

CyberKnife 中 Fixed/Iris 准直器对肝癌患者治疗计划的影响及评价

朴俊杰^{1,2}, 徐寿平¹, 段学章², 曲宝林¹, 丁俊强², 王金媛¹, 徐慧军²

1. 解放军总医院放疗科, 北京 100853; 2. 解放军第302医院肿瘤放射治疗中心, 北京 100039

【摘要】目的:探讨及评价不同准直器(Fixed/Iris)的选择对治疗计划剂量学特点的影响。**方法:**选取12例肝癌患者影像数据, 统一给予靶区剂量50 Gy/5 F, 在相同条件下分别对每例患者选择Fixed与Iris准直器进行治疗计划设计, 通过靶区适形度指数(CI)、均匀性指数(HI)、梯度指数(GI)、正常肝脏平均受量以及治疗时间等参数, 分析评估计划优化质量及实施效率。**结果:**Iris组计划执行的平均治疗时间明显优于Fix组[(48.33±1.92) min vs (51.50±1.88) min, $t=4.23$, $P=0.001$], 而CI(0.79±0.07 vs 0.80±0.08, $t=0.52$, $P=0.613$)、HI(0.42±0.14 vs 0.41±0.14, $t=0.35$, $P=0.733$)、GI(3.66±0.61 vs 3.60±0.50, $t=1.15$, $P=0.273$)、处方剂量归一值[(76.92±6.55)% vs (77.00±6.34)%, $t=0.18$, $P=0.857$]以及正常肝脏平均受量[(5.15±1.25) Gy vs (5.16±1.27) Gy, $t=0.63$, $P=0.542$]则无统计学差异。**结论:**CyberKnife系统中使用Iris相对于Fixed准直器而言, 除治疗时间明显缩短外, 没有显著的剂量学差异。而对于其他部位肿瘤患者的治疗计划有无差异, 还需进一步探讨和研究。

【关键词】肝癌; CyberKnife; Fixed准直器; Iris准直器; 剂量

【中图分类号】R815; O59

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)08-0762-04

Effects of Fixed/Iris collimators in CyberKnife on the treatment plan of liver cancer patients and relevant evaluation

PIAO Junjie^{1,2}, XU Shouping¹, DUAN Xuezhang², QU Baolin¹, DING Junqiang², WANG Jinyuan¹, XU Huijun²

1. Department of Radiation Oncology, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China; 2. Oncology Radiotherapy Center, 302 Hospital of PLA, Beijing 100039, China

Abstract: Objective To discuss and evaluate the effects of different collimators (Fixed/Iris) on the dosimetric parameters of treatment plans. **Methods** Twelve liver cancer patients were selected in the study. With the same prescription dose of 50 Gy/5 f given to target areas, the treatment plan of each patient was designed using Fixed and Iris collimators, respectively. The target conformity index (CI), homogeneity index (HI), gradient index (GI), mean dose of normal liver and treatment time were analyzed to evaluate the optimization quality and the delivery efficiency. **Results** The average treatment time of the plans with Iris collimator was obviously better than that with Fix collimator [(48.33±1.92) min vs (51.50±1.88) min; $t=4.23$, $P=0.001$], while no statistical differences were found in CI (0.79±0.07 vs 0.80±0.08; $t=0.52$, $P=0.613$), HI (0.42±0.14 vs 0.41±0.14; $t=0.35$, $P=0.733$), GI (3.66±0.61 vs 3.60±0.50; $t=1.15$, $P=0.273$), the normalized mean value of prescription dose [(76.92±6.55)% vs (77.00±6.34)%; $t=0.18$, $P=0.857$], and the mean dose of normal liver [(5.15±1.25) Gy vs (5.16±1.27) Gy; $t=0.63$, $P=0.542$]. **Conclusion** For CyberKnife system, the treatment time of plans using Iris collimator is significantly shorter than those of the plans using Fixed collimator, but no obvious differences were found in dosimetric parameters between the two plans. The further discussion and study are necessary to compare the effects of plans using Iris/ Fixed collimator for the patients with other cancers.

