

- (3) Markwart R, Saito H, Harder T, et al. Epidemiology and burden of sepsis acquired in hospitals and intensive care units: a systematic review and meta-analysis (J). Intensive Care Med, 2020, 46(8): 1536-1551.
- (4) He J, Chen Y, Lin Y, et al. Association study of MCP-1 promoter polymorphisms with the susceptibility and progression of sepsis (J). PLoS One, 2017, 12(5): e0176781.
- (5) Yang M, Zhou X, Xu J, et al. Association of serum chemerin and inflammatory factors with type 2 diabetes macroangiopathy and waist-to-stature ratio (J). Bosn J Basic Med Sci, 2019, 19(4): 328-335.
- (6) Hang H, Zhi L, Moomchala S, et al. Hydrogen sulfide acts as an inflammatory mediator in cecal ligation and puncture induced sepsis in mice by up-regulating the production of cytokines and chemokines via NF-kappaB (J). Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol, 2007, 292(4): 960-967.
- (7) American Diabetes Association. Standards of Medical Care in Diabetes-2017 (J). Diabetes Care, 2017, 40(Suppl1): S1-S135.
- (8) Rhodes A, Laura EE, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016 (J). Intensive Care Med, 2017, 43(3): 304-377.
- (9) Su N, Zhao N, Wang G, et al. Association of MCP-1 rs1024611 polymorphism with diabetic foot ulcers (J). Medicine (Baltimore), 2018, 97(28): e11232.
- (10) Shen R, Lin S, He L, et al. Corrigendum: Association of Two Polymorphisms in CCL2 With Parkinson's Disease: A Case-Control Study (J). Front Neurol, 2019, 10(4): 35.
- (11) He S, Zhang X. The rs1024611 in the CCL2 gene and risk of gynecological cancer in Asians: a meta-analysis (J). World J Surg Oncol, 2018, 16(1): 34.

(文章编号) 1007-0893(2021)08-0016-03

DOI: 10.16458/j.cnki.1007-0893.2021.08.007

XIO 调强放疗计划中两种不同剂量算法的比较

吴煜良 张纯* 黄军荣 吴伟艺 洪柱坚

(东莞市人民医院, 广东 东莞 523000)

〔摘要〕 **目的:** 比较 XIO 调强放疗计划中两种不同剂量算法的效果。**方法:** 选择 2020 年 1 月 10 日至 2020 年 6 月 30 日来东莞市人民医院接受手术治疗的 10 例宫颈癌患者作为研究对象, 所有患者均接受调强放疗。放疗计划设计过程中, 首先采用快速迭代算法进行剂量计算, 于权重、射野方向等设置条件不改变的基础上变为应用快速傅里叶变换 (FFT) 卷积算法全面优化治疗计划。比较两种不同剂量算法取得的剂量体积直方图 (DVH) 参数、计划时间、计划跳数以及剂量验证通过率等结果。**结果:** 相较于 FFT 卷积算法, 快速迭代算法中的调强放疗计划跳数更少, Gamma 通过率更高, 差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。和快速迭代算法相比, FFT 卷积算法的计划靶体积 1 (PTV1)、PTV2、PTV3 更高, 差异均具有统计学意义 ($P < 0.05$)。**结论:** 相较于 FFT 卷积算法相较而言, 实施快速迭代算法能减少危及器官照射剂量, 减少治疗时间。

〔关键词〕 宫颈癌; 调强放疗; 快速迭代算法; 快速傅里叶变换卷积算法

〔中图分类号〕 R 812; R 737.33 **〔文献标识码〕** B

宫颈癌在临床中比较常见。最近几年, 我国宫颈癌者的发生概率表现出了逐年上涨的势态。放疗为治疗此类疾病的重要方法。相关调查证实, 接近 80% 的宫颈癌患者需

要接受放射治疗。现如今随着我国医学技术的不断进展, 调强放射治疗以及三维适形放射治疗在临床中得以广泛应用^[1]。相较于三维适形放射治疗手段而言, 对患者开展调强

〔收稿日期〕 2021-02-03

〔基金项目〕 广东省东莞市社会科技发展 (一般) 项目资助课题 (2018507150011282)

