

胸部偏后背肿瘤 RapidArc 采用仰卧位设计治疗计划的可行性分析

孟慧鹏, 孙小喆, 王 昊, 孙劲松, 郑爱青, 梁克明
武警后勤学院附属医院放疗中心, 天津 300162

【摘要】目的: 分析胸部偏后背肿瘤 RapidArc 仰卧位设计治疗计划的可行性。**方法:** 选择 8 例胸部偏后背肿瘤且采用俯卧位治疗的 RapidArc 计划, 人为将图像旋转成仰卧位, 利用瓦里安 Eclipse 10.0 计划系统重新设计 RapidArc 计划。比较两种计划的剂量体积直方图(DVH)、靶区和危及器官剂量分布、靶区剂量适形度、机器跳数、治疗时间以及 γ 通过率; 并用配对 t 检验比较分析两种计划的结果是否存在差异。**结果:** 两种计划的 DVH 没有明显差异。靶区的剂量学参数均无统计学差异($P>0.05$), 正常组织的剂量学参数除了心脏的 V_{10} 有统计学差异($t=-2.680, P<0.05$), 其余均无统计学差异($P>0.05$); 机器跳数以及 γ 通过率均无统计学差异($P>0.05$), 治疗时间有统计学差异($t=8.696, P<0.001$)。**结论:** 胸部偏后背肿瘤 RapidArc 采用仰卧位设计治疗计划能够满足临床要求。

【关键词】 仰卧位; 瑞普达; 放射治疗; 胸部偏后背肿瘤; 治疗计划

【DOI 编码】 doi:10.3969/j.issn.1005-202X.2015.01.008

【中图分类号】 R734.2; R815.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1005-202X(2015)01-31-04

Feasibility Analysis of the RapidArc Supine Scheme for Tumor Therapy on the Chest Close to the Back

MENG Hui-peng, SUN Xiao-zhe, WANG Hao, SUN Jin-song, ZHENG Ai-qing, LIANG Ke-ming
Radiotherapy Center, The Affiliated Hospital of Logistics University of Chinese People's Armed Police Force, Tianjin 300162, China

Abstract: Objective To analyze the feasibility of the RapidArc supine scheme for tumor therapy on the chest close to the back. **Methods** In RapidArc scheme, 8 cases whose treatments with prone positions and the tumor on the chest close to the back were chosen. We used the Varian Eclipse 10.0 scheme system to redesign the RapidArc scheme when rotated the image into a supine position artificially. The dose-volume histogram data, isodose distribution, conformity index, monitoring units, treatment time and Gamma pass rates were compared. Paired t test was used to compare results whether there was differences between the two methods. **Results** No statistical difference between the two methods was found for the dose-volume histogram data. Statistical difference was found for V_{10} of the heart ($t=-2.680, P<0.05$), while no statistical difference existed ($P>0.05$) for all other dosimetry parameters; No statistical difference between the two methods was found for the monitor units and the Gamma pass rates ($P>0.05$), Statistical difference was found for treatment time ($t=8.696, P<0.001$). **Conclusion** RapidArc supine scheme can meet the clinical requirements of the tumor therapy on the chest close to the back.

Key words: supine; RapidArc; radiotherapy; the tumor of the chest close to the back ; treatment scheme

前言

胸部偏后背肿瘤通常因为治疗床的原因及治疗计划设计的易操作性会采用俯卧位定位, 并按照该体位设计并执行治疗计划。不考虑治疗床的衰减对计划

执行的结果将产生很大的误差(放疗问至今世的很长时间内, TPS 不能对治疗床进行修正), 多年来很多厂家在对治疗床的各种特性做改进, 近年来取得了不错的进展, 尤其是 Varian 公司配备在 RapidArc 上的 Exact IGRT Couch 治疗床, 其衰减几乎可以忽略不计; 另一方面由于 Eclipse 10.0 计划系统在设计 RapidArc 计划时可以在一个弧内产生两段大于 15° 的 BEAM OFF 区域, 即机架旋转但是不出射线。本研究就是利用以上两点研究胸部偏后背肿瘤 RapidArc 仰卧位设计治疗计划的可行性。

【收稿日期】 2014-06-04

【作者简介】 孟慧鹏(1981-), 男, 硕士, 物理师、工程师, 主要从事肿瘤放射治疗物理学及网络相关的研究工作。Tel: 86-22-605796-43; E-Mail: hongyi1218-@163.com

