

头颈部肿瘤放疗中两种图像引导系统比较研究

应微 唐德文 何友安 张德康

610041 成都,四川省肿瘤医院放疗科

通信作者:张德康,Email:1796280224@qq.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4221.2016.02.000

【摘要】 目的 比较 ExacTrac X 线和 CBCT 两种图像引导系统在头颈部肿瘤放疗中的误差差异。**方法** 随机选取 20 例行头颈部放疗患者均分为两组:A 组采用红外线小球摆位后行 ExacTrac X 线拍摄双斜位片,与计划 DRR 配准后得到左右、上下、前后方向的平移误差和旋转误差,六维放疗床调整误差并记录摆位配准时间;B 组采用人工摆位后行 CBCT 获取图像,与定位 CT 图像配准得到上述方向平移误差和绕上下方向误差,四维方向上调整误差并记录摆位配准时间。采用配对 *t* 检验比较两组差异。**结果** A 组与 B 组左右、上下、前后方向平移误差分别为 (0.59 ± 0.25) 、 (0.62 ± 0.25) 、 (1.56 ± 0.28) mm 与 (0.52 ± 0.31) 、 (0.74 ± 0.17) 、 (1.58 ± 0.34) mm ($P=0.43, 0.21, 0.90$);旋转误差中 A 组左右、上下、前后方向分别为 $(0.54 \pm 0.17)^\circ$ 、 $(0.72 \pm 0.27)^\circ$ 、 $(0.44 \pm 0.22)^\circ$, B 组绕上下方向为 $(1.26 \pm 0.33)^\circ$ ($P=0.01$)。摆位配准时间 A 组小于 B 组 ($108.0 \text{ s} : 165.8 \text{ s}, P=0.00$)。**结论** 两种图像引导系统在头颈部肿瘤放疗是可行的,误差均在可接受范围。ExacTrac X 线比 CBCT 的上下方向旋转误差和摆位配准时间均小,但图像分辨率不如 CBCT。

【关键词】 图像引导系统; ExacTrac X 线; 体层摄影术,X 线计算机,锥形束; 摆位误差; 摆位配准时间

The application and comparison of two image guide systems for the therapy of head and neck tumor

Ying Wei, Tang Dewen, He Youan, Zhang Dekang

Department of Radiotherapy, Sichuan Cancer Hospital, Chengdu 610041, China

Corresponding author: Zhang Dekang, Email: 1796280224@qq.com

【Abstract】 Objective To compare the ExacTrac X-ray and CBCT image guide system for the head and neck cancer patients in radiotherapy. **Methods** Twenty head and neck cancer patients were randomly chosen and divided two Group. In group A (10 patients), the cross X-ray radiation photos were matched with the DRR after positioning with the infrared markers. Obtain the setup errors on three directions and rotation errors. Then adjustment of error with 6D treatment bed, record time set-up and registration. In group B (10 patients), the CBCT images were matched with reference CT data after manual positioning. Obtain the setup errors on three directions and around the vertical axis direction errors. Then adjustment of error, record the time of set-up and registration. Groups were compared using the paired *t*-test. **Results** For group A and B group, the translation errors were (0.59 ± 0.25) mm, (0.62 ± 0.25) mm, (1.56 ± 0.28) mm, and (0.52 ± 0.31) mm, (0.74 ± 0.17) mm, (1.58 ± 0.34) mm on horizontal, vertical, up-down directions, respectively ($P=0.43, 0.21, 0.90$). For group A, the rotation errors were $(0.54 \pm 0.17)^\circ$, $(0.72 \pm 0.27)^\circ$, $(0.44 \pm 0.22)^\circ$, respectively; with $(1.26 \pm 0.33)^\circ$ on vertical directions on B group ($P=0.01$). The time of set-up registration on group A was significantly less than group B ($108.0 \text{ s} : 165.8 \text{ s}, P=0.00$). **Conclusions** For the head and neck cancer patients in radiotherapy, the image guide systems is feasible. The rotation errors of ExacTrac X-ray slightly less than CBCT. The time of set-up and registration of ExacTrac X-ray significantly less than CBCT, but the image resolution of ExacTrac X-ray inferior for CBCT.

