

Respiratory exposure with acrylonitrile butadiene styrene particle in appliance company workers

H. Saeidabadi¹, A. Nikpey²

¹ Islamic Azad University of Tehran, Tehran, Iran

² School of Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

Corresponding Address: Hamzeh Saeidabadi, Islamic Azad University Branch West Tehran, Iran Zamin Street, Tehran, Iran

Tel: +98-919-1850591, Email: Saeidabadi.h@gmail.com

Received: 27 Apr 2017; Accepted: 5 Aug 2017

*Abstract

Background: Acrylonitrile butadiene styrene granules heat up from 169 to 320°C in the production of household appliance, which results in the decomposition of white smoke in the work place.

Objective: Staff respiratory exposure with ABS granules vapors and dust examined.

Methods: This analytical case-control study was performed on 78 persons of appliance manufacturing company in Qazvin, in 2016. Particles measurement 0.3 and 2.5 microns by Micro Dust Pro devices and Dust Counter and spirometry test were performed by Minispir. FEV1, FVC, FEV1/FVC parameters before and after invention platform on 8 meters height and respiratory signs staff complaints were considered by COPD assessment test.

Findings: Forty-eight persons that exposed with vapor and dust ABS plastic material mostly had a lot of complaints to the frequent respiratory symptoms of cough and sputum occasionally. Spirometry indices coldwall staffs on the second floor including FEV1, FVC and the ratio FEV1/FVC were significantly decreased respectively (6.52%, 5.66%, 3.56 lit) during 2 years ($P < 0.05$) and for coldwall staffs on the first floor, FEV1 and FVC significantly decreased respectively (9.26% and 5.6%) ($P < 0.05$). But the ratio FEV1/FVC was not significant decreased. The three above mentioned indices for injection plastic staffs had significantly reduced ($P < 0.05$), and increased for administrative staffs. Concentration of inhaled particles was 0.23 ± 0.067 on the floor and particle at platform 0.62 ± 0.24 mg/m³.

Conclusion: It must be avoided to create a platform on the top of the hot source, such as plastic injection process.

Keywords: Pulmonary function test, COPD Assessment test, Spirometry, ABS granules

Citation: Saeidabadi H, Nikpey A. Respiratory exposure with acrylonitrile butadiene styrene particle in appliance company workers. J Qazvin Univ Med Sci 2018; 22(1): 31-41.

ارزیابی مواجهه تنفسی با ذرات اکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS) در کارکنان یک شرکت تولید لوازم خانگی

حمزه سعیدآبادی^۱، دکتر احمد نیک‌پی^۲

^۱ دانشگاه آزاد اسلامی تهران، تهران، ایران

^۲ دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

آدرس نویسنده مسؤل: تهران، خیابان ایران زمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تلفن ۰۹۱۹۱۸۵۰۵۹۱
تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۱۴

*چکیده

زمینه: در صنعت لوازم خانگی، گرانول اکریلونیتریل بوتادین استایرن را ۱۶۹ تا ۳۲۰ درجه سانتی‌گراد حرارت می‌دهند که سبب تجزیه و متصاعد شدن دود سفیدی در محیط کار می‌گردد.

هدف: مواجهه تنفسی کارکنان با بخارات و گرد و غبار گرانول اکریلونیتریل بوتادین استایرن بررسی گردید.

مواد و روش‌ها: این مطالعه تحلیلی مورد-شاهدی سال ۱۳۹۵ در یک شرکت تولید لوازم خانگی در قزوین بر روی ۷۸ نفر انجام شد. اندازه‌گیری ذرات ۰/۳ و ۲/۵ میکرون با دستگاه‌های شمارش ذرات و اسپرومتری با دستگاه مینی اسپایر و متغیرهای حداکثر حجم بازدمی با فشار در ثانیه اول، ظرفیت حیاتی با فشار و نسبت آن‌ها، قبل و بعد از ایجاد سکوی کاری ۸ متری و شناسایی علایم تنفسی با پرسش‌نامه انسداد ریوی صورت گرفت.

یافته‌ها: ۴۸ نفر که با بخارات و گرد و غبار اکریلونیتریل بوتادین استایرن مواجهه داشتند، بیش‌تر از سرفه‌های گاه و بی‌گاه و بعضاً مکرر و خلط سینه شکایت داشتند. شاخص‌های اسپرومتری کارکنان طبقه دوم کلدوال طی دو سال، حداکثر حجم بازدمی با فشار در ثانیه اول ۶/۵۲، ظرفیت حیاتی با فشار ۵/۶۶ درصد و نسبت آن‌ها، ۳/۵۶ لیتر و برای کارکنان طبقه اول بترتیب ۹/۲۶ و ۵/۶ درصد کاهش معنی‌دار ($P < 0/05$) و نسبت آن‌ها، کاهش معناداری مشاهده نشد. سه شاخص فوق برای کارکنان تزریق پلاستیک کاهش معنی‌دار ($P < 0/05$) و برای کارکنان اداری روند افزایشی داشت. غلظت کلی ذرات استنشاقی در سطح سالن تولید ۰/۰۶۷±۰/۰۲۳ و در ارتفاع ۸ متری ۰/۰۲۴±۰/۰۶۲ میلی‌گرم بر متر مکعب بود.

نتیجه‌گیری: باید از ایجاد سکوی کاری در بالای منابع داغ نظیر تزریق پلاستیک پرهیز گردد.

