

# 株洲市硬质合金生产企业工人肺功能状况调查

孙康, 朱新河, 黄微, 胡双球, 申云帅

株洲市劳动卫生职业病防治中心, 湖南 株洲 412011

**摘要:** **目的** 了解株洲市硬质合金生产企业作业工人肺功能现状,探索硬质合金粉尘对作业工人肺功能的影响,对硬质合金生产企业工人在岗职业健康检查项目设置进行初步探讨。 **方法** 2016 年选取湖南省株洲市 2 家硬质合金生产企业的 426 名作业工人作为研究对象,通过问卷调查收集作业工人的基本信息、职业史等;对作业工人进行肺功能检查。按照接尘与不接尘分为暴露组与对照组,暴露组根据暴露粉尘性质分为烧结前、烧结及烧结后两组,了解株洲市硬质合金生产企业各工种肺功能现状。 **结果** 暴露组与对照组肺功能检查结果均在正常值范围内;控制抽烟、年龄及工龄等混杂因素,与对照组相比,暴露组肺通气功能指标 VC/预计值、FVC/预计值、FEV<sub>1</sub>/预计值均显著下降(分别  $t = -5.69, P < 0.001$ ;  $t = -6.54, P < 0.001$ ;  $t = -6.24, P < 0.001$ ); FEV<sub>1</sub>/FVC 值显著增高( $t = 8.068, P < 0.001$ ),暴露组 MEF<sub>25%</sub>/预计值显著增高( $t = 2.79, P = 0.005$ ), MEF<sub>50%</sub>/预计值、MMEF/预计值与对照组相比,差异无统计学意义( $t = -0.98, P = 0.327$ ;  $t = 0.815, P = 0.416$ )。烧结及烧结后工种与烧结前工种作业工人肺小气道功能指标相比较,MEF<sub>25%</sub>/预计值、MEF<sub>50%</sub>/预计值和 MMEF/预计值均显著升高(分别  $t = -2.177, P = 0.030$ ;  $t = -2.038, P = 0.042$ ;  $t = -2.321, P = 0.021$ )。 **结论** 硬质合金生产企业钨钴粉尘及硬质合金粉尘可导致肺通气功能指标改变;肺小气道功能指标或可成为硬质合金粉尘早期肺损伤的敏感指标;肺小气道功能检查应作为在岗职业健康检查必检项目。

**关键词:** 硬质合金粉尘; 肺功能; 职业健康检查

中图分类号:R135 文献标识码:A 文章编号:1006-3110(2018)10-1198-04 DOI:10.3969/j.issn.1006-3110.2018.10.013

## Pulmonary function of workers in cemented carbide production enterprises in Zhuzhou City

SUN Kang, ZHU Xin-he, HUANG Wei, HU Shuang-qiu, SHEN Yun-shuai

Zhuzhou Municipal Center for Labor Hygiene and Occupational Disease Prevention and Treatment, Zhuzhou, Hunan 412011, China

