مجله مهندسی بهداشت محیط، زمستان ۱۴۰۲، سال ۱۱، شماره ۲ : ۱۶۳-۱۷۷

بررسی میزان مواجهه شغلی سیلیس کریستالی و رابطه آن با ظرفیت ریوی کارگران شاغل در معادن روباز استان البرز در مقایسه با گروه کنترل

آذر موسوی فرد[۱] ، فاطمه زارعی[۲]*، زهرا صفایی[۳]، سکینه احمدی[۴]

[۱] دکتری مهندسی محیط زیست، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، البرز، ایران

[۲] کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، البرز، ایران

[۳] کارشناس مهندسی بهداشت حرفه ای، معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی البرز، البرز، ایران

[۴] کارشناس مهندسی بهداشت حرفه ای، معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی البرز، البرز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۲۹ ، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۸

چکیده

زمینه و هدف: تماس با عوامل زیان‌آور از قبیل گردوغبار در معادن امری معمولی است. با توجه به چالش‌های اندازه‌گیری سیلیس کریستالی هدف این مطالعه بررسی میزان مواجهه شغلی کارگران شاغل در معادن روباز استان البرز با سیلیس کریستالی و رابطه آن با ظرفیت ریوی آنان می‌باشد.

مواد و روش ها: این مطالعه به صورت مقطعی- تحلیلی در معادن استان البرز انجام گرفت. پایش فردی ۹۷ نفر ازکارگران شاغل در معادن با استفاده از روشNIOSH0600 و روش بهینه NIOSH7602 انجام گرفت. اسپیرومتری ۹۷ نفر از کارگران شاغل در معادن استان و ۹۷ نفر ازکارگران یک شرکت صنایع غذایی به عنوان گروه کنترل همزمان با پایش فردی انجام شد. داده‌ها توسط نرم افزار SPSS22 موردتجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها: میانگین گردوغبار سیلیس کریستالی حدود ۲ برابر و گردوغبار کلی تنفسی ۵/۴ برابر استاندارد ایران بود. بین پارامترهای ریوی $FEV_1\%$,FVC%, PEF% بین دوگروه اختلاف معنی دار مشاهده شد. بین میزان گردوغبار سیلیس کریستالی و گردوغبار کلی تنفسی با ظرفیت‌های ریوی $FEV_1/FVC\%$ و $FEV_1\%$ نیز ارتباط معنی دار مشاهده شد.

نتیجه گیری: قرارگرفتن در معرض گردوغبار شغلی کنترل شده یک پیش نیاز قطعی برای کاهش مشکلات تنفسی در بین کارگران معدن است. با توجه به یافته های مطالعه حاضر و کاهش عملکرد ریوی کارگران در مواجهه بیش از حد تماس شغلی با گردوغبار سیلیس کریستالی و گردوغبار کلی تنفسی ، احتمال بروز مشکلاتی در سلامت کارگران معادن درآینده متصور است. به نظر می رسد که راهبردهای فعلی مهندسی بهداشت حرفه‌ای برای حفاظت از کارگران کافی نبوده است.

واژه های کلیدی: سیلیس، ظرفیت ریوی، گردوغبارکلی، معدن

* کارشناس ارشدمهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، البرز، ایران
نویسنده مسئول: Zarei@abzums.ac.ir

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

مقدمه

درایران مواد معدنی بسیار زیادی وجود دارد که بهره برداری از آنها همواره مورد توجه است و انتظار می‌رود که در آینده به طور روزافزونی مورد استخراج قرار گیرند. تماس با عوامل زیان‌آور از قبیل گردوغبار در معادن امری معمولی است. گردوغبار سیلیس آزاد به عنوان مهمترین ترکیب گردوغبار معادن شناخته شده است و یکی از عوامل خطرناک شغلی محسوب می شود [۱،۲].

سیلیس کریستالی در قیاس با سیلیس غیر کریستالی (آمورف) دارای سمیت بیشتری است و توان بیشتری را در ایجاد بیماری دارد [۳]. مهم‌ترین نوع سیلیس کریستالی که در فرآیندهای صنعتی یافت می شود و باید برای حفظ سلامت کارگران هدف پایش قرار گیرد نوع آلفا کوارتز است. استنشاق مستمر گردوغبار حاوی سیلیس کریستالی عامل یکی از مهم ترین بیماری های ریوی ناشی از کار به نام سیلیکوزیس می باشد. سیلیکوزیس شایع ترین پنوموکونیوز حال حاضر جهان بوده که حذف کامل آن تا سال ۲۰۳۰ میلادی از اهداف مشترک ILO و WHO است [۴].

مجد و همکاران در مطالعه خود که برروی ۱۱۷ کارگر معدن فیروزه نیشابور انجام گرفته است اعلام نمودند که از کارگران مورد مطالعه ۷ نفر مبتلاء به بیماری سیلیکوزیس ساده و ۱ مورد مبتلاء به فیبروز پیشرونده ریه و همگی از بازنشستگان معدن فیروزه می باشند. از مجموع ۳۰/۳ درصد شاغلین دارای تست اسپیرومتری غیرنرمال، ۲۵ درصد دارای الگوی انسدادی، ۴ درصد دارای الگوی تحدیدی و ۱/۳ درصد دارای الگوی مختلط بودند. یافته های این پژوهش نشان می دهد که مواجهه کارگران با گردوغبار سیلیس علاوه بر ابتلاء به بیماری سیلیکوزیس، منجر به افزایش دیگر مشکلات تنفسی بویژه بیماری‌های انسدادی ریوی می‌گردد [۵]. Wang و همکاران در مطالعه خود اظهار داشتند که عملکرد ریوی افرادی که مواجهه با گردوغبار سیلیس دارند به طور قابل توجهی ضعیف-تر می باشد. شیوع تنگی نفس و سرفه مزمن در این افراد نسبت به سایر افراد بالاتراست. آنها بیان کردند که کارگران سیلیکوزی مرحله دو و سه، عملکرد ریوی به مراتب بدتری نسبت به کارگران پنوموکونیوزی آزبستی یا کارگران ذغال سنگ دارند [۶].

درسال ۱۹۹۷ آژانس بین المللی تحقیقات سرطان سیلیس را در گروه A_1 سرطانزا برای انسان طبقه بندی کرده است [۷].

درسال ۲۰۱۰ انجمن مهندسین بهداشت صنعتی آمریکا حد مجاز مواجهه شغلی ۸ ساعته برای سیلیس کریستالی را ۰/۰۲۵ mg/m^3 پیشنهاد داد و این درصورتی است که سازمان دولتی ایمنی و بهداشت کشور آمریکا حد مجاز مواجهه شغلی برای ۸ ساعت را ۰/۰۱ mg/m^3 الزام کرده است و انستیتوملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا مقدار ۰/۰۵ mg/m^3 را به عنوان حدود مجاز ارائه داده است [۸،۹]. در حال حاضر حد تماس شغلی با سیلیس کریستالی در ایران معادل mg/m^3 ۰/۰۲۵اعلام گردیده است که معادل مقدار توصیه شده از سوی سازمان ACGIH است [۱۰].

