

。 辐射与健康。

白云鄂博稀土铁共生矿矿工肺内钍活度及其 对健康影响研究的新进展

陈兴安 程永娥 甄 荣 阎效珊* 冯国栋**
韩轩茂* 尹 春* 何淑贤*

(卫生部工业卫生实验所, 北京 100088)

1 前言

1994年夏,我们在以往10年工作的基础上,对白云鄂博稀土铁共生矿部分矿工肺内钍活度再次进行了测定,同时进行了较全面的体检和全矿职工肺癌死亡率的流行病学调查。目的是为了取得最新的有关数据,为该矿进一步采取卫生防护措施提供依据。

白云鄂博稀土铁矿是世界上最大的稀土铁矿之一,建矿已38年。该矿矿石的成份复杂,除含有铁,稀土元素和 SiO_2 等化合物外,还含有0.04%的放射性二氧化钍。

该矿个别车间的含钍稀土铁粉尘的浓度相当高。例如破碎车间内,1993年空气中粉尘浓度范围为:1.6~74.0 mg/m^3 ,平均值为17.11 mg/m^3 。在其它6个发尘车间,空气中粉尘浓度的范围为1.2~16.4 mg/m^3 ,平均值为5.7 mg/m^3 。破碎车间短寿命子体的浓度范围为 $2.70 \times 10^3 \sim 7.36 \times 10^4 \text{ MeV/L}$,为同一地点车间外的短寿命子体浓度的6~18倍。

根据1994年的资料,该矿职工总数为7558人(男性5476人,女性2082人)其中,2903人(男性2390人,女性513人)为接尘矿工。

在本研究中,我们从7个发尘车间的2390名男矿工中按比例随机分层抽样136名男性接尘矿工。其中64名来自粉尘浓度最高的破碎车间。其余72名则来自粉尘浓度较低的其它6个车间:其中20名来自主矿;17名来自西矿;10名来自铁路运输;10名来自汽运;7名来自公路车间;8名来自电力车间。

对上述136名男性接尘矿工均进行了呼出气中活度的测量和全面体检。

对该矿全体接尘矿工和非接尘矿工以及职工的肺癌死亡率进行了流行病学调查。

现将方法学和调查结果介绍如下。

2 方法学

2.1 呼出气中活度的测量

呼出气中放射性活度的测量是采用负高压条件下静电收集呼出气中的较长寿命的子体以确定

呼出气中活度的装置进行的。这是由于呼出气中的衰变产物 ^{212}Pb 的85~88%是带正电。测出的活度是用口腔中能产气的 ^{224}Ra 的当量活度表示^[1]。根据Stehney^[2]提供的转换系数,即当口腔中 ^{224}Ra 的当量活度为3.7Bq时,肺内 ^{232}Th 的活度将是37Bq(假定 ^{232}Th 与 ^{212}Bi 处于平衡),从而可以根据测出的任何产气 ^{224}Ra 的当量活度得到肺内钍的活度。但由于 ^{232}Th 和 ^{212}Bi 之间没有足够时间达到平衡,以及 ^{232}Th 的衰变链的中间产物 ^{212}Pb 和

^{212}Po 通过转移而离开肺,再加上一部分 ^{220}Rn 被呼出,上述根据转换系数推算出的肺内 ^{232}Th 的活度将低于被检者肺内 ^{232}Th 的实际量。根据Stebbing's的经验和白云鄂博矿工肺内钍的实际水平,所有估算出的肺内钍的活度,在本文中均乘以系数2^[3]。

2.2 体格检查

体检包括内科检查,周围血象和肝功能的测试,呼吸道症状调查表的问答记录,X线胸大片的拍摄和肺功能的测定。对于胸大片的确认采用双盲法(误片时不提供被检者肺内钍的活度),并由2名放射科的副主任医师进行读片。

为了得出被检者肺内钍活度及其对健康影响的相互关系,将上述136名矿工划分成2个组,破碎组(64名矿工)和内对照组(其它6个车间的72名矿工)。这是由于上述2个组及矿工肺内钍活度平均值之间的差别十分显著。而且,在上述72名矿工中,没有1人其肺内钍的活度高出1.48Bq。这个值是白云鄂博铁矿矿工肺内是否受到钍职业性污染的探测下限^[4]。根据肺内钍活度的不同范围,将破碎组又划分为破碎1组,破碎2组和破碎3组等3个亚组。

