

# 图像引导体部伽玛刀摆位误差及影响因素的临床研究\*

吴达军<sup>△</sup>, 陈朝江, 张栓千, 李崇国, 张显明

610041 成都, 航空工业三六三医院 体部伽玛刀治疗室

**[摘要]** 目的: 分析图像引导体部伽玛刀治疗患者的分次间摆位误差及其影响因素。方法: 对 211 例接受图像引导体部伽玛刀治疗的实体肿瘤患者的摆位误差数据进行回顾性分析。每例患者每分次治疗时, 首次图像引导定位获得的摆位误差为校正前摆位误差, 经自动治疗床误差校正后, 再次图像引导摆位验证后获得的剩余摆位误差为校正后摆位误差。采集每例患者每个分次在左右、前后、头尾三个方向上的校正前和校正后的摆位误差, 并计算其总体摆位误差。对 211 例患者共 2 838 分次图像引导摆位验证数据进行统计分析, 并探讨其相关影响因素。结果: 在左右、前后、头尾方向上的校正前摆位误差及其总体摆位误差(均值 ± 标准差)分别为(1.17 ± 4.75) mm、(0.02 ± 2.94) mm、(0.29 ± 4.34) mm 和(6.24 ± 3.52) mm, 相应的校正后摆位误差及其总体摆位误差分别为(0.13 ± 0.93) mm、(-0.13 ± 0.67) mm、(-0.06 ± 0.51) mm、(1.07 ± 0.67) mm。经图像引导校正后的剩余摆位误差明显减小, 差异具有统计学意义( $P < 0.01$ )。在总体摆位误差上仰卧位优于俯卧位( $P < 0.05$ ), 而双上肢固定位置、腹带对总体摆位误差的影响无统计学意义( $P > 0.05$ )。结论: 基于 kV 级 X 射线立体平面成像技术的图像引导定位系统, 与体部伽玛刀组合使用, 升级为图像引导体部伽玛刀, 极大地提高了体部伽玛刀的摆位验证精度, 满足 SBRT 治疗的临床要求。

**[关键词]** 图像引导定位; 分次间摆位误差; 总体摆位误差

**[中图分类号]** R730.55 **[文献标志码]** A doi:10.3969/j.issn.1674-0904.2020.01.004

引文格式: Wu DJ, Chen CJ, Zhang SQ, et al. Clinical study of inter-fractional setup errors and its influencing factors in image-guided body gamma knife [J]. J Cancer Control Treat, 2020, 33(1): 20-27. [吴达军, 陈朝江, 张栓千, 等. 图像引导体部伽玛刀摆位误差及影响因素的临床研究[J]. 肿瘤预防与治疗, 2020, 33(1): 20-27.]

## Clinical Study of Inter-Fractional Setup Errors and Its Influencing Factors in Image-Guided Body Gamma Knife

Wu Dajun, Chen Chaojiang, Zhang Shuanqian, Li Chongguo, Zhang Xianming

Department of Body Gamma Knife, AVIC 363 Hospital, Chengdu 610041, Sichuan, China

**Corresponding author:** Wu Dajun, E-mail: 409151898@qq.com

This study was supported by National Key Research and Development Program of China (NO. 2017YFC0113700) and by grants from Health Commission of Sichuan Province (NO. 18PJ193).

**[Abstract]** **Objective:** To study the inter-fractional setup errors and its influencing factors of the patients treated by image-guided body gamma knife. **Methods:** Positioning errors in 211 patients with solid tumors treated with image-guided body gamma knife were retrospectively analyzed. The initial setup error obtained by the first image-guided positioning in each fraction treatment for each patient was the pre-corrected setup error. After the error correction using the automatic treatment couch, the residual setup error obtained by the image-guided positioning verification was the post-corrected setup error. Setup

errors in left-to-right (L/R) (X), anterior-to-posterior (A/P) (Y) and cranial-to-caudal (C/C) (Z) direction before and after correction in each patient were collected, and overall setup errors were calculated. The setup error data of 2838 fractions of 211 patients were statistically analyzed, and its related

**[收稿日期]** 2019-08-07 **[修回日期]** 2019-12-21

**[基金项目]** \* 国家重点研发计划项目(编号:2017YFC0113700); 四川省卫生健康委员会科研课题(编号:18PJ193)

**[通讯作者]** <sup>△</sup> 吴达军, E-mail: 409151898@qq.com

influencing factors were discussed. **Results:** Pre-corrected errors in L/R, A/P and C/C direction and their overall setup errors (mean  $\pm$  standard deviation) were (1.17  $\pm$  4.75) mm, (0.02  $\pm$  2.94) mm, (0.29  $\pm$  4.34) mm and (6.24  $\pm$  3.52) mm, respectively. The corresponding post-corrected errors and their overall setup errors were (0.13  $\pm$  0.93) mm, (-0.13  $\pm$  0.67) mm, (-0.06  $\pm$  0.51) mm and (1.07  $\pm$  0.67) mm, respectively. Residual setup errors after image-guided correction significantly decreased, with statistical difference ( $P < 0.01$ ). Meanwhile, overall setup errors in the supine group were better than those in the prone group ( $P < 0.05$ ). However, abdominal belt and different methods for fixing both upper limbs had no statistically significant influence on the positioning errors after correction ( $P > 0.05$ ). **Conclusion:** Image-guided positioning system based on the technology of X-ray stereoscopic planar imaging of the kV level is integrated to body gamma knife, which greatly improves the positioning verification accuracy of body gamma knife and meets the clinical requirement of stereotactic body radiation therapy.

