

胃癌调强放疗中多叶光栅3种状态的剂量学比较

蒋大振, 刘晖, 戴静, 周福祥, 谢丛华, 王骁踊
武汉大学中南医院肿瘤放化疗科, 湖北 武汉 430071

【摘要】目的:通过比较胃癌调强放疗中多叶光栅(MLC)3种不同状态下放疗计划的剂量学差异,为临床放疗方案的选择提供参考依据。**方法:**选取10例胃癌患者分别制定9野的锁野调强、分野调强和旋转小机头分野调强的治疗计划,比较机器跳数、靶区适形度、均匀性、 D_{max} 、 D_{mean} 、 V_{45} ,以及body、肝脏、小肠、脊髓和肾脏 V_5 、 V_{10} 、 V_{20} 、 V_{30} 、 V_{40} 、 V_{45} 、 D_{max} 、 D_{mean} 等参数的剂量学差异。**结果:**3种计划均可满足临床需求。锁野计划相比分野和旋转小机头分野调强计划在body的 V_5 、 V_{10} 、 V_{20} 、 V_{30} 均显著降低且差异具有统计学意义,同时对于肾脏、肝脏和小肠在某些低剂量区均有一定的降低且有统计学差异。对于body(计划靶区)的 D_{max} 参数,分野计划稍微低于锁野和旋转小机头分野调强计划且差异具有统计学意义。**结论:**锁野计划可以更好地保护危及器官,同时减少低剂量区。

【关键词】胃癌;多叶光栅;锁野计划;分野计划;调强放射治疗

【中图分类号】R735.2;R811.1

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2019)02-0166-05

Dosimetric comparison among split-field, fixed-jaw and rotating multi-leaf collimator in the radiotherapy of gastric carcinoma

JIANG Dazhen, LIU Hui, DAI Jing, ZHOU Fuxiang, XIE Conghua, WANG Xiaoyong

Department of Radiation Oncology, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, China

Abstract: Objective To compare the dosimetric differences among split-field, fixed-jaw and rotating multi-leaf collimator (RMLC) used in intensity-modulated radiotherapy of gastric carcinoma for providing reference for the selection of treatment strategy. **Methods** Ten patients with gastric carcinoma was enrolled in this study, and 3 plans, namely fixed-jaw plan (9-field), split-field plan and RMLC plan, were designed for each patient. Several dosimetric parameters, including monitor units, the conformity index, homogeneity index, D_{max} , D_{mean} , V_{45} of target areas, and the V_5 , V_{10} , V_{20} , V_{30} , V_{40} , V_{45} , D_{max} , D_{mean} of the body, liver, small intestine, spinal cord and kidneys were compared. **Results** All 3 plans met clinical requirements. The V_5 , V_{10} , V_{20} and V_{30} of the body in fixed-jaw plan were significantly lower than those in split-field plan and RMLC plan, and meanwhile, there were some decreases in the low-dose volume of the kidney, liver and small intestine, with statistical differences. The D_{max} of the body (planning target volume) in split-field plan was lower than that in fixed-jaw plan and RMLC plan, with statistical differences. **Conclusion** Compared with split-field plan and RMLC plan, fixed-jaw plan achieves a better organs-at-risk protection and reduces low-dose volume.

Keywords: gastric carcinoma; multi-leaf collimator; fixed-jaw plan; split-field plan; intensity-modulated radiotherapy

前言

胃癌是我国最常见的恶性肿瘤之一,有学者研究表明我国每年有30万例患者死于胃癌^[1]。目前手术治疗仍然是治疗胃癌的最重要方式,但是仅用手

术这一治疗方式,患者生存率较低。美国INT0116研究表明同步放化疗可以明显提高局部控制率和生存率^[2-3]。调强放射治疗(IMRT)现已基本取代正常适形放疗,因为它能够向目标提供更适形靶区形状的剂量分布,并且可以更好地保护正常器官。IMRT技术相对于传统适形放疗可以更好地将处方剂量实施到肿瘤体积,从而提高癌症治愈率。国内外很多学者已经报道了IMRT在癌症治疗方面明显优于三维放疗^[4-5]。

