2.1	0.8
Z	83.7	83.7	16.3	16.3	0	0

小结前 CBCT 摆位误差与小结后 CBCT 摆位误差结果比较。标准组小结前与小结后相比,小结前在 Y 轴上的线性误差大于小结后,差异有统计学意义($P = 0.001$,表 5)。个体化组小结前与小结后各个方向上的摆位误差差异均无统计学差异(P 值均 > 0.05 ,表 6)。

表 5 标准组小结前与小结后 CBCT 摆位误差比较

组别	前	后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	
X	线性(mm)	1.27 ± 0.97	1.08 ± 0.83	1.846	0.066
	旋转(°)	0.68 ± 0.54	0.67 ± 0.50	0.187	0.852
Y	线性(mm)	1.76 ± 1.35	1.3 ± 0.93	3.374	0.001
	旋转(°)	0.79 ± 0.50	0.75 ± 0.6	0.590	0.556
Z	线性(mm)	1.13 ± 0.91	1.04 ± 0.74	1.058	0.291
	旋转(°)	0.64 ± 0.46	0.57 ± 0.42	1.405	0.161

表 6 个体化组小结前与小结后 CBCT 摆位误差比较

组别		前	后	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
X	线性(mm)	0.87 ± 0.69	0.84 ± 0.67	0.331	0.741
	旋转(°)	0.55 ± 0.5	0.49 ± 0.39	1.044	0.297
Y	线性(mm)	1.27 ± 0.98	1.06 ± 0.72	1.947	0.053
	旋转(°)	0.69 ± 0.49	0.76 ± 0.50	-1.201	0.231
Z	线性(mm)	0.99 ± 0.84	1.02 ± 0.79	-0.320	0.749
	旋转(°)	0.54 ± 0.47	0.60 ± 0.47	-0.962	0.337

讨 论

随着调强放疗技术在头颈部肿瘤的广泛应用,头颈部高精度的体位固定显得尤为重要。由于头颈部解剖结构复杂,颈部活动度大,肿瘤靶区又毗邻许多重要组织器官,放射治疗过程中减少颈部的活动,保持头颈部的稳定固定是开展头颈部肿瘤调强放疗的重要条件。定位装置的正确使用有利于减少 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的产生和造成一些不易察觉的假象^[4]。头颈部体位固定技术经过临床工作中的不断摸索和改进,现在普通使用的标准化树脂头枕结合头颈肩面膜固定可以取得较好的固定效果,但在定位过程中患者头颈部不能很好地与

标准化头枕吻合,尤其对于颈部过短者,头部与头枕接触面积过小易导致后颅骨空悬虚位;头颈过长者,颈肩部易与底板产生空隙;还有一些患者后颅骨形状特殊较难与头枕相吻合。这些情况的出现导致患者在调强放疗过程中,定位与治疗时体位的重复性与稳定性不好,可能会导致靶区剂量不足,肿瘤局控率降低。基于以上考虑,本单位 2016 年引进发泡胶技术制作个体化头枕,每位患者的头颅形状及脊椎的曲度不同,而发泡胶可以根据患者头颅大小、颈椎曲度专门制作头枕,可以更好地对患者进行固定,从而实现个体化放疗^[5]。

相关文献曾报道采用发泡胶技术制作个体化头枕替代标准化头枕取得较好的固定效果^[6-7]。许森奎等^[6]研究发现采用头颈定位泡沫垫对鼻咽癌患者进行体位固定的效果优于传统的标准定形枕,特别是在颈部固定上有了较明显的改善,在上下(Y)、前后(Z)方向上的线性误差小于标准化头枕组;石慧烽等^[7]报道定位发泡垫在头颈部调强放疗摆位中,相对于传统的头枕,定位发泡垫可减少患者横向、纵向以及旋转误差,更适合于临床应用。本文也得出类似结论,个体化组在 X、Y 轴的线性误差小于标准组,差异有统计学意义($P < 0.05$),由于标准化头枕两侧不高,不能包裹头颅的两侧,颈肩部两侧只有面膜包裹限制,结构刚性不好,患者易左右移动,这样会导致 X 轴左右误差变大;而利用发泡技术制作的个体化头枕可以从头顶到胸上部形成半包裹结构,结构硬度较好,联合头颈肩面膜可形成全包围结构,结构刚性较好,患者左右移动受到限制,这样 X 轴的线性误差会变小。个体化头枕可包裹头顶,限制患者向上移动,如果患者往下移动了,治疗师很容易发现头顶与个体化头枕间存在间隙,这样可要求患者调整体位。对于颈部较长者,颈肩部通过发泡剂的填充,无空隙存在,同时也限制了患者向上移动;而标准化头枕顶部无包裹结构,患者上下移动时不好判断,颈肩部与底板有空隙存在,治疗师较难判断因患者上下移动而产生的空隙变化,这样会导致 Y 轴的误差变大。本研究发现对于那些后颅骨形状特殊者,发泡胶可以较好地垫实,使头颅与头枕充分接触,保证头颅的稳定。本研究结果显示在 Z 轴上的线性误差两组差异无统计学意义,笔者分析可能与本单位采用 MOSAIQ 系统记录床高度值有关,本研究首次 CBCT 验证后采用 MOSAIQ 系统记录校正后的床高度值,以后的 CBCT 验证以此床值为参考进行摆位。本研究以误差发生比例进行统计,发现个体化组 $\leq 1\text{ mm}$ 的线性误差在 X、Y 和 Z 轴的发生比例分别为 67.0%、53.6% 和 63.1%,不需要校正的次数较标准组多,而 $> 2\text{ mm}$ 的线性误差在 X、Y 和 Z 轴的发生比例分别为 6.0%、9.5% 和 11.9%,少于标准化组,说明个体化头枕固定效果好,

