مقاله اصلی
Original Article

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
e-ISSN: ۲۳۸۳-۱۹۰۱ p-ISSN: ۲۳۴۵-۲۴۵۵
دوره۳. شماره ۴. زمستان ۱۳۹۴، صفحات۲۶۳ تا۲۷۰

تعیین میزان مواجهه شغلی کارگران ساختمانی با گرد و غبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی تنفسی

الهه توکل[۱]، منصور رضازاده آذری[۲*]، سوسن صالح‌پور[۳]، سهیلا خداکریم [۱]

۱. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی وخدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. مرکز تحقیقات ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی وخدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. گروه طب کار، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی وخدمات بهداشتی درمانی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: یکی از مهم‌ترین مخاطرات شغلی برای سلامتی کارگران ساختمانی،گرد و غبار است که با توجه به ماهیت مواد مورد استفاده، می‌تواند شامل سیلیس کریستالی باشد که به‌عنوان سرطان‌زای قطعی برای انسان، طبقه‌بندی شده است. با توجه به نبود اطلاعات در مورد میزان مواجهه کارگران ساختمانی در ایران، این مطالعه با هدف تعیین میزان مواجهه کارگران ساختمانی با گرد و غبار تنفسی و سیلیس کریستالی تنفسی انجام شد.

روش‌بررسی: در این مطالعه مقطعی توصیفی، مواجهه شغلی ۸۵ نفر از کارگران ساختمانی در پنج گروه شغلی ارزیابی گردید. پایش فردی کارگران با گرد و غبار کلی تنفسی به روش NIOSH۰۶۰۰ و گرد و غبار سیلیس کریستالی تنفسی به روش NIOSH۷۶۰۲ با استفاده از طیف‌سنج FT-IR انجام گردید. ارزیابی خطر افزوده مرگ و میر ناشی از سیلیکوزیس و سرطان ریه در ارتباط با مواجهه تجمعی افراد به سیلیس کریستالی بر اساس مدل ارایه شده در مطالعه Rice و Manettej انجام گردید.

یافته‌ها: میانگین مواجهه شاغلین با گرد و غبار کلی تنفسی mg/m^3 ۸/۹±۰/۳۵ و گرد و غبار سیلیس کریستالی تنفسی mg/m^3 ۰/۰۱۹ ± ۰/۱۳ اندازه‌گیری گردید. بین میزان مواجهه گروه‌های شغلی مختلف با گرد و غبار کلی تنفسی($p <$ ۰/۰۰۱) و گرد و غبار سیلیس کریستالی تنفسی ($p =$ ۰/۰۰۷) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در کارگران ساختمانی خطر نسبی مرگ و میر ناشی از سیلیکوزیس بین ۴۰-۱ در هر هزار نفر و خطر افزوده مرگ و میر بر اثر سرطان ریه در دامنه ۴۹-۲۱ در هر ۱۰۰۰ مورد مرگ و میر تخمین زده شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به ارزیابی خطر غیر قابل قبول و مواجهه شغلی چندین برابر حد تماس مجاز کارگران ساختمانی به گرد و غبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی تنفسی، اقدامات کنترل مدیریتی و فنی-مهندسی برای کاهش مواجهه و پیشگیری از عوارض و بیماری‌های ناشی از آن برای کارگران ساختمانی ایران ضروری است.

واژگان کلیدی: مواجهه شغلی، صنعت ساختمان، گرد و غبار کلی تنفسی، سیلیس کریستالی تنفسی، ارزیابی خطر

How to cite this article:
Tavakol E, Rezazadeh Azari M, Salehpour S, Khodakarim S. Determination of Construction Workers' Exposure to Respirable Crystalline Silica and Respirable Dust.J Saf Promot Inj Prev.2016; 3(4):263-70 .