**Abstract:** **Objective** To investigate the pulmonary function of workers in cemented carbide production enterprises in Zhuzhou City, to explore the effect of cemented carbide dust on lung function of the workers, and to preliminarily discuss the setting of occupational health check items for in-service workers in cemented carbide production enterprises. **Methods** Four hundred and twenty-six in-service workers selected from two cemented carbide production enterprises in Zhuzhou City, Hunan Province in 2016 served as the research subjects. All the workers' general information and history of occupation were collected through a questionnaire survey, and then their lung function was examined. All the workers were divided into the exposure group and the control group according to exposure and non-exposure to dust. The exposure group was subgrouped into the before sintering group and the sintering and after sintering group according to the properties of exposed-dust. We surveyed the current status of lung function of workers in each type of work in the two cemented carbide production enterprises in Zhuzhou City. **Results** Lung function test results of the exposure group and the control group were within the normal range. After smoking, age and length of service and other mixed factors were controlled, pulmonary ventilation function indexes, VC/estimated value, FVC/estimated value and FEV<sub>1</sub>/expected value in the exposure group were significantly decreased compared with the control group ( $t = -5.69, P < 0.001$ ;  $t = -6.54, P < 0.001$ ;  $t = -6.24, P < 0.001$ ), while FEV<sub>1</sub>/FVC values ( $t = 8.068, P < 0.001$ ) and MEF<sub>25%</sub>/estimated value ( $t = 2.79, P = 0.005$ ) were significantly increased. No statistically significant difference was found in MEF<sub>50%</sub>/estimated value and MMEF/estimated value between the exposure group and the control group ( $t = -0.98, P = 0.327$ ;  $t = 0.815, P = 0.416$ ). Compared with the workers engaging in jobs before sintering, pulmonary small airway function indexes, MEF<sub>25%</sub>/predicted value, MEF<sub>50%</sub>/expected value and MMEF/predicted value in the workers engaging in sintering and jobs after sintering were significantly increased ( $t = -2.177, P = 0.030$ ;  $t = -2.038, P = 0.042$ ;  $t = -2.321, P = 0.021$ ). **Conclusions** Tungsten cobalt dust and cemented carbide dust in the carbide production enterprises can lead to changes in the indicators of lung ventilation function. Pulmonary small airway function indicators may be sensitive indexes of early lung injury induced by cemented carbide, and pulmonary small airway function should serve as the necessary inspection items in the occupational health examination during the service.

**Key words:** cemented carbide dust; pulmonary function; occupational health examination

基金项目:株洲市 2015 年度产业发展专项资金科技计划项目(株科发[2015]33 号)

作者简介:孙康(1963-),男,湖南株洲人,本科学历,副主任医师,主要从事职业病学工作。

我国是硬金属生产大国,产量约占世界硬金属生产总量的 40%。最常用的硬质合金是由碳化钨(70%~95%)和钴(5%~25%)组成的合金<sup>[1]</sup>。湖南省株洲市是亚洲最大的硬质合金研制和生产基地<sup>[2]</sup>,该市拥有我国第一批硬质合金生产老牌企业,硬质合金企业规模全、生产工艺全、作业工人基数大,硬质合金生产状况稳定。在硬质合金工具的生产、加工、使用以及维修的多个环节中,作业工人可暴露于硬质合金粉尘这一职业病危害因素的环境中,长时间暴露可导致机体呼吸系统出现不适症状,若不停止暴露则可进一步引起肺功能损害,多以肺组织间质纤维化改变为主,更甚者可死于呼吸衰竭<sup>[3]</sup>。硬金属肺病是 2013 年我国修订颁布的《职业病分类与目录》中新增的法定职业病之一。

目前,硬质合金致硬金属肺病作用机制尚不清楚,职业健康监护技术规范(GBZ 188-2014)中暂无该行业职业健康检查相应内容。本文通过对株洲市 2 家有代表性的硬质合金生产企业进行职业卫生现场调查,选用整群抽样的方法,对其作业工人进行职业健康体检,了解作业工人肺通气功能状况,以期探索硬质合金粉尘致硬金属肺病早期肺功能指标,为硬金属肺病的二级预防提供理论依据。

## 1 对象与方法

1.1 对象 对湖南省株洲市 2 家有代表性的硬质合金生产企业进行职业卫生现场调查,选用整群抽样的方法,对其作业工人进行职业健康体检,了解作业工人肺通气功能状况。

