

## 锡冶炼工粉尘职业危害调查

李小萍<sup>1</sup>, 麦志丹<sup>1</sup>, 梁启荣<sup>1</sup>, 葛宪民<sup>1</sup>, 王力珩<sup>1</sup>, 欧军荣<sup>1</sup>, 梁德新<sup>1</sup>, 韦树娇<sup>2</sup>, 廖妮妮<sup>2</sup>

(1. 广西壮族自治区职业病防治研究院, 广西 南宁 530021; 2. 广西医科大学, 广西 南宁 530021)

**摘要:** 目的 了解锡冶炼工工作场所粉尘危害状况, 从而为制定锡冶炼工尘肺病的防治对策提供科学依据。方法 收集某企业锡冶炼车间历年来职工职业健康体检和尘肺病诊断及工作场所粉尘浓度、游离二氧化硅含量测定等资料, 对工作场所进行粉尘成分及粉尘分散度分析, 并通过粉尘接触剂量与尘肺发病率的分析, 评价锡冶炼工尘肺的剂量-反应关系。结果 1999—2010 年间共对粗炼车间 512 名和精炼车间 273 名工作 1 年以上的作业工人进行了职业健康体检, 确诊尘肺病 9 例 (7 例在粗炼车间, 占 77.78%), 平均发病年龄 (39.0 ± 5.1) 岁, 平均发病工龄为 (15.7 ± 3.0) 年。尘肺小阴影形态以 q 影为主, 总体密度集 1 级, 分布范围达 2~4 个肺区, 仅 1 例有限制型肺通气功能轻度障碍, 无合并肺结核病例。锡冶炼生产粉尘主要由 SnO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>、Sn、SnS、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeS 等物质组成, 粗炼车间冶炼工工作场所粉尘浓度为 0.67~36.13 mg/m<sup>3</sup>, TWA 为 5.92 mg/m<sup>3</sup>, 最大超限倍数为 6.3 倍, 粉尘 SiO<sub>2</sub> 平均含量为 22.43%; 精炼车间冶炼工作场所粉尘浓度为 0.90~95.44 mg/m<sup>3</sup>, TWA 为 4.17 mg/m<sup>3</sup>, 最大超限倍数为 11.9 倍; 粉尘 SiO<sub>2</sub> 平均含量为 24.72%, 粉尘累计接尘量与尘肺患病率之间呈高度正相关 (r=0.93, P<0.05)。结论 锡冶炼生产车间存在含游离二氧化硅的可吸入混合性粉尘, 可能是导致锡冶炼工尘肺病发生的主要原因。

**关键词:** 锡冶炼工; 粉尘; 职业危害; 尘肺病

中图分类号: R135.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-221X(2013)04-0246-05

### Survey on occupational hazards caused by dust in tin-smelters

LI Xiao-ping<sup>\*</sup>, MAI Zhi-dan, LIANG Qi-rong, GE Xian-min, WANG Li-heng, OU Jun-rong, LIANG De-xin, WEI Shu-jiao, LIAO Ni-ni  
(\* . Guangxi Zhuang Autonomous Region Institute for the Prevention and Treatment of Occupational Diseases, Nanning 530021, China)

