

鼻咽癌螺旋断层调强放疗中优化MVCT扫描范围的可行性

杨海松¹, 聂晓历², 刘利彬¹, 傅万凯¹, 黄星武¹, 邹钦凤¹, 柏朋刚¹

1. 福建省肿瘤医院/福建医科大学附属肿瘤医院放疗科, 福建 福州 350014; 2. 福建省肿瘤医院/福建医科大学附属肿瘤医院放疗科, 福建 福州 350014

【摘要】目的:探讨鼻咽癌螺旋断层调强放疗中两种应用兆伏级高能X线计算机体层摄影术(MVCT)扫描范围的引导方案的可行性。**方法:**选取行螺旋断层调强放疗的鼻咽癌患者20例,每例患者各扫描30次MVCT,15次扫描范围为鼻咽部靶区+颈部,15次为只有鼻咽部靶区,共获600组数据,两组进行配对 t 检验。**结果:**鼻咽部靶区+颈部的摆位误差结果在左右(X)、头脚(Y)、前后(Z)方向线性误差和绕此3个方向形成的旋转误差(U、V、W)分别为 (-0.20 ± 1.15) mm、 (-0.01 ± 1.60) mm、 (0.02 ± 0.83) mm、 $(-0.31\pm 0.80)^\circ$ 、 $(0.27\pm 0.80)^\circ$ 、 $(-0.06\pm 0.58)^\circ$;鼻咽部靶区摆位误差结果分别为 (-0.21 ± 1.39) mm、 (-0.13 ± 1.85) mm、 (-0.02 ± 1.14) mm、 $(-0.05\pm 0.89)^\circ$ 、 $(0.18\pm 0.89)^\circ$ 、 $(-0.18\pm 0.63)^\circ$ 。两组在上述6个方向上的比较, P 值分别为0.92、0.19、0.59、0.00、0.11、0.02,结果显示X、Y、Z、U、V方向上 P 值大于0.05,无统计学意义;U、W方向上 P 值小于0.05,有统计学意义。**结论:**两种扫描范围在鼻咽癌螺旋断层调强放疗中线性误差无统计学意义,可以采用只扫描鼻咽部靶区的方式进行图像引导放疗,节约治疗时间和减少患者不必要的辐射。

【关键词】鼻咽癌;螺旋断层调强放疗;兆伏级高能X线计算机体层摄影术;扫描范围;摆位误差

【中图分类号】R739.62

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2018)08-0874-05

Feasibility on optimizing MVCT scan range in tomotherapy of nasopharyngeal carcinoma

YANG Haisong¹, NIE Xiaoli², LIU Libin¹, FU Wankai¹, HUANG Xingwu¹, ZOU Qinfeng¹, BAI Penggang¹

1. Department of Radiotherapy, Fujian Provincial Cancer Hospital/Fujian Medical University Cancer Hospital, Fuzhou 350014, China;
2. Department of Radiological Diagnosis, Fujian Provincial Cancer Hospital/Fujian Medical University Cancer Hospital, Fuzhou 350014, China

