

## 【论著】

大亚湾核电站运行初期周围人群健康状况  
调查分析(1993~1997 年)

杨宇华, 梁绵英, 邹剑明, 林钻轩

中图分类号: R818.8 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2005)02-0089-02

【摘要】 目的 调查广东大亚湾核电站运行初期周围人群的健康状况资料, 为核电正常运行或核电事故对健康影响评价提供相应的基础资料。方法 采用辐射流行病学调查方法, 将核电站周围 20 km 半径范围内至少居住 3 a 以上(即 1993 年前 3 年)并有常住户口的居民列为调查对象。结果 恶性肿瘤粗死亡率、调整死亡率分别为 88.57/10 万及 79.77/10 万, 白血病粗死亡率、调整死亡率分别为 3.24/10 万及 2.94/10 万, 7~14 岁儿童甲状腺肿大率触诊及专用 B 超仪检查分别为 8.34% 和 9.69%, 出生儿缺陷发生率为 82.33/万。恶性肿瘤粗死亡率、调整死亡率类同于或略低于广东省 1990~1992 年 12 市县区调查及全国县级一般地区水平, 白血病粗死亡率、调整死亡率与广东省 1990~1992 年 12 市县区调查及全国普查结果基本一致, 7~14 岁儿童甲状腺肿大率未达到国家甲状腺肿大流行病区诊断标准, 出生儿缺陷发生率略低于全国 30 个省 1991~1992 年出生儿缺陷监测统计结果以及深圳市相关统计结果。结论 大亚湾核电站运行初期没有对周围人群带来不利影响。

【关键词】 核电站; 健康状况; 流行病; 调查

Investigation on the State of Health (1993-1997) in Ambient Residents of Daya Bay Nuclear Power Plant in the Early Days. YANG Yu-hua, LIANG Mian-ying, ZOU Jian-ming, et al. *Guangdong Prevention and Treatment Center for Occupational Diseases, Guangzhou 510300, China.*

【Abstract】 **Objective** To survey the data for the state of health in the ambient residents of Daya Bay Nuclear Power Plant and provide the background data to evaluate the state of health affected by fallout of nuclear power plant. **Methods** The data were collected by a radiation epidemiology. The investigation was carried out in the area within 20 km of radius from Daya Bay Nuclear Power Plant and the subjects who had lived there for three years or longer before January 1, 1993 and covered by the Household Registry were recruited to a cohort. **Results** The mortality rate of overall cancer (per 100 000 PYr) was 88.57 (the standard mortality rate was 79.77), the mortality rate of leukemia (per 100 000 PYr) was 3.24 (the standard mortality rate was 2.94), the palpation rate of the goiter in 7~14 years old was 8.34% (9.69% in B ultrasonic), the morbidity rate of newborn's defect (per 100 00 P) was 82.33. The mortality of all cancers or leukemia was similar to the result from other areas of Guangdong province or nation wide of China. The rate of the goiter in 7~14 years old was lower than the standard of the nation. The morbidity rate of newborn baby's defect was lower than that of the 30 provinces in China or the other areas of Shenzhen. **Conclusion** No unfavourable influences on the local residents in the early days of the power plant.

【Key words】 Nuclear Power Plant; State of Health; Epidemiology; Investigation

核电站运行的历史表明, 核电是相对安全的能源, 其安全性是基于在选址、设计、运行及退役等多个环节采取严格的质量保证和管理制度的结果。但尽管采取了一系列安全防护措施, 核事故的发生不能完全避免<sup>[1]</sup>, 一旦发生核事故, 释放出多种放射性核素, 通过不同途径作用于人体, 可造成较大社会心理影响, 存在较长时间辐射作用, 需对人员进行长期随访观察。目前我国核能事业仍处于起始阶段, 必将有很大发展, 获得核电站从选址至退役多个时期周围人群健康水平基础性国情资料, 是做好核事故医学应急准备的重要一环, 也是取得核电站周围公众理解与合作所必需的<sup>[2]</sup>。因此, 通过开展本调查收集广东大亚湾核电站运行初期周围人群的健康状况资料, 为核电正常运行或核电事故对健康影响评价提供相应的基础资料。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象 根据卫生部颁布《核电站放射卫生防护标

