Journal of Health and Safety at Work 2026; 16(1): 146-167

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Evaluating the Impact of Respiratory Exposure to Hospital Chemicals on Lung Function and Blood Markers in Employees of a Healthcare Facility

Neda Ghasemi[1], Mohsen Sadeghi-Yarandi[2], Neda Yaghoub Nejad[3], Morteza Ghasemi[4], Ramin Zare[5], Amir Mohammad Najafi Pour[6]*

[1]Department of Ergonomics, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
[2]Health in Emergency and Disasters Research Center, University of Social Welfare and Rehabilitation Sciences, Tehran, Iran.
[3]Department of Management, Faculty of Management, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
[4]Department of Health Services Management, School of Health, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran.
[5]Heath Department, Faculty of Medical Sciences, Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran.
[6]Department of Clinical Sciences, Faculty of Medicine, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received: 24-6-2025 Accepted: 26-4-2026

ABSTRACT

Introduction: Employees in various departments of hospital are inevitably exposed to toxic gases, including isoflurane, as well as BTEX, formaldehyde, nitric acid, and chlorine. Therefore, this study aims to evaluate the impact of chemical exposure on pulmonary and hematological parameters among hospital staff.

Material and Methods: The present cross-sectional study was conducted in 2024 at a hospital in Tehran, involving a sample size of 240 participants. Standard methods established by OSHA and NIOSH were employed for sampling, transfer, and laboratory analysis. A history of respiratory symptoms was obtained using the American Thoracic Society Questionnaire (ATSQ). Additionally, lung function was assessed through spirometry tests, and blood samples were collected to analyze the participants' hematological factors.

Results: The exposure levels of benzene (0.3 ppm), ethylbenzene (12 ppm), toluene (9 ppm), xylene (50 ppm), nitric acid (0.9 ppm), isoflurane (1.6 ppm), and chlorine (0.06 ppm) were found to be below the maximum occupational exposure limits. The average occupational exposure of staff in the operating room and pathology laboratory over an 8-hour period was 0.16 ppm for formaldehyde, which exceeds the ACGIH-recommended acceptable occupational exposure limits (OEL). Findings revealed a correlation between the prevalence of respiratory symptoms and elevated liver enzymes in employees exposed to formaldehyde and isoflurane.

Conclusion: The results indicated a significantly higher prevalence of respiratory symptoms and liver enzyme disorders in individuals exposed to isoflurane and formaldehyde compared to the control group. Furthermore, significant differences were observed in pulmonary function tests and liver enzyme levels in the blood of subjects exposed to these substances, in contrast to the control group. It is recommended that individuals working in operating rooms and pathology laboratories implement engineering controls and management practices related to occupational health and safety, and utilize appropriate personal protective equipment, particularly due to exposure to isoflurane and formaldehyde gases.

Keywords: *Chemical compounds, Occupational exposure, Hospital employees, Pulmonary parameters, Blood parameters*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Ghasemi N., Sadeghi-Yarandi M., Yaghoub Nejad N., Ghasemi M., Zare R., Najafi Pour A.M. Evaluating the Impact of Respiratory Exposure to Hospital Chemicals on Lung Function and Blood Markers in Employees of a Healthcare Facility. J Health Saf Work. 2026; 16(1): 146-167.

* Corresponding Author Email: *amirmohamadnajafipour@gmail.com*

Copyright © 2026 The Authors.
Published by Tehran University of Medical Sciences

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

1. INTRODUCTION

Healthcare workers are routinely exposed to a variety of hazardous chemicals in hospital environments, including anesthetic gases, volatile organic compounds (VOCs), and disinfectants. These chemicals pose a significant health risk, especially to the respiratory and hematological systems. Isoflurane, a common anesthetic gas, and other chemicals like benzene, ethylbenzene, toluene, xylene, formaldehyde, nitric acid, and chlorine are regularly used in various hospital departments. Despite their benefits in medical procedures, prolonged or excessive exposure to these compounds may lead to significant health issues, such as respiratory irritation, lung damage, and alterations in blood parameters.

Studies have shown that healthcare workers are at a higher risk of developing occupational diseases due to their continuous exposure to these chemicals, and many of these risks are exacerbated by inadequate protective measures. Although chemical exposure limits are established for various substances by organizations such as OSHA and NIOSH, many hospitals fail to meet these standards due to poor ventilation and lack of personal protective equipment (PPE).

As there are limited studies on the simultaneous effects of various chemicals on blood and respiratory parameters, this research aims to investigate the impact of respiratory exposure to isoflurane, BTEX, formaldehyde, nitric acid, and chlorine on lung function and hematological parameters among hospital staff. By evaluating these health outcomes, the study will offer valuable insights into the occupational hazards associated with these chemicals and contribute to the development of strategies to protect healthcare workers from their adverse effects.

2. MATERIAL AND METHODS

This study adopts a cross-sectional design and was conducted in 2024 at a 110-bed tertiary care hospital in Tehran, Iran. A total of 250 hospital employees participated in the study, with stratified random sampling used to ensure that the sample reflected workers from various departments (e.g., operating rooms, pathology labs, and laundry facilities). Participants were grouped into exposed and non-exposed groups based on their occupational exposure to specific chemicals commonly used in hospital settings, including isoflurane, formaldehyde, BTEX compounds (benzene, ethylbenzene, toluene, xylene), nitric acid, and chlorine.

Chemical Exposure Assessment

To assess chemical exposure, personal air sampling was conducted using established methods prescribed by NIOSH and OSHA. These standards ensure that sampling, transportation, and analysis follow strict protocols to maintain accuracy. Chemicals like BTEX were measured using active sampling with sorbent tubes (Anasorb CSC tubes), while formaldehyde and chlorine were measured using impingers with sodium bisulfite and sulfamic acid absorption solutions, respectively. For isoflurane, the exposure was measured with Anasorb 747 tubes using a GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) setup to identify volatile anesthetic levels in the operating rooms.

Each participant's exposure to specific chemicals was monitored over a full shift (8 hours) to obtain a time-weighted average (TWA) concentration. The maximum occupational exposure limits (OELs) set by the American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH) and NIOSH were used as benchmarks to evaluate whether exposure levels in the hospital exceeded permissible limits.

Spirometry and Respiratory Symptoms Evaluation

Respiratory symptoms were assessed using the American Thoracic Society Questionnaire (ATSQ), which is widely used in occupational health to identify symptoms like cough, wheezing, shortness of breath, and sputum production. Participants were asked about their medical history of respiratory diseases, such as asthma, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and bronchitis.

Spirometry was conducted to assess lung function following the 2019 ATS/ERS technical standards. This involved measuring forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV1), FEV1/FVC ratio, and peak expiratory flow (PEF). The spirometry tests were performed using a calibrated Spirare S3 spirometer to measure changes in lung capacity and function before and after the participants' shifts. Pre-shift tests were done 30 minutes before the workers were exposed to chemicals, and post-shift tests were performed within 15 minutes of the shift's end. This dual assessment helped differentiate between acute and chronic effects of chemical exposure.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

Blood Sample Collection and Hematological Analysis

Blood samples were collected to evaluate hematological parameters, including complete blood count (CBC), liver enzymes (SGOT and SGPT), and biochemical factors such as cholesterol and creatinine. Venous blood was drawn from all participants between 7:00 and 9:00 AM after a fasting period of at least 8 hours. Two separate tubes were used: one for CBC analysis (using K2EDTA tubes) and one for biochemical tests (using serum separator tubes). Blood samples were processed within 30 minutes of collection to maintain integrity.

The Sysmex XN-1000 automated hematology analyzer was used to measure red blood cell indices, white blood cell counts, and platelet parameters, while liver enzymes (SGOT and SGPT) were analyzed using a BT 3000 Plus automated analyzer.

Ethical Considerations

This study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved (approval code: IR-IAU-ARAK-REC.1403.037). All participants provided informed consent before participating in the study, and their anonymity was ensured throughout the research process. Measures were also taken to ensure the accuracy and reliability of data collection, including field blanks and duplicate samples for quality control purposes.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results showed that the levels of benzene (0.3 ppm), ethylbenzene (12 ppm), toluene (9 ppm), xylene (50 ppm), nitric acid (0.9 ppm), isoflurane (1.6 ppm), and chlorine (0.06 ppm) were all below the maximum occupational exposure limits (OELs) recommended by OSHA and NIOSH. However, the study found that the exposure level for formaldehyde (0.16 ppm) exceeded the ACGIH-recommended limit (0.1 ppm).

The results of the evaluation of lung function parameters indicate that there is no significant difference between individuals exposed to BTEX, nitric acid, and chlorine compared to those not exposed to these substances. However, the lung function parameters in the exposed individuals were at lower levels. In contrast, the results of the lung function evaluation show a significant difference in all lung function parameters between individuals exposed to formaldehyde and isoflurane. Significant changes occurred in various respiratory parameters after exposure to formaldehyde and isoflurane (p-value < 0.05).

No significant correlation was found for the body mass index (BMI) between the case and control groups (p-value > 0.05). The difference in white blood cell (WBC) count between the control and case groups was minimal and not statistically significant. Additionally, changes in red blood cell count between the case and control groups were examined, but no significant correlation was found in any of the chemical groups. Furthermore, the evaluation of platelet count in both the case and control groups exposed to chemicals showed no significant changes.

Changes in cholesterol, creatinine, and triglyceride levels in both the individuals and the control group were not significantly affected by these chemicals. However, SGOT and SGPT levels in individuals exposed to benzene, ethylbenzene, toluene, xylene, nitric oxide, and chlorine were significantly different from the control group with no exposure. It is noteworthy that these parameters showed a significant increase in individuals exposed to formaldehyde and isoflurane.

Data analysis shows that in the groups exposed to these two chemicals, there is no significant difference in most of the measured parameters. Specifically, body mass index (BMI), white blood cells (WBC), red blood cells (RBC), platelets, thyroid-stimulating hormone (TSH), fasting blood sugar, creatinine, cholesterol, triglycerides, and liver enzymes SGOT and SGPT did not show significant changes between the exposed and non-exposed groups (p-value > 0.05). In other words, exposure to BTEX and chlorine did not have a significant effect on these parameters, and the differences observed in the mean values of these parameters between the two groups were not statistically significant.

For nitric acid, the parameters of body mass index (BMI), white blood cells (WBC), red blood cells (RBC), platelets, thyroid-stimulating hormone (TSH), fasting blood sugar, creatinine, cholesterol, and triglycerides did not show significant differences between the exposed and non-exposed groups (p-value > 0.05). For formaldehyde, significant differences were observed in the levels of liver enzymes SGOT (p-value $= 0.032$) and SGPT (p-value $= 0.015$), indicating the impact of this chemical on liver function among the study participants. Other parameters, such as BMI, white and red blood cells, platelets, blood sugar, and other factors, did not show significant differences. For isoflurane, the parameters SGOT (p-value $= 0.001$)

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

and SGPT (p-value = 0.006) showed significant differences between the exposed and non-exposed groups. These differences clearly indicated that isoflurane had negative effects on liver enzymes in the study participants. Other parameters examined, such as BMI, white and red blood cells, platelets, blood sugar, and creatinine, did not show significant differences.

In summary, these findings suggest that isoflurane and formaldehyde have significant effects on liver enzymes, whereas nitric acid did not show a significant impact on most of the biological parameters studied.

4. DISCUSSION

The findings of this study underscore the significant health risks faced by healthcare workers due to occupational exposure to hazardous chemicals. The results align with previous studies that have demonstrated the harmful effects of isoflurane and formaldehyde on lung function and liver health. Isoflurane, an anesthetic gas, has been shown to impair pulmonary function by reducing alveolar macrophage viability and increasing the risk of post-pulmonary complications. Similarly, formaldehyde, a common disinfectant in pathology labs, is a known carcinogen and respiratory irritant, with long-term exposure leading to chronic respiratory diseases and liver damage.

This study highlights the need for stringent regulations and improved control measures in hospital environments to reduce chemical exposure. Although some chemicals like benzene, xylene, and toluene were found to be below the recommended exposure limits, they still pose a risk, especially when exposure is continuous and cumulative. Previous studies have shown that even low levels of volatile organic compounds (VOCs) can cause respiratory symptoms and damage to the respiratory system over time.

The increased prevalence of respiratory symptoms and liver enzyme disorders among those exposed to isoflurane and formaldehyde also supports the need for better ventilation systems, regular monitoring of air quality, and the use of personal protective equipment (PPE) in high-risk areas such as operating rooms and pathology labs.

One of the limitations of this study is its cross-sectional design, which does not establish a causal relationship between chemical exposure and health outcomes. Longitudinal studies are needed to track the long-term effects of chemical exposure on healthcare workers' health. Additionally, more sensitive biomarkers of early lung and liver damage, such as oxidative stress markers or inflammatory cytokines, were not examined in this study, which could have provided more detailed insights into the health impacts of chemical exposure.

