

热塑膜固定底板对IMRT计划三维剂量验证通过率的影响与修正

王晓春,王守宇,霍晓庆,张清琴,洪振宇,路平,吴鹏,刘波,王颖拓,苗战会
新乡医学院第一附属医院放疗中心,河南 卫辉 453100

【摘要】目的:分析和评估一款热塑膜固定底板对调强放射治疗(IMRT)计划三维剂量验证通过率的影响,并对其进行剂量修正。**方法:**利用Octavius 4D三维剂量验证系统,对60例IMRT计划按照后入射野数占总射野数比值分成6组,分别进行仅有床板和有床板与热塑膜固定底板组合的三维剂量验证,以评估热塑膜固定底板对IMRT三维剂量验证通过率的影响。然后对入射野数占比最大的第6组进行剂量修正,并与修正前的 γ 通过率进行比较,评估剂量修正的作用。**结果:**未考虑固定底板时,6组IMRT计划 γ 通过率分别为:98.00%、96.87%、96.76%、94.82%、95.51%、95.32%;考虑固定底板以后分别为:98.88%、96.46%、95.85%、93.12%、93.22%、89.07%,考虑前后 P 值分别为0.147、0.534、0.406、0.051、0.030($t=2.566$)、0.000($t=5.637$),第5组和第6组有统计学差异。对第6组进行固定底板剂量修正以后, γ 通过率平均为94.90%,提高5.8%。**结论:**热塑膜固定底板对IMRT计划三维剂量验证通过率有一定的影响,且当IMRT计划的后入射野数所占总射野数比值越大,影响越大,临床制定计划时有必要对固定底板进行剂量修正。

【关键词】热塑膜固定底板;调强放射治疗;剂量修正; γ 通过率

【中图分类号】R312;R811.1

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2020)03-0273-04

Effect of immobilization baseplate of thermoplastic film on the passing rate of IMRT 3D dosimetric verification and dose modification

WANG Xiaochun, WANG Shouyu, HUO Xiaoqing, ZHANG Qingqin, HONG Zhenyu, LU Ping, WU Peng, LIU Bo, WANG Yingtuo, MIAO Zhanhui

Radiation Therapy Center, the First Affiliated Hospital of Xinxiang Medical University, Weihui 453100, China

Abstract: Objective To analyze and evaluate the effect of an immobilization baseplate of thermoplastic film on the passing rate of intensity-modulated radiotherapy (IMRT) three-dimensional (3D) dosimetric verification, and to modify the dose. **Methods** Octavius 4D dosimetric verification system was used for 3D dosimetric verification. According to the proportion of the number of incident fields to the total number of fields, 60 cases of IMRT plans were divided into 6 group for the 3D dosimetric verification with couch plate alone or couch plate combined with immobilization baseplate of thermoplastic film so as to evaluate the effect of immobilization baseplate of thermoplastic film on the passing rate of IMRT 3D dosimetric verification. Dose modification was carried out in the 6th group which had the highest proportion of the number of incidence fields in all groups, and then the passing rate was compared with that before dose modification for evaluating the role of dose modification. **Results** Without considering immobilization baseplate, the gamma passing rates of 6 groups of IMRT plans were 98.00%, 96.87%, 96.76%, 94.82%, 95.51% and 95.32%, respectively; and after that immobilization baseplate was considered, the gamma passing rates were 98.88%, 96.46%, 95.85%, 93.12%, 93.22% and 89.07%, respectively. The corresponding P values were 0.147, 0.534, 0.406, 0.051, 0.030 ($t=2.566$) and 0.000 ($t=5.637$), respectively, and statistical differences were only found in the 5th and 6th groups. After the dose modification for immobilization baseplate in the 6th group, the average gamma passing was 94.90%, increased by 5.8%. **Conclusion** Immobilization baseplate of thermoplastic film has a certain effect on the passing rate of IMRT 3D dosimetric verification, and the larger proportion of the number of incident fields in IMRT plan is, the greater effect is. It is necessary to modify the dose of immobilization baseplate when making clinical plans.