[**Key words**] Image-guided positioning; Inter-fractional setup error; Overall setup error

体部立体定向放疗 (stereotactic body radiotherapy, SBRT) 是利用立体定位技术和特殊射线装置将多源、多线束或多野三维空间聚焦的高能射线聚焦于体内的某一靶区,使病灶组织受到高剂量照射和周围正常组织受量减少,从而获得临床疗效高且不良反应少的一类放疗技术的总称。SBRT 具有精确性高、分次剂量高、适形度高及治疗次数少“三高一少”的特点,已经广泛用于早期肺癌<sup>[1]</sup>、肝癌<sup>[2]</sup>、寡转移<sup>[3]</sup>等实体肿瘤,成为现代放疗技术的热点。体部伽玛刀是中国自主研发的一种立体定向伽玛射线放射治疗系统,在体部实体肿瘤中临床应用近 20 年,是体部肿瘤 SBRT 治疗的有效工具,其在肺<sup>[4-5]</sup>、肝<sup>[6-7]</sup>、胰腺<sup>[8]</sup>、肾上腺<sup>[9]</sup>等实体肿瘤中临床疗效确切;由于其一直沿用体部 N 型立体定位框技术,缺乏有效的图像引导定位系统,备受肿瘤放疗界争议。随着图像引导定位技术 (image guided positioning technology, IGPS) 及体部伽玛刀设备的发展与进步,2014 年图像引导体部伽玛刀开始用于临床,我院于 2016 年 10 月引进图像引导体部伽玛刀。目前关于图像引导体部伽玛刀摆位误差分析的临床报道极少<sup>[10-12]</sup>,为了分析图像引导定位系统在体部伽玛刀的分次间摆位精度及其影响因素,本文对我院接受图像引导体部伽玛刀治疗的 211 例体部实体肿瘤的分次间摆位数据进行了回顾性分析,现报告如下:

## 1 资料及方法

### 1.1 一般资料

2016 年 10 月 1 日至 2017 年 07 月 13 日收治的 211 例患者,其中男性 156 例,女性 55 例;中位年龄 61 岁 (16 ~ 86 岁);KPS 评分 60 ~ 100 分;肺癌 89 例,肝癌 62 例,胰腺癌 13 例,食管癌 10 例,直肠癌 8 例,结肠癌 7 例,其它肿瘤 22 例。按治疗靶区所在部位不同分为头颈组 10 例、胸部组 100 例、腹部组

101 例。

### 1.2 体位固定、CT 定位、计划设计和图像引导定位

使用增强 CT、MRI、PET-CT 明确病灶位置;根据病灶位置临近前、后皮肤深度不同,结合体部伽玛刀自身设备机械限制,患者治疗体位选择仰卧位或俯卧位;采用真空负压袋固定患者治疗体位,双上肢置于头顶,部分患者因医学原因 (如:肩关节病变等) 不能上举而选择双上肢置于体侧;为减少呼吸动度对靶区位置的影响,腹部组仰卧位中部分患者采用带刻度的腹带固定于剑突与肚脐之间。

体部伽玛刀专用体部 N 型立体定位系统进行体表定位,记录体表定位参数;采用东芝 16 排螺旋 CT 进行在自由呼吸状态下定位 CT 扫描 (层厚 2mm,层间距 2mm),扫描完成后记录 N 型框 Z 值读数,用于治疗计划坐标重建。

将 CT 定位数据经 PACS 系统上传至图像引导体部伽玛刀治疗计划系统 (OUR-QGD/B-C),建立治疗计划坐标、勾画体表轮廓、勾画大体肿瘤体积 (gross target volume, GTV) 及危及器官,在 GTV 基础上外扩 5mm 为计划靶体积 (planning target volume, PTV),以 50% 等剂量曲线包绕 95% 以上 PTV。根据治疗目的不同,以 50% 等剂量曲线为参考剂量曲线,给予单次处方剂量平均为 300cGy (280 ~ 500cGy),每日 1 次,周一至周五照射,共计 10 ~ 14 次。在邻近靶区的骨性解剖区域 (常用邻近椎体区域),选择二维-二维 (2D-2D) 图像配准的定位参考点和感兴趣区,如图 1、2 所示。

将确认后治疗计划经局域网上传至图像引导体部伽玛刀控制系统,每次治疗前均采用图像引导定位、校正、验证<sup>[13]</sup>,图 1 和图 2 分别为校正前和校正后图像引导定位获得的摆位误差。在左右 [left to right (L/R) (X)]、前后 [anterior to posterior (A/P) (Y)]、头尾 [cranial to caudal (C/C) (Z)] 三个方向