本次研究共纳入 426 名研究对象,按照接尘与不接尘分为暴露组与对照组,暴露组根据暴露粉尘性质分为烧结前、烧结及烧结后两组。暴露组 307 例,年龄 21~58(41.56±6.53)岁,吸烟率( $\geq 10$ 只/d)为 47.69%;对照组 119 例,年龄 19~59(40.32±7.52)岁,吸烟率 49.38%。两组人员年龄相比,差异无统计学意义( $t=1.79, P=0.07$ );两组人员吸烟率相比,差异无统计学意义( $\chi^2=0.39, P=0.53>0.05$ )。烧结前 100 例,年龄 23~58(41.76±7.38)岁,吸烟率 47.34%;烧结及烧结后 207 例,年龄 21~57(40.53±6.89)岁,吸烟率 48.00%;两组人员年龄相比,差异无统计学意义( $t=1.87, P=0.06$ );两组人员吸烟率相比,差异无统计学意义( $\chi^2=0.30, P=0.56$ )。

### 1.2 方法

1.2.1 职业卫生现场调查 运用现场观察、文件资料收集与分析、人员沟通等方法,了解调查对象相关卫生

信息的过程。

1.2.2 职业健康体检 采用德国耶格便携式肺功能仪检查肺功能。肺功能指标包括:①肺活量(VC, vital capacity):深吸气后能呼出最大气量或最大呼气后能吸入最大气量,属静态肺功能指标;②用力肺活量(forced vital capacity, FVC):指从最大吸气位以最快的速度、最大的努力做呼气,直到残气位的全部肺容量, FVC 是用最快的速度呼气,明显受时间因素的影响,是动态肺功能指标;③第 1 s 用力呼气容积(forced expiratory volume in one second, FEV<sub>1</sub>):最大吸气位 1 s 内快速呼出气量,亦称 1 秒量。正常占预计值百分比 80%以上;④第 1 s 用力呼气容积/用力肺活量(1 秒率, FEV<sub>1</sub>/FVC):是用力肺通气功能检查的重要指标,常用百分数表示,低于 70%提示阻塞性通气功能障碍;⑤用力呼气流速峰值(peak expiratory flow, PEF):用力呼气过程中流速-容量环的流速峰值;⑥用力呼气 25%肺活量的呼气流量(forced expiratory flow after 25% of the FVC, FEF<sub>25%</sub>,亦称为 MEF<sub>75%</sub>);⑦用力呼气 50%肺活量呼气流量(forced expiratory flow after 50% of the FVC has been exhaled, FEF<sub>50%</sub>,亦称为 MEF<sub>50%</sub>);⑧用力呼气 75%肺活量呼气流量(forced expiratory flow after 75% of the FVC has been exhaled, FEF<sub>75%</sub>,亦称为 MEF<sub>25%</sub>);⑨呼出气体 25%~75%肺容量的平均流量(forced expiratory flow from 25%~75% of FVC, FEF<sub>25%~75%</sub>,亦称 MMEF)。对肺功能进行评价分析时采用检查指标的实际值与预计值的百分比,如用力肺活量占预计值百分比(FVC%预计值)、第 1 s 用力呼气容积占正常预计值百分比(FEV<sub>1</sub>%预计值)、最高呼气流速占预计值百分比(PEF%预计值)、用力呼气 25%肺活量占预计值百分比(MEF<sub>25%</sub>%预计值)、用力呼气 50%肺活量占预计值百分比(MEF<sub>50%</sub>%预计值)、用力呼气 75%肺活量占预计值百分比(MEF<sub>75%</sub>%预计值)。采用实际值与预计值百分比这一系列指标,可在一定程度上校正由于年龄、性别、身高、体重不同而导致的实际值无法进行直接比较,使各指标在不同人群中具有可比性。反映小气道功能指标:MEF<sub>50%</sub>预计值、MEF<sub>25%</sub>预计值、MMEF 预计值。

MEF<sub>25%</sub>、MEF<sub>50%</sub>、MMEF 共同参与小气道功能障碍的判断,这 3 个指标与其预计值之比中有至少两指标低于 65%可判断小气道功能障碍。PEF%预计值、MEF<sub>75%</sub>预计值取决于呼吸肌用力大小,可反映呼吸肌情况。