مطالعه‌ی انجام گرفته توسط کاکویی و همکاران در یکی از معادن سنگ آهن خراسان رضوی به روش NIOSH7500 نیز نشان داد مقدار گردوغبار کل و قابل استنشاق در تمامی بخش‌های معدن چندین برابر استاندارد بوده است [۱۱]. مطالعه‌ای دیگر توسط کاکویی وهمکاران در سال ۱۳۹۰ در تونل‌های مترو انجام گرفت. در این مطالعه روش NIOSH7601 مورد استفاده قرار گرفت و نتایج نشان داد فرایندهای حفاری و آرماتوربندی دارای بیشترین و کمترین مواجهه با سیلیس هستند. همچنین میان مواجهه شغلی با سیلیس در فرایندهای مختلف کاری اختلاف معنی داری مشاهده شد [۱۲]. صفی نژاد و همکاران نیز در مطالعه خود در معدن آهن گل گهر به این نتیجه رسیدند که مواجهه ۹۶/۶٪ از کارگران معدنکار با گرد و غبار کلی قابل استنشاق بالاتر از حدمجاز بوده است [۲]. در مطالعه‌ی آذری و همکاران در ۱۰ صنعت مختلف شامل برش

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

سنگ،ریخته‌گری، شیشه سازی، آسفالت، معدن شن، ساخت وساز، آجرسازی، تولید سیمان و سرامیک میانگین مواجهه شغلی درمعادن ۰/۲۶۷ میلیگرم بر مترمکعب در رنج ۰/۱۸۴ تا ۰/۳۷۲ بوده است که این مقدار بیش از حد استاندارد مجاز مواجهه شغلی ایران است و ریسک ابتلا به سرطان ریه در این صنعت ۹۸ گزارش شده است[۱۳]. براساس مطالعات انجام شده کارگران شاغل در معدن در معرض بیماری‌های ریوی حاد و مزمن قرار دارند. باتوجه به اولویت مطالعات پژوهشی مواجهه با سیلیس کریستالی وکنترل بیماری سیلیکوزیس توسط سازمان جهانی بهداشت و وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی کشور و با توجه به کاربرد گسترده مواد کانی حاوی سیلیس کریستالی در صنایع، ارزشیابی مواجهه شغلی کارگران از اهمیت خاصی در موضوع کنترل مواجهه سیلیس کریستالی و تامین سلامت آنان برخوردار است. مواجهه با سیلیس کریستالی و کنترل بیماری سیلیکوزیس از طرح‌های اولویت‌دار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی است و کنترل آن مستلزم اطلاع مستمر از میزان مواجهه می‌باشد. با توجه به محدودیت مطالعات در زمینه ارزیابی کارگران معادن استان البرز با سیلیس کریستالی و چالش‌های اندازه‌گیری سیلیس کریستالی هدف این مطالعه بررسی میزان مواجهه شغلی کارگران شاغل در معادن روباز استان البرز با سیلیس کریستالی و ارتباط آن با ظرفیت ریوی می‌باشد.

مواد و روش

این مطالعه به صورت مقطعی- تحلیلی در معادن روباز استان البرز انجام گرفت. تعداد معادن موجود در استان البرز۳۰ معدن شن وماسه روباز می باشد که به عنوان جامعه آماری در نظر گرفته شد ولیکن با توجه به شرایط اقتصادی و عدم فعالیت تعدادی از معادن و همچنین همکاری نکردن جهت انجام کارتحقیقاتی، تنها ۱۹معدن وارد مطالعه شدند. تعداد نمونه ها براساس فرمول ذیل ۸۷ نفر محاسبه گردید که با در نظر گرفتن ۱۰ درصد ریزش ۹۷ نفر وارد مطالعه شدند[۱۴].

$$n = \frac{\delta_1^2 \pm \delta_2^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2} \times \left(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\beta}\right)^2$$

$\delta_1 = 13.2$, $\delta_2 = 15.04$, $\mu_1 = 80.54$, $\mu_2 = 86.52$

$\alpha = 0.05$, $Z_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1.96$, $Z_{1-\beta} = 0.8$

هیچ یک از کارگران معادن از وسایل حفاظت فردی استفاده نمی‌کردند. آنها تنها از پارچه ای جهت پوشاندن صورت استفاده می کردند و دلیل استفاده نکردن از وسایل حفاظت فردی را اینگونه بیان کرده اند که" آنها در معادن روباز کار می‌کنند و در فصل تابستان استفاده از ماسک برای آنها با محدودیت و ریزش عرق فراوان روبرو است و تمایلی به استفاده از وسایل حفاظت فردی در هیچ یک از فصول بخصوص فصل تابستان ندارند و استفاده از دستمال برای آنها راحت‌تر است و هم صورت وهم دهان و بینی خود را می پوشانند".

درمرحله اول، بازدید از معادن برای تعیین مشخصات مواجهه انجام گرفت. پایش فردی ۹۷ نفر از کارگران شاغل در معادن با استفاده از پمپ نمونه برداری فردی SKC و سیکلون پلاستیکی حاوی فیلتر میکس سلولز استر ۲۵ میلی متری با پورسایز ۰/۸میکرون ساخت شرکت SKC در ۴ساعت کاری انجام گرفت. دبی L/m ۱/۷ درنظر گرفته شد. نمونه‌برداری گردوغبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی و آنالیز بر اساس روشNIOSH0600 و روش بهینه NIOSH7602 انجام گرفت.

قبل از نمونه برداری فیلترها به مدت ۲۴ ساعت داخل دسیکاتورقرارداده شد. سپس با ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۰۱گرم توزین شد. پس از نمونه برداری دوباره فیلترها به مدت ۲۴ ساعت درون دسیکاتور قرار داده شد و سپس وزن ثانویه فیلتر اندازه‌گیری شد. فیلترها در هر نوبت اندازه‌گیری سه بار وزن شدند و میانگین آن تعیین و غلظت گردوغبار با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد :

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

(رابطه۱)

