




# Investigation of Exposure to Free Crystalline Silica and Urinary Parameters among Employees in an Iron Ore Concentrate Factory in Hamadan Province, Hamadan, Iran

Roya Shafiei<sup>1</sup>, Farshid Ghorbani Shahna<sup>2</sup> , Erfan Ayubi<sup>2</sup> , Ebrahim Nadi<sup>3</sup>, Sajjad Farhadi<sup>4</sup>, Mahmoud Gholyaf<sup>5</sup>, Ali Poormohammadi<sup>2\*</sup> 

1. Student Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2. Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Shahid Beheshti Hospital, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
4. Occupational Health Department, Faculty of Health and Paramedical, Neyshabur University of Medical Sciences, Neyshabur, Iran
5. Department of Internal Medicine, Faculty of Medicine, Urology and Nephrology Research Center, Avicenna Clinical Sciences Research Institute, Shahid Beheshti Hospital, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

## Abstract

### Article history:

Received: 16 March 2025

Revised: 01 June 2025

Accepted: 23 July 2025

ePublished: 25 July 2025

\*Corresponding author: Ali Poormohammadi, Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

E-mail:  
apoormohammadi000@yahoo.com

**Background and Objective:** Iron ore extraction and concentrate factories and mines are among the occupations where personnel are exposed to varying levels of free crystalline silica, making the exposure of workers to respirable free crystalline silica a significant occupational health concern.

**Materials and Methods:** In this study, 132 personnel from an iron concentrate factory in Hamadan province, Iran, who had exposure to free crystalline silica were selected, and their exposure to silica pollutants in each specific occupational group was measured. For this purpose, occupational units were classified according to the measured exposure level in coded groups from 0 to 5.

**Results:** The results showed that in general, with increasing work experience of personnel in units with exposure to silica, no increase was observed in their urinary crystals. Furthermore, no significant relationship was seen between work experience and the number of urinary crystals in exposed personnel. In addition, within-group comparisons in terms of exposure levels of groups with higher exposure to groups with lower exposures indicated that there is no significant difference in the rate of excretion of urinary amorphous urate crystals between occupational groups. The rate of urinary crystals, particularly amorphous urate, was significantly higher in the exposed group compared to the control group (a working group of employees in the food industry without any exposure to silica).

**Conclusion:** Based on the results of this study, more complementary studies are required to determine the exact relationship between occupational exposure to free crystalline silica and urinary parameters, especially urinary crystals.

**Keywords:** Amorphous urate, Hamadan, Iron concentrate, Silica, Urinary parameters

**Please cite this article as follows:** Shafiei R, Ghorbani Shahna F, Ayubi E, Nadi E, Farhadi S, Gholyaf M, Poormohammadi A. Investigation of Exposure to Free Crystalline Silica and Urinary Parameters among Employees in an Iron Ore Concentrate Factory in Hamadan Province, Hamadan, Iran. J Occup Hyg Eng. 2025; 12(1): 1-9 DOI: 10.53208/joohe.12.1.1

## Extended Abstract

### Background and Objective

Occupational exposure to respirable crystalline silica in mining and stone-processing industries is a well-recognized health risk that can cause not only respiratory diseases but also kidney disorders. This study was conducted to evaluate the relationship between occupational exposure to crystalline silica and changes in urinary parameters — with a focus on oxalate and amorphous urate — among workers of an iron ore concentrate plant in Hamedan Province, Iran.

### Materials and Methods

This descriptive-analytical study involved 132 workers exposed to crystalline silica in an iron ore concentrate factory, compared with an equal number of unexposed workers from the food industry. Morning urine samples were randomly collected in acid-washed plastic containers, centrifuged for 10 minutes, and the supernatant was stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  for further analysis. Urine characteristics, including color, appearance, specific gravity, pH, protein, glucose, ketones, bilirubin, urobilinogen, blood/hemoglobin, nitrite, WBC/RBC count, epithelial cells, bacteria, and urinary crystals, were evaluated.

Personal exposure to silica was periodically monitored according to NIOSH standards using personal sampling pumps. Based on average exposure levels, occupational units were classified into five categories ranging from 0 (no exposure) to 5 (very high exposure). The chi-square test and ANOVA were applied to assess the association between qualitative and quantitative variables and urinary crystal formation, respectively. Logistic regression analysis was used to evaluate the effect of silica exposure on amorphous urate levels. A p-value of  $< 0.05$  was considered statistically significant. All analyses were performed in Stata version 14. Workers with underlying conditions that could affect urinary results — such as diabetes, hypertension, urinary tract infection, or glomerulonephritis — were excluded.

### Results

Among the exposed workers, the frequency of urinary crystals between 2021 and 2023 ranged from about 10–16% for oxalate and 6–18% for amorphous urate.

Intragroup analysis showed no significant difference between exposure intensity levels (0–5) and the excretion of amorphous urate crystals ( $P = 0.69$ ). Similarly, no significant relationship was observed between work experience ( $<5$  years, 5–10 years, and  $>10$  years) and the presence of crystals ( $P = 0.18$ ). However, in the overall comparison, the prevalence of amorphous urate crystals was significantly higher in the exposed group than in the control group ( $P = 0.002$ ). Other urinary parameters did not differ meaningfully between the groups.

### Discussion

Exposure to respirable crystalline silica is still one of the main occupational health challenges, especially in the mining industries of developing countries. Previous studies have shown that silica dust concentrations in such environments often exceed the permissible exposure limits. In the present study, workers with different exposure levels in an iron ore concentrate factory were examined to determine the impact of occupational silica exposure on urinary factors, particularly amorphous urate crystals.

The findings indicated that longer work experience among silica-exposed workers did not significantly affect the presence of urinary crystals. Likewise, no significant variation in amorphous urate excretion was observed between workers with different exposure levels.