کلیدواژه‌ها: آزمون عملکرد تنفسی، پرسش‌نامه انسداد ریوی، اسپرومتری، گرانول اکریلونیتریل بوتادین استایرن

*مقدمه

و سپس فرم‌دهی با حرارت (ترموفرمینگ) تولید می‌شود. طبق مطالعات بین‌المللی، این گرانول در دمای ۲۴۰ تا ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد باعث انتشار بخاراتی می‌شود که سبب کاهش ظرفیت تنفسی افراد دارای مواجهه می‌شود.^(۶) لازم به ذکر است که بسیاری از قطعات بزرگ و مهم یخچال و فریزر نظیر؛ بدنه داخلی، تودری، سبد و درب سبد، جامیوه‌ای بزرگ، جابطری، پانل و ... با گرانول اکریلونیتریل بوتادین استایرن و با روش تزریق پلاستیک تولید می‌شود. اکریلونیتریل بوتادین استایرن، دارای خواص مکانیکی و نیز فرایندپذیری و قیمت بسیار مناسبی بوده و کاربرد

صنعت لوازم خانگی در ایران از سابقه طولانی در تأمین نیازهای مصرف‌کنندگان داخلی و ایجاد بازار کار مناسبی برای جوانان برخوردار است.^(۱) برای تولید یک دستگاه یخچال و فریزر به بیش از ۱۰۰۰ قطعه نیاز است که در فرایندهای متنوعی نظیر؛ رنگ و شستشو، مونتاژ، فوم، تزریق پلاستیک، اکسترودر، برش، پرس، نقطه جوش و ... تولید و مونتاژ می‌شود.

در فرایند تولید لوازم خانگی، ساخت بدنه داخلی با گرانول اکریلونیتریل بوتادین استایرن از اهمیت بالایی برخوردار بوده و بخش عمده تولید بدنه با روش اکسترودر

وسیع در صنایع لوازم خانگی دارد.^(۲)

سه ویژگی اکریلونیتریل؛ افزایش مقاومت در برابر حرارت و واکنش‌های شیمیایی، بوتادین، تقویت استحکام فشاری و سفتی ترکیب، استایرن، شکل‌پذیری بهتر و سختی بیش‌تر که سبب افزایش استفاده از ترکیب اکریلونیتریل بوتادین استایرن شده است.^(۳) تجزیه این ماده در دمایی بین ۲۲۰ الی ۳۲۰ درجه سانتی‌گراد آغاز می‌شود.^(۴-۱۷) این فرایند حرارتی باعث تولید محصولات گازی متعددی می‌شود که بیش‌تر آن‌ها پس از ورود به هوا به شکل ذرات ثانویه به یکدیگر چسبیده و باعث حساسیت و تحریک سیستم تنفسی می‌شوند.^(۷)

مطالعه لی و همکاران (۲۰۱۳) بر روی یک مرد ۴۷ ساله انجام گرفت. این فرد در سال ۱۹۹۸ به علت سرفه به بیمارستان مراجعه و در معاینات مشخص می‌شود فرد درد و خس‌خس سینه ندارد و رادیوگرافی نیز طبیعی بود، ظرفیت حیاتی با فشار (Forced Vital Capacity, FVC) ۳/۸۴ لیتر ۹۰/۴ درصد پیش‌بینی و حداکثر حجم بازدمی با فشار در ثانیه اول (Forced expiratory volume in one second, FEV1) برابر ۲/۷۶ لیتر که ۷۱/۹ درصد پیش‌بینی و نسبت FEV1/FVC برابر ۷۱/۹ بود. این فرد از ماه مارس ۲۰۰۴ تا ماه می ۲۰۰۶ در صنعت خودروسازی مشغول به کار بود و از ماه می ۲۰۰۶ تا دسامبر ۲۰۱۱ در صنعت تزریق پلاستیک شاغل بوده و در پرونده پزشکی فرد در سال ۲۰۱۱ مشخص گردید به مدت ۲۴ سال روزی یک پاکت سیگار مصرف کرده و دچار چاقی نیز بوده است. در دسامبر سال ۲۰۱۱، FVC برابر ۱/۸۷ لیتر که ۵۷ درصد پیش‌بینی و FEV1 برابر ۱/۲۳ لیتر که ۴۶ درصد پیش‌بینی و FEV1/FVC برابر ۶۵/۸ بود. فرد در ماه مارس سال ۲۰۱۲ ساعت ۲۱:۱۰ که در حال اضافه‌کاری بوده به علت حمله تنفسی به بیمارستان منتقل و بعد از سه ماه به علت بیماری آسم از دنیا می‌رود. این فرد در قسمت تزریق پلاستیک با اکریلونیتریل بوتادین استایرن، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و نایلون مواجهه تنفسی داشته و

نتیجه مطالعه نشان داد اکریلونیتریل بوتادین استایرن در ۲۴۰ تا ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد به استایرن، اسید پروپانوئیک، اکتادکان، اکوزان، دوکوزان، اسید پروپانوئیک بنزین تجزیه می‌شود که استایرن متصاعد شده سبب بیماری انسدادی ریوی، آسم شغلی و در نهایت مرگ کارگر شده است.^(۸) طبق مطالعه فوق، اکریلونیتریل بوتادین استایرن می‌تواند باعث بیماری انسداد ریوی شود. این بیماری چهارمین عامل مرگ و میر در دنیا است و طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی تا سال ۲۰۳۰ به سومین عامل مرگ و میر تبدیل خواهد شد.^(۹-۱۰) اکنون ۹ تا ۱۰ درصد افراد بزرگسال به این بیماری مبتلا هستند.^(۱۱) طبق گزارش سازمان (National Institute for Occupational Safety & Health) NIOSH در سال ۱۹۸۳ بیماری‌ها و عوارض ناشی از کار براساس اهمیت آن‌ها و از نظر هزینه، فراوانی، شدت و امکان پیشروی طبقه‌بندی شدند که بیماری‌های تنفسی در رتبه اول قرار گرفت.^(۱۲) افزایش مارکرهای التهابی مانند؛ پروتئین حاد بیماری (C-Reactive Protein, CRP) به‌عنوان یک مارکر سیستمیک جهت نشان دادن روند التهابی در بیماران انسداد ریوی ذکر شده است.^(۱۳ و ۱۴)

در اکثر مطالعات انجام شده، مواجهه افراد با بخارات و گرد و غبار اکریلونیتریل بوتادین استایرن به‌صورت تماس مقطعی می‌باشد، به نحوی که پس از تزریق دستگاه و در حین برداشتن قطعه با بخارات این ماده مواجهه دارند و یا در زمان تخلیه گرانول این ماده درون مخزن با گرد و غبار آن مواجهه پیدا می‌کنند.^(۱۵-۱۷ و ۱۸) در صنعت مورد بررسی به‌واسطه کمبود جا، سکوی کاری در ارتفاع ۸ متری از سطح زمین و بر روی واحد کلدوال (بالای منابع تزریق پلاستیک) ساخته شده است.

