ORIGINAL ARTICLE

Evaluation of Workers' Exposure to Crystaline Silica Particles in Some Factories of Mazandaran Province

Mahmoud Mohammadyan[1],
Mohammadd Rokni[2],
Shahram Islami[3],
Abolghasem Fazeli[4]

[1] Health Siences Research Center, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[3] Faculty of Pharmacy, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[4] General Practitioner, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received June 18 , 2011 ; Accepted February 20, 2012)

Abstract

Background and purpose: Workers' exposure to respirable silica particles especially free crystalline silica in workplace could result in some dangerous diseases such as silicosis or lung fibrosis. This study was carried out to evaluate the workers' exposure to free crystalline silica particles in some industries using the infrared spectrophotometery method.

Materials and methods: In this cross sectional study respirable silica dust was collected from workers' breathing zone using personal sampling device and a cyclone separator with a PVC filter. Then samples containing silica were analyzed by infrared spectrophotometery method based on NIOSH method 7602.

Results: The mean of exposure to respirable silica particles within the workers' breathing zone in four industries was considerably higher than the threshold limit value recommended by ACGIH. Workers' exposure to crystalline silica particles ranged from 0.03 mgm^{-3} to 0.57 mgm^{-3} and there was a significant difference between the mean of respirable particle concentrations within the workers' breathing zone.

Conclusion: Individuals working in asphalt production, foundry, sand and gravel mining and brick manufacturing are exposed to crystalline silica particle more than the standard level. Hence, in order to prevent silica related diseases more emphasize on health and safety issues are of great importance.

Keywords: Workers' exposure, crystalline silica, Mazandaran, spectrophotometery

J Mazand Univ Med Sci 2012; 22(88): 18-24 (Persian).

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و دوم شماره ۸۸ اردیبهشت سال ۱۳۹۱ (۲۴-۱۸)

ارزیابی میزان مواجهه کارگران با ذرات سیلیس بلوری در کارگاه‌های استان مازندران

محمود محمدیان[۱]
محمد رکنی[۲]
شهرام اسلامی[۳]
ابوالقاسم فاضلی[۴]

چکیده

سابقه و هدف: تماس کارگران با ذرات قابل استنشاق سیلیس و به‌خصوص سیلیس آزاد به‌صورت کوارتز در محیط کار منجر به عوارض خطرناکی مانند سیلیکوزیس یا فیبروز ریه ناشی از سیلیس می‌شود. این تحقیق با هدف تعیین میزان مواجهه شغلی کارگران با سیلیس کریستالی و با استفاده از روش اسپکتروفتومتری مادون قرمز در صنایع انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی- مقطعی ذرات قابل استنشاق گرد و غبار سیلیس کریستالی از منطقه تنفسی کارگران با استفاده از نمونه بردار فردی و سیکلون با فیلتر پی وی سی نمونه‌برداری وسپس مورد ارزیابی قرار گرفت. آنالیز نمونه‌های دارای سیلیس با استفاده از روش اسپکتروفتومتری مادون قرمز (IR) و بر اساس روش ۷۶۰۲ انستیتوی ملی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی آمریکا انجام شد.

یافته‌ها: میانگین تماس با ذرات قابل استنشاق سیلیس در هوای منطقه تنفسی در کارگران چهار گروه صنعتی به‌طور قابل ملاحظه‌ای از حدود مجاز ارائه شده توسط ACGIH بیشتر است. دامنه تغییرات مواجهه کارگران با سیلیس کریستالی از حداقل ۰/۰۳ تا حداکثر ۰/۵۷ mgm^{-3} می‌باشد و اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران این صنایع وجود دارد.

استنتاج: کارگران شاغل در کارگاه‌های ریخته‌گری، تولید آسفالت، آجرپزی و تولید شن و ماسه در معرض ذرات قابل استنشاق سیلیس آزاد در حدود بالاتر از استاندارد می‌باشند و اقدامات کنترل مهندسی و بهداشتی برای کاهش تماس و پیشگیری از بیماری‌ها و عوارض مزمن ضروری است.

