

肿瘤放疗中体外误差与体内误差的关联性

罗焕丽,靳富,王颖,朱弈羽,杨丁懿

重庆市肿瘤研究所放疗科,重庆 400030

【摘要】目的:研究肿瘤放疗中由体表标记和激光灯摆位的床值偏差(体外误差)和由每周一次验证影像匹配所得靶区位置偏移(体内误差)之间的关联性,为评估每周一次影像引导放射治疗(IGRT)方案的有效性提供参考。**方法:**鼻咽癌、肺癌和宫颈癌患者共计28例。技术员摆位后,记录体外误差;每周一次kV或锥形束CT(CBCT)扫描,并与数字重建影像或定位CT图像配准,记录体内误差。分析两类误差的差异及相关性。**结果:**3类肿瘤的体外误差和体内误差的系统误差之间相近($P>0.05$)。随机误差:鼻咽癌无显著差异($P>0.05$);宫颈癌有显著差异($P<0.05$);肺癌头-脚(SI)方向无显著差异($P>0.05$),腹-背(AP)和左-右(LR)方向有显著差异($P<0.05$)。由体内误差得临床靶区(CTV)-计划靶区(PTV)边界(AP/SI/LR):鼻咽癌2.80 mm/1.73 mm/2.73 mm;肺癌9.80 mm/5.98 mm/5.09 mm;宫颈癌3.94 mm/5.20 mm/2.73 mm。**结论:**鼻咽癌体外误差与体内误差之间有较好一致性,前者可以作为衡量后者的一个指标。肺癌和宫颈癌体外误差与体内误差之间有显著差异,为减小体内误差带来的放疗精度影响,需要考虑高频次的影像引导,或采用先进定位技术(如C-RadCatalyst)进行患者摆位,以完成精确放疗。

【关键词】鼻咽癌;肺癌;宫颈癌;影像引导放射治疗;体外误差;体内误差

【中图分类号】R730.55

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2016)01-0010-06

Correlation between couch errors and target displacements in radiotherapy

LUO Huan-li, JIN Fu, WANG Ying, ZHU Yi-yu, YANG Ding-yi

Department of Radiation Oncology, Chongqing Cancer Institute, Chongqing 400030, China

Abstract: Objective To provide a reference for evaluating the effectiveness of image-guided radiotherapy (IGRT) once a week by studying on the correlation between couch errors and target displacements in radiotherapy. Couch errors were caused by body surface marking and laser beam positioning; target displacements were obtained from the verification of image matching once a week. **Methods** Totally, 28 patients respectively with nasopharyngeal cancer, lung cancer and cervical cancer were selected. Couch errors were recorded after the position. Cone beam computed tomography or kV scan were carried out once a week, and the obtained image was registered with the digitally reconstructed radiographs or located CT images to record the target displacement. The differences and correlations of couch errors and target displacements were analyzed. **Results** No significant differences were found in the systematic error of couch errors and target displacements among three kinds of cancers ($P>0.05$). Significant differences were not found in the random error of nasopharyngeal cancer ($P>0.05$), but found in that of cervical cancer ($P<0.05$). For lung cancer, significant differences were not found in superior-inferior (SI) direction ($P>0.05$), but found in anterior-posterior (AP) and left-right (LR) directions ($P<0.05$). The margins of clinical target volume and planning target volume obtained from target displacements were respectively 2.80 mm, 1.73 mm, 2.73 mm in AP, SI, LR directions for nasopharyngeal cancer, 9.80 mm, 5.98 mm, 5.09 mm for lung cancer, and 3.94 mm, 5.20 mm, 2.73 mm for cervical cancer. **Conclusion** The couch errors and target displacements has a good consistency, and the couch errors could be an indicator to measure target displacements. Significant differences are existed between the couch errors and target displacements of lung cancer and cervical cancer. The IGRT of higher frequencies need to be considered, or the advanced location technique such as C-Rad Catalyst should be adopted to reduce the effects of target displacements on the accuracy of the radiotherapy.

