

高级别脑胶质瘤术后VMAT与IMRT剂量学比较

李壮玲, 钟鹤立, 李先明, 李子煌, 高艳

暨南大学附属第二临床医学院/深圳市人民医院放疗科, 广东 深圳 518020

【摘要】目的:比较高级别脑胶质瘤(HGG)术后采用不同拉弧数量容积旋转调强放疗(VMAT)和不同照射野数量逆向调强放疗(IMRT)在靶区和危及器官的剂量学差异及效率的高低。**方法:**收集HGG病例资料10例,采用Oncontra治疗计划系统对每个病例分别设计5、7、9野IMRT计划和单弧、双弧VMAT(VMAT1、VMAT2)计划,处方剂量为计划靶区(PTV):60 Gy/30 f。**(1)**比较5、7、9野IMRT计划间PTV和各危及器官的剂量学差异。**(2)**研究5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划间PTV适形指数(CI)、均匀性指数(HI)和危及器官受照量等剂量学差异,比较机器跳数、优化时间和治疗时间等效率参数的差异。**结果:**(1)5、7、9野IMRT计划:3组计划PTV的CI、HI及各危及器官的最高受量均无统计学差异($P>0.05$)。**(2)**5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划:靶区CI分别为 0.617 ± 0.076 、 0.715 ± 0.084 和 0.731 ± 0.806 ,有统计学差异($P=0.007$),VMAT1和VMAT2组相当,均好于5野IMRT组;靶区HI、最高剂量、最小剂量和 $D_{95\%}$ 无统计学差异($P>0.05$);所有危及器官的最高剂量均无统计学差异($P>0.05$)。**(3)**3组计划的机器跳数有统计学差异($P=0.004$);计划的优化时间:5野IMRT最快,但VMAT技术耗时;治疗时间:VMAT1最快,只需 (3.7 ± 0.5) min,3组计划间有统计学差异($P<0.05$)。**结论:**在HGG术后放疗中,射野数 ≥ 5 的IMRT计划在PTV和危及器官剂量分布差异不显著;与5野IMRT计划相比,尽管VMAT计划优化时间稍长,但显著提高PTV的CI,且VMAT1计划还具有机器跳数少、治疗时间短的优势。

【关键词】高级别脑胶质瘤;图像融合;逆向调强放疗;容积旋转调强放疗;剂量学

【中图分类号】R739.41

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)07-0719-07

Dosimetric comparison of volumetric modulated arc therapy and intensity-modulated radiotherapy for postoperative high-grade glioma

LI Zhuangling, ZHONG Heli, LI Xianming, LI Zihuang, GAO Yan

Department of Radiation Oncology, Shenzhen People's Hospital/Second Clinical Medical College of Jinan University, Shenzhen 518020, China

Abstract: Objective To compare the dosimetric differences in target areas and organs-at-risk (OAR) and the efficiency between volumetric modulated arc therapy (VMAT) and intensity-modulated radiotherapy (IMRT) for postoperative high-grade glioma (HGG). **Methods** Oncontra treatment planning system was used to design 5-, 7-, 9-field IMRT plans and single- and double-arc VMAT (VMAT1 and VMAT2) for 10 postoperative HGG patients. In each plans, the prescription dose was 60 Gy/30 f for planning target volume (PTV). The dosimetric differences in PTV and OAR were compared among 5-, 7-, 9-field IMRT plans. The conformity index (CI), homogeneity index (HI) of PTV, the dose of OAR, monitor units, treatment time and optimizing time were compared among 5-field IMRT, VMAT1 and VMAT2 plans. **Results** No statistical differences were found in the CI and HI of PTV, and the maximum dose (D_{max}) of OAR among 5-, 7-, 9-field IMRT plans ($P>0.05$). VMAT1 and VMAT2 plans showed similar CI of target areas, 0.715 ± 0.084 and 0.731 ± 0.806 , respectively, better than 0.617 ± 0.076 in 5-field IMRT plan (comparison among 3 plans, $P=0.007$). No statistical differences were found in the HI, D_{max} , minimum dose and $D_{95\%}$ of target areas, and the D_{max} of OAR among 5-field IMRT, VMAT1 and VMAT2 plans ($P>0.05$). Statistical differences were found in monitor units among 5-field IMRT, VMAT1 and VMAT2 plans ($P=0.004$). Optimizing time was shortest in 5-field IMRT plan, longest in VMAT2 plan. The treatment time in VMAT1 plan was only (3.7 ± 0.5) min, with statistical differences among three plans ($P<0.05$). **Conclusion** For the postoperative HGG patients, IMRT plans with the number of fields less than 5 doesn't show statistical differences in the dose distribution in PTV and OAR. Compared with 5-field IMRT plan, VMAT plan needs longer optimizing time, but achieves

【收稿日期】2017-03-10

【基金项目】深圳市卫生计生系统科研项目(201401012);深圳市科创委科研课题(JCYJ20150403102020235)

【作者简介】李壮玲, 硕士研究生, 主管技师, 主要研究方向: 肿瘤放射治疗学, E-mail: lizhuangling@163.com

【通信作者】钟鹤立, 高级工程师, E-mail: zhongheli@tom.com

better CI in PTV, and VMAT1 has the advantages of smaller monitor units and shorter treatment time.