مقدمه

هر روزه میلیون ها نفر در محیط های پر گرد و غبار در حال کار کردن هستند(۱). گرد و غبار در همه فعالیت‌های ساختمانی، از تجهیز کارگاه و عملیات اولیه خاکی (خاک‌ریزی، خاک‌برداری و گودبرداری) تا جاروکردن و تمیزکاری در پایان کار وجود دارد(۲). با توجه به ماهیت مواد مورد استفاده در صنعت ساختمان، گرد و غبار ناشی از آنها می‌تواند شامل سیلیس کریستالی باشد، که یکی از اجزای خاک، شن، سنگ و بسیاری از مواد معدنی دیگر است(۳). کارگران طی فعالیت‌هایی که تولید گرد و غبار می‌کند به‌ویژه داخل ساختمان و در فضای بسته، با غلظت‌های بالایی از سیلیس کریستالی تنفسی مواجهه دارند(۴, ۵). استنشاق سیلیس کریستالی یکی از متداول‌ترین مواجهه‌های شغلی در جهان می‌باشد(۶). با توجه به شرایط فیزیکی مختلف، سیلیس کریستالی به سه شکل کوارتز، کریستوبالیت و تریدیمیت در طبیعت وجود دارد که فراوان‌ترین شکل آن کوارتز می‌باشد(۷). آژانس بین المللی تحقیقات سرطان[۱]در

* آدرس نویسنده مسئول مکاتبات:mrazari@sbmu.ac.ir

۱. International Agency for Research on Cancer(IARC)

سال ۱۹۹۷ بر اساس وجود شواهد کافی در ارتباط با سرطان‌زایی، سیلیس کریستالی را در گروه یک، به‌عنوان سرطانزای قطعی برای انسان، طبقه‌بندی کرده است(۸). حد آستانه مجاز مواجهه شغلی مرکز سلامت محیط و کار ایران در سال ۱۳۹۱ و کنفرانس آمریکایی بهداشت صنعتی دولتی[۲] برای گرد و غبار کلی تنفسی با فرض محتوی سیلیس کریستالی کمتر از یک درصد mg/m^3 ۳ اعلام شده است(۹, ۱۰). مواجهه شغلی با سیلیس کریستالی تنفسی منجر به بیماری‌هایی از جمله بیماری‌های کلیوی، سیستم ایمنی، برونشیت مزمن، آمفیزم، سیلیکوزیس و سرطان ریه می‌گردد(۱۱). مهم‌ترین بیماری ناشی از مواجهه با سیلیس کریستالی، سیلیکوزیس می‌باشد که پیشروی آن افزایش آسیب پذیری فرد و احتمال بروز بیماری سل را به‌همراه دارد. سیلیکوزیس یکی از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین بیماری‌های ناشی از کار در جهان بوده که با وجود تلاش‌های زیاد، برای پیشگیری از آن هنوز به عنوان یک مشکل جهانی مطرح است(۱۲). بر اساس گزارش ارائه شده سازمان ملی بهداشت حرفه ای و ایمنی[۳] تقریبا ۳۳ درصد از کارگران صنعت ساختمان و معدن از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹ در اثر سیلیکوزیس جان خود را از دست داده اند(۱۳). از سال ۱۹۹۰ صنعت ساختمان سازی، مرکز توجه چندین مطالعه و شروعی برای شناسایی فاکتورهای مرتبط با مواجهه با سیلیس کریستالی قابل‌تنفس قرار گرفت. نتایج این بررسی‌ها مشخص کرد که مواجهه کارگران ساختمانی با سیلیس کریستالی قابل‌تنفس بیش از حد مجاز تماس شغلی می‌باشد(۱۴-۱۶). میزان مواجهه کارگران ساختمانی با گرد و غبار کلی تنفسی در گستره/mg m^3 ۱/۸ - ۰/۳۴ و میزان سیلیس کریستالی تنفسی بین mg/m^3 ۱/۷- ۰/۰۲ گزارش شده است(۱۷). مواجهه با گرد و غبار سیلیس کریستالی در کارگاه‌های ساختمانی اثرات نامطلوبی بر عملکرد ریوی دارد. در یک بررسی از بین ۲۶۰۲ کارگر ساختمانی، در ۲۵/۲ درصد تغییراتی در رادیوگرافی قفسه سینه و در ۴۲/۷ درصد نیز نقص‌هایی در عملکرد ریوی مشاهده گردید(۱۸, ۱۹).