上校正后的剩余摆位误差均 $\leq 2\text{mm}$ ,认为满足临床 要求,方可治疗。

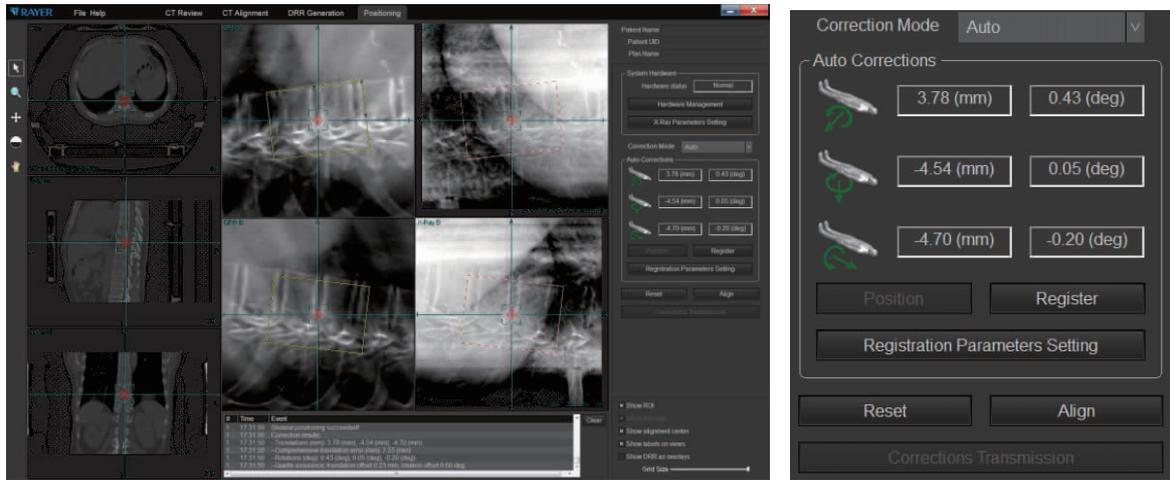


图 1 校正前初始摆位误差  
Figure 1. Initial Setup Errors before Correction

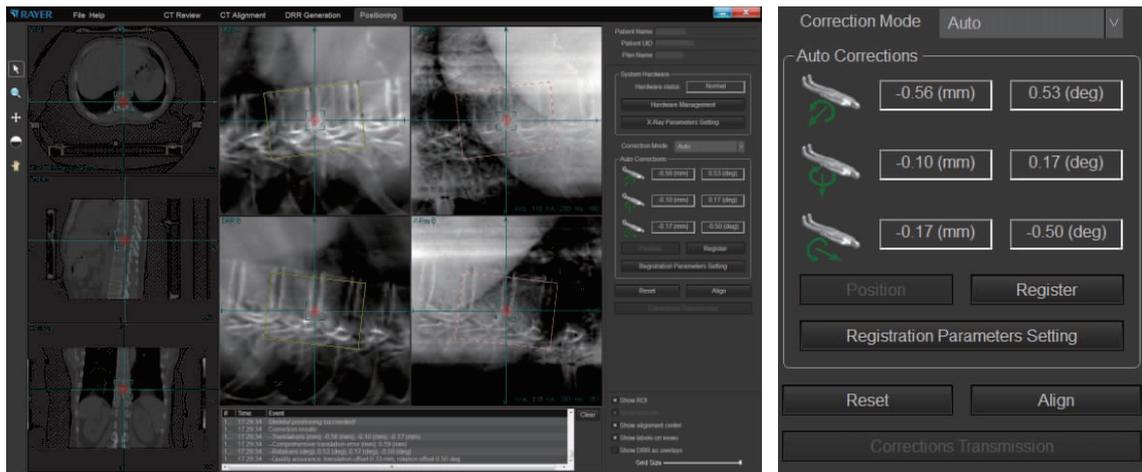


图 2 校正后剩余摆位误差  
Figure 2. Residual Setup Errors after Correction

### 1.3 摆位误差数据采集

每次治疗前经体表定位后首次 IGPS 图像引导定位经图像配准计算获得在 X、Y、Z 三个方向上的校正前初始误差结果;经在线校正、验证后满足临床要求时 IGPS 计算所得的在 X、Y、Z 个方向上校正后剩余摆位误差。然后,计算校正前和校正后的总体摆位误差(overall setup error, OSE)即综合摆位误差,是三个方向摆位误差的综合,体现在三维坐标中,相对于靶点的实际偏离距离;按公式:  $OSE = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$  计算其值<sup>[14-15]</sup>。

### 1.4 统计方法

用 SPSS 20.0 版软件进行数据分析,计算所有患者校正前、后摆位误差的均值和标准差及制作散点图;校正前、后摆位误差组间比较,为配对设计研究,采用比较均值的配对样本 *t* 检验(当样本量 > 1 000 时,执行 Bootstrap);针对校正前摆位误差、校

