JOHE
Journal of Occupational Hygiene Engineering
J Occup Hyg Eng, 2025; 11(4): 323-333. Doi: 10.32592/joohe.11.4.323
https://johe.umsha.ac.ir

Original Article

Evaluation of the Effects of Exposure to Respirable Dust and Crystalline Silica on Pulmonary Function among Cement Industry Workers in Urmia, Iran: A Four-year Retrospective Study

Hamidreza Pouragha[1], Jabrail Nasirian[1], Mahsa Naserpour[1], Iraj Mohebbi[2]*

1. Mehr Alborz University, Tehran, Iran
2. Department of Occupational Health, School of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran

Article history:
Received: 08 April 2025
Revised: 26 April 2025
Accepted: 07 May 2025
ePublished: 07 May 2025

*Corresponding author: Iraj Mohebbi, Department of Occupational Health, School of Health, Urmia University of Medical Sciences, Urmia, Iran

Email: mohebbi_iraj@yahoo.co.uk

Abstract

Background and Objective: Occupational exposure to Respirable Crystalline Silica (RCS) and respirable dust in the cement industry increases the risk of respiratory diseases, including Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). This study aimed to evaluate the effects of these pollutants on spirometric indices and respiratory health among cement factory workers in Urmia, Iran.

Materials and Methods: This study was conducted on 375 workers over a four-year period. Spirometric data, including Forced Expiratory Volume in one second (FEV_1), Forced Vital Capacity (FVC), and FEV_1/FVC ratio, were collected in two two-year periods and analyzed using statistical tests.

Results: The results indicated that prolonged exposure to RCS and inhalable dust led to significant reductions in FEV_1 and FVC, as well as the emergence of restrictive lung disorders, particularly among workers who are working in production and maintenance occupational groups. Additionally, individual factors, such as BMI and smoking were significantly associated with decreased pulmonary function. Smoking was identified as the most critical factor influencing the development of COPD patterns.

Conclusion: In this study, smoking was identified as the most significant factor influencing COPD patterns among cement industry workers. Additionally, the findings indicate that prolonged exposure to respirable dust and crystalline silica in the workplace, particularly in the cement industry, leads to a significant decline in pulmonary function indices, such as FEV1 and FVC, contributing to a restrictive impairment pattern.

Keywords: Cement industry, Crystalline, Occupational Exposure, Pulmonary function tests, Silica, Smoking

Please cite this article as follows: Pouragha H, Nasirian J, Naserpour M, Mohebbi I. Evaluation of the Effects of Exposure to Respirable Dust and Crystalline Silica on Pulmonary Function among Cement Industry Workers in Urmia, Iran: A Four-Year Retrospective Study. J Occup Hyg Eng. 2025; 11(4): 232-333. DOI: 10.32592/joohe.11.4.323

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]

Copyright © 2025 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

Extended Abstract

Background and Objective

Occupational exposure to airborne contaminants, including respirable crystalline silica (RCS) and respirable dust, has long been recognized as a critical occupational health concern in industrial settings. In industries, such as cement manufacturing, where production processes inherently generate high levels of dust and silica particles, workers face a substantially elevated risk for developing serious pulmonary complications. The present study was designed to evaluate the long-term impacts of exposure to respirable dust and RCS on pulmonary function among employees at the Urmia Grey Cement Factory over a four-year period. By comparing exposure levels and lung function indices across different occupational groups within the factory, assessing longitudinal changes in key spirometric parameters, and identifying major risk factors (i.e., cigarette smoking), this investigation aims to address significant gaps in the existing literature. The study further explores the association between chronic exposure and the gradual deterioration in lung capacities, offering critical insights into occupational health practices and preventive interventions.

Materials and Methods

An extensive retrospective analysis was conducted on a total of 375 employees working at the Urmia Grey Cement Factory, Urmia, Iran. The study population was stratified into several occupational categories, including production (n=120), installations (n=130), administrative staff (n=80), and other support roles (n=45). Demographic evaluation revealed a mean±SD age of 41.4±6.0 years, and the age range of 57.6% of participants was 35-44 year. Anthropometric measurements indicated an average height of 176.4 centimeters, an average weight of 85.6 kilograms, and a mean body mass index (BMI) of 24.2 kg/m², with production workers presenting a significantly lower mean BMI of 23.4 kg/m² along with a younger age profile, compared to other groups ($P<0.05$). To accurately quantify occupational exposure, 337 dust samples were systematically collected from various factory sectors. Samples were drawn from both production areas, including loading bays, cement mills, kilns, preheaters, raw material mills, dust halls, and crushing facilities, as well as non-production areas, such as offices, warehouses, transportation zones, laboratories, maintenance workshop, and mines. Established NIOSH methods (7601, 7602, and 7500 for inhalable dust, and 0500 for respirable dust) were employed to capture seasonal and spatial variations in dust concentrations. Precision instruments, including portable SKC sampling pumps with a flow rate of 2.2 L/min, plastic cyclones (SKC Cyclone Dewel), and PVC membrane filters (37 mm diameter, 2 µm pore size), were used to sample airborne particles from the workers' breathing zones. Filters were conditioned in a desiccator for 24 hours prior to weighing on a precision balance with an accuracy of 1 microgram. Strict quality-control protocols were followed, including the use of a soap bubble flowmeter for calibration and independent data verification by two research teams.

Results

Analysis of the spirometric data revealed significant declines in pulmonary function over the four-year study period. Overall, the mean forced expiratory volume in the first second (FEV_1) decreased from 4.0 liters at baseline to 3.9 liters following prolonged exposure, while the mean forced vital capacity (FVC) declined from 4.7 liters to 4.5 liters. These reductions were statistically significant ($P<0.001$) and were most pronounced among workers in the production and installations settings. Notably, although both FEV_1 and FVC diminished, the FEV_1/FVC ratio remained largely unchanged ($P=0.709$), indicating that the primary impairment was a restrictive pattern, characterized by reduced total lung capacity rather than an increase in airway resistance typical of obstructive lung disease. Additionally, the percent predicted values for FEV_1 and FVC also demonstrated significant decreases over time, further reinforcing the detrimental impact of chronic exposure to respirable dust and crystalline silica on pulmonary capacity. Incidence analysis using McNemar's test identified the emergence of new pulmonary impairment patterns, with 2.9% of subjects developing obstructive patterns, an equal percentage presenting with restrictive patterns, and 1.9% showing mixed impairment after exposure. Logistic regression analysis determined that cigarette smoking was a critical individual risk factor, with smokers exhibiting an odds ratio of approximately 5.056 ($P=0.023$) for developing obstructive impairment, compared to non-smokers. Other factors, including age, BMI, mean dust concentration, and job category, were not statistically significant in predicting pulmonary impairment, suggesting that smoking independently exacerbates the adverse effects of occupational dust exposure. The results of this study are consistent with prior research conducted in mining, construction, and cement production environments, which have demonstrated that chronic exposure to respirable crystalline silica and related dust particles contributes to significant declines in lung function. These findings highlight the cumulative impact of environmental pollutants on respiratory health and support the implementation of rigorous occupational health policies and preventive strategies.