5. CONCLUSIONS

In conclusion, this study provides valuable evidence of the adverse effects of chemical exposure on the respiratory and hematological health of healthcare workers. The findings suggest that exposure to isoflurane and formaldehyde, even at levels below the recommended occupational exposure limits, can lead to significant lung function impairment and liver enzyme abnormalities. It is crucial for healthcare facilities to implement engineering controls, such as improved ventilation systems, and ensure that PPE is used to reduce exposure to these hazardous chemicals. Further research, particularly longitudinal studies, is needed to better understand the long-term health impacts of chemical exposure in hospital environments and to develop effective preventive strategies.

6. ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to express their deepest gratitude to the management and staff of the hospital in question.

7. ETHICAL CODE

This study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki (approval code: IR-IAU-ARAK-REC.1403.037). All participants provided informed consent before participating in the study, and their anonymity was ensured throughout the research process.

8. FUNDING

This study was financially supported by the authors.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

فصلنامه بهداشت و ایمنی کار جلد ۱۶/ شماره ۱/ بهار ۱۴۰۵ صفحات ۱۴۶-۱۶۷

ارزیابی تاثیر مواجهه تنفسی با مواد شیمیایی بیمارستانی بر عملکرد ریوی و نشانگرهای خونی در کارکنان یک مرکز درمانی

ندا قاسمی[۱]، محسن صادقی یارندی[۲]، ندا یعقوب نژاد[۳]، مرتضی قاسمی[۴]، رامین زارع[۵]، امیرمحمد نجفی پور[۶*]

[۱]گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
[۲]مرکز تحقیقات سلامت در حوادث و بلایا، دانشگاه علوم توانبخشی و سلامت اجتماعی، تهران ،ایران
[۳]گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران
[۴]گروه مدیریت خدمات بهداشتی، دانشکده سلامت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران
[۵]گروه بهداشت، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران
[۶]گروه علوم بالینی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۴/۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۲/۶

چکیده

مقدمه: پرسنل بخش‌های مختلف بیمارستان به‌صورت اجتناب‌ناپذیر در معرض گازهای سمی از جمله BTEX، ایزوفلوران، فرمالدئید، نیتریک اسید و کلر قرار دارند. مواجهه مزمن با این ترکیبات می‌تواند خطر بروز بیماری‌های شغلی را افزایش دهد. بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی تأثیر مواجهات شیمیایی بر پارامترهای ریوی و خونی در کارکنان بیمارستانی انجام شد.

روش کار: این مطالعه مقطعی در سال ۱۴۰۳ در یک بیمارستان در تهران با مشارکت ۲۴۰ نفر انجام شد. از روش‌های استاندارد OSHA و NIOSH برای نمونه‌برداری، انتقال و آنالیز آزمایشگاهی استفاده شد. سوابق علائم تنفسی با پرسشنامه انجمن متخصصین ریه آمریکا (ATSQ) ثبت و ارزیابی گردید. همچنین، عملکرد ریه با تست اسپیرومتری ارزیابی شده و نمونه‌های خون برای بررسی فاکتورهای خونی جمع‌آوری گردید.

یافته ها: سطح مواجهه با بنزن ۰/۳ پی پی ام، اتیل بنزن ۱۲ پی پی ام، تولوئن ۹ پی پی ام، زایلن ۵۰ پی پی ام، نیتریک اسید ۰/۹ پی پی ام، ایزوفلوران ۱/۶ پی پی ام و کلر ۰/۰۶ پی پی ام پایین‌تر از حد مجاز مواجهه شغلی بود. میانگین مواجهه ۸ ساعته پرسنل اتاق عمل و آزمایشگاه پاتولوژی با فرمالدهید ۰/۱۶ پی پی ام بوده و فراتر از حد مجاز توصیه شده ارزیابی گردید. تحلیل نتایج اسپیرومتری و فاکتورهای خونی نشان داد که بین شیوع علائم تنفسی و افزایش آنزیم‌های کبدی در کارکنان مواجهه‌یافته با فرمالدئید و ایزوفلوران ارتباط معناداری وجود دارد ($p< ۰/۰۵$).

نتیجه گیری: شیوع علائم تنفسی و اختلالات آنزیم‌های کبدی در گروه مواجهه یافته با ایزوفلوران و فرمالدئید به‌طور معناداری بالاتر از گروه بدون مواجهه بود. تفاوت‌های قابل توجهی در تست‌های عملکرد ریوی و سطح آنزیم‌های کبدی در گروه مواجهه یافته مشاهده شد. توصیه می‌شود در راستای حفظ سلامت کارکنان اتاق عمل و آزمایشگاه‌های پاتولوژی از کنترل‌های مهندسی، مدیریت ایمنی شغلی و تجهیزات حفاظت فردی مناسب بویژه برای کاهش مواجهه با گازهای ایزوفلوران و فرمالدئید استفاده گردد.

کلمات کلیدی: *ترکیبات شیمیایی، مواجهه شغلی، کارکنان بیمارستان، پارامترهای ریوی، پارامترهای خونی*

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول مکاتبه: *amirmohamadnajafipour@gmail.com*

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

مقدمه

یکی از مهم ترین مخاطرات محیط کار، مواجهه با انواعی از عوامل زیان آور شیمیایی است. علیرغم تلاش متخصصان بهداشت و ایمنی شغلی، ترکیبات شیمیایی در محل کار هنوز خطر قابل توجهی برای سلامت انسان ایجاد می کند. در نتیجه، داده‌های تحقیقاتی قوی برای رسیدگی به شکاف‌های تحقیقاتی و پیشنهاد اقدامات (کنترلی) برای کاهش سطح مواجهه و شیوع بیماری‌های شغلی و افزایش دانش و افزایش آگاهی ضروری است (۱) یکی از نگرانی های بهداشتی که توسط OSHA مطرح می گردد (۲)، مقادیر سطح خطر و ریسک مرتبط با مواد شیمیایی مختلف است. به طور کلی، مواد شیمیایی اغلب در طراحی، توسعه و ساخت محصولات و استفاده به عنوان ضدعفونی کننده ها و بسیاری از فرآیندهای شغلی نقش دارند. بسیاری از این مواد شیمیایی خطر قابل توجهی برای سلامتی افراد، به ویژه مشاغلی که بصورت مکرر در ارتباط مستقیم با مواد شیمیایی هستند، دارد و در صورت مواجهه در محدوده بالاتر از حد مجاز می تواند منجر به آسیب یا مرگ شود (۳). شواهد بسیاری وجود دارد مبنی بر اینکه قرار گرفتن در معرض ترکیبات شیمیایی ممکن است اثرات شدیدی بر سلامتی داشته باشد (۴).

در میان عوامل زیان آور شیمیایی محیط کار، ترکیبات آلی فرار دسته ای مهم، رایج و با سطح ریسک بالا محسوب می شود. اکنون به خوبی ثابت شده است افراد شاغل در معرض ترکیبات آلی فرار (VOCs) و ترکیبات آلی نیمه فرار (SVOCs) از طریق استنشاق، تماس با پوست و بلع، بسته به شکل گازی یا ذرات آن‌ها می توانند به مشکلات مختلف مبتلا شوند. آلاینده‌های شیمیایی ممکن است از محصولات مختلفی مانند محلول‌های تمیزکننده، شوینده‌ها و ضدعفونی‌کننده‌ها ناشی شوند که تا حد زیادی در مراکز بهداشتی برای کاهش خطر عفونت استفاده می‌شوند (۵, ۶). قرار گرفتن در معرض ترکیبات آلی فرار می تواند منجر به اثرات مختلف منفی بر سلامت مانند سوزش چشم، بینی یا گلو و سردرد در کوتاه مدت شود، اما اثرات طولانی مدت خطرناک تری نیز ممکن است از ترکیبات آلی فرار خاص رخ دهد (۷, ۸). یکی از مهم‌ترین دسته‌های مواد شیمیایی بالقوه سمی هوای داخلی، ترکیبات آلی فرار (VOCs) هستند. اترها و استرها از طریق استنشاق وارد بدن می شوند و ۸ هیدروکربن معطر منفرد، ۷ آلکان و ۶ آلدئید با اثر بر سلامت سیستم تنفسی مرتبط هستند. اعضای خانواده هیدروکربن‌های کلردار با اثرات عصبی و سرطان‌زایی و سلامت قلب و عروق همراه بوده و برخی از آنها مانند استرها نیز دارای اثرات تحریکی هستند (۶).

یکی از مشاغلی که همواره مواجهات شغلی بسیاری با عوامل شیمیایی در محیط کار خود دارد، کارکنان مشاغل مراقبت های بهداشتی در مراکز خدمات درمانی هستند. مراقبت های بهداشتی یکی از بزرگترین و رو به رشدترین صنایع در سراسر جهان است. این صنعت با پیشرفت علم پزشکی و فناوری های جدید به سرعت در حال تغییر است. کارکنان مراقبت های بهداشتی در معرض مخلوطی از خطرات هستند که می تواند شامل خطرات شیمیایی (گازهای بیهوش کننده)، بیولوژیکی (پاتوژن ها)، فیزیکی (اشعه)، ارگونومیک (عضلانی-اسکلتی)، روانی - اجتماعی (استرس) و خطرات ایمنی (خشونت) باشد. خطرات شیمیایی از منابعی مانند مواد پاک کننده، ضدعفونی کننده و استریل کننده، حلال ها، چسب ها، فلزات، داروهای خطرناک، معرف های شیمیایی آزمایشگاهی، گازهای بیهوش کننده زائد، دود جراحی و سایر آلاینده های هوای داخلی ناشی می شوند (۶, ۹-۱۲).

بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO) (۱۳)، حدود ۵۹ میلیون نفر در سراسر جهان در مراکز بهداشتی کار می کنند که تقریباً ۱۲ درصد از جمعیت شاغل را تشکیل می دهند. WHO همچنین گزارش می دهد که همه کارکنان مراقبت های بهداشتی، از جمله متخصصان مراقبت های بهداشتی، در معرض خطرات شغلی هستند. سازمان بین‌المللی کار گزارش داده است که میلیون‌ها نفر از کارکنان مراقبت‌های بهداشتی از بیماری‌ها و حوادث ناشی از کار رنج می‌برند و بسیاری از آنها تسلیم خطرات شغلی می‌شوند (۱۴). محققان

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

حوزه سلامت شغلی در تلاش هستند تا آگاهی در مورد عوامل خطر موثر بر سلامتی این افراد در محیط کارشان را افزایش دهند (۱۵).

مواد آلی فرار و نیمه فرار بسیاری در مراکز درمانی برای اهداف مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. بنزن با هیدروکینون، یکی از متابولیت‌های فعال اصلی بنزن، می‌تواند بیان غیرطبیعی lncRNA را سبب شود. مطالعات نشان داده اند که lncRNA نقش مهمی در بروز تومورهای خونی ناشی از بنزن یا هیدروکینون ایفا می کند (۱۶). فرمالدئید یک ترکیب شیمیایی است که معمولاً در آزمایشگاه‌های پاتولوژی تشریحی به عنوان نگهدارنده بافت استفاده می‌شود و از نظر اپیدمیولوژیک با سرطان در ارتباط است. بنابراین، پرسنل مقیم آزمایشگاه های پاتولوژی تشریحی از جمله افرادی هستند که بیشتر در معرض ابتلا به سرطان مرتبط با فرمالدئید و خطرات غیر سرطانزای آن هستند (۱۷). استنشاق گاز کلر به عنوان ضد عفونی کننده در بیمارستان، بر اساس غلظت و مدت قرار گرفتن در معرض آن، باعث طیفی از علائم، از جمله تحریک چشم، برونکواسپاسم، سرفه، تنگی نفس، آسیب حاد ریه و مرگ می شود (۱۸). ایزوفلوران از متداول ترین گازهای بیهوشی است که در اتاق عمل مراکز درمانی مصرف می شود. مطالعات متعددی اثرات نگران کننده استنشاق مواد فرار را نشان می دهد. گازهای بیهوش کننده به ویژه ایزوفلوران بر سلامت انسان تأثیر می گذارد. خشکی و تحریک پوست، آسیب کبدی و کلیوی، سردرد، سرگیجه، خواب آلودگی و قرمزی چشم از جمله عوارض مربوطه می باشد (۱۸).