正后摆位误差分别进行影响因素单因素分析,为两样本均数比较,采用比较均值的独立样本 *t* 检验,检验水准  $P = 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 图像引导定位情况

图像引导定位分次数头颈组为 146 次,胸部组为 1 325 次,腹部组为 1 367 次。

### 2.2 校正前、后摆位误差总体结果

211 例患者 2 838 分次图像引导校正前、校正后摆位误差的统计结果见表 1,经图像引导校正后,在 3 个方向上的剩余摆位误差及总体误差明显减少,主要集中于 2mm 范围以内。

图 3 为在左、右方向上校正前、后摆位误差值的散点图分布情况,从中可以看出校正后摆位误差值集中于 2mm 范围以内;图 4 为在前、后方向上校正

前、后摆位误差值的散点图分布情况,从中可以看出校正后摆位误差值集中于 2mm 范围以内;图 5 为在头、尾方向上校正前、后摆位误差值的散点图分布情况,从中可以看出校正后摆位误差值集中于 2mm 范围以内;图 6 为三个方向上 OSE 的三维空间散点图分布情况,从中可以看出校正后综合偏离值较校正前明显减少。

表 1、图 3~6 数据显示,经图像引导定位后,摆

表 1 校正前、校正后的摆位误差统计结果(均值 ± 标准差)

Table 1. Setup Errors before and after Correction (Mean ± Standard Deviation)

Overall results	L/R (X) (mm)	A/P (Y) (mm)	C/C (Z) (mm)	OSE (mm)
Before correction	1.17 ± 4.75	0.02 ± 2.94	0.29 ± 4.34	6.24 ± 3.52
After correction	0.13 ± 0.93	-0.13 ± 0.67	-0.06 ± 0.51	1.07 ± 0.67
P	0.001	0.009	0.001	0.001

L/R (X): Left-right direction; A/P (Y): Anterior-posterior direction; C/C (Z): Cranial-caudal direction; OSE: Overall setup error.

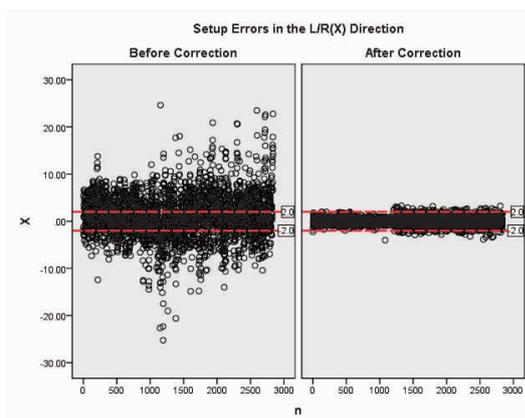


图 3 校正前、校正后 L/R(X) 方向摆位误差比较  
Figure 3. Setup Errors in the L/R (X) Direction before and after Correction  
Abbreviations as indicated in Table 1.

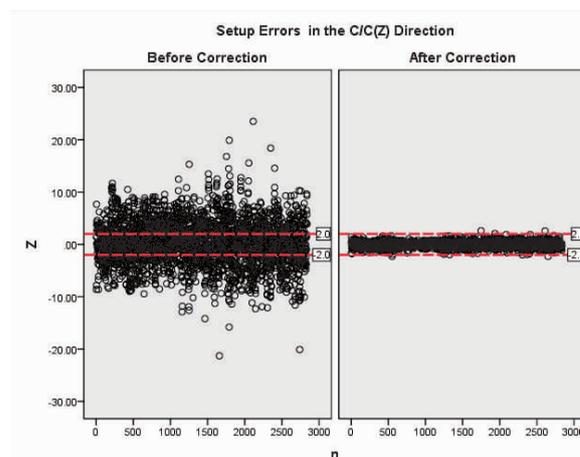


图 5 校正前、校正后 C/C(Z) 方向摆位误差比较  
Figure 5. Setup Errors in the C/C (Z) Direction before and after Correction  
Abbreviations as indicated in Table 1.

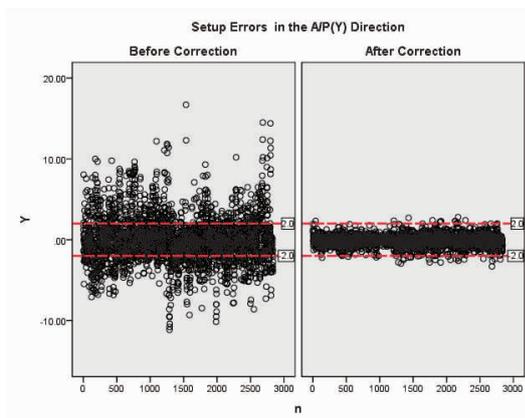


图 4 校正前、校正后 A/P(Y) 方向摆位误差比较  
Figure 4. Setup Errors in the A/P (Y) Direction before and after Correction  
Abbreviations as indicated in Table 1.

