

后备 SMLC 计划在鼻咽癌中的临床应用

黄 良, 商海焦, 傅益谋, 金月妹

温州医科大学附属第三医院(瑞安市人民医院) 放疗技术科, 浙江 瑞安 325200

【摘要】目的: 放射治疗过程中出现因机器故障或其他因素而需要快速调度患者在不同加速器上完成治疗。本文研究一种简单快速的方法获得一个新的后备计划, 并且评估鼻咽癌后备 SMLC 计划剂量学特性和执行效率。**方法:** 从 XIO 计划系统中选取 12 例已治疗鼻咽癌患者的动态调强计划(DMLC), 通过 DicomRT 协议传输到 Raystation 计划系统中, 生成后备 SMLC 计划 (Fallback Planning), 评估后备 SMLC 计划与初始 DMLC 计划剂量学差异和执行效率。**结果:** 后备 SMLC 计划能满足临床要求, 与初始 DMLC 计划相比, PTV₆₀ 靶区适形指数(CI)较优($P=0.010$), 双腮腺 D_{50%} 和脊髓 D_{1cc} 均较优($P=0.013$, $P=0.035$), 其它参数无显著性差异, 满足临床剂量学要求; 计划效率较优, 有显著性差异($P=0.000$)。**结论:** 由 DMLC 计划生成的后备 SMLC 计划准确、快速、执行效率高, 可以在临床上广泛使用。同时, 后备计划是有望实现自动计划的另外一种方法: 建立完善的患者资料数据库, 当有新治疗的患者时, 从数据库选取与当前患者相似的患者 P 信息, 利用形变技术建立起对应关系, 然后把数据库中患者的剂量信息映射到当前患者, 进行自动计划, 还可结合自适应放疗。期望后备计划在自适应计划中有更多地发展。

【关键词】 后备计划; 动态调强; 静态调强; 多目标优化

【DOI 编码】 doi:10.3969/j.issn.1005-202X.2015.02.032

【中图分类号】 R739.6

【文献标识码】 A

【文章编号】 1005-202X(2015)02-0286-04

Clinical Application of Fallback SMLC Planning in Nasopharynx Cancer

HUANG Liang, SHANG Hai-jiao, FU Yi-mou, JIN Yue-mei

Department of Radiation Therapy, The Third Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University (Ruian People's Hospital), Ruian 325200, China

Abstract: Objective Because of the machine failure or other reasons, the fast scheduling in patients with different accelerators for treatment completion is needed during the radiotherapy. Therefore, this paper studies a kind of simple and fast method to obtain a new treatment plan and we will evaluate the dosimetric results and treatment efficiency of fallback SMLC plans in nasopharynx cancer (NPC) treatment. **Methods** Twelve NPC patients were selected in this study. And the SMLC plans were created by fallback planning for each patient. The target dose conformity, homogeneity, dosimetric indexes and dose to organ at risks (OARs) were compared. **Results** All SMLC and DMLC plans met the clinical requirements. Compared to the DMLC plans, the fallback SMLC plans showed better conformity to PTV and lower mean dose volume with double parotid and spinal cord. **Conclusion** Fallback SMLC plans can meet clinical requirements with better PTV conformity and higher delivery efficiency. It can be widely used in clinical area. Besides, the fallback is expected to achieve another method of autoplan: the establishment of a comprehensive database of patients. That is to say, when a patient comes, we can look at the similar patient information from the choice of database. With the relation establishing by the deformation technology, the current patient can be matched with the dose profile from the data. Also, this autoplan can be combined with the adaptive radiotherapy. The fallback planning is expected more developments in the adaptive radiotherapy field.

