

全身照射中的“完全斜率法”肺屏蔽技术及其应用:附20例分析

董洁,陈海,刘晓东,邓素芬

广州军区广州总医院放疗中心, 广东 广州 510010

【摘要】目的:报道在20例全身照射患者中采用“完全斜率法”进行肺屏蔽技术,并对屏蔽效果进行验证。**方法:**根据每位患者的模拟定位片,在计算机控制下精确切割肺挡块,实现X射线光源投射方向、挡块斜率和肺部体表投影的基本一致。采用双点定位对肺挡块进行高精度摆位,并与手工制作和固定肺挡块的方法相比较。采用6 MV X射线对患者行前后对穿野分次照射,根据监测结果进行分段肺屏蔽和全身剂量均匀性计算。**结果:**全部患者的实测吸收剂量达到临床要求,“完全斜率法”的肺挡块在头足方向和左右方向上的摆位准确度和相对标准偏差均小于传统方法。**结论:**利用“完全斜率法”制作和定位肺挡块能有效提高全身照射肺屏蔽精度,限制肺挡块半影区的影响,降低摆位误差的影响,质量控制显著优于传统手动方法。

【关键词】全身照射;肺挡块;完全斜率法;摆位误差

【中图分类号】R733.7;R816

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2017)04-0344-04

Efficacy of "perfect gradient" lung shielding technique in total body irradiation: an analysis of 20 cases

DONG Jie, CHEN Hai, LIU Xiaodong, DENG Sufen

Radiotherapy Center, General Hospital of Guangzhou Military Command, Guangzhou 510010, China

Abstract: Objective To analyze the effect of the "perfect gradient" method for lung shielding in 20 patients receiving total body irradiation (TBI). **Methods** For 20 patients scheduled for TBI, the lung block was precisely cut under the control by a computer according to the simulator image of each patient to ensure the consistency among the projection direction of X-ray, the gradient of the lung block, and the skin projection of lungs. The lung block was positioned and fixed with a high precision using a two-point localization method, and the result was compared with that of manually prepared lung blocks. Fractionated TBI with 6 MV X-Ray of the anterior-posterior fields was administered in the 20 patients. Based on the monitoring results, the results of lung shielding and the dose uniformity were calculated. **Results** The measured absorbed doses in different regions of the body met the clinical requirements in all the 20 patients. The "perfect gradient" method resulted in a much higher positioning accuracy and a lower relative standard deviation than the conventional manual method both in the head-feet and the left-right orientations. **Conclusion** The "perfect gradient" method for preparing and positioning of the lung block can effectively improve the precision of lung shielding in TBI, obviously reduce the impact of the physical penumbra and positioning error on dose distribution, and allows better quality control than the conventional manual method. **Keywords:** total body irradiation; lung block; "perfect gradient" method; positioning error

前言

全身照射(Total Body Irradiation, TBI)是放射治疗的特殊照射方法之一,广泛应用于骨髓移植和外

周血干细胞移植治疗,其疗效已得到肯定^[1-2]。研究表明,21世纪以来,在小儿急性白血病或成人白血病中,含TBI的方案较非TBI的治疗方案有更好的疗效^[3-5]。随着白血病发病率逐年提高,骨髓移植作为治疗白血病的主要方法,也逐渐在各级放疗中心开展起来。

放射性肺炎是全身放疗的并发症之一,肺的并发症被认为是造成患者死亡的主要原因^[6],且无有效治疗手段。因此,肺部的剂量控制是TBI中最重要的环节之一,其精准程度是衡量TBI质量的重要标

【收稿日期】2016-12-27

【基金项目】国家自然科学基金青年基金(81501466)

【作者简介】董洁,女,物理师,研究方向:放射物理与放疗质量控制, E-mail: dongjie786@126.com

【通信作者】陈海,主管技师,研究方向:放射物理、放射防护和质量控制, E-mail: 13302293628@163.com

准^[7-9]。提高肺屏蔽的精度、保证肺的处方剂量、减少放射性肺炎的发生率是TBI必须解决的重要问题。

TBI中肺组织的剂量控制通常是通过肺挡铅来实现的,从而实现肺屏蔽。传统肺挡铅的制作一般使用手动热丝切割机,切割精度因操作者而异,因而切割误差相对较大。此外,传统肺挡铅的固定仅凭医师经验根据肺阴模在体表的投影确定,缺乏客观依据和一致性,也影响了肺屏蔽的准确性。国内同行一直以来非常重视肺挡铅的准确性,也从不同方面进行了研究和技术改进^[10-11]。