$$C=\frac{(w2-w1)-(B2-B1)}{V}\times 10^{3}$$

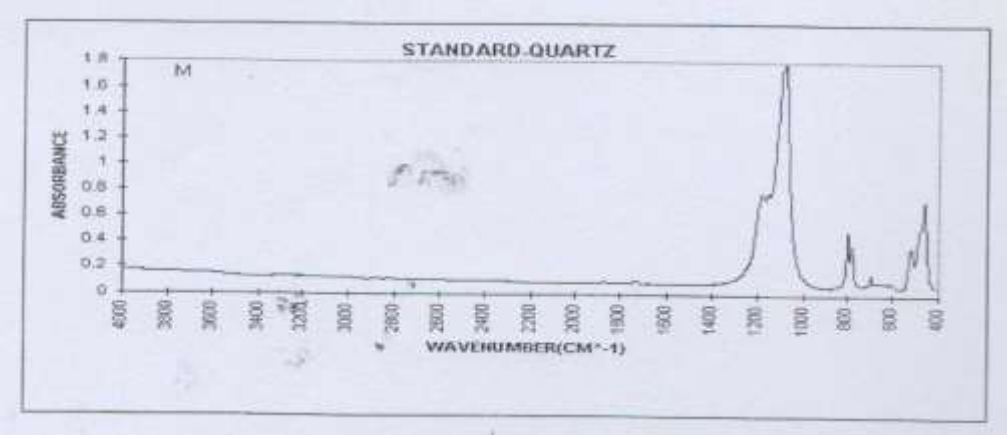
جهت آنالیز نمونه های مجهول سیلیس کریستالی، ابتدا نمودار استاندارد توسط دستگاه FT-IR رسم گردید. بدین منظور از کوارتز خریداری شده از شرکت MERK آلمان استفاده گردید. کوارتز خریداری شده، در دامنه ۱۰ الی ۵۰ میکرون در آسیاب ویژه سازمان انرژی اتمی پودر شد و پس از غربالگری با دانه‌های زیر ۲۰ میکرون، درصد خلوص آن توسط آزمایشگاه رفرانس زمین شناسی شرکت کانساران بینالود با استفاده از دستگاه XRD بیشتر از ۹۹ درصد تعیین گردید. حدود ۴ میلی‌گرم از پودر سیلیس آماده شده به ۴ میلی لیتر حلال استون اضافه شد و با استفاده از مگنت بر روی همزن مغناطیسی در حالت سوسپانسیون قرار داده شد. سپس با استفاده از میکرو سمپلر حجم های ۲۰-۴۰-۶۰-۸۰-۱۴۰-۱۶۰ میکرولیتر که حاوی جرم های ۲۰، ۴۰، ۶۰،۸۰، ۱۴۰، ۱۶۰ سیلیس بر حسب میکرو گرم بودند بر روی فیلتر های MCE ریخته شد. ۲۰۰ میلی گرم پتاسیم بروماید به نمونه های استاندارد اضافه گردید و نمونه ها پس ازخشک شدن استون، در کوره الکتریکی ساخت شرکت Muffle به مدت ۲ ساعت در دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد قرارداده شدند. نمونه ها پس از خروج از کوره در هاون به صورت همگن در آمده و به قالب‌های فلزی ۱۳ میلیمتری انتقال داده شدند و سپس توسط دستگاه پرس در فشار۲۰ مگا پاسگال به مدت ۲دقیقه به قرص تبدیل شدند. قرص های آماده شده با دامنه جرمی۲۰ الی ۱۶۰میکروگرم به ترتیب افزایش جرم سیلیس کریستالی دردستگاه FT-IR مدل WQF-510A ساخت شرکت چین قرارداده شد و در دامنه ۸۲۵-۷۱۰ عدد موجی برای جذب اسکن شدند. فرمول خط کالیبراسیون با استفاده از میزان جذب در دامنه ۸۲۵-۷۱۰ عدد موجی محاسبه گردید و این فرمول برای محاسبه غلظت نمونه‌های مجهول مورد استفاده قرار داده شد. میزان جذب نمونه های محیط کار با استفاده از نرم افزار دستگاه FT-IR محاسبه گردید. سپس با توجه به نمونه های استاندارد و فرمول خط کالیبراسیون، سیلیس کریستالی تعیین مقدار شد.

جدول۱. مقادیر نمونه های استاندارد سیلیس

سطح زیرپیک	نمونه استاندارد
۰/۰۵۲۲۴۱	۱۵
۰/۱۰۷۰۲۹	۲۰
۰/۴۲۳۸۲۷	۴۰
۰/۷۳۰۶۳۷	۶۰
۱/۰۴۲۵۵۷	۸۰
۱/۳۴۶۳۸۲	۱۰۰
۱/۶۰۰۵۸۸	۱۲۰
۱/۸۵۴۷۹۳	۱۴۰
۲/۰۷۰۰۹۳	۱۶۰

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]



شکل ۱. اسپکتوگرام مربوطه به کوارتز با استفاده از دستگاه FT-IR

اسپیرومتری ۹۷ نفر از کارگران شاغل در معادن استان همزمان با پایش فردی توسط دستگاه Spiro lab و براساس دستورالعمل متخصصان ریه آمریکا انجام گرفت. اسپیرومتری ۹۷ نفر از کارگران شاغل در کارخانه صنایع غذایی نیز به عنوان گروه کنترل انجام شد. تطبیق گروه هدف و کنترل از لحاظ سنی و جنسی به منظور اسپیرومتری انجام گرفت. معیارهای ورود به مطالعه عبارت بود از: سابقه کار بالای۱سال و عدم سیگاری بودن. ولیکن در مطالعه حا ضر به علت اینکه اغلب کارگران معادن سیگاری هستند و باتوجه به تعطیلی معادن و به منظور پوشش دادن تعداد نمونه های مطالعه، کارگران سیگاری نیز وارد مطالعه شدند ولیکن گروه کنترل نیز به گونه ای انتخاب شد که شامل افراد سیگاری باشد که اختلاف معنی داری با گروه مورد نداشته باشند. در نهایت با استفاده از آزمون های آماری عامل سیگاری بودن به عنوان عامل مداخله گر در نظر گرفته شد و اثرات آن تعدیل گردید. معیار خروج از مطالعه برای افرادی که اسپیرومتری می‌شوند عبارت ا ست از بیماری‌های تنف سی، بیماری‌های حاد، عفونت گوش و ..... که از اطلاعات پرونده پز شکی افراد وم صاحبه با آنها بد ست آمد. لذا افراد دارای م شخ صه‌های فوق از مطالعه حذف شدند. دلیل انتخاب کارخانه صنایع غذایی به عنوان گروه کنترل، انتخاب گروهی با شرایط یکسان اقتصادی و اجتماعی با گروه مواجهه می باشد که مواجهه ای با گردوغبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی ندارند و از نظر مواجهه با آلودگی هوا و... در یک بعد مکانی و زمانی هستند. داده ها پس از ورود به نرم افزار $SPSS_{22}$ موردتجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای رسیدن به اهداف توصیفی، میزان سیلیس کریستالی و ظرفیت ریوی تعیین و بصورت میانگین ± انحراف معیار ارا ئه شد. نر مالیتی داده ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی گردید و آزمونهای پارامتری و ناپارامتری برای تحلیل نتایج مورد استفاده قرار گرفت. آزمون های تی تست، من ویتنی، کای دو ، آنالیز واریانس یکطرفه،رگرسیون خطی و ضریب همبستگی اسپیرمن مورد استفاده قرارگرفت.

یافته ها

آزمون تی مستقل و آزمون من ویتنی نشان داد بین متغیرهای دموگرافیک دو گروه مورد – شاهد اختلاف معنی داری وجود ندارد. آزمون کای دو نیز درخصوص وضعیت سیگاری بودن کارگران دو گروه اختلاف معنی داری نشان نداد ($P=۰/۷۱$). (جدول ۲ و ۳)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

جدول ۲. مشخصات دموگرافیک کارگران گروه مورد و شاهد(تعداد)

	مورد (۹۷)				P	شاهد(۹۷)			
مشخصات	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	انحراف معیار		ماکزیمم	مینیمم	میانگین	انحراف معیار
سن	۴۷	۱۸	۳۲/۸۰	۸/۳	۰/۵۴	۴۶	۱۸	۳۲/۱۵	۶/۴
قد	۱۹۱	۱۶۰	۱۷۲/۹	۶/۶	۰/۳۳	۱۹۷	۱۵۷	۱۷۲/۴۴	۸/۱
وزن	۱۲۵	۵۴	۷۷/۴۴	۱۵/۵	۰/۶۷	۱۲۰	۴۷	۷۵/۳۳	۱۴/۵
BMI	۸۱/۰۴	۱۴/۷	۲۶/۲۵	۷/۱	۰/۳۷	۴۱/۵۲	۱۶	۲۵/۲۴	۴/۰۹
سابقه کار	۲۵	۱	۷/۹	۶/۴	۰/۶۵	۳۰	۱	۷/۹۷	۵/۸