واژه های کلیدی: مواجهه کارگران، سیلیس بلوری، مازندران، اسپکتروفتومتری

مقدمه

ذرات قابل استنشاق ترکیبات سیلیس در هوای محیط کار یکی از عوامل شیمیایی موجود در کارگاه‌های تولیدی مانند ریخته‌گری، تولید آسفالت، تولید شن و ماسه و تولید آجر است که در آن‌ها از ماسه

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی شماره ۵- ۸۸ است که توسط معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران تامین شده است.

مولف مسئول: محمد رکنی- ساری: معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی مازندران، گروه بهداشت محیط و حرفه ای E-mail: Rokni123@yahoo.com

۱. مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران
۲. دانشگاه علوم پزشکی مازندران
۳. دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران
۴. پزشک عمومی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران

تاریخ دریافت : ۹۰/۳/۲۸ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۹۰/۴/۲۰ تاریخ تصویب : ۹۰/۱۲/۱

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

حاوی سیلیس در فرایند تولید استفاده می‌شود. تماس کارگران با ذرات قابل استنشاق سیلیس و به‌خصوص سیلیس آزاد به صورت کوارتز در محیط کار منجر به عوارض خطرناکی مانند سیلیکوزیس یا فیبروز ریه ناشی از سیلیس می‌شود(۳-۱). در صورت پیشرفت سیلیکوزیس سایر بیماری‌های ریوی ناشی از عوامل بیولوژیک همچون سل هم در ریه ایجاد می‌شود و موجب نارسایی بیشتر تنفسی در کارگران می‌شود(۴). همچنین تحقیقات دیگری نشان داده است که تماس طولانی مدت با سیلیس آزاد کریستالی احتمال بروز سرطان ریه را در کارگران معرض آن افزایش می‌دهد(۷-۵). رایس و همکارانش در یک مطالعه مرگ و میر ۲۳۴۲ نفر از کارگران معادن سیلیس کالیفرنیا را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه‌گیری کردند که احتمال بروز سرطان ریه با بالا رفتن میزان تماس با ذرات قابل استنشاق سیلیس کریستالی افزایش می‌یابد(۸) حالت فیزیکی سیلیس کریستالی در مولکول دی‌اکسید سیلیسیوم به‌صورت یک الگوی تکراری با فواصل منحصربه فرد، ساختمان مشبک و ارتباط زاویه دار اتم‌ها می‌باشد. اشکال سیلیس کریستالی شامل کوارتز، کریستوبالیت، تریدیمیت، کیاتیت، سوئزیت، استیشوویت و موگانیت می‌باشد(۹). در طبیعت، اغلب افراد با کوارتز کریستالی در تماس هستند و به دلیل وفور آن، معمولاً به جای واژه سیلیس کریستالی از آن استفاده می‌شود. شایع‌ترین ویکی از قدیمی‌ترین بیماری ایجاد شده توسط سیلیس، بیماری سیلیکوزیس است. این بیماری ریوی که اغلب بدون علایم است توسط استنشاق ذرات قابل استنشاق سیلیس متبلور ایجاد می‌گردد(۱۰،۱۱).

مأموران رسیدگی به شکایات در انجمن ایمنی و بهداشت شغلی امریکا در مطالعه‌ای بر روی کارگران در مواجهه با کوارتز در صنایع بین سال های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۲ با این نتیجه رسیدند که در ۴۸ درصد این صنایع میانگین مواجهه کارگران با ذرات قابل استنشاق سیلیس از حد مجاز آن بیشتر بود(۱۲). از آن‌جا که تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای در مورد تماس شغلی کارگران شاغل با سیلیس آزاد در صنایع تولیدکننده یا استفاده کننده از ترکیبات سیلیس در استان مازندران انجام نشده است و حدود ۴۰۰۰ کارگر در گروه‌های صنعتی مورد تحقیق به کار مشغولند. این تحقیق با هدف تعیین میزان مواجهه شغلی کارگران با سیلیس کریستالی و با استفاده از روش اسپکتروفتومتری مادون قرمز در صنایع تولید آسفالت، تولید شن و ماسه، ریخته‌گری و تولید آجر در استان مازندران در ۶ ماه آخر سال ۱۳۸۸ و شش ماه آخر سال ۱۳۸۹ انجام شد.