IMRT技术主要基于多叶光栅(MLC)的运动来实现射野内的强度调制^[6]。Varian加速器MLC的相

【收稿日期】2018-08-11

【作者简介】蒋大振,硕士,物理师,研究方向:放射治疗质量控制, E-mail: dzjiang@yeah.net

【通信作者】王骁踊,物理师,研究方向:放射治疗质量控制, E-mail: wangxiaoyong@znhospital.cn

邻叶片运动范围大于14 cm就会产生分野。对于胃癌,靶区周围有肾脏和肝脏等对低剂量较为敏感的危及器官。如果MLC的状态不同则会对靶区和危及器官产生不同的影响^[7-8]。本文主要研究分野调强、旋转小机头分野调强和固定铅门调强等MLC的3种不同状态下的靶区和危及器官的剂量分布,了解其差异性,以便更好地指导临床放射治疗计划的设计。

1 材料与方法

1.1 病例选择

选择2017年7~12月武汉大学中南医院的10例胃癌患者。患者年龄43~67岁,中位年龄57岁;术后病理分期T3~T4期。

1.2 方法

体位固定和CT扫描:用克莱瑞迪公司真空垫固定体位,仰卧位进行扫描。CT扫描机 Siemens Somatom. Sensation 16排螺旋CT,扫描范围为膈肌上5 cm至第3或第4腰椎下缘。

1.3 处方剂量要求

扫描后CT图像由网络传输至Varian Eclipse 13.5工作站,由专业放疗医师勾画出临床靶区、计划靶区(PTV)及相关的重要组织和器官。本院勾画的靶区范围包括肿瘤床、吻合口和淋巴引流区。本院处方剂量要求为95%的PTV接受45.00 Gy,99%的PTV接受42.75 Gy,分割次数为25次。对于此分期的患者放射治疗计划需满足:接受5 Gy的功能肾体积不超过65%($V_5 \leq 65\%$);接受15 Gy的功能肾体积不超过50%($V_{15} \leq 50\%$);接受10 Gy的正常肝体积不超过70%($V_{10} \leq 70\%$);接受30 Gy的正常肝体积不超过40%($V_{30} \leq 40\%$);接受40 Gy的正常肝体积不超过30%($V_{40} \leq 30\%$)。

1.4 计划设计

所有计划都在Varian Eclipse 13.5工作站上完成。IMRT采用6 MV X线,共面9野的角度分别为100°、70°、40°、10°、340°、320°、181°、25°、335°。根据医生处方剂量要求选择适当优化参数,使用VarianIX加速器。在设计3种MLC状态的计划时保证优化参数不变,只是变化MLC的状态。分野计划MLC角度归零。锁野计划采用就近原则旋转小机头,尽量避开肾脏的同时尽可能保证射野入射方向一侧的靶区尽可能多的落在照射野范围之内(限 $X \leq 13.9$ cm)。旋转小机头计划设计原则与锁野一样,只是在优化时不锁定射野宽度(即X值可以大于13.9 cm,可以产生分野)。

1.5 计划比较

比较3种设计方案在靶区剂量分布图、均匀性指数(HI)、适形度指数(CI)、靶区和相关正常组织剂量体积直方图。本研究利用靶区HI和CI来评估计划。HI的理想值为1,并且随着计划剂量分布不均匀而增大。HI: $HI = D_{5\%} / D_{95\%}$,其中 $D_{x\%}$ 是x%的靶区体积受到的照射剂量^[9]。CI: $CI = (PTV_{100\%} / PTV) \cdot (PTV_{100\%} / V_{100\%})$,其中PTV是计划肿瘤靶区体积, $PTV_{100\%}$ 为100%的处方剂量所覆盖的PTV体积, $V_{100\%}$ 表示100%的处方剂量所包含的总体积。CI值为0~1,CI值越大表示适形度越好^[10]。

1.6 统计学方法

采用SPSS 19.0统计学软件对以上各参数进行配对t检验, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 3种MLC状态下的靶区情况分析

