

## ارزیابی مواجهه تنفسی کارگران با ذرات معلق در یک صنعت کاشی و سرامیک: مطالعه موردی

محمد عظیمی<sup>۱</sup>، یاسین منصوری<sup>۱</sup>، ویدار ضایی هاچه‌سوا<sup>۱</sup>، فاطمه امینیایی<sup>۱</sup>، حمیده میهن پورا<sup>۱</sup>،

محمد جواد زارع سخویدی<sup>۲\*</sup>

### چکیده

**مقدمه:** استنشاق ذرات معلق یکی از مهم‌ترین عوامل خطر بیماری‌های قلبی عروقی، تنفسی و ... می‌باشد. با افزایش تعداد واحدهای تولید کاشی و سرامیک در دو دهه اخیر، شاغلین این صنایع در معرض استنشاق ذرات آلاینده بیماری‌زا هستند. این مطالعه با هدف ارزیابی مواجهه تنفسی کارگران با ذرات معلق در یک کارخانه کاشی و سرامیک انجام شد.

**روش بررسی:** در مطالعه مشاهده‌ای حاضر نمونه‌برداری از ناحیه تنفسی ۹۳ کارگر یک صنعت کاشی برای دو دامنه ذرات قابل تنفس و قابل استنشاق انجام پذیرفت. نمونه‌برداری از ذرات قابل تنفس بر اساس متد NIOSH-۰۵۰۰ و ذرات قابل استنشاق بر اساس متد NIOSH-۰۶۰۰ انجام شد. به منظور آنالیز داده‌ها از نرم افزار SPSS۲۲ استفاده شد.

**نتایج:** ۹۲/۴۷ درصد از کارگران با غلظت کمتر از حد مجاز مواجهه با ذرات قابل استنشاق و ۳۹/۸ درصد کارگران با مقادیر بیشتر از حد مجاز مواجهه با ذرات قابل تنفس مواجهه داشتند. حداکثر غلظت ذرات قابل استنشاق  $13/04 \text{ mg/m}^3$  و ذرات قابل تنفس  $1/74 \text{ mg/m}^3$  در واحد سنگ شکن و کمترین غلظت ذرات قابل استنشاق  $0/41 \text{ mg/m}^3$  و ذرات قابل تنفس  $1/74 \text{ mg/m}^3$  در بین کارگران خط لعاب مشاهده گردید.

**نتیجه‌گیری:** از آنجا که در بعضی از واحدها، کارگران در معرض ذرات قابل استنشاق و به ویژه ذرات قابل تنفس چندین برابر بالاتر از حدود مجاز می‌باشند، اقدامات کنترلی مناسب برای پیشگیری از عوارض احتمالی باید مورد توجه قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** نمونه برداری، ذرات قابل استنشاق، ذرات قابل تنفس، کارگران، صنعت کاشی و سرامیک

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد  
۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد  
\* نویسنده مسئول: دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد  
تلفن: ۰۹۱۲۴۴۸۱۰۱۳، ایمیل: mjzs63@gmail.com  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۶/۲۲  
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۹

## مقدمه

سالانه ۳ میلیون نفر در اثر مواجهه با آلاینده های هوا جان خود را از دست می دهند که ۹۰ درصد آنها در کشورهای توسعه یافته زندگی می کنند. با این وجود هنوز تماس انسان با این آلاینده ها در محیط های مسکونی و شغلی وجود دارد و وضعیت کیفیت هوا در داخل ساختمان ها و محیط بیرون روز به روز وخیم تر می شود (۱). مطالعات متعدد اپیدمیولوژیک ارتباط بین مواجهه با ذرات معلق و بروز عوارض حاد و مزمن تنفسی، سرطان ریه و بیماری های قلبی عروقی را نشان داده اند (۲). طبق نتایج بدست آمده از مطالعات انجام شده، اثرات بهداشتی ذرات معلق به میزان بسیار زیادی به اندازه آنها بستگی دارد. در بسیاری از مطالعات ارتباط معناداری بین مواجهه با ذرات معلق و میزان مرگ و میر مشاهده شده است. (۳-۸). ذرات معلق کلی (Total suspended particle) دامنه وسیعی از اندازه شامل ذرات ریز، درشت و بسیار درشت را در بر می گیرد (۹). اندازه این ذرات ممکن است به ۳۰۰-۴۰۰ میکرون نیز برسد اما معمولاً ذراتی که اندازه آنها از ۲۰-۳۰ میکرون بیشتر است معلق نمی مانند (۹). ذرات قابل تنفس (Inhalable dust) (با قطر کمتر از ۱۰۰ میکرون) در نواحی تنفسی فوقانی و ذرات قابل استنشاق (Respirable dust) (معمولاً با قطر کمتر از ۵ میکرومتر) (۱۰) تا نواحی تبادل گازی در ریه (آلوئول های ریوی) می توانند نفوذ نمایند (۹). مواجهه با غلظت بالای ذرات معلق به عنوان ریسک فاکتور بالقوه بیماری های مزمن ریوی در محیط های شغلی و به ویژه صنایع معدنی بسیار شایع است (۱۱-۱۳). نتایج مطالعات انجام شده بر روی افراد در معرض ذرات گرد و غبار مانند کارگران ساختمان، ارتباط معنی داری را بین مواجهات تنفسی با ذرات هوا برد و کاهش کارایی ریه و تشدید بیماری انسداد ریوی نشان داده اند (۱۲). هر چند شدت مواجهه در مشاغل مختلف به نوع وظایف، فرآیندهای مورد استفاده در تولید و ماشین آلات مورد استفاده بستگی دارد. به دلیل مواجهه با سطوح بالای گرد و غبار در مشاغل و محیط های گوناگون، ارزیابی سطوح مواجهه افراد با ذرات آلاینده معلق مطالعات بسیاری از محققین را به خود معطوف کرده است (۱۴). در طول دو دهه اخیر صنعت کاشی و سرامیک رشد چشمگیری در ایران داشته است و بالطبع افراد زیادی در این صنایع مشغول بکار شده اند که بعلاوه استنشاق ذرات گرد و غبار، مستعد ابتلا به بیماری های تنفسی هستند (۱۵، ۱۶). مطالعات متعددی میزان شیوع علائم تنفسی ناشی از آلاینده های هوا برد در کارگران صنایع کاشی و سرامیک را گزارش کرده اند (۱۲، ۱۶، ۱۷). پروسه اصلی تولید کاشی و سرامیک شامل واحدهای سنگ شکن، اسپری، بالمیل، پرس، کوره پخت، خط لعاب، بسته بندی و واحد های اداری می باشد (۱۲، ۱۵، ۱۶). خاک رس، سیلیس، کائولین، میکا، فلدسپات، بنتونیت، منیزیم کربنات، کلسیم کربنات، متاسیلیکات سدیم، سیلیکات زیر کونیوم، تترافنیل فسفونیوم (TPP)، فریت، اکسید روی و آلومینیوم اکسید