Keywords: high-grade glioma; image fusion; intensity-modulated radiotherapy; volumetric modulated arc therapy; dosimetry

前言

胶质瘤是最常见的原发性颅内肿瘤,近30年来颅内胶质瘤发病率逐年递增,年增长率约1.2%^[1]。根据WHO中枢神经系统肿瘤分类,将胶质瘤分为I~IV级,其中I、II级为低级别胶质瘤,III、IV级为高级别胶质瘤(HGG)^[2]。HGG呈浸润性侵袭性生长,手术不易完全切除,具有原位复发特点,且90%发生在距原发灶2 cm的范围之内,故优化局部放疗方案是治疗的焦点^[3]。放射治疗是HGG的重要治疗手段。近年来,基于图像引导的精准快速容积旋转调强(Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT)技术应用于临床^[4-6]。国外已有VMAT治疗脑胶质瘤的报道^[7-9],但国内相关文献尚少。本文通过比较HGG术后VMAT与调强放疗(IMRT)这两种技术在剂量学和效率方面的差异,探讨VMAT技术应用于HGG放疗的可行性和优劣性。

1 材料与方法

1.1 一般资料

收集2013年8月至2016年2月在深圳市人民医院接受治疗的HGG患者10例,全组病例均在手术后获得病理诊断,其中间变性星形细胞瘤(III级)2例,多形性胶质母细胞瘤(IV级)8例;男6例,女4例;年龄23~73岁,中位年龄57.5岁。

1.2 模拟定位、CT-MRI图像融合及靶区勾画

术后3周内对患者进行模拟定位。患者取仰卧位,采用B枕或C枕,并利用Med-tech热解塑料面罩固定。采用飞利浦16排螺旋CT行增强定位扫描,扫描范围为头顶至颅底下5 cm左右,扫描层厚为3.0 mm。采用西门子3.0 T核磁共振进行MRI图像采集,体位、范围、层厚尽量与CT定位一致。将CT、MRI图像传至医科达Oncentra治疗计划系统(TPS),进行图像融合。主治以上的医师进行靶区勾画:大体肿瘤区(Gross Tumor Volume, GTV)范围为术前及术后MRI T₁W增强区域即术后残留肿瘤和(或)术腔;临床肿瘤区(Clinical Target Volume, CTV)范围为术前、术后MRI T₁W增强区域以及FLAIR/T₂W异常信号区域再外扩2 cm;计划靶区(Planning Target Volume, PTV)为CTV外扩0.5 cm。危及器官包括脑干(Brainstem, BS)、同侧晶体(Ipsilateral Len, LenI)、对侧晶体(Contralateral Len, LenC)、同侧视神经(Ipsilateral Optic

Nerve, OptNI)、对侧视神经(Contralateral Optic Nerve, OptNC)、视交叉(Optic Chiasm, OptChi)。靶区和危及器官勾画标准参考ICRU83号报告^[10]。所有病例的PTV与至少一个危及器官接近或重叠。10例患者的PTV平均为(460.7±181.7) cm³。

1.3 治疗计划设计

由具有5年以上工作经验的物理师采用Oncentra TPS分别进行IMRT和VMAT计划设计。选用医科达直线加速器Synergy S,能量为6 MV X线。IMRT计划分别采用5、7、9野,360°等分角度;VMAT计划分别采用单弧和双弧,起始角度为182°,终止角度178°,弧长356°,步长2°。所有计划的计算网格间距均为0.2 cm,最小子野面积为2 cm²,最小子野跳数6 MU,最大子野数量70。IMRT和VMAT计划使用相同的剂量限值。PTV处方剂量为60 Gy/30 f,脑干、视神经、视交叉最高剂量小于54 Gy,晶体最高剂量小于9 Gy。计划目标为95%的PTV体积达处方剂量。

