

2例,癌症的RR随受照剂量而增加。当继续随访时,1985~1989年新发生7例癌症,统计已看不到RR的增加^[15],可能因为年幼时表现出的RR增加随年龄的增长而下降。总之,这些报告都与英国既往报告的接受X线者的结果不尽一致,主要差别是原爆后出生者的癌症几乎都出现于15岁之后,而且白血病甚少。

4.7 辐射致癌是否有阈

其答案因考虑的角度而异。为满足当前辐射防护的需要只能采纳线性无阈的假定。流行病学实际调查的结果有的趋向无阈,例如氡致肺癌、原爆幸存者的白血病^[15]、X线治疗头癣的儿童,其余事例都缺乏无阈的证据。应当看到,利用流行病学资料确定是否有阈受到观察人数与观察时间的限制:观察人数越少,照射剂量越低,致癌例数越少,干扰因素越大,致癌潜伏期越长,需要观察的时间越久。这时即使致癌无阈也不会在有限的观察人数和有限的观察时间内表现出无阈的结果。为了说明这个问题,Bomd(1991年)提出诱发癌症的最低辐射能量概念及增加1例癌症所需的最低能量。

参 考 文 献

- 1 Neel JV et al. Am J Hum Genet, 1990; 46: 1053
- 2 Vaeth M, Preston DL, Mabuchi K. Extrapolating life span study cancer risk estimates to low dose radiation exposures. RERF update, 1992, 4(3): 5
- 3 UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations 1994 1
- 4 Thompson DE et al. Resiat, 1994; 137: s17
- 5 Preston DL et al. Resiat, 1994; 137: s68
- 6 Kendall GM et al. Br Med J, 1992; 304: 220
- 7 Koshurnikova NA et al. Sci Tot Environ, 1994; 142: 19
- 8 Okladnikova ND et al. Sci Tot Environ, 1994; 142: 9
- 9 Shleien B et al. Health Phys, 1991; 61: 699
- 10 Gardner MJ et al. Br Med J, 1990; 300: 423
- 11 IAEA/WHO/EC. Ten Year After Chernobyl: What Do We Really Know? IAEA, Vienna, 1997 1
- 12 NIH Radon and Lung Cancer Risk: A Joint Analysis of 11 Underground Miners Studies. NIH Publication No. 94-3644, 1994 33-36
- 13 Voelz GL, Lawrence JNP. Health Phys, 1991; 61: 181
- 14 Yoshimoto Y et al. Lancet, 1988; 2: 665
- 15 Yoshimoto Y et al. Lancet, 1994; 344: 345

(收稿日期: 1997-06-09)

马亚克工厂早期生产人员的放射流行病学

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) 张景源

摘 要: 综述了前苏联第一个核武器工厂——马亚克工厂早期生产人员的放射流行病学资料。该厂生产初期生产人员受照射剂量较大,不少人员受到辐射损伤,发生多例慢性放射病和恶性肿瘤。流行病学分析表明,早期生产人员中慢性放射病发病率为20.3%,该组全身 γ 外照射剂量平均3Gy,放化分离厂发病率高达27.8%,该厂 γ 外照射剂量也高于其他分厂。恶性肿瘤死亡率也较高,主要由于白血病和肺癌死亡率增高。白血病标化死亡比(SMR)(95%CI):男性2.14(1.22~3.7);女性1.19(0.36~3.8)。白血病超额相对危险(ERR)1.25Gy⁻¹,潜伏期5~8年。肺癌SMR(95%CI):男性1.89(1.54~2.32);女性3.25(1.60~6.63)。肺癌ERR0.37Gy⁻¹,平均潜伏期24年。

关键词: 马亚克工厂 放射流行病学 慢性放射病 白血病 肺癌

位于俄罗斯联邦南乌拉尔切爾雅賓斯克 的马亚克工厂是前苏联第一个核武器工厂,

包括铀石墨反应堆和分离钚与铀的放射化学工厂(简称放化厂),1948年投入生产。在生产初期,辐射防护措施很差,不少人员受到辐射损伤,诊断出多例慢性放射病。马亚克工厂生产人员的放射流行病学研究对分析职业照射与慢性放射病发病及辐射致癌危险提供了有用的资料。

