

体位固定装置对鼻咽癌调强计划的剂量学影响

辜石勇¹, 陈利², 马燕¹, 余义贞¹

1. 中山大学附属第六医院放疗科, 广东 广州 510655; 2. 中山大学肿瘤防治中心放疗科/华南肿瘤学国家重点实验室/肿瘤医学协同创新中心, 广东 广州 510060

【摘要】目的:研究头颈体位固定装置对鼻咽癌调强放射治疗计划的剂量学影响。**方法:**随机选取9例鼻咽癌患者,对每例患者勾画两套外轮廓集合,一套仅勾画患者正常外轮廓(Plan_{without}),另一套勾画包含固定装置的外轮廓(Plan_{with})。对每例患者的两套轮廓分别设计9野调强和单弧VMAT计划。通过比较计划间的DVH参数结果、两个计划结果相减来评估头颈固定装置引起的剂量学差异。**结果:**对9野调强计划,Plan_{with}的靶区覆盖和平均剂量(D_{mean})相对Plan_{without}计划均有所减小。鼻咽部肿瘤靶区(GTVnx)、颈部淋巴结肿瘤靶区(GTVnd)、临床靶区与高危淋巴引流区(CTV1)以及预防照射淋巴引流区(CTV2)外扩3 mm得到的PTVnx、PTVnd、PTV1和PTV2处方剂量覆盖分别降低2.14%、10.34%、0.88%、2.86% ($P<0.01$, $P<0.01$, $P=0.15$, $P<0.01$), D_{mean}减小0.96%、1.94%、1.07%、1.26% (P 值均 <0.01);除脑干外各危及器官D_{mean}均有减小(最大偏差1.69%),且 P 值均 ≤ 0.01 ;后颈的皮肤剂量增加约10~15 Gy。对于VMAT, Plan_{with}的靶区覆盖和D_{mean}均减小:PTVnx、PTVnd、PTV1和PTV2处方剂量覆盖分别降低2.56%、22.42%、0.66%、1.30% ($P<0.01$, $P=0.57$, $P<0.01$, $P=0.02$), 平均剂量分别减小了0.86%、2.45%、0.93%、1.59% ($P=0.01$, $P<0.01$, $P<0.01$, $P<0.01$);各危及器官的D_{mean}均有减小(最大1.60%),且 P 值均 <0.01 ;同时,体位固定装置的存在使得入射固定装置的射线的散射和体表建成发生变化,后颈的皮肤剂量增加约6~14 Gy。**结论:**头颈固定装置会引起射线的衰减和建成效应变化,使得鼻咽癌计划靶区的覆盖和D_{mean}均有降低,在计划设计时需要将其包括到外轮廓内,以保证剂量计算的准确性。

【关键词】鼻咽癌;头颈体位固定装置;调强放射治疗;剂量学差异

【中图分类号】R815.6

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2019)03-0271-06

Dosimetric effects of immobilization device on intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma

GU Shiyong¹, CHEN Li², MA Yan¹, YU Yizhen¹

1. Department of Radiation Oncology, the Sixth Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510655, China; 2. Department of Radiation Oncology, Sun Yat-sen University Cancer Center/State Key Laboratory of Oncology in South China/Collaborative Innovation Center for Cancer Medicine, Guangzhou 510060, China

Abstract: Objective To investigate the dosimetric effects of head and neck immobilization device on the dose distribution of intensity-modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma (NPC). **Methods** Nine patients with NPC were randomly selected. Two sets of body contours were established for each patient. One of the body contours did not contain the immobilization device, and the other contained the immobilization device. For the two sets of contours of each patient, 9-field IMRT plan and VMAT plan were designed, and the plans for different sets of contours were recorded as Plan_{without} and Plan_{with}. The dose differences caused by the head and neck immobilization devices were assessed by the comparative analysis on dose-volume histogram (DVH) parameters and differences in the results of different plans. **Results** For 9-field IMRT plans, Plan_{with} had lower PTV dose coverage and average dose than Plan_{without}. Compared with those in Plan_{without}, the dose coverage of PTVnx, PTVnd, PTV1 and PTV2 in Plan_{with} were decreased by 2.14%, 10.34%, 0.88%, 2.86% ($P<0.01$, $P<0.01$, $P=0.15$, $P<0.01$), respectively, and their average doses were decreased by 0.96%, 1.94%, 1.07%, 1.26% (all $P<0.01$). In addition, the mean dose of organs-at-risk except for brainstem was reduced in Plan_{with} (with a maximum deviation of 1.69%, $P<0.01$) and the back neck skin dose was increased by 10-15 Gy in Plan_{with}. For VMAT plans, the PTV dose coverage and mean dose of Plan_{with} were lower than those of Plan_{without}. The PTVnx, PTVnd, PTV1

