

CRT+ARC技术在肺癌“T”形靶区患者放射治疗中的剂量学研究

张彦秋¹, 韩阿蒙², 李金旺¹, 李秀梅¹, 顾涛¹, 付占昭¹, 毛羽¹, 徐淑凤³

1. 秦皇岛市第一医院肿瘤放疗科, 河北 秦皇岛 066000; 2. 燕山大学信息中心, 河北 秦皇岛 066004; 3. 秦皇岛市第一医院呼吸一科, 河北 秦皇岛 066000

【摘要】目的:探讨适形放疗(CRT)+容积旋转调强(ARC)在肺癌“T”形靶区放疗计划中的剂量学特点。**方法:**使用瓦里安计划系统(Eclipse 10.0)对随机选取的15例已行固定野调强放射治疗(FF-IMRT)治疗的肺癌“T”形靶区的患者,采用CRT和ARC设计CRT+ARC计划,采用CRT和FF-IMRT设计CRT+IMRT计划。在满足相同处方剂量要求的情况下,评价和比较两种治疗计划中计划靶区(PTV)的最小剂量(D_{min})、最大剂量(D_{max})、中位剂量、适形度指数(CI)、均匀性指数(HI)和危及器官受量(正常肺的 V_5 、 V_{10} 、 V_{13} 、 V_{20} 、 V_{30} 和平均剂量,脊髓 D_{max} ,心脏 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 、 V_{45} 和平均剂量,食管 V_{50} 、 D_{max}),并比较两种治疗计划正常组织B-P受量和总机器跳数。**结果:**(1)PTV剂量学指标。CRT+ARC计划与CRT+IMRT计划相比,靶区中位值和 V_{107} 略有升高,具有统计学意义($P=0.000$ 、 0.003),其它剂量学指标(PTV的 D_{min} 、 D_{max} 、CI、HI)均无统计学意义。(2)危及器官受量。CRT+ARC计划与CRT+IMRT计划相比,脊髓 D_{max} 有所降低,且具有统计学意义($P=0.000$),正常肺的 V_{13} 有所升高,但不具有统计学意义,正常肺的 V_5 、 V_{10} 、 V_{20} 、 V_{30} 和平均剂量有所降低,且 V_{20} 、 V_{30} 和平均值具有统计学意义($P=0.000$ 、 0.020 、 0.006);其它危及器官受量,食管 V_{50} 和 D_{max} ,心脏 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 、 V_{45} 和平均剂量,均无统计学意义。(3)正常组织B-P受量。CRT+ARC计划与CRT+IMRT计划相比, V_{10} 略有增高,且具有统计学意义($P=0.030$); V_{15} 、 V_{20} 、 V_{25} 和 V_{30} 有所降低,且具有统计学意义($P=0.000$ 、 0.000 、 0.000 、 0.001);其它剂量学指标(V_5 、 V_{35} 、 V_{40} 、 V_{45} 和 V_{50})无统计学意义。(4)机器跳数。CRT+ARC计划和CRT+IMRT计划单次计划中各射野机器跳数累加之和分别为 460 ± 59 、 $1\,561\pm 180$,两者有显著统计学意义($P=0.000$)。**结论:**对于局部晚期或晚期具有“T”形(或“Y”形)靶区的肺癌患者,CRT+ARC计划比CRT+IMRT计划,在靶区剂量分布、保护肺和脊髓方面表现出了优势,明显减少了机器跳数,且肺和正常组织的低剂量受照体积受量未增加,还有一定程度的降低,这对于CRT+ARC技术在临床上应用,具有重要的指导意义。

【关键词】肺癌;“T”形靶区;适形放疗;容积旋转调强;固定野调强放射治疗;剂量学

【中图分类号】R811.1;R734.2

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)07-0712-07

Dosimetric study of conformal radiation therapy+volumetric modulated arc therapy for T-shaped target areas in lung cancer patients

ZHANG Yanqiu¹, HAN Ameng², LI Jinwang¹, LI Xiumei¹, GU Tao¹, FU Zhanzhao¹, MAO Yu¹, XU Shufeng³