**Abstract: Objective** To survey the occupational hazards from dusts in tin smelting workers thereby provide a scientific basis for the prevention and control of pneumoconiosis in tin-smelters. **Methods** Collect the data about occupational health examination, pneumoconiosis diagnosis, the dust concentration in working places and their contents of free silicon dioxide from 1999 to 2010 of a tin smelting workshop, and dust concentrations in the workplace, information on the determination of free silica contents; additionally, the composition of dust and its dispersity were also analyzed, then assess the dose-response relationship of tin-smelters' pneumoconiosis through the analysis on the dust exposure levels and the incidences of pneumoconiosis. **Results** 1999—2010, Only those whose working length more than 1 year were arranged for occupational health examination, they were 512 in smelting workshop and 273 in refining workshop during 1999 to 2010 in total, final diagnostic cases of pneumoconiosis were 9 (7 were workers of smelting workshop, which accounted for 77.78% of total cases), the average age of onset was (39 ± 5.1) years, the average working length of onset was (15.7 ± 3.0) years; the general density I grade and q-type small shadows distributed in 2—4 lung regions was the main chest X-ray manifestation, only one case showed mild pulmonary ventilation dysfunction, no case complicated pulmonary tuberculosis. The industrial dusts from tin smelting production mainly consisted of SnO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, Sn, SnS, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeS, etc. in smelting workshop, the dust concentration in air was 0.67~36.13 mg/m<sup>3</sup>, TWA was 5.92 mg/m<sup>3</sup>, the maximum exceed standard ratio was 6.3 times, the average SiO<sub>2</sub> content in dust was 22.43%; while in refining workshop the dust concentration in workplace air was 0.90~95.44 mg/m<sup>3</sup>, TWA was 4.17 mg/m<sup>3</sup>, the maximum exceed standard ratio was 11.9, average SiO<sub>2</sub> content in dust was 24.72%, suggesting there was a highly positive correlation between cumulative dust exposure dose and prevalence of pneumoconiosis (r=0.93, P<0.05). **Conclusion** The results suggested that there is silicon dioxide contained respirable mixed dusts existed in smelting workshop, which may be the main reason lead to tin smelting workers' pneumoconiosis.

**Key words:** tin smelter; dust; occupational hazards; pneumoconiosis

1955 年 Robertson 等人对锡尘肺 (stannosis)<sup>[1]</sup> 做

了详细的描述。国内刘毓谷<sup>[2]</sup> (1960 年) 首次报道了广西平桂矿务局炼锡工人的胸部 X 线表现, 其后云南、江西、广东、山东等地都有病例报道。2006—2010 年, 我院诊断和收冶了广西某冶炼厂锡冶炼车

收稿日期: 2013-02-19; 修回日期: 2013-04-26

基金项目: 广西自然科学基金资助项目 (桂科自 0728166, 0991224); 广西卫生厅重点课题 (重 200638)

作者简介: 李小萍 (1960—), 女, 主任医师。

间的 9 名尘肺病患者，并对 9 例冶炼工患病情况和该企业锡冶炼车间工作场所进行了职业卫生学调查。

## 1 调查内容与方法

### 1.1 现场职业卫生学调查

通过工作现场调查，了解和收集工作场所基本情况、生产工艺流程和生产方式、使用的原料成分和劳动条件、粉尘防护设施配置、职业卫生管理等资料。

### 1.2 接尘者职业健康状况和职业病诊断资料收集

特别注意收集劳动者的粉尘作业史（接触粉尘的起始时间）、既往病史及历年来职业健康体检结果资料；对被诊断为尘肺病的患者同时收集其胸片、肺功能等职业病诊断资料。

### 1.3 粉尘接触水平资料的收集

通过查阅该企业由市级或省级取得资质的职业卫生技术服务机构出具的检测报告获取粗炼和精炼车间 2005—2010 年主要作业点粉尘浓度和粉尘中游离二氧化硅含量测定资料，总粉尘浓度测定采用称量法<sup>[3,4]</sup>，粉尘中 SiO<sub>2</sub> 含量测定采用焦磷酸法<sup>[3,5]</sup>。

### 1.4 作业场所粉尘成分和分散度测定

采集粗炼和精炼车间不同工作岗位的粉尘，用 X 射线衍射里特沃尔德全谱图拟合法进行成分分析<sup>[6]</sup>，用滤膜溶解涂片法测定粉尘分散度<sup>[7]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 现场职业卫生学调查结果

2.1.1 生产工艺流程 该厂具有 20 多年锡冶炼历史，锡冶炼包括锡粗炼和精炼，年产精锡约 2.5 万 t。粗炼车间主要通过反射炉冶炼粗锡，反射炉每炉装料 8 t，冶炼时间 7~8 h；精炼车间主要通过精炼平台将粗锡冶炼为精锡，生产工艺流程见图 1。