准》<sup>[3]</sup>及《核电站环境放射卫生监测和公众健康状况调查规范》<sup>[4]</sup>的规定, 确定大亚湾核电站运行初期周围人群健康调查范围: 以厂址为中心的 20 km 半径范围内区域, 调查区域内包含两市(深圳市、惠州市)所辖的九个镇, 在调查区域内至少居住 3 a 以上(即 1993 年前 3 a)并有常住户口的所有居民皆列为调查对象。

1.2 内容与方法 根据调查目的, 参照卫生部颁布《核电站环境放射卫生监测和公众健康状况调查规范》<sup>[4]</sup>, 确定下列调查内容: ①人口学资料; ②居民死因资料(包括因恶性肿瘤、白血病死亡病例调查); ③甲状腺肿大; ④出生儿缺陷。调查采用辐射流行病学调查方法, 分三阶段进行: ①了解调查地区人口及疾病登记、统计的现状, 并查阅有关资料; ②专业人员的现场调查与检查; ③调查数据的复核及统计分析。

1.3 质量控制与统计分析 质量控制是保证调查资料准确可靠的重要步骤, 在调查中实施了下列质量控制措施: ①参加调查人员对调查计划及有关专业技术进行学习培训; ②使用统一的方法或法定的调查表格及记录方式; ③恶性肿瘤与白血病死亡调查先由调查人员对资料复核、互校与抽查, 后由专题负责人作全面核查; 除此之外, 选择了有代表性的省、市、县级人

基金项目: 本研究由国家计委立项[计投资(1997)2468 号文], 卫生部以[卫办督发(1998)5 号文]下达并资助

作者单位: 广东省职业病防治院, 广东 广州 510300

作者简介: 杨宇华(1964~), 男, 大学, 副主任医师, 主要从事放射卫生防护与管理工作。

民医院及专科医院查证医疗记录,求得恶性肿瘤诊断的误诊率与漏诊率;④人口学资料复核了 10 个村(居)委会,重点为低年龄组人口的复查;对全死因复查了全部死亡案例,补充遗漏死亡案例;⑤现场体检由项目负责人认可的经统一培训的专业技术人员操作;⑥用于本次检查的各项测试仪器及器材,经省级计量认证。统计分析采用比较分析方法,用 $\chi^2$ 检验其差异性。

2 结果与分析

2.1 人口统计

2.1.1 人口密度 1997 年底大亚湾核电站周围20 km 范围内人口密度平均为 334 人/km<sup>2</sup>,为 1991 年同一地区调查结果(175 人/km<sup>2</sup>)的 1.91 倍<sup>[5]</sup>,与广东省平均人口密度(353 人/km<sup>2</sup>)相接近<sup>[6]</sup>(表 1)。

表 1 1997 年大亚湾核电站 20 km 范围内人口密度

	土地面积(km <sup>2</sup> )	人数	密度(人/km <sup>2</sup> )
本调查	348.11	116 328	334 <sup>1)</sup>
1991 年调查	348.11	60 919	175
广东省	177 986	62 829 058	353

注:1) 为平均数。

2.1.2 年龄与性别构成 人口统计结果显示,调查地区 1997 年的人口构成与全国资料比较<sup>[9]</sup>,0~4 岁年龄组人口构成略低于 1995 年全国抽样调查值,而 75 岁及以上年龄组人口构成则高于全国水平;本调查性别比男:女为 89.73:100.00,以女性居多。而 1995 年全国抽样调查值为 104.96<sup>[6]</sup>,这可能与毗邻港澳而致男性人口移居较多有关。