【收稿日期】2018-09-12

【作者简介】辜石勇, 硕士, 研究实习生, 研究方向:放射物理及放射技术, E-mail: gsy_17@126.com

【通信作者】陈利, 硕士, 助理研究员, 研究方向:放射物理, E-mail: chenli@sysucc.org.cn

and PTV2 dose coverage in Plan_{with} were decreased by 2.56%, 22.42%, 0.66%, 1.30% ($P<0.01$, $P=0.57$, $P<0.01$, $P=0.02$), respectively, and their average doses were decreased by 0.86%, 2.45%, 0.93%, 1.59% ($P=0.01$, $P<0.01$, $P<0.01$, $P<0.01$). The mean doses of organs-at-risk were decreased by 0.52%-1.60% ($P<0.01$). Meanwhile, back neck skin dose was increased by approximately 6-14 Gy for the immobilization device had changed the scattering of X-ray and surface build-up effects. **Conclusion** The head and neck immobilization device can cause the attenuation of X-ray and changes in build-up effects, which reduces the dose coverage rate and average dose of the planning target volumes in radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma. During treatment planning and dose calculation, the immobilization device should be included within body contour to ensure the accuracy of dose calculation.

Keywords: nasopharyngeal carcinoma; head and neck immobilization device; intensity-modulated radiotherapy; dosimetric effect

前言

体位固定装置被广泛应用于放射治疗中^[1],用来保证患者治疗体位的固定效果和分次治疗时患者体位的重复性。多野调强放射治疗(Intensity Modulated Radiotherapy, IMRT)和容积旋转调强治疗(Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT)是目前鼻咽癌放射治疗的主要技术^[2-3]。IMRT和VMAT放疗实施过程中,当臂架运动到一定范围时,射线入射路径会经过体位固定设备和治疗床,这些设备的组成材料与空气并不等效,其存在会造成射线的衰减和散射。目前很多文献报道了治疗床对放疗剂量的影响^[4-6],但在实际的临床计划设计时往往忽视了体位固定设备对放疗计划的影响。本文通过计算和分析头颈体位固定装置对鼻咽癌IMRT和VMAT计划的剂量学影响,为临床实践提供参考。

1 材料与方法

1.1 病例资料与定位

回顾性选取中山大学附属第六医院经病理诊断为鼻咽癌且无放疗禁忌症的9例患者作为研究对象,年龄32~74岁,中位年龄50.2岁,临床分期T3期5例,T4期4例。所有患者均采用仰卧位,使用科莱瑞迪公司生产的碳纤维底板加发泡胶和头颈肩热塑膜进行体位固定(图1),采用Philips Brilliance CT(Philips medical system, Cleveland, USA)模拟定位机行螺旋CT扫描,扫描范围从头顶至胸骨切迹下2 cm,扫描和重建层厚均取3 mm,扫描得到的CT图像经放疗网络系统传输到Monaco5.1计划系统。

1.2 靶区与外轮廓勾画

根据ICRU50、62号报告在所有患者CT与MR融合图像上勾画鼻咽部肿瘤靶区(Gross Target Volume, GTV)GTVnx、颈部淋巴结肿瘤靶区(GTVnd)、临床靶区(Clinical Target Volume, CTV)与高危淋巴引流区CTV1以及预防照射淋巴引流区(CTV2)。在CTV的基础上根据摆位误差将各靶区外扩3 mm得到对

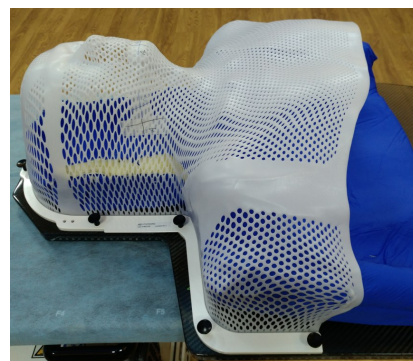


图1 头颈体位固定装置

Fig.1 Head and neck immobilization device

白色部分为头颈肩热塑膜,蓝色部分为发泡胶,黑色部分为碳纤维底板。

应的计划靶区(Planning Target Volume, PTV),分别记为PTVnx、PTVnd、PTV1以及PTV2。危及器官(Organs-At-Risk, OAR)包括脑干、脊髓、晶体、视神经、视交叉、垂体、腮腺、内耳、中耳、颞叶、颞颌关节、下颌骨、舌以及喉等。设计计划时,对每一例患者勾画两套外轮廓,即一套外轮廓不包含头颈固定装置仅勾画人体外轮廓,另一套将头颈固定装置也勾画进外轮廓。