Abstract: Objective To explore the application of two scan ranges of MV-computed tomography (MVCT) in tomotherapy of nasopharyngeal carcinoma (NPC). **Methods** Twenty patients receiving tomotherapy for NPC were selected. Each patient was scanned by MVCT for 30 times, including 15 times of nasopharyngeal target area + neck and 15 of only nasopharyngeal target area. A total of 600 groups of data were obtained, and paired t test was conducted on the two groups. **Results** For the scan range of nasopharyngeal target area+neck, the linear errors in left-right (X), head-foot (Y) and front-back (Z) directions were (-0.20 ± 1.15) , (-0.01 ± 1.60) and (0.02 ± 0.83) mm, respectively, and the rotational errors that revolved around the 3 axes (U, V, W) were $(-0.31\pm 0.80)^\circ$, $(0.27\pm 0.80)^\circ$ and $(-0.06\pm 0.58)^\circ$, respectively. For the scan range of only nasopharyngeal target area, the linear errors in X, Y and Z directions were (-0.21 ± 1.39) , (-0.13 ± 1.85) and (-0.02 ± 1.14) mm, respectively, and the corresponding rotational errors were $(-0.05\pm 0.89)^\circ$, $(0.18\pm 0.89)^\circ$ and $(-0.18\pm 0.63)^\circ$, respectively. The comparison of differences in set-up errors between the two groups showed that P values in 6 directions (X, Y, Z, U, V and W) were 0.92, 0.19, 0.59, 0.00, 0.18 and 0.02, respectively. The statistical differences were found in U and W directions ($P<0.05$), but not in the other directions ($P>0.05$). **Conclusion** The two MVCT scan ranges in tomotherapy of NPC don't show any statistical significance in linear errors. Therefore, the scan ranges of only nasopharyngeal target area can be applied for image-guided radiotherapy to shorten treatment time and reduce unnecessary radiation.

Keywords: nasopharyngeal carcinoma; tomotherapy; MV-computed tomography; scan range; set-up errors

前言

我国为鼻咽癌高发区,尤其是南方地区,放射治疗为鼻咽癌治疗的首选手段,特别是调强放射治疗为目前鼻咽癌有效的治疗手段^[1]。近年来,由于科技的进步、新的治疗设备不断运用于临床治疗领域,作

【收稿日期】2018-02-11

【基金项目】国家临床重点专科建设项目;福建省自然科学基金(2015Y0010);福建省临床重点专科建设项目

【作者简介】杨海松,主管技师,研究方向:肿瘤放射治疗技术,E-mail: 158194167@qq.com

为目前高端的放射治疗设备,螺旋断层调强放疗也应用于鼻咽癌放疗领域。笔者通过对两种应用兆伏级高能X线计算机体层摄影术(MVCT)不同扫描范围的图像引导为基础的数据进行归纳整理,对摆位偏差的结果和影响精度的因素进行分析研究,为螺旋断层放射治疗临床摆位提供参考。

1 材料与方法

1.1 病例资料

选取2016年2~8月期间在福建医科大学附属肿瘤医院放疗科行螺旋断层调强放射治疗的鼻咽癌患者20例,其中,男13例,女7例;年龄23~62岁,中位年龄42岁。全部病例经病理证实为鼻咽低分化鳞癌,且均签署放射治疗知情同意书。

1.2 方法

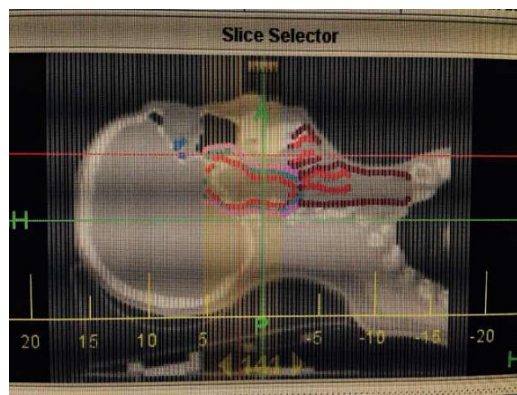
1.2.1 体位固定和计划设计 所有鼻咽癌患者均取仰卧位,采用全碳纤维头颈肩固定底板和标准化聚酯

塑料头枕为底座,肩垫3 cm枕垫,覆头颈肩热塑网膜固定。在飞利浦大孔径CT下进行定位扫描,扫描层厚3 mm,将CT影像传输至Tomotherapy HD放射治疗机及配套软件系统,进行计划设计。