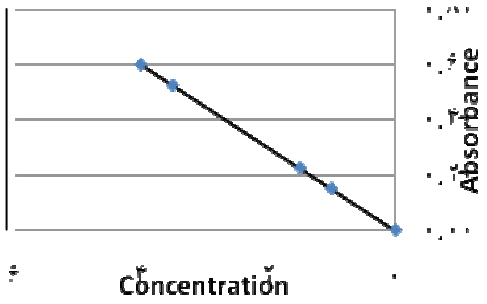
مواد و روش‌ها

در این مطالعه توصیفی- مقطعی غلظت ذرات قابل استنشاق گرد و غبار سیلیس کریستالی در منطقه تنفسی کارگران شاغل با حداقل یک‌سال سابقه کاری و بدون در نظرگرفتن سایر آلاینده‌های محیطی مورد ارزیابی قرار گرفت. کارگاه‌های مورد نظر از میان چهار گروه صنعتی در منطقه تحت پوشش معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی وخدمات بهداشتی درمانی مازندران که در فرایند آن‌ها ترکیبات حاوی سیلیس نقش اصلی دارد، تعیین گردید. با در نظرگرفتن ضریب اطمینان ۹۵ درصد و انحراف از میانگین به‌دست آمده از مطالعات مشابه (۰/۱۸) و برآورد خطای ۰/۰۵ و با استفاده از فرمول $n=(z^2*\delta^2)/d^2$ تعداد ۴۸ نمونه از ۴ گروه صنعتی مورد نظر برداشت شد. چون تعداد کارگران شاغل در قسمت تولید این صنایع که مستقیماً با گرد و غبار سیلیس در تماس بوده در کارگاه‌ها تقریباً مساوی هستند، از لیست کارگران شاغل در قسمت‌های تولیدی هر گروه شغلی در معرض استنشاق ذرات سیلیس به‌طور تصادفی ۱۲ کارگر انتخاب شدند. کارگاه‌های ریخته‌گری مورد مطالعه در شهرستان‌های ساری و قائم‌شهر، کارگاه‌های تولید آجر در شهرستان های نکا و جویبار، کارگاه‌های تولید شن و ماسه در شهرستان‌های قائم‌شهر و سوادکوه و کارگاه‌های تولید آسفالت در

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

شهرستان‌های قائم‌شهر و آمل وجود داشتند. در این مطالعه ابتدا با استفاده از پرسشنامه اطلاعات مورد نیاز مداخله‌گر که در میزان مواجهه کارگران با ذرات گرد و غبار مؤثر هستند جمع‌آوری گردید. برای تعیین میزان مواجهه فردی کارگران با سیلیس آزاد، غلظت ذرات قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران توسط دستگاه‌های نمونه‌بردار فردی و بر اساس روش ۷۶۰۲ استاندارد نمونه‌برداری و تجزیه سیلیس آزاد پیشنهادی توسط انستیتوی ملی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی آمریکا (National Institute of Occupational Safety and Health) یا NIOSH اندازه‌گیری شد(۱۳). با استفاده از پمپ استاندارد شده مخصوص نمونه‌برداری فردی که قبلاً در آزمایشگاه میزان دبی آن با دقت تعیین شده بود (Apex pro personal sampling pump, Casella, UK) نمونه هوای آلوده برداشت می‌شد. برای جداسازی ذرات غیر قابل استنشاق و جمع‌آوری نمونه‌های ذرات قابل استنشاق از سیکلون (SKC Aluminum Cyclone, UK) با نگهدارنده فیلتر ۳۷ میلی‌متری استفاده شد. فیلتر ۳۷ میلی‌متری از جنس پلی ونیل کلراید در داخل نگهدارنده فیلتر قرار می‌گرفت و سپس دستگاه نمونه‌بردار در منطقه تنفسی که نیم‌کره‌ای است به قطر تقریبی ۳۰ سانتی‌متر در جلو دهان و بینی کارگر، قرار می‌گرفت. نمونه‌برداری در طول یک شیفت کاری و در محدوده زمانی ۸ صبح تا ۱۶ بعد از ظهر انجام می‌شد. برای حذف عوامل ایجادکننده خطا در طول نمونه‌برداری به ازای هر ۵ نمونه برداشت شده یک شاهد در نظر گرفته شد. نمونه‌ها طبق روش استاندارد به آزمایشگاه حمل و براساس روش ۷۶۰۲ مذکور بازیافت و آماده‌سازی صورت گرفت.

