

老年食管癌在调强放射治疗中摆位误差的研究

Study on Set-up Errors in Intensity-modulated Radiotherapy for Elderly Patients with Esophageal Cancer

LI Qing, DENG Zong-qiang, FU Mei-feng, HUANG He

李庆, 邓宗强, 付美凤, 黄河

(华中科技大学同济医学院附属同济医院, 湖北 武汉 430030)

摘要: [目的] 应用千伏级锥形束 CT(KV-CBCT)探讨两种不同固定方式对老年食管癌调强放射治疗(intensity-modulated radiotherapy, IMRT)中摆位误差的影响, 并分析分次间及分次内摆位误差的变化趋势。[方法] 老年食管癌患者 30 例, A 组 15 例采用热塑体膜固定, B 组 15 例采用负压真空气垫固定。每例患者在摆位纠正前及治疗后进行 KV-CBCT 扫描, 将获取的 CBCT 图像与计划 CT 图像相匹配, 得到分次间及分次内摆位误差, 分别比较和分析 A、B 两组的摆位误差及外放边界(MPTV)。[结果] 通过对 480 张 CBCT 扫描图像分析, A 组在 X(左-右)、Y(头-脚)、Z(前-后)轴上的分次间和分次内的相对平移误差分别为 $(-1.31 \pm 2.21)\text{mm}$ 、 $(-1.13 \pm 2.10)\text{mm}$ 、 $(-0.50 \pm 2.15)\text{mm}$ 和 $(-0.13 \pm 0.80)\text{mm}$ 、 $(0.12 \pm 0.97)\text{mm}$ 、 $(-0.10 \pm 0.93)\text{mm}$, B 组分别为 $(-1.12 \pm 1.95)\text{mm}$ 、 $(1.21 \pm 2.30)\text{mm}$ 、 $(-0.59 \pm 2.16)\text{mm}$ 和 $(0.43 \pm 1.10)\text{mm}$ 、 $(0.57 \pm 1.26)\text{mm}$ 、 $(-0.45 \pm 1.08)\text{mm}$ 。A、B 两组在 X、Y、Z 轴上分次间的平移误差差异无统计学意义(P 均 >0.05), 而两组在 X、Y、Z 轴上分次内平移误差差异有统计学意义(P 均 <0.05)。A、B 两组在 X、Y、Z 轴上分次间的外放边界分别为 6.8、6.8、5.3mm 和 6.4、6.6、5.8mm; 分次内的外放边界分别为 3.1、3.5、2.7mm 和 4.5、4.6、3.9mm。[结论] 在老年食管癌调强放射治疗中, 采用热塑体膜固定可以有效减小 X、Y、Z 轴上分次内平移误差。前三次连续 KV-CBCT 扫描出分次间摆位误差总结的记录, 能较好地降低后续位移误差。

关键词: 千伏级锥形束 CT; 老年; 食管肿瘤; 调强放射治疗; 摆位误差

中图分类号: R735.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-170X(2018)08-0832-06

doi: 10.11735/j.issn.1671-170X.2018.08.B016

放射治疗已成为中晚期食管癌的主要治疗手段之一, 特别是对于大多数老年食管癌患者。因为老年食管癌患者往往合并多种内科疾患, 大多无法手术或拒绝手术, 也不能承受化疗等, 因而放疗已成为老年食管癌患者最佳选择。老年患者在放疗中由于难以沟通, 自理及自控能力差, 同时还伴有营养不良、体虚瘦弱, 从而导致皮肤松弛, 进一步影响了放疗过程中摆位精度及重复性。所以选择适合老年患者的固定装置提高放疗精度尤为重要。现应用锥形束 CT(CBCT)比较并分析老年食管癌患者体位固定技术对摆位精度及重复性的影响; 同时通过分析分次间及分次内摆位误差变化的趋势为老年食管癌患者自适应放疗计划实施的时机提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2016 年 5 月至 2017 年 3 月我院收治的老