Key words: fallback planning; sliding window intensity modulated radiotherapy; step and shot intensity modulated radiotherapy; multi-criteria optimization

前言

临床调强放射治疗过程中, 可能会出现因机器

故障而无法完成治疗, 或者快速调度患者在不同加速器上完成治疗的情况。常常会把单一动态调强治疗 (Sliding Window Intensity Modulated Radiation Therapy) 的患者转移到另一台加速器上, 改用静态调强治疗方式完成剩余次数的治疗。因此临床上需要一种简单快速的方法获得一个新的后备计划, 并且剂量分布

【收稿日期】 2014-11-07

【作者简介】 黄 良, 研究方向为医学物理及医学工程。

Tel: 0577-65866312; E-mail: 24120958@qq.com。

与原始计划大致相同。

制作后备计划(Fallback Planning)是实现患者从一台治疗机快速转移到另外一台治疗机的方法。有文献报道,利用该方法可以备份 Tomo 的计划快速转移到加速器上实现剩余次数的治疗,且前后剂量相似^[1],但目前仍缺乏将动态调强计划备份为静态调强计划这方面的报道。本研究以鼻咽癌患者为研究对象,把 7 野动态调强计划快速生成后备 SMLC 计划,通过对后备 SMLCT 计划和初始 DMMLC 计划的剂量学研究和机器执行效率对比,评估后备 SMLC 计划在临床执行过程中的可行性,以及快速生成 SMLC 治疗计划的方法。

1 材料与方法

1.1 材料和设备

Raystation 计划系统,XIO 计划系统,Varian 23E-X 加速器模型,Simense Primus 加速器模型。

1.2 病例选择

从 XIO 计划系统(CMS Version4.62,USA)中任意选取 12 例鼻咽癌患者的影像、靶区、动态调强计划和剂量信息等资料通过 DicomRT 协议传输到 Raystation 计划系统(Raysearch Labs, Sweden)中。所有患者由临床医生在 CT 图像上勾画鼻咽癌原发肿瘤 GTV_{mx}、淋巴结肿瘤体积 GTV_{nd}、亚临床病灶与高危淋巴引流区域的临床体积(Clinical Target Volume, CTV)。并作相应外扩得到各部分的计划靶区体积(Planning Target Volume, PTV)。PTV 中,按照照射剂量的差异,定义成 PTV₆₇、PTV₆₃、PTV₆₀,分别对应处方剂量为 67 Gy、63 Gy 和 60 Gy。靶区以外的危及器官参照 ICRU 83 号报告进行定义和勾画^[2]。

1.3 后备 SMLC 计划设计

所选取的 12 例鼻咽癌患者均在瓦里安加速器(23EX, VARIAN, USA)采用 7 野动态调强(DMLC)执行方式。在 Raystation 计划系统中,创建配备 40 对 MLC 叶片的西门子直线加速器(Primus, Simense, Germany)模型,采用该模型对鼻咽癌 DMLC 计划生成后备 SMLC 计划。所有后备 SMLC 计划采用和初始动态计划相同的射野方向,计算网格(Dose Grid)设置为 0.3 cm。Raystation 生成后备 SMLC 计划是一个自动优化的过程,参考初始 DMLC 的剂量体积直方图(Dose Volume Histogram, DVH),以 Dosemimic 算法自主添加优化参数(如表 1),自动完成 SMLC 计划的优化计算,剂量计算模型采用采用串筒卷积算法(Collapsed Cone Convolution, CCC)。

1.4 计划剂量学评估

后备 SMLC 计划与初始 DMLC 计划的比较基于 DVH 和评估参数。采用近似最大剂量体积 PTV-V_{110%}、近似最小剂量体积 PTV-V_{95%}和处方剂量体积 PTV-V_{100%}来评估靶区剂量分布。利用适形性指数(Conformity Index, CI)和均匀性指数(Homogeneity

表 1 Raystation 系统中自动计划部分优化参数

Tab.1 The Part Parameters Settings in Plan Optimization

Item	Dose	Weight
PTV	Reference	30
External	Reference	2
Spinalcord	Reference	1
Spinalcord_PRV	Reference	1
BrainStem	Reference	1
BrainStem_PRV	Reference	1
Parotid_R	Reference	1
Parotid_L	Reference	1
Eye_all	Reference	1
Len	Reference	1
Nerve	Reference	1
Chiasma	Reference	1
NT	Reference	1