1.4 治疗计划评估

(1)比较不同射野数的IMRT计划的PTV剂量学参数(CI、HI,计算公式见下),并比较危及器官受照剂量,按照从简从优原则选择相应的IMRT计划。(2)比较IMRT、VMAT1和VMAT2靶区剂量学参数(HI、CI),并比较危及器官受照剂量。(3)比较IMRT、VMAT1和VMAT2的效率,包括机器跳数(MU)、治疗时间及计划优化时间。(4)展示CT-MR图像融合的效果图,分析IMRT、VMAT1和VMAT2计划的剂量分布图和DVH图。HI计算公式参考文献[10],CI计算公式参考文献[11-12]。

均匀性指数(HI)=(D_{2%}-D_{98%})/D_{50%},式中D_{2%}、D_{98%}和D_{50%}分别为2%、98%及50%的靶体积所接受的剂量,HI值越大说明靶区分布越不均匀,HI越接近0说明靶区剂量分布越均匀。根据ICRU83号报告,PTV最高剂量用D_{2%}表示,PTV最小剂量用D_{98%}表示。

适形度指数(CI)=(V_{T,ref}/V_T)×(V_{T,ref}/V_{ref}),式中V_T为靶区的体积,V_{T,ref}为参考等剂量线所包绕的靶区体积,V_{ref}为参考等剂量线所包绕的所有区域的体积,这里的参考等剂量线取95%处方剂量线。

1.5 统计学方法

采用SPSS 20.0软件进行统计分析,3组计划间比较采用方差分析,各组方差齐时,每两组均数比较采用

LSD法;各组方差不齐时,选用Tamhane's T_2 法。 $P < 0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

2.1 CT-MRI 图像融合勾画靶区图示

CT-MRI 图像融合技术能较清晰显示肿瘤残留,有利于精准的靶区勾画,青色线勾画的为 GTV,紫色线勾画的是 CTV,而棕色线是外扩的 PTV,如图 1 所示。

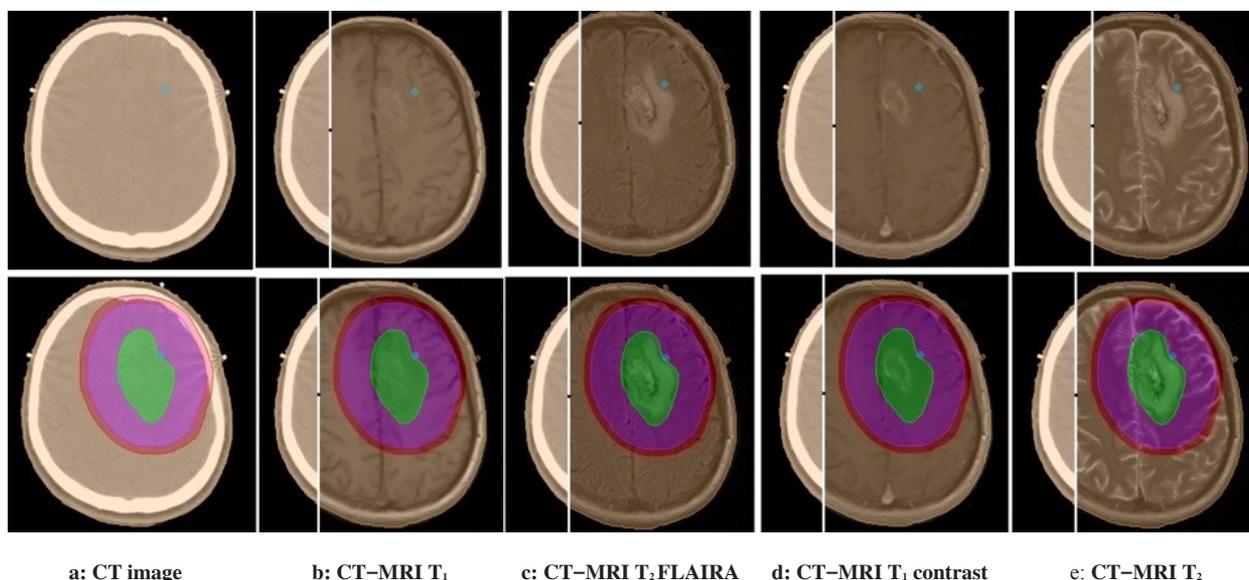


图1 CT-MR 图像融合勾画靶区

Fig.1 Delineated target areas using CT-magnetic resonance imaging (MRI) image fusion

2.2 不同射野数的 IMRT 计划剂量学参数比较

2.2.1 5、7、9野 IMRT 计划间 PTV 剂量参数比较 如表 1 所示,其 PTV 相应的 CI 分别为 0.617 ± 0.076 、 0.605 ± 0.053 、 0.616 ± 0.074 , $P = 0.910$,表明不同射野数的 IMRT