Nevertheless, when the exposed and control groups were compared, the occurrence of urinary crystals — especially amorphous urate — was considerably higher among exposed workers. This observation is consistent with findings from other studies and may suggest the beginning of kidney function alterations due to occupational exposure to crystalline silica.

### Conclusion

In summary, while neither the duration nor intensity of silica exposure alone appeared to cause major changes in urinary parameters, exposure to crystalline silica was associated with a higher occurrence of urinary crystals, particularly amorphous urate. To confirm these results and clarify the potential renal effects of silica exposure, broader and longitudinal studies across different occupational groups are recommended.

## بررسی مواجهه با سیلیس آزاد کریستالی و سطح پارامترهای ادرازی در شاغلین کارخانه کنسانتره سنگ آهن استان همدان

رویا شفیعی<sup>۱</sup>، فرشید قربانی شهنا<sup>۲</sup> , عرفان ایوبی<sup>۲</sup> , ابراهیم نادى<sup>۳</sup>، سجاد فرهادی<sup>۴</sup>، محمود غلیاف<sup>۵</sup>، علی پورمحمدی<sup>۲\*</sup> 

۱. مرکز پژوهش دانشجویان، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. گروه داخلی، دانشکده پزشکی، بیمارستان شهید بهشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۴. گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی نیشابور، نیشابور، ایران
۵. گروه داخلی، دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات ارولوژی و نفرولوژی، پژوهشکده علوم بالینی ابن سینا، بیمارستان شهید بهشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

### چکیده

**سابقه و هدف:** کارخانه‌ها و معادن استخراج و کنسانتره سنگ آهن، یکی از مشاغل است که در آن مواجهه کارکنان با سطوح متغیری از سیلیس آزاد کریستالی صورت می‌گیرد، به طوری که مواجهه کارکنان معدن سنگ آهن با سیلیس آزاد کریستالی قابل استنشاق در محیط کار به عنوان یک مشکل بهداشتی عمده مطرح می‌شود.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه، تعداد ۱۳۲ نفر از کارکنان یک کارخانه کنسانتره آهن در استان همدان که دارای مواجهه با سیلیس آزاد کریستالی بودند، انتخاب شدند و مواجهه فردی آن‌ها با آلایندة سیلیس در هر گروه شغلی مشخص، اندازه‌گیری شد. برای این منظور واحدهای شغلی برحسب میزان مواجهه اندازه‌گیری شده در گروه‌های کدبندی‌شده صفر تا پنج طبقه‌بندی شدند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که به‌طور کلی با افزایش سابقه کار کارکنان در واحدهای دارای مواجهه با سیلیس، افزایشی در کریستال‌های ادرازی آن‌ها اتفاق نیافته است و ارتباط معناداری بین سابقه کار و میزان کریستال‌های ادرازی در کارکنان دارای مواجهه دیده نشد. همچنین، مقایسه درون گروهی نشان داد که بین کارکنان گروه‌های با مواجهه بیشتر و گروه‌های با مواجهه کمتر، تفاوت معناداری در دفع کریستال‌های اورات آمورف ادرازی دیده نشد. در ادامه انجام مطالعه، به‌منظور مقایسه میزان کریستال‌های ادرازی به‌ویژه اورات آمورف در گروه مواجهه به‌طور معناداری بالاتر از گروه کنترل (یک گروه شاغل از کارکنان یک صنعت غذایی بدون هیچ‌گونه مواجهه با سیلیس) بود.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس نتایج این مطالعه، مطالعات تکمیلی‌تر مورد نیاز است تا ارتباط دقیق مواجهه شغلی با سیلیس آزاد کریستالی و پارامترهای ادرازی به‌ویژه کریستال‌های ادرازی را مشخص نماید.

**واژگان کلیدی:** سیلیس، کنسانتره آهن، پارامترهای ادرازی، اورات آمورف، همدان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶

تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۰۱

تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۰۳

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

\* نویسنده مسئول: علی پورمحمدی، قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

ایمیل:

apoormohammadi000@yahoo.com

**استناد:** شفیعی، رویا؛ قربانی شهنا، فرشید؛ ایوبی، عرفان؛ نادى، ابراهیم؛ فرهادی، سجاد؛ غلیاف، محمود؛ پورمحمدی، علی. بررسی مواجهه با سیلیس آزاد کریستالی و سطح پارامترهای ادرازی در شاغلین کارخانه کنسانتره سنگ آهن استان همدان. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، بهار ۱۴۰۴؛ ۱۲(۱): ۹-۱

سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) پس از کربن یکی از فراوان ترین ترکیبات پوسته زمین است و می توان آن ها را به سیلیس کریستالی یا غیر بلوری (آمورف) تقسیم کرد. سیلیس های آمورف به دو دسته سیلیس های آمورف طبیعی و انواع سنتتیک تقسیم می شوند [۱]. سیلیس جزو اصلی پوسته زمین است، بنابراین، هر فعالیت حرفه ای که پوسته زمین را تخریب کند؛ می تواند کارگران را در معرض ذرات سیلیس قرار دهد. استخراج و کار با سنگ هایی مثل گرانیت و به طور کلی صخره ها، معادن (طلا، آرسنیک، قلع، سنگ های قیمتی، زغال سنگ)، صنعت سرامیک، مصالح ساختمانی، لاستیک، تولید شیشه و کود (صخره های فسفر)، ریخته گری و تولید تالک، عملیات سند بلاست، پولیش مواد معدنی و فلزی با سیلیس و ... فقط بخشی از فعالیت هایی هستند که می توانند باعث خطر شوند [۲]. مواجهه شغلی با سیلیس آزاد کریستالی قابل استنشاق در صنایع مختلفی از جمله سرامیک سازی، کشاورزی، آسفالت، تعمیر خودرو، سفالگری، ساخت وساز، دندان پزشکی و معدن نیز جود دارد. سیلیس کریستالی که در اشکال مختلف چندشکلی مانند کوارتز، کریستوبالیت و تریدمیت وجود دارد. مطالعات نشان داده است که مواجهه مزمن با سیلیس کریستالی ممکن است باعث سرطان ریه شود. همچنین، سیلیس کریستالی توسط آژانس بین المللی تحقیقات سرطان، در گروه یک مواد سرطان زا دسته بندی شده است [۳]. مواجهه شغلی مزمن با سیلیس کریستالی همچنین ممکن است منجر به بروز بیماری های متعددی مانند سیلیکوز ریوی، بیماری مزمن انسدادی ریه، برونشیت مزمن، آمفیزم، بیماری راه های هوایی کوچک، سل/سیلیکوتوبرکلوزیس، بیماری های خودایمنی (آرتریت روماتوئید، اسکلرودرمی، لوپوس اریتماتوز سیستمیک) و بیماری کلیوی شود. مواجهه حاد شغلی با غلظت های بالای سیلیس کریستالی باعث سرفه، تنگی نفس و لیوپروتئینوز آلوئولار ریوی (سیلیکوزیس حاد) می شود [۴]. سیلیکوزیس، قدیمی ترین بیماری شغلی در سطح جهان در نظر گرفته می شود و مسئول مرگ هزاران کارگر است. در میان روش های سنجش مواجهه با سیلیس، مرتبط ترین آن ها همچنان پایش محیطی محل کار است که دانشی در مورد کیفیت هوای محیط و مقدار ذرات قابل تنفس فراهم می کند. با این حال، همچنان به بیومارکرهایی برای تشخیص زودهنگام تغییرات ریه برای پیشگیری از آسیب های برگشتناپذیر آن مانند فیبروز و فراهم کردن زندگی سالم و طولانی نیاز است [۵]. در یک مطالعه گزارش گردیده است که کارگران تولید عقیق، به طور مزمن در معرض گرد و غبار سیلیس تولید شده از آسیاب عقیق هستند که آن ها را مستعد ابتلا به

سیلیکوزیس می کند. با توجه به عدم امکان تشخیص بیماری در مراحل اولیه، کارگران همچنان در معرض گرد و غبار سیلیس تا ایجاد بیماری سیلیکوزیس هستند. در این مطالعه، سطح فعالیت آنزیم لاکتات دهیدروژناز (LDH) در نمونه های پلاسماي خون کارگران مواجهه یافته، حدود ۲۵ برابر افزایش یافت. در حالی که فعالیت این آنزیم در نمونه های خون یا پلاسماي کارگران تولید عقیق در معرض سیلیس به ۱۰ درصد از افراد کنترل کاهش یافت. میزان فعالیت LDH (پلاسماي خون/سلول ها) در کارگران عقیق در معرض سیلیس ۶/۶ بود، در حالی که در افراد کنترل (مواجهه نیافته) ۰/۰۲ بود [۶]. بیش از ۹۰ سال پیش فرضیاتی در خصوص تاثیر گرد و غبار سیلیس روی کلیه انسان مطرح شد. تغییرات کلیوی پاتولوژیک شناسایی شده مشابه با اثرات نفروپاتی القاشده توسط فلزات سنگین به شکل نفروپاتی وابسته به دوز است که باعث تغییرات تحلیل برنده در اپیتلیوم لوله ای و التهاب بینابینی، نفروز استخوانی، گلومرولونفریت و واسکولیت سیستمیک می شود. علاوه بر این، نشان داده شده است که کارگران در معرض سیلیس، می توانند تغییرات بافت شناسی متمایز را در گلومرول و لوله های پروگزیمال کلیه تجربه کنند [۷]. کلیه ها محل اولیه دفع متابولیت ها و داروهای سمی هستند. از سوی دیگر نیاز مبرمی به یافتن نشانگرهای زیستی قابل اعتماد برای تشخیص زودهنگام نفروپاتی ناشی از سیلیس وجود دارد. مطالعات اپیدمیولوژیک مطرح می کنند که مواجهه با سیلیس آزاد کریستالی قابل استنشاق با افزایش ریسک بیماری های کلیوی مرتبط است. ژن های فراوانی در کلیه های آسیب دیده، تنظیم افزایشی می یابند و محصولات پروتئینی متعاقب در ادرار ظاهر می شوند. پروتئین متصل شونده به اسید چرب نوع کبدی (L-FABP) و مولکول آسیب کلیوی-I (KIM-I) از جمله مهم ترین آن ها هستند. برخی نتایج نشان دادند که گروه در معرض سیلیس، افزایش معناداری در کراتینین سرم و سیلیس ادرار و همچنین کاهش قابل توجهی در میزان فیلتراسیون گلومرولی تخمین زده شده (eGFR) دارند. علاوه بر این، افزایش قابل توجهی در بیان ژن KIM-I و L-FABP همراه با افزایش قابل توجهی در پروتئین ادراری آن ها در گروه مواجهه یافت شد [۸]. این موضوع ثابت شده است که نشانگرهای زیستی (biomarkers) مختلف ادراری برای تعیین نقص در قسمت های خاصی از نفرون، مفید هستند و می توانند تغییرات اولیه کلیه ناشی از قرار گرفتن در معرض نفروتوکسین ها را تشخیص دهند. این نشانگرهای زیستی شامل پروتئین با وزن مولکولی بالا و آلبومین برای ارزیابی یکپارچگی گلومرولی و پروتئین با وزن مولکولی کم

