

利用肿瘤与表面相对距离预估 调强放射治疗皮肤表面的剂量

王世超 傅玉川 肖江洪 姜庆丰

(四川大学华西医院肿瘤中心放射物理技术中心 成都 610041)

摘要 在使用调强技术治疗某些部位的肿瘤时,皮肤的急性毒性反应比传统的治疗方式严重,而治疗另外一些部位的肿瘤时却得到相反的结果。为了探讨调强技术治疗不同部位肿瘤引起不同皮肤反应的原因,本工作利用一个固体水体模,设计了一系列的调强治疗计划研究肿瘤与表面相对距离对皮肤表面剂量的影响,结果表明,肿瘤部位与表面的相对距离是一个明显的影响表面剂量分布的参数。使用调强治疗技术,肿瘤的部位越浅,需要的机器跳数(Monitor unit, MU)就越多,表面的剂量也越高,越有可能对皮肤造成辐射损伤。

关键词 调强放射治疗, 肿瘤部位, 表面剂量, 皮肤毒性反应

中图分类号 R739

调强放射治疗(Intensity modulated radiotherapy, IMRT)标志着一种与以往放射治疗过程全然不同的放射治疗过程。它的治疗计划和治疗过程的所有方面几乎都与传统放疗不同。它不能仅仅被看成是一种新的放射治疗技术,而应该被当成一种全新的放射治疗程序^[1]。特别对于肿瘤周围有多个重要器官需要保护的患者,要求在给予靶区足够照射剂量的同时,将重要器官所受剂量控制在耐受范围内,调强治疗技术是非常合适的治疗方式^[2]。但是,调强治疗技术也有其局限性和负面影响。Higgins等^[3]人使用头颈部模体和热释光剂量仪进行的剂量测量结果表明,使用调强治疗技术相比较于使用传统的两个对侧野的治疗方式,皮肤表面的剂量会提高13%。Nesrin Dogan等^[4]人使用平行板电离室和胶片进行的测量指出无论是开野还是调强计划的子野,只要它们是斜入射的,都会提高皮肤的剂量,并将剂量最大点 d_{max} 向表面移动。Nancy Lee等^[5]人利用剂量学研究方法探讨了头颈部肿瘤调强治疗中引起较强皮肤毒性反应的各种可能的原因,例如面膜的剂量影响、调强计划中使用的多个切线野及肿瘤医师勾画淋巴结的方式等。而Chow等^[6]人研究了前列腺癌调强治疗时的表面剂量,指出与传统的四野箱(Four-beam box, FBB)技术相比,调强计划可以避免很高的表面剂量峰。

临床观察发现,在使用调强技术治疗某些部位的肿瘤时皮肤的急性毒性反应(放射性皮炎)比传

统的治疗方式严重,如喉癌及伴有淋巴结转移的鼻咽癌等;而治疗另外一些部位的肿瘤时却几乎可以忽略皮肤的反应,如前列腺癌。如果在治疗过程中患者出现了严重的皮肤反应(如RTOG 3级皮肤毒性),将使治疗中断一段时间,影响对肿瘤的治疗效果。因此对进行放射治疗的患者的表面剂量进行估计是非常重要的,这是预计患者可能出现的皮肤反应的重要途径。为了探讨调强治疗不同部位肿瘤引起不同皮肤反应的原因,本文利用一个固体水体模,设计了一系列的调强治疗计划研究肿瘤与表面相对距离对皮肤表面剂量的影响,并由此分析了依靠这个指标预估患者治疗时的皮肤反应的可行性。

1 材料和方法

1.1 材料

本文所用体模为IBA公司生产的Scanditronix/wellhofer胸腹部固体水体模,如图1所示,沿Z轴为18 cm,沿X轴为37 cm,沿Y轴为30 cm,材料为水等效RW3材料,密度为 1.045g/cm^3 ;CT定位用做标记参考点的铅珠,型号为suremarktmSL-10型,直径为1 mm;CT模拟机为Siemens公司sensation 4型;治疗计划系统(Treatment planning system, TPS)为Philips ADAC公司Pinnacle³v6.26b版本;TPS内部的调强计划模块为P³IMRT,可进行逆向调强治疗计划的设计。