Keywords: liver cancer; CyberKnife; Fixed collimator; Iris collimator; dose

前言

【收稿日期】2017-03-05

【基金项目】国家自然科学基金(11275105)

【作者简介】朴俊杰, 硕士, 工程师, 研究方向: 医学物理, E-mail: owendh@163.com

【通信作者】徐寿平, 高级工程师, 主要从事肿瘤放射物理及肿瘤精确治疗的相关工作, E-mail: shouping_xu@yahoo.com

CyberKnife 系统作为新一代的立体定向放疗设备, 有良好的辐射剂量分布及超高的精确度(亚毫米级精度)^[1]。该设备是由美国斯坦福大学 Adler 教授等^[2]研发的全身立体定向放疗平台, 主要由机器人机械臂、影像定位系统、同步呼吸追踪系统、加速器、准直器系统、治疗床和机电配套系统共 7 个部分组成^[3]。该系统利用非等中心、非共面、多野聚焦的束流照射方式, 可实现全身局部肿瘤上立体定向放射

外科和立体定向放射治疗^[4]。其中准直器系统由12个5~60 mm孔径的圆形准直器组成,新一代CyberKnife(VSI)配有两个不同版本的准直器可供选择—固定和可变准直器(Fixed/Iris),如图1和图2所示。由于两种类型准直器在物理结构上的差异所带来的剂量学差异,可能给治疗选择上带来一定的区别,本研究目的是评价CyberKnife系统不同准直器的选择所造成的剂量分布差异,进而评估不同准直器的选择对治疗计划剂量学特点的影响,以期作为临床所参考的依据。



图1 Fixed固定准直器

Fig.1 Fixed collimator



图2 Iris可变孔径准直器

Fig.2 Iris collimator

1 材料与方法

1.1 病例选择

选取12例来自解放军第302医院肿瘤放射治疗中心的肝癌患者,男性8例,女性4例;年龄23~68岁,中位年龄52岁。根据所选准直器类型分为A、B两组,其中A为固定准直器组(Fixed),B为可变准直器组(Iris)。为确保在相同条件下的剂量学比较,两组计划所选准直器保持一致。

1.2 CT定位

患者采用仰卧位,双手垂直放于身体两侧,使用真空垫固定,于CT(SIEMENS SOMATOM 40排)下进行螺旋扫描,扫描条件为电流400 mA,电压120 kV,层厚1 mm,总长度大于20 cm,总层数要求小于512层。

1.3 靶区勾画

将CT影像传输至CyberKnife系统数据服务器^[5](CyberKnife Data Management System, CDMS),在其

TPS(MultiPlan, Ver4.6.1)中进行肿瘤靶区及其危及器官的勾画。

1.4 处方剂量

本研究仅从剂量学特性对比分析两种方法的差别,为了方便比较,将患者的处方剂量统一为50 Gy/5 F, 100%处方剂量包绕95%肿瘤体积。

1.5 计划设计

根据TG-101报告^[6]关于危及器官受量的要求,使用两套准直器系统在相同条件下分别进行计划设计。

1.6 计划比较

对比分析靶区适形度指数^[7](CI)、均匀性指数^[8](HI)、梯度指数^[9](GI)、危及器官受量,以及治疗时间(Time)等参数评估治疗计划的剂量学差异。

1.7 统计学方法

应用统计学软件SPSS 17.0进行数据处理,采用配对 t 检验进行数据统计与分析,数据用均数 \pm 标准差表示, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

两组(A为Fixed组,B为Iris组)治疗计划均获得了较好的剂量分布,满足95%靶区体积均接受100%处方剂量的条件,各剂量学参数的数据统计分析见表1。

2.1 靶区覆盖

两种计划方式所得到的剂量分布不同,分别如图3和图4所示。

CI定义为:(被处方剂量线包绕的PTV体积)²/(PTV体积 \times PIV体积),其中PIV为处方剂量体积,CI值越趋近于1越好,A、B两组无显著统计学差异($P>0.05$),因此无法说明两组数据的优劣。HI定义为:PTV剂量最大值和最小值之差与平均剂量的比值,即HI值越小越好,A、B两组无显著统计学差异($P>0.05$),因此无法比较两组数据。GI定义为:1/2处方剂量所围绕的全部体积与PIV的比值,即GI值越低表示剂量跌落越快,A、B两组无显著统计学差异($P>0.05$)。处方剂量归一值指处方剂量所赋予的相对等剂量线。A、B两组无显著统计学差异($P>0.05$),如表1所示,故无法说明两种准直器的选择对处方剂量归一值有影响。

