

滑轨 CT 在宫颈癌图像引导放射治疗中的应用

李莹莹, 王凡, 陈香存, 肖亮

(安徽医科大学第一附属医院肿瘤放疗科, 安徽 合肥 230022)

摘要:目的 比较宫颈癌图像引导放射治疗(IGRT)中滑轨 CT(CT on rail)与电子射野影像(EPID)测量的摆位误差,评价 CT on rail 在宫颈癌 IGRT 中的应用价值。方法 选取进行宫颈癌 IGRT 的病人 15 例,每周扫描一次 EPID 正侧位片和 CT on rail 图像,将 EPID 拍摄的正侧位片与数字重建影像系统(DRR)进行配准,CT on rail 图像进行灰度配准和骨性配准,得出三组 X(左右)、Y(头脚)、Z(腹背)方向上的线性摆位误差,最终对三组数据进行统计学分析。结果 CT on rail 灰度配准组所测摆位误差均明显小于 EPID 组($P < 0.05$);骨性配准组 Y、Z 轴的摆位误差明显小于 EPID 组($P < 0.05$),灰度配准组在 X、Y 轴的摆位误差较骨性配准组缩小,尤其在 Y 轴上($P < 0.05$)。结论 在宫颈癌 IGRT 中,CT on rail 较 EPID 能更好地测量摆位误差,使放疗靶区更精准;在采用 CT on rail 引导宫颈癌 IGRT 时,灰度配准优于骨性配准。

关键词:滑轨 CT;电子射野影像;图像引导放射治疗;配准方式;摆位误差

doi:10.3969/j.issn.1009-6469.2017.05.025

Application of CT on rail in image-guided radiotherapy for cervical cancer

LI Yingying, WANG Fan, CHEN Xiangcun, XIAO Liang

(Department of Radiation Oncology, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei, Anhui 230022, China)

Abstract: Objective To analyze the set-up errors of EPID and CT on rail system in image-guided radiation therapy (IGRT) for cervical cancer and evaluate the application value of CT on rail system in IGRT for cervical cancer. Methods 15 patients with cervical cancer were selected in the study. EPID images and CT on rail images were taken once a week. We obtained different set-up errors in X, Y, Z axis though comparing EPID images with the DRR, matching CT on rail images with planned CT images by grey alignment and bone alignment. Finally, we had the three sets of data for statistical analysis. Results Compared with EPID group, the set-up errors of grey alignment group were significantly reduced ($P < 0.05$), and those of bone alignment group in Y and Z axis were also significantly lessened ($P < 0.05$). Besides, the set-up errors of grey alignment group in X, Y axis were less than those of bone alignment group, especially in Y axis ($P < 0.05$). Conclusion CT on rail system is better than EPID in measuring the set-up errors in IGRT for cervical cancer, which made the target more accurate. During the IGRT for cervical cancer guided by CT on rail, grey alignment was better than bone alignment.

Key words: CT on rail; EPID; Image-guided radiation therapy; Registration methods; Set-up errors

宫颈癌是严重威胁妇女健康的一种疾病,居我国女性生殖道恶性肿瘤的首位,近年来放疗在宫颈癌的治疗中发挥着越来越重要的作用^[1],其图像引导放射治疗(IGRT)作为一种四维放射技术,可对肿瘤及周围正常组织进行实时监控,真正实现高精度、高剂量、高疗效、低损伤的目标。随着放疗技术的发展,已有多种不同的引导技术^[2],如电子射野影像(EPID)、滑轨 CT(CT on rail)、千伏级锥形束 CT(CBCT)等,本放疗中心新引进的德国西门子 Artist 直线加速器同时具备 EPID 和 CT on rail 两种引导技术。许多研究^[3-9]已证实,EPID 与 CBCT 在

纠正摆位误差、提高放疗精准度上作用显著,且在头颈部肿瘤^[10-11]、胸部肿瘤^[12]及盆腔肿瘤^[13-14]的 IGRT 放疗配准中,CBCT 优于 EPID,但应用 CT on rail 进行图像引导的研究较少。本研究主要通过比较 EPID、CT on rail 灰度配准及骨性配准所测量的摆位误差,评价 CT on rail 在宫颈癌 IGRT 放疗中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料 本研究通过安徽医科大学第一附属医院伦理委员会批准,选取 2015 年 11 月—2016 年 4 月安徽医科大学第一附属医院肿瘤放疗科收治的、经病理学证实为宫颈癌并行调强放疗的病人 15 例,所有病人均具备放疗指征,完善三大常规、胸片、心电图等常规检查,排除各项放疗禁忌,告知病

