

术中放射治疗手术室周围环境辐射防护分析

鞠忠建, 巩汉顺, 任世旺

[摘要] 目的:分析使用 Mobetron 移动式术中放疗加速器手术室周围环境辐射剂量。方法:依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》和《医用电子加速器卫生防护标准》,利用 Radiagem 2000 探测器、SG-2R 辐射检测仪,对 Mobetron 可移动式术中放疗加速器手术室周边辐射环境进行测量。结果:在工作负荷为每周 5 例,每例照射 20 Gy,照射能量 12 MeV 的条件下,手术室周边最大漏射区域漏射剂量率为 27.7 $\mu\text{Sv/h}$,年漏射剂量为 221.6 μSv 。结论:在目前工作负荷下,工作人员及公众所受到的辐射剂量远低于安全剂量限值。

[关键词] 术中放射治疗;辐射防护;移动式术中放疗加速器

[中国图书资料分类号] R730.55;R142 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-8868(2011)06-0107-03

Leakage Doses of a Mobile Accelerator Around an Operation Room (Mobetron)

JU Zhong-jian, Gong Han-shun, Ren Shi-wang

(Department of Radiation Oncology, PLA general Hospital, Beijing 100853, China)

Abstract Objective To analyze the radiation dosage around a operating room (OR) for IORT using a mobile linear accelerator(Mobetron). **Methods** Based on the reports Basic standards for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources and Radiological protection standard for using medical electron accelerator, the detector of Radiagem 2000 and the dosimeter of SG-2R were used to analyzed the leakage doses of a mobile accelerator around a operation room. **Results** Conceding the workload of 5 patients per week, every patient received the dose of 20Gy using 12MeV, the leakage dose of the worst area goes up to 221.6 μSv with the dose rate of 27.7 $\mu\text{Sv/h}$. **Conclusion** On current workload of IORT in our hospital, the leakage dose is under the safe lever of law.[Chinese Medical Equipment Journal, 2011, 32(6): 107-109]

Key words intraoperative radiotherapy; radiation protection; mobile accelerator

1 引言

利用术中放疗(intraoperative radiation therapy, IORT)治疗肿瘤最早可以追溯到 1909 年 Carl Beck 博士试图用于胃癌的治疗,至今已有 100 多年的历史^[1-2],目前已经成为治疗多种肿瘤的有效手段^[3]。在过去的数十年间,术中放疗都是利用常规直线加速器,在放疗机房中进行治疗,仅有少数是直接手术室内进行照射^[4]。直到 1997 年,首台可移动式术中放疗加速器在加利福尼亚大学投入使用,其较小的体积、较轻的质量、较低的防护要求使得机器可以在手术室里直接使用。而可移动性则使同时为多台手术提供术中放疗成为可能。术中放疗又获得新的发展。然而,在辐射安全方面,却出现新的问题。原先实施术中放疗的常规直线加速器机房通常都是建于地下或者单独位于某独立建筑,周围相邻房间没有办公室等办公场所,远离人群密集区。且机房都是经过特殊设计,具有很好的屏蔽效果。而手术室却正好相反。手术室的周围有走廊或者其他手术室,上下楼层有病房或者办公室,都有人员长时间驻留。这些人员不同于放射工作人员,应该得到特殊标准的防护。

尽管可移动式术中放疗加速器在全球,尤其是在欧洲发展很迅速,但是有关这些设备的辐射安全方面的文献却并不多。前人的研究成果或因初始条件相异^[5]或因侧重点^[6]不同,不尽符合我院使用的 Mobetron 可移动式术中放疗加速器的

实际情况^[7-8]。就此,我们对其周边辐射受照情况进行测量和分析。

2 材料与方法

2.1 Mobetron 简介

Mobetron^[9]移动式术中放疗加速器由美国 IntraOP 公司生产,可分为治疗单元、调制单元、控制单元 3 个部分。与常规加速器相比,它采用 X 波段高频磁控管(10 GHz),仅产生电子线用于治疗,具有 4、6、9、12 MeV 等 4 种能量,如表 1 所示。治疗剂量率为 1 000 cGy/min,标称源皮距为 50 cm。其治疗单元采用 C 型臂设计,如图 1 所示。加速器机头就安放于 C 型臂上。在电动机带动下,机头既能够沿 C 型臂作等中心旋转(包括在 AB 平面内旋转 $\pm 45^\circ$,在 GT 平面内旋转 $\pm 30^\circ$),也可以作左右前后各 ± 5 cm 幅度的平移。机头还可在垂直方向升降 ± 15 cm。治疗机头下方安放有联动射线阻挡装置(beam stopper)以减少下方射线污染。