计划 CI 没有统计学差异;3 组 IMRT 计划相应的 HI 分别为 0.088 ± 0.032 、 0.082 ± 0.035 、 0.086 ± 0.074 , $P = 0.915$,可见不同射野数的 IMRT 计划在 HI 上也没有统计学差异。

表1 5、7、9野 IMRT 计划间 PTV 剂量参数比较(Gy, $\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Comparison of PTV dosimetric parameters among 5-, 7- and 9-field IMRT plans (Gy, Mean \pm SD)

Parameter	5-field IMRT	7-field IMRT	9-field IMRT	P value
D_{max}	64.45 ± 0.83	64.14 ± 0.95	64.29 ± 0.88	0.744
D_{min}	59.02 ± 1.48	59.10 ± 15.05	58.98 ± 14.62	0.981
$D_{50\%}$	61.92 ± 0.41	61.75 ± 0.46	61.74 ± 0.47	0.647

IMRT: Intensity-modulated radiotherapy

2.2.2 5、7、9野 IMRT 计划间危及器官受量比较 由表 2 可见,不同射野数的 IMRT 计划的危及器官所受的最高剂量也没有统计学差异 ($P > 0.05$)。

2.2.3 5、7、9野 IMRT 计划的剂量分布图 从图 2 可见,3 组 IMRT 计划的等剂量曲线分布均较好,可将 PTV 适形包绕。

2.3 IMRT、VMAT1 和 VMAT2 计划比较

射野的数目及角度是设计 IMRT 计划需要考虑的重要因素,因此我们比较 5、7、9 射野数对应的 IMRT 计划剂量学参数,而对于 10 个以上射野的情况,因计划系统优化时间过长而未作进一步尝试。结果发现 5 野的 IMRT 计划可接受,增加射野数量并没有显著改善 IMRT 计划的质量。由于篇幅所限,以从简从优为原则,将每个病例的 5 野 IMRT 计划与单双弧 VMAT 计划进行比较。

表2 5、7、9野IMRT计划间危及器官受量比较(Gy, $\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of OAR doses among 5-, 7- and 9-field IMRT plans (Gy, Mean \pm SD)

OAR	5-field IMRT	7-field IMRT	9-field IMRT	P value
BS	51.48 \pm 2.10	50.77 \pm 3.55	51.06 \pm 3.70	0.882
LenI	6.84 \pm 0.78	6.48 \pm 0.85	6.79 \pm 0.72	0.486
LenC	6.55 \pm 1.08	6.21 \pm 1.12	6.71 \pm 1.19	0.599
OptNI	28.96 \pm 17.84	29.29 \pm 17.53	29.76 \pm 17.12	0.995
OptNC	25.72 \pm 15.77	24.50 \pm 14.54	25.01 \pm 16.50	0.985
OptChi	36.21 \pm 16.03	36.89 \pm 16.42	37.60 \pm 15.68	0.981

OAR: Organs-at-risk; BS: Brainstem; LenI: Ipsilateral len; LenC: Contralateral len; OptNI: Ipsilateral optic nerve; OptNC: Contralateral optic nerve; OptChi: Optic chiasm

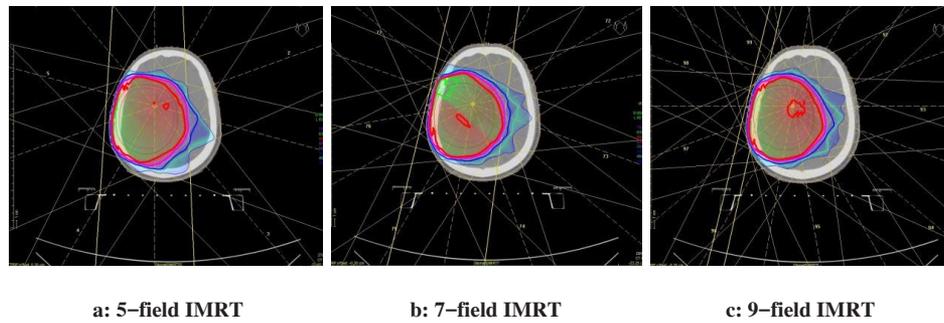


图2 5、7、9野IMRT计划的剂量分布图

Fig.2 Isodose distributions in 5-, 7- and 9-field IMRT plans

2.3.1 5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划PTV剂量参数比较 如表3所示,5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划靶区CI分别为0.617 \pm 0.076、0.715 \pm 0.084和0.731 \pm 0.806,3组间有统计学差异($P=0.007$);VMAT1与VMAT2