هدف اصلی از انجام مطالعه حاضر بررسی ارزیابی مواجهه تنفسی کارکنان ترموفرمینگ و کلدوال (طبقه اول و دوم) با گرد و غبار و بخارات اکریلونیتریل بوتادین استایرن و ارتباط بین تعداد ذرات معلق و قطر ۰/۳ و ۲/۵ میکرون با افزایش ارتفاع از منبع انتشار می‌باشد.

* مواد و روش‌ها:

این مطالعه به صورت تحلیلی مورد-شاهدی سال ۱۳۹۵ در یک شرکت تولید لوازم خانگی در استان قزوین انجام گردید. در ابتدای مطالعه و با توجه به اهمیت توجیه کارکنان برای همکاری آن‌ها و دستیابی به اطلاعات صحیح، طی یک جلسه آموزشی (برای گروه‌های مورد و شاهد) اهداف تشریح و افراد به‌طور آگاهانه وارد مطالعه شدند. سپس پرونده پزشکی تمامی افراد شاغل در واحدهای در معرض مواجهه و کارکنان اداری به‌عنوان مورد و شاهد انتخاب و بررسی گردید. کل جامعه مورد بررسی ۷۸ نفر بودند و متغیرها عبارتند از: اندازه‌گیری دی اکسید کربن (برای سنجش تهویه سالن تولید)، دمای هوا (در کف سالن و ارتفاع ۸ متری)، ذرات با قطر ۰/۳ و ۲/۵ میکرون و شاخص‌های ظرفیت تنفسی، FVC، FEV1 و نسبت FEV1/FVC روی کارکنانی که با گرد و غبار اکریلونیتریل بوتادین استایرن مواجهه دارند.

طبق تحقیقات انجام شده، استعمال دخانیات سبب کاهش ظرفیت‌های تنفسی و ایجاد بیماری‌های تنفسی می‌شود.^(۱۸-۲۱) بنابراین برای تعیین جامعه آماری طبق پرسش‌نامه مندرج در فرم معاینات ادواری که طبق اظهارات کارکنان تکمیل می‌گردد، افراد سیگاری و دارای مشکلات تنفسی از مطالعه حذف و کارکنان تزریق پلاستیک (ترموفرمینگ) از ۳۴ نفر به ۳۰ نفر (۴ نفر به علت سیگاری بودن) و کلدوال از ۲۱ نفر به ۱۸ نفر (۱ نفر به علت مشکلات تنفسی و ۲ نفر به علت سیگاری بودن) تقلیل یافتند. لازم به ذکر است که اکثر سابقه کاری این افراد در قسمت تزریق پلاستیک بوده و می‌توان بیان کرد که مشاغل قبلی آن‌ها تأثیری در نتایج اسپرومتری ندارد. برای نمونه شاهد، ۳۰ نفر از کارکنان اداری با شرط فوق در نظر گرفته شدند.

در این مطالعه برای بررسی شکایت‌های کارکنان از علائم تنفسی از پرسش‌نامه انسداد ریوی (COPD Assessment Test) استفاده گردید. برتری این پرسش‌نامه نسبت به پرسش‌نامه تنفسی سنت جرج

درک آسان سؤالات و کوتاه بودن زمان پاسخ‌گویی است.^(۲۴) زمان پاسخ‌گویی به سؤالات این پرسش‌نامه ۱۰۷ ثانیه و زمان پاسخ‌گویی به پرسش‌نامه سنت جورج ۵۷۸ ثانیه است. روایی و پایایی پرسش‌نامه CAT در مطالعات مختلف اثبات شده است.^(۲۳،۲۲)

ضریب آلفای کرونباخ نسخه فارسی ۰/۸۷ می‌باشد. پرسش‌نامه ۸ سؤال در زمینه مشکلات تنفسی نظیر: سرفه، خلط، احساس سنگینی سینه، تنگی نفس در زمان فعالیت، وضعیت خواب، میزان انرژی و احساس امنیت هنگام ترک منزل دارد و امتیاز هر سؤال از صفر تا ۵ و امتیاز کل صفر تا ۴۰ است. امتیاز بیش‌تر بیان‌گر شدت بیماری تنفسی می‌باشد.^(۲۵،۲۴)

جهت ارزیابی اثرات بهداشتی گرد و غبار استنشاقی به نتایج حاصل از آزمایش اسپرومتری استناد گردید. اسپرومتری؛ ارزان‌ترین و مهم‌ترین روش برای کشف نارسایی‌های ریوی و از مهم‌ترین ابزارهای غربال‌گری بیماری ریوی بوده و حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی و میزان جریان هوا در مجاری تنفسی را اندازه‌گیری می‌کند.^(۲۷،۲۶) مهم‌ترین متغیرهای ظرفیت تنفسی؛ FEV1 (حجمی از هوا که فرد در ثانیه اول و با فشار از ریه خارج می‌کند)، FVC (میزان حجم هوایی که فرد بعد از یک دم عمیق با فشار از ریه خارج می‌کند) و نسبت دو مورد فوق (نشان می‌دهد چه میزان از ظرفیت حیاتی اجباری در ثانیه اول از ریه خارج شده) می‌باشد و در تشخیص بیماری‌های انسدادی بسیار مهم هستند.^(۲۸-۳۰) دستگاه‌های جدید هر سه شاخص فوق را اندازه‌گیری می‌کند.^(۳۱) در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ قبل و بعد از ایجاد سکوی کاری، آزمایش اسپرومتری کارکنان با دستگاه اسپرومتر مینی اسپایر (ساخت شرکت MIR ایتالیا) اندازه‌گیری و بررسی گردید. مطالعه بر روی ذرات معلق ۰/۳ و ۲/۵ میکرون انجام گردید، زیرا تحقیقات علمی ذرات معلق را جزء آلاینده‌های اصلی قرار داده‌اند. اکتبر ۲۰۱۳، کارشناسان آژانس بین‌المللی تحقیقات درباره سرطان (International Agency for Research on Cancer, IARC)

