Iran Occupational Health

Original Article
http://ioh.iums.ac.ir

Iran Occupational Health.2019 (Oct-Nov);16(4):35-45.

Assessment of exposure to lead through air and biological monitoring in a lead and zinc mine

Emad Mirsalimi, Student Research Center, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Masoud Rismanchian, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
Sara Karimi Zeverdegani (*Corresponding author) Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran. s_karimi@hlth.mui.ac.ir

Abstract

Background and aims: Lead is ubiquitous and one of the earliest metals discovered by the human. This metal is widely used in different industries due to its important physico-chemical properties like softness, high malleability, ductility, low melting point and resistance to corrosion. Lead absorbed in body with several routs and when transfer in blood is primarily attached to red blood cells. Human exposure to this toxic metal and its compounds occurs mostly in lead related occupations and also non-occupational exposures can acccure. Lead and lead compounds are not beneficial or necessary for human health, and can be harmful to the human body. The health effects of lead are directly related to the concentration of lead in the affected organe. Lead can affect on various organs in the body and it is one of the causes of problems and health conditions, including effects on central nervous system and cuses anemia, abnormal behavior, depression, nausea, fatigue, Lead colic, high blood pressure, joint and muscle pain and headache. Also researchs show that Lead causes other health problems such as toxicity of the liver and kidneys system. Initial symptoms of lead poisoning are non-specific and some factors such as age, the amount of lead, whether the exposure is over a short-term or a longer period will influence what symptoms or health effects are exhibited. Due to the toxicity of this metal, it is necessary to investigate exposures of this toxic heavy metal in different environments. Lead exposure at mines is a concern therefore to determine the concentration of lead in air and blood samples of miners; air and blood sampling were down with specific methods. Another part of the study was the estimate of miners skin exposure that for this porpuse, DREAM (Dermal exposure assessment method) model was used.

Methods: This study is a cross-sectional, descriptive-analytic research that was conducted on workers of a lead and zinc mine in Isfahan province. This research includes workers with at least one year of work experience. The oncentration of lead in the respiratory air of 46 workers was measured and of these, 40 blood samples were taken. In order to sampling and analysis of respiratory air samples, NIOSH7082 method was used that in this method for Lead sampleing the cellulose ester membrane filter was fitted into a holder and the calibrated individual sampling pump with a flow rate of 2 liters per minute was connected to the filter holder. After completion of the sampling, analysis was carried out using an atomic absorption spectrophotometere, flame. Biological monitoring of lead was performed on the basis of NIOSH8003 method after obtaining informed consent from the personnel and a complete explanation of the sampling steps. After collecting blood samples and preparing of them, analysis was performed using atomic absorption device. At the other stage of the research after extracting work information, the DREAM model was designed by the authors in Excel 2016 software. DREAM model, consists of an inventory and an evaluation part so the inventory part comprises a questionnaire with some modules consist of exposure, department(the observer indicates whether exposure to chemical or biological substances is likely to occur), company(general information on the company), job (job titles are defined and information on workers' hygiene is obtained), agent (physical and chemical properties of substances are collected) and task(information is obtained on frequency and duration of task performance). Key items of the exposure module are assessment of probability and intensity of three dermal exposure routes: emission, deposition and transfer. Emission involves mass transport of substances by direct release from a source onto skin or clothing, deposition on skin or clothing describes mass transport from air, ransfer is defined as the transport of mass from contaminated surfaces onto skin or clothing. In DREAM model, exposure assessment for nine different body parts takes place at the task level to assessing both potential dermal exposure (Skin-PTASKBP) and actual dermal exposure (Skin-ATASK.BP). Potential dermal exposure is defined as exposure on clothing and uncovered skin, whereas actual dermal exposure is about exposure on skin. The potential exposure estimate (Skin-PBP) for a certain body part comprises the sum of dermal

Keywords
Lead,
Air monitoring,
Biological monitoring,
DREAM model

Received: 10/07/2018
Accepted: 17/04/2019

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]

exposures due to three different exposure routes: emission (EBP), transfer (TBP) and deposition (DBP). Finally, after collecting data statistical analysis of the data was performed using SPSS 22 software and related statistical tests.

