

铅门跟随技术与铅门固定技术在乳腺癌根治术后调强放疗中的剂量学比较

成树林, 宾石珍, 单冬勇, 张俊俊
中南大学湘雅三医院, 湖南 长沙 400013

【摘要】目的:研究比较铅门跟随技术(JTT)与铅门固定技术(SJT)在乳腺癌根治术后调强放疗中的剂量学差异。**方法:**在Eclipse TPS(11.0)上采用AAA算法对40例乳腺癌根治术后患者(含锁骨上区,左侧20例、右侧20例)分别采用两种治疗技术设计放疗计划。在95%体积的计划靶区(PTV)满足处方剂量的前提下,尽量降低危及器官的剂量。比较两组治疗计划的剂量—体积直方图及机器总跳数,评估靶区及危及器官的剂量分布。分别将两组治疗计划用Portal Dosimetry进行剂量验证。**结果:**两组计划的靶区剂量分布均达到临床处方剂量的要求。PTV最大剂量与平均剂量差异无统计学意义。JTT增加了机器跳数,具有极显著性差异($t=4.18, P<0.01$);JTT动态调强计划中全身的 V_5 、 V_{10} ,健侧肺 D_{mean} ,患侧肺、心脏、肝脏的 V_5 、 V_{10} 和 D_{mean} ,脊髓的 D_{max} 和 D_{mean} 的均低于SJT动态调强计划的相应值,差异有统计学意义($t=-11.8 \sim -3.3, P<0.01$);患侧肺、心脏、肝脏的 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 差异无统计学意义。**结论:**乳腺癌根治术后放疗患者采用固定射野动态调强放疗JTT与SJT两种技术,其靶区和危及器官受量均能满足临床治疗要求,而JTT能够更好地降低正常组织和危及器官的低剂量照射。

【关键词】铅门跟随;铅门固定;调强放疗;乳腺癌;剂量学

【中图分类号】R815.2;R737.9

【文章标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)05-0480-04

Jaw tracking versus static jaw techniques in intensity-modulated radiotherapy after radical mastectomy for breast cancer: a dosimetric comparison

CHENG Shulin, BIN Shizhen, SHAN Dongyong, ZHANG Junjun
Third Xiangya Hospital of Central South University, Changsha 400013, China

Abstract: Objective To analyze the dosimetric difference between jaw tracking technique (JTT) and static jaw technique (SJT) in fixed field dynamic intensity-modulated radiotherapy (IMRT) after radical mastectomy for breast cancer. **Methods** Using an analytical anisotropic algorithm, we designed the radiotherapy plans for 40 patients who had undergone radical mastectomy for breast cancer (involving the supraclavicular region on the left in 20 cases and on the right in 20 cases) on Eclipse TPS (11.0) with both JTT and SJT. The dose of organs-at-risk was minimized as much as possible while the prescribed dose was maintained in 95% of the planning target volume (PTV). We analyzed the dose-volume histogram, the total machine unit, and dose distributions in the target areas and organs-at-risk and performed dose verification for the two groups of treatment plans using Portal Dosimetry. **Results** In the two groups of plans, the dose distribution in the target areas all met the prescribed dose requirement. No significant difference was found between the two groups of plans in the maximum dose (D_{max}) or the mean dose (D_{mean}) of PTV, or the V_{20} , V_{30} , V_{40} in the ipsilateral lung, heart or liver. Compared with SJT plan, JTT plan significantly increased the machine unit ($t=4.18, P<0.01$), lowered the V_5 and V_{10} of the whole body, D_{mean} of the contralateral lung, and V_5 , V_{10} , D_{mean} in the ipsilateral lung, the heart and the liver, and decreased the D_{max} and D_{mean} of the spinal cord ($t=-11.8 \sim -3.3, P<0.01$). **Conclusion** Both JTT and SJT in fixed field dynamic IMRT allow delivery of the prescribed doses in the target areas and maintain the dose limit in the organs-at-risk in patients after radical mastectomy for breast cancer, but JTT can better decrease the radiation dose in the normal tissues and the organs-at-risk.