2.1.3 期望寿命 1993~1997 年调查区男、女平均期望寿命分别为 72.46 岁及 76.92 岁,略低于同期深圳市居民平均期望寿命水平<sup>[7]</sup>,但稍高于全国平均水平<sup>[8]</sup>。

2.2 恶性肿瘤调查

2.2.1 恶性肿瘤死亡率 1993~1997 年 20 km 范围内共调查人\*年数为 587 114。死亡 3 027 例,其中恶性肿瘤 520 例,占死亡的 17.18%,与全国 1997 年统计结果 17.12%相近<sup>[6]</sup>。20 km 范围内总平均粗死亡率为 88.57/10 万,调整死亡率为 79.77/10 万;粗死亡率与 1991 年大亚湾核电站投产前同一地区调查结果(80.57/10 万)相比,略有增加,但低于广东省 1990~1992 年 12 市县区调查结果(103.25/10 万)<sup>[9]</sup>和全国县级单位相应水平<sup>[9]</sup>(表 2)。调整死亡率也低于广东省 1990~1992 年 12 市县区调查结果(92.01/10 万)<sup>[9]</sup>。

表 2 全部恶性肿瘤粗死亡率及调整死亡率(/10 万)

调查地区	调查年份	粗死亡率	调整死亡率
广东深圳大亚湾	1981	51.14	—
	1986~1990	80.57	—
	1993~1997	88.57	79.77
广东省 12 个县市 <sup>1)</sup>	1990~1992	103.25	92.01
全国县级单位 <sup>2)</sup>	1986	95.74	—
	1997	107.66	—

注:1) 引自《90 年代广东省肿瘤变化趋势》(内部资料),2) 引自《中国卫生年鉴 1998》及《中国卫生年鉴 1987》。

2.2.2 白血病死亡率 20km 范围内年平均粗死亡率和调整死亡率分别为 3.24/10 万及 2.94/10 万,粗死亡率与 1991 年同一地区调查结果(2.01/10 万)<sup>[3]</sup>,广东省 1990~1992 年 12 市县区调查结果(3.76/10 万)<sup>[9]</sup>以及全国普查结果(2.53/10 万)<sup>[10]</sup>基本一致,调整死亡率也与广东省 1990~1992 年 12 市县区调查结果(3.70/10 万)<sup>[9]</sup>基本一致,具有相对稳定性。早在 50 多年前,人们已观察到白血病发生与死亡存在时间与地点聚集现象<sup>[11]</sup>。

2.3 甲状腺肿大率 按国家标准<sup>[12]</sup>7~14 岁儿童甲状腺肿大率等于或大于 10%为病区,本次调查甲状腺触诊检查人数为 4 003 人,专用 B 超仪检查人数为 1 590 人。结果表明,甲状腺肿大率触诊及专用 B 超仪检查平均分别为 8.34%和 9.69%,均低于国家甲状腺肿大流行病区的诊断标准。

2.4 出生儿缺陷发生率 1993~1997 年 5 a 间在 20 km 范围内共调查了深圳 5 个镇 4 980 名出生儿,观察到 41 例缺陷,总发生率为 82.33/万;与全国 30 个省 1991~1992 年出生儿缺陷监测统计结果(92.14/万)<sup>[13]</sup>以及深圳市相关统计结果(97.20/万)<sup>[14]</sup>相比稍低,但差异无显著性( $P>0.05$ )(表 3)。

表 3 大亚湾核电站周围出生儿缺陷发生率

调查区域	活产婴儿数	缺陷例数	发生率(/万)
本调查	4 980	41	82.33
深圳	2 676	26	97.20
全国	81 290	7 475	92.14

3 结语

(1)大亚湾核电站周围人群恶性肿瘤死亡率处于一般地区水平,其变动规律与全国、广东类同,属于非辐射因素所致的自然变动。

(2)核事故时放射性碘是具有重要生物效应的核素,过量放射性碘进入体内不但会损害甲状腺机能,而且可导致甲状腺癌发生增加。基于儿童甲状腺生理特点,摄入放射性碘的危险性较成人大 2~10 倍<sup>[1]</sup>,由此看来,从核事故医学应急准备考虑,应对大亚湾核电站周围 7~14 岁儿童甲状腺肿大率问题应予以关注。