1. Department of Radiotherapy, First Hospital of Qinhuangdao, Qinhuangdao 066000, China; 2. Information Technology Center, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China; 3. Department of Respiratory, First Hospital of Qinhuangdao, Qinhuangdao 066000, China

Abstract: Objective To discuss the dosimetric characteristics of conformal radiation therapy (CRT)+volumetric modulated arc therapy (ARC) for T-shaped target areas in patients with lung cancer. **Methods** Varian treatment planning system (Eclipse 10.0) was used to design CRT+ARC plan and CRT+fixed-field intensity-modulated radiotherapy (CRT+IMRT) plan for T-shaped target areas in 15 lung cancer patients who had been treated with fixed-field IMRT. With the same dose prescription, the minimum dose (D_{min}), maximum dose (D_{max}), median dose, conformity index (CI), and homogeneity index (HI) of planning target volume (PTV), and the dose of organs-at-risk (OAR), (including the V_5 , V_{10} , V_{13} , V_{20} , V_{30} and mean dose of normal lung, spinal cord- D_{max} , the V_{20} , V_{30} , V_{40} , V_{45} and mean dose of heart, and the V_{50} and D_{max} of esophagus) were evaluated and compared between CRT+ARC plan and CRT+IMRT plan. And the dose of normal tissues and total monitor units (MU) between the two plans were also compared. **Results** For the PTV dosimetric index, median dose and V_{107} in CRT+ARC plan increased, compared to those in CRT+IMRT plan ($P=0.000$ and 0.003 , respectively), and no statistical differences between the two plans were found in the other

【收稿日期】2017-03-07

【基金项目】河北省科技计划项目(162777171)

【作者简介】张彦秋,硕士研究生,主管技师,研究方向:放射治疗物理学,E-mail: zmary198589@163.com

dosimetric parameters (D_{\min} , D_{\max} , CI and HI of PTV). For OAR dose, compared with CRT+IMRT plan, CRT+ARC plan significantly decreased spinal cord- D_{\max} ($P=0.000$), while increased the V_{13} of normal tissue, without statistical significance. Among the decreased V_5 , V_{10} , V_{20} , V_{30} and mean dose of normal tissue in CRT+ARC plan, as comparison with those in CRT+IMRT plan, the differences in V_{20} , V_{30} and mean dose showed statistical significance ($P=0.000$, 0.020 , 0.006 , respectively). No statistical differences were found in the other OAR dosimetric indexes (the V_{50} and D_{\max} of esophagus, the V_{20} , V_{30} , V_{40} , V_{45} and mean dose of heart). For normal tissue B-P dose, compared with CRT+IMRT plan, CRT+ARC plan showed slightly increased V_{10} and decreased V_{15} , V_{20} , V_{25} , V_{30} , with statistical differences ($P=0.030$, 0.000 , 0.000 , 0.000 , 0.001 , respectively). No statistical significances were found in the other dosimetric indexes (V_5 , V_{35} , V_{40} , V_{45} , V_{50}). The total MU of all beam fields in a fractionated therapy was 460 ± 59 , $1\ 561\pm 180$ for CRT+ARC plan and CRT+IMRT plan, respectively ($P=0.000$). **Conclusion** For the T- or Y-shaped target areas in the patients with locally advanced or advanced lung cancer, compared with CRT+IMRT plan, CRT+ARC plan shows advantages in the dose distribution of target areas and the protection of lung and spinal cord, and significantly decreases MU without increasing or even decreasing the dose of lung, normal tissues and low-dose volume, which provides important guidance for the application of CRT+ARC in clinical use.

Keywords: lung cancer; T-shaped target area; conformal radiation therapy; volumetric modulated arc therapy; fixed-field intensity-modulated radiotherapy; dosimetry