بنابراین مشخص گردید یکی از مهم ترین آثار مواجهه با ترکیبات شیمیایی پیش گفت، آسیب تنفسی است. تخمین زده می شود که ۱۷ درصد از شیوع آسم در میان بزرگسالان با قرار گرفتن در معرض خطرات شغلی مرتبط است. همچنین در میان بزرگسالان مبتلا به آسم، شیوع آسم ناشی از کار ممکن است به ۵۸ درصد برسد. شدت علایم آسم ناشی از کار، بسته به شغل و صنعت متفاوت است (۱۴، ۱۵). در حالی که مشاغل متعدد به دلیل قرار گرفتن در معرض امور نظافتی و ضد عفونی کردن با مواد شیمیایی ممکن است در معرض ابتلا به آسم ناشی از کار قرار بگیرند، کارکنان مراکز درمانی به دلایل مختلفی همچون (۱) افزایش آگاهی و تلاش برای تمیز کردن در راستای مهار خطرات عفونی، (۲) استفاده از عوامل استریل کننده برای تجهیزات و (۳) طیف گسترده ای از وظایف، نقش ها و انواع محیط ها که می تواند منجر به مواجهه ها و ریسک های بسیار متغیر شود، مورد توجه هستند (۱۹, ۲۰).

بررسی فاکتورهای خونی یکی دیگر از روش های متداول در ارزیابی سلامت کارکنان مراکز درمانی است. نتایج مرتبط با بررسی فاکتورهای خونی افراد در معرض مواد شیمیایی نشان می دهد افزایش غلظت خون در مواجهه با بنزن، اتیل بنزن، تولوئن، زایلن و استایرن دیده شده است. اتیل بنزن، تولوئن، m-p-xylene و استایرن با افزایش تعداد پلاکت ها ارتباط مثبت داشتند. همچنین بین مواجهه با برخی ترکیبات آلی فرار همچون بنزن با سرطان خون، اختلالات کبدی و کلیوی ارتباط معنی داری وجود داشته است (۲۱).

همانطور که پیش تر بدان اشاره شد، مواجهه شغلی با مواد شیمیایی خطرناک در میان کارکنان مراقبت های بهداشتی می تواند منجر به پیامدهای نامطلوب مرتبط با سلامتی شود. تحقیقات در مورد چنین مواجهه هایی از کشورهای با درآمد کم و متوسط محدود است. این کشورها با چالش‌های جدید ناشی از تغییر جمعیت، مهاجرت، بی‌ثباتی زیست‌محیطی و ژئوپلیتیکی، افزایش تقاضا و هزینه خدمات بهداشتی و شیوع بیماری‌های جدید که همگی به خطرات جدید یا تشدید خطرات موجود کمک می‌کنند، مواجه اند.

بنابراین با توجه به اهمیت موارد گفته شده، تحقیقات محدود انجام شده بر روی تاثیرات خونی و ریوی حاصل از مواجهه شغلی با طیف وسیعی از مواد شیمیایی موجود در مشاغل بیمارستانی، لذا هدف از این مطالعه ارزیابی تاثیر مواجهه تنفسی با مواد شیمیایی بیمارستانی بر عملکرد ریوی و نشانگرهای خونی و متابولیک در کارکنان یک مرکز درمانی بود.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

روش کار

طراحی مطالعه

این مطالعه مقطعی در سال ۱۴۰۳ در یک مرکز درمانی واقع در تهران، ایران انجام شد. از میان ۵۷۰ کارمند واجد شرایط، ۲۵۰ شرکت‌کننده (۱۵۰ آقا و ۱۰۰ خانم) با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی‌شده بر اساس بخش‌های مختلف انتخاب شدند تا تضمین شود که نماینده مناسبی از گروه‌های کلیدی مواجهه‌یافته در مطالعه حضور دارند. توزیع نمونه‌ها بر اساس گروه‌های شغلی و فرایندهای کاری به شرح زیر بود: از ۱۲۰ فرد مواجهه‌یافته نهایی، ۴۰ نفر از پرسنل بخش اتاق عمل (با تمرکز بر فرایندهای جراحی و مواجهه با گازهای بیهوشی مانند ایزوفلوران)، ۵۰ نفر از پرسنل بخش آزمایشگاه پاتولوژی و پاتوبیولوژی (با تمرکز بر فرایندهای نمونه‌برداری، تحلیل بافتی و مواجهه با ترکیبات شیمیایی مانند BTEX ، فرمالدهید و نیتریک اسید) و ۳۰ نفر از پرسنل بخش رختشویخانه (با تمرکز بر فرایندهای شستشو، ضدعفونی و مواجهه با کلر) انتخاب شدند. این توزیع بر اساس شیوع مواجهه در بخش‌های کلیدی بیمارستان و روش نمونه‌گیری طبقه‌بندی‌شده تعیین گردید تا نماینده مناسبی از گروه‌های مواجهه‌یافته باشد. در نهایت نتایج طبق دستورالعمل‌هایSTROBE برای مطالعات مشاهده‌ای گزارش گردید.

معیارهای ورود به مطالعه به شرح زیر بود:

- حداقل دو سال سابقه کار در موقعیت فعلی برای اطمینان از مواجهه پایدار
- عدم سابقه هرگونه بیماری یا مشکل مرتبط
- عدم وجود بیماری‌های مزمن شامل اختلالات کبدی، دیابت و اختلالات خونی
- عدم وجود اختلالات تنفسی مانند آسم، بیماری انسدادی مزمن ریوی (COPD) و برونشیت
- عدم مصرف سیگار

معیارهای خروج به شرح زیر بود:

- عدم توانایی انجام اسپیرومتری مطابق با معیارهای ATS/ERS 2019
- عفونت حاد تنفسی در چهار هفته گذشته
- بارداری (به دلیل تغییرات پارامترهای خونی)
- فشار خون بالا (≤۱۴۰/۹۰ mmHg)

پس از غربالگری، ۱۰ شرکت‌کننده (۵ نفر به دلیل بیماری های زمینه ای و ۵ نفر به دلیل استعمال سیگار) از مطالعه خارج شدند و در نهایت، نمونه نهایی شامل ۱۲۰ فرد مواجهه‌یافته و ۱۲۰ شاهد همسان شده بود.

کنترل‌های محیطی

اندازه‌گیری‌های استاندارد در دمای ۲۶ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۴۱٪ با استفاده از مانیتورهای کالیبره‌شده مطابق با استاندارد ISO 7726 انجام شد. دستگاه‌های مورد استفاده برای اندازه‌گیری پارامترهای محیطی شامل مانیتور چندمنظوره دما و رطوبت مدل Testo 435 (ساخت شرکت Testo، آلمان) با دقت اندازه‌گیری ±۰,۳ درجه سانتی‌گراد برای دما و ±۲٪ برای رطوبت نسبی و قابلیت اندازه‌گیری مداوم در بازه‌های زمانی مشخص و دستگاه کالیبراتور محیطی مدلFluke 971برای کالیبراسیون دقیق مطابق با الزامات استاندارد ISO 7726، شامل اندازه‌گیری سرعت هوا، تابش حرارتی و سایر عوامل محیطی بودند. این دستگاه‌ها پیش از هر جلسه اندازه‌گیری، با استفاده از استانداردهای مرجع کالیبره شدند تا خطای اندازه‌گیری به حداقل برسد.

تخصیص شرکت‌کنندگان

معیارهای همسان‌سازی برای گروه شاهد شامل: سن (±۵ سال)، جنسیت و شاخص توده بدنی (kg/m^2 ۲ ±)بودند. علاوه بر این، تأیید عدم مواجهه در گروه شاهد از طریق بررسی مستندات (نه صرفاً گزارش‌های خوداظهاری) انجام شد. گروه شاهد از بین افراد اداری انتخاب گردید.

رعایت اصول اخلاقی

تمام شرکت‌کنندگان در شیفت روز فعالیت داشتند و پیش از مشارکت در مطالعه، رضایت نامه آگاهانه را ارائه

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

کردند. این مطالعه مطابق با دستورالعمل‌های مندرج در بیانیه هلسینکی انجام شد. کد تأییدیه (IR-IAU-ARAK-REC.1403.037) از کمیته اخلاق دانشکده علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک دریافت گردید.

همچنین تمام آزمایش‌ها در میانه هفته (دوشنبه تا سه‌شنبه) انجام شد تا از هرگونه سوگیری مرتبط با تعطیلات آخر هفته جلوگیری شود.

ارزیابی مواجهه شغلی با ترکیبات BTEX

نمونه‌برداری از هوای محیط برای اندازه‌گیری بنزن، تولوئن، اتیل‌بنزن و زایلن (BTEX) با استفاده از روش نمونه‌برداری فعال و مطابق با استاندارد NIOSH 1501 برای هیدروکربن‌های آروماتیک انجام شد. این نمونه‌برداری در پنج ایستگاه کاری اصلی آزمایشگاه پاتوبیولوژی انجام شد تا تغییرات فردی در مواجهه ارزیابی شود. از پمپ‌های نمونه‌برداری فردی SKC AirChek XR5000 با دبی دقیق ۰/۰۵ لیتر بر دقیقه استفاده گردید و دبی جریان قبل و بعد از نمونه‌برداری با دستگاه کالیبراتور تنظیم و کنترل شد. نمونه‌ها به صورت میانگین وزنی زمانی ۸ ساعته (TWA) جمع‌آوری شدند تا از فرار آلاینده و حفظ حساسیت اندازه‌گیری اطمینان حاصل شود. برای کنترل کیفیت، ۱۰٪ نمونه‌ها به عنوان نمونه‌های شاهد (فیلد بلانک) و ۵٪ به صورت نمونه‌های تکراری جمع‌آوری شدند.

پس از جمع‌آوری، تمامی نمونه‌ها فوراً در یخ (دمای زیر ۴ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند و حداکثر ظرف یک ساعت به آزمایشگاه تحویل داده شدند. نمونه‌ها در ظروف دربسته و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

آنالیز ترکیبات BTEX با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Younglin 6100YL مجهز به آشکارساز یونش شعله (FID) انجام شد. این سیستم از یک ستون مویینه DB-5MS با ابعاد ۳۰ متر طول، ۰/۲۵ میلی‌متر قطر داخلی و ضخامت لایه ۰/۲۵ میکرومتر استفاده کرد که با گاز حامل هلیوم با خلوص فوق‌العاده بالا و دبی ثابت ۱/۲ میلی‌لیتر بر دقیقه جریان داشت. برنامه دمایی دستگاه با دمای اولیه ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه آغاز شد، سپس با شیب ۱۰ درجه بر دقیقه تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و نهایتاً به مدت ۵ دقیقه در این دما ثابت ماند. دمای تزریق‌کننده و آشکارساز به ترتیب در ۲۵۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه داشته شد. برای کالیبراسیون، از استانداردهای مرجع قابل ردیابی NIST استفاده شد و منحنی کالیبراسیون پنج نقطه‌ای در محدوده ۰/۱ تا ۱۰ ppm روزانه تهیه گردید (۱۸،۱۷).

ارزیابی مواجهه شغلی با اسید نیتریک

نمونه‌برداری بخارات اسید نیتریک مطابق با روش NIOSH 7903 انجام شد. پمپ‌های نمونه‌برداری فردی SKC AirChek XR5000 قبل از نمونه‌برداری با استاندارد اولیه کالیبره شدند. نمونه‌برداری با دبی ۰/۲ تا ۰/۵ لیتر بر دقیقه و حجم جمع‌آوری بین ۱۵ تا ۴۵ لیتر انجام شد. نمونه‌ها از محدوده تنفسی کارگران در طول شیفت ۸ ساعته جمع‌آوری شدند.

نمونه‌ها بلافاصله در ظروف دربسته با درپوش PTFE مهر و موم شدند و در کنار یخ در دمای زیر ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و ظرف دو ساعت به آزمایشگاه تحویل داده شدند. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی با استفاده از تکنیک یون کروماتوگرافی انالیز شدند (۲۰،۱۹).

ارزیابی مواجهه شغلی با فرمالدهید

پروتکل نمونه‌برداری پایش مواجهه با فرمالدهید بر اساس روش تأییدشده NIOSH 3500 انجام شد. دستگاه‌های نمونه‌برداری فردی شامل دو فیلتر غشایی PTFE با اندازه منافذ ۰/۱ میکرومتر در کاست‌های پلی‌استایرنی بودند که به ایمپینجرهای حاوی محلول جاذب ۱٪ بی‌سولفیت سدیم متصل شدند. پمپ‌های نمونه‌برداری SKC Universal PCXR8 با دبی ۰/۲ تا ۱ لیتر بر دقیقه کالیبره شده و نمونه‌برداری به مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه برای جمع‌آوری ۱۵ تا ۳۰ لیتر هوا انجام شد. پارامترهای محیطی مانند دما، رطوبت نسبی و فشار

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

اتمسفر هر پنج دقیقه یکبار ثبت شدند. همچنین، ۱۰٪ نمونه‌ها به عنوان نمونه‌های شاهد برای پایش آلودگی احتمالی تهیه شدند. پس از نمونه‌برداری، محلول‌های ایمپینجر در ویال‌های شیشه‌ای کهربایی پیش‌تمیزشده منتقل و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. آنالیزها در بازه زمانی ۷ روزه تأییدشده انجام شد.