组相当($P_{12}=0.660$),均好于5野IMRT组。3组计划间的HI、最高剂量、最小剂量和 $D_{95\%}$ 均无统计学差异($P>0.05$),靶区的平均剂量和中位剂量,5野IMRT组和VMAT1组相当,均较VMAT2组稍高。

表3 5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划PTV剂量参数比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.3 Comparison of PTV dosimetric parameters among 5-field IMRT, VMAT1 and VMAT2 plans (Mean \pm SD)

Parameter	5-field IMRT	VMAT1	VMAT2	P value	P_{11} value	P_{12} value	P_{12} value
D_{max}/Gy	64.45 \pm 0.83	63.73 \pm 1.09	64.82 \pm 1.47	0.070	0.870	0.109	0.138
D_{min}/Gy	59.02 \pm 1.48	58.17 \pm 0.68	58.27 \pm 0.83	0.630	0.382	0.442	0.914
D_{mean}/Gy	61.99 \pm 0.48	61.92 \pm 0.30	61.46 \pm 0.46	0.017	0.732	0.009	0.020
$D_{95\%}/Gy$	59.82 \pm 0.86	59.22 \pm 1.40	59.28 \pm 1.56	0.541	0.315	0.371	0.911
$D_{50\%}/Gy$	61.92 \pm 0.41	61.81 \pm 0.39	61.37 \pm 0.53	0.026	0.582	0.011	0.038
CI	0.617 \pm 0.076	0.715 \pm 0.084	0.731 \pm 0.806	0.007	0.011	0.004	0.660
HI	0.088 \pm 0.032	0.108 \pm 0.057	0.089 \pm 0.052	0.589	0.359	0.944	0.397

VMAT1: Single-arc volumetric modulated arc therapy; VMAT2: Double-arc volumetric modulated arc therapy; CI: Conformity index; HI: Homogeneity index; P value: 5-field IMRT vs VMAT1 vs VMAT2; P_{11} value: 5-field IMRT vs VMAT1; P_{12} value: 5-field IMRT vs VMAT2; P_{12} value: VMAT1 vs VMAT2

2.3.2 5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划的危及器官受量比较 3组计划的脑干、同侧晶体、对侧晶体、同侧视神经、对侧视神经和视交叉的最高受照剂量均

无统计学差异($P>0.05$),组间两两比较也无统计学差异($P>0.05$),见表4。

表4 5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划的危及器官受量比较(Gy, $\bar{x}\pm s$)
Tab.4 Comparison of OAR doses among 5-field IMRT, VMAT1 and VMAT2 plans (Gy, Mean \pm SD)

OAR	5-field IMRT	VMAT1	VMAT2	P value	P_{11} value	P_{12} value	P_{12} value
BS	51.48 \pm 2.10	51.88 \pm 1.07	51.40 \pm 1.23	0.756	0.568	0.899	0.486
LenI	6.84 \pm 0.78	6.45 \pm 0.57	6.53 \pm 0.64	0.948	0.201	0.317	0.773
LenC	6.55 \pm 1.08	5.82 \pm 0.98	6.18 \pm 0.95	0.230	0.089	0.394	0.378
OptNI	28.96 \pm 17.84	26.04 \pm 17.82	29.35 \pm 16.61	0.898	0.711	0.961	0.674
OptNC	25.72 \pm 15.77	21.28 \pm 11.10	23.67 \pm 10.77	0.741	0.443	0.722	0.679
OptChi	36.21 \pm 16.03	38.71 \pm 13.69	38.76 \pm 13.89	0.905	0.705	0.699	0.994

2.3.3 5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划MU、优化时间和治疗时间比较 如表5所示,5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划的MU,3组计划间有统计学差异,VMAT1组MU最少,其次是5野IMRT,VMAT2组最多;相应地,治疗时间方面,VMAT1组最具优势,5野IMRT组次之,VMAT2组治疗时间最长,3组间有统

计学差异($P=0.000$),VMAT1比5野IMRT更快($P_{11}=0.008$)。值得注意的是,本研究的治疗时间不包括摆位时间,但包括出束时间和机架旋转时间。3组计划间优化时间有显著性差异,5野IMRT组需要的时间最短,VMAT2组需要的时间最长($P=0.000$)。

表5 5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划机器跳数、优化时间和治疗时间比较

Tab.5 Comparison of monitor units, optimizing time, treatment time among 5-field IMRT, VMAT1 and VMAT2 plans

