

脑转移瘤调强放疗最佳子野数目

段小娟,周一兵,钱金栋

第三军医大学新桥医院全军肿瘤研究所,重庆 400037

【摘要】目的:研究子野数目对脑转移瘤患者调强放射治疗(IMRT)计划质量、治疗时间、机器磨损等影响,获得最佳子野数目。**方法:**重新优化30例患者的IMRT计划,保持其它参数一致,仅改变子野数制定放疗计划P0、P1、P2…。原始计划P0优化获得子野数的90%作为P1给定的子野数,优化P1获得子野数的90%作为P2给定的子野数,以此类推直到IMRT计划质量不能满足临床要求。统计靶区最小剂量、最大剂量、平均剂量、靶区适形指数、靶区均匀性指数、危及器官受量等参数,用于对计划质量进行分析比较,得到计划质量满足临床要求的同时子野数最少的最佳放疗计划Pm。**结果:**最优子野计划相对于原计划的子野数由81减少到34,总MU减少205.00,每个射野MU减少34.00,子野MU增加10.72,子野面积增加9.35 cm²,治疗时间减少228.96 s,3 mm/3%标准通过率变化不大。**结论:**对于较简单的靶区,每个射野的子野数给定为3~6;较复杂的靶区,每个射野的子野数给定为4~8,既不影响计划质量又能减少治疗时间,降低分次内的不确定度和减少机器磨损。

【关键词】脑转移瘤;调强放射治疗;子野数目;机器跳数

【中图分类号】R730.55;R739.41

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2016)07-0668-06

Optimal number of segments in intensity modulated radiotherapy for brain metastasis

DUAN Xiao-juan, ZHOU Yi-bing, QIAN Jin-dong

Institute of Cancer Research, Xinqiao Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400037, China

Abstract: Objective To obtain the optimal number of segments by studying on the effect of the number of segments in intensity modulated radiotherapy (IMRT) for brain metastasis on the plan quality, treatment delivery time, machine wear, et al. **Methods** The IMRT plans of 30 patients were re-optimized. The IMRT plans (P0, P1, P2, P3…) were developed by changing the number of segments and keeping the other parameters consistent. The 90% number of segments in the optimized original plan P0 was set as the given number of segments in plan P1. The 90% number of segments in optimized plan P1 was taken as the given number of segments in plan P2. And so on, until the plan quality couldn't meet the clinical requirements. The parameters, such as minimum, mean, and maximum doses, conformal index, homogeneity index of target volumes, and doses of organs at risk, were statistically analyzed to compare and analyze the plan quality, finally obtaining the optimal plan Pm with the smallest number of segments and plan quality meeting the clinical requirements. **Results** Compared to the parameters of original plan, the number of segments of optimal plan reduced from 81 to 34, and the optimal plan had an average reduction of 205.00 in total monitor units, 34.00 in the monitor unit of each beam, 228.96 s in treatment time, and an average increase of 10.72 in the monitor unit of each segment, 9.35 cm² in segments area. No significant differences were found in the passing rate of 3 mm/3% criteria. **Conclusion** Without affecting IMRT plans quality and treatment delivery time, the uncertainty of the intra fractions and machine wear can be reduced with approximately 3-6 segments per beam for the simple target and 4-8 segments per beam for the complex.

Key words: brain metastasis; intensity modulated radiotherapy; number of segments; monitor unit

前言

脑转移瘤是指颅外恶性肿瘤转移到脑实质、脑

脊膜和颅内血管,成人肿瘤患者中约15%会出现脑转移,尤其是肺癌和乳腺癌患者^[1]。手术或化疗对脑转移瘤疗效不佳、技术要求高,放射治疗是治疗脑转移瘤的标准治疗方案。调强放射治疗(IMRT)可以实施全脑同步转移瘤推量照射技术^[2],转移瘤单次治疗剂量提高,靶区适形度好^[3-5],放疗生物效应较常规分割优势明显^[6-7]。IMRT是通过叠加一系列由多叶准直

【收稿日期】2016-01-20

【基金项目】放射治疗射线剂量实时监测与在线分析系统研发团队
(cstc2013kjrc-tdjs0140)