آزمایشگاهی به آزمایشگاه بالینی ارسال شدند و آنالیزهای مربوطه تکمیلی شامل رنگ (Color)، ظاهر (Appearance)، وزن مخصوص (Specific Gravity)، pH، پروتئین (Protein)، گلوکز (Glucose)، کتون (Ketone)، بیلیروبین (Bilirubin)، یوروبیلینوژن (Urobilinogen)، خون/هموگلوبین (Blood/Hgb)، نیترات (Nitrate)، گلبول سفید (WBC)، گلبول قرمز (RBC)، سلول‌های اپیتلیال (Epithelial cells)، باکتری (Bacteria) و در صورت وجود، کریستال‌های ادراری (Urine Crystals) انجام شد. با توجه به مطالعات پیشین، در این پژوهش تغییرات پارامترهای آنالیز ادرار به‌ویژه کریستال‌های ادراری مورد بررسی قرار گرفت. میزان مواجهه کارکنان کارخانه کنسانتره آهن با سیلیس آزاد کریستالی قابل استنشاق، که به‌صورت روتین به‌طور سالانه پایش می‌شود، هم‌زمان با انجام آزمایش‌های بالینی از پرونده‌های ثبت‌شده در مرکز بهداشت استخراج و با تغییرات حاصل از آزمون‌های کلیوی مقایسه گردید. برخی مطالعات گذشته تفاوت‌هایی در سطح کریستال‌های ادراری - به‌ویژه اورات آمورف - در معاینات دوره‌ای کارکنان صنایع مرتبط با سیلیس گزارش کرده‌اند. بر همین اساس، در این مطالعه ابتدا ۱۳۲ نفر از کارکنان کارخانه کنسانتره آهن که دارای مواجهه مشخص با سیلیس آزاد کریستالی بودند انتخاب و میزان مواجهه آن‌ها در هر گروه شغلی اندازه‌گیری شد. برای مقایسه، یک گروه کنترل شامل کارکنان شاغل در صنعت غذایی - بدون هیچ‌گونه مواجهه با سیلیس و نیز بدون سابقه کار در مشاغل مرتبط با سیلیس، با حجم نمونه مشابه گروه مواجهه در نظر گرفته شد. علاوه بر معیارهای ورود و خروج ذکرشده، به‌منظور کنترل عوامل مخدوش‌کننده، اطلاعات مربوط به ابتلا به بیماری‌های زمینه‌ای نظیر دیابت، پرفشاری خون، عفونت‌های ادراری و گلوومولونفریت از پرونده‌های شغلی استخراج و در صورت ابتلا به هر یک از این بیماری‌ها، افراد از مطالعه حذف گردیدند. همین‌طور از پایش‌های دوره‌ای مواجهه فردی کارکنان در گروه‌های مختلف، به‌منظور مقایسه میزان مواجهه و رابطه آن با یافته‌های میکروسکوپی ادراری، استفاده شد. روش نمونه‌برداری برای این منظور مطابق با استاندارد NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) و بر اساس نمونه‌برداری با پمپ نمونه‌برداری فردی با Average flow و فیلتر قرار داده‌شده در هولدر انجام گرفت.

### کریستال‌های ادراری

برای ارزیابی بازجذب پروتئین لوله‌ای هستند. هر دو آنزیم سیتوزولی و لیزوزومی در نتیجه آسیب اپیتلیال لوله‌ای و لیز سلولی آزاد می‌شوند. ارزیابی غلظت ادراری این آنزیم‌ها را می‌توان یک روش حساس و غیرتهاجمی کامل برای ارزیابی یکپارچگی گلوومرولی دانست. آنزیم‌های قابل‌توجه کلیه در ادرار شامل آلکالاین فسفاتاز (ALP) و  $\gamma$ -گلوتامیل ترانسفراز ( $\gamma$ -GT) هستند که در سلول‌های اپیتلیال توبول پروگزیمال یافت می‌شوند. لاکتات دهیدروژناز (LDH) در سلول‌های دیستال لوله قرار دارد. با اشاره به چندین مطالعه اخیر انسانی، این نشانگرهای زیستی ادرار برای تشخیص اختلال عملکرد کلیوی تحت بالینی اولیه استفاده شده‌است. در مطالعات اخیر کیلوی (KIM-1) kidney injury molecule-1 به‌عنوان یک بیومارکر اختصاصی و دارای حساسیت بسیار بالا مطرح شده‌است [۹-۱۱].

در خصوص مواجهه با سیلیس آزاد کریستالی قابل استنشاق، تعداد محدودی مطالعه انجام‌شده که بیانگر تغییراتی در برخی فاکتورهای کلیوی می‌باشد. به‌عنوان مثال؛ در یک مطالعه، اخیراً تغییرات در میزان کریستال‌های ادراری افراد دارای مواجهه با سیلیس آزاد کریستالی قابل استنشاق نسبت به گروه فاقد مواجهه مشاهده شد [۱۲]. هر چند مطالعات بیشتری نیاز است تا این ارتباط را تایید نماید. از سوی دیگر، بررسی میزان مواجهه و ارتباط آن با مقدار کریستال‌های ادراری ضروری است. لذا، این مطالعه ابتدا به بررسی فاکتورهای ادراری در کارکنان یک کارخانه کنسانتره سنگ‌آهن در استان همدان پرداخت و همچنین، در رده‌های شغلی با مواجهه‌های مختلف؛ مقایسه‌های درون‌گروهی و همچنین مقایسه با یک گروه کنترل انجام شد.

### روش کار

#### نمونه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات

بعد از هماهنگی با یکی از آزمایشگاه‌های خصوصی شهر همدان که آزمایشات افراد شاغل در سنگ معدن را انجام می‌داد و ثبت می‌کرد، اطلاعات لازم استخراج شد. از اطلاعات ثبت‌شده‌ی گروه‌های شغلی در شبکه بهداشت و درمان استان همدان نیز استفاده شد. برای نمونه‌گیری، یک نمونه ادرار صبحگاهی به‌صورت تصادفی در ظروف پلاستیکی شسته‌شده با اسید جمع‌آوری و در شرایط مناسب به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه نمونه ادرار به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ گردید، سپس ۱۵ سی‌سی بالای نمونه در دمای منفی ۲۰ درجه نگهداری شد. سپس نمونه‌ها جهت بررسی‌های

مواجهه ۳ میلی گرم در مترمکعب با کد مواجهه «چهار»، به عنوان مواجهه زیاد و در نهایت اپراتورهای خط با میانگین مواجهه ۵-۱۳ میلی گرم بر مترمکعب در گروه مواجهه بسیار زیاد با کد «پنج» طبقه بندی شدند.

