

两种准直器宽度对鼻咽癌放疗中的剂量学差异影响

马天斌, 蒋振东, 俞海东, 张汉雄, 胡丹, 陈意标
梅州市人民医院(黄塘医院)放射治疗室, 广东 梅州 514031

【摘要】目的:研究两种规格(等中心处投影0.5和1.0 cm)多叶准直器(MLC)在鼻咽癌调强放射治疗(IMRT)计划中的区别,从剂量学方面探究MLC的宽度对患者靶区和危及器官的影响。**方法:**随机选取已完成治疗的31例鼻咽癌患者计划,在放疗处方和物理优化参数不变的情况下分别使用两种规格MLC的加速器射野模型进行重新优化计算,统计靶区及主要危及器官的体积剂量、平均剂量(D_{mean})、适形度指数(CI)、均匀性指数(HI)等参数,分析其差异性。**结果:**全样本分析显示,所有靶区HI和部分靶区(PGTV_{nx}、PCTV2)CI差异有统计学意义($P<0.05$),0.5 cm MLC优于1.0 cm MLC;危及器官中,右侧视神经和视交叉最大剂量(D_{max})、左侧颞叶和右侧颞颌关节 D_{mean} 、左右腮腺 V_{30} 、气管和脊髓 D_{mean} 差异有统计学意义($P<0.05$),0.5 cm MLC优于1.0 cm MLC,其他危及器官无统计学差异($P>0.05$);在Pinnacle³和Monaco计划系统中得到了相似结果,两种MLC在靶区适形度和均匀性方面及部分危及器官受量差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**0.5 cm MLC在鼻咽癌调强计划中能有效提高靶区适形度和均匀性,也能有效降低部分危及器官受量,可以更好地保护与靶区邻近或有重叠的一些危及器官,推荐有条件的医院使用。

【关键词】鼻咽癌;多叶准直器;适形度指数;均匀性指数

【中图分类号】R811.1

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2021)03-0302-06

Multileaf collimators of two different leaf widths in radiotherapy of nasopharyngeal carcinoma: a dosimetric comparison

MA Tianbin, JIANG Zhendong, YU Haidong, ZHANG Hanxiong, HU Dan, CHEN Yibiao

Department of Radiation Oncology, Meizhou People's Hospital (Huangtang Hospital), Meizhou 514031, China

Abstract: Objective To study the dosimetric differences between multileaf collimators (MLC) of different leaf widths (projected 0.5 cm leaf width and 1.0 cm leaf width at the isocenter) in intensity-modulated radiotherapy of nasopharyngeal carcinoma (NPC), and to explore the dosimetric effect of the leaf width of MLC on target areas and organs-at-risk. **Methods** The treatment plans of 31 randomly selected NPC cases in Meizhou People's Hospital (Huangtang Hospital) were re-optimized by accelerator beam models using MLC of different leaf widths under the condition of unchanged radiotherapy prescription and physical optimization parameters. The dosimetric parameters of target areas and main organs-at-risk, such as dose volume parameters, mean dose, conformity index and homogeneity index, were analyzed for discussing the dosimetric differences between 0.5 cm MLC and 1.0 cm MLC. **Results** The analysis of the whole sample showed that the homogeneity index of all target areas and the conformity index of some target areas (PGTV_{nx}, PCTV2) in treatment plans using 0.5 cm MLC were better than those in treatment plans using 1.0 cm MLC, with statistical differences ($P<0.05$). No significant difference between 0.5 cm MLC and 1.0 cm MLC was found in the dosimetric parameters of organs-at-risk ($P>0.05$), except for some dosimetric parameters which were significantly lower in treatment plans using 0.5 cm MLC ($P<0.05$), including the maximum doses of right optic nerve and optic chiasm, the mean dose of left temporal lobe and right temporomandibular joint, the V_{30} of right and left parotid glands, and the mean dose of trachea and spinal cord. Similar results were obtained in both Pinnacle³ and Monaco planning systems, and there were statistically significant differences between 0.5 cm MLC and 1.0 cm MLC in target dose conformation and homogeneity, as well as dose delivered to some organs-at-risk ($P<0.05$). **Conclusion** In intensity-modulated radiotherapy of NPC, 0.5 cm MLC can effectively improve target dose conformation and homogeneity, and also can significantly reduce the dose delivered to some organs-at-risk, so as to better protect some organs-at-risk adjacent to or overlapping with target areas. Therefore, 0.5 cm MLC is recommended to be used in qualified hospitals.