ارزیابی خطر یکی از جدیدترین رویکردهای سم شناسی است که بر اساس خطر ماده سمی و میزان مواجهه، میزان بروز بیماری یا مرگ و میر در جمعیت مواجهه یافته تخمین زده می‌شود(۲۰). خطر افزوده مرگ و میر ناشی از سرطان ریه در مواجهه مادام‌العمر افراد با سیلیس کریستالی و خطر نسبی مرگ و میر ناشی از سیلیکوزیس در ارتباط با مواجهه تجمعی افراد با سیلیس کریستالی را در هر هزار نفر گزارش کرده اند(۲۱, ۲۲). میزان خطر قابل قبول بر اساس نظریه سازمان بهداشت و ایمنی حرفه‌ای[۴] یک نفردر هزار نفر می‌باشد(۲۳).

با بهبود شرایط کاری و کنترل گرد و غبار، میزان بروز سیلیکوزیس در کشورهای توسعه یافته کاهش یافته است ولی در کشورهای در حال توسعه تماس با آئروسل‌های سیلیس کریستالی قابل‌تنفس هنوز یک معضل بهداشتی می‌باشد(۲۴, ۲۵). از آنجا که سیلیکوزیس یک بیماری غیر قابل درمان، ولی قابل پیشگیری است(۲۶)، آگاهی از شرایط کمی و کیفی گرد و غبار سیلیس کریستالی تنفسی در هوای محیط کار به منظور ارایه راه‌های موثر پیشگیری، کنترلی و تلاش جهت به حداقل رسانیدن اثرات سوء آن دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد(۱۶). با توجه به اثرات مواجهه شغلی کارگران ساختمانی با گرد وغبار محیط کار و نبود چنین مطالعاتی در کشورمان، هدف این مطالعه تعیین میزان مواجهه شغلی کارگران ساختمانی با گرد و غبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی تنفسی در یک شرکت انبوه ساز ساختمانی در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت یک مطالعه مقطعی در یک شرکت انبوه‌ساز ساختمانی بر روی ۸۵ نفر در پنج گروه شغلی: ناظرین فعالیت‌های ساختمانی، سیمان‌کاران، سنگ‌کاران، بچینگ و بتون‌کاران و کارگران بخش نظافت ساختمان‌سازی (در هر گروه ۱۷ نفر) مورد بررسی انجام شد. به منظور تعیین میزان مواجهه کارگران ساختمانی به گرد و غبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی تنفسی بر اساس روش‌های NIOSH۰۶۰۰ و NIOSH۷۶۰۲ پمپ نمونه‌بردار فردی SKC با استفاده از روتامتر مطابق دبی توصیه شده (۱/۷L/min) کالیبره گردید. فیلتر به مدت ۲۴ ساعت قبل از نمونه‌برداری داخل دسیکاتور گذاشته شد، سپس فیلتر درون کاست توزین و داخل سیکلون پلاستیکی قرار داده و به پمپ نمونه‌بردار وصل گردید. نمونه‌برداری با دبی L/min ۱/۷ و در مدت زمان ۴ ساعت انجام گرفت. بعد از پایان زمان نمونه‌برداری، فیلتر به مدت ۲۴ ساعت داخل دسیکاتور قرار گرفت و سپس فیلتر را سه بار وزن کرده و میانگین وزن ثانویه آن تعیین گردید. در نهایت، تراکم گرد و غبار کلی تنفسی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد:

رابطه (۱)

$$C=\frac{(W_2-W_1)-(B_2-B_1)\times 10^3}{V}$$

C= تراکم گرد و غبار کلی تنفسی بر حسب(mg/m^3)

B_1 و B_2= وزن فیلتر شاهد قبل و بعد از نمونه برداری بر حسب mg

W1 و W2= وزن فیلتر قبل و بعد از نمونه برداری بر حسب mg

V= حجم هوای نمونه‌برداری شده بر حسب مترمکعب

۲. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)
۳. National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH)
۴. Occupational Safety and Health Administration(OSHA)