1.3 计划设计及剂量计算

在Monaco5.1计划系统中设计同步加量计划^[7-8],采用6 MV能量X线。PTVnx、PTVnd、PTV1、PTV2的处方剂量分别为70、66、60以及54 Gy,共计32次。TPS内计划的设计参数为:VMAT计划,单弧360°,机架从-180°到180°,设置最大控制点数目为150个;IMRT计划,9野共面空间均分,每个射野内控制点数量设定为20个,计算网格大小为3 mm×3 mm×3 mm,使用蒙特卡罗(Monte Carlo, MC)算法计算剂量,MC算法的每个控制点不确定度设置为3%。将正常皮肤外轮廓计算优化的调强计划记为Plan_{without},随后将该计划移植到该患者包含头颈固定装置外轮廓的图像上,在保证相同的辐射条件下,进行剂量计算,得到包含头颈固定装置的计划,记为Plan_{with}。

1.4 剂量学差异分析

使用剂量体积直方图(Dose Volume Histogram, DVH)对同一患者的IMRT/VMAT计划的PTV、OAR的受照射剂量进行统计学分析。计划靶区评价指标为靶区平均剂量(D_{mean}),100%处方剂量覆盖体积 $V_{\text{Prescription}}$ ($V_{70\text{ Gy}}$ 对应PTVnx、 $V_{66\text{ Gy}}$ 对应PTVnd、 $V_{60\text{ Gy}}$ 对应PTV1、 $V_{54\text{ Gy}}$ 对应PTV2),靶区剂量均匀性指数(Homogeneity Index, HI)以及靶区剂量适形指数(Conformity Index, CI)^[9]。HI、CI通过下述公式分别计算:

$$HI = D_{5\%} / D_{95\%} \quad (1)$$

其中 $D_{5\%}$ 和 $D_{95\%}$ 分别是感兴趣区域(Region Of Interest, ROI)5%和95%体积接受的照射剂量。HI的值越小(越接近1)表示靶区剂量的均匀性越好,反之表明靶区剂量越不均匀。

$$CI = (V_{\text{RX}} / V_{\text{T}}) \times (V_{\text{RX}} / V_{\text{RI}}) \quad (2)$$

其中 V_{T} 为ROI的体积, V_{RI} 为参考剂量等剂量线包绕的总体积, V_{RX} 为参考剂量包绕ROI的体积。CI值的范围为0~1,CI的值越大,表明该结构对应处方剂量的适形度越好。对于OAR,脑干和脊髓评价指标为 D_{mean} 与 D_{max} ,其他OAR评价指标为 D_{mean} 。

同时,对同一个患者,在Monaco计划系统中将两个计划的计算结果相减得到头颈固定装置对剂量计算的影响,患者体内某一特定位置处(x, y, z)的剂量偏差计算为 $\text{Plan}_{\text{with}}$ 与 $\text{Plan}_{\text{without}}$ 在该处的剂量差值:

$$\text{Diff}(\text{Gy}) = D(x, y, z)_{\text{with}} - D(x, y, z)_{\text{without}} \quad (3)$$

1.5 统计学方法

采用SPSS19软件对 $\text{Plan}_{\text{without}}$ 和 $\text{Plan}_{\text{with}}$ 计划DVH的剂量参数进行配对 t 检验, $P < 0.05$ 为二者差异有统计学意义。

2 结果

2.1 靶区剂量

从图2中9野IMRT(9F IMRT)的DVH结果可以看出,考虑体位固定装置后, $\text{Plan}_{\text{with}}$ 计划中各ROI曲线都有一定程度的向左移动,各PTV的处方剂量覆盖体积以及 D_{mean} 均有所降低。PTVnx、PTVnd、PTV1、PTV2 4个靶区的处方剂量覆盖分别降低了2.14%、10.34%、0.88%、2.86%;平均剂量分别降低了0.96%、1.94%、1.07%、1.26%,且差异具有统计学意义(表1)。头颈肩固定装置对各个靶区的剂量均匀性指数HI影响较小,9例患者的平均偏差均在1%以内。头颈体位固定装置对各个靶区的剂量适形度指数CI影响比较大,9例患者的平均偏差分别为11.28%、0.48%、6.90%、3.89%。