جدول۳. مقایسه وضعیت سیگاری بودن کارگران گروه مورد و شاهد

مشخصات	مورد				P	شاهد			
افراد سیگاری	٪۱۷/۵ (۱۷)				۰/۷۱	٪۲۰/۶(۲۰)			
وضعیت مصرف سیگار	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	انحراف معیار	P	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	انحراف معیار
مدت زمان سیگاری بودن	۷	۲	۴	۱/۵	۰/۸۰	۹	۱	۴/۱	۱/۹
تعداد مصرف سیگار در روز	۲۰	۴	۹/۳	۶/۳	۰/۱۰	۲۰	۵	۶/۵	۴/۶

پایش فردی گردوغبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی تنفسی درکارگران معادن استان البرز انجام شد. نتایج حاصل در جدول ۴ و ۵ ذکر گردیده است. براساس نتایج آزمون واریانس یکطرفه، اختلاف معنی‌داری بین میزان مواجهه با گردوغبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی در معادن مورد بررسی مشاهده شد.(P<۰,۰۰۱)

جدول ۴. میزان مواجهه فردی با گردوغبار کلی تنفسی (mg/m3) به تفکیک معادن

معادن	تعداد کارگران	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	انحراف معیار	P
۱	۴	۰/۹۱	۰/۵۶	۰/۷۷	۰/۱۵	
۲	۶	۱/۱۳	۱/۱۲	۱/۱۲	۰/۰۰۴	
۳	۷	۱/۷	۱/۱۸	۱/۴۳	۰/۲۵	

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

۴	۵	۲/۰۹	۱/۷۵	۱/۸۸	۰/۱۳	
۵	۸	۸۵/۲۴	۲/۱۵	۱۲/۶۵	۲/۹۳	
۶	۴	۲/۶۲	۲/۴۷	۲/۵۶	۰/۰۶۷	
۷	۷	۳/۱۴	۲/۷۴	۲/۸۸	۰/۱۴	
۸	۳	۳/۷۱	۳/۵۱	۳/۵۹	۰/۱۰	
۹	۶	۴/۶۱	۴/۱۰	۴/۳۹	۰/۲۰	
۱۰	۶	۵/۷۰	۴/۶۳	۵	۰/۴	
۱۱	۲	۷/۰۵	۶/۷۷	۶/۹۱	۰/۲۰	<۰/۰۰۱
۱۲	۳	۸/۱۹	۷/۴۷	۷/۸۵	۰/۳۵	
۱۳	۴	۹/۳۴	۸/۴۲	۸/۸۱	۰/۴	
۱۴	۶	۱۳/۷۸	۹/۵۱	۱۱/۴۲	۱/۶۱	
۱۵	۶	۲۰/۰۴	۱۳/۸۵	۱۶/۷۹	۲/۴۸	
۱۶	۶	۸۱/۹۷	۲۰/۸۸	۳۳/۱۸	۲۴/۰۳	
۱۷	۴	۷۴/۱۱	۳۴/۶۸	۴۴/۷۹	۱۹/۵۴	
۱۸	۵	۵۰/۸۵	۳۹/۹۹	۴۷/۲۴	۴/۷۳	
۱۹	۴	۶۵/۸۲	۳۵/۱۴	۵۱/۵۳	۱۲/۶۴	

جدول ۵. میزان مواجهه فردی با گردوغبار سیلیس کریستالی (mg/m^3) به تفکیک معادن

معادن	تعداد کارگران	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	انحراف معیار	P
۱	۴	۰/۰۶۴	۰/۰۱۷	۰/۰۳۴	۰/۰۲۱	
۲	۶	۰/۰۵۴	۰/۰۱۸	۰/۰۳۱	۰/۰۱۴	
۳	۷	۰/۰۸۵	۰/۰۱۱	۰/۰۳۶	۰/۰۲۹	
۴	۵	۰/۰۹۴	۰/۰۲۷	۰/۰۵۵	۰/۰۳۱	
۵	۸	۰/۲۸	۰/۰۱۹	/۰۸۰	۰/۰۸	
۶	۴	۰/۰۷۱	۰/۰۱۱	۰/۰۳۵	۰/۰۲۹	
۷	۷	۰/۳۲	۰/۰۱	۰/۰۵۹	۰/۱۱	
۸	۳	۰/۰۶۷	۰/۰۱۱	۰/۰۳۰	۰/۰۳	
۹	۶	۰/۰۴۵	۰/۰۱۵	۰/۰۲۴	۰/۰۱۲	<۰/۰۰۱
۱۰	۶	۰/۰۶۷	۰/۰۱۴	۰/۰۴۲	۰/۰۲۳	
۱۱	۲	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰۱	
۱۲	۳	۰/۰۸۳	۰/۰۱۶	۰/۰۴۵	۰/۰۳۴	
۱۳	۴	۰/۰۹۷	۰/۰۱۶	۰/۰۵۵	۰/۰۳	
۱۴	۶	۰/۰۵۶	۰/۰۱۷	۰/۰۲۹	۰/۰۱۴	
۱۵	۶	۰/۰۹۵	۰/۰۱۱	۰/۰۴۹	۰/۰۳۹	
۱۶	۶	۰/۲۱	۰/۰۱۴	۰/۰۷۸	۰/۰۷۲	
۱۷	۴	۰/۱۱	۰/۰۲۳	۰/۰۶۴	۰/۰۴۱	
۱۸	۵	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۰۱۴	
۱۹	۴	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۰۳۳	

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

نتایج گویای این مطلب است که میانگین گردوغبار سیلیس کریستالی حدود ۲ برابر استاندارد ایران می‌باشد و گردوغبار کلی تنفسی ۵/۴ برابر بیشتر از حدود مواجهه مجاز است.

ضریب همبستگی اسپیرمن بین گردوغبار کلی تنفسی و گردوغبار سیلیس کریستالی ارتباط معنی داری را نشان داد (r^2 =۰/۳۴۸ ، P<۰/۰۰۱). لازم به ذکر است که تنها ۳۷/۱۱ درصد از نمونه های گردوغبار کلی تنفسی غلظت سیلیس کریستالی شان کمتر از ۱درصد بوده است و۶۲/۸۹ درصد از نمونه ها حاوی سیلیس کریستالی بالای ۱درصد بوده‌اند. ظرفیت های ریوی در دو گروه مورد و شاهد سنجش و نتایج شاخص‌های وضعیت عملکرد ریوی شاملFEV_1%، FVC%، PEF%, FEF_{25-75}%،FEV_1/FVC% مورد مقایسه قرار گرفت. براساس جدول ۶ بین پارامترهای ریوی PEF% -FVC%–FEV_1% در دوگروه اختلاف معنی داری وجوددارد.