از جمله مواد مورد مصرف در تولید کاشی و سرامیک هستند (۱۵). (۱۸). بنابراین مواجهه با عوامل ایجاد پنوموکونیوزیس مانند ذرات سیلیس کریستالی، میکا، تالک، کائولین و کوارتز در کارگران این صنایع می تواند به بیماری فیروز ریوی پیش رونده منجر گردد (۱۱، ۱۵، ۱۸). علاوه بر سیلیکوزیس مواجهه طولانی مدت با سیلیس و سایر ذرات گرد و غبار در صنایع کاشی و سرامیک می تواند زمینه ساز ایجاد و پیشرفت سرطان ریه، بیماری انسداد ریوی مزمن (COPD)، برونشیت مزمن و اختلالات تنفسی در کارگران این صنایع گردد (۱۶، ۱۸-۲۱). با توجه به مطالب گفته شده فوق بدلیل بالا بودن ریسک بروز اثرات غیر قابل برگشت برای سلامتی کارگران این صنعت، لازم است مطالعات علمی به ارزیابی میزان و عوارض مواجهه با ذرات معلق در این صنایع بپردازند. این مطالعه با هدف ارزیابی مواجهه تنفسی کارگران با ذرات معلق در یک واحد تولید کاشی و سرامیک و مقایسه آن با حدود مجاز مواجهه شغلی مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی ایران انجام شد.

## مواد و روش ها

در مطالعه مشاهده ای حاضر، از ۵۶۰ نفر شاغل در یک صنعت کاشی، ۹۳ نفر با حداقل یک سال سابقه کار در صنعت کاشی و سرامیک به روش تصادفی ساده و با رعایت نسبت شاغلین هر بخش به جمعیت کل از ده واحد شغلی، انتخاب و از نظر میزان مواجهه با ذرات گرد و غبار مورد بررسی قرار گرفتند. بر این اساس، برای واحد سنگ شکن ۹ نمونه، بالمیل ۱۳، خط لعاب ۳، فریت سازی ۸، مکانیک ۱۰، پرس ۷، برق ۳، بسته بندی ۳۰، سرپرستان واحدها ۶ و رانندگان لیفتراک ۴ نمونه تعیین گردید. پس از هماهنگی با مسئولین صنعت مورد نظر و اخذ رضایت آگاهانه از کارگران، نمونه برداری از هوای منطقه تنفسی هر یک از کارگران (نیم کره ای به قطر تقریبی ۳۰ سانتی متر در اطراف دهان و بینی کارگر (۱۰))، برای دو دامنه قابل استنشاق و قابل تنفس به صورت مجزا انجام گرفت. ذرات قابل تنفس ذراتی هستند که از طریق دهان و بینی فرد وارد سیستم تنفسی شده و در مجاری تنفسی فوقانی ته نشین می شوند. نمونه برداری از ذرات قابل تنفس بر اساس متد NIOSH-۰۵۰۰ (۲۲) با یک فیلتر PVC با قطر ۳۷ میلی متر و پورسایز ۵ میکرون بر روی فیلتر هولدر IOM و پمپ نمونه برداری فردی SKC با دبی ۲ لیتر بر دقیقه انجام گرفت. ذرات قابل استنشاق کسری از ذرات معلق هستند که قادر به نفوذ با ناحیه تبادل گازی (آلوئول) هستند. نمونه برداری از ذرات قابل استنشاق بر اساس متد NIOSH-۰۶۰۰ (۲۳) با فیلتر PVC با قطر ۲۵ میلی متر و پورسایز ۵ میکرون بر روی سیکلون آلومینیومی (SKC Aluminum Cyclone) و پمپ نمونه برداری فردی SKC با دبی ۱/۷ لیتر بر دقیقه انجام شد. پمپ مورد استفاده برای هر دبی، با استفاده از فلومتر حباب صابون کالیبره شده بود. تمامی توزین ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی AND مدل