年食管癌患者 30 例, 男性 25 例, 女性 5 例, 年龄 65~85 岁(中位年龄 70.5 岁)。30 例患者均经病理学检查证实为鳞状细胞癌。KPS 评分 ≥ 60 分, 放疗前体重减轻 $<5\%$, 无放疗禁忌证。可保持仰卧体位 20min 以上, 双臂可自由上举或放于体侧, 无强迫症状。患者均签署放疗知情同意书。30 例患者分为两组, A 组 15 例采用热塑体膜固定, B 组 15 例采用负压真空气垫固定。A、B 两组患者在性别、年龄、身高、体重、KPS 评分、病灶部位、临床分期和舒适度上差异无统计学意义($P>0.05$), 见 Table 1。

1.2 方法

1.2.1 设备

运用医科达公司 Synergy 直线加速器(瑞典), 西门子 Somatom Definition AS 螺旋 CT 模拟机(德国), Kлары 公司(中国, 广州)生产的一整套固定装置包括碳素纤维底板, 热塑体罩, A/B/C/D 号标准化枕, 负压真空气垫(Figure 1)。PHILIPS Pinnacle 3 version 9.2 TPS(荷兰)。

1.2.2 体位固定及 CT 模拟

在定位之前要和老年患者及家属充分沟通, 耐心讲解制作、定位及治疗中可能出现的问题和注意

通讯作者: 黄河, 主管技师, 学士; 华中科技大学同济医学院附属同济医院肿瘤放疗中心, 湖北省武汉市解放大道 1095 号(430030); E-mail: 346336437@qq.com

收稿日期: 2017-07-31; **修回日期:** 2017-10-09

Table 1 Comparison of 30 elderly patients information between the two groups

Items	Group A [n(%)]	Group B [n(%)]	χ^2	P
Gender			0.240	0.624
Male	12(80.0)	13(86.7)		
Female	3(20.0)	2(13.3)		
Age(years)			0.159	0.690
65~	10(66.7)	11(73.3)		
75~85	5(33.3)	4(26.7)		
Height(cm)			1.292	0.256
>170	4(23.7)	7(46.7)		
≤170	11(73.3)	8(53.3)		
Weight(kg)			0.144	0.705
>60	6(40.0)	5(33.3)		
≤60	9(60.0)	10(66.7)		
KPS Score			0.370	0.543
60~80	1(6.7)	2(13.3)		
>80	14(93.3)	13(86.7)		
Tumor Location			0.886	0.642
Upper	5(33.3)	3(20.0)		
Middle	9(60.0)	10(66.7)		
Lower	1(6.7)	2(13.3)		
Clinical stages			0.556	0.456
I ~ II	5(33.3)	7(46.7)		
III~IV	10(66.7)	8(53.3)		
Comfort degree			1.392	0.499
I	5(33.3)	7(46.7)		
II	9(60.0)	8(53.3)		
III	1(6.7)	0(0)		
IV	0(0)	0(0)		

Note: Comfort degree: I—comfortable, II—relatively comfortable, III—uncomfortable, but tolerable, IV—intolerable

事项,得到老年患者的理解和配合。A组采用热塑体膜固定:患者均仰卧位,根据患者头型的适形度采用不同型号的标准化头枕(A/B/C/D型),双手抓住头顶上方的碳素纤维棒或放置于身体两侧,利用三维激光线调整患者体位,使患者鼻尖及肚脐落在矢状位激光线上,升床在患者身体两侧及中央画上十字标记,从而确定了患者与碳素纤维底板的位置关系。在面罩成形时,特别注意头部、颈肩部和胸部等部位是否贴紧成型。B组患者仰卧于真空垫上,身体水平,双手抓肘或抓腕置于额头;使患者的腰背部及头部和真空垫贴附紧密,然后抽真空成型后在患者身体和真空垫上做标记。由西门子大口径螺旋CT模拟机获取患者影像数据,扫描层厚为5mm,层距5mm,图像分辨率为512×512。主管医生在四维CT图像上勾画靶区和危及器官,再由物理师根据勾画



