

文章编号 : 1006-3617(2013)01-0029-03

中图分类号 : R135.1

文献标志码 : A

【调查研究】

长期职业性锰暴露对工人肺功能的影响

阳益萍¹, 黄锦利², 刘静¹, 李琴¹, 陈栏心¹, 覃丽琳¹, 邹云峰¹, 韦小敏¹, 杨晓波¹

摘要: [目的] 分析长期职业性锰尘和粉尘暴露对工人肺功能的影响, 评价锰尘累积暴露与肺功能的剂量-效应关系。[方法] 于 2011 年对广西某锰冶炼厂 280 名男性工人进行调查, 并回顾性收集历年各车间锰、粉尘浓度监测资料和 2006 年与 2010 年工人肺功能检测结果; 根据各车间锰、粉尘浓度和接触工龄分别计算出截至 2006 年与 2010 年的锰、粉尘累积暴露量。[结果] 该厂锰作业工人 2010 年各项肺功能指标均值均低于 2006 年检测值, 其中用力肺活量 (FVC)、第一秒时间肺活量 (FEV₁)、最高吸气流量 (PIF)、75% 呼气流速 (MEF₇₅) 降低明显, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 锰作业工人 2006 年时锰作业工龄平均为 (14.27 ± 6.48) 年, FVC、FEV₁、MEF₇₅ 与粉尘累积暴露量负相关 ($P < 0.05$), 肺功能各指标与锰累积暴露量均无相关关系 ($P > 0.05$); 2010 年时锰作业工人工龄平均为 (18.05 ± 6.41) 年, FVC、FEV₁ 与粉尘累积暴露量负相关, 最高呼气流量 (PEF)、MEF₇₅、50% 呼气流速 (MEF₅₀) 与锰累积暴露量负相关 ($P < 0.05$)。[结论] 职业性锰尘长期累积暴露与肺功能降低有剂量-效应关系。

关键词: 锰尘; 累积暴露量; 肺功能; 剂量-效应关系

Long-Term Effect of Occupational Exposure to Manganese on Pulmonary Ventilation Function YANG Yi-ping¹, HUANG Jin-li², LIU Jing¹, LI Qin¹, CHEN Lan-xin¹, QIN Li-lin¹, ZOU Yun-feng¹, WEI Xiao-min¹, YANG Xiao-bo¹ (1.School of Public Health, Guangxi Medical University, Nanning, Guangxi 530021, China; 2.Guangxi Ferroalloy Co., Ltd. of China Steel Group, Laibin, Guangxi 546102, China). Address correspondence to YANG Xiao-bo, E-mail: yxbo21021@163.com; WEI Xiao-min, E-mail: xiaominw20011@yahoo.com.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To analyze pulmonary function changes caused by long-term occupational exposure to manganese and dust and assess the dose-effect relationship between cumulative exposure and pulmonary ventilation function. [Methods] Totally 280 male workers were chosen from a manganese smelter in Guangxi in 2011. Concentrations of manganese and dust in the air of workplaces and parameters of workers' pulmonary ventilation function in 2006 and 2010 were retrospectively collected. Cumulative exposure indices of 2006 and 2010 were calculated based on the concentration and duration of exposure to manganese and dust. [Results] The averages of pulmonary function indicators of the manganese-exposed workers in 2010 were lower than those in 2006, with significant differences in the forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in the first second (FEV₁), peak inspiratory flow (PIF), and maximum expiratory flow rate at 75% of FVC (MEF₇₅) ($P < 0.05$). Partial correlation analysis showed that there were negative correlations between cumulative exposure to dust and changes in FVC, FEV₁, and MEF₇₅ after exposure to dust for average 14.27 ± 6.48 years in 2006 ($P < 0.05$), but there was no correlation between cumulative exposure to manganese and the indicators of pulmonary ventilation function ($P > 0.05$). After exposure to manganese and dust for average 18.05 ± 6.41 years in 2010, there were negative correlations between cumulative exposure to dust and changes in FVC and FEV₁, as well as between cumulative exposure to manganese and changes in peak expiratory flow (PEF), MEF₇₅, and maximum expiratory flow rate at 50% of FVC (MEF₅₀) ($P < 0.05$). [Conclusion] There was a dose-effect relationship between long-term occupational cumulative exposure to manganese dust and reduction in pulmonary ventilation function.

