

放射性核素治疗工作场所设计及放射防护措施评价分析

赵尧贤, 吴寿明, 宣志强, 俞顺飞, 罗 进, 酆依华

中图分类号: X591 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2010)04-0420-02

【摘要】 目的 通过对某单位核医学治疗工程项目职业病危害放射防护预评价, 探讨核医学治疗病房屏蔽设计及场所平面布局等的评价模式。方法 收集该工程项目的基础资料, 按照相应的标准要求, 通过理论估算及相关要求进行综合评价。结果 根据屏蔽估算, 原有墙体及顶盖的厚度没有达到要求, 需按要求加厚处理或增加相应铅当量厚度的其他防护材料。结论 在对核医学工程项目评价过程中, 除设定人员年剂量目标值外, 设定各类人员所在区域的剂量率目标控制值具有实际意义; 同时核医学工作人员必须严格按照工作分区原则, 严格操作程序, 做好个人防护, 可最大限度地降低年剂量。

【关键词】 核素治疗; 放射防护; 评价

随着核技术的不断发展, 近年来¹³¹I核素治疗工作得到应用, 但由于¹³¹I核素治疗涉及的放射性药物的活度(¹³¹I一般在 $1.85 \times 10^9 \text{ Bq} \sim 7.4 \times 10^9 \text{ Bq}$ ($50 \text{ mCi} \sim 200 \text{ mCi}$))比一般的核素检测分析工作使用的量大, 同时利用开放型放射性药物过程中, 放射性物质可随病人、排泄物、分装及丢弃的一次性医疗用品等途径污染环境; 病人带有活度较大的放射性核素, 对周围环境造成外照射危害, 所以对该类放射工作场所应采取防止内照射和防护外照射的综合防护措施。由于各方面条件限制, 给放射防护工作带来困难, 所以目前能符合相应条件的单位较

作者单位: 浙江省疾病预防控制中心, 浙江 杭州 310051
作者简介: 赵尧贤(1963~), 男, 副主任技师, 从事放射防护工作。

少。为更好地解决实际问题, 在此通过对某医院改造核素治疗工作场所设计方案的布局、放射防护措施、屏蔽防护墙体厚度、污物的处理等方面, 根据国家相关法规, 标准来作一评价分析^[1,2]。

1 项目基础资料

1.1 放射性核素 碘-131半衰期为 8.03 d , 照射率常数 $\Gamma = 1.92 \times 10^3 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{Ci}$ ($51.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{GBq}$)。

1.2 场所布局 包括给药分装活性室、储源室、病房、卫生间、污水处理池、病人进出等区域。

1.3 评价依据 按照国标《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及《临床核医学卫生防护标准》(GBZ120-2006)进行分类及评价。

2.3 非实际过量照射的原因 由表2可见, 非实际过量照射的25人次中, 12人次发生在医疗机构的放射工作人员, 13人次发生在工矿企业。对全部非实际过量照射人次进行分析发现, 发生在医疗机构的主要是放射工作人员工作时将随身佩戴的个人剂量计误放或故意放在机房或射线装置旁边, 共4人次。另外4人次分别为剂量计佩戴方式不正确(个人剂量计佩戴于其他部位或铅围裙外)和超过检测周期; 发生在工矿企业的主要是在野外射线探伤作业时, 由于条件有限, 误将个人剂量计同工作服一起放在放射源库, 从而导致过量照射, 共6人次。另外5人次同样为分别为剂量计佩戴方式不正确(个人剂量计佩戴于其他部位或铅围裙外)和超过检测周期。在医疗机构和工矿企业中各发现2人次因管理混乱和1人次原因不明导致的过量照射。据调查了解, 管理混乱主要体现在个人剂量原件更换时间不统一、使用和未使用的元件混淆、元件送检不及时等; 原因不明主要体现在部分放射工作人员因文化程度、理解能力较低, 操作中常常忘记剂量计的存在, 更不能回忆剂量计的佩戴情况和工作中的异常情况, 从而导致不明原因的过量照射; 另有1人次的不明原因过量照射是真正意义上不明原因, 该名放射工作人员在该监测周期在上级医院进修, 未曾佩戴剂量计, 但该剂量元件仍然被送检, 检测结果为 2.68 mSv , 为此我们不得不怀疑检测实验室的数据准确性。

3 对策

用人单位必须依法履行放射工作人员职业健康监护的义务, 采取有力措施, 确保工作场所的放射防护效果。主要采取以下措施: 一是淘汰陈旧老化或防护性能差的射线装置, 改善防护装备或屏蔽设施, 配备足够的防护设施和防护用品; 二是加大对防护装备不完善的设备和工作场所放射防护检测力度, 及时掌握本单位放射防护动态; 三是提高个人剂量管理水平, 落实管理责任制, 加强个人剂量档案自主管理, 专职或兼职的放射卫生防护员负责个人剂量计的收发, 督促和指导工作人员