اندازه‌گیری‌های اسپکتروفتومتری با دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis مدل Agilent Cary 60 در طول موج ۵۸۰ نانومتر انجام شد، و از شاهد واکنش برای مرجع استفاده گردید (۲۲, ۲۳).

ارزیابی مواجهه شغلی با ایزوفلوران

نمونه‌ها مطابق با روش اصلاح‌شده OSHA 103 و با استفاده از پمپ‌های فردی SKC در سه مرحله حیاتی عمل جراحی (القاء، نگهداری و بازگشت) جمع‌آوری شدند. از لوله‌های جاذب دو قسمتی Anasorb 747 برای جلوگیری از اشباع نمونه‌ها استفاده گردید. کنترل‌های کیفیت شامل نمونه‌های شاهد (۱۰٪) و تکراری (۵٪) بود و کلیه نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان ۱۴ روز آنالیز شدند.

نمونه‌ها با استفاده از ۱۰۰ میکرولیتر دی‌سولفید کربن با درجه خلوص بالا (≥۹۹/۹٪) استخراج شدند و به مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه اولتراسونیک مدل Branson 3800 قرار گرفتند. آنالیز نمونه‌ها توسط دستگاه کروماتوگرافی گازی طیف‌سنجی جرمی (GC-MS) مدل Varian CP-3800/Saturn 2200انجام شد. برنامه دمایی دستگاه با دمای اولیه ۴۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ دقیقه آغاز شد، سپس با شیب ۳۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و به مدت ۱ دقیقه در این دما ثابت ماند (۲۴, ۲۵). با استفاده از استخراج اولتراسونیک، تمام جاذب (شامل بخش‌های front وback لوله Anasorb 747 به طور موثر با حلال تماس پیدا کرده و غوطه‌ور می‌شود، زیرا امواج صوتی باعث نفوذ کامل حلال و بازیافت کارآمد analyte می‌گردد.

ارزیابی مواجهه شغلی با کلر

پروتکل نمونه‌برداری پایش مواجهه با کلر بر اساس روش تأییدشده NIOSH 6011 انجام شد. نمونه‌برداری هوا با پمپ‌های SKC AirChek XR5000 با دبی دقیق ۰/۳ تا ۱ لیتر بر دقیقه انجام شد. سیستم نمونه‌برداری شامل ایمپینجرهای حاوی ۱۵ میلی‌لیتر محلول جاذب سولفامیک اسید ۰/۱٪ در آب دیونیزه بود که به کاست‌های پلی‌استایرنی ۳۷ میلی‌متری پیش‌تمیز شده متصل شدند. نمونه‌ها به مدت یک شیفت کامل کاری (۷-۸ ساعت) از محدوده تنفسی کارکنان بخش رختشویخانه جمع‌آوری شدند و حجم هوای نمونه‌برداری شده برای هر نمونه بین ۸ تا ۹۰ لیتر بود (۲۶).

ارزیابی عملکرد تنفسی و علائم ریوی

تمامی ۲۴۰ شرکت‌کننده در این مطالعه، با استفاده از پرسشنامه استاندارد انجمن قفسه‌سینه آمریکا(ATS) که توسط مصاحبه‌گران آموزش‌دیده اجرا شد، مورد ارزیابی کامل سلامت تنفسی قرار گرفتند. این ابزار معتبر، اطلاعات دقیقی در مورد سابقه علائم مزمن تنفسی شامل سرفه (بیش از ۳ ماه در سال)، خس‌خس سینه (با یا بدون فعالیت)، تولید خلط (با توصیف رنگ و مدت)، تنگی نفس و تشخیص‌های پزشکی (مانند برونشیت مزمن، آمفیزم یا آسم) جمع‌آوری نمود. پیش از تکمیل پرسشنامه، یک جلسه ۱۵ دقیقه‌ای توجیهی برای توضیح موارد پرسشنامه و روش صحیح گزارش علائم برگزار شد که در آن از ابزارهای بصری برای توصیف بهتر علائم استفاده گردید. روایی و پایایی این ابزار در مطالعات پیشین گزارش گردیده است (۲۰, ۲۷-۲۹).

پروتکل اسپیرومتری

آزمایشات عملکرد ریوی مطابق با استانداردهای فنی ATS/ERS 2019 و با استفاده از اسپیرومتر کالیبره شده Spirare S3 شرکت Diagnostica، اسلو انجام شد. مراحل آزمایش به شرح زیر بود:

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

در ابتدا، اندازه‌گیری‌های آنتروپومتریک شامل قد و وزن (با ترازوی کالیبره‌شده با دقت ±۰/۱ کیلوگرم) انجام شد. سپس شرایط محیطی آزمایش از نظر دما (بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت (بین ۴۰ تا ۶۰ درصد) کنترل گردید. در ادامه، بررسی موارد منع پزشکی مانند عفونت‌های اخیر تنفسی، سکته قلبی یا جراحی قفسه سینه صورت گرفت.

در مرحله بعدی، آزمایش اسپیرومتری بدین شرح انجام شد: ابتدا تکنسین مجرب عملکرد ریوی آموزش‌های لازم را در مورد تکنیک صحیح اسپیرومتری به شرکت‌کننده ارائه داد. سپس، مانورهای تمرینی (حداقل دو بار بدون ثبت) انجام شد تا فرد با تکنیک صحیح آشنا شود. پس از آن، سه مانور قابل قبول ثبت شد در نهایت پارامترهای اسپیرومتری ثبت گردید (۲۹).

ارزیابی پارامترهای خونی و قلبی-عروقی

نمونه‌گیری خون وریدی از تمامی شرکت‌کنندگان مطابق با پروتکل استاندارد وزارت بهداشت ایران انجام شد. نمونه‌ها توسط تکنسین‌های مجرب در ساعات ۷ تا ۹ صبح و پس از ۱۲ ساعت ناشتایی جمع‌آوری گردید. شرکت‌کنندگان حداقل ۱۵ دقیقه قبل از نمونه‌گیری در حالت نشسته استراحت کردند. دو لوله جداگانه برای آزمایش CBC با استفاده از لوله حاوی K2EDTA و تست‌های بیوشیمیایی (با لوله جداکننده سرم) جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری، به آرامی مخلوط شده و حداکثر ظرف ۳۰ دقیقه آنالیز شدند.

در بخش آنالیز شمارش کامل خون (CBC)، پارامترهای مربوط به گلبول‌های قرمز (هموگلوبین، هماتوکریت، شمارش گلبول‌های قرمز، حجم متوسط گلبولی، هموگلوبین متوسط گلبولی، غلظت متوسط هموگلوبین گلبولی و عرض توزیع گلبول‌های قرمز) و شمارش افتراقی گلبول‌های سفید (شمارش کل گلبول‌های سفید، نوتروفیل‌ها، لنفوسیت‌ها، مونوسیت‌ها، ائوزینوفیل‌ها، بازوفیل‌ها) اندازه‌گیری شدند. همچنین، پارامترهای پلاکتی مانند شمارش پلاکت‌ها، حجم متوسط پلاکت و عرض توزیع پلاکت‌ها ارزیابی شدند. دستگاه هماتولوژی Sysmex XN-1000 برای اندازه‌گیری این پارامترها استفاده شد و کنترل کیفی دستگاه شامل کالیبراسیون روزانه، اجرای کنترل‌های داخلی و بررسی دقت دستگاه با نمونه‌های استاندارد انجام گرفت. تمامی تست‌ها با کنترل‌های کیفی داخلی انجام شدند و در صورت خروج نتایج از محدوده مرجع، آزمایش دوباره تکرار گردید (۳۰).

تحلیل آماری

تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statisticsنسخه ۲۵ انجام شد. آمار توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار و فراوانی محاسبه گردید. برای بررسی توزیع داده‌ها از نظر نرمال بودن، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و نمودار Q-Q Plot استفاده شد. نتایج نشان داد که در کلیه موارد داده ها دارای توزیع نرمال هستند (p-value>0.05). سپس، میانگین متغیرهای کمی بین گروه‌های مورد و کنترل با استفاده از آزمون‌های t مستقل مقایسه شد. برابری واریانس‌ها با آزمون لون ارزیابی گردید. شیوع علائم تنفسی بین دو گروه با استفاده از آزمون کای دو و آزمون دقیق فیشر مورد تحلیل قرار گرفت. تمامی آزمون‌ها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ انجام شدند.

یافته ها

اطلاعات دموگرافیک شرکت‌کنندگان، شامل سن، قد، وزن، شاخص توده بدنی (BMI)، سابقه کار، ساعات کار در روز، وضعیت تأهل و سطح تحصیلات، در جدول ۱ خلاصه شده است. نتایج نشان می‌دهد که ارتباط معناداری بین متغیرهای جمعیت‌شناختی گروه‌های مورد مطالعه وجود ندارد (p-value > ۰/۰۵).

جدول ۲ مروری بر مواد شیمیایی و تعداد افراد در معرض این مواد ارائه می‌دهد. نتایج نشان داد که میزان مواجهه با بنزن (۰/۳ پی پی ام)، اتیل بنزن (۱۲ پی پی ام)، تولوئن (۹ پی پی ام)، زایلن (۵۰ پی پی ام)، اسید

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

جدول ۱: داده‌های جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان

متغیر		عدم مواجهه (n=120) (میانگین ± انحراف معیار) / درصد	دارای مواجهه (n=120) (میانگین ± انحراف معیار) / (درصد)	*p*-value
سن (سال)		۳۴/۵۰ ± ۴/۰۷	۳۵/۲۳ ± ۳/۷	۰/۴۸۱
قد (سانتی‌متر)		۱۷۸/۱۱ ± ۲/۳	۱۷۹ ± ۶/۸	۰/۵۳۰
وزن (کیلوگرم)		۷۹/۴۵ ± ۶/۷	۸۱/۳۴ ± ۵/۲	۰/۱۰۷
شاخص توده بدنی (BMI) (کیلوگرم بر متر مربع)		۲۵/۱ ± ۳/۱۳	۲۶/۴۳ ± ۳/۴۷	۰/۳۹۰
سابقه کار (سال)		۱۴/۷۸ ± ۳/۹۸	۱۵/۴۵ ± ۳/۴۵	۰/۲۱۱
ساعات کار روزانه (ساعت)		۸/۱۲ ± ۰/۱۵	۸/۱۵ ± ۰/۳۱	۰/۳۶۷
وضعیت تاهل	مجرد	۱۱۵	۱۰۲	۰/۲۳۵
	متاهل	۱۰۵	۱۱۸	
سطح تحصیل	زیر دیپلم	۲۵	۳۱	۰/۳۱۱
	دیپلم	۷۵	۶۸	
	لیسانس و بالاتر	۲۰	۲۱	

جدول ۲: مقادیر مواجهه با مواد شیمیایی تحت مطالعه

ماده شیمیایی	تعداد افراد در معرض	غلظت مواجهه (پی پی ام)	حد مجاز (TWA) (پی پی ام)	وضعیت مواجهه
بنزن	۲۵	۰/۳	۰/۵	زیر حد مجاز
اتیل بنزن	۲۵	۱۲	۲۰	زیر حد مجاز
تولوئن	۲۵	۹	۲۰	زیر حد مجاز
زایلن	۲۵	۵۰	۱۰۰	زیر حد مجاز
اسید نیتریک	۳۰	۰/۹	۲	زیر حد مجاز
فرمالدهید	۳۰	*۰/۱۶	۰/۱	بالای حد مجاز
ایزوفلوران	۱۵	۱/۶	۵۰	زیر حد مجاز
کلر	۲۰	۰/۰۶	۰/۱	زیر حد مجاز

نیتریک (۰/۹ پی پی ام)، ایزوفلوران (۱/۶ پی پی ام) و کلر (۰/۰۶ پی پی ام) کمتر از حد مجاز مواجهه شغلی بود. همانطور که در جدول نشان داده شده است، مواجهه با فرمالدئید (۰/۱۶ پی پی ام) از حد مجاز توصیه شده فراتر رفته است.

* میزان مواجهه با فرمالدئید بالاتر از حد مجاز است.

نتایج ارزیابی پارامترهای عملکرد ریه

نتایج ارزیابی پارامترهای عملکرد ریه در جدول ۳ ارائه شده است. تجزیه و تحلیل آماری نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین افراد در معرض BTEX، اسید نیتریک و کلر در مقایسه با افرادی که در معرض این مواد قرار نگرفته‌اند، وجود نداشته ولی مقادیر پارامترهای عملکرد ریوی در افراد دارای مواجهه در سطوح پایین‌تری قرار داشت.

