

# 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<sup>۱</sup>، فاطمه زارعی<sup>۲\*</sup>، زهرا صفایی<sup>۳</sup>، سکینه احمدی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دکتری مهندسی محیط زیست، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، البرز، ایران

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، البرز، ایران

<sup>۳</sup> کارشناس مهندسی بهداشت حرفه ای، معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی البرز، البرز، ایران

<sup>۴</sup> 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 زیان آور از قبیل گردوغبار در معادن امری معمولی است. با توجه به چالش های اندازه گیری 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 می باشد.

**مواد و روش ها:** این مطالعه به صورت مقطعی- تحلیلی در معادن استان البرز انجام گرفت. پایش فردی ۹۷ نفر از کارگران شاغل در معادن با استفاده از روش NIOSH0600 و روش بهینه NIOSH7602 انجام گرفت. اسپرومتری ۹۷ نفر از کارگران شاغل در معادن استان و ۹۷ نفر از کارگران یک شرکت صنایع غذایی به عنوان گروه کنترل همزمان با پایش فردی انجام شد. داده ها توسط نرم افزار SPSS22 مورد تجزیه 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<sub>1</sub>%, FVC%, PEF% بین دو گروه اختلاف معنی دار مشاهده شد. بین میزان گردوغبار سیلیس کریستالی و گردوغبار کلی تنفسی با ظرفیت های ریوی FEV<sub>1</sub>/FVC% و FEV<sub>1</sub>% 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 در آینده متصور است. به نظر می رسد که راهبردهای فعلی مهندسی بهداشت حرفه ای برای حفاظت از کارگران کافی نبوده است.

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

## مقدمه

در ایران مواد معدنی بسیار زیادی وجود دارد که بهره برداری از آنها همواره مورد توجه است و انتظار می رود که در آینده به طور روزافزونی مورد استخراج قرار گیرند. تماس با عوامل زیان آور 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<sup>۱،۲</sup>.

سیلیس کریستالی در قیاس با سیلیس غیر کریستالی (آمورف) دارای سمیت بیشتری است و توان بیشتری را در ایجاد بیماری دارد<sup>۳</sup>. مهم ترین 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<sup>۴</sup>.

مجد و همکاران در مطالعه خود که بر روی 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 اسپرومتری 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 بیماری های انسدادی ریوی می گردد<sup>۵</sup>. 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 بالاتر است. 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<sup>۶</sup>. در سال ۱۹۹۷ آژانس بین المللی تحقیقات سرطان سیلیس را در گروه A<sub>1</sub> سرطانزا برای انسان طبقه بندی کرده است<sup>۷</sup>.

در سال ۲۰۱۰ انجمن مهندسين بهداشت صنعتی آمریکا حد مجاز مواجهه شغلی ۸ ساعته برای سیلیس کریستالی را  $0.25 \text{ mg/m}^3$  پیشنهاد داد و این در صورتی است که سازمان دولتی ایمنی و بهداشت کشور آمریکا حد مجاز مواجهه شغلی برای ۸ ساعت را  $0.1 \text{ mg/m}^3$  الزام کرده است و انستیتوملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا مقدار  $0.05 \text{ mg/m}^3$  را به عنوان حدود مجاز ارائه داده است<sup>۸،۹</sup>. در حال حاضر حد تماس شغلی با سیلیس کریستالی در ایران معادل  $\text{mg/m}^3$  ۰/۰۲۵ اعلام گردیده است که معادل مقدار توصیه شده از سوی سازمان ACGIH است<sup>۱۰</sup>.

مطالعه ای 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 بخش های معدن چندین برابر استاندارد بوده است<sup>۱۱</sup>. مطالعه ای دیگر توسط کاکویی و همکاران در سال ۱۳۹۰ در تونل های 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<sup>۱۲</sup>. 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 حد مجاز بوده است<sup>۲</sup>. در مطالعه ای آذری و همکاران در ۱۰ صنعت مختلف شامل برش

براساس فرمول ذیل ۸۷ نفر محاسبه گردید که با در نظر گرفتن ۱۰ درصد ریزش ۹۷ نفر وارد مطالعه شدند<sup>۱۴</sup>.