Index, HI)评估靶区的适形度和均匀性^[3],其中 $HI = (D_{2\%} - D_{98\%}) / D_{50\%}$, $CI = TV_{RI}^2 / TV \times V_{RI}$,式中 $D_{x\%}$ 为 $x\%$ 靶区体积接受的剂量, TV_{RI} 为处方剂量线所包裹的靶区体积, TV 为靶体积, V_{RI} 处方剂量线包括的体积, HI 越接近 0, 靶区内剂量越均匀, CI 越接近 1, 靶区越适形。评估所有正常器官 OAR 的剂量: 脊髓最大剂量 D_{1cc} (1 cm³ 体积接受的最高剂量); 脑干最大剂量 D_{1cc} ; 腮腺 $D_{50\%}$ (50% 体积接受的剂量, 以下类似); 视神经和视交叉最大剂量 $D_{1\%}$; 晶体最大剂量尽可能低。

1.5 执行效率

针对 12 例鼻咽癌患者评估后备 DMLC 计划和初始 SMLCT 计划总 MU 数和治疗执行时间。

1.6 统计方法

采用 SPSS19.0 软件对后备 SMLC 和 DMLC 计划进行配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 靶区剂量分布

与初始的 DMLC 计划相比, 后备 SMLC 计划靶区剂量分布、DVH 与之具有高度相似性, 如图 1 所示。

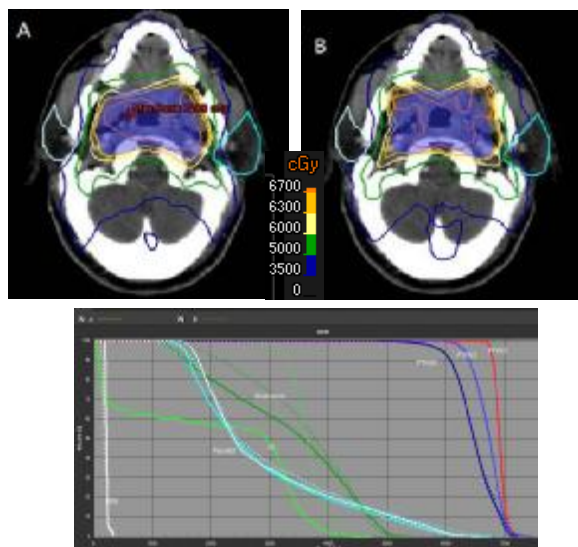
所有 12 例患者计划的靶区剂量分布都能达到临床要求, 后备 SMLC 计划组中 PTV₆₀ 的适形指数(CI)、优于初始 DMLC 计划($P=0.010$), 表 2 所示为两组具体比较结果。由表 2 可知, 与初始 DMLC 计划相比, 后备 SMLC 计划在 PTV 方面拥有更好的适性指数, 其它统计无显著性差异。

2.2 OAR 剂量分布

后备 SMLC 和初始 DMLC 计划均能符合临床要求, 与初始 DMLC 调强计划组相比, 危及器官双侧腮腺和脊髓两参数略优 ($P=0.013 \sim 0.035$), 其它 OAR 参数比较无显著性特征。具体结果如表 3 所示。

2.3 治疗执行效率

后备 SMLC 计划的计划效率和执行效率均优于初始 DMLC 计划, 如表 4。



实线为后备 SMLC 的 DVH, 虚线为初始 DMLC 计划的 DVH

图 1 后备 SMLC 计划(A)与初始 DMLC 计划的剂量分布图(B)以及 DVH 分布

Fig.1 Isodose and DVH of Axial in Fallback SMLC (A) comparison with Initial DMLC Plans (B)