Key words: nasopharyngeal cancer; lung cancer; cervical cancer; image-guided radiotherapy; couch errors; target displacements

【收稿日期】2015-09-17

【基金项目】国家自然科学基金(11575038, 11105236);重庆市博士后科研项目(Xm2014107);重庆市卫计委医学科研项目(2015MSXM229)

【作者简介】罗焕丽(1986-),女,博士,工程师,生物医学工程博士后,研究方向:肿瘤放射物理和放射生物学,医用加速器物理等。Tel:023-65301317;

E-mail: guyexianxue@126.com。

【通信作者】靳富,博士,高级工程师。E-mail: jfzj@126.com。

前言

影像引导放射治疗(IGRT)技术目前已经广泛应用于各种不同部位肿瘤的放疗中,它通过采集患者放疗前的验证影像以提高靶区治疗精度,减小临床靶区(CTV)-计划靶区(PTV)边界,保护危机器官(OAR)^[1-6]。由于影像的获取会为患者带来额外的辐照剂量^[7-9],且采集和分析也都消耗时间^[10-11],故目前国内一般采用每周一次影像引导的IGRT方案。目前患者放疗前的摆位方式主要有两种:利用kV/MV X射线摆位和利用光学系统摆位。利用kV/MV X射线的摆位方式主要是利用IGRT系统进行患者位置验证。利用光学系统的摆位方式主要有两种:依据体表标记和激光灯摆位;依据表面光学扫描系统(如Catalyst™系统)摆位^[12-13]。依据体表标记和激光灯摆位是目前最为常见的一种摆位方式。本文主要分析在此种摆位方式中的床值偏差(记为体外误差)和由每周一次验证影像匹配所得的靶区位置移动(记为体内误差)之间的差异及关联性,为评估每周一次影像引导IGRT方案的有效性提供参考。

1 材料与方法

1.1 一般情况

选取2014年3月~2015年2月期间在Varian iX加速器上治疗的28例肿瘤患者,男16例,女12例,中位年龄55.55岁(范围34~71岁),BMI平均值22.62 kg/m²(中位值23.17,范围18.71~25.11)。其中,9例鼻咽癌患者,8例肺癌患者,11例宫颈癌患者。所有患者意识清晰,均能配合摆位。

1.2 图像获取

全部患者均采用仰卧位于飞利浦放疗专用大孔径螺旋CT定位床上,热塑体膜固定,接受层厚为3或5 mm的CT图像扫描。利用OBI系统,每周一次获取肺癌患者kV-kV影像,宫颈癌和鼻咽癌患者锥形束(CBCT)影像。所有患者的每次放疗摆位均由相同的两个资深技术员完成。

1.3 数据记录

放疗技术员依据患者体表标记和激光灯摆位后,记录此时摆位与计划摆位的床值偏差(即体外偏差)。kV-kV影像(或CBCT影像)与数字重建影像(DRR)(或定位CT)融合,采用骨性的“自动+手动”进行匹配,配准结果记为体内误差。对每例患者的自身所有图像的匹配具有相同的设定范围,包括肿

瘤及其周围骨结构,尽量避免运动变化较大(如心脏)或体积明显变化(如膀胱)的组织器官。此外,在匹配过程中,以肿瘤区域为基点,通过调整匹配框大小进行多次匹配求均值,以减弱匹配框大小对匹配结果的影响。

1.4 统计学处理

利用SPSS 20进行数据分析。关于误差说明:每个患者的系统误差以误差的平均值表示,随机误差以标准差表示。每种病例的总体系统误差(M)为每位患者的系统误差的平均值,总体随机误差(σ)为每位患者的随机误差平方均值的平方根,CTV外扩边界采用由Herk报道的公式 $2.5\Sigma+0.7\sigma$ ^[14]计算得到,这里 Σ 为每种病例中每位患者平均值的标准差。对每种病例,分析体外误差和体内误差的差异及其相关性。文中画图由Origin 8.0完成。

2 结果

本研究共获取204次肿瘤位置验证影像。不同部位肿瘤的体外误差和体内误差均呈正态分布,误差描述性统计详见表1。本研究发现腹背(AP)、头脚(SI)和左右(LR)3个方向的体外误差,在鼻咽癌患者为(0.0±1.1)、(-0.3±1.4)和(0.3±1.7) mm,肺癌患者为(0.1±1.0)、(0.4±0.9)和(-1.5±3.3) mm,宫颈癌患者为(-0.5±1.4)、(-0.2±0.9)和(-0.6±2.8) mm。AP、SI和LR3个方向的体内误差,鼻咽癌患者为(0.0±1.5)、(0.2±1.4)和(-0.1±1.4) mm;肺癌患者为(0.5±4.0)、(-0.5±1.4)和(-0.7±1.2) mm;宫颈癌患者为(-0.6±1.7)、(-0.3±3.5)和(0.1±1.4) mm。作为示例,图1给出了宫颈癌患者体外误差和体内误差带有正态趋势线的直方图。