(min)

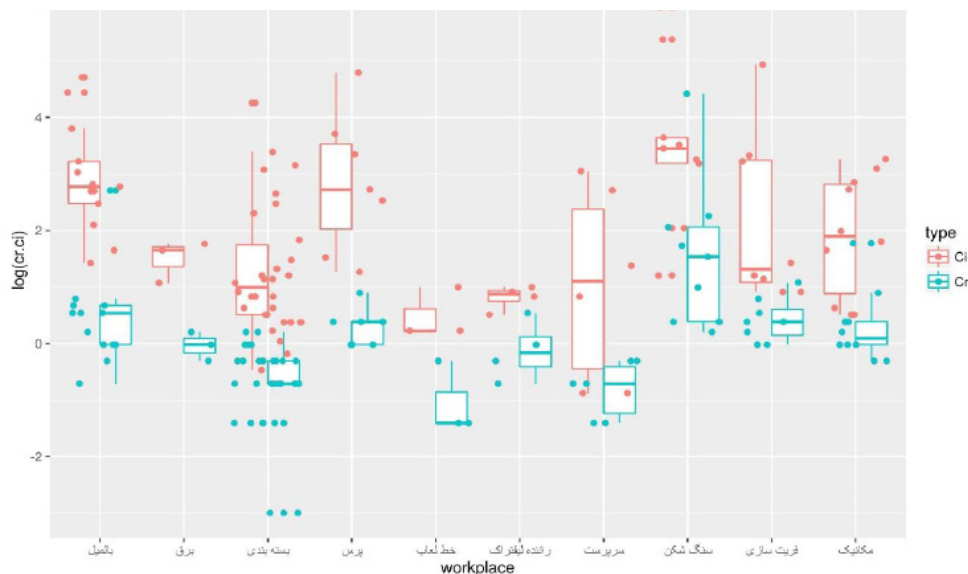
## نتایج

در این پژوهش همه افراد مورد مطالعه، مرد و میانگین و انحراف معیار سن و سابقه کار آنها به ترتیب  $4/77 \pm 29/46$  و  $1/66 \pm 4/05$  سال بود. در این مطالعه، برای بررسی میزان مواجهه افراد در دو دامنه ذرات قابل استنشاق و ذرات قابل تنفس، نمونه برداری ۴ ساعته از هوای منطقه تنفسی ۱۰۰ کارگر شاغل در ایستگاه‌های مختلف کاری در ۱۰ واحد مختلف کارخانه کاشی و سرامیک شامل بالمیل، سنگ شکن، خط لعاب، بسته بندی، مکانیک، فریت سازی، برق، پرس، رانندگان لیفتراک و سرپرستی واحدها انجام شد. پس از وزن سنجی، ۹۳ نمونه قابل قبول بودند. پس از اتمام نمونه برداری و جمع آوری داده‌ها، ابتدا داده‌ها وارد نرم افزار SPSS شده و با استفاده از آمار توصیفی، میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر میزان مواجهه در هر یک از واحدها تعیین گردید. کارگران شاغل در بخش‌های سنگ شکن ( $84/88$ )، پرس ( $32/14$ ) و بالمیل ( $29/02$ ) به ترتیب بیشترین میزان مواجهه با ذرات قابل تنفس را داشتند (شکل ۱). بررسی نرمال بودن دو متغیر غلظت ذرات قابل استنشاق و ذرات قابل تنفس با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov نشان داد که این دو متغیر از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند. بر این اساس، آنالیزهای تحلیلی با در نظر گرفتن این نتیجه انتخاب شدند. شکل‌های ۲ و ۳، هیستوگرام توزیع مقادیر مواجهه عبارات استنشاقی و تنفسی را نشان می‌دهند.