جدول ۶. مقایسه ظرفیتهای ریوی گروه مورد و شاهد

شاخص	مورد				P	شاهد			
	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	انحراف معیار		ماکزیمم	مینیمم	میانگین	انحراف معیار
FVC%	۱۰۴/۴	۴۹/۵	۸۴/۱۸	۱۱/۲۲	۰/۰۰۱	۱۲۹/۲۶	۶۷	۸۹/۰۸	۹/۳۵
FEV_1%	۱۱۰/۲۴	۲۹/۶	۸۰/۵۶	۱۳/۷۵	<۰/۰۰۱	۱۲۷	۶۷/۴	۸۷/۵۶	۹/۲۹
FEV_1/FVC%	۱۱۹/۲	۳۹/۴	۹۵/۵۷	۱۴/۵۸	۰/۳۵	۱۱۵/۶	۸۱/۲	۹۸/۵۹	۷/۶۶
$FEF_{25-75\%}$	۱۶۵/۲	۲۹/۷	۹۴/۵۵	۲۴/۲۸	۰/۳۰	۲۵۶/۷	۴۵/۵	۹۸/۲۸	۲۶/۴۶
PEF%	۱۳۲/۹	۳۹/۶	۸۴/۱۲	۱۵/۳۱	۰/۰۱	۱۲۹/۲	۴۹/۸	۸۹/۴۲	۱۵/۵۳

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

جدول۷. مقایسه ظرفیت های ریوی کارگران معادن با یکدیگر

فاکتورها		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	p
FVC%	Mean	۹۳/۳۰	۹۹/۱۰	۱۰۰/۸	۱۰۰	۱۰۲/۹	۹۵/۷۴	۱۰۱/۵۲۵	۸۶/۹۰	۹۲/۲۵	۱۰۴/۴	۷۹/۹	۹۲/۴	۸۷/۷	۹۳/۴	۹۲/۳	۹۵/۲	۸۸/۲	۱۰۲/۲	۱۰۳/۹	۰/۰۶
	SD	۷۷/۲	۸۲/۵	۸۱/۴	۷۵/۹	۷۷/۷	۵۹/۴	۵۵	۷۱/۱۸	۷۸/۶۸	۷۵/۶	۶۷/۶	۷۱/۴	۶۰/۷	۸۱/۴	۷۱/۷۱	۴۹/۵	۶۱/۱	۸۴	۸۱/۲	
	Min	۶/۹۴	۶/۹۳	۸/۱۵	۱۰/۴۹	۸/۷۱	۱۴/۸۶	۱۵/۰۶	۸/۸۲	۶/۹۴	۱۱/۵۳	۸/۶۹	۱۱/۳۱	۱۲/۷۲	۳/۹۳	۸/۱۶	۱۶/۶۵	۱۲/۷۵	۶/۹۵	۱۲/۷۱	
	Max	۸۷/۴۷	۸۸/۵۵	۹۰/۸۶	۸۶/۵۲	۹۰/۴۲	۷۸/۱۸	۷۵/۶	۸۱/۳۶	۸۱/۰۷	۸۶/۹۳	۷۳/۷۵	۸۴/۳۳	۷۴/۱۶	۸۸/۵	۸۱/۱	۷۹/۴۸	۷۸/۵	۹۱/۸۶	۹۲/۹	
FEV_1%	Mean	۹۸/۷	۹۲/۴	۱۰۹/۴	۹۲/۴	۹۳/۲	۹۴/۲۱	۱۱۰/۲۴	۸۹/۵	۹۰/۸	۱۰۶/۳	۷۱/۴	۸۸/۹	۹۲/۴	۸۴	۸۹/۵	۸۹/۴	۸۵/۴	۹۴/۳	۸۴/۹	۰/۰۱
	SD	۸۳/۶	۵۳/۱۰	۶۹/۶	۷۶/۵	۸۲/۵	۶۴/۱	۲۹/۶	۸۲	۷۲	۷۱/۵	۶۵/۴	۷۶/۹	۶۴/۸	۵۵	۶۰/۸	۲۹/۸	۴۴/۲	۸۰/۵	۶۸/۱	
	Min	۶/۷۵	۱۶/۲۱	۱۴/۷۰	۵/۷۸	۴/۸۱	۱۲/۵۳	۲۴/۱	۳/۷۸	۷/۰۸	۱۱/۳۷	۴/۲۴	۶/۲۹	۱۲/۵۸	۱۰/۷۱	۱۰/۴۸	۲۴/۰۱	۱۸/۷۷	۵/۷۹	۸/۹۷	
	Max	۹۰/۲۵	۷۵/۴۱	۸۸/۵۶	۸۲/۹۸	۸۶/۸	۸۰/۹۰	۷۱/۳۸	۸۶/۰۶	۸۳/۳۳	۸۷/۷۵	۶۸/۴	۸۴	۷۶/۹۸	۷۴/۵۵	۸۰/۶۵	۷۲/۳۸	۷۰/۹	۸۷/۴۸	۷۵/۹۷	
FEV1/FVC%	Mean	۱۰۷/۳	۹۷/۹	۱۰۹/۹	۱۰۶/۷	۱۱۱/۶	۱۰۷/۲	۱۱۰/۱۰	۱۱۷/۱۳	۱۱۷/۲	۱۱۲/۳	۱۰۴/۹	۱۰۷/۴	۱۱۱/۶	۹۷/۶	۱۱۲/۵	۱۱۹/۲	۱۱۷	۹۵/۹	۱۰۴/۵	۰/۰۱
	SD	۱۰۳/۵	۶۲/۸	۸۵/۱۰	۷۸/۲	۸۶/۷۹	۸۲/۲۶	۴۰/۷	۱۰۰/۵	۹۲/۹۴	۹۱/۶	۸۰/۲	۹۷/۱۰	۹۴/۴	۶۱/۶	۸۱/۷	۳۹/۴	۵۶/۸	۹۱/۹	۶۵/۱	
	Min	۱/۶۵	۱۳/۹۵	۸/۳۱	۱۱/۲۷	۹/۰۳	۱۱/۳۷	۲۴/۷۲	۸/۸۴	۸/۶۹	۷/۳۳	۱۷/۴۶	۵/۷۸	۶/۷	۱۳/۲۴	۱۱/۸۶	۲۷/۴۷	۲۴/۹۶	۱/۶۸	۲۱/۳	
	Max	۱۰۵/۸۵	۸۴/۴۸	۹۶/۷۷	۹۶/۵۶	۹۶/۷۴	۹۸/۷۴	۹۳/۰۱	۱۰۷/۰۷	۱۰۲/۲۶	۱۰۰/۸۵	۹۲/۵۵	۱۰۰/۷	۱۰۰/۹	۸۴/۴۵	۹۹/۷۴	۹۲/۴	۹۰/۶۷	۹۴/۴۴	۸۳/۴۵	
FE F25	Mean	۱۲۹/۶	۱۲۷/۵	۱۶۵/۲	۱۶۰/۱	۱۰۹/۹	۹۶/۹۶	۱۲۳/۷۲	۱۳۹/۴۳	۱۵۵/۹	۱۳۹/۷	۸۳/۷	۱۲۰	۱۲۰	۹۵/۶	۱۲۷/۴	۱۱۹/۱	۱۱۸/۲	۱۲۶/۶	۱۱۰/۲	

