

一座 Varian 2100 C/D 型加速器工作场所的放射防护效果评价

付岩忠¹, 卢 峰², 吕兆利¹, 陈英民², 邓大平²

中图分类号: TL75 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2006)02-0189-01

【摘要】 目的 对一座 Vanan 2100 C/D 型加速器放射治疗工作场所的放射防护效果进行评价。方法 对加速器机房放射防护、加速器自身放射防护以及感生放射性等进行现场测量,根据测量结果对放射工作人员的年受照剂量进行估算,从而对该工作场所的放射防护效果进行评价。结果 该加速器放射治疗工作场所机房屏蔽设施外的最高辐射剂量率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$;加速器泄漏辐射水平和治疗头处的感生放射性水平低于国家限值;放射工作人员的全身年当量剂量约为 4.54 mSv 。结论 该加速器放射治疗工作场所放射防护效果达到了相关国家标准要求;高能量加速器感生放射性对工作人员的剂量贡献不容忽视。

【关键词】核医学;放射防护;效果评价

某医院是承担当地医疗、教学、科研和预防保健等任务的中心医疗机构,由于业务发展的需要,该院引进了美国瓦里安(VARIAN)公司生产的 CLINAC 2100C/D 型医用电子加速器作为该院放射治疗中心的核心设备。为保障放射工作人员及公众健康,我们对该放射治疗工作场所的放射防护效果进行了现场测试,并对结果进行了分析、评价,供同行参考。

1 材料和方法

1.1 场址环境 该院 Varian 2100 C/D 型加速器工作场所选址于门诊大楼地下一层, 该门诊大楼位于医院中部, 周围无普通居民楼, 与医院内其它最近建筑物的距离约 15 m。

1.2 加速器主要性能及标称技术指标 该院 Varian 2100 C/D 型加速器具有 6 MV、15 MV 两档 X 射线和最高能量为 18 MeV 的五档电子线治疗模式; X 射线最大等中心剂量率为 600 cGy/min, 电子线为 1000 cGy/min; X 射线最大方形照射野为 40 cm×40 cm, 电子线为 25 cm×25 cm。

1.3 加速器机房的屏蔽设计 加速器治疗机房由治疗室、迷路和机房防护门组成,其平面结构及立面结构见图1、图2。加速器治疗室内径为 $8.1\text{ m} \times 8.6\text{ m} \times 4.0\text{ m}$;治疗机房迷路为L型,迷路内墙长度为 7.7 m ,厚度为 0.75 m ;迷路外墙长度为 10.0 m ,厚度为 1.2 m ;迷路内口宽度为 2.2 m ,高度为 3.0 m ;迷路外口即机房防护门外宽度为 2.0 m ,高度为 3.0 m 。

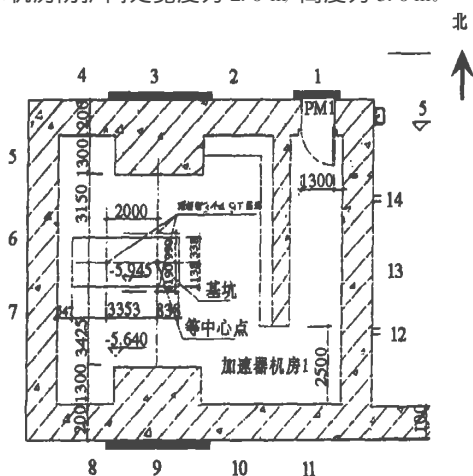


图1 加速器机房及测量点分布示意图

加速器治疗室的墙体由主、副屏蔽墙组成。主屏蔽墙(含室顶)屏蔽材料采用普通混凝土(密度不小于 2.35 t/m^3)和钢板

作者单位: 1 邹城市卫生防疫站, 山东 邹城 273500;

2 山东省医学科学院放射医学研究所

作者简介: 付岩忠(1965~), 男, 山东邹城人, 主管医师, 主要从事放射卫生和职业病危害管理工作。

构成,副屏蔽墙屏蔽材料采用普通混凝土。各屏蔽墙、机房防护门的屏蔽材料及厚度见表 1。

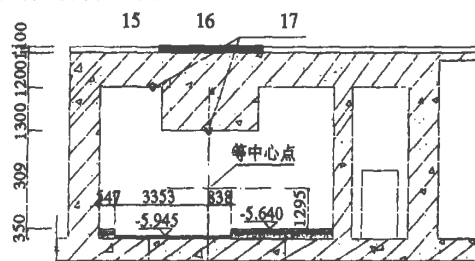


图2 加速器机房及室顶测量点分布示意图

表1 加速器机房屏蔽设施材料及厚度

屏蔽设施	屏蔽材料及厚度
主屏蔽	混凝土(2.5m)+钢板(7.2cm)
副屏蔽	混凝土(1.2m)
防护门	含硼石蜡(16cm)+铅板(16mm)

1.4 测量仪器与方法 测量仪器包括 450P 型电离室巡测仪、Fanner 2670 型剂量率仪、190N 型中子巡测仪、CKL-3130 型 X、 γ 剂量率仪等。上述仪器均经过国家卫生部标准剂量学实验室检定。加速器泄漏辐射、机房防护效果及天然本底辐射水平的测试方法按相关国家标准^[1,2]要求进行。