Keywords: nasopharynx cancer; multileaf collimator; conformal index; homogeneity index

【收稿日期】2020-09-12

【基金项目】梅州市科技计划项目(2016B020)

【作者简介】马天斌,主管技师,主要从事肿瘤放射物理工作,E-mail: wenbinbin04@126.com

【通信作者】蒋振东,副主任技师,主要从事肿瘤放射物理、放疗质控技术等工作,E-mail: jiangchenyu0512@163.com

前言

鼻咽癌是我国常见恶性肿瘤之一,放疗为首选治疗方式^[1],其所在位置解剖结构复杂,靶区周围重要器官较多,且靶区形状复杂^[2]。经过数十年放疗设备和放疗技术的更新,以及临床经验的累积,鼻咽癌放疗后5年生存率由15%~25%提高到80%左右^[3]。调强放射治疗(Intensity-Modulated Radiation Therapy, IMRT)技术是目前鼻咽癌放疗的主要技术,其中多叶准直器(Multi-Leaf Collimator, MLC)是医用直线加速器的重要组成部分,是实现三维适形和三维调强放射治疗的重要设备^[4]。目前放疗医用直线加速器中使用MLC宽度(等中心处投影)主要有1.0和0.5 cm,而0.5 cm MLC是各加速器厂家新开发的产品,正在被各放疗中心推广使用。本研究主要比较本院同一厂家(医科达)两种规格MLC(等中心处投影0.5和1.0 cm)在鼻咽癌静态调强计划设计中剂量学方面差别,总结新款0.5 cm MLC在鼻咽癌患者计划中是否有显著优势。

1 资料与方法

1.1 患者资料

随机选取本院2016年至2018年间鼻咽部原发肿瘤放疗患者31例治疗方案进行回顾性研究,其中男24例,女7例,年龄31~68岁,中位年龄53岁。所有患者采用RTOG2008分期:T1期4例,T2期7例,T3期13例,T4期7例,均无远处转移(M=0);使用Pinnacle³计划系统22例,Monaco计划系统9例,全部首次接受放射治疗。所有治疗方案的选择都告知患者,取得患者知情同意。

1.2 设备

本次使用射野模型1对应医科达加速器Precise,配备40对1.0 cm宽多叶准直器系统MLCi;射野模型2对应医科达加速器Synergy-S,配备80对0.5 cm宽新型多叶准直器系统Agility。计划设计采用飞利浦公司计划系统Pinnacle³ 9.8版本和医科达计划系统Monaco 5.11版本。图像扫描采用GE公司大孔径CT590 RT。

1.3 靶区和危及器官勾画

所有患者采用仰卧位,双手置于体侧,使用头颈肩膜固定,图像采用同一大孔径CT扫描,扫描层厚2.5 mm,范围自头顶到锁骨下约5 cm,分平扫和增强两个序列,所有靶区和危及器官由医生根据ICRU 83号报告标准勾画,包括鼻咽部原发灶肿瘤(Gross Tumor Volume, GTVnx)、左侧高危颈淋巴结(GTVnd1)、右侧高危颈淋巴结(GTVnd2)、临床靶区(Clinical Tumor Volume, CTV)(肿瘤周围极可能受侵

的邻近区域或极可能转移的区域,高位区)、临床靶区CTV2(根据肿瘤生物学行为推断可能会出现淋巴结转移的区域,选择照射区)和对应的计划靶区PGTVnx、PGTVnd1、PGTVnd2、PCTV、PCTV2及危及器官晶体、视神经、视交叉、脑干、颞叶、颞颌关节、中耳、脊髓、腮腺、喉等。

1.4 计划设计

所有患者原计划全部经主治医师验收合格用于患者治疗,由同一物理师设计,采用6 MV高能X射线、9野(160°、120°、80°、40°、0°、320°、280°、240°、200°)共面等中心设计,拷贝原计划保留原计划射野参数、目标函数和优化条件,分别使用两种加速器射野模型重新优化计算,不做局部二次优化,子野总数、最小子野面积和最小子野跳数统一使用80个、5 cm²和5 MU。靶区处方剂量PGTVnx(T3-T4期):73.92 Gy/33 f;PGTVnx(T1-T2期):69.96 Gy/33 f;PCTV:60.06 Gy/33 f;PCTV2:50.96 Gy/28 f,放疗每周5次,保留原计划处方归一值,处方位置PGTVnx,覆盖体积范围95%~99%,均值96.2%。其中9例患者颈部二三区有淋巴结所以没有PCTV2。

1.5 数据记录

记录每个计划跳数(Monitor Unit, MU),通过剂量体积直方图(Dose Volume Histogram, DVH)和等剂量曲线记录靶区体积、处方剂量体积和处方剂量覆盖靶区体积,计算适形度指数(Conformal Index, CI)和均匀性指数(Homogeneity Index, HI),记录晶体等危及器官的最大剂量(D_{max})、体积剂量、平均剂量(D_{mean})。 $CI = V_{\text{tref}}^2 / (V_t \times V_{\text{ref}})$,其中,V_{tref}表示处方剂量覆盖靶区体积,V_t表示靶区体积,V_{ref}表示处方剂量体积,CI值范围0~1,CI值越大,适形度越高。 $HI = D_5 / D_{95}$,其中,D₅表示覆盖靶区5%体积的剂量,D₉₅表示覆盖靶区95%体积的剂量,HI值范围≥1,HI值越小,均匀性越好。