Figure 1 Thermoplastic masks and vacuum cushion system

的靶区在飞利浦公司 Pinnacle 3 version 9.2 治疗计划系统上制作放疗计划。最后经过主管医生与物理师在 CT 模拟定位机上对治疗中心进行再次确认,并将治疗计划和模拟 CT 定位图像通过网络传至 MOSAIQ 治疗验证系统和 X 线容积成像 (X-ray volume imaging, XVI) 系统工作站。

1.2.3 图像获取及配准

采用医科达 Synergy 直线加速器自带的千伏级 CBCT 进行扫描,扫描参数设定为 120kV, M20 准直器, F1 滤线器,扫描角度为 180°~180°。每位患者常规前三次放疗都进行 CBCT 扫描,以后每周 1~2 次。首先选用自动骨配准将获取的 XVI 图像和定位 CT 图像匹配,观察图像(如脊柱、胸廓、锁骨等)匹配的重合度,如 X、Y、Z 轴任意一方向上平移误差>5mm 或旋转角度误差>2°,均要重新摆位。然后再重新 CBCT 扫描,直到图像匹配达到平移误差≤5mm 并且旋转角度误差≤2°的标准。接着再采取灰度自动配准,如与骨配准无大的出入,即可确认此次的摆位误差;如灰度配准与骨配准出入较大,则需手动主观判断解剖结构在三维方向的重叠情况,最终使之达到最佳重合。配准设定范围包括食管、气管分叉、纵

隔及其周围肺组织, 尽量避免包括心脏等运动变化较大的组织器官。达到上述标准后, 可通过机器自带的自动移床功能, 使摆位中心和计划的治疗中心重合, 从而纠正治疗前的摆位平移误差, 而旋转误差不能纠正。治疗结束后, 还进行一次 CBCT 扫描并获取数据, 由于进行治疗时治疗前平移误差已修正为零, 故将治疗所得平移数据称为治疗分次内平移误差。将治疗摆位校正前第一次 CBCT 扫描后到第二次 CBCT 扫描结束后确定为分次内治疗时间。将每位患者前三次 CBCT 扫描得到的摆位误差值进行总结和预测, 分别将预测的平移误差值和可能出现的旋转误差登记到患者的验证记录单上, 放射治疗师可根据验证单上的记录在后续治疗中对每位患者三维方向上的摆位误差进行调整。

1.2.4 摆位误差的测量

由 XVI 软件测量出三维方向 X、Y、Z 轴的相对平移误差(为各个方向的实际值即有正、负之分, 正、负只表示其值的矢量方向), 其中右移为“+”、左移为“-”, 上移为“+”、下移为“-”, 前移为“+”、后移为“-”。同时, 在计算三维方向的 PTV 外放边界时, 将统计每组的绝对平移误差(为各个方向的绝对值)。系统误差用分次摆位误差的平均值表示, 随机误差用分次摆位误差的标准差表示。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 21.0 软件, 计量资料符合正态分布用 $(\Sigma \pm \sigma)$ 表示, 计数资料和等级资料用例数、百分数描述。计量资料的组间比较采用独立样本 t 检验, 计数资料的组间比较采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。按照 Van 等^[1]的 PTV 外放值计算式 $2.5 \Sigma \pm 0.7\sigma$ (表明 90% 群体患者 95% 处方剂量可以包全 CTV) 分别计算出 X、Y、Z 方向上的外放值, 其中 Σ 代表系统误差, σ 代表随机误差。

2 结果

分次内治疗时间上热塑体膜组($8.3 \pm 3.2 \text{ min}$)

明显多于真空袋组($0.9 \pm 1.3 \text{ min}$)($t = 3.822, P < 0.001$), 总的分次内治疗时间为 $7.48 \pm 2.39 \text{ min}$ ($3.85 \sim 16.38 \text{ min}$)。