Results: In this research the average age of mining workers is 35.5 years, the average weight is 51.72 kg and the mean of height is 172.54 cm. According to the results of this study, mean blood lead in different age groups is not the same so that the level of blood leads in the age group of 22 to 38 years old was lower than the age group of 39 to 53years. The results of this study showed that the average blood lead of workers in mining tunnels was 24.7µg/dl ±3.36 and the average blood lead concentration of workers outside the tunnel was 23.57µg/dl ± 5.80. The mean air lead of the respiratory region within the tunnels is 0.0205 ± 0.015 mg/m3 and the mean air lead of the respiratory air region outside the tunnels is 0.0201 ± 0.017 mg /m3. Independent T-test showed that workers were not homogeneous in terms of blood lead variable and there was a significant difference between the mean of blood lead (P <0.001). Results show that although, with increasing work history, the level of blood lead in individuals has increased, but this increase is not statistically significant (P = 0.224). Comparison of the results obtained from the control and main samples showed that the mean and standard deviation of blood lead in the main and control samples are 24.5±5.43 and 17.08± 3.85 respectively. According to the results of the correlation test, there was no significant correlation between the Lead concentration of the respiratory air region, the concentration of leed in blood samples and the actual skin exposure that comes with the DREAM model with a significant level of p= 0.806 and p= 0.193, respectively. The mean of lead concentration in respiratory air was compared with occupational exposure limit in Iran so that the average results of the respiratory air lead were 0.02 mg / m3, which is less than the limit specified. According to the results of this study, the mean blood lead of workers was 24.5 µg/dl which is less than biological exposure indices. DREAM model analysis show that 15.2% of miners had a low exposure rating with lead, 4.3% ranked average, 13% high, 37% very high and 30.4% had very high exposure rating.

Conclusion: Regarding the porpuse of this study, after careful observation of the process and the different sections and working areas, the level of Lead in the blood respiratory air were measured and analyzed. According to the results of this research workplaces are the most important factor in increasing and reducing blood lead. It is almost impossible to remove lead completely from the human body; therefore, reduction and prevention of lead exposure are very important. The use of appropriate personal protective equipment, the correct use of them, establishment of appropriate time table between drilling and extraction, the use of rubbing non-petroleum products are recommended in order to exposure control to lead. Occupational hygiene has traditionally focused on inhalation exposures to chemical and biological agents and during the last decade, dermal exposure assessment has received more attention. Different approaches are used to estimate dermal exposure that in this research DREAM model was used. Results show that DREAM model is flexible and can be used for dermal exposure characterization for all kinds of scenario and because of its hierarchical structure; it takes on average 15–30 min only to assess exposure for one person carrying out one task. According to the present study the DREAM is a simple and inexpensive model which is well suited to investigate exposure to lead in the mine. This model supplies an estimate for exposure levels on the skin and outside clothing layer, and gives insight in the distribution of dermal exposure over the body of exposued workers to pollutants. In addition to the advantages, the model also has some limitations, for example since few studies have been done on skin exposures, the values are presented hypothetically. In order to expand this study and provide more definitive views on the DREAM model, it is recommended that in addition to measuring the concentration of lead in air and blood samples in different working conditions, researchers use skin sampling techniques and compare the results with this model.In this study researchers suggested that skin and clothing sampling methods be used to increase the accuracy of determining the amount of lead exposure to skin. Also, the identification and risk assessment of lead exposure in workplace is recommended to determine maximum and minimum of risk level.

Conflicts of interest: None
Funding: Isfahan University of Medical Sciences

How to cite this article:

Mirsalimi E, Rismanchian M, Karimi Zeverdegani S. Assessment of exposure to lead through air and biological monitoring in a lead and zinc mine. Iran Occupational Health. 2019 (Oct-Nov);16(4):35-45.