本文介绍了在传统的延长源皮距(Source Surface Distance, SSD)照射方法中,使用“完全斜率法”肺屏蔽技术来保障肺组织受照的均匀性和准确性。“完全斜率法”是指采用高精度全自动热丝切割机加工肺挡铅,使得肺挡铅的4个侧面的斜率与射线束在体表的投影完全一致,并利用两个有效参考点固定肺挡铅。整个过程使用计算机控制,最大可能地避免了手动切割与定位的误差,使肺部得到有效的屏蔽。同时,本文详细阐述了整个TBI流程,采用多通道半导体剂量仪(Tomoelectrometer, Standard Imaging Inc., USA)实时监测患者的吸收剂量,为临床治疗提供质量保证。

1 材料与方法

1.1 病例来源

选取2013年1月至2015年1月间实施TBI的20例急性淋巴细胞白血病患者为研究对象,男性18例,女性2例,年龄13~44岁,中位年龄26岁。处方剂量9.0 Gy,单次剂量4.5 Gy,1次/d,分2 d完成;全肺剂量 (7.00 ± 0.35) Gy。

1.2 照射条件

采用医用电子直线加速器(Clinac 600C/D, Varian Inc., USA),能量为6 MV的X射线,行水平照射。大机架角度270°,小机头45°,射野40 cm×40 cm,剂量率为100 MU/min, MU指机器跳数。在加速器机头加TBI专用托板,射线源到全身治疗床前侧挡板的距离为400 cm,到患者体表的距离为420 cm;散射屏厚1 cm。患者侧卧于全身治疗床上,采用前/后(AP/PA)位进行治疗,背部与床板平面垂直,两膝微屈,整个身体都暴露 in 光野内。

1.3 辐射场剂量平坦度和组织体模比测量

在照射条件下,用20 cm×20 cm×10 cm的小水箱及绝对剂量仪(Dose1 electrometer, IBA Inc., USA)对空间辐射场进行测量,获得与射野中心轴垂直平面的平坦度测量结果。在TBI治疗床上按顺序放置头

部模体、低剂量肺模体、小水箱和有机玻璃板来分别简单模拟人体的头颈部、胸部、腹部和腿部对剂量的贡献,各测量点对射野中心点做归一化处理。在上述完全模拟TBI照射的特定条件下,将电离室插入小水箱中,通过在水箱前后增加固体水来模拟不同体厚处100总照射MU对应的实际剂量,再将测量数据归一到最大剂量深度处,得到的数据即为不同深度的组织体模比,依此来计算患者MU值。结果显示射野对角线上120 cm范围内剂量平坦度偏差在4.6%以内,符合小于5.0%的要求。

1.4 “完全斜率法”肺挡铅和晶体挡块的制作与固定

1.4.1 拍片与坐标系建立 在常规模拟机(Simulix-HQ, Nucletron Inc., the Netherlands)上采用TBI侧卧AP位拍摄胸片,在体表上标记射野中心点A,并使用铅点在胸片上显影肚脐点O。以O点为原点,病人左右方向为X轴,病人头脚方向为Y轴,建立平面直角坐标系。

1.4.2 自动制作肺挡铅 在标准泡沫塑料板(规格为30 cm×30 cm×8 cm)上切出双肺挡块阴模具,并以此浇注低熔点铅制作肺挡块,作为切割前准备。以胸片为基础,通过高精度数字化仪(Accugrid, Numonics Inc., USA),把肺挡铅的形状与点A、点O的坐标输入到精度为1 mm的高精度全自动热丝切割机(Easycut, Robert Strohmann Inc., Germany)中。设置点O为射野中心,输入比例尺,计算机自动计算斜率并进行切割,使得肺挡铅的4个侧面的斜率与光线投射方向基本一致。

1.4.3 利用O-A点固定肺挡铅 以点A作为影子板十字线中心,在影子板上固定肺挡铅,使肺挡铅的投影与胸片中肺的位置重合,并通过灯光野验证。治疗前,患者取AP治疗位,调整患者体位,使O-A线与激光线重合。在全身治疗床前托架上调节影子板的位置,使影子板中心、肺挡铅中心和点A在患者体表重合,从而使肺挡铅的阴影在患者体表的投影恰好遮挡住肺部。示意图如图1所示。

1.5 手动肺挡对照试验

以胸片为基础,由5年资历的技术员用手动热丝切割机加工肺挡铅。由5年资历的医师根据经验通过肺阴模在体表的投影来确定肺挡铅的位置,并进行对照试验。其它治疗条件与自动方法相同。