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

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

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

هیچ یک از کارگران معادن از وسایل حفاظت فردی استفاده نمی کردند. 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 می کنند 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 راحت تر است و هم صورت وهم دهان و بینی خود را می پوشانند".

در مرحله 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 ۰/۸ میکرون ساخت شرکت SKC در ۴ ساعت کاری انجام گرفت. دبی ۱/۷ L/m در نظر گرفته شد. نمونه برداری گردوغبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی و آنالیز بر اساس روش NIOSH0600 و روش بهینه NIOSH7602 انجام گرفت.

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

سنگ، ریخته گری، شیشه سازی، آسفالت، معدن شن، ساخت و ساز، آجر سازی، تولید سیمان و سرامیک میانگین مواجهه شغلی در معادن 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<sup>۱۳</sup>. براساس مطالعات انجام شده کارگران شاغل در معدن در معرض بیماری های ریوی حاد و مزمن قرار دارند. با توجه به اولویت مطالعات پژوهشی مواجهه با سیلیس کریستالی و کنترل 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 طرح های اولویت دار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی است و کنترل آن مستلزم اطلاع مستمر از میزان مواجهه می باشد. با توجه به محدودیت مطالعات در زمینه ارزیابی کارگران معادن استان البرز با سیلیس کریستالی و چالش های اندازه گیری 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 می باشد.

## مواد و روش

این مطالعه به صورت مقطعی- تحلیلی در معادن روباز استان البرز انجام گرفت. تعداد معادن موجود در استان البرز ۳۰ معدن شن و ماسه 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 هم کاری نکردن جهت انجام کار تحقیقاتی، تنها ۱۹ معدن وارد مطالعه شدند. تعداد نمونه ها

(رابطه ۱)

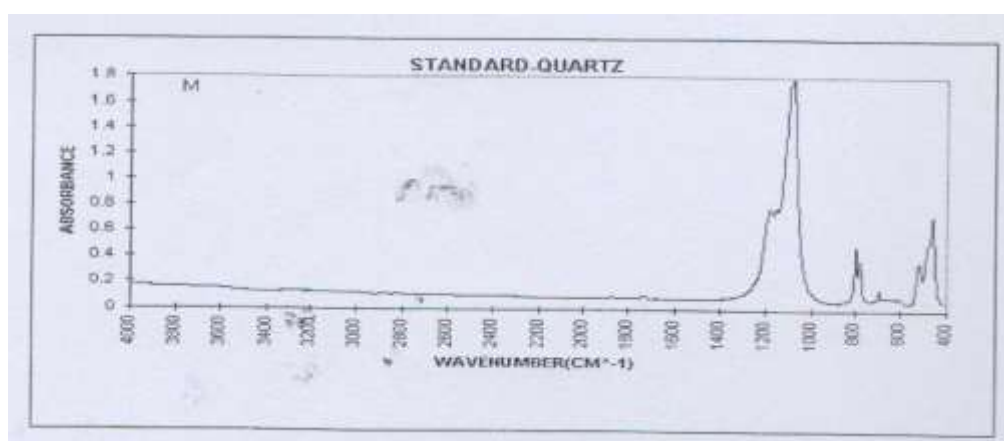
$$C = \frac{(w_2 - w_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3$$

جهت آنالیز نمونه های مجهول سیلیس کریستالی، ابتدا نمودار استاندارد توسط دستگاه FT-IR رسم گردید. بدین منظور از کوآرتز خریداری شده از شرکت MERK آلمان استفاده گردید. کوآرتز خریداری شده، در دامنه ۱۰ الی ۵۰ میکرون در آسیاب ویژه سازمان انرژی اتمی پودر شد و پس از غربالگری با دانه های 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 میلی گرم 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 میکرو لیتر 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 از خشک شدن استون، در کوره الکتریکی ساخت شرکت Muffle به مدت ۲ ساعت در دمای ۶۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند. نمونه ها پس از خروج از کوره در هاون به صورت همگن در آمده و به قالب های فلزی ۱۳ میلیمتری انتقال داده شدند و سپس توسط دستگاه پرس در فشار ۲۰ مگا پا سگال به مدت ۲ دقیقه به قرص تبدیل شدند. قرص های آماده شده با دامنه جرمی ۲۰ الی ۱۶۰ میکرو گرم به ترتیب افزایش جرم سیلیس کریستالی در دستگاه FT-IR مدل WQF-510A ساخت شرکت چین قرار داده 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 نمونه های 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.