در مقابل، نتایج ارزیابی عملکرد ریوی تفاوت معنی‌داری را در کلیه پارامترهای عملکرد ریوی بین افراد در معرض فرمالدهید و ایزوفلوران نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های ارائه شده در جدول ۳، تغییرات قابل توجهی در پارامترهای مختلف تنفسی پس از قرار گرفتن در معرض فرمالدهید و ایزوفلوران رخ داده است (p-value <۰/۰۵)

جداول ۴ و ۵ اثرات مواجهه با این مواد شیمیایی را بر پارامترهای خون نشان می‌دهد. هیچ همبستگی معنی‌داری برای شاخص توده بدنی بین گروه‌های مورد و شاهد یافت نشد (p-value >۰/۰۵) تفاوت در تعداد گلبول‌های سفید خون (WBC) بین گروه‌های شاهد و گروه‌های مورد حداقل بود و از نظر آماری معنی‌دار نبود. علاوه بر این، تغییرات در تعداد گلبول‌های قرمز خون بین گروه‌های مورد و شاهد بررسی شد، اما ارتباط معنی‌داری

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

جدول ۳: تغییرات پارامترهای عملکرد ریه در گروه‌های مورد و شاهد

ماده شیمیایی	پارامتر	گروه عدم مواجهه (n=120)	گروه مواجهه (n=120)	p-value
BTEX	VC	۷۵/۰۱ ± ۱۴/۰۲	۷۴/۰۱ ± ۱۰/۰۲	۰/۱۲۵
	FVC	۸۰/۰۱ ± ۱۴/۰۲	۷۹/۰۱ ± ۱۴/۰۲	۰/۰۷۲
	FEV1	۸۱/۲۳ ± ۲/۶۷	۸۰/۲۵ ± ۱۳/۲۵	۰/۰۹۱
	FEV1/FVC	۱۰۲/۲۷ ± ۴/۲۳	۱۰۰/۸۳ ± ۴/۰۵	۰/۱۲۱
	PEF	۸۵/۵۶ ± ۱۳/۴۵	۸۲/۲۳ ± ۱۲/۴۵	۰/۲۳۱
اسید نیتریک	VC	۷۶/۰۱ ± ۱۵/۰۲	۷۵/۰۱ ± ۱۰/۰۲	۰/۰۶۳
	FVC	۸۱/۰۱ ± ۱۳/۰۲	۷۹/۰۱ ± ۱۲/۰۲	۰/۰۷۱
	FEV1	۸۰/۲۳ ± ۲/۶۷	۷۴/۲۵ ± ۱۳/۲۵	۰/۰۸۴
	FEV1/FVC	۱۰۳/۱۵ ± ۷/۲۳	۱۰۰/۶۴ ± ۱۰/۰۲	۰/۰۹۳
	PEF	۸۳/۳۶ ± ۱۳/۴۵	۸۱/۳۳ ± ۸/۴۵	۰/۱۰۲
فرمالدئید	VC	۸۵/۴۹ ± ۱۱/۳۶	۷۱ ± ۸/۳	*۰/۰۰۱
	FVC	۹۳/۴۶ ± ۱۲/۸۷	۹۰/۳ ± ۱۲/۴	*۰/۰۰۱
	FEV1	۹۹/۵۶ ± ۱۲/۸	۹۰/۲ ± ۱۸/۹	*۰/۰۰۱
	FEV1/FVC	۱۰۶/۵۲ ± ۴/۲۳	۹۹/۸۸ ± ۵/۲۳	*۰/۰۰۱
	PEF	۹۲/۹۱ ± ۱۱/۳۴	۸۲/۵۲ ± ۱۴/۳	*۰/۰۰۳
ایزوفلوران	VC	۸۹/۴۹ ± ۱۰/۳۰	۸۱/۳۲ ± ۸/۴	*۰/۰۰۴
	FVC	۹۸/۴۵ ± ۱۰/۸۷	۸۷/۳ ± ۱۲/۴	*۰/۰۰۳
	FEV1	۹۹/۵۶ ± ۱۴/۸	۹۱/۲ ± ۱۵/۹	*۰/۰۰۲
	FEV1/FVC	۱۰۲/۱۲ ± ۷/۶۳	۹۵/۴۶ ± ۵/۹۸	*۰/۰۰۳
	PEF	۸۸/۳۱ ± ۱۱/۳۴	۸۲/۵۲ ± ۱۲/۳	*۰/۰۰۱
کلر	VC	۷۰/۰۱ ± ۱۴/۰۲	۷۰/۲۳ ± ۱۷/۰۵	۰/۰۶۳
	FVC	۷۶/۹۸ ± ۱۰/۵۰	۷۵/۴۵ ± ۵/۲۵	۰/۰۷۲
	FEV1	۷۲/۰۲ ± ۶/۷۵	۷۱/۰۳ ± ۲/۰۳	۰/۰۶۱
	FEV1/FVC	۱۰۰/۰۵ ± ۳/۵۶	۹۸/۵۰ ± ۴/۷۸	۰/۰۸۴
	PEF	۸۰/۴۹ ± ۱۰/۸۰	۷۸/۴۷ ± ۹/۲۵	۰/۰۹۳

* ارتباط معنی داری وجود دارد (p-value <۰/۰۵)

در هیچ یک از گروه‌های شیمیایی یافت نشد. همچنین، ارزیابی تعداد پلاکت‌ها در هر دو گروه مورد و شاهد که در معرض مواد شیمیایی قرار داشتند، هیچ تغییر معنی‌داری را نشان نداد.

طبق جدول، تغییرات در سطح کلسترول، کراتینین و تری‌گلیسیرید چه در افراد و چه در گروه کنترل تحت تأثیر قابل‌توجهی از این مواد شیمیایی قرار نگرفتند. با این حال، سطح SGOT و SGPT در افراد در معرض بنزن، اتیل بنزن، تولوئن، زایلن، اکسید نیتریک و کلر به‌طور قابل‌توجهی با گروه کنترل بدون مواجهه متفاوت بود. نکته قابل‌توجه این است که این پارامترها در افراد در معرض فرمالدهید و ایزوفلوران افزایش قابل‌توجهی نشان دادند.

جدول ۴ تغییرات پارامترهای خونی و متابولیک را در دو گروه مواجهه و عدم مواجهه با مواد شیمیایی BTEX و کلر نشان می‌دهد. بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که در گروه‌های مواجهه با این دو ماده شیمیایی، تفاوت معناداری در بیشتر پارامترهای اندازه‌گیری شده وجود ندارد. به‌طور خاص، شاخص توده بدنی (BMI)، گلبول‌های سفید (WBC)، گلبول‌های قرمز (RBC)، پلاکت‌ها، هورمون محرک تیروئید (TSH)، قند خون ناشتا، کراتینین، کلسترول، تری‌گلیسیرید، و آنزیم‌های کبدی SGOT و SGPT در گروه‌های مواجهه و عدم مواجهه تغییرات معناداری نشان ندادند (p-value >۰/۰۵). به عبارت دیگر، مواجهه با BTEX و کلر تأثیر قابل توجهی بر این پارامترها نداشته و تفاوت‌های مشاهده شده در مقادیر میانگین این پارامترها در دو گروه، از لحاظ آماری معنادار نبوده است.

جدول ۵ تغییرات پارامترهای خونی و متابولیک را در گروه‌های مواجهه و عدم مواجهه با مواد شیمیایی اسید

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

جدول ٤: ارزیابی اثر مواجهه با BTEX و کلر بر روی پارامترهای خونی و متابولیک در بین افراد مورد مطالعه

پارامترها	BTEX			کلر		
	عدم مواجهه	مواجهه	p-value	عدم مواجهه	مواجهه	p-value
شاخص توده بدنی (kg/m^2)	۲۵/۰۱± ۲/۴۰	۲۴/۰۴± ۱/۸۸	۰/۲۱۱	۲۶/۰۴± ۳/۰۸	۲۵/۱۱± ۲/۴۵	۰/۱۲۳
گلبول‌های سفید (WBC) ($۱۰^۳/\mu L$)	۵/۵ ± ۱/۵۵	۵/۸ ± ۱/۰۹	۰/۱۲۶	۵/۹ ± ۱/۰۰	۶/۳ ± ۳/۱۲	۰/۰۸۷
گلبول‌های قرمز (RBC) ($۱۰^۶ \times \mu L$)	۴/۵۹ ± ۰/۱۴	۴/۰۹ ± ۰/۱۶	۰/۳۱۹	۳/۰۹ ± ۰/۱۶	۳/۶۱ ± ۰/۰۹	۰/۱۰۳
پلاکت‌ها ($۱۰^۳/\mu L$)	۲۷۴ ± ۱۷	۲۹۰ ± ۱۴	۰/۰۹	۲۹۸ ± ۱۰	۳۰۹ ± ۱۷	۰/۰۷۱
هورمون محرک تیروئید (TSH) ($\mu U/mL$)	۳/۱ ± ۰/۳	۳/۵ ± ۰/۱۹	۰/۱۲۸	۲/۵ ± ۰/۲	۲/۷ ± ۰/۲	۰/۰۹۹
قند خون ناشتا (mg/dL)	۸۷ ± ۵	۸۱ ± ۴	۰/۴۱۱	۸۱ ± ۴	۸۳ ± ۵	۰/۰۷۸
کراتینین (mg/dL)	۱/۱ ± ۰/۱۴	۰/۹ ± ۰/۲۲	۰/۰۹	۰/۸ ± ۰/۲۱	۱/۱ ± ۰/۱۳	۰/۱۶۴
کلسترول (mg/dL)	۱۷۸ ± ۲۱	۱۸۶ ± ۱۴	۰/۱۸۸	۱۸۶ ± ۱۴	۱۷۹ ± ۱۵	۰/۰۶۷
تری‌گلیسیرید (mg/dL)	۱۶۶ ± ۱۵	۱۷۰ ± ۱۲	۰/۳۵۸	۱۵۹ ± ۱۲	۱۶۱ ± ۱۵	۰/۰۹۱
SGOT (U/L)	۲۵ ± ۶	۲۸ ± ۸	۰/۱۰۸	۳۳ ± ۸	۳۳ ± ۶	۰/۰۸۱
SGPT (U/L)	۲۷ ± ۶	۲۹ ± ۹	۰/۱۳۲	۲۴ ± ۹	۲۶ ± ۸	۰/۱۲۲

نیتریک، فرمالدهید و ایزوفلوران نشان می‌دهد. به طور کلی، تغییرات قابل توجهی در برخی از پارامترها مشاهده می‌شود.

برای اسید نیتریک، پارامترهای شاخص توده بدنی، گلبول‌های سفید، گلبول‌های قرمز، پلاکت‌ها، هورمون محرک تیروئید، قند خون ناشتا، کراتینین، کلسترول و تری‌گلیسیرید در گروه‌های مواجهه و عدم مواجهه تفاوت معناداری نداشتند (p-value >۰/۰۵).

در فرمالدهید، تفاوت‌های معناداری در سطح آنزیم‌های کبدی SGOT (p-value = ۰.۰۳۲) و SGPT (p-value = ۰.۰۱۵)مشاهده شد، که نشان‌دهنده تأثیر این ماده شیمیایی بر عملکرد کبد در بین افراد مورد مطالعه است. سایر پارامترها مانند شاخص توده بدنی، گلبول‌های سفید و قرمز، پلاکت‌ها، قند خون و سایر فاکتورها تفاوت معناداری نداشتند.

برای ایزوفلوران، پارامترهای SGOT(p-value=۰.۰۰۱) و SGPT (p-value = ۰.۰۰۶) در گروه‌های مواجهه و عدم مواجهه تفاوت‌های معناداری را نشان دادند. این تفاوت‌ها به وضوح نشان داد که ایزوفلوران تأثیرات منفی بر آنزیم‌های کبدی افراد تحت مطالعه داشته است. سایر پارامترهای مورد بررسی مانند شاخص توده بدنی، گلبول‌های سفید و قرمز، پلاکت‌ها، قند خون و کراتینین تفاوت معناداری نداشتند.