Keywords: immobilization baseplate of thermoplastic film; intensity-modulated radiotherapy; dose modification; gamma passing rate

【收稿日期】2019-10-22

【基金项目】河南省放射性损伤转化医学国际联合实验室项目(豫科外[2017]21号);河南省科技发展计划;新乡医学院高原学科(豫科[2015]114号)

【作者简介】王晓春,硕士,放射技师,研究方向:医学物理, E-mail: 294299512@qq.com

【通信作者】苗战会,主任医师,研究生导师,研究方向:肿瘤综合治疗, E-mail: miaozhanhui@sina.com

前言

放疗患者每天的摆位重复性是决定放射治疗准确性的关键因素之一^[1],低温热塑膜可用来提高摆位的可重复性,在头颈部肿瘤^[2-3]、胸腹部肿瘤^[4-5]以及盆腔肿瘤^[6-8]中均能有效提高治疗摆位精度,已经成为重要的辅助装置,在临床工作中应用广泛。

但是,对患者进行体位固定用的热塑膜固定底板并非由空气等效材料制成,其必然会对患者所受放疗剂量产生一定的衰减,就像加速器治疗床一样^[9-11]。目前,在临床工作中,大多数TPS在制定放疗计划时,并没有对固定底板进行剂量修正,这给剂量验证通过率带来了影响,导致患者最终剂量可能低于计划设计值。本研究拟通过测量一款热塑膜固定底板对剂量验证通过率的影响程度来评估这一问题,并提供一种修正方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

英国医科达 Precise 直线加速器,英国 iBEAM evo 碳纤维治疗床,荷兰 Philips CT 模拟定位机,英国 XIO 4.80 计划系统,德国 Octavius 4D 模体,德国 PTW1500 电离室探测器,北京中康联医疗器械公司生产的 QSDW 型碳纤维热塑膜固定底板。

1.2 入组病例资料

新乡医学院第一附属医院2017年静态调强患者近1 000例,为了能够具有代表性,我们从中随机选择60例患者调强放射治疗(IMRT)计划进行实验,其中,男25例,女35例;平均年龄63岁;肺癌患者17例,食管癌10例,头颈部肿瘤11例,盆腔肿瘤7例,其他15例。

射野机架角度在110°-180°-250°之间的定义为后入射野角度。按照后入射野数目所占总入射野数目比值升序,每10个病人为一组,共分为6组,6组后入射野数目所占总入射野数目比值平均值分别是第1组0.07、第2组0.25、第3组0.39、第4组0.45、第5组0.56、第6组0.76,第6组平均后入射野数目占比最大。

1.3 剂量验证

验证测量是将所有IMRT计划分对照组和实验组两次测量,对照组是将PTW1500电离室矩阵和Octavius 4D模体的组合体直接放置在加速器治疗床上,并利用直线加速器激光引导装置准确地将验证组合体放置在床板左右方向床板中间位置,以及等中心位置。实验组是将PTW1500电离室矩阵和Octavius 4D模体的组合体放置在碳纤维热塑膜固定板上,再跟临床治疗一样用卡条放置在机器治疗床上,并利用激光灯引导装置准确对验证组合体摆位。

对照组与实验组均在加速器QA模式下,调出用于实验的IMRT计划,将每个计划的射野按照实际角度(误差≤0.2°)进行出束,利用自带的VeriSoft软件分析γ通过率,其中剂量偏差设置为3%,位移偏差设置为3 mm,阈值偏差为5 mm,计算为max dose of calculated volume。

1.4 对热塑膜固定底板进行剂量修正

为了修正碳纤维固定底板对剂量的影响,论文采取手动勾画的方式^[12]。针对第6组,后入射野数目占比最高的一组10例患者IMRT计划,将碳纤维治疗床板和碳纤维固定地板勾画到皮肤轮廓以内,让碳纤维治疗床板和固定底板参与计算,这样就能从根源上对其影响进行修正。修正后,同样分别在加速器治疗床上和加了固定底板的加速器治疗床上进行三维剂量验证,并用γ分析法(3 mm/3%标准)进行分析。

1.5 统计学方法

采用SPSS 19.0软件进行配对t检验,P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 对照组与实验组分别对60例IMRT计划进行剂量验证

利用自带VeriSoft软件,γ分析方法中剂量偏差设置为3%,位移偏差设置为3 mm,阈值偏差为5 mm,计算方式为max dose of calculated volume,得到每一小组的三维剂量验证γ通过率平均值。利用SPSS 19.0软件对后入射野数目占比最小的对照一组与实验一组进行配对t检验,得出P值,以此类推,分别对剩下的对照5个小组与实验5个小组进行配对样本t检验,得出P值,得出数据如表1所示。