〔作者简介〕 吴煜良, 男, 副主任技师, 主要研究方向是肿瘤放射物理与放疗技术。

〔*通信作者〕 张纯 (E-mail: zhangchundg@163.com; Tel: 13580823782)

放射治疗不但能够积极改善靶区中剂量的适形度以及均匀性, 同时也可降低四周危及器官的照射剂量, 全面提升肿瘤控制率, 减少相关器官并发症, 改善病患的生活质量^[2]。迭代算法以及快速傅里叶变换 (fast Fourier transform, FFT) 卷积算法为 XIO 放射治疗计划中常见的两种算法方式。为了全面分析 XIO 调强放疗计划中上述两种不同计量算法的差异, 笔者开展了本研究, 结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择 2020 年 1 月 10 日至 2020 年 6 月 30 日来本院接受手术治疗的 10 例宫颈癌患者作为研究对象。受试者均已接受手术治疗, 年龄 38~60 岁, 平均年龄 (50.24±5.10) 岁, 患者均接受静态调强放疗。

1.2 方法

1.2.1 治疗计划相关设计 计算机断层扫描 (computer tomography, CT) 模拟定位: 患者取仰卧位, 使用碳素纤维板和专用体模固定患者, 在定位前 1 h 饮用 600~800 mL 水憋尿, 确保膀胱充盈。使用本院大孔径模拟 CT 定位机进行扫描定位 (美国生产的 GE Hispeed), 设定扫描的厚度为 5 mm, 扫描范围为 L1 椎体上缘至阴道口下端 5 cm 处。

(2) 靶区勾画: 采用 DICOM 3.0 协议网络传输 CT 定位图像到治疗计划系统服务器中, 由 2 个高年资的放疗临床医生在 focal 医生工作站上勾画靶体积。参照国际辐射单位与测量委员会的第 50、62 号报告, 临床靶体积 (clinical target volume, CTV) 1 包括术后阴道残端部位, CTV2 包括宫旁部位, CTV3 包括髂底、髂内和髂外淋巴引流区, 上界至 L3 下缘、下界至闭孔下缘。CTV1、CTV2、CTV3 外放 0.5 cm 得到计划靶体积 (planning target volume, PTV) 1、PTV2、PTV3。PTV1、PTV2、PTV3 处方剂量分别为 56 Gy, 54 Gy, 50 Gy, 每日 1 次, 分割次数为 26 次; 同时勾画危及器官包括双侧股骨头、直肠、膀胱、小肠等。

(3) 计划设计: 使用 CMS XiO 4.64 (Elekta, Stockholm, Sweden) 计划系统设计放疗计划, 采用等分等中心 7 野照射 (机架角度为: 0°、52°、100°、155°、200°、250°、300°), 6 mV 高能 X 射线 (美国瓦里安公司直线加速器, 型号: 21EX)。PTV 处方剂量规定为 95% 的 PTV 所要求达到的最小吸收剂量, 3 个 PTV 分别接受 < 93% 的处方剂量的体积 < 2%, PTV 接受 ≥ 110% 的处方剂量的体积 < 20%。危及器官限量: 小肠 V30 < 50%, 双侧股骨头 V50 < 5%, 膀胱 V50 < 50%, 直肠 V50 < 50%。勾画好靶区和正常组织后, 在放疗计划设计中, 先实施迭代算法计算, 生成剂量体积直方图 (dose volume histogram, DVH), 然后应用 FFT 卷积算法针对计划重新计算, 取得 FFT 卷积算法计划和与之相对应 DVH 图。

1.2.2 治疗计划比较 PTV 用于评价最高剂量点、110% 覆盖率、95% 覆盖率。均匀性指数 (homogeneity index, HI) 以及适形指数 (conformity index, CI)。HI 越临近 1 代表均匀性越强。全面比较两类算法取得的治疗计划以及设备跳数。比较相同计划不同算法 Gamma 通过率情况。