Keywords: jaw tracking; static jaw; intensity-modulated radiotherapy; breast cancer; dosimetry

【收稿日期】2017-02-02

【作者简介】成树林,放疗物理师, E-mail: chengshulin2007@126.com

【通信作者】宾石珍,物理师,研究方向:医学物理, E-mail: 22470254@qq.com

前言

放射治疗是乳腺癌根治术后的主要或综合治疗手段之一,术后放疗可以有效的降低局部复发率,提

高肿瘤患者的生存率,但随着生存期的延长,患者的生活质量越来越受到重视,因此如何减少放射治疗所引起的正常组织并发症及提高患者的生活质量成为了近年来研究的热点。放射性肺损伤和放射性心脏损伤是乳腺癌术后放疗所致的主要并发症^[1-2],放射性损伤的发生与照射剂量和照射面积有密切关系,照射剂量越高,照射面积越大,放射性损伤发生率越高。徐利明等^[3]研究表明随着 V_5 的增高急性放射性肺损伤的发生率也有逐渐增高的趋势,低剂量照射区体积大小可能是放射性肺损伤发生更为重要的影响因素之一。此外,乳腺癌放疗患者中发生缺血性心脏病、心包炎、心瓣膜病的概率也明显增加^[4-5]。因此正确掌握危及器官照射剂量和照射范围是预防的关键。常规动态调强放射治疗技术在铅门固定的情况下通过多叶准直器的调节实现射野内的剂量分布。美国Varian公司新一代加速器TrueBeam具有铅门跟随的功能。铅门跟随技术(Jaw Tracking Techniques, JTT)是铅门根据所有叶片的位置变化,对叶片进行跟随的一项新技术。JTT技术可以减少叶片的透射和漏射,从而降低正常组织及危及器官的剂量^[6-7]。本文研究JTT技术和铅门固定技术(Static Jaw Techniques, SJT)在乳腺癌根治术后调强放疗中的应用及剂量学比较。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取中南大学湘雅三医院肿瘤放疗中心2014年10月~2015年11月乳腺癌根治术后患者40例,其中左侧病变20例,右侧病变20例。年龄32~65岁,中位年龄48岁,心肺功能基本正常。

1.2 治疗计划

所有患者均取仰卧位躺在一体板上,双手抱肘置前额,使用热塑颈胸模固定,在保持平静呼吸状态下,进行5 mm层厚的大孔径CT(西门子)扫描。CT图像经过DICOM传输至Eclipse治疗计划系统。靶区勾画由经验丰富放疗医生根据靶区勾画标准勾画临床靶区(CTV,含锁骨上区),计划靶区(PTV)在CTV基础上内界和外外界各扩大5 mm,前界仍在皮下2 mm,上界、下界扩大5 mm,危及器官勾画包括患侧肺、全肺、心脏、健侧乳腺、脊髓。靶区的处方剂量为50 Gy/25次,采用美国Varian公司TrueBeam加速器的6 MV X射线进行治疗,剂量率为400 MU/min。胸壁加5 mm组织胶。计划制定采用Eclipse内外切线野,分别间隔切线野15°、30°再布两对照射野共6野(其中外切线野邻近的两照射野固定铅门只照胸壁,

从而避开手臂不照锁骨上区),另布0°野固定铅门,只照锁骨上区。所有病例均在Eclipse 11.0计划系统中采用AAA (Analytical Anisotropic Algorithm)算法计算剂量,分别选取SmartMLC和Varian MLC计算叶片运动从而进行剂量计算,分别生成JTT和SJT的MLC运行文件,采用95%以上的靶区PTV达到处方剂量进行归一生成计划文件。使用Truebeam直线加速器的自带的Portal Dosimetry功能分别采集两种技术的每个射野的通量,并进行通量分析。

1.3 比较评估

比较两组计划的剂量-体积直方图(DVH)和等剂量分布。对于靶区,在满足95%的PTV达到处方剂量50 Gy的情况下,评估两组计划的最大剂量(D_{max})和平均剂量(D_{mean})。对于危及器官,评估患侧肺、健侧肺、心脏、肝脏和Body的 V_5 、 V_{10} 、 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 以及脊髓的 D_{max} 和 D_{mean} 。比较两组计划的机器总跳数。通量分析采用Gamma分析方法,采样距离为3 mm,剂量偏差为3%,通过率>95%为标准。

1.4 统计处理

采用SPSS 18.0软件对靶区、危及器官和射野验证通过率的组间数据进行配对 t 检验, $P<0.05$ 为差异具有统计学意义($P>0.05$)。

2 结果

2.1 靶区剂量比较

在靶区剂量满足处方剂量要求的情况下,靶区最大剂量、最小剂量、平均剂量差异无统计学意义。

2.2 危及器官剂量比较

结果见表1~表5。两组计划健侧肺的 V_{mean} ,患侧肺、心脏、肝脏的 V_5 、 V_{10} 、 D_{mean} ,Body的 V_5 、 V_{10} ,以及脊髓的 D_{max} 和 D_{mean} JTT均小于SJT($t=-11.8 \sim 3.3$, $P<0.05$),差异具有统计学意义。患侧肺、心脏、肝脏及Body的 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 差异无统计学意义。两种计划总跳数相比,JTT和SJT跳数平均值分别为 $1\,272 \pm 42$ 和 $1\,663 \pm 39$ ($t=-4.18$, $P=0.001$),差异具有统计学意义。

