

双侧乳腺癌同步放疗设计中多射野中心及固定钨门技术的应用

张磊,李浦,杨一威,翁邓胡,方敏,邵凯南,郑士明

浙江省肿瘤医院放射物理室/浙江省肿瘤放射治疗重点实验室,浙江 杭州 310022

【摘要】目的:拟利用双射野中心及固定钨门限定射野范围方式分别设计双侧乳腺癌的容积弧形旋转调强及三维静态调强放疗计划,并对两者放射治疗计划的结果进行评价,分析此放疗技术在临床治疗的可行性。**方法:**选取8例确诊且进行放疗的双侧乳腺癌患者进行回顾性研究。利用RayStation v4.5系统,基于Trilogy加速器参数分别设计两种固定射野的调强计划:双射野中心容积旋转调强(D-VMAT)、双射野中心三维静态调强(D-sIMRT)。肿瘤计划靶区(PTV)处方剂量为5 000 cGy/25 f,要求双侧乳腺靶区PTV-L、PTV-R均至少95%以上的靶区体积达到处方剂量,利用剂量体积直方图及计划系统的Clinical goal工具比较两者剂量分布、靶区剂量的均匀性及适形性和心脏、双肺、肝脏、脊髓等重要危及器官的剂量差异。**结果:**两种双中心固定射野的调强计划均可以满足双侧乳腺肿瘤靶区的处方剂量,同时重要器官的剂量满足临床放疗医师限定标准。D-VMAT计划在剂量均匀性指数(HI)及靶区适形度指数(CI)方面均优于D-sIMRT计划($P<0.05$)。两者在心脏 V_{20} 、肝脏 V_5 和 D_{mean} 以及脊髓 D_{max} 保护上并无明显差异。D-sIMRT与D-VMAT计划在全肺的剂量上相比较,后者可以显著降低全肺区域的剂量受量, $V_5(47.9\%\pm 4.6\%$ vs $42.2\%\pm 3.9\%$, $P=0.001$)、 $V_{20}(22.9\%\pm 6.7\%$ vs $17.5\%\pm 4.3\%$, $P=0.021$)、 $V_{30}(15.7\%\pm 5.8\%$ vs $11.7\%\pm 3.6\%$, $P=0.031$)、 $D_{mean}[(1\ 222.5\pm 246.7)$ cGy vs $(1\ 009.5\pm 161.3)$ cGy, $P=0.009$],且能更好降低心脏的平均剂量($P<0.05$);机器跳数MU为 $(1\ 177\pm 311)$ vs 908 ± 130 , $P=0.036$ 。**结论:**双射野中心及限定射野钨门技术的调强计划均可以满足双侧乳腺癌的临床放疗实施,同时D-VMAT计划可给予靶区更好的剂量均匀性及适形性,降低心脏和肺放疗损伤剂量以及提高治疗效率。

【关键词】双侧乳腺癌;双射野中心;固定钨门技术;容积旋转调强;静态调强放射治疗

【中图分类号】R811.1;R737.9;R312

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2019)04-0373-06

Application of double-isocenter and fixed-jaw technology in radiotherapy for bilateral breast cancer

ZHANG Lei, LI Pu, YANG Yiwei, WENG Denghu, FANG Min, SHAO Kainan, ZHENG Shiming

Key Laboratory of Tumor Radiotherapy, Department of Radiation Physics, Zhejiang Cancer Hospital, Hangzhou 310022, China