前言

由于大气环境污染等的影响,肺癌的发病率呈逐年上升趋势,尤其是在中国的北部地区,肺癌发病率已居于首位^[1]。容积旋转调强放射治疗(Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT)^[2-5](本文选择的是Rapid ARC技术,即VMAT技术的一种)是继适形放射治疗(Conformal Radiation Therapy, CRT)和固定野调强放射治疗(Fixed-Field Intensity-Modulated Radiotherapy, FF-IMRT)之后出现的较为先进的治疗方式。因其较快的治疗效率和较少的机器跳数,VMAT在临床中得到了越来越广泛的应用,但VMAT在肺部恶性肿瘤治疗应用的初期,由于正常肺组织低剂量受照体积较高,易引起肺炎,而且会因为呼吸动度及心脏跳动等的影响而受到限制。CRT技术的优点是相对安全稳定且肿瘤边缘剂量较高,但其缺点是受照射靶区的适形度和均匀性相对较差,直接影响肿瘤的局部控制率和患者的生存率。FF-IMRT技术极大地提高了受照射靶区的适形度和均匀性,而该技术的缺点是机器跳数较大、治疗时间相对较长。笔者在日常计划设计中发现,有相当一部分的局部晚期或晚期的肺癌患者常出现锁骨上淋巴结转移,在放射治疗勾画靶区时,要包括锁骨上淋巴引流区,这样的靶区在冠状面呈“T”或“Y”形,相对较长且上面呈分叉形,整体上较不规则。对这种“T”形靶区进行计划设计,单一的技术很难实现满意的靶区分布和较低的正常肺组织受量。考虑到上述3种技术的优缺点,本研究使用CRT+ARC技术和CRT+IMRT技术回顾研究15例“T”形靶区肺癌患者的剂量学特点,并分析这两种技术的肿瘤靶区适形度和均匀性以及

其他危及器官的受照剂量,从而评估这两种治疗方式的优劣,为CRT+ARC技术的临床应用和计划设计提供参考。

1 材料与方法

1.1 病例选择及一般资料

随机选取2016年2月1日~2017年2月1日在秦皇岛市第一医院肿瘤放疗科治疗的肺癌患者15例,计划靶区均为“T”形,其中女性3人,男性12人,年龄41~76岁,中位年龄58岁,均为局部晚期或晚期(小细胞肺癌患者为广泛期),计划靶区体积(Planning Target Volume, PTV)为489.0~1 090.7 cc,患者基本情况如表1所示。本研究已通过秦皇岛市第一医院伦理委员会讨论批准,患者均签署知情同意书。

1.2 固定体位及CT扫描

患者取仰卧位躺于CT床上,采用热塑体罩固定。采用通用电气公司的CT扫描仪进行模拟定位,扫描层厚和层距均为2.5 mm。CT影像经瓦里安ARIA肿瘤治疗综合管理软件传送到ARIA服务器,之后在治疗计划系统(TPS)终端接收影像到本地。

1.3 勾画靶区

在TPS上由同一组副主任以上的放疗医生勾画靶区和危及器官。根据ICRU62号报告,靶区包括大体肿瘤体积(Gross Tumor Volume, GTV)和临床靶体积(Clinical Tumor Volume, CTV)。GTV包括影像学显示的原发肿瘤和转移淋巴结区域,术后放疗的患者无GTV。对于组织学为鳞癌患者,CTV由GTV外扩6 mm得到;组织学为腺癌和小细胞肺癌患者,CTV由GTV外扩8 mm得到;对于有淋巴结受侵的区域,CTV应包括相应的区域淋巴结。本研究的患者

表1 患者基本情况

Tab.1 General clinical data of patients

Number	Gender	Age (years)	Pathological pattern	Stage	PTV/cc	Therapy
1	Male	59	B	IV	570.2	α
2	Male	54	A	Extensive	553.7	β
3	Male	66	A	Extensive	791.9	β
4	Male	76	C	IIIB	787.4	γ
5	Male	63	A	Extensive	761.7	β
6	Male	50	A	Extensive	1 090.7	β
7	Male	51	A	Extensive	866.7	β
8	Male	50	A	Extensive	584.5	β
9	Female	50	A	Extensive	489.0	β
10	Male	66	C	IV	551.3	α
11	Male	41	B	IIIB	981.6	β
12	Male	58	B	IIIB	803.9	γ
13	Female	50	A	Extensive	695.4	β
14	Female	67	A	Extensive	1 040.6	β
15	Male	69	A	Extensive	530.4	β

PTV: Planning target volume; A: Small-cell lung cancer; B: Glandular cancer; C: Squamous-cell cancer; α : Operation+radiotherapy and chemotherapy; β : Chemotherapy+radiotherapy; γ : Radiotherapy+targeted therapy