آنالیز نمونه‌های دارای سیلیس با استفاده از روش اسپکتروفتومتری مادون قرمز(IR) انجام شد که دارای حساسیت و اطمینان زیاد می باشد(۱۴). برای رسم منحنی کالیبراسیون نیاز، به نمونه‌های استاندارد گرد و غبار قابل استنشاق کوارتز خالص در مقادیری نیاز است که بتواند غلظت‌های کمتر و بیشتر از مقادیر حدود مجاز را تحت پوشش قرار دهد. بدین ترتیب نمونه‌های استاندارد با مقادیر ۱، ۱/۵، ۳/۵ و ۴ میکروگرم کوارتز قابل استنشاق با ۸۰ درصد خلوص آماده گردید. نمونه‌های استاندارد آماده شده در بالاترین پیک باند جذبی (طول موج $810 m^{-1}$) در دستگاه (FT-IR, Perkin Elmer Pergamon 781) قرائت و منحنی استاندارد کوارتز تهیه شد (نمودار شماره ۱). با دقت در تعیین مؤثرترین طول موج، پیک‌های مداخله‌گرها نیزحذف گردیدند. تکرار آزمایش نشان داد که باید نسبت وزن برماید پتاسیم به وزن قرص تهیه شده حدود ۰/۹۸ باشد تا بهترین نتیجه عاید گردد. از منحنی کالیبراسیون تهیه شده برای سنجش کمی کوارتز موجود در گرد و غبار قابل استنشاق در نمونه‌های مجهول به‌دست آمده از هوای منطقه تنفسی کارگر استفاده شد.



نمودار شماره ۱: منحنی استاندارد سیلیس کریستالی با استفاده از غلظت‌های مختلف

نمونه‌ها پس از برداشت از محیط کار از نگه‌دارنده فیلتر سیکلون خارج و در ظروف مخصوص نگهداری فیلتر قرار داده شد. پس از سوزاندن فیلتر توسط حرارت ۵۵۰ درجه در کوره، نمونه‌ها و شاهد با برماید پتاسیم مخلوط و آماده شده پس از تبدیل به قرص‌های ۱۳ میلی‌متری به وزن ۰/۱ میلی‌گرمی جهت قرائت در دستگاه FT-IR (Fourier transform infrared spectrophotometry) ساخت شرکت Perkin Elmer instruments که مجهز به

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

نرم‌افزار Spectrum Quanta for Spectrum V6 بود، قرار می‌گرفت و در بالاترین پیک باند جذبی (طول موج $810 m^{-1}$) توسط نرم‌افزار Spectrum one Bv5.0 با روش مادون قرمز مورد آنالیز کمی قرار گرفت. تحلیل اطلاعات به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 15 و با استفاده از تست‌های آماری آنالیز واریانس صورت گرفت و $p = ۰/۰۵$ معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها از پرسشنامه نشان داد که ۸۳ درصدکارگران مورد بررسی در گروه سنی ۴۰-۲۰ قرار دارند و ۷۹ درصد این افراد سابقه کاری کمتر از ۱۰ سال داشتند. همچنین ۸۸ درصد درصد کارگران مورد مطالعه تحصیلات زیر دیپلم داشتند (جدول شماره ۱).