Abstract: Objective To apply double-isocenter and fixed-jaw technology for the design of volumetric modulated arc therapy (VMAT) and static intensity-modulated radiotherapy (sIMRT) plans for bilateral breast cancer and evaluate the dosimetric results of the two plans, so as to discuss the feasibility of double-isocenter and fixed-jaw technology in radiotherapy for bilateral breast cancer. **Methods** The clinical data of 8 patients with confirmed bilateral breast cancer were retrospective analyzed. Based on Trilogy accelerator parameters, 2 fixed-field radiotherapy plans, namely double-isocenter VMAT (D-VMAT) and double-isocenter sIMRT (D-sIMRT), were designed on RayStation v4.5 system. The planning target volume (PTV) was irradiated with a prescribed dose of 5 000 cGy in 25 fractions. At least 95% of bilateral breast target areas, namely PTV-L and PTV-R, were covered with prescribed dose. The dose-volume histogram and the Clinical goal tool of treatment planning system were used to compare the target dose distribution, the conformity index and homogeneity index of PTV, and the dosimetric characteristics of organs-at-risk, such as heart, lungs, liver and spinal cord. **Results** Both of two radiotherapy plans satisfied the treatment criteria. The bilateral breast target areas were irradiated by prescribed dose and the doses of organs-at-risk were within the limits determined by the clinical physicists. D-VMAT was superior to D-sIMRT in the homogeneity index and conformity index of PTV ($P<0.05$). No statistical differences were found in the V_{20} of heart, the V_5 and D_{mean} of liver and the D_{max} of spinal cord between two plans. However, the V_5 , V_{20} , V_{30} of lungs and mean lung dose were significantly reduced in D-VMAT as compared with D-sIMRT [$47.9\%\pm 4.6\%$ vs $42.2\%\pm 3.9\%$, $22.9\%\pm 6.7\%$ vs $17.5\%\pm 4.3\%$, $15.7\%\pm 5.8\%$ vs $11.7\%\pm 3.6\%$, $(1\ 222.5\pm 246.7)$ cGy vs $(1\ 009.5\pm 161.3)$ cGy; $P=0.001$, 0.0021 , 0.031 , 0.009]. Moreover, compared with D-sIMRT, D-VMAT decreased the mean dose

【收稿日期】2018-12-09

【基金项目】国家重点研发计划(2017YFC0113201);国家自然科学基金(81703018)

【作者简介】张磊,硕士研究生,研究方向:医学物理,E-mail: zhanglei@zjcc.org.cn

of heart ($P<0.05$) and increased monitor units ($1\,177\pm311$ vs 908 ± 130 , $P=0.036$). **Conclusion** The radiotherapy plan using double-isocenter and fixed-jaw technology meets the requirements of radiotherapy for bilateral breast cancer. Meanwhile, D-VMAT not only achieves better homogeneity index and conformity index of target areas, but also reduces the radiation-induced injuries to heart and lung and increase the efficiency of treatment.

Keywords: bilateral breast cancer; double-isocenter; fixed-jaw technology; volumetric modulated arc therapy; static intensity-modulated radiotherapy

前言

美国癌症学会发布的2018年全球癌症统计数据评估了185个国家中36类癌症的发生率与死亡率,其中全球全年新发癌症病例近1 810万,亚洲区域约占一半,癌症患者死亡数约960万,亚洲区域约占70%。肺癌仍是发病率(11.6%)与死亡率(18.4%)最高的恶性肿瘤,同时乳腺癌的发病率(11.6%)也已经与肺癌发病率一致,乳腺癌依旧是危害女性健康的首席癌种^[1]。放射治疗是应对乳腺肿瘤的三大重要方式之一,半数以上的乳腺癌患者均需要进行放疗。数十年来乳腺癌放疗技术随着科技不断进步与发展,包括电子线治疗、三维适形放疗、静态调强放疗(sIMRT)、混合调强、容积弧形调强(VMAT)以及螺旋断层放疗技术等^[2-5]。目前,sIMRT及VMAT技术在乳腺癌放疗中应用最为广泛,治疗效果愈加显著,肿瘤局部控制率较好,放疗毒副反应较低^[6-9]。双侧乳腺同期癌变是乳腺癌放疗中较为特殊的病例,其肿瘤靶区体积较大,横跨分布范围过广,一定程度上造成肺和心脏等危及器官在治疗中的照射剂量增加,因而放疗计划的设计难度系数高。本研究针对双侧乳腺癌的多肿瘤靶区特性,采用双射野中心,再对每个中心的射野进行固定钨门方式,锁定其照射肿瘤区域,分别设计sIMRT和VMAT进行比较,评价两种方案之间的肿瘤靶区、危及器官物理剂量的结果,分析此放疗技术在临床应用的可行性和效率性。