均有锁骨上淋巴结转移,所以CTV包括锁骨上淋巴结区域、PTV和由CTV加上肿瘤的运动范围和摆位误差;危及器官包括脊髓、食管、心脏和全肺。

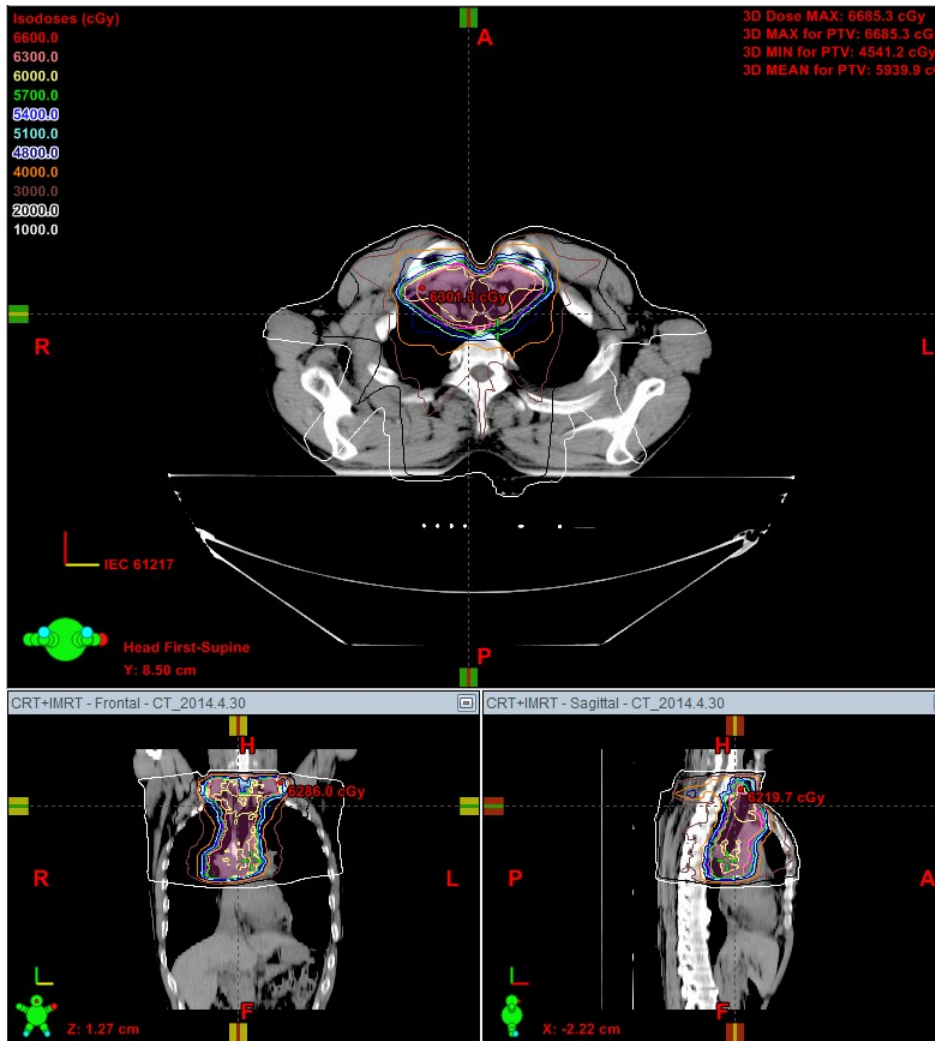
1.4 方案设计

由高年资的放疗物理师在瓦里安公司的Eclipse 10.0系统上进行计划设计。对每一例患者在同一套CT图像上分别设计两种方案,均选6 MV X射线,射野中心位置相同。CRT计划为前后对穿加左右对穿的4野照射。第一种方案为CRT+ARC方案,ARC计划的射野为两个弧,分别为顺时针 $181^{\circ} \sim 179^{\circ}$ 、逆时针 $179^{\circ} \sim 181^{\circ}$,两侧去掉 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 、 $240^{\circ} \sim 300^{\circ}$,准直器角度分别为 10° 、 350° ,治疗床角度均为 0° 。第二种方案为固定野CRT+IMRT方案,IMRT计划共有7个共面射野,采用“上4下3”,射野角度分别为 20° 、 60° 、 140° 、 180° 、 220° 、 300° 、 340° ,机头角和床角均为 0° 。同一患者两种方案的处方剂量相同,均为60 Gy,单次剂量为2 Gy,共30次;CRT和IMRT或ARC的剂量分配比例为1:1;计划的优化和限制参数相同。参照NCCN指南和相关的研究结果,剂量优化的剂量限制条件为:处方剂量线包绕95%以上的靶体积,脊髓最大剂量小于45 Gy,食管 V_{50} 小于50%,心脏