表1和表2显示,对于PTV的 D_{max} 参数,分野计划稍微低于锁野和旋转小机头计划且差异具有统计学意义。适形度和均匀性相差不大,且无统计学差异。同时 V_{45} 和 D_{95} 结果无明显差异。

表1 PTV参数统计表

Tab.1 Comparison of PTV parameters among 3 plans

Plan	D_{max}/cGy	D_{mean}/cGy	$V_{45}/\%$	CI	HI	D_5/cGy	D_{95}/cGy	MU
1	4 908.60	4 523.81	97.60	0.89	1.048	4 744.34	4 702.95	1 126.10
2	4 884.30	4 533.56	97.96	0.89	1.048	4 752.43	4 702.95	1 143.90
3	4 907.25	4 529.05	97.94	0.90	1.050	4 754.61	4 700.25	1 087.10

Plan 1: Fixed-jaw; Plan 2: Split-field; Plan 3: Rotating multi-leaf collimator; PTV: Planning target volume; CI: Conformity index; HI: Homogeneity index; MU: Monitor unit

2.2 3种MLC状态下的危及器官情况分析

表3和表4显示,锁野计划相比分野和旋转小机

头计划在body的 V_5 、 V_{10} 、 V_{20} 、 V_{30} 均显著降低且差异具有统计学意义,同时对于肾脏、肝脏和小肠在某些

表2 3种PTV相互比较 P 值表Tab.2 P values of PTV parameters among 3 plans

Plan	D_{\max}	D_{mean}	V_{45}	CI	HI	D_5	D_{95}	MU
1 vs 2	0.017	1.000	0.514	0.660	0.931	0.176	0.245	0.678
1 vs 3	0.931	0.954	0.425	0.054	0.295	0.114	0.380	0.118
2 vs 3	0.027	0.483	0.899	0.182	0.116	0.689	0.181	0.195

低剂量区均有一定的降低且有统计学差异。对于左侧肾脏 V_5 , 锁野计划 (47.50%) 明显低于分野计划 (58.36%) 和旋转小机头计划 (56.14%), 且 P 值均小于 0.05。对于右侧肾脏 D_{mean} 、 V_5 和 V_{10} , 锁野计划 (D_{mean} : 656.05 cGy, V_5 : 39.88%, V_{10} : 16.24%) 明显低于分野计划 (D_{mean} : 701.80 cGy, V_5 : 46.72%, V_{10} : 17.54%) 和旋转小机头计划 (D_{mean} : 706.14 cGy, V_5 : 45.75%, V_{10} : 17.90%), 且 P 值均小于 0.05。对于脊髓 V_5 , 锁野计划数值显著低于旋转小机头计划数值 ($P=0.014$); 对于脊髓 V_{10} , 锁野计划数值明显低于分野计划和旋

转小机头计划 ($P=0.011$, $P=0.000$); 对于脊髓 V_{20} , 锁野计划数值显著低于分野计划数值 ($P=0.049$)。对于小肠 V_{20} , 锁野计划数值明显低于分野计划和旋转小机头计划 ($P=0.005$, $P=0.010$)。对于 Body V_5 、 V_{10} 、 V_{20} 和 V_{30} , 锁野计划数值明显低于分野计划和旋转小机头计划 (V_5 : $P=0.005$ 和 0.005; V_{10} : $P=0.024$ 和 0.015; V_{20} : $P=0.006$ 和 0.006; V_{30} : $P=0.014$ 和 0.016)。然而对于 D_{\max} , 分野计划则显著低于锁野和旋转小机头计划的数值 ($P=0.017$, $P=0.027$)。