图 1 锡冶炼工艺流程

2.1.2 原料组成 锡冶炼的原料主要由锡精矿（含有 50% 的锡和 50% 的杂质）1.7 t、烟尘 6 t、还原煤 3 t、石灰石 1.7 t、富渣 3 t、短窑渣 4 t 混合配制而成。据厂方质检部门采用 X 射线荧光分析法对原料或返炉渣等中的游离二氧化硅（SiO<sub>2</sub>）含量进行测定，结果锡精矿含有 5.6% SiO<sub>2</sub>、烟尘中含有 19% SiO<sub>2</sub>，富渣中含有 14.0%~16.0% SiO<sub>2</sub>、短窑渣中含有 17% SiO<sub>2</sub> 等。

2.1.3 车间布局 粗炼和精炼车间为相连在一起的长轴东西走向的矩形半开放式建筑，面积约 5 000

m<sup>2</sup>。粗炼车间主要由反射炉、烟化炉以及供气、下料和收尘系统组成，粗炼车间反射炉至下而上分为 4 层，1 层为地面及存放保温锅处，2 层为看火、放锡和放渣操作处，3 层和 4 层为下料处。精炼车间主要由精炼平台以及供气、收尘系统等组成，精炼平台自上而下分为 2 层，1 层为地面收尘处及煤气炉，2 层为看火、测温和放渣操作处及工人休息室。

2.1.4 防护设施 车间采取自然通风和局部通风相结合的通风方式，在精炼和粗炼冶炼平台顶部作业点安装有轴流风机，炉前等工作场所均有排风扇，在工人作业时正常开启，但粗炼车间在放炉及下料作业时，车间内仍可见烟尘弥漫，特别是在气压偏低时尤甚。

2.1.5 作业时间及方式 粗炼车间每班工作时间 8 h。工人作业时间：放炉及下料 2 h，测温、捞渣 1 h，巡炉 3.5 h（2.5 h 在控制室），收尘 1 h，清洁 0.5 h；作业方式：手动放炉及下料、手动捞渣、手工测温及收尘。精炼车间工作作业时间：装锡及下料 1 h，测温、捞渣 1 h，巡炉 4.5 h（3.5 h 在休息室），收尘 1 h，清洁 0.5 h；作业方式：手工捞渣及收尘、手动测温。

2.1.6 个体防护用品 有工作服、工作帽、TFD-066 特种防毒面具、帆布手套和披肩等。2004 年 7 月前使用纱布口罩，2004 年 7 月后使用 3M 防尘和/或防毒口罩。2004 年以前，由于管理不严和自我保护意识不强，一些工人（尤其是尘肺病患者）在工作时常不戴口罩或不使用其他的防尘用品，2004 年以后企业加强了职业卫生管理，个人防护措施有所加强。

### 2.2 粉尘接触水平

#### 2.2.1 作业场所粉尘浓度及游离二氧化硅测定结果

该企业 2005—2010 年粗炼和精炼车间主要工作场所粉尘浓度及游离二氧化硅含量见表 1。

2.2.2 粉尘成分分析 采集粗炼和精炼车间的粉尘进行成分分析，结果见表 2。

2.2.3 粉尘分散度 采集粗炼和精炼车间的粉尘进行分散度测定，结果见表 3。

### 2.3 职业健康检查结果及尘肺病患病情况调查

2.3.1 尘肺病检出率 该厂在 1999—2010 年间，共对粗炼车间 512 名和精炼车间 274 名作业工龄 1 年以上的工人进行职业健康体检，发现疑似尘肺病患者 28 人（粗炼车间 21 人、精炼车间 7 人），2006—2010 年经我院尘肺病诊断小组确诊壹期其他尘肺（有色金属冶炼工尘肺）8 例、矽肺 1 例，检出率为 1.14%。