جدول ۱. مقادیر نمونه های استاندارد سیلیس

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



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

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 SPSS22 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای رسیدن به اهداف توصیفی، میزان سیلیس کریستالی و ظرفیت ریوی تعیین و بصورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار ارائه شد. نرمالیتی 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 قرار گرفت.

### 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 ( $P=0/71$ ). (جدول ۲ و ۳)

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 بالای ۱ سال و عدم سیگاری بودن. ولیکن در مطالعه حا ضرر 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 می شوند عبارت است از بیماری های تنفسی، بیماری های حاد، عفونت گوش و ..... که از اطلاعات پرونده پزشکی افراد و صاحبیه با آنها بدست آمد. لذا افراد دارای مشخصه های فوق از مطالعه حذف شدند. دلیل انتخاب کارخانه صنایع غذایی به عنوان گروه کنترل، انتخاب گروهی با شرایط یکسان اقتصادی و

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

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

جدول ۳. 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 معنی داری 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 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) 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         |   |

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

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

| P      | انحراف<br>معیار | میانگین | مینیمم | ماکزیمم | تعداد<br>کارگران | معادن |
|--------|-----------------|---------|--------|---------|------------------|-------|
| <۰/۰۰۱ | ۰/۰۲۱           | ۰/۰۳۴   | ۰/۰۱۷  | ۰/۰۶۴   | ۴                | ۱     |
|        | ۰/۰۱۴           | ۰/۰۳۱   | ۰/۰۱۸  | ۰/۰۵۴   | ۶                | ۲     |
|        | ۰/۰۲۹           | ۰/۰۳۶   | ۰/۰۱۱  | ۰/۰۸۵   | ۷                | ۳     |
|        | ۰/۰۳۱           | ۰/۰۵۵   | ۰/۰۲۷  | ۰/۰۹۴   | ۵                | ۴     |
|        | ۰/۰۸            | ۰/۰۸۰   | ۰/۰۱۹  | ۰/۰۲۸   | ۸                | ۵     |
|        | ۰/۰۲۹           | ۰/۰۳۵   | ۰/۰۱۱  | ۰/۰۷۱   | ۴                | ۶     |
|        | ۰/۱۱            | ۰/۰۵۹   | ۰/۰۱   | ۰/۰۳۲   | ۷                | ۷     |
|        | ۰/۰۳            | ۰/۰۳۰   | ۰/۰۱۱  | ۰/۰۶۷   | ۳                | ۸     |
|        | ۰/۰۱۲           | ۰/۰۲۴   | ۰/۰۱۵  | ۰/۰۴۵   | ۶                | ۹     |
|        | ۰/۰۲۳           | ۰/۰۴۲   | ۰/۰۱۴  | ۰/۰۶۷   | ۶                | ۱۰    |
|        | ۰/۰۰۰۱          | ۰/۰۱۰   | ۰/۰۱۱  | ۰/۰۱۱   | ۲                | ۱۱    |
|        | ۰/۰۳۴           | ۰/۰۴۵   | ۰/۰۱۶  | ۰/۰۸۳   | ۳                | ۱۲    |
|        | ۰/۰۳            | ۰/۰۵۵   | ۰/۰۱۶  | ۰/۰۹۷   | ۴                | ۱۳    |
|        | ۰/۰۱۴           | ۰/۰۲۹   | ۰/۰۱۷  | ۰/۰۵۶   | ۶                | ۱۴    |
|        | ۰/۰۳۹           | ۰/۰۴۹   | ۰/۰۱۱  | ۰/۰۹۵   | ۶                | ۱۵    |
|        | ۰/۰۷۲           | ۰/۰۷۸   | ۰/۰۱۴  | ۰/۰۲۱   | ۶                | ۱۶    |
|        | ۰/۰۴۱           | ۰/۰۶۴   | ۰/۰۲۳  | ۰/۰۱۱   | ۴                | ۱۷    |
|        | ۰/۰۱۴           | ۰/۰۱۱   | ۰/۰۱۰  | ۰/۰۱۳   | ۵                | ۱۸    |
|        | ۰/۰۳۳           | ۰/۰۱۲   | ۰/۰۰۸  | ۰/۰۱۶   | ۴                | ۱۹    |