Никипелов 等(1990年)^[1]发表的胶片个人剂量监测资料:1948~1952年反应堆工作人员所受年平均剂量为0.15~0.94Sv,放化厂为0.48~1.13Sv;年剂量大于0.25Sv工作人员的比例反应堆为50%~90%,放化厂为70%~80%,放化厂受高剂量照射人员较多,有20%~35%的人员年平均剂量在1Sv以上;1953~1959年受照剂量逐年降低,反应堆在1957年年平均剂量降到0.05Sv以下,放化厂此期间平均剂量仍在0.11~0.31Sv,到1963年才降至0.05Sv以下。

80年代初,对所有工作人员进行随访登记,由于经过40年的变迁,随访到反应堆87%、放化厂85%的人员。以其中在1948~1958年参加工作的人员做为分析人群,这些人从开始接触放射源工作都有30~40年的随访期。

1 放射病发病率

为评价职业照射引起的损伤,利用所有的医学档案,查阅了40年间诊断为放射病的病历。其中有几例急性放射病,主要在反应堆开始运行前几个月处理事故受照射而发生的。其他皆诊断为有职业照射病理特征的慢性放射病。

Shilnikova 等(1996年)^[2]对慢性放射病的发病率进行进一步分析,在登记中分出慢性放射病例1813人(86768人年)为观察组,以同时期参加工作没有发生慢性放射病者7109人(249969人年)为对照组,两组中86%的人在1948~1958年间参加工作。全身 γ 外照射累积剂量:观察组平均为2.9Gy,受

1Gy以上者占88%;对照组平均为0.84Gy,受1Gy以上者占32%。分析表明,慢性放射病发病率在全厂为20.3%,都是在1948~1958年参加工作,当时生产条件很差,有超剂量照射。大部分慢性放射病(96.6%)发生在1949~1958年间,其余3.4%发生在60年代初期,也是因1948~1958年间受到较大的剂量照射。各分厂的慢性放射病发病率各有不同,反应堆为6.3%,标准钚生产厂为19.8%,放化分离厂为27.8%,主要因为各厂受照剂量不同,放化厂有57%的人累积剂量在1Gy以上,反应堆人员有31%超过1Gy,钚生产厂24%的人超过1Gy,但此厂钚的内照射剂量较大。根据前苏联临床经验认为,发生慢性放射病的剂量条件是连续全身外照射剂量率不小于 $0.2 \sim 0.25 \text{ Gy} \cdot \text{a}^{-1}$ 和累积剂量 $1 \sim 1.5 \text{ Gy}$ 或更高。马亚克工厂慢性放射病的平均外照射累积剂量为3Gy,但有12.2%的病例(222人)的剂量低于1Gy,这可能是由于有些人参加事故处理和修理工作受到较大剂量却没有登记或是放化厂、钚生产厂人员的钚内照射剂量没有计算在内。

分析了慢性放射病与其他疾病死亡的关系:全病因年龄标化死亡率(SMR),慢性放射病组与对照组无明显差异;心血管病SMR,慢性放射病组比对照组低,女性差别明显;恶性肿瘤SMR,慢性放射病组明显高于对照组,男性主要是白血病和肺癌增高,女性主要是肺癌增高。进一步将两组各分成几个剂量组进行分析,认为慢性放射病组白血病和肺癌增高不是患慢性放射病本身的原因,而是受到较高剂量的 γ 外照射和钚内照射。

2 恶性肿瘤死亡率

马亚克工厂早期人员中恶性肿瘤死亡率增高已有报道^[1,5]。Koshunikova 等(1996年)^[3]分析了1958年前参加工作,在防护条件很差的情况下工作人员的癌死亡率,观察