各类误差之间比较,不同部位肿瘤患者分开进行,结果如表2。鼻咽癌、肺癌和宫颈癌的误差数据分析均显示出:体外误差的系统误差成分及体内误差的系统误差成分之间均无显著性差异($P>0.05$)。针对体外误差和体内误差的随机误差成分的比较,鼻咽癌患者在AP、SI和LR3个方向上均无显著性差异($P>0.05$);肺癌患者在AP和LR方向上存在显著性差异($P<0.05$),在SI方向上无显著性差异($P>0.05$);宫颈癌患者在AP、SI和LR3个方向上均存在显著性差异($P<0.05$)。

3 讨论

摆位误差是影响放疗计划精确实施的主要因素之一。IGRT技术以分次放疗时肿瘤位置验证图像作

表 1 3 种不同部位肿瘤的误差统计(mm)
Tab.1 Descriptive statistics of couch errors and target displacements (mm)

Cancer		M	Σ	σ	Range	CTV-PTV margin	
Nasopharyngeal cancer	Couch errors	AP	0.0	0.4	1.1	-2.0~5.0	/
		SI	-0.3	1.0	1.4	-4.0~4.0	/
		LR	0.3	1.3	1.7	-4.0~5.0	/
	Target displacements	AP	0.0	0.7	1.5	-3.0~3.0	2.80
		SI	0.2	0.3	1.4	-2.0~3.0	1.73
		LR	-0.1	0.7	1.4	-4.0~2.0	2.73
Lung cancer	Couch errors	AP	0.1	1.9	1.0	-4.0~4.0	/
		SI	0.4	0.4	0.9	-1.0~2.0	/
		LR	-1.5	2.4	3.3	-8.0~6.0	/
	Target displacements	AP	0.5	2.8	4.0	-12.0~8.0	9.80
		SI	-0.5	2.0	1.4	-12.0~2.0	5.98
		LR	-0.7	1.7	1.2	-7.0~2.0	5.09
Cervical cancer	Couch errors	AP	-0.5	1.1	1.4	-4.0~3.0	/
		SI	-0.2	0.7	0.9	-3.0~3.0	/
		LR	-0.6	3.3	2.8	-9.0~11.0	/
	Target displacements	AP	-0.6	1.1	1.7	-6.0~5.0	3.94
		SI	-0.3	1.1	3.5	-10.0~8.0	5.20
		LR	0.1	0.7	1.4	-4.0~4.0	2.73

Note: M: Systematic error of group; σ : Random error of group; Σ : Standard deviation of average value; AP: Anterior-posterior direction; SI: Superior-inferior direction; LR: Left-right direction; CTV: Clinical target volume; PTV: Planning target volume