2.1 两组摆位误差的比较

对 30 例老年食管癌患者进行 480 次 CBCT 扫描, 获取每次分次间和分次内平移误差, 统计结果见表 2~4。两组固定技术分次间平移误差比较结果显示, 在 X、Y、Z 轴方向差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 而在分次内平移误差上在 X、Y、Z 轴方向差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。

2.2 摆位误差的变化趋势

基于 CBCT 扫描获取得分次间和分次内的摆位误差数据, 分别绘制出摆位误差的变化趋势 (Figure 2~4)。分次间的随机误差和系统误差在连续三次 CBCT 扫描后均有明显减小, 在第七、八次扫描时略

Table 2 Comparison of relative translational errors between the two groups (mm, $\Sigma \pm \sigma$)

Groups	CBCT(n)	Interfractional			Intrafractional		
		X	Y	Z	X	Y	Z
A	240	-1.31 $\pm$ 2.21	-1.13 $\pm$ 2.10	-0.50 $\pm$ 2.15	-0.13 $\pm$ 0.80	0.12 $\pm$ 0.97	-0.10 $\pm$ 0.93
B	240	-1.12 $\pm$ 1.95	1.21 $\pm$ 2.30	-0.59 $\pm$ 2.16	0.43 $\pm$ 1.10	0.57 $\pm$ 1.26	-0.45 $\pm$ 1.08
P	-	0.277	0.299	0.550	0.004	<0.001	0.001

Table 3 Comparison of interfractional absolute translational errors and MPTV between the two groups (cm, $\Sigma \pm \sigma$)

Groups	Directions	Σ	σ	MPTV	Author
A	X	0.31	0.18	0.89	Martins et al ^[2]
		0.15	0.11	0.46	Bai et al ^[3]
		0.23	0.10	0.65	Qin et al ^[4]
		0.22	0.18	0.68	This study
	Y	0.21	0.22	0.67	Martins et al ^[2]
		0.17	0.10	0.51	Bai et al ^[3]
		0.24	0.13	0.69	Qin et al ^[4]
		0.22	0.18	0.68	This study
	Z	0.20	0.18	0.61	Martins et al ^[2]
		0.12	0.08	0.37	Bai et al ^[3]
		0.22	0.06	0.59	Qin et al ^[4]
		0.18	0.11	0.53	This study
B	X	0.52	0.22	1.45	Li et al ^[5]
		0.18	0.16	0.56	Bai et al ^[3]
		0.21	0.16	0.64	This study
		0.41	0.28	1.22	Li et al ^[5]
	Y	0.22	0.15	0.66	Bai et al ^[3]
		0.23	0.19	0.71	This study
		0.46	0.25	1.33	Li et al ^[5]
		0.19	0.13	0.57	Bai et al ^[3]
	Z	0.20	0.12	0.58	This study

MPTV indicates margin of CTV to PTV

Table 4 Comparison of intrafractional absolute translational errors and MPTV between the two groups (cm, $\Sigma \pm \sigma$)

Groups	Directions	Σ	σ	MPTV	Author
A	X	0.11	0.12	0.36	Shang et al ^[6]
		0.10	0.08	0.31	This study
	Y	0.12	0.10	0.37	Shang et al ^[6]
		0.11	0.11	0.35	This study
	Z	0.12	0.10	0.37	Shang et al ^[6]
		0.09	0.06	0.27	This study
B	X	0.11	0.10	0.36	Li et al ^[5]
		0.10	0.12	0.33	Rico et al ^[7]
		0.15	0.11	0.45	This study
	Y	0.13	0.13	0.42	Li et al ^[5]
		0.13	0.14	0.42	Rico et al ^[7]
		0.15	0.12	0.46	This study
	Z	0.16	0.14	0.50	Li et al ^[5]
		0.12	0.11	0.38	Rico et al ^[7]
		0.13	0.09	0.39	This study