1.6 统计学方法

使用SPSS22.0软件对全样本和每个计划系统(Pinnacle³, Monaco)样本分别进行处理分析,符合正态分布的计量资料用均数±标准差表示,两组间比较采用独立样本t检验,P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 全样本分析结果

两组计划靶区(PGTVnx、PCTV2)CI差异有统计学意义(P=0.000、0.004),模型2计划优于模型1计划;靶区(PGTVnx、PCTV、PCTV2)HI差异有统计学意义(均P=0.000),模型2计划优于模型1,如表1所示,其中靶区PCTV的CI差异无统计学意义(P=0.075),

但模型2均值优于模型1。即在相同处方要求、射野参数、目标函数和优化条件下,Agility 0.5 cm MLC可以显著提升靶区适形度和均匀性;危及器官中右侧视神经和视交叉 D_{\max} 、左侧颞叶和右侧颞颌关节 D_{\max} 、左右腮腺 V_{30} 、气管和脊髓及脊髓PRV(Planning Risk Volume, PRV)的 D_{\max} 差异有统计学意义($P<0.05$),模型2优于模型1(对应 $P=0.032、0.001、0.000、0.002、0.010、0.015、0.003、0.032、0.047$),即计划中使用Agility 0.5cm MLC时,这些危及器官可以获得更多增益,其他危及器官和MU差异无统计学意义($P>0.05$)。

表1 基于两种模型和两种计划系统设计计划的参数统计分析结果($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Results of parameter statistical analysis of plans based on two beam models and two treatment planning system (Mean±SD)

靶区和危及器官	参数	全样本				Monaco				Pinnacle			
		Agility (模型2)	MLCi (模型1)	t值	P值	Agility (模型2)	MLCi (模型1)	t值	P值	Agility (模型2)	MLCi (模型1)	t值	P值
机器跳数	MU	1 005.5± 226.6	1 005.4± 185.0	0.010	0.992	718.5±163.8	777.2±115.5	-2.495	0.037	1122.9± 115.5	1098.7± 111.2	1.673	0.109
PGTVnx	CI	0.759±0.065	0.742±0.061	4.582	0.000	0.762±0.052	0.738±0.052	2.794	0.023	0.758±0.071	0.743±0.014	3.646	0.002
	HI	1.056±0.013	1.064±0.019	-4.710	0.000	1.244±0.037	1.061±0.010	17.145	0.000	1.058±0.013	1.065±0.022	-3.009	0.007
PCTV	CI	0.853±0.027	0.823±0.091	1.848	0.075	0.841±0.039	0.855±0.111	-0.380	0.714	0.858±0.020	0.872±0.207	-0.324	0.749
	HI	1.252±0.039	1.263±0.041	-11.009	0.000	1.244±0.037	1.255±0.039	-6.091	0.000	1.255±0.040	1.267±0.042	-9.073	0.000
PCTV2	CI	0.826±0.037	0.812±0.036	3.243	0.004	0.803±0.054	0.787±0.054	2.121	0.101	0.833±0.028	0.820±0.026	2.568	0.021
	HI	1.071±0.010	1.082±0.013	-9.127	0.000	1.073±0.018	1.090±0.019	-9.722	0.001	1.070±0.008	1.080±0.010	-7.472	0.000
晶体	D_{\max} -L/Gy	5.754±1.154	5.891±1.076	-1.732	0.094	6.566±1.725	6.869±1.501	-1.793	0.111	5.422±0.608	5.490±0.465	-0.799	0.433
	D_{\max} -R/Gy	5.720±1.232	5.824±0.914	-0.952	0.349	6.537±1.827	6.520±1.162	0.057	0.956	5.386±0.701	5.540±0.621	-1.488	0.152
视神经	D_{\max} -L/Gy	43.477± 15.253	44.614± 13.538	-1.675	0.104	45.104± 15.033	45.485± 13.718	-0.338	0.744	42.811± 15.642	44.257± 13.772	-1.712	0.102
	D_{\max} -R/Gy	42.668± 14.266	44.063± 13.904	-2.244	0.032	44.440± 14.872	46.133± 14.193	-1.680	0.132	41.943± 14.304	43.216± 14.030	-1.621	0.120
视交叉	D_{\max} /Gy	42.954± 14.059	45.909± 13.454	-3.702	0.001	44.061± 16.547	46.742± 15.337	-1.679	0.132	42.502± 13.317	45.568± 12.983	-3.264	0.004
颞叶	D_{\max} -L/Gy	73.195± 5.822	73.686± 5.574	-1.894	0.068	70.920± 5.848	71.620± 6.296	-1.558	0.158	74.126± 5.681	74.531± 5.168	-1.266	0.219
	D_{\max} -L/Gy	16.950± 4.942	17.534± 4.957	-4.306	0.000	17.347± 6.085	17.948± 5.979	-2.070	0.072	16.788± 4.548	17.364± 4.623	-3.734	0.001
	D_{\max} -R/Gy	73.739± 5.533	74.027± 5.377	-0.982	0.334	71.581± 6.817	72.769± 6.840	-3.095	0.015	74.621± 4.818	74.542± 4.746	0.221	0.827
	D_{\max} -R/Gy	17.633± 5.763	17.999± 5.017	-0.981	0.002	18.988± 7.849	18.069± 5.711	0.813	0.440	17.079± 4.781	17.970± 4.851	-4.838	0.000
脑干	D_{\max} /Gy	62.143± 7.537	61.612± 7.530	1.378	0.178	60.855± 9.148	60.873± 8.532	-0.029	0.977	62.669± 6.947	61.914± 7.276	1.569	0.132
	$V_{60}/\%$	0.899±1.251	0.939±1.434	-0.193	0.848	0.743±1.159	0.693±1.049	0.612	0.558	0.963±1.307	1.040±1.576	-0.263	0.795
	$V_{54}/\%$	3.090±2.986	3.097±3.027	-0.032	0.975	2.777±3.079	2.769±3.063	0.036	0.972	3.218±3.011	3.231±3.074	-0.044	0.965
颞颌关节	D_{\max} -L/Gy	28.438± 3.610	28.464± 3.956	-0.135	0.894	29.729± 3.968	29.551± 4.310	0.400	0.699	27.910± 3.407	28.019± 3.817	-0.543	0.593
	D_{\max} -L/Gy	56.481± 7.599	56.606± 7.548	-0.332	0.742	57.624± 7.589	57.659± 7.685	-0.051	0.961	56.014± 7.731	56.175± 7.630	-0.352	0.728
	D_{\max} -L/Gy	40.139± 6.183	39.752± 6.466	0.807	0.426	39.061± 5.966	38.538± 5.991	0.606	0.561	40.579± 6.352	40.249± 6.721	0.563	0.580
	D_{\max} -R/Gy	57.818± 7.989	57.590± 8.402	0.530	0.600	60.712± 8.262	60.630± 9.261	0.111	0.915	56.634± 7.753	56.346± 7.912	0.537	0.597
	D_{\max} -R/Gy	41.496± 7.845	40.298± 7.655	2.964	0.006	41.369± 4.172	39.763± 4.210	1.960	0.086	41.547± 9.015	40.517± 8.763	2.201	0.039