第一作者:王世超,男,1983年6月出生,2005年毕业于四川大学物理科学与技术学院应用物理专业,物理师

通讯联系人:傅玉川, E-mail: ychfu@hotmail.com

收稿日期:初稿 2007-10-29, 修回 2008-03-07

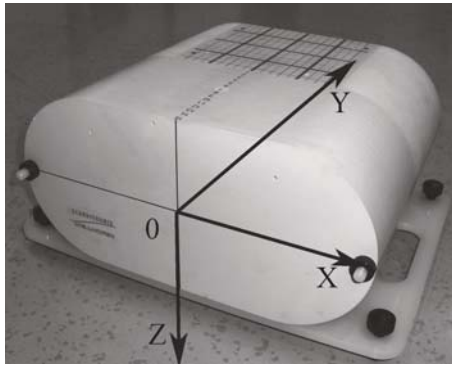


Fig.1 The schematic representation of the solid-water phantom and coordinate orientation

1.2 方法与步骤

1.2.1 体模 CT 扫描 将体模在 CT 模拟机上进行图像扫描,由贴于体模表面的三个铅珠确定等中心点,扫描层厚为 0.3 cm。得到的 CT 图像通过医院局域网传至计划用 TPS 终端并导入 TPS,形成病例文件。

1.2.2 勾画假设的靶区和重要器官 在等中心点附近的层面上勾画出假设的需要照射的临床靶体积 (Clinical target volume, CTV)和需要保护的重要器官(Organ at risk, OAR),如图 2 所示的断层,这是典型的适合用调强放射治疗技术的临床病例情形。其中 CTV 为一个半圆柱体环,总直径为 12 cm,环的厚度为 3 cm;OAR 为一个圆柱体,直径为 2.5 cm,周围被 CTV 半包围。CTV 的顶部与体模顶部表面之间的距离用符号 d 表示;在不同的 d 值条件下,即 $d=0.1$ cm, 1.1 cm, 2.1 cm, 3.1 cm, 4.1 cm, 5.1 cm, 6.1 cm, 7.1 cm, 8.1 cm, 9.1 cm 时,分别勾画出十组 CTV 和 OAR;每组 CTV 和 OAR 的几何形状以及它们之间的相对位置都保持不变;考虑到显示效果,图 2 显示的断层在 X 轴方向上两边都进行了裁减。

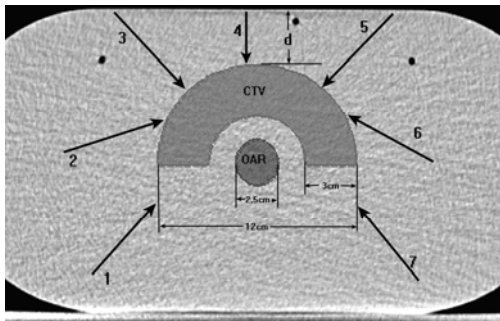


Fig.2 CTV and OAR were schematic illustrated in a transverse section of the phantom. The arrows represented orientations of 7 beams that were used in the treatment plan

1.2.3 制定调强治疗计划 为每一组靶区和重要器官设计调强计划,共 10 个治疗计划,分别记为 trail 1, trail 2, ..., trail 10;所有计划均使用 7 个共面照射野,第 1 个野的角度为 207° ,由此按顺时针方向逐个递增 51° ,第 1 野和第 7 野之间的夹角为 54° (见图 2);设定如下的目标函数:CTV 的处方剂量为 6000 cGy,处方点为靶区中心点,整个疗程为 30 次,每次 200 cGy;OAR 的剂量限制为超过 3800 cGy 的受照体积为 0。

1.2.4 调强计划需要达到的标准 所有的调强计划结果均要求靶区内的平均剂量为 6000 cGy,接受了高于处方剂量 95% (5700 cGy) 的体积 (V_{95}) 占全靶区体积的百分比不低于 97%,最大剂量点剂量不超过处方剂量的 107% (6420 cGy);具有一致的体积-剂量直方图 (DVH)。

1.2.5 取样本点 在每一个 trail 中,分别在表面下 0.1 cm 和 0.7 cm 处,以模体中轴线为基准,在 X 轴上分别向两边各选取 30 个样本点,点与点之间的间距为 0.4 cm,总距离为 24 cm,即 CTV 外直径的 2 倍;采用归一点剂量显示方式,分别读取这些点对应的剂量值。在同一 ROI 深度处,同一表面深度处,总共读取 61 个样本点的剂量值。

2 结果

10 个调强计划在满足同样的目标条件下所需要的机器跳数 (Monitor unit, MU) 如图 3 所示。由图中可以看到,第一组需要的机器跳数远大于其它组,与所需跳数最少的第 7 组相比高出了 70.7%,绝对差为 415.6 MU。而放射治疗中跳数的增加意味着散射剂量的增加,从而导致周围组织受到的剂量增加。除去第一组的跳数,其它组的跳数的平均值为 644.5 MU,最大值与最小值之间相差 106 MU。