表3 各个危及器官参数统计表

Tab.3 Comparison of organs-at-risk parameters among 3 plans

Organs-at-risk	Plan	D_{\max}/cGy	$D_{\text{mean}}/\text{cGy}$	$V_{45}/\%$	$V_{40}/\%$	$V_{30}/\%$	$V_{20}/\%$	$V_{10}/\%$	$V_5/\%$
Left kidney	1	4 212.90	1 504.80	0.17	0.30	2.60	8.77	24.29	47.50
	2	4 293.45	1 659.15	0.15	0.30	2.95	9.05	25.20	58.36
	3	4 306.50	1 638.90	0.13	0.20	2.94	8.93	24.66	56.14
Right kidney	1	3 539.70	656.05	0.00	0.00	0.41	3.35	16.24	39.88
	2	3 289.50	701.80	0.00	0.00	0.48	3.74	17.54	46.72
	3	3 282.30	706.14	0.00	0.00	0.56	3.90	17.90	45.75
Liver	1	4 877.55	1 722.05	5.94	7.34	14.67	30.05	51.85	84.65
	2	4 858.53	1 722.33	6.04	7.62	15.66	30.20	52.46	87.22
	3	4 879.04	1 723.28	6.00	7.61	15.74	29.91	52.69	87.30
Spinal cord	1	3 048.75	1 871.10	0.00	3.01	4.03	5.16	65.35	72.21
	2	3 227.40	1 810.35	0.00	0.03	0.28	5.60	66.41	72.77
	3	3 176.10	1 806.30	0.00	0.46	0.58	5.50	66.54	73.37
Pancreas	1	4 847.85	4 068.90	63.90	68.90	78.90	91.20	97.50	100.00
	2	4 820.85	4 000.05	64.01	68.70	78.70	93.10	97.50	100.00
	3	4 838.85	4 021.20	64.25	68.80	79.60	92.80	97.50	100.00
Small intestine	1	4 843.80	2 145.60	8.48	9.66	23.48	40.02	57.05	69.87
	2	4 859.10	1 891.35	9.04	9.80	23.34	44.31	59.01	71.88
	3	4 866.75	1 889.55	8.74	9.57	23.22	43.78	59.00	71.79
Body	1	4 908.60	891.90	3.80	4.67	7.59	15.98	27.52	40.60
	2	4 884.30	1 313.55	3.81	4.73	7.92	16.60	28.48	42.22
	3	4 907.25	1 311.30	3.79	4.72	7.88	16.47	28.52	42.32

表4 3种计划中危及器官相互比较的P值表
Tab.4 P values of organs-at-risk parameters among 3 plans

Organs-at-risk	Plan	D _{max}	D _{mean}	V ₄₅	V ₄₀	V ₃₀	V ₂₀	V ₁₀	V ₅
Left kidney	1 vs 2	0.259	0.770	0.110	0.998	0.133	0.781	0.230	0.000
	1 vs 3	0.152	0.794	0.146	0.094	0.118	0.823	0.481	0.000
	2 vs 3	0.424	0.310	0.244	0.768	0.908	0.323	0.133	0.281
Right kidney	1 vs 2	0.278	0.016	1.000	1.000	0.829	0.651	0.041	0.029
	1 vs 3	0.245	0.003	1.000	1.000	0.681	0.341	0.003	0.039
	2 vs 3	0.818	0.552	1.000	1.000	0.097	0.390	0.149	0.311
Liver	1 vs 2	0.287	0.990	0.554	0.387	0.181	0.816	0.595	0.135
	1 vs 3	0.939	0.949	0.635	0.382	0.124	0.786	0.413	0.125
	2 vs 3	0.145	0.895	0.673	0.950	0.636	0.210	0.534	0.734
Spinal cord	1 vs 2	0.094	0.567	1.000	0.318	0.218	0.049	0.011	0.269
	1 vs 3	0.165	0.553	1.000	0.403	0.303	0.075	0.000	0.014
	2 vs 3	0.310	0.655	1.000	0.343	0.443	0.200	0.589	0.074
Pancreas	1 vs 2	0.130	0.508	0.861	0.870	0.813	0.383	0.752	0.343
	1 vs 3	0.660	0.609	0.446	0.881	0.064	0.277	0.135	0.343
	2 vs 3	0.096	0.144	0.539	0.685	0.124	0.413	0.284	0.343
Small intestine	1 vs 2	0.402	0.459	0.081	0.381	0.777	0.005	0.247	0.080
	1 vs 3	0.241	0.453	0.081	0.506	0.541	0.010	0.275	0.112
	2 vs 3	0.484	0.881	0.230	0.175	0.634	0.364	0.987	0.983
Body	1 vs 2	0.017	0.309	0.789	0.254	0.014	0.006	0.024	0.005
	1 vs 3	0.931	0.311	0.846	0.182	0.016	0.006	0.015	0.005
	2 vs 3	0.027	0.601	0.373	0.787	0.654	0.764	0.327	0.743