2.2 治疗效率参数比较

治疗时间(Time,单位min)作为治疗效率最直观的参数,常被用来评估两种计划的差异。如表1所示,A、B两组有显著差异($P<0.05$),且Iris组均值小于Fixed组,因此说明Iris组明显优于Fixed组。

2.3 正常组织受量

正常肝脏平均受量,被定义为剔除肿瘤靶区的正常肝脏体积所受到的平均剂量。A、B两组无显著差

表 1 两种计划的剂量学参数比较

Tab.1 Comparison of the dosimetric parameters between two plans

Parameter	Group A (Fixed)	Group B (Iris)	<i>t</i> value	<i>P</i> value
CI	0.80±0.08	0.79±0.07	0.52	0.613
HI	0.41±0.14	0.42±0.14	0.35	0.733
GI	3.60±0.50	3.66±0.61	1.15	0.273
Treatment time/min	51.50±1.88	48.33±1.92	4.23	0.001
Normalized mean value of prescription dose/%	77.00±6.34	76.92±6.55	0.18	0.857
Mean dose of normal liver/Gy	5.16±1.27	5.15±1.25	0.63	0.542

CI: Conformity index; HI: Homogeneity index; GI: Gradient index

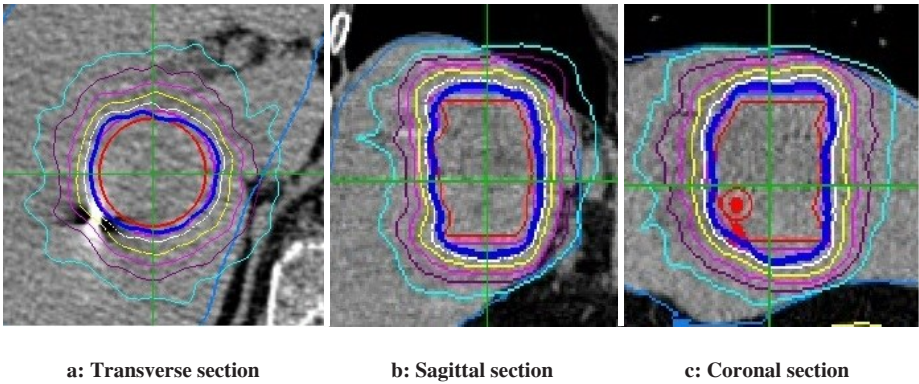


图3 A组治疗计划横断面、矢状面及冠状面剂量分布情况(蓝色为处方剂量线)

Fig.3 Dose distribution in group A (the blue line was prescription dose line)

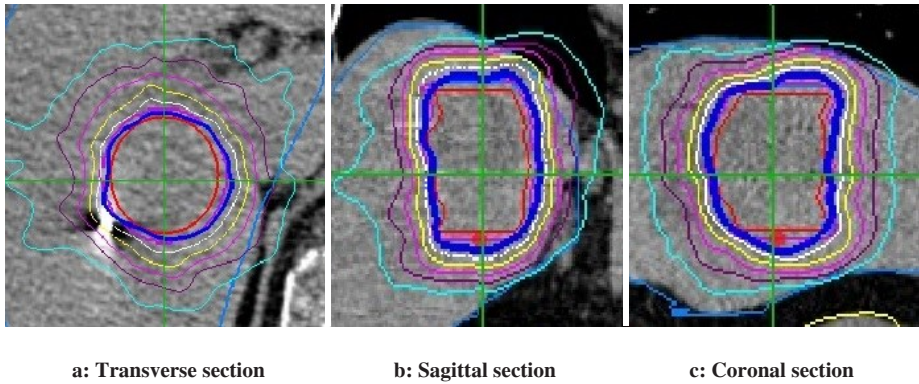


图4 B组治疗计划横断面、矢状面及冠状面剂量分布情况(蓝色为处方剂量线)

Fig.4 Dose distribution in group B (the blue line was prescription dose line)