2.3 剂量学验证

两组计划的剂量验证通过率分别为 $(98.92 \pm 0.21)\%$ (SJT)和 $(99.10 \pm 0.58)\%$,均大于95%,全部通过剂量验证。两组计划的验证通过率差异无统计学意义,两组治疗计划均能应用于临床治疗。

3 小结与讨论

乳腺癌根治术后放疗患者固定射野动态调强放

表 1 患侧肺剂量分布比较

Tab.1 Comparison of dose distribution in the ipsilateral lung

| Plan | D _{mean} /cGy | V ₅ /% | V ₁₀ /% | V ₂₀ /% | V ₃₀ /% | V ₄₀ /% |
|----------------|------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| JJT | 1 734±25 | 62.5±4.7 | 45.6±4.2 | 31.8±2.5 | 26.49±0.5 | 20±3.3 |
| SJT | 1 774±23 | 66.8±4.7 | 47.5±4.2 | 32.1±2.3 | 26.51±0.5 | 20±3.3 |
| <i>t</i> value | -9.50 | -8.30 | -6.70 | -2.30 | -1.70 | 0.54 |
| <i>P</i> value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.270 | 0.100 | 0.600 |

JJT: Jaw tracking technique; SJT: Static jaw technique

表 2 心脏剂量分布比较

Tab.2 Comparison of dose distribution in the heart

| Plan | D _{mean} /cGy | V ₅ /% | V ₁₀ /% | V ₂₀ /% | V ₃₀ /% | V ₄₀ /% |
|----------------|------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| JJT | 1 089±66 | 52.5±3.1 | 26.3±8.9 | 15.7±5.5 | 12.6±1.1 | 8.2±0.9 |
| SJT | 1 143±67 | 61.5±3.3 | 28.2±9.6 | 15.5±5.6 | 12.6±1.2 | 8.2±0.9 |
| <i>t</i> value | -11.80 | -8.00 | 5.70 | 0.66 | -1.50 | 1.00 |
| <i>P</i> value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.520 | 0.169 | 0.334 |

表 3 肝脏剂量分布比较

Tab.3 Comparison of dose distribution in the liver

| Plan | D _{mean} /cGy | V ₅ /% | V ₁₀ /% | V ₂₀ /% | V ₃₀ /% | V ₄₀ /% |
|----------------|------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| JJT | 683±162 | 25.8±8.5 | 16.1±5.7 | 9.6±2.7 | 7.3±2.1 | 5.4±2.0 |
| SJT | 735±166 | 32.0±10.0 | 17.2±5.8 | 9.7±2.7 | 7.3±2.1 | 5.4±2.0 |
| <i>t</i> value | -7.6 | -5.8 | -6.5 | -2.0 | -1.0 | -1.3 |
| <i>P</i> value | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.065 | 0.336 | 0.172 |

表 4 Body 剂量分布比较(%)

Tab.4 Comparison of the dose distribution of the body (%)

| Plan | V ₅ | V ₁₀ | V ₂₀ | V ₃₀ | V ₄₀ |
|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| JJT | 26.2±0.7 | 18.9±0.5 | 14.1±0.4 | 11.6±0.4 | 9.1±0.3 |
| SJT | 27.3±0.7 | 19.9±0.6 | 14.1±0.4 | 11.6±0.4 | 9.1±0.3 |
| <i>t</i> value | -5.4 | 3.3 | -1.0 | -1.4 | -1.0 |
| <i>P</i> value | 0.000 | 0.002 | 0.326 | 0.161 | 0.326 |

表 5 脊髓和健侧肺剂量分布比较(cGy)

Tab.5 Comparison of dose distribution in the spinal cord and the contralateral lung (cGy)

| Plan | Spinal cord D _{max} | Spinal cord D _{mean} | Contralateral lung D _{mean} |
|----------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| JJT | 2 519±691 | 268.0±22.8 | 106.0±7.2 |
| SJT | 2 637±630 | 292.0±23.7 | 122.0±9.0 |
| <i>t</i> value | 2.386 | -12.400 | -3.800 |
| <i>P</i> value | 0.024 | 0.000 | 0.001 |