2 结果

2.1 加速器自身防护效果 国家职业卫生标准 GBZ126—2002 中对加速器最大有用线束外和有用线束外的泄漏辐射、电子束治疗时有用线束内的杂散辐射等性能指标均有限值规定,以此来反应加速器的自身防护性能,测量结果见表 2。

表2 加速器自身防护指标监测结果

监测项目	监测结果
有用线束外 X 射线泄漏辐射	治疗平面 0.0062%
最大有用线束外 X 射线泄漏辐射	治疗平面 0.013% 1 m 处 0.0133% ⁽¹⁾
最大有用线束外中子泄漏辐射	治疗平面 0.00279% 1 m 处 0.00178% ⁽¹⁾
电子束中 X 射线杂散辐射	0.44%

注:1)为距电子轨道 1 m 处。

2.2 加速器机房的放射防护效果 机房的放射防护效果测量需要在加速器最大工作条件下进行。测量点分布示意图见图1、图2。测量结果表明,南北方向主屏蔽墙、室顶主屏蔽墙处的X射线辐射剂量率水平最高为 $2.4\mu\text{Sv/h}$,机房防护门处最高为 $2.5\mu\text{Sv/h}$,副屏蔽墙所有参考点处均为当地天然本底辐射水平;各测量点处均未测出中子剂量。

2.3 加速器机房内的感生放射性水平 国家职业卫生标准

GBZ126—2002 中规定, X 射线标称能量大于 10 MeV 的加速器, 距设备表面 5 cm 和 1 m 处的感生放射性所造成的吸收剂量率分别不得超过 0.2 mGy/h 和 0.02 mGy/h。为了综合评价摆位工作人员的年受照剂量水平, 我们分别在开机前、投照 600 cGy 后、投照 2 600 cGy 后和投照 4 400 cGy 后的 1、3、5 min 内, 测量了加速器治疗头处的感生放射性水平。测量结果表明, 该院 Varian 2100C/D 型加速器治疗头表面 5 cm 和 1 m 处的感生放射性 γ 射线剂量率最高为 0.0042 mGy/h 和 0.0018 mGy/h。

3 评价与讨论

3.1 放射工作场所选址适宜性 该院医用加速器放射治疗工作场所选址于门诊大楼地下一层, 周围无普通居民楼, 与医院内其他建筑物距离适宜; 放射治疗中心远离人员活动密集区域, 进入人员一般均为放射工作人员和进行放射治疗的患者, 可以避免普通公众人员和非放疗患者的误入或者经过; 该院放射治疗工作场所布局合理, 选址适当。

3.2 加速器自身防护效果 该院 Varian 2100C/D 型医用电子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, 大多数加速器的泄漏辐射水平均低于国家标准限值, 如果使用实际泄漏辐射率来计算屏蔽设施厚度的话, 可以达到减少机房放射防护成本投入的目的。

3.3 对公众的辐射影响 该院加速器机房放射防护效果符合 IAEA 所主张的剂量率目标控制值“最好 2.5 μ Sv/h, 最大不超过 7.5 μ Sv/h”的放射防护精神。根据测量结果、医院提供的年工作负荷及综合考虑居留因子、束定向因子等情况, 我们对相关公众区域的年受照剂量进行了估算, 估算结果表明相关区域的公众年剂量均低于 0.1 mSv, 符合国家标准^[3]要求, 该院加速器治疗工作场所对周围公众基本不造成辐射影响。

3.4 对放射工作人员的辐射影响 该院治疗机房周围的年剂

量估算值符合国家标准^[3]对公众的年剂量目标要求, 不能认为贯穿辐射会对工作人员带来健康影响。对高能加速器而言, 放射工作人员进入机房后还会受到加速器治疗头处以及机房内感生放射性的照射。在屏蔽设施防护良好的情况下, 感生放射性成为工作人员照射剂量的主要来源。根据感生放射性测量结果及医院提供的年工作负荷, 我们对摆位人员所接受的感生放射性外照射年剂量值进行了估算。估算结果表明, 该院摆位人员外照射年剂量约为 0.374 mSv。当加速器发出的射线能量达到或超过空气中某些核素的(γ, n)反应阈能时, 将产生感生放射性气体, 如¹³N 和¹⁵O 等。这些感生放射性气体被吸入人体后会对呼吸系统等形式形成内照射。对于该院 15 MV 加速器而言, 机房内的感生放射性气体主要为¹³N。Holloway 等^[4]推荐的源于¹³N 湮没辐射所致的身剂量率限值为 25 μ Sv/h。根据上述剂量率进行估算, 该院每摆位人员内照射年剂量约为 4.063 mSv。因此, 由感生放射性造成的工作人员内外照射年剂量值约为 4.44 mSv。该院放射工作人员受到贯穿辐射和感生放射性所致的年剂量值约为 4.54 mSv, 尽管此年剂量值低于国家标准所规定的放射工作人员年剂量限值(20 mSv), 但其中由感生放射性造成的剂量将占到 97% 以上, 提醒我们要重视高能加速器感生放射性对放射工作人员的影响。

参考文献:

[1] GB 126—2002. 医用电子加速器卫生防护标准[S] .
[2] GB/T 14583-93. 环境地表 γ 辐射剂量率测定规范[S] .
[3] GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S] .
[4] A. F. Holloway, D. V. Cormack. Radioactive and Toxic Gas production by a medical electron linear accelerator[J] . Health physics, 1980, 38: 673-677.