*This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]

سلامت کار ایران
دوره ۱۶، شماره ۴، مهر و آبان ۱۳۹۸
مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

ارزیابی میزان مواجهه شغلی با سرب از طریق پایش هوا و پایش بیولوژیکی در شاغلین یک معدن سرب و روی

عماد میر سلیمی: دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
مسعود ریسمانچیان: دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
سارا کریمی زوردگانی: (*نویسنده مسئول) استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
s_karimi@hlth.mui.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: فلز سرب امروزه یکی از فلزات پرکاربرد در صنایع مختلف می‌باشد. این فلز یکی از عوامل بروز مشکلات و عوارض بهداشتی ازجمله عوارض سیستم اعصاب مرکزی و کم‌خونی بوده که مواجهات شغلی و غیر شغلی را در بر دارد. با توجه به سمیت این فلز نیاز به بررسی مواجهات در محیطهای مختلف می‌باشد ازاین‌رو این مطالعه با هدف تعیین میزان مواجهه کارگران با سرب هوا و تعیین سرب خون کارگران معدن تعریف گردید. در این تحقیق همچنین به منظور بررسی احتمال مواجهه پوستی سرب از مدل DREAM (Dermal exposure assessment Method) استفاده گردید.

روش بررسی: مطالعه حاضر از نوع توصیفی– تحلیلی و به‌صورت مقطعی بوده که بر روی کارگران یک معدن سرب و روی با سابقه کار حداقل یک سال در استان اصفهان انجام گرفت. در این تحقیق میزان سرب در هوای منطقه تنفسی ۴۶ نفر از این کارگران اندازه‌گیری گردید که از این تعداد، از ۴۰ نفر نمونه‌گیری خون انجام گرفت. به منظور نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌های هوای منطقه تنفسی و خون کارگران جهت تعیین غلظت سرب به ترتیب از استاندارد NIOSH7082 و NIOSH 8003 استفاده شد. به منظور بررسی میزان مواجهه پوستی کارگران از مدلی تحت عنوان DREAM استفاده شد که این مدل در مجموع ۳۳ متغیر را شامل می‌شود. پس از جمع‌آوری داده‌ها نهایتاً آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 22 و انجام آزمون‌های مربوطه صورت گرفت.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش میانگین سرب خون کارگران شاغل در تونل‌های معدن معادل ۳/۳۶ ±۲۴/۷ µg/dl و میانگین غلظت سرب خون کارگران بیرون از تونل نیز معادل ۵/۸۰ ±۲۳/۵۷ µg/dl به دست آمد. میانگین سرب هوای منطقه تنفسی در داخل تونل‌ها معادل ۰/۰۱۵ ±۰/۰۲۰۵ mg/m^3 و میانگین سرب هوای منطقه تنفسی در خارج از تونل‌ها برابر ۰/۰۱۷ ±۰/۰۲۰۱ mg/m^3 می‌باشد. نتایج آزمون T مستقل نشان داد که دو گروه عنوان شده از نظر میزان سرب خون همگن نبوده و اختلاف معناداری بین میانگین سرب خون آن‌ها وجود دارد ($P<0/001$). با توجه به نتایج آزمون همبستگی هیچ ارتباط معناداری بین متغیرهای غلظت سرب هوای منطقه تنفسی و غلظت سرب خون با مواجهه پوستی حاصل از مدل DREAM مشاهده نشد (به ترتیب با سطح معناداری $P_v = 0/806$ و $P_v = 0/193$).

نتیجه‌گیری: طبق نتایج به دست آمده از این تحقیق محل کار پرسنل مهم‌ترین عامل مؤثر در افزایش و کاهش سرب خون بوده و استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب، نحوه استفاده صحیح از آن‌ها، ایجاد برنامه زمان‌بندی مناسب بین حفاری و استخراج، استفاده از مالش‌های غیرنفتی جهت کاهش گردوغبارهای بعد از حفاری به منظور کنترل مواجهات با سرب توصیه گردید. همچنین پیشنهاد می‌گردد به منظور افزایش دقت در تعیین میزان سربی که از راه پوست وارد بدن می‌گردد از روش‌های نمونه‌برداری از سطح پوست و لباس نیز استفاده شود. همچنین ارزیابی ریسک‌های مواجهات شغلی به منظور تعیین محل کار کارگران با کمترین و بیشترین سطح ریسک نیز پیشنهاد گردید.

تعارض منافع: *گزارش نشده است.*
منبع حمایت کننده: *دانشگاه علوم پزشکی اصفهان*

کلیدواژه‌ها
سرب،
پایش هوا،
پایش بیولوژیکی،
مدل DREAM

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۱۹
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۱/۲۸

شیوه استناد به این مقاله:
Mirsalimi E, Rismanchian M, Karimi Zeverdegani S. Assessment of exposure to lead through air and biological monitoring in a lead and zinc mine. Iran Occupational Health. 2019 (Oct-Nov);16(4):35-45.

*انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]

مقدمه

سرب و ترکیبات آن در دو شکل آلی و معدنی استفاده می‌شوند. سرب آلی کمتر متداول بوده و از خصوصیات و اثرات بهداشتی متفاوتی نسبت به سرب معدنی برخوردار است (۱). تماس با سرب معدنی و ترکیبات آن در محیط‌های شغلی با راه‌های تنفسی، گوارشی و پوستی انجام و زمینه‌ساز صدمات و مسمومیت‌های سربی در کارگران می‌شود. سرب نه‌تنها سلامتی افرادی را که به اقتضای شغلی مجبور به تماس با آن هستند، به خطر می‌اندازد، بلکه یکی از شایع‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی محسوب می‌شود که سلامتی جامعه را به‌طورجدی به خطر می‌اندازد (۲). افراد دیگری که در معرض مواجهه با سرب قرار دارند، اشخاصی هستند که در نزدیکی کارگاه‌های صنعتی و یا در شهرهای پرترافیک زندگی می‌کنند (۳).

سرب از سنگ معدن گالن (PbS)، سروسیت ($PbCO_3$) و آنژالسیت ($PbSO_4$) استخراج می‌گردد (۲). ۷۰٪ تولیدات سرب اولیه از مخلوط سنگ معدن‌های سرب و روی استخراج می‌شود. سنگ‌های معدنی فوق‌الذکر عمدتاً حاوی ۲ تا ۲۰٪ سرب و ۵ تا ۳۰٪ روی می‌باشند (۲، ۴). مصرف سالیانه سرب بعد از آهن حدود ۹ میلیون تن می‌باشد. این فلز در صنایع اتومبیل‌سازی، نظامی، تولید ضد زنگ، نمک‌های سربی به‌عنوان تثبیت‌کننده رنگ‌ها و باطری‌سازی کاربرد دارد (۵).

در معادن کارگران به علت تماس مستقیم با سرب و ورود به فضاهای محصوری که ممکن است در آنجا غلظت‌هایی از این فلز وجود داشته باشد و همچنین تماس با سطوح آلوده به سرب، در معرض مواجهه با این فلز سمی قرار می‌گیرند (۶). اثرات سمی سرب در بالغین معمولاً با درد شکم، آنمی، بیماری کلیوی، سردرد، نروپاتی محیطی، آتاکسی و فراموشی پدیدار می‌گردد. گرچه شدت عارضه برحسب سن، میزان سربی که به بدن وارد شده و میزان حلالیت سرب، متفاوت می‌باشد، نشانه‌ها معمولاً همراه با افزایش طولانی مدت سطح سرب بالا مشاهده شده است (۷-۱۲)؛ بنابراین تماس با سرب یکی از نگرانی‌های اصلی و مهم در محیط‌های شغلی و جامعه (اعم از بزرگسالان و کودکان) می‌باشد (۱۳-۱۷).

تاکنون گزارش‌های علمی متعددی در خصوص بیماری‌ها و مسمومیت‌های ناشی از سرب در بین کارگران مشاغل ذیربط و کودکان منتشر گردیده است (۱۸). مسمومیت با سرب و ایجاد پلمبیسم شغلی نزد کارگران که سابقه مواجهه طولانی با فلز سرب دارند مشکلی رایج می‌باشد (۳).

پایش بیولوژیکی بهترین نوع بررسی مواجهه افراد با یک ماده شیمیایی بوده و دربرگیرنده آنالیز مایعات بدن، بافت‌ها و یا هوای بازدمی در فرد مواجهه یافته می‌باشد. پایش بیولوژیک برای برآورد مواجهه با مواد شیمیایی که به راحتی از راه پوست در معرض تماس جذب می‌شود، فشار بخار پایینی دارد و پتانسیل کمتری برای استنشاق آن‌ها وجود دارد، مفید است. به‌طور معمول، پایش بیولوژیکی به‌عنوان یک ابزار غربالگری در نظر گرفته می‌شود. همچنین برای شناسایی مواجهه واقعی با مواد شیمیایی جذب شده در بدن کارگرانی که تصور می‌شود احتمالاً با مواد سمی مواجهه دارند، نیز مفید است (۱۵، ۱۸، ۱۹).