正确佩戴使用个人剂量计, 及时发现、处理和记录异常情况。

放射工作人员要对射线装置的安全和防护知识充分了解和掌握: 一是对放射实践和电离辐射要正确认识, 克服恐惧感, 不能以不正确的方法佩戴甚至故意照射个人剂量计来验证受照剂量; 二是不能因在短期内没有明显的症状和变化而轻视放射防护, 对个人剂量检测缺乏正确认识, 剂量计随意摆放, 或不留意工作中出现的异常情况; 三是不能因个人剂量监测工作程序繁琐、监测数据不直观、监测结果滞后等原因, 对个人剂量监测工作出现抵触情绪。为此用人单位应加强工作人员放射防护知识培训和宣传个人剂量监测的有关规定和技术要求, 及时纠正他们对个人剂量监测工作的错误认识, 增强他们的自我管理能力和自我防护意识。

检测服务机构应加强检测质量保证, 提高检测服务能力: 一是健全个人剂量计的种类, 对不同的辐射种类和身体不同的部位的监测要求采用不同的个人剂量计; 二是应制定和严格遵守剂量计发放、佩戴、送检、回收和保存等每一个环节的标准操作规程, 确保每一环节的质量控制; 三是改善检测条件, 提高检测能力, 对检测异常结果可进行复查(据了解, 目前多数的检测服务机构使用热释光检测元件, 检测不具重复性)。四是严格落实质量控制措施, 保证监测数据准确。做到监测结果准确、监测结论通俗易懂, 消除受检人员对监测结果准确性的疑虑, 使他们理解和配合个人剂量监测工作。

参考文献:

- [1] GBZ128-2002 职业性外照射个人监测规范[S].
- [2] GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
- [3] 刘小莲, 麦维基, 贾育新, 等. 广东省放射工作人员剂量异常原因调查分析及对策[J]. 河南预防医学杂志, 2007, 18(4).

(收稿日期: 2010-05-17)

2 项目分析

¹³¹I核医学治疗病房设置在医院院区西南侧 2号楼一层西侧, 一层东侧及南侧为其他病区诊室, 北侧室外为医院污水处理用房及空地, 西侧室外为院区内过道, 距 10m处为 3号楼医技诊疗中心; 地下为地下室隔层, 底板为 150 mm现浇混凝土; 顶上二层为仓库, 现顶板为 200mm现浇混凝土。

核医学治疗病人事先检查预约治疗, 按预约时间来院从 2号楼一层病区南侧门厅候诊处进入核医学治疗病房区域, 首先经通道进入到给药窗口, 按照事先预订的药物剂量, 有工作人员核对相关信息(姓名、性别、年龄、诊断疾病种类、预约时间、给药种类、给药量等), 给予事先确定的药物, 观察其服下, 并安排到相应的病房留观, 留观期间在核医学治疗病区内活动, 不得外出, 病区内设置专用卫生间, 污水、污物统一处理; 留观检查结束后由西侧专用出口离开。整个核医学治疗工作场所相对独立, 有专用的进、出通道。工作人员和病人的区域分开, 无交叉现象, 区域分布图见图 1。

本项目核医学治疗主要涉及的放射性核素有 ¹³¹I, 用 ¹³¹I 治疗甲状腺疾病是目前比较广泛的一种方法, 治疗量可达 7.4×10^9 Bq(200mCi), 在衰变时可放出最大能量为 0.61MeV 的 β 粒子, 用于破坏残存的甲状腺组织和癌细胞, 达到治疗的目的; 同时核素又放出能量为 0.365MeV 的 γ 射线, 给周围环境造成放射性危害, 因此在做好内照射个人防护的同时需进行外照射的屏蔽防护。

核医学治疗病房的防护要按照开放型工作场所的要求对地面、墙面、台面等均需进行防污染的措施, 同时对病房四周的墙体及病人床位之间采取外照射防护措施。按照 ¹³¹I 放出 γ 射线的能量可查到不同防护材料的半值层厚度为: 混凝土($\rho = 2.3 \text{ g/cm}^3$)为 4.6m, 铅板($\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$)为 3mm, 铅玻璃($\rho = 3.86 \text{ g/cm}^3$)为 1.8m 等。本项目病人用药量以 7.4×10^9 Bq(200mCi)最高活度量作为参考计算屏蔽厚度。



图 1 核医学治疗工作场所区域分布图

屏蔽计算时病房外周围为院内环境, 控制人群为公众人员, 按年剂量 0.3 mSv 为控制目标剂量, 屏蔽墙外控制剂量率取 $0.5 \mu \text{ Sv/h}$ (按一年 50 周, 一周 7d 居留因子取 1/16); 工作人员年剂量控制目标值为 5 mSv , 实际接触工作时间按 1000h 计算, 工作区屏蔽墙外控制剂量率取 $2.5 \mu \text{ Sv/h}$ 。