【Key words】 Image guide system; ExacTrac X-ray; Tomography, X-ray computed, cone beam; Setup error; Set-up registration time

ExacTrac X 线和 CBCT 是其中的两种图像引导系统。ExacTrac X 线图像引导系统是通过红外线光

学定位仪检测框架上的红外线小球位置自动摆位,再用 X 射线成像系统装置获取图像并修正摆位误

差;而 CBCT 是人工通过将患者体表定位点与激光灯重合的方式摆位,再用 CBCT 技术获取图像并修正摆位误差。本研究对 2014 年 3 月至 2014 年 12 月间 20 例头部肿瘤患者分别用上述两种系测量摆位误差及摆位配准时间,为临床提供参考数据。

材料与方 法

1.一般临床资料:20 例头颈部肿瘤患者中鼻咽癌 8 例、脑转移瘤 5 例、垂体瘤 5 例、听神经瘤 2 例,年龄 29 岁至 63 岁(平均值 48 岁)。所有病例均经病例证实。20 例患者均分为两组, A 组鼻咽癌 4 例、脑转移 3 例、垂体瘤 2 例、听神经瘤 1 例, B 组鼻咽癌 4 例、脑转移 2 例、垂体瘤 3 例、听神经瘤 1 例。A 组采用 ExacTrac X 线图像引导摆位, B 组采用 CBCT 图像引导摆位。两组配准及修正后完成 IMRT。两组患者根据病情分别进行 4~10 次放疗, 每组总共完成 74 次放疗, 分次剂量在 3~8 Gy。

2.主要设备:飞利浦公司的 16 排大孔径螺旋 CT 扫描 CT, Impact 系统制作计划, CT 模拟定位机摆位, 千伏级 X 射线成像装置(A 组)或 CBCT 配准(B 组), 六维移动放疗床(A 组)或四维移动放疗床位置调整(B 组), 瓦里安公司的 Novalis Tx 医用加速器放疗。

3.一般方法:(1) A 组采用热缩头膜(Patient Mask Set)或普通热缩头膜(科莱瑞迪); B 组均制作普通热缩头膜(科莱瑞迪)。(2)模拟定位 CT 扫描层厚 3 mm, 扫描范围头顶至环甲膜。模拟定位 CT 扫描所获得的图像传输至 TPS, 由医师勾画靶区给出剂量, 物理师完成计划设计, 并将放疗计划和 DRR 数据传输到放疗加速器和 X 线图像引导系统(ExacTrac, BrainLAB)(A 组)或 CBCT 图像引导系统(B 组)。然后在模拟定位 CT 下找到计划中心的体表定位点并勾画在头膜上。

4.摆位与配准:(1) A 组采用模拟 CT 定位时的体位和头膜固定患者头部, 从 ExacTrac 系统中调出患者摆位数据, 在患者平静呼吸的状态下, 运用红外线光学定位仪检测固定架或者 U 型架上红外线标记小球的位置并据此进行摆位。然后用千伏级 X 射线成像装置获取一组斜位 45°交叉的 X 线射野图像, 选择 Head and Neck Standard 模式, 获取参数为电压 100 kV、电流 80 mA、时间 80 MHz, 将其与放疗计划系统生成的 DRR 图进行配准, 得到患者体位在左右、上下、前后方向上的平移误差和旋转误差(见图 1)。根据 X 线射野图像配准结果, 由六维度移动

放疗床进行快速的位置调整。(2) B 组患者是人工通过将患者体表定位点与激光灯重合的方式摆位, 在患者平静呼吸的状态下, 再用 CBCT 技术获取图像, 选择 Standard-dose Head 模式, 获取参数为电压 100 kV、电流 20 mA, full-fan 滤线器, 扫描角度 178°~22°, 并将得到的图像与计划 CT 图像进行匹配, 得到上述 3 个方向上的平移误差和绕上下方向的旋转误差(见图 2)。根据 CBCT 图像配准结果, 在四维方向上进行快速的位置调整。