异($P>0.05$),如表 1 所示,因此无法说明两组计划的正常肝平均受量有明显差异。

3 讨论

放疗在肝癌的治疗中长期充当着辅助的角色,那是因为传统的常规放疗(普放)造成的肝损伤较大,毒副反应较重^[10]。随着放射治疗设备的发展,越来越多的学者开始将注意力转移到肝癌的放射治疗

上。Hiroyuki 等^[11]将 CyberKnife 应用于终末期肝癌等的治疗上,并取得一定的效果(局控率能够达到 53%)。黎功^[12]在肝癌的调强放疗上进行大量的研究。夏廷毅^[13]应用伽马刀技术进行肝癌放疗。曾昭冲^[14]利用螺旋断层技术进行肝癌放射治疗。

CyberKnife 系统(VSI)作为新一代的立体定向放射治疗设备,由于其高精度以及高自由度,可实现全身局部肿瘤上立体定向放射外科和立体定向放射治

疗。其独有的同步呼吸追踪系统(Synchrony),可以在患者自主呼吸的情况下,自动跟踪并调整照射的角度与幅度,有利于受呼吸运动影响较大的软组织肿瘤照射(例如肝癌、肺癌等),从而在对肿瘤靶区照射的同时可实现周围正常组织最大限度的保护^[15]。薛慧等^[16]对59例原发性肝细胞癌伴门脉癌栓患者接受CyberKnife治疗后的疗效进行观察与分析,认为CyberKnife是肝癌伴门脉癌栓患者较理想的治疗方法,可显著延长患者生存期。张弢等^[17]对比了立体定向放射治疗(应用CyberKnife)与射频消融(RFA)治疗肝癌的疗效,认为立体定向放射治疗可以作为不适合手术治疗的肝癌的替代治疗。

新一代CyberKnife(VSI)配有两套准直器—固定和可变准直器(Fixed/Iris),CyberKnife系统本是基于固定准直器(Fixed)研发的,而可变准直器(Iris)是在其基础上,通过内12边形模拟得到类似圆形野^[18]。随着新一代CyberKnife(VSI)的广泛应用,Iris准直器也随之推广。但是基于两套准直器物理结构的差异(Fixed准直器为内圆形,Iris准直器为内12边形),其剂量学特性也会有些许差异。不过,由于Iris准直器实际上模拟的是类圆形野,因此与Fixed准直器的剂量学差异不大,在临床使用上不易辨别其优劣。

CyberKnife系统的优势是精准,但缺点是治疗时间长^[19]。因此如何在确保治疗精度的同时缩短治疗时间,一直是该系统致力于研究的方向。本研究结果表明,虽然Iris准直器并没有在CI、HI、GI以及正常肝脏平均受量上与Fixed组存在明显差异,但是在治疗时间上却明显优于Fixed组。因此,在实际临床应用中,Iris准直器可代替原有Fixed准直器使用。

Iris准直器作为Fixed准直器的升级与替代,实现了更好的机械化与自动化,固然有其优势,但是还是有其局限性,例如机械精度(叶片到位精度)、重复性以及故障率等都将是其需要克服的困难。