从图3可以看出,对于VMAT计划,与仅考虑外

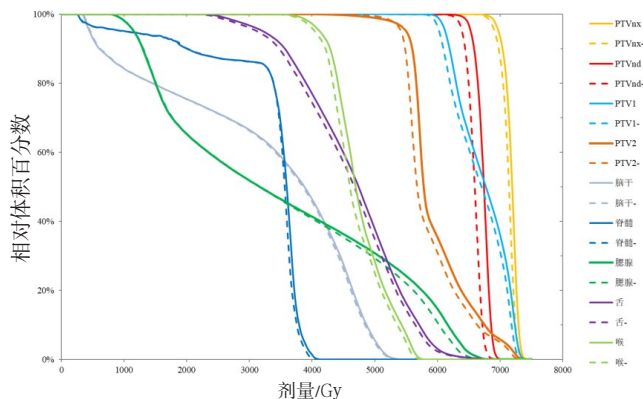


图2 1例典型的鼻咽癌患者9F IMRT计划的DVH图

Fig.2 Dose-volume histogram of 9-field intensity-modulated radiotherapy (9F-IMRT) for nasopharyngeal carcinoma (NPC) in a typical patient

图中实线为 $\text{Plan}_{\text{without}}$ (即外轮廓不考虑体位固定装置),虚线为 $\text{Plan}_{\text{with}}$ (勾画外轮廓包含头颈固定装置)。

轮廓的计划 $\text{Plan}_{\text{without}}$ 相比, $\text{Plan}_{\text{with}}$ 计划中各ROI曲线均有一定程度的向左移动,各PTV的处方剂量覆盖体积和 D_{mean} 均有所降低。表1中的结果显示,PTVnx、PTVnd、PTV1、PTV2的靶区剂量覆盖分别降低了2.56%、22.42%、0.66%、1.30%,其中对PTVnd的影响最大;靶区的 D_{mean} 分别降低了0.86%、2.45%、0.93%、1.59%,且差异具有统计学意义。头颈固定装置对各个靶区的剂量均匀性指数HI影响较小,9例患者的平均偏差均在1%以内。头颈固定装置对各个靶区的剂量适形度指数CI影响比较大,由于固定装置的影响,9例患者的靶区的适形度指数分别变化了10.52%、-32.52%、9.97%和3.03%。

2.2 OAR剂量

如表2所示,由于头颈固定装置对射线的衰减,除脑干外,VMAT与9F IMRT各OAR的平均剂量和最大剂量均有所减小(最大偏差1.69%),且差异均具有统计学意义。其中对脊髓、喉和舌的剂量影响相对较大。

2.3 $\text{Plan}_{\text{with}}$ 与 $\text{Plan}_{\text{without}}$ 剂量差值

在TPS内对同一患者两套计划直接相减,可以得到如图4所示的剂量差异分布图。图中色标从蓝色到红色的渐变代表绝对剂量的变化,范围从-6 Gy至30 Gy。可见,由于头颈固定装置的存在,患者体内剂量与不考虑固定设备时相比有所降低,如图4b、c、e、f中所示,靠近体位固定装置的下颈部剂量降低明显,主要是由于入射射线经过体位固定装置时对射线的衰减造成的。同时,在患者的颈部与底板托架之间,由于有低密度的发泡胶存在,造成了射线的散射和建成效应发生变化,导致患者后颈的皮肤剂量增加了6~15 Gy,如图4a、d所示。

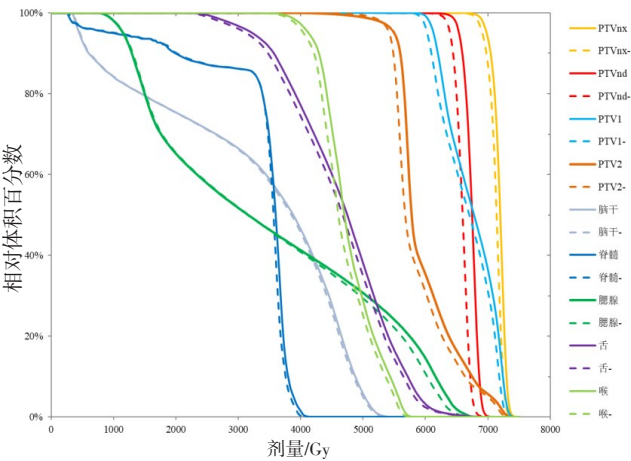


图3 1例典型的鼻咽癌患者VMAT计划的DVH图
Fig.3 Dose-volume histogram of volumetric modulated arc therapy (VMAT) for NPC in a typical patient

