

一台术中放疗用加速器工作场所辐射水平分析

韩春彩, 严源, 陈春燕, 涂兴明

中图分类号: TL75⁺1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2012)01-0073-02

【摘要】 目的 测量一台术中放疗用加速器的工作场所辐射水平, 以确保医用辐射安全。方法 在加速器运行时按三种不同状态分别测定手术室周围房间的辐射水平。结果 治疗床无模拟体时, 加速器运行会导致周围辐射水平大幅升高, 最大为 56.5 μ Gy/h。治疗床放置模拟体后, 加速器运行会导致周围辐射略有上升, 若在治疗床下同时放置 5cm 厚有机玻璃板, 周围辐射水平基本无变化。结论 该放疗加速器在实施治疗时其工作场所无需特殊防护, 周围辐射水平满足国家相关标准要求。

【关键词】 放疗; 加速器; 辐射水平

手术中放射治疗 (intraoperative radiation therapy, IORT) 是指经手术切除病灶后或借助手术暴露不能切除的瘤灶, 对手术后瘤床、残存瘤灶和淋巴引流区, 在直视下进行大剂量照射的治疗方法^[1]。

1972 年, 我国首先开展了 IORT 治疗肺癌和胃癌; 1979 年, 开展了腹部胃癌和胆管癌 IORT; 1987 年, 开展了胰腺癌 IORT, 并在放射治疗科内加速器室内建立了专门 IORT 手术室, 极大推动了 IORT 的开展。IORT 开展初期, 大多数采用传统固定式直线加速器, 该加速器要求专用带防护屏蔽的加速器机房, 防护设计费用较高, 而且必须在加速器机房附近设置专用 IORT 手术室, 因此该技术开展的工作效率相对较低。近年来, 随着放疗新技术的发展, 一种专门用于术中放疗的移动式加速器问世, 相对于固定式加速器而言, 其治疗实施方便, 可以在常规手术室进行, 无需防护屏蔽要求, 减少了昂贵的防护屏蔽费用, 提高了手术室的利用率, 也提高了 IORT 工作的效率^[2]。

笔者主要通过对美国 Mobetron[®] 1000 移动式加速器, 在模拟病人治疗时, 测量手术室周围辐射水平情况来说明术中放疗移动式加速器在常规手术室 (无需屏蔽的手术室) 使用的可行性, 同时验证移动加速器自身的屏蔽效果。

1 测量方案与测量仪器

作者单位: 中国原子能科学研究院辐射安全研究所, 北京 102413

作者简介: 韩春彩, 女, 从事辐射环境影响评价工作。

3.6 分级侦检 三级侦检体系: 现在意义的侦检包括现场应急甄别鉴定、疑难样品实验室分析鉴定、代谢产物及生物标志物的体内定性定量分析的综合分析体系。分为三级侦检和技术平台: 救援队现场便携式侦检和移动实验技术平台、军区和省级实验室侦检技术平台、全军和国家实验室侦检技术平台; 以达到快速侦检确定事件性质、污染区划分、伤员分类、污染水食品洗消和效果评价。

3.7 伤病员的分类和分级处理 以提高抢救成功率为原则, 伤员分四类四级处理, 分为紧急处理 (红色, 就地抢救)、可延期处理 (黄色, 简单处置后送)、无需处理 (绿色, 转送医院观察)、死亡、濒死 (黑色, 处理红色后再抢救), 同时分别注明伤员有无核化污染。

3.8 分级洗消 三级洗消: 救援队的现场简易洗消、医学救援队现场洗消站初级洗消、救治队和专科的彻底洗消; 不同级别的洗消具有不同的洗消要求。

3.9 分级救治 三级救治体系: 现场救护 (救援队)、地区救治 (军区指定当地医院)、专科救治 (全军 307 医院)。

4 核、化突发事件医学应急的分类和分级处置体系的应用和

1.1 Mobetron[®] 1000 移动式加速器 本次测量使用的术中放疗加速器为美国 Mobetron[®] 1000 移动式加速器, 该移动式加速器主要用于没有放射防护屏蔽的手术室, 它自身带有射线阻挡器, 用于机架所有运动方向阻挡原射线, 放射泄漏主要来自光子泄漏、散射线和电子线产生的 X 射线污染。由于电子线散射具有一定射程, 大多数常规手术室墙足够阻挡电子线散射。