总之,Iris准直器除了在治疗时间上优于Fixed准直器,在其他参数上没有明显的优势,但仍需更多的临床病例予以进一步研究。

【参考文献】

- [1] ADLER J R, CHANG S D, MURPHY M J, et al. The Cyberknife: a frameless robotic system for radiosurgery [J]. Stereotact Funct Neurosurg, 1997, 69(1-4): 124-128.
- [2] ADLER J R, MURPHY M J, CHANG S D, et al. Image-guided robotic radiosurgery[J]. Neurosurgery, 1999, 44(6): 1299-1307.
- [3] 巩汉顺, 鞠忠建, 徐寿平, 等. G4 CyberKnife——全新式立体定向放疗设备及其临床应用[J]. 医疗卫生装备, 2013, 34(4): 127-129.
- [4] 朴俊杰, 徐寿平, 巩汉顺, 等. G4 CyberKnife: new instrument for stereotactic radiosurgery and its clinical application [J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2013, 34(4): 127-129.
- [5] 朴俊杰, 徐寿平, 巩汉顺, 等. CyberKnife系统技术评估和临床应用评价[J]. 医疗卫生装备, 2016, 37(3): 114-117.
- [6] PIAO J J, XU S P, GONG H S, et al. Assessment of technology and clinical application of CyberKnife system [J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2016, 37(3): 114-117.
- [7] DIETERICH S, PAWLICKI T. Cyberknife image-guided delivery and quality assurance[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2008, 71(1): 126-130.
- [8] BENEDICT S H, YENICE K M, FOLLOWILL D, et al. Stereotactic body radiation therapy: the report of AAPM task group 101 [J]. Med Phys, 2010, 37(8): 4078-4101.
- [9] FEUVRET L, NOEL G, MAZERON J J, et al. Conformity index: a review[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 64(2): 333-342.
- [10] KATARIA T, SHARMA K, SUBRAMANI V, et al. Homogeneity index: an objective tool for assessment of conformal radiation treatments[J]. J Med Phys, 2012, 37(4): 207-213.
- [11] PADDICK I, LIPPITZ B. A simple dose gradient measurement tool to complement the conformity index [J]. J Neurosurg, 2006, 105(Suppl): 194-201.
- [12] MARKUS S, ANDREY K, SEBASTIAN S, et al. Cyberknife radiosurgery—value as an adjunct to surgical treatment of HCC? [J]. Cureus, 2016, 8(4): e591.
- [13] HIROYUKI K, HIDEO Y, HIROYOSHI T, et al. Cyberknife treatment for advanced and terminal stage hepatocellular carcinoma [J]. World J Gastroenterol, 2015, 21(46): 13101-13112.
- [14] 黎功. 肝癌放疗研究进展[J]. 肿瘤学杂志, 2010, 16(7): 516-519.
- [15] LI G. Research progress in radiotherapy for liver cancer [J]. Journal of Oncology, 2010, 16(7): 516-519.
- [16] 夏廷毅. $\gamma(X)$ -线立体定向放射治疗临床应用规范和治疗进展[J]. 中国癌症杂志, 2006, 16(6): 454-458.
- [17] XIA T Y. Clinical application criteria and progress in $\gamma(X)$ stereotactic radiotherapy [J]. China Oncology, 2006, 16(6): 454-458.
- [18] 曾昭冲. 肝细胞肝癌放射治疗现状与展望[J]. 中国肿瘤防治杂志, 2009, 16(13): 961-965.
- [19] ZENG Z C. Radiation therapy for hepatocellular carcinoma—current status and perspectives [J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2009, 16(13): 961-965.
- [20] SOTHMANN T, BLANCK O, POELS K, et al. Real-time tracking in liver SBRT: comparison of CyberKnife and Vero by planning structure-based γ -evaluation and dose-area-histograms [J]. Phys Med Biol, 2016, 61(4): 1677-1691.
- [21] 薛慧, 刘虎, 韩萍, 等. 原发性肝细胞癌伴门静脉癌栓患者接受立体定向放射治疗的疗效观察[J]. 传染病信息, 2016, 29(4): 228-232.
- [22] XUE H, LIU H, HAN P, et al. Efficacy of stereotactic radiotherapy for patients with primary hepatocellular carcinoma and portal vein tumor thrombosis [J]. Infectious Disease Information, 2016, 29(4): 228-232.
- [23] 张弢, 谢晖, 孙静, 等. 立体定向放射治疗与射频消融治疗肝癌的临床对比研究[J]. 传染病信息, 2016, 29(4): 222-227.
- [24] ZHANG T, XIE H, SUN J, et al. Clinical comparison of stereotactic body radiotherapy and radiofrequency ablation in the treatment of liver cancer [J]. Infectious Disease Information, 2016, 29(4): 222-227.
- [25] SOTIROPOULOU E, STATHOPOULOS K, THANOS L. CT-guided fiducial placement for CyberKnife stereotactic radiosurgery: an initial experience [J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2010, 33(3): 586-589.
- [26] 朴俊杰, 徐寿平, 王金媛, 等. CyberKnife利用等中心及非等中心立体定向治疗计划质量及效率评价[J]. 实用癌症杂志, 2016, 31(5): 747-751.
- [27] PIAO J J, XU S P, WANG J Y, et al. Evaluation on quality and efficiency of isocentric and non-isocentric stereotactic treatment plans from CyberKnife [J]. the Practical Journal of Cancer, 2016, 31(5): 747-751.

(编辑:陈丽霞)