1.3 计量验证方法

本研究所应用的调强剂量验证系统为德国 IBA 公司的 MatriXX 二维平面剂量验证系统, 相关处理软件为 Omnipro I'mRT。应用系统自带的等效固体水材料。在进行操作中, 把电离室点阵放方在等效固体水间, 下方垫规格为厚度 5 cm, 大小为 30 cm×30 cm 的等效固体水, 上方垫规格为厚度 4.7 cm, 大小为 30 cm×30 cm 的等效固体水, 将其放在 CT 平板床中, 核对中心。针对该模体加以扫描, 具体层厚为 5 mm。将扫描结果上传到放射治疗计划系统之中, 重新建立模体。在开展测量工作之前, 首先要对点阵预热处理, 时间为 0.5 h。在此之后实施剂量为 500 MU 预照射。通过这种做法全面确保电离室具备对放射剂量的稳定性响应, 尽可能减少测量误差。具体的摆位要求和建立模型时相同。在此之后开展绝对剂量标定工作。将相关入组的放疗计划创建为相对应的剂量验证计划。一切机架角度归零处理。应用本院的医用直线加速器 (型号: Varian 21Ex) 执行两类算法验证工作, 后应用 Omnipro I'mRT 软件开展 Gamma 分析。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 19.0 软件进行数据处理, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用 *t* 检验, 计数资料用百分比表示, 采用 χ^2 检验, *P* < 0.05 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两种不同剂量算法的 Gamma 和调强放疗计划跳数比较

相较于 FFT 卷积算法, 快速迭代算法中的调强放疗计划跳数更少, Gamma 通过率更高, 差异具有统计学意义 (*P* < 0.05), 见表 1。

表 1 两种不同剂量算法的 Gamma 和调强放疗计划跳数比较 (n = 10, $\bar{x} \pm s$)

算 法	调强放疗计划跳数 /MU	Gamma/%
FFT 卷积算法	910.25 ± 58.45	96.17 ± 0.41
快速迭代算法	882.48 ± 57.84 ^a	98.33 ± 0.45 ^a

与 FFT 卷积算法比较, ^a*P* < 0.05

注: Gamma 以常用的 3%, 3 mm 为检验标准; FFT—快速傅里叶变换

2.2 两种不同剂量算法的治疗计划比较

和快速迭代算法相比, FFT 卷积算法的 PTV1、PTV2、PTV3 更高, 差异均具有统计学意义 (*P* < 0.05), 见表 2。

表2 两种不同剂量算法的治疗计划比较 (n = 10, $\bar{x} \pm s$)

指 标	快速迭代算法	FFT 卷积算法	t	P
PTV1/Gy	56.20 ± 0.01	56.53 ± 0.03	-4.158	0.006
HI	1.08 ± 0.02	1.09 ± 0.02	-1.251	0.271
CI	0.99 ± 0.01	0.99 ± 0.01	0.933	0.396
PTV2/Gy	54.21 ± 0.01	54.73 ± 0.02	-4.186	0.004
HI	1.11 ± 0.01	1.12 ± 0.03	2.281	0.064
CI	0.98 ± 0.02	0.98 ± 0.01	-2.826	0.032
PTV3/Gy	50.11 ± 0.01	50.57 ± 0.02	-4.635	0.004
HI	1.18 ± 0.02	1.17 ± 0.01	-0.079	0.982
CI	0.97 ± 0.03	0.98 ± 0.01	-1.814	0.163
小肠 V30/%	44.70 ± 0.01	47.89 ± 0.02	0.638	0.582
膀胱 V50/%	38.46 ± 0.03	42.17 ± 0.01	-1.389	0.271
直肠 V50/%	42.40 ± 0.02	43.03 ± 0.03	-0.567	0.628

注: FFT —快速傅里叶变换; PTV —计划靶体积; HI —均匀性指数; CI —适形指数

3 讨 论

宫颈癌的调强放疗计划相关剂量计算是否精准, 主要取决于各类算法针对射束穿透高密度骨组织能力和处理方法。快速迭代算法以及 FFT 卷积算法的应用与物理方法计算剂量比较类似, 两者主要区别为描写核心程序以及储存剂量的方法存在差异。FFT 卷积算法核心全部体现在直角坐标系内, 其所应用的整体空间维持不变。而迭代内核则在极坐标中予以表现, 其允许更改本地电子密度改变情况^[3]。