جهت تعیین میزان مواجهه با سیلیس کریستالی، به سطح کل فیلتر حاوی نمونه در بوته چینی ۲۰۰ میلی‌گرم پتاسیم بروماید اضافه گردید و در کوره مافل به مدت ۴ ساعت از دمای محیط به دمای ۶۰۰ درجه رسانیده شد. بعد از خنک شدن، نمونه در هاون به صورت همگن درآورده شد و در قالب فلزی ۱۳ با استفاده از دستگاه پرس در فشار ۲۰ مگا پاسکال قرص آن تهیه گردید. قرص آماده شده در دستگاه FT-IR مدل WQF-۵۱۰A ساخت کشور چین در محدوده ۴۰۰ تا ۴۰۰۰ عدد موجی (cm^{-1}) اسکن و در ناحیه ۸۲۵-۷۱۰ عدد موجی تعیین مقدار گردید(۲۷).

در این مطالعه خطر نسبی مرگ‌ومیر ناشی از سیلیکوزیس بر اساس مدل Manettej با توجه به مواجهه تجمعی (مواجهه معمول× مدت مواجهه (سال)) تخمین زده شد(۲۲). خطر افزوده مرگ‌ومیر ناشی از سرطان ریه بر اساس مدل **Rice** و رابطه (۲) ارایه شده در مطالعه آذری و همکاران با فرض ۴۵ سال مواجهه تخمین زده شد(۷, ۲۱).

رابطه (۲)

(میانگین هندسی مواجهه) ۳۷۳/۶۹ + ۰/۷۷ = خطر افزوده مرگ‌ومیر ناشی از سرطان ریه

آزمون‌های کروسکال-والیس، ضریب همبستگی و آنالیز واریانس یک‌طرفه جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها استفاده و مقادیر کمی بصورت میانگین±خطای استاندارد گزارش شده است.

یافته‌ها

میزان مواجهه با گرد غبارکلی تنفسی و گرد و غبار سیلیس کریستالی تنفسی در کارگران ساختمانی به ترتیب۳/۲۳±۸/۹ و ۰/۱۷±۰/۱۳ بر حسب mg/m^3 اندازه‌گیری گردید، که نتایج پایش فردی مواجهه به گرد و غبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی در جداول۱و۲ ارایه شده است.

جدول۱ . میزان مواجهه فردی با گرد و غبار کلی تنفسی (mg/m^3) در گروه‌های شغلی

	خطای استاندارد± میانگین	دامنه	P-value
ناظر ساختمان	۷/۳۴ ± ۰/۵۸	۴/۵۷ – ۱۱/۷۶	
سیمان‌کار	۸/۲۰ ± ۰/۶۲	۳/۶۰ – ۱۲/۷۵	
سنگ‌کار	۷/۳۳ ± ۰/۵۶	۴/۰۹ – ۱۳/۰۷	<۰/۰۰۱
بچینگ و بتون‌کار	۱۱/۳۸ ± ۰/۷۷	۴/۵۷ – ۱۷/۶۵	
نظافت‌کار ساختمان	۱۰/۵۳ ± ۰/۸۵	۵/۲۳ – ۱۵/۳۶	
میانگین	۸/۹ ± ۰/۳۵	۳/۵۹ – ۱۷/۶۵	

جدول۲ . میزان مواجهه فردی با گرد و غبار سیلیس کریستالی تنفسی (mg/m^3) در گروه‌های شغلی

گروه‌های شغلی	خطای استاندارد± میانگین	دامنه	P-value
ناظر ساختمان	۰/۱۳۳ ± ۰/۰۵	۰/۰۳۲ – ۰/۸۸۴	
سیمان‌کار	۰/۱۸۴ ± ۰/۰۷	۰/۰۲۱ – ۰/۹۱۴	
سنگ‌کار	۰/۰۷۱ ± ۰/۰۲۰	۰/۰۲۱ – ۰/۳۷۴	۰/۰۰۷
بچینگ و بتون‌کار	۰/۱۵۹ ± ۰/۰۲۵	۰/۰۴۶ – ۰/۴۲۳	
نظافت‌کار ساختمان	۰/۱۰۳ ± ۰/۰۲۲	۰/۰۳۳ – ۰/۳۳۸	
میانگین	۰/۱۳ ± ۰/۰۱۹	۰/۰۲۱ – ۰/۹۱۴	