(3)综观人口结构,期望寿命,恶性肿瘤死亡率及出生儿缺陷发生率,与 1991 年大亚湾核电站投产前相应结果比较,20 km 范围内居民具有较良好稳定的健康状况,未发现异常的疾病流行及变动。说明大亚湾核电站运行初期未对周围人群的健康产生不利影响。

(本次调查得到深圳市、龙岗区、惠州市、惠阳市、澳头经济开发区卫生局及卫生防疫站等部门的支持与帮助,以及调查地区所在镇政府、卫生院等热情协助,同时得到卫生部工业卫生实验所、广东省卫生防疫站、广东省妇幼保健院、中山医科大学附属肿瘤医院有关专家以及广东省职业病防治院查永如、黄嘉麟主任医师的技术指导,在此一并致谢!)

参考文献:

[1] 郭力生,葛忠良.核辐射事故的医学处理[M].北京:原子能出版社,1992:1-32.

## 0.2 MeV 中子照射洋葱萌发种子后根尖细胞微核诱发率的研究

张文艺<sup>1</sup>, 焦 玲<sup>1</sup>, 星正治<sup>2</sup>

中图分类号: R811.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-714X(2005)02-0091-02

【摘要】目的 了解单能中子的相对生物效应。方法 通过由 Schenkel 型加速器产生的 0.2 MeV 单能中子以及  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线照射洋葱萌发种子, 观察单位剂量的两种辐射在洋葱根尖细胞中微核诱发率的差异。结果 0.2 MeV 单能中子单位剂量的微核诱发率为  $(133.0 \pm 6.4) \% \text{Gy}^{-1}$ ;  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线单位剂量的微核诱发率为  $(3.59 \pm 0.19) \% \text{Gy}^{-1}$ 。以  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线为参考辐射, 0.2 MeV 单能中子照射洋葱萌发种子后在根尖细胞中诱发微核的相对生物效应(RBE)值为  $37.0 \pm 2.7$ 。结论 以  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线为参考辐射, 0.2 MeV 单能中子照射洋葱萌发种子后在根尖细胞中诱发微核的 RBE 值高达  $37.0 \pm 2.7$ 。因此, 为更好地解明具有高线能传输(LET)的中子的生物效应机制, 以及放射治疗的基础研究提供了一种较好的手段。

【关键词】中子; 微核; 洋葱萌发种子; 相对生物效应(RBE)

Study of the Frequencies of Micronuclei Induced in the Root-tip Cells of Onion Seedlings by 0.2 MeV Neutrons. ZHANG Wen-yi, JIAO Ling, HOSHI Masaharu. *Institute of Radiation Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Tianjin 300192, China.*

【Abstract】Objective To best understand the relative biological effectiveness (RBE) of mono-energetic neutrons. Methods

To observe the difference of the frequencies of micronuclei induced in the root-tip cells of onion seedlings irradiated by 0.2 MeV mono-energetic neutrons from a Schenkel type accelerator and  $\gamma$  rays from a  $^{60}\text{Co}$  source. Results The frequencies of micronuclei induced by unit dose of 0.2 MeV mono-energetic neutrons and  $\gamma$  rays from a  $^{60}\text{Co}$  source are  $(133.0 \pm 6.4)$  and  $(3.59 \pm 0.19) \% \text{Gy}^{-1}$ , respectively. Thus when a  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -ray source is used as reference radiation, the RBE value for 0.2 MeV mono-energetic neutrons to induce micronuclei in the root-tip cells of onion seedlings is about  $37.0 \pm 2.7$ . Conclusions Using a  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -ray source as reference radiation, the RBE value of 0.2 MeV mono-energetic neutrons to induce micronuclei in the root-tip cells of *Allium* onion seedlings is as high as  $37.0 \pm 2.7$ . It provides a good method to best understand the mechanism of the biological effectiveness of high LET neutrons and for the basic study of radiation therapy.