1 材料与方法

1.1 病例选择

选取2015年5月~2018年12月期间在浙江省肿瘤医院放疗科确诊并进行放疗的双侧乳腺癌患者共8例。其中有4例患者进行过双侧乳腺癌保乳术,剩下4例采用双侧乳腺癌改良根治术。双侧锁骨上淋巴结转移的患者有3例,仅右侧锁骨上淋巴结转移有2例,无锁骨上淋巴结转移有3例。TNM分期中有3例左侧为0期的是导管原位癌。患者年龄均值约为49岁,所有患者在进行治疗之前,患者本人或者直系亲属均已知晓并签订知情同意书。患者特征详情见表1。

表1 患者特征
Tab.1 Characteristics of enrolled patients

病例	年龄/岁	TNM分期 (左侧与右侧)	锁骨上淋巴结 转移情况	手术方式
1	49	III _c +I _A	双侧转移	改良根治手术
2	49	0+III _c	无	保乳手术
3	41	0+II _B	右侧	保乳手术
4	48	I _A +III _A	右侧	改良根治术
5	43	II _B +III _A	双侧转移	改良根治术
6	49	0+I _A	无	保乳手术
7	64	III _B +II _B	双侧转移	改良根治术
8	48	II _A +II _A	无	保乳手术

1.2 CT模拟定位及靶区勾画

患者均选取仰卧位并采用乳腺托架固定方式的CT模拟定位,方法为调整托架角度使患者胸壁尽量与床面平行,双侧手臂上举置于臂托内分别握住两侧的手固定杆。仅照射乳房或胸壁时,患者下颌上抬,双眼正视上方天花板。同时照射患侧锁骨上下区时,患者在托架上的小头罩落实前下颌上抬,双眼正视上方天花板,小头罩完成后下颌上抬,头正中位,使锁骨上下照射区域更平展。CT定位扫描前先采用金属线标记放疗范围,保乳患者乳房下皱褶3~9点钟放置金属标记线,肿瘤切除的瘤床疤痕处放置金属标记线,改良根治术后手术疤痕及引流口放置金属标记线,胸锁关节平面放置锁骨下的乳房上界金属标记线。根据定位激光灯投影作体表标记,CT模拟定位扫描范围从下颌骨下缘至横膈下缘5 cm,扫描层厚设定为5 mm。由美国GE high-speed 80 cm或Philips 16排大孔径螺旋CT模拟机扫描获取计划CT影像,以DICOM格式经局域网传入RayStation放疗计划系统中,由放疗科医师勾画靶区。胸壁的临床靶区(CTV)勾画:内界位于胸骨侧缘,上界位于锁骨头下缘,前界为皮肤表面,下界为对侧乳腺皱褶下1 cm,外界为腋前或中线(背阔肌前缘),后界为肋骨-胸膜交界处。CTV外扩0.5 cm为计划靶区(PTV),皮肤方向不外扩。锁骨上区域CTV,内界包括颈内动

脉或颈内静脉内缘(甲状腺和气管除外),上界至平环甲膜,前界为胸锁乳突肌后缘,外界头侧为胸锁乳突肌侧缘/斜方肌内侧缘、锁骨内侧,外界脚侧为第一肋骨/锁骨交界,下界锁骨头下缘,后界为斜角肌前、外侧缘/斜方肌前缘。同时勾画重要的危及器官包括:双侧肺、脊髓、心脏、肝脏等,并全部由主任医师审核确定。

1.3 放疗计划制定及评价参数

采用RayStation v4.5 放疗计划系统,基于Trilogy 直线加速器参数分别设计两种固定射野的调强计划:双射野中心容积旋转调强(D-VMAT)、双射野中心三维静态调强(D-sIMRT)。射野选择6 MV X线,最大剂量率600 MU/min,计算网格设定为2.5 mm, PTV处方剂量50 Gy/25 f,双侧乳腺靶区PTV-L、PTV-R均需至少95%以上的靶区体积达到处方剂量。每个计划均设定相似的物理目标函数运算,反复优化并适当调整直至最优。危及器官剂量限定标准为:

肺 $V_5 < 55\%$ 、 $V_{20} < 30\%$ 、 $V_{30} < 20\%$ 、 $D_{mean} \leq 15$ Gy; 心脏 $V_{20} < 25\%$ 、 $D_{mean} \leq 15$ Gy; 肝脏 $V_5 < 70\%$ 、 $V_{20} < 50\%$ 、 $V_{30} < 30\%$ 、 $D_{mean} \leq 15$ Gy; 脊髓 $D_{max} \leq 35$ Gy。所有计划至少由两名物理师审核通过。

双射野中心点是分别在左右侧乳腺靶区的几何中心设置 iso-L 和 iso-R。D-sIMRT 的射野角度采用切线野,左侧射野选择中心 iso-L 且锁定每个射野的钨门范围仅照射左侧肿瘤靶区 PTV-L,而右侧射野则以 iso-R 为中心,设定为仅照射 PTV-R,如图 1 所示。D-VMAT 计划采用切线弧形射野,左侧顺时针旋转角度一般为 $300^\circ \sim 145^\circ$,准直器角度旋转 10° ;右侧角度为 $220^\circ \sim 60^\circ$,准直器角度旋转 350° 。然后由 RayStation 系统的 Arc Dual 模块自动生成逆时针的对弧。中心点及钨门固定方法与 D-sIMRT 相同。对于采用双侧乳腺癌改良根治术的患者计划,需要对每个射野添加密度为 1 g/cm^3 的填充物 Bolus,保乳患者无需添加。

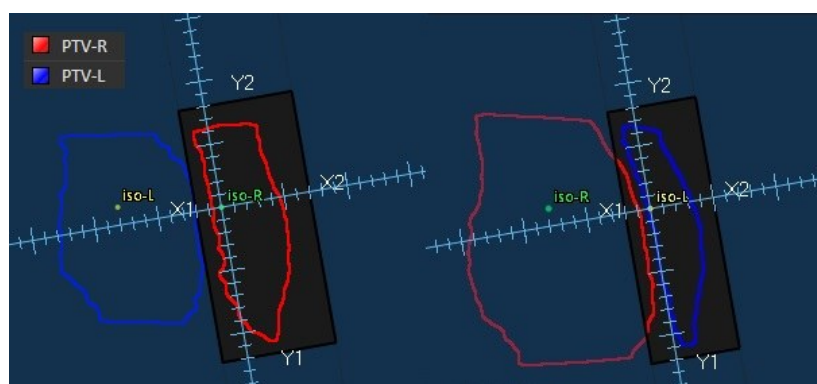


图1 双射野中心及钨门固定范围

Fig.1 Ranges of double-isocenter and fixed-jaw

肿瘤靶区的评价指标主要为:PTV-L、PTV-R 和 PTV 的 $V_{50 \text{ Gy}}$, PTV 的 D_{98} 、 D_{95} 、 D_{50} 、 D_2 、适形度指数 (Conformity Index, CI)、剂量均匀性指数 (Homogeneity Index, HI)。其中 D_{98} 为包绕 98% PTV 体积的剂量,代表靶区最小剂量; D_2 为包绕 2% PTV 体积的剂量,代表靶区最大剂量; D_{50} 为包绕 50% PTV 体积的剂量,是靶区的中位剂量。CI 参照 Van't Riet 公式定义为: $CI = (\text{处方剂量所占 PTV 的体积} / \text{PTV 体积}) * (\text{处方剂量所占 PTV 的体积} / \text{处方剂量所占区域的体积})$,取值区间为 0~1,数值越接近 1,表明剂量曲线包绕 PTV 的适形性越好。HI 公式由 ICRU 83 号报道^[10]定义为: $HI = (D_2 - D_{98}) / D_{50}$,HI 的值越小,表示靶区剂量均匀性越好,反之则越差。危及器官评价目标依据其临床剂量限定标准,记录所有计划所用机器跳数数据。

1.4 统计学方法

利用 IBM 公司 SPSS 20.0 统计软件处理各项对比参数,对数据进行配对 t 检验之前分析数据正态分布性,若参数不服从正态分布,则选用 Wilcoxon 符号秩检验,所有数据处理后用均数 \pm 标准差记录于表格, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 双侧肿瘤靶区剂量比较