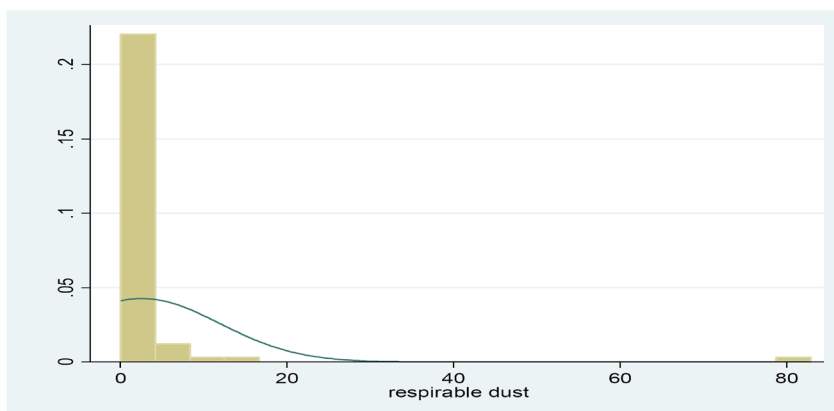
GR-200 با دقت  $0/0001$  گرم و کالیبره شده انجام شد. به منظور جلوگیری از انباشت بیش از حد ذرات بر روی فیلتر (overload) و همچنین پوشش مناسب شیفت کاری ۸ ساعته، نمونه برداری برای هر فرد در یک بازه زمانی ۴ ساعته که نماینده کلیه فعالیت‌های کاری فرد در طول شیفت کاری بود انجام گرفت. برای حذف عوامل ایجادکننده خطای نمونه برداری و تجزیه در طول نمونه برداری به ازای هر ۵ نمونه، یک نمونه شاهد در نظر گرفته شد. همه فیلترها قبل از توزین و نمونه برداری، به مدت ۲۴ ساعت درون دسیکاتور حاوی سیلیکاژل گذاشته شدند تا رطوبت احتمالی آنها گرفته شود. بعد از پایان زمان نمونه برداری، فیلترها مجدداً به مدت ۲۴ ساعت داخل دسیکاتور قرار گرفت و سپس فیلتر سه بار وزن شده و میانگین وزن ثانویه آن تعیین گردید. در نهایت، تراکم گردوغبار جمع آوری شده بر روی هر یک از فیلترها، با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید. برای آنالیز داده‌ها از ویرایش ۲۲ نرم افزار SPSS استفاده شد.

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3, \text{mg}/m^3$$

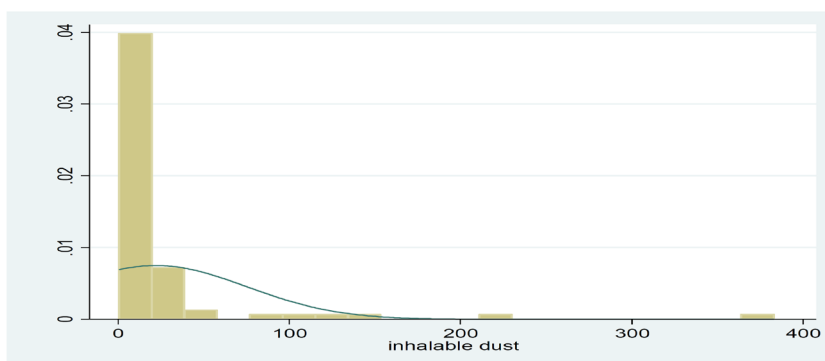
- W<sub>1</sub>: وزن اولیه فیلترهای اصلی قبل از نمونه برداری (mg)
- W<sub>2</sub>: وزن ثانویه فیلترهای اصلی بعد از نمونه برداری (mg)
- B<sub>1</sub>: وزن اولیه فیلترهای شاهد قبل از نمونه برداری (mg)
- B<sub>2</sub>: وزن ثانویه فیلترهای شاهد بعد از نمونه برداری (mg)
- V: حجم هوای نمونه برداری شده در دبی تعریف شده (L)



نمودار ۱. جعبه‌ای توزیع غلظت ذرات قابل استنشاق و ذرات قابل تنفس به تفکیک واحدهای شغلی



شکل ۱. هیستوگرام توزیع مقادیر مواجهه با ذرات قابل استنشاق



شکل ۲. هیستوگرام توزیع مقادیر مواجهه با ذرات قابل تنفس

جدول ۱. توزیع فراوانی غلظت ذرات قابل استنشاق و ذرات قابل تنفس

متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	میان	حداقل	حداکثر	دامنه میان چارکی
غلظت ذرات قابل استنشاق (mg/m <sup>3</sup> )	۹۳	۲/۳۳	۸/۶۸	۰/۹۸	۰/۰۵	۸۲/۸۴	۰/۹۸
غلظت ذرات قابل تنفس (mg/m <sup>3</sup> )	۹۳	۲۱/۳۴	۴۹/۷۷	۵/۲۱	۰/۴۲	۳۸۳/۱۳	۱۹/۰۶

شغلی کارگران با ذرات قابل استنشاق و ذرات قابل تنفس به تفکیک واحدهای کاری به ترتیب در جداول ۲ و ۳ آمده است.

میانگین مواجهه با ذرات قابل استنشاق در واحدهای مختلف  $2/33 \pm 8/68$  و میانگین مواجهه با ذرات قابل تنفس در واحدهای مختلف  $21/34 \pm 49/77$  بدست آمد (جدول ۱). نتایج مواجهات

جدول ۲. توزیع فراوانی میزان مواجهه افراد با ذرات قابل استنشاق به تفکیک واحدهای کاری