1.2.2 数据采集 放射治疗前患者摆位完成后进行MVCT扫描,扫描条件选取Normal,扫描层厚为2 mm。扫描范围分为两种:(1)鼻咽部靶区+颈部,上界包含颅底骨和眉弓,下界至第七颈椎下缘;(2)鼻咽部靶区:上界包含颅底骨和眉弓,下界至第二颈椎下缘(图1)。每例患者每种范围扫描次数均为15次,共获得600组数据。扫描完成后,利用Tomotherapy的MVCT图像与患者计划图像进行配准,采用自动配准+手动配准后,获得两组左右、头脚、前后方向的线性误差和分别绕这3个方向形成的旋转误差,分别以X、Y、Z、U、V、W表示(图2)。对于自动配准中旋转误差大于2°的患者需重新摆位,符合条件后执行患者治疗。



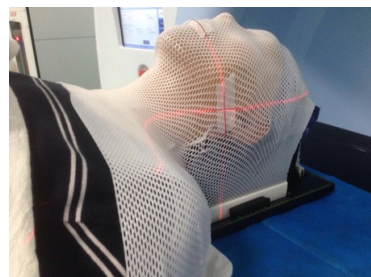
a: Nasopharyngeal target area + neck



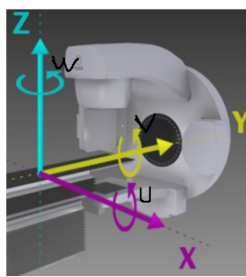
b: Only nasopharyngeal target area

图1 两种扫描范围示意图

Fig.1 Schematics of two scan ranges



a: A patient receiving MVCT scan



b: Schematic diagram of 6 directions

图2 线性误差和旋转误差示意图

Fig.2 Schematic diagram of linear errors in X, Y, Z directions and rotation errors in U, V, W directions

1.3 统计学方法

采用SPSS 19.0软件进行统计学分析。对两组不同扫描范围获得X、Y、Z、U、V、W的误差,用均数±标准差表示,采用配对t检验对两组摆位误差进行比较分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

对两组误差数据进行比较分析显示X、Y、Z、V方向上P值大于0.05,无统计学意义;U、W方向上P值小于0.05有统计学意义,如表1所示。

3 讨论

近年来,由于调强技术应用于放射治疗领域,鼻咽癌治疗取得较好的进展,5年生存率得到很大的提升,由原来50%提升至75%^[2-3],为广大患者带来福

表 1 两种扫描范围在各方向上的误差及比较结果($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Error of two scan ranges in different directions and comparison results (Mean±SD)

Scan range	X/mm	Y/mm	Z/mm	U/°	V/°	W/°
Nasopharyngeal target area + neck	-0.20±1.15	-0.01±1.60	0.02±0.83	-0.31±0.80	0.27±0.80	-0.06±0.58
Only nasopharyngeal target area	-0.21±1.39	-0.13±1.85	-0.02±1.14	-0.05±0.89	0.18±0.89	-0.18±0.63
t value	-0.11	-1.32	0.55	-4.30	1.34	2.35
P value	0.92	0.19	0.59	0.00	0.11	0.02

X, Y and Z were the linear errors in the left-right, head-foot and front-back directions, respectively, and U, V and W were the rotational errors that revolved around the X, Y and Z axes, respectively.

音。鼻咽癌肿瘤靶区大且较不规则,周围与许多重要组织、器官毗邻,非常适合采用调强放射治疗技术治疗^[4]。由于调强技术靶区高剂量和边缘剂量陡峭的特点,对摆位的精度提出更高要求。因为每次摆位误差都有可能导致靶区欠量或危及器官过量照射,使肿瘤局部控制率下降,或加重放疗并发症,给患者带来不可挽回的损失,影响患者预后和生活质量。因此,保证调强放射治疗的关键是减少治疗时体位误差,即使是固定效果较好的头颈部肿瘤也不例外^[5]。体位移动对肿瘤局部控制率有很大影响,ICRU 24号报告指出在放疗过程中体位移动3 mm疗效下降3.3%,移动5 mm疗效下降18.4%,移动6 mm疗效下降33.1%^[6]。虽然在治疗过程中使用头颈肩热塑面罩固定,但仍然会有3~5 mm摆位误差^[7-8]。螺旋断层调强放疗技术与传统调强技术在剂量学方面的比较,靶区剂量分布更均匀,适形度更好,剂量梯度更陡峭,对正常组织保护性更好,尤其是对腮腺组织,降低照射剂量,降低急性不良反应的发生率。因此,螺旋断层调强放疗技术在治疗复杂靶区病例如鼻咽癌有独特的优势。螺旋断层调强放疗使用MVCT进行图像扫描配准,相关文献表明每日进行图像引导更具有摆位及剂量学优势^[9-11]。因此,螺旋断层调强放疗每次在治疗前行MVCT扫描验证,保证鼻咽癌放疗的精度,为患者更好完成个体化放疗提供良好的保障。