بررسی مواجهه کارگران صنایع استفاده کننده از مواد معدنی حاوی سیلیس در استان مازندران نشان داد که میانگین تماس با ذرات قابل استنشاق سیلیس در هوای منطقه تنفسی در کارگران چهار گروه صنعتی معادل $۰/۲۶ mgm^{-3}$ و به‌طور قابل ملاحظه‌ای از حدود مجاز ارائه شده توسط کنفرانس دولتی بهداشت صنعتی آمریکا[1] (ACGIH) بیشتر است(۱۵). نتایج حاصل از نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها در جدول شماره ۲ خلاصه شده است. همان‌گونه که جدول نشان می‌دهد دامنه تغییرات مواجهه کارگران با سلیس کریستالی از حداقل ۰/۰۳ میلی گرم در متر مکعب، یعنی بیشتر از حد آستانه مجاز ACGIH (۰/۰۲۵ میلی گرم در متر مکعب) برای کارگری در کارگاه تولید آسفالت شروع شده و تا ۰/۵۷ میلی‌گرم در متر مکعب (حدود ۲۲ برابر حد مجاز) مربوط به کارگری در همین کارگاه می‌رسد. مقایسه میانگین غلظت گرد و غبار قابل استنشاق سیلیس در چهار گروه صنعتی توسط آنالیز واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران این صنایع وجود دارد ($p = ۰/۰۵$). بیشترین میانگین تماس در کارگاه‌های ریخته‌گری ($۰/۳۴ mgm^{-3}$) و کمترین میزان تماس در کارگاه‌های آجرپزی وجود داشت ($۰/۱۹ mgm^{-3}$).

بحث

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که میانگین

جدول شماره ۱: مشخصات فردی کارگران مورد مطالعه در کارگاه های شن و ماسه، ریخته گری، تولید آسفالت و آجرپزی در استان مازندران در سال ۸۹- ۱۳۸۸

مشخصات / گروه	سن (سال)	تعداد (درصد)	سابقه کار (سال)	تعداد (درصد)	سواد	تعداد (درصد)
اول	۲۹-۲۰	۲۲ (۴۶)	۵-۱	۲۸ (۵۸)	بی سواد	۳ (۶)
دوم	۳۹-۳۰	۱۸ (۳۷)	۱۰-۶	۱۰ (۲۱)	ابتدایی	۱۰ (۲۱)
سوم	۴۹-۴۰	۸ (۱۷)	۱۵-۱۱	۸ (۱۷)	راهنمایی و متوسطه	۳۲ (۶۷)
چهارم	۵۰ و بالاتر	۰ (۰)	۲۰-۱۶	۲ (۴)	دانشگاهی	۳ (۶)

جدول شماره ۲: غلظت سیلیس آزاد در هوای منطقه تنفسی کارگران صنایع استفاده کننده از مواد معدنی سیلیس دار در استان مازندران در سال ۸۹-۱۳۸۸

کارگاه	تعداد	میانگین mgm^{-3}	انحراف معیار mgm^{-3}	حداقل mgm^{-3}	حداکثر mgm^{-3}
ریخته گری	۱۲	۰/۳۴	۰/۱۱	۰/۱۹	۰/۵۵
آجر پزی	۱۲	۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۴۳
تولید شن و ماسه	۱۲	۰/۲۸	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۴۴
تولید آسفالت	۱۲	۰/۲۴	۰/۱۷	۰/۰۳	۰/۵۷
مجموع	۴۸	۰/۲۶	۰/۱۳	۰/۰۳	۰/۵۷