疗计划分别采用JTT与SJT两种技术,其靶区和危及器官受量均能满足临床治疗要求,而JTT能够更好地降低正常组织和危及器官的剂量照射。JTT在靶区体积较大、形状不规则及靶区周围危及器官较多且危及器官对低剂量反应较敏感的情况下,在降低危及器官的 V_5 、 V_{10} 方面具有较大的优势。JTT降低了叶片的透射和漏射^[8],导致机器跳数增加了约6%。冯仲苏等^[9]比较了直肠癌术前放疗两种技术的剂量学差异,研究得出采用JTT技术股骨头、小肠、膀胱的 V_{10} 、 V_{20} 、 V_{30} 和 V_{mean} 均低于固定射野动态调强计划。李成等^[10]研究了JTT在鼻咽癌中的应用,得出采用JTT的脊髓、脑干、晶体、视神经的 D_{max} 和腮腺的 D_{mean} 、 $D_{50\%}$ 的相应值均比SJT计划低,JTT跳数平均增加6.6%。Feng等^[11]研究动态调强中JTT在头颈、肺、食管、腹部、前列腺、直肠、宫颈部位放疗计划中的应用,尤其在靶区复杂、体积大的情况下,JTT更能降低危及器官和正常组织的 V_5 、 V_{10} 、 V_{20} 、 D_{mean} 。JTT基本上都是离轴射野且大小一直在变化,但是通常射野输出因子都是在射野中心轴测量得出的,而JTT射野中心都偏离轴线中心,从而对射野输出因子产生影响。Joy等^[12]研究得出当偏离射野中心时离轴射野输出因子下降1%~3%。尽管JTT的计划能通过剂量验证,但偏离射野中心时离轴射野输出因子的影响不可忽略,JTT的离轴射野输出因子应在今后的治疗计划系统中予以考虑。

【参考文献】

- [1] NOËL G, MAZERON J J. Favourable and unfavourable effects on long-term survival of radiotherapy for early breast cancer: an overview of the randomised trials[J]. *Cancer Radiother*, 2001, 5(1): 92-94.
- [2] 宋永浩, 夏炎春. 乳腺癌术后放疗致肺放射性损伤的临床分析[J]. *临床肺科杂志*, 2012, 17(5): 894-896.
SONG Y H, XIA Y C. Clinical analysis of lung injury induced by postoperative radiation in patients with breast cancer[J]. *Journal of Clinical Pulmonary Medicine*, 2012, 17(5): 894-896.
- [3] 徐利明. 低剂量照射区体积与放射性肺损伤关系前瞻性研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2010.
XU L M. Prospective study of the relationship between low dose irradiated volume and radiation induced lung injury [D]. Tianjin: Tianjin Medical University, 2010.
- [4] 刘丹. 乳腺癌放射治疗放射性心脏损伤的研究状况[J]. *肿瘤预防与治疗*, 2013, 26(4): 240-245.
LIU D. The research status of radiation-induced heart disease in breast cancer radiotherapy [J]. *Journal of Cancer Control and Treatment*, 2013, 26(4): 240-245.
- [5] MCGALE P, DARBY S C, HALL P, et al. Incidence of heart disease in 35 000 women treated with radiotherapy for breast cancer in Denmark and Sweden[J]. *Radiother Oncol*, 2011, 100(2): 167-175.
- [6] SCHMIDHALTER D, FIX M K, NIEDERER P, et al. Leaf transmission reduction using moving jaws for dynamic MLC IMRT [J]. *Med Phys*, 2007, 34(9): 3674-3687.
- [7] KIM J I, PARK J M, PARK S Y, et al. Assessment of potential jaw-tracking advantage using control point sequences of VMAT planning [J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2014, 15(2): 160-168.
- [8] ARNFIELD M R, WU Q W, TONG S D, et al. Dosimetric validation for multileaf collimator based intensity modulated radiotherapy: a review[J]. *Med Dosim*, 2001, 26(2): 179-188.
- [9] 冯仲苏, 吴昊, 蒋璠, 等. 铅门跟随技术与铅门固定技术在直肠癌术前调强放疗中的剂量学比较[J]. *中华放射医学与防护*, 2014, 34(12): 938-941.
FENG Z S, WU H, JIANG F, et al. Dosimetric comparison of jaw tracking technique with static jaw technique in intensity-modulated radiotherapy for preoperative radiotherapy of rectal cancer[J]. *Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection*, 2014, 34(12): 938-941.
- [10] 李成, 胡睿, 吴锦昌, 等. Jaw tracking技术对鼻咽癌调强放疗靶区和危及器官受照剂量影响的研究[J]. *国际生物医学工程杂志*, 2015, 38(2): 95-98.
LI C, HU R, WU J C, et al. Effects of Jaw tracking technique on the absorbed dose of PTV and OARs in intensity modulated radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. *International Journal of Biomedical Engineering*, 2015, 38(2): 95-98.
- [11] FENG Z, WU H, ZHANG Y, et al. Dosimetric comparison between jaw tracking and static jaw techniques in intensity-modulated radiotherapy[J]. *Radiat Oncol*, 2015, 10(1): 28.
- [12] JOY S, STARKSCHALL G, KRY S, et al. Dosimetric effects of jaw tracking in step-and-shoot intensity-modulated radiation therapy[J]. *J Appl Clin Med Phys*, 2012, 13(2): 136-145.

(编辑: 薛泽玲)