V_{30} 和 V_{40} 分别小于40%和30%,正常肺体积 V_5 、 V_{20} 、 V_{30} 和平均剂量分别小于65%、30%、20%和15 Gy。为了减少肺低剂量的受照体积,VMAT计划去掉两侧的部分弧度,IMRT计划采用“上4下3”的的角度,而不是角度均分。

1.5 评估方法

比较两种计划的剂量分布、剂量-体积直方图,从而得出靶区、危及器官和正常组织(定义为全肺正常组织减去PTV,即B-P)的剂量学参数。靶区的评估指标有最小剂量、最大剂量、中位剂量、均匀性指数(Homogeneity Index, HI)、适形度指数(Conformity Index, CI)、靶区受107%处方剂量体积 V_{107} 。其中, $HI = (D_2 - D_{98}) / D_p \times 100\%$ ^[6], D_2 为2%靶区体积受到的最大剂量,代表“最大剂量”, D_{98} 为98%的靶区体积受到的最低剂量,代表“最小剂量”, D_p 为计划给予的处方剂量; $CI = (V_{t,ref} / V_t) \times (V_{t,ref} / V_{ref})$, V_t 为靶区体积, $V_{t,ref}$ 为参考等剂量线面包绕的靶区体积, V_{ref} 为参考等剂量线面所包绕的所有区域的体积^[7]。危及器官的评估指标有脊髓的最大剂量,食管的 V_{50} 和最大剂量,心脏的 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 、 V_{45} 、 V_{60} 和平均剂量,正常肺的 V_5 、 V_{13} 、 V_{20} 、 V_{30} 和平均剂量。这里的 V_x 是指正常肺组



CRT+IMRT: Conformal radiation therapy+fixed-field intensity-modulated radiotherapy

图 2 CRT+IMRT 计划中 3 个平面的等剂量分布
Fig.2 Isodose distribution of three planes in CRT+IMRT plan

表 2 两种治疗计划中靶区剂量学参数比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of dosimetric parameters in target areas between CRT+ARC plan and CRT+IMRT plan(*Mean±SD*)

PTV	CRT+ARC plan	CRT+IMRT plan	Difference	<i>t</i> value	<i>P</i> value
D_{min}/cGy	4 720.92±220.71	4 727.89±192.80	-6.973	-0.103	0.919
D_{mix}/cGy	6 623.50±39.32	6 623.68±38.06	-0.180	-0.286	0.779
Median dose/cGy	6 033.82±60.93	5 918.11±63.04	115.700	7.287	0.000
CI	0.79±0.04	0.79±0.05	-0.001	-0.303	0.766
HI	0.31±0.03	0.32±0.03	-0.005	-0.404	0.692
$V_{107}/\%$	4.55±3.64	1.34±1.29	3.213	3.529	0.003

CI: Conformity index; HI: Homogeneity index

肺 V_{20} 、 V_{30} 和平均剂量具有统计学意义($t=-7.742$ 、 -2.613 、 -3.235 , $P=0.000$ 、 0.020 、 0.006)。其它危及器官受量, 食管 V_{50} 和最大剂量, 心脏 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 、 V_{45} 和平均剂量, 两组计划比较均无统计学意义, 详见表 3。

2.4 B-P 受量

两种计划的正常组织剂量学指标采用配对样本 t

检验。正常组织 B-P 受量比较显示, CRT+ARC 计划相比于 CRT+IMRT 计划, V_{10} 略有增高, 且具有统计学意义($t=2.409$, $P=0.030$); V_{15} 、 V_{20} 、 V_{25} 和 V_{30} 有所降低, 且具有统计学意义($t=-4.529$ 、 -9.248 、 -9.559 、 -4.328 , $P=0.000$ 、 0.000 、 0.000 、 0.001); 其它剂量学指标(V_5 、 V_{35} 、 V_{40} 、 V_{45} 、 V_{50})无统计学意义。详见表 4。