表 1 2005—2010 年粗炼和精炼车间主要工作场所粉尘浓度及游离二氧化硅含量测定结果

车间	工种	检测地点	粉尘浓度 (mg/m <sup>3</sup> )					游离二氧化硅含量			
			工时 (h)	样品数	范围	几何均数	TWA	最大超限倍数	样品数	范围(%)	平均数(%)
粗炼	冶炼工	反射炉二层出渣操作平台	2	13	1.40~50.00	8.32	5.92	6.3	8	2.25~56.38	21.43
		反射炉三层投料操作平台	2.5	16	0.67~36.13	7.24			11	5.90~59.32	29.15
		反射炉主控室或休息室	2.5	8	2.00~5.00	2.90			2	6~10.9	8.45
精炼	冶炼工	反射炉布袋收尘	1	10	3.30~15.33	5.37			2	1.7~5.1	3.40
		短窑投料平台	1	13	0.93~95.44	7.59	4.17	11.9	4	0~34.75	12.29
		短窑休息室	3.5	13	1.33~6.00	2.75			2	9.6~11.5	10.55
		氧化锅炉面	1	16	4.00~8.00	6.92			4	5.5~83.29	32.66
		高温锅炉面	1	13	3.00~15.00	6.61			2	5.4~11.6	8.50
		布袋收尘炉旁	1	6	0.90~5.33	2.63			1	30.12	30.12
		铸锭工	铸锭操作岗位	8	13	1.33~44.03	3.24	3.24	5.5	4	0~68.91

表 2 粗炼和精炼车间作业场所粉尘成分分析结果

采样地点	样品名称	SnO <sub>2</sub>	Sn	SiO <sub>2</sub>	SnS	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeS
粗炼 2 号反射炉三层投料平台	飘尘	31.98	0.00	37.83	11.23	12.65	0.00	6.31
粗炼 2 号反射炉三层投料平台护栏	沉积尘	34.85	0.00	39.94	11.09	11.21	0.00	2.91
粗炼 2 号反射炉三层投料平台地面	沉积尘	45.16	0.00	27.09	0.00	20.93	6.82	0.00
粗炼 2 号反射炉三层投料平台 1.5m 高处	降落尘	52.27	0.00	15.61	10.56	18.95	0.00	2.61
粗炼 2 号反射炉一层出料电闸箱面	沉积尘	28.52	0.00	17.30	18.92	34.30	0.00	0.96
粗炼 2 号反射炉一层出料护栏上	沉积尘	35.60	0.00	21.45	17.92	18.25	0.00	6.78
粗炼 2 号反射炉二层管道上	沉积尘	36.00	0.00	26.70	17.55	15.94	0.00	3.81
粗炼 2 号反射炉二层平台 1.5m 高处	降落尘	43.97	2.12	35.73	0.00	16.04	2.14	0.00
精炼出料处地面	沉积尘	55.83	44.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
精炼投料处地面	沉积尘	39.83*	22.48	0.00	27.64	0.00	10.05	0.00

注: \* 其中有 21.75% 为 Sn<sub>4</sub>As<sub>3</sub>。

表 3 粗炼和精炼车间主要工作场所粉尘分散度

车间	采样地点	<2μm	2μm	5μm	≥10μm
粗炼	反射炉二层出渣操作平台	46.55	30.67	8.42	14.36
	反射炉三层投料操作平台	46.06	36.51	11.21	6.22
精炼	结晶机旁	52.42	26.77	8.92	11.89
	铸锭操作岗位	64.59	20.10	8.13	7.18
	高温锅炉面	51.87	28.50	8.41	11.22

### 2.3.2 尘肺病的车间和工种分布 1999—2010 年锡冶炼工尘肺患病情况见表 4。

表 4 锡冶炼工尘肺病患者车间和工种分布

车间	工种	受检人数	尘肺病检出例数	检出率(%)
粗炼	冶炼工	286	7	2.45
	其他	226	0	0.00
	小计	512	7	1.37
精炼	冶炼工	214	1	0.47
	铸锭工	6	1	16.7
	其他	54	0	0.00
	小计	274	2	0.70
合计		786	9	1.14