表 2 12 例 NPC 患者后备 SMLC 和初始 DMLC 方式计划的靶区剂量参数比较

Tab.2 Comparison of PTV Dosimetric Parameters in Different Method Plans

Paremters	Objective	Fallback SMLC (Mean±SD)%	Initial DMLC (Mean±SD)%	P value
PTV ₆₇ -V _{95%}	100%	99.20±0.82	99.10±0.72	0.45
PTV ₆₇ -V _{100%}	95%	95.30±0.75	95.80±1.14	0.23
PTV ₆₇ -V _{110%}	5%	2.10±1.52	2.30±1.54	0.26
HI	0	0.07±0.01	0.08±0.03	0.10
CI	1	0.81±0.02	0.78±0.03	0.08
PTV ₆₃ -V _{95%}	100%	98.71±0.94	98.62±0.72	0.62
PTV ₆₃ -V _{100%}	95%	95.24±1.85	95.81±1.34	0.31
CI	1	0.80±0.03	0.77±0.04	0.06
PTV ₆₀ -V _{95%}	100%	98.71±0.94	98.62±0.72	0.52
PTV ₆₀ -V _{100%}	95%	95.24±1.85	95.81±1.34	0.42
CI	1	0.78±0.02	0.75±0.03	0.01

表 3 12 例 NPC 患者后备 SMLC 和初始 DMLC 方式计划的危及器官剂量参数比较

Tab.3 Comparison of OAR Dosimetric Parameters in Different Method Plans

		Fallback SMLC (Mean±SD)%	Initial DMLC (Mean±SD)%	P value
Spinalcord	D _{1cc}	41.60±4.32	43.10±3.90	0.013
Len	D _{max}	6.40±2.12	6.91±1.98	0.105
Parotid	D _{50%}	26.27±5.47	28.62±5.26	0.035
Nerve	D _{1%}	43.40±15.12	44.40±14.21	0.455
Chiasma	D _{1%}	44.25±10.55	44.61±10.33	0.758

表 4 显示后备 SMLC 计划不到 5min 就可以完成,而且治疗效率和初始的 DMLC 无偏差,完全满足

临床快速应用。

表 4 12 例鼻咽癌患者后备 SMLC 和 DMLC 计划时间、执行效率比较

Tab.4 Comparison of Plan Time and Delivery Time in Different Method Plans

	Fallback SMLC (Mean±SD)	Initial DMLC (Mean±SD)	P value
Plan time (min)	4.8±2.2	40±10	0.000
Sum mu (MU)	674±49	817±60	0.003
Therapy time (min)	14.8±2.2	15.8±3.5	0.452

3 讨论

由初始计划快速生成后备计划的方法,不受计划方式和加速器品牌的限制,这为临床工作提供了很大的便利。该方法最适合单一特性的治疗机,如瓦里安的滑窗动态调强方式和 TOMO 治疗机。一旦这些机器当机,患者的计划可以快速地转移至其他加速器中执行。生成后备计划的核心算法为 Dosemimic 算法,该算法在多目标优化(MCO)中起到非常重要的作用^[4-5];利用多目标优化方法导航器搜索到多目标的最佳通量后,利用 Dosemimic 算法,根据加速器的硬件参数设置生成可执行的子野计划。

后备 SMLC 与初始 DMLC 计划剂量学比较结果显示:在靶区方面,后备 SMLC 计划同样满足靶区临床剂量要求,且较初始 DMLC 有更优的靶区适形(CI)指数(P=0.01)。正常危及器官(OAR)方面,后备 SMLC 计划满足危及器官限量要求,与 DMLC 相比较,双侧腮腺和脊髓最大剂量较优(P=0.013~0.035),其余参数无显著性差异。由 DMLC 生成备份 SMLC 计划仅需短短 5 min,完全满足快速转移患者的需求。因此,后备的鼻咽癌 SMLC 计划能满足临床剂量学要求,显示出较大的临床优势。