در سال ۱۹۷۸ سازمان OSHA[1] میزان استاندارد سرب در صنایع عمومی را تهیه و ارائه کرد. بر اساس این استاندارد مقادیر بیش از ۸۰ میکروگرم بر دسی لیتر در خون افراد بزرگسال غیر طبیعی محسوب می‌گردد (۲۰، ۲۱). براساس استاندارد اعلام شده از سوی کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور و انجمن ACGIH[2] آمریکا، حد آستانه مجاز سرب در خون، ۳۰ میکروگرم در دسی لیتر می‌باشد (۲۲، ۲۳). به‌طور عادی میزان سرب خون در همه افراد به‌صورت تام، ۵ تا ۲۰ میکروگرم بر دسی لیتر می‌باشد؛ در بزرگسالان علائم مسمومیت با سرب به‌صورت کلی در مقادیر بالاتر از ۴۰ میکروگرم بر دسی لیتر در خون مشاهده می‌شود، گرچه علائم مسمومیت خفیف در کودکان، ممکن است در مقادیر حدود ۵۰ میکروگرم بر دسی لیتر نیز دیده شود (۲۴، ۲۵).

در بررسی مواجهات شغلی با مواد سمی ازجمله سرب، از آنجا که بررسی راه‌های ورود سم از راه پوست

[1]. Occupational Safety and Health Administration
[2]. American Conference of Governmental Industrial Hygienists

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]

به بدن، اغلب زمان‌بر، گران‌قیمت و یا غیرممکن می‌باشد، ازاین‌رو برخی محققان، از مدل‌های برآورد مواجهه پوستی استفاده می‌کنند و به این ترتیب دقت برخی از این گونه مدل‌ها مورد مطالعه قرار داده می‌شود (۲۶-۳۱). نادیده گرفتن مسیر پوستی برای ارزیابی مواجهه در تحقیقات، منجر به تخمین نادرست میزان مواجهه می‌شود که ممکن است منجر به از دست رفتن دقت و کاهش در ارزیابی خطرات سلامتی شود (۳۲-۳۴). در تحقیقی روش DREAM[3] براساس یک مدل مفهومی برای مواجهه پوستی توسط Schneider و همکاران پیشنهاد شده است (۳۵). DREAM یک مدل مفهومی نیمه کمی می‌باشد و خروجی آن به‌صورت برآوردی از مواجهه پوست با مواد سمی بر اساس شرایط فیزیکی و شیمیایی خود ماده سمی، شرایط محیط کاری و سطح پوست فرد مورد مواجهه می‌باشد (۳۶). با توجه به غلظت بالای سرب در معادن سرب و روی و همچنین لزوم حفظ سلامت افراد تحت مواجهه با این فلز، هدف از انجام این تحقیق تعیین میانگین سرب خون کارگران یک معدن سرب و روی و مقایسه آن با میانگین سرب موجود در هوای معدن می‌باشد. همچنین به منظور برآورد مواجهه پوستی این ماده از مدل DREAM استفاده گردید.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی-تحلیلی و به‌صورت مقطعی بوده که به‌صورت سرشماری انجام شده است. شرط ورود به مطالعه داشتن حداقل یک سال سابقه کاری در معدن سرب بوده و افرادی با سابقه بیماری تنفسی، بیماری پوستی و همچنین افرادی که شغل دوم داشتند از مطالعه خارج شدند.

به منظور جمع‌آوری اطلاعات دموگرافیک افراد شرکت‌کننده در مطالعه از پرسشنامه استفاده گردید و اطلاعاتی از قبیل سن، قد، وزن، BMI، سابقه‌ی کار افراد، میزان تحصیلات، ساعت کاری هر شیفت، سابقه استعمال سیگار و مقدار مصرف روزانه آن و همین طور بیماری‌های خاص کارگران استخراج شد. با توجه به اطلاعات کسب شده، متغیرهای مداخله‌گر مانند سیگار و سابقه بیماری‌های مدنظر شناسایی گردید.