对 8 例双侧乳腺癌患者设计的所有调强计划均满足临床治疗标准,双侧乳腺靶区 PTV-L、PTV-R 均至少 95% 以上的靶区体积达到处方剂量 5 000 cGy。左右两侧肿瘤靶区的处方剂量参数如表 2 所示,两种计划达到处方要求的结果相似,无统计学差异。

PTV 的参数指标中,两种计划之间在 D_2 、 D_{50} 、

表2 双侧乳腺靶区V_{50 Gy}处方剂量参数(%)
Tab.2 Prescribed dose parameters of V_{50 Gy} of bilateral breast target areas (%)

计划	PTV-L	PTV-R	PTV
D-sIMRT	95.9±1.1	95.1±0.3	95.5±0.5
D-VMAT	96.3±1.1	95.2±0.4	95.7±0.4
t值	-0.958	-0.489	-1.360
P值	0.370	0.640	0.216

D-sIMRT: 双射野中心三维静态调强;D-VMAT: 双射野中心容积旋转调强;PTV: 计划靶区

D_{mean}和D₉₅比较中均差别不大,无显著统计学差异($P>0.05$)。然而 D-VMAT 较 D-sIMRT 计划明显能够提高靶区体积里低剂量区域点 [(4 855.5±74.7) cGy vs (4 910.5±35.1) cGy, $P=0.03$], 且 D-VMAT 的 CI 和 HI 均优于 D-sIMRT 计划,有显著统计学差异 (CI: 0.82±0.05 vs 0.71±0.11, $P=0.003$; HI: 0.12±0.02 vs 0.10±0.01, $P=0.021$), 表明 D-VMAT 剂量曲线分布更加均匀且靶区包绕性好,剂量层面分布如图 2 所示。具体参数指标结果如表 3 所示。

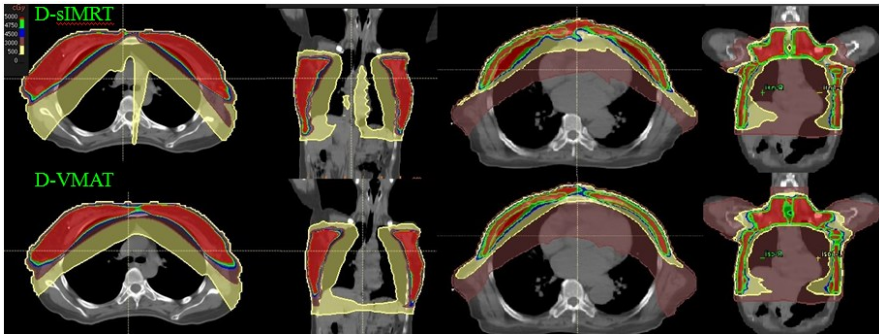


图2 1例无锁骨上淋巴结转移保乳术及1例双侧锁骨上淋巴结转移改良根治术后的D-sIMRT(上排)和D-VMAT(下排)
Fig.2 Comparison of dose distribution of D-sIMRT and D-VMAT in a case of breast conserving surgery without supraclavicular lymph node metastasis and a case of modified radical mastectomy for bilateral supraclavicular lymph node metastasis

表3 PTV 剂量学参数
Tab.3 Dosemetric parameters for planning tumor volume

计划	D ₉₅ /cGy	D ₉₅ /cGy	D _{mean} /cGy	D ₅₀ /cGy	D ₂ /cGy	D _{max} /cGy	CI	HI
D-sIMRT	4 855.5±74.7	5 015.4±19.9	5 276.5±62.6	5 298.3±69.3	5 440.9±62.8	5 597.6±59.3	0.71±0.11	0.12±0.02
D-VMAT	4 910.5±35.1	5 018.2±10.8	5 243.2±43.7	5 261.2±50.6	5 500.8±105.4	5 665.2±149.9	0.82±0.05	0.10±0.01
t值	-2.704	-0.421	1.51	1.517	-1.754	-1.391	-4.428	2.965
P值	0.030	0.687	0.175	0.173	0.123	0.207	0.003	0.021