反映肺通气功能指标:FVC%预计值、FEV<sub>1</sub>%预计值、FEV<sub>1</sub>/FVC,一般情况下,实际值与预计值百分比不

小于 80%, 低于 80% 判定为相应指标下降; VC%、FVC% 预计值<80% 或 FEV<sub>1</sub>/FVC<70% 可判断肺通气功能障碍。

1.2.3 统计分析 利用 SPSS 20.0 统计软件, 根据研究目的进行统计分析; 分析方法包括描述性分析, 满足正态分布的定量资料, 用均数±标准差 ( $\bar{x}\pm s$ ) 进行数据描述, 两组间比较采用 *t* 检验, 检验水准  $\alpha = 0.05$  (双侧)。

## 2 结 果

2.1 生产工艺 硬质合金生产过程中, 配料、投混料、球磨、过筛、干燥、压制、烧结、喷砂、研磨、清洗、成检等工种可根据其作业环境中粉尘的性质简单分为烧结前、烧结及烧结后两组, 烧结前工种的作业人员所暴露的粉尘环境主要为碳化钨粉、钴粉的混合尘, 烧结及烧结后工种的作业人员所暴露于的粉尘环境主要为钨钴合金粉尘。

### 2.2 硬质合金生产企业作业人员肺功能检查结果

2.2.1 肺通气功能检查情况 肺通气功能检查结果中, 暴露组 VC/预计值、FVC/预计值、FEV<sub>1</sub>/预计值、FEV<sub>1</sub>/FVC 与对照人群比较, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ), 硬质合金生产企业接尘作业人员 VC/预计值、FVC/预计值、FEV<sub>1</sub>/预计值均低于非接尘作业人员; 接尘作业人员 FEV<sub>1</sub>/FVC 值高于非接尘作业人员。见表 1。

表 1 暴露组与对照组作业工人肺通气功能指标 (% ,  $\bar{x}\pm s$ )

分组	例数	VC/预计值	FVC/预计值	FEV <sub>1</sub> /预计值	FEV <sub>1</sub> /FVC
暴露组	307	95.15±11.63	97.89±11.90	91.23±10.37	85.75±9.94
对照组	119	102.28±11.55	106.33±12.04	98.54±11.96	77.66±7.32
<i>t</i> 值		-5.69	-6.54	-6.24	8.068
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2.2 肺小气道功能检查情况 肺小气道功能检查结果中, 暴露组 MEF<sub>25%</sub>/预计值与对照组比较, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ ), 其余差异无统计学意义, 硬质合金生产企业接尘作业人员 MEF<sub>25%</sub>/预计值和 MMEF/预计值高于非接尘人员, MEF<sub>50%</sub>/预计值低于非接尘作业人员。见表 2。

表 2 暴露组与对照组作业工人肺小气道功能指标 (% ,  $\bar{x}\pm s$ )

分组	例数	MEF <sub>25%</sub> /预计值	MEF <sub>50%</sub> /预计值	MMEF/预计值
暴露组	307	65.62±26.60	79.13±21.93	75.55±20.99

续表 2

分组	例数	MEF <sub>25%</sub> /预计值	MEF <sub>50%</sub> /预计值	MMEF/预计值
对照组	119	57.81±24.12	81.48±23.04	73.71±20.63
<i>t</i> 值		2.79	-0.98	0.815
<i>P</i> 值		0.005	0.327	0.416

### 2.3 硬质合金生产企业接尘作业人员肺功能检查结果

2.3.1 肺通气功能检查情况 接尘作业人员肺通气功能检查结果中, 烧结及烧结后工种作业工人 VC/预计值、FVC/预计值、FEV<sub>1</sub>/预计值、FEV<sub>1</sub>/FVC 与烧结前工种相比较, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表 3。

表 3 烧结前后不同工种作业工人肺通气功能指标 (% ,  $\bar{x}\pm s$ )