续表 1

靶区和危及器官	参数	全样本				Monaco				Pinnacle			
		Agility (模型 2)	MLCi (模型 1)	t 值	P 值	Agility (模型 2)	MLCi (模型 1)	t 值	P 值	Agility (模型 2)	MLCi (模型 1)	t 值	P 值
中耳	D _{mean} _L/Gy	47.797± 7.649	47.989± 7.357	-0.520	0.607	47.402± 6.405	47.752± 6.601	-0.844	0.423	47.958± 8.237	48.086± 7.791	-0.257	0.800
		48.267± 7.591	47.683± 10.493	0.406	0.688	49.225± 8.258	44.524± 16.884	0.987	0.353	47.876± 7.469	48.975± 6.533	-2.582	0.017
腮腺	V ₃₀ _L/%	52.277± 6.893	54.579± 4.623	-2.742	0.010	49.447± 7.387	54.202± 5.181	-3.308	0.011	53.434± 6.500	54.733± 4.496	-1.345	0.193
		37.744± 2.933	37.866± 2.246	-0.499	0.621	36.261± 3.781	37.605± 2.498	-2.080	0.071	38.351± 2.348	37.972± 2.188	3.312	0.003
	V ₃₀ _R/%	54.045± 9.750	55.996± 8.443	-2.582	0.015	52.827± 8.586	55.808± 7.967	-2.878	0.021	54.543± 10.335	56.073± 8.812	-1.567	0.132
		38.070± 3.957	38.200± 3.760	-0.672	0.507	37.619± 4.123	38.306± 3.724	-1.218	0.258	38.255± 3.972	38.156± 3.861	0.767	0.452
脊髓	D _{max} /Gy	37.689± 2.588	37.655± 2.984	0.131	0.897	40.126± 3.433	41.383± 4.345	-1.079	0.312	36.692± 1.219	36.595± 2.016	0.308	0.761
		22.534± 2.498	22.798± 2.801	-2.243	0.032	224.410± 2.988	24.932± 3.334	-0.315	0.761	21.780± 1.747	21.842± 1.687	-0.542	0.596
脊髓 PRV	D _{max} /Gy	44.682± 3.064	44.780± 3.209	-0.332	0.742	45.580± 4.214	45.953± 4.197	-0.287	0.781	44.314± 2.483	44.712± 3.198	-1.217	0.237
		23.447± 2.624	23.657± 2.841	-2.076	0.047	25.153± 3.088	25.595± 3.346	-0.262	0.800	22.694± 1.854	22.759± 1.806	-0.650	0.526
喉	D _{mean} /Gy	42.132± 3.069	42.508± 3.231	-1.634	0.113	43.122± 5.018	42.733± 5.715	0.139	0.893	41.727± 1.808	42.349± 1.789	-2.850	0.010
气管	D _{mean} /Gy	33.768± 6.793	34.414± 6.902	-3.293	0.003	34.913± 4.923	35.846± 5.866	-0.488	0.638	31.393± 6.906	31.762± 6.894	-2.966	0.009