Key Words: manganese dust; cumulative exposure; pulmonary function; dose-effect relationship

[基金项目] 国家自然科学基金(编号: 81060234), 教育部博士点新教师基金(编号: 20104503120006)

[作者简介] 阳益萍(1985—), 女, 硕士生; 研究方向: 卫生毒理学;
E-mail: yangyiping19@163.com

[通信作者] 杨晓波教授, E-mail: yxbo21021@163.com; 韦小敏教授,
E-mail: xiaominw20011@yahoo.com.cn

[作者单位] 1. 广西医科大学公共卫生学院, 广西 南宁 530021; 2. 中
钢集团广西铁合金有限公司, 广西 来宾 546102

锰作业工人在其劳作生产环境中接触的有害物质主要为锰尘, 已有研究表明职业性锰暴露工人长期接触锰、粉尘可引起肺功能的损害^[1-2], 特别是吸入混合型粉尘, 严重情况下可导致混合型尘肺的发生, 截至 2008 年底, 我国大陆累积报告的尘肺病例数达 638 234 例^[1], 可见早期发现肺功能损害对于健康防护显得尤为重要。但是, 往往都是仅将锰与粉尘作为独立暴露因素加以分析, 且缺乏锰、粉尘累积暴露量与肺功能剂量效应关系的研究。为此, 本项目拟对广西某锰冶炼厂 280 名男

性作业工人肺功能进行横断面调查及回顾性研究, 旨在分析职业性锰、粉尘长期暴露对工人肺功能的影响, 评价锰尘累积暴露与肺功能的剂量-效应关系。

1 对象与方法

1.1 对象

于 2011 年以广西某锰冶炼厂 280 名男性工人作为研究对象, 平均年龄 (40.12 ± 6.35) 岁, 平均工龄 (18.05 ± 6.41) 年, 其中吸烟者 216 人, 占 77.1%, 平均吸烟指数为 14.85 年包, 平均体质指数 (BMI) 为 (22.95 ± 3.06) kg/m^2 。

1.2 环境监测

1.2.1 作业场所空气中锰浓度的测定 按照《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159—2004)^[3] 的规定, 使用 FC-2 型粉尘采样器 (武汉仪器分析厂) 采集空气样品, 按《工作场所空气有毒物质测定锰及其化合物》(GBZ/T 160.13—2004)^[4] 的规定: 即磷酸-高碘酸钾分光光度法进行测定, 并收集 2006—2008 年车间锰测定数据。

1.2.2 车间空气中粉尘浓度测定 按照《工作场所空气中粉尘测定方法》(GBZ/T 192.1—2007)^[5] 及《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159—2004) 的要求, 使用 FC-2 型粉尘采样器、BP190S 电子天平 (上海仪电分析仪器有限公司) 等仪器进行采样及测定, 并收集 2006—2010 年车间粉尘测定数据。

1.2.3 计算职业性锰暴露工人的累积暴露量 (cumulative exposure index, CEI) 根据各车间锰、粉尘浓度和接触工龄分别计算截至 2006 年与 2010 年的锰、粉尘累积暴露量, 公式为 $CEI = \text{锰作业工龄 (年)} \times \text{工作岗位空气中锰 (或粉尘) 浓度} (\text{mg}/\text{m}^3)$ 。

1.3 肺功能检查

采用 S-980A 型第三代肺功能检测仪 (四川思科达科技有限公司)。测用力肺活量 (FVC)、第一秒时间肺活量 (FEV₁)、最大呼气中断流速 (FEF₂₅₋₇₅)、最高呼气流量 (PEF)、最高吸气流量 (PIF)、75% 呼气流速 (MEF₇₅)、50% 呼气流速 (MEF₅₀) 及 25% 呼气流速 (MEF₂₅) , 并回顾性收集 2006 与 2010 年肺功能检查结果。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 13.0 软件包进行统计分析, 方法采用配对 *t* 检验、偏相关分析等, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 锰冶炼厂的锰、粉尘监测结果

根据工作场所有害职业接触限值及 GBZ 159—2004 和 GBZ/T 192.1—2007 规定, 锰、粉尘的 8 h 加权平均容许浓度限值 (TWA) 分别为 0.15 、 $8.00 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。该锰冶炼厂 2006 年各监测点锰尘 TWA 浓度为 $0.08\sim1.06 \text{ mg}/\text{m}^3$, 平均浓度为 $0.29 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($n=18$); 粉尘浓度范围为 $2.10\sim13.45 \text{ mg}/\text{m}^3$, 平均浓度为 $4.67 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($n=18$)。2007—2008 年该厂的焦破车间、成球车间和精炼车间进行技术改造, 锰尘和粉尘的 TWA 浓度均明显降低, 2008 年监测锰尘平均 TWA 浓度为 $0.08 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($0.02\sim0.15 \text{ mg}/\text{m}^3$), 2010 年监测粉尘平均 TWA 浓度为 $2.65 \text{ mg}/\text{m}^3$ ($0.05\sim9.41 \text{ mg}/\text{m}^3$), 其中仅一分厂冶炼工作业点超出标准, 其浓度为 $9.16 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

