

武汉地区核医学放射防护现状及存在问题探讨

邓志宏¹, 黄兆慧¹, 陈小蕙¹, 赵 明²

中图分类号: R147 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2006)02-0188-01

【摘要】 目的 调查了解武汉地区核医学放射防护现状, 探讨解决和改进放射防护中存在问题的方法和措施。方法 采用事前不通知的方式突击监督检查, 调查实验基本采用现场监测仪器直接读数法。结果 1. 临床核医学医疗照射主要用于甲状腺的检查和治疗, 核医学医疗照射的年频率有逐年增长的趋势。核医学工作单位比较规范, 工作人员基本持有《放射工作人员证》, 但实习学生未办证情况较为普遍。2. 非密封型工作场所及操作人员操作时的 γ 外照射水平及 β 表面污染情况以淋洗环节最高, γ 外照射水平最高达 $28\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, 均值为 $24\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$; β 表面污染最高达 $296.62\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$, 均值为 $40.51\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ 。3. 核医学放射工作人员 2003-2004 年个人剂量监测结果表明分装操作人员 $0.31\sim 14.60\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$; 护士为 $1.70\sim 14.20\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$; 测量人员 $0.12\sim 3.31\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$; 医师 $0.02\sim 0.83\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ 。4. 70% 的核医学工作单位通风柜达到防护要求。5. 46.67% 的单位有专门核医学废物库, 多数单位是在实验室内存放或暂存废物。废物堆表面 γ 照射剂量率最高为 $55.00\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, 平均值为 $10.16\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。结论: 武汉地区核医学放射防护情况总的较好, 但对注射了核素的患者管理和放射性废物的防护与管理工作有待加强。

【关键词】 核医学; 放射防护; 剂量

随着科学技术的飞速发展, PET 开始在常规医学领域应用, ECT 也逐步普及, 放射性药物的使用越来越广泛, 在达到医学诊断与治疗目的的同时, 也带来了诸如放射性物质的扩散、放射性污染及放射性废物处理等影响工作人员及公众的健康和环境卫生问题。目前, 武汉地区开展临床核医学工作单位 15 家(不包括仅从事放射免疫分析的单位), 共有放射工作人员 100 余名, 有各种核医学设备 74 台, 一个 PET 研究中心已建成处于调试阶段。临床核医学的应用集中于省、市级医院。目前开展业务项目有: 核素显像、功能测定、核素治疗、体外检查, 使用的核素有 Mo-Tc、¹³¹I、¹²⁵I、Sn-In、¹⁵³Sm-EDTMP、³H、⁹⁰Sr。市级医院在应用中, 检查项目多而治疗项目少。为了解核医学放射防护中存在的问题我们对武汉市 15 家医院的核医学科进行了调查。

1 材料和方法

- 1.1 调查项目 开展核医学工作单位的基本情况及其是否持有有效的《放射工作卫生许可证》; 核医学科新、改、扩建工作场所是否经过了卫生行政部门的卫生审查和验收; 工作场所外照射剂量率和表面污染水平; 工作人员是否持有有效的《放射工作人员证》; 个人剂量计佩戴及监测情况; 工作人员穿着的工作服及手部的表面污染水平; 室内通风状况及空气中放射性气溶胶浓度; 放射性废物的存放及处理情况。
- 1.2 实验仪器 FD3013 数字 γ 辐射仪; FJ2207 α 、 β 表面污染仪; DK-60 微尘采样器; 低能 γ 测量仪; 9850 型风速测量仪。
- 1.3 方法 采用事前不通知的方式突击监督检查, 调查方法基本采用现场监测仪器直接读数法, 空气采样用 DK-60 微尘采样器, 低能 γ 测量仪测量。

2 结果

(1)2003 年临床核医学患者的具体情况、临床核医学医疗照射类别及年频率见表 1。检查的 15 家单位均持有有效的《放射工作卫生许可证》; 新、改、扩建的工作场所也均履行了正规的审查和验收手续; 但是有 4 名工作人员《放射工作人员证》已过期失效, 1 名工作人员因工作调动近 1 年未办理变更手续, 另有 2 名实习的学生(包括核医学专业的研究生)未办理《放射工作人员证》。

(2)开放工作场所及操作人员操作时的 γ 外照射水平: 本次调查共监测高活室 12 间, 工作场所 γ 外照射剂量率及 β 表面污染情况见表 2。调查中发现工作人员基本都使用了防护用品, 这对降低其受照剂量大有益处^[1], 绝大多数单位对注射了核素的患者疏于管理, 虽提供了集中候诊休息室和专用卫生间, 但其活动几乎无人干涉, 致使其对陪护人员和医护人员造

成了剂量贡献, 其中尤以 ECT 检查中骨扫描者为甚。
表 1 2003 年武汉地区临床核医学医疗照射类别及年频率(人次/千人口)

类 别		年治疗患者 例数	相对频率 (%)	年频率
核医学 检查类别	骨显象	1 555	9.44	0.2125
	心血管	1 491	9.05	0.2037
	脑	59	0.36	0.0081
	甲状腺显像	5 445	33.06	0.7441
	甲状腺吸收	2 840	17.24	0.3881
	肾(含肾图)	1 552	9.42	0.2121
	肺	31	0.19	0.0042
	肝脾	207	1.26	0.0283
	其他	800	4.86	0.1093
	骨密度测量	897	5.45	0.1226
小计	14 877	90.32	2.0330	
核医学 治疗类别	甲状腺恶性肿瘤	14	0.08	0.0019
	甲状腺机能亢进	553	3.36	0.0756
	骨转移癌	215	1.31	0.0294
	其他	813	4.94	0.1111
	小计	1 595	9.68	0.2180
	合计	16 472	100.00	2.2509

表 2 工作场所 γ 外照射剂量率及 β 表面污染情况

场所	γ 外照射剂量率 ($\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$)		表面污染水平 ($\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$)	
	范围值	均值	范围值	均值
淋洗	3~28	24	3.23~296.62	40.51
开瓶分装室	3~17	15	2.77~198.41	6.32
注射室	2~15	12	0.10~147.62	0.90
扫描室	2~14	13	0.07~74.13	0.63
放免室	2~14	11	0.11~83.22	0.52
通风柜	13~193	20	2.82~199.54	24.50
水池	10~52	40	0.09~146.37	5.60

(3)核医学放射工作人员 2003~2004 年个人剂量监测结果见表 3。

表 3 核医学放射工作人员 2003~2004 年个人剂量监测结果

人次	剂量当量频数分布(人次/a)					年平均剂量当量(mSv)
	< 5	5~	15~	50(mSv)		
189	164	25	0	0		2.10

(下转第 190 页)

作者单位: 1 武汉市卫生监督所, 湖北 武汉 430022;
2 华中科技大学同济医学院附属同济医院
作者简介: 邓志宏, 男, 医学硕士, 副主任医师, 从事放射卫生防护及管理工作。

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)