در مجموع، این یافته‌ها نشان می‌دهند که ایزوفلوران و فرمالدهید تأثیرات معناداری بر آنزیم‌های کبدی دارند، در حالی که اسید نیتریک تأثیر قابل توجهی در بیشتر پارامترهای بیولوژیکی تحت مطالعه نشان نداد.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

جدول ۵: ارزیابی اثر مواجهه با ایزوفلوران، فرمالدئید و اسید نیتریک بر روی پارامترهای خونی و متابولیک در بین افراد مورد مطالعه

پارامترها	اسید نیتریک			فرمالدهید			ایزوفلوران		
	عدم مواجهه	مواجهه	p-value	عدم مواجهه	مواجهه	p-value	عدم مواجهه	مواجهه	p-value
شاخص توده بدنی (kg/m^2)	۲۵/۰۴± ۴/۴۰	۲۴/۵۵± ۲/۴۹	۰/۰۹۸	۲۶/۳۳± ۲/۴۱	۲۶/۶۶± ۳/۴۰	۰/۱۴۵	۲۶/۷۱± ۲/۱۱	۲۵/۸۸± ۳/۵۵	۰/۰۷۸
گلبول‌های سفید (WBC) ($10^3/\mu L$)	۵/۱ ± ۲/۰۰	۵/۳ ± ۱/۱۳	۰/۱۳۶	۷ ± ۲/۱۲	۷/۲ ± ۱/۰۸	۰/۰۷۴	۵/۵ ± ۲/۱۱	۵/۷ ± ۲/۳۲	۰/۰۹۶
گلبول‌های قرمز (RBC) ($10^6 \times \mu L$)	۵/۰۱ ± ۰/۱۶	۵/۵۹ ± ۰/۱۴	۰/۱۰۱	۴/۲۴ ± ۰/۴۱	۳/۹۰ ± ۰/۱۶	۰/۱۰۶	۴/۱۲ ± ۰/۶۱	۴/۲۹± ۰/۵۱	۰/۲۱۴
پلاکت‌ها ($10^3/\mu L$)	۳۴۱ ± ۱۳	۳۵۲ ± ۱۵	۰/۰۹۴	۲۹۷ ± ۱۸	۲۹۱ ± ۱۴	۰/۰۷۹	۲۷۹ ± ۱۴	۲۸۱ ± ۱۹	۰/۰۸۷
هورمون محرک تیروئید (TSH) ($\mu U/mL$)	۲/۰ ± ۰/۱۴	۲/۳ ± ۰/۲۳	۰/۱۲۱	۲/۶ ± ۰/۲	۲/۵ ± ۰/۱	۰/۳۱۵	۲/۷ ± ۰/۵	۲/۸ ± ۰/۴	۰/۱۸۹
قند خون ناشتا (mg/dL)	۷۵ ± ۹	۷۸ ± ۱۲	۰/۱۳۴	۹۱ ± ۲	۸۹ ± ۴	۰/۰۹۴	۸۷ ± ۴	۹۱ ± ۶	۰/۲۳۲
کراتینین (mg/dL)	۱/۲ ± ۰/۱۹	۱/۲ ± ۰/۱۴	۰/۱۲۰	۱/۰ ± ۰/۱	۱/۲۷ ± ۰/۲	۰/۰۸۴	۱/۰ ± ۰/۳	۱/۲ ± ۰/۱	۰/۰۹۴
کلسترول (mg/dL)	۱۶۸ ± ۱۴	۱۷۹ ± ۱۶	۰/۰۹۸	۱۶۹ ± ۱۳	۱۷۱ ± ۱۶	۰/۱۰۲	۱۸۴ ± ۱۰	۱۷۹ ± ۱۳	۰/۲۱۴
تری‌گلیسیرید (mg/dL)	۱۵۷ ± ۸	۱۶۱ ± ۹	۰/۰۷۸	۱۳۲ ± ۷	۱۴۰ ± ۵	۰/۰۸۷	۱۴۶ ± ۸	۱۵۹ ± ۷	۰/۳۱۲
SGOT (U/L)	۳۱ ± ۵	۳۴ ± ۴	۰/۰۷۷	۲۹ ± ۸	۳۹ ± ۱۲	۰/۰۳۲*	۳۳ ± ۱۳	۴۴ ± ۱۶	۰/۰۰۱*
SGPT (U/L)	۲۱ ± ۴	۲۳ ± ۵	۰/۰۸۷	۳۲ ± ۷	۴۳ ± ۸	۰/۰۱۵*	۳۱ ± ۷	۴۴ ± ۹	۰/۰۰۶*

بحث

هدف اصلی این مطالعه، ارزیابی عملکرد ریوی و فاکتورهای خونی و متابولیکی در کارکنان بیمارستان تحت مطالعه بود که در آن کارکنان در معرض مواد شیمیایی مختلفی مانند BTEX، فرمالدئید و اسید نیتریک در آزمایشگاه‌ها، گاز بیهوشی ایزوفلوران در اتاق‌های عمل و کلر موجود در بخش‌های رختشویخانه قرار دارند. در محیط‌های بیمارستانی، کارکنان به‌طور مستمر در معرض مواد شیمیایی مختلفی قرار دارند که استفاده از آن‌ها در فرآیندهای مختلف درمانی و بهداشتی امری اجتناب‌ناپذیر است. این مواد می‌توانند شامل گازهای بیهوشی، مواد ضدعفونی‌کننده، حلال‌ها و ترکیبات شیمیایی دیگر باشند که در بخش‌های مختلف بیمارستان مانند اتاق‌های عمل، آزمایشگاه‌ها، بخش‌های استریلیزاسیون، رختشوی‌خانه‌ها و بخش‌های درمانی استفاده می‌شوند. فرمالدئید نیز به عنوان نگهدارنده بافت در آزمایشگاه‌های پاتولوژی استفاده می‌شود. قرار گرفتن در معرض فرمالدئید می‌تواند منجر به بروز مشکلات تنفسی و حتی سرطان شود. همچنین مواد شیمیایی دیگری مانند کلر و نیتریک اسید نیز در رختشوی‌خانه‌های بیمارستان‌ها استفاده می‌شوند که در صورت استنشاق می‌توانند آسیب‌های ریوی ایجاد کنند (۳۱-۳۳). بنابراین، ارزیابی میزان مواجهه کارکنان با این

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

مواد شیمیایی، براورد اثرات ریوی و خونی و همچنین کنترل سطح آن‌ها به‌منظور جلوگیری از آسیب‌های شغلی امری ضروری است.

مطالعات پیشین نشان داده اند که مواجهه شغلی و تنفسی با ترکیبات شغلی مختلف از جمله ترکیبات آلی فرار و غیره در محیط های کاری مختلف می تواند اثرات متنوعی از تحریک ساده تا اثرات سرطانزایی را بر سلامت کارکنان تحمیل کند (۸, ۲۹, ۳۴-۳۶).

مواجهه با خطرات شیمیایی بسته به بخش‌های مختلف بیمارستان بسیار متفاوت است و از منابع گوناگونی مانند مواد ضدعفونی‌کننده، گندزداها، شوینده‌ها، حلال‌ها، فلزات سنگین، داروهای خطرناک و گازهای بیهوشی ناشی می‌شود. با بهبود روش‌های پیشگیری و پایش مستمر مواد بالقوه سمی هم در میان کارکنان (پایش بیولوژیک) و هم در محیط کار (پایش محیطی)، خطر مواجهه با مواد مضر بطور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (۳۷).

کارکنان شاغل در بخش‌های مختلف بیمارستان به‌طور منظم در معرض طیف وسیعی از مواد شیمیایی قرار دارند. بر اساس مطالعه‌ای که در یک بیمارستان انجام شد، مشخص گردید که ۴۸/۷٪ از پرسنل بیمارستان از بیماری‌های تنفسی رنج می‌برند (۳۸). مطالعه دیگری در یک بیمارستان نشان داد که شیوع مواجهه افراد با مواد آسم‌زا، سرطان‌زا و اوتوتوکسیک به ترتیب ۹۸/۷٪، ۲۸/۱٪ و ۷/۶٪ بوده است. علاوه بر این، ۶/۲٪ از افراد در معرض گازهای بیهوشی و ۲/۲٪ در معرض داروهای ضدسرطان قرار داشتند. در میان کسانی که مبتلا به آسم تشخیص داده شدند، مهم‌ترین عوامل خطر شیمیایی شناسایی‌شده، مواجهه با لاتکس و مواد شوینده و ضدعفونی‌کننده بودند. در این مطالعات فرمالدئید به‌عنوان مهم‌ترین ترکیب سرطان‌زا شناسایی شد. شرایط مواجهه می‌تواند شامل استفاده از دستکش‌های لاتکس، وایتکس و کلر برای نظافت، استفاده از فرمالدئید به‌عنوان ضدعفونی‌کننده و به‌کارگیری زایلین در محیط آزمایشگاهی باشد (۳۹).

نتایج نشان داد که میزان مواجهه با بنزن (۰/۳ پی پی ام)، اتیل بنزن (۱۲ پی پی ام)، تولوئن (۹ پی پی ام)، زایلن (۵۰ پی پی ام)، اسید نیتریک (۰/۹ پی پی ام)، ایزوفلوران (۱/۶ پی پی ام) و کلر (۰/۰۶ پی پی ام) کمتر از حد مجاز مواجهه شغلی بود. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است، مواجهه با فرمالدئید (۰/۱۶ پی پی ام) از حد مجاز توصیه شده فراتر رفته است.

نتایج ارزیابی پارامترهای عملکرد ریه در جدول ۳ ارائه شده است. تجزیه و تحلیل آماری نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین افراد در معرض BTEX، اسید نیتریک و کلر در مقایسه با افرادی که در معرض این مواد قرار نگرفته‌اند، وجود نداشته ولی مقادیر پارامترهای عملکرد ریوی در افراد دارای مواجهه در سطوح پایین تری قرار داشت. در مقابل، نتایج ارزیابی عملکرد ریوی تفاوت معنی‌داری را در کلیه پارامترهای عملکرد ریوی بین افراد در معرض فرمالدئید و ایزوفلوران نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های ارائه شده در جدول ۳، تغییرات قابل توجهی در پارامترهای مختلف تنفسی پس از قرار گرفتن در معرض فرمالدئید و ایزوفلوران رخ داده است.

بررسی داده‌ها نشان می‌دهد که در گروه‌های مواجهه با BTEX و کلر، تفاوت معناداری در مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده وجود ندارد. به‌طور خاص، شاخص توده بدنی (BMI)، گلبول‌های سفید (WBC)، گلبول‌های قرمز (RBC)، پلاکت‌ها، هورمون محرک تیروئید (TSH)، قند خون ناشتا، کراتینین، کلسترول، تری‌گلیسیرید، و آنزیم‌های کبدی SGOT و SGPT در گروه‌های مواجهه و عدم مواجهه تغییرات معناداری نشان ندادند. به عبارت دیگر، مواجهه با BTEX و کلر تأثیر قابل توجهی بر این پارامترها نداشته و تفاوت‌های مشاهده شده در مقادیر میانگین این پارامترها در دو گروه، از لحاظ آماری معنادار نبوده است که از جمله دلایل آن نیز می توان به مقدار غلظت مواجهه اشاره نمود که در محدوده حد مجاز قرار دارد (جدول ۴).

در مورد مواجهات شغلی با فرمالدئید، تفاوت‌های معناداری در سطح آنزیم‌های کبدی

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

SGPT (p-value = ۰.۰۳۲) و SGOT (p-value = ۰.۰۱۵) مشاهده شد، که نشان‌دهنده تأثیر این ماده شیمیایی بر عملکرد کبد در بین افراد مورد مطالعه است. سایر پارامترها مانند شاخص توده بدنی، گلبول‌های سفید و قرمز، پلاکت‌ها، قند خون و سایر فاکتورها تفاوت معناداری نداشتند.

در مورد ایزوفلوران نیز، پارامترهای SGPT (p-value = ۰.۰۰۱) و SGOT (p-value = ۰.۰۰۶) در گروه‌های مواجهه و عدم مواجهه تفاوت‌های معناداری را نشان دادند (جدول ۵). این تفاوت‌ها به وضوح نشان داد که ایزوفلوران تأثیرات منفی بر آنزیم‌های کبدی افراد تحت مطالعه داشته است. سایر پارامترهای مورد بررسی مانند شاخص توده بدنی، گلبول‌های سفید و قرمز، پلاکت‌ها، قند خون و کراتینین تفاوت معناداری نداشتند.

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که ترکیباتBTEX (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلن) می‌توانند بر سلامت ریوی و خونی تأثیر بگذارند. در یک مطالعه مشخص گردید که بین غلظت‌های خونی BTEX با کاهش مقادیر پارامترهای عملکرد ریوی از جمله FVC، FEV1، نسبت FEV1/FVCو PEF ارتباط داشت، که این اثرات احتمالاً از طریق افزایش نشانگرهای التهابی رخ می‌دهد (۴۰).

در مطالعه ای دیگر مشخص گردید که بین مواجهه شغلی با ترکیبات آلی فرار و کاهش ظرفیت ریوی ارزتباط معنی داری وجود دارد (۲۹). در مطالعه حاضر نیز مشخص گردید که علی رغم عدم وجود ارتباط معنی دار در پارامترهای عملکرد ریوی، مقادیر پارامترهای عملکرد ریوی در افراد دارای مواجهه در سطوح پایین تری قرار داشت.