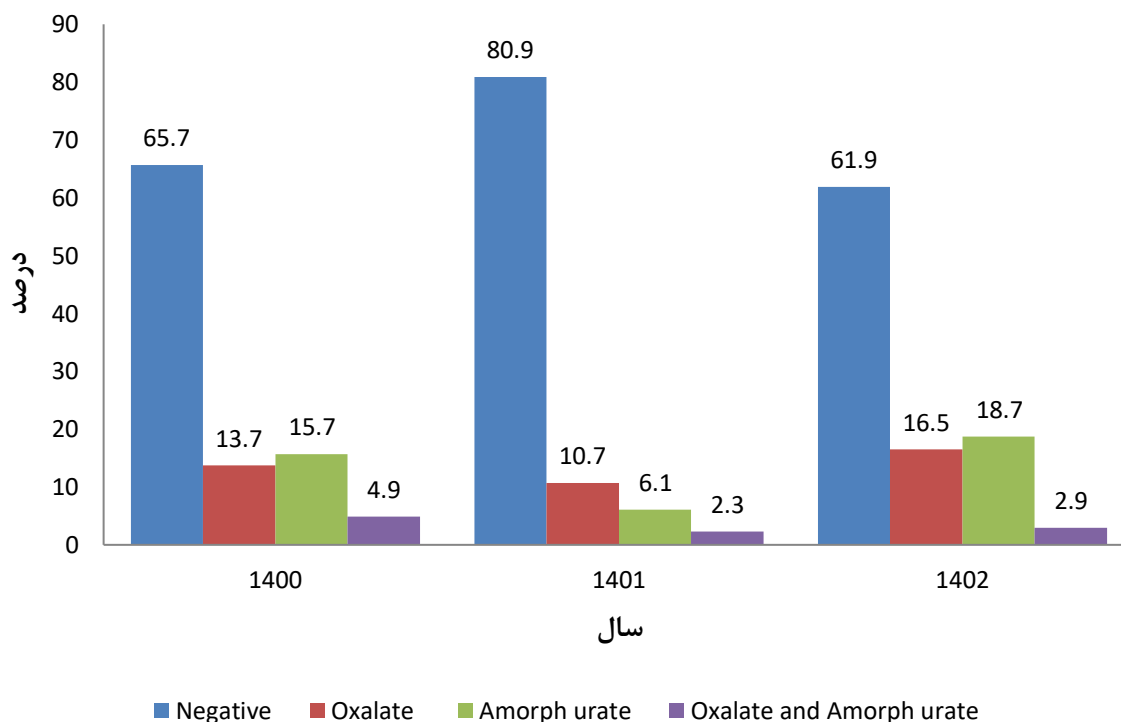
### آنالیز داده ها

برای بررسی ارتباط بین متغیرهای کیفی و کمی با متغیر کیفی کریستال های اداری، به ترتیب از آزمون کای دو و آزمون تحلیل واریانس استفاده شد. برای بررسی تاثیر مواجهه با سیلیس روی سطح اورات آمورف از تحلیل رگرسیون لجستیک استفاده شد. سطح معناداری آزمون ها  $p < 0.05$  لحاظ شد. تحلیل ها در نرم افزار Stata نسخه ۱۴ انجام گرفت.

### نتایج

نتایج در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می گردد، به طور میانگین ۱۰ تا ۱۶ درصد از کارکنان دارای مواجهه؛ دارای اگزالات در ادارار بوده اند و ۶-۱۸ درصد از کارکنان، دارای کریستال های اورات آمورف بوده اند.

مطابق با اندازه گیری های انجام شده در زمینه مواجهات فردی کارکنان با سیلیس آزاد کریستالی، میانگین مواجهه در گروه شغلی رانندگان لودر، ۳ میلی گرم بر مترمکعب، کارگر واحد خردایش به طور میانگین ۱۳/۳ میلی گرم بر مترمکعب و کارگران خط تولید به طور میانگین ۵ میلی گرم در مترمکعب بود. برخی از گروه های شغلی در این صنعت، فاقد مواجهه بودند. به طور کلی، به منظور تعیین تاثیر مواجهه بر دفع کریستال های اداری کارکنان، گروه های شغلی در پنج گروه مختلف بر اساس پایش های صورت گرفته، طبقه بندی شدند. سطح کریستال هایی شامل اگزالات و اورات آمورف در طی سه سال ۱۴۰۰، ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در صنعت مورد بررسی قرار گرفت. بدین صورت واحد اداری فاقد مواجهه با کد «صفر»، واحدهای باسکول، نگهبانی و انبارداری با کد مواجهه «یک»، به عنوان مواجهه کم، واحدهای آزمایشگاه و اپراتور برق به عنوان افرادی با مواجهه متوسط و با کد «دو»، واحدهای سر شیفت، نمونه گیر آزمایشگاه و سرویس کار، به عنوان افرادی با مواجهه نسبتا بالا با کد مواجهه «سه»، رانندگان لودر و تریلی با میانگین



شکل ۱. توزیع سطح کریستال های اداری کارگران طی سال های مختلف

شاخص های سن، توده بدنی و اورات آمورف و اگزالات هیچ رابطه معناداری مشاهده نشد. در جدول ۲ همان گونه که گزارش شده است تفاوت معناداری بین گروه های شغلی متفاوت از لحاظ مواجهه با

در قسمت بعد از انجام مطالعه، رابطه بین مشاهده کریستال های اورات آمورف و سن، توده بدنی و تحصیلات کارکنان بررسی شد. همان گونه که در جدول ۱ گزارش گردیده است؛ بین حضور کریستال های ذکر شده و

بررسی قرار گرفت. نتایج این بخش نیز در جدول ۲ گزارش شده‌است. این نتایج بیانگر آن است که بین سابقه کار و حضور کریستال‌های ادراری نیز هیچ رابطه معناداری مشاهده نشده‌است (P-Value=۰/۱۸).