Parameter	5-field IMRT	VMAT1	VMAT2	P value	P_{11} value	P_{12} value	P_{12} value
Monitor units/MU	408 \pm 82	388 \pm 78	579 \pm 186	0.004	0.930	0.060	0.034
Optimizing time/min	7.3 \pm 2.4	18.4 \pm 2.9	31.2 \pm 3.2	0.000	0.000	0.000	0.000
Treatment time/min	4.8 \pm 0.4	3.7 \pm 0.5	6.3 \pm 1.3	0.000	0.008	0.000	0.000

2.3.4 5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划的剂量分布 图3组计划的剂量分布见图3,3组计划DVH见图

4,可见3组计划均满足98%的PTV包含在95%等剂量曲线内。

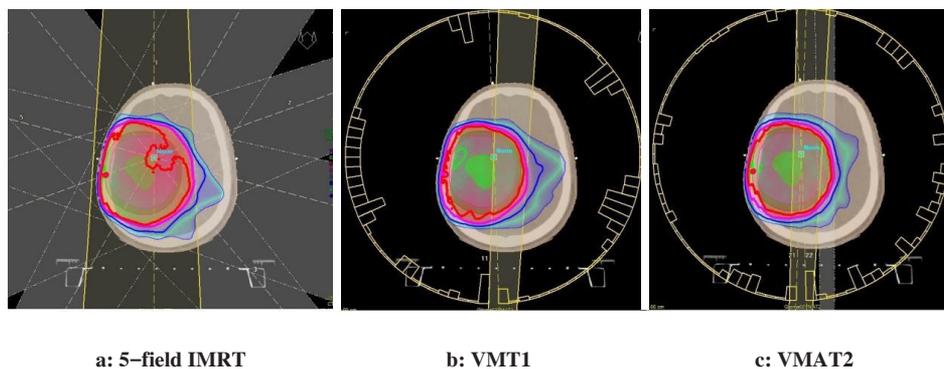


图3 5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划的剂量分布图
Fig.3 Isodose distributions in 5-field IMRT, VMAT1 and VMAT2 plans