در مطالعه‌ای دیگر در کارکنان پالایشگاه نفت، مقایسه پارامترهای خونی و اسپیرومتری بین گروه‌های مواجهه و عدم مواجهه با BTEX نشان داد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، که با یافته‌های برخی مطالعات شغلی مشابه هم‌راستا است (۴۱). دیگر پژوهش‌ها نیز گزارش داده‌اند که مواجهه شغلی با BTEX می‌تواند سبب اثرات سمی بر سلول‌های خونی، ایجاد اختلالات بیوشیمیایی و افزایش ریسک سرطان‌زایی شود، اگرچه شدت و نوع اثر بستگی به نوع و مدت مواجهه دارد (۴۲).

بررسی‌های مروری سیستماتیک نشان می‌دهند که فرمالدئید یک آلدهید بسیار واکنش‌پذیر با اثرات منفی متنوع بر سلامت انسان است. این ترکیب می‌تواند موجب تحریک چشم و مجاری تنفسی، سرفه، تنگی نفس و در مواجهه‌های طولانی‌مدت افزایش خطر سرطان شود (۴۳). تحقیقات نشان داده‌اند که فرمالدئید می‌تواند پاسخ ایمنی و التهابی ایجاد کند و در کارکنان مواجهه‌دیده با این ماده، تغییرات در شمارش سلول‌های خونی مانند کاهشWBC و پلاکت‌ها، اختلال در عملکرد ریوی و افزایش نشانگرهای آسیب سلولی گزارش شده است. که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. علاوه بر این، مرورهای گسترده نشان می‌دهند که فرمالدئید به‌عنوان یک سرطان‌زای انسانی طبقه‌بندی شده و مواجهه مزمن به آن با پیامدهای بالینی و بیولوژیکی جدی، از جمله اختلالات سیستم تنفسی و التهاب مزمن مرتبط است (۴۴).

تحقیقات در مورد ایزوفلوران به‌طور مستقیم روی پارامترهای خونی کم است، اما مطالعات شغلی و بررسی‌های کنترل مواجهه هشدار داده‌اند که ایزوفلوران می‌تواند به‌عنوان گاز بیهوشی در محیط‌های بیمارستانی اثرات نامطلوبی بر سلامت کارکنان داشته باشد، از جمله آن می توان به علائم تنفسی، اختلالات کبدی و کلیوی و حتی پیامدهای نامطلوب باروری در مواجهه‌های طولانی‌مدت اشاره نمود (۴۵, ۴۶).

گاز کلر به‌طور قوی بر سیستم تنفسی اثر می‌گذارد. مواجهه حاد با گاز کلر می‌تواند موجب تحریک شدید مجاری هوایی، سرفه، تنگی نفس و آسیب ریوی شدید شود. مواجهه مزمن حتی در سطوح پایین نیز می‌تواند منجر به مشکلاتی مانند آسم و سرفه مزمن شود.

کلر اثرات شدیدی بر بافت‌های تنفسی و تبادل گازها دارد که می‌تواند غیرمستقیم بر وضعیت اکسیژن‌رسانی و عملکرد فیزیولوژیک خون تأثیر بگذارد (۴۷). اگرچه مطالعات زیادی در مورد اثرات مواجهات شغلی با اسید

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

نیتریک یافت نشد، مشخص گردیده است که گازهای اکسید نیتروژن (که اسید نیتریک از آنها منشأ می‌گیرد) می‌توانند باعث التهاب و اکسیداسیون در سلول‌های ریوی شوند و با آسیب به پوشش ریه و اختلال در عملکرد اسپیرومتری همراه باشند (۴۸, ۴۹).

یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که در مواجهه با برخی مواد شیمیایی مانند فرمالدئید و ایزوفلوران تغییرات معناداری در پارامترهای بیوشیمیایی خون مشاهده شد، در حالی که در مواجهه با سایر ترکیبات مانند اسید نیتریک، BTEX و کلر تفاوت‌های معناداری در بیشتر پارامترهای خونی نبود. این نتایج در کلیت با بررسی ادبیات موجود هماهنگ است، اگرچه تفاوت‌های جزئی در اثرات مواد مختلف دیده می‌شود.

بطور کلی نتایج تحصیل شده در این مطالعه نشان از اثرات منفی ریوی و خونی ناشی از مواجهه شغلی با فرمالدئید و ایزوفلوران داشت. ارزیابی‌های گسترده دیگر نشان داده‌اند که فرمالدهید می‌تواند در معرض‌های شغلی باعث تحریک مجاری تنفسی، حساسیت‌های مزمن و حتی خطرات سرطان‌زایی شود. مطالعه‌ی انجام شده توسط Foroughi و همکاران در یک بیمارستان نشان داد که ۹۱,۲۳٪ از سطوح مواجهه با فرمالدئید در گروه‌های شغلی فراتر از استاندارد است. به‌ویژه، در زمینه خطر سرطان‌زایی، ۴۱,۰۳٪ از کل افراد مورد مطالعه در محدوده خطر سرطان‌زایی قطعی قرار دارند. همچنین، ۲۳,۰۸٪ از افراد در محدوده خطر سرطان‌زایی ممکن و ۳۵,۹۰٪ در محدوده خطر ناچیز بودند. بیشترین شاخص سرطان‌زایی شغلی در گروه تکنسین‌های آزمایشگاه و پاتولوژیست‌ها مشاهده شد. همچنین ۷۶,۹۲٪ از افراد مورد مطالعه در محدوده خطر ریسک بهداشتی قرار داشتند. مطالعه حاضر نیز نشان داد که کارکنان بیمارستانی که در معرض فرمالدهید قرار دارند، به‌ویژه در بخش‌های پاتولوژی و آزمایشگاه‌ها، با خطرات قابل توجهی در زمینه سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی روبه‌رو هستند. بنابراین یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۲۰).

یافته‌های مرتبط با ایزوفلوران نیز نشان می‌دهند که اگرچه اطلاعات در مورد اثرات مواجهه شغلی محدودتر است، گزارش‌ها و راهنماهای ایمنی(OSHA/NIOSH) هشدار داده‌اند که تماس با گازهای بیهوشی، از جمله ایزوفلوران، می‌تواند با عوارضی مانند سردرد، خستگی، اختلالات کبدی و کلیوی همراه باشد و توصیه به کاهش تماس دارد. مطالعه‌هایی نیز نشان داده‌اند که مواجهه با ایزوفلوران و سایر گازهای بیهوشی در محیط‌های بیمارستانی ممکن است سلامت کارکنان را تحت تأثیر قرار دهد (۴۵).

در حالی که مطالعات مقطعی مانند مطالعه حاضر، نمی‌توانند رابطه علی بین اثرات عوامل شیمیایی بر سلامت تنفسی و عوامل خونی را بررسی کند، اما در این مطالعه اقدامات متعددی برای کاهش متغیرهای مخدوش‌کننده انجام شد. این اقدامات شامل انتخاب گروه‌های مورد و شاهد با ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و اجتماعی-اقتصادی مشابه و حذف افراد سیگاری و افراد با سابقه بیماری ریوی از هر دو گروه بود. از این رو، شیوع علائم تنفسی، کاهش ظرفیت ریه و افزایش آنزیم‌های کبدی به عنوان پارامترهای عملکردی مشاهده شده در مطالعه حاضر را می‌توان به مواجهه تنفسی مزمن با برخی ترکیبات شیمیایی تحت مطالعه نسبت داد.

این مطالعه دارای نقاط قوت متعددی است که به اعتبار و دقت نتایج کمک کرده‌اند. این تحقیق اثر مواجهه با طیف وسیعی از ترکیبات شیمیایی موجود در محیط بیمارستانی را به‌طور همزمان بر دو جنبه سلامت یعنی عملکرد ریوی و پارامترهای خونی ارزیابی کرده است، که این رویکرد جامع به محققان امکان داده تا اثرات متنوع این مواد شیمیایی بر سلامت کارکنان را شناسایی کنند. از سوی دیگر، مطالعه در محیط واقعی بیمارستان انجام شده است، که نتایج آن می‌تواند کاربردی و عملی برای بهبود شرایط کاری در مراکز درمانی باشد.

اقدامات کنترلی پیشنهادی

برای کاهش مواجهه کارکنان بیمارستانی با

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

مواد شیمیایی مضر، اجرای اقدامات کنترلی مؤثر در محیط‌های درمانی امری ضروری است. یکی از مهم‌ترین اقدامات، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) مناسب است. این تجهیزات می‌توانند شامل ماسک‌های تنفسی، دستکش‌ها، عینک‌های حفاظتی و لباس‌های مخصوص باشند که برای کارکنان شاغل در بخش‌هایی مانند اتاق‌های عمل، آزمایشگاه‌ها و رختشوی‌خانه‌ها طراحی شده‌اند. استفاده از این تجهیزات کمک می‌کند تا کارکنان از استنشاق گازهای سمی یا تماس با مواد شیمیایی خطرناک محافظت شوند. همچنین، سیستم‌های تهویه مناسب باید در تمامی بخش‌های بیمارستانی که با مواد شیمیایی سروکار دارند، نصب شوند تا میزان غلظت مواد شیمیایی در هوا کاهش یابد. این سیستم‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که هوای آلوده به سرعت از محیط خارج شود و هوای تمیز جایگزین آن گردد.

علاوه بر این، باید آموزش‌های مستمر برای کارکنان بیمارستانی در زمینه شناسایی خطرات شیمیایی و استفاده صحیح از تجهیزات حفاظتی برگزار شود. کارکنان باید با روش‌های ایمنی، نحوه استفاده از PPE و همچنین روش‌های صحیح نگهداری و دفع مواد شیمیایی آشنا شوند. علاوه بر این، پایش و نظارت مستمر بر غلظت مواد شیمیایی در محیط بیمارستانی از طریق اندازه‌گیری‌های دوره‌ای و استفاده از دستگاه‌های پیشرفته برای نمونه‌برداری هوا ضروری است. در کنار این اقدامات، باید ارزیابی مداوم پارامترهای سلامتی کارکنان شامل آزمایش‌های عملکرد ریوی، سنجش سطح آنزیم‌های کبدی و ارزیابی متابولیت‌های خونی مانند گلبول‌های سفید و قرمز، پلاکت‌ها و سایر شاخص‌های بیوشیمیایی انجام شود. این ارزیابی‌ها کمک می‌کند تا تغییرات احتمالی در سلامت کارکنان در اثر مواجهه با مواد شیمیایی شناسایی و مدیریت شوند. با استفاده از این رویکردهای جامع، می‌توان از سلامت کارکنان اطمینان حاصل کرد و در صورت لزوم اقدامات کنترلی جدیدی را برای کاهش خطرات شغلی اعمال کرد.

پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده

برای مطالعات آتی، پیشنهاد می‌شود که به جای مطالعات مقطعی، از طراحی مطالعات طولی استفاده شود تا ارتباط علی و معلولی بین مواجهه شغلی با مواد شیمیایی و اثرات آن بر سلامت کارکنان به‌طور دقیق‌تری ارزیابی گردد. علاوه بر این، بهتر است که این نوع مطالعات در چندین بیمارستان با شرایط مختلف انجام شود تا نتایج به‌طور گسترده‌تری قابل تعمیم باشند. همچنین، در مطالعات آینده باید ترکیبات شیمیایی بیشتری مانند ترکیبات آلی فرار (VOCs) و مواد شیمیایی موجود در داروهای خطرناک و ضدعفونی‌کننده‌ها نیز مورد بررسی قرار گیرند. استفاده از شاخص‌های بیولوژیکی پیشرفته مانند متابولیت‌های ادراری و نشانگرهای ژنتیکی حساسیت می‌تواند به بهبود ارزیابی اثرات اولیه مواجهه شغلی با مواد شیمیایی کمک کند. همچنین، در مطالعات آتی باید تأثیر سیستم‌های حفاظتی و اقدامات ایمنی (مانند استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و سیستم‌های تهویه) بر کاهش خطرات سلامتی کارکنان مورد بررسی قرار گیرد. از سوی دیگر، تأثیرات ترکیبی مواد شیمیایی بر سلامت کارکنان باید در نظر گرفته شود، چرا که مواجهه همزمان با ترکیبات مختلف می‌تواند اثرات پیچیده‌تری به‌دنبال داشته باشد.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که میانگین مواجهه شغلی با فرمالدئید برای کارکنان اتاق‌های عمل و آزمایشگاه‌های پاتولوژی در یک دوره ۸ ساعته، از حد مجاز مواجهه توصیه شده فراتر می‌رود. در مقابل، سطح مواجهه برای سایر مواد شیمیایی همچنان پایین‌تر از حد مجاز بود. به طور کلی، یافته‌ها نشان می‌دهد که مواجهه با گازهای ایزوفلوران و فرمالدئید می‌تواند علائم تنفسی را تشدید کند و بر سطح آنزیم‌های کبدی در کارکنان این بخش‌ها، حتی در غلظت‌های کمتر از حد آستانه برای ایزوفلوران، تأثیر منفی بگذارد. بنابراین، اجرای استراتژی‌های کنترل مهندسی و شیوه‌های مدیریتی مؤثر مانند بهینه‌سازی طراحی محل کار، افزایش کارایی سیستم‌های تهویه و

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

مدیریت مدت زمان مواجهه می‌تواند بسیار مفید باشد، اقدامات کنترلی توصیه شده دیگر شامل ارائه تجهیزات حفاظت فردی مناسب و آموزش کارکنان برای افزایش آگاهی آنها در مورد کار با مواد شیمیایی خطرناک است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان نهایت تشکر و قدردانی را از دانشکده علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک و همچنین مدیریت و پرسنل بیمارستان مورد مطالعه ابزار می‌نمایند.