1.2 加速器产品性能结构及组成

1.2.1 结构 产品由安装在马达驱动机架上的电子束直线加速器、调制器和操作控制台组成。加速器外观图见图 1。

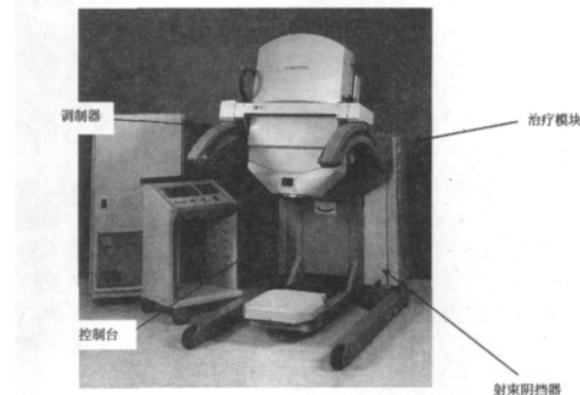


图 1 术中放疗加速器外观图

展望

近 7 年核、化医学救援分队训练、保障实践和 20 余年放射防护监督监测和管理的实施分类管理、规范化管理和分级处置实践经验表明: 建立的“核、化突发事件医学应急的分类分级处置体系”, 可以保证处置职责任务明确, 实现分级负责, 充分发挥各支救援力量的优势, 是核、化突发事件医学应急处置的实用、科学、高效方法。今后应进一步建立《核、化突发事件医学应急的分类和分级处置体系规范》。

参考文献:

- [1] 吴乐山. 现代军事医学发展战略研究 [M]. 北京: 军事医学科学出版社 2003.
- [2] 程天民. 军事预防医学 [M]. 北京: 人民军医出版社 2006.
- [3] ICRP 103 号出版物. 国际放射防护委员会 2007 年建议书 [M]. 北京: 原子能出版社 2008.
- [4] 中国科学技术协会. 安全科学与工程发展学科发展战略报告 [M]. 北京: 中国科学技术出版社 2008.
- [5] 中国安全生产科学研究院. 中国职业卫生安全卫生概况 [M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社 2005.

(收稿日期: 2011-07-13)

1.2.2 产品性能 标称能量为 4MeV、6MeV、9MeV、12MeV；最大剂量深度为 4MeV 时为 (0.5 ± 0.2) cm、6MeV 时为 (1.3 ± 0.2) cm、9MeV 时为 1.9 ± 0.2cm、12MeV 时为 2.4 ± 0.2cm；在治疗野中央区 80% 内 照射强度不均匀程度差异小于 2%。