在施行螺旋断层调强放疗时,对患者运用MVCT进行图像引导的过程中,患者有计划之外的小剂量照射,不同研究具有差异,但总体而言,MVCT扫描时间一般小于3 min,成像剂量小于2 cGy,一般小于每日治疗处方剂量的1%,可用于临床治疗前的图像配准^[12-13]。MVCT扫描采用类似单排CT扫描技术,存在扫描时间长、有额外辐射剂量、骨与空气对

比度低、图像分辨率差、软组织显像差等缺点。通过对比两种不同扫描范围的所用时间:鼻咽部靶区+颈部:250 s,鼻咽部靶区:100 s,可见缩短扫描范围可以大大节约扫描时间,两者对比扫描时间缩短了五分之三,成像剂量按每次2 cGy计算,每次也可减少1.2 cGy;整个鼻咽癌治疗按35次计算,足足可以减少额外扫描剂量42 cGy,减少患者的不必要照射。扫描范围大、扫描时间长,增加患者自主运动的可能性,进而影响摆位误差;在不增加新的摆位误差的情况下,能够在较短时间内完成扫描并且完成图像配准的方法,值得治疗师采用。

螺旋断层调强放疗的自身特点:加速器治疗床以恒定速度向前进床,由于患者身体重力影响,会导致床面的下沉,从而产生下沉摆位误差。因此为了保持摆位的重复性,本研究中采用两项技巧:第一,20例患者首次治疗时必须修正床面下沉导致的误差,并在固定膜上重新标记;第二,在治疗床上做一个固定标记,使后期患者躺在治疗床的位置相对固定。结合本研究,笔者发现扫描范围为鼻咽部靶区的摆位误差值与整个靶区在线性误差3个方向上较为接近,笔者分析这与标准化头枕固定特点有关,标准化头枕在头部背面有着支撑固定作用外,颈部和双肩位置下方缺少较满意的支撑和固定,造成左右方向和前后方向没有有效固定,而上下方向固定效果依赖于头部固定,因此该方向上Y、V两组误差无差异,主要原因是治疗师在制作网膜、CT定位及每次MVCT扫描摆位时要求患者的头顶必须顶到枕头上,保证患者在头脚方向上体位的一致性。有研究指出,患者位于旋转轴心的组织结构相对射野变化小,Asterinidou等^[14]研究表明,平均值为1°的旋转误差不会影响95%的临床靶区处方剂量。另有文献^[15-16]报道由于患者体位旋转造成的剂量分布改变

很小,可忽略。本文选取的病例旋转误差在 1° 以内(588/600组),所以未予考虑。尽管如此,在临床摆位中治疗师也应避免旋转可能造成较大剂量误差,对于旋转误差大于 2° 的患者要求治疗师重新摆位。

