

胸部肿瘤内外照射方式的靶区剂量分布和肺受照剂量

张广鹏, 杨波, 庞皓文, 石翔翔, 陈仁金, 谭龙婧, 唐涛, 陈斌, 吴敬波, 孙小杨
西南医科大学附属肿瘤医院肿瘤科, 四川 泸州 646000

【摘要】目的:比较插植照射和调强照射两种照射方式在胸部肿瘤靶区内的剂量分布和肺受照剂量。**方法:**选取18例接受插植放疗的胸部肿瘤病人,分别制作计划靶区(PTV)处方剂量为120 Gy的调强计划和临床靶区(CTV)处方剂量为120 Gy的插植计划。计算 D_{95} (靶区95%体积的受照剂量)、 D_{90} 、 D_{50} 、 D_{30} 、靶区倍率因子曲线和肺 V_{20} 、 V_{30} 。**结果:**调强放疗和插植放疗计划的肺 V_{20} 分别为 $(21.50 \pm 16.89)\%$ 和 $(33.73 \pm 12.12)\%$ ($P < 0.05$),肺 V_{30} 分别为 $(14.63 \pm 13.29)\%$ 和 $(29.86 \pm 12.55)\%$ ($P < 0.05$)。调强计划PTV和插植计划CTV的 D_{95} 无统计学差异($P > 0.05$), D_{90} 、 D_{50} 和 D_{30} 具有统计学差异($P < 0.05$)。**结论:**调强放疗的靶区剂量分布比较均匀,而插植照射的靶区剂量分布呈高梯度变化且越靠近靶区中心剂量越高;在内照射三维计划系统中设计内照射计划时,靶区剂量均匀性验收要求应该区别于外照射方式。

【关键词】胸部肿瘤;调强放疗;插植放疗;靶区;剂量分布

【中图分类号】R730.55

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)06-0570-04

Dose distributions and lung doses of interstitial irradiation therapy and intensity-modulated radiotherapy for thoracic neoplasms: a domestic comparison

ZHANG Guangpeng, YANG Bo, PANG Haowen, SHI Xiangxiang, CHEN Renjin, TAN Longjing, TANG Tao, CHEN Bin, WU Jingbo, SUN Xiaoyang

Department of Oncology, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, China

Abstract: Objective To compare the dose distribution in target areas and lung dose between interstitial irradiation therapy and intensity-modulated radiotherapy (IMRT) for thoracic neoplasms. **Methods** Eighteen patients with thoracic neoplasms receiving interstitial irradiation were selected. For each patient, the interstitial irradiation therapy plan with 120 Gy prescribed dose for clinical target volume (CTV) and the IMRT plan with 120 Gy for planning target volume were designed, respectively. The dose of the 95% volume of the target area (D_{95}), D_{90} , D_{50} , D_{30} , multiplying factor curve, and the V_{20} and V_{30} of lung were calculated. **Results** Significant differences between IMRT plan and interstitial irradiation therapy plan were found in the lung- V_{20} [$(21.50 \pm 16.89)\%$ vs $(33.73 \pm 12.12)\%$] and lung- V_{30} [$(14.63 \pm 13.29)\%$ vs $(29.86 \pm 12.55)\%$] ($P < 0.05$). The comparison between CTV of interstitial irradiation therapy plan and PTV of IMRT plan also showed that statistical differences was not found in D_{95} ($P > 0.05$), but in D_{90} , D_{50} and D_{30} ($P < 0.05$). **Conclusion** The homogeneity index of dose distribution in target areas in IMRT was higher compared to that in interstitial irradiation therapy. The dose in interstitial irradiation therapy was higher with closer to the center of CTV. The dose uniformity in target areas and acceptance requirements of irradiation plan designed in three-dimensional planning system should be distinguished from the external irradiation mode.