1.6 “完全斜率法”肺挡铅精度验证

1.6.1 肺挡斜率验证 利用游标卡尺测量计算并进行模拟机灯光野实际测量,以验证挡铅的斜率是否符合要求。

1.6.2 肺挡摆位精度验证 使用模拟机的透射功能,患者采用TBI侧卧AP位,用铅丝在患者体表标记肺

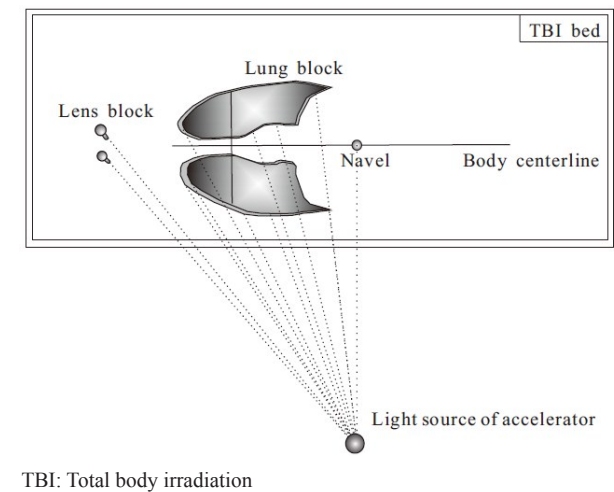


图 1 “完全斜率法”肺挡屏蔽原理示意图
Fig.1 Illustration of lung shielding with the "perfect gradient" method

的位置(选取活动度相对较小的 10 个点),以此作为摆位验证的金标准。按 TBI 治疗条件固定肺挡后,与金标准相比较,得到肺挡摆位偏差。

1.7 分段肺屏蔽

在开始治疗前,预设一定小剂量,通过多通道剂量仪的实测结果计算出患者未加挡铅和加挡铅时肺部和腹部实际吸收剂量之比 F_1 、 F_2 ^[12],肺受量参考点选在乳头处,腹部剂量参考点选在肚脐处。设未加挡铅和加挡铅时肺、腹部剂量分别为 D_{L1} 、 D_{L2} 、 D_{A1} 和 D_{A2} 。由 $D_{L1}=D_{A1} \times F_1$, $D_{L2}=D_{A2} \times F_2$, $D_L=D_{L1}+D_{L2}$ 和 $D_A=D_{A1}+D_{A2}$ 推导出未加挡铅和加挡铅的处方剂量配比

D_{A1}/D_{A2} ,从而计算出 AP 位时共需挡肺次数。
人体各部位实际测量结果是根据事先与绝对剂量仪比对过的多通道半导体剂量仪测量患者的表面剂量,用入射表面剂量与出射表面剂量之和的一半对应入射方向上体中层面的吸收剂量^[12-13]。

2 结果

2.1 “完全斜率法”肺挡斜率验证结果

直接测量肺挡斜率准确度不高,因此采用游标法和灯光法间接验证肺挡斜率精度。采用游标法验证时,选取肺挡上表面的两个感兴趣的点,用游标卡尺测量两点距离,再测量下表面上两点距离,计算出实际比例,与计划比例相比较,得出偏差值。选取 5 组点分别测量其偏差值,偏差均值为 (0.8 ± 0.2) mm。相同方法测量手动肺挡,偏差均值为 (1.5 ± 0.4) mm,经 t 检验, $P < 0.05$,具有显著性差异。采用灯光法验证时,利用模拟机的灯光野,把肺挡固定在可移动架子上,移动到 SSD=400 cm 位置处,测量肺挡阴影与计算机图纸的差别,偏差均值为 (0.7 ± 0.2) mm 以相同方法测量手动肺挡,偏差均值为 (1.4 ± 0.3) mm,经 t 检验, $P < 0.05$,具有显著性差异。

2.2 “完全斜率法”肺挡摆位验证结果

“完全斜率法”肺挡在头足方向和左右方向的摆位精度分别为 (0.83 ± 0.20) cm 和 (0.87 ± 0.17) cm,均小于传统方法(表 1)。两组进行 t 检验比较, $P < 0.01$,具有显著性差异。

表 1 传统方法与完全斜率法肺挡摆位偏差结果比较($n=20$, cm)
Tab.1 Comparison of lung shielding positioning error between conventional method and the "perfect gradient" method ($n=20$, cm)

Method	Head-feet orientation	Left-right orientation
Conventional method	1.27 ± 0.38	1.30 ± 0.44
	(RSD=29.9%)	(RSD=33.8%)
"Perfect gradient" method	0.83 ± 0.20	0.87 ± 0.17
	(RSD=24.1%)	(RSD=19.5%)
P value	0.000 2	0.002 5

RSD: Relative standard deviation

2.3 剂量监测结果

表 2 是 20 例患者各部位处方剂量和实测剂量的比较结果。由表 2 可见,肺部实际受照平均剂量为 (712.2 ± 20.4) cGy,均在限值剂量之内,符合临床处方要求。患者身体各部分吸收剂量监测结果,以腹部值归一,全身剂量均匀度偏差最大为 4.75%,符合临床 5.0%的要求。

