

射波刀准直器个数对脊柱转移瘤放疗计划的影响

王小深, 鞠忠建, 解传滨, 巩汉顺, 王金媛, 谷珊珊, 宋恒利, 徐伟
中国人民解放军总医院放疗科, 北京 100853

【摘要】目的:分析在椎体转移瘤的射波刀(Cyberknife)放疗计划设计中,准直器(Collimator)个数对放疗计划剂量分布的影响。**方法:**选择10例脊柱转移病例,分别用1、2、3个准直器进行计划设计。针对三种方式设计所得的放疗计划参数使用单因素的随机方差分析和SNK检验方式分别进行比较。**结果:**在适形指数以及射野个数方面三种计划方式没有统计学差异。在靶区处方剂量覆盖、新适形指数、治疗时间上看三种计划方式所得结果存在统计学差异,而使用2个和3个准直器所得计划结果之间无明显统计学差异。**结论:**对于脊柱转移肿瘤使用2个或3个准直器所得计划明显要优于单个准直器所得计划;建议在病人可以接受的治疗时间内尽量使用2个准直器进行放疗计划设计。

【关键词】射波刀;准直器个数;椎体转移瘤;立体定向放射治疗

【中图分类号】R73-37

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2016)02-0195-03

Effects of number of collimators on Cyberknife radiotherapy for spinal metastatic tumor

WANG Xiao-shen, JU Zhong-jian, XIE Chuan-bin, GONG Han-shun, WANG Jin-yuan, GU Shan-shan, SONG Heng-li, XU Wei
Department of Radiotherapy, General Hospital of Chinese People's Liberation Army, Beijing 100853, China

Abstract: Objective To analyze the effects of the number of collimators on the dose distribution in the Cyberknife radiotherapy for spinal metastatic tumor. **Methods** Ten patients with spinal metastatic tumor were selected. A collimator, two collimators and three collimators were respectively applied to design the treatment plan. The parameters of the three plans were compared by using one-way ANOVA and Student Neuman Keuls (SNK) test. **Results** No statistical differences were found in conformal index and the number of fields among the three plans. Statistical differences were found in the dose coverage of target volumes, new conformal index, treatment time among three plans, and no statistically significant differences were found in treatment results between the plan with two collimators and the plan with three collimators. **Conclusion** The treatment plans with two or three collimators were obviously better than the plan with a collimator. Two collimators were more suitable for the radiotherapy plan design within the acceptable treatment time.

Key words: Cyberknife; number of collimator; spinal metastatic tumor; stereotactic radiotherapy

前言

对于椎体转移瘤的三维适形放射治疗是常规治疗手段。而令相关研究表明立体定向放射治疗(SBRT)技术对于椎体转移瘤的局控是有效的^[1-2],并且Cyberknife同样具有较好效果^[3-4],对于再程放疗也是一种有效的治疗模式^[5-6]。CyberKnife放射治疗系统利用机器人互动技术,其精度达到亚毫米级^[3]。使用一对正交的数字X线摄影(DR)系统实现实时定位

图像配准,保证整个治疗过程中的精准性,使患者能够在普通定位条件甚至没有定位时得到精准的放射治疗。本文作者介绍用Cyberknife Multiplan 4.0.2计划系统对脊柱转移瘤的计划设计,为脊柱转移病人临床放疗计划设计提供经验。

1 设备与方法

1.1 设备

1.1.1 Accuray 公司 Cyberknife 立体定向放射治疗系统 射波刀具有灵活的机械手臂系统、轻巧的直线加速器系统、X线实时影像系统、5个维度的治疗床、红光

【收稿日期】2015-10-18

【作者简介】王小深(1987-),研究方向:射波刀。Tel:15811140826;E-mail:wangxiaoshen0408@126.com。

同步呼吸追踪系统、机电配套子系统和软件系统,并且具有精确的实时追踪定位方式:颅骨追踪、呼吸追踪、金标追踪、肺追踪和脊柱追踪,实现肿瘤的精确放疗。具有12个SAD为80 cm时,投影直径分别为5、7.5、10、12.5、15、20、25、30、35、40、50、60 mm的准直器。

