

立体定向放射治疗与调强适形放射治疗的比较

刘原照

北京医院放疗科(北京,100730)

中图分类号:R730.55

文献标识:B

文章编号:1009-6604(2003)04-0286-02

二十一世纪,由于现代加速器、计算机技术和影像学技术的发展,使放射治疗进入了精确定位、精确摆位、精确治疗的三维适形放射治疗新阶段。采用常规分次方式的立体定向放射治疗实质上就是三维适形放射治疗(Three dimensional conformal radiotherapy, 3DCRT)。在国内经过近十年的应用,对其适应证及并发症有一定的认识。调强适形放射治疗(Intensity modulated radiotherapy, IMRT)是近几年才引进的新技术。一般来说,为达到剂量分布的三维适形,必须满足两个条件:一是在照射方向上,射野形状与靶区一致,二是靶区内诸点的输出剂量率能按临床要求的方式进行调整。满足第一条的 3DCRT 称之为狭义适形放射治疗;满足两个条件的 3DCRT 称之为广义适形放射治疗(IMRT)。IMRT 就是三维适形放射治疗的一种特殊形式。IMRT 与 3DCRT 比较有何优势?有何劣势?就下面几个方面进行比较。

一、发展史

二十世纪 50 年代,一直从事功能性立体定向神经外科研究的 Leksell 首先提出放射外科的概念,设计第一台简易的放射外科治疗机,并治疗脑动静脉畸形。1967 年在瑞典, Karolinska 研究所产生第一台 γ 刀。1982 年在巴黎, Betti 采用直线加速器实现放射外科,称之为 X 刀。在治疗恶性肿瘤时,依据放射生物学原理,人们利用 X 刀技术作常规分次治疗,发展成为 3DCRT^[1]。

二十世纪 70 年代, Bjarngard 等提出 IMRT 的概念。由于当时计算机技术及剂量计算模型条件的限制, IMRT 还不能实施。多叶光栅(MLC)及计算机控制系统的建立和发展,为 IMRT 铺平了道路。80 年代 Brahme 教授提出逆向计划设计的概念,以及笔形束计算模型的建立和发展,为 IMRT 提供了先决条件。在世界上, NOMOS 公司最早在加速器上利用微型多叶光栅(MIMiC)准直器,实现了 IMRT^[2]。

二、主要实现方式

1. 3DCRT 可用多个弧形照射野及多个适形照射野两种方式实现 3DCRT。多个弧形照射野是采用圆形准直器,一般给予 5~8 个放射弧形成放射剂量的集束,它更适于治疗颅内较小的类圆形肿瘤。多个适形照射野多采用 5~8 个非共面的与靶区截面一样的固定放射野组合照射而成。它更适合于形状不规则的靶区,多应用在体部肿瘤的治疗。

2. IMRT 有多种实现方式。仅介绍 5 种主要的实现方式^[3]。

(1) 二维物理补偿器(compensator)

由逆向计划系统计算出每个照射野的强度分布,按此要求由计算机控制制作相应的补偿器。它是一种较广泛使用而可靠的物理调强技术。

(2) 多叶准直器静态调强(step and shot)

将射野要求的强度分布进行分级,每一个放射野分解成一系列子野。利用多叶准直器分步依次照射。所有子野的强度相加形成要求的强度分布。它不需要制作多个射野补偿器以及手工替换补偿器,这远优于二维物理补偿器的 IMRT,但是该方法耗时多,射线利用率低,叶片间射线漏射量也会增加。

(3) 多叶准直器动态调强

利用多叶准直器的一对叶片的相对运动实现。它包括动态叶片、动态多叶准直器扫描及动态弧形调强等方法。动态叶片法是通过控制一对叶片的相对位置和停留时间来实现在强度的调节。动态多叶准直器扫描是在动态叶片技术的基础上,配以加速器笔形束输出强度调节。动态弧形调强综合了前两个技术,在机架旋转同时由多叶准直器形成的照射野始终处于不断的变化中,其光子利用率高,也不存在相邻野的衔接问题。

(4) 断层治疗

利用特殊设计的多叶准直器形成的扇形束围绕患者的纵轴旋转照射,完成一个切面后,利用床的步进或缓慢前进,完成下一切面的治疗。

(5) 电磁扫描调强

通过计算机控制的两对正交偏转磁铁电流的大小,改变电子线或电子击靶方向,产生方向不同或强度各异的电子或 X 射线笔形束,形成要求的剂量强度分布。它是实现调强的最好方式。与前几种方式比较,不仅光子利用率高,治疗时间短,而且可实现电子束和质子束的调强治疗。

