

文章编号: 1001-098X(2002)01-0035-03

## 全身照射的剂量学方法

李智华<sup>1</sup>, 李迎新<sup>2</sup>

**摘要:** 全身照射是治疗白血病和晚期实体瘤的一个重要组成部分, 然而由于各放疗中心的设备状况、射线的能量、射野大小及治疗室的大小各不相同, 从而使各放疗中心所采用的物理照射技术也不相同。因此, 对比各种不同物理照射技术及临床结果, 对于确定最佳放射治疗计划就显得非常重要。本文从照射体位及射野均匀性、剂量计算、处方计算及分次照射、肺铅挡等四个方面讲述全身照射的剂量学方法, 这个问题也是放疗医生、特别是放射物理人员在实施全身照射以前必须解决的问题。

**关键词:** 特殊照射技术; 全身照射; 剂量计算

**中图分类号:** 817.4 **文献标识码:** A

## The dosimetry method of the total body irradiation

LI Zhi-hua<sup>1</sup>, LI Ying-xin<sup>2</sup>

(1. Department of radiotherapy, Tianjin Cancer Hospital, Tianjin 300060; 2. Department of Biomedical Engineering, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China)

**Abstract:** The total body irradiation (TBI) is an important treatment part for the patients with leukemia or cancer. But the realization of the TBI has to have regard to the present treatment machines and the possibilities of their arrangement in the radio-oncology department, e.g the X-ray energy, the maximal field size and the size of the treatment room. The irradiation techniques used in the different radiotherapy center are different. And the treatment planning of total body irradiation shows partially other problem than the conventional treatments. The treatment parameters used in TBI are more than the conventional treatments. So it is very important to compare the all kinds of treatment techniques and the clinical results in different radiotherapy centers. This article will describe the dosimetry methods of the TBI in 4 parts below.

**Key words:** special irradiation; total body irradiation; dosimetry

全身照射的首次使用是在1923年, 由 Chaoul H 和 Lange K 完成<sup>[1]</sup>, 其发展至今已由单纯地用于骨髓移植病人, 扩展到用于晚期实体瘤病人。目前, 全身照射在骨髓移植治疗白血病和晚期实体瘤方面已成为其重要的组成部分, 因此越来越引起人们的关注。然而, 由于各放疗中心的设备状况、射线的能量、射野大小及治疗室的大小各不相同, 从而使各放疗中心所采用的物理照射技术也不相同。而加速器治疗室的大小是决定全身照射中病人照射体位的主要因素。另外还有一些问题有待放射生

物学家来回答, 如全身照射的剂量与疗效之间的关系还不清楚, 最佳剂量的给予、有效剂量率、均匀度及分次情况等都没完全确定, 由于各放疗中心所选择的这些照射参量各不相同, 只能通过临床结果得出结论, 因此各种不同物理照射技术及临床结果的比较对于确定最佳放射治疗计划就显得非常重要。

### 1 照射体位及射野均匀性

在全身照射中, 为了获得尽可能大的照射野, 以便包括整个病人身体, 通常采用增加放射源到病人之间的距离, 即增加源皮距(SSD)的方法, 这时需要有一个面积较大的加速器治疗室或<sup>60</sup>Co治疗室。一般, 当SSD增加到4m左右时, 单个照射野便可照射整个病人身体, 大多数放疗中心采用对角线技术, 即将机头转45°, 病人身体的长轴沿着照

收稿日期: 2001-12-03

**作者简介:** ①李智华(1958), 女, 天津人, 天津医科大学附属肿瘤医院放疗科(天津, 300060)副研究员, 主要从事临床放射物理工作。

②李迎新(1957), 男, 天津人, 天津医科大学生物医学工程系(天津, 300070)教授, 主要从事激光研究。

射野的对角线放置,以便进一步增加沿病人轴方向的射野大小。对于无法得到大射野的中心,如治疗室面积小或治疗机所能提供的射野较小,这时通常采用坐位或胎儿位;如果单野能将病人整个身体罩住,多采用仰卧位或侧卧位,还有一些中心采用多野照射技术、旋转束照射技术或移动束照射技术。需要指出的是:所采用的照射技术越复杂,在全身照射的实施中出现问题的概率越大。设计病人照射体位的原则是:在满足全身照射各项指标的前提下,照射技术越简单越好。无论采用何种照射技术,病人的舒适是非常重要的,只有保持舒适的照射体位,病人才可能在全身照射中保持不动,这是全身照射能顺利实施的可靠保证。另外,对于多野照射,在射野相邻处有可能出现欠剂量和过剂量。射野越多,治疗计划越复杂。