2.2 锰作业工人 2006 年与 2010 年肺功能 (实测值) 比较

随着工龄的增长, 锰作业工人肺功能呈下降趋势, 各项指标均值均以 2010 年低于 2006 年。其中, FVC、FEV₁、PIF、MEF₇₅ 下降差异有统计学意义 (分别为 $t=20.75$, $P<0.001$; $t=20.78$, $P<0.001$; $t=6.13$, $P<0.001$; $t=2.165$, $P<0.05$), 下降率分别为 16.35%、13.68%、68.04%、6.44%; 而 FEF₂₅₋₇₅、PEF、MEF₅₀、MEF₂₅ 各均值虽有下降, 但差异无统计学意义 ($P>0.05$) (表 1)。

表 1 锰作业工人 2006 年与 2010 年肺功能前后比较 ($\bar{x} \pm s$)

| 肺功能指标 | 2006 年 | 2010 年 | 下降率 (%) |
|----------------------|-----------------|----------------------|---------|
| FVC | 3.58 ± 0.37 | $2.96 \pm 0.57^{**}$ | 16.35 |
| FEV ₁ | 3.00 ± 0.37 | $2.58 \pm 0.43^{**}$ | 13.68 |
| FEF ₂₅₋₇₅ | 3.63 ± 5.11 | 3.07 ± 0.76 | 7.53 |
| PEF | 5.68 ± 5.68 | 5.10 ± 1.45 | 6.99 |
| PIF | 3.03 ± 5.14 | $1.13 \pm 1.10^{**}$ | 68.04 |
| MEF ₇₅ | 4.91 ± 1.57 | $4.67 \pm 1.42^*$ | 6.44 |
| MEF ₅₀ | 4.12 ± 5.58 | 3.72 ± 3.31 | 6.73 |
| MEF ₂₅ | 2.19 ± 5.83 | 1.96 ± 4.26 | 8.41 |

[注] 与 2006 年肺功能相比, *: $P<0.05$; **: $P<0.01$ 。

2.3 锰作业工人 2006 年、2010 年肺功能与锰、粉尘累积暴露量的偏相关分析

锰作业工人 2006 年时锰作业工龄平均为 (14.27 ± 6.48) 年, FVC、FEV₁、MEF₇₅ 与粉尘累积暴露量负相关 ($P<0.05$), 肺功能各指标与锰累积暴露量均无相关关系 ($P>0.05$); 2010 年时锰作业工人工龄平均为 (18.05 ± 6.41) 年, FVC、FEV₁ 与粉尘累积暴露量负相关 ($P<0.01$), PEF、MEF₇₅、MEF₅₀ 与锰累积暴露量负相关 ($P<0.05$), 见表 2。

表 2 锰作业工人 2006 年、2010 年肺功能与锰、粉尘累积暴露量的偏相关分析

| 肺功能指标 | 锰 | | 粉尘 | |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|
| | r_{2006} | r_{2010} | r_{2006} | r_{2010} |
| FVC | -0.08 | -0.12 | -0.17* | -0.21** |
| FEV ₁ | -0.09 | -0.13 | -0.22** | -0.19** |
| FEF ₂₅₋₇₅ | 0.07 | -0.12 | 0.06 | -0.04 |
| PEF | 0.08 | -0.15* | 0.04 | -0.05 |
| PIF | 0.08 | -0.05 | 0.07 | -0.07 |
| MEF ₇₅ | -0.03 | -0.17* | -0.15* | -0.07 |
| MEF ₅₀ | 0.07 | -0.14* | 0.06 | -0.04 |
| MEF ₂₅ | 0.08 | -0.09 | 0.07 | -0.03 |

[注] 偏相关系数有统计学差异, *: $P<0.05$; **: $P<0.01$ 。

3 讨论

空气中锰与粉尘主要经呼吸道和皮肤吸收。随着工业技术的发展和劳动卫生条件的改善, 该锰冶炼厂的除尘技术亦得到不断革新, 锰与粉尘浓度在各车间各工种均呈下降趋势, 但仍有一些工种偏高。因此, 该锰冶炼厂需继续加强除尘技术改造, 必要时应改善生产设备, 并做好职业健康防护知识普及工作, 如戴口罩、穿防护服、力劝戒烟等, 只有如此才可能有效降低锰与粉尘对接触工人肺的损害。

肺功能检查, 已成为客观反映肺功能状态、早期发现呼吸系统损伤的一种无创性检查方法。生产性粉尘对接触者肺功

能影响与游离二氧化硅含量、粉尘分散度及其粒径大小等密切相关, 游离二氧化硅含量越高, 粉尘分散度越大, 可吸入性粉尘($<5\mu\text{m}$)/总粉尘浓度值越高, 对肺功能的损害越大, 且随着工龄增加而加重^[6-7]。而锰对肺功能影响的报道则相对较少, WITTCZAK 等^[2]报告了吸入 0.1% 的氯化锰溶液 5 min 后, 即可出现呼吸困难, FEV₁ 即下降 45%, 陶凌^[8]发现低浓度锰焊烟尘对女工 FVC、FEV₁、MMF、PEFR、MVV 损伤有累积效应, ROSEMARIE 等^[9]发现, 锰的接触水平与 FVC、FEV₁ 呈剂量-效应关系。

