

加速器小射野剂量学特性的临床研究

李 勤, 李光俊, 韩 军

中图分类号: R144.1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2007)04-0444-02

【摘要】 目的 对加速器小射野的剂量学特性进行研究,以指导在临床上的应用。方法 使用电离室和胶片测量方法,在小野条件下得到总散射因子 S_c 和相对剂量分布的结果,并与计算结果进行比较。结果 大于 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 射野的总散射因子 S_c 的计算值与 TPS 计算值比较,误差小于 3%;所有射野的计算与测量的相对剂量分布吻合,但小于 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的射野在边缘低剂量区有一定的偏差。结论 小射野剂量分布的误差在临床上要引起重视。

【关键词】 小射野;剂量测量;误差分析

临床上为了提高肿瘤放疗的治疗增益比,越来越多的采用如三维适形放疗、调强放疗等高精技术。这些技术通常是采用多个小的子野的组合来达到较为理想的剂量分布,因此加速器的小野剂量特性直接关系到临床的治疗结果。笔者旨在对小野的剂量学特性进行研究,以指导在临床上的应用。

1 材料与方法

测量在带有 MLC 的西门子 PrimusM 加速器上完成,选择能量为 6MV 的 X 射线;治疗计划系统 (TPS) 为 CMS (XIO Release 4.2.0);使用的测量工具包括 MEDTEC 等效水模体,PTW-0.6 cm^3 和 0.015 cm^3 指型电离室,PTW-MULTIDOS 多道静电计,科达 X-OmatV 胶片,以及 VIDAR VXR-16 dosimetry PRO 扫描仪。

1.1 总散射因子 S_c 测量用 0.015 cm^3 电离室,放在等效水模体深度为 5 cm 处,源到电离室中心距离为 100 cm 照射跳数为 100 跳,射野大小分别设置为 $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 、 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 、 $3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 、 $4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ 、 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ 、 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 将电离室连接至剂量仪,分别记录测量读数,测 3 次取平均值,以 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 的数据归一化,得出总散射因子 S_c 并将测量结果与治疗计划系统的计算值进行比较。

1.2 相对剂量分布 将科达 X-OmatV 胶片平面垂直于射野中心轴放在等效水模体深度 9 cm 处,源到胶片的距离为 100 cm 照射 100 跳。①射野大小设置为 $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 、 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 、 $3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 、 $4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ 、 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ 、 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 、 $1\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 、 $1\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 。②在一个 M 组中设置 4 个子野,每个子野的射野大小均为 $1\text{ cm} \times 4\text{ cm}$,射野中心离中心的距离 (离轴距离) 分别为 0.3、6.9 cm。用胶片测量每个射野的相对剂量分布,用胶片分析软件分析,并与 TPS 计算的剂量分布比较。

2 结果

2.1 总散射因子 S_c 图 1 为总散射因子 S_c 的测试与治疗计划系统计算的结果比较。治疗计划系统分别采用了 0.5 cm、0.2 cm、0.1 cm 三种不同的计算精度,结果比较显示,对于射野大小

为 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的射野,TPS 0.5 cm 计算精度的计算结果相对测量结果偏差为 -7%;对于 $4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ 以上的射野,偏差小于 2%。而对于 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的射野,TPS 0.2 cm 和 0.1 cm 计算精度的计算结果,偏差分别为 -3.0% 和 -2.8%;对于 $3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 以上的射野,偏差小于 2%。另外,对于 $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 的射野,TPS 0.5 cm、0.2 cm 和 0.1 cm 精度的计算结果与测量结果偏差分别为 16.4%、36.7% 和 39.6%。