واحد کاری	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
بالمیل	۱۳	۲/۴۳	۳/۸۰	۰/۴۹	۱۴/۹۵
برق	۳	۰/۹۸	۰/۲۵	۰/۷۴	۱/۲۳
بسته‌بندی	۳۰	۰/۵۸	۰/۳۱	۰/۰۵	۱/۲۳
پرس	۷	۱/۴۰	۰/۵۲	۰/۹۸	۲/۴۵
خط لعاب	۳	۰/۴۱	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۷۴
راننده لیفتراک	۴	۰/۹۸	۰/۵۳	۰/۴۹	۱/۷۲
سرپرست	۶	۰/۴۹	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۷۴
سنگ‌شکن	۹	۱۳/۰۴	۲۶/۳۴	۱/۲۳	۸۲/۸۴
فریت‌سازی	۸	۱/۶۲	۰/۶۷	۰/۹۸	۲/۹۴
مکانیک	۱۰	۱/۶۹	۱/۵۶	۰/۷۴	۵/۸۸

جدول ۳. توزیع فراوانی میزان مواجهه افراد با ذرات قابل تنفس به تفکیک واحدهای کاری

واحد کاری	تعداد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
بالمیل	۱۳	۲۹/۰۲	۳۲/۵۵	۴/۱۷	۱۱۰/۴۲
برق	۳	۴/۶۵	۱/۵۴	۲/۹۲	۵/۸۳
بسته‌بندی	۳۰	۷/۸۶	۱۳/۹۰	۰/۶۳	۷۰/۴۲
پرس	۷	۳۲/۱۴	۴۰/۹۵	۳/۵۴	۱۲۰
خط لعاب	۳	۱/۷۴	۰/۸۴	۱/۲۵	۲/۷۱
راننده لیفتراک	۴	۲/۲۹	۰/۴۵	۱/۶۷	۲/۷۱
سرپرست	۶	۷/۱۹	۸/۷۱	۰/۴۲	۲۱/۰۴
سنگ‌شکن	۹	۸۴/۸۸	۱۲۹/۳۱	۳/۳۳	۳۸۳/۱۳
فریت‌سازی	۸	۲۵/۸۶	۴۶/۷۳	۲/۵۰	۱۳۸/۵۴
مکانیک	۱۰	۱۰/۴۴	۹/۰۲	۱/۶۷	۳۶/۰۴

در واحد سنگ‌شکن  $۱۳/۰۴$  میلی-گرم بر مترمکعب بود که بیشتر از مقدار مجاز تعیین شده می-باشد. میزان مواجهه با ذرات قابل تنفس در واحدهای برق  $۴/۶۵$  میلی-گرم بر مترمکعب، بسته‌بندی  $۷/۸۶$ ، خط لعاب  $۱/۷۴$ ، رانندگان لیفتراک  $۲/۲۹$  و سرپرستان واحدها  $۸/۷۱$ ، کمتر از حد مجاز مواجهه با این ذرات ( $۱۰ \text{ mg/m}^3 = \text{TLV Inhalable}$ ) و در واحدهای

میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق در واحدهای بالمیل  $۲/۴۳$  میلی-گرم بر مترمکعب، برق  $۰/۹۸$ ، بسته‌بندی  $۰/۵۸$ ، پرس  $۰/۴۰$ ، خط لعاب  $۰/۴۱$ ، رانندگان لیفتراک  $۰/۹۸$ ، سرپرستان واحدها  $۰/۴۹$ ، فریت‌سازی  $۱/۶۲$  و مکانیک  $۱/۷۵$  به دست آمد که میزان مواجهه، کمتر از حد مجاز مواجهه با ذرات قابل استنشاق (TLV) مواجهه با ذرات قابل استنشاق بود. میزان مواجهه با ذرات قابل استنشاق

جدول ۴. توزیع فراوانی مواجهه افراد با ذرات قابل استنشاق و ذرات قابل تنفس بر حسب حدود مجاز مواجهه

متغیر	میزان مواجهه	تعداد	درصد	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
مواجهه با ذرات قابل استنشاق	کمتر از ۳	۸۶	۹۲/۴۷	۰/۹۹	۰/۶۱	۰/۰۵	۲/۹۴
	بیشتر از ۳	۷	۷/۵۳	۱۸/۷۶	۲۸/۴۶	۴/۶۶	۸۲/۸۴
مواجهه با ذرات قابل تنفس	کمتر از ۱۰	۵۶	۶۰/۲	۳/۱۵	۲/۰۳	۰/۴۲	۱۰
	بیشتر از ۱۰	۳۷	۳۹/۸	۴۸/۸۷	۷۰/۹۲	۱۱/۸۸	۳۸۳/۱۳

بالمیل ۲۹/۰۲، فریت-سازی ۲۵/۸۶، پرس ۳۲/۱۴، مکانیک ۱۰/۴۴ و سنگ‌شکن ۸۴/۸۸، میزان مواجهه با ذرات قابل تنفس بیشتر از مقدار مجاز تعیین شده با این ذرات بود. بیشترین میزان مواجهه با ذرات قابل استنشاق در میان کارگران سنگ-شکن ( $13/04 \text{ mg/m}^3$ ) و کمترین میزان مواجهه با این ذرات نیز در کارگران خط‌لعب ( $0/41 \text{ mg/m}^3$ ) مشاهده گردید. بیشترین میزان مواجهه با ذرات قابل تنفس در میان کارگران سنگ-شکن ( $84/88 \text{ mg/m}^3$ ) و کمترین میزان مواجهه با ذرات قابل تنفس نیز در کارگران خط‌لعب ( $1/74 \text{ mg/m}^3$ ) مشاهده شد.