به این ترتیب، میزان سرب در هوای منطقه تنفسی ۴۶ نفر از این کارگران اندازه‌گیری شد که از این تعداد، ۴۰ نفر در نمونه‌گیری خون شرکت کردند. قبل از انجام تحقیق فرم رضایت آگاهانه توسط پرسنل تکمیل گردید و در خصوص شرایط نمونه‌گیری و ارائه نتایج به آن‌ها توضیحات لازم داده شد. معدن انتخابی به ۵ منطقه کاری تقسیم‌بندی گردید، مناطق ۱ و ۵ در بیرون از تونل‌ها بوده و مناطق ۲، ۳ و ۴ در داخل تونل‌های زیرزمینی با محیطی بسته و با تهویه طبیعی بود. ازجمله وسایل حفاظت فردی مورد استفاده، می‌توان به دستکش ایمنی، با استاندارد EN۳۸۸ و ماسک گردوغبار سوپاپ دار با فیلتر کربن اکتیو مدل FFP۲ HY-۸۶۶۲ و لباس و کفش کار اشاره کرد.

در معدن مذکور ۳۲ نفر در تونل‌ها و حدود ۱۴ نفر در کارخانه فلوتاسیون مشغول به کار بوده به‌طوری که ۱۰ نفر از افراد شاغل در معدن که شغل اداری داشته و در محیط کارخانه و تونل‌ها حضور نداشتند، به‌عنوان نمونه شاهد مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نمونه‌برداری از هوای منطقه تنفسی: به منظور تعیین میزان سرب در هوای منطقه تنفسی افراد از روش استاندارد NIOSH 7082 (۳۷) استفاده گردید. تجزیه نمونه‌های حاوی سرب با دستگاه جذب اتمی مدل Elmer 2 که ساخت شرکت Perkin Elmer می‌باشد، انجام گرفت.

مدت زمان کار در تونل‌ها ۶ ساعت و در کارخانه فلوتاسیون ۸ ساعت می‌باشد. به علت اینکه در تونل‌ها رطوبت بالاست و خاکی که استخراج می‌شود نم دارد، نمونه‌برداری در تمام طول مدت کاری بوده زیرا مقدار گردوغبار کلی موجود در هوا نیز طبق اندازه‌گیری‌ها، کم بود، به این علت احتمال بیرون زدن بار اضافی (overload) از فیلتر کم می‌باشد. همچنین در کارخانه فلوتاسیون به علت اینکه کارگران بیشتر اوقات کاری خود را در اتاق کنترل حضور دارند، میزان مواجهه آن‌ها نیز به حد بیرون زدگی نمی‌رسید و ایجاد بار اضافی بر روی فیلتر نمی‌کرد به همین علت زمان نمونه‌برداری در کل زمان شیفت کاری انجام گرفت.

تجهیزات مورد استفاده در این مرحله شامل نمونه‌بردار (فیلتر استر سلولوزی با قطر ۳۷ میلی‌متر و

[3]. Dermal exposure assessment Method

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]

پورسایز ۰/۸ میکرومتر) و پمپ نمونه‌برداری فردی می‌باشد. فیلتر درون یک نگهدارنده متناسب قرار گرفت و پمپ نمونه‌برداری فردی مدل Universal PCXR4 ساخت شرکت SKC با دبی ۲ لیتر بر دقیقه با لوله رابط به نگهدارنده فیلتر متصل گردید. پس از اتمام مراحل نمونه‌برداری، آنالیز با دستگاه جذب اتمی مجهز به لامپ کاتدی سرب انجام گرفت.

در نهایت غلظت سرب هوا با استفاده از فرمول مربوطه محاسبه گردید.

$$C = \frac{C_s V_s - C_b V_b}{V} = mg/m^3$$

در این فرمول C غلظت سرب هوا، V حجم هوای نمونه‌برداری شده، C_S غلظت سرب در نمونه، C_b میانگین غلظت در نمونه‌های شاهد، V_S حجم نمونه شاهد و V_b میانگین حجم نمونه‌های شاهد می‌باشد.