鼻咽癌的 SMLC 调强放射治疗一直是研究的方向。有报道对其采取动态调强和静态调强的计划进行剂量学的比较^[6-7],结论不尽相同。后备计划是可以快速生成 SMLC 计划,其整个优化过程是自动的,撇除了由于目标函数、权重设置等人为因素而引入的误差,因而是不同计划间剂量学比较的合理方式,符合自动计划(AutoPlanning)的原则。

目前,放射治疗自动计划(AutoPlanning)是研究的热点。有论文报道利用启发式优化方法(Heuristic Optimization)可以得到乳腺癌 2 野 IMRT 计划^[8]以及脚本区域优化方法(Regional Optimization),用于头颈部肿瘤的自动计划方法^[9]。后备计划是有望实现自动计划的另外一种方法:基于临床大量的患者资料,建立完善的数据库,当有新治疗的患者时,从数据库选取与当前患者相似的患者信息,利用形变技术建立起对应关系,然后把数据库中患者的剂量信息映射到当前

患者,进行自动计划,还可结合自适应放疗。期望后备计划(Fallback Planning)在自动自适应计划中有更多地发展。

【参考文献】

- [1] Petersson K, Ceberg C, Engstrom P, et al. Conversion of helical tomotherapy plans to step and shoot IMRT plans Pareto front evaluation of plans from a new treatment planning system [J]. Med Phys, 2011, 38: 3130-3138.
- [2] Hodapp N. The ICRU Report 83: prescribing, recording and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT) [J]. Strahlenther Onkol, 2012, 188(1): 97-99.
- [3] Feuvret L, Noel G, Mazeron JJ, et al. Conformity index: a review [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2006, 64(2): 333-342.
- [4] Bokrantz R. Multicriteria optimization for volumetric modulated arc therapy by decomposition into a fluence based relaxation and a segment weight based restriction [J]. Med Phys, 2012, 39: 6712-6725.
- [5] Ray Search Laboratories AB. Multicriteria optimization in raystation [R]. RayStation white paper, 2012.
- [6] 葛宁, 陈福慈, 徐利明. 多叶准直器动态调强和静态调强方式的比较 [J]. 医疗卫生装备杂志, 2007, 28(12): 59-61.
- Ge N, Chen FC, Xu LM. Comparison of mode DMLC and mode SMLC [J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2007, 28(12): 59-61.
- [7] 朱健, 尹勇, 卢洁, 等. 多叶光栅静态调强与动态调强的比较 [J]. 山东医药, 2007, 47(27): 119-120.
- Zhu J, Yi Y, Lu J, et al. Comparison of DMLC and SMLC [J]. ShanDong Medical Journal, 2007, 47(27): 119-120.
- [8] Purdie TG, Dinniwell RE, Letourneau D, et al. Automated planning of tangential breast intensity-modulated radiotherapy using heuristic optimization [J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2011, 81(2): 575.
- [9] Xhaferllari I, Wong E, Bzdusek K, et al. Automated IMRT planning with regional optimization using planning scripts [J]. Med Phys, 2013, 40(1): 176-191.
- (上接第 285 页)
- embedded USB HOST [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2005, 26(Suppl): 223-226.
- [16] 杨斌, 于铁利, 赵立辉. 基于 S3C2440 的无线传输系统的研究 [J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(17): 4550-4551.
- Yang B, Yu TL, Zhao LH. Research of wireless transmission system based on S3C2440 [J]. Computer Knowledge and Technology, 2009, 5(17): 4550-4551.
- [17] 金浩, 韩江洪, 李阳铭. 基于 ARM 的嵌入式系统中断处理机制研究 [J]. 现代电子技术, 2005, 28(22): 1-3.
- Jin H, Han JH, Li YM. Research of exception handler mechanism for embedded system based on ARM [J]. Modern Electronics Technique, 2005, 28(22): 1-3.