3 结果

3.1 背景材料的比较

3.1.1 破碎组矿工(64人)和内对照组矿工(72人)年龄范围分别为30~57岁和34~59岁,平均年龄分别为(49.3 \pm 4.8)岁和(48.0 \pm 5.6)岁,两组年龄范围基本相同,平均年龄也无统计学意义的差别($P>0.05$)

* 军事医学科学院放射医学研究所

** 白云鄂博矿工医院

3. 1. 2 破碎组矿工和内对照组矿工接尘史范围分别为 8~ 36年和 17~ 36年,平均接尘史分别为 (28. 3± 6. 2) 年和 (27. 0± 5. 0) 年,两组间在接尘史方面的差别也无统计学意义 ($P> 0. 05$)

表 1 两组吸烟史的比较

组别	矿工数	吸烟者数	%	吸烟史 (年)	吸烟支数 (d^{-1})
破碎	64	50	78. 13	26. 7± 6. 9	17. 8± 7. 4
内对照	72	55	76. 40	25. 8± 5. 3	19. 3± 7. 9
t			($i^2= 0. 058$)	0. 858	1. 13
P			$> 0. 05$	$> 0. 05$	$> 0. 05$

上述 3项结果表明,对于这次研究的主要混淆因素对研究结果的影响可以忽略不计。

3. 2 肺内钍活度的测定和查体结果。

3. 2. 1 破碎组和内对照组肺内钍活度的比较。

结果表明,两组间肺内钍活度的平均值差别显著。(见表 2)

表 2 两组肺内钍活度平均值比较

组别	矿工数	肺内钍活度均值 (Bq)	t	P
破碎	64	1. 7± 1. 47	2. 364	$< 0. 01$
内对照	72	0. 58± 0. 32		

3. 2. 2 破碎组和其它 6个组 (内对照组)肺内钍活度的比较。

测定结果表明,只有破碎组的矿工其肺内钍活度有 4. 3%的矿工高于该矿矿工肺内职业性污染的探测下限值 1. 48Bq

比较结果表明,破碎组矿工肺内钍活度的平均值和内对照组任何一个组的肺内钍活度的平均值之间的差别均显著 (见表 3)

表 3 破碎组和其它 6个组矿工肺内钍活度的比较

车间名称	矿工数	肺内钍活度 (Bq)	P^*
		范 围	$\bar{x}\pm s$
破碎	64	0. 132~ 7. 261	79± 1. 47
主矿	20	0. 112~ 1. 250	64± 0. 36 $< 0. 002$
东矿	17	0. 198~ 1. 320	59± 0. 28 $< 0. 005$
铁运	10	0. 198~ 0. 660	39± 0. 18 $< 0. 01$
汽运	10	0. 132~ 0. 920	45± 0. 27 $< 0. 01$
电力	8	0. 264~ 1. 450	68± 0. 35 $< 0. 05$
公路	7	0. 198~ 1. 390	62± 0. 24 $< 0. 05$

* 内对照组的 6个组各自的矿工肺内钍活度的平均值和破碎组矿工肺内钍的平均值的比较

3. 2. 3 破碎组同其内对照组之间呼吸道症状的比较。

调查结果表明,两组间的严重气短发生率差别极其显著, (32. 8%对 13. 9%, $i^2= 6. 895, P< 0. 01$)。两组间在其它呼吸道症状方面不存在统计学上有意义的差别。(见表 4)

3. 1. 3 破碎组和内对照组吸烟史的比较。

结果表明,两组在吸烟者百分比,吸烟史和每日吸烟支数之间也均无统计学上有意义的差别 (见表 1)

表 4 破碎组和内对照组呼吸道症状发生率 (%) 比较

症状	破碎组 (n= 64)		内对照组 (n= 72)	
	发生例数	%	发生例数	%
慢性咳嗽	27	42. 2	28	38. 9
慢性吐痰	29	45. 3	28	38. 9
气短				
轻度	15	23. 4	26	36. 1
中度	16	25. 0	13	18. 1
重度	21	32. 8	10	13. 9

3. 2. 4 破碎组同其内对照组之间肺功能障碍发生率的比较。

采用日本生产的 Discom21型肺功能仪,对上述两个组的 136名矿工均进行了肺功能的测定,结果在两个组各检出 1例限制型的肺功能障碍,其发生率分别为 1. 56%和 1. 38%。经统计学处理两组间的差别不显著。