Keywords: thoracic neoplasms; intensity-modulated radiotherapy; interstitial irradiation therapy; target area; dose distribution

前言

肺癌是常见恶性肿瘤之一,放化疗后手术切除残存病灶预后好,其中,远处转移为手术的主要失败

原因^[1-2]。肺癌的放射治疗中,外照射把处方剂量给予计划靶区(Planning Target Volume, PTV);因为内照射插植放疗把照射源置入肿瘤靶区内部,随靶区同步移动,所以内照射的肿瘤靶区的处方剂量可以直接给予临床靶区(Clinical Target Volume, CTV)。在相同的正常组织放疗损伤的情况下,内照射可以提高肿瘤靶区的照射剂量,有潜在的肿瘤局部控制率提高^[3-7]。在非小细胞肺癌的放射治疗中,Xiang等^[8]采用了一次性给予肿瘤靶区30 Gy的插植照射

【收稿日期】2017-04-07

【基金项目】四川省医学科研青年创新课题(Q15020);泸州市科技计划项目(15191)

【作者简介】张广鹏,硕士,研究方向:肿瘤放射物理,E-mail: 292802-609@qq.com

【通信作者】孙小杨,E-mail: sunxy0611@126.com

方法,照射完成后,患者无血胸、呼吸困难等症状,且1年总生存率达90.9%。从剂量学的角度进行分析,插植照射除了对肿瘤进行单次大剂量照射,具有较大的等效生物剂量外(等效生物剂量约为120 Gy),插植照射所形成的靶区剂量分布也与外照射方式所形成的靶区剂量分布不同。总的来说,以调强为代表的照射方式给予肿瘤靶区是一个比较均匀的剂量分布,而插植照射会在靶区内部形成一个高梯度的剂量分布。本文针对胸部肿瘤内外照射的肿瘤靶区剂量分布和肺剂量做了一定研究,以便更清楚地了解这两种剂量分布之间的关系。

1 材料与方法

1.1 一般资料

选择2013年5月到2015年9月在西南医科大学附属医院明确诊断为非小细胞肺癌,并拒绝手术而选择放疗的18例病例,病例详情见表1。对每例患者分别作插植计划和调强计划。在Oncentra 4.1放疗计划系统中,制作的插植计划满足95%的CTV体积受照剂量为120 Gy;调强计划设计方案为9野调强,每野机架角度间隔40°,满足95%的PTV体积受照剂量为120 Gy,其中PTV为在CTV基础上外扩8 mm^[9-11]。

表1 病例基本数据

Tab.1 General clinical data of 18 patients

Characteristics		n
Total no. of patients		18
Gender	Male	12
	Female	6
Site	Left lung	13
	Right lung	5
CTV volume/cm ³	Maximum	452.23
	Minimum	5.13
No. of CTV>100 cm ³		4

CTV: Clinical target volume

1.2 数据分析

D_{95} 表示为95%靶区体积接受最小照射剂量^[12]。在插植和调强两类计划中,分别测量CTV的 D_{95} 、 D_{90} 、 D_{50} 和 D_{30} 。倍率因子定义为 D_x 的平均值除以插植计划中CTV靶区 D_{95} 的平均值,然后做倍率因子曲线,如:调强PTV的 $\overline{D_{30}}$ 的倍率因子为 $\overline{D_{30}}/\overline{D_{95}}$,表示为30%的PTV体积受照剂量与95%的CTV体积受照剂

量比值。统计针对PTV的调强放疗计划和针对CTV的插植放疗计划的肺 V_{20} (受照20 Gy的百分比体积)和 V_{30} 。

1.3 统计学方法

在SPSS 16.0统计软件中计算各参数平均值,采用 t 检验进行分析,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

针对PTV的调强放疗计划和针对CTV的插植放疗计划的 V_{20} 分别为 $(21.50 \pm 16.89)\%$ 和 $(33.73 \pm 12.12)\%$ ($P<0.05$), V_{30} 分别为 $(14.63 \pm 13.29)\%$ 和 $(29.86 \pm 12.55)\%$ ($P<0.05$)。调强计划PTV和插植计划CTV的 D_{95} 无统计学差异($P>0.05$),而CTV的 D_{90} 、 D_{50} 和 D_{30} 具有统计学差异($P<0.05$)(表2)。调强计划的靶区内剂量分布无高剂量梯度变化(图1),而插植照射的靶区剂量分布呈高梯度变化(图2)。倍率因子曲线见图3。