【作者简介】段小娟(1985-),硕士研究生,研究方向:放射物理,Tel: 15025399311, E-mail: seraphic_dxj@163.com。

器(MLC)形成的子野来实现强度的调节,在子野的形成过程中可能会生产一些小的、形状很不规则的子野。理论上,照射野子野数目越多,靶区的适形度及均匀性越好,能更好地保护危及器官,但是子野数目的增多会使治疗时间延长、机器磨损增加。对于静态 MLC IMRT 计划,影响治疗时间的主要因素为射野和子野的个数^[8]。本研究通过对比分析 30 例脑转移瘤患者一系列不同子野数目的静态 IMRT 计划,在不影响计划质量的基础上以最少的子野数目为最佳子野数目。

1 资料和方法

1.1 一般资料

选取 2014 年 9 月至 2015 年 2 月于本院确诊的脑转移瘤患者 30 例,年龄 30~80 岁,中位年龄 51 岁。

1.2 CT 模拟定位

为了保护晶体以及患者体位能较好的重复,本放疗中心脑转移瘤采用的辅助定位装置是与床平面成 30°夹角的头架。采用仰卧位,患者自然地躺在头架上,其听眉线大致与床平面垂直,并用 U 型膜固定。使用 Philip Brilliance16 层螺旋 CT 扫描两组图像:平扫和增强,增强组是根据患者体质量注射相应体积的碘克沙醇得到的影像。扫描范围是颅顶上 5 mm 至颅底下 20 mm,层厚 3 mm。CT 图像通过网络传输至计划系统工作站。

1.3 靶区和危及器官勾画

医师根据导入计划系统工作站的 CT 和磁共振成像(MRI)图像逐层勾画靶区和危及器官。肿瘤区(GTV)为增强 MRI、CT 显示的强化区域;临床靶区(CTV)为全颅腔;计划肿瘤靶区(PGTV)和计划靶区(PTV)分别为 GTV、CTV 在三维方向上外扩 3 mm。危及器官包括脑干、晶体、眼球、视神经、视交叉等。

1.4 计划设计

采用 Oncentra 4.3 计划系统,6 MV X 射线,固定野 IMRT 技术。该计划系统的 X 射线剂量计算采用的是三维卷积叠加的折叠锥形束算法。为研究子野数目的影响,子野参数设置为:最小跳数 5 MU,最小面积 4 cm²,最少 MLC 叶片数目 2 对,其它优化参数设定为相同值。

采用 5 个或 7 个照射野。由于患者脑转移病灶数目不同,相应的放疗计划复杂程度也不同,适当选取射野数目,使得转移灶和全脑的适形度至少在 0.6 以上。为了便于进行统一比较分析,所有病例各个子野的计划都采用几乎一致的优化限制条件。在给定适当的子野数(系统默认为是子野数目的上限)时,计划系统将

自动优化得到少于等于给定数目的子野。所以首先制定原始计划 P0, P0 优化后获得子野数 S0。S0 的 90% 作为 P1 给定的子野数,优化 P1 获得子野数 S1 的 90% 作为 P2 给定的子野数,以此类推直到计划不能满足临床要求为止,得到一组放疗计划 P0、P1、P2...

转移灶和全脑采用同步推量,要求处方剂量覆盖 95% 以上靶体积。PGTV 为 50~54 Gy/12~15 F;计划临床靶区(PCTV)为 30~36 Gy/12~15 F,每周 5 次。计划优化条件:PGTV 内接受的剂量低于 95% 处方剂量(冷剂量区)体积 ≤ 5%,PGTV 内接受的剂量高于 110% 处方剂量体积 ≤ 10%,PGTV 外不能出现 > 110% 的剂量热点。各正常组织剂量限定为脑干最大剂量(D_{max}) < 54 Gy、晶体 D_{max} < 5 Gy、视神经 D_{max} < 54 Gy、视交叉 D_{max} < 54 Gy。