人及家属本研究的目的与方法,取得其同意并签署知情同意书。所有病人 KPS 评分均 >70 分,年龄在 29 ~ 56 岁之间,中位年龄 44.5 岁;病理分期在 II a ~ III 期之间,病理类型均为鳞状细胞癌,其中未手术病人 5 例,手术病人 10 例。

1.2 模拟定位与放疗计划的制定 病人均取仰卧位于真空垫上,双腿自然并拢,双手交叉抱肘置于额头上,然后调整床位,使床位与病人的姿势处于最佳照射状态;在模拟机下定位并标记中央及两侧的三个等中心位置作为参考点;定位完成后使用西门子 Artiste 加速器配备的 CT on rail 扫描定位图像,要求此时的体位与定位 CT 时的体位完全一致,扫描范围从 T10 至坐骨结节下 3 cm,扫描层厚及扫描层距为 5 mm;嘱病人在行定位 CT 扫描前 1 h 排空膀胱与直肠,然后一次性饮 500 mL 温水保证膀胱充盈,且在完成 CT 扫描前不能排尿;然后将扫描的 CT 图像传送至放射治疗计划系统(TPS),由临床医师进行靶区勾画,物理师进行放疗计划的制定,最后待临床医师与物理师确定放疗靶区及剂量分布后,将治疗计划再传送至加速器上开始实施治疗。

1.3 EPID 与 CT on rail 图像的获取 本研究中所有病人于治疗第 1 周开始,每周进行 1 次 EPID 正侧位片的拍摄和 CT on rail 扫描,即:(1)病人完成膀胱充盈后摆位及等中心定位,然后拍摄一组兆伏级 EPID 正侧位片;(2)将治疗床旋转 180°,进行 CT on rail 扫描,得到一组 CT 图像;每次可获得 EPID 图像一组(包括正、侧位片各一张),CT on rail 图像一组。本研究中,所有病人放疗总剂量达 50 Gy/25 f,每周放疗 5 次,持续 5 周(第 5 周放疗后未采集数据),故本研究中,15 例宫颈癌病人共获取 EPID 图像组 60 组,CT on rail 图像 60 组,每次记录的数据均用于本研究中摆位误差的分析。

1.4 图像的配准与数据的获得 将 EPID 拍摄的正侧位片与数字重建影像系统(DRR)进行配准,CT on rail 图像与计划 CT 图像进行自动灰度配准和手动的骨性配准,得出三组 X、Y、Z 方向的摆位误差,误差均采用 $\bar{x} \pm s$ 来描述。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 16.0 系统软件对数据进行统计学分析,所有数据均符合正态分布以及方差检验齐性,采用随机区组方差分析比较三组间数据有无意义,若有意义,再进行 SNK-*q* 检验,均以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

EPID、CT on rail 灰度配准及骨性配准 3 种方式测量的 X 轴摆位误差分别为 (0.13 ± 0.07) 、 (0.09 ± 0.11) 、 (0.12 ± 0.01) cm, Y 轴摆位误差分别为

(0.38 ± 0.19) 、 (0.10 ± 0.21) 、 (0.27 ± 0.78) cm, Z 轴摆位误差分别为 (0.16 ± 0.98) 、 (0.12 ± 0.03) 、 (0.10 ± 0.09) cm,且三组数据间均差异有统计学意义($P < 0.05$,见表 1)。

与 EPID 组比较,CT on rail 灰度配准组在 X、Y、Z 轴摆位误差均明显缩小,差异有统计学意义($P < 0.05$);CT on rail 骨性配准 Y、Z 轴摆位误差明显缩小,差异有统计学意义($P < 0.05$);与骨性配准相比,灰度配准在 Y 轴测量摆位误差显著减小($P < 0.05$),在 X、Z 轴上无明显差异($P > 0.05$,见表 2)。

表 1 EPID、CT on rail 灰度配准及骨性配准 3 种方式测量摆位误差及比较结果($n = 60$)

组别	X 轴/cm	Y 轴/cm	Z 轴/cm
EPID 组	0.13 ± 0.07	0.38 ± 0.19	0.16 ± 0.98
骨性配准组	0.12 ± 0.01	0.27 ± 0.78	0.10 ± 0.09
灰度配准组	0.09 ± 0.11	0.10 ± 0.21	0.12 ± 0.03
F 值	6.52	7.85	8.50
P 值	0.004	0.003	0.001