پایش بیولوژیک: در این مرحله پس از کسب رضایت آگاهانه از پرسنل و توضیح کامل درباره مراحل نمونه‌گیری و ارائه نتایج به آن‌ها، پایش بیولوژیک سرب خون بر اساس روش NIOSH8003 (۳۸) انجام گرفت. برای نمونه‌برداری ابتدا ۴ سی‌سی خون از هر نفر در ظروف هپارینه جمع‌آوری شد. جهت آماده‌سازی و استخراج آنالیت، ۲ میلی‌لیتر از نمونه‌های خون را با ۰/۸ میلی‌لیتر محلول سورفاکتانت آمونیوم پیرولیدین دی تیوکاربامات (APDC-TX) و ۲ میلی‌لیتر محلول آبی اشباع متیل ایزوبوتیل کتون (MIBK) به داخل سانتریفیوژ ریخته و بعد از ۱۰ دقیقه با دور ۲۰۰۰rpm سانتریفیوژ شدند(۲۱, ۳۹). نهایتاً به منظور تجزیه نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی استفاده گردید.

مدل DREAM: در بررسی میزان مواجهه پوستی افراد از مدل DREAM استفاده گردید که در مجموع ۳۳ متغیر در این مدل گنجانده شده است؛ و ارزیابی مواجهه پوستی را با توجه به مواجهه در ۹ قسمت بدن نشان می‌دهد (۴۰).

در این تحقیق از آزمون شاپیر-ویلک به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها استفاده گردید و فرض نرمال بودن داده‌ی نمونه‌ی خون (P_V = ۰/۰۲) و هوا (P_V = ۰/۰۴) در سطح معناداری از ۰/۰۵ کمتر بود بنابراین داده‌ها توزیع غیرنرمال داشته و به همین دلیل از آزمون همبستگی اسپیرمن و ضریب آن به منظور مقایسه نتایج حاصل از اندازه‌گیری سرب خون و هوای منطقه تنفسی استفاده گردید.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، آنالیز آماری با استفاده از نرم افزار آماری SPSS22 انجام گرفت و از آزمون شاپیر-ویلک به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها و همچنین از آزمون همبستگی اسپیرمن و آزمون T مستقل جهت تعیین سطح معناداری داده‌ها استفاده گردید.

یافته‌ها

در جدول ۱ متغیرهای مدل DREAM به‌طور خلاصه آورده شده است. در جدول ۲ نتایج مربوط به متغیرهای دموگرافیک آورده شده است؛ به‌طوری که بر اساس

جدول ۱- متغیرهای مدل برآورد مواجهه پوستی DREAM

ردیف	نام	عامل تعیین کننده	ردیف	نام	عامل تعیین کننده
۱	$P_{D,BP}$	احتمال رسوب بر روی لباس و پوست بدون پوشش	۱۴	EV	تبخیر (مایعات): درجه حرارت جوش
۲	$I_{E,BP}$	مقدار سطوح آلوده شده در مسیر مواجهه	۱۵	$SKIN\text{-}A_{BP}$	مواجهه پوستی واقعی برای هر قسمت بدن
۳	ER_E	شدت انتشار	۱۶	M	دستکش یا لباس مخصوص
۴	$P_{E,BP}$	انتشار آلودگی به لباس و پوست بدون محافظ؛ و غوطه ور شدن پوست در آلودگی	۱۷	PFM_{HA}	عامل حفاظت در برابر آلودگی
۵	$I_{T,BP}$	انتقال به لباس و پوست بدون پوشش در تماس با سطوح و یا ابزار	۱۸	GC	اتصال مناسب دستکش ها به لباس
۶	ER_D	مقدار سطوح آلوده شده در مسیر مواجهه	۱۹	GD	اگر دستکش های غیر بافته شده در طول روز پوشیده شوند
۷	$P_{T,BP}$	شدت رسوب در لباس و پوست بدون پوشش	۲۰	UG	دو جفت دستکش روی هم پوشیده شود
۸	$I_{D,BP}$	مقدار سطوح آلوده شده در مسیر مواجهه	۲۱	URF	فرکانس جایگزینی دستکش دولایه
۹	ER_T	شدت انتقال: سطح آلودگی سطح تماس	۲۲	F	فرمولاسیون
۱۰	PS	حالت فیزیکی	۲۳	DU	میزان گرد و خاک
۱۱	C	تمرکز آلودگی	۲۴	SS	رطوبت / موم مرطوب (مواد جامد غیر پودر و غیر گرد و غبار)
۱۲	RF	فرکانس جایگزینی دستکش و لباس کار	۲۵	$SKIN\text{-}P_{TASK}$	مواجهه پوستی بالقوه (کل)
۱۳	BC	کرم ضد آفتاب استفاده می شود	۲۶	$SKIN\text{-}A_{TASK}$	مواجهه واقعی پوست (کل)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]