1.5 计划评估

优化完成后,利用剂量体积直方图评估转移灶 PGTV 和全脑 PCTV 以下指标:最小剂量、D_{max}、平均剂量、剂量均匀指数(HI)、剂量不均匀指数(UI)、适形度指数(CI)。危及器官剂量:比较晶体、脑干的 D_{max};视神经和视交叉接受到的剂量远小于其耐受量,本文不进行评估。 $HI = D_5/D_{95}$,式中 D₅、D₉₅ 分别为 5%、95% 靶区体积所受到的照射剂量,HI 越接近于 1 越好,值越大剂量的均匀性越差。 $UI = D_{max}/D_{Rx}$,式中 D_{max}、D_{Rx} 分别为靶区内最大剂量、处方剂量,UI 值越接近于 1 均匀性越好。 $CI = (PGTV_{100\%}/PGTV) \times (PGTV_{100\%}/V_{100\%})$,式中 PGTV 为肿瘤靶体积,PGTV_{100%} 为 100% 处方剂量所覆盖的 PGTV 体积,V_{100%} 为 100% 处方量所包含的总体积,CI 值在 0~1 之间,值越大适形度越好。

由于头部采用与床面成 30°夹角的体位,患者晶体得到很好的保护。但是由于晶体体积小,受子野影响较大,所以临床接受范围内 D_{max} 值若变化在 5% 以内,本研究认定是在可以接受范围内。转移灶的靶区适形度在临床接受范围变化在 10% 以内,以上其它指标变化在 3% 以内,本研究认定新计划与原计划一致。满足以上条件而且子野最少的计划为最佳子野计划 Pm。

1.6 统计学分析

统计分析 30 例脑转移瘤患者的原计划 P0 与最优子野计划 Pm 的总子野数、射野的子野数、总跳数、射野的跳数、子野的跳数、子野面积、治疗时间、通过率等,采用单因素方差分析。

2 结果

将原计划 P0 与最优子野计划 Pm 进行比较,如表 1

所示。重新优化计划取得较好的结果,Pm相对于P0有58%的总子野减少(81减少到34),每个射野的子野由13减少到6。计划的平均总MU减少205.00,每个射野

MU减少34.00,子野MU增加10.72,子野面积增加9.35 cm²,治疗时间减少228.96 s。3 mm/3%标准平均通过率原计划为98.37%,最优子野计划为97.97%。

表1 原计划P0与最优子野计划Pm比较
Tab.1 Comparison of original plan P0 and optimal plan Pm

	Seg.	Seg./beam	MU	MU/beam	MU/seg.	Area/seg.	t/s	Pass rate/%
P0	81	13	1 200	200	14.87	51.96	519.31	98.37
Min	40	6	622	81	4.92	4.00	263.15	94.90
Max	117	23	2 062	462	98.00	250.79	729.62	99.60
SD	22	4	361	64	8.34	64.08	129.72	1.24
Pm	34	6	995	166	29.59	61.31	290.35	97.97
Min	13	2	513	31	4.96	4.00	144.72	91.50
Max	68	13	1 698	445	111.00	264.03	467.40	99.90
SD	14	2	355	70	16.38	73.33	101.97	2.00
Dif	-47	-8	-205	-34	10.72	9.35	-228.96	-0.40

Min: Minimum; Max: Maximum; SD: Standard deviation; Dif: Difference of P0 and Pm; MU: Monitor unit

2.1 子野数目变化

通过优化30例患者172个计划,子野数目统计分析如图1所示。前15例患者的转移灶数目在1~3,采用5个照射野B1_1、B2_1...B5_1,原计划子野数目平均值为44.2,最佳子野数目平均值为22.6,降低48.9%。后15例患者的转移灶数目在3~9,采用7个照射野B2_1、B2_2...B7_2,子野数目平均值由95.7减少到46.0,降低51.9%。从Pm曲线变化范围可以看出,简单的五野计划中每个射野的子野数目可选取3~6个,而复杂的七野计划则每个射野的子野数目可选取4~8个。