سیلیس در صنعت مورد مطالعه و سطح اورات آمورف ادراری مشاهده نشد (P-Value=۰/۶۹). در قسمت بعد، رابطه بین سابقه کار به‌عنوان یک پارامتر مهم در ابتلا به بیماری سیلیکوزیس و حضور کریستال‌های ادراری مورد

جدول ۱. مقایسه توزیع سن، نمایه توده بدنی و تحصیلات برحسب کریستال‌های ادراری در سال ۱۴۰۲

P-value	Oxalate and Amorph urate	Amorph urate	Oxalate	negative	
۰/۹۹	۴۰/۷۵ ± ۶/۲۹	۴۱/۱۶ ± ۱۰/۶۱	۴۱/۸۱ ± ۷/۶۹	۴۱/۰۰ ± ۸/۷۷	سن
۰/۲۳	۳۰/۶۷ ± ۱/۵۲	۲۵/۷۶ ± ۳/۵۵	۲۷/۰۶ ± ۳/۰۴	۲۶/۵۳ ± ۴/۳۱	نمایه توده بدنی
					تحصیلات
	۲ (۵۰)	۱۰ (۴۰)	۶ (۲۷/۲۷)	۲۰ (۲۳/۲۶)	زیردیپلم
۰/۵۳	۲ (۵۰)	۸ (۳۲)	۹ (۴۰/۹۱)	۳۴ (۳۹/۵۳)	دیپلم
	۰	۷ (۲۸)	۷ (۳۱/۸۲)	۳۲ (۳۷/۲۱)	بالتر از دیپلم

جدول ۲. مقایسه توزیع مواجهه با سیلیس و سابقه کار برحسب کریستال‌های ادراری در سال ۱۴۰۲

p-value	Oxalate and Amorph urate	Amorph urate	Oxalate	negative	تعداد	
۰/۶۹	۰	۳ (۳۰)	۱ (۱۰)	۶ (۶۰)	۱۰	خیر
	۴ (۳/۲۸)	۲۱ (۱۷/۲۱)	۲۱ (۱۷/۲۱)	۷۶ (۶۲/۳۰)	۱۲۲	بلی
						سابقه کار (سال)
	۱ (۱/۴۱)	۱۹ (۲۶/۷۶)	۹ (۱۲/۶۹)	۴۲ (۵۹/۱۵)	۹۷	کمتر از ۵
۰/۱۸	۰	۱ (۸/۳۳)	۳ (۲۵)	۸ (۶۶/۶۷)	۱۸	۵ تا ۱۰
	۲ (۸)	۲ (۸)	۴ (۱۶)	۱۷ (۶۸)	۲۷	بیشتر از ۱۰

جدول ۳. تاثیر نوع شغل بر شانس مثبت شدن نتیجه اورات آمورف

P-value	فاصله اطمینان ۹۵ درصد	نسبت شانس	P-value	فاصله اطمینان ۹۵ درصد	نسبت شانس	شغل
						کارگران بدون مواجهه با سیلیس
						کارگران مواجهه یافته با سیلیس
۰/۰۰۲	۲/۳۹-۴۶/۲۹	۱۰/۵۳	۰/۰۰۱	۲/۶۶-۴۹/۶۹	۱۱/۵۰	کارگران بدون مواجهه با سیلیس
						کارگران مواجهه یافته با سیلیس

به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه مورد توجه قرار گرفته‌است. طبق یک مقاله اخیر، شیوع بالایی از بیماری سیلیکوزیس در میان کارگران معادن، سیلیس‌کوبی، سنگ‌بری و کارخانه شیشه گزارش شده‌است [۱۳].

در یک مطالعه مرتبط با بررسی سطح گرد و غبار و سیلیس آزاد موجود در هوای معادن سنگ‌آهن خواف، مشاهده شد که بالاترین میانگین تراکم گرد و غبار و سیلیس آزاد کل، مربوط به ایستگاه سنگ‌شکن (۱۵۵±۸۰۰ میلی‌گرم بر مترمکعب و ۶/۷±۲۶/۱۱ میلی‌گرم بر مترمکعب) و کمترین آن‌ها مربوط به ایستگاه اداری و نگهداری (۲/۲±۸/۲۸ میلی‌گرم بر مترمکعب و

در مرحله پایانی مطالعه، مشخص شد که میزان کریستال‌های ادراری، به‌ویژه اورات آمورف، در گروه مواجهه به‌طور معناداری بالاتر از گروه کنترل (کارکنان یک صنعت غذایی بدون هیچ‌گونه مواجهه با سیلیس) بود (P-value=۰/۰۰۲) (جدول ۳).

## بحث

امروزه بحث مواجهه با سیلیس در طیف وسیعی از کارخانه‌ها و صنایع مانند کارگاه‌های سیلیس‌کوبی، معادن سنگ‌آهن، کارخانه‌های کنسانتره آهن، کارخانه شیشه و ذوب فلزات، کارخانه سیمان و حتی سنگ‌بری و کارگران ساختمانی

معناداری در میزان دفع کریستال های اورات آمورف ادراری وجود ندارد ( $P\text{-value}=0/69$ ).