3 讨论

调强放疗技术的出现,使放疗计划设计的高剂量分布与肿瘤靶区形状的适形度更高,减少正常组织的照射剂量,进一步提高肿瘤照射剂量。调强放疗技术提高了肿瘤放疗患者的长期和短期生存率,减少了副反应,提高了生活质量^[13-16]。调强计划设计遵循靶区内剂量均匀的原则,一般要求靶区内部的剂量变动在 $\pm 5\%$ 以内,使靶区剂量分布处于比较均匀的状态。

在内照射三维计划系统中制作插植内照射计划,虽然同样可以设计出高剂量线适形于靶区的计划,但高剂量围绕驻留点分布,靶区内部的剂量的不均匀是不可避免的。为了控制剂量热点和冷点,一般建议保持驻留点分布均匀,以降低靶区剂量的梯度变化,但仍很难达到照射剂量变动在 $\pm 5\%$ 以内的均匀性要求。由倍率因子曲线可知调强放疗在CTV内的剂量分布比较均匀,但在PTV内稍微有一定梯度变化;插植照射在CTV内的剂量分布呈高梯度变化,当靶区体积为总体积二分之一时,最低的照射剂量增加到处方剂量的2倍左右,并且越靠近靶区中心,剂量越高;在肺受照剂量上,插植计划明显低于调强计划。

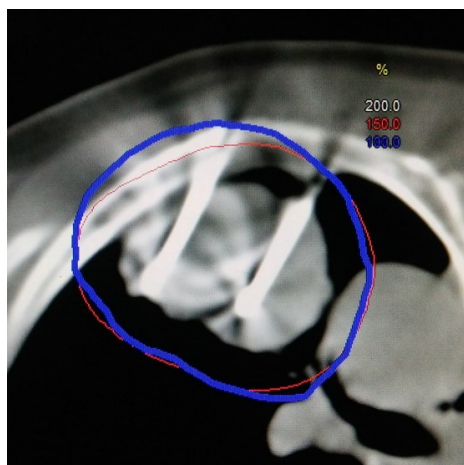
在靶区内部的剂量分布是否必须遵循剂量均匀的原则,这是一个值得讨论的问题。文献[8]指出,对于肿瘤靶区单次30 Gy的内照射,虽然靶区内部剂量梯度变化较大,但患者并无明显的无血胸、呼吸困难等症状,随访观察也无较重的放射性副反应。所以,我们认为,如果只是靶区内部存在剂量高梯度变化,这不应该作

表2 两类计划的靶区剂量值(Gy)

Tab.2 Target area dose in interstitial irradiation therapy plan and IMRT plan (Gy)

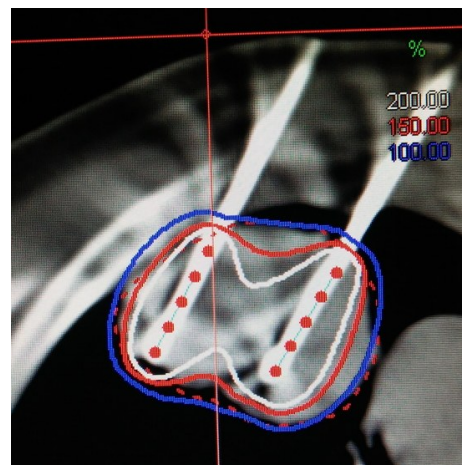
Target area	$D_{95}\Delta$	D_{90}^*	D_{50}^*	D_{30}^*
ISIT (CTV)	120.18±0.52	134.09±0.94	240.23±15.48	336.62±4.61
IMRT (PTV)	120.17±0.66	132.58±5.62	137.87±6.18	139.60±6.42
IMRT (CTV)	133.34±3.61	121.69±0.38	134.25±4.92	137.46±5.93

ISIT: Interstitial irradiation; IMRT: Intensity-modulated radiotherapy; PTV: Planning target volume; Δ : Statistical differences were not found between ISIT (CTV) and IMRT (PTV) ($P>0.05$), but found between ISIT (CTV) and IMRT (CTV) ($P<0.05$), between IMRT (CTV) and IMRT (PTV) ($P<0.05$); *: Statistical differences were found in the comparative analysis within the three groups ($P<0.05$).