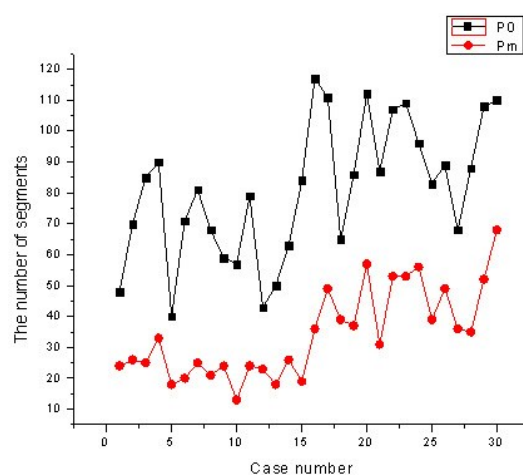


图1 原计划子野数目与最佳子野数目比较

Fig.1 Comparison of the number of segments in original and optimal plans

2.2 各射野的子野数目变化

在各个射野角度,P0与Pm的子野变化情况见图2。其中图2a所示1~3个转移灶病例的子野相对于原计划减少30.0%~85.0%,标准偏差(SD)为14.0%;图2b所示3~9个转移灶病例的子野相对于原计划减少15.0%~80.0%,SD为15.6%。

五野计划中各射野的子野数减少9、9、8、9、9,相对于P0计划分别降低63.90%、63.29%、66.67%、67.65%、67.19%。七野计划中各射野的子野数减少6、7、8、6、7、8、7,相对于P0计划分别降低46.6%、47.12%、55.66%、51.93%、54.27%、52.10%、55.05%。

2.3 射野的MU变化

在各个射野角度,P0与Pm的跳数变化见图3。图3a中约80.0%是MU减少,相对于原计划主要减少0%~60.0%;约20.0%是MU增加,主要在0%~20.0%。图3b中MU减少的射野约为60.0%,相对于原计划减少0%~60.0%,SD为24.1%;约40.0%射野的MU增加,主要在0%~40.0%,SD为26.4%。

五野计划中各射野的MU减少41.33、54.87、52.73、33.33、55.00,相对于P0分别降低18.69%、25.24%、31.33%、17.02%、28.16%。七野计划中各射野的MU减少18.20、6.40、25.93、8.80、27.73、41.93、44.20,相对于P0分别降低10.05%、3.03%、11.87%、5.42%、13.93%、17.90%、22.52%。