تعداد نمونه غیریکسان داشتند استفاده و سطح معنی‌داری با احتمال کمتر از ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

* یافته‌ها:

متوسط دمای ذوب گرانول‌های تولید شده در پتروشیمی داخلی و خارجی $۳۱/۱۳ \pm ۲۲۴/۸۹$ درجه سانتی‌گراد و گرانول‌های بازیافتی $۳۱/۱۳ \pm ۲۷۴/۸۹$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نتایج حاصل از تکمیل پرسش‌نامه تنفسی CAT، توسط کارکنان برای اعلام شکایت تنفسی در اثر مواجهه با گرد و غبار و بخارات گرانول اکریلونیتریل بوتادین استاتین به صورت تحلیلی در نمودار شماره ۱ بیان شده است.

نتایج اسپیرومتری کارکنان کلدوال در جدول شماره ۱ بیان گردید ($P < ۰/۰۵$) که بطور واضح نشان می‌دهد کارکنان طبقه اول کلدوال در دو شاخص FEV1 ($P = ۰/۰۰۲$) و FVC ($P = ۰/۰۱۷$) دارای افت معنی‌داری شده‌اند. همچنین کارکنان طبقه دوم کلدوال در هر سه شاخص FEV1 ($P = ۰/۰۳۴$)، FVC ($P = ۰/۰۰۳$) و FEV1/FVC ($P = ۰/۰۴۹$) افت معنی‌داری دارند.

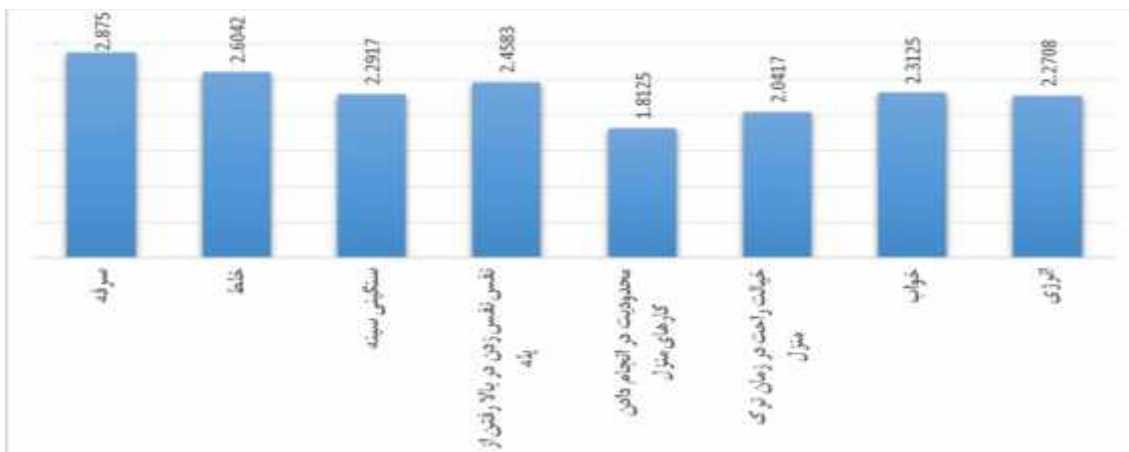
میانگین سن کارکنان طبقه اول کلدوال $۳۷/۵ \pm ۴$ ، طبقه دوم $۳۱/۲۵ \pm ۵/۸$ و میانگین قد کارکنان طبقه اول $۱۸۲ \pm ۴/۹$ و دوم $۱۷۱/۶ \pm ۷/۰۴$ بود. علت در نظر گرفتن عوامل سن و قد، اثر زیاد این مقادیر روی ظرفیت‌های تنفسی است.^(۳۶) تعداد ۲۶ نمونه (۱۳ نمونه در کف سالن تولید و ۱۳ نمونه در ارتفاع کاری) برای اندازه‌گیری غلظت ذرات ۰/۳ و ۲/۵ میکرون در نظر گرفته شد. برای این که مواجهه فردی با گرد و غبار محاسبه گردد صرفاً از محدوده کاری کارکنان، اندازه‌گیری انجام گردید (جدول شماره ۲).

ذرات معلق را در گروه ۱ سرطان‌زا روی انسان تقسیم‌بندی نموده‌اند.^(۳۲) در این مطالعه ذرات با قطر آئرودینامیکی ۰/۱ تا ۲/۵ میکرون که تحت عنوان ($PM_{2.5}$) شناخته می‌شوند بررسی شدند. عمده ذرات رسوب شده در آلئول‌ها یا ذراتی که از جداره ریه عبور کرده و وارد جریان خون می‌شوند کوچک‌تر از ۲/۵ میکرون هستند. اثر این آلاینده‌ها بر انسان؛ افزایش مرگ و میر، افزایش بیماری تنفسی، افزایش سرطان معده و عفونت دستگاه تحتانی می‌باشد.^(۳۳،۳۴)

در این مطالعه، غلظت ذرات هوابرد با استفاده از دستگاه شمارش قرائت مستقیم ذرات (Micro Dust Pro) به‌طور همزمان در ایستگاه‌های کاری در سطح زمین و در ارتفاع ۸ متری برای ارزیابی گرد و غبار کل و استنشاقی توسط هولدرهای اختصاصی با محدوده اندازه‌گیری ۰/۰۱ تا ۲۵۰۰ میلی‌گرم بر متر مکعب و با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر متر مکعب اندازه‌گیری گردید.