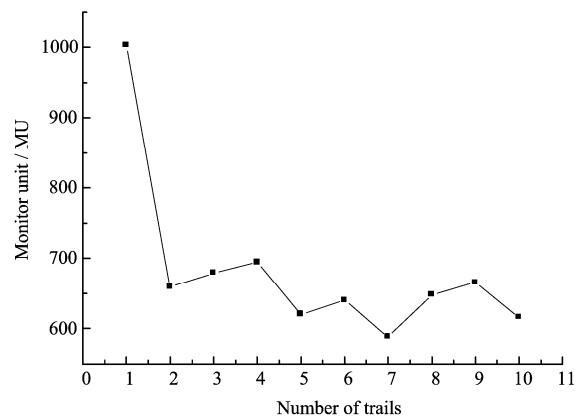


Fig.3 The comparison of MUs needed in ten trails

在表面下 0.1 cm 处，10 组计划中的 4 组在 X 轴方向剂量分布如图 4 所示，这 4 组计划中的靶区顶部与表面的距离 d 分别为 0.1 cm、1.1 cm、5.1 cm 和 7.1 cm。图 5 为在表面下 0.7 cm 处， d 分别为 0.1cm、1.1 cm、5.1 cm 和 7.1 cm 的 4 组计划中沿 X 轴方向的剂量分布。由图 4 和图 5 可以看到，当靶区离表面很近时，表面附近的剂量值可比靶区离表面较远的情况下的剂量值高 5 倍左右；随着靶区离表面的距离的增加，表面附近的剂量值会迅速降低到处方剂量的 1/3，并在此范围内波动。表 1 分别列出了 10 个计划中表面下 0.1 cm 处和 0.7 cm 处 X 中心轴上的剂量值。

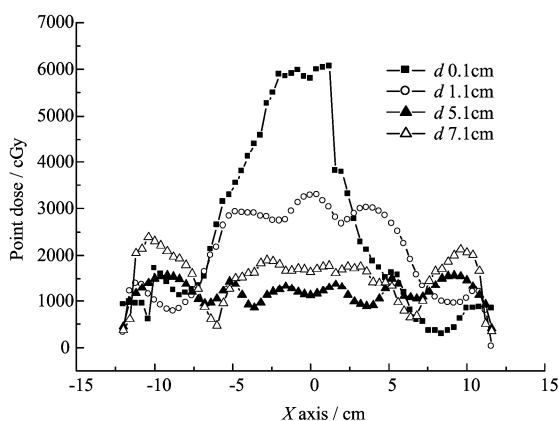


Fig.4 The dose profiles along X axis in different trails with different d values under surface 0.1cm

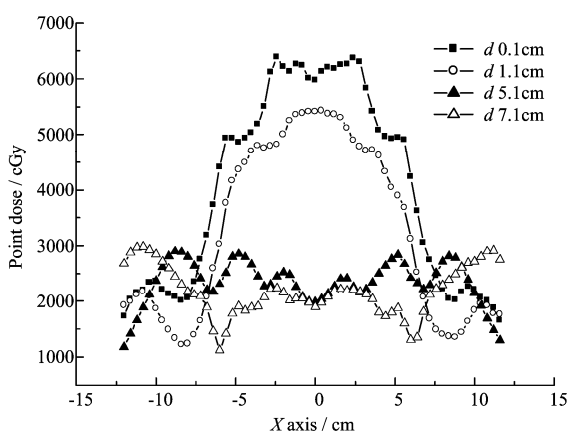


Fig.5 The dose profiles along X axis in different trails with different d values under surface 0.7cm

Table 1 The dose values at X=0 for ten trials

Depth	Serial number of plan				
	Trail1	Trail2	Trail3	Trail4	Trail5
0.1cm	5798	3280	2791	1716	1255
0.7cm	5967	5410	4439	2192	2126

Depth	Serial number of plan				
	Trail6	Trail7	Trail8	Trail9	Trail10
0.1cm	1130	1624	1641	1731	1427
0.7cm	1990	1881	1897	2130	1823