表 2 3 种方式在 3 个方向测量的摆位误差方差分析的两两比较结果($n = 60$)

方向	EPID 与灰度配准		EPID 与骨性配准		灰度配准与骨性配准	
	q 值	P 值	q 值	P 值	q 值	P 值
X 轴	3.05	0.036	2.95	0.078	2.14	0.118
Y 轴	4.82	0.002	4.36	0.006	4.67	0.003
Z 轴	3.66	0.016	3.55	0.028	1.89	0.186

3 讨论

放疗是宫颈癌重要的治疗手段之一,近年来随着放疗技术的发展,宫颈癌的放疗也由二维普通放疗发展为三维适形放疗(3D-CRT)与调强放疗(IMTR),它们解决了“靶区适形”与“靶区剂量均衡”两大难题,在提高靶区剂量的同时,降低了周围正常组织的受量,大大降低了放射性肠炎等副反应的发生,但由于胃肠运动、肿瘤的退缩与进展、肠腔与膀胱的充盈程度变化等诸多因素的影响,照射野与计划靶区很难达到真正意义的“适形”,毛睿等^[15]通过比较 15 例宫颈癌调强放疗病人在膀胱充盈与排空状态下,靶区与危及器官体积及照射剂量的变化,结果显示膀胱充盈状态可在提高靶区剂量同时,有效减少膀胱及盆腔小肠的照射剂量,因此人们在 IMRT 的基础上加入了时间因素的概念,即 IGRT,它充分考虑了上述因素的影响,对肿瘤及正常器官组织进行实时监控,并做相应的及时调整,使照射野紧紧“追随”靶区,以最大限度地减少摆位误差,实现“疗效最大化”与“副反应最小化”的平

衡^[16]。目前常用的图像引导技术有:(1)EPID;(2)CT on rail;(3)CBCT;(4)断层治疗(Tomotherapy)系统;(5)超声等。在IGRT实施过程中,图像配准是最关键的环节,本研究中CT on rail具有自动的灰度配准和手动的骨性配准2种方式。

3.1 EPID与CT on rail在宫颈癌IGRT中的应用 本研究中发现,CT on rail灰度配准组X、Y、Z轴及骨性配准组Y、Z轴上的摆位误差均明显小于EPID组,可有效提高宫颈癌IGRT放疗的精准度。由于真空体袋的固定作用,病人在X轴的位移较小,然而由于真空体袋在头脚方向的开放性、病人体质量及皮肤松弛度的改变可致体表标记点位置改变、病人膀胱与肠道的充盈状态不同,尤其是膀胱充盈状态差异、标记线的粗细不同等诸多因素的影响,总体上病人Y、Z轴上的位移较大。EPID是一种二维的放疗引导技术,其显著特点是可以将DRR图像与加速器治疗的实时摆位验证图像对比,尤其是使用“双图全览”功能,具有省时、简便的特点,但其软组织显像能力较差且需要技师手动操作,主观性较强,兆伏级能量增加了病人的额外射线受量^[17];CT on rail作为一种三维的图像引导技术,可从水平、冠状及矢状位3个方向上进行配准比较,配准结果更为客观、实际、准确,与EPID相比有更好的组织对比度,且千伏级能量可减少病人的额外射线受量,因此在宫颈癌IGRT中,采用CT on rail进行图像引导优于EPID,使放疗靶区更为精准。

3.2 CT on rail的不同配准方式在宫颈癌IGRT的应用 本研究中发现,CT on rail灰度配准与骨性配准在X、Z轴的摆位误差无明显差异,在Y轴上前者明显小于后者。灰度配准适用于骨组织较少,尤其是靶区周围是低密度组织者,王军良等^[18]研究证实灰度配准更容易发现小于0.1 cm的移位偏差,有较高的准确度,且本研究中采用的西门子Artist直线加速器配备的CT on rail可进行自动灰度配准,操作简便;骨性配准适合于骨组织较多或靶区与骨组织有固定关系的部位,如头颈部肿瘤。盆腔骨骼相对固定,但是宫颈毗邻膀胱与直肠,分次治疗间二者的充盈状态差异大及肿瘤退缩等因素可严重影响靶区位置,且骨性配准需要由技师手动操作,具有一定的主观性,程序较复杂,耗时较长,增加了实际工作量,因此综合考虑得出结论:采用CT on rail引导宫颈癌调强放疗时,灰度配准优于骨性配准。