(收稿日期: 2005—11—18)

(上接第 188 页)

工作人员按工种分类, 其年剂量当量范围值($mSv \cdot a^{-1}$)分别为: 分装操作人员 0.31~14.60; 护士为 1.70~14.20; 测量人员 0.12~3.31; 医师 0.02~0.83。另外对工作人员的工作服及双手进行了表面污染监测, 结果见表 4。

表 4 工作人员 工作服及双手 β 表面污染情况($Bq \cdot cm^{-2}$)

部 位	范围值	均值
工作服左袖	0.63~2.51	1.65
右袖	0.71~2.72	1.68
胸部	0.20~2.2	1.27
腹部	0.67~2.44	1.51
手: 左	0.56~2.07	1.73
右	0.49~1.85	1.44

(4) 空气中放射性气溶胶浓度和通风设备的状况: 本次调查共监测了 15 个单位, 采集 62 个点的空气气溶胶样品, 范围为本底值~28.74 $Bq \cdot L^{-1}$ 。通风柜达到防护要求并按规定使用的($>1 m \cdot s^{-1}$ 风速)占被调查单位的 70%, 对未达到防护要求的 2 个单位进行了改造, 改造前后效果见表 5。

表 5 通风率对室内空气气溶胶放射性浓度的影响

单位	改进前		改进后	
	通风率($m \cdot s^{-1}$)	浓度($Bq \cdot L^{-1}$)	通风率($m \cdot s^{-1}$)	浓度($Bq \cdot L^{-1}$)
甲	0.26	28.74	>1.00	2.23
乙	0.15	16.60	>1.00	1.79
均值		22.67		2.06

(5) 废物的存放及其表面 γ 照射剂量率: 调查中了解到 15 家单位有专门核医学废物库的 7 家, 占被调查单位的 46.67%。多数单位是在实验室内存放或暂存废物。测得废物堆表面 γ 照射剂量率为 1.22~55.00 μ Gy $\cdot h^{-1}$, 平均值为 10.16 μ Gy $\cdot h^{-1}$ 。

3 讨论

随着核医学的发展, ECT 的普及和 PET 投入使用, 核医学医疗照射的类别与年频率有上升的趋势, 搞好核医学的放射防

护需注意以下几个问题:

(1)《放射工作人员健康管理规定》(卫生部 52 号令)颁布已近 10 年, 其实行放射工作人员证制度的规定在高、中等医学院校实习放射医学专业的学生中普遍没有得到落实。

(2)从对非密封型放射性核医学场所的调查和个人剂量监测的结果表明, 各类场所人员尤其以高活室的分装操作人员剂量最高, 外照射剂量率较高的场所及操作环节主要集中在高活室的淋洗、分装等过程, 而注射操作次之。因此, 降低核医学工作人员受照剂量的关键在于加强高活室操作的放射防护, 并提高操作者的熟练程度和注意使用防护器材, 最好能使用直读式个人剂量计, 以随时掌握受照水平。同时应加强对已注射同位素药物患者的控制与管理, 特别要注意对其陪护人员的防护, 不应让用药后的病人自由走动, 并应告知其回家后在数天内尽可能和家人及公众保持一定距离。

(3)在放射性气溶胶监测以及通风设备效果调查中可以看出, 实验室通风设施达到防护要求和能正常使用($>1 m \cdot s^{-1}$)的占 70%, 仍有较高比例的单位通风设施达不到要求, 室内空气气溶胶浓度增高会明显增加工作人员内照射剂量, 有文献报道通风和不通风对空气中的¹³¹I 浓度的影响有数量级的差别^[2], 故通风设备的正常运行尤显重要。

(4)表面污染水平与管理及操作的熟练程度有关, 加强管理以提高工作人员操作水平和个人安全防护意识, 必须要求操作人员严格遵守操作规程, 穿戴防护衣具, 及时更换破损的试验室台面防护材料, 使表面污染水平得以控制, 防止放射污染的扩散并减少向操作者体内的转移。

(5)加强对放射性废物的管理与处理, 不应在实验室内堆放废物, 各医院要有存放放射性废物的固定场所, 废物包装表面须注明核素名称及存放日期, 做好屏蔽防护工作, 并严格按照国家有关规定进行妥善处理。

参考文献:

[1] 程晓莉, 王海荣. 核医学人员所受外照射水平[J] . 中华放射医学与防护杂志, 1999, 19(2): 55-56.
[2] 徐金其, 侯价礼, 王坚辉. 医用同位素室空气中¹³¹I 污染水平及剂量估算[J] . 中华放射医学与防护杂志, 1995, 15(4): 227.

(收稿日期: 2005—11—08)