

秦山核电站运行 11 年后周围居民受照剂量
及其健康状况调查研究

马明强¹, 孙培芝², 郑文³, 赵义坊⁴

中图分类号: R145; R146 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2004)04-0273-01

【摘要】目的 了解秦山核电站运行 11 a 后是否对周围环境和人群健康产生影响。方法 通过现场监测和采样分析取得核电站周围 20 km 范围内环境及其样品的放射性水平;通过回顾性辐射流行病学调查取得核电站周围 20 km 范围内居民健康状况资料。结果 秦山核电站运行 11 a 后,当地环境及其主要食品样品中的放射性水平属正常本底,居民受天然电离辐射外照射所致剂量为 1.15 mSv,经由膳食摄入⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 所致居民全身年有效剂量为 0.75 μSv;运行前后该地区人口前五位死因均为呼吸系统、循环系统、恶性肿瘤、损伤和中毒、消化系统疾病,在死因顺位上略有差异。结论 秦山核电站运行 11 a 所释放的放射性物质未对周围环境放射性水平和人群健康产生影响。

【关键词】核电站;剂量;放射性;死因;恶性肿瘤

我国第一座自行设计建造的秦山核电站,于 1991 年 12 月正式并网发电,为了合理估算核电站正常运行后周围居民受照剂量,并准确评价核电站运行后释放的放射性物质^[1]对周围环境和人群健康是否产生影响,我们开展了秦山核电站运行 11 a 后环境放射性水平监测及其周围居民受照剂量和居民健康状况的调查研究。

1 资料来源

- 1.1 环境放射性水平 使用 RSS-111 型高压电离室;FD-71 型闪烁辐射仪对核电站 20 km 范围内的环境进行放射性监测。
- 1.2 食品等样品中放射性水平 使用 FJ-2603 低本底 α、β 弱放射性测量装置对食品等样品(水、大米、蔬菜、猪肉、鱼等)进行分析测量。
- 1.3 人群健康资料 通过回顾性辐射流行病学调查,获取核电站周围 20 km 范围人群健康资料(全死因、恶性肿瘤、婴儿出生情况)。
- 1.4 仪器刻度 仪器均经计量部门刻度。

2 结果

- 2.1 环境放射性水平 以核电站为中心,在 20 km 范围内按照当地的主导风向,在各乡镇政府所在地,距建筑物或公路 30~50 m 的空旷地测量室外环境电离辐射剂量水平。结果为室外天然辐射外照射空气吸收剂量率的平均值为 (12.02±2.6)×10⁻⁸ Gy·h⁻¹,而本省 1983~1984 年全省室外天然辐射外照射调查结果^[2]为 (14.2±3.1)×10⁻⁸ Gy·h⁻¹,可见秦山核电站运行 11 a 后周围环境室外放射性水平于 20 世纪 80 年代全省平均值没有差别^[2]。
- 2.2 食品等样品中放射性水平
 - 2.2.1 居民饮用水中放射性水平 秦山核电站周围 20 km 范围内居民所饮用的水主要是深井水,本次调查主要采集各乡镇居民常饮用的深井水和自来水。监测结果显示,深井水中⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 的含量分别为 (3.5±2.0) mBq·L⁻¹ 与 (1.5±0.8) mBq·L⁻¹;自来水中⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 的含量分别为 (2.8±1.6) mBq·L⁻¹ 与 (1.2±0.8) mBq·L⁻¹。由此可见,秦山核电站周围 20 km 范围内居民常饮用水中的⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 含量都处于较低的水平。
 - 2.2.2 食品中的放射性水平 秦山核电站周围 20 km 范围内居民主要食用的主副食品是大米、青菜、猪肉、鱼等。监测结果见表 1。

表 1 食品中的放射性水平(Bq/kg)		
样品	⁹⁰ Sr($\bar{x} \pm s$)	¹³⁷ Cs($\bar{x} \pm s$)
大米	0.025±0.005	0.009±0.003
青菜	0.066±0.025	0.025±0.008
猪肉	0.050±0.02	0.046±0.012
鲢鱼	0.410±0.12	0.150±0.06