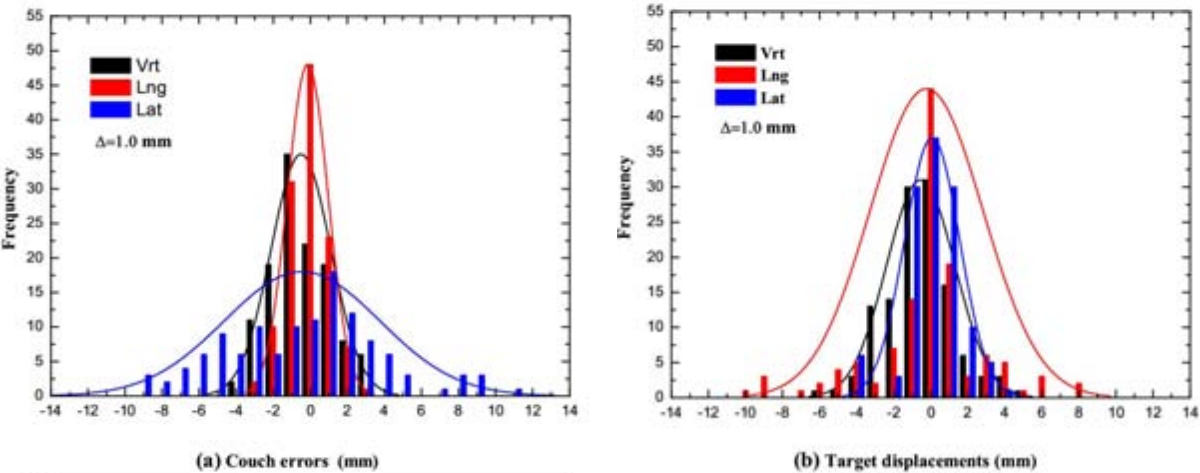


图1 宫颈癌患者体外误差和体内误差的分布
Fig.1 Distribution of couch errors and target displacements of cervical cancer patients

为反馈,DRR或CT图像作为参考,评估肿瘤及周围组织器官的位置偏移,是做到精确放疗的主要途径。本研究通过获取每周一次kV-kV或CBCT影像,

评估了鼻咽癌、肺癌和宫颈癌患者的体外误差和体内误差大小。与kV图像不同,CBCT图像能够清晰显示受照区域内肿瘤及周围组织器官的三维结构变

表2 不同部位肿瘤体外误差和体内误差 t 检验结果
Tab.2 t-test result of couch errors and displacements of different cancers

t-test		Nasopharyngeal cancer	Lung cancer	Cervical cancer
Mean of couch errors vs Mean of target displacements	AP	0.908	0.776	0.853
	SI	0.297	0.296	0.644
	LR	0.411	0.420	0.566
Standard deviation of couch errors vs Standard deviation of target displacements	AP	0.089	0.012	0.004
	SI	0.744	0.158	0.001
	LR	0.062	0.008	0.020

化。有研究报道,CBCT因获取时间要比CT长,所获得图像内包含数个呼吸周期的运动图像,而CT图像可认为是呼吸周期中的某一瞬时图像,因此两种图像的匹配存在一定的误差^[15-16]。而对于受呼吸运动较小的肿瘤部位(如头颈、盆腔)而言,最近几项研究报道,kV图像和CBCT图像在评估肿瘤位置偏差时不存在显著性差异^[17-18]。基于以上分析,本项研究肺癌患者获取kV图像,鼻咽癌和宫颈癌患者获取CBCT图像。

本研究发现AP、SI和LR3个方向的体外误差,在鼻咽癌患者为(0.0±1.1)、(-0.3±1.4)和(0.3±1.7) mm,肺癌患者为(0.1±1.0)、(0.4±0.9)和(-1.5±3.3) mm,宫颈癌患者为(-0.5±1.4)、(-0.2±0.9)和(-0.6±2.8) mm,与Schiffner等^[19]报道的(-0.2±5.1)、(1.1±3.9)和(0.1±4.5) mm相比,本研究中摆位具有较高重复性。鼻咽癌患者的体内误差大小与Qi等等^[20-21]报道的结果基本一致,然而计算的CTV-PTV边界要小于Qi的报道,这可能与摆位的较好重复性有关。肺癌患者体内误差各量计算结果与Higgins等^[22]、许峰等^[15]的结果基本一致。宫颈癌患者LR方向误差值最小,这一情况与相关文献[23-24]报道的基本一致。与不同的是,本研究中宫颈癌患者3个方向体内误差普遍要小。依据Chan等^[25]的研究结果,这应与放疗中的膀胱容量大小(主要对AP、SI方向误差有影响)有关。本研究采用膀胱容量测量仪(BladderScan BVI9400),将患者每次放疗中膀胱容量与定位容量误差控制在±10%以内,这在一定程度上减小了膀胱充盈程度不一对误差的影响^[26]。

本研究中,同一部位肿瘤的体外误差和体内误差具有一致量级,为其相关分析提供了可行性。有研究报道每行CBCT扫描一次,将会分别有11.1、6.7

和6.2 cGy等的额外辐照剂量传输至患者甲状腺、皮肤和晶体等器官,多次影像扫描带来的额外辐照总剂量,容易使危机器官接受剂量超过最大限量,致使放疗不安全^[27]。本研究中采用了weekly IGRT方案。研究结果显示,鼻咽癌患者体外误差和体内误差具有较好一致性,CTV-PTV需外扩边界AP、SI和LR3个方向均小于3 mm。所以,依据以上分析,笔者认为体外误差在一定程度上可以作为衡量体内误差大小的一个指标。