3 讨论

体位固定装置被广泛应用于放射治疗中,主要作用是保证单次放疗内患者体位的固定以及分次间治疗体位的重复性。但需要注意的是,体位固定装置等辅助治疗设备材料与空气并不等效,在放疗计划实施时对放疗剂量会产生影响。测量表明,在射线经入射路径经过治疗床、有机玻璃等物体时,射线的衰减效应、皮肤建成效应改变明显^[6,10-13]。Munjal等^[14]通过测量发现,当6 MV光子射线(10×10) cm²照射野从120°~160°入射治疗床时,剂量衰减约为3.0%;从0°~90°入射有机玻璃板时剂量衰减为5.8%~10.6%。Cheung等^[15]的研究表明对于2.5 cm厚的真空袋,由于射线的建成效应,用6 MV(10×10) cm² X线照射野时皮肤的表面剂量相

表1 9例鼻咽癌患者两种计划间计划靶区剂量学参数结果($\bar{x} \pm s$)
Tab.1 Dosimetric parameters of target areas in 9F-IMRT and VMAT for NPC in 9 patients (Mean±SD)

靶区	参数	VMAT				9F-IMRT			
		Plan _{with}	Plan _{without}	Diff /%	P值	Plan _{with}	Plan _{without}	Diff /%	P值
PTVnx	V _{70 Gy} /%	96.29±2.67	98.71±0.73	-2.56±2.26	<0.01	96.45±1.59	98.56±0.67	-2.14±1.30	<0.01
	D _{mean} /Gy	72.27±0.45	72.89±0.35	-0.86±0.39	0.01	72.19±0.43	72.88±0.38	-0.96±0.34	<0.01
	HI	1.08±0.02	1.07±0.02	0.31±0.47	<0.01	1.06±0.01	1.05±0.01	-0.19±0.40	0.17
	CI	0.71±0.12	0.64±0.16	10.52±10.22	<0.01	0.75±0.08	0.68±0.15	11.28±13.53	<0.01
PTVnd	V _{66 Gy} /%	83.50±14.79	98.54±1.90	-22.42±23.45	0.57	88.16±9.95	98.23±1.53	10.34±9.19	<0.01
	D _{mean} /Gy	66.21±1.96	67.82±1.78	-2.45±1.05	<0.01	65.59±1.31	66.90±1.37	-1.94±0.49	<0.01
	HI	1.08±0.05	1.08±0.06	0.31±0.81	<0.01	1.06±0.01	1.05±0.01	0.48±0.50	0.08
	CI	0.07±0.04	0.08±0.05	-32.52±53.48	<0.01	0.09±0.07	0.09±0.06	-0.48±18.66	0.86
PTV1	V _{60 Gy} /%	98.99±1.06	99.64±0.51	-0.66±0.72	<0.01	97.63±0.88	98.50±1.85	-0.88±1.82	0.15
	D _{mean} /Gy	68.90±1.66	69.54±1.68	-0.93±0.33	<0.01	68.50±0.68	69.24±0.66	-1.07±0.34	<0.01
	HI	1.19±0.03	1.19±0.03	0.18±0.36	<0.01	1.20±0.02	1.20±0.02	0.42±0.44	0.02
	CI	0.43±0.09	0.38±0.07	9.97±6.8	<0.01	0.45±0.1	0.42±0.09	6.90±2.80	<0.01
PTV2	V _{54 Gy} /%	95.49±1.49	98.00±0.95	-1.30±0.52	0.02	94.95±1.91	97.76±0.98	-2.86±1.90	<0.01
	D _{mean} /Gy	60.79±1.30	61.75±1.36	-1.59±0.34	<0.01	60.13±1.18	60.91±1.42	-1.26±0.78	<0.01
	HI	1.32±0.04	1.31±0.04	0.91±0.62	<0.01	1.34±0.03	1.33±0.03	0.90±0.68	<0.01
	CI	0.77±0.02	0.74±0.02	3.03±1.58	<0.01	0.79±0.02	0.76±0.02	3.89±0.32	<0.01

Diff(%)=(Plan_{with}-Plan_{without})/Plan_{with}*100

对于无真空袋时增大了一倍,当真空袋厚度继续增加时皮肤表面剂量相应增大,因此Cheung提醒需要考虑真空袋对皮肤剂量的影响。Puysselley等^[16]测量了俯卧乳腺托架对剂量的影响,当射线入射碳纤维床板与乳腺托架碳纤维底板时,6 MV X射线衰减约7.6%,当射线经过乳腺托架固定部分时衰减可达12.3%。

常规放疗和三维放疗时射野固定且射野数目少,可以通过人为调整射野入射方向,回避某些入射角度,或利用已测量的射线衰减因子,修正特定角度的射野机器跳数(Monitor Unit, MU),避免体位固定装置对剂量的影响,但是射野的调整不可避免的导致靶区适形度变差,靶区外高剂量范围增多。在精确放疗时代,多