摆位可重复性高。进一步比较个体化组 and 标准组的旋转误差,在 X 轴旋转误差上,发泡组小于标准组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。郑祖安等^[8]研究发现面颈部肿瘤患者体位固定时要注意头(X 轴)的后仰、内收以及颈部的位置固定,本研究发现发泡胶制作的个体化头枕可以较好地解决上述问题,利用发泡胶技术可以把颈肩部的空隙垫实,颈部自由度变小,X 轴产生的旋转误差就会变小。笔者认为旋转误差在临床摆位中应引起足够重视,旋转误差会影响线性误差,对于头颈部肿瘤患者的旋转误差应尽量控制在 2° 以内,这样离靶区中心 10 cm 的靶区边缘产生的线性误差才可以控制在 3 mm 左右,由于本中心未配备六维治疗床,对于旋转角度的校正有待进一步研究。

本研究对患者整个疗程的摆位误差也进行了分析,结合本中心的 CBCT 验证经验,比较了个体化组和标准组各自小结前与小结后的 CBCT 摆位误差,分析发现标准组小结前 Y 轴线性误差大于小结后,两者差异有统计学意义($P < 0.05$),显示标准化头枕组患者易出现 Y 轴(头脚)方向的误差,而笔者对前 3 次 CBCT 验证结果进行分析总结,预估误差趋势形成书面小结,然后修正摆位中心,对以后的治疗摆位具有重要的指导意义,可减少摆位误差。个体化组小结前与小结后相比误差无明显差异,说明个体化组体位固定可重复性较好,摆位误差总体较平稳。笔者认为对于单个患者来说,总结前几次的验证结果与摆位经验对于以后的治疗摆位具有指导意义。

合适的体位固定装置和技术可有力提高体位固定的可重复性^[9]。摆位技术让患者越舒适,摆位精度越高,越能满足临床需求^[10]。利用发泡胶技术可以根据患者头颅大小与形状、颈椎曲度制作个体化头枕,患者进行体位固定时感觉舒适,头颈部的不自主运动会减

少,结合头颈肩面膜形成结构较好的刚性固定,相对于标准化头枕,发泡胶制作的个体化头枕可提高体位固定的可重复性,减少头颈部肿瘤调强放射治疗中的摆位误差,保证靶区的高剂量,减少对周围重要组织器官的照射,具有重要的临床应用价值。

参考文献:

- [1] Kam MK, Teo PM, Chau RM, et al. Treatment of nasopharyngeal carcinoma with intensity-modulated radiotherapy and follow-up with plasma epstein-barr virus deoxyribonucleic acid level: the Hong Kong experience[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2003, 57(2): 248-249.
- [2] 庞学利, 阮志华, 肖红, 等. 鼻咽癌不同立体加量照射方法临床剂量学比较研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2006, 23(1): 12-15.
- [3] Mckernan B, Bydder S, Ebert M, et al. A simple and inexpensive method to routinely produce customized neck supports for patient immobilization during radiotherapy[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2008, 52(6): 611-616.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 石慧烽, 涂文勇, 白景峰, 等. 发泡垫在头颈肿瘤放疗定位中应用价值研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2016, 23(4): 238-243.
- [8] 郑祖安, 付秀根, 钟伟伟, 等. 面颈部肿瘤影像引导精确放射治疗摆位误差的研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2012, 19(20): 1554-1556.
- [9] 陈宗友, 林启富, 梁柱, 等. 放射治疗的体位固定探讨[J]. 临床和实验医学杂志, 2009, 8(5): 20-23.
- [10] 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: 2017-01-06 修回日期: 2017-02-03)