不同于鼻咽癌患者,肺癌患者的靶区位置受呼吸运动的影响在AP和LR方向上有相对明显的波动,表现为体外误差和体内误差的随机误差在AP和LR方向上有显著差异;所需CTV-PTV外扩边界分别为9.8 mm/5.98 mm /5.09 mm (AP/SI/LR),与Higgins等^[6]报道基本一致。对于宫颈癌患者,本研究中虽然采用了膀胱容量测量仪减小了膀胱充盈程度不一对误差的影响,但是体外误差和体内误差的随机误差在AP、SI和LR方向上仍有显著差异。究其原因是因为宫颈癌患者的靶区位置除了受膀胱体积的影响外,还受到直肠体积的影响,特别是在SI和AP方向上影响着宫颈和阴道的运动^[28]。对这两种肿瘤的CTV外扩边界计算显示,肺癌患者的CTV需要外扩的边界均大于5 mm,宫颈癌患者在SI方向需外扩边界也大于5 mm。笔者认为,对于肺癌和宫颈癌患者,依据体表标记和激光灯的摆位技术结合weekly IGRT方案不足以达到精确放疗的目的,应适当增加影像扫描频次,这与Higgins等^[6]、Stromberger等^[29]的研究结果一致。

随着摆位技术的不断发展,借助于表面光学扫描系统(如Catalyst™系统)完成患者定位的摆位技术(如C-Rad Catalyst系统)^[12, 30]可以实时监测患者当前

体位,并利用弹性配准算法^[13]计算当前体位与目标体位的差异并将其投射至患者皮肤表面,更方便于技术员对患者体位偏差的校正。表面光学扫描系统在放射治疗中的引入,可以减小整个治疗过程中的影像引导频次^[30],可以提高non-IGRT放疗分次的摆位精度,实施患者监测可以减小分次内定位不确定度。因此,结合上述对肺癌和宫颈癌的分析,笔者认为表面光学扫描系统和影像引导结合使用,既能降低患者的额外辐照剂量,节约治疗时间^[14],同时也能提高摆位精度,达到精确放疗的目的。

本项研究中暂未发现鼻咽癌患者的体外误差和体内误差之间的显著线性关联($P>0.05$),这也许与样本数有关,有待后续进一步分析。另外,研究中暂未考虑患者身体特征指数(如BMI)对体外误差的影响。多项研究显示,患者BMI是影响摆位误差的一个可能因素^[31-33]。例如,Wong等^[31]对117例盆腔肿瘤分析显示,BMI与LR、AP方向误差有微弱关联($R_s=0.24, -0.18$),然而其研究中的患者BMI分布在17~53范围内,有较大比例($>40\%$)的患者分布于28~53范围内。本研究入组的28例患者BMI分布在18.71~25.11范围内,超重($24 \leq \text{BMI} < 28$)患者较少,没有体质质量过轻($\text{BMI} < 18.5$)和肥胖($\text{BMI} > 28$)的患者,这可能在一定程度上会减小BMI对误差分析结果的影响。

综上所述,鼻咽癌患者的床值偏差和靶区位置移动之间具有较好一致性,床值偏差可以在一定程度上作为衡量靶区位置移动的一个指标。然而,肺癌患者和宫颈癌患者受内部器官运动的影响明显,为减少靶区位置移动对放疗精度的影响,应尽可能增加影像扫描频次,或者借助于其他定位技术(如C-Rad Catalyst系统)完成患者定位并实施监测患者表面分次内运动,以指导完成精确放疗。