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

	SD	۹۸/۱	۵۰/۹	۷۸/۵۸	۷۷/۱۰	۵۹/۴	۵۳	۲۹/۷	۹۲/۶	۶۸/۵۲	۶۵/۴	۵۵/۳	۹۳/۲	۸۰/۸	۶۵/۱	۴۱/۳	۴۸/۵	۸۷/۴	۷۹	۷۸/۸	۰/۲۲
	Min	۱۲/۹۷	۲۴/۸۲	۲۸/۰۲	۳۲/۳۱	۲۰/۰۹	۱۸/۵۲	۳۱/۳۴	۲۶/۸۰	۳۰	۲۶/۹۲	۲۰/۰۸	۱۳/۶۴	۱۵/۶	۱۰/۹۷	۲۸/۳۲	۲۵/۵۳	۱۶/۰۲	۱۷/۷۳	۱۲/۸۱	
	Max	۱۱۳/۲۰	۹۰/۳۵	۱۱۰/۵۷	۱۰۵/۳۸	۸۷/۷۲	۷۴/۶۴	۷۸/۹۶	۱۰۸/۴۷	۱۰۱/۸۴	۹۸/۵۱	۶۹/۵	۱۰۵/۱	۱۰۰/۶	۷۶/۳۱	۹۱/۵۲	۹۲/۲۳	۱۰۱/۹	۹۸/۳۴	۹۴/۵	
PEF%	Mean	۱۰۱/۳	۱۰۰/۳	۱۳۲/۹	۱۲۱/۴	۱۰۰/۲	۹۱/۹۹	۱۰۱/۶۸	۹۹/۴	۱۰۹/۶	۱۰۶/۵	۸۵/۴	۹۱/۴	۹۶/۶	۹۰/۸	۱۰۲/۵	۹۰/۵	۹۵/۸	۹۹/۲	۱۰۶/۹	۰/۱۵
	SD	۸۰/۸	۶۹/۶	۷۰/۲۰	۷۲/۹	۶۷/۹	۶۶/۹	۶۷/۸	۸۳/۱۰	۳۹/۶	۷۱/۹	۵۱/۶	۶۵/۵	۷۴/۲	۷۰/۴	۴۴/۸	۵۳	۶۸/۹	۷۴/۳	۸۷/۳	
	Min	۸/۴	۱۱/۵۶	۲۳/۳۲	۱۸/۷۹	۱۲/۱۱	۱۰/۳۵	۱۴/۲	۸/۴	۲۲/۳۰	۱۵/۵۶	۲۳/۹	۱۳/۱۵	۱۰/۰۷	۸/۹۹	۲۰/۴۸	۱۶/۴۶	۱۲/۶۶	۹/۹۸	۹/۵۵	
	Max	۹۰/۹۵	۸۸/۰۱	۹۲/۳۶	۹۰/۸۶	۸۶/۶	۸۰/۵۴	۸۰/۱۳	۹۲/۴۲	۷۵/۳۴	۸۷/۵۴	۶۸/۵	۷۹/۸	۸۶	۸۱/۰۵	۷۱/۶۵	۷۸/۰۵	۸۷/۱۷	۸۳/۴۶	۹۵/۰۵	

ظرفیت های ریوی کارگران معادن مختلف توسط آزمون واریانس یکطرفه مقایسه گردید و در فاکتور FVC%، FEV_1%، FEV_1/FVC اختلاف معنی دار مشاهده شدکه یقینا مرتبط با غلظت آلاینده ها می‌باشد.

جدول ۸. مقایسه وضعیت ریوی کارگران معادن و گروه کنترل

وضعیت	نرمال		تحدیدی		انسدادی		مختلط	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
مورد	۶۶	۶۸	۱۶	۱۶/۵	۷/۲	۷	۸	۸/۲
شاهد	۹۲	۹۴/۸	۴	۴/۱	۱	۱/۱	۰	۰
P < ۰/۰۰۱								

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

به منظور تایید رابطه خطی و بدســـت آوردن رابطه گردوغبار کلی تنفسی و گردوغبار سیلیس کریستالی از آزمون رگرسیون خطی اســتفاده گردید. رگرســیون خطی نشــان داد بین میزان گردوغبار سیلیس کریستالی و گردوغبار کلی تنفسی با ظرفیت های ریوی $FEV_1/FVC\%$ و $FEV_1\%$ یک رابطه معنی دار خطی وجود دارد.

جدول۹. رابطه بین سیلیس کریستالی و گردوغبار کلی تنفسی با ظرفیت های ریوی

آلاینده	FVC%			$FEV_1\%$			$FEV_1/FVC\%$			$FEF_{25-75}\%$			PEF%		
	β	SE	P	β	SE	P	β	SE	P	β	SE	P	β	SE	P
سیلیس کریستالی	۸۴/۴۵	۱/۶	۰/۸۲	۸۵/۸۲	۱/۸	<۰/۰۰۱	۱۰۱/۸	۱/۹	<۰/۰۰۱	۹۶/۳۸	۳/۵	۰/۴۷	۸۷/۲۵	۲/۱۹	۰/۰۵
گردوغبار کلی تنفسی	۸۳/۸۱	۱/۴	۰/۶۴	۸۲/۸۱	۱/۶	۰/۰۲	۹۸/۵۳	۱/۷	۰/۰۰۴	۹۴/۶۵	۳	۰/۹۵	۸۵/۳۰	۱/۹	۰/۲۳

بحث

دراین مطالعه مواجهه شغلی کارگران معادن استان البرز با گردوغبارسیلیس کریستالی ، گردوغبار کلی تنفسی سنجیده و ظرفیت‌های ریوی آنها برا ساس تو صیه‌های وزارت بهدا شت مورد بررسی قرار گرفت. ارتباط بین مواجهه با این آلاینده‌ها و کاهش پارامترهای ریوی ســنجیده شــد. میانگین میزان مواجهه شــغلی کارگران معادن با گردوغبار کلی و ســیلیس کریســتالی تنفسی به مراتب بیش تر از TLV اعلام شده تو سط کمیته فنی بهدا شت حرفه ای وزارت بهدا شت و سازمان ACGIH بد ست آمد. ۶۱/۹ در صد کارگران دارای مواجهه‌ای بی شتر از حد استاندارد ایران برای سیلیس کریستالی می‌باشند که نزدیک به مطالعه کاکوئی و همکاران (۲۰۱۳) می با شد که ۵۰ در صد کارگران در مواجهه بالاتر از اســتاندارد ایران بوده اند [۱۲]. میانگین غلظت ســیلیس کریســتالی در مطالعه کاکویی ۵ برابر اســتاندارد OSHA، ۲برابر اســتاندارد ایران و ACGIH و تقریبا برابر با اســتاندارد NIOSH اســت. میانگین غلظت گردوغبار کلی تنف سی در مطالعه حا ضر ۳/۲ برابر ا ستاندارد OSHA، ۵/۴ برابر استاندارد ایران و ACGIH بدست آمد.

در مطالعه حسـینی نسـب و همکاران در سـال ۲۰۲۲ [۱۵] در معدن نهبندان مواجهه با گردوغبار کلی تنفســی ۱,۷۵ برابر استاندارد ایران گزارش شد. در مطالعه حاضر این مقدار تقریبا ۳ برابر بوده اســت. براســاس مطالعه Mannetje [۳] ریســک تخمین برای مواجهه با ســیلیس کریســتالی در حدود مجاز $۰/۰۵mg/m^3$برابر با ۶ نفر در هر هزار نفر می باشــد. این بدان معنی اســت که مقدار اســتاندارد هم نمی‌تواند کارگران را به طور کامل در مقابل بیماری محافظت کند [۱۶]. حال آنکه در مطالعه حا ضر مواجهه بسیار بالاتر از ا ستاندارد گزارش شده است.

نتایج این مطالعه نزدیک به مطالعه صـمدی و همکاران(۲۰۰۶) در معادن روباز عمارت می باشد [۱۷]. ولیکن مقادیر اندازه‌گیری شده در مطالعه حا ضر بسیار کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده در مطالعه نقی زاده و همکاران(۲۰۰۸) [۱۸] در معادن خواف و مطالعه گلبابایی و همکاران [۱۹] در معادن شرق ایران است. در مطالعه نقی زاده مقادیر اندازه‌گیری شــده ســیلیس ۸۰ برابر اســتاندارد و مقدار گردوغبار کلی تنفســی ۲۲ برابر اســتاندارد

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

گزارش شده است. در مطالعه گلبابایی وهمکاران نیز در برخی اندازه گیری ها مقادیر ۱۰۰ برابر حد مجاز بدست آمده است. به نظر می رسد که معادن استان البرز به خاطر کاهش فعالیت مقادیر کمتری نسبت به مطالعه گلبابایی و نقی زاده داشته اند. زیرا معادن نیمه فعال و ساعات کاری ۴ ساعت بوده است.