1.3 运行环境 术中放疗加速器的使用场所为某医院手术室，该手术室位于病房楼顶的顶层，加速器的控制台位于手术室内背面的小房间，其周围情况见平面布置图 2。

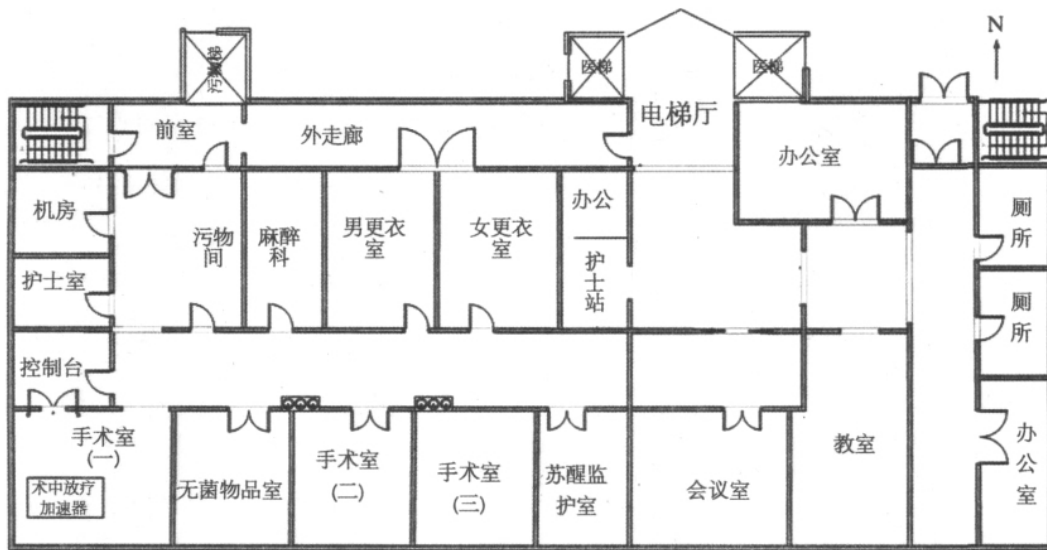


图 2 移动式加速器工作场所平面布置图

1.4 辐射水平测量

1.4.1 辐射监测仪表 本次测量使用的监测仪表为环境 γ 辐射监测仪，型号为 FHZ672E-10。其性能参数为：测量范围：1nSv/h ~ 100μSv/h；能量响应：48keV ~ 6MeV 相对响应之差 < ± 15% (相对于 Cs-137)；准确度：< 20% (针对 Cs-137 剂量率大于 100nSv/h)。

该仪器经过实验室检定，手术室周围辐射水平的测试方法按相关国家标准^[3,4]要求进行。

1.4.2 测量条件 本次测量时，加速器的电子能量 12MeV，输出剂量率为 10Gy/min。输出电压 380V，功率：4.2kW。选用的测量方案有：①治疗床上未放置任何屏蔽材料时，测量手术室周围房间的辐射水平；②模拟实际治疗(选用 20cm 厚的液体水模拟需要治疗病人的病灶部位)时，测量手术室周围房间的辐射水平；③模拟实际治疗，并在治疗床下放置 5cm 厚的有机玻璃板时，测量手术室周围房间的辐射水平。

2 测量结果

根据上述测量方案，在加速器最大使用工况时，测得不同条件下手术室周围辐射水平见表 1 ~ 表 3。术中放疗用加速器工作场所的辐射本底见表 4。

表 1 未模拟实际治疗情况下手术室周围辐射水平测量结果

测量点	距加速器准直器的距离 (m)	剂量率 (μGy/h)	备注
1	5.6	14.9	医生所在处(控制室)
2	8.2	3.28	护士室
3	6	21.7	无菌物品室
4	7	19.2	手术室门口
5	4	56.5	手术室正下方库房

表 2 模拟实际治疗时手术室周围的辐射水平测量结果

测量点	距加速器准直器的距离 (m)	剂量率 (μGy/h)	备注
1	5.6	0.250	医生所在处(控制室)
2	8.2	0.247	护士室
3	6	0.261	无菌物品室
4	7	0.260	手术室门口
5	4	0.292	手术室正下方库房

表 3 模拟治疗并在床下放 5cm 厚有机玻璃板时手术室周围的辐射水平测量结果

测量点	距加速器准直器的距离 (m)	剂量率 (μGy/h)	备注
1	5.6	0.248	医生所在处(控制室)
2	8.2	0.246	护士室
3	6	0.259	无菌物品室
4	7	0.255	手术室门口
5	4	0.275	手术室正下方库房

表 4 术中放疗用加速器辐射本底监测结果 (μGy/h)

序号	监测点	剂量率	备注
1	手术室	0.088	13 层
2	护士室	0.065	
3	贮藏室	0.079	
4	病房	0.088	12 层
5	病房	0.085	