2.4 子野的MU变化

Pm与P0每个子野的MU变化如图4所示。图4a可

看出只有1个点(1/75)的子野跳数是减少的,其它所有子野跳数都相对于原计划约增加0%~250%,SD为74%。

图4b中3个点(3/75)的子野跳数减少,其它所有子野跳数都相对于原计划约增加0%~220%,SD为52%。

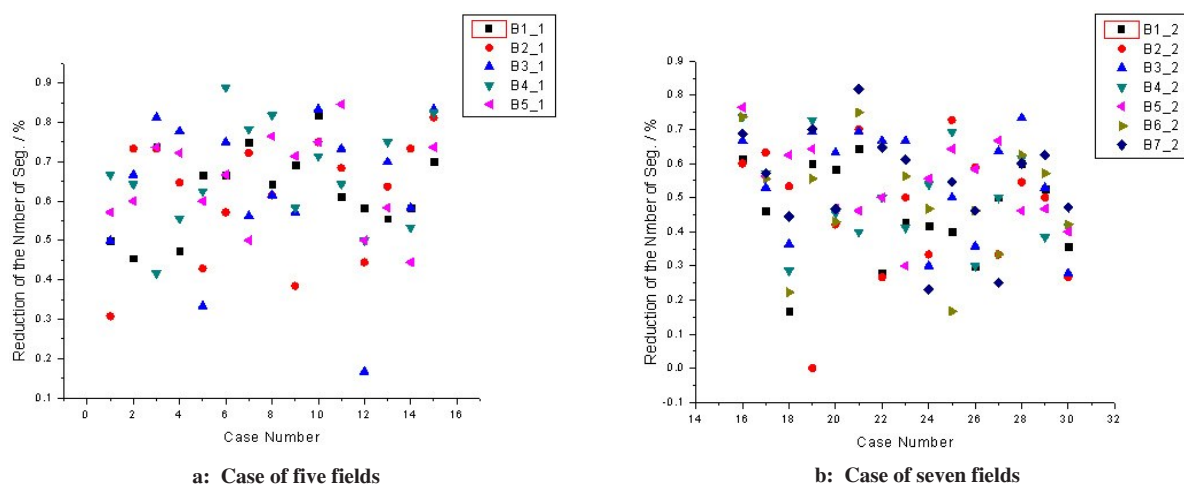


图2 子野数目的变化

Fig.2 Change of the number of segments

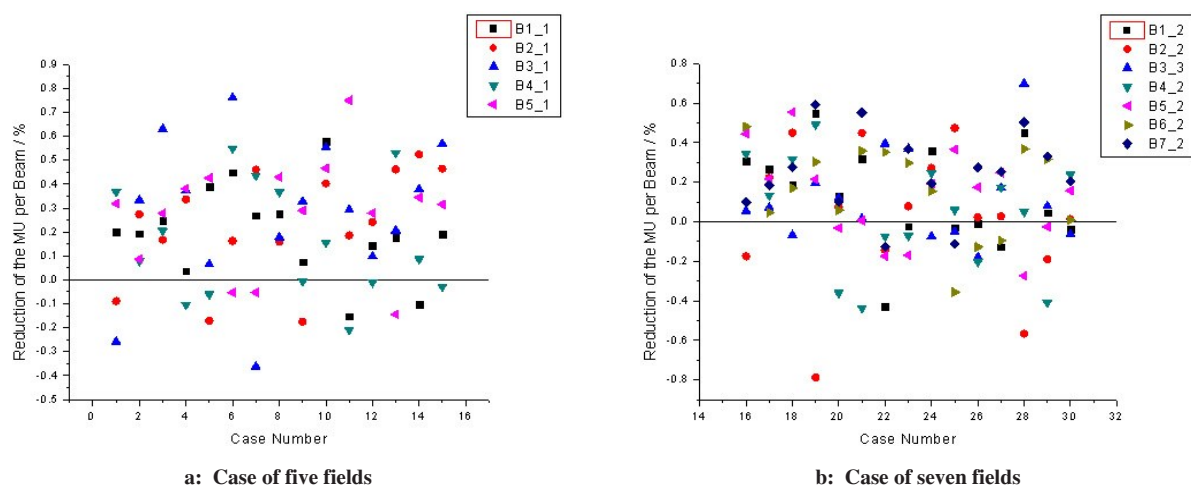


图3 每个射野跳数的变化

Fig.3 Change of MU of each beam

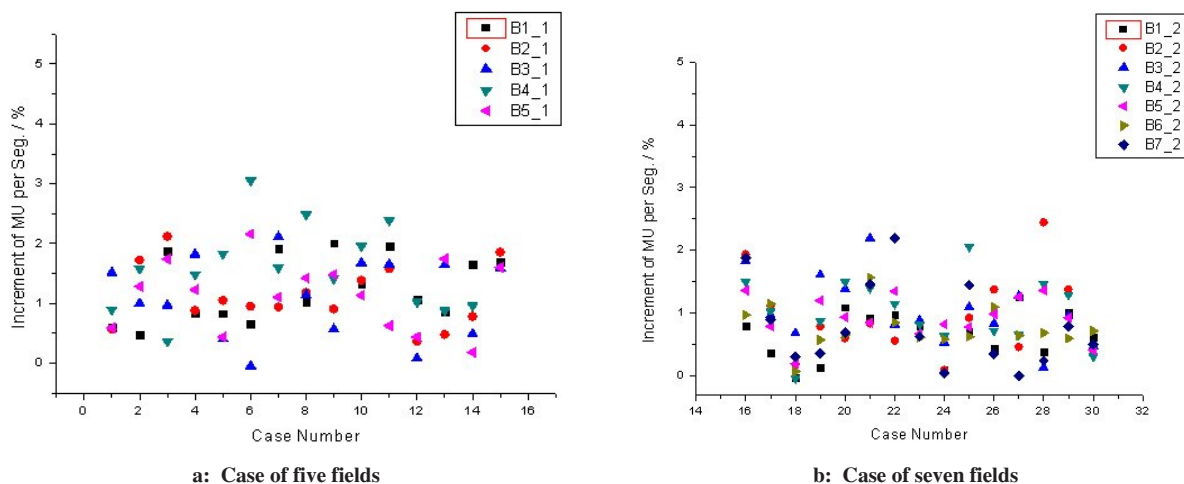


图4 每个子野跳数的变化

Fig.4 Change of MU of each segment

子野数目的减少使得子野的跳数显著增加。五野计划中各射野的子野跳数分别增加 129.34%、102.35%、103.61%、153.00%、120.73%。七野计划中各射野的子野跳数分别增加 68.43%、82.53%、100.81%、96.76%、88.95%、67.09%、78.35%。