表 2 9例鼻咽癌患者两种计划间危及器官剂量学参数结果($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Dosimetric parameters of organs-at-risk in 9F-IMRT and VMAT for NPC in 9 patients (Mean±SD)

危及器官	参数	VMAT				9F-IMRT			
		Plan _{with}	Plan _{without}	Diff /%	P值	Plan _{with}	Plan _{without}	Diff /%	P值
脑干	D _{mean} /Gy	31.42±3.27	31.41±3.37	0.05±0.94	<0.01	32.32±3.53	32.28±3.56	0.13±0.83	0.68
	D _{max} /Gy	57.26±4.85	57.59±4.97	-0.58±1.25	<0.01	56.41±3.96	56.56±3.98	-0.25±1.15	0.50
脊髓	D _{mean} /Gy	35.16±1.14	35.61±1.23	-1.27±0.62	<0.01	33.62±1.36	33.93±1.37	-0.90±0.44	<0.01
	D _{max} /Gy	41.69±1.31	42.31±1.39	-1.50±1.38	<0.01	41.31±1.21	41.67±1.19	-0.86±0.87	0.01
舌	D _{mean} /Gy	42.87±5.99	43.53±5.96	-1.60±0.57	<0.01	40.42±4.84	41.11±4.93	-1.69±0.49	<0.01
腮腺	D _{mean} /Gy	38.85±2.58	39.05±2.50	-0.52±0.71	<0.01	46.95±3.38	47.36±3.53	-0.84±0.83	0.01
喉	D _{mean} /Gy	47.33±2.08	47.99±2.03	-1.40±1.15	<0.01	37.71±1.74	37.96±1.75	-0.64±0.48	0.01