Monaco 代表使用 Monaco 计划系统计划组,Pinnacle 代表使用 Pinnacle 计划系统计划组,D_{max}:最大剂量,D_{mean}:平均剂量,V₃₀代表 30 Gy 剂量覆盖体积,V₅₄代表 54 Gy 剂量覆盖体积,V₆₀代表 60 Gy 剂量覆盖体积,CI:适形度指数,HI:均匀性指数,L、R 代表左侧和右侧

2.2 计划系统组样本结果

Monaco 计划系统中,两组计划靶区(PGTV_{nx}、PCTV、PCTV2)HI 差异有统计学意义($P=0.000$ 、 0.000 、 0.001),模型 2 优于模型 1;靶区 PGTV_{nx} 的 CI 差异有统计学意义($P=0.023$),模型 2 优于模型 1。其中靶区(PCTV、PCTV2)CI 差异无统计学意义($P>0.05$),如表 1 所示。危及器官中右侧颞叶 D_{max}、左右腮腺 V₃₀ 和 MU 差异有统计学意义(对应 $P=0.015$ 、 0.011 、 0.021 、 0.037),模型 2 优于模型 1,即在 Monaco 计划系统中设计计划使用 Agility 0.5 cm MLC,这些危及器官可以获得更多增益,其他危及器官及 MU 差异无统计学意义($P>0.05$)。在 Pinnacle 计划系统中,两组计划靶区(PGTV_{nx}、PCTV、PCTV2)HI 差异有统计学意义($P=0.007$ 、 0.000 、 0.000),模型 2 优于模型 1;靶区(PGTV_{nx}、PCTV2)CI 差异有统计学意义($P=0.002$ 、 0.021),模型 2 优于模型 1。其中靶区 PCTV 的 CI 差异无统计学意义($P>0.05$),如表 1 所示。危及器官中视交叉 D_{max},以及左右颞叶、右侧颞颌关节、右侧中耳、左侧腮腺、脊髓、脊髓 PRV 和气管的 D_{mean} 差异有统计学意义($P=0.004$ 、 0.001 、 0.000 、 0.039 、 0.017 、

0.003 、 0.032 、 0.047 、 0.003),模型 2 优于模型 1,其他危及器官及 MU 差异无统计学意义($P>0.05$)。

3 讨论

放疗技术的发展很大程度上依赖放疗设备的发展,医用直线加速器是放疗使用的主流设备之一,所以说放疗技术的发展很大程度上依赖于多叶准直器 MLC 发展,放疗技术的发展方向是为了提高靶区剂量(包括适形度和均匀性),降低正常组织剂量,对应 MLC 的发展方向就是更薄、更低的穿射、漏射,叶片的宽度决定了射野与靶区几何适形度,越薄适形度越好^[5],而穿射、漏射影响半影的宽度,半影则影响靶区边缘剂量^[6]。此次研究结果显示,模型 2 Agility 机头在计划中提升靶区适形度和均匀性具有统计学意义,数据如表 1 所示。Agility 机头配备了 80 对 160 片 0.5 cm MLC,运动速度更快(6.5 cm/s,MLCi 是 2.0 cm/s),单侧叶片可以到达对侧 15.0 cm(MLCi 是 12.5 cm),可以有效缩短治疗时间,形成更丰富的子野形状,如孤岛野,如图 1 所示。Zhang 等^[7-8]在研究中也证明了此点。Agility 机头 MLC 拥有更低的穿射比,经过测量,Agility 机头 MLC 穿射比为 0.59%