本研究显示接触锰、粉尘工人的肺功能随着工龄的增加而下降, 其中 FVC、FEV₁、PIF、MEF₇₅ 变化明显, 工人大、小气道均受损, 提示: 长期职业性锰尘暴露可降低肺功能。由于吸烟可加速粉尘对肺功能损害^[10-11], 控制吸烟因素后, FVC、FEV₁ 降低仍与粉尘累积暴露量呈剂量-效应关系, 粉尘对肺功能的累积损伤主要是大气道, 与其他研究结论一致。小气道功能病变出现早期可逆性大^[12], 小气道功能受损时, MEF₇₅ 改变尤为明显, MEF₇₅ 于 2006 年与粉尘累积暴露量负相关, 却于 2010 年与粉尘累积暴露无关, 由此推断 2006 年出现的小气道损伤还处在早期阶段。而锰对肺的累积损伤作用则主要是小气道, PEF、MEF₇₅、MEF₅₀ 与锰累积暴露量呈剂量-效应关系, 可见肺是锰的重要靶器官, 与荆俊杰等^[13-14]研究锰对小鼠的损伤结论相同。本次研究虽未发现大气道指标 FVC、FEV₁ 与锰累积暴露量呈剂量-效应关系, 但其 2010 年与锰累积暴露量的相关系数值大于 2006 年, 可见锰对肺仍有累积损伤, 需对这部分工人进行继续追踪观察, 定期检测其肺功能, 从而做好早发现, 早诊断, 早预防, 早治疗工作。

· 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] 高源, 王绵珍, 兰亚佳, 等. 粉尘对作业人员肺功能的影响 [J]. 中国工业医学杂志, 2010, 23(2): 127-129.
- [2] WITTCZAK T, DUDEK W, KRAKOWIAK A, et al. Occupational asthma due to manganese exposure: a case report [J]. Int J Occup Med Environ Health, 2008, 21(1): 81-83.
- [3] 中华人民共和国卫生部. GBZ 159—2004 工作场所空气中有害物质监测的采样规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [4] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T 160.13—2004 工作场所空气有毒物质测定 - 锰及其化合物 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GBZ/T 192.1—2007 工作场所空气中粉尘测定方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [6] JOHNSEN HL, HETALAND SM, BENTH JS, et al. Dust exposure assessed by a job exposure matrix is associated with increased annual decline in FEV1: a 5-year prospective study of employees in Norwegian smelters [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2010, 181(11): 1234-1240.
- [7] JOHNSEN HL, KONGERUD J, HETLAND SM, et al. Decreased lung function among employees at Norwegian smelters [J]. Am J Ind Med, 2008, 51(4): 296-306.
- [8] 陶凌. 低浓度锰焊烟尘对女工肺通气功能影响的测定与分析 [J]. 中国煤炭工业医学杂志, 2008, 11(5): 737-734.
- [9] ROSEMARIE MB, HARRY A R, SANA E N, et al. Dose-effect relationships between manganese exposure and neurological, neuropsychological and pulmonary function in confined space bridge welders [J]. Occup Environ Med, 2007, 64(3): 167-177.
- [10] 周效宝, 王瑞, 张玮, 等. 吸烟与职业接触粉尘对 FEV₁ 的影响 [J]. 工业卫生与职业病, 2011, 37(1): 5-9.
- [11] JAAKKOLA M S, SRIPAI BOONKIJ P, JAAKKOLA J J. Effects of occupational exposures and smoking on lung function in tile factory workers [J]. Int Arch Occup Environ Health, 2011, 84(2): 151-158.
- [12] 杨晨芸, 邹建芳, 贺今, 等. 济南市某厂石灰石粉尘作业场所粉尘及其对接尘工人肺功能损伤情况调查 [J]. 预防医学论坛, 2011, 17(2): 121-123.
- [13] 荆俊杰, 陈敏, 谢吉民, 等. 锰对小鼠肺脏和睾丸的急性毒作用 [J]. 中国职业医学, 2009, 36(2): 98-101.
- [14] 荆俊杰, 陈敏, 谢吉民, 等. 锰对小鼠肺和肝脏脂质过氧化作用影响 [J]. 中国公共卫生, 2009, 25(10): 1242-1244.

(收稿日期: 2011-02-20)

(英文编审: 黄建权; 编辑: 郭薇薇; 校对: 葛宏妍)