8 855 人 (男 6 427 人 女 2 428 人), 共 316 949 人年, 观察组平均 γ 外照射累积剂量, 男性 1. 32Gy, 女性 1. 15Gy, 有 40% 的人员 (放化厂 60%) 平均年剂量超过最大容许剂量 对照组是同时期在同工厂工作而受照射剂量没有超过最大容许剂量的人员, 共 6 995 人, 295 545 人年, 平均 γ 外照射累积剂量, 男性 0. 27Gy, 女性 0. 28Gy

在这早期工作人员中 (观察组) 全病因死亡率, 男性 34. 7%、女性 18. 2% , 其中癌死亡占全病因死亡 30. 4% (男) 和 42. 3% (女) 。 全癌 标化死亡比 SM R (95% CI) : 男 1. 43 (1. 28~ 1. 60), 主要因为放化厂和铀生产厂增高; 女 1. 46 (1. 18~ 1. 82), 主要由于铀生产厂增高 在各种癌死亡中白血病和肺癌死亡率明显增加

表 1 1948~ 1958年间参加工作人员的 SMR

	男性	女性
随访人数	6 427	2 428
人年数	222 889	94 060
平均外照射剂量 (Gy)	1. 32	1. 15
全癌 SM R (95% CI)	1. 43 (1. 28~ 1. 60)	1. 46 (1. 18~ 1. 82)
白血病 SM R (95% CI)	2. 14 (1. 22~ 3. 7)	1. 19 (0. 36~ 3. 8)
肺癌 SM R (95% CI)	1. 89 (1. 54~ 2. 32)	3. 25 (1. 60~ 6. 63)

在 865 例癌死亡中白血病死亡 44 例, 其中放化厂 27 例、铀生产厂 11 例 反应堆 6 例。 白血病 SM R (95% CI): 男 2. 14 (1. 22~ 3. 7); 女 1. 19 (0. 36~ 3. 8) 。 白血病死亡率的增加主要由于放化厂男性白血病死亡率增高, SM R (95% CI) 为 3. 17 (1. 45~ 6. 93), 放化厂受照剂量也比其他厂高。 铀生产厂白血病 SM R (95% CI): 男 2. 06 (0. 61~ 6. 9); 女 2. 31 (0. 30~ 18. 0) 。 在放化厂男性白血病超额相对危险 (ERR) 动态分析中看到, 白血病高峰期在 1953~ 1957 年, ERR 高达 $16. 73\text{Gy}^{-1}$, 以后即急速下降, 可见马亚克工厂白血病的潜伏期与日本原爆幸存者的白血病潜伏期基本一致。 在 1948~ 1992 年随访期间, 放化厂早期人员的白血病 ERR 为 $1. 25\text{Gy}^{-1}$, 比日本原爆幸存者一次 γ 中子照射的白血病 ERR 低 3 倍, 这可能是较长期多次照射所致, 但在白血病 ERR 动态趋势研究中表明, 原爆幸存者和马亚克工厂人员白血病 ERR 在白血病高峰期实际是相同的

肺癌死亡 294 例, 占全癌死亡 34%, 分

布在铀生产厂 126 例 放化厂 120 例、反应堆 48 例。 肺癌 SM R (95% CI): 男 1. 89 (1. 54~ 2. 32); 女 3. 25 (1. 60~ 6. 63) 肺癌死亡率增高主要发生在铀生产厂的男性 (SM R 3. 33, 95% CI 2. 23~ 4. 96) 和女性 (SM R 10. 39, 95% CI 2. 78~ 38. 79) 及放化厂的男性 (SM R 1. 81, 95% CI 1. 34~ 2. 45) 中。 在这些工厂中除 γ 辐射外, 空气中有高浓度的 α 气溶胶, 吸入 α 气溶胶增加了肺剂量, 使肺癌发病增加 生物检测表明, 肺癌患者铀体负荷比全体人员明显增高 铀生产厂的 γ 外照射比放化厂低, 但其肺癌发病高, 这也说明铀生产厂人员的铀体负荷较高而增加了肺癌死亡率 吸烟是肺癌发病危险因素之一, 也影响职业照射的肺癌死亡率, 分析中可见在男性低剂量组 (平均累积剂量 $2. 88\text{Sv}$) 肺癌死亡率也增高 (SM R 2. 04), 男性吸烟者多, 使肺癌发病增加 肺癌 ERR 动态分析可见, ERR 值在 1968 年后大于 0 并逐年增加, 1973~ 1982 年达 $0. 37\text{Sv}^{-1}$, 至 1988~ 1992 年稍有下降, 为 $0. 35\text{Sv}^{-1}$, 肺癌的平均潜伏期为 24 年^[4]。