3 讨论

Beauvois 等^[11]研究表明患者肾脏接受 10 Gy 的剂量后 10~15 年会导致肾脏功能损害。但 Dawson 等^[12]认为,如果患者放疗后 2 年内未因放射导致的肾脏灌注缺血或者肾小球滤过率下降情况,则后续也很难出现慢性损伤。虽然学者研究结果不一,但可以肯定的是肾脏对剂量相当敏感,所以物理师在设计计划时应做到对肾脏最大限度的保护。本研究中锁野计划采用最大限度避开肾脏从而可以降低肾脏的低剂量照射面积。

锁野计划在脊髓、肝脏、小肠和 body 的低剂量区有显著性差异,这是由于锁野计划不会产生分野时两个射野衔接处的漏射^[13-14],从而减少低剂量照射区域。此研究结果与 Chen 等^[15]、王昊等^[16]、罗居东等^[17]、胡伟刚等^[18]研究相同。对于锁野和旋转小机头计划,其跳数 D_{max} 值要略高于分野计划,可能是因

为他们在保护肾脏时影响到靶区的覆盖,而计划系统为达到所设定的覆盖率,锁野增加一定的跳数,这一结果与杨波等^[19]和朱小杨等^[20]不同,此差异的出现可能是由于研究病种的不同。而对于旋转小机头计划和分野计划在计划适形度方面要优于锁野计划,这是因为锁野计划限制了照射野的范围,一部分靶区不能达到较好的覆盖,导致适形度略低,但是不影响靶区的覆盖率(95%的 PTV 接受 45.00 Gy)。

总之,锁野计划在满足临床需要的靶区覆盖率同时还可以降低肾脏、肝脏等危及器官的低剂量区域,降低 body 的低剂量区,减少漏射。对于胃癌患者可以考虑用锁野调强技术设计计划。但是由于本研究中患者数量较少,统计结果可能会存在一定的偏差,因此在后续的研究中还需要增加病例。本文只是从剂量学方面研究锁野计划在胃癌中的优势,但具体治疗效果还需要后续进一步观察和随访。