表 1 Mobetron 规格简表

技术指标	规格参数
能量	4、6、9、12 MeV
剂量率	1 000 cGy/min
SSD	50 cm
限光筒	直径 3~10 cm, 0.5 cm 递增; 0° 、 15° 、 30° 等 3 种端面
限光筒平坦度对称性	平坦度 $\leq \pm 5\%$, 对称性 $\leq \pm 2\%$
组织补偿块	形状与限光筒相配,厚度分别为 0.5、1 cm
旋转范围	机架 $\pm 45^\circ$, C 型臂 $\pm 30^\circ$
平移范围	前后 ± 5 cm, 左右 ± 5 cm, 上下 ± 15 cm
治疗单元质量	1 260 kg
治疗状态尺寸 (长×宽×高)	307 cm×305 cm×293 cm

作者简介: 鞠忠建(1981-),男,江苏如皋人,硕士,助理工程师,主要从事肿瘤放射物理学方面的研究工作。

作者单位: 100853 北京 解放军总医院放疗科(鞠忠建、巩汉顺、任世旺)

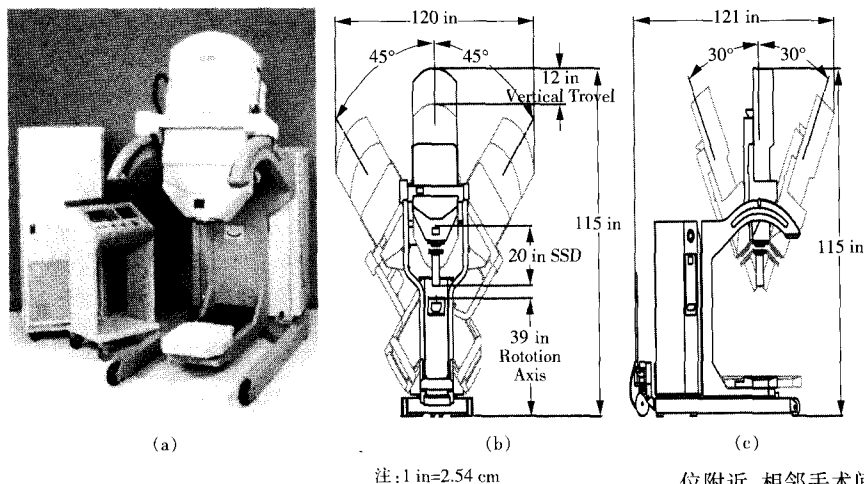


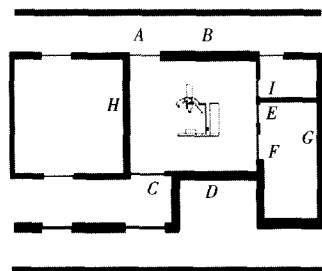
图1 Mobetron 机器及治疗运动范围

治疗限光筒全部为圆形,按其断面可分为0°、15°、30°等3个角度,直径从3~10 cm,按0.5 cm等差递增,共15种。限光筒通过适配底座与固定系统相连,再通过固定系统固定在手术床上。限光筒还配有一套大小与限光筒断面形状相同、厚度分别为0.5、1.0 cm的组织补偿块,用于提高表面剂量。

治疗时,首先将限光筒安放于患者需要照射的部位,再通过固定系统将其固定在手术床上。然后移动加速器,利用激光软到位系统进行实现射束中轴与限光筒中心轴的对准。最后在控制单元上进行治疗。

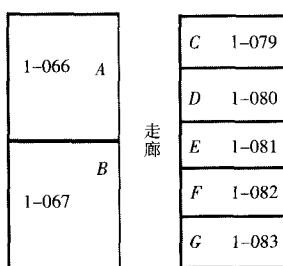
2.2 测量环境

手术室周边环境复杂,如图2所示。我院的Mobetron安放于2楼1号手术间,其周围有手术室、控制室、走廊,常有人员驻留;楼上为储藏间;楼下为办公区,有多个办公室,有工作人员长期驻留。我们的测量将着重针对这些区域,测量点示意图如图3所示。



注:图中A~I为感兴趣测量点;粗线部分为墙体;细线部分为门窗;中间图标为术中放疗加速器位置

图2 Mobetron 治疗手术室周边区域测量点示意图



注:图中A~G为感兴趣测量点;数字为房间号

图3 Mobetron 治疗手术室下方楼层测量点示意图

2.3 测量设备

测量由我院会同解放军疾病预防控制中心共同进行。测量依据为《电离辐射防护与辐射安全基本标准》(GB18871—2002)^[9]和《医用电子加速器卫生防护标准》(GBZ 126—2002)^[10]。检测仪器为Radiagem 2000探测器,SG-2R辐射检测仪。其整体测量不确定性为15%,不确定性由比释动能不确定性、测量位置不确定性、能量响应不确定性等诸多方面共同构成。