در این مطالعه، ۹۲/۴۷ درصد افراد (۸۶ نفر) با سطوح پایین‌تر از حد مجاز ذرات قابل استنشاق مواجهه داشتند ( $0/99 \pm 0/61$ ). بعلاوه، ۷/۵۳ درصد افراد نیز با غلظت‌های بالاتر از حد مجاز ذرات قابل استنشاق مواجهه داشتند ( $18/76 \pm 28/46$ ). ۶۰/۲ درصد افراد (۵۶ نفر) با سطوح پایین‌تر از حد مجاز ذرات قابل تنفس مواجهه داشتند ( $3/15 \pm 2/03$ ). ۳۹/۸ درصد افراد نیز با غلظت‌های بالاتر از حد مواجهه با ذرات قابل تنفس مواجهه داشتند ( $48/87 \pm 70/92$ ).

### بحث

این مطالعه، با هدف ارزیابی میزان مواجهه تنفسی کارگران با ذرات آلاینده هوا بر ذرات قابل استنشاق و ذرات قابل تنفس در یک صنعت کاشی و سرامیک انجام شد. نتایج نشان داد که ۹۰ درصد واحدها در معرض مقادیر کمتر از حد مجاز مواجهه با ذرات قابل استنشاق بودند. نتایج نشان داد که در کارخانه مورد مطالعه، میانگین غلظت ذرات قابل تنفس  $21/34$  میلی-گرم بر مترمکعب می-باشد که از بین واحدهای مورد مطالعه، واحدهای سنگ-شکن، بالمیل، پرس، فریت-سازی و پرسنل مکانیک دارای مقادیر مواجهه بیش از میزان استاندارد ایران بودند. همچنین میانگین گرد و غبار قابل استنشاق  $2/33$  میلی-گرم بر مترمکعب بود و فقط در واحد سنگ-شکن میزان مواجهه بیش از حد استاندارد بود. در مطالعه‌ای که توسط عساکره و همکاران با هدف ارزیابی مواجهه کارگران با گرد و غبار و سیلیس کریستالی در یک صنعت کاشی و سرامیک انجام شد میزان گرد و غبار قابل استنشاق در واحدهای لعب، بسته-بندی و کوره به ترتیب  $0/24$ ،  $0/32$  و  $0/08$  میلی-گرم بر مترمکعب بود که کمتر از حدود مجاز توصیه شده می-باشد و نشان‌دهنده مواجهه ایمن در این کارخانه است (۲۲). در این مطالعه میزان گرد و غبار قابل تنفس و قابل استنشاق به ترتیب  $7/08$  و  $4/17$  میلی-گرم بر مترمکعب بود در حالی که در مطالعه حاضر میزان گرد و غبار قابل تنفس در برخی واحدها بیش از حد مجاز بود. در این مطالعه، میانگین غلظت ذرات قابل تنفس و ذرات قابل استنشاق به ترتیب  $21/34$  و  $2/33$  میلی-گرم بر مترمکعب بود. میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق در مطالعه حاضر کمتر از حد مجاز توصیه شده می-باشد که از این نظر با نتایج مطالعه عساکره و همکاران همخوانی دارد. نتایج

مطالعه صورت گرفته توسط گلبابایی و همکاران با هدف ارزیابی میزان مواجهه با ذرات قابل تنفس و ذرات قابل استنشاق و رابطه آن با علائم تنفسی در یک واحد سنگ-بری نشان داد که در کارگران برشکار میزان مواجهه با ذرات قابل استنشاق و قابل تنفس به ترتیب  $107/4 \pm 8$  و  $11/2 \pm 0/77$  میلی-گرم بر متر مکعب بود که از این نظر بالاتر از حد میزان مواجهه استاندارد می-باشد (۲۳). مطالعه غلامی و همکاران در یک کارخانه سیمان در خراسان جنوبی نشان‌دهنده گرد و غبار قابل تنفس و قابل استنشاق در محیط کارخانه به میزان بالاتر از حدود مجاز تعیین شده توسط OSHA بود (۲۴). در مطالعه میرزایی و همکاران نیز میزان مواجهه با ذرات قابل تنفس و ذرات قابل استنشاق بالاتر از حد مجاز گزارش شد (۲۵). همچنین مطالعه نقاب و همکاران در یک صنعت سیمان نشان داد میزان مواجهه با ذرات قابل تنفس و ذرات قابل استنشاق بالاتر از حدود مجاز تعیین شده است. طبق نتایج نمونه‌برداری از واحدهای مختلف این کارخانه، کارگران واحد سنگ-شکن بیشترین میزان میانگین مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق را داشتند که از این نظر با مطالعه مهرپرور و همکاران (۱۲) و مطالعه عسگری‌پور و همکاران (۲۶) همخوانی دارد. بالا بودن مواجهه در این بخش می‌تواند به علت فعالیت دستگاه‌های سنگ-شکن روباز، فقدان سیستم تهویه، نوار نقاله‌های روباز، تردد ماشین‌آلات و تخلیه و انباشت خاک و عدم نظافت و نیز انجام فعالیت خردایش مواد در رطوبت پایین محیطی باشد. در مطالعه دهقان و همکاران (۱۶) در یک صنعت کاشی و سرامیک، بیشترین میزان غلظت ذرات قابل استنشاق در واحد پرس با میانگین  $35/7$  میلی-گرم بر مترمکعب هوا و بیشترین میزان غلظت ذرات قابل تنفس در واحد میکسر با میانگین  $54/01$  میلی-گرم بر مترمکعب هوا بود؛ در حالی که در مطالعه ما بیشترین میزان مواجهه با ذرات قابل تنفس و ذرات قابل استنشاق در واحد سنگ-شکن مشاهده گردید.