表3 两种治疗技术计划中危及器官剂量学参数比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.3 Comparison of organs-at-risk dosimetric parameters between CRT+ARC plan and CRT+IMRT plan (Mean±SD)

Dosimetric parameters		CRT+ARC plan	CRT+IMRT plan	Difference	t value	P value
Spinal cord-D _{max} /cGy		4 080.95±142.74	4 298.79±146.20	-128.120	-0.934	0.000
Esophagus	V ₅₀ /%	58.31±9.58	56.48±8.14	1.832	1.776	0.098
	D _{max} /cGy	6 397.40±111.71	6 436.28±94.52	-38.880	-0.934	0.366
Heart	V ₂₀ /%	18.97±14.77	18.94±15.10	0.030	0.117	0.908
	V ₃₀ /%	12.59±11.04	12.92±11.68	-0.336	-0.723	0.481
	V ₄₀ /%	7.35±7.45	7.93±7.96	-0.578	-1.643	0.123
	V ₄₅ /%	5.97±6.51	5.91±6.35	0.071	0.337	0.741
	D _{mean} /cGy	1 020.91±636.11	1 007.35±648.37	13.547	0.932	0.367
Normal lung	V ₅ /%	65.19±10.25	65.23±9.94	-0.043	-0.252	0.805
	V ₁₀ /%	55.61±9.10	55.71±8.23	-0.098	-0.284	0.780
	V ₁₃ /%	51.74±8.73	51.33±7.46	0.413	0.699	0.496
	V ₂₀ /%	36.35±7.23	40.61±6.84	-4.262	-7.742	0.000
	V ₃₀ /%	21.91±6.24	23.67±6.58	-1.755	-2.613	0.020
	D _{mean} /cGy	1 683.27±237.34	1 762.61±257.45	-79.340	-3.235	0.006

表4 两种计划正常组织剂量学参数比较(%, $\bar{x} \pm s$)

Tab.4 Comparison of B-P dosimetric parameters between CRT+ARC plan and CRT+IMRT plan (%, Mean±SD)

Dosimetric parameters	CRT+ARC plan	CRT+IMRT plan	Difference	t value	P value
V ₅	45.04±7.37	45.02±7.29	0.021	0.141	0.890
V ₁₀	36.34±6.26	35.92±6.18	0.423	2.409	0.030
V ₁₅	29.85±5.37	30.28±5.34	-0.437	-4.529	0.000
V ₂₀	19.96±4.12	22.26±4.37	-2.291	-9.248	0.000
V ₂₅	15.05±3.43	16.28±3.54	-1.231	-9.559	0.000
V ₃₀	11.51±2.99	12.05±2.88	-0.543	-4.328	0.001
V ₃₅	8.19±2.41	8.33±2.08	-0.141	-0.715	0.486
V ₄₀	5.50±1.58	5.53±1.33	-0.036	-0.244	0.811
V ₄₅	3.64±0.93	3.54±0.79	0.107	1.309	0.212
V ₅₀	2.07±0.79	2.01±0.44	0.061	0.393	0.700

2.5 机器跳数差异

CRT+ARC 计划和 CRT+IMRT 计划单次计划中各射野机器跳数累加之和分别为 460±59、1 561±180, 有差异统计学意义($t=-26.801$, $P=0.000$)。

3 讨论

本研究在计划设计上,为了最大程度地得到较好的靶区剂量分布,CRT 计划选择了 4 个射野,IMRT 计划选择了 7 个射野,ARC 计划选择了 2 个弧,而在实际临床应用中若考虑经济上的因素,CRT 可选择 3 个射野,IMRT 可选择 3~5 个射野,ARC 可选择 1 个弧度,计划质量不会有太大差别。此外,为了使得两种计划有更好的可比性,本研究的处方剂量统一设置为 60 Gy,优化