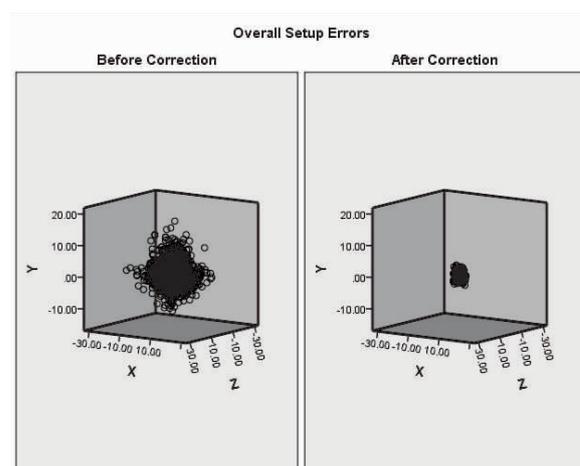


图 6 校正前、校正后的总体摆位误差比较  
Figure 6. Overall Setup Errors before and after Correction

位误差精度明显提高,其差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。

从表 2 数据校正前、后摆位误差结果显示,头颈组、胸部组在头尾方向上差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),在剩余方向以及 OSE 上差异有统计学意义( $P < 0.05$ );腹部组在三个方向、OSE 上差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

表 2 三组校正前、校正后的摆位误差统计结果(均值 ± 标准差)

Table 2. Setup Errors before and after Correction in Three Groups (Mean ± Standard Deviation)

Variable		L/R(X) (mm)	A/P(Y) (mm)	C/C(Z) (mm)	OSE (mm)
Head and neck group	Before correction	0.88 ± 3.68	-0.78 ± 3.21	-0.21 ± 3.42	5.48 ± 2.60
	After correction	0.04 ± 0.89	-0.10 ± 0.64	-0.00 ± 0.52	1.05 ± 0.61
	P	0.008	0.011	0.462	<0.001
Chest group	Before correction	1.53 ± 4.28	0.05 ± 2.92	-0.20 ± 4.25	6.05 ± 3.27
	After correction	0.19 ± 0.97	-0.16 ± 0.72	-0.11 ± 0.58	1.18 ± 0.68
	P	0.001	0.009	0.395	0.001
Abdomen group	Before correction	0.86 ± 5.23	0.07 ± 2.91	0.82 ± 4.45	6.52 ± 3.81
	After correction	0.08 ± 0.89	-0.10 ± 0.63	-0.02 ± 0.42	0.97 ± 0.66
	P	0.001	0.031	0.001	0.001

Abbreviations as indicated in Table 1.

### 2.3 影响因素分析

本研究头颈组患者例数少,仅 10 例,而胸部组 100 例和腹部组 101 例,同时头颈组体位为仰卧位、双手放于体侧;因此,本研究拟分析胸部组及腹部组摆位误差的主要影响因素:治疗体位、双上肢位置。

2.3.1 治疗体位对校正前、后摆位误差的影响(表 3) 在胸部组中,仰卧位的校正前摆位误差中在前后方向、头尾方向、OSE 上优于俯卧位( $P < 0.01$ ),而在左右方向上其差异无统计学意义( $P > 0.05$ );

仰卧位的校正后摆位误差在前后方向、OSE 上优于俯卧位( $P < 0.01$ ),而在左右方向、头尾方向上其差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

在腹部组中,仰卧位的校正前摆位误差中在左右方向、头尾方向、OSE 上优于俯卧位( $P < 0.05$ ),而在前后方向上其差异无统计学意义( $P > 0.05$ ); 仰卧位的校正后摆位误差在左右方向、头尾方向、OSE 上优于俯卧位( $P < 0.01$ ),而在前后方向上其差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

表 3 仰卧位与俯卧位校正前、校正后摆位误差比较(均值 ± 标准差)

Table 3. Setup Errors before and after Correction in Supine and Prone Group (Mean ± Standard Deviation)

Variable		N	L/R(X) (mm)	A/P(Y) (mm)	C/C(Z) (mm)	OSE (mm)	
Chest group	Before correction	Supine group	841	1.51 ± 4.60	-0.38 ± 2.19	0.39 ± 3.91	5.73 ± 3.30
		Prone group	484	1.57 ± 3.67	0.79 ± 3.76	-1.24 ± 4.60	6.59 ± 3.14
		t/t'		-0.293*	-6.252*	6.551*	-4.657
		P		0.769	<0.001	<0.001	<0.001
	After correction	Supine group	841	0.17 ± 0.85	-0.09 ± 0.56	-0.09 ± 0.52	1.00 ± 0.58
		Prone group	484	0.24 ± 1.13	-0.29 ± 0.92	-0.13 ± 0.67	1.49 ± 0.72
		t/t'		-1.295*	4.193*	1.026*	-12.468*
		P		0.196	<0.001	0.305	<0.001
Abdomen group	Before correction	Supine group	978	1.06 ± 5.41	0.08 ± 2.43	1.33 ± 4.10	6.33 ± 3.85
		Prone group	389	0.35 ± 4.70	0.06 ± 3.87	-0.46 ± 5.02	7.00 ± 3.67
		t/t'		2.414*	0.090*	6.266*	-2.948
		P		0.016	0.928	<0.001	0.003
	After correction	Supine group	978	0.07 ± 0.74	-0.04 ± 0.46	-0.00 ± 0.38	0.80 ± 0.53
		Prone group	389	0.12 ± 1.18	-0.24 ± 0.91	-0.09 ± 0.51	1.41 ± 0.76
		t/t'		0.770*	4.263*	3.023*	-14.633*
		P		0.441	<0.001	0.003	<0.001

\* Approximate t test was used for pairwise comparison among the groups with heterogeneity of variance, and t' was used to indicate the statistics in this case.