The blue thick line was the isodose curve for the 100% prescription dose and the red line indicated the PTV.

图1 调强剂量分布图
Fig.1 Dose distribution in IMRT



The blue thick line was the isodose curve for the 100% prescription dose, red for 150% and white for 200%. The red dotted line indicated CTV.

图2 插植内照射剂量分布图
Fig.2 Dose distribution in ISIT

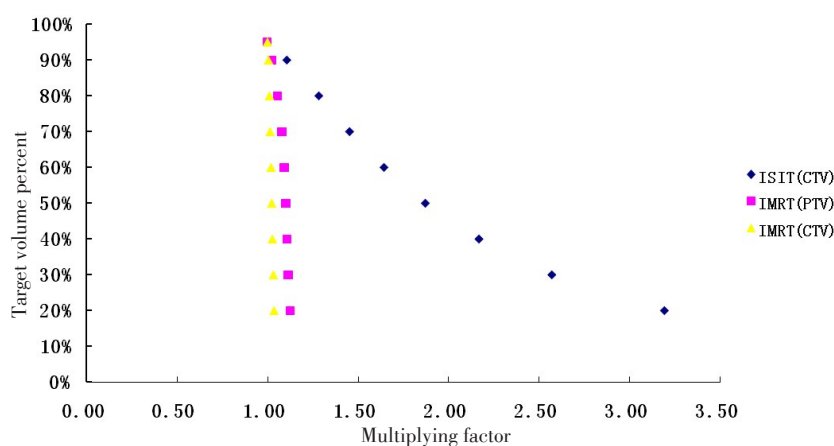


图3 倍率因子曲线
Fig.3 Multiplying factor curve

为计划是否可以验收的主要参考条件,尤其这种越靠近靶区中心剂量越高的剂量梯度变化。

由于内外照射的方式不同,对于靶区剂量的

均匀性要求也应不同。在内照射三维计划系统中设计内照射计划,应该设定一个怎样的靶区剂量梯度变化标准还有待于进一步的研究和分析。

【参考文献】

- [1] 任宝志, 周玉霞, 张红, 等. 局限期小细胞肺癌不同定位方式放疗联合化疗的疗效和预后分析[J]. 现代肿瘤医学, 2015, 23(23): 3435-3439.
REN B Z, ZHOU Y X, ZHANG H, et al. Long-term result and prognostic analysis of concurrent chemotherapy and radiotherapy in different ways for limited small cell lung cancer[J]. Journal of Modern Oncology, 2015, 23(23): 3435-3439.
- [2] 姚晓军, 刘伦旭. 肺癌的流行病学及治疗现状[J]. 现代肿瘤医学, 2014, 22(8): 1982-1986.
YAO X J, LIU L X. Epidemiology and treatment of lung cancer[J]. Journal of Modern Oncology, 2014, 22(8): 1982-1986.
- [3] 李宏奇, 夏廷毅. SBRT治疗早期非小细胞肺癌的研究进展[J]. 实用肿瘤学杂志, 2012, 26(1): 18-23.
LI H J, XIA T Y. Stereotactic body radiotherapy (SBRT) for early-stage non-small cell lung cancer[J]. Practical Oncology Journal, 2012, 26(1): 18-23.
- [4] BAUMANN P, NYMAN J, HOYER M, et al. Outcome in a prospective phase II trial of medically inoperable stage I non-small-cell lung cancer patients treated with stereotactic body radiotherapy[J]. J Clin Oncol, 2009, 27(20): 3290-3296.
- [5] FAKIRIS A J, MCGARRY R C, YIANNOUTSOS C T, et al. Stereotactic body radiation therapy for early-stage non-small-cell lung carcinoma: four-year results of a prospective phase II study[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2009, 75(3): 677-682.
- [6] RICARDI U, FILIPPI A R, GUARNERI A, et al. Stereotactic body radiation therapy for early stage non-small cell lung cancer: results of a prospective trial[J]. Lung Cancer, 2010, 68(1): 72-77.
- [7] MATSUO Y, SHIBUYA K, NAGATA Y, et al. Prognostic factors in stereotactic body radiotherapy for non-small-cell lung cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2011, 79(4): 1104-1111.
- [8] XIANG L, ZHANG J W, LIN S, et al. Computed tomography-guided interstitial high-dose-rate brachytherapy in combination with regional positive lymph node intensity-modulated radiation therapy in locally advanced peripheral non-small cell lung cancer: a phase 1 clinical trial[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2015, 92(5): 1027-1034.