在大多数放疗中心,全身照射治疗计划设计的宗旨是使病人身体各部位有一个均匀的剂量分布,而均匀度取决于束流的均坦度、所采用的照射技术和病人自身轮廓等因素。在SSD为100 cm时,最大射野的均坦度一般能达 $\pm 3\%$ ,这是加速器治疗机生产厂家保证的,当SSD拉长至400 cm左右时,其射野边缘剂量要比中心处剂量低 $7\% \sim 8\%$ <sup>[2]</sup>,这一指标会随加速器治疗机的不同而有所不同,每个中心都必须对其进行实际测量。在均匀性方面,任何小野都无法与大野相比<sup>[2]</sup>, $\pm 20\%$ 的不均匀度已经被临床所接受<sup>[3]</sup>,而 $\pm 10\%$ 的剂量均匀度可通过使用补偿器来获得<sup>[4]</sup>。病人表面剂量应给予重视,由于高能X射线的剂量建成效应,<sup>60</sup>Co $\gamma$ 射线至能量10MV X射线的表面剂量一般在 $79\% \sim 90\%$ 。为了提高病人体表剂量,可在病人前方设置适当厚度的散射屏,散射屏通常采用有机玻璃板,散射屏的厚度取决于所用射线的建成区的大小,能量越高,建成区越大,所需散射屏的厚度也越大。例如,对于6MV X射线,散射屏的厚度为1 cm左右,这样可使建成区深度小于0.5 cm,而且使表面剂量达到95%。另外,散射屏放置的位置常是在病人前方,但不可离病人太远。

## 2 剂量计算

在进行全身照射的剂量计算以前,首先要说明处方剂量点所处的解剖位置,并说明全身剂量的均匀性要求。一般来说,各放疗中心将处方剂量点

多选在腹部或骨盆体中线处。另外,医生必须给出肺中线剂量<sup>[5]</sup>或肺区域内的最大剂量<sup>[6]</sup>。全身照射的剂量计算公式常选用百分深度剂量(PDD)、组织最大剂量比(TMR)、组织空气比(TAR)或组织体模比(TPR)等计算方法。需要注意的是,全身照射与常规放疗不同,TAR、TPR、TMR通常被认为与SSD无关,但此时由于治疗距离变化较大,照射野也不是常规野,这将引起散射线量的变化,使TAR、TPR和TMR与SSD无关这一结论不再成立<sup>[7]</sup>,这些值将增加4%左右<sup>[8]</sup>,平方反比定律也将不再严格遵守,将有2%~6%的偏差<sup>[3,7]</sup>,这是由于来自地板、墙及限束系统的散射线的贡献。吸收剂量的绝对校正应按照国际放射性单位与测量委员会颁发的ICRU-28号报告或美国医学物理学协会颁发的AAPM-29号报告所推荐的标准剂量校正规程来计算,但某些常规程序需要加以调整,以适合全身照射治疗时的几何条件,例如病人在远距离条件下照射,那么校正就要在远距离下进行。另外,在计算中要考虑肺组织的不均匀性<sup>[7]</sup>,通过实际测量了解肺部在不加肺铅挡时各点所受剂量,根据总处方剂量与肺部要求剂量之间的关系,确定是否应该加肺部铅挡,并通过实测了解加铅挡后肺部所受平均剂量和最大剂量等,这是针对每个病人必须考虑的,而对病人身体其他器官和组织一般不予考虑。

## 3 处方剂量、剂量率及分次

20世纪70年代末到80年代初,全身照射大多采用单次照射,大多数放疗中心的处方剂量最大为10 Gy,肺处方剂量为8 Gy。在全身照射过程中,最重要的是避免间质性肺炎的发生,间质性肺炎不仅与肺剂量有关,还与有效剂量率有关。有实验表明<sup>[3]</sup>:剂量率在 $50 \sim 400$  Gy/min时,当肺剂量为7.5 Gy,就会发生间质性肺炎,肺剂量达9.3 Gy时,间质性肺炎的发生率会增至50%;在剂量率为 $1 \sim 5$  cGy/min时,间质性肺炎始发剂量值升至9 Gy,当肺剂量超过9 Gy时,常出现严重的并发症,其中间质性肺炎的死亡率高达62%,它是骨髓移植死亡的主要原因<sup>[9]</sup>。80年代中期以后,大多数中心采用分次全身照射,总处方量由单次全身照射的 $8 \sim 10$  Gy升至 $12 \sim 15$  Gy。Jensen JM<sup>[10]</sup>报道:总处方量为12 Gy,肺剂量为11 Gy,分为6次共3日,每日两次,剂量率为12 cGy/min,5年存活率为39%,其