3 讨论

皮肤毒性反应是放射治疗当中经常要遇到的问题。研究每一个可能引起皮肤毒性的原因，从而寻找能够降低皮肤毒性的解决方案，对放射治疗的临床工作都具有实际的价值。据 Emami 等^[7]人的估计，使用兆伏级射线治疗手段，当皮肤接受到的剂量超过 55 Gy 时，5% 的患者将出现皮肤溃疡，而当皮肤接受到的剂量超过 70 Gy 时，50% 的患者将出现皮肤溃疡。另外，放射性皮炎的发生不仅与皮肤所受剂量和使用的照射能量相关，而且与照射的面积和体积也相关^[8]。因此，在实施放射治疗之前，如果能对皮肤表面的剂量分布有一个较为准确的估计，将对放疗过程中的皮肤毒性反应的监测起到一定的指导作用。

本文的实验表明，肿瘤部位与表面的相对距离也许是一个明显影响表面剂量分布的参数。使用调强治疗技术，肿瘤的部位越浅，需要的 MU 就越多。文中所有数据均来自于治疗计划系统的计算值。虽然在给定靶区处方剂量的情况下，调强计划（3D 适形也一样）会在靶区及相邻区域内产生有一定梯度的高剂量区，当靶区靠近表面，表面也就进入高剂量区，表面剂量升高，但由于皮肤区域有建成区效应的影响，会表现出与其它组织区域不同的剂量分布和特性，同样的剂量值要求的跳数会显著增加。这些增加的跳数对患者具有什么样的影响，目前尚无定论，需要在下一步的研究中使用不同的实际测量手段来进行实际的测量和比较，包括对在模体、实际病人条件下的表面剂量及周围剂量的测量和分析。另外皮肤表面的剂量越高，越有可能对皮肤造成辐射损伤。这就是为什么伴有淋巴结转移的头颈部肿瘤使用调强技术时皮肤表面的剂量增高，而前列腺肿瘤使用调强技术时皮肤表面的剂量降低的原因。因此对于较大面积的浅部肿瘤，调强治疗技术并不非常适用。但实际的治疗情形往往是同一个患者同时需要照射较深处和较浅部的靶区，并对它们同时使用调强治疗技术进行照射。在这种情况下，有必要对浅部肿瘤附近的皮肤表面剂量有一个正确的估计，从而对治疗过程中可能出现的皮肤毒性反应有一定的预见性。

设计一个既能模拟临床情形，又能从剂量学角度说明问题的实验是本文的一种尝试，本文的模拟结果表明，当靶区距离皮肤较近或接近时，靶区对皮肤的吸收剂量构成较大的影响，当临床上遇到这类靶区时，应考虑皮肤的反应，并着重考虑是否可以用其他办法避开或减轻这种反应。进一步的研究，

需要使用大的动物模型, 或结合临床治疗病例, 探索在调强计划设计中降低皮肤表面吸收剂量的各种技巧, 并针对不同临床靶区类型进行有针对性的规律总结, 以完善上述研究结果和推论。

参考文献

- 1 Mundt A J, Roeske J C. Intensity modulated radiation therapy—a clinical perspective, Chicago: BC Decker Inc. 2005, 1
- 2 赵充, 卢丽霞, 韩非, 等. 中华放射肿瘤学杂志, 2006, **15**(5), 364-368
ZHAO Chong, LU Lixia, HAN Fei, *et al.* Chin J Radiat Onco, 2006, **15**(5): 364-368
- 3 Higgins P D, Han E Y. Phys Med Biol. 2007, **52**(4): 1135-1146
- 4 Nesrin Dogan, Glenn P. Med Phys, 2003, **30**(12), 3091-3096
- 5 Nancy Lee, Cynthia Chuang, Quivey J M, *et al.* Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2002, **53**(3), 630-637
- 6 Chow J C L, Grigorov G N, Barnett R B. Medical Dosimetry, 2006, **31**(4): 249-258
- 7 Emami B, Lyman J, Brown A, *et al.* Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1991, **21**(1): 109-122
- 8 Von Essen C F. Radiat Ther Oncol, 1972, **6**(2): 148-159

Evaluation of surface dose for intensity-modulated radiation therapy by the relative distance between tumor and surface

WANG Shichao FU Yuchuan XIAO Jianghong JIANG Qingfeng
(Radiation Physics Technique Center, West China Hospital, Chengdu 610041, China)

ABSTRACT Intensity-modulated radiation therapy(IMRT) has been shown clinically to increase skin doses for some patients and to decrease skin doses for other patients. A set of IMRT plans for hypothetic targets in a solid-water phantom were designed to investigate the reasons. The results showed that the relative distance between tumor and surface was an important parameter which would affect surface dose strongly. The smaller distance would lead to the more monitor units (MUs), the higher dose at surface and the more probability for severe skin toxicity reaction.

KEYWORDS Intensity-modulated radiation therapy, Tumor position, Surface dose, Skin toxicity

CLC R739