Note: MPTV indicates margin of CTV to PTV

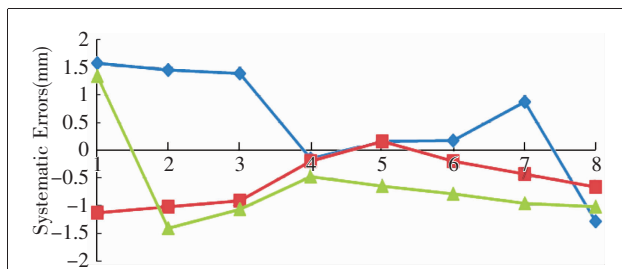


Figure 2 Variation tendency of systematic errors

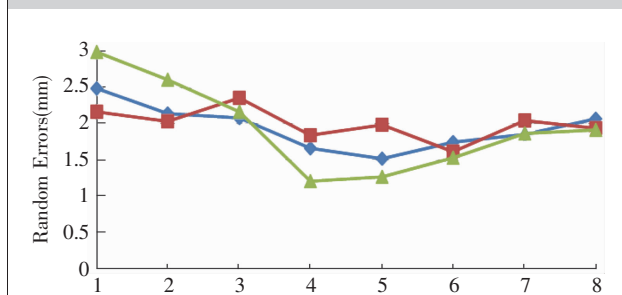


Figure 3 Variation tendency of random errors

微增大。而分次内摆位误差在 20min 治疗时间内变化不大。

3 讨论

调强放射治疗 (intensity-modulated radiotherapy, IMRT) 已成为食管癌放疗的主要模式之一, 它在靶区和邻近正常组织之间形成高梯度的剂量陡降

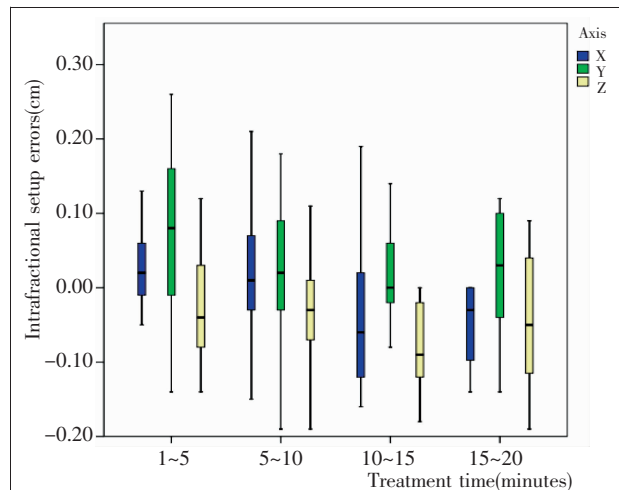


Figure 4 Variation tendency of intrafractional setup errors

区, 从而大剂量地杀死肿瘤细胞同时最大程度地保护周边的正常组织和危及器官。然而, 患者体位的重复性是保证 IMRT 有效性的关键, 特别是老年患者由于自身生理原因, 常常影响其在放疗摆位过程中的精度和重复性。本研究在治疗中采用的是热塑体模固定配合皮肤标记技术, 即在患者模拟定位时, 先在患者身体两侧及中央画上十字标记, 从而确定了患者与碳素纤维底板的位置关系, 随后再制作热塑体膜固定, 因此在患者治疗时, 采取双标记法摆位。秦蕾等^[4]发现采用热塑体模固定配合皮肤标记技术比只用热塑体模固定术能减少老年体部肿瘤患者分次间摆位误差, 其热塑体模固定配合皮肤标记组的摆位误差数据和本研究基本一致。白飞等^[3]采用真空袋固定组的数据和本研究一致, 而其热塑体模固定术比真空袋固定术能减低 Y、Z 轴方向上分次间平移误差, 原因是热塑体膜固定可减少患者移动度, 其次可控制呼吸幅度, 减少了呼吸误差。通过热塑体膜减小呼吸引起的误差应是分次内误差而非分次间误差。本研究发现热塑体模固定组和真空袋固定组在分次间平移误差的差异无统计学意义 ($P>0.05$)。Martins 等^[2]在 X 轴上分次间平移误差比本研究略大, 可能与其采用的固定方式有关, 其 13 例采用热塑体膜固定, 还有 3 例采用肩下垫板固定, 只用碳素纤维垫板而没加热塑体罩会增加患者上身的晃动, 从而增大分次间平移误差。以上文献仅讨论了不同的体位固定技术对分次间摆位误差的影响, 而没有考虑对分次内摆位误差的影响。分次间的摆位误差是指治疗时患者解剖位置与模拟计划之间的差别;