Abbreviations as indicated in Table 1.

2.3.2 双上肢位置对校正前、后摆位误差的影响 (表 4) 在胸部组,双上肢置于头顶者的校正前摆位误差中在左右方向、前后方向上优于置于体侧者 ( $P < 0.01$ ),而在头尾方向、OSE 上其差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ );双上肢置于头顶者的校正后摆位误差在左右方向、头尾方向上优于置于体侧者 ( $P < 0.05$ ),而在前后方向、OSE 上其差异无统计学意义

( $P > 0.05$ )。

在腹部组,双上肢置于头顶者的校正前摆位误差中在左右方向、头尾方向、OSE 上优于置于体侧者 ( $P < 0.05$ ),而在前后方向上其差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ );双上肢置于头顶者的校正后摆位误差在左右方向、前后方向、头尾方向、OSE 上与置于体侧者的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 4 双上肢两种固定位置校正前、校正后摆位误差比较 (均值 ± 标准差)

Table 4. Setup Errors before and after Correction with Two Methods to Fix Both Upper Limbs (Mean ± Standard Deviation)

Variable		N	L/R(X) (mm)	A/P(Y) (mm)	C/C(Z) (mm)	OSE (mm)		
Chest group	Before correction	Overhead	1084	1.34 ± 4.15	0.24 ± 3.03	-0.29 ± 4.24	5.99 ± 3.23	
		Beside body	241	2.38 ± 4.74	-0.80 ± 2.16	0.22 ± 4.24	6.30 ± 3.41	
		t/t'		-3.134*	6.225*	-1.687	1.321	
		P		0.002	<0.001	0.092	0.187	
	After correction	Overhead	1084	0.21 ± 0.96	-0.19 ± 0.71	-0.13 ± 0.57	1.18 ± 0.68	
		Beside body	241	0.10 ± 0.97	-0.07 ± 0.72	-0.00 ± 0.61	1.18 ± 0.66	
		t/t'		1.593	-2.329	-3.078	0.008	
		P		0.111	0.020	0.002	0.994	
	Abdomen group	Before correction	Overhead	1184	0.56 ± 4.91	0.08 ± 2.98	0.95 ± 4.38	6.35 ± 3.61
			Beside body	183	2.74 ± 6.66	0.05 ± 2.40	-0.03 ± 4.83	7.62 ± 4.75
			t/t'		-4.254*	0.140*	2.593*	-3.469*
			P		<0.001	0.889	0.010	0.001
After correction		Overhead	1184	0.08 ± 0.88	-0.11 ± 0.63	-0.03 ± 0.42	0.97 ± 0.65	
		Beside body	183	0.09 ± 0.93	-0.04 ± 0.63	-0.01 ± 0.44	0.98 ± 0.71	
		t/t'		-0.127	-1.229	-1.051	-0.150	
		P		0.899	0.219	0.294	0.881	

\* Approximate t test was used for pairwise comparison among the groups with heterogeneity of variance, and t' was used to indicate the statistics in this case.

Abbreviations as indicated in Table 1.

2.3.3 腹带对校正前、后摆位误差的影响 (表 5) 腹部组仰卧位患者中,部分患者为限制呼吸动度使用带刻度腹带。有腹带者的校正前摆位误差中在前后方向、头尾方向上劣于无腹带者 ( $P < 0.05$ ),而在

左右方向、OSE 上其差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ );有腹带者的校正后摆位误差在左右方向、前后方向、头尾方向、OSE 上与无腹带者有差异,但无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 5 腹带有无校正前、后摆位误差比较 (均值 ± 标准差)

Table 5. Setup Errors before and after Correction with and without Abdominal Belt (Mean ± Standard Deviation)

Variable		N	L/R(X) (mm)	A/P(Y) (mm)	C/C(Z) (mm)	OSE (mm)
Before correction	Without	713	1.05 ± 5.56	-0.07 ± 2.15	1.10 ± 4.01	6.21 ± 3.90
	With	265	1.08 ± 5.03	0.48 ± 3.04	1.97 ± 4.28	6.65 ± 3.70
	t/t'		-0.091	-2.691*	2.980	1.577
	P		0.928	0.007	0.003	0.115
After correction	Without	713	0.07 ± 0.75	-0.05 ± 0.44	0.01 ± 0.38	0.80 ± 0.53
	With	265	0.06 ± 0.71	-0.02 ± 0.51	-0.02 ± 0.39	0.80 ± 0.53
	t/t'		0.209	-0.908	1.185	0.017
	P		0.835	0.364	0.236	0.986

\* Approximate t test was used for pairwise comparison among the groups with heterogeneity of variance, and t' was used to indicate the statistics in this case.