به منظور ارزیابی مواجهه فردی، ابتدا کار بررسی سپس کارها به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم و بعد از محاسبه زمان لازم برای اجرای هر بخش اقدام به ارزیابی مواجهه گردید. با در اختیار داشتن تعداد قطعه تولید شده در یک شیفت کاری، طول دوره زمانی اجرای هر یک از بخش‌ها و میزان مواجهه هر بخش، شاخص مواجهه وزنی-زمانی (Time Weight Average, TWA) در یک شیفت تعیین گردید. تعداد ذرات ۰/۳ و ۲/۵ میکرون (برحسب تعداد در لیتر هوا) با دستگاه قرائت مستقیم شمارش ذرات (Dust Counter) (ساخت شرکت China Way) اندازه‌گیری شد. تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. ابتدا آزمون نرمالیت، کولموگروف-اسمیرنوف ($P > ۰/۰۵$) انجام شد تا از توزیع نرمال داده‌ها اطمینان حاصل گردد. از آزمون تی زوجی برای تحلیل داده‌هایی که تعداد نمونه یکسان و آزمون تی مستقل برای تحلیل داده‌هایی که

نمودار ۱- توزیع فراوانی علایم تنفسی مورد شکایت کارکنان ترموفرمینگ و کلدوال در مواجهه با گرد و غبار اکریلونیتریل بوتادین استایرن



جدول ۱- مقایسه ظرفیت‌های تنفسی کارکنان طبقه اول و دوم کلدوال

متغیر	طبقه اول کلدوال		طبقه دوم کلدوال		واحد
	قبل	بعد	قبل	بعد	
FEV1	۴/۱۸±۰/۴۹	۳/۷۹±۰/۵۳	۳/۶۲±۰/۵۴	۳/۶۲±۰/۵۴	
همبستگی	۰/۸۴۵		۰/۸۷۱		
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۲*		۰/۰۳۴*		
FVC	۵/۱۲±۰/۷۵	۴/۸۴±۰/۵۲	۴/۶۸±۰/۶۳	۴/۴۲±۰/۵۴	
همبستگی	۰/۹۴۱		۰/۹		
سطح معنی‌داری	۰/۰۱۷*		۰/۰۳*		
FEV1/FVC	۸۱/۶۵±۵/۱۶	۷۸/۲۱±۶/۷۴	۸۳/۲۶±۷/۹۵	۸۰/۳۰±۶/۵۰	
همبستگی	-۰/۳۴۲		-۰/۹۰۱		
سطح معنی‌داری	-۰/۱۵۲		-۰/۰۴۹*		

FEV1: Forced expiratory volume in one second
 FVC: Forced Vital Capacity
 FEV1/FVC: Forced expiratory volume in one second/ Forced Vital Capacity

حداکثر حجم بازدمی با فشار در ثانیه اول
 ظرفیت حیاتی با فشار
 حداکثر حجم بازدمی با فشار در ثانیه اول / ظرفیت حیاتی با فشار

جدول ۲- مقایسه نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های ذره‌ای در کف و ارتفاع

نام ایستگاه	غلظت (میلی‌گرم بر متر مکعب)	تعداد ذرات ۰/۳ (تعداد در لیتر هوا)	تعداد ذرات ۲/۵ (تعداد در لیتر هوا)	زمان
محیطی سالن ترموفرمینگ	TPM = ۰/۲۳	۱۹۳۵۰۰±۴۵۳۳۹/۵	۹۷۱/۸۵±۲۳۷/۳۷	صبح
بالای دستگاه ترموفرمینگ، ارتفاع ۸ متری	TPM = ۰/۵۸۴	۲۴۲۱۲۰±۸۴۰۹۷/۹	۱۲۹۳/۷±۲۳۴/۵۴	صبح
محیطی سالن کلدوال	RPM = ۰/۲	۱۴۹۴۷۰±۲۴۸۶۴/۵	۷۹۳/۴۶±۴۳/۹۱	صبح
واحد ترموفرمینگ در ارتفاع ۸ متری	RPM = ۰/۴۴۸	۲۴۱۴۸۵±۸۴۲۵۳/۲	۲۱۲/۴۹±۱۳۶۸/۵	صبح
طبقه دوم واحد کلدوال در ارتفاع ۸ متری	TPM = ۰/۴۸	۱۷۸۹۱۰±۲۷۶۵۶/۵	۸۶۵/۴۶±۳۷/۵۹	قبل از ظهر
واحد ترموفرمینگ در ارتفاع ۸ متری	TPM = ۱/۰۴۲	۲۶۳۴۲۱±۸۶۱۵۶/۲	۲۵۳/۲۴±۱۳۹۵/۱	بعد از ظهر
طبقه دوم واحد کلدوال در ارتفاع ۸ متری	TPM = ۰/۵۴۸	۱۸۱۲۰۰±۲۷۸۱۲/۳	۸۷۲/۲۷±۴۰/۳۱	بعد از ظهر
بیرون سالن	TPM = ۰/۰۸۸	۸۶۷۴۲±۱۲۵/۷	۴۵۷±۲۵/۷	بعد از ظهر

TPM: Thoracic Particle Mass
 RPM: Respiratory Particle Mass

گرد و غبار سینه‌ای
 ذرات قابل استنشاق

* بحث و نتیجه گیری:

طبق فراوانی داده‌های پرسش‌نامه؛ سرفه و خلط، بیش‌ترین علایم تنفسی مورد شکایت کارکنان ترموفرمینگ و کلدوال می‌باشد. طبق استاندارد سازمان جهانی بیماری‌های انسداد ریوی (Global Initiative for Chronic Lung Disease, GOLD) نمرات پرسش‌نامه، ۶/۲۵ درصد خفیف، ۵۶/۲۵ درصد متوسط، ۲۹/۱۷ درصد شدید و ۸/۳۳ درصد بیماری تنفسی خیلی شدید را نشان می‌دهد. نتیجه فوق با نتیجه مطالعه سیگاری و غفوری (۱۳۹۲) که بیان‌گر رابطه مستقیم بین نمرات پرسش‌نامه و شدت بیماری تنفسی (به‌علت انسداد راه‌های هوایی) است، تطابق دارد. (۳۴)