Diff(%)=(Plan_{with}-Plan_{without})/Plan_{with}*100

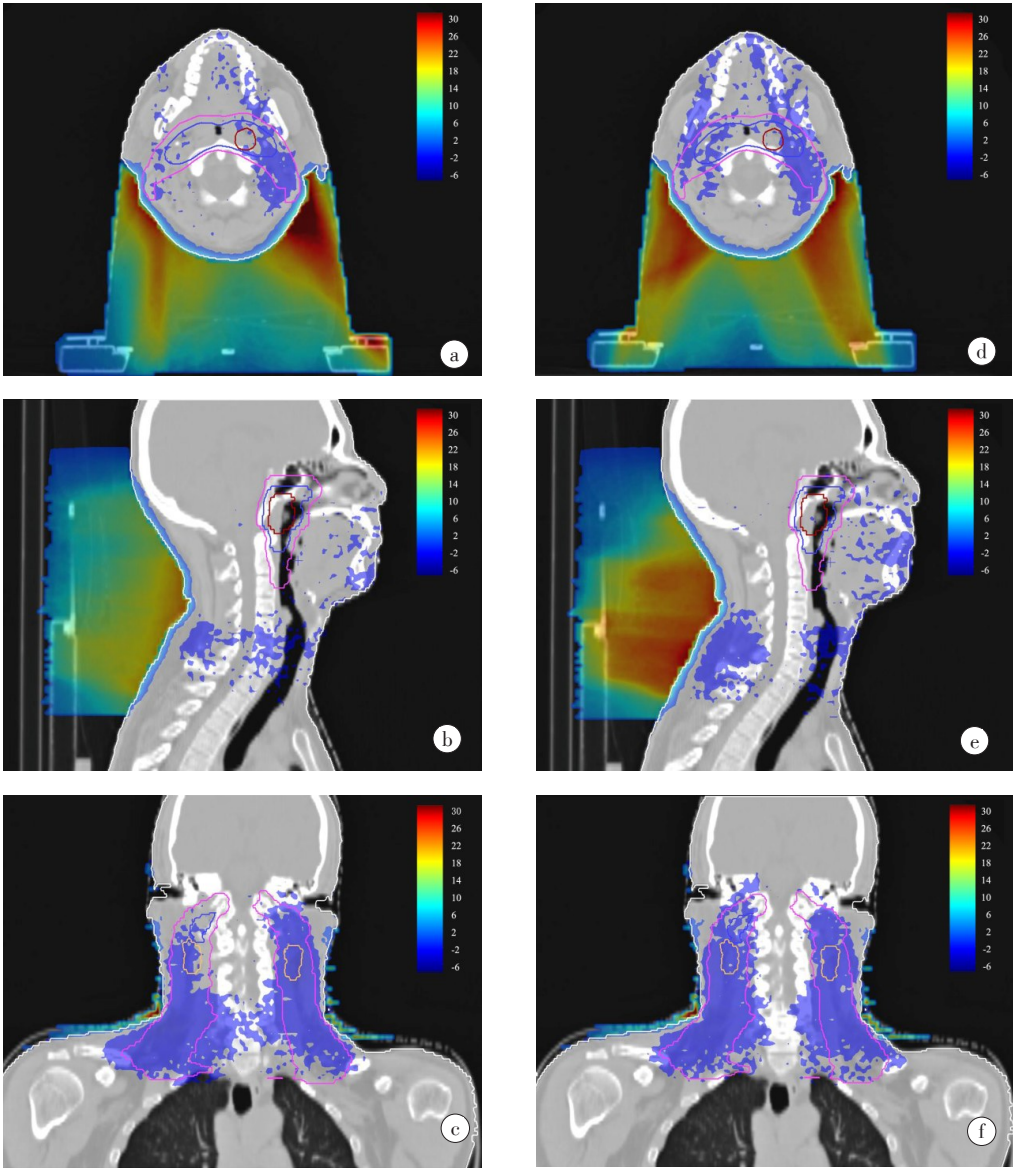


图4 1例典型患者头颈固定设备对VMAT(a,b,c)和IMRT(d,e,f)计划剂量影响示意图

Fig. 4 Effects of head and neck immobilization device on the dose distribution of VMAT (a, b, c) and 9F IMRT (d, e, f) in a typical case
两种计划直接相减得到剂量差异分布,其中a,d是横断面;b,e为矢状面;c,f是冠状面。

野调强和VMAT,单个计划内通常含有几十个甚至上百个位置和形状各异的子野,采用上述的方法不再适合。Pulliam等^[17]在TPS中将治疗床的不同部件勾画并考虑进外轮廓,按原始计划重新计算剂量,当治疗床下方的支撑导轨移出时,对多野调强计划,剂量衰减4.2%,相应的VMAT计划剂量衰减3.2%,靶区覆盖分别下降35%、18%,已经超出 $\pm 3\%$ 的剂量误差允许范围^[18],此时计划已经不适用于临床治疗。Connor等^[19]回顾性分析发现由于腹压板的存在,患者的皮肤剂量从原计划的27 Gy增大到31~36 Gy,同时靶区的覆盖由原计划的95.8%降低到76.5%,此时的计划同样不能满足临床要求。因此,在计划设计时需要将体位固定装置勾画进外轮廓。

本文通过在患者CT图像上完整的勾画出体位固定设备,并将其考虑进患者的外轮廓内,采用计划重新计算的方法,计算结果表明头颈固定装置会明显影响鼻咽癌调强计划剂量分布,勾画固定装置轮廓TPS计算剂量相比不考虑固定装置计划计算得到的靶区覆盖和 D_{mean} 均有所减小(VMAT 4个靶区的处方剂量覆盖降低了0.86%~22.42%, D_{mean} 降低了0.86%~2.45%;IMRT 4个靶区的处方剂量覆盖降低了0.88%~10.34%, D_{mean} 降低了0.96%~1.94%),对PTVnd剂量覆盖影响较大,主要是因为PTVnd空间上与体位固定装置相对更接近,且距离体表较近。表1的计算结果显示,VMAT和IMRT的Plan_{with}计划的PTVnd处方剂量覆盖率为83.50%和88.16%(均小于95%),可见,此时的计划已经满足不了临床计划的目标需求。由于头颈固定设备对射线的衰减作用,除脑干外各OAR的 D_{mean} 均有所减小(最大偏差1.69%),且差异具有统计学意义,图2、3也显示类似的结果,OAR的曲线都有一定程度的分离且均向左移动。

图4的结果显示,在患者的颈部与底板托架之间,由于有低密度的发泡胶存在,造成了射线的散射和建成效应变化,使得后颈的皮肤剂量显著增加了6~15 Gy。同时应该引起注意的是,如果采用增加MU来修正特定射野的体位固定装置的衰减效应时,可能会更进一步增加皮肤的照射剂量。Archambeau等^[20]的研究发现,在常规分割(2 Gy每次)放疗中,皮肤的受照剂量超过25 Gy时可能会产生临床反应,超过45 Gy时会引起皮肤干燥脱皮等反应。Hoppe等^[21]报道了在早期非小细胞肺癌的SBRT放疗中,由于忽视了治疗床等附件的存在增加了患者的皮肤剂量,38%的患者出现了急性皮肤放射毒性。因此建议在设计鼻咽癌计划时将头颈固定装置勾画在人体轮廓内,充分考虑体位固定装置引起的皮肤剂量增加,使得TPS计划剂量计算与实际相符。