的限制条件一致,由于考虑中间重新定位缩野的情况,所以每个危及器官的最后剂量并未完全按要求的限制剂量进行评估。此外,由于本研究主要是针对 PTV 的特点进行计划设计,所以患者的基本特征中统计了 PTV 的体积大小,而不是 GTV 的体积大小。

本研究结果显示 CRT+ARC 计划相比于 CRT+IMRT 计划,靶区剂量中位值和 V₁₀₇略有升高,靶区的其它剂量学参数无统计学差异。CRT+ARC 计划的中位值略有升高,可以给予靶区高一些的剂量,对于肿瘤的局部控制有着重要的意义^[8]。对于正常肺组织,除了 V₁₃,CRT+ARC 计划高于 CRT+IMRT 计划,但无统计学意义;其它参数(V₅、V₁₀、V₂₀、V₃₀)均低于 CRT+IMRT 计划,且都有统计学意义,这与单纯 VMAT/IMRT 的研究结果有所不

同, McGrath等^[9]的研究显示, 单纯IMRT计划在保护肺低剂量体积的肺组织有一定的优势, 而对于高剂量体积的肺组织, ARC计划优势较明显, 能够更好地保护肺组织。弓健等^[10]的研究表明, 在非小细胞肺癌患者中, VMAT技术比IMRT技术在减少全肺 V_{20} 、 V_{30} 及心脏 V_{30} 方面有优势, 但IMRT技术在减少肺 V_5 、 V_{10} 方面有优势, 差异均有显著统计学意义, 其它危及器官无明显剂量学差异。本文的研究虽然显示, CRT+ARC计划的靶区中位值有所增高, 但低剂量体积 V_5 、 V_{10} 、 V_{15} 并未增高, 且 V_5 、 V_{10} 还低于CRT+IMRT计划, 具有统计学意义。高剂量体积肺 V_{20} 、 V_{30} 和单纯VMAT/IMRT的研究结果相同。此外, 本研究显示CRT+ARC计划在保护脊髓方面比CRT+IMRT计划有优势。对于正常组织受量, 低剂量受照体积(V_{15} 、 V_{20} 、 V_{25} 、 V_{30} 、 V_{35} 、 V_{40}), CRT+ARC计划低于CRT+IMRT计划, 且前4项具有统计学意义, 而低剂量受照体积(V_5 和 V_{10}), CRT+ARC计划高于CRT+IMRT计划, 且 V_{10} 具有统计学意义。对于食管和心脏, 两种计划没有显著的差异。CRT+ARC计划的机器跳数明显低于CRT+IMRT计划, 具有统计学意义, 在执行治疗计划时, ARC计划的治疗时间明显缩短, 不但可以减少患者治疗时的不适, 而且可以减少加速器的机械磨损以及引发第二肿瘤的概率^[11]。

研究表明, 放射性肺炎与正常肺组织的 V_5 、 V_{10} 、 V_{15} 、 V_{20} 、 V_{30} 和平均剂量密切相关, 而近年来, 低剂量受照的肺体积, V_5 、 V_{10} 和 V_{15} 受到了越来越多的重视^[12-16]。VMAT (Rapid ARC) 技术在肺癌放疗应用的初期, 由于肺组织低剂量受照体积较大和受呼吸及心脏运动的影响而受到限制。本研究结合CRT技术, 一定程度上降低了呼吸和心脏运动的影响, 且本研究结果显示, CRT+ARC技术并未增加肺的低剂量受照体积, 并一定程度上降低了肺的低剂量受照体积(V_5 和 V_{10}), 并降低了高剂量肺的受照体积(V_{20} 、 V_{30} 和平均剂量)。

对于局部晚期或晚期具有“T”形(或“Y”形)靶区的肺癌患者, CRT+ARC计划相比于CRT+IMRT计划, 在靶区剂量分布、保护肺和脊髓方面表现出了优势, 明显减少了机器跳数, 且肺和正常组织的低剂量受照体积受量未增加, 还有一定程度的降低, 这对于CRT+ARC技术在临床上应用, 具有重要的指导意义。