حدآستانه مجاز مواجهه شغلی مرکز سلامت محیط کار ایران [۲۵] درسال ۱۳۹۱و سازمان ACGIH آمریکا برای گردوغبار کلی تنفسی با فرض محتوی سیلیس کریستالی کمتر از یک در صد mg/m^3 ۳ اعلام شده است که براین اساس ۵۹/۸ درصد شاغلین دارای مواجهه بیش از حد مجاز می‌باشند. لازم به ذکر است که درصد سیلیس کریستالی تعدادی از نمونه ها (۶۲/۸۹ درصد) بیش از یک درصد بوده و از این رو آسیب‌های بیشتری در رابطه با مواجهه شاغلین معادن می توان متصور شد. در مطالعه گلبابایی وهمکاران (۲۰۱۹) [۱۹] این مقدار ۹۱ درصد گزارش شده است.

میانگین شاخص عملکرد ریوی FVC% ، FEV_1% و PEF٪ بعد از شیفت در گروه مورد به صورت معنی داری از لحاظ آماری کمتر از گروه شاهد برآورد گردید. نتایج اسپیرومتری مطالعه حاضر با فاصله نزدیک به دو دهه زمانی با نتایج به دست آمده از مطالعات علیزاده وهمکاران [۲] در ایران و J Gomes (۲۰۰۱) [۲۰] ، E Meijer (۲۰۰۱) [۲۱] در سایر کشورها درمورد کاهش پارامترهای ریوی کارگران معادن نسبت به گروه شاهد مطابقت دارد. مقایسه با مطالعات به روزتر نظیر مطالعه حسینی نسب وهمکاران (۲۰۲۲) [۱۵] غلامی و همکاران (۲۰۲۰) [۲۲] در ایران و مطالعه Huang و همکاران(۲۰۱۹) [۲۳] در سایر کشورها نشان داد که این تفاوت همچنان پابرجا می‌باشد. این نتایج نشان دهنده این موضوع است که با وجود گذشت زمان و پیشرفت علم و تکنولوژی همچنان گردوغبار سیلیس کریستالی قربانی می‌گیرد و بر سلامت ریوی افراد تاثیرات جبران ناپذیر می گذارد.

نتایج حاصل از عملکرد ریوی در گروه مورد نشان داد که ۶۸ ٪ وضعیت نرمال ،۱۶/۵٪ تحدیدی، ۷٪ انسدادی و ۸/۲ ٪وضعیت ریوی مختلط دارند. درگروه کنترل وضعیت عملکرد ریوی ۹۴/۸٪ نرمال،۴/۱٪ تحدیدی و ۱/۱ ٪ انسدادی مشاهده گردید و از لحاظ آماری اختلاف معنی داری بین گروه مورد و کنترل وجود دارد ($P<۰/۰۰۱$) . نتایج حاصل با مطالعه AL-SHAMMA (۲۰۰۹) [۲۴] مطابقت دارد. همانطور که در مطالعه Hertzberg [۲۵] نیز بیان شده است با توجه به ناهنجاری های عملکرد ریوی، باید درکنار تلاش در جهت کاهش سطوح مواجهه با سیلیس کریستالی در زمینه تشویق کارگران در معرض سیلیس به ترک سیگار نیز اقدام نمود. قابل ذکر است که در مطالعه حاضر با وجود یکسان بودن کارگران سیگاری در دو گروه وضعیت های عملکرد ریوی غیرنرمال در گروه مورد بیشتر گزارش شده است.

نتیجه گیری

قرار گرفتن در معرض گرد و غبار شغلی کنترل شده یک پیش نیاز قطعی برای کاهش مشکلات تنفسی در بین کارگران معدن است. با توجه به یافته‌های مطالعه حاضر و کاهش عملکرد ریوی در کارگران و همچنین مواجهه بیش از حد تماس شغلی با گردوغبار سیلیس کریستالی و گردوغبار کلی تنفسی، استفاده نکردن کارگران از وسایل حفاظت فردی، سیگاری بودن کارگران، احتمال بروز مشکلاتی در سلامت کارگران معادن درآینده متصور است که نیاز به بررسی بیشتر از طریق رادیوگرافی قفسه سینه دارد. به نظر می رسد که راهبردهای فعلی مهندسی بهداشت حرفه‌ای برای حفاظت از کارگران کافی نبوده است. یکی از این موارد تهیه و الزام استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب می‌باشد که در هیچ یک از معادن تلاشی در این زمینه انجام نگرفته است. اقدامات مدیریتی خاصی درخصوص بررسی ساعات مواجهه کارگران، شناسایی کارگران با بیماری های ریوی و جابه جایی کارگران نیز درنظرگرفته نشده است. لازم به ذکر است که تمامی این

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

شرایط مربوط به نیمه کاره بودن معادن بوده است. اگر فعالیت معدنی به حداکثر ظرفیت خود برسد، وضعیت بسیار خطرناک تر خواهد شـــد. با توجه به عدم اســـتفاده کارگران معادن از وسایل حفاظت فردی، تهیه ماسک‌های مناسب کار از سوی واحد HSE و الزام استفاده آن توسط کارگران ضروری به نظر می‌رسد. باتوجه به مطالعه Hnizdo (۱۹۹۰) [۲۶] می توان ۹۴ درصـد از شـدیدترین اختلالات تنفسـی را با حذف سـیگار پیشگیری نمود. لذا پیشنهاد می شود دوره‌های آموزشی مناسب جهت ترک سیگار برای کارگران مشتاق برنامه ریزی شود تا بتوان اثرات ریوی کمتری را درکنار مواجهه با گردوغبار سیلیس شاهد باشیم. پیشنهاد می‌شود برای افراد سالم بامواجهه کم و سابقه کمتر از ۲۰ سال هر ۵-۳ سال رادیوگرافی قفسه سینه تکرار شود، برای افراد سالم با مواجهه بالا یا سابقه بیش از ۲۰ سال هر ۳-۱ سال و برای افراد با شواهد سیلیکوزیس و مواجهه بسیار بالا رادیوگرافی سالیانه انجام گردد.

یکی از محدودیت‌های این مطالعه، کارگران سیگاری است که تحت کنترل محققین نبوده اســـت. ولیکن با انتخاب گروه کنترل با تعداد افراد سیگاری مشابه و در نظر گرفتن سیگاری بودن به عنوان عامل مداخله‌گر در آزمون های رگرســـیون و آنالیز واریانس و.... سعی در رفع محدودیت‌ها شده است.

با توجه به اینکه محققین مجبور به در نظر گرفتن افراد سیگاری در مطالعه خود بوده اند، پیشنهاد می شود مطالعه‌ای دیگر در معادن مختلف که کارگران ســـیگاری ندارند جهت مقایسه انجام گیرد.

این مطالعه در فصل تابستان انجام گرفته است. پیشنهاد می‌شود مطالعه ای در فصول مختلف سال جهت مقایسه انجام گیرد.