【Key words】Neutron; Micronucleus; Onion Seedling; Relative Biological Effectiveness (RBE)

由于受到射线的照射, 部分细胞的染色体发生断裂。这些断裂的染色体在随后的有丝分裂过程中形成一个远远小于正常子核的核小体, 通常称之为微核<sup>[1]</sup>。微核发生的频率与染色体变异的频率密切相关, 因此微核频率是评价染色体损伤的重要指标之一<sup>[1, 2]</sup>。通过由加速器产生的 0.2 MeV 单能中子以及  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  射线照射洋葱萌发种子后, 观察两种射线在洋葱根尖细胞中微核诱发率的差异, 从而更好地了解单能中子的相对生物效应。

作者单位: 1 中国医学科学院中国协和医科大学放射医学研究所, 天津 300192; 2 日本广岛大学原爆放射线医学科学研究所  
作者简介: 张文艺(1965~), 男, 四川省人, 副研究员, 医学博士, 研究方向: 辐射剂量学。

## 1 材料和方法

1.1 洋葱萌发种子 2000 年收获的 OK 黄洋葱种子, 存储在 4℃的冰箱内。将蒸馏水浸透的棉纸置于直径为 35 mm 的组织培养皿中, 然后将洋葱种子均匀散置在上面后密封, 在 25℃的恒温条件下进行培养得到萌发种子。

1.2 照射条件 ① 0.2 MeV 单能中子。单能中子通过安装在日本广岛大学原爆放射线医学科学研究所的放射生物学研究用加速器(HIRRAC)得到的。加速器的质子束电流为 1 mA。经过 Schenkel 型加速器加速的质子轰击  $^7\text{Li}$  靶后发生核反应  $^7\text{Li}(p, n)^7\text{Be}$  得到中子<sup>[3]</sup>。室温条件下, 利用配对电离室 IC-17 和 IC-17G 来测量中子以及  $\gamma$  射线的剂量<sup>[3]</sup>。 $\gamma$  射线的剂量约占总剂量的 5% 左右。受照射样品与源之间的距离为 10 cm。无附

社, 1994: 280.

[2] 查永如. 试论核电站周围人群健康调查的必要性及其内容[J]. 职业医学, 1996, 13(6): 45.

[3] ZBC-57001-84. 核电站放射卫生防护标准[S]. 1985.

[4] 中华人民共和国卫生部. 核电站环境放射卫生监测和公众健康状况调查规范[S]. 1985.

[5] 广东核电站周围居民健康调查组. 广东核电站反应堆首次装料阶段环境影响专题报告: 公众健康状况调查(未发表)[Z]. 1991, 6.

[6] 中国卫生年鉴编委会. 中国卫生年鉴[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1998: 361-426.

[7] 深圳市卫生局. 1997 年深圳市卫生统计资料(汇编)[Z]. 内部资料, 1998.

[8] 田凤调, 陈育德. 实用卫生统计学[M]. 北京: 人民卫生出版

[9] 广东省卫生厅疾控处. 90 年代广东省肿瘤变化趋势. 内部资料, 1998.

[10] 耿贯一. 流行病学(第三卷)[M]. 第二版, 北京: 人民卫生出版社, 1996: 369.

[11] 丁训杰编译. 白血病[M]. 上海: 上海翻译出版公司, 1988: 8-9.

[12] GB16005-1995, 碘缺乏病(IDD)病区划分标准[S].

[13] 中国卫生年鉴编委会. 中国卫生年鉴 1992[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1993: 129.

[14] 广东省妇幼保健院. 广东省出生儿缺陷监测登记统计[Z]. 内部资料, 1993.

(收稿日期: 2004-11-22)