1 材料和方法

1.1 材料

本研究的所有计划均使用瓦里安 Eclipse 10.0 版本的计划系统设计;治疗机为瓦里安的 Clinac IX 直线加速器;定位 CT 为 Philips 公司 16 排 CT;病例选取本中心 2012 年 12 月至 2014 年 4 月接受了 RapidArc 治疗的胸部偏后背肿瘤患者 8 例,这些病例治疗时均采用俯卧位定位;接受 RapidArc 治疗的患者体位固定采用热塑体膜固定;电离室为 PTW 公司的 OCTAVIUS Detector 729 矩阵和 PTW 0.6 cc 指形电离室;Gamma 指数分析软件为 PTW 公司的 Verisoft 软件和瓦里安的 Portal Dosimetry 系统,软件版本分别为 5.1 和 10.0;验证模体为 PTW 公司的八角模体和瓦里安的 EPID 系统;固体水使用 MT-VW 红固体水,密度为 1.03 g/cm³。

1.2 方法

将选取的病例用 TPS 软件人为将图像旋转成仰卧位,在此体位上重新设计计划,并进行后续的工作。详细的过程见下文叙述。

(1) 靶区的设定

为了减少人为影响,所有病例由 4 位主任医师共同商定靶区范围,由同一位高年资的主任医师在实际体位和人为旋转后的仰卧位 CT 影像上分别勾画出临床靶区(Clinical Target Volume, CTV),计划靶区体积(Planning Target Volume, PTV)参考 ICRU83 号报告^[1]及有关文献^[2-4]由物理师外扩得到,脊髓、肺等正常组织在 CT 图像上由同一位物理师逐层画出。为了更具可比性同一病例两种体位的各种组织,体积误差控制在 1% 以内。

(2) 计划的设计及验证

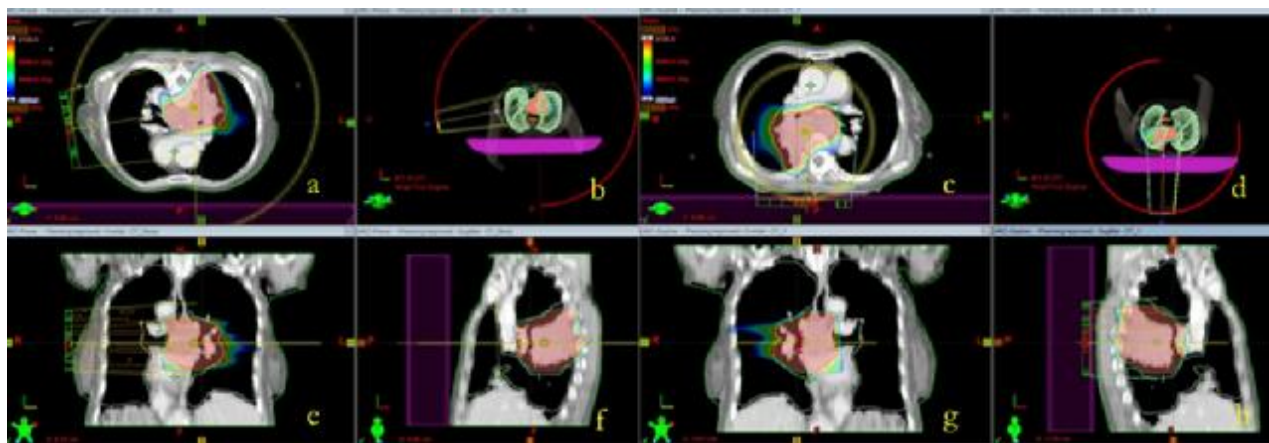
采用瓦里安 Eclipse 治疗计划系统(版本为 10.0)、Clinac IX 加速器 6 MV 能量 X 射线对病例制定 RapidArc

计划,剂量率均使用 600 MU/min。处方剂量均为 60 Gy/30 f/6 W,要求 95% 的 PTV 达到 100% 处方剂量,危及器官限量参考临床常规要求。优化过程中 8 例计划两种体位均采用同样的优化条件,靶区与危及器官限制条件均略高于临床要求。为保证计划的可比性,原始俯卧位的计划采用常规角(弧)度设计,对应的仰卧位计划采用整弧设计但是利用 Eclipse 10.0 计划系统的特性,在原俯卧位未入射的角度部分设计为 BEAM OFF 区域,即保证两种体位的弧数、弧的大小及射线入射范围一致。