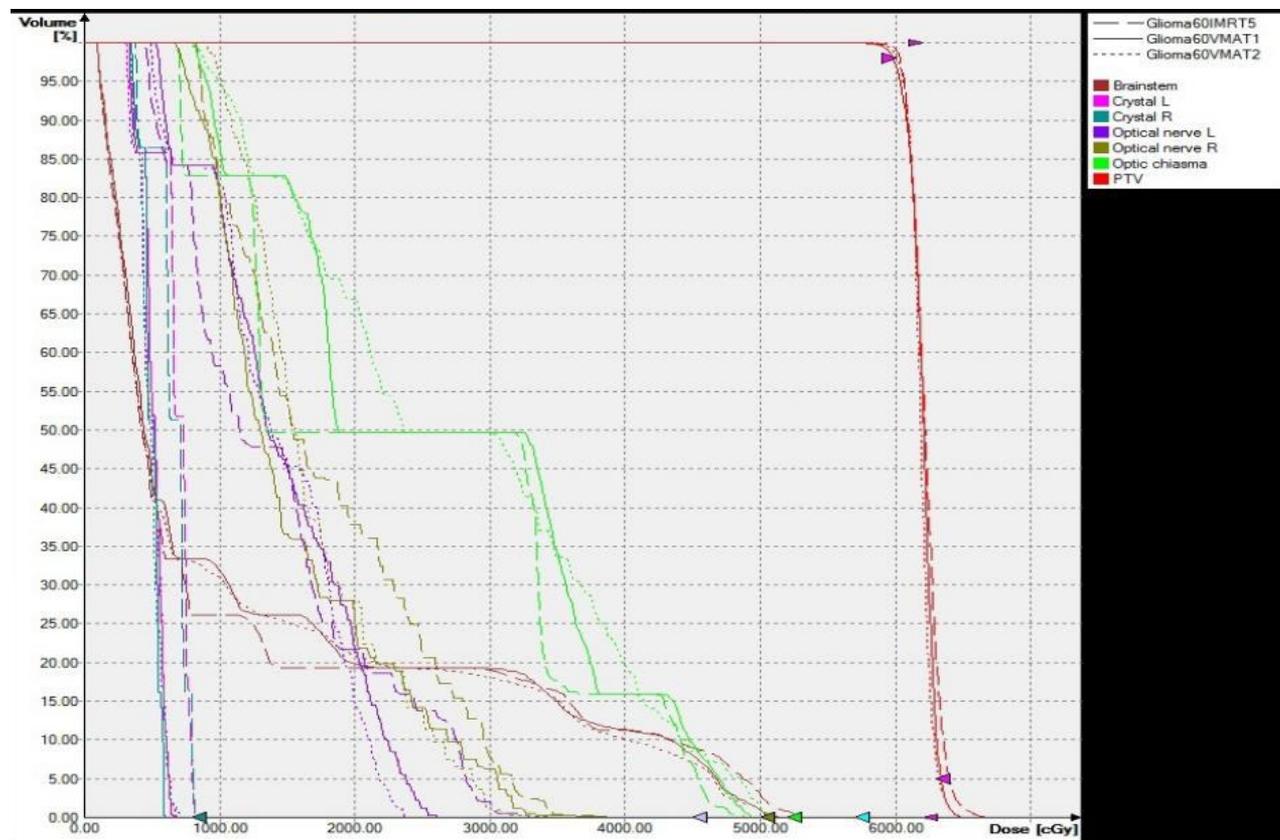


图4 5野IMRT、VMAT1和VMAT2计划的DVH图

Fig.4 Dose volume histogram of 5-field IMRT, VMAT1 and VMAT2 plans

3 讨论

HGG 异形性显著、恶性程度高,单纯手术后复发率较高,因此术后需要配合放化疗以提高疗效^[13]。欧洲癌症研究治疗组织(EORTC)和加拿大国立癌症研究院(NCIC)的大规模Ⅲ期临床试验证实,替莫唑胺(TMZ)联合同步放疗,继以6周期TMZ辅助化疗可延长患者生存期,2年生存率由10.4%提高到26.5%^[14-15]。手术后TMZ同步放疗联合辅助化疗已成为HGG标准治疗方案。

放射治疗是HGG综合治疗中不可缺少的重要手段。随着计算机技术的发展和医学影像技术及其与放射治疗的有机结合,放疗技术的发展不断完善,近年新推出的VMAT技术逐渐得到应用,已经投入临床使用的有Varian RapidArc和Elekta VMAT。VMAT的特点是在照射过程中机架连续旋转,多叶准直器连续运动,剂量率连续变化,通过机架多弧或单弧旋转,实现不同射野方向上的射束强度调整^[16-18]。目前,三维适形放疗(3DCRT)、IMRT和VMAT等先进放疗技术在临床上得到普遍应用。Stieber等^[19]指出与3DCRT相比,IMRT能使靶区剂量高度适形,在提高靶区剂量的同时减少周围正常组织的受照剂量。但IMRT的不足在于子野数

多,治疗时间长,以及治疗期间患者的不舒适、不自主运动造成位置偏差增加,最终导致靶区生物剂量降低。VMAT技术具备实现最优计划质量和实施效率的潜力,有望进一步弥补IMRT的不足。

Shaffer等^[7]对10例额颞叶HGG患者进行VMAT与IMRT技术的比较,结果显示VMAT的PTV覆盖率、CI和HI与IMRT相当,但VMAT可降低视网膜、晶体和对侧视神经的最高剂量和平均剂量,减少MU和放疗时间。本研究通过对比10例HGG术后患者IMRT和VMAT计划的差异,同时比较单弧VMAT与双弧VMAT间的差异,旨在探讨VMAT技术在HGG中应用的可行性和优劣性。结果发现,单、双弧VMAT计划的靶区CI均好于IMRT,但单、双弧VMAT间无统计学差异。这结果与Lee等^[20]的研究结果一致,但也有研究^[8,14-15]显示VMAT的靶区CI与IMRT相当。这是否与我们在IMRT技术中选用野数(5野)较少有关,有待进一步论证。与Rao等^[17]报道不同的是本研究还发现单弧VMAT计划的MU与IMRT计划相当,但治疗时间短;双弧VMAT计划的MU多、治疗时间长。这可能跟我们所有计划采用机架自动旋转功能,治疗时间包括出束时间和机架旋转时间,以及IMRT技术选用野数较少有关。我们采

用5野IMRT计划原因有:(1)经研究发现5、7、9野的IMRT计划在靶区剂量分布和危及器官保护方面没有显著性差异,效果相似的情况下从简从优。(2)现行的IMRT放疗收费标准是按野数多少收取费用,IMRT野数少能减轻患者的经济负担,具有显著社会意义。(3)单弧VMAT比5野IMRT治疗时间还短,不难推理单弧VMAT比7野和9野的IMRT更加具有效率优势。在不同放疗计划优化时间方面,IMRT组需要的时间最短,双弧VMAT组需要的时间最长,这一结论跟多个文献^[7,12,17]报道的一致。