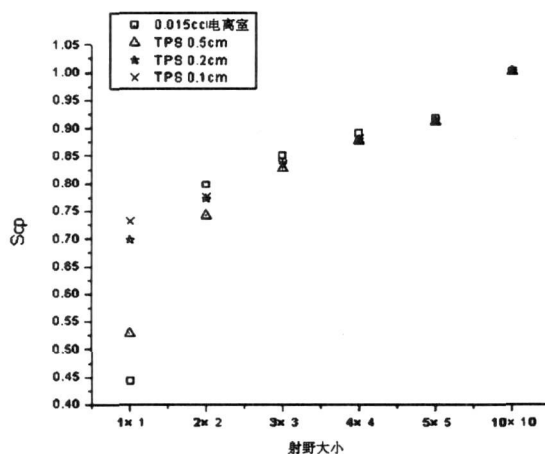


图 1 测量与计算的 S_c 结果比较

2.2 相对剂量分布 沿着射野中心的 AB 方向 (MLC 运动方向) 和 GT 方向 (铅门运动方向) 的 profile 进行比较 (图 2),发现测量结果与计算结果在两个方向均较为吻合,但 AB 方向较 GT 方向的偏差相对明显,但随着射野的增大,其差异逐渐减小。在射野边缘的低剂量区域, $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 和 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 射野的计算剂量高于测量剂量,并且随着离轴距离的增大其剂量差异逐渐明显;而 $3\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 以上的射野,计算剂量与测量剂量无明显差异。

图 3 为 $1\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 和 $1\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ 矩形射野的相对剂量分布测试结果,图中显示尽管射野面积逐渐增大,但 AB 方向上计划与测量结果的差异仍然明显。

3 讨论

加速器小射野的剂量学特性与常规治疗射野 ($\geq 4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$) 有较大的不同,在总散射因子 S_c 的测试方面, $4\text{ cm} \times 4\text{ cm}$ 以上的射野与 TPS 计算结果一致,但随着尺寸减小差距明显增加。由 profile 可以看出由于射野面积的减小,射野中心的高剂量坪区变窄,3 mm 的位置误差将可产生 17% 的剂量误差 (1 cm

$\times 1 \text{ cm}$ 射野), 因此对测量摆位的精度要求较高。同时由于 0.6 cm^3 电离室探头的灵敏体积偏大, 难以准确测量小野的点剂量, 采用几何尺寸较小的探头测量, 如选用灵敏体积的直径约 0.2 cm^3 或更小 ($\leq 0.1 \text{ cm}^3$) 的探头, 将可减小测量误差^[1]。另外, 通过采用不同的计算精度进行 SCP 的计算, 并与测量结果比较发现, 0.5 cm 的计算精度不适合对小野 ($< 4 \text{ cm} \times 4 \text{ cm}$) 进行计算, 其计算误差较大, 不能满足临床要求; 而 0.2 cm 和 0.1 cm 的计算精度对于小野的计算结果符合性较好, 考虑到 0.1 cm 的计算精度在实际应用中需要较长的计算时间, 因此, 实际计划设计时采用 0.2 cm 的计算精度较为合理。

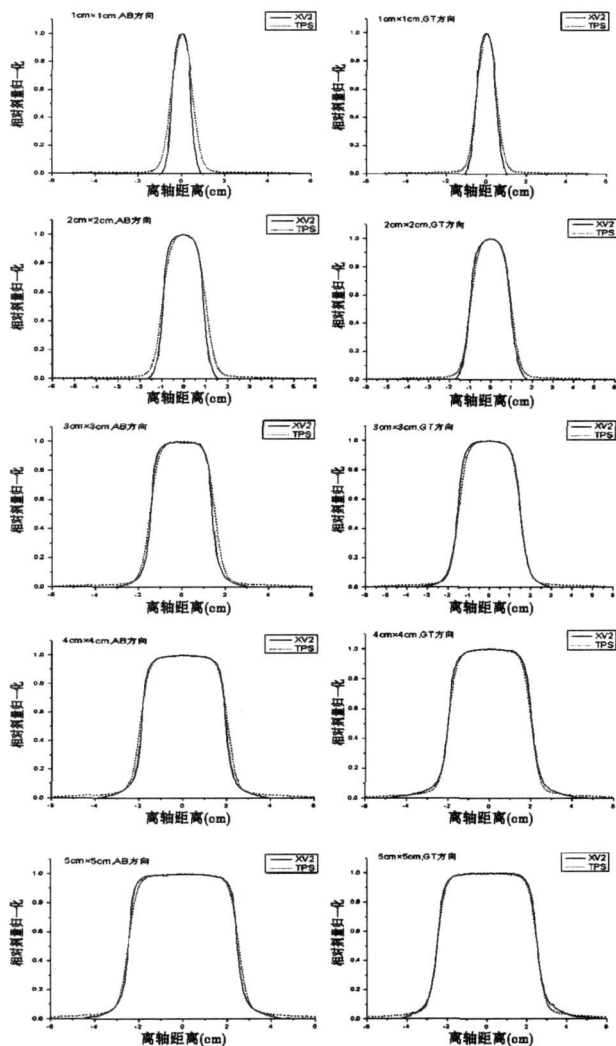


图2 $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ 到 $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ 小野的测量与计算的相对剂量 profile 比较