人体并非刚性结构,鼻咽癌治疗中,随着肿瘤的退缩、体质量的变化,治疗体位可能发生扭曲变形,临床摆位中治疗师是以下颌、鼻尖、额头为参考位置,经常习惯性叫患者下巴抬起来,造成头部过仰而使鼻咽癌调强放疗靶区内不同部位出现摆位误差,这是由于头部在枕头上的位置未能较好重合固定和头后仰的幅度不同造成。因此鼻咽癌治疗中对患者头部固定时应特别关注头部与枕头的相对位置和头部后仰的幅度。本研究出现X轴旋转(U方向)、Z轴旋转(W方向)误差在统计学上有意义,考虑主要原因是由于患者的头部容易发生左右偏转,每次摆位时很难保证其一致性。鼻咽癌患者治疗时本身就处于非自然体位;为了保护腮腺等危及器官,要求患者下巴抬起来,颈椎处于前屈体位;随着治疗的进行,患者体质量变化,颈部轮廓变小,网膜的敷贴性差导致颈部的活动度大于头面部,造成体位误差。Hou等^[17]通过MVCT发现,由于体质量减轻造成Z轴方向可能会有大于3 mm的误差。Mongioj等^[18]研究20例鼻咽癌摆位数据,虽然没有发现摆位偏差与治疗进程明显有关,但对体质量变化与肿瘤退缩严重的患者出现大于3 mm摆位偏差频率大大增加。笔者通过临床工作发现,可能标准化树脂头枕联合头颈肩面罩固定并不适合每一个患者,因为人的头形、颈椎弯曲程度、长短存在差异,都存在因不完全吻合而产生的空隙。这些空隙的存在,使得患者由于疼痛或咳嗽引起不自主活动时移动的空间,特别是患者在体质量减轻时,间隙显得更大^[19-20]。因此如何采用更舒适、更精确的固定方式提高摆位精确性,减少治疗时头部的过仰导致的体位变形值得我们思索。许森奎等^[20]使用头颈肩发泡胶对鼻咽癌患者进行个体化固定,值得借鉴。在临床工作中,有些治疗师在为患者体位固定时或模拟CT操作中,在患者身体不对称,或头部过仰、扭转时,未及时给予摆正,造成定位时体位不正,从而影响放疗实施时的摆位精度。因此,强调制膜、定位时患者的体位以舒适性为主,尽可能保证体位重复性。以往在实际工作中的经验,都在不断提醒我们:(1)固定装置的重要性;(2)治疗师能否精确细致的摆位对放疗的成败起决定性作用。