分次内的摆位误差指治疗过程中患者因器官运动或体位移动导致的位移误差。由于每次的 CBCT 图像均与计划 CT 图像比较, 因此治疗前未移动床的 CBCT 扫描误差可以看作分次间的摆位误差; 由于治疗前位移误差通过平移治疗床已修正为零, 故将治疗后 CBCT 扫描所得平移数据称为分次内的摆位误差。本文则针对不同的体位固定技术是否对分次内摆位误差的影响存在显著性差异进行了研究, 结果发现热塑体膜组比真空袋组能在 X、Y、Z 轴三维方向上明显降低分次内摆位误差 ($P=0.004$, $P<0.001$, $P=0.001$)。这是因为热塑体膜能将患者的头颈、胸腹部牢固地固定在碳素纤维板上, 患者双手能稳定抓住头顶上的碳素纤维棒, 从而在很大程度上减小了患者在每次治疗过程中的不经意地扭动, 还减弱了患者的呼吸动度, 最终降低了分次内的摆位误差。本研究在 X、Y、Z 轴三维方向上的分次内绝对平移误差及 PTV 外放边界上与 Li 等^[5]、尚凯等^[6]、Rico 等^[7]基本一致。其中在真空袋组中 Rico 等^[7]在 X 轴方向数据略小于本研究数据, 可能是由于 Rico 等^[7]采用的是 BodyFix 固定装置, 患者的躯干及四肢被密封地固定在真空袋内, 同时也减小了患者的呼吸动度。目前有许多文献报道了治疗时间与分次内摆位误差的关系, Purdie 等^[8]报道了当治疗时间超过 34min 后, 分次内摆位误差三维矢量值会从 $2.2\pm 1.2\text{mm}$ 增大到 $5.3\pm 3\text{mm}$ 。Shah 等^[9]也报道了当治疗时间超过 24min40s 的阈值, 大于 5mm 的分次内摆位误差的次数就会增多。而另一方面, Dahele 等^[10]对 30 例采用容积弧形调强放射治疗 (volumetric-modulated arc therapy, VMAT) 的肺癌患者 109 次立体定向放射治疗 (stereotactic body radiation-therapy, SBRT) 的研究发现, 出束时间为 $4.2\pm 1.4\text{min}$, 采用简单的固定器也可以得到在三维方向上较低的分次内摆位误差, X、Y、Z 轴方向上分别为 $0\pm 0.6\text{mm}$, $0\pm 0.6\text{mm}$, $0\pm 0.4\text{mm}$, 并报道治疗时间与分次内摆位误差之间无相关性。这主要与其采用 VMAT 治疗模式缩短了治疗时间及配备高精度图像引导 (image-guided Radiotherapy, IGRT) 监测患者治疗全程的体位有关。Rico 等^[7]通过比较三组治疗时间上有显著差异的治疗模式即固定野 $24.76\pm 5.4\text{min}$, 弧形野 $15.30\pm 3.68\text{min}$ 、混合野 $17.79\pm 3.52\text{min}$ ($P<0.001$), 发现采用这三组治疗模式产生的分次内摆位误差与它