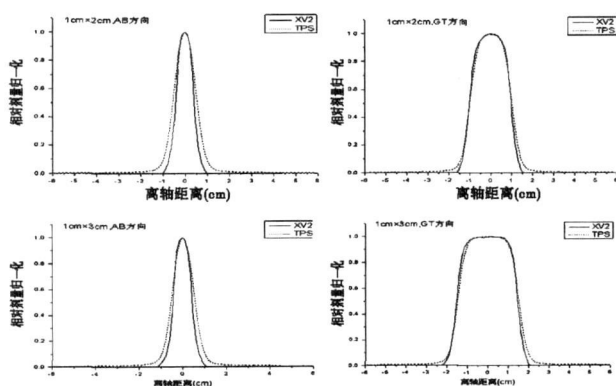


图3 条形野测量与计算的相对剂量 profile 比较

胶片法具有很高的空间分辨率优势, 在临床上被广泛用于相对剂量分布的测量^[2]。由 AB 方向和 GT 方向的相对剂量 Profile 测试结果显示出 (图 2) 在射野边缘区域 AB 方向比 GT 方向的偏差相对明显, 不过随着射野的增大, 其差异逐渐减小。由于西门子加速器的 MLC 在 AB 方向上替代了下铅门, 测量结果表明 MLC 的到位精度低于铅门。有文献报道对于调强放疗的小照射野, MLC 较小的到位误差会引起较大的剂量误差^[3,4], 因此应尽量提高 MRT 中对 MLC 的质量控制^[5,6]。

由图 2 中看出, 在低剂量区, 对于 $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ 和 $2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ 的射野, 计算的剂量明显高于测量剂量; 对于 $3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ 以上的射野, 计算与测量剂量差异不太明显。这一方面可能是由胶片本身的特性所致, 因为科达 X-Omat V 胶片的线性剂量范围为 $5 \sim 100 \text{ cGy}$, 低剂量区超过了此线性范围, 射野越小则散射线贡献越少, 射野边缘剂量越低, 因此差异越明显。另外计划系统采集的数据也是由电离室测量得到, 相对于小面积野, 当电离室灵敏体积偏大时, 同样也可以导致一定的误差。

条形野 Profile 测试主要是为了模拟临床较常使用的条形子野的剂量分布情况, 我们设计了宽为 1 cm 长分别为 2 cm , 3 cm , 4 cm 的三个条形野。当射野宽度为 1 cm 而射野长度增大时, AB 方向上计划与测量结果的差异明显, 这主要是由于射野过窄使其对 MLC 的到位精度更加敏感所致, 提示在临床上应避免过窄条形子野的照射。

本次研究也发现, 由于小野的高剂量坪区较窄, 半影区增宽, 其射野均匀性 (对称性和平坦度) 较常规治疗射野差, 因此相关的离轴剂量分布指标很难衡量小野的剂量学特性。

综上, Siemens Primus M 加速器的小射野在一定的范围内, 计划系统对剂量分布计算与实际测量结果相吻合, 这对于临床放疗计划特别是调强放疗计划的设计具有重要的指导意义。

参考文献:

- [1] LEYBOVICH L B, SEIHI A, DOGAN N. Comparison of ionization chambers of various volumes for MRT absolute dose verification. J. Med Phys, 2003, 30: 119-123.
- [2] JU S G, AHN Y C, HUH S J, et al. Film dosimetry for intensity modulated radiation therapy: Dosimetric evaluation. J. Med Phys, 2002, 29: 351-355.
- [3] KUNG J H, CHEN G T. Intensity modulated radiotherapy dose delivery error from radiation field offset inaccuracy. J. Med Phys, 2000, 27: 1617-1622.
- [4] SHARPEM B, MILLER M B, YAN D, et al. Monitor unit settings for intensity modulated beams delivered using a step-and-shoot approach. J. Med Phys, 2000, 27: 2719-2725.
- [5] CHUI C S, SPIROU S, LOSASSO T. Testing of dynamic multileaf collimation. J. Med Phys, 1996, 23: 635-641.
- [6] LOW D A, SOHN J W, KLENE E E, et al. Characterization of a commercial multileaf collimator used for intensity modulated radiation therapy. J. Med Phys, 2001, 28: 752-756.

(收稿日期: 2007-05-31)