3. 2. 5 破碎组同其内对照组之间 X射线胸大片诊断结果 - 尘肺检出率的比较。

结果表明,0⁺期尘肺检出率在破碎组矿工 (64人) 中为 18. 75% (12例),在内对照组 (72人) 则为 1. 4% (1例) 其差别有显著性意义 ($i^2= 11. 81, P< 0. 01$)

3. 2. 6 含钍稀土铁矿尘引起破碎组矿工发生 0⁺期尘肺的可能阈值。

破碎组 12名诊断为 0⁺期尘肺的矿工肺内钍活度范围为 1. 22Bq~ 3. 71Bq 通过简单计算, 1. 22Bq的钍相当于 755. 5mg的含钍稀土铁矿尘 (因为钍在矿尘中的含量为 0. 04%) 这个值和陈兴安等^[3] 1993年报道的引起 0⁺期尘肺的含钍稀土矿尘的可能阈值, 803mg~ 940mg很接近。

3. 2. 7 矿工肺内钍活度和周围血象, 肝功有关指标的相互关系。

为了比较肺内钍活度不相同的矿工间周围血象和肝功指标是否有差别,我们根据矿工肺内钍活度的不同范围和不同的均值,将破碎组分成破碎 1组,破碎 2组破碎 3组,然后分别同内对照组进行比较。

表 5列出了破碎 1组,破碎 2组破碎 3组以及内

对照组肺内钍的活度

上述 4个组矿工周围血象的测定结果见表 6

表 6的结果表明,上述周围血象的 4项指标的
平均值均在正常值范围内. 上述任何两组之间 4项指标
的比较均无显著性差别 ($P> 0. 05$). 检查结果还表明
上述 4项指标中未发现有 1例异常者.

表 6 上述 4组矿工周围血象的比较

组别	矿工数	血色素 (g/L)	白细胞 ($\times 10^9/L$)	中性粒细胞	淋巴细胞
破碎 1	36	139 \pm 4. 8	6. 489 \pm 1. 348	0. 68 \pm 0. 08	0. 32 \pm 0. 08
破碎 2	10	137 \pm 4. 6	6. 160 \pm 7. 54	0. 69 \pm 0. 05	0. 30 \pm 0. 05
破碎 3	18	135 \pm 5. 3	7. 21 \pm 1. 047	0. 68 \pm 0. 06	0. 32 \pm 0. 06
内对照	68	141 \pm 6. 0	6. 865 \pm 2. 193	0. 69 \pm 0. 09	0. 31 \pm 0. 07

表 7 上述 4组矿工肝功能指标的比较

组别	矿工数	T. T. T	G. P. T	AKP*	TFT
		(单位)	(单位)	(单位 /L)	
破碎 1	36	5. 0 \pm 2. 816	8 \pm 2. 6	18 \pm 4	(-)
破碎 2	10	5. 0 \pm 1. 619	6 \pm 4. 7	19 \pm 7	(-)
破碎 3	18	4. 5 \pm 0. 917	8 \pm 3. 6	19 \pm 6	(-)
内对照	68	5. 0 \pm 1. 016	0 \pm 3. 0	28 \pm 13	(-)

* AKP 碱性磷酸酶

表 7的结果表明,上述 4个组矿工的肝功指标均
属正常. 在任何两个组之间的差别无显著性 ($P>$
 $0. 05$). 而且未发现任何矿工有任何 1项指标异常. 这
很可能是由于二氧化钍通过呼吸道的被吸收率仅仅
是 $0. 0001d^{-1}$, 使得难溶的二氧化钍进入血循环而沉
积至肝脏的量极微. 此外,在这次调查的整个队列中
肺内钍活度最高者也只有 7. 26Bq

3. 3 流行病学调查结果

3. 3. 1 接尘矿工和非接尘矿工及职工的肺癌死亡
率

1994年对全矿的接尘矿工和非接尘矿工以及其
它职工进行了回顾性的流行病学调查. 其主要结果列
在表 8

表 8 肺癌的标化死亡比 (SMR) (1977~ 1993)

组别	预期值	观察值	SMR	95% 可信限
接尘矿工	3. 301	17	5. 153	3. 36~ 7. 89
对照	3. 480	8	2. 301	1. 17~ 4. 51