1.1.2 治疗计划系统 Multiplan4.0.2 Multiplan4.0.2计划系统具有射线追踪剂量算法和Monte Carlo剂量算法。本次计划设计采用的是射线追踪算法,本算法特点就是只考虑主要路径异质校正(有效路径长度),具有确定性计算方法固有的优势。

1.2 方法

1.2.1 病例的获取及危及器官勾画原则 10例脊柱转移病人,无脊髓侵犯。由于大孔径CT脊髓不明显,故而脊髓的勾画原则是把椎孔作为脊髓;其他危及器官则按常规原则勾画。

1.2.2 体位固定与CT扫描 病人采取仰卧位,真空垫固定并使用Philips大孔径CT模拟定位机进行扫描,扫描层厚为1.5 mm。扫描范围为病灶区域上下各不小于15 cm。

1.2.3 危及器官评估原则 脊髓 $D_{\max} \leq 22$ Gy;18 Gy剂量体积小于0.25 mL;11.1 Gy剂量体积小于1.2 mL^[8]。

1.2.4 计划设计 在计划系统Sequential模式下分别用单个准直器,2个准直器,3个准直器对病人进行计划设计。准直器的选择原则为单准直器的大小为靶区最大径的1/2左右,相关文献表明,准直器直径太小会影响靶区剂量覆盖^[9]。2个准直器和3个准直器的选择分别为计划设计系统中的Conformality模式进行自动选择。然后在计划系统Sequential模式下进行相应的计划设计,计划处方要求为33 Gy/3 F,剂量归一为70%剂量线作为处方剂量,并且尽量多的覆盖靶区。

1.2.5 计划评估参数 采用计划系统中自动计算得到

靶区适形指数(Conformal Index, CI)

$$CI = \frac{V_p}{V_{t,p}};$$

V_p 表示处方剂量线所包含的组织的体积, $V_{t,p}$ 表示处方剂量线所包含的靶区的体积,新适形指数(New Conformal Index, nCI)

$$nCI = \frac{V_p}{V_{t,p}} \times \frac{V_t}{V_{t,p}}$$

V_t 表示靶区体积,靶区处方剂量覆盖(Coverage),治疗时间(Time),射野数(Beams)进行比较,采用定量资料的正态性检验,方差齐性检验,单因素的随机方差研究和SNK-q检验方法进行数据分析。

2 结果

通过使用定量资料的正态性检验和方差齐性检验得到所有数据均遵守正态分布且方差齐性,能够正常使用单因素的随机方差和SNK方式进行数据统计分析,在适形指数以及射野个数上三种计划方式之间没有统计学差异($P>0.05$);在处方剂量靶区覆盖,新适形指数,治疗时间上看三种方式所得计划存在统计学差异(P 值分别为0.014、0.026和0.000)。使用SNK方式对三种计划方式之间的新适形指数,靶区处方剂量覆盖,治疗时间的均数进行全面比较得到使用单准直器所得计划与使用2个和3个准直器所得计划存在统计学差异($P<0.05$),而使用2个和3个准直器所得计划之间则没有统计学差异(P 值分别为0.96、0.571、0.585)。即在治疗时间上使用单准直器所得计划要优于使用2个和3个准直器计划,但是在靶区处方剂量覆盖以及新适形指数方面要差于使用2个和3个准直器计划。

3 讨论

射波刀具有精准的脊柱追踪技术,实现了亚毫米

表1 三种准直器所得计划参数比较
Tab.1 Plan parameters of three kinds of collimators

Parameter	A collimator	Two collimators	Three collimators	ANOVA	SNK-q ($\alpha=0.05$)
CI	1.77±0.26	1.59±0.18	1.62±0.16	0.131	0.144
nCI	2.08±0.35	1.78±0.21	1.79±0.19	0.02	---
Coverage	86%±5%	90%±3%	90%±3%	0.014	---
Time	43.10±7.52	54.90±5.36	56.30±3.34	<0.001	---
Beam	153.8±23.4	173.7±17.11	162.8±19.04	0.103	0.085