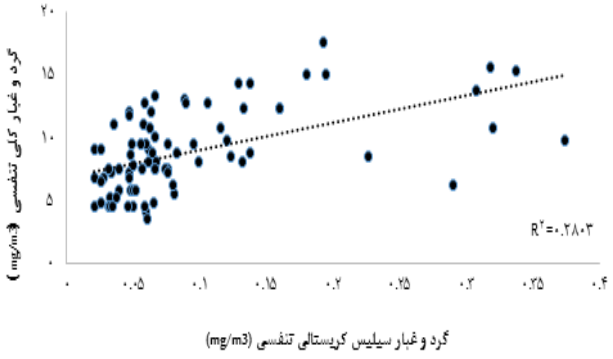
نتایج مقایسه میانگین مواجهه با گرد و غبار تنفسی و سیلیس کریستالی تنفسی با حدود مجاز تماس شغلی ایران در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳ . مقایسه میانگین مواجهه فردی کارگران با گرد و غبارکلی و سیلیس کریستالی تنفسی (mg/m^3) با حدود مجاز شغلی

گروه شغلی	گرد و غبار تنفسی	نسبت مواجهه به حد آستانه شغلی	سیلیس کریستالی تنفسی	نسبت مواجهه به حد آستانه شغلی
ناظر ساختمان	۷/۳۴	۲/۴۵	۰/۱۳۳	۵/۳۲
سیمان‌کار	۸/۲۰	۲/۷۳	۰/۱۸۴	۷/۳۶
سنگ‌کار	۷/۳۳	۲/۴۴	۰/۰۷۱	۲/۸۴
بچینگ و بتون‌کار	۱۱/۳۸	۳/۷۹	۰/۱۵۹	۶/۳۶
نظافت‌کار ساختمان	۱۰/۵۳	۳/۵۱	۰/۱۰۳	۴/۱۲
میانگین	۸/۹	۲/۹۷	۰/۱۳	۵/۲

بنا بر شکل۱. ضریب همبستگی بین میزان مواجهه با گرد و غبار کلی تنفسی و گرد و غبار سیلیس کریستالی تنفسی، ۰/۵۷۵ تعیین گردید ($P < ۰/۰۰۱$).

همچنین رابطه خطی دو متغیر با استفاده از آزمون رگرسیون(mg/m^3) گرد و غبار کلی تنفسی۰/۰۱۶ + ۰/۰۱۲- = گرد و غبار سیلیس کریستالی تنفسی (mg/m^3) تعیین گردید.



شکل۱. همبستگی بین میزان مواجهه با گرد و غبار کلی تنفسی و گرد و غبار سیلیس کریستالی

خطر نسبی مرگ و میر ناشی از سیلیکوزیس بر اساس مدل Manettej با توجه به مواجهه تجمعی (مواجهه معمول× مدت مواجهه (سال)) در گروه‌های شغلی مورد بررسی (جدول ۴) تخمین زده شد.

جدول ۴. خطر نسبی مرگ و میر ناشی از سیلیکوزیس در کارگران مورد بررسی

تعداد و (درصد) کارگران	خطر نسبی مرگ و میر ناشی از سیلیکوزیس در هر هزار نفر	مواجه تجمعی با سیلیس کریستالی (mg/m۳-y)
۵۹ (۶۹/۴۱)	۱/۰۰	۰ - ۰/۹۹
۱۴ (۱۶/۴۷)	۳//۳۹	۰/۹۹ – ۱/۹۷
۳ (۳/۵۳)	۶/۲۲	۱/۹۷ – ۲/۸۷
۳ (۳/۵۳)	۹/۴۰	۲/۸۷ – ۴/۳۳
۲(۲/۳۵)	۱۳/۶۹	۴/۳۳ – ۷/۱۲
۱ (۱/۱۸)	۲۲/۶۴	۷/۱۲ – ۹/۵۸
۲ (۲/۳۵)	۲۳/۹۷	۹/۵۸ – ۱۳/۲۱
۱ (۱/۱۸)	۴۰/۲۵	۱۳/۲۱ – ۱۵/۸۹

خطر افزوده مرگ‌ومیر ناشی از سرطان ریه بر اساس مدل **Rice** و رابطه ارایه شده در مطالعه آذری و همکاران مواجهه در دامنه ۴۹-۲۱ در هر ۱۰۰۰ مورد مرگ و میر تخمین زده شد.