从表 8的结果可以看出接尘矿工和非接尘矿工
的 SMR 值均大于 1 接尘矿工的 SMR 明显高于对
照. 虽然在这 2个 SMR 之间尚无统计学上有意义的
差别 ($i^2= 3. 75 P> 0. 05$)

接尘矿工和对照的人年数分别为 42090 和
26953

将本矿 1977~ 1990^{〔3〕} (表 9) 期间接尘矿工的肺
癌 SMR 同 1977~ 1993年期间接尘矿工的肺癌 SMR

表 5 三个破碎组和内 对照组矿工肺内钍活度

组别	矿工数	肺内钍活度 (Bq)	
		范 围	$\bar{x}\pm s$
破碎 1	36	0. 132~ 1. 45 0	82 \pm 0. 41
破碎 2	10	1. 520~ 2. 18 1	74 \pm 0. 23
破碎 3	18	2. 380~ 7. 26 3	76 \pm 1. 24
内对照	72	0. 112~ 1. 45 0	58 \pm 0. 32

进行比较,可以看出在 1991~ 1993的 3年内肺癌的
死亡率 (3年内发生 8例),要比在 1990年前的 13年
内 (13年内发生 9例) 增长得快得多.

表 9 肺癌的标化死亡比 (1977~ 1990)

组别	预期值	观察值	SMR	95% 可信限
接尘矿工	2. 15	9	4. 18 1	92~ 7. 93
对照	2. 12	4	1. 89 0	51~ 4. 83

由于本矿接尘矿工的肺内钍活度量并不高 (这次
被检的破碎车间的 72名男性矿工中, 肺内钍活度最
高值也只有 7. 26Bq), 因而难以把接尘矿工肺癌的较
高 SMR 全归之于长期吸入二氧化钍所致. 我们认
为,假如长期吸入二氧化钍诱发矿工肺癌存在一个流
行病学实际阈值, 那么这个值将高于 7. 26Bq 这是因
为 ICRP 第 10号出版物上建议的人肺内钍的最大允
许负荷为 111. 11Bq 因此, 此矿接尘矿工肺癌的较高
SMR, 很可能是吸入钍, 吸入的 和氡的短寿命子
体, 和吸烟等因素间可能存在的联合作用所致.

4 结 论

4. 1 从这个由白云鄂博稀土铁矿 7个发尘车间随机
抽样的 136名男性矿工组成的队列研究中, 可以看出
空气中含钍稀土矿尘浓度的高低是和接尘矿工肺内
钍活度的高低成正比.

4. 2 发尘最高的破碎车间 64名矿工肺内钍活度的
平均值为 1. 79 \pm 1. 47Bq, 范围是 0. 132Bq~ 7. 26Bq
该矿另 6个发尘低的车间中的 72名矿工肺内钍活度
的平均值为 0. 58 \pm 0. 32Bq, 范围为 0. 112Bq~
1. 45Bq 后者为本研究的内对照组

4. 3 破碎组和内对照组矿工的严重气短的发生率差
别显著. 前者为 32. 8%, 后者为 13. 9%; 其 $i^2= 6. 898$

$P< 0. 01$ 这显然和破碎组接尘矿工长期吸入含有
SiO₂ 含量为 10% 的高浓度含钍稀土矿尘, 导致肺组
织纤维化有密切关系.