1. American Conference of governmental Industrial Hygenists

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

تماس کارگران با ذرات قابل استشاق گرد و غبار سیلیس آزاد در کارگاه‌های ریخته‌گری، آجرپزی، تولید شن و ماسه و تولید آسفالت به‌ترتیب ۰/۳۴، ۰/۱۹، ۰/۲۸ و ۰/۲۴ میلی‌گرم بر متر مکعب است که بیش از حدود مجاز توصیه شده توسط سازمان‌های بین‌المللی و حد تماس شغلی ارائه‌شده کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور ایران ($0/05 mgm^{-3}$) است(۱۶). نتایج حاصل از این تحقیق مؤید نتایج حاصل از مطالعاتی بین‌المللی است که نشان می‌دهد غلظت ذرات قابل استنشاق سیلیس آزاد در منطقه تنفسی کارگران شاغل در صنایع مشابه بیش از حدود مجاز توصیه شده می‌باشد(۵). به‌عنوان مثال تحقیقات انجام شده در بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۲ در ایالات متحده آمریکا نشان داد که غلظت ذرات قابل استنشاق سیلیس در صنعت آجرسازی، شن و ماسه و صنایع دیگر مشابه بیش از حد استاندارد می‌باشد(۱۲). همچنین مطالعه‌ای درایالات متحده بر روی کارگران در تماس با سیلیس در کارگاه‌های شن و ماسه انجام شد و مشابه با نتایج حاصل از این بررسی چنین نتیجه‌گیری کرد که میانگین میزان تماس کارگران با سیلیس آزاد بیش از حد مجاز است(۱۷). در تحقیقات انجام شده در ایران نیز که توسط دهقان و همکاران در کارخانه شیشه‌سازی و همچنین توسط نقی‌زاده و همکاران در معدن سنگ آهن خاف با استفاده از روش پراش اشعه ایکس انجام شد، نشان داد که غلظت سیلیس آزاد قابل استنشاق در هوا خیلی بیش از حدود مجاز توصیه شده توسط ACGIH می‌باشد(۱۸،۱۹). در مطالعه‌ای با روش مشابه با مطالعه حاضر آذری و همکاران به این نتیجه رسیدند که دامنه میانگین غلظت گردوغبار قابل استنشاق سیلیس آزاد در منطقه تنفسی کارگران شاغل در کارگاه‌های مختلف از ۰/۱۳۲ تا $0/343 mgm^{-3}$ متغیر است(۲۰). نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت گردو غبار قابل استنشاق سیلیس آزاد در منطقه تنفسی کارگران ریخته‌گری بیش از سایر کارگاه‌ها می‌باشد. اگر چه میزان مصرف ماسه حاوی سیلیس در این صنعت کمتر از کارخانه تولید شن و ماسه و تولید آسفالت می‌باشد ولی به دلیل درصد بالای سیلیس آزاد در ماسه ریخته‌گری و این‌که فعالیت ریخته گری در فضای بسته داخل کارگاهی انجام می‌شود و تهویه طبیعی نقش کمی در رقیق‌سازی ذرات در هوا دارد غلظت میانگین سیلیس آزاد بیش از موارد دیگر است، ولی باید توجه داشت که به‌دلیل استفاده زیاد از ترکیبات حاوی سیلیس آزاد در کارگاه‌های تولید آسفالت، آجرپزی و تولید شن و ماسه بیشتر کارگران این صنایع نیز در معرض ذرات قابل استنشاق به میزان چندین برابر بالاتر از حدود مجاز می‌باشند. از آن‌جا که همه کارگران شاغل در صنایع مورد تحقیق در معرض ذرات قابل استنشاق سیلیس آزاد در حدود بالاتر از استاندارد می‌باشند احتمالاً به بیماری‌ها و عوارض مزمن ناشی از گرد غبار ناشی از استنشاق سیلیس مبتلا خواهند شد. لذا اقدامات کنترل مهندسی و بهداشتی برای کاهش تماس و پیشگیری از عوارض احتمالی ضروری است که باید مورد توجه مسئولین صنایع و کارشناسان بهداشتی قرار گیرد.