بحث

در این مطالعه میزان مواجهه تمامی کارگران با گرد و غبار کلی تنفسی بیشتر از حد مجاز mg/m^3 ۳ و همچنین میزان مواجهه ۹۶/۵ درصد این افراد با گرد و غبار سیلیس کریستالی تنفسی بیشتر از حد مجاز mg/m^3 ۰/۰۲۵ بود.

گروه بچینگ و بتون‌کاران بیشترین میزان میانگین مواجهه با گرد و غبارکلی تنفسی را داشتند که می‌تواند به‌دلیل نوع وظیفه و محیط کار آن‌ها که همیشه انباشت شن، ماسه و سیمان، وزش باد و تردد فراوان ماشین‌آلات حمل مواد که سبب پخش گرد و غبار فراوانی در فضا است، باشد.

در مرحله اختلاط شن، ماسه و سیمان به منظور تهیه بتون نیز گرد و غبار زیادی ایجاد می‌گردد. اختلاف معنی‌داری بین میانگین مواجهه با سیلیس کریستالی تنفسی در گروه‌های شغلی مورد بررسی وجود داشت و گروه سیمان کاران بیشترین میزان میانگین مواجهه با گرد و غبار سیلیس کریستالی تنفسی را داشتند که می‌تواند به‌دلیل وجود درصد بالایی از سیلیس کریستالی تنفسی در سیمان مورد استفاده آنها باشد.

مواجهه شغلی کارگران صنعت ساختمان با گرد و غبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی تنفسی در این مطالعه، مشابه با مطالعات الین ، راپاپورت ، تجویی- نیجو همکارانشان دیده شده بود(۲۸-۳۰).

ولی میزان مواجهه شغلی در این مطالعه بیشتر از مواجهه در مطالعات یاسین، رادنوف، و دئورسین و همکارانشان دیده شده بود(۳۱-۳۳). پدیده مواجهه بسیار زیاد کارگران ایرانی می‌تواند به لحاظ عدم اقدامات کنترلی، نحوه انجام کار کارگران و نوع مواد مصرفی باشد.

در این مطالعه خطر نسبی مرگ و میر ناشی از سیلیکوزیس و سرطان ریه بیشتر از گروه کارگران ساختمانی در مطالعه آذری و همکاران تخمین زده شد(۷).

از نقاط قوت این مطالعه استفاده از دستگاه FT-IR به دلیل حساسیت و صحت بالاتر نسبت به روش طیف سنجی IR و تعیین میزان مواجهه کارگران ساختمانی با توجه به نبود اطلاعاتی در این زمینه در کشورایران را می توان نام برد، همچنین از نقاط ضعف این پژوهش می‌توان به محدودیت زمانی برای تکرار اندازه‌گیری‌ها و بررسی مواجهه گروه‌های شغلی دیگر اشاره نمود .

میزان مواجهه تمام کارگران ساختمان‌سازی با گرد و غبار کلی تنفسی و ۹۶/۵ درصد آنها با سیلیس کریستالی تنفسی بیش از حد تماس شغلی ایران بود. همچنین با توجه به ارزیابی خطر غیر قابل قبول، اقدامات کنترلی فنی مهندسی و مدیریتی برای کارگران ساختمانی ایران ضروری است.

References

1. Johncy SS, Ajay K, Dhanyakumar G, Raj NP, Samuel TV. Dust Exposure and Lung Function Impairment in Construction Workers. J Physiol. 2011;24(1):9-13.

2. Ballarà G, Cavariani F, De Rossi M, De Simone P, Fanizza C, Turesi T, et al. Silica presence in building materials and task-based exposure associated with restructuring of residential buildings in italy. http://www.researchgate.net.

3. Linch KD. Respirable concrete dust--silicosis hazard in the construction industry. Applied occupational and environmental hygiene. 2002;17(3):209-21.