们的治疗时间并不相关 ($P=0.471$), 而与患者的年龄有关 ($\text{OR}=1.07$, $P=0.007$)。说明老年患者比年轻患者的分次内摆位误差要大, 因此他强调注重老年患者的体位固定至关重要。本研究从老年食管癌患者产生的分次内摆位误差随治疗时间变化趋势可以看到, 三维方向上平均相对误差值随治疗时间的增加, 只在 $\pm 1\text{mm}$ 范围内波动, 这表明分次内摆位误差与治疗时间也不相关。由于我们研究的是常规调强治疗的患者, 因此在治疗时间上要少于 SBRT 的患者, 我们分次内治疗时间为 $7.48\pm 2.39\text{min}$, 范围 3.85~16.38min, 还未达到上述文献报道会增大分次内摆位误差的 34min 或 24min 的时间阈值就结束了治疗。我们观察到热塑体膜组的分次内治疗时间明显多于真空袋组 ($P<0.001$), 但热塑体膜组在三维方向上分次内摆位误差却小于真空袋组 ($P<0.05$), 这进一步表明热塑体膜固定术能较好地降低老年患者的分次内误差。我们也观察了两种固定器的舒适度, 两组患者都能较好地适应, 只有一例患者感觉体罩较紧、有压迫感, 有一定的恐惧, 我们通过在体罩的咽喉部开口减轻患者的压迫感再重新定位, 最终患者能很好地配合完成治疗。

摆位误差的校正方式主要有在线校正、离线校正和二者的综合运用这三类。本单位采用的是在线校正和离线校正相结合的方式, 通过对每位患者放疗首日、次日及第三次摆位误差的在线校正, 对患者分次间的摆位误差进行趋势预测, 将靶区运动趋势预测的结果应用到后续的放疗中, 并在后续的放疗中通过每周一次的 CBCT 对分次间的摆位误差预测的结果进行检测和核实。离线校正的另一种方式就是自适应校正也称自适应放疗 (ART), ART 根据放疗过程中的反馈信息, 对放疗方案进行相应调整。具体就是在最初的 5~9 次放疗时, 测量每次的摆位误差情况, 根据测量结果设计包含该摆位误差大小新的 PTV, 修改放疗计划, 应用到后续的放疗中。老年食管癌患者放疗过程中, 往往由于不愿进食而消瘦, 患者外轮廓会发生变化, 原发病灶、危及器官和正常组织的体积和受照射的剂量均有不同程度改变, 这些因素均可能影响 IMRT 的精确性。ART 能在一定程度上提高老年食管癌相关靶区的放疗剂量和处方剂量的适形度, 并能降低心脏、肺、脊髓等危及器官和正常组织的照射剂量和体积, 纠正放疗过程中重

要器官超量风险,还能改善患者近期或远期不良反应、提高生活质量,甚至可能提高总生存率和局控率。当前,食管癌 ART 时机及次数尚未有共识,仍处于探索阶段。Sriram 等^[11]对 10 例食管癌 VMAT 患者的第一周 CBCT 图像制定出自适应计划 PTV1 及以后每周一次的 CBCT 图像制定出 PTV2,发现 PTV1、PTV2 比 PTV 体积减小的情况下,还能和 PTV 相同甚至更好的靶区覆盖率。自适应计划中肺 V10、V20 及平均剂量,心脏 D35%和平均剂量比原临床计划分别降低了 17.43%($P=0.0012$)、34.64%($P=0.0019$)、16.50%($P=0.0002$)、17.35% ($P=0.0011$)和 17.16%($P=0.0012$),这表明自适应计划能保证给予靶区足够剂量的同时还可以有效地减小周边正常组织、肺及心脏的受量。尚凯等^[6]通过对 23 例胸段食管癌每周 CBCT 图像分析,在 X、Z 轴上自第 5 周开始 IGRT 前摆位误差均高于其他几周 ($P=0.001$, $P<0.001$),由此建议自第 5 周时更换体膜进行模拟定位,重新制定治疗计划。本研究中,我们结合对 30 例老年食管癌患者分次间摆位误差在线及离线的校正,分析老年食管癌分次间摆位误差的变化趋势,经过前三次 CBCT 扫描后,患者的系统和随机误差都明显减小,这是因为我们针对每位患者前三次的分次间摆位误差进行了总结,并在治疗单上记录下其靶区运动趋势,提醒放射治疗师在后续的治疗摆位中注意。因此,从第二周开始可以看到,患者的分次间摆位误差明显降低。并且第 2~4 周分次间摆位误差数据波动不大,而从第 5 周开始,误差数据略有增大。这可能是放疗后期引起的急性不良反应如放射性食道炎、放射性食管狭窄等造成吞咽困难,从而影响患者正常的进食,特别是老年患者更易出现显著的体重下降、皮肤松弛。同时,随着有效治疗的进行,肿瘤原发灶、肿大的淋巴结和毗邻的危及器官都可能会相应地退缩、位移或变形,由此都会增大患者的摆位误差。尚凯等^[6]提出在第 5 周根据患者的病情重新制定新的放疗计划是可行的。