Discussion

These comprehensive findings indicate that long-term occupational exposure to respirable dust and crystalline silica significantly compromises pulmonary function, predominantly through a restrictive pattern of impairment. The observed reductions in key spirometric indices, namely FEV_1 and FVC, reflect a decrease in overall lung capacity that is accentuated in high-exposure groups, such as production and installation workers. Although the FEV_1/FVC ratio remained stable, suggesting minimal changes in airway resistance, the cumulative effect of chronic exposure poses a substantial health risk for industrial workers.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]

Conclusion

Moreover, the identification of cigarette smoking as an independent risk factor with a markedly elevated odds ratio reinforces the need for integrated health promotion initiatives that address both environmental and personal risk determinants. Our study underscores the critical importance of implementing engineering controls, such as improved ventilation systems and effective dust suppression techniques, alongside administrative measures, including regular health surveillance and targeted smoking cessation programs. These interventions have the potential to mitigate exposure risks and preserve lung function among vulnerable populations. Additionally, the present research provides valuable insights for policymakers and occupational health professionals, highlighting the necessity for stringent regulatory standards and proactive prevention strategies in high-risk industries. Future investigations should focus on exploring the interaction between various individual and environmental factors, thereby offering a more detailed understanding of the underlying mechanisms and facilitating the development of comprehensive risk reduction frameworks. Furthermore, our findings emphasize that immediate action is warranted to safeguard workers' health in high-exposure settings, and training on occupational hazards must be integrated into workforce programs to ensure lasting improvements.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]

JOHE
مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، صفحات: ۳۳۳-۳۲۳
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

مقاله اصلی

بررسی پیامدهای مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی بر عملکرد ریوی در کارکنان صنعت سیمان شهر ارومیه ایران: مطالعه گذشته‌نگر چهارساله

حمیدرضا پورآقا[1]، جبراییل نصیریان[1]، مهسا ناصرپور[1]، ایرج محبی[2*]

۱ دانشگاه مهر البرز، تهران، ایران
۲ دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه‌ای، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۱۹
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۰۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۱۷
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۱۷

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** ایرج محبی، دانشگاه علوم پزشکی ارومیه، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه‌ای، ارومیه، ایران

ایمیل: mohebbi_iraj@yahoo.co.uk

چکیده

سابقه و هدف: مواجهه شغلی با سیلیس کریستالی تنفسی (RCS) و گردوغبار قابل استنشاق در صنعت سیمان، خطر ابتلا به بیماری‌هایی نظیر انسداد مزمن ریه (Chronic Obstructive Pulmonary Disease: COPD) را افزایش می‌دهد. این مطالعه با هدف بررسی آثار این آلاینده‌ها بر شاخص‌های اسپیرومتری و سلامت ریوی در کارکنان کارخانه سیمان شهرستان ارومیه انجام شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش گذشته‌نگر روی ۳۷۵ کارگر طی دوره‌ای چهارساله انجام شد. داده‌های اسپیرومتری شامل FEV1، FVC و نسبت FEV1/FVC در دو دوره دوساله جمع‌آوری، و با استفاده از آزمون‌های آماری تحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مواجهه طولانی‌مدت با ذرات سیلیس کریستالی تنفسی و گردوغبار قابل استنشاق موجب کاهش معنادار در FEV1 و FVC و بروز اختلالات تحدیدی در کارکنان به‌ویژه در گروه‌های شغلی تولید و تأسیسات شده است. همچنین، عوامل فردی نظیر BMI و مصرف سیگار تأثیرات معناداری بر افت عملکرد ریوی داشتند و سیگار کشیدن به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر بروز الگوی اختلالات انسدادی ریوی شناسایی شد.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه، مصرف سیگار به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر بر الگوی انسدادی ریوی در کارکنان صنعت سیمان شناخته شد. همچنین، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مواجهه طولانی‌مدت با گردوغبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی در محیط کار، به‌ویژه در صنعت سیمان، منجر به افت معنادار در شاخص‌های عملکرد ریوی ازجمله FEV1 و FVC می‌شود و الگوی اختلالات تحدیدی را به همراه دارد.

واژگان کلیدی: مواجهه شغلی، تست عملکرد ریوی، سیلیس کریستالی، صنعت سیمان، مصرف سیگار

استناد: پورآقا، حمیدرضا؛ نصیریان، جبراییل؛ ناصرپور، مهسا؛ محبی، ایرج. بررسی پیامدهای مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی بر عملکرد ریوی در کارکنان صنعت سیمان شهر ارومیه ایران: مطالعه گذشته‌نگر چهارساله. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، زمستان ۱۴۰۳؛۱۱(۴): ۳۳۳-۳۲۳

مقدمه

مواجهه با سیلیس کریستالی تنفسی (Respirable Crystalline Silica: RCS) در محیط‌های صنعتی، به‌ویژه صنایع تولید سیمان، یکی از چالش‌های مهم بهداشتی و ایمنی شغلی است. مواجهه با غلظت‌های بالای این آلاینده، به‌عنوان عاملی تعیین‌کننده در ایجاد عوارض ریوی مانند انسداد مزمن ریه (Chronic Obstructive Pulmonary Disease: COPD) شناخته شده است. علاوه‌بر سیلیس کریستالی تنفسی، ذرات قابل استنشاق (Respirable Dust) نیز به‌عنوان عاملی مخاطره‌آمیز در ایجاد انسداد مزمن ریه و کاهش عملکردهای ریوی مطرح می‌شود. در صنعت سیمان، به‌دلیل ماهیت فرایندهای تولید، کارگران در معرض ترکیبات مختلف ازجمله سیلیس و ذرات قابل استنشاق قرار دارند که ممکن است منجر به کاهش چشمگیر ظرفیت‌های تنفسی و اختلالات ریوی شود. ازاین‌رو، ارزیابی دقیق مواجهه با این آلاینده‌ها و تأثیرات آن‌ها بر شاخص‌های کلیدی اسپیرومتری مانند حجم بازدمی اجباری در ثانیه اول (Forced expiratory volume: FEV1) ، ظرفیت

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]
[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]

حیاتی اجباری (Forced vital capacity: FVC) و نسبت این دو متغیر یا FEV1/FVC اهمیت ویژه‌ای دارد [۱، ۲].

مواجهه با ذرات سیلیس کریستالی و ایجاد ندول‌های فیبروتیک در پارانشیم ریه باعث اختلال در تبادل گاز و کاهش تدریجی عملکرد ریه می‌شود که به‌صورت افت شاخص‌های FEV1، FVC و نسبت FEV1/FVC در اسپیرومتری بروز می‌یابد. همچنین، مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق بدون سیلیس نیز از طریق القای التهاب مزمن مجاری هوایی منجر به انسداد تدریجی راه‌های هوایی کوچک و کاهش ظرفیت‌های ریوی می‌شود [۳]. مطالعات بسیاری به بررسی آثار مواجهه با ذرات سیلیس کریستالی و ذرات قابل استنشاق بر عملکرد ریوی پرداخته‌اند. به‌عنوان مثال، تحقیقات انجام‌شده روی کارگران صنعت معدن و ساختمان نشان داده‌اند که مواجهه طولانی‌مدت با ذرات سیلیس کریستالی تنفسی می‌تواند منجر به کاهش چشمگیر شاخص‌های ریوی شود و خطر ابتلا به سیلیکوزیس و سرطان ریه را افزایش دهد [۴]. در صنعت سیمان، مطالعه زلکه نشان داد که غلظت‌های بالای ذرات سیلیس کریستالی تنفسی با کاهش شدید در FVC و FEV1 همراه است [۵]. علاوه‌بر این، مطالعات مشابهی در کارخانه‌های تولید سیمان نیز کاهش تدریجی عملکرد ریوی در کارگران این صنعت را به اثبات رسانده‌اند [۶، ۷]. بااین‌حال، اکثر این تحقیقات تنها به یک صنعت یا یک بازه زمانی محدود پرداخته‌اند و کمتر به بررسی هم‌زمان دو صنعت مشابه اما با مواد اولیه و فرایندهای متفاوت پرداخته‌اند. علاوه‌بر این، تعداد اندکی از مطالعات به مقایسه غلظت‌های ذرات قابل استنشاق و ذرات سیلیس کریستالی در محیط‌های مختلف صنعتی و بررسی تفاوت‌های آن‌ها بر شاخص‌های اسپیرومتری در طول زمان پرداخته‌اند. همچنین، مطالعات محدودی به ارزیابی دقیق آثار کنترل‌های مهندسی بر کاهش مواجهه و بهبود سلامت تنفسی شاغلان پرداخته‌اند.