烧结前后	例数	VC/预计值	FVC/预计值	FEV <sub>1</sub> /预计值	FEV <sub>1</sub> /FVC
烧结前	100	96.71±12.37	99.40±12.52	90.82±10.97	85.02±10.61
烧结及烧结后	207	94.13±11.05	96.92±11.40	91.50±9.98	86.23±9.48
<i>t</i> 值		1.907	1.789	-0.563	-1.040
<i>P</i> 值		0.057	0.075	0.574	0.299

2.3.2 肺小气道功能检查情况 接尘作业人员肺小气道功能检查结果中, 烧结及烧结后工种作业工人肺小气道功能指标 (MEF<sub>25%</sub>/预计值、MEF<sub>50%</sub>/预计值和 MMEF/预计值) 与烧结前工种相比较, 显著升高, 差异有统计学意义 ( $P<0.05$ )。见表 4。

表 4 烧结前后不同工种作业工人小气道指标 (% ,  $\bar{x}\pm s$ )

分组	例数	MEF <sub>25%</sub> /预计值	MEF <sub>50%</sub> /预计值	MMEF/预计值
烧结前	100	61.55±24.79	75.98±20.31	72.13±19.80
烧结及烧结后	207	68.27±27.46	81.17±22.74	77.78±21.49
<i>t</i> 值		-2.177	-2.038	-2.321
<i>P</i> 值		0.030	0.042	0.021

## 3 讨 论

3.1 肺功能指标的选择 肺通气功能作为本次研究中的一项重要的观察和评价指标, 是肺功能检查的常规项目, 在职业健康体检中容易实现, 但其受测试者与被测试者的主观影响很大<sup>[4]</sup>。该课题研究过程中, 通过规范测试仪器、测试流程以及操作者技能培训等质量控制措施, 极大程度上保证肺功能指标结果的可靠性和真实性。既往学者的研究中常采用用力肺活量、一秒量等实测值来评价暴露因素对肺功能造成的损



伤<sup>[5]</sup>,由于肺功能指标的实测值受个人基本情况影响较大,在进行直接比较时,人与人、人群与人群间的可比性极低。因此本课题中用于肺功能评价的指标为个人实测值与个人预计值的百分比,预计值模块选择欧盟预计值计算模块。国内主流医院在对患者进行肺功能评价时,采用的预计值模块多为欧盟预计值模块,因此课题中关于肺功能指标的结果,可直接用于学术间比较。

**3.2 肺通气功能检查结果分析** 肺通气功能检查结果显示:硬质合金生产企业接尘作业人员 VC/预计值、FVC/预计值、FEV<sub>1</sub>/预计值均低于非接尘作业人员,此结果与刘忠玉等<sup>[6]</sup>对暴露于硬质合金粉尘的工人肺功能调查研究结果一致,FEV<sub>1</sub>/预计值作为反映气流阻塞严重程度的可靠指标,FEV<sub>1</sub>/预计值的降低,提示暴露于硬质合金粉尘对作业工人的肺通气功能产生了损伤作用。接尘作业人员 FEV<sub>1</sub>/FVC 值高于非接尘作业人员,一般认为,在阻塞性通气障碍前期,FEV<sub>1</sub> 首先下降,而 FVC 不下降,此时,FEV<sub>1</sub>/FVC 值可较敏感地反映早气流阻塞,本研究中暴露组 FEV<sub>1</sub>/FVC 值增高,其是否有病理意义尚待进一步研究,同时提示 FEV<sub>1</sub>/FVC 值可能并不随着气道阻塞程度的加重而降低,FEV<sub>1</sub>/FVC 值在评价肺通气功能时的意义有限。