3 讨论

本文详细介绍了“完全斜率法”肺挡切割固定的方法以及准备和实施流程,这是科室在工作实践中摸索出来的一套提高有效肺屏蔽精度的措施,具有一定的参考价值。从肺挡斜率验证结果来看,采用游标法和灯光法双重验证肺挡阴影与计算机图纸的偏差均值小于 1 mm,相对于传统方法有显著提高;从

表2 各部位处方剂量和实测剂量的比较

Tab.2 Comparison of the prescribed and measured doses at different anatomic sites

Anatomic site	Prescribed dose/cGy	Measured dose/cGy	Difference/%
Lens	-	142.4±13.3	-
Lung	700.0	712.2±20.4	+1.74
Abdomen	900.0	900.0	-
Knee	900.0	944.6±31.9	+4.75

肺挡斜率验证结果来看,“完全斜率法”肺挡在头足方向和左右方向上的摆位准确度和相对标准偏差均小于传统方法。此外,“完全斜率法”肺挡基本实现了光线投射方向、挡铅斜率和体表投影的基本一致,减少了剂量“半影”区域,提高了肺屏蔽精度。

虽然多通道剂量仪可以较迅速地测量出TBI所需数据,但其电离室测量需连接电缆,测量点引入越多,所需通道就越多,干扰电流就越大。而热释光探测器体积小,便于固定,测量无需连接电缆,干扰小,可实现群点测量^[14];不足之处是处理时间较长,不能及时看到结果。下一步的工作重点是联合使用两者得到更准确的结果。

【参考文献】

- [1] HOFFSTETTER S, MARCHAL C, BORDIGONI P, et al. Total body irradiation in France in the past twenty years[J]. Cancer Radiother, 2003, 7(3): 166-171.
- [2] KEANE T, VAN DYK J, RIDER W. Idiopathic interstitial pneumonia following bone marrow transplantation: the relationship with total body irradiation[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1981, 7(10): 1365-1370.
- [3] FARESE A M, BROWN C R, SMITH C P, et al. The ability of filgrastim to mitigate mortality following LD50/60 total-body irradiation is administration time- dependent [J]. Health Phys, 2014, 106(1): 39-47.
- [4] BURNETT A F, BIJU P G, LUI H A. Oral interleukin II as a countermeasure to lethal total-body irradiation in a murine model[J]. Radiat Res, 2013, 180(6): 595-602.
- [5] NUNAMAKER E, ANDERSON R, ARTWOHL J, et al. Predictive observation-based endpoint criteria for mice receiving total body irradiation[J]. Comp Med, 2013, 63(4): 313-322.
- [6] 胡逸民, 张红志, 戴建荣, 等. 肿瘤放射物理学[M]. 北京: 原子能出版社, 1999: 223-225.
- [7] 李萍, 夏火生, 刘志晨, 等. 全身放疗中“校准孔法”肺屏蔽技术应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2010, 27(1): 1592-1593.
- [8] 胡喆恺, 朱振华, 陈智维. 全身放射治疗用肺挡铅三自由度精准定位器的研制[J]. 医疗卫生装备, 2013, 34(10): 32-34.
- [9] 余建荣, 李珍. 十字激光水平仪在全身放疗肺挡铅定位中的应用[J]. 中国医疗设备, 2014, 29(4): 113-115.
- [10] RAVICHANDRAN R, BINUKUMAR J, DAVIS C, et al. Simple technique for fabrication of shielding blocks for total body irradiation at extended treatment distances[J]. J Med Phys, 2009, 34(4): 223-225.
- [11] BEYZADEOGLU M, OYSUL K, DIRICAN B, et al. Effect of dose-rate and lung dose in total body irradiation on interstitial pneumonitis after bone marrow transplantation[J]. Tohoku J Exp Med, 2004, 202(4): 255-263.
- [12] RAMM U, LICHER J, MOOG J, et al. In vivo dosimetry with semiconducting diodes for dose verification in total-body irradiation: a 10-year experience[J]. Strahlenther Onkol, 2008, 184(7): 376-380.
- [13] 卢杰, 陈立新, 梁健, 等. 全身照射治疗中的半导体剂量监测[J]. 肿瘤学杂志, 2005, 11(5): 334-336.
- [14] ESTHER J, BEN J M, TOM A M, et al. Total body irradiation, toward optimal individual delivery: dose evaluation with metal oxide field effect transistors, thermoluminescence detectors, and a treatment planning system[J]. Int J Radiat Oncol, 2007, 69(4): 1297-1304.

(编辑: 谭斯允)