三、治疗设备及过程

3DCRT 采用特殊的体位固定器固定后,作 CT 获得图像进行三维重建,在计划系统上勾画靶体积及危险器官的轮廓,确定 5~8 个放射弧或适形放射野,让计划系统作出剂量计算,人为调整放射野参数进行剂量优化,直至满意为止。打印出放射弧或适形放射野的治疗数据,在加速器上逐步实施。可见 3DCRT 需要利用 CT、计划系统及加速器完成治疗。

IMRT 的患者数据采集与 3DCRT 一样,不同之处在于计划系统作治疗方案为逆向设计过程。先由医生确定治疗的目标和剂量分布要求(靶区边缘剂量分布,危险器官的限制剂量等),然后计算机通过数学方法自动推导出一个方案,医生及物理师要根据初步的方案,作必要的设定参数调整,直至计算机得出最接近目标剂量分布函数的实际的照射方案。另外,还需要一个 DICOM 接口连接相应的设备(CT 模拟定位机、治疗计划系统、加速器、医生检查站及肿瘤管理系统等)。要实现治疗数据的网上传递、治疗计算机和治疗验证系统的双向控制。由于 IMRT 能够优化配置照射野内各射线束的权重,使三维剂量分布与靶区的实际形状更一致,IMRT 能够提高靶区的照射剂量,减少正常组织的受量。

四、临床应用

放射治疗从兆伏阶段发展到三维适形的精确治疗阶段。对因局部失败或因局部失败未控瘤细胞再生导致远地转移的肿瘤患者,通过 3DCRT 可提高局控率,进而提高生存率,尤其对 IMRT 而言,在提高生存率的同时,因对正常组织更有效的保护,而提高了患者生存质量。3DCRT 与 IMRT 在治疗肿瘤适应证方面有一些差异。见表 1。

表 1 3DCRT 与 IMRT 治疗肿瘤适应证的比较

适应证	3DCRT	IMRT
脑转移瘤	* *	*
脑胶质瘤	*	* *
头颈肿瘤	*	* *
前列腺癌	*	* * *
食道癌	*	* *

* 代表适合度

1. 脑恶性肿瘤:

(1) 对于脑转移瘤,多为类球形小病灶,采用 3DCRT 优于 IMRT,可做到很好的适形,靶周脑组织受量低。Meeks^[4]通过比较(图 1),可见 3DCRT 照射剂量更集中。

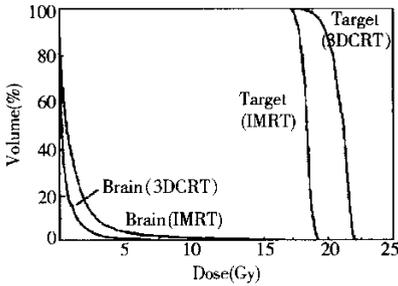


图 1 3DCRT 与 IMRT 剂量体积直方图的比较 (volume - 体积, dose - 剂量, brain - 脑, target - 靶)

(2) 对于多个转移灶融合形成不规则靶区,尤其是大部分脑胶质瘤,采用 3DCRT 使得靶区剂量不均匀度及靶周脑组织受量明显增加。临床上有三分之一的病人有不同程度的并发症。采用 IMRT 能够优化配置照射野内各射线束的权重,使剂量分布在三维各方向上与靶区的实际形状一致,在靶区剂量分布均匀的同时,还可以在靶边缘形成非常陡的剂量梯度,以减少脑组织受量。Cardinale^[5]通过比较研究结果显示:对于类圆形病灶,3DCRT 的靶区最大剂量与周边剂量的比值(代表均匀度)及计划体积与靶体积的比值(代表适形度)分别为 1.9 和 1.85,与 IMRT 的 1.12 和 1.8 相似,但是,对于不规则的肿瘤靶区,3DCRT 的两个比值分别为 3.57 和 2.47,远大于 IMRT 的 1.16 和 1.46。他证实了 IMRT 的优势。