4. Yeheyis M, Aguilar G, Hewage K, Sadiq R. Exposure to Crystalline Silica Inhalation Among Construction Workers: A Probabilistic Risk Analysis. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2012;18(5):1036-50.

5. Pocock D. On-tool controls to reduce exposure to respirable dusts in the construction industry. Health and Safety Executive 2012. www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr926.pdf.

6. Beaudry C, Dion C, Gérin M, Perrault G, Bégin D, Lavoué J. Construction Workers' Exposure to Crystalline Silica. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travai. http://www.irsst.qc.ca/en. 2013. 0820-8395.

7. Azari MR, Rokni M, Salehpour S, Mehrabi Y, Jafari MJ, Moaddeli AN, et al. Risk assessment of workers exposed to crystalline silica aerosols in the east zone of Tehran. Tanaffos. 2009;8(3):43-50.

8. Scarselli A, Binazzi A, Marinaccio A. Occupational exposure to crystalline silica: estimating the number of workers potentially at high risk in Italy. American journal of industrial medicine. 2008;51(12):941-9.

9. Iran. Occupational exposure limits. Third Edition ed: Ministry of Health and Medical Education. Health center and workplace Iran. ; 2012. http://markazsalamat.behdasht.gov.ir.

10. ACGIH. Threshold Limit Values for Chemical Substances in the Work Environment. 2015. www.acgih.org.

11. Arndt V, Rothenbacher D, Daniel U, Zschenderlein B, Schuberth S, Brenner H. All-cause and cause specific mortality in a cohort of 20 000 construction workers; results from a 10 year follow up. Occupational and environmental medicine. 2004;61(5):419-25.

12. Mazurek JM, Attfield MD. Silicosis mortality among young adults in the United States, 1968–2004. American journal of industrial medicine. 2008;51(8):568-78.

13. Meeker JD, Cooper MR, Lefkowitz D, Susi P. Engineering control technologies to reduce occupational silica exposures in masonry cutting and tuckpointing. Public Health Reports. 2009;124(Suppl 1):101.

14. Nij ET, Hilhorst S, Spee T, Spierings J, Steffens F, Lumens M, et al. Dust control measures in the construction industry. Annals of Occupational Hygiene. 2003;47(3):211-8.

15. Lumens ME, Spee T. Determinants of exposure to respirable quartz dust in the construction industry. Annals of Occupational Hygiene. 2001;45(7):585-95.

16. Cavariani F, Bedini, L.a, De Rossi, M.a, Papandrea, F.a, Carai, A.a, Cacchioli, G. Exposure to respirable crystalline silica during restructuring activities in residential buildings. 2006; 28(2):209-10.

17. Akbar-Khanzadeh F, Brillhart RL. Respirable crystalline silica dust exposure during concrete finishing (grinding) using hand-held grinders in the construction industry. Annals of Occupational Hygiene. 2002;46(3):341-6.

18. Mariammal T, Amutha Jaisheeba A, Sornaraj R. Work Related Respiratory Symptoms and Pulmonary Function Tests Observed Among Construction and Sanitary Workers of Thoothukudi. International Journal of PharmTech Research. 2012;4(3):1266-73.

19. Dement JM, Welch L, Bingham E, Cameron B, Rice C, Quinn P, et al. Surveillance of respiratory diseases among construction and trade workers at Department of Energy nuclear sites. American journal of industrial medicine. 2003;43(6):559-73.

20. Azari MR, Nasermoaddeli A, Movahadi M, Mehrabi Y, Hatami H, Soori H, et al. Risk assessment of lung cancer and asbestosis in workers exposed to asbestos fibers in brake shoe factory in Iran. Ind Health. 2010;48(1):38-42.

21. Rice F, Park R, Stayner L, Smith R, Gilbert S, Checkoway H. Crystalline silica exposure and lung cancer mortality in diatomaceous earth industry workers: a quantitative risk assessment. Occupational and environmental medicine. 2001;58(1):38-45.

22. Mannetje At, Steenland K, Attfield M, Boffetta P, Checkoway H, DeKlerk N, et al. Exposure-response analysis and risk assessment for silica and silicosis mortality in a pooled analysis of six cohorts. Occupational and environmental medicine. 2002;59(11):723-8.