Abbreviations as indicated in Table 1.

### 3 讨论

本研究所采用的国产 IGPS 图像引导定位系统基于 X 射线立体平面成像技术,其原理<sup>[13]</sup>与国际上使用的成熟 IGRT 技术(美国 Accuray 公司 CyberKnife、德国 Brainlab 公司 Exrac Trac)基本相同,通过两个 kV 级 X 射线投影图像和治疗计划的 CT 图像的二维-三维(2D-3D)图像配准,根据图像相似性测量原理<sup>[16]</sup>,计算患者摆位误差,在线校正、验证患者摆位,以实现对患者精确定位。

本研究结果显示(表 1、图 3~6),211 例患者 2 838 分次摆位经图像引导定位系统校正后在左右方向、前后方向、头尾方向和总体的剩余摆位误差,均明显减少,差异有统计学意义( $P < 0.01$ ),OSE 的均值由校正前的 6.24mm 减小至校正后的 1.07mm,减少 5mm 之多;在头颈组、胸部组、腹部组在 OSE 上校正前、后摆位误差均有明显减少,差异有统计学意义( $P < 0.01$ )。因此,通过图像引导定位系统在线定位、校正、验证,明显减少了体部伽玛刀的分次间摆位误差。

本研究部分患者病灶部位靠后,限于体部伽玛刀的自身机械限制,选择俯卧位。治疗体位对摆位误差的影响结果显示(表 3),不管胸部组还是腹部组,校正前、后摆位误差在 OSE 上,仰卧位优于俯卧位( $P < 0.01$ )。Mulliez 等<sup>[17]</sup>报道 242 例乳腺癌患者全乳腺照射时摆位误差结果表明,体重指数与仰卧位在头脚方向的摆位误差相关,与俯卧位在前后方向、左右方向的摆位误差相关( $P < 0.05$ )。分析其原因可能为:1)俯卧位时胸腰椎体随呼吸动度相对于仰卧位动度更大;2)仰卧位患者的舒适度好于俯卧位,体位重复性更好;3)肥胖患者俯卧位腹部及胸部与负压袋接合时变形大等。因此,推荐患者尽可能选择仰卧位,更有利提高治疗精度。

本研究部分患者因医学原因(如:肩关节病变等)不能上举而选择双上肢置于体侧。双上肢固定位置对摆位误差的影响结果显示(表 4),胸部组校正前、后 OSE 上差异无统计学意义( $P > 0.05$ );而腹部组经图像引导定位后双上肢固定位置对 OSE 的影响也无统计学意义( $P > 0.05$ )。因此,图像引导定位系统的引入,有助于减少双上肢固定位置对 OSE 影响,有利于选择更好的舒适治疗体位,保证治疗精度。

由于体部伽玛刀自身治疗空间有限,无法采用 ABC 或呼吸门控、四维定位 CT 等<sup>[18]</sup>方式减少呼吸

动度带来的靶区动度影响;结合体部伽玛刀自身特点及可行性,采用带刻度的腹带在腹部限制呼吸动度,这是否影响分次间摆位误差精度,一直是临床关注的热点问题。腹带对摆位误差的影响结果(表 5)显示,校正前摆位误差在前后方向和头尾方向上差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),但在校正前 OSE、校正后各个方向及 OSE 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。因此,图像引导定位系统的引入,可以减少腹带对摆位误差的影响。

本研究不足之处,在于尚未对图像配准点选择、不同部位曝光条件、DR 图像质量、不同治疗技师水平、不同 CT 扫描条件、DRR 图像质量、转角误差校正等进行研究,在以后将进一步开展相关研究。

总之,基于 kV 级 X 射线立体平面成像技术的图像引导定位系统,与体部伽玛刀组合使用,升级为图像导体部伽玛刀,极大地提高了体部伽玛刀的摆位验证精度,满足 SBRT 治疗的临床要求。

**作者声明:**本文全部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;并承诺论文中涉及的原始图片、数据资料等已按照有关规定保存,可接受核查。

**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的学术不端检测。

**同行评议:**经同行专家双盲外审,达到刊发要求。

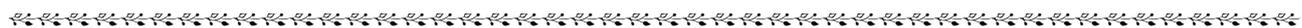
**利益冲突:**所有作者均声明不存在利益冲突。

**文章版权:**本文出版前已与全体作者签署了论文授权书等协议。

#### [参考文献]

- [1] Ager BJ, Wells SM, Gruhl JD, et al. Stereotactic body radiotherapy versus percutaneous local tumor ablation for early-stage non-small cell lung cancer[J]. Lung Cancer, 2019, 138 :6-12.
- [2] Lin TA, Lin JS, Wagner T, et al. Stereotactic body radiation therapy in primary hepatocellular carcinoma: Current status and future directions[J]. J Gastrointest Oncol, 2018, 9(5) : 858-870.
- [3] Al-Shafa F, Arifin AJ, Rodrigues GB, et al. A review of ongoing trials of stereotactic ablative radiotherapy for oligometastatic cancers: Where will the evidence lead? [J]. Front Oncol, 2019, 9 : 543
- [4] Xia T, Li H, Sun Q, et al. Promising clinical outcome of stereotactic body radiation therapy for patients with inoperable stage I/II non-small-cell lung cancer[J]. Int J Radiat Onco Biol Phys, 2006, 66(1) : 117-125.