【参考文献】

- [1] 杨子鑫, 刘巍. 晚期胃癌内科治疗的研究进展[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2011, 18(19): 1572-1576.
YANG Z X, LIU W. Progress in medical treatment of advanced gastric cancer[J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2011, 18(19): 1572-1576.
- [2] MACDONALD J S, SMALLEY S R, BENEDETTI J, et al. Chemoradiotherapy after surgery compared with surgery alone for adenocarcinoma of the stomach or gastroesophageal junction[J]. N Engl J Med, 2001, 345(10): 725.
- [3] LAMBRECHT M, NEVENS D, NUYTS S. Intensity-modulated radiotherapy vs. parotid-sparing 3D conformal radiotherapy. Effect on outcome and toxicity in locally advanced head and neck cancer[J]. Strahlenther Onkol, 2013, 189(3): 223-229.
- [4] ANAND A K, JAIN J, NEGI P S, et al. Can dose reduction to one parotid gland prevent xerostomia? A feasibility study for locally advanced head and neck cancer patients treated with intensity-modulated radiotherapy[J]. Clin Oncol, 2006, 18(6): 497-504.
- [5] 漆利军, 张红雁, 罗文广, 等. 胃癌术后放疗方式对肾脏剂量学影响的比较研究[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2012, 19(4): 303-306.
QI L J, ZHANG H Y, LUO W G, et al. Comparative research of the effect about the renal dosimetry with different radiotherapy after resection of gastric carcinoma [J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2012, 19(4): 303-306.
- [6] WEBB S. The fish (IMRT) needs a bicycle (MLC)? The bicycle factories seem flourishing; not so the goldfish-bowl factories[J]. Phys Med, 2011, 27(3): 177-180.
- [7] RAO M, YANG W, CHEN F, et al. Comparison of Elekta VMAT with helical tomotherapy and fixed field IMRT: plan quality, delivery efficiency and accuracy[J]. Med Phys, 2010, 37(3): 1350-1359.
- [8] AHN P, ANAMALAYIL S, LUSTIG R A, et al. Comparison of the effect of full-neck volumetric modulated arc therapy IMRT versus split-field IMRT techniques on radiation dose to low neck structures [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2014, 90(1): S573.
- [9] MURSHED H, LIU H H, LIAO Z, et al. Dose and volume reduction for normal lung using intensity-modulated radiotherapy for advanced-stage non-small-cell lung cancer[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 58(4): 1258-1267.
- [10] WIELAND P, DOBLER B, MAI S, et al. IMRT for postoperative treatment of gastric cancer: covering large target volumes in the upper abdomen: a comparison of a step-and-shoot and an arc therapy approach[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 59(4): 1236-1244.
- [11] BEAUVOIS S, VAN P H. Late effects of radiations on the kidney[J]. Cancer Radiother, 1997, 1(6): 760-763.
- [12] DAWSON L A, KAVANAGH B D, PAULINO A C, et al. Radiation-associated kidney injury[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2010, 76(3): S108-S115.
- [13] CHEN F, RAO M, MCCUNE K, et al. SU-GG-T-574: when is fixed field IMRT superior to VMAT?[J]. Med Phys, 2010, 37(6 Part 25): 3319.
- [14] ZHENG B M, DONG X X, WU H, et al. Dosimetry comparison between volumetric modulated arc therapy with rapid arc and fixed field dynamic IMRT for local- regionally advanced nasopharyngeal carcinoma[J]. Chinese Journal of Cancer Research, 2011, 23(4): 259-264.
- [15] CHEN J, CHEN X, HUANG M, et al. A fixed-jaw method to protect critical organs during intensity-modulated radiotherapy [J]. Med Dosim, 2014, 39(4): 325-329.
- [16] 王昊, 陈华, 顾恒乐, 等. 周围型肺癌并纵隔淋巴结转移放疗中分野锁定准直器调强计划对肺组织保护的研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2017, 26(3): 320-323.
WANG H, CHEN H, GU H L, et al. A study of lung protection in intensity modulated radiotherapy with split field and fixed jaw techniques for peripheral lung cancer with mediastinal lymph node metastasis[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2017, 26(3): 320-323.
- [17] 罗居东, 李兆斌, 章青, 等. 不同放疗技术在胃癌术后放疗中的剂量学研究[J]. 肿瘤防治研究, 2011, 38(5): 571-574.
LUO J D, LI Z B, ZHANG Q, et al. Dosimetry studies of different radiation technique for postoperative gastric cancer [J]. Cancer Research on Prevention and Treatment, 2011, 38(5): 571-574.
- [18] 胡伟刚, 章真, 徐志勇, 等. 三维适形与调强放疗技术在胃癌术后放疗中的剂量学比较[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2007, 16(4): 273-276.
HU W G, ZHANG Z, XU Z Y, et al. Comparison of dosimetry between three-dimension conformal and intensity modulated plan in postoperative radiotherapy for gastric cancer[J]. Chinese Journal of Radiation Oncology, 2007, 16(4): 273-276.
- [19] 杨波, 鹿廷田, 孙显松, 等. 直肠癌调强放疗中固定铅门技术和分野技术的剂量学比较[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2012, 32(5): 509-512.
YANG B, PANG T T, SUN X S, et al. Dosimetric comparison of split field and fixed jaw techniques for target volumes in the rectum cancer [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2012, 32(5): 509-512.
- [20] 朱小杨, 余光伟, 王连聪. 固定铅门技术在鼻咽癌调强放疗中的应用[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2013, 33(6): 636-637.
ZHU X Y, YU G W, WANG L C. Application of fixed jaw technique in intensity modulated radiotherapy for nasopharyngeal carcinoma [J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2013, 33(6): 636-637.

(编辑:陈丽霞)