CI: Conformal index; SNK: Student Neuman Keuls

级的精确放射治疗^[10],相对于常规和三维适形放射治疗在剂量和分次上更具有优势,能够在最少的治疗次数内给予靶区更高的处方剂量^[11]。

从适形指数方面来看:由于本文采用的适形指数的算法相对简单,不能全面的反应靶区适形指数,三种计划方式没有统计学上的差别。

从靶区覆盖度来看三种计划方式存在统计学意义。由于单个准直器的大小的选择约为靶区最大径的1/2,故而在脊髓边缘相对于2个准直器和3个准直器所得计划,靶区欠量较多。因为选用2个准直器和3个准直器时,其中的小直径准直器起到局部补量的作用,故而在靶区覆盖度上,多个准直器相对于单准直器具有明显优势,但2个准直器和3个准直器所得计划无统计学差异。

从靶区新适形指数上看,三种计划方式存在统计学意义。特别是靶区不规则的情况下差异尤为明显。主要因为单个准直器对复杂靶区调制能力不够,剂量适形度差。选用2个准直器或3个准直器进行放疗计划,则可提高在靶区复杂情况下的剂量分布,降低nCI,改善剂量分布。

从射野个数上来看,三者没有统计学意义,但是通过SNK检验结果, P 值接近于0.05,可能由于样本量太少而没有体现出统计学差异,需要进一步加大样本量进行分析。

在治疗时间方面,使用单个准直器所得计划明显优于使用2个或3个准直器所得计划。尽管三种计划方式从射野个数上看不存在统计学差异,进一步对三种计划方式的总跳数(MU)和节点数(NODES)上看同样不存在统计学差异,但是不排除三种参数对治疗时间的共同影响,需进一步探索。

总之,不同个数的准直器选择对射波刀计划的设计有明显影响。单个准直器因为在靶区覆盖度,适形指数,新适形指数等都存在明显不足所以不建

议使用。虽然使用3个准直器和使用2个准直器所得放疗计划没有统计学差异,但是使用3个准直器所得放疗计划在执行时存在多次更换准直器的缺点,故而建议使用2个准机器进行椎体转移瘤的放疗计划。

【参考文献】

- [1] AHMED K A, STAUDER M C, MILLER R C, et al. Stereotactic body radiation therapy in spinal metastases[J]. *Int J Radiat Oncol, Biol Phys*, 2012, 82(5): e803-e809.
- [2] ADLER J R. CyberKnife radiosurgery for brain and spinal tumors [C]// *International Congress Series*. 2002: 545-552.
- [3] GERSZTEN P C, WELCH W C. Cyberknife radiosurgery for metastatic spine tumors. [J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2004, 15(4): 491-501.
- [4] CHOI I B, LEE S H, KIM Y J, et al. 2049 CyberKnife radiosurgery for metastatic spine tumours: clinical experience in 231 cases [J]. *Ejc Supplements*, 2009(2): 165.
- [5] FLOYD S, WONG E, JEYAPALAN S. Stereotactic body radiotherapy reirradiation for recurrent epidural spinal metastases [J]. *Int J Radiat Oncol, Biol Phys*, 2011, 81(5): 1500-1505.
- [6] GAGNON G J, HENDERSON F C, LIAU J, et al. Radiation retreatment of the spine using cyberKnife radiosurgery [J]. *Int J Radiat Oncol, Biol Phys*, 2005, 63(2): S439.
- [7] 房爱玲. Cyberknife的系统构成及临床应用[J]. *医疗卫生装备*, 2009, 30(4): 104-105.
FANG A L. System components and clinical application of cyberknife [J]. *Chinese Medical Equipment Journal*, 2009, 30(4): 104-105
- [8] TIMMERMAN R D. An overview of hypofractionation and introduction to this issue of seminars in radiation oncology [J]. *Semin Radiat Oncol*, 2008, 18(4): 215-222.
- [9] HAMAMOTO Y, MANABE T, NISHIZAKI O, et al. Influence of collimator size on three-dimensional conformal radiotherapy of the cyberknife[J]. *Radiat Med*, 2004, 22(6): 442-448.
- [10] ANTYPAS C, PANTELIS E. Performance Evaluation of a cyberknife03 G4 image-guided robotic stereotactic radiosurgery system[J]. *Phys Med Biol*, 2008, 53: 4697-4718.
- [11] TANAKA H, FURUYA T, NIHEI K, et al. EP-1407: Multi-institutional planning study for spine stereotactic body radiation therapy with cyberknife in Japan [J]. *Radiother Oncol*, 2014, 111: S124.