中 56% 无严重并发症, 长期副作用有白内障、智力发展迟钝, 骨坏死只有 8%。美国 Morgan T<sup>[11]</sup> 对 132 例接受大剂量照射, 或分次照射的病人进行统计, 结果间质性肺炎的发生率为 25%, 他们的结论是, 分次放疗并不能降低间质性肺炎的发生率。而有人认为, 无论单次全身照射和分次全身照射、高剂量率与低剂量率, 其肿瘤复发率、4 年无病生存率、间质性肺炎发生率均无显著差异。看来, 各放疗中心得到的结论不太一致。单次大剂量照射、分次大剂量照射、剂量率及其相互间的关系, 以及它们与间质性肺炎发生率、复发率和生存率之间的相互关系还没有完全清楚, 尚待深入探讨。

#### 4 肺铅挡

在全身照射过程中, 由于肺组织密度较低, 因此通常肺部剂量比处方量高出 7% ~ 15%, 每个放疗中心都要对此值进行实际测量。测量要在人体体模中进行, 如 ALDERSON 人体体模, 将热释光剂量计置于 ALDERSON 人体体模的小孔中, 从而了解各点实际剂量; 或者将慢感光胶片夹在 ALDERSON 人体体模的夹层中, 通过测量胶片的黑度, 间接求出各点所受剂量值。大多数中心给腹部体模中线处总处方量为 10Gy 时, 肺剂量要在 8 Gy 以下, 因此通常采用肺铅挡将肺剂量降至 8 Gy, 也有的放疗中心由病人手臂来代替挡铅。有调查表明<sup>[12]</sup>, 在欧洲, 约有 22% 的中心不使用任何肺铅挡, 14% 的中心用病人手臂来减少肺受量, 57% 的中心使用肺铅挡或补偿器, 7% 的中心没有回答。在用 8MV X 射线照射时, 手臂将剂量衰减 15% ~ 25%。能量不同, 剂量衰减不同。

那么, 使用肺部铅挡和不使用肺部铅挡的疗效如何呢? Roth J<sup>[13]</sup> 报道: 用肺铅挡的病人, 其 3 年无病生存率为 69%, 用胳膊挡肺的病人, 其 3 年无病生存率为 53%; 对于 3 年总生存率, 用肺铅挡的病人为 60%, 用胳膊挡肺的病人为 67%, 两者没有统计学差异。Labor B<sup>[14]</sup> 的研究结果也表明: 用与不用肺铅挡, 间质性肺炎发生率分别为 (5 ± 5)% 和 (15 ± 14)%, 差异显著; 但对生存率和复发率影响

不大, 生存率分别为 (54 ± 18)% 和 (51 ± 18)%, 复发率分别为 (22 ± 18)% 和 (24 ± 18)%。

总之, 要使全身照射标准化的可能性不大, 也没有必要。由于每个放疗中心只有少量的全身照射病人, 故人们渴望比较临床结果。因此, 无论是进行全身照射以前, 还是以后, 仔细研究影响全身照射疗效的物理参数是非常重要的。

#### 参考文献:

- 1 Chaoul H, Lange K. Uber Lymphogranulomatose and ihre roentgenstrahlen[J]. Munchen Med Wehnschr, 1923, 70: 725-727.
- 2 Douglas P. Tagungsberichte der Schweiz[M]. Ges. fur Strahlenbiologie und strahlenphysik. 2000, S50-S56.
- 3 Mulvey P J. Technique and Dosimetry for TBI at University College Hospital[J]. J Eur Radiother, 1982, 4: 241-242.
- 4 Quast U. Physical treatment planning of total body irradiation [J]. Medizinische Physik, 2001, 12: 567-574.
- 5 Van Dyk J. Dosimetric consideration of very large Cobalt-80 field[J]. J Radiat Oncol Biol Phys, 1980, 6: 753-759.
- 6 Bris F. Optimierung der Dosisverteilung bei der ganzkorperbe strahlung durch kompensator[J]. Strahlentherapie, 2000, 160: 108-113.
- 7 Galvin J M. Calculation and prescription of dose for total body irradiation[J]. Strahlentherapie, 2000, 9: 1019-1024.
- 8 Lizuain M C. Dosimetry procedures for TBI in Barcelona[J]. Medizinische Physik, 1998, 4: 222-223.
- 9 Fitzgerald M. Dosimetry for TBI of children at St. Bartholomew's Hospital[J]. J Eur Radiother, 1997, 4: 237-240.
- 10 Jensen JM. Total body irradiation using compensator 13 years of experience[J]. Radiotherapie, 1997, 43(suppl. 2).
- 11 Morgan T. A comparison of single-dose and fractionated total-body irradiation on the development of pneumonitis following bone marrow transplantation[J]. Strahlentherapie, 2000, 4: 561-563.
- 12 de Vroome H. Technique and dosimetry of TBI at Leiden [J]. J Eur Radiother, 1982, 4: 215-216.
- 13 Roth J. Technique and dosimetry of total body irradiation in basel[J]. J Eur Radiother, 1992, 3: 227-229.
- 14 Labor B. Bone Marrow Transplantation[J]. Medizinische Physik, 1999, 9: 343.