9 例尘肺病患者有 7 例在确诊前为粗炼车间反射

炉作业工人,且有 6 例患者在 1999 年前的 X 线胸片检查结果为正常,2004 年开始发现有尘肺样 X 线表现;有 2 例患者确诊时在精炼车间工作,其中 1 例在精炼车间从事冶炼和行车工(该患曾在粗炼车间做过皮带工和炉前工),在 1999 年第一次接受职业健康体检时即发现有尘肺样 X 线表现,另 1 例一直从事铸锭工,在 2007 年第一次接受职业健康体检时即拟诊贰期矽肺。

2.3.3 患病年龄和工龄分析 9 例尘肺病患者均为男性,诊断尘肺病时的年龄最大 51 岁,最小 33 岁,平均年龄(39.0±5.1)岁,均于 1988—1999 年间到该企业工作,工龄最长 18 年,最短 9 年,平均工龄(15.7±3.0)年。

2.3.4 临床表现和 X 线胸片特征分析 大多数患者有咳嗽、咳少量白色泡沫痰等症状,肺功能检查除一例患者有限制型肺通气功能轻度障碍外,其余 8 例患者肺通气功能均正常。X 线胸片特征:小阴影形态 2 例以 q/q 影、7 例以 q/p 影为主,总体密度集 1 级,分布范围达 2~4 个肺区,无合并肺结核病例。

2.4 接尘剂量与尘肺病发病率关系

2.4.1 累积接尘量的计算 对粗炼和精炼车间冶炼工和精炼车间铸锭工的接尘史进行详细调查, 计算出每人在不同岗位的工作年限, 然后乘以相应岗位几何平均粉尘浓度得出每位劳动者的累积接尘量<sup>[8]</sup>。

2.4.2 尘肺患者接尘量的累积发病率 患者实际接尘剂量为工人开始接尘至初次确诊为尘肺病的时间, 参照李东红等<sup>[9]</sup>的方法, 运用寿命表计算患者累积接尘量的累积发病率, 结果见表 5。

2.4.3 锡冶炼工尘肺累积患病率分析 参照张照寰<sup>[8]</sup>

粉尘接触量与发病关系统计方法, 编制寿命表, 计算 506 名锡冶炼工和铸锭工的尘肺累积患病率, 结果见表 6。

表 5 9 例尘肺患者不同接尘工龄组寿命表

累积接尘量 $x$ (mg/年)	$L_x$	$d_x$	发病概率 ( $q_x$ )	未发病概 率( $p_x$ )	累计未发病 概率( $np_0$ )	累计发病概 率( $nq_0$ )
5.92 ~	9	1	0.111	0.889	0.889	0.110
50 ~	8	3	0.375	0.625	0.556	0.444
100 ~	5	5	1	0	0	1

注:  $L_x$ —接尘刚满  $x$  年时未发病人数;  $d_x$ —接尘至  $x$  年间的发病人数;  
 $q_x = d_x/L_x$ ;  $p_x = 1 - q_x$ ,  $np_0 = p_0 \cdot p_1 \cdot p_2 \cdots p_{n-1}$ ;  $nq_0 = 1 - np_0$ 。

表 6 锡冶炼工和铸锭工各累积接尘剂量组累积患病概率

累积接尘量 $x$ (mg/年)	期初观察人数 $L_x$	病人数 ( $nA_x$ )	到期人数 ( $nW_x$ )	校正观察人数 ( $N_x$ )	患病率 $nq_x$	未检出率 ( $np_x$ )	累积未检出率 ( $np_0$ )	累积患病率 ( $nq_0$ )
5.92 ~	506	1	243	384.5	0.002 60	0.99740	0.997 40	0.002 60
50 ~	263	3	142	192	0.015 63	0.984 37	0.981 81	0.018 19
100 ~	121	5	106	68	0.073 53	0.926 47	0.909 62	0.090 38
150 ~	15	0	15	7.5	0.000 00	1.000 00	0.909 62	0.090 38