- [9] 季永领, 许亚萍, 马胜林, 等. 非小细胞肺癌不同调强放疗方案的剂量学对比研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2010, 30(1): 33-36.
JI Y L, XU Y P, MA S L, et al. Dosimetric evaluation of different IMRT treatment plans for non-small cell lung cancer[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2010, 30(1): 33-36.
- [10] 朱广迎, 夏廷毅, 王绿化, 等. 非小细胞肺癌靶区勾画的共识与争议[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2008, 17(6): 432-436.
ZHU G Y, XIA T Y, WANG L H, et al. Consensus and controversies on delineation of radiotherapy target volume for patients with non-small cell lung cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2008, 17(6): 432-436.
- [11] 鞠潇, 李明辉, 周宗玖, 等. 肺癌放疗中四维CT技术与传统方法勾画靶区计划比较[J]. 中华肿瘤杂志, 2014, 36(1): 34-38.
JU X, LI M H, ZHOU Z M, et al. 4D-CT-based plan target volume (PTV) definition compared with conventional PTV definition using general margin in radiotherapy for lung cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2014, 36(1): 34-38.
- [12] 汪隽琦, 李龙根, 徐志勇, 等. 食管癌靶区剂量不均匀性提高在逆向调强计划中的应用[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2011, 31(4): 453-455.
WANG J Q, LI L G, XU Z Y, et al. Application of dose heterogeneity in the target volume in intensity-modulated radiation therapy of esophageal cancer[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2011, 31(4): 453-455.
- [13] 孔洁, 李晓宁, 韩春, 等. 792例食管癌三维技术放疗的疗效分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2012, 21(5): 421-424.
KONG J, LI X N, HAN C, et al. Treatment outcomes of 792 cases of esophageal carcinoma patients treated with three-dimensional radiotherapy[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2012, 21(5): 421-424.
- [14] 易俊林, 高黎, 徐国镇, 等. 147例鼻咽癌调强放疗结果分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2008, 17(5): 329-334.
YI J L, GAO L, XU G Z, et al. Treatment results of intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma: an analysis of 147 patients[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2008, 17(5): 329-334.
- [15] 梁毅, 林少俊, 潘建基, 等. 133例Ⅲ期鼻咽癌调强放疗的疗效及不良反应分析[J]. 中国癌症杂志, 2012, 22(3): 212-217.
LIANG Y, LIN S J, PAN J J, et al. Efficacy of clinical stage III nasopharyngeal carcinoma treated by intensity-modulated radiation therapy combined with chemotherapy[J]. China Oncology, 2012, 22(3): 212-217.
- [16] 崔甜甜, 吴少雄, 韩非, 等. 鼻咽癌调强放疗对腮腺功能的影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2009, 18(3): 167-169.
CUI T T, WU S X, HAN F, et al. Influence of intensity-modulated radiation therapy on parotid function in nasopharyngeal carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2009, 18(3): 167-169.

(编辑:谭斯允)