总之,对于老年食管癌患者而言,热塑体膜固定术比真空袋固定术能更有效地减小三维方向上的分次内平移误差。前三次连续 KV-CBCT 扫描出摆位误差总结的记录,能较好地降低后续分次间位移误差。通过对老年食管癌调强放射治疗中分次间及分次内摆位误差的变化趋势分析表明:(1)可以为 ART 计划实施的时机提供一定的参考,(2)分次内摆位误

差与分次内治疗时间(<20min)无相关性。

参考文献:

- [1] van Herk M. Errors and margins in radiotherapy [J]. *Semin Radiat Oncol*, 2004, 14(1):52-64.
- [2] Martins L, Couto JG, Barbosa B, et al. Use of planar KV vs. CBCT in evaluation of setup errors in oesophagus carcinoma radiotherapy [J]. *Rep Pract Oncol Radiother*, 2016, 21(1):57-62.
- [3] Bai F, Li J, Zhang LH, et al. Study of the body position fixing technique and outer distance of target area of radiotherapy in elderly patients with esophageal carcinoma [J]. *Chin J Radiat Oncol*, 2016, 25(9):948-949. [白飞, 李捷, 张丽华, 等. 探讨老年食管癌放疗体位固定技术及靶区外放距离[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2016, 25(9):948-949.]
- [4] Qin L, Zhao J. The influence of the body position fixing technique on setup errors for three dimensional conformal radiotherapy in elderly patients with tumor of the body [J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2013, 3(10):2414-2415. [秦蕾, 赵静. 老年体部肿瘤患者三维适形放疗体位固定技术对摆位误差的影响 [J]. *中国老年学杂志*, 2013, 33(10):2414-2415.]
- [5] Li W, Purdie TG, Taremi M, et al. Effect of immobilization and performance status on intrafraction motion for stereotactic lung radiotherapy: analysis of 133 patients [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2011, 81(5):1568-1575.
- [6] Shang K, Chi ZF, Wang J, et al. The analysis of setup error in image-guided radiotherapy with thoracic esophageal carcinoma [J]. *Chin J Radiat Oncol*, 2015, 24(1):70-73. [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.]
- [7] Rico M, Martinez E, Pellejero S, et al. Influence of different treatment techniques and clinical factors over the intrafraction variation on lung stereotactic body radiotherapy [J]. *Clin Transl Oncol*, 2016, 18(10):1011-1018.
- [8] Purdie TG, Bissonnette JP, Franks K, et al. Cone beam computed tomography for on-line image guidance of lung stereotactic radiotherapy: localization, verification, and intrafraction tumor position [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2007, 68(1):243-252.
- [9] Shah C, Kestin LL, Hope AJ, et al. Required target for image-guided lung SBRT: assessment of target positioning intrafraction and correction residuals [J]. *Pract Radiat Oncol*, 2013, 3(1):67-73.
- [10] Dahele M, Verbakel W, Cuijpers J, et al. An analysis of patient positioning during stereotactic lung radiotherapy performed without rigid external immobilization [J]. *Radiother Oncol*, 2012, 104(1):28-32.
- [11] Sriram P, Syamkumar SA, Kumar JS, et al. Adaptive volumetric modulated arc treatment planning for esophageal cancers using cone beam computed tomography [J]. *Phys Med*, 2012, 28(4):327-332.