2.5 子野面积、治疗时间的变化

子野面积也有一定增大。五野计划中各射野的平均子野面积相对于 P0 增加 19.57%、22.62%、50.11%、47.15%、47.08%。七野计划则相应增加 5.10%、5.90%、0.64%、9.05%、19.05%、8.63%、21.28%。

测量的治疗时间是指束时间和叶片运动时间之和,不包括摆位、病例准备、机架转动时间等。五野计划总治疗时间减少 219.97 s,各射野的治疗时间相对于 P0 分别减少 45.18%、49.06%、52.50%、53.04%、52.39%。七野计划总治疗时间减少 234.33 s,各射野相对于 P0 则分别减少 34.48%、35.14%、43.22%、36.14%、36.71%、36.98%、43.76%。

3 讨论

IMRT 技术通过调整多个照射野内的强度分布,优化获得能够直接在临床上实施的子野序列,包括每个子野形状的 MLC 叶片位置和每个子野的 MU,因此可以得到高度适形的靶区三维剂量分布,从而可以在不增加甚至减少周围正常组织受照剂量的前提下,达到增加靶区剂量、提高治疗增益比的目的^[9-10]。本放疗中心 Synergy 加速器采用 step and shoot 技术,射野数和子野数对整个放疗实施的时间、放疗精度、机器磨损等影响较大。

Sutton 等^[11]利用 Philips Pinnacle³ 计划系统对脑、头颈、胸、腹、前列腺部位的放疗计划重新优化,评估子野数目对计划质量、治疗时间、加速器维护等影响,子野由 64 减少到 26,每个射野的子野由 13 减少到 5。本研究中,子野由 81 减少到 34,每个射野的子野由 13 减少到 6。相对于 Sutton 研究,每个射野的子野数目类似,但本研究的总子野数目偏多,主要原因是 Sutton 研究中子野数目系统规定为 80%、60%、40%、30%,其对全脑的研究采用 4 个病例,分别是两个五野和两个六野照射。本研究选用 30 个病例,按照原计划优化后的子野数目的 90% 作为新一个计划的子野数上限,以此递减直到获得最优子野计划。另外为了保证获得到较好的适形度,对不少于 3 个靶区(靶区复杂)的病例采用七野照射,而子野数目又跟靶区的复杂度相关,因此增加了总子野数目。

本研究显示,在保证重新优化后计划质量几乎

与原计划质量一致的前提下,总子野数目降低 58.00%,每个射野的子野数目降低 61.50%。MU 降低 17.08%,每个射野的 MU 降低 17.00%,每个子野的 MU 增加 72.09%。MU 越低对 X 射线吸收剂量的影响越大,能量为 6 MV、MU>6 时,对 X 射线吸收剂量的影响可忽略^[12]。优化后,去掉小 MU 的子野,子野的 MU 增加,有利于提高加速器输出量的精确度。另外,子野跳数显著增加使得 MLC 运动量减少,运动时间降低,由于叶片到位精度对放疗质量有一定影响,减少叶片的运动就能降低这方面的影响。子野的面积约增大 18%,有利于提高射线利用率。

治疗总时间由平均 519.31 s 降低到 290.35 s,降低 44.1%。总治疗时间的缩短,不仅减少机器磨损、节省治疗时间、提高设备使用率,也减少患者分次治疗内体位移动、器官体积变化和运动等因素对放疗精度的影响,也可增加肿瘤的相对生物学效应^[13]。肿瘤细胞的存活比率会受到肿瘤组织再增殖、再氧合、旁效应等多种因素的影响,Tomita 等^[14]研究发现,受照射后 5~15 min 再氧合对肿瘤细胞的放射敏感性有较大影响,照射时间延长会使得肿瘤细胞的存活比率明显上升^[15]。