این مطالعه با هدف پر کردن این شکاف‌ها و ارزیابی دقیق‌تر پیامدهای مواجهه با سیلیس کریستالی تنفسی و ذرات قابل استنشاق بر عملکرد شاخص‌های ریوی اسپیرومتری در صنعت سیمان خاکستری انجام شده است. این پژوهش به‌طور منحصربه‌فرد، به بررسی تأثیرات این آلاینده‌ها در یک دوره چهارساله می‌پردازد و نتایج دو دوره دوساله مواجهه را مقایسه می‌کند. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی مواجهه شغلی کارگران کارخانه سیمان ارومیه با گردوغبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی و مقایسه با حدود مجاز مواجهه و بررسی آثار آن بر شاخص‌های عملکردی ریوی در یک دوره چهارساله انجام می‌پذیرد. با توجه به محدودیت‌های موجود در مطالعات پیشین، این تحقیق می‌تواند به درک دقیق‌تر از پیامدهای طولانی‌مدت مواجهه با این آلاینده‌ها کمک کند و توصیه‌های عملی برای بهبود سلامت شغلی در صنعت سیمان ارائه دهد.

روش کار

این مطالعه به‌صورت گذشته‌نگر روی ۳۷۵ نفر از کارکنان کارخانه سیمان خاکستری ارومیه، طی دوره‌ای چهارساله از سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ انجام شد. هدف اصلی این مطالعه، بررسی تأثیر مواجهه با گردوغبار سیمان بر عملکرد ریوی کارکنان با استفاده از داده‌های اسپیرومتری و اندازه‌گیری ذرات گردوغبار استنشاقی و تنفسی است. نمونه‌برداری در بخش‌های مختلف کارخانه، شامل تولید بارگیرخانه (محلی که در آن سیمان تولید، و به‌صورت فله‌ای یا پاکتی به وسایل بارگیری می‌شود)، آسیاب سیمان، کوره، پری‌هیتر (بخشی از فرایند تولید است که مواد خام را قبل از ورود به کوره، با استفاده از گازهای داغ پیش‌گرم می‌کند تا مصرف انرژی کاهش یابد)، آسیاب مواد، سالن خاک و سنگ‌شکن، بخش‌های اداری، انبار، نقلیه، آزمایشگاه، تعمیرات و معدن انجام شد.

جمع‌آوری و اندازه‌گیری ذرات گردوغبار

برای ارزیابی مواجهه شغلی کارکنان با آلاینده‌های هوابرد، نمونه‌برداری ذرات گردوغبار قابل استنشاق براساس روش معتبر NIOSH 0500 و نمونه‌برداری و آنالیز سیلیس کریستالی تنفسی براساس روش NIOSH 7500 انجام شد. روش‌های قدیمی‌تر NIOSH 7601 و 7602 فقط برای مقایسه روش‌شناسی و کنترل کیفیت نتایج بررسی شدند، اما تحلیل نهایی براساس روش ۷۵۰۰ صورت گرفت. درمجموع، ۳۳۷ نمونه از بخش‌های مختلف کارخانه سیمان خاکستری در طول فصول مختلف سال جمع‌آوری شد تا تغییرات محیطی و فصلی پوشش داده شود.

برای نمونه‌برداری، از پمپ‌های نمونه‌برداری مدل SKC AirChek XR5000 (Constant flow type, ساخت انگلستان) با دبی ۲/۲ L/min به همراه سیکلون پلاستیکی مدل Higgins-Dewell Cyclone (ساخت SKC) استفاده شد. فیلترهای غشایی از جنس PVC با قطر ۳۷ میلی‌متر و اندازه منافذ ۲ میکرومتر در مجموعه فیلتر-سیکلون قرار گرفتند و در ناحیه تنفسی کارکنان نصب شدند تا میزان دقیق مواجهه با ذرات گردوغبار قابل استنشاق طی شیفت کاری اندازه‌گیری شود. نمونه‌برداری براساس دستورالعمل‌های استاندارد NIOSH Method 0500 برای گردوغبار قابل استنشاق و NIOSH Method 7500 برای سیلیس کریستالی تنفسی انجام شد. فیلترها قبل از استفاده، به مدت ۲۴ ساعت در دسیکاتور خشک، و سپس با ترازوی حساس (با دقت ۱ میکروگرم) وزن شدند. برای کالیبراسیون دستگاه‌ها، از فلومتر حباب صابون استفاده شد. مدار نمونه‌برداری شامل سیکلون حاوی فیلتر، اوریفیس بحرانی و پمپ نمونه‌برداری فردی بود که با شیلنگ‌های مخصوص به یکدیگر متصل شدند. نمونه‌برداری به‌صورت مداوم و طی یک شیفت کاری (۴۸۰ دقیقه) انجام شد.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]

پس از پایان نمونه‌برداری، فیلترها از سیکلون جدا، و در کاست‌های مخصوص نگه‌داری شدند. فیلترها دوباره در دسیکاتور قرار گرفتند و وزن شدند. تفاوت وزن اولیه و نهایی فیلترها به‌عنوان میزان گردوغبار استنشاقی و تنفسی کارکنان محاسبه شد. کلیه مراحل نمونه‌برداری با استفاده از فیلترهای شاهد و مطابق با پروتکل‌های استاندارد برای جلوگیری از خطاهای نمونه‌برداری انجام شد [۸، ۹].

پارامترهای اسپیرومتری

برای ارزیابی آثار مواجهه با گردوغبار بر سلامت ریوی، داده‌های اسپیرومتری از پرونده‌های پزشکی کارکنان استخراج شد. همچنین، مقادیر پیش‌بینی‌شده این پارامترها برای تشخیص الگوهای احتمالی اختلالات ریوی (تحدیدی و انسدادی) مورد استفاده قرار گرفت. تعیین اختلالات انسدادی و تحدیدی براساس راهنمای انجمن متخصصان توراکس ایالات متحده انجام شد [۱۰].

اسپیرومتری را کارشناسان آموزش‌دیده و پزشک متخصص طب کار با استفاده از دستگاه Spirolab II، که کالیبراسیون روزانه داشت، انجام دادند. آزمون‌های اسپیرومتری برای هر فرد دو بار در دوره مطالعه (۱۳۹۵-۱۳۹۶ و ۱۳۹۷-۱۳۹۸) انجام شد و داده‌های مربوطه به‌عنوان متغیرهای وابسته ثبت شدند. متغیرهای مخدوش‌کننده مانند سن، جنس، سابقه کاری، شاخص توده بدنی (BMI) و وضعیت مصرف دخانیات نیز ثبت شدند و در تحلیل‌های آماری مورد تعدیل قرار گرفتند.

روش‌های آماری و تحلیل داده‌ها

آمار توصیفی برای محاسبه میانگین، انحراف معیار و درصد فراوانی داده‌ها محاسبه شد. سپس، به‌منظور بررسی تفاوت‌های میان گروه‌های مختلف مواجهه با گردوغبار، از آزمون‌های تی مستقل و تحلیل واریانس (ANOVA) استفاده شد. برای ارزیابی ارتباط میان مواجهه با گردوغبار و شاخص‌های اسپیرومتری، رگرسیون چندگانه با تعدیل متغیرهای مخدوش‌کننده (سن، جنس، سابقه کاری، شاخص توده بدنی و مصرف دخانیات) اجرا شد. همچنین، از رگرسیون لجستیک به‌منظور بررسی عوامل و متغیرهای اصلی بر بروز الگوهای انسدادی استفاده کردیم. سطح معنی‌داری در تمام آزمون‌ها برابر با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و نتایج با گزارش P-value ارائه شد. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس نسخه ۲۴ استفاده شد.