REFERENCES

1. Kasiotis KM, Spaan S, Tsakirakis AN, Franken R, Chartzala I, Anastasiadou P, et al. Comparison of measurement methods for dermal exposure to hazardous chemicals at the workplace: the SysDEA project. Ann Work Expo Health. 2020;64(1):55-70.
2. Mitchell AH. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) regulatory compliance. In: Preventing occupational exposures to infectious disease in health care: a practical guide. Cham: Springer; 2020. p. 51-66.
3. Tupper C, Swift CJ. OSHA chemical hazards and communication. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing; 2022 [updated 2025 May 18; cited 2026 Jun 14]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK555898/
4. Papadopoli R, Nobile CGA, Trovato A, Pileggi C, Pavia M. Chemical risk and safety awareness, perception, and practices among research laboratories workers in Italy. J Occup Med Toxicol. 2020;15(1):1-11.
5. Baudet A, Baurès E, Guegan H, Blanchard O, Guillaso M, Le Cann P, et al. Indoor air quality in healthcare and care facilities: chemical pollutants and microbiological contaminants. Atmosphere. 2021;12(10):1337.
6. Riveron TP, Wilde MJ, Ibrahim W, Carr L, Monks PS, Greening NJ, et al. Characterisation of volatile organic compounds in hospital indoor air and exposure health risk determination. Build Environ. 2023;242:110513.
7. Riveron TP, Wilde MJ, Ibrahim W, Carr L, Monks PS, Greening NJ, et al. Characterisation of volatile organic compounds in hospital indoor air and exposure health risk determination. Build Environ. 2023;242:110513.
8. Yarandi MS, Karimi A, Sajedian AA, Ahmadi V. Comparative assessment of carcinogenic risk of respiratory exposure to 1,3-butadiene in a petrochemical industry by the US Environmental Protection Agency (USEPA) and Singapore Health Department methods. J Health Saf Work. 2019;10(3):237-50.
9. Virji MA, Bowers LN, LeBouf RF. Inhalation and skin exposure to chemicals in hospital settings. In: Zhang Y, Hopke PK, Mandin C, editors. Handbook of indoor air quality. Cham: Springer; 2022. p. 1837-72.
10. Keller M, Cattaneo A, Spinazze A, Carrozzo L, Campagnolo D, Rovelli S, et al. Occupational exposure to halogenated anaesthetic gases in hospitals: a systematic review of methods and techniques to assess air concentration levels. Int J Environ Res Public Health. 2022;20(1):514.
11. Goldberg MS, Zapata-Marin S, Labrèche F, Ho V, Westra S, Lavigne E, et al. The risk of developing postmenopausal breast cancer from ambient exposures to selected volatile organic compounds. Atmos Environ. 2023;312:120050.
12. Azadeh A, Rouhollah F, Davoudpour F, Mohammadfam I. Fuzzy modelling and simulation of an emergency department for improvement of nursing schedules with noisy and uncertain inputs. Int J Serv Oper Manag. 2013;15(1):58-77.
13. World Health Organization. Health data and statistics. Geneva: World Health Organization; 2019.
14. International Labour Organization. International Labour Standards on Occupational Safety and Health. Geneva: ILO; 2019.
15. Che Huei L, Ya-Wen L, Chiu Ming Y, Li Chen H, Jong Yi W, Ming Hung L. Occupational health and safety hazards faced by healthcare professionals in Taiwan: a systematic review of risk factors and control strategies. SAGE Open Med. 2020;8:2050312120918999.
16. Zhang H, Jiang F, Ling X, Zhong B, Han Y, Pan Z, et al. PARP-1 inhibits DNMT1-mediated promoter methylation and promotes linc01132 expression in benzene-exposed workers and hydroquinone-induced malignant transformed cells. Toxicol Mech Methods. 2023;33(8):681-97.
17. Dugheri S, Cappelli G, Isolani L, Squillaci D, Bucaletti

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

E, Ceccarelli J, et al. Strategy to evaluate the impact of formaldehyde in anatomical pathology laboratory – part I: occupational exposure and cancer risk. Sigurnost. 2023;65(4):357-71.
18. Achanta S, Jordt SE. Toxic effects of chlorine gas and potential treatments: a literature review. Toxicol Mech Methods. 2021;31(4):244-56.
19. Wilson AM, Ogunseye OO, Fingesi T, McClelland DJ, Gerald LB, Harber P, et al. Exposure frequency, intensity, and duration: what we know about work-related asthma risks for healthcare workers from cleaning and disinfection. J Occup Environ Hyg. 2023;20(8):350-63.
20. Foroughi P, Golbabaei F, Sadeghi-Yarandi M, Yaseri M, Fooladi M, Kalantary S. Occupational exposure, carcinogenic and non-carcinogenic risk assessment of formaldehyde in the pathology labs of hospitals in Iran. Sci Rep. 2024;14(1):12006.
21. Cakmak S, Cole C, Hebbern C, Andrade J, Dales R. Associations between blood volatile organic compounds, and changes in hematologic and biochemical profiles, in a population-based study. Environ Int. 2020;145:106121.
22. Jalali M, Moghadam SR, Baziar M, Hesam G, Moradpour Z, Zakeri HR. Occupational exposure to formaldehyde, lifetime cancer probability, and hazard quotient in pathology lab employees in Iran: a quantitative risk assessment. Environ Sci Pollut Res Int. 2021;28(2):1878-88.
23. Adamović D, Čepić Z, Adamović S, Stošić M, Obrovski B, Morača S, et al. Occupational exposure to formaldehyde and cancer risk assessment in an anatomy laboratory. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(21):11198.
24. Kiani F, Jorfi S, Soltani F, Ghanbari S, Rezaee R, Mohammadi MJ. Exposure to anesthetic gases in the operating rooms and assessment of non-carcinogenic risk among health care workers. Toxicol Rep. 2023;11:1-8.
25. Douglas HF, Midon M, Floriano D, Hopster K. Peri-anesthetic environmental and occupational exposure to desflurane waste anesthetic gas in a large animal veterinary hospital. J Occup Environ Med. 2024;66(8):666-72.
26. Ki N, Shin S, Choi J, Shim S, Byeon S. Chemical substance exposure of some cleaning workers in Korea: focusing on inhalation exposure. Appl Sci. 2024;14(17):7533.
27. Kalantary S, Pourbabaki R, Jahani A, Sadeghi Yarandi M, Samiei S, Jahani R. Development of a decision support system tool to predict the pulmonary function using artificial neural network approach. Concurr Comput. 2021;33(16):e6258.
28. Soltanzadeh A, Mahdinia M, Nikbakht N, Hosseinzadeh K, Sadeghi-Yarandi M. Evaluation of human vulnerability and toxic effects of chronic and acute occupational exposure to ammonia: a case study in an ice factory. Work. 2024;78(4):1021-33.
29. Sadeghi-Yarandi M, Golbabaei F, Karimi A. Evaluation of pulmonary function and respiratory symptoms among workers exposed to 1,3-butadiene in a petrochemical industry in Iran. Arch Environ Occup Health. 2020;75(8):483-90.
30. Soltanzadeh A, Eyvazlou M, Mohammad-Ghasemi M, Sadeghi-Yarandi M, Rahimkhani M, Ghasemi N, et al. Investigating the relationship between shift work schedule and blood and metabolic parameters: a 10-years retrospective cohort study. Sci Rep. 2024;14(1):17297.
31. Betancur S, Leak Bryant A, Conklin J, Walton A. Occupational exposure to chemical substances and health outcomes among hospital environmental services workers: a scoping review of international studies. J Occup Environ Hyg. 2024;21(4):287-309.
32. Rai R, El-Zaemey S, Dorji N, Rai BD, Fritschi L. Exposure to occupational hazards among health care workers in low- and middle-income countries: a scoping review. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(5):2603.
33. Babich H. Reproductive and carcinogenic health risks to hospital personnel from chemical exposure—a literature review. J Environ Health. 1985;47(6):52-6.
34. Sadeghi-Yarandi M, Karimi A, Ahmadi V, Sajedian AA, Soltanzadeh A, Golbabaei F. Cancer and non-cancer health risk assessment of occupational exposure to 1,3-butadiene in a petrochemical plant in Iran. Toxicol Ind Health. 2020;36(12):960-70.
35. Soltanzadeh A, Adeli SH, Sadeghi Yarandi M, Heidari H, Mahdinia M. Does exposure to ammonia concentrations lower than the threshold limit value cause acute pulmonary effects? Toxicol Ind Health.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]

2023;39(8):471-9.
36. Soltanzadeh A, Mahdinia M, Golmohammadpour H, Pourbabaki R, Mohammad-Ghasemi M, Sadeghi-Yarandi M. Evaluating the potential severity of biogas toxic release, fire and explosion: consequence modeling of biogas dispersion in a large urban treatment plant. Int J Occup Saf Ergon. 2023;29(1):335-46.
37. Charlier B, Coglianese A, De Rosa F, De Caro F, Piazza O, Motta O, et al. Chemical risk in hospital settings: overview on monitoring strategies and international regulatory aspects. J Public Health Res. 2021;10(1):1993.
38. Prajwal M, Kundury KK, Sujay M. Assessing the awareness on occupational safety and health hazards among nursing staff of a teaching hospital. J Family Med Prim Care. 2020;9(12):5961-70.
39. Rai R, El-Zaemey S, Dorji N, Fritschi L. Occupational exposures to hazardous chemicals and agents among healthcare workers in Bhutan. Am J Ind Med. 2020;63(12):1109-15.
40. He Y, Lin Y, Qiu H, Wu L, Ho KF. Low-dose blood BTEX are associated with pulmonary function through changes in inflammatory markers among US adults: NHANES 2007–2012. Environ Sci Pollut Res Int. 2023;30(26):69064-79.
41. Jalilian S, Sabzalipour S, Mohammadi Rouzbahani M, Rajabzadeh Ghatrami E, Ibrahimy Ghavamabadi L. Assessing the effect of BTEX on blood and spirometry parameters staff in a petroleum refinery. Front Public Health. 2022;10:1037413.
42. Najafi A, Golbabaei F, Yarandi MS, Yaseri M, Jahani R, Shams SR, et al. Comparative quantitative and semi-quantitative occupational risk assessment of BTEX compounds and heavy metals in a power equipment manufacturing industry. J Health Saf Work. 2025;15(3):589-611.
43. Protano C, Antonucci A, De Giorgi A, Zanni S, Mazzeo E, Cammalleri V, et al. Exposure and early effect biomarkers for risk assessment of occupational exposure to formaldehyde: a systematic review. Sustainability. 2024;16(9):3631.
44. Khoshakhlagh AH, Mohammadzadeh M, Sicard P, Bamel U. Human exposure to formaldehyde and health risk assessment: a 46-year systematic literature review. Environ Geochem Health. 2024;46(6):206.
45. Dehghani F, Kamalinia M, Omidi F, Fallahzadeh RA. Probabilistic health risk assessment of occupational exposure to isoflurane and sevoflurane in the operating room. Ecotoxicol Environ Saf. 2021;207:111270.
46. Pokhrel LR, Grady KD. Risk assessment of occupational exposure to anesthesia isoflurane in the hospital and veterinary settings. Sci Total Environ. 2021;783:146894.
47. Fontana L, Stabile L, Caracci E, Chaillon A, Kothari KU, Buonanno G. Occupational health effects of chlorine spraying in healthcare workers: a systematic review and meta-analysis of alternative disinfectants and application methods. Int J Environ Res Public Health. 2025;22(6):942.
48. Steverlynck L, Baert N, Buylaert W, De Paepe P. Combined acute inhalation of hydrofluoric acid and nitric acid: a case report and literature review. Acta Clin Belg. 2017;72(4):278-88.
49. Kao SL, Yap ES, Khoo SM, Lim TK, Mukhopadhyay A, Teo STL. Acute lung injury after inhalation of nitric acid. Eur J Emerg Med. 2008;15(6):348-50.

[Downloaded from jhsw.tums.ac.ir on 2026-06-21]