علت افزایش غلظت ذرات در ارتفاع ۸ متری اینست که دستگاه‌های تزریق پلاستیک، اکسترودر و ترموفرمینگ تقریباً در تمام سطح سالن تولید گسترده شده و در طول فرایند تولید، انتشار ناگهانی گاز و بخار مشاهده می‌شود که بر اثر نیروی شناوری از حرکت رو به بالا بر روی منبع تولیدی برخوردار است. در چند سانتی‌متر اولیه از محل انتشار، توده آلودگی کاملاً شفاف مشاهده می‌شود که با افزایش فاصله از منبع آلودگی و متراکم شدن گازها و بخارات که ناشی از فشار بخار پایین اکریلونیتریل بوتادین استاین است، ذرات ثانویه در محدوده سایزی ذرات استنشاقی ایجاد می‌شود. دمای منابع سبب کاهش دانسیته هوا و بر اثر نیروی شناوری حاصل از اختلاف در دانسیته هوا و ایجاد نیروی رو به بالا (شناوری) از سوی هوای محیطی که از دانسیته بالاتری برخوردار است می‌شود. (۳۵) طی این فرایند هوای داغ به سمت سقف صعود کرده و هوای سرد از نزدیکی کف سالن جایگزین می‌شود، بنابراین غلظت آلودگی در منطقه تنفسی کارگران شاغل در سطح سالن تولید کم و با افزایش ارتفاع و افزایش دما از بزرگی نیروی بویانسی و در نتیجه از سرعت حرکت عمودی جریان هوا کاسته و بر غلظت آلودگی در ارتفاع کاری افزوده شده است.

در زمان اندازه‌گیری، متوسط دمای سالن ۲۴، محوطه

شرکت ۲۰ و ارتفاع ۸ متری، ۳۲ درجه سانتی‌گراد بود. (افزایش ارتفاع، سبب افزایش دما و افزایش تعداد ذرات ۰/۳ و ۲/۵ میکرون بود). استاندارد غلظت ذرات، ۳ میلی‌گرم بر متر مکعب می‌باشد، در حالی که حداکثر غلظت اندازه‌گیری شده ۱/۰۴۲ بود، بنابراین طبق توصیه آژانس بین‌المللی تحقیقات درباره سرطان (IARC) اگر غلظت به نصف استاندارد (۱/۵ میلی‌گرم بر متر مکعب) برسد، می‌بایست اقدامات اصلاحی صورت گیرد. (۳۷) بنابر متون علمی منتشر شده در ایران، کاهش مقادیر FEV1 و FEV1/FVC می‌تواند نشان‌گر یک روند بیماری انسدادی و کاهش مقادیر FEV1 و ثابت بودن نسبت شاخص فوق به FVC می‌تواند نشان‌گر یک روند بیماری محدودکننده ریوی باشد. (۳۸)

کارکنان شاغل در سکوی کاری ۸ متری در بالای تزریق پلاستیک، با میانگین سنی ۳۱/۲۵±۵/۸ سال و سابقه کاری ۳/۶۲±۲/۰۶ سال طی ۱۸ ماه کار در ایستگاه کاری جدید در هر سه شاخص اسپیرومتری دچار افت معنی‌داری شدند ($P < 0.05$) که می‌تواند نشان‌گر علایم ابتدایی ایجاد بیماری انسدادی ریوی در آن‌ها باشد، که می‌توان علت را به تعداد ذرات ۰/۳ و ۲/۵ میکرون در هوای محیط کار مرتبط دانست. کارکنان شاغل، طبقه اول کلدوال با میانگین سنی ۳۷/۵±۴ سال و سابقه کاری ۱۵/۷±۲/۷۱ در شاخص‌های FEV1 و FVC دچار افت معنی‌داری شده‌اند ($P < 0.05$) که می‌تواند نشان‌گر روند محدودکننده ریوی باشد. پیشنهاد می‌شود کارکنان شاغل در ارتفاع همانند قبل به روی زمین بازگردند تا از مواجهه با ذرات اکریلونیتریل بوتادین استاین و تنش‌های حرارتی مصون باشند.

افت معنی‌دار سه شاخص اندازه‌گیری شده کارکنان ترموفرمینگ با میانگین سنی ۳۸±۵/۷ سال و با سابقه کاری ۱۳/۴±۵/۳ مؤید این است که بیماری‌های ناشی از کار مزمن بوده و در مدت زمان طولانی ایجاد می‌شود. مواجهه با ذرات و گرد و غبار مواد در ریه‌ها به‌صورت

تجمعی بوده و در آزمایش اسپرومتری نشان داده شده و لازمست با توجه به رعایت اصول مدیریتی در انجام کار، و احتمال ایجاد آسیب جسمانی و ایجاد بیماری، افراد شاغل به صورت متناوب و گردشی در مشاغل فوق مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به میزان دی اکسید کربن در محوطه شرکت (۳۵۰ پی پی ام)، در کف سالن (۴۴۰/۹۵±۷۵/۸۵ پی پی ام) و در ارتفاع ۸ متری (۵۳۳/۸±۱۸۰/۹ پی پی ام) می توان گفت سیستم تهویه مناسب نبوده و باید اصلاح شود.