برای اطمینان از صحت و دقت داده‌های جمع‌آوری‌شده، تمام مراحل نمونه‌برداری و تحلیل داده‌ها تحت کنترل کیفی قرار گرفت. این شامل کالیبراسیون منظم دستگاه‌های نمونه‌برداری، استفاده از فیلترهای شاهد، و بازبینی نتایج اسپیرومتری توسط متخصصان بود. همچنین، برای جلوگیری از خطاهای سیستماتیک و تصادفی، داده‌های مربوط به گردوغبار و نتایج اسپیرومتری را دو تیم مستقل ارزیابی و تأیید کردند.

نتایج

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و آنتروپومتریک

شرکت‌کنندگان: در این مطالعه، ۳۷۵ نفر از کارکنان یک کارخانه سیمان با توجه به گروه‌های شغلی مختلف شامل تولیدی (۱۲۰ نفر)، تأسیسات (۱۳۰ نفر)، مشاغل ستادی (۸۰ نفر) و سایر گروه‌ها (۴۵ نفر) بررسی شدند. میانگین سنی افراد ۴۱/۴ سال با انحراف معیار ۶/۰ سال بود. همچنین، براساس طبقه‌بندی سنی، ۵۷/۶ درصد از افراد در گروه سنی ۳۵ تا ۴۴ سال قرار داشتند. میانگین قد شرکت‌کنندگان ۱۷۶/۴ سانتی‌متر با انحراف معیار ۷/۰ سانتی‌متر و میانگین وزن آن‌ها ۸۵/۶ کیلوگرم با انحراف معیار ۱۳/۰ کیلوگرم بود. همچنین، میانگین شاخص توده بدنی افراد، kg/m^2 ۲۴/۲ با انحراف معیار ۳/۳ بود. در مقایسه گروه‌های شغلی مختلف، تفاوت‌های معناداری در شاخص توده بدنی و سن مشاهده شد؛ به‌طوری‌که کارکنان بخش تولیدی میانگین شاخص توده بدنی پایین‌تری داشتند (kg/m^2 ۲۳/۴). همچنین، در گروه سنی جوان‌تری قرار داشتند ($P<0.05$). درمقابل، گروه مشاغل ستادی دارای شاخص توده بدنی بالاتری بودند که نشان‌دهنده سبک زندگی کم‌تحرک‌تر در این گروه بود.

مواجهه با گردوغبار و شاخص‌های تنفسی: در این مطالعه، غلظت گردوغبار تنفسی در گروه‌های شغلی مختلف سنجیده شد. براساس جدول ۱، میانگین غلظت گردوغبار در کل نمونه‌ها برابر با mg/m^3 ۸/۲ بود؛ درحالی‌که این میزان در کارکنان بخش تولیدی به‌طور معناداری بالاتر از سایر گروه‌ها (mg/m^3 ۱۱/۳)، و در بخش ستادی به‌طور معناداری کمتر (mg/m^3 ۴/۱) بود ($P<0.001$). بررسی شاخص‌های عملکرد ریوی در دو دوره قبل و بعد از مواجهه نشان داد که میانگین FEV1 و FVC در دوره پس از مواجهه، نسبت به دوره قبل کاهش یافته است. نتایج آزمون تی جفت‌شده نشان داد که این کاهش‌ها ازنظر آماری معنادارند؛ به‌طوری‌که میانگین FEV1 از ۴/۰ لیتر در دوره قبل به ۳/۹ لیتر در دوره بعد کاهش یافته و میانگین FVC از ۴/۷ لیتر به ۴/۵ لیتر کاهش پیدا کرده است ($P<0.001$). این کاهش‌ها به‌ویژه در گروه‌های شغلی تولیدی و تأسیساتی بارزتر بود. درباره نسبت FEV1/FVC، تغییرات معناداری بین دو دوره مشاهده نشد که نشان می‌دهد کاهش عملکرد ریوی بیشتر در ظرفیت کل ریه و حجم بازدمی اجباری رخ داده و تأثیری بر نسبت نسبی این دو شاخص نداشته است ($P=0.709$).

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]

جدول ۱: اطلاعات پایه و توصیف داده‌های دموگرافیک، آنتروپومتری، مواجهات شغلی، عملکرد ریوی و پیامدهای ریوی