本研究表明: 虽然 FFT 卷积算法等剂量线包绕的 PTV 更优秀, 且剂量梯度更高^[4]。但不容忽视的是, 这种算法所危及的器官数量也偏高。Gamma 通过率减少了 2% 左右, 而平均跳数则高出 30 MU。之所以出现这种结果, 主要原因在于: 在射线穿透骨组织过程中出现侧向电子失衡情况。在此同时调强放疗计划的实施产生了诸多小面积小野, 就此导致侧向电子失衡问题变得更为严峻。在此情况下, 令射野中的剂量水平下降, 射野外部外剂量增加以及射野半影增加, 就此影响到高剂量区域覆盖靶区水平^[5]。

相较于快速迭代算法而言, FFT 卷积算法明显更快。但 FFT 卷积算法无法精准求得射线与组织非均匀性剂量^[6]。快速迭代算法与剂量沉积以及相互作用间明显比标准方式运用更加少的追踪射线用于提升计算速率。FFT 计算方法于非均匀性组织中单纯考虑沿着射线方向上方下方均匀组织厚度因子, 而没有把计算点四周散射线影响考虑在内^[7]。迭代算法

属于一类三维数学模型, 其不但涉及到了计算点所在平面中非均匀组织厚度因子, 另外也将平面和相邻层面非均匀组织散射线对于该点剂量影响考虑在内。且这种算法同时兼顾了电子侧向失衡的问题。由此不难看出, 就理论上而言, 迭代算法与计算机非均匀组织和相关交接面计量时密度明显比 FFT 卷积算法更高^[8]。本研究结果证实: 和快速迭代算法相比, FFT 卷积算法的 PTV1、PTV2、PTV3 更高, 差异均具有统计学意义 (P < 0.05)。相较于快速迭代算法而言, FFT 卷积算法等剂量线包绕 PTV 显著更好, 其剂量梯度更大, 但是具体部分危及器官相对较高。

总而言之, 针对于接受完毕宫颈癌手术的患者而言, 术后为其开展调强放疗计划过程中应用 FFT 卷积算法会高估在靶区剂量, 同时也低估了危机器官的具体剂量。

〔参考文献〕

- (1) 聂革菲. 同步推量调强放疗结合化疗对局部中晚期宫颈癌患者临床疗效研究 (J). 慢性病学杂志, 2021, 22(4): 537-539.
- (2) 曾婷, 李晓明, 林川, 等. 紫杉醇联合卡铂化疗同期调强适形放疗治疗晚期宫颈癌的疗效及对血清脂肪因子与 HMGA1 表达的影响 (J). 肿瘤药学, 2021, 11(1): 102-106.
- (3) 李雅宁, 林承光, 杨鑫. 体质量指数对宫颈癌调强放疗摆位误差影响 (J). 中华放射肿瘤学杂志, 2021, 30(2): 186-190.
- (4) 余航, 汪志, 陈香存, 等. 容积旋转调强和适形调强辅助宫颈癌术后放疗的效果观察 (J). 医学信息, 2021, 34(3): 68-70.
- (5) 程燕铭, 丘贺金, 游鸿强, 等. 调强放疗计划验证 γ 通过率的参考范围 (J). 医疗装备, 2021, 34(7): 1-4.
- (6) 蔡龙玉. 调强放疗与立体定向体部放疗同步化疗对 III 期非小细胞肺癌患者免疫功能及血清细胞因子的影响 (J). 贵州医药, 2021, 45(3): 367-368.
- (7) 邹乐乐, 车国强, 景娟娟. 调强放疗联合多西他赛、顺铂化疗方案治疗局部晚期非小细胞肺癌的效果 (J). 河南医学研究, 2021, 30(9): 1636-1638.
- (8) 王海洋, 皮一飞, 韩滨, 等. 螺旋断层调强放疗靶区外纵向剂量跌落及影响因素研究 (J). 中华放射医学与防护杂志, 2021, 41(3): 183-187.