注:  $N_x = L_x - 1/2nW_x$ ;  $nq_x = nA_x/N_x$ ;  $np_x = 1 - nq_x$ ;  $np_0 = p_0 \cdot p_1 \cdots p_{n-1}$ ;  $nq_0 = 1 - np_0$ 。

3 讨论

本次对患者的工作场所职业卫生学调查和对历年来作业场所测定的粉尘浓度、游离二氧化硅含量、粉尘成分及分散度分析结果表明: 锡冶炼生产粉尘主要由锡及其化合物及一定比例的游离二氧化硅、铁及其化合物等物质组成; 粗炼车间冶炼工作场所的粉尘浓度 0.67 ~ 36.13 mg/m<sup>3</sup>, 时间加权平均浓度为 5.92 mg/m<sup>3</sup>, 最大超限倍数为 6.3 倍; 精炼车间冶炼工作场所的粉尘浓度 0.90 ~ 95.44 mg/m<sup>3</sup>, 时间加权平均浓度为 4.17 mg/m<sup>3</sup>, 最大超限倍数为 11.9 倍; 以上各作业场所粉尘浓度最大超限倍数均超过国家职业卫生标准。粗炼车间冶炼工工作岗位平均 SiO<sub>2</sub> 含量为 22.43%, 精炼车间冶炼工工作岗位平均 SiO<sub>2</sub> 含量为 24.72%。铸锭岗位平均 SiO<sub>2</sub> 含量为 21.08%, 明显高于文献报道的结果<sup>[10-12]</sup>。锡粗炼车间粉尘中的 SiO<sub>2</sub> 可能来源于所使用的生产原料、辅料(造渣用的石粒、还原煤以及经冶炼后的返炉渣、烟尘等), 这些原辅料中大都含有 14% ~ 19% 的 SiO<sub>2</sub>。

锡冶炼职业损伤的靶器官主要是肺脏。锡冶炼工胸部 X 线表现最显著的改变是肺门密度增高, 肺门金属样斑块影, 肺野内见广泛分布高密度、边缘清楚锐利的圆形小阴影, 这些小阴影可因生产环境改善、脱离接触等原因, 随时间推移直径变小、密度变低、数量变少, 甚至消失。以往, 有学者依据动物试验资料、临床和 X 线胸片观察到的圆影有自净现象, 认为锡尘为惰性粉尘, 在小叶间隔、血管、细支气管周围和胸膜下沉着的锡尘, 相对是无害的, 不导致某种

程度的肺纤维化<sup>[13]</sup>。我国尚未将锡冶炼工的职业性肺损伤列入职业病名单, 致使锡冶炼工的职业性肺损伤一直未能获得相应的待遇。但叶航生等的动态观察结果发现, 即使小圆影消退后, 不规则影仍存在<sup>[14]</sup>。葛宪民等<sup>[15]</sup>对“锡末沉着症”患者 40 多年 X 线胸片进行长期动态分析, 并用密集度分级指数评价病情的变化, 结果表明, 患者的近期 X 线胸片表现与 40 多年前相比, 小阴影密集度有所下降, 但其 X 线胸片上仍存留多量不规则小阴影和一些圆形小阴影, 说明可能存在一定的纤维化病损。