2. 头颈肿瘤

头颈肿瘤放射治疗后唾液腺分泌减少一直是困扰患者的主要问题。常规放射治疗联合 3DCRT 补量照射,腮腺不可避免地受到损伤。Eisbruch^[6]研究若想保存腮腺分泌功能,其平均剂量不应超过 26Gy。IMRT 照射区与靶区更适形,在保证靶区 70Gy 的同时 50% 的腮腺受量 < 30Gy,因此 IMRT 可以保护腮腺功能。

3. 前列腺癌

前列腺癌放射治疗控制率与放射治疗剂量有直接关系。Memorial Sloan - Kettering 医院报道^[7]放射剂量越高,局部控制率越高。见表 2。Zelevsky^[8]采用 3DCRT 及 IMRT 分别治疗 61 例和 171 例前列腺癌,所有病例的处方剂量均为 81Gy,由

表 3 及表 4 可见,虽然在急性尿道毒性方面两种方法无显著性差异,然而急性直肠毒性的发生率 IMRT 明显低于 3DCRT。

表 2 前列腺癌放射治疗剂量与控制率的关系

剂量	活检阴性数	局部控制率
64.8 Gy	11/23	48%
70.2 Gy	30/51	59%
75.6 Gy	42/58	72%
81 Gy	17/18	94%

表 3 前列腺癌放疗后急性尿道毒性

	RTOG 评分				P
	0	1	2	3	
IMRT	17%	63%	20%	0%	0.60
3DCRT	22%	58%	20%	0%	

表 4 前列腺癌放疗后急性直肠毒性

	RTOG 评分				P
	0	1	2	3	
IMRT	30%	56%	14%	0%	0.008
3DCRT	14%	67%	19%	0%	

4. 食道癌

食道癌的放射治疗靶区临近脊髓,而且过多的肺组织受到照射。Nutting^[9]利用 5 例食道癌进行两种方法比较,发现 IMRT 的肺组织平均受量(9.5Gy ± 2.3Gy)比 3DCRT 的(11Gy ± 2.9Gy)低(P = 0.001);IMRT 受照射肺体积占全肺的比例为 14.1% ± 10.1%,比 3DCRT 的 18.9% ± 11.9% 低(P = 0.001)。可见 IMRT 在降低肺组织受量方面有一定的优势。

就目前而言,IMRT 在治疗前列腺癌,头颈肿瘤保护腺功能方面已有成熟的经验。IMRT 治疗较大、形状不规则、靠近重要器官的病灶比 3DCRT 有优势,但是,IMRT 面临许多问题尚需解决:有些剂量分布从物理学上无法达到,有些靶区不确定性,优化算法及多叶准直器的漏射、散射等。无论如何,随着时代的发展,IMRT 将是本世纪放射治疗技术的主流。

参 考 文 献

- 张纪. 立体定向放射外科发展与现状. 见:王迎选,王所亭. 现代立体定向放射治疗学. 北京:人民军医出版社,1999. 1 - 19.
- 胡逸民. 调强适形放射治疗. 见:胡逸民. 肿瘤放射物理学. 北京:原子能出版社,1999. 538 - 612.
- 李高峰. 调强放疗及质量保证. 研究动态, 2001, 2: 24 - 26.
- Meeks SL, Buatti JM, Bova FJ, et al. Potential clinical efficacy of intensity - modulated conformal therapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1998, 40: 483 - 495.
- Cardinale RM, Benedict SH, Wu Q, et al. A comparison of three stereotactic radiotherapy techniques; arcs VS noncoplanar fixed fields VS intensity - modulation. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1998, 42: 431 - 436.
- Eisbruch A, Dawson LA, Kim HM, et al. Comprehensive irradiation of head and neck cancer using conformal multisegmental fields: assessment of target coverage and noninvolved tissue sparing. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1998, 41: 559 - 568.
- 于金明,李宝生. 调强放射治疗研究进展. 中华放射肿瘤学杂志, 2001, 10: 279 - 282.
- Zelevsky MJ, Leibel SA, Kutcher GJ, et al. Three - dimensional conformal radiotherapy and dose escalation: where do we stand? Semin Radiat Oncol, 1998, 8: 107 - 114.
- Nutting CM, Bedford JL, Cosgrove VP, et al. A comparison of conformal and intensity - modulated techniques for oesophageal radiotherapy. Radiat Oncol, 2001, 6: 157 - 163.

(收稿日期 2002 - 03 - 27)
(修回日期 2002 - 07 - 22)