طبق نتایج مطالعه حاضر، متوسط دمای ذوب گرانول های شرکتی ۲۲۴/۸۹±۳۱/۱۳ درجه سانتی گراد و برای گرانول های بازیافتی ۲۷۴/۸۹±۳۱/۱۳ درجه سانتی گراد بود که با نتیجه مطالعه لی و همکاران (۲۰۱۳) که مرد ۴۷ ساله ای در اثر مواجهه تنفسی با مواد مضر متصاعد شده از اکریلونیتریل بوتادین استایرن (در دمای ۲۴۰ تا ۲۶۰ درجه سانتی گراد) در طول فرایند تزریق پلاستیک دچار کاهش ظرفیت های تنفسی و ایجاد آسم شغلی گردید،^(۸) تطابق دارد. بنابراین باید از ایجاد سکوی کاری در بالای منابع داغ جداً خودداری گردد. طبق قوانین وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی ساعت کاری در روز ۷/۳۳ و در هفته ۴۴ ساعت می باشد، این در حالی است که در بازه زمانی انجام این تحقیق، ساعت کاری کارکنان کلدوال از ۸ صبح الی ۱۷ بوده و ۲ ساعت اضافه کار نیز به صورت روزانه در نظر گرفته شده بود. پس هر فرد روزانه ۱۱ و در هفته ۵۵ ساعت کار انجام داده و طبق دفترچه حدود مجاز مواجهه شغلی ایران، مبنای مواجهه افراد با ذرات آلاینده روزانه ۸ و هفته ای ۴۰ ساعت می باشد و طبق مدل بریف و اسکالا، باید به این واقعیت اشاره شود که در هر روز کاری ۱۲ ساعته، مواجهه با یک عامل شیمیایی ۵۰ درصد بیش از یک شیفت کاری ۸ ساعته در شرایط مشابه می باشد و دوره بازتوانی و سم زدایی بدن نسبت به آن عامل ۲۵ درصد کمتر از یک شیفت کاری ۸ ساعته است، بنابراین احتمال اثر ذرات و گرد و غبار اکریلونیتریل بوتادین استایرن روی کاهش

ظرفیت های تنفسی کارکنان را می توان تأیید نمود.^(۳۷) سه شاخص اندازه گیری شده برای کارکنان اداری با میانگین سنی ۳۸/۹±۹/۲ سال و سابقه کاری ۱۴±۶، روند صعودی را نشان می دهد که می تواند به نوع کار و عدم مواجهه با آلاینده های خط تولید مربوط باشد.

پیشنهاد می شود در آزمایش اسپرومتری از اسپری سالیوتامول استفاده شود تا تشخیص احتمال ایجاد آسم شغلی بر روی کارکنان با درصد بالاتری مشخص گردد. در مطالعات آتی نیز گرانول اکریلونیتریل بوتادین استایرن تولید داخل مورد آنالیز حرارتی قرار گیرد و مواد متصاعد شده در دماهای مختلف شناسایی و از کارکنان دارای مواجهه در انتهای شیفت کاری نمونه خون گرفته تا میزان استایرن نمونه با استانداردهای موجود مقایسه شود.^(۳۷،۳۹) اندازه گیری مارکر سیستمیک، پروتئین حاد بیماری که بیان گر انسداد ریوی است نیز توصیه می گردد.^(۱۴،۱۳)

*سپاس گزاری:

بدین وسیله از مدیریت و کارکنان محترم شرکت، اساتید و اعضای محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب که در انجام مطالعه یار و یاور ما بودند، کمال تشکر را دارم.

*مراجع:

1. Ansari HA, The association the industries of household appliances of Iran. Peik shoura 2010; 271(11): 11-12.
2. Alaie J, Khoshniat AR, Rahmatpour A, Khanbabaie G. Study of physical, mechanical, combustion attribution of ABS/PVC alloy. Pazhuhesh Naft 2008; 18(57): 52-61. [In Persian]
3. Griffey J. Types of plastics, library technology reports. 2014; 50(5): 13-15. jasongriffey.net/docs/3D_Printers_for_Librarians.
4. Petrochemical industrial national company, 2005, 7225. (01): 1-6. <http://www.ptec-ir.com/>

uploads/ABS_1069.pdf

5. Thermal decomposition measurement of ABS resin I - analysis by Quasi-Isothermal TG and TG/FT-IR measurements. Available at: <http://www.hitachi-hitec-science.com>,

Updated in: 1995.

6. Cheng SF, Chen ML, Hung CP, Chen CJ, Mao IF. Olfactory loss in poly (acrylonitrile-butadiene-styrene) plastic injection-moulding workers. *Occup Med (Lond)* 2004; 54(7): 469-74. doi: 10.1093/occmed/kqh101.

7. Duh YS, Ho TC, Chen JR, Kao CS. Study on exothermic of Acrylonitrile – Butadiene – Styrene (ABS) resin powder with application to ABS processing safety. *Polymers* 2010; 2(3): 174-87. doi: 10.3390/polym2030174.

8. Lee JS, Kwak HS, Choi BS, Park SY. A case of occupational asthma in a plastic injection process worker. *Ann Occup Environ Med* 2013; 25(1): 25. doi: 10.1186/2052-4374-25-25.

9. Longo DL, Fauci AS, Kasper DL, Hauser SL, Jameson JL, Loscalzo J. *Harrisons principles of internal medicine*. 18th ed. USA: Mc Grow Hill; 2013. 2151.

10. Yin P, Zhang M, Li Y, Jiang Y, Zhao W. Prevalence of COPD and its association with socioeconomic status in China: findings from China Chronic Disease Risk Factor Surveillance 2007. *BMC Public Health* 2011; 11: 586. doi: 10.1186/1471-2458-11-586.

11. Halbert RJ, Natoli JL, Gona A, Badamgarav E, Buist AS, Mannino DM. Global burden of COPD: systematic review and meta-analysis. *Eur Respir J* 2006; 28(3): 523-32. doi: 10.1183/09031936.06.00124605.

12. Tayyari F, Smith JL. *Occupational ergonomics: principles and applications*. 1st ed London: Chapman & Hall; 1997. 25-100.

13. de Torres JP, Cordoba-Lanus E, Lopez-Aguilar C, Muros de Fuentes M, Montejo de

Garcini A, Aguirre-Jaime A, et al. C-reactive protein levels and clinically important predictive outcomes in stable COPD patients. *Eur Respir J* 2006; 27(5): 902-7. doi: 10.1183/09031936.06.00109605.

14. Pinto-Plata VM, Mullerova H, Toso JF, Feudjo-Tepie M, Soriano JB, Vessey RS, Celli BR. C-reactive protein in patients with COPD, control smokers and non-smokers. *Thorax* 2006; 61(1): 23-8. doi: 10.1136/thx.2005.042200.