由 RapidArc 计划生成两种 QA,计划一种为 PTW 电离室矩阵的验证计划,另一种为瓦里安 RapidArc 系统自带的 Portal Dosimetry 验证计划。利用 PTW 0.6 cc 指形电离室进行绝对剂量的验证,用 PTW 电离室矩阵和 EPID-Portal Dosimetry 系统进行相对剂量的验证。为了保证验证的准确性,验证前对设备进行了刻度,并将电离室矩阵及 EPID-Portal Dosimetry 系统进行了相应的校准^[5]。

(3) 评估方法

比较两种计划的剂量体积直方图与等剂量分布,对靶区评估最大剂量、最小剂量、平均剂量及适形指数(Conformity Index, CI),根据 ICRU83 号报告^[1]的推荐 CTV、PTV 的最大剂量 D_{\max} 用 D_2 (2% 体积所受剂量)表示、最小剂量 D_{\min} 用 D_{98} (98% 体积所受剂量)表示,靶区适形指数 $CI = V_{T,ref} / V_T \times V_{T,ref} / V_{ref}$,其中 V_T 为靶体积, $V_{T,ref}$ 为参考等剂量线面所包绕的靶区体积, V_{ref} 为参考等剂量线面所包绕的所有区域体积。CI 取值为 0~1,越接近 1 说明靶区适合度越好;对脊髓评估最大剂量 D_1 ,即脊髓 1% 体积接受照射的剂量;对双肺均评价 V_5 、 V_{10} 、 V_{20} 、 V_{30} ,即肺接受 5 Gy、10 Gy、20 Gy、30 Gy 的体积百分比;机器跳数(MU)为所有射野(弧)相加的总数;治疗时间为加速器实际执行计划的时间,不包括摆位时间。



a、b、e、f 分别为俯卧位计划的横断位、三维、冠状位和矢状位的剂量分布图;
c、d、g、h 分别为仰卧位计划的横断位、三维、冠状位和矢状位的剂量分布图

图 1 两种计划的剂量分布图

Fig.1 Dose Distribution of Two Kinds of Plan

绝对剂量以 PTW 0.6 cc 指形电离室的测量结果为准;相对剂量验证评估采用 Gamma 指数分析,本研究均采用 3%、3 mm 的 Gamma 指数分析记录结果,95%以上为通过验证。

(4) 统计学方法

均值、标准差等统计学参数均由 SPSS17.0 软件计算得到,分析数据差别采用配对 t 检验的方法, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 剂量学数据

从剂量体积直方图(DVH)和剂量分布来看两种体位设计的 RapidArc 计划完全满足临床要求,且同一病例的两种方法各种剂量学参数基本无明显差异。本研究中等剂量分布图、剂量学数据详见图 1、表 1、表 2,如表 1 所示两种 RapidArc 计划,靶区的剂量学参数无统计学差异($P > 0.05$),由表 2 所示敏感器官的剂量学参数中只有心脏的 V_{10} 有统计学差异 ($t = -2.680, P < 0.05$),其余均无统计学差异($P > 0.05$)。

表 1 两种计划的靶区剂量学参数

Tab.1 Target Dosimetry Parameters of Two Kinds of Plan

Parameters	Supine	Prone	t value	P value
PTV D_{98}	5852.4±138.9	5855.8±127.9	-0.773	0.465
PTV D_2	6628.8±286.3	6626.9±271.8	0.280	0.787
PTV D_{mean}	6465.8±139.8	6463.9±146.2	0.568	0.588
CI	0.86±0.68	0.86±0.70	-1.527	0.170

表 2 两种计划的敏感器官剂量学参数

Tab.2 OARs Dosimetry Parameters of Two Kinds of Plan

Parameters	Supine	Prone	t value	P value
R_Lung V_5	61.8±5.7	62.0±5.5	-0.882	0.407
R_Lung V_{10}	42.3±8.1	42.5±7.9	-1.251	0.251
R_Lung V_{20}	26.7±6.4	26.6±6.5	1.431	0.196
R_Lung V_{30}	16.6±4.4	16.4±4.5	1.860	0.105
L_Lung V_5	58.8±9.2	58.8±9.5	0.207	0.842
L_Lung V_{10}	37.2±16.8	37.1±16.8	0.991	0.355
L_Lung V_{20}	21.8±13.3	21.4±12.7	1.588	0.156
L_Lung V_{30}	12.4±9.5	12.7±10.0	-1.058	0.325
Heart V_{10}	18.9±15.8	19.9±16.1	-2.680	0.032
Heart V_{30}	5.1±5.9	4.9±5.8	1.527	0.170
Spinal Cord D_1	1604.1±1525.9	1603.3±1524.6	1.526	0.172