تقدیر وتشکر

این مقاله منتج شـــده از یک طرح تحقیقاتی در دانشـــگاه علوم پزشکی البرز با کد اخلاق ABZUMS.rec.1395,33 می باشد.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

References

1. Saamadi S, Badri sadat J. Measuring the duct concentration and its free silica at Emarat lead and zinc surface mine. FeyzMSJ 2004;7(4): [in persian].
2. Safinejad M, R Azari M, Zendehdel R, et al. Occupational and biological monitoring of workers exposed to airborne dust in Gol-e-Gohar Iron Ore mine: A Case-Control Study. . IOH 2019 16(1): 23-32[in persian].
3. Steenland Kyle, Mannetje Andrea, Boffett P, et al. Pooled exposure–response analyses and risk assessment for lung cancer in 10 cohorts of silica-exposed workers: an IARC multicentre study. CCC 2001;12: 773-84.
4. Zarei F, R. Azari M, Salehpour S, et al. Exposure assessment of core making workers to respirable crystalline silica dust. JHSW 2017;7(1): 1-8 [in persian].
5. Majdi Mr, Rafieimanesh E, Ehteshamfar M, et al. Investigating occupational lung diseases in turquoise mine workers. IOH 2010;2(6): 31-7[in persian].
6. Chen W, Zhuang Z, Attfield M, et al. Exposure to silica and silicosis among tin miners in China: exposure-response analyses and risk assessment. OEM 2001;58(1): 31-7.
7. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 1997. volume:68.
8. NIOSH. 7602 Silica, Crystalline by IR. NIOSH Manual of Analytical Methods NMAM. 4th edn. Cincinnati, OH; 1994.
9. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 2010 Threshold limit values and biological exposure indices. ACGIH, Cincinnati, OH.2010.
10. Ministry of Health and Medical Education. Occupational exposure level. 3th ed. Tehran: Institute for Environmental Research Publication, 2012. [In Persian].
11. Kakooei H, Fani M, Sadeghi N, et al. Assessment of occupational exposure to crystalline silica dust in an iron-stone mine, and comparing the results with standards. J Rostamineh Zabol Univ Med Sci 2014;3(3): 45-54 [in persian].
12. Kakouei H, Rezazadeh Azari M, Panahi D, et al. Evaluation of the occupational exposure of workers to free silica and total dust Underground Tunnel Digging Workshop of Tehran Metro Line 1. JHSW 2013;1(1): 25-30 [in pesian].
13. Azari M, Rokni M, Salehpour S, et al. Risk assessment of workers exposed to crystalline silica aerosols in the east zone of Tehran. NRITLD 2009;8(3): 43-5.
14. Zarei F, Rezazadeh Azari M, Salehpour S, et al. Respiratory Effects of Simultaneous Exposure to Respirable Crystalline Silica Dust, Formaldehyde, and Triethylamine of a Group of Foundry Workers. J Res Health Sci 2017;1(1): 371-81.
15. Hosseini Nasab M, Mohammaddoost O. Evaluation of pulmonary function capacity and respiratory disorders caused by dust in the workers of building stone mines of Nehbandan city. JESM 2023;1(1): 36-46.
16. Kakoei H, Nourmohammadi M, Mohammadian Y, et al. Assessment of occupational exposure to crystalline silica during demolition of buildings in Tehran. ijoh 2014;11(2): 63-9.
17. Samadi S, Jonaid B. Measuring the duct concentration and its free silica at Emarat lead and zinc surface mine. 2004;7.
18. Naghizadeh A, Mahvi A.H, Jabbari H, et al. Determination the level of dust and free silica in air of Khaf iron stone quarries. IJHE 2008;1(1): 37-44.
19. Golbabaei F, Gholami A, Teimori-Boghsani G, et al. Evaluation of occupational exposure to silica dust in mining workers in eastern Iran. OJER 2019;12(1): 1-6.
20. Gomes J, Lloyd O, Norman N, Pahwa P. Dust exposure and impairment of lung function at a small iron foundry in a rapidly developing country. OEM 2001;58(10): 656.
21. Meijer E, Kromhout H, Heederik D. Respiratory effects of exposure to low levels of concrete dust containing crystalline silica. Am J Ind 2001;40(2): 133-40.
22. Gholami A, Tajik Reza, Atif Khaula, et al. Respiratory symptoms and diminished lung functions associated with occupational dust exposure among iron ore mine workers in iran. Open Respir Med J 2020;14(1): 23-32.
23. Huang Y, Bao M, Xiao J, et al. Effects of PM2. 5 on cardio-pulmonary function injury in open manganese mine workers. IJERPH 2019;16(11): 2017.
24. Al-Shamma Y, Dinana F, Dosh B. Physiological study of the effect of employment in old brick factories on the lung functions of their employees. J Environ Sci Stud 2009;1(1): 39-46.
25. Hertzberg VS, Rosenman KD, Reilly MJ, Rice CH. Effect of occupational silica exposure on pulmonary function. Chest 2002;122(2): 721-8.
26. Hnizdo E, Baskind E, Sluis-Cremer, Gerhard K. Combined effect of silica dust exposure and tobacco smoking on the prevalence of respiratory impairments among gold miners. Scand J Work Environ Health 1990: 411-22.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]

Journal of Environmental Health Engineering, January 2023; Vol.11, No. 2: 163 - 177

Investigating of occupational exposure to crystalline silica and its relationship with the lung capacity in miners working in Open pit mines of Alborz province compared to the control group

Azar Mousavi fard[1], Fatemeh zarei[2], Zahra safaei [3], Sakineh Ahmadi [4]

1. PhD in environmental engineering, Department of occupational health and safety engineering, School of Public Health, Alborz University of Medical Sciences, Alborz, Iran
2. MSc in Occupational and Health engineering, School of Public Health, Alborz, University of Medical Sciences, Alborz, Iran
3. BS in Occupational and Health engineering, Health Department, Alborz University of Medical Sciences, Iran
4. BS in Occupational and Health engineering, Health Department, Alborz University of Medical Sciences, Iran

Email: zarei@abzums.ac.ir

Recevied: 18 February 2024, Accepted: 16 April 2024

ABSTRACT

Background: In mines, it is common to come into contact with harmful substances like dust. Considering the challenges of crystalline silica measurement, this study was designed to investigate the relationship between occupational exposure to crystalline silica and lung capacity in miners working in Open pit mines of Alborz province.

Methods: A cross-sectional analytical study was carried out in Alborz province's mines. The monitoring of 97 workers working in mines was done using the NIOSH0600 method and the NIOSH7602 optimal method. At the same time as individual monitoring, 97 workers in mines in the province and 97 workers in a food industry company were monitored through spirometry. $SPSS_{22}$ software was used to analyze the data.

Results: The average amount of crystalline silica dust was approximately twice the Iranian standard, and the total respirable dust was 4.5 times the Iranian standard .The pulmonary parameters FEV_1%, FVC%, and PEF% were observed to have a significant difference between two groups. The amount of crystalline silica dust and total respirable dust had a significant correlation with pulmonary capacities (FEV_1/FVC% and FEV_1%).

Conclusion: Controlled occupational dust exposure is a prerequisite for reducing respiratory problems among mine workers. The study found that workers who were exposed to excessive occupational contact with crystalline silica dust and respirable general dust decreased their lung function, which suggests that there could be problems with the health of mine workers in the future. In terms of protecting workers, it seems that the current occupational health engineering strategies were not sufficient.

Keywords: Silica, Pulmonary Capacity, Total dust, mines

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jehe.11.2.163]