متغیرها			کل تعداد (۳۷۵ نفر)	گروه شغلی				P v
				تولیدی تعداد (۱۲۰ نفر)	تأسیسات تعداد (۱۳۰ نفر)	مشاغل ستادی تعداد (۸۰ نفر)	سایر تعداد (۴۵ نفر)	
اطلاعات دموگرافی	سن (سال)	میانگین ± انحراف معیار	۴/۴۱ ± ۰/۶	۸/۴۱ ± ۷/۶	۵/۵ ± ۴۰/۲	۵/۴ ± ۴۱/۸	۱/۴۳ ± ۹/۵	۰/۰۱۳
	گروه سنی تعداد (درصد)	کمتر از ۳۵ سال	۵۶ (۱۴/۹)	۲۳ (۱۹/۲)	۲۰ (۱۵/۴)	۱۰ (۱۲/۵)	۳ (۶/۷)	۰/۰۱۴
		۳۵ تا ۴۴ سال	۲۱۶ (۵۷/۶)	۵۷ (۴۷/۵)	۸۶ (۶۶/۲)	۴۹ (۶۱/۳)	۲۴ (۵۳/۳)	
		۴۵ سال و بالاتر	۱۰۳ (۲۷/۵)	۴۰ (۳۳/۳)	۲۴ (۱۸/۵)	۲۱ (۲۶/۳)	۱۸ (۴۰/۰)	
	قد (سانتی‌متر) میانگین ± انحراف معیار		۴/۱۷۶ ± ۰/۷	۷/۱۷۴ ± ۳/۷	۹/۱۷۶ ± ۱/۷	۰/۱۷۸ ± ۰/۶	۵/۱۷۶ ± ۲/۷	۰/۰۰۹
	وزن (کیلوگرم) میانگین ± انحراف معیار		۶/۸۵ ± ۰/۱۳	۹/۸۱ ± ۳/۱۲	۸/۸۵ ± ۰/۱۲	۲/۹۰ ± ۰/۱۵	۴/۸۶ ± ۶/۱۱	۰/۰۰۱
اطلاعات آنتروپومتری	شاخص توده بدن kg/m^2	میانگین ± انحراف معیار	۲/۲۴ ± ۳/۳	۴/۲۳ ± ۱/۳	۲/۲۴ ± ۱/۳	۳/۲۵ ± ۷/۳	۴/۲۴ ± ۰/۳	۰/۰۰۴
	طبقه‌بندی شاخص توده بدن تعداد (درصد)	کمتر از ۱۸/۵ kg/m^2	۱۶ (۱۴/۳)	۹ (۷/۵)	۵ (۳/۸)	۱ (۱/۳)	۱ (۲/۲)	۰/۰۵۵
		۱۸/۵ تا ۲۵ kg/m^2	۲۱۴ (۵۷/۱)	۷۸ (۶۵/۰)	۷۱ (۵۴/۶)	۳۹ (۴۸/۸)	۲۶ (۵۷/۸)	
		۲۵ تا ۳۰ kg/m^2	۱۲۵ (۳۳/۳)	۲۹ (۲۴/۲)	۴۸ (۳۶/۹)	۳۲ (۴۰/۰)	۱۶ (۳۵/۶)	
		بیشتر از ۳۰ kg/m^2	۲۰ (۵/۳)	۴ (۳/۳)	۶ (۴/۶)	۸ (۱۰/۰)	۲ (۴/۴)	
شغلی	سابقه کار (سال) میانگین ± انحراف معیار		۸/۱۳ ± ۳/۴	۵/۳ ± ۱۴/۸	۳/۳ ± ۱۳/۳	۳/۷ ± ۱۳/۶	۶/۱۳ ± ۵/۴	۰/۲۰۹
مواجهات	وضعیت مصرف سیگار تعداد (درصد)	غیرسیگاری	۲۳۵ (۶۲/۷)	۶۳ (۵۲/۵)	۸۵ (۶۵/۴)	۶۰ (۷۵/۰)	۲۷ (۶۰/۰)	۰/۰۱۱
		سیگاری	۱۴۰ (۳۷/۳)	۵۷ (۴۷/۵)	۴۵ (۳۴/۶)	۲۰ (۲۵/۰)	۱۸ (۴۰/۰)	
	گردوغبار تنفسی (mg/m^3)	میانگین	۲/۸ ± ۷/۸	۳/۱۱ ± ۱/۲	۱/۸ ± ۹۴/۰	۱/۴ ± ۷/۲	۲/۶ ± ۸/۲	<۰/۰۰۱
		حداقل	۷/۵ ± ۸/۲	۵/۸ ± ۳/۲	۴/۴ ± ۴۴/۰	۲/۳ ± ۱/۲	۰/۵ ± ۹/۱	<۰/۰۰۱
		حداکثر	۷/۱۰ ± ۵/۴	۰/۱۴ ± ۷/۲	۹/۱۱ ± ۹/۱	۸/۴ ± ۴/۳	۳/۷ ± ۷/۳	<۰/۰۰۱
شاخص‌های عملکرد تنفسی	دوره قبل	FEV_1 lit	۰/۴ ± ۶۲/۰	۹/۳ ± ۶۴/۰	۱/۴ ± ۵۸/۰	۱/۴ ± ۵۸/۰	۰/۴ ± ۷/۰	۰/۰۸۰
		FVC lit	۷/۴ ± ۷۰/۰	۶/۴ ± ۷۳/۰	۸/۴ ± ۶۷/۰	۸/۴ ± ۶۵/۰	۷/۴ ± ۸/۰	۰/۱۱۲
		FEV_1/FVC	۶/۸۵ ± ۴۰/۵	۸/۸۴ ± ۷/۵	۲/۸۶ ± ۸/۵	۳/۸۵ ± ۷/۴	۶/۸۶ ± ۵۲/۴	۰/۱۳۷
		FEV_1 Predicted %	۴/۹۸ ± ۸۸/۱۱	۳/۹۹ ± ۷/۱۲	۹/۹۷ ± ۴/۱۱	۸/۹۷ ± ۱/۱۱	۶/۹۸ ± ۶/۱۲	۰/۶۷۱
		FVC Predicted%	۱/۹۶ ± ۳۷/۱۱	۶/۹۶ ± ۲/۱۲	۱/۹۶ ± ۸/۱۰	۷/۹۵ ± ۷/۱۰	۳/۹۵ ±۲/۱۲	۰/۹۵۸
	دوره بعد	FEV_1 lit	۹/۳ ± ۵۸/۰	۸/۳ ± ۶۴/۰	۹/۳ ± ۵۴/۰	۹/۳ ± ۵۵/۰	۰/۴ ± ۶۱/۰	۰/۴۱۲
		FVC lit	۵/۴ ± ۶۶/۰	۵/۴ ± ۶۹/۰	۶/۴ ± ۶۳/۰	۶/۴ ± ۶۴/۰	۵/۴ ± ۶۷/۰	۰/۶۴۰
		FEV_1/FVC	۷/۸۵ ± ۰/۵	۶/۸۵ ± ۹/۵	۴/۸۵ ± ۰/۵	۵/۸۵ ± ۰/۴	۰/۸۷ ± ۴/۳	۰/۱۷۷
		FEV_1 Predicted%	۶/۹۶ ± ۷۰/۱۱	۸/۹۷ ± ۹/۱۲	۰/۹۵ ± ۰/۱۱	۱/۹۶ ± ۵/۱۰	۱/۹۹ ± ۱/۱۲	۰/۰۳۲
		FVC Predicted%	۰/۹۴ ± ۵۷/۱۰	۶/۹۵ ± ۲/۱۱	۶/۹۲ ± ۸/۹	۵/۹۳ ± ۳/۱۰	۷/۹۴ ± ۳/۱۱	۰/۱۰۸
شیوع الگوهای اختلال ریوی کلی	الگوی انسدادی	تعداد (درصد)	۳۴ (۹/۱)	۱۳ (۱۰۸)	۱۵ (۱۱/۵)	۴ (۵/۰)	۲ (۴/۴)	۰/۳۶۶
	الگوی تحدیدی	تعداد (درصد)	۲۸ (۷/۵)	۸ (۶/۷)	۱۳ (۱۰/۰)	۵ (۶/۳)	۲ (۴/۴)	۰/۳۱۷
	الگوی میکس	تعداد (درصد)	۲۳ (۶/۱)	۶ (۵/۰)	۱۱ (۸/۵)	۴ (۵/۰)	۲ (۴/۴)	۰/۴۴۷
بروز الگوهای اختلال ریوی جدید	الگوی انسدادی	تعداد (درصد)	۱۱ (۲/۹)	۴ (۳/۳)	۶ (۴/۶)	۱ (۱/۳)	۰ (۰)	۰/۳۰۴
	الگوی تحدیدی	تعداد (درصد)	۱۱ (۲/۹)	۱ (۰/۸)	۸ (۶/۲)	۲ (۲/۵)	۰ (۰)	۰/۰۴۷
	الگوی میکس	تعداد (درصد)	۷ (۱/۹)	۰ (۰)	۶ (۴/۶)	۱ (۱/۳)	۰ (۰)	۰/۰۳۵

بررسی تفاوت‌های شغلی در شاخص‌های عملکرد ریوی: با مقایسه شاخص‌های عملکرد ریوی در گروه‌های مختلف شغلی، تفاوت‌های معناداری مشاهده شد. میانگین FEV1 و FVC در گروه تولیدی به‌طور معناداری نسبت به سایر گروه‌ها پایین‌تر بود؛ به‌طوری‌که میزان کاهش در این شاخص‌ها در گروه تولیدی از دوره قبل به دوره بعد بیشترین مقدار را نشان داد ($P<0.001$).همچنین، در گروه ستادی، کاهش اندکی در FEV1 مشاهده شد که ازلحاظ آماری معنادار نبود، که احتمالاً به‌دلیل مواجهه کمتر این گروه با گردوغبار تنفسی است. علاوه‌بر این، نتایج نشان داد که نسبت FEV1/FVC در گروه تأسیسات پس از مواجهه، دچار کاهش اندکی شده است و ازلحاظ آماری معنادار نبود، که احتمالاً ناشی از کاهش نسبی مشابه در هر دو شاخص FEV1 و FVC بوده است.

تغییرات شاخص‌های عملکرد ریوی در دوره‌های قبل و بعد از مواجهه: در تحلیل عملکرد ریوی، شاخص‌های FEV1، FVC و نسبت FEV1/FVC به تفکیک گروه‌های شغلی و در دو دوره زمانی بررسی شدند. نتایج نشان داد که پس از مواجهات

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]

شغلی، میانگین FEV1 از ۴/۰ ± ۰/۶۲ به ۳/۹ ± ۰/۵۸ کاهش یافت که ازنظر آماری معنادار بود (P<0.001). همچنین، میانگین FVC نیز از ۴/۷ ± ۰/۷ به ۴/۵ ± ۰/۶۶ کاهش یافت (P<0.001)، که به‌ویژه در گروه‌های تولیدی و تأسیسات این کاهش بیشتر به چشم می‌خورد (P=0.001). هرچند نسبت FEV1/FVC تغییر معناداری نشان نداد (P=0.709)، درصد پیش‌بینی‌شده FEV1 و FVC به‌ترتیب کاهش معناداری را نشان دادند (P<0.001). این یافته‌ها نشان می‌دهند که مواجهات شغلی به‌ویژه در بخش‌های تولیدی و تأسیسات، ممکن است باعث افت عملکرد ریوی کارکنان شود.