也可以看到在肺剂量低于最大容许剂量组中肺癌 ERR 也没有减低,文中也提出有必要降低后处理厂的肺最大容许剂量。

参 考 文 献

- 1 Никипелов БВ и др. Природа, 1990; 2 30~ 38
- 2 Shilnikova NS et al. Health Phys, 1996; 71(1): 86~ 89
- 3 Koshurnikova NA et al. Health Phys, 1996; 71

- (1): 90~ 93
- 4 Khokhnikov VF et al. Health Phys, 1996; 71(1): 83~ 85
- 5 United Nations. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 1994 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations sales publication E. 94. [X. I.]. United Nations, New York, 1994

(收稿日期: 1997-09-04)

ICRP第2委员会工作近况

卫生部工业卫生实验所(北京, 100088) 陈兴安

摘 要: 简要介绍了三方面的内容: (1) 1995年至今 ICRP第2委员会公开发行的出版物简介; (2) ICRP第2委员会 1996年北京会议后在中国杂志上发表的文章; (3) ICRP第2委员会 1996年北京会议后工作进展的部分情况。

关键词: 国际放射防护委员会第2委员会 次级限值

准备从三个方面将 ICRP第2委员会的工作近况作一介绍。

1 1995年至今 ICRP第2委员会公开发行的出版物简介

1.1 ICRP第68号出版物, 工作人员摄入放射性核素的剂量系数, 用于代替 ICRP第61号出版物

在 ICRP第61号出版物(以 1990年建议书为依据的工作人员摄入放射性核素的年限值, 1991)发行之后, ICRP出版了经过修订的呼吸道的动力学和剂量学模型。因此, 这个报告的主要目的就是给出采用上述新模型后得到的剂量系数值。其主要内容包括呼吸道模型、胃肠道动力学模型、全身活度的排泄途径、剂量计算、次级限值、剂量系数表等, 外加参考文献和 6个附录。全书 110页, 1995年出版发行。

1.2 ICRP第69号出版物, 公众成员摄入放射性核素年龄依赖剂量: 第3分册, 食入剂量系数

这是随 ICRP第56号出版物(ICRP,

1989)和第67号出版物(ICRP, 1993)之后的有关公众成员的年龄依赖剂量系数的出版物, 它包括的元素有铁、硒、锑、钽和铀。这个报告给出了这些元素在组织中分布和滞留的参数, 以及这些元素通过尿和粪便的排泄数据。这些元素的某些放射性同位素的剂量系数已经计算。这些放射性同位素预期能由于人类活动而排放到周围环境并具有环境辐射防护的意义。

本出版物的内容包括年龄依赖有效剂量系数的计算、上述 5个元素的生物动力学数据和食入剂量系数。全书共 74页, 1995年出版。

1.3 ICRP第70号出版物, 应用于放射防护的基本解剖学和生理学数据: 骨骼

编写这份出版物的目的是为了更新有关人骨骼的信息和参考数据。它的主要内容包括: 骨骼的主要组织, 作为一种组织的骨, 人体的骨, 骨骼的鲜重, 各个骨的鲜重, “干的”或“干、脱脂的”骨骼的重量, “干的”或“干、脱脂的”骨的重量, 致密骨和骨小梁的相对量, 致密骨和骨小梁的表面容积比, 致密骨依特