【参考文献】

- [1] VAANDERING A, LEE J A, RENARD L, et al. Evaluation of MVCT protocols for brain and head and neck tumor patients treated with helical tomotherapy[J]. *Radiother Oncol*, 2009, 93(1): 50-56.
- [2] ZEIDAN O A, LANGEN K M, MEEKS S L, et al. Evaluation of image-guidance protocols in the treatment of head and neck cancers[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2007, 67(3): 670-677.
- [3] DEN R B, DOEMER A, KUBICEK G, et al. Daily image guidance with cone-beam computed tomography for head-and-neck cancer intensity-modulated radiotherapy: a prospective study[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 76(5): 1353-1359.
- [4] YAO Y, MICHAUD A L, SREERAMAN R, et al. Comparison of daily versus nondaily image-guided radiotherapy protocols for patients treated with intensity-modulated radiotherapy for head and neck cancer[J]. *Head Neck*, 2014, 36(7): 992-997.
- [5] OTTOSSON W, BAKER M, HEDMAN M, et al. Evaluation of setup accuracy for NSCLC patients: studying the impact of different types of cone-beam CT matches based on whole thorax, columnavertebralis, and GTV[J]. *Acta Oncol*, 2010, 49(7): 1184-1191.
- [6] HIGGINS J, BEZJAK A, HOPE A, et al. Effect of image-guidance frequency on geometric accuracy and setup margins in radiotherapy for locally advanced lung cancer[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2011, 80(5): 1330-1337.
- [7] ISLAM M K, PURDIE T G, NORRLINGER B D, et al. Patient dose from kilovoltage cone beam computed tomography imaging in radiationtherapy[J]. *Med Phys*, 2006, 33(6): 1573-1582.
- [8] HALL E J, WUU C S. Radiation-induced second cancers: the impact of 3D-CRT and IMRT[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2003, 56(1): 83-88.
- [9] DING G X, COFFEY C W. Radiation dose from kilovoltage cone beam computed tomography in an image-guided radiotherapy procedure[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2009, 73(2): 610-617.
- [10] 胡健, 徐利明, 姚颐, 等. KV-KV、KV-MV 和 CBCT 在头颈部调强放疗位置验证中的对比研究[J]. *中国医学物理学杂志*, 2010, 27(4): 1988-1992.
- [11] HU J, XU L M, YAO Y, et al. The comparison of 2D kilovoltage with kilovoltage-megavoltage radiographs and conebeam computed tomography in position verification of head and neck intensity modulate radiotherapy[J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2010, 27(4): 1988-1992.
- [12] WEISS E, WU J, SLEEMAN W, et al. Clinical evaluation of soft tissue organ boundary visualization on cone-beam computed tomographic imaging[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2010, 78(3): 929-936.
- [13] STIELER F, WENZ F, SHI M, et al. A novel surface imaging system for patient positioning and surveillance during radiotherapy. A phantom study and clinical evaluation[J]. *Strahlenther Onkol*, 2013, 189(11): 938-944.
- [14] PALLOTTA S, RUSSO S, ESPOSITO M, et al. Testing the C-RAD catalyst elastic image registration software using a deformable female phantom[J]. *Radiother Oncol*, 2015, 115(Suppl 1): S520-S521.
- [15] HERK M V. Errors and margins in radiotherapy[J]. *Semin Radiat Oncol*, 2004, 14(1): 52-64.
- [16] 许峰, 柏森, 王瑾, 等. 用锥形束CT图像测量放疗摆位误差[J]. *中华放射肿瘤学杂志*, 2007, 16(6): 461-464.
- [17] XU F, BAI S, WANG J, et al. Setup errors with image guided radiotherapy technique[J]. *Chin J Radiat Oncol*, 2007, 16(6): 461-464.
- [18] 朱中秀, 徐庆丰, 许峰, 等. 锥形束断层CT对肺部肿瘤放射治疗摆位误差修正及其阈值的确定[J]. *中国肿瘤临床*, 2010, 37(22): 1273-1277.
- [19] ZHU Z X, XU Q F, XU F, et al. Determination of action limit for cone-beam computed tomography guided online correction of setup errors in radiotherapy for pulmonary tumors[J]. *Chinese Journal of*