【参考文献】

- [1] 彭莹莹, 张书旭, 余辉, 等. PET/CT图像分割技术在肺癌放疗计划中的应用[J]. 中国医疗设备, 2014, 29(6): 160-163.
PENG Y Y, ZHANG S X, YU H, et al. Application of PET/CT image segmentation technology in formulating radiotherapy plan of lung cancer[J]. China Medical Devices, 2014, 29(6): 160-163.
- [2] YAMASHITA H, HAGA A, TAKAHASHI W, et al. Volumetric modulated arc therapy for lung stereotactic radiation therapy can achieve high local control rates[J]. Radiat Oncol, 2014, 9(1): 243.
- [3] SAPKAROSKI D, OSBORNE C, KNIGHT K, et al. A review of stereotactic body radiotherapy-is volumetric modulated arc therapy the answer?[J]. J Med Radiat Sci, 2015, 62(2): 142-151.
- [4] FITZGERALD R, OWEN R, HARGRAVE C, et al. A comparison of three different VMAT techniques for the delivery of lung stereotactic ablative radiation therapy[J]. J Med Radiat Sci, 2016, 63(1): 23-30.
- [5] ISHII K, OKADA W, OGINO R, et al. A treatment-planning comparison of three beam arrangement strategies for stereotactic body radiation therapy for centrally located lung tumors using volumetric-modulated arc therapy[J]. J Radiat Res, 2016, 57(3): 273-279.
- [6] JIANG X, LI T, LIU Y, et al. Planning analysis for locally advanced lung cancer: dosimetric and efficiency comparisons between intensity-modulated radiotherapy (IMRT), single-arc/partial-arc volumetric modulated arc therapy (SA/PA-VMAT)[J]. Radiat Oncol, 2011, 6(1): 140.
- [7] BALTAS D, KOLOTAS C, GERAMANI K, et al. A conformal index (COIN) to evaluate implant quality and dose specification in brachytherapy[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1998, 40(2): 515-524.
- [8] RAMROTH J, CUTTER D J, DARBY S C, et al. Dose and fractionation in radiation therapy of curative intent for non-small cell lung cancer: meta-analysis of randomized trials[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2016, 96(4): 736-747.
- [9] MCGRATH S D, MATUSZAK M M, YAN D, et al. Volumetric modulated arc therapy for delivery of hypofractionated stereotactic lung radiotherapy: a dosimetric and treatment efficiency analysis[J]. Radiother Oncol, 2010, 95(2): 153-157.
- [10] 弓健, 余荣, 吴昊, 等. 中心型肺癌快速旋转调强与固定射野动态调强放疗的剂量学比较[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2010, 30(4): 448-451.
GONG J, YU R, WU H, et al. Dosimetric comparison between RapidArc and fixed gantry dynamic IMRT for central-type lung cancer radiotherapy [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2010, 30(4): 448-451.
- [11] VERELLEN D, VANHAVERE F. Risk assessment of radiation-induced malignancies based on whole-body equivalent dose estimates for IMRT treatment in the head and neck region[J]. Radiother Oncol, 1999, 53(3): 199-203.
- [12] WANG S L, LIAO Z, VAPORCIYAN A A, et al. Investigation of clinical and dosimetric factors associated with postoperative pulmonary complications in esophageal cancer patients treated with concurrent chemoradiotherapy followed by surgery[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 64(3): 692-699.
- [13] ZHANG X, SHIN Y K, ZHENG Z, et al. Risk of radiation-induced pneumonitis after helical and static-port tomotherapy in lung cancer patients and experimental rats[J]. Radiat Oncol, 2015, 10(1): 195.
- [14] CASTILLO R, PHAM N, ANSARI S, et al. Pre-radiotherapy FDG PET predicts radiation pneumonitis in lung cancer[J]. Radiat Oncol, 2014, 9(1): 74.
- [15] ZHUANG H, HOU H, YUAN Z, et al. Preliminary analysis of the risk factors for radiation pneumonitis in patients with non-small-cell lung cancer treated with concurrent erlotinib and thoracic radiotherapy[J]. Onco Targets Ther, 2013, 2014(7): 807-813.
- [16] FUJIMOTO D, KATO R, MORIMOTO T, et al. Characteristics and prognostic impact of pneumonitis during systemic anti-cancer therapy in patients with advanced non-small-cell lung cancer[J]. PLoS One, 2016, 11(12): e0168465.

(编辑: 谭斯允)