综上所述,在脑转移 IMRT 中,对于简单靶区每个射野给定 3~6 个子野,复杂靶区给定 4~8 个子野,使得在保证放疗计划质量满足临床要求的同时,节省治疗时间、提高设备利用率、缓解患者的不适度、降低分次内的不确定度、提高肿瘤的相对生物学效应。另外减少 MLC 运动从而减少机器磨损,提高放疗精度。

【参考文献】

- [1] 陈秀军,肖建平. 多发脑转移瘤的放射治疗[J]. 中国神经肿瘤杂志, 2012, 10(1): 63-68.
CHEN X J, XIAO J P. Radiotherapy for multiple brain metastases [J]. Chinese Journal of Neuro-Oncology, 2012, 10(1): 63-68.
- [2] MARICA F, SAVINO C, GABRIELLA M, et al. On the cutting edge of intensity modulated radiotherapy and simultaneous integrated boost (IMRT-SIB): the case of a patient with 8 brain metastases [J]. Rep Pract Oncol Radiother, 2015, 20: 316-319.
- [3] LIANG X D, NI L Q, WEI H, et al. A planning study of simultaneous integrated boost with forward IMRT for multiple brain metastases [J]. Med Dosim, 2013, 38(2): 115-116.
- [4] HUANG Y M, CHIN K, JARED R, et al. Radiosurgery of multiple brain metastases with single-isocenter dynamic conformal arcs (SID-CA) [J]. Radiat Oncol, 2014, 112(1): 128-132.
- [5] NASR A, HABASH A. Dosimetric analytic comparison of inverse and forward planned IMRT techniques in the treatment of head and neck cancer [J]. J Egyptian Nat Cancer Inst, 2014, 26: 119-125.
- [6] 李欣欣, 杨永辉, 杨璟. 脑转移瘤再次放射治疗的疗效分析[J]. 中国肿瘤临床与康复, 2014, 21(3): 319-321.
LI X X, YANG Y H, YANG J. Clinical analysis of re-radiotherapy

- in treating brain metastases [J]. Chinese Journal of Clinical Oncology and Rehabilitation, 2014, 21(3): 319-321.
- [7] 蒋华勇, 王雅康, 许卫东, 等. 螺旋断层和静态调强放疗治疗多发脑转移瘤的剂量分布差异[J]. 肿瘤防治研究, 2014, 41(8): 912-915.
- JIANG H Y, WANG Y D, XU W D, et al. Dose distribution differences of IMRT and helical tomotherapy for patients with multiple brain metastases [J]. Cancer Research on Prevention and Treatment, 2014, 41(8): 912-915.
- [8] 张彦新, 戴建荣, 李明辉, 等. 一种估算静态MLC调强放疗治疗时间的方法[J]. 中国医学物理学杂志, 2011, 28(4): 2736-2740.
- ZHANG Y X, DAI J R, LI M H, et al. Estimate the delivery time of static MLC-based IMRT [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2011, 28(4): 2736-2740.
- [9] 胡逸民. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999: 538-543.
- HU Y M. Radiation oncology physics[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1999: 538-543.
- [10] 戴建荣, 胡逸民. 调强放疗的计划设计[J]. 中国医疗器械信息, 2005, 11(2): 9-12.
- DAI J R, HU Y M. Treatment planning for intensity-modulated radiation therapy [J]. China Medical Device Information, 2005, 11(2): 9-12.
- [11] SUTTON J, KABIRU D, NEU M, et al. Define baseline levels of segments per beam for intensity-modulated radiation therapy delivery for brain, head and neck, thoracic, abdominal, and prostate applications [J]. Med Dosim, 2012, 37(1): 15-19.
- [12] 曾自力, 林锋, 王勇兵. Varian 23EX加速器低MU对X射线剂量学影响的研究[J]. 质控与安全, 2012, 33(11): 117-118.
- ZENG Z L, LIN F, WANG Y B. Dosimetry influence of X-ray generated from Varian 23EX accelerator with low monitor unit [J]. Quality Control & Safety, 2012, 33(11): 117-118.
- [13] 唐正中, 吴爱东, 钱立庭, 等. 鼻咽癌静态IMRT与VMAT同步剂量放疗剂量学比较[J]. 安徽医科大学学报, 2014, 49(8): 1164-1167.
- TANG Z Z, WU A D, QIAN L T, et al. The dosimetric comparison between static-IMRT and simultaneous MART [J]. Acta Universitatis Medicinalis Anhui, 2014, 49(8): 1164-1167.
- [14] TOMITA N, SHIBAMOTO Y, ITO M, et al. Biological effect of intermittent radiation exposure *in vivo*: recovery from sublethal damage versus reoxygenation [J]. Radiat Oncol, 2008, 86(3): 369-374.
- [15] ZHENG X K, CHEN L H, YAN X, et al. Impact of prolonged fraction delivery times simulating IMRT on cultured nasopharyngeal carcinoma cell killing [J]. Radiat Oncol Biol Phys, 2010, 78(5): 1541-1547.