### نتیجه‌گیری

از آنجا که کارگران در این صنعت در بعضی از واحدها در معرض ذرات قابل استنشاق و به ویژه ذرات قابل تنفس بالاتر از حدود مجاز توصیه شده توسط سازمان‌های بین‌المللی و حدود تماس شغلی ارائه شده کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای ایران می-باشند، احتمالاً به عوارض مزمن ناشی از استنشاق گرد و غبار ذرات موجود مبتلا خواهند شد. لذا اقدامات کنترلی شامل کنترل‌های فنی و مهندسی، مدیریتی، پایش هوای تنفسی، اجرای برنامه‌های حفاظت تنفسی و در نهایت ارزیابی مجدد ریسک بعد از اجرای روش‌های کنترلی برای کاهش تماس و پیشگیری از عوارض احتمالی باید مورد توجه مسئولین صنایع و کارشناسان بهداشتی قرارگیرد. در این کارخانه با اعمال روش‌های کنترلی مانند طراحی تهویه موضعی و محصورسازی نوار نقاله‌ها در واحدهای بالمیل، پرس و سنگ-شکن میزان ذرات گرد و غبار معلق در هوا به سطوح سالم کاهش می-یابد. همچنین برای محافظت کارگران



- care medicine. 2003;167(8):1117-23.
8. Dockery DW, Stone PH. Cardiovascular risks from fine particulate air pollution. *New England Journal of Medicine*. 2007;356(5):511-3.
  9. Doshman fana yazdy F. Air monitoring in the workplace Volume 2: fan avaran; 2011.
  10. Doshman fana yazdy F. Air monitoring in the workplace Volume 1: andishe rafie 2008.
  11. Beckett WS. Occupational respiratory diseases. *New England Journal of Medicine*. 2000;342(6):406-13.
  12. Mehrparvar A, Mirmohammadi S, Mostaghaci M, Davari M, Hashemi S. A 2-year Follow-up of Spirometric Parameters in Workers of a Tile and Ceramic Industry, Yazd, Southeastern Iran. *The international journal of occupational and environmental medicine*. 2013;4(2 April):217-73-9.
  13. tavakkol e, reza zade azari m, saleh pour s, khoda karim s. Determine the exposure of construction workers to respiratory crystalline silica and total respiratory dust *Journal of safety promotion and injury prevention*. 2016 [persian];3(4):270-63.
  14. Diapouli E, Papamentzelopoulou A, Chaloulakou A. SURVEY OF AIRBORNE PARTICULATE MATTER CONCENTRATION AT A MARBLE PROCESSING FACILITY WORKERS' EXPOSURE ASSESSMENT. *Global NEST J*. 2013;15(2):204-8.
  15. Halvani G, Zare M, Halvani A, Barkhordari A. Evaluation and comparison of respiratory symptoms and lung capacities in tile and ceramic factory workers of Yazd. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*. 2008;59(3):197-204.
  16. Dehghan F, Mohammadi S, Sadeghi Z, Attarchi M. Respiratory complaints and spirometric parameters in tile and ceramic factory workers. *Tanaffos*. 2009;8(4):19-25.
  17. Neghab M, Zadeh JH, Fakoorziba M. Respiratory toxicity of raw materials used in ceramic production. *Industrial health*. 2009;47(1):64-9.
  18. Forastiere F, Goldsmith DF, Sperati A, Rapiti E, Miceli M, Cavariani F, et al. Silicosis and

می‌توان در واحدهای با سطوح بالای گرد و غبار، ماسک تنفسی مناسب در اختیار آنان قرار داد و علاوه بر آموزش استفاده صحیح از ماسک، بر استفاده صحیح و مستمر این تجهیزات نظارت نمود. با توجه به بالا بودن میزان مواجهه با ذرات گرد و غبار در کارخانه یا صنعت مورد مطالعه، نصب و نگهداری سیستم‌های تهویه، اقدامات مدیریتی و بهسازی محیط و آموزش پرسنل جهت کاهش مواجهه پیشنهاد می‌گردد.

### سپاس‌گزاری

این مقاله از پایان نامه دانشجویی استخراج گردیده است. نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از تمامی افراد شرکت کننده در این مطالعه بخاطر حسن همکاری و همراهی در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی نمایند.