γ 外照射计算屏蔽物的屏蔽厚度依照下面计算公式: $X = \frac{A \cdot \Gamma}{R^2}$ 式中: A 为 γ 放射源的活度, Bq; Γ 为 γ 放射源的照射率常数, $\mu \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{h} \cdot \text{Bq}$; R 为参考点与放射源之间的距离, m; X 为参考点照射量率, $\mu \text{ Gy/h}$ 。

按照上述公式可计算出距放射源 ¹³¹I(7.4×10^9 Bq)不同

距离处照射量率为: 1m 远处为 $384 \mu \text{ Gy/h}$, 2m 远处为 $96 \mu \text{ Gy/h}$, 3m 远处为 $42.7 \mu \text{ Gy/h}$, 4m 远处为 $24 \mu \text{ Gy/h}$ 。

则核医学治疗工作场所各侧墙体屏蔽厚度就可按参考点在无屏蔽情况下的计算剂量除以该参考点的控制目标剂量值, 得出剂量的衰减倍数, 查 ¹³¹I 核素相应的衰减倍数所需的屏蔽材料的厚度即可。现对各工作场所的屏蔽防护要求分述如下:

(1)病房: 单个病人给药按最高 7.4×10^9 Bq 计算, 在距病人 1m 远处的剂量率约为 $384 \mu \text{ Gy/h}$ 外墙外表面剂量率控制为 $0.5 \mu \text{ Gy/h}$ 则需混凝土厚度为 45m, 区域内墙外剂量率控制为 $2.5 \mu \text{ Gy/h}$ 则需混凝土厚度为 35m。

(2)顶盖: 在观察病房上方地面需重点防护, 根据病房层高为 4.5m, 则取顶盖上方参考点离地面辐射源项距离为 3.5m, 顶盖上方为药品仓库, 考虑非工作人员, 剂量率控制值为 $0.5 \mu \text{ Gy/h}$ 则需混凝土厚度为 30m。

(3)病床间屏风: 由于条件所限, 还不能满足每间病房 1 个人的条件, 所以病房内 3 张床位间使用铅屏风来降低病人相互间的外照射影响, 拟采用 6mm 厚铅屏风, 相当于 1.5 个半值层厚度。按最高 7.4×10^9 Bq 计算, 在病人间相处 2m 远处的剂量率约为 $96 \mu \text{ Gy/h}$ 则使用铅屏风后剂量率可降至 $34.3 \mu \text{ Gy/h}$ 。病人如住院一周, 由于邻近病人致其剂量的贡献约为 $5 \text{ mSv} \sim 10 \text{ mSv}$ 。

根据以上计算结果, 原有墙体及顶盖的厚度没有达到要求, 需按照计算材质厚度进行加厚处理或增加相应铅当量厚度的其他防护材料。

3 讨论

工作场所屏蔽墙外剂量控制, 我们认为周围公众年剂量目标控制值取 0.3 mSv , 核医学工作人员年剂量目标控制值取 5 mSv , 同时在核医学实际工作中我们也设定了剂量率的目标控制值, 这样增加了实际的操作性; 取值公众人员活动区域为 $0.5 \mu \text{ Gy/h}$, 工作人员区域为 $2.5 \mu \text{ Gy/h}$ 我们认为是合适的。

受检者(病人)区域必需严格要求出入通道分开原则, 同时对离院病人必需按照《临床核医学卫生防护标准》[3]控制体内携带放射性活度限量。

核医学治疗工作是一项综合性的防护工作, 既涉及到外照射, 也涉及到内照射; 从外照射的角度, 每年对全省放射工作人员个人剂量监测中也可看到, 从事核医学工作的人员其年剂量比从事普通 X 射线拍片诊断的人员明显要高[4]。由于核医学工作涉及直接接触放射性核素的不确定因素, 如果工作人员没有很好地执行放射防护三大防护原则及充分利用个人防护设施, 则其个人在工作过程中有接受较高外照射剂量的可能。因此, 核医学工作人员必须按照工作分区原则, 严格操作程序, 做好个人防护, 可最大限度地降低年剂量。

参考文献:

- [1] 郑均正, 李述唐, 岳保荣, 等. “九五”期间临床核医学的医疗照射水平调查[J], 中国辐射卫生, 1999 8(1): 19.
- [2] GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
- [3] GBZ120-2006 临床核医学卫生防护标准[S].
- [4] 贺强, 陈大伟, 杨晓光, 等. 某医院核医学病房放射防护评价与分析[J], 中国辐射卫生, 2007 16(4): 421-422.

(收稿日期: 2010-04-20)