2.4 测量条件

测量时,尽量模拟实际治疗条件。测量能量仅使用机器最

大能量12 MeV;加速器机头和机架均设为0°;采用10 cm直径、0°端面治疗限光筒;下方放置30 cm×30 cm×30 cm有机玻璃水箱,水面与限光筒相切;水深设为20 cm,以与大部分手术受照射组织厚度相当。

3 结果

手术室周边漏射剂量如表2~3所示。在手术室周边,人员驻留时间较长的是控制室和相邻手术间。在控制室的E位置,漏射剂量最大,达到27.7 μSv/h,这主要是由于门下方的缝隙造成。而其他位置,如观察窗附近、术中控制台操作位附近、相邻手术间等位置漏射剂量相对较小。手术室周边其他地区,如内走廊、外走廊,主要为护士驻留。污染走廊主要为保洁人员驻留。这些区域的漏射剂量相对很小,并且在照射过程中,很少有人驻留。

表2 手术室同层周边区域测量点漏射剂量

测量点	受照剂量率/μSv·h ⁻¹	区域
A	5.3	污染走廊门
B	13.6	污染走廊墙
C	7.7	内走廊门
D	5.7	外走廊墙
E	27.7	控制室门
F	14.3	控制室观察窗
G	7.2	控制室操作位
H	7.2	相邻手术间墙
I	2.3	储藏间门

表3 手术室下方楼层测量点漏射剂量

测量点	受照剂量率/μSv·h ⁻¹	区域
A	3.3	066室近走廊段
B	4.2	067室近走廊段
C	8.5	079室近走廊段
D	16.0	080室近走廊段
E	15.8	081室近走廊段
F	15.5	082室近走廊段
G	6.0	083室近走廊段
H	7.2	走廊2
I	15.6	走廊中最强漏射区

手术室楼下为办公区,有工作人员长时间驻留。其漏射剂量如表4所示。其中漏射最大的D处,因为它刚好位于测量时机器的正下方。

表4 手术室周边区域重要测量点辐射剂量

感兴趣点	受照剂量率/μSv·h ⁻¹	年极限漏射剂量*/μSv	160例漏射剂量**/μSv	区域
B ₁	13.6	108.8	72.53	污染走廊墙
E ₁	27.7	221.6	147.73	控制室门
F ₁	14.3	114.4	76.27	控制室观察窗
G ₁	7.2	57.6	48.40	控制室操作位
D ₂	16.0	128.0	85.33	080室近走廊段
E ₂	15.8	126.4	84.27	081室近走廊段
F ₂	15.5	124.0	82.67	082室近走廊段
G ₂	6.0	48.0	32.00	083室近走廊段
走廊2	15.6	124.8	83.20	走廊中最强漏射区

注:*年极限漏射剂量;极限条件下,即每周5例,每例照射20 Gy,照射能量12 MeV条件下,感兴趣测量点的每年漏射剂量。**160例漏射剂量;每例照射20 Gy,照射能量12 MeV条件下,感兴趣测量点的160例漏射剂量。

表 2~4 中各数据均为测量点附近最大泄露剂量。手术间同层临近区域,污染走廊墙、控制门、控制室观察窗附近泄露剂量较高;楼下区域,机器正下方部分区域泄露剂量较高。在所有区域,以控制室门位置泄露剂量最高。

4 讨论

所有的术中放射治疗参与人员对手术室的辐射安全都非常关心,尤其是外科医师和手术室护士,他们对自身安全始终心怀疑虑。已有的一些文献并不能完全打消大家的顾虑。为此,我们会同多个单位,对手术室及周边环境的辐射漏射情况进行测量和分析。

从表 2~3 可以看出,漏射剂量较大的地方主要有污染走廊墙、控制门、控制室观察窗以及楼下机器正下方的房间。手术室对污染走廊方向的墙体上有配电箱、麻醉柜、看片灯箱等设施,导致部分区域墙体稍薄,因而漏射剂量稍高;手术室术中放疗控制间的防护门下方存在空隙,该空隙处的漏射剂量远大于其他各测量点,造成该区域漏射剂量最大;控制室观察窗为含铅玻璃窗,屏蔽效果低于墙体,漏射剂量较大;楼下位于机器正下方的部分房间区域,在射线照射下,尽管有联动射线阻挡装置(*beam stopper*)和楼板的阻挡,其漏射剂量仍大于其他区域。

我院 2 a 共治疗患者 160 例,每月平均工作负荷为 5 例,最大为 20 例。每日术中放疗手术一般为 1 台,仅有少数安排过 2 台或 2 台以上。每次照射剂量约 8~20 Gy,照射剂量率为 1 000 cGy/min。照射能量最多为 9 MeV,其次是 12 和 6 MeV。按照 ICRP 第 33 号报告中规定的计算假设,假设目前术中放疗的工作负荷为每周 5 例,每例照射 20 Gy,每次照射都为 12 MeV。在这种假设下的照射剂量定义为年极限照射剂量。则最感兴趣几个重要测量点的漏射剂量如表 4 所示。其中,下标 1 表示手术室同层感兴趣测量点,下标 2 表示手术室楼下感兴趣测量点。