(MLCi 是 3.13%), 这些都是提高靶区适形度和均匀性的基础。Ryota 等^[9]通过测量和蒙特卡模拟 Agility 机头得到 MLC 的最大穿射比为 0.45% 和 0.46%, 可以降低 IMRT 和 VMAT 野漏射剂量。杨超凤等^[2]在研究鼻咽癌放疗选用配置小叶片 MLC 结构的加速器, 能获得更好的靶区适形度和靶区剂量均匀性。黄娜等^[10]在研究 AAPM 119 号报告标准模体靶区时, 得出 Agility 机头 0.5 cm MLC 在 C 形、头颈和多靶点靶区计划中剂量指标 CI 和 HI 等多优于 1.0 cm MLCi2 系统, 且在剂量限值要求比较苛刻的情况下, 0.5 cm MLC 可以更好地达到目标要求。Zhang 等^[11-14]在研究头颈和乳腺计划中也得出了相似的结果, Agility MLC 能够改善靶区适形性和均匀性, 能有效缩短治疗时间。此次研究中危及器官晶体、脑干、中耳、颞颌关节(早期未侵犯时)、脊髓和脊髓 PRV 的 D_{max} 等差异无统计学意义, 通过观察, 这些危及器官(除了脑干)距离靶区相对较远, 两种 MLC 都可以轻松达到临床剂量限值要求。其中脑干比较特殊, 在肿瘤分期比较晚时常靠近靶区 PCTV, 脑干的体积比较大, 在靶区适形度提高的情况下无差异, 说明计划使用模型 2 时靠近脑干的靶区边缘剂量跌落梯度增加。在表 1 中, 统计结果显示多数危及器官剂量均值模型 2 优于模型 1, 即在使用模型 2 计划中并没有因为提高靶区适形度和均匀性而增加正常组织剂量。危及器官中视神经、视

交叉、左右腮腺 V_{30} 和气管等受量差异有统计学意义($P<0.05$), 通过观察, 这些危及器官比较靠近靶区, 其中视交叉可以充分反映 MLC 厚度对靶区剂量的影响, 如图 2 所示, 在靠近视交叉位置, 模型 2 计划中一个叶片左右移动就可以很好地遮挡视交叉而不损失靶区剂量, 在模型 1 中, 如图 3 所示, 移动一个叶片遮挡视交叉时也会挡去部分靶区, 导致靶区欠量, 反之视交叉就会超量, 所以差异有统计学意义($P<0.05$)。左右腮腺常与靶区 PCTV 有重叠, 与脑干相似, 使用 0.5 cm MLC 计划在靶区与腮腺相接边缘区域的剂量跌落梯度增加, 所以导致 V_{30} 差异有统计学意义($P<0.05$), 如图 4 和图 5 所示, 红色标记圈内 0.5 cm MLC 比 1.0 cm MLC 遮挡更多腮腺, 可以更好地保护腮腺, 可以有效降低腮腺 V_{30} 。Mohan 等^[15]在研究中也证实了 0.5 cm MLC 可以更好地适形靶区和保护危及器官。范廷勇等^[16-17]在研究鼻咽癌计划时总结出, 采用 0.5 cm MLC 会获得更好的剂量分布和适形度, 且在较晚期鼻咽癌计划中, 0.5 cm MLC 不仅能够明显降低受侵危及器官的高剂量, 而且可以带来更好的靶区剂量均匀性。气管处在靶区 PCTV 和 PCTV2 两侧翼之间, 模型 2 叶片更薄, 且靶区边缘的剂量梯度更大, 所以气管平均剂量会更小, 能够更好地保护气管, 降低气管塌陷概率。Fiveash 等^[18]也得到相同结果, 0.5 cm MLC 在处理靶区与危及器官距离很近时有明显优势。