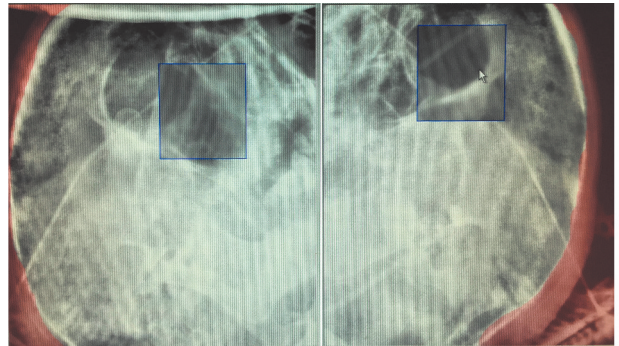


图 1 鼻咽癌患者 ExacTrac 系统 X 线图与计划的 DRR 图对比示例(蓝色方框内为 DRR 图, 框外为 X 线图, 可移动蓝色方框观察两者配准后的差异, 下方 6 个数字为 3 个方向的配准结果)

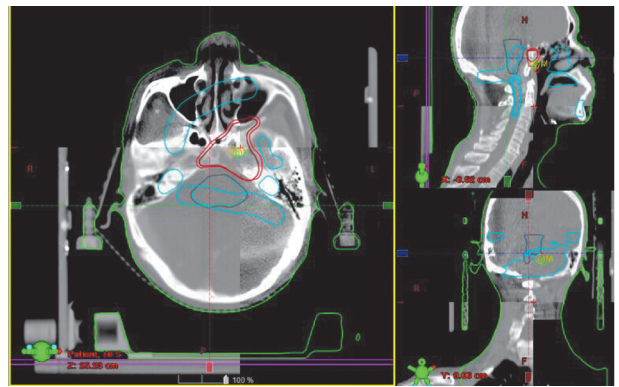


图 2 鼻咽癌患者 CBCT 得到的图像与计划的 DRR 图的对比示例

5.统计方法:采用 SPSS 17.0 软件进行数据分析, 计算两组摆位平移误差和旋转误差、摆位配准时间, 并对两组结果行成组 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1.A 组结果:见表 1。表 1 结果显示 10 例头颈部癌患者 ExacTrac X 线图像引导系统摆位后的 3 个平移误差中左右、上下方向较小, 前后方向稍大, 但均 < 2 mm, 控制在可接受范围中。3 个旋转误差均较小(均 $< 1^\circ$), 控制在可接受范围中。

2.B 组结果:见表 2。表 2 结果显示 10 例头颈部癌患者 CBCT 图像引导系统摆位后的 3 个平移误

表 1 10 例头颈部癌患者 ExacTrac X 线图与计划 DRR 图配准后的摆位平移误差(mm)、旋转误差(°)和配准时间(s)

项目	平均值±标准差	中位数	最大值	最小值
平移误差				
左右方向	0.59±0.25	0.58	1.10	0.30
上下方向	0.62±0.25	0.52	1.01	0.28
前后方向	1.56±0.28	1.53	1.85	1.15
旋转误差				
左右方向	0.54±0.17	0.60	0.75	0.20
上下方向	0.72±0.27	0.64	1.34	0.35
前后方向	0.44±0.22	0.53	0.70	0.11
配准时间	108.00±3.99	109.20	114.30	102.30

差中左右、上下方向较小,前后方向稍大,但均<2 mm,控制在可接受范围中。上下方向旋转误差均较小(<2°),控制在可接受范围中。

表 2 10 例头颈部癌患者 CBCT 图与计划 DRR 图配准后的摆位平移误差(mm)、旋转误差(°)和配准时间(s)

项目	平均值±标准差	中位数	最大值	最小值
平移误差				
左右方向	0.52±0.31	0.55	1.03	0.19
上下方向	0.74±0.17	0.73	1.01	0.54
前后方向	1.58±0.34	1.64	1.88	0.67
旋转误差				
上下方向	1.26±0.33	1.46	1.61	0.81
配准时间	165.80±4.25	167.10	171.20	158.90