本次通过对近 12 年的职业健康体检资料进行分析, 发现锡冶炼工尘肺 9 例, 检出率为 1.14%, 而患者主要集中在粗炼车间的冶炼工, 占发病人数的 77.8% (7/9)。平均发病年龄为 (39.0 ± 5.1) 岁, 较叶航生<sup>[14]</sup>报道的平均年龄 (58 岁) 小 19 岁; 发病工龄 (15.7 ± 3.0) 年, 较罗学昌<sup>[11]</sup>等人报道的 (22.8 ± 3.0) 年早 7 年; 而粉尘浓度则较他们报道的要低, 但粉尘中的 SiO<sub>2</sub> 含量却较他们报道的要高, 锡冶炼工罹患尘肺可能与此有关。此外, 从本次患者胸部的 X 线表现看, 小阴影主要以 q 影为主, 与钟金球<sup>[16]</sup>等人报道的“锡末沉着症”的 X 线胸片表现有所不同, 但却与患者工作场所粉尘中含有较高的 SiO<sub>2</sub> 含量的结果比较一致, 提示粉尘中的 SiO<sub>2</sub> 可能是导致锡冶炼工罹患尘肺病的主要原因。粉尘分散度测定结果提示, 77% 以上的粉尘为 <5 μm 的呼吸性粉尘, 可吸入肺组织深部造成肺损伤。

(下转第 255 页)

了氟中毒大鼠模型。通过 Real-time RT-PCR、免疫组化等检测发现氟中毒大鼠软骨组织中 *Ihh*、PTHrP mRNA 及蛋白表达水平随染氟剂量的升高而增加。以上结果提示氟可能通过刺激大鼠生长板软骨中前肥大细胞 *Ihh* 的表达升高,进而通过 *Ihh*/PTHrP 信号负反馈通路使 PTHrP 表达升高,PTHrP 通过保持增殖区软骨细胞的增殖状态并抑制其转变为肥大区软骨细胞而增加柱状软骨区的长度。这与郭雄等研究发现过量氟使大鼠胫骨生长板增厚,增殖层和肥大层软骨细胞堆积病理学结果一致。此外,李广生等研究发现过量氟引起的生长板软骨改变,还包括预备钙化层不能钙化、干骺端血管不能正常侵入所致肥大软骨细胞滞留<sup>[2]</sup>,这也是过量氟导致生长板增厚的原因。

生长板在长骨生长中扮演重要角色,生长板中软骨细胞只有经过协调有序的增殖、分化和矿化等过程才能保证长骨的正常生长。我们通过实验发现过量氟可通过 *Ihh* 信号通路影响软骨细胞的增殖和分化,在氟所致的软骨内成骨损伤中 *Ihh* 信号通路的其它相关因子及是否还有其他信号通路如 BMP、SOX 等参与还需要进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] Bely M, Ferencz G. Experimental osteofluorosis and arthrofluorosis in rats [J]. Clin Rheumatol, 1996, 15: 529-530.  
[2] 李广生, 杨同书, 井玲, 等. 过量氟对软骨的损害 [J]. 中国

地方病防治杂志, 1991, 6: 196-198.

- [3] 许鹏, 郭雄. 过量氟化物摄入对实验大鼠胫骨板软骨细胞分化的影响 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2001, 7 (4): 293-296.  
[4] 戴国钧, 李晶, 张志瑜, 等. 地方性氟中毒病区青少年骨龄延迟及其干预的研究 [J]. 中国地方病学杂志, 1991, 10 (6): 349-351.  
[5] Bitgood M J, McMahon A P. Hedgehog and BMP genes are coexpressed at many diverse sites of cell-cell interaction in the mouse embryo [J]. Dev Biol, 1995, 172: 126-138.  
[6] Olsen B R, Reginato A M, Wang W. Bone development [J]. Annu Rev Cell Dev Biol, 2000, 16: 191-220.  
[7] Molecular mechanisms of endochondral bone development [J]. Biochem Biophys Res Commun, 2005, 328 (3): 658-665.  
[8] 张志瑜, 翟城, 钱聪, 等. 高温燃烧水解氟电极法测定骨氟化物水平实验条件的研究 [J]. 中国地方病学杂志, 2006, 5 (4): 450-452.  
[9] 张志瑜, 韩冰, 钱聪. 痕量氟化物快速测定方法建立 [J]. 中国公共卫生, 2011, 27 (2): 255-256.  
[10] Kugimiya F, Tei Y. Regulation of chondrogenesis by PTH/PTHrP signaling [J]. Clin Calcium, 2003, 13: 19-24.  
[11] Karaplis A C. Lethal skeletal dysplasia from targeted disruption of the parathyroid hormone-related peptide gene [J]. Genes Dev, 1994, 8: 277-288.  
[12] Lanske B. PTH/PTHrP receptor in early development and Indian hedgehog-regulated bone growth [J]. Science, 1996, 273: 663-666.  
[13] Weir E C. Targeted overexpression of parathyroid hormone-related peptide in chondrocytes causes chondrodysplasia and delayed endochondral bone formation [J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1996, 93: 10240-10245.