注：该测量结果包括宇宙射线。

测量结果表明，在未进行模拟实际治疗，加速器运行产生的射线束直接打在治疗床上时，导致手术室周围的辐射水平很高，最大为 56.5μGy/h；当进行模拟实际治疗时(即在治疗床上放置 20cm 厚的液体水)，加速器产生的射线束经过水层吸收后，致手术室周围的辐射水平明显下降很多；当模拟实际治疗并在治疗床下在放置 5cm 厚的有机玻璃板时，手术室周围的辐射水平与未放置有机玻璃时手术室周围辐射水平差别不大，由表可以看出，模拟实际治疗是治疗时手术室周围辐射水平高于本底 3 倍左右，对环境的影响不大。

3 评价与讨论

3.1 放射工作场所选址适宜性 根据本次测量结果，Mobetron® 1000 移动式加速器的工作场所为未经特殊屏蔽的手术室，且医院手术室的出入有严格的控制要求，因此，术中放疗加速器在手术室内进行术中放射治疗的方案是合理可行的。

3.2 加速器自身防护效果 Mobetron® 1000 移动式加速器自身防护性能良好，泄漏辐射率远低于国家标准限值。根据有关资料以及我们的实际测量发现，实际治疗时加速器的泄漏辐

β 表面污染测量的探测限及 γ 剂量率影响分析

邓 飞¹, 周睿东¹, 李灵娟¹, 廖 彤¹, 张永文²

中图分类号: TL75⁺1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2012)01-0075-03

【摘要】 目的 讨论了 β 表面污染监测仪对 γ 剂量率的响应问题、β 表面污染本底测量及探测下限问题。方法 在不同 γ 剂量率水平的环境中进行 β 表面污染测量, 并就 γ 剂量率较低场所的(本底水平)测量值讨论探测限的计算。结果 β 探头对 γ 射线的响应具有线性正相关, 在不同 γ 剂量率下测量 β 表面污染的本底不一样, 相应的探测限也随之改变。结论 γ 剂量率对 β 表面污染测量结果的影响不容忽视, 根据监测任务要求、本底计数(率)来选择仪器, 确定测量时间或重复测量次数, 使探测限满足评价指标/标准的需要。

【关键词】 β 表面污染; γ 剂量率; 探测限

β 表面污染测量结果准确性的影响因素很多, 不同型号的仪器对不同能量 β 粒子的响应是不一样的, 同一型号的仪器响应也有差别^[1]; 仪器的响应是随距离的增加而迅速减小, 所以无论是仪器检定还是测量时, 应该说明待测面与探测器窗保护栅网之间的距离^[1-4]。

BH3206 表面污染监测仪的 γ 响应问题有报道^[2]: 距离 γ 源 30cm 剂量率为 250nGy/h 处只影响到 β 本底; 而在距¹³⁷Cs 源 14cm 剂量率为 10μGy/h 的 γ 场中, γ 剂量已大大超过 β 剂量的影响, 因此不能在这样的 γ 场下进行 β 的测量。不同 γ 剂量率对 β 的影响也不一样^[2, 4, 5], 国家标准 GB/T5202-2008^[5] 中第 9.6 节中建议 β 探头有某种形式的挡板, 使其能区别 γ 和 β 辐射, 挡板以低原子序数(小于 22)的材料制成; 并明确规定应使用不小于 10μGy/h 的空气比释动能率照射探测器并记录计数率, 以确认 γ 辐射对 β 污染测量仪的影响。然而我们的监测仪器并未配置所谓的“挡板”, 也未提供仪器按标准要求的检定证书, 仪器的说明书上找不到相关的测试指标来说明 γ 辐射对 β 测量的影响。

放射性测量可通过选用低本底、高效率的仪器来降低探测限, 实际上对于仪器来说低本底和高效率是一对矛盾的组合, 对表面污染测量来说和测量环境也直接相关, 当然也可通过增加测量时间来达到降低探测限的目的, 然而仪器的测量时间有些是不可更改的, 显然只能采取其他办法。

1 表面污染测量 β 探头不同 γ 辐射场中的响应

作者单位: 1 广东省环境辐射监测中心, 广东 广州 510300; 2 中核韶关锦原铀业有限公司, 广东 韶关
作者简介: 邓飞(1971~), 男, 高级工程师, 硕士, 从事电离辐射监测、评价与放化分析工作。