- 由表 1 可以看出,4 种主要食品中鲢鱼内⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 的含量要高于其他食品,主要是由于鲢鱼生长在杭州湾的深水中,但无论是大米、蔬菜、猪肉还是鱼类,所检食品样品中⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 的含量均低于 1 Bq/kg。
- 2.3 所致居民剂量估算
 - 2.3.1 外照射剂量 根据《核设施正常运行和事故期间公众受照剂量监测与评价规范》(以下简称《评价规范》)^[3],用实测的空气吸收剂量率估算天然辐射所致居民人均年有效剂量。通过计算,秦山核电站周围 20 km 范围内,因天然辐射外照射所致居民的人均年有效剂量为 1.15 mSv,与全省天然辐射外照射调查结果^[2]相近。
 - 2.3.2 食入⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 所致内照射剂量 根据秦山核电站所在地海盐县统计局对居民主要食品消费情况的统计资料,再结合几种主要食品的⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 含量,按照《评价规范》估算得出,秦山核电站周围 20 km 范围内居民经由膳食摄入⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 所致居民全身年有效剂量为 0.75 μSv。
 - 2.4 居民健康状况
 - 2.4.1 全死因分析 秦山核电站周围居民运行前(1988~1991 年)平均出生率为 13.02‰,年均死亡率为 6.89‰;运行后(1992~2002 年)居民平均出生率为 6.84‰,年均死亡率为 4.60‰,运行前后出生率和死亡率差异有显著性。
 - 2.4.2 标化死亡率 秦山核电站运行前后的前五位死因标化死亡率均为呼吸系统、循环系统、恶性肿瘤、损伤和中毒与消化系统疾病,仅在顺位上略有不同。居首位的均为呼吸系统疾病,运行前后各死因之间差异无显著性,详见表 2。
- 表 2 前五位死因标化死亡率(1/10 万)、构成比(%)及顺位
- | 死因 | 1988~1991 年 | | | 1992~2002 年 | | |
|-------|-------------|-------|----|-------------|-------|----|
| | 死亡率 | 构成比 | 顺位 | 死亡率 | 构成比 | 顺位 |
| 呼吸系统 | 151.00 | 26.01 | 1 | 165.11 | 25.67 | 1 |
| 循环系统 | 130.04 | 20.78 | 2 | 121.34 | 18.43 | 3 |
| 恶性肿瘤 | 99.67 | 17.99 | 3 | 106.50 | 19.12 | 2 |
| 损伤和中毒 | 82.79 | 13.56 | 4 | 89.33 | 15.67 | 4 |
| 消化系统 | 28.87 | 4.66 | 5 | 22.37 | 3.56 | 5 |

作者单位:1 浙江省卫生监督所,浙江 杭州 310009;2 嘉兴市卫生监督所;3 海盐县卫生监督所;4 浙江省疾病预防控制中心
作者简介:马明强(1965~),男,浙江嘉善人,副主任医师,从事放射卫生防护管理。

实现防护最优化原则: 能够达到目的尽可能低的剂量。在实际工作中如何实现这三大原则和一个概念, 我们有如下一些体会。

3.1 加强管理 核医学科内的放射源主要来自于三方面: 放射性药物, 包括放免试剂盒、发生器和治疗用核素等; 工作废弃物, 包括针筒、棉球、实验用品等; 病人以及病人的排泄物。对于前两者加强科室的管理, 作到有专人负责和使用记录。病人是流动的放射源, 对病人的教育也很重要^[3,4], 作检查的病人要在候诊室内等候, 不可随意走动, 因此建立候诊区域和专用的厕所很有必要。

3.2 以人为本 工作人员的健康和病人的安全是第一位的, 防护设备和防护器械是其他任何手段所不能替代的。新建核医学科或改建时要考虑防护设备的安装和科室布局的合理、科学, 这是日后不易改变的。病人和工作人员的走道要分开; 遵循从低放射性到高放射性的布局; 有条件的话, 建立全科室的放射性监测网络, 进出高活性区域(标记室和病房等)测量是否被污染。在开展新的诊疗项目时也要考虑添置新的防护器械。

3.3 认真准备 在进行大剂量的日常工作和研究实验时, 预先的设计和准备工作十分重要, 慌乱和不合理的操作步骤会延长接触放射性物质的时间, 带来不必要的高辐射剂量。

3.4 提高认识 核医学科工作中受照辐射主要来自于不可避免的接触与科内的放射污染。但因未接受过系统的放射防护教育, 加上射线的“无形”, 有不少人思想上容易麻痹; 形成了不良的工作习惯如随意丢弃注射后的注射器和出入标记室不更换鞋子等都会造成科内的放射污染。

3.5 重点突出 从表 3 的数据可以看出病房与注射窗口和标记台的剂量都很高, 造成剂量高的原因是标记和注射显像剂以及核素治疗病房的工作。因此相应地我们可以采取这样一些措施: 改变直接注射, 而是建立静脉通道后再注射, 这样可大大降低注射时的受照剂量, 还可以确保药物进入静脉而不残留在软组织内, 避免了放射性损伤的可能; 直接从厂家购买标记好的药物, 相对来讲厂家的放射防护条件比医院要好很多, 临床用药物直接购买标记好的药物; 避免在核素治疗病人的前几天直接面对面的查房, 而采用对讲机和监视设备进行, 尤其是针对那些接受大剂量碘-131 治疗的甲状腺癌病人。

参考文献:

[1] Zanzonico PB. Internal radionuclide radiation dosimetry: A review of basic concepts and recent developments[J] . J Nucl Med, 2000, 41: 297-308.
[2] Bolus NE. Basic review of radiation biology and terminology[J] . J Nucl Med Technol, 2000, 29: 67-73.
[3] Thompson MA. Maintaining a proper perspective of risk associated with radiation exposure[J] . J Nucl Med Technol, 2001, 29: 137-142.
[4] Thompson MA. Radiation safety precautions in the management of the hospitalized ¹³¹I therapy patient[J] . J Nucl Med Technol, 2001, 29: 61-66.