CI: 适形度指数; HI: 均匀性指数

2.2 危及器官剂量结果分析

所有患者放疗计划的危及器官剂量都符合器官剂量限定标准, 两者计划的危及器官剂量均用均值±标准差形式列于表 4 中进行比较。对于肝脏的剂量参数: D-VMAT 计划在体积剂量与平均剂量上均略低于 D-sIMRT, 但是差异没有显著的统计学意义 ($P>0.05$)。D-VMAT 在心脏的平均剂量上明显低于 D-sIMRT [(1 051.7±395.0) cGy vs (814.9±307.5) cGy, $P=0.047$], 在 V₂₀ 剂量参数上两者之间并无显著差异 ($P>0.05$)。在肺的剂量参数上, D-VMAT 计划可以显著降低全肺区域的剂量受量, V₅ (47.9%±4.6% vs 42.2%±3.9%, $P=0.001$)、V₂₀ (22.9%±6.7% vs 17.5%±4.3%, $P=0.021$)、V₃₀ (15.7%±5.8% vs 11.7%±3.6%, $P=0.031$)、D_{mean}

[(1 222.5±246.7) cGy vs (1 009.5±161.3) cGy, $P=0.009$]。脊髓的最大剂量在两种计划间差异不大。机器跳数 MU 方面, D-VMAT 较之 D-sIMRT 所用跳数较低 (908±130 vs 1 177±311, $P=0.036$), 治疗效率会更高。

3 讨论

乳腺恶性肿瘤的发病率一直居于女性癌症的首位, 对女性健康造成极大的危害。双侧并发乳腺癌是一种少见的癌症, 仅占有单侧乳腺癌发病率的 2%~3%^[11]。但随着全视野数字化乳腺 X 射线摄影技术的提高, 近些年女性患者被查出双侧并发乳腺癌的概率逐渐增高^[12]。其主要的治疗方案包括: 手术、化疗和放疗, 目前并没有双侧并发乳腺癌治疗的国

表4 重要危及器官剂量学参数比较
Tab.4 Comparison of dosimetric parameters of organs-at-risk

参数	心脏		全肺				肝脏		脊髓
	V ₂₀ /%	D _{mean} /cGy	V ₅ /%	V ₂₀ /%	V ₃₀ /%	D _{mean} /cGy	V ₅ /%	D _{mean} /cGy	D _{max} /cGy
D-sIMRT	15.7±7.9	1 051.7±395.0	47.9±4.6	22.9±6.7	15.7±5.8	1 222.5±246.7	28.9±14.1	668.1±214.4	1 769.9±324.8
D-VMAT	13.2±6.1	814.9±307.5	42.2±3.9	17.5±4.3	11.7±3.6	1 009.5±161.3	32.0±16.5	626.1±160.1	1 410.5±253.5
t值	2.230	2.409	5.688	2.980	2.688	3.594	-0.960	4.750	1.604
P值	0.067	0.047	0.001	0.021	0.031	0.009	0.369	0.649	0.153

际标准方案。双侧乳腺癌肿瘤靶区类似于开口向下的C形,体积庞大,分布广泛,而且贴近心脏、双肺及肝脏位置,若靶区体积满足处方剂量则危及器官的受照范围也会增加,放疗毒副反应增加,若靶区不满足处方剂量,则肿瘤达不到致死剂量,病情无法控制,因而导致放疗计划的设计过程极具挑战。

本研究回顾性选取8例双侧并发乳腺癌患者,其中行双侧乳腺癌保乳术及双侧乳腺癌改良根治术各4例,5例患者有锁骨上淋巴结转移(3例双侧转移、2例单右侧转移),剩下无锁骨上淋巴结转移。对8例患者分别设计双射野中心及固定钨门技术的D-sIMRT和D-VMAT并进行比较,分析两者计划之间剂量学、方案实施性及效率性的差异。双中心及固定钨门技术的思路源于多处并发的骨转移癌放疗,其有多块靶区,而且间隔较远,之间无剂量重叠区域,因而可以分别设计照射野中心,固定每个中心的射野照射范围并进行多个计划剂量计算,在最终的计划评估中,剂量叠加融合一起评价靶区及危及器官的总剂量,得到非常优质的放疗计划。双侧乳腺癌中有两个靶区PTV-L、PTV-R,但两个靶区距离比较接近,因此在设计双中心固定钨门技术时,在一个计划里同时添加PTV-L、PTV-R及PTV的物理目标函数,基于RayStation放疗系统的DMPO(Direct Machine Parameter Optimization)优化算法,分别寻求两侧相对略小靶区的计算最优解且压制剂量重叠区的高剂量范围,比对整体的大体积靶区、大照射的范围计算过程会更加简单高效。而且,射野中心点的位置分别设定在左右两侧靶区的几何中心,Trilogy直线机加速器多叶准直器的钨门范围是40 cm×40 cm,其中共40对叶片,上下10 cm范围内是宽度1 cm叶片,中间20 cm范围是20对宽度0.5 cm的叶片,用中间更加精细的叶片走位形成的靶区剂量优化结果相对更加精确。基于上述思路设计的D-VMAT和D-sIMRT计划均符合临床放疗剂量限制准则。两者计划之间靶区满足处方剂量时,最大剂量与平均剂量差异并不明显,D-VMAT却在HI和CI上明显优于D-sIMRT计划。众多的乳腺癌计划对比