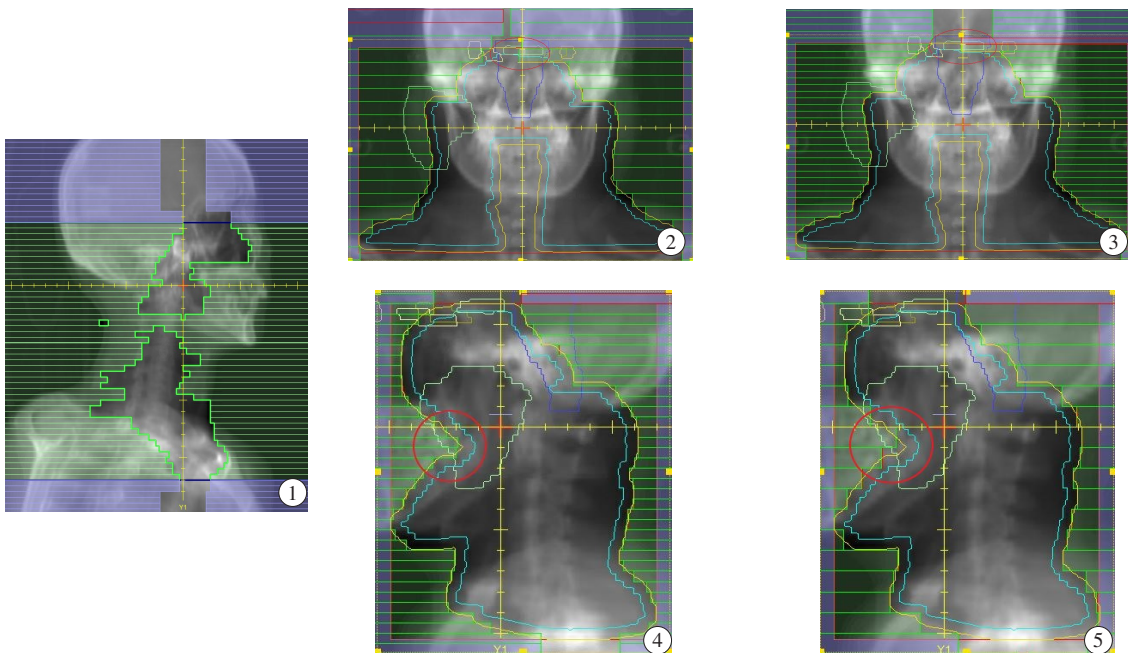


图 1 Agility 机头形成的孤岛野(取自 Monaco 计划系统) Fig.1 Isolated beam field of Agility (from Monaco TPS)

图 2 0.5 cm MLC 射野 BEV(取自 Monaco 计划系统, 红圈内是视交叉位置)

Fig.2 Field BEV with 0.5 cm MLC (from Monaco TPS, with the optic chiasma in the red circle)

图 3 1.0 cm 宽 MLC 射野 BEV(取自 Monaco 计划系统, 红圈内是视交叉位置)

Fig.3 Field BEV with 1.0 cm MLC (from Monaco TPS, with the optic chiasma in the red circle)

图 4 0.5 cm 宽 MLC 射野 BEV(取自 Monaco 计划系统, 红圈内是腮腺位置)

Fig.4 Field BEV with 0.5 cm MLC (from Monaco TPS, with the parotid gland in the red circle)

图 5 1.0 cm 宽 MLC 射野 BEV(取自 Monaco 计划系统, 红圈内是腮腺位置)

Fig.5 Field BEV with 1.0 cm MLC (from Monaco TPS, with the parotid gland in the red circle)

在 Monaco 计划系统中,如表 1 所示,所有靶区均匀性指数 HI 差异有统计学意义($P<0.05$),适形度指数 CI 只有 PGTV_{nx} 差异有统计学意义($P<0.05$),其他靶区差异无统计学意义($P>0.05$)。危及器官中只有右侧颞叶 D_{\max} 左右腮腺 V_{30} 和计划总 MU 差异有统计学意义($P<0.05$),其他差异无统计学意义($P>0.05$);而在 Pinnacle³ 计划系统中除了靶区 PCTV 的 CI,其他靶区 CI 和靶区 HI 差异均有统计学意义($P<0.05$)。危及器官中视交叉 D_{\max} ,以及左右颞叶、右侧颞颌关节、右侧中耳、左侧腮腺、喉和气管的 D_{mean} 差异有统计学意义($P<0.05$),其他差异无统计学意义($P>0.05$)。说明不同计划系统对计划优化是有差异的,不同计划系统子野优化方法和剂量算法的不同会导致不同结果。Burmeister 等^[19-20]在研究中也得到了相同结论。所以选择合适的计划系统下,0.5 cm MLC 在鼻咽癌调强计划中可以进一步提高靶区 CI 和 HI,也能有效降低部分危及器官受量,可以进一步提高患者的预后生存质量。