表1 对照组与实验组IMRT计划γ通过率平均值t检验结果
Tab.1 Results of t test on the average gamma passing rates of intensity-modulated radiotherapy plans in control and experimental groups

组别	对照组γ通过率/%	实验组γ通过率/%	后入射野占总射野比	标准差	P值
第1组	98.00	98.88	0.07	1.75	0.147
第2组	96.87	96.46	0.25	2.59	0.534
第3组	96.76	95.85	0.39	2.87	0.406
第4组	94.82	93.12	0.45	4.12	0.051
第5组	95.51	93.22	0.56	1.70	0.030
第6组	95.32	89.07	0.76	2.98	0.000

对照组γ通过率指仅有治疗床板参与下的三维剂量验证γ通过率;实验组γ通过率指如同临床一样的热塑膜固定底板与治疗床板共同参与的三维剂量验证γ通过率

通过表1,我们可以得到:(1)除了后入射野数占比几乎为0的第1组以外,后面5组实验组的平均 γ 通过率均小于对照组的平均 γ 通过率;(2)后入射野数目占比为0.56的实验第5组与对照第5组配对样本 t 检验,平均 γ 通过率有统计学差异($t=2.566$, $P=0.030$),这是因为受到了热塑膜固定底板的影响。同理实验第6组与对照第6组配对样本 t 检验,平均 γ 通过率有显著统计学差异($t=5.637$, $P=0.000$);(3)当IMRT计划后射野数目占比 ≥ 0.56 时,热塑膜固定底板对三维剂量验证 γ 通过率影响有统计学意义。

2.2 固定底板剂量修正后IMRT计划剂量验证 γ 通过率变化

为了解决热塑膜固定底板对IMRT计划三维剂量验证 γ 通过率有一定影响的问题,我们选择影响最大的第6组10例IMRT计划在计划系统中,利用固定底板参与计算的方式对其进行剂量修正。

修正前后,通过将Octavius 4D剂量验证系统分别对这10例IMRT患者病例进行碳纤维加速器治疗床及固定底板的共同影响下的三维剂量验证,并利用Verisoft软件,采用 γ 分析方法对剂量的验证结果进行分析, γ 通过率的剂量偏差设置为3%,位移偏差设置为3 mm,计算方法为max dose of calculated volume,得到相应的 γ 通过率,所得数据通过使用Excel表格做统计和分析得出相应的结果,如表2所示。

表2 碳纤维固定底板参与计算前后剂量验证 γ 通过率对比表
Tab.2 Comparison of gamma passing rate of dosimetric verification before and after the consideration of immobilization baseplate of carbon fiber

计划编号	后入射野占总射野比	床通过率/%	床+板通过率/%	修正后通过率/%	提高通过率/%
1	0.60	98.7	95.2	98.3	3.1
2	0.60	93.0	91.5	96.0	4.5
3	0.65	95.1	92.5	94.2	1.7
4	0.75	88.1	73.6	84.0	10.4
5	0.75	96.6	92.6	96.3	3.7
6	0.75	97.4	88.2	97.7	9.5
7	0.75	97.2	94.3	98.8	4.5
8	0.75	96.9	87.5	92.3	4.8
9	1.00	98.1	88.9	99.6	10.7
10	1.00	92.1	86.4	91.8	5.4

床通过率是指修正前只有床板的影响下,IMRT计划的 γ 通过率;床+板通过率是指修正前在床板及固定底板的共同影响下,IMRT计划的 γ 通过率;修正后是指修正过固定底板后IMRT计划的 γ 通过率;提高通过率是指修正底板后只有治疗床板的影响下的 γ 通过率与修正前床板及固定底板的共同影响下的 γ 通过率之差

从表2可知,修正前,在治疗床和底板的共同影响下,这10例IMRT计划的三维剂量验证 γ 通过率平均值为89.1%,修正之后,平均值为94.9%,平均值增加5.8%,且最高在原来基础上提升10.7%。我们将这两组数据行配对样本 t 检验,检验发现这两组数据有显著统计学差异($t=-5.769$, $P=0.000$),这表明利用计划系统使热塑膜固定底板参与剂量计算的修正方法具有可行性。