研究中^[13-16],都有类似的结论,有限角度的静态调强射野在乳腺这种类似于长条形靶区剂量投射中劣于范围内弧形射野的剂量优化分配^[17],适形性及均匀性变差。本研究中D-VMAT计划的最大优势是全肺的体积剂量明显降低($P<0.5$),V₅:42.2%±3.9%,V₂₀:17.5%±4.3%,V₃₀:11.7%±3.6%,D_{mean}:(1 009.5±161.3) cGy。而Kim等^[18]在10例双侧乳腺癌IMRT(单中心,12个射野)和VMRT(单中心,2对弧)计划研究对比中,全肺V₅(72% vs 84.84%),V₂₀(18.02% vs 27.79%),V₃₀(4.43% vs 8.26%),D_{mean}(1 202.03 cGy vs 1 584.14 cGy),VMAT计划的肺体积极高,远差于IMRT,且两者值均高于本研究。Boman等^[19]在11例带淋巴结转移的双侧乳腺癌VMAT的单中心点和双中心研究发现,双中心VMAT能明显降低肺的剂量,结果为全肺V₅:54.5%±7.8%,V₂₀:18.5%±2.8%,V₄₀:4.8%±1.9%,D_{mean}:(10.9±1.1) Gy。Boman的双射野中心结果与本研究类似,肺剂量低于Kim等结果,其原因是双射野中心的分步优化靶区剂量结果会更好^[20],另外Kim等研究的射野范围布置太宽,从240°~120°依次排开,导致肺受照范围过广,特别低剂量区域剂量更高。在治疗效率方面,D-VMAT计划的跳数要低于D-sIMRT,剂量投射时间会缩短。

本研究结果表明在双侧乳腺癌同步调强放疗计划中,双射野中心及固定钨门技术的应用可以保证肿瘤靶区治疗剂量的同时能较好地保护周边重要的危及器官,符合临床标准,且D-VMAT较之D-sIMRT能提高双侧靶区的剂量均匀性及适形性,显著降低肺以及心脏的部分剂量,减少放疗毒副反应几率,治疗效率也高于静态调强,建议优先考虑D-VMAT应用于双侧乳腺癌临床放疗方案。

【参考文献】

- [1] BRAY F, FERLAY J, SOERJOMATARAM I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA Cancer J Clin, 2018, 68(6): 394-424.
- [2] LIU H, CHEN X, HE Z, et al. Evaluation of 3D-CRT, IMRT and