烧结前工种与烧结及烧结后工种 VC/预计值、FVC/预计值、FEV<sub>1</sub>/预计值、FEV<sub>1</sub>/FVC 无明显差别。本研究按照接触粉尘性质,结合生产工艺,将整个暴露组对象分为烧结前、烧结及烧结后两组。烧结前工艺中,配料、投混料、球磨、过筛、压制等主要工序以接触碳化钨粉、钴粉的混合尘为主,烧结及烧结后工艺中,喷砂、研磨等主要工序以接触钨钴合金粉尘为主。两组肺通气功能检查指标无明显差别,可能提示碳化钨粉、钴粉尘的混合尘与钨钴合金粉尘对肺通气功能的损伤程度相同,其联合作用类型可能为相加作用。

**3.3 肺小气道功能检查结果分析** 肺通气功能检查结果显示:硬质合金生产企业接尘作业人员烧结前的 MEF<sub>50%</sub>/预计值低于烧结及烧结后,此研究结果与刘忠玉等<sup>[6]</sup>对暴露于硬质合金粉尘的工人肺功能调查研究结果中 MEF<sub>50%</sub> 指标降低,马伏生等<sup>[7]</sup>的研究也提示暴露于硬质合金粉尘作业可影响作业工人的小气道功能,Meyer-Bisch 等<sup>[8]</sup>的研究中也提到暴露于钴粉等硬质合金粉尘会影响作业工人的小气道功能等研究结

果一致。提示硬质合金粉尘可引起肺小气道功能障碍。

临床上肺小气道指内径小于 2 mm,最小内径可达 0.06 mm 左右的小细支气管。烧结前工种 MEF<sub>25%</sub>/预计值、MEF<sub>50%</sub>/预计值和 MMEF/预计值均低于烧结和烧结后工种。可能与烧结前后接触粉尘的粒径大小及粉尘理化性质相关,烧结前接触的碳化钨、钴粉尘对肺小气道的损伤可能强于钨钴合金粉尘,具体的损伤机制尚待进一步研究。

**3.4 建议** 硬质合金生产企业钨钴粉尘及硬质合金粉尘可导致肺通气功能指标改变;肺小气道功能指标或可成为硬质合金粉尘早期肺损伤的敏感指标;肺小气道功能检查应作为在岗职业健康检查必检项目。

为了完善对硬质合金粉尘暴露对作业工人健康影响的研究,建议继续在该研究现场开展作业工人职业健康监测,将肺功能作为每年常规检查项目,分析作业工人肺功能的变化趋势,以便进一步了解随着暴露时间的增加作业工人肺通气功能的变化特征及长期趋势;与此同时相关的卫生监督部门及生产企业也应加强对该职业病危害因素的日常监测,并在粉尘浓度较高的车间,如:硬质合金生产混料、球磨及压制车间,做好通风除尘,降低作业工人暴露的风险,从而达到预防硬金属肺病的发生。

#### 参考文献

- [1] 刘尚军,李西西,罗英男,等. 硬金属粉尘职业暴露危害的研究进展[J]. 实用预防医学,2016,23(4):509-513.
- [2] 李志辉. 硬质合金粉尘暴露对作业工人肺功能及血尿生物指标的影响[D]. 北京:中国疾病预防控制中心,2016.
- [3] Ruokonen EL, Linnainmaa M, Seuri M, et al. A fatal case of hard-metal disease[M]. Scand J Work Environ Health, 1996, 22(1):62-65.
- [4] 郑劲平,高怡. 肺功能检查实用指南[M]. 北京:人民卫生出版社,2009:63-67.
- [5] 贺正一. 简明临床肺功能测定与应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,2010:37-40.
- [6] 刘忠玉,张庆蓉,刘健颖. 硬质合金粉尘对作业工人肺功能的影响[J]. 预防医学文献信息,2002,8(4):420.
- [7] 马伏生,邹世渠. 硬质合金粉尘对工人小气道通气功能的影响[J]. 中华劳动卫生职业病杂志,1995,13(2):97-98.
- [8] Meyer-Bisch C, Pham QT, Mur JM, et al. Respiratory hazards in hard metal workers: a cross sectional study[J]. Br J Ind Med, 1989, 46(5):302-309.

收稿日期:2017-06-14