最大辐射漏射点位于控制室的 E 位置,漏射剂量率最大,达到 27.7 $\mu\text{Sv/h}$,年极限漏射剂量为 221.6 μSv ,控制室观察窗附近年极限漏射剂量为 114.4 μSv ,控制室操作位年极限漏射剂量为 57.6 μSv 。这些漏射量远远低于 GB18871—2002 报告中规定的职业照射标准每年低于 20 mSv(20 000 μSv)和

公众照射标准每年低于 1 mSv(1 000 μSv)。

工作人员所接受的漏射剂量除了与防护的漏射剂量率相关外,还和工作负荷密切相关。在目前我院的最大工作负荷下,无论是工作人员还是普通公众,所受到的漏射辐射剂量都远低于安全剂量限值。

[参考文献]

- [1] Palta J R, Biggs P J, Hazle J D, *et al.* Intraoperative electron beam radiation therapy: technique, dosimetry, and dose specification: report of Task Force 48 of the Radiation Therapy Committee, American Association of Physicists in Medicine[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 1995, 33(3): 725-746.
- [2] Beddar A S, Biggs P J, Chang S, *et al.* Intraoperative radiation therapy using mobile electron linear accelerators: Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 72[J]. *Med Phys*, 2006, 33(5): 1 476-1 489.
- [3] Rosi A, Viti V. Guidelines for Quality Assurance in intra-operative radiation therapy[M]. Roma Italy: Rapporti Istisanm, 2003: 5-16.
- [4] Mills M D, Almond P R, Boyer A L, *et al.* Shielding considerations for an operating room based intraoperative electron radiotherapy unit [J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 1990, 18(5): 1 215-1 221.
- [5] Jodi L Dave, Michael D Mills. Shielding assessment of a mobile electron accelerator for intraoperative radiotherapy[J]. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 2001, 2(3): 165-167.
- [6] Mario C, Guido P, Roberto O, *et al.* Radiation survey around a Liac mobile electron linear accelerator for intraoperative radiation therapy [J]. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, 2009, 10(2): 131-135.
- [7] Strigari L, Soriani A, Landoni V, *et al.* Radiation exposure of personnel during intraoperative radiotherapy(IORT): radiation protection aspects[J]. *J Exp Clin Cancer Res*, 2004, 23(3): 489-494.
- [8] Loi G, Dominietto M, Cannillo B, *et al.* Neutron production from a mobile linear accelerator operating in electron mode for intraoperative radiation therapy[J]. *Phys Med Biol*, 2006, 51(3): 695-702.
- [9] GB18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
- [10] GBZ 126—2002 医用电子加速器卫生防护标准[S].

(收稿:2011-03-17 修回:2011-04-12)

2011年5月8日—10日北京国际减灾应急博览会隆重闭幕

【突发事件应急装备网报道】“2011第二届北京国际减灾应急技术与设备博览会”(以下简称“2011北京国际减灾展”)已于2011年5月10日在中国国际贸易中心隆重闭幕。本届博览会突出高科技的特点,以推动减灾应急产业化发展为主题,目的是为减灾应急行业提供交流、合作的平台,引进国际先进的减灾应急管理系统、装备、技术、用品等,提升我国减灾应急管理水平、技术装备水平和技术开发能力,减少各类自然灾害造成的伤亡和损失。

国家商务部外贸发展局局长张超美,第十届全国政协常委,中国灾害防御协会常务副会长宋瑞祥,商务部部长助理俞建华,中国地震局副局长刘玉辰,国家民政部办公厅主任王来柱,联合国驻华

机构协调员,联合国开发计划署驻华代表罗黛林,日中经济贸易中心理事长青木俊一郎,国家民政部救灾司司长张卫星,中国无线电协会常务副理事长朱三宝,中国工艺集团公司董事长周郑生,国家减灾委员会办公室副主任庞陈敏,中国地震局震灾防御司司长杜玮,国家工业和信息化部无线电管理局副局长李海清,中国质量万里行促进会副会长郭若虚,中国地震应急搜救中心主任吴建春,沈阳市灾害防御协会副会长喻虹桥等领导出席展会开幕式。展会集众多抗震减灾设备和技术展示,以公益性与商贾性相结合方式,为国内外展商及观众提供一个了解和开拓中国防灾减灾市场的契机。中国人口基数大,为国民提供防灾自救知识和服务势在必行,并将更好地推动和促进经济发展。