(收稿日期: 2004-08-02)

(上接第 273 页)

2.4.3 恶性肿瘤死因分析 死亡率构成比及顺位 秦山核电站运行前(1988~1991 年)、后(1992~2002 年)周围居民恶性肿瘤死亡率分别为 120.12/10 万、126.45/10 万, 运行后高于运行前, 但两者之间差异无显著性。与全省 1/10 抽样调查结果相比, 恶性肿瘤粗死亡率运行前后均高于全省 1/10 抽样地区, 但低于省疾病监测点地区^[4], 具体见表 3。

表 3 各地区居民恶性肿瘤死亡率(1/10 万)与构成比(%)

地区	男		女		合计	
	死亡率	构成比	死亡率	构成比	死亡率	构成比
秦山地区						
1988~1991	157.98	21.23	78.33	12.02	120.12	17.23
1992~2002	176.67	23.76	82.66	13.12	126.45	19.00
1/10 抽查地区	153.03	22.89	83.96	14.68	119.41	19.21
省疾病监测点	169.81	—	90.91	—	131.49	—

2.5 婴儿出生情况 我们分别选择了距离秦山核电站 20 km、80 km 的桐乡和鄞县作为对照, 进行婴儿出生情况调查, 结果见表 4。可见除婴儿出生畸形各地之间差异有显著性外, 围产儿死亡、死胎与死产等差异均无显著性。

表 4 婴儿出生情况比较(率, %)

地区	围产儿死亡率	死胎死产率	畸形率	新生儿死亡率	多胎率
核电站	15.33	7.97	10.14	7.42	7.87
桐 乡	16.23	9.21	7.61	7.09	6.70
鄞 县	14.78	6.53	21.80	8.31	6.21
1)	<i>u</i> 0.82	1.52	3.31	0.45	1.16
	<i>P</i> >0.05	>0.05	<0.01	>0.05	>0.05
2)	<i>u</i> 0.51	1.93	10.16	1.12	2.28
	<i>P</i> >0.05	>0.05	<0.01	>0.05	>0.05

注: 1) 核电站与桐乡比较; 2) 核电站与鄞县比较。

秦山核电站周围环境及饮用水与食品等样品中放射性水平属正常本底, 核电站运行 11 a 所释放的放射性物质没有增加周围环境中的放射性水平。秦山核电站周围 20 km 范围内, 因天然辐射外照射所致居民的人均年有效剂量为 1.15 mSv, 经由膳食摄入 ⁹⁰Sr、¹³⁷Cs 所致居民全身年有效剂量为 0.75 μSv。秦山核电站运行前后周围 20 km 范围内居民出生率和死亡率差异有显著性, 出生率和死亡率运行后均低于运行前。秦山核电站运行前后周围居民前五位死因均为呼吸系统、循环系统、恶性肿瘤、损伤和中毒与消化系统疾病。居首位的均为呼吸系统疾病, 恶性肿瘤有所上升, 这可能与大气污染的日益严重、人群的不良生活习惯吸烟以及随着乡镇企业的发展, 接触有害气体、粉尘等机会相对较多有直接关系。核电站运行后周围居民恶性肿瘤死亡率均低于省疾病监测点^[4]的监测结果(131.49/10 万)。运行后高于运行前, 但二者之间差异无显著性。从恶性肿瘤的流行趋势看, 居民健康和人口构成的改变与生活方式的改变, 环境的改变, 医疗条件的改善等, 都影响着人群恶性肿瘤死亡率的高低。这些改变与某些恶性肿瘤危险度的升高和另一些恶性肿瘤危险度的降低有联系。笔者通过回顾性流行病学调查, 没有剔除上述混杂因素, 这在一定程度上可能会影响调查结果的精确度。秦山核电站与距离 20 km、80 km 的桐乡和鄞县在婴儿出生方面, 除婴儿出生畸形各地之间差异有显著性外, 其余差异均无显著性。

参考文献:

[1] 孙世荃. 人类辐射危害评价[M] . 第 1 版, 北京: 原子能出版社, 1996: 198.
[2] 陈国佩, 赵义坊, 匡云谷, 等. 秦山核电站运行前周围环境放射性调查和居民所受剂量估算[J] . 中华放射医学与防护杂志, 1992, 12(14): 253.
[3] 卫生部. 核设施正常运行和事故期间公众受照剂量监测与评价规范[S] . 1992.
[4] 韩晓军, 蒋庭魁, 严峻, 等. 浙江省 1995~1996 年居民恶性肿瘤死亡分析[J] . 浙江预防医学, 1998, 1: 1-3.

(收稿日期: 2004-06-16)