3 讨论

国内外文献当中,有一些讨论固定装置对剂量验证通过率影响的文献,其中Olson等^[13]报道采用Eclipse治疗计划系统和AAA算法,回顾性研究在VMAT治疗中头颈部固定装置对射线的衰减情况。3家机构对15例不同头颈部肿瘤患者进行回顾性评估,从每个患者在Eclipse中的现有计划中创建一个测试计划,其在剂量计算中将固定装置勾画到轮廓之内参与计算。使用剂量体积直方图与原有未考虑固定装置的计划进行比较,该直方图评估了最大剂量、接受95%处方剂量的PTV百分比 V_{95} 和100%的PTV剂量 D_{100} 。最大剂量差异计算范围从0.3%到4.1%,原有计划和试验计划的 V_{95} 覆盖率的绝对差异为0.4%~2.3%, D_{100} 的差异更具有统计学意义,报道的范围为1.2%~71.4%,经过对固定装置进行修正后的计划指标明显低于原有计划指标,这充分说明对固定装置进行剂量修正的必要性。

AAPM 176号报告^[9]中,详细地阐述了不同品牌和厂家的治疗床头及固定装置对放疗剂量的影响,尤其是当VMAT技术逐渐取代IMRT技术后,导致后入射野传递更多的剂量,治疗床头及固定装置对剂量的影响会更大,同时也指出放疗过程中治疗床顶部或固定装置的剂量扰动经常被忽略,与本文观点一致。

Munjel等^[14]曾做过相关研究,指出大多数TPS只用于垂直射束入射衰减修正因子。而当射束斜入射时,底板、头枕和其他固定装置的衰减比垂直射束入射要大。斜入射束衰减的校正因子在大多数商用的治疗计划系统中都没有配置。因此,对于需要在IMRT和3D-CRT中进行多次的治疗,如此高的剂量传递可能导致目标体积的剂量不足,需要在监测单元计算中进行纠正。

Chen等^[15]和辜石勇等^[16]研究表明,头颈部固定装置的衰减和建成效应降低了鼻咽癌计划靶量的剂量覆盖率和平均剂量,导致皮肤剂量增加。在治疗计划和剂量计算中,固定装置应该勾画在皮肤外轮

廓以内参与计算,以减少剂量衰减和增加皮肤剂量。该结论与本文应对热塑膜固定装置进行剂量修正有类似之处。

柏正璐^[17]利用二维矩阵,将机架打到180°,测量不同厚度的碳纤维底板对二维剂量验证通过率的影响,表明碳纤维固定底板有一定的衰减能力。虽然有一定说服力,但是其没有完全模拟实际情况。

本文从实际临床角度出发,利用三维验证系统,通过实验的方法分析测量了固定底板对三维剂量验证通过率的影响程度,并且对固定底板进行剂量修正,经过剂量修正后的三维剂量验证通过率有明显提升,而且有统计学意义。如果放疗患者采用热塑膜固定装置,有后入射照射野,但是却不对热塑膜固定底板进行剂量修正,这可能会导致患者最终接受剂量值低于设计值,给患者的肿瘤控制率带来一定的影响,尤其对后入射野数占比较多的IMRT计划和靶区剂量响应梯度小的肿瘤影响程度可能会更大^[18]。因此,在制定IMRT计划时非常有必要对热塑膜固定底板等固定装置进行剂量修正。本文提供了一种简便的方法:在勾画靶区时将固定底板勾画到皮肤以内参与剂量计算,以达到对固定底板进行剂量修正的目的,希望能为广大放疗同行提供帮助。由于条件限制,只对一种固定底板做了研究,将市面上多数固定底板均纳入研究是笔者努力的一个方向。