جدول ۲: مقایسه شاخص‌های عملکرد ریوی براساس دوره قبل و بعد با آزمون تی تست جفت‌شده

شاخص‌های عملکرد ریوی	کل	مشاغل			
		تولیدی	تأسیساتی	ستادی	سایر
FEV_1	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۹۲
FVC	<۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۰۴۷
FEV_1/FVC	۰/۷۰۹	۰/۰۷۳	۰/۰۲۱	۰/۶۲۷	۰/۶۰۰
FEV_1 Predicted	<۰/۰۰۱	۰/۰۲۸	<۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۵۸۵
FVC Predicted	<۰/۰۰۱	۰/۱۹۳	<۰/۰۰۱	۰/۰۲۶	۰/۶۲۹

جدول ۳: مقایسه میزان بروز الگوهای جدید انسدادی با استفاده از آزمون مک‌نمار

نوع الگو	شیوع در حالت قبل	حالت پس از مواجهه (بروز موارد جدید)	مقدار P دوطرفه
انسدادی (Obstructive)	۰	۱۱ (۲/۹)	۰/۰۰۱
تحدیدی (Restrictive)	۰	۱۱ (۲/۹)	۰/۰۰۱
میکس (Mixed)	۰	۷ (۱/۹)	۰/۰۱۶

بروز و شیوع الگوهای جدید اختلال ریوی پس از مواجهات شغلی: با استفاده از آزمون مک‌نمار، بروز الگوهای جدید اختلال ریوی شامل انسدادی، تحدیدی و میکس در دوره پس از مواجهه ارزیابی شد. بروز الگوی انسدادی در ۲/۹ درصد از افراد، الگوی تحدیدی نیز در ۲/۹ درصد، و الگوی میکس در ۱/۹ درصد از شرکت‌کنندگان گزارش شد. این نتایج ازلحاظ آماری معنادار بودند و بروز الگوهای انسدادی و تحدیدی (P=0.001) و همچنین میکس (P=0.016) پس از مواجهات شغلی تأیید شد. این یافته‌ها به اهمیت برنامه‌های مدیریتی برای کاهش بروز اختلالات ریوی در کارکنان شاغل در محیط‌هایی با مواجهه زیاد اشاره دارند.

پیامدهای عوامل مختلف بر میزان بروز موارد جدید الگوی انسدادی: برای بررسی پیامدهای عوامل مختلف بر میزان بروز موارد جدید الگوی انسدادی از رگرسیون لجستیک استفاده کردیم که بر این اساس، سطح معناداری آزمون کلی ضرایب مدل ۰/۰۲۳ (P<0.05) نشان‌دهنده این است که مدل به‌صورت کلی در توضیح متغیر وابسته (الگوی انسدادی) مناسب است و متغیرهای واردشده توانسته‌اند به‌طور معناداری واریانس موجود را توضیح دهند. مربع R ناگلکرک برابر با ۰/۱۵۸ بود و نشان‌دهنده این است که ۱۵/۸ درصد از واریانس در متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل توضیح داده شده است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، مقدار Exp(B)=5/056 برای متغیر مصرف سیگار نشان می‌دهد که افراد سیگاری پنج برابر بیشتر احتمال دارد دچار الگوی انسدادی شوند. این متغیر در سطح ۰/۰۲۳ معنادار است. متغیرهای دیگر ازجمله سن، شاخص توده بدنی، میانگین گردوغبار تنفسی و گروه شغلی در این مدل به‌صورت آماری معنادار نیستند (P>0.05). این مدل نشان می‌دهد که سیگار کشیدن تأثیر معناداری در پیش‌بینی الگوی انسدادی دارد، اما متغیرهای دیگر مانند سن، شاخص توده بدنی و شغل تأثیر معناداری ندارند.

جدول ۴: رگرسیون لجستیک به‌منظور بررسی عوامل مؤثر بر بروز الگوی انسدادی

متغیر	ضریب B	خطای استاندارد (S. E.)	Wald	درجه آزادی (df)	سطح معناداری (Sig.)	(B) Exp
سن (سال)	-۰/۰۱۸	۰/۰۵۲	۰/۱۲۴	۱	۰/۷۲۵	۰/۹۸۲
شاخص توده بدنی (kg/m^2)	-۰/۰۰۶	۰/۰۹۶	۰/۰۰۳	۱	۰/۹۵۳	۰/۹۹۴
مصرف سیگار	۱/۶۲۱	۰/۷۱۲	۵/۱۸۶	۱	۰/۰۲۳	۵/۰۵۶
گردوغبار تنفسی (mg/m^3)	۰/۲۹۹	۰/۱۹۴	۲/۳۸۰	۱	۰/۱۲۳	۱/۳۴۸
گروه شغلی	-۱/۵۳۸	۰/۹۷۱	۲/۵۰۸	۱	۰/۱۱۳	۰/۲۱۵
ثابت	-۲/۲۵۸	۳/۶۴۵	۰/۳۸۴	۱	۰/۵۳۶	۰/۱۰۵

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]

بحث

صنعت سیمان به‌عنوان یکی از صنایع مادر، به‌دلیل ماهیت فرایندهای تولیدی خود، همواره با انتشار ذرات گردوغبار به‌ویژه ذرات ریز قابل استنشاق مواجه است. مواجهه شغلی طولانی‌مدت با این ذرات ممکن است پیامدهای نامطلوبی بر سلامت دستگاه تنفسی کارکنان داشته باشد و عملکرد ریوی آنان را تحت تأثیر قرار دهد. این مطالعه با هدف بررسی ارتباط بین مواجهه با ذرات سیمان و تغییرات شاخص‌های عملکرد ریوی در میان کارکنان این صنعت انجام شده است. در ادامه، نتایج به‌دست‌آمده تحلیل می‌شوند. این مطالعه نشان می‌دهد که مواجهه طولانی‌مدت با گردوغبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی در کارکنان کارخانه سیمان خاکستری ارومیه به‌ویژه در بخش‌های تولید و تأسیسات، باعث کاهش چشمگیری در پارامترهای اسپیرومتری ازجمله حجم بازدمی در ثانیه اول (FEV1) و ظرفیت حیاتی اجباری (FVC) شده است. این افت در شاخص‌های ریوی، حاکی از تأثیرات زیان‌بار مواجهه با این آلاینده‌ها بر سلامت ریوی کارگران است. کاهش در FEV1 و FVC بدون تغییر معنادار در نسبت FEV1/FVC نشان می‌دهد که افت عملکرد ریوی عمدتاً در ظرفیت کلی ریه و حجم بازدمی اجباری رخ داده و این نشان‌دهنده الگوی اختلال تحدیدی است نه انسدادی. این نکته ازنظر بالینی اهمیت دارد؛ زیرا افت عملکرد ریوی در نتیجه محدود شدن حجم‌های ریوی رخ می‌دهد و بر مسیرهای هوایی تأثیری نمی‌گذارد [۱۱].