综上所述,在宫颈癌的IGRT放疗中,采用CT on rail进行图像引导优于EPID,采用自动的灰度配准即可很好地测量摆位误差,增加放疗的精准度。

参考文献

- [1] 殷蔚伯. 肿瘤放射治疗学[M]. 北京:中国协和医科大学出版社,2008:1007-1050.
- [2] 田菲,徐子海,王华峰. 图像引导放射治疗技术的研究现状与发展[J]. 临床医学工程,2012,19(5):833-835.
- [3] 胡彩容,张秀春,陆军,等. 3种图像模式在影像引导放射治疗中的差异性研究[J]. 中华放射医学与防护杂志,2012,32(4):374-378.
- [4] WU WC, LEUNG WS, KAY SS, et al. A comparison between electronic portal imaging device and cone beam CT in radiotherapy verification of nasopharyngeal carcinoma[J]. Med Dosim, 2011, 36(1):109-112.
- [5] ROZENDAAL RA, MIJNHEER BJ, HAMMING-VRIEZE O, et al. Impact of daily anatomical changes on EPID-based in vivo dosimetry of VMAT treatments of head-and-neck cancer[J]. Radiother Oncol, 2015, 116(1):70-74.
- [6] 顾浩,樊锐太,郭跃信,等. 锥形束CT图像引导用于胸部肿瘤放射治疗的效果分析[J]. 临床研究,2016,24(4):83-84.
- [7] 刘利彬,吴君心,瞿宜艳,等. 千伏级锥形束CT与兆伏级电子摄野影像系统在鼻咽癌影像引导放疗的对比研究[J]. 中国医学物理学杂志,2012,29(6):3721-3723,3741.
- [8] OST P, DE GERSEM W, DE POTTER B, et al. A comparison of the acute toxicity profile between two-dimensional and three-dimensional image-guided radiotherapy for postoperative prostate cancer[J]. Clin Oncol, 2011, 23(5):344-349.
- [9] ABOU-ELENEIN HS, ATTALLA EM, AMMAR H, et al. Megavoltage cone beam computed tomography: Commissioning and evaluation of patient dose[J]. J Med Phys, 2011, 36(4):205-212.
- [10] 陆维,许婷婷,许青,等. 应用CBCT/EPID研究鼻咽癌2种体位固定方式摆位误差的比较分析[J]. 中国癌症杂志,2014,24(7):535-539.
- [11] 龙腾飞,王凡,孔令玲,等. In Room CT与电子射野影像系统在头颈部肿瘤图像引导放射治疗中配准的对比研究[J]. 安徽医药,2016,20(2):279-282.
- [12] 王艳阳,傅小龙,龚敏,等. 电子射野影像仪与锥形束CT用于胸部肿瘤影像引导放疗的比较研究[J]. 中华放射医学与防护杂志,2009,29(6):643-645.
- [13] AHMAD R, HOOGE MAN MS, QUINT S, et al. Residual setup errors caused by rotation and non-rigid motion in prone-treated cervical cancer patients after online CBCT image-guidance[J]. Radiother Oncol, 2012, 103(3):322-326.
- [14] 王多明,秦永辉,古丽娜·库尔班,等. 宫颈癌在图像引导调强放疗中摆位误差的分析[J]. 新疆医科大学学报,2012,35(3):288-292,296.
- [15] 毛睿,何艳芬,齐洪志,等. 膀胱充盈状态对宫颈癌术后调强放疗靶区和危及器官的影响[J]. 中华实用诊断与治疗杂志,2013,27(8):794-796.
- [16] DAS S, LIU T, JANI AB, et al. Comparison of image-guided radiotherapy technologies for prostate cancer[J]. Am J Clin Oncol, 2014, 37(6):616-623.
- [17] 夏邦传,廖福锡,徐子海. 西门子CT图像引导下的放疗系统简介[J]. 医疗卫生装备,2010,31(8):115-117.
- [18] 王军良,周振山,薛娟,等. 锥形束CT图像与计划CT图像配准方法分析[J]. 中国医学物理学杂志,2011,28(1):2386-2388.

(收稿日期:2016-08-10,修回日期:2016-11-10)