در آخرین بخش از انجام مطالعه، به منظور مقایسه میزان کریستال های ادراری به ویژه اورات آمورف بالاتر در گروه مواجهه به طور معناداری بالاتر از گروه کنترل (یک گروه شاغل از کارکنان یک صنعت غذایی بدون هیچ گونه مواجهه با سیلیس) بود ( $P\text{-value}=0/002$ ). در این راستا، یک مطالعه مرتبط گزارش کرد که وجود معنادار کریستال های اورات آمورف در بین موارد مواجهه به میزان  $7/65$  برابر گروه شاهد بود [۱۲]. این نتایج با نتایج ما مطابقت دارد و نشان دهنده اختلالات کلیوی مرتبط با قرار گرفتن در معرض سیلیس است. یافته های ما رابطه قوی بین مواجهه شغلی با سیلیس کریستالی آزاد و سطح بالای بلورهای اورات آمورف را نشان داد. با این حال، مطالعات بیشتری برای تایید دقیق این ارتباط مورد نیاز است.

### نتیجه گیری

در خصوص مواجهه با سیلیس آزاد کریستالی قابل استنشاق، تعداد محدودی مطالعه انجام شده است که بیانگر تغییراتی در برخی فاکتورهای کلیوی می باشد. به عنوان مثال در یک مطالعه اخیرا تغییرات در میزان کریستال های ادراری افراد دارای مواجهه با سیلیس آزاد کریستالی قابل استنشاق نسبت به گروه فاقد مواجهه، مشاهده شد. هر چند مطالعات بیشتری نیاز است تا این ارتباط را تایید نماید. از سوی دیگر، بررسی میزان مواجهه و ارتباط آن با مقدار کریستال های ادراری ضروری است. لذا، این مطالعه ابتدا به بررسی فاکتورهای ادراری در کارکنان یک کارخانه کنسانتره سنگ آهن استان همدان پرداخت و همچنین در رده های شغلی با مواجهات مختلف مقایسات درون گروهی و همچنین مقایسه با یک گروه کنترل انجام شد. نتایج نشان داد که به طور کلی با افزایش سابقه کار، کارکنان در واحدهای دارای مواجهه با سیلیس، افزایشی در کریستال های ادراری آن ها رخ نداده است و ارتباط معناداری بین سابقه کار و میزان کریستال های ادراری در کارکنان دارای مواجهه دیده نشد. همچنین، مقایسات درون گروهی از نظر میزان مواجهه گروه های با مواجهه بیشتر با گروه های با مواجهه های کمتر نشان دهنده آن است که بین گروه های شغلی تفاوت معناداری در میزان دفع کریستال های اورات آمورف ادراری وجود ندارد. با این حال، در مرحله بعدی مطالعه مشخص شد که میزان کریستال های ادراری، به ویژه اورات آمورف، در گروه مواجهه به طور معناداری بالاتر از گروه کنترل (کارکنان یک صنعت غذایی بدون هیچ گونه

بالاترین میانگین تراکم گرد و غبار و سیلیس آزاد قابل استنشاق مربوط به ایستگاه حفاری ( $13/45 \pm 66/14$ ) میلی گرم بر مترمکعب و  $0/39 \pm 11/48$  میلی گرم بر مترمکعب) و کمترین آن ها مربوط به ایستگاه چکش بادی ( $2/62 \pm 5/26$ ) میلی گرم بر مترمکعب و  $0/05 \pm 0/01$  میلی گرم بر مترمکعب) می باشد. نتایج مطالعه ذکر شده نشان داد که مقدار گرد و غبار کل فقط در ایستگاه ادراری و نگهداری پایین تر از حد استاندارد ایران است و در بقیه ایستگاه ها چندین برابر این استاندارد بود [۱۴]. در مطالعه حاضر نیز واحد ادراری فاقد مواجهه با کد «صفر» یا بدون مواجهه، واحدهای باسکول، نگهداری و انبارداری و در نهایت اپراتورهای خط با میانگین مواجهه  $5-13$  میلی گرم بر مترمکعب در گروه مواجهه بسیار زیاد با کد «پنج» طبقه بندی شدند.

در مطالعه دیگری گزارش گردید که کریستال های ادراری اورات آمورف در کارگران در مواجهه با سیلیس به صورت معناداری بالاتر از گروه بدون مواجهه (شاهد) بود [۱۲]. در این راستا، در مطالعه حاضر، یک گروه  $132$  نفره از کارکنان شاغل در یک کارخانه کنسانتره سنگ آهن با میزان بالای مواجهه کارکنان با سیلیس آزاد کریستالی از نظر پارامترهای ادراری به ویژه کریستال های اورات آمورف با یک گروه کنترل، بدون هیچ گونه مواجهه با سیلیس آزاد کریستالی، مقایسه گردید. در اولین مرحله، میزان و درصد حضور این کریستال ها در نمونه های ادرار کارکنان در طی سه سال متوالی با توجه به افزایش سابقه کار بررسی شد. نتایج این بخش نشان داد که به طور کلی در سال سوم بیشترین درصد کریستالی های اورات آمورف در نمونه ادرار کارکنان مشاهده گردید. لازم به ذکر است که کمترین میزان در دومین سال ( $1401$ ) مشاهده شد. همچنین به منظور مقایسه سابقه کار در میزان افزایش این پارامتر، کارکنان به سه گروه با سابقه کار کم تر از «پنج سال»، «بین پنج تا ده سال» و «بیش از ده سال» طبقه بندی شدند. نتایج نشان داد که به طور کلی با افزایش سابقه کار کارکنان در واحدهای دارای مواجهه با سیلیس، افزایشی در کریستال های ادراری آن ها رخ نداده است و ارتباط معناداری بین سابقه کار و میزان کریستال های ادراری در کارکنان دارای مواجهه دیده نشد ( $P\text{-value}=0/18$ ).