4. 4 破碎组被检矿工 O⁺ 期尘肺的发生率为

参考文献

18. 75% ,显著高于内对照组的 1. 4% ,但由于矿尘中的钍含量只有 0. 04% ,因此,完全可以认为矿尘中的化学成分,例如 SiO_2 (10%) 是诱发肺组织纤维化的主要因素。
4. 5 体检结果表明 136名被检者的 4项血液指标和 4项肝功指标均在正常范围。这表明含钍稀土矿尘进入血循环和沉积在肝的分数都很低,不足以产生影响。
4. 6 流行病学调查表明该矿接尘矿工和非接尘矿工以及其它职工的肺癌死亡率近年来增长较快。接尘矿工的 SMR 为 5. 15, 非接尘矿工和其它职工的 SMR 为 2. 30, 均大于 1 两者的肺癌死亡率均高于全国男性的肺癌死亡率, 而且差别有显著性。
4. 7 由于此矿矿工肺内钍活度并不高, 没有 1人超过肺内钍的最大允许负荷, 因此, 作者认为此矿接尘矿工的较高 SMR 是吸入钍, 吸入 和氡的短寿命子体和吸烟间可能存在的联合作用所致。
4. 8 迄今为止, 上述两个 SMR 值之间不存在统计学上有意义的差别。这表明接尘矿工的较高 SMR 不能完全归之于长期吸入钍和 的短寿命子体。矿工中吸烟者的高百分比 (~ 80%) 促使作者有理由认为吸烟是诱发该矿接尘和非接尘矿工肺癌死亡率较高的一个重要因素, 甚至可能是主要因素。
- 1 Toohey, R. E. et al. Measurement techniques for radium and the actinides in man at the center for human radiobiology. Health Physics, 1983, 44, Supplement 1: 323~ 341.
- 2 Stehney, A, F. et al. Health Status and Body Radioactivity of Thorium workers. Interim Report. Argonne National Laboratory Report. NUREG/CR- 1420, ANL- 80- 37 (NTIS, Springfield, Virginia), 1980.
- 3 陈兴安. 呼出气中 活度测定和评价中若干问题的探讨. 中华放射医学与防护杂志, 1987, 7 (1) : 65.
- 4 陈兴安, 等. 根据静电收集的 子体确定人呼出气中的 活度. 中华放射医学与防护杂志, 1985, 5 (2) : 183.
- 5 Chen Xingan, et al. A follow-up study (1982~ 1991) on the relationship between thorium lung burden and health effects in miners at the Baiyan Obo Rare Earth and Iron Mine. Radiation Protection in Australia, 1993, Vol. 11 No. 4: 157~ 161. (1997年 2月 20日收稿)

开展医用 X射线机的技术改造工作的做法与体会

张邦豪

(浙江省海宁市卫生防疫站, 海宁 314400)

放射卫生综合监督管理, 在医疗单位中医用 X射线机的放射防护是一个主要方面, 它对保障放射工作人员和受检者、扶持者的健康与安全, 保护环境, 有十分重要的意义。近几年来, 农村医疗卫生事业发展迅速, 乡镇卫生院使用医用 X射线机装置已相当普遍, 但使用的型号大多为 70年代产品, 比较陈旧, 装机容量以 30~ 50毫安为主, 各种防护设施不全, 防护效果不佳, 因此, 医用 X射线机装置的技术改造, 特别是卫生院一级医疗单位在贯彻国务院“放射性同位素与射线装置放射防护条例”(以下简称《条例》)中, 是首先要解决的问题。然而, 要开展放射防护工作, 落实技术改造措施, 从“管理的”角度考虑必须抓好三方面的工作。

1 认真学习“条例”, 提高领导执行“条例”的自觉性

医用 X射线机的放射防护工作, 在放射卫生管理中, 一直是一个突出的问题, 难度较大, 一些单位往往偏重于放射工作人员的防护, 而忽视其他方面。许多医疗单位特别是乡镇卫生院为了方便群众, 提高医疗诊断水平, 积极创造条件, 添置医用 X射线机, 培养放射科医生, 由于投资较大, 收费相对较低, 病人不多, 经济效益不高, 在开展全方位的放射防护工作时,

在一些医院领导中程度不同的存在着“等、靠、要”的思想, 希望上面能拨专项经费增添防护设施和进行技术改造。因此, 提高领导对放射防护工作重要性、必要性的认识, 把“被动”变为“主动”应该放在首位。这可从二个方面着手, 从两个高度来提高认识。第一是认真学习《条例》, 通过现场会、组织观看录像、参观等形式, 反复学习领会国务院发布的“放射性同位素与射线装置放射防护条例”, 从而增强放射防护的法制观念, 确立以“法”管理的观点, 第二是组织业务知识培训, 学习了解 X射线的合理应用知识, 充分认识 X射线对诊断疾病有利的一面, 又看到对人体危害不利的一面, 这样, 在思想上从执行法规和提高职业道德观念两个高度上形成共识, 使领导者能自觉贯彻执行《条例》, 主动结合本单位的实际, 依靠群众, 因地制宜, 动脑筋想办法, 整个放射防护工作就能蓬勃开展起来。

2 建立技改指导队伍, 形成防护网络 放射防护技改工作有它专业性强的特点, 只成立行政管理领导小组还不够, 必须有一支素质较好能指导技改工作的专业队伍, 实践证明, 它既是技改指导员又是《条例》宣传员, 既面对面传授技术, 又帮助发现问题、