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 ( $r^2 = 0.348$ ,  $P < 0.001$ ). لازم به ذکر است که تنها ۳۷/۱۱ درصد از نمونه های گردوغبار کلی تنفسی

غلظت سیلیس کریستالی شان کمتر از ۱ درصد بوده است و ۶۲/۸۹ درصد از نمونه ها حاوی سیلیس کریستالی بالای ۱ درصد بوده‌اند. ظرفیت های ریوی در دو گروه مورد و شاهد سنجش و نتایج شاخص‌های وضعیت عملکرد ریوی شامل  $FEV_1\%$ ,  $FVC\%$ ,  $FEV_1/FVC\%$ ,  $FEF_{25-75}\%$ ,  $PEF\%$  مورد مقایسه قرار گرفت. براساس جدول ۶ بین پارامترهای ریوی  $FEV_1\%$ - $FVC\%$ - $PEF\%$  در دوگروه اختلاف معنی داری وجود دارد.

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 <sub>1</sub> %     | ۱۱۰/۲۴  | ۲۹/۶   | ۸۰/۵۶   | ۱۳/۷۵        | <۰/۰۰۱ | ۱۲۷     | ۶۷/۴   | ۸۷/۵۶   | ۹/۲۹         |
| FEV <sub>1</sub> /FVC% | ۱۱۹/۲   | ۳۹/۴   | ۹۵/۵۷   | ۱۴/۵۸        | ۰/۳۵   | ۱۱۵/۶   | ۸۱/۲   | ۹۸/۵۹   | ۷/۶۶         |
| FEF <sub>25-75</sub> % | 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        |

جدول ۷. 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                      |
|----------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| ۰/۰۶     | 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 | FVC%                   |
|          | 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  |                        |
| ۰/۰۱     | 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  | FEV <sub>1</sub> %     |
|          | 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 |                        |
| ۰/۰۱     | 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 | FEV <sub>1</sub> /FVC% |
|          | 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 |                        |
|          | 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 | FE<br>F25              |

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

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 شد که یقیناً مرتبط با غلظت آلاینده ها می باشد.

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    |
| $P < ۰/۰۰۱$ |       |      |        |      |         |      |       |      |

به منظور تایید رابطه خطی و بدست آوردن رابطه گردوغبار کلی تنفسی و گردوغبار سیلیس کریستالی از آزمون رگرسیون خطی استفاده گردید. رگرسیون خطی نشان 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.

جدول ۹. رابطه بین سیلیس کریستالی و گردوغبار کلی تنفسی با ظرفیت های ریوی

| PEF% |      |         | FEF <sub>25-75</sub> % |     |         | FEV <sub>1</sub> /FVC% |     |         | FEV <sub>1</sub> % |     |         | FVC% |     |         | آلاینده            |
|------|------|---------|------------------------|-----|---------|------------------------|-----|---------|--------------------|-----|---------|------|-----|---------|--------------------|
| P    | SE   | $\beta$ | P                      | SE  | $\beta$ | P                      | SE  | $\beta$ | P                  | SE  | $\beta$ | P    | SE  | $\beta$ |                    |
| ۰/۰۵ | ۲/۱۹ | ۸۷/۲۵   | ۰/۴۷                   | ۳/۵ | ۹۶/۳۸   | <۰/۰۰۱                 | ۱/۹ | ۱۰۱/۸   | <۰/۰۰۱             | ۱/۸ | ۸۵/۸۲   | ۰/۸۲ | ۱/۶ | ۸۴/۴۵   | سیلیس کریستالی     |
| ۰/۲۳ | ۱/۹  | ۸۵/۳۰   | ۰/۹۵                   | ۳   | ۹۴/۶۵   | ۰/۰۰۴                  | ۱/۷ | ۹۸/۵۳   | ۰/۰۲               | ۱/۶ | ۸۲/۸۱   | ۰/۶۴ | ۱/۴ | ۸۳/۸۱   | گردوغبار کلی تنفسی |