- VMAT radiotherapy plans for left breast cancer based on clinical dosimetric study[J]. Comput Med Imaging Graph, 2016, 54: 1-5.
- [3] ZHAO H, HE M, CHENG G, et al. A comparative dosimetric study of left sided breast cancer after breast-conserving surgery treated with VMAT and IMRT[J]. Radiat Oncol, 2015, 10(1): 231-241.
- [4] HACISLAMOGU E, COLAK F, CANYILMAZ E, et al. Dosimetric comparison of left-sided whole-breast irradiation with 3DCRT, forward-planned IMRT, inverse-planned IMRT, helical tomotherapy, and volumetric arc therapy[J]. Phys Med, 2015, 31(4): 360-367.
- [5] LAUCHE O, KIROVA Y M, FENOGLIETTO P, et al. Helical tomotherapy and volumetric modulated arc therapy: new therapeutic arms in the breast cancer radiotherapy[J]. World J Radiol, 2016, 8(8): 735-742.
- [6] IN YOUNG J, SHIN-WOOK K, SEOK HYUN S. Dosimetric evaluation of the skin-sparing effects of 3-dimensional conformal radiotherapy and intensity-modulated radiotherapy for left breast cancer[J]. Oncotarget, 2017, 8(2): 3059-3063.
- [7] MANSOURI S, NAIM A, GLARIA L, et al. Dosimetric evaluation of 3-D conformal radiotherapy and intensity-modulated radiotherapy for left breast cancer after conservative surgery[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2013, 18(11): S171-S172.
- [8] PASLER M, GEORG D, BARTELT S, et al. Node-positive left-sided breast cancer: does VMAT improve treatment plan quality with respect to IMRT?[J]. Strahlenther Onkol, 2013, 189(5): 380-386.
- [9] PANET-RAYMOND V, ANSBACHER W, ZAVGORODNI S, et al. Coplanar *versus* noncoplanar intensity-modulated radiation therapy (IMRT) and volumetric-modulated arc therapy (VMAT) treatment planning for fronto-temporal high-grade glioma[J]. J Appl Clin Med Phys, 2012, 13(4): 44-53.
- [10] HODAPP N. The ICRU report 83: prescribing, recording and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT) [J]. Strahlenther Onkol, 2012, 188(1): 97-99.
- [11] HARTMAN M, CZENE K, REILLY M, et al. Incidence and prognosis of synchronous and metachronous bilateral breast cancer[J]. J Clin Oncol, 2007, 25(27): 4210-4216.
- [12] JOBSEN J J, PALEN J V, ONG F, et al. Synchronous, bilateral breast cancer: prognostic value and incidence[J]. Breast, 2003, 12(2): 83-88.
- [13] QI S, LIU R, LIAN J, et al. Volumetric modulated arc therapy for prostate radiation: a dosimetric comparison between VMAT techniques and fixed-beam IMRT[J]. Med Phys, 2012, 39(6): 3837-3838.
- [14] HAERTL P M, POHL F, WEIDNER K, et al. Treatment of left sided breast cancer for a patient with funnel chest: volumetric-modulated arc therapy vs. 3D-CRT and intensity-modulated radiotherapy[J]. Med Dosim, 2013, 38(1): 1-4.
- [15] MO J C, HUANG J, GU W D, et al. A dosimetric comparison of double-arc volumetric arc therapy, step-shoot intensity modulated radiotherapy and 3D-CRT for left-sided breast cancer radiotherapy after breast-conserving surgery[J]. Technol Health Care, 2017, 25(5): 851-858.
- [16] CHEN-HSI H, YU-CHIN L, KUO-HSIN C, et al. Image-guided intensity-modulated radiotherapy for refractory bilateral breast cancer in a patient with extensive cutaneous metastasis in the chest and abdominal walls[J]. Onco Targets Ther, 2016, 9: 3025-3030.
- [17] 邵凯南, 杜锋磊, 李剑龙. RayArc在胸部旋转调强放射治疗计划设计中的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2017, 34(2): 131-138.
- SHAO K N, DU F L, LI J L. Application of RayArc in volumetric modulated arc therapy planning of chest cancer[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2017, 34(2): 131-138.
- [18] KIM S J, LEE M J, YOUN S M. Radiation therapy of synchronous bilateral breast carcinoma (SBBC) using multiple techniques[J]. Med Dosim, 2018, 43(1): 55-68.
- [19] BOMAN E, ROSSI M, KAPANEN M. The robustness of dual isocenter VMAT radiation therapy for bilateral lymph node positive breast cancer[J]. Phys Med, 2017, 44: 11-17.
- [20] EKICI K, GOKCE T, KARADOĞAN I, et al. Is helical tomotherapy-based intensity-modulated radiotherapy feasible and effective in bilateral synchronous breast cancer? A two-center experience[J]. J BUON, 2016, 21(1): 46-52.

(编辑:陈丽霞)