2.2 相对剂量和绝对剂量数据

8 例病例的验证结果显示,等中心处绝对剂量的准确率达:99.31%±0.52%;同一病例两种体位的绝对剂量差别均在 0.5%以内;相对剂量的验证中,两种方法验证计划的 γ 通过率均在 95%以上,两种体位的 γ 通过率无统计学差异($P > 0.05$),详见表 3。

表 3 两种计划的 γ 通过率

Tab.3 Gamma Pass Rates of Two Kinds of Plan

γ pass rate(%)	Supine	Prone	t value	P value
PTW array	99.03±0.83	99.00±0.89	-0.349	0.741
EPID	98.75±0.72	98.77±0.66	0.500	0.638

2.3 MU 及治疗时间

机器总跳数(MU)无统计学差异($P > 0.05$),治疗时间(T)有统计学差异($t = 8.696, P < 0.001$),仰卧位的治疗计划执行时间相比俯卧位平均多出 20 s,详见表 4。

表 4 两种计划的 MU 及总治疗时间

Tab.4 MU and T of Two Kinds of Plan

Parameters	Supine	Prone	t value	P value
MU	680.6±171.6	667.3±175.4	1.520	0.190
T(Min)	1.67±0.20	1.33±0.21	8.696	<0.001

3 讨论

近年来基于容积调强 (Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT) 的快速旋转调强(RapidArc, 瑞普达)放疗新技术推向临床,它高效、快捷的特点,在保证靶区和危及器官剂量要求情况下,还极大缩短了治疗时间、提高了治疗效率、改善了相对生物效应^[4,6-7],因此其应用也越来越广。通常物理师设计 RapidArc 胸部偏后背肿瘤的计划时,基于传统的观念会采用俯卧位进行定位,并在该体位下采集 CT 图像设计治疗计划,这样做的好处一方面避免了射线从治疗床下方入射,减少射线的衰减,另一方面避免了机架在 180°时不能过对侧的限制,设计治疗计划时可以有更大的发挥空间生成较优的治疗计划。

本研究基于 Varian 公司配备在 RapidArc 上的 Exact IGRT Couch 治疗床及其弧内能产生两段大于 15°BEAM OFF 区域的特点,仅在临床实际应用的层面分析胸部偏后背肿瘤 RapidArc 仰卧位设计治疗计划的可行性。Varian 公司 Exact IGRT Couch 治疗床内部为空心结构,其外表面和内表面的材料实测 CT 值分别为 -950 和 -550,其密度接近于空气,这也就是射线穿过该治疗床几乎无衰减的原因。从设计的实验结果来看,两种方法的等剂量分布及 DVH 图基本无明显差异,统计学方法显示靶区及敏感器官的剂量学参数,只有心脏的 V_{10} 有统计学差异($t = -2.680, P < 0.05$),而实际上就是这个有统计学差异的参数其平均数也仅有 1%的体积差异,差异非常小,且胸部病例临床上通常很少将心脏的 V_{10} 作为衡量计划优劣的主要参考。造成本组研究心脏的 V_{10} 有统计学差异的原因可能是因为优化时对心脏的关注度不够,即未给予心脏的限制很高的权重;等中心处绝对剂量的准确率达(99.31±0.52%),同一病例两种体位的绝对剂量差别均在 0.5%以内;相对剂量的验证中,两种方法验证计划的 γ 通过率均在 95%以上,两种体位的 γ 通过率无统计

疗精度,减小了摆位误差。本文的结果优于张淑慧文献报道的结果^[11],这说明了中心已达到精确放射治疗的标准要求。影响摆位误差的因素很多,分布在肿瘤放射治疗的不同环节,需要我们进一步的学习和改进。