综上所述,头颈固定装置的存在,使得鼻咽癌调强计划的靶区剂量和正常器官的 D_{mean} 均有降低,后颈部的皮肤剂量增高。在计划设计时,需要将体位固定装置勾画进外轮廓内,以保证TPS剂量计算的准确性。

【参考文献】

- [1] 张华满,向燕群,伍建华,等.个体化头颈肩体位固定在鼻咽癌调强放疗中的应用分析[J].中华放射肿瘤学杂志,2012,21(2): 185. ZHANG H M, XIANG Y Q, WU J H, et al. Application analysis of individualized head and neck shoulder position fixed during intensity modulated radiation therapy for nasopharyngeal carcinoma [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2012, 21(2): 185.
- [2] OTTO K. Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc[J]. Med Phys, 2008, 35(1): 310-317.
- [3] TEOH M, CLARK C H, WOOD K, et al. Volumetric modulated arc therapy: a review of current literature and clinical use in practice[J]. Br J Radiol, 2011, 84(1007): 967-996.
- [4] 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.
- [5] MIHAYLOV I B, BZDUSEK K, KAUS M. Carbon fiber couch effects on skin dose for volumetric modulated arcs[J]. Med Phys, 2011, 38(5): 2419-2423.
- [6] 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): 1-30.
- [7] TANG J M, MA X M, HOU Y L, et al. Analysis of simultaneous modulated accelerated radiotherapy (SMART) for nasopharyngeal carcinomas[J]. J Radiat Res, 2014, 55(4): 794-802.
- [8] FAREED M M. Intensity-modulated radiotherapy with simultaneous modulated accelerated boost technique and chemotherapy in patients with nasopharyngeal carcinoma[J]. BMC Cancer, 2013, 13(1): 1-7.
- [9] OLIVER M, CHEN J, WONG E, et al. A treatment planning study comparing whole breast radiation therapy against conformal, IMRT and tomotherapy for accelerated partial breast irradiation [J]. Radiother Oncol, 2007, 82(3): 317-323.
- [10] 曹婷婷,全红,刘晖,等.联影直线加速器新型全碳素纤维治疗床对放疗剂量的影响[J].中国医学物理学杂志,2018,35(1): 14-18. CAO T T, QUAN H, LIU H, et al. Effects of a new carbon fiber couch of linear accelerator on radiotherapy dose [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2018, 35(1): 14-18.
- [11] CHYOU T Y, LORENZ F. Couch modelling for volumetric modulated arc therapy (VMAT)[J]. Austral Phys Eng Sci Med, 2017, 40(2): 471-480.
- [12] DUGGAR W N, NGUYEN A, STANFORD J, et al. Modeling treatment couches in the pinnacle treatment planning system: especially important for arc therapy[J]. Med Dosim, 2016, 41(1): 34-41.
- [13] SHEYKHOO A, ABDOLLAHI S, HADIZADEH YAZDI M H, et al. Effects of Siemens TT-D carbon fiber table top on beam attenuation, and build up region of 6 MV photon beam[J]. Rep Pract Oncol Radiat, 2017, 22(1): 19-28.
- [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] CHEUNG T, BUTSON M J, YU P K. Evaluation of build-up dose from ja: math X-rays under pelvic and abdominal patient immobilisation devices[J]. Radiat Meas, 2002, 35(3): 235-238.
- [16] PUYSSSELEYR A D, NEVE W D, WAGTER C D. A patient immobilization device for prone breast radiotherapy: dosimetric effects and inclusion in the treatment planning system[J]. Phys Med, 2016, 32(6): 758-766.
- [17] PULLIAM K B, HOWELL R M, FOLLOWILL D, et al. The clinical impact of the couch top and rails on IMRT and arc therapy[J]. Phys Med Biol, 2011, 56(23): 7435-7447.
- [18] NELMS B E, SIMON J A. A survey on planar IMRT QA analysis[J]. J Appl Clin Med Phys, 2007, 8(3): 2448.
- [19] CONNOR M, WEI R L, YU S, et al. Radiation dermatitis caused by a bolus effect from an abdominal compression device[J]. Med Dosim, 2016, 41(3): 221-224.
- [20] ARCHAMBEAU J O, PEZNER R, WASSERMAN T. Pathophysiology of irradiated skin and breast[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1995, 31(5): 1171-1185.
- [21] HOPPE B S, LASER B, KOWALSKI A V, et al. Acute skin toxicity following stereotactic body radiation therapy for stage I non-small-cell lung cancer: who's at risk?[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 72(5): 1283-1286.

(编辑:薛泽玲)