射水平均低于国家标准限值, 其工作场所无需进行屏蔽, 可以达到减少辐射防护成本投入的目的。

3.3 手术室周围辐射水平分析 经过实际测量: 在未进行模拟实际治疗, 加速器运行产生的射线束直接打在治疗床上时, 导致手术室周围的辐射水平很高, 其原因很可能是: 由于加速器产生的电子直接打到金属治疗床上, 产生的韧致辐射较大, 导致手术室周围辐射水平明显升高。但是在实际治疗中, 病人病灶为 C、H、O 元素组成, 属于轻物质材料, 当电子打在轻物质材料上时, 产生的韧致辐射会大大降低, 所以, 手术室周围辐射水平明显降低很多。在模拟实际治疗情况下, 再在治疗床下放轻物质材料(有机玻璃)吸收电子, 其效果与未放吸收材料时相比, 手术室周围辐射水平变化不大, 主要是因为加速器产生的电子能量为 12MeV, 而 12MeV 在水中的最大射程为 7.4cm, 因此, 模拟人体病灶的 20cm 厚液体水能将大部分电子吸收,

1.1 仪器与方法

1.1.1 BH3103B 便携式 X-γ 剂量率仪; 2241-3 α、β、γ 表面污染仪; CoMo170 α、β 表面污染仪。

1.1.2 方法 由于大面积的纯 γ 或 β 衰变的源较难获取, 因此选用表面相对较均匀的不同 γ 剂量率的地点作为实验场地。选用的测试场地面积不小于 400m², 测点周围 20m 内平整, 无树、墙、山坡等障碍物; 场地内的 γ 剂量率较均匀, 变化相对值小于 15%。实验场地实际选用沙滩、水泥操场、铀矿山堆浸场、铀矿山高品位尾渣库, 其 γ 剂量率依次变大, 在不同剂量率的地方先用 X-γ 剂量率仪测量 γ 辐射空气吸收剂量率, 然后再用表面污染监测仪测量 β 计数率。

1.1.2.1 场地比选 选用面积较大且测点周围至少 10m 范围内剂量率较均匀的场所, 先用 BH3103B 便携式 γ 剂量率仪在地表巡测, 方圆至少 10m 内没有异常点。

1.1.2.2 γ 剂量率测量 在选用场地中心 1.2m 高处测量 γ 辐射空气吸收剂量率, 保持探头相对位置和高度不变, 连续读取 10 个数据(单个数据测量时间设为 10s)。调整探头高度至距地表 2.0m 处测量。

1.1.2.3 计数率测量 使用表面污染监测仪在测量 γ 剂量率的同一位置测量 β 计数, 先测量探头距地表 1.2m 高处的, 因仪器的计数时间不可调(约为 2s), 连续读取不少于 15 个计数, 然后调整探头朝向 180°, 保证探头面在同一位置, 连续读取不少于 15 个计数; 调整探头高度至距地表 2.0m 处, 测量与记录方法与前一一致。

1.1.3 数据处理

1.1.3.1 γ 剂量率 某个测点的连续读取 10 数据, 乘以计量检定系数, 然后计算平均值, 取平均值作为该测点的 γ 辐射空气吸收剂量率真值。

再在治疗床下放轻物质吸收材料时效果并不明显。

通过以上测量结果分析, 术中放疗加速器在实际使用过程中, 其工作场所无需特殊防护, 其周围辐射水平能够满足国家相关标准要求。

参考文献:

- [1] 唐劲天. 肿瘤手术中放射治疗技术[J]. 中日友好医院学报, 14(2).
- [2] 姜瑞瑶. 固定式和移动式加速器开展术中放疗比较分析[J]. 医疗卫生装备, 2009, 30(7).
- [3] GB/T 14583-93 环境地表 γ 辐射剂量率测定规范[S].
- [4] GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].

(收稿日期: 2011-06-10)