- [5] Wu D, Zhu H, Tang H, et al. Clinical analysis of stereotactic body radiation therapy using extracranial gamma knife for patients with mainly bulky inoperable early stage non-small cell lung carcinoma[J]. Radiat Oncol, 2011, 6 : 84.
- [6] Kang J, Nie Q, Du R, et al. Stereotactic body radiotherapy combined with transarterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma with portal vein tumor thrombosis[J]. Mol Clin Oncol, 2014, 2(1) : 43-50.
- [7] Lu XJ, Dong J, Ji LJ, et al. Tolerability and efficacy of gamma knife radiosurgery on hepatocellular carcinoma with portal vein tumor thrombosis[J]. Oncotarget, 2016, 7(3) : 3614-3622.
- [8] 夏廷毅, 孙庆选, 于涌, 等. 体部 $\gamma$ -刀治疗 52 例胰腺癌的疗效分析[J]. 中华肝胆外科杂志, 2006, 12(2) : 86-88.
- [9] 郝睿, 祁会特, 李明, 等. 体部伽玛刀治疗肾上腺转移癌 24 例效果分析[J]. 肿瘤研究与临床, 2014, 26(10) : 673-676.
- [10] 齐文杰, 康静波, 朱奇, 等. 图像引导体部伽玛刀治疗的临床应用效果[J]. 中国医药导报, 2015, 12(13) : 132-135.
- [11] 刘伟, 李建国, 康静波, 等. 图像引导放射治疗在体部伽马刀治疗系统中的应用[J]. 医疗卫生装备, 2016, 37(12) : 95-97.
- [12] 毛凯, 王宗焯, 康静波. 图像引导多源 $\gamma$ 射束立体定向放射治疗临床测试[J]. 转化医学杂志, 2016, 5(6) : 352-356.
- [13] 付东山, 黎维娟. 体部伽玛刀图像引导技术的发展[J]. 中国医疗设备, 2014, 29(10) : 4-8, 68.
- [14] Ho AK, Fu D, Cotrutz C, et al. A study of the accuracy of cyberKnife spinal radiosurgery using skeletal structures tracking[J]. Neurosurgery, 2007, 60(S1) : 147-156.
- [15] Fu D, Kuduvalli G. A fast, accurate, and automatic 2D-3D image registration for image-guided cranial radiosurgery[J]. Med Phys, 2008, 35(5) : 2180-2194.
- [16] Penney GP, Weese JA, Little JA, et al. A comparison of similarity measures for use in 2D-3D medical image registration[J]. IEEE Trans Med Imaging, 1998, 17(4) : 586-595.
- [17] Mulliez T, Gulyban A, Vercauteren T, et al. Setup accuracy for prone and supine whole breast irradiation[J]. Strahlenther Onkol, 2016, 192(4) : 254-259.
- [18] 刘穆平, 初磊, 邓煜, 等. 呼吸门控技术以及非均整模式应用于早期非小细胞肺癌小病灶立体定向放疗的优势[J]. 肿瘤预防与治疗, 2019, 32(8) : 707-710.



· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 《肿瘤预防与治疗》文章荐读: 腔镜辅助下甲状腺切除术—— 从颈部小切口到体表无痕

近年来甲状腺癌发病率逐年增加, 在某些国家以及我国的部分地区已经成为女性最为常见的恶性肿瘤。根据 2018 年数据, 全球甲状腺癌发病率为 6.7/100 000, 我国每年新增病例达 19 万(194 232 例)。手术治疗是甲状腺癌主要的有效治疗手段, 传统甲状腺手术通过颈前切口暴露切除甲状腺, 不可避免地在颈部遗留可见的疤痕, 对有疤痕体质人群而言, 此疤痕会显得额外明显, 严重影响患者容貌外观及身心健康。自从 Gagner 1996 年完成了首例内镜辅助下甲状腺旁腺手术以后, 外科医生已经可以在腔镜辅助下在颈外远程多个部位入路完成甲状腺切除, 从而有效避免了颈部可见疤痕。该文作者结合个人在腔镜辅助下甲状腺切除的经验介绍几种常用的腔镜辅助甲状腺切除手段及入路, 同时分析其优劣势, 以期为甲状腺肿瘤外科的从业人员提供参考。

阅读该文请登录本刊网站 [www.zlyfyzl.cn](http://www.zlyfyzl.cn) 或点击推荐文章链接: [http://125.71.214.100:801/Jwk\\_zlyf/CN/abstract/abstract267.shtml](http://125.71.214.100:801/Jwk_zlyf/CN/abstract/abstract267.shtml) 查看。

本刊编辑部