通过两种不同MVCT扫描范围配准得到的误差数据分析,笔者认为可采用扫描鼻咽部靶区方式进

行图像引导放疗,节约治疗时间、减少患者不必要的辐射。无论多么先进的技术始终需要可靠严谨的流程和扎实过硬的业务水平,对放射治疗流程严格执行,才能更好地造福患者。

【参考文献】

- [1] UEMATSU M, AKIRA S, KAZUHIKO T, et al. Focal, high dose, and fractionated modified stereotactic radiationtherapy for lung carcinoma patients[J]. Cancer, 1998, 82(6): 1062-1070.
- [2] XIAO W W, HUANG S M, HAN F, et al. Local control, survival, and late toxicities of locally advanced nasopharyngeal carcinoma treated by simultaneous modulated accelerated radiotherapy combined with cisplatin concurrent chemotherapy: long-term results of a phase 2 study[J]. Cancer, 2011, 117(9): 1874-1883.
- [3] 易俊林, 高黎, 黄晓东, 等. 416例鼻咽癌调强放疗远期生存与影响因素分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2012, 21(3): 196-200.
YI J L, GAO L, HUANG X D, et al. 416 cases of strong radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma, long term survival and analysis of influencing factors[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2012, 21(3): 196-200.
- [4] 戴建荣, 胡逸民. 图像引导放疗的实现方式[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2006, 15(2): 132-135.
DAI J R, HU Y M. The implementation of image guided radiotherapy [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2006, 15(2): 132-135.
- [5] MACKIE T R, HOLMES T W, SWERDLOFF S, et al. Tomotherapy: a new concept for the delivery of dynamic conformal radiotherapy[J]. Med Phys, 1993, 20(6): 1709.
- [6] 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: 14.
HU Y M, YANG D Y. Tumor radiotherapy technology[M]. Beijing: United Press of Peking Union Medical College, Beijing Medical University, 1999: 14.
- [7] GILBEAC L, OCTAVE-PRIGNOT M, LONEOL T, et al. Comparison of setup accuracy of three different thermoplastic masks for the treatment of brain and head and neck tumors[J]. Radiother Oncol, 2001, 58(2): 155-162.
- [8] 潘才住, 潘建基, 陈传本, 等. 应用电子射野影像装置实时纠正鼻咽癌调强放疗摆位误差研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2009, 18(5): 341-345.
PAN C Z, PAN J J, CHEN C B, et al. Electronic portal imaging device in the real-time correction of setup error in intensity modulated radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2009, 18(5): 341-345.
- [9] RUCHALA K J, OLIVERA G H, SCHLOESSER E A, et al. Megavoltage CT on a tomotherapy system[J]. Phys Med Biol, 1999, 44(10): 2597-2621.
- [10] MACKIE T R, KAPATOES J, RUCHALA K, et al. Image guidance for precise conformal radiotherapy[J]. Int J Radiat Oncol Biol phys, 2003, 56(1): 89-105.
- [11] SHENG K, CHOW M C, HUNTER G, et al. Is daily CT image guidance necessary for nasal cavity and nasopharyngeal radiotherapy? An investigation based on helical tomotherapy[J]. J Appl Clin Med phys, 2008, 9(1): 2686.
- [12] KRON T, GRIGOROV G, YU E, et al. Planning evaluation of radiotherapy for complex lung cancer using helical tomotherapy [J]. Phys Med Biol, 2004, 49(16): 3675-3690.
- [13] MEEKS S, HARMON J F, LAUNGEN K M, et al. Performance characterization of megavoltage computed tomography imaging on a

- helical tomotherapy unit[J]. Med Phys, 2005, 32(8): 2673-2681.
- [14] ASTREINIDOU E, BEL A, RAAIJMAKERS C P, et al. Adequate margins for random setup uncertainties in head and neck IMRT[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2005, 61(3): 938-944.
- [15] REMEIJER P, GEERLOF E, PLOEGER L, et al. 3-D portal image analysis in clinical practice: an evaluation of 2-D and 3-D analysis techniques as applied to 30 prostate cancer patients[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2000, 46(5): 1281-1290.
- [16] FU W, YANG T, LI X, et al. Dosimetric effects of patient rotational setup errors on prostate IMRT treatments[J]. Phys Med Biol, 2006, 51(20): 5321-5331.
- [17] HOU W H, WANG C W, TSAI C L, et al. The ratio of weight loss to planning target volume significantly impacts setup errors in nasopharyngeal cancer patients undergoing helical tomotherapy with daily MVCT [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2014, 90(1): S529
- [18] MONGIOJ V, ORLANDI E, PAAZZI M, et al. Set-up errors analyses in IMRT treatments for nasopharyngeal carcinoma to evaluate time trends, PTV and PRV margins[J]. Acta Oncol, 2011, 50(1): 61-71.
- [19] 王方正, 蒋春儿, 杨双燕, 等. 基于断层调强放射治疗中扇形束千伏级CT数据分析鼻咽癌的摆位误差[J]. 实用医学杂志, 2017, 33(9): 1490-1493.
- WANG F Z, JIANG C R, YANG S Y, et al. An analysis on set-up errors by data of megavoltage fan-beam computed tomography during intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma [J]. The Journal of Practical Medicine, 2017, 33(9): 1490-1493.
- [20] 许森奎, 姚文燕, 胡江, 等. 鼻咽癌发泡胶个体化塑形与标准化头枕放疗体位固定精度比较[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2015, 24(2): 196-199.
- XU S K, YAO W Y, HU J, et al. The research of accuracy immobilized using individualized polyurethane scaling agent compared to positioning foam with standard plastics pillow in the radiotherapy of nasopharyngeal carcinoma [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2015, 24(2): 196-199.

(编辑:陈丽霞)