یافته‌های این مطالعه با نتایج پژوهش‌های پیشین درباره پیامدهای گردوغبار سیلیسی و قابل استنشاق بر سلامت ریوی همخوانی دارد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مواجهه با ذرات سیلیس کریستالی در محیط‌های کاری مختلف (ازجمله معدن، ساختمان و سیمان‌سازی) موجب کاهش در پارامترهای ریوی می‌شود و ریسک ابتلا به بیماری‌های ریوی مانند سیلیکوزیس و سرطان ریه را افزایش می‌دهد. ساتیاوانی و همکاران در سال ۲۰۱۶ در یک مطالعه متاآنالیز به بررسی ریسک سرطان ریه و مواجهه با سیلیس کریستالی پرداختند. نتایج نشان می‌دهند که مواجهه طولانی‌مدت با این آلاینده‌ها ممکن است احتمال ابتلا به بیماری‌های شدید ریوی را افزایش دهد [۴]. زلکه و همکاران (۲۰۱۰) نیز در تحقیقی روی کارگران صنعت سیمان نشان داده‌اند که غلظت زیاد گردوغبار قابل استنشاق و ذرات سیلیس کریستالی باعث کاهش چشمگیر در ظرفیت حیاتی اجباری و حجم بازدمی در کارگران می‌شود و نتایج این مطالعه نیز کاهش معنادار در FVC و FEV1 را تأیید می‌کند [۵]. در این مطالعه نیز کارگران بخش‌های تولیدی بیشترین کاهش در این شاخص‌ها را تجربه کرده‌اند، که این امر ناشی از مواجهه مستقیم با منابع تولید گردوغبار است. کراسی رامچف و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی روی کارگران معدن، به نتایج مشابهی دست یافتند. نتایج آن‌ها حاکی از آن است که مواجهه با گردوغبار و سیلیس کریستالی قابل استنشاق به‌ویژه در صنایع معدن و سیمان، ممکن است به‌صورت تجمعی بر عملکرد ریوی تأثیر بگذارد [۱۲]. این مطالعه نیز کاهش تدریجی و معنادار در FEV1 و FVC را در کارگران صنایع مذکور تأیید کرده است و یافته‌های این مطالعه را تقویت می‌کند. تحقیق لیونگ و همکاران (۲۰۱۲) درباره بررسی سیلیکوزیس نیز یافته‌های مشابهی را ارائه و نشان می‌دهد که مواجهه طولانی‌مدت با سیلیس کریستالی می‌تواند به اختلالات تحدیدی در ریه‌ها منجر شود. این مطالعه نیز کاهش معنادار FVC و FEV1 را پس از دو دوره دوساله مواجهه تأیید می‌کند و الگوی اختلال تحدیدی در کارگران را به‌ویژه در بخش تولید نشان می‌دهد [۱۳].

در این مطالعه، میزان مواجهه با گردوغبار تنفسی در گروه‌های شغلی مختلف تفاوت‌های چشمگیری دارد. کارکنان بخش تولیدی در مقایسه با سایر گروه‌ها مانند اداری و ستادی در معرض غلظت بالاتری از گردوغبار قرار داشته‌اند و بیشترین کاهش در شاخص‌های FEV1 و FVC در این گروه مشاهده شده است. این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت تطبیق برنامه‌های کنترلی و محافظتی براساس نوع شغل و سطح مواجهه است. این یافته با نتایج تحقیق شیلپی و همکاران (۲۰۲۳) روی کارگران صنعت معدن تطابق دارد، که نشان داده‌اند مواجهه طولانی‌مدت و شدید با ذرات سیلیس کریستالی تنفسی موجب کاهش معنادار ظرفیت‌های ریوی به‌ویژه در کارگران بخش‌های عملیاتی می‌شود [۱۴].

همچنین، یافته‌ها نشان می‌دهند که شاخص‌های فردی نظیر شاخص توده بدنی و میزان مصرف سیگار تأثیر معناداری بر شاخص‌های عملکرد ریوی دارند. افزایش شاخص توده بدنی با کاهش ظرفیت ریوی مرتبط است و این نکته به‌طور مشابه در تحقیق Wei He و همکاران در سال ۲۰۲۲ نیز گزارش شده است. این مطالعه نشان می‌دهد که اضافه‌وزن و چاقی ممکن است تأثیرات زیان‌باری بر عملکرد ریوی داشته باشد و در کنار آلاینده‌های محیطی نظیر گردوغبار سیلیسی، ریسک افت عملکرد ریوی را افزایش می‌دهد. این مطالعه نیز به تأثیر معنادار شاخص توده بدنی بر تغییرات ظرفیت حیاتی اشاره دارد [۱۵].

علاوه‌بر این، این مطالعه به تأثیر مصرف سیگار نیز اشاره دارد که منجر به کاهش معنادار درصد پیش‌بینی‌شده ظرفیت حیاتی شده است. این یافته با پژوهش تینگ تیان و همکاران (۲۰۲۳)، که اثر منفی مصرف سیگار بر ظرفیت‌های ریوی را بررسی کرده‌اند، همخوانی دارد و نشان می‌دهد مصرف سیگار با کاهش ظرفیت ریوی همراه است و باید در سیاست‌های کنترل سلامت شغلی مورد توجه قرار گیرد [۱۶].

در این مطالعه، تحلیل رگرسیون لجستیک نشان داد که سیگار کشیدن (Smoke) با مقدار Exp(B)=5/056، عاملی معنادار در پیش‌بینی الگوی انسدادی است (P=0.023). این یافته با نتایج تحقیقات مشابه در سال‌های اخیر همخوانی دارد. به‌عنوان مثال، مطالعه Stanislav Kotlyar (۲۰۲۳) تأیید کرد که سیگار کشیدن با افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های انسدادی ریوی مرتبط

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]

است. این مطالعه، میزان ریسک نسبی مشابهی را برای این متغیر گزارش داد [۱۷، ۱۶]. همچنین، Theodore Lytras و همکاران در سال ۲۰۲۱ نشان دادند که مواجهه مزمن با دود سیگار و عوامل شغلی ترکیبی، نقش مضاعفی در بروز الگوهای انسدادی دارد [۱۸]. در این تحقیق، متغیرهای دیگری مانند سن و شاخص توده بدنی معنادار نبودند، که با نتایج مطالعات قبلی هم‌راستاست [۱۹-۲۱]. آن‌ها نشان دادند که این متغیرها در غیاب عوامل تشدیدکننده‌ای مانند سیگار یا گردوغبار شغلی تأثیر محدودی بر الگوهای انسدادی دارند. بااین‌حال، عدم معناداری گردوغبار شغلی (P=0.123) ممکن است ناشی از محدودیت در دقت اندازه‌گیری یا کمبود تنوع در داده‌های مواجهه باشد؛ محدودیت‌هایی که در مطالعات گذشته نیز مشاهده شده است [۲۲، ۲۳]. این یافته‌ها بر اهمیت مداخلات شغلی و کاهش مواجهه با دود سیگار تأکید می‌کنند و نیازمند تحقیقات بیشتر برای بررسی آثار تعاملی متغیرها در گروه‌های مختلف شغلی است.

نتایج این مطالعه با تأیید یافته‌های تحقیقات پیشین، اهمیت کاهش مواجهه شغلی با گردوغبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی را بر سلامت ریوی نشان می‌دهد. این مطالعه، که به تحلیل دوره‌ای چهارساله از مواجهه کارگران با این آلاینده‌ها پرداخته است، نشان می‌دهد مواجهه طولانی‌مدت به‌ویژه در بخش‌های تولیدی و تأسیساتی، با افت معنادار در شاخص‌های اسپیرومتری همراه است. همچنین، بر تأثیرات منفی فاکتورهای فردی نظیر شاخص توده بدنی و سیگار بر عملکرد ریوی تأکید شده است. این یافته‌ها اهمیت اجرای برنامه‌های کنترل سلامت و کاهش مواجهه با گردوغبار را به‌عنوان اقداماتی حیاتی برای ارتقای سلامت شغلی کارکنان در صنایع سیمان روشن می‌سازند.