15. Rutkowski JV, Levin BC. Acrylonitrile Butadiene Styrene Copolymers (ABS): pyrolysis and combustion products and their toxicity – a review of the literature. *Fire and Material* 1986; 10: 93-105. doi: 10.1002/farm.810100/303.

16. Anttinen- Klemetti T, Vaaranrinta R, Mutanen P, and Peltonen K, Peltonen K. Inhalation exposure to 1, 3-butadiene and styrene in styrene – butadiene copolymer production. *Int J Hyg Environ Health* 2006; 209(2): 151-8. doi: 10.1016/j.ijheh.2005.09.006

17. Yungh CH, Zhiangh HM, Mao SD. Exposure inhalation of Acrylonitrilbutabien Styrene (ABS). *Pubmed*, 2010, 7236007.

18. Bedwani R, el-Khwsky F, Renganathan E, Braga C, Abu Seif HH, Abul Azm T, et al. Epidemiology of bladder cancer in Alexandria, Egypt: tobacco smoking. *Int J Cancer* 1997; 73(1): 64-7.

19. Onder M, Oztas M, Arnavut O. Narghile (hubblebubble) smoking-induced hand eczema. *Int J Dermatol* 2002; 41(11): 771-2. doi: 10.1046/j.1365-4362.2002.01533.x.

20. Buist AS, Connett JE, Miller RD, Kanner RE, Owens GR, Voelker HT. Chronic obstructive pulmonary disease early intervention trial (Lung Health Study): baseline characteristics of randomized

- subjects. *Chest* 1993; 103(6): 1863-72.
21. Xu X, Li B. Exposure-response relationship between passive smoking and adult pulmonary function. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151(1): 41-6. doi: 10.1164/ajrccm.151.1.7812570.
22. Jones PW, Tabberer M, Chen WH. Creating Scenarios of the impact of COPD and their relationship to COPD Assessment Test Scores. *BMC Pulm Med* 2011; 11: 42. doi: 10.1186/1471-2466-11-42.
23. Al-Moamary MS, Al-Hajjaj MS, Tamim HM, Al-Ghobain MO, Al-Qahtani HA, Al-Kassimi FA. The reliability of an Arabian translation of COPD assessment test. *Saudi Med J* 2011; 32(10): 1028-33.
24. Sigari N, Ghafari B. Reliability Persian version of the evaluation of chronic obstructive pulmonary disease COPD assessment test (CAT) and its correlation with disease severity. *J Kurdistan Univ Med Sci* 2013; 18(4): 59-65. [In Persian]
25. Fadaei A, Sohrabpour H, Taherkhanchi B, Bagheri B. Association between COPD Assessment Test (CAT) and disease severity based on reduction of respiratory volumes in chemical warfare victims. *Tanaffos* 2011; 10(4): 38-42. [In Persian]
26. Wagner J, Irvin CG. Office spirometry: equipment selection and training of staff in the private practice setting. *J Asthma* 1997; 34(2): 93-104.
27. Subbarao P, Lebecque P, Corey M, Coates AL. Comparison of spirometric reference values. *Pediatric Pulmonol* 2004; 37(6): 515-22. doi: 10.1002/ppul.20015.
28. Tsiligianni I, Kocks J, Tzanakis N, Siafakas N, van der Molen T. Factors that influence disease-specific quality of life or health status in patients with COPD: a review and meta-analysis of Pearson correlations. *Prim Care Respir J* 2011; 20(3): 257-68. doi: 10.4104/pcrj.2011.00029.
29. Karkhanis VS, Joshi JM. Spirometry in chronic obstructive lung disease (COPD). *J Assoc Physicians India* 2012; 60 Suppl: 22-6.
30. Hyatt RE, Scanlon PD, Nakamura M. Interpretation of pulmonary function tests. 4th ed. Rochester Lippincott Williams & Wilkins; 2014. 1-130.
31. Balmes JR, Scannell CH. Occupational lung disease. In: Ladou J. Occupational & environmental medicine. 4th ed. London (UK): Appleton & Lange; 2007. 310-33.
32. Loomis D, Grosse Y, Lauby-Secretan B, El Ghissassi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, et al. The carcinogenicity of outdoor air pollution. *Lancet Oncol* 2013; 14(13): 1262-3.
33. Zallaghi E, Goudarzi G, Nourzadeh Haddad M, Moosavian SM, Mohammadi MJ. Assessing the effects of nitrogen dioxide in urban air on health of west and southwest cities of Iran. *J Jundishapur Health Sci* 2014; 6(4): e23469. doi: 10.5812/jjhs.23469.
34. Zallaghi E, Goudarzi G, Geravandi S, Mohammadi MJ, Vosoughi Niri M, Vesyi E, et al. Estimating the prevalence of cardiovascular and respiratory diseases due to particulate air pollutants in Tabriz air. *J Ilam Univ Med Sci* 2014; 22(1): 84-91 [In Persian].
35. Arakeri JH, Dharuman C. Fluid statics and Archimedes. *Reson* 2006; 11(10): 28-39. doi: 10.1007/BF02835673.
36. Lin F, Parthasarathy S, Taylor SJ, Pucci D, Hendrix RW, Makhsous M. Effect of different sitting postures on lung capacity, expiratory flow and lumbar lordosis. *Arch Phys Med Rehabil* 2006; 87(4): 504-9. doi: 10.1016/j.apmr.2005.11.031.
37. Ministry of Health and Medical Education IRAN, Occupational Exposure limit (OEL), 4th ed. hamedan, daneshjo publication, 2016;

1-255.

38. Hyatt R, Scanlon PD, Nakamura M. Interpretation of pulmonary function tests (a practical guide). Darabi ME, Mir eskandari SM. 2nd ed. Tehran: Arjomand; 2013. 13-21.

39. Threshold Limit Values (TLV) and Biological Exposure Index (BEI), American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH, Cincinnati; 2011.