【参考文献】

- [1] 高黎,易俊林,黄晓东,等.鼻咽癌根治性放疗 10 年经验总结[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2006,15(4): 249-256.
GAO L, YI J L, HUANG X D, et al. Ten-year experience of radical radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2006, 15(4): 249-256.
- [2] 杨超凤,钟胜河,杨海明,等. MLC 类型不同的加速器对鼻咽癌调强放疗计划影响的研究[J]. 医疗卫生装备,2016,37(8): 78-80.
YANG C F, ZHONG S H, YANG H M, et al. Effects of types of accelerators of MLC on IMRT plans of nasopharyngeal carcinoma [J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2016, 37(8): 78-80.
- [3] 中国鼻咽癌临床分期工作委员会. 中国鼻咽癌分期 2017 版(2008 鼻咽癌分期修订专家共识)[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2017,26(10): 1119-1123.
Chinese Committee for Staging of Nasopharyngeal Carcinoma. Chinese nasopharyngeal carcinoma staging 2017 edition (The Chinese 2008 expert consensus on staging revision of nasopharyngeal carcinoma) [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2017, 26(10): 1119-1123.
- [4] LÁRRAGA-GUTIÉRREZ J M, GALVÁN DE L A CRUZ O O, GARCÍA-GARDUÑO O A, et al. Comparative analysis of several detectors for the measurement of radiation transmission and leakage from a multileaf collimator [J]. Phys Med, 2014, 30(3): 391-395.
- [5] 胡逸民. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999: 123.
HU Y M. Radiation oncology physics[M]. Beijing: China Atomic Energy Press, 1999: 123.
- [6] 卢晓光,王运来,霍晓庆,等. BeamModulator 新型多叶准直器半影的测量[J]. 中华放射医学与防护杂志,2010,30(4): 452-455.
LU X G, WANG Y L, HUO X Q, et al. Penumbra measurements of BeamModulator multileaf collimator [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2010, 30(4): 452-455.
- [7] ZHANG F, WANG Y, XU W, et al. Comparison of the effects of two types of multileaf collimators on tumor control probability in radiotherapy for breast cancer after conservative surgery based on the EUD model[J]. Oncol Trans Med, 2017, 3(2): 77-81.
- [8] GLITZNER M, CRIJNS S P, DE SENNEVILLE B D, et al. On the suitability of Elekta's Agility 160 MLC for tracked radiation delivery: closed-loop machine performance [J]. Phys Med Biol, 2015, 60(5): 2005-2017.
- [9] RYOTA O, FUJIO A, TAKESHI O. Monte carlo dose verification of VMAT treatment plans using Elekta Agility 160-leaf MLC [J]. Phys Med, 2018, 51(3): 22-31.
- [10] 黄娜,王培,张德康,等. 应用 AAPM 标准模体评估 MLC 宽度对 VMAT 计划的影响[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2016,25(4): 376-380.
HUANG N, WANG P, ZHANG D K, et al. Application of AAPM to evaluate the impact of MLC width on VMAT program [J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2016, 25(4): 376-380.
- [11] ZHANG F L, WEI D, JIANG H Y, et al. Dosimetric evaluation of VMAT radiation therapy technique for breast cancer after conservative surgery based on three different types of multileaf collimators[J]. Oncol Trans Med, 2018, 4(5): 208-214.
- [12] STEFFI K, MATTHIAS S, ALMUT T, et al. Impact of MLC properties and IMRT technique in meningioma and head-and-neck treatments[J]. Radiat Oncol, 2015, 10(1): 184.
- [13] CHERN S, LEAVITT D D, JENSEN R L, et al. Is smaller better? Comparison of 3-mm and 5-mm leaf size for stereotactic radiosurgery: a dosimetric study[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 66(4): S76-S81.
- [14] MONK J E, PERKS J R, DOUGHTY D, et al. Comparison of a micro-multileaf collimator with a 5-mm-leaf-width collimator for intracranial stereotactic radiotherapy [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2003, 57(5): 1443-1449.
- [15] MOHAN R, JAYESH K, JOSHI R C, et al. Comparison of dosimetric characteristics of 120-leaf and 80-leaf multi-leaf collimators in a Varian linear accelerator for a 6-MV photon beam [J]. Radiol Phys Technol, 2008, 1(2): 223-228.
- [16] 范廷勇,李建彬,于金明,等. MLC 叶片宽度对 IMRT 计划的影响[J]. 肿瘤防治杂志,2005,12(8): 611-613.
FAN T Y, LI J B, YU J M, et al. Efficacy of using differential multileaf collimator in treatment of nasopharyngeal carcinoma by intensity-modulated radiotherapy techniques [J]. China Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2005, 12(8): 611-613.
- [17] ZWICKER F, HAUSWALD H, NILL S, et al. New multileaf collimator with a leaf width of 5 mm improves plan quality compared to 10 mm in step-and-shoot IMRT of HNC using integrated boost procedure [J]. Strahlenther Onkol, 2010, 186(6): 334-343.
- [18] FIVEASH J B, MURSHED H, DUAN J. Effect of multileaf collimator leaf width on physical dose distributions in the treatment of CNS and head and neck neoplasms with intensity modulated radiation therapy [J]. Med Phys, 2002, 29(6): 1116-1119.
- [19] BURMEISTER J, MCDERMOTT P N, BOSSENBERGER T, et al. Effect of MLC leaf width on the planning and delivery of SMLC IMRT using the CORVUS inverse treatment planning system [J]. Med Phys, 2004, 31(12): 3187.
- [20] 杨金磊,刘博宇,路双臣,等. Monaco 与 Pinnacle 计划系统在肺癌容积旋转调强计划中的比较[J]. 中华放射医学与防护杂志,2015,35(2): 119-122.
YANG J L, LIU B Y, LU S C, et al. Comparison of Monaco and Pinnacle treatment planning systems in volumetric modulated arc therapy optimization for lung cancer [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2015, 35(2): 119-122.

(编辑:陈丽霞)