نتیجه گیری

سیگار کشیدن به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر بر الگوی انسدادی ریوی در کارکنان صنعت سیمان شناسایی شد. این یافته‌ها نشان می‌دهند سیگار کشیدن به‌تنهایی ریسک کلیدی برای ایجاد اختلالات انسدادی است. همچنین، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد مواجهه طولانی‌مدت با گردوغبار قابل استنشاق و سیلیس کریستالی در محیط کار، به‌ویژه در صنعت سیمان، منجر به افت معنادار در شاخص‌های عملکرد ریوی ازجمله FEV1 و FVC می‌شود و الگوی اختلالات تحدیدی را به همراه دارد. این کاهش عملکرد به‌ویژه در کارکنان بخش‌های تولید و تأسیسات، که در معرض غلظت زیاد گردوغبار هستند، بارزتر است. همچنین، عوامل فردی نظیر شاخص توده بدنی و مصرف سیگار تأثیر منفی بر ظرفیت حیاتی اجباری دارند. این یافته‌ها اهمیت نظارت بر مواجهه شغلی و اجرای اقدامات کنترلی نظیر تهویه مناسب و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی را برای کاهش پیامدهای زیان‌بار بر سلامت ریوی کارکنان برجسته می‌سازند و می‌توانند به‌عنوان مبنایی برای بهبود سیاست‌های ایمنی و بهداشت شغلی در صنایع پرخطر استفاده شوند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مدیریت و کارکنان صنایع سیمان شهر ارومیه قدردانی می‌کنیم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در ارتباط با موضوع این تحقیق وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش برگرفته از پایان‌نامه مصوب در مقطع کارشناسی ارشد است. تمام مراحل تحقیق با رعایت اصول و موازین اخلاقی مطابق با استانداردهای علمی و دانشگاهی انجام شده است. گفتنی است به‌دلیل انجام دادن پژوهش در چهارچوب پایان‌نامه دانشگاهی، کد اخلاق پژوهشی جداگانه دریافت نشده است.

سهم نویسندگان

تمام نویسندگان در طراحی پژوهش، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل نتایج، نگارش و بازبینی نهایی مقاله به‌طور مؤثر مشارکت داشته‌اند. همه نویسندگان متن نهایی را مطالعه و تأیید کرده و مسئولیت کامل محتوای مقاله را پذیرفته‌اند.

حمایت مالی

این تحقیق بدون حمایت مالی نهادهای دولتی، خصوصی یا غیرانتفاعی انجام شده است.

REFERENCES

1. Nordby KC, Notø H, Eduard W, Skogstad M, Fell AK, Thomassen Y, et al. Thoracic dust exposure is associated with lung function decline in cement production workers. *Eur Respir J*. 2016; **48**(2), 331-9. PMID: 27103386 DOI: 10.1183/13993003.02061-2015
2. Rathebe PC. Occupational exposure to silicon dioxide and prevalence of chronic respiratory symptoms in the cement manufacturing industries: A review. *J Public Health Res*. 2023;**12**(4): 22799036231204316. PMID: 37822998 DOI: 10.1177/22799036231204316
3. Aljeesh Y, Al Madhoun W, El Jabaly S. Effect of exposure to cement dust on pulmonary function among cement plants workers in the Middle Governorate, Gaza, Palestine. *Public Health Res*. 2015;**5**(5):129-34. DOI: 10.5923/j.phr.20150505.01
4. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*. 2005; **26**(5): 948-68. PMID: 16264058 DOI: 10.1183/09031936.05.00035205
5. Poinen-Rughooputh S, Rughooputh MS, Guo Y, Rong Y, Chen W. Occupational exposure to silica dust and risk of lung cancer: an updated meta-analysis of epidemiological studies. *BMC Public Health*. 2016;**16**:1137. PMID: 27814719 DOI: 10.1186/s12889-016-3791-5
6. Zeleke ZK, Moen BE, Bråtveit M. Cement dust exposure and acute lung function: a cross shift study. *BMC Pulm Med*. 2010;**10**:19. PMID: 20398255 DOI: 10.1186/1471-2466-10-19
7. Moghadam SR, Abedi S, Afshari M, Abedini E, Moosazadeh M. Decline in lung function among cement

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]

production workers: a meta-analysis. *Rev Environ Health*. 2017;**32**(4):333-41. PMID: 29016356 DOI: 10.1515/reveh-2017-0017
8. Zeleke ZK, Moen BE, Bråtveit M. Lung function reduction and chronic respiratory symptoms among workers in the cement industry: a follow up study. *BMC Pulm Med*. 2011;**11**:50. PMID: 22067264 DOI:10.1186/1471-2466-11-50
9. NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). Method 0500, particulates not otherwise regulated, total. 1994. Link
10. Ashley K. NIOSH manual of analytical methods 5th edition and harmonization of occupational exposure monitoring. *Gefahrst Reinhalt Luft*. 2015;**2015**(1-2):7-16. PMID: 26309348
11. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, Barjaktarevic IZ, Cooper BG, Hall GL, et al. Standardization of spirometry 2019 update. An official American thoracic society and European respiratory society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2019;**200**(8):e70-e88. PMID: 31613151 DOI: 10.1164/rccm.201908-1590ST
12. Rumchev K, Hoang DV, Lee A. Case report: Exposure to respirable crystalline silica and respiratory health among Australian mine workers. *Front Public Health*. 2022;**10**:798472. PMID: 35769775 DOI: 10.3389/fpubh.2022.798472
13. Leung CC, Yu ITS, Chen W. Silicosis. *Lancet*. 2012;**379**(9830):2008-18. PMID: 22534002 DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60235-9
14. Misra S, Sussell AL, Wilson SE, Poplin GS. Occupational exposure to respirable crystalline silica among US metal and nonmetal miners, 2000–2019. *Am J Ind Med*. 2023;**66**(3):199-212. PMID: 36705259DOI: 10.1002/ajim.23451
15. He W, Jin N, Deng H, Zhao Q, Yuan F, Chen F, et al. Workers' occupational dust exposure and pulmonary function assessment: cross-sectional study in China. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;**19**(17):11065. PMID: 36078779 DOI: 10.3390/ijerph191711065
16. Tian T, Jiang X, Qin R, Ding Y, Yu C, Xu X, et al. Effect of smoking on lung function decline in a retrospective study of a health examination population in Chinese males. *Front Med*. 2023;**9**:843162. PMID: 36687452 DOI: 10.3389/fmed.2022.843162
17. Kotlyarov S. The role of smoking in the mechanisms of development of chronic obstructive pulmonary disease and atherosclerosis. *Int J Mol Sci*. 2023;**24**(10):8725. PMID: 37240069 DOI: 10.3390/ijms24108725
18. Lytras T, Beckmeyer-Borowko A, Kogevinas M, Kromhout H, Carsin A-E, Antó JM, et al. Cumulative occupational exposures and lung-function decline in two large general-population cohorts. *Ann Am Thorac Soc*. 2021;**18**(2):238-46. PMID: 33090904 DOI: 10.1513/AnnalsATS.202002-113OC
19. Tang X, Lei J, Li W, Peng Y, Wang C, Huang K, et al. The relationship between BMI and lung function in populations with different characteristics: a cross-sectional study based on the enjoying breathing program in China. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2022;**17**:2677-92. PMID: 36281228 DOI: 10.2147/COPD.S378247
20. Yao S, Zeng L, Wang F, Chen K. Obesity paradox in lung diseases: what explains it? *Obes Facts*. 2023;**16**(5):411-26. PMID: 37463570 DOI: 10.1159/000531792
21. Pouragha H, Kazemi H, Pouryaghoub G, Mehrdad R. Association between body composition and pulmonary function tests among health care workers in Iran. *Curr Respir Med Rev*. 2021;**17**(1):51-8. DOI:10.2174/1573398X17666210311143728
22. Schlünssen V, Mandrioli D, Pega F, Momen NC, Ádám B, Chen W, et al. The prevalences and levels of occupational exposure to dusts and/or fibres (silica, asbestos and coal): A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO joint estimates of the work-related burden of disease and injury. *Environ Int*. 2023;**178**:107980. PMID: 37487377 DOI: 10.1016/j.envint.2023.107980
23. Meng E, Xin Z, Jianrui D, Jinzhu Y. Meta-analysis of the relationship between occupational/environmental exposure to wood dust and laryngeal cancer. *Cancer Med*. 2024;**13**(20):e70330. PMID: 39428845 DOI: 10.1002/cam4.70330

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-06]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.323]