## بحث

در این مطالعه مواجهه شغلی کارگران معادن استان البرز با گردوغبار سیلیس کریستالی، گردوغبار کلی تنفسی سنجیده و ظرفیت های ریوی آنها براساس تو صیه های وزارت بهداشت مورد بررسی قرار گرفت. ارتباط بین مواجهه با این آلاینده ها و کاهش پارامترهای ریوی سنجیده شد. میانگین میزان مواجهه شغلی کارگران معادن با گردوغبار کلی و سیلیس کریستالی تنفسی به مراتب بیش تر از TLV اعلام شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه ای وزارت بهداشت و سازمان ACGIH بدست آمد. ۶۱/۹ درصد کارگران دارای مواجهه ای بیشتر از حد استاندارد ایران برای سیلیس کریستالی می باشند که نزدیک به مطالعه کاکوئی و همکاران (۲۰۱۳) می باشد که ۵۰ درصد کارگران در مواجهه بالاتر از استاندارد ایران بوده اند<sup>۱۲</sup>. میانگین غلظت سیلیس کریستالی در مطالعه کاکوئی ۵ برابر استاندارد OSHA، ۲ برابر استاندارد ایران و ACGIH و تقریباً برابر با استاندارد NIOSH است. میانگین غلظت گردوغبار کلی تنفسی در مطالعه حاضر ۳/۲ برابر استاندارد OSHA، ۵/۴ برابر استاندارد ایران و ACGIH بدست آمد.

در مطالعه حسینی نسب و همکاران در سال ۲۰۲۲<sup>۱۵</sup> در معدن نهبندان مواجهه با گردوغبار کلی تنفسی ۱،۷۵ برابر استاندارد ایران گزارش شد. در مطالعه حاضر این مقدار تقریباً ۳ برابر بوده است. براساس مطالعه Mannetje<sup>۳</sup> ریسک تخمین برای مواجهه با سیلیس کریستالی در حدود مجاز  $0.5 \text{ mg/m}^3$  برابر با ۶ نفر در هر هزار نفر می باشد. این بدان معنی است که مقدار استاندارد هم نمی تواند کارگران را به طور کامل در مقابل بیماری محافظت کند<sup>۱۶</sup>. حال آنکه در مطالعه حاضر مواجهه بسیار بالاتر از استاندارد گزارش شده است.

نتایج این مطالعه نزدیک به مطالعه صمدی و همکاران (۲۰۰۶) در معادن روباز عمارت می باشد<sup>۱۷</sup>. ولیکن مقادیر اندازه گیری شده در مطالعه حاضر بسیار کمتر از مقادیر اندازه گیری شده در مطالعه نقی زاده و همکاران (۲۰۰۸)<sup>۱۸</sup> در معادن خواف و مطالعه گلبابایی و همکاران<sup>۱۹</sup> در معادن شرق ایران است. در مطالعه نقی زاده مقادیر اندازه گیری شده سیلیس ۸۰ برابر استاندارد و مقدار گردوغبار کلی تنفسی ۲۲ برابر استاندارد

گزارش شده است. در مطالعه گلبابایی و همکاران 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) در سال ۱۳۹۱ و سازمان ACGIH آمریکا برای گردوغبار کلی تنفسی با فرض محتوی سیلیس کریستالی کمتر از یک در صد  $3 \text{ mg/m}^3$  اعلام شده است که براین اساس ۵۹/۸ درصد شاغلین دارای مواجهه بیش از حد مجاز می باشند. لازم به ذکر است که درصد سیلیس کریستالی تعدادی از نمونه ها (۶۲/۸۹ درصد) بیش از یک درصد بوده و از این رو آسیب های بیشتری در رابطه با مواجهه شاغلین معادن می توان متصور شد. در مطالعه گلبابایی و همکاران (۲۰۱۹) این مقدار ۹۱ درصد گزارش شده است.