(上接第 249 页)

本调查各工作场所粉尘最大超限倍数均高于国家职业卫生标准。对接尘剂量与尘肺病发病关系分析表明,累积接尘量与尘肺的发病之间呈高度正相关 ( $r=0.93$ ,  $P<0.05$ ),且随着累积接尘量的增加尘肺患病率有逐渐增加的趋势,相关回归分析方程为  $y=0.07x-3.68$ 。从表 6 结果可见,当累积接尘量达成 100 mg/年时,尘肺发病率迅速增加至 9.04%,而要控制尘肺病发病率在 1% 以下时,累积接尘量应控制在 50 mg/年以下。

建议锡冶炼生产企业要对所使用的原料和辅料中的  $\text{SiO}_2$  含量进行控制,冶炼工在进行投料、出渣、清洁等瞬间粉尘较高浓度作业时,一定要加强抽风除尘和个人防尘用品的使用。

#### 参考文献:

- [1] Dondon C C. Stannic oxide pneumoconiosis [J]. AMJ Roent 1950 63: 797.  
[2] 广西省卫生厅矽防组. 锡尘肺 [J]. 人民保健, 1960, 2: 64.  
[3] GB5748-85, 作业场所空气中粉尘测定方法 [S].  
[4] GBZ/T192.1-2007, 工作场所空气中粉尘测定 第 4 部分: 粉尘总尘浓度 [S].  
[5] GBZ/T192.4-2007, 工作场所空气中粉尘测定 第 4 部分: 游

离二氧化硅含量测定 [S].

- [6] 曾令民, 杨喜英, 王力珩, 等. X 射线衍射 Rietveld 全谱拟合法测定粉尘中游离的  $\text{SiO}_2$  [J]. 分析化学, 2008, 36 (5): 599-603.  
[7] GBZ/T192.3-2007, 工作场所空气中粉尘测定 第 4 部分: 粉尘分散度 [S].  
[8] 张照寰, 陆培廉, 施寿康. 粉尘接触量与发病关系统计方法 [J]. 中华预防医学杂志, 1984, 18 (1): 7-9.  
[9] 李东红, 龚文武, 李津. 试用队列寿命表法分析尘肺病人的发病情况 [J]. 中国卫生统计, 1999, 16 (5): 282-283.  
[10] 王锐. 锡尘肺 (附 117 例分析) [J]. 工业卫生与职业病, 1994, 20 (6): 338-341.  
[11] 罗学昌, 王剑波, 付强, 等. 云锡冶炼工尘肺发病情况调查 [J]. 工业卫生与职业病, 2000, 26 (3): 164-165.  
[12] 刘敬东, 黄曙海, 李承柱, 等. 高锡低硅粉尘对冶炼工肺部影响及其 X 线动态观察 [J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 1990, 66 (4): 15-19.  
[13] 谢汝能. 对尘肺几个问题的看法 [J]. 冶金劳动卫生, 1981, 3: 183-185.  
[14] 叶航生. 锡尘肺二十年动态观察 [J]. 职业医学, 1983, 10 (1): 9-10.  
[15] 葛宪民, 李小萍, 王力珩, 等. 锡末沉着症患者 X 线胸片长期动态观察 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2011, 29 (7): 550-552.  
[16] 钟金球. 肺锡末沉着症 25 年回顾 [J]. 职业与健康, 2001, 17 (4): 9-11.