【参考文献】

- [1] Nithiananthan S, Schafer S, Uneri A, et al. Demons deformable registration of CT and cone-beam CT using an iterative intensity matching approach [J]. Med Phys, 2011, 38(4): 1785-1798.
- [2] 孙小喆,孟慧鹏,毛京群,等. OBI 影像引导放射治疗系统的质量保证(QA)及维护保养[J]. 中国医学物理学杂志,2013, 30(6): 4527-4529.
Sun XZ, Meng HP, Mao JQ, et al. OBI image guided radiation therapy system of quality assurance (QA) and maintenance[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2013, 30(6): 4527-4529.
- [3] Varian Medical Systems OBI 1.5 Physics Course[M]. 2013, 1:1-230.
- [4] 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.
Xu F, Bai S, Wang Q, et al. With the cone beam CT image radiation beam position measurement error [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2007, 16(6): 461-464.
- [5] 何强,荆保国,朱云. 鼻咽癌放射治疗不同摆位技术方法的精度比较[J]. 实用医学杂志, 2007, 23(10): 1538-1540.
- [6] 尹文晶,孙颖,迟峰,等.应用锥形束CT研究鼻咽癌容积弧形调强放射治疗的摆位误差 [J]. 中山大学学报 (医学科学版), 2012, 33(5): 678-682.
Yin WJ, Sun Y, Chi F, et al. Application of cone beam CT study nasopharyngeal carcinoma volume the positioning error of arc intensity-modulated radiation therapy [J]. Journal of Sun Yat-sen University (Medical Science Edition), 2012, 33(5): 678-682.
- [7] Hurkmans CW, Remeijer P, Lebesque JV, et al. Set-up verification using portal imaging: review of current clinical practice[J]. Radiotherapy and oncology, 2001, 58(2): 105-112.
- [8] 刘均,陈宏,王永刚,等.图像引导鼻咽癌调强放疗位置误差导致剂量差异分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2011, 20(2): 160-163.
Liu J, Chen H, Wang YG, et al. Image-guided nasopharyngeal carcinoma intensity-modulated radiotherapy dose difference resulted position error analysis [J]. Chinese journal of radiation oncology, 2011, 20(2): 160-160.
- [9] ICRU. Reports 62 ICIU Publication [C].
- [10] Lei X, Brian T, Eduard S. Overview of imageguided radiation therapy[J]. Med Dosimetry, 2006, 31: 91-112.

(上接第 33 页)

学差异;机器总跳数(MU)同样无统计学差异,治疗时间(T)有统计学差异,仰卧位的治疗计划执行时间相比俯卧位平均多出 20 s,这 20 s 的差异主要是由于仰卧位计划多了一段大于 15°的 BEAM OFF 弧,机架空转产生的时间。实际应用中,一般的 RapidArc 执行时间均在 2 min 以内,即便是本研究的仰卧位计划其执行时间也均未超过 2 min,这个时间的差异在临床应用中是可以接受的。

综上所述,胸部偏后背肿瘤 RapidArc 采用仰卧位设计治疗计划满足临床要求,可推广使用。

【参考文献】

- [1] ICRU. Prescribing, Recording, and Reporting Photon-Beam Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT) [J]. Journal of the ICRU, 2010, 10(1): 23-29.
- [2] 张桂芳,卢洁,王传栋,等.乳腺癌根治术后两种调强放疗模式的剂量学研究[J]. 中华放射医学与防治杂志, 2011, 31(4): 456-459.
Zhang GF, Lu J, Wang CD, et al. Dosimetric comparison of two intensity modulated radiotherapy moddes for breast cancer after radical mastectomy[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2011, 31(4): 456-459.
- [3] Akira S, Kenshiro S, Tsuyoshi O, et al. Single-Arc volumetric modulated arc therapy planning for left breast cancer and regional nodes[J]. Radiation Res, 2012, 53(1): 151-153.
- [4] 杨波,虎廷田,孙显松,等.宫颈癌术后盆腔容积调强弧形治疗与固定野调强放疗计划的剂量学研究 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2012, 21(6): 538-539.
Yang B, Pang TT, Sun XS, et al. Dosimetric study of volumetric intensity-modulated arc therapy and fixed field intensity-modulated radiotherapy for cervix cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2012, 21(6): 538-539.
- [5] 陈明伟,邓小武,黄劲敏,等.非晶硅平板电子射野影像用于放射治疗剂量学质量控制检验的应用[J]. 癌症, 2007, 26(11): 1272-1275.
Chen MW, Deng XW, Huang SM, et al. Application of amorphous silicon electronic portal imaging device (a-Si EPID) to dosimetry quality assurance of radiation therapy [J]. Chinese Journal of Cancer, 2007, 26(11): 1272-1275.
- [6] Peter W, Kit CC, Cheng KW, et al. Volumetric intensity-modulated arc therapy vs conventional intensity-modulated radiation therapy in nasopharyngeal carcinoma: a dosimetric study [J]. Radiation Res, 2012, 54(3): 532-535.
- [7] 吴昊,韩树奎,孙艳,等.局部进展期鼻咽癌快速旋转调强与固定野动态调强放疗的剂量学比较[J]. 中华放射医学与防治杂志, 2010, 19(5): 410-413.
Wu H, Han SK, Sun Y, et al. Dosimetric comparison of RapidArc with fixed gantry dynamic IMRT for LoCo-reg Ionally advanced nasopharyngeal carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2010, 19(5): 410-413.