میانگین شاخص عملکرد ریوی  $\text{FVC\%}$ ،  $\text{FEV}_1\%$  و  $\text{PEF\%}$  بعد از شیف در گروه مورد به صورت معنی داری از لحاظ آماری کمتر از گروه شاهد برآورد گردید. نتایج اسپرومتری مطالعه حاضر با فاصله نزدیک به دو دهه زمانی با نتایج به دست آمده از مطالعات علیزاده و همکاران<sup>۲</sup> در ایران و J Gomes (۲۰۰۱)<sup>۲۰</sup>، E Meijer (۲۰۰۱)<sup>۲۱</sup> در سایر کشورها درمورد کاهش پارامترهای ریوی کارگران معادن نسبت به گروه شاهد مطابقت دارد. مقایسه با مطالعات به روزتر نظیر مطالعه حسینی نسب و همکاران (۲۰۲۲)<sup>۱۵</sup> غلامی و همکاران (۲۰۲۰)<sup>۲۲</sup> در ایران و مطالعه Huang و همکاران (۲۰۱۹)<sup>۲۳</sup> در سایر کشورها نشان داد که این تفاوت همچنان پابرجا می باشد. این نتایج نشان دهنده این موضوع است که با وجود گذشت زمان و پیشرفت علم و تکنولوژی همچنان گردوغبار سیلیس کریستالی قربانی می گیرد 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 ( $P < 0/001$ ). نتایج حاصل با مطالعه AL-SHAMMA (۲۰۰۹)<sup>۲۴</sup> مطابقت دارد. همانطور که در مطالعه Hertzberg<sup>۲۵</sup> 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 یافته های 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 حرفه ای برای حفاظت از کارگران کافی نبوده است. یکی از این موارد تهیه و الزام استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب می باشد 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 در نظر گرفته نشده است. لازم به ذکر است که تمامی این

شرایط مربوط به نیمه کاره بودن معادن بوده است. اگر فعالیت معدنی به حداکثر ظرفیت خود برسد، وضعیت بسیار خطرناک تر خواهد شد. با توجه به عدم استفاده کارگران معادن از وسایل حفاظت فردی، تهیه ماسک‌های مناسب کار از سوی واحد HSE و الزام استفاده آن توسط کارگران ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به مطالعه Hnizdo (۱۹۹۰) <sup>۲۶</sup> می‌توان ۹۴ درصد از شدیدترین اختلالات تنفسی را با حذف سیگار پیشگیری نمود. لذا پیشنهاد می‌شود دوره‌های آموزشی مناسب جهت ترک سیگار برای کارگران مشتاق برنامه ریزی شود تا بتوان اثرات ریوی کمتری را در کنار مواجهه با گردوغبار سیلیس شاهد باشیم. پیشنهاد می‌شود برای افراد سالم با مواجهه کم و سابقه کمتر از ۲۰ سال هر ۳-۵ سال رادیوگرافی قفسه سینه تکرار شود، برای افراد سالم با مواجهه بالا یا سابقه بیش از ۲۰ سال هر ۱-۳ 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 است. ولیکن با انتخاب گروه

کنترل با تعداد افراد سیگاری مشابه و در نظر گرفتن سیگاری بودن به عنوان عامل مداخله‌گر در آزمون‌های رگرسیون 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 می‌شود مطالعه‌ای دیگر در معادن مختلف که کارگران سیگاری ندارند جهت مقایسه انجام گیرد.

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

### تقدیر و تشکر

این مقاله منتج شده از یک طرح تحقیقاتی در دانشگاه علوم پزشکی البرز با کد اخلاق ABZUMS.rec.1395,33 می‌باشد.

## 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. Kakoei 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. Kakoei 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 persian].
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. Golbabaie 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.

# 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<sup>1</sup>, Fatemeh zarei<sup>2</sup>, Zahra safaei <sup>3</sup>, Sakineh Ahmadi <sup>4</sup>

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

Received: 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<sub>22</sub> 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<sub>1</sub>%, 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<sub>1</sub>/FVC% and FEV<sub>1</sub>%).

**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