References

1. NIOSH. NIOSH alert: Request for assistance in preventing silicosis and deaths in construction workers. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No; p. 96-112.
2. Mossman BT, Churg A. Mechanisms in the pathogenesis of asbestosis and silicosis. Am J Respir Crit Care Med 1998; 157(5 pt 1): 1666-1680.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

3. Heppleston AG. Pathogenesis of mineral pneumoconiosis. In: Parkes WR, ed. Occupational lung disorders. 3rd ed. London: Butterworth-Heinemann Publishers; 1994. p. 100-134.
4. Parker JE. Silicosis. In: Rakel RE, ed. Conn's current therapy. Philadelphia, PA: W.B. Saunders; 1994. p. 207-210.
5. IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. 1st ed. Lyon, France: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer Vol 68, 1997.
6. Cherry NM, Burgess GL, Turner S, McDonald JC. Crystalline silica and risk of lung cancer in the potteries. Occup Environ Med 1998; 55(11): 779-785.
7. McDonald JC, Burgess GL, Turner S, Cherry NM. Cohort study of Staffordshire pottery workers: III. Lung cancer, radiographic changes, silica exposure and smoking habit. Ann Occup Hyg 1997; 41(Supple 1): 412-414.
8. Rice FL, 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. Occup Environ Med 2001; 58(1): 38-45.
9. NIOSH, Hazard Review: Health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health. 2002; [145 screans]. Available at: URL:http://www.cdc.gov/niosh/docs/2002-129/02-129pd.html. Accessed June 12, 2011.
10. DOL. Silica exposure and its effect on the physiology of workers. Proceedings 7th International Pneumoconiosis Conference, Silica silicosis and Silicate disease committee. Department of Labour. Arch Pathol Lab Med 2005; 11: 2673-2720.
11. Guthrie GD Jr, Heaney PJ. Mineralogical characteristics of silica polymorphs in relation to their biological activities. Scand J Work Environ Health 1995; 21(Supple 2): 5-8.
12. Freeman CS, Grossman EA. Silica exposures in the United States between 1980 and 1992. Scand J Work, Environ Health 1995; 21(Supple 2): 47-49.
13. NIOSH, NIOSH Manual of Analytical Methods: Silica, crystalline by IR (KBr pellet). National Institute for Occupational Safety and Health. 2003; [6 screans]. Available at: url:http: // http:// www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7602.pdf. Accessed January 16, 2012.
14. Ojima J. Determination of crystalline silica in respirable dust samples by infrared spectrophotometery in the presence of interferences. J Occup Health 2003; 45(2): 94-103.
15. ACGIH, Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2008; p.: 51.
16. ITCOH. Allowable Occupational Exposure. Tehran: Iranian Technical Committee of Occupational Health; 2001. p. 182 (Persian).
17. Akbar-Khanzadeh F, Brillhart RL. Respirable crystalline silica dust exposure during concrete finishing (grinding) using hand-held grinders in the construction industries. Ann Occup Hyg 2002; 46(3): 341-346.
18. Dehghan HA, Rzavizadeh ND. Survey of free silica level in the workers' breathing zone in the Qazvin glass factory using X-ray

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]

diffraction. Iranian J Public Health 1999; 4(1): 121-132 (Persian).

19. Naghizadeh A, Mahvi AH, Jabari H, Dadpour AAR, Karimi M. Determination the level of dust and free silica in air of khaf Iran Stone Quarries. Iranian J Health Environ 2008; 1(1): 37-44.
20. Azari MR, Rokni M, Salehpour S, Mehrabi Y, Jafari MJ, Moddeli AN, et al. Risk assessment of workers exposed to crystalline silica aerosols in the east zone of Tehran. Tanaffos 2009; 8(3): 43-50.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-09]