VMAT技术是在普通IMRT技术上发展而来,机架、准直器、剂量率在治疗过程中可调,要求有力的质量控制和质量保证。首先靶区勾画需更精准。本研究应用图像融合技术,参考最新NCCN指南,由临床经验丰富的医生勾画和审核,保证靶区的精确和科学性。多项研究表明图像融合技术可提高脑瘤靶区勾画的准确性^[21-22]。其次计划设计和参数设计合理。本研究对PTV与危及器官重叠的区域独立勾画及给予优化参数,较合理地在靶区和危及器官之间取得平衡。再次利用Compass三维验证系统对计划进行剂量和角度验证,有力保证计划执行的可行性和安全性。最后CBCT保证了患者摆位的准确性和重复性。

本研究的CI较其他的文献报道^[11]稍低,这可能与采用目前常用的目标95%体积接受处方剂量有关。如果用ICRU 83号报告^[10]所推荐的在IMRT计划中用D_{50%}代表处方剂量,可能可以提高CI。在宫颈癌中的报道用新标准可使受照剂量减少4%^[23]。我们发现VMAT技术能有效提高靶区的CI,但多增加弧数量并不能进一步提高此指数,并且会导致MU和治疗时间增加,从而失去VMAT高效治疗的优势。也就是说对于HGG,单弧VMAT计划较IMRT兼有剂量学和效率的优势,而双弧或双弧以上可能仅具剂量学优势,因此除非个别复杂病例,不建议增加弧数量。这与Davidson等^[8]研究结果一致。本研究较张矛等^[12]改进了靶区勾画方法,应用CT-MR图像融合技术,对不同野数的IMRT作了分析和选择,新增治疗时间的测量,并且将单双弧分别研究,更完善IMRT与VMAT比较。

综上所述,在HGG放疗中,5野IMRT能较好满足临床要求,增加射野数量,在靶区剂量与正常组织保护方面并未显示出进一步的优点。与5野IMRT相比,VMAT计划优化时间稍长,但此技术能改善高剂量在靶区的CI,单弧VMAT能缩短治疗时间,提高治疗效率。从本研究结果来看,增加VMAT的弧数并

未显著提高靶区CI和HI,在危及器官受量方面也未显示出明显优势,但增加MU、优化时间和治疗时间。因此在HGG放疗中,建议使用单弧VMAT。鉴于VMAT技术在HGG放疗中应用的时间尚短,其在剂量学和治疗效率上的优势能否转化为提高疗效、减少毒副反应等临床获益,还有待于进一步观察和研究。

【参考文献】

- [1] NABORS L B, PORTNOW J, AMMIRATI M, et al. Central nervous system cancers, version 1.2015[J]. J Natl Compr Canc Netw, 2015, 13(10): 1191-1202.
- [2] COHEN N, WELLER R O. WHO classification of tumours of the central nervous system (4th edition)[J]. Neuropathol Appl Neurobiol, 2007, 33(6): 710-711.
- [3] 《中国中枢神经系统胶质瘤诊断和治疗指南》编写组. 中国中枢神经系统胶质瘤诊断与治疗指南(2015)[J]. 中华医学杂志, 2016, 96(7): 485-509. Compile group of guidelines for the diagnosis and treatment of central nervous system gliomas in China. Guidelines for the diagnosis and treatment of central nervous system gliomas in China (2015)[J]. National Medical Journal of China, 2016, 96(7): 485-509.
- [4] PASLER M, GEORG D, WIRTZ H, et al. Effect of photon-beam energy on VMAT and IMRT treatment plan quality and dosimetric accuracy for advanced prostate cancer[J]. Strahlenther Onkol, 2011, 187(12): 792-798.
- [5] GROSU A L. VMAT and step-and-shoot IMRT in head and neck cancer: a comparative plan analysis[J]. Strahlenther Onkol, 2011, 187(12): 820-825.
- [6] STIELER F, WOLFF D, BAUER L, et al. Reirradiation of spinal column metastases: comparison of several treatment techniques and dosimetric validation for the use of VMAT[J]. Strahlenther Onkol, 2011, 187(7): 406-415.
- [7] SHAFFER R, NICHOL A M, VOLLANS E. A comparison of volumetric modulated arc therapy and conventional intensity-modulated radiotherapy for frontal and temporal high-grade gliomas[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2010, 76(4): 1177-1184.
- [8] DAVIDSON M T, MASUCCI G L, FOLLWELL M, et al. Single arc volumetric modulated arc therapy for complex brain gliomas: is there an advantage as compared to intensity modulated radiotherapy or by adding a partial arc?[J]. Technol Cancer Res Treat, 2012, 11(3): 211-220.
- [9] CANYILMAZ E, USLU G D, COLAK F, et al. Comparison of dose distributions hippocampus in high grade gliomas irradiation with linac-based IMRT and volumetric arc therapy: a dosimetric study[J]. Springer Plus, 2015, 4(1): 114-121.
- [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] 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.

(下转752页)