### منابع

1. Bahrami A, Zare MJ. Engineering methods of air pollution control pagvak e andishe; 2010.
2. de Kok TM, Driecce HA, Hogervorst JG, Briedé JJ. Toxicological assessment of ambient and traffic-related particulate matter: a review of recent studies. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*. 2006;613(2):103-22.
3. Neophytou AM, Costello S, Brown DM, Picciotto S, Noth EM, Hammond SK, et al. Marginal Structural Models in Occupational Epidemiology: Application in a Study of Ischemic Heart Disease Incidence and PM2.5 in the US Aluminum Industry. *American journal of epidemiology*. 2014;kwu175.
4. Martinelli N, Olivieri O, Girelli D. Air particulate matter and cardiovascular disease: a narrative review. *European journal of internal medicine*. 2013;24(4):295-302.
5. Riediker M, Cascio WE, Griggs TR, Herbst MC, Bromberg PA, Neas L, et al. Particulate Matter Exposure in Cars Is Associated with Cardiovascular Effects in Healthy Young Men. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2004;169(8):934-40.
6. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for heart disease in eight US counties. *Epidemiology*. 1999;10(1):17-22.
7. De Leon SF, Thurston GD, Ito K. Contribution of respiratory disease to nonrespiratory mortality associations with air pollution. *American journal of respiratory and critical*

- Occupational Health and Safety 2011.
23. Golbabaie F, Barghi M-A, Sakhaei M. Evaluation of workers' exposure to total, respirable and silica dust and the related health symptoms in Senjedak stone quarry, Iran. *Industrial health*. 2004;42(1):29-33.
  24. Gholami A, Kakooei H. Cement Dust Concentrations in Different Occupational Groups of a Portland Cement Industry in South Khorasane. *Journal of Health*. 2012;2(4):50-6.
  25. Mirzaee R, Kebriaei A, Hashemi S, Sadeghi M, Shahrakipour M. Effects of exposure to Portland cement dust on lung function in Portland cement factory workers in Khash, Iran. 2008.
  26. Taleb asgaripour Ak, Darioush pahlavan, Jafar jandaghi, Elahe kazemi. Assessment of the health hazard of exposure to crystalline silica in a ceramic tile manufacturing complex. *Occupational Medicine Quarterly Journal Research Center of Industry Related Diseases*. 6(2):53-44.
  - lung function decrements among female ceramic workers in Italy. *American journal of epidemiology*. 2002;156(9):851-6.
  19. Artamonova V, Kuznetsov N, Kadyskina A. Functional indicators of individual sensitivity to silicate dust in workers of ceramic tile and claydite industry. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 1993(11-12):10.
  20. Gielec L, Izycki J, Woźniak H. [Evaluation of long-term occupational exposure to dust and its effect on health during production of ceramic tiles]. *Medycyna pracy*. 1991;43(1):25-33.
  21. Hnizdo E, Vallyathan V. Chronic obstructive pulmonary disease due to occupational exposure to silica dust: a review of epidemiological and pathological evidence. *Occupational and Environmental Medicine*. 2003;60(4):237-43.
  22. Taleb asakere Jj, Ali kermani. Evaluation of the exposure of workers with crystalline silica dust in a ceramic tile manufacturing company. Seventh General Conference on



# Assessment of respiratory exposure of workers with airborne particles in a ceramic tile industry: a case study

Azimi M<sup>1</sup>, Mansouri Y<sup>1</sup>, Rezzaie Hache-so V<sup>1</sup>, Aminaee F<sup>1</sup>, Mihanpour H<sup>1</sup>, Zare sakhvidi M<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> MSc student of Occupational Health, Yazd University of Medical sciences, Yazd, Iran.

<sup>2</sup> Department of Occupational Health, Health School, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

## Abstract

**Background:** Particulate matter air pollution is one of the most important risk factors for cardiovascular and respiratory diseases. By increasing the number of tile and ceramic industries in the two past decades, workers in these industries exposed to pathogenic respirable particulate matter pollutants. Therefore, this study aimed to assess respiratory exposure to airborne particles in a tile and ceramic factory was done.

**Methods:** In This observational study, sampling from Respiratory zone of 93 workers in a tile and ceramic industry for both respirable and inhalable particles were performed. Sampling of inhalable particle based on NIOSH\_0500 protocol and respirable particles based on NIOSH\_0600 was conducted. Data were analyzed by SPSS 22 software

**Results:** : 92.47 percent of Workers were exposed to respirable particles less than TLV and 39.8 percent of them were exposed to inhalable particles more than TLV. The maximum concentration of respirable particles 13.04 mg/m<sup>3</sup> and inhalable particles 84.88 mg/m<sup>3</sup> in respectively reported for crusher unit. The lowest concentration of respirable (0.41 mg/m<sup>3</sup>) and inhalable (min =1.74 mg/m<sup>3</sup>) particles were observed in coating line workers division

**Conclusion:** Since the workers are exposed to concentrations more than threshold limit value of respirable particles, and especially inhalable particles in some units, appropriate control measures must be considered to prevent possible consequences.

**Key words:** Sampling, respirable dust, inhalable dust, workers, Tile and Ceramic Industry

\*Corresponding author:

Tel: +98 912 018 7486

Email:soltanzadeh.ahmad@gmail.com

Received: 2015.11.18

Accepted: 2016.02.07