3. 两组比较结果:见表 3。表 3 结果显示两组大都相近,只在上下方向旋转误差不同,摆位配准时间 A 组明显小于 B 组。

表 3 20 例头颈部癌患者两种图像引导系统的摆位误差及配准时间比较结果

项目	平均值	标准差	差分的95% CI	P 值
左右方向平移误差	0.08	0.31	-0.14~ 0.30	0.43
上下方向平移误差	-0.12	0.28	-0.32~ 0.08	0.21
前后方向平移误差	-0.02	0.44	-0.33~ 0.30	0.90
上下方向旋转误差	-0.54	0.45	-0.86~ -0.21	0.01
配准时间	57.76	7.13	-62.86~-52.66	0.00

讨 论

ExacTrac X 线和 CBCT 两种图像引导放疗均可以实时扫描,根据靶区变化情况及时在线纠正并减小摆位误差,从而更好地保护正常组织并提升肿瘤剂量,得到更高的放疗增益比。

本研究显示 3 个平移误差两组相近,绕上下方向旋转误差 A 组小于 B 组,摆位配准时间 A 组明显小于 B 组。证明两种图像引导系统在头颈部肿瘤

IMRT 均是可行的,且误差均控制在可接受范围内,但 ExacTrac X 线摆位及配准的时间明显优于 CBCT。ExacTrac X 线摆位及配准耗时缩短,从一定程度上改善了放疗中患者的不自主运动可能性,进而减小患者放疗体位的位置偏差,减小分次内摆位误差。在残留误差差异较小情况下应采用较短时间内完成摆位与误差修正方法,与 Hoogoman 等^[3]报道分次误差随放疗时间延长而增大相符。而另一方面 ExacTrac X 线是利用千伏级 X 线平片修正摆位误差,而 CBCT 是 X 线围绕患者做环形扫描,然后重建成三维图像,这样在患者受照剂量上 CBCT 明显高于 ExacTrac X 线^[6]。Ludlow 等^[4]认为 CBCT 成像所需帧数剂量是正交千伏级 X 线平片的 9 倍。但在配准图像分辨率上 CBCT 优于 ExacTrac X 线,有直观三维配准图像能清晰显示肿瘤形态、大小和正常组织和 OAR 形态,且可在自动配准后手动调整位置偏差;而 ExacTrac X 线只有二维配准图像,自动配准后如差异较大只能重新摆位后再配准^[5],不能手动调整。

总之,两种图像引导系统在头颈部肿瘤放疗是可行的,误差均在可接受范围。选择两种图像引导系统在头颈部肿瘤放疗时应根据患者实际情况进行:如病情危重不能长时间平躺的可以选择时间较短的 ExacTrac X 线,如肿瘤位置靠近 OAR 的可以选择可视性较好的 CBCT 配准;也可以根据放疗过程中患者病情变化来调整图像引导方式,如患者前期情况较好选择的 CBCT 配准,而后期平躺时间不能过长可在不重做计划的前提下直接转换为 ExacTrac X 线用 U 型叉配准。

参 考 文 献

- [1] Birkner M, Yan D, Alber M, et al. Adapting inverse planning to patient and organ geometrical variation algorithm and implementation [J]. Med Phys, 2003, 30(10): 2822-2831.
- [2] 胡逸民, 杨定宇. 肿瘤放射治疗技术 [M]. 北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1999: 98. Hu YM, Yang DY. Radiation Oncology radiotherapy [M]. Beijing: Peking Medical University and Chinese Peking Union Medical University Press, 1999: 98.
- [3] Hoogeman MS, Nuytens JJ, Levendag PC, et al. Time dependence of intrafraction patient motion assessed by repeat stereoscopic imaging [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 70(2): 609-618.
- [4] Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB, et al. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT [J]. Dentomaxillofac Radiol, 2006, 35(4): 219-226.
- [5] Clemente S, Chiuimento C, Fiorentino A, et al. Is EXacTrac X-ray system: an alternative to CBCT for positioning patients with head and neck cancers [J]. Med Phys, 2013, 40(11): 1117-1125. DOI: 10.1118/1.4824056.