- Clinical Oncology, 2010, 37(22): 1273-1277.
- [17] GURJAR O P, MISHRA S P, BHANDARI V, et al. A study on the necessity of kV-CBCT imaging compared to kV-orthogonal portal imaging based on setup errors: considering other socioeconomic factors[J]. J Cancer Res Ther, 2014, 10(3): 583-586.
- [18] ZHANG A H, XU X M, HU J, et al. Comparison of 2D kilovoltage-kilovoltage radiographs and 3D cone-beam computed tomography in position verification during thoracic spinal metastases cancer radiotherapy[J]. BME Clin Med, 2013, 17(2): 132-136.
- [19] SCHIFFNER D C, GOTTSCHALK A R, LOMETTI M, et al. Daily electronic portal imaging of implanted gold seed fiducials in patients undergoing radiotherapy after radical prostatectomy[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2007, 67(2): 610-619.
- [20] QI X S, WU S T, NEWMA N F, et al. Evaluation of interfraction patient setup errors for image-guided prostate and head-and-neck radiotherapy using kilovoltage cone beam and megavoltage fan beam computed tomography[J]. J Radiother Pract, 2013, 12(4): 334-343.
- [21] QI X S, HU A Y, LEE S P, et al. Assessment of interfraction patient setup for head-and-neck cancer intensity modulated radiation therapy using multiple computed tomography-based image guidance[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2013, 86(3): 432-439.
- [22] HIGGINS J A, BEZJAK A, LI W, et al. Is daily cone-beam CT image guidance required to correct setup error in conventionally fractionated lung radiotherapy[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2009, 72(1): S441.
- [23] 吴君心, 谢志原, 林育毅, 等. 应用锥形束CT对盆腔肿瘤放疗计划靶区外放距离的研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2010, 19(4): 328-310.
- WU J X, XIE Z Y, LIN Y Y, et al. Cone-beam CT scanning in study of setup margin for pelvic carcinoma irradiation[J]. Chin J Radiat Oncol, 2010, 19(4): 328-310.
- [24] 徐刚, 方临明, 吴美书, 等. 宫颈癌在图像引导调强放疗中摆位误差的分析[J]. 中国现代医生, 2014, 52(21): 58-60.
- XU G, FANG L M, WU M S, et al. The analysis of bit errors for patients with cervical cancer by IGRT[J]. China Modern Doctor, 2014, 52(21): 58-60.
- [25] CHAN P, DINNIWELL R, HAIDER M A, et al. Inter- and intra-fractional tumor and organ movement in patients with cervical cancer undergoing radiotherapy: a cinematic-MRI point-of-interest study[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 70(5): 1507-1515.
- [26] 罗焕丽, 王颖, 李芳, 等. 便捷式膀胱容量测定仪 BVI9400 及超声系统 iU22 评估膀胱容量的对比研究[J]. 中国医疗器械杂志, 2015, 39(4): 295-298.
- LUO H L, WANG Y, LI F, et al. Comparative study on evaluating the bladder volume between bladder scan BVI9400 and ultrasound system iU22 [J]. Chinese Journal of Medical Instrumentation, 2015, 39(4): 295-298.
- [27] KAN M W, LEUNG L H, WONG W, et al. Radiation dose from cone beam computed tomography for image-guided radiation therapy [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 70(1): 272-279.
- [28] JADON R, PEMBROKE C A, HANNA C L, et al. A systematic review of organ motion and image-guided strategies in external beam radiotherapy for cervical cancer[J]. Clin Oncol, 2014, 26(4): 185-196.
- [29] STROMBERGER C, GRUEN A, WLODARCZYK W, et al. Optimizing image guidance frequency and implications on margins for gynecologic malignancies[J]. Radiat Oncol, 2013, 8(1): 110.
- [30] PALLOTTA S, MARRAZZO L, CEROTI M, et al. A phantom evaluation of Sentinel™, a commercial laser/camera surface imaging system for patient setup verification in radiotherapy [J]. Med Phys, 2012, 39(2): 706-712.
- [31] WONG J R, GAO Z R, MERRICK S, et al. Potential for higher treatment failure in obese patients: correlation of elevated body mass index and increased daily prostate deviations from the radiation beam isocenters in an analysis of 1465 computed tomographic images[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2009, 75(1): 49-55.
- [32] LIN L L, HERTAN L, RENGAN R, et al. Effect of body mass index on magnitude of setup errors in patients treated with adjuvant radiotherapy for endometrial cancer with daily image guidance[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2012, 83(2): 670-675.
- [33] LAI Y L, YANG S N, LIANG J A, et al. Impact of body-mass factors on setup displacement in patients with head and neck cancer treated with radiotherapy using daily on-line image guidance [J]. Radiat Oncol, 2014, 9(1): 19.