در این مطالعه بر اساس پایش های مواجهات شغلی فردی با سیلیس آزاد کریستالی، گروه های شغلی بر اساس میزان مواجهه به پنج گروه مطابق مطالب بیان شده در قسمت روش ها طبقه بندی شدند. مقایسات درون گروهی از نظر میزان مواجهه گروه های با مواجهه بیشتر با گروه های با مواجهه های کمتر، نشان دهنده آن است که بین گروه های شغلی تفاوت

این نتایج از طرح تحقیقاتی دانشجویی خانم رویا شفیعی با کد مصوب ۱۴۰۲۰۸۳۰۷۲۵۶ استخراج شده و با اخذ مجوزهای لازم، مانند کد اخلاق (IR.UMSHA.REC.1402.572) از سوی معاونت تحقیقات و فناوری و با هماهنگی مربوطه انجام شده است.

#### سهم نویسندگان

تمامی نویسندگان در مراحل مختلف پژوهش شرکت داشته و پیش‌نویس نهایی مقاله را مطالعه و تایید کرده‌اند.

#### حمایت مالی

این پژوهش با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان صورت گرفته است.

مواجهه با سیلیس) بود. بنابراین، به‌منظور اظهار نظر قطعی مطالعات تکمیلی‌تر موردنیاز است تا ارتباط دقیق مواجهه شغلی با سیلیس آزاد کریستالی و پارامترهای ادراری به‌ویژه کریستال‌های ادراری را مشخص نماید.

#### تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله، نویسندگان از حمایت‌های دانشگاه علوم پزشکی همدان کمال تقدیر و تشکر را دارند.

#### تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافی در خصوص این مطالعه وجود ندارد.

#### ملاحظات اخلاقی

## REFERENCES

- Park E-J, Park K. Oxidative stress and pro-inflammatory responses induced by silica nanoparticles in vivo and in vitro. *Toxicol Lett.* 2009;184(1):18-25. PMID: 19022359 DOI: 10.1016/j.toxlet.2008.10.012
- Santos C, Norte A, Fradinho F, Catarino A, Ferreira AJ, Loureiro M, et al. Silicosis—brief review and experience of a pulmonology ward. *Rev Port Pneumol.* 2010;16(1):99-115. PMID: 20054511
- Borm PJ, Tran L, Donaldson K. The carcinogenic action of crystalline silica: a review of the evidence supporting secondary inflammation-driven genotoxicity as a principal mechanism. *Crit Rev Toxicol.* 2011;41(9):756-70. PMID: 21923565 DOI: 10.3109/10408444.2011.576008
- Andraos C, Utembe W, Gulumian M. Exceedance of environmental exposure limits to crystalline silica in communities surrounding gold mine tailings storage facilities in South Africa. *Sci Total Environ.* 2018;619-620:504-16. PMID: 29156270 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.135
- Peruzzi CP, Brucker N, Bubols G, Cestonaro L, Moreira R, Domingues D, et al. Occupational exposure to crystalline silica and peripheral biomarkers: An update. *J Appl Toxicol.* 2022;42(1):87-102. PMID: 34128557 DOI: 10.1002/jat.4212
- Aggarwal BD. Lactate dehydrogenase as a biomarker for silica exposure-induced toxicity in agate workers. *Occup Environ Med.* 2014;71(8):578-82. PMID: 24876203 DOI: 10.1136/oemed-2014-102190
- Mourad BH, Ashour YA. Demonstration of subclinical early nephrotoxicity induced by occupational exposure to silica among workers in pottery industry. *Int J Occup Environ Med.* 2020;11(2):85. PMID: 32218556 DOI: 10.34172/ijoem.2020.1886
- Ramadan MA, Abdelgwad M, Fouad MM. Predictive value of novel biomarkers for chronic kidney disease among workers occupationally exposed to silica. *Toxicol Ind Health.* 2021;37(4):173-81. PMID: 33588697 DOI: 10.1177/0748233721990304
- Spasojević-Dimitrijeva B, Kotur-Stevuljević J, Đukić M, Paripović D, Miloševski-Lomić G, Spasojević-Kalimanovska V, et al. Serum neutrophil gelatinase-associated lipocalin and urinary kidney injury molecule-1 as potential biomarkers of subclinical nephrotoxicity after gadolinium-based and iodinated-based contrast media exposure in pediatric patients with normal kidney function. *Med Sci Monit.* 2017;23:4299. PMID: 28874655 DOI: 10.12659/msm.903255
- Moresco RN, Bochi GV, Stein CS, De Carvalho JA, Cembranel BM, Bollick YS. Urinary kidney injury molecule-1 in renal disease. *Clin Chim Acta.* 2018;487:15-21. PMID: 30201372 DOI: 10.1016/j.cca.2018.09.011
- Nafea OE, Zakaria M, Hassan T, El Gebaly SM, Salah HE. Subclinical nephrotoxicity in patients with beta-thalassemia: role of urinary kidney injury molecule. *Drug Chem Toxicol.* 2022;45(1):93-102. PMID: 31905029 DOI: 10.1080/01480545.2019.1660362
- Poormohammadi A, Ayubi E, Barati N, Motavallihaghi S, Moeini ESM, Mehri F. Urinary levels of amorphous urate crystals as a biological marker for occupational exposure to crystalline free silica. *J Air Pollut Health.* 2022;7(4):341-6. DOI: 10.18502/japh.v7i4.11382
- Kouchaki MT, Sheikholeslami S, Mirmoeini ES, Fathi A, Jozdani EA, Kahramfar Z, et al. Evaluation of epidemiological features and clinical symptoms in patients with silicosis hospitalized in educational and medical centers of Hamadan, Iran, from 2011 to 2021. *JOHE.* 2024;11(2):105-14. DOI: 10.32592/johe.11.2.105
- Naghizadeh A, Mahvi A, Jabbari H, Dadpour A, Karimi M. Determination of the level of dust and free silica in the air of Khaf Iron stone quarries. *IJHE.* 2008;1(1):37-44. [Link]