23. OSHA. Significance of Risk Section 7. Occupational Safety & Health Administration.; 1997. https://www.osha.gov.

24. Beaudry C, Lavoué J, Sauvé J-F, Bégin D, Senhaji Rhazi M, Perrault G, et al. Occupational exposure to silica in construction workers: a literature-based exposure database. Journal of occupational and environmental hygiene. 2013;10(2):71-7.

25. Thomas CR, Kelley TR. A brief review of silicosis in the United States. Environmental health insights. 2010;4:21-6.

26. Aghilinezhad M, Jamaati H, Farshad A, Mostafaei M, Shidfar F, Atari G. Investigation of prevalence rate of silicosis in silica powder production workers in Azandarian-Malayer in 2001-2002. Iran occupational health journal. 2006; 2(3):76-80.

27. Saranjam B. Validation of an adapted NIOSH method for analysis of airborne crystalline silica. Shahid Beheshti University of Medical Sciences.School of Public Health; 2014.

28. Flanagan ME, Seixas N, Majar M, Camp J, Morgan M. Silica dust exposures during selected construction activities. AIHA Journal. 2003;64(3):319-28.

29. Rappaport S, Goldberg M, Susi P, Herrick R. Excessive exposure to silica in the US construction industry. Annals of Occupational Hygiene. 2003;47(2):111-22.

30. Tjoe NE, Heederik D. Risk assessment of silicosis and lung cancer among construction workers exposed to respirable quartz. Scandinavian journal of work, environment & health. 2005;31:49-56.

31. Yassin A, Yebesi F, Tingle R. Occupational exposure to crystalline silica dust in the United States, 1988–2003. Environmental health perspectives. 2005;113(3):255-60.

32. Radnoff D, Todor MS, Beach J. Occupational Exposure to Crystalline Silica at Alberta Work Sites. Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2014(just-accepted).

33. Deurssen E, Pronk A, Spaan S, Goede H, Tielemans E, Heederik D, et al. Quartz and Respirable Dust in the Dutch Construction Industry: A Baseline Exposure Assessment as Part of a Multidimensional Intervention Approach. 2014;58(6):724-38.

Determination of Construction Workers' Exposure to Respirable Crystalline Silica and Respirable Dust

Tavakol E[1], Rezazadeh Azari M[2*], Salehpour S[3], Khodakarim S[1]

Background and Objectives: The dust raised in construction activities is one of the most important occupational hazard for health of construction workers. Due to the nature of the raw materials used, dust contains crystalline silica, which is classified as a confirmed human carcinogen. Due to the lack of personal monitoring of construction workers in Iran, this study was designed to evaluate occupational exposure to the general dust and its component crystalline silica.

Materials and Methods: In this cross-sectional study, occupational exposure of 85 construction workers was evaluated. Workers were monitored for respirable general dust and crystalline silica using methods issued by the National Institute of Occupational Safety and Health (No.0600 and No.7602). Risk assessments in the form of excess mortality rate due to silicosis and lung cancer based on the models presented by Rice and Manettej were calculated.

Results: The mean exposure of workers to general respirable dust and respirable crystalline silica dust were 9.8 ± 0.35 and 0.13 ± 0.019 as mg/m3 respectively. Workers' exposure in various task groups had statically significant differences in exposures to respirable dust ($P<0.001$) and respirable crystalline silica ($P = 0.007$). Task groups batching and concrete workers had the highest average exposure to general respirable dust (11.38 ±0.77 mg/m3). Cement workers had highest mean exposure to respirable crystalline silica dust (0.184 ±0.07 mg/m3). Construction workers' risk for Mortality rate of silicosis and lung cancer were predicted to be in range of 1-40 and 49-21 per thousand respectively.

Conclusion: Due to the high exposure and unacceptable risk assessment of Iranian construction workers to respirable crystalline silica and respirable general dusts, administrative and technical control measures are justified.

Keywords: *occupational exposure, construction industry, respirable general dust, respirable crystalline silica, risk assessment*

1. Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran, Iran.
2. Safety Promotion and Injury Prevention Research Center, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran, Iran.
3. Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health, School of health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

***Corresponding Author: mrazari@sbmu.ac.ir**