【参考文献】

- [1] DE RUYSSCHER D, FAIVRE-FINN C, NESTLE U, et al. European organisation for research and treatment of cancer recommendations for planning and delivery of high-dose, high-precision radiotherapy for lung cancer[J]. J Clin Oncol, 2010, 28(36): 5301-5310.
- [2] 王陆州, 马广栋, 李承军, 等. 头颈肿瘤热塑膜固定配合图像引导放疗的应用[J]. 医疗卫生装备, 2011, 32(11): 86-87.
WANG L Z, MA G D, LI C J, et al. Application of head-and-neck thermal model combined with IGRJ[J]. 2011, 32(11): 86-87.
- [3] 葛宁, 易峰涛, 韩栋梁. 真空垫配合热塑膜在脊柱后凸患者体位固定中的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2017, 34(9): 955-958.
GE N, YI F T, HAN D L. Application of vacuum pad combined with thermoplastic film in immobilization of kyphosis patients[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2017, 34(9): 955-958.
- [4] 张文俊. 胸腹部肿瘤放射治疗中热塑膜体位固定技术的应用价值研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2018, 12(29): 1-2.
ZHANG W J. Study on the application value of thermoplastic membrane fixation in radiotherapy of thoracolumbar tumor [J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Control, 2018, 12(29): 1-2.
- [5] 王巍, 刘再生, 庄洪卿, 等. 肺癌放疗中胸部热塑膜与负压真空垫固定摆位误差比较[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2012, 21(3): 235-236.
WANG W, LIU R S, ZHUANG H Q, et al. Comparison of the positioning error between the thoracic thermoplastic membrane and the vacuum gasket fixation in the radiotherapy of lung cancer [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2012, 21(3): 235-236.
- [6] LEE J A, KIM C Y, PARK Y J, et al. Interfractional variability in intensity-modulated radiotherapy of prostate cancer with or without thermoplastic pelvic immobilization[J]. Strahlenther Onkol, 2014, 190(1): 94-99.
- [7] 屈超, 梁广立. 热塑体膜固定装置在宫颈癌调强放疗中的临床应用价值[J]. 医疗卫生装备, 2015, 36(12): 92-93.
QU C, LIANG G L. Clinical value of thermoplastic boby membrane fixation device for cervical cancer IMRT [J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2015, 36(12): 92-93.
- [8] 刘巍巍, 王美娇, 杨敬贤, 等. 热塑膜联合发泡胶固定技术在宫颈癌放疗中的应用价值[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(6): 636-640.
LIU W W, WANG M J, YANG J X, et al. Application value of thermoplastic film combined with styrofoam fixation technology in radiotherapy for cervical cancer [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2019, 36(6): 636-640.
- [9] OLCH A J, GERIG L, LI H, et al. Dosimetric effects caused by couch tops and immobilization devices: report of AAPM task group 176[J]. Med Phys, 2014, 41(6): 061501.
- [10] POPPE B, CHOFOF N, RUHMANN A, et al. The effect of a carbon-fiber couch on the depth-dose curves and transmission properties for megavoltage photon beams[J]. Strahlenther Onkol, 2007, 183(1): 43-48.
- [11] 孔伟, 叶红强, 何剑莉, 等. 碳纤维床对宫颈癌容积弧形旋转调强放射治疗计划的剂量影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(3): 271-276.
KONG W, YE H Q, HE J L, et al. Dosimetric effects of carbon fiber couch on volumetric modulated arc therapy of cervical cancer [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2019, 36(3): 271-276.
- [12] MIHAYLOV I B, CORRY P, YAN Y, et al. Modeling of carbon fiber couch attenuation properties with a commercial treatment planning system[J]. Med Phys, 2008, 35(11): 4982-4988.
- [13] OLSON A, PHILLIPS K, ENG T, et al. Assessing dose variance from immobilization devices in VMAT head and neck treatment planning: a retrospective case study analysis[J]. Med Dosim, 2018, 43(1): 39-45.
- [14] MUNJAL R K, NEGI P S, BABU A G, et al. Impact of 6 MV photon beam attenuation by carbon fiber couch and immobilization devices in IMRT planning and dose delivery[J]. J Med Phys, 2006, 31(2): 67-71.
- [15] CHEN L, PENG Y L, GU S Y, et al. Dosimetric effects of head and neck immobilization devices on multi-field intensity modulated radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. J Cancer, 2018, 9(14): 2443-2450.
- [16] 辜石勇, 陈利, 马燕, 等. 体位固定装置对鼻咽癌调强计划的剂量学影响[J]. 中国医学物理学杂志, 2019, 36(3): 271-276.
GU S Y, CHEN L, MA Y, et al. Dosimetric effects of immobilization device on intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2019, 36(3): 271-276.
- [17] 柏正璐. 碳纤维固定底板对放射治疗射野剂量分布影响的初步研究[J]. 中国医学装备, 2018, 15(1): 22-25.
BAI Z L. The primary research for the influence of immobilization baseplate of carbon fiber on dose distribution of radiation field of radiotherapy [J]. Chinese Medical Equipment, 2018, 15(1): 22-25.
- [18] 胡逸民. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999: 614.
HU Y M. Radiation tumor physics [M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1999: 614.

(编辑:陈丽霞)