(编辑: 陈丽霞)

(上接667页)

- [7] 徐莉霞, 李夏东, 章霓, 等. 胃癌术后IMRT和VMAT计划的剂量学比较[J]. 实用肿瘤杂志, 2015, 30(2): 154-156.
- XU L X, LI X D, ZHANG N, et al. Dosimetric comparison of IMRT and VMAT plans for patients with postoperative gastric cancer [J]. Journal of Practical Oncology, 2015, 30(2): 154-156.
- [8] 许奕, 姚升宇, 陈旭明, 等. 胃癌术后调强和三维适形计划的剂量学比较[J]. 中国医学物理学杂志, 2012, 29(2): 3225-3227.
- XU Y, YAO S Y, CHEN X M, et al. Comparison of the dosimetry of intensity-modulated radiotherapy and 3 dimensional conformal radiotherapy for postoperation patients on gastric cancer [J]. Chinese Journal of Medical Physics, 2012, 29(2): 3225-3227.
- [9] 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.
- [10] TEPPER J E, GUNDERSON L L. Radiation treatment parameters in the adjuvant postoperative therapy of gastric cancer [J]. Semin Radiat Oncol, 2002, 12(2): 187-195.
- [11] AGGARWAL A, CHOPRA S, PAUL S N, et al. Evaluation of internal target volume in patients undergoing image-guided intensity modulated adjuvant radiation for gastric cancers [J]. Br J Radiol, 2014, 87(1033): 221-231.
- [12] VAN T RIET A, MAK A C, MOERLAND M A, et al. A conformation number to quantify the degree of conformality in brachytherapy and external beam irradiation: application to the prostate [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1997, 37(3): 731-736.
- [13] PANG X, WEI W, LENG W, et al. Radiotherapy for gastric cancer: a systematic review and meta-analysis [J]. Tumor Biol, 2014, 35(1): 1-10.
- [14] TANG H, LUO J D, LU X J, et al. Dosimetry analysis of three kinds of radiation technique for postoperative gastric cancer [J]. Adv Mater Res, 2013, 641: 725-731.
- [15] LEE J A, AHN Y C, LIM D H, et al. Dosimetric and clinical influence of 3D versus 2D planning in postoperative radiation therapy for gastric cancer [J]. Cancer Res Treat, 2015, 47(4): 727-737.
- [16] LEE D J, SOHN T S, LIM D H, et al. Phase I study of neoadjuvant chemoradiotherapy with S-1 and oxaliplatin in patients with locally advanced gastric cancer [J]. Cancer Chemoth Pharm, 2012, 69(5): 1333-1338.
- [17] ISHIDO K, HIGUCHI K, TANABE S, et al. Chemoradiotherapy for patients with recurrent lymph-node metastasis or local recurrence of gastric cancer after curative gastrectomy [J]. Jpn J Radiol, 2016, 34(1): 35-42.
- [18] CHOPRA S, AGARWAL A, ENGINEER R, et al. Intensity modulated radiation therapy (IMRT) is not superior to three-dimensional conformal radiation (3DCRT) for adjuvant gastric radiation: A matched pair analysis [J]. J Cancer Res Ther, 2015, 11(3): 623-629.

(编辑: 薛泽玲)