جدول ۲- نتاج حاصل از متغیرهای دموگرافیک نمونه های هدف

	سابقه کاری (سال)	بیماری خاص	BMI (Kg/m^2)	وزن (kg)	قد (متر)	سن (سال)
فراوانی	۳۹	۲	۳۹	۳۹	۳۹	۳۹
میانگین	۱۳/۰۸	۳	۲۴/۳۰	۷۲/۵۰	۱۷۲/۵۴	۳۵/۴۸
انحراف استاندارد	۷/۹۰	-	۳/۳۶	۱۱/۵۹	۶/۵۴	۸/۵۰
کمترین مقدار	۲	-	۱۷/۵۸	۴۵	۱۵۲	۲۲
بیشترین مقدار	۳۳	-	۳۱/۸۹	۱۰۰	۱۸۷	۵۳

جدول ۳- میانگین سرب موجود در هوای منطقه تنفسی و خون افراد شاغل در بخش های مختلف معدن

محل کار		فراوانی (٪)	میانگین سرب هوا (mg/m^3)	انحراف معیار	میانگین سرب خون (µg/dL)	انحراف معیار
غیر تونل	منطقه ۱	٪ ۴/۳	۰/۰۱۰۵	۰/۰۱۲۵	۲۶/۵۰۰	۴/۹۴۹۷
تونل	منطقه ۲	٪ ۳۶/۹۵	۰/۰۱۹۷	۰/۰۱۶	۲۱/۸۱۲	۳/۷۸۱۰
تونل	منطقه ۳	٪ ۳۰/۴۳	۰/۰۱۹۵	۰/۰۱۶۲	۲۸/۲۷۳	۶/۲۱۴۴
تونل	منطقه ۴	٪ ۱۳/۰۴	۰/۰۲۴۵	۰/۰۰۷۶	۲۵/۴۰۰	۶/۸۷۷۵
غیر تونل	منطقه ۵	٪ ۱۵/۲۱	۰/۰۲۲۷	۰/۰۱۸	۲۲/۴۰۰	۲/۱۹۰۹

جدول ٤- میانگین و انحراف معیار سرب خون، در گروه شاهد و مورد به تفکیک محل کار

گروه های تفکیک شده	میانگین (µg/dL)	انحراف معیار	نتایج آزمون T مستقل		
			t	df	سطح معنی داری
تونل	۲۴/۷۰	۳/۳۶	-۰/۴۹۳	۳۸	۰/۶۲۵
غیر تونل	۲۳/۵۷	۵/۸۰			
مورد	۲۴/۵۰	۵/۴۳	۴/۰۶	۳۸	<۰/۰۰۱
شاهد	۱۷/۰۸	۳/۸۵			

جدول ۱، میانگین سن کارگران معدن ۳۵/۵ سال، میانگین وزن ۵۱/۷۲ کیلوگرم و میانگین قد آن‌ها ۱۷۲/۵۴ سانتی متر می‌باشد.

در جدول ۳ میانگین و انحراف معیار سرب هوا و خون به تفکیک افراد شاغل در مناطق مورد مطالعه

جدول ۵- بررسی همبستگی میان نتایج سر ب خون و هوای منطقه تنفسی با آزمون اسپیرمن

	نتایج
مقدار همبستگی	۰/۰۹۳
مقدار معناداری	۰/۵۶۸

جدول ٦- رتبه بندی میزان مواجهه پوستی شاغلین

رتبه	تعداد	درصد
کم	۷	۱۵/۲
در حد متوسط	۲	۴/۳
بالا	۶	۱۳
خیلی زیاد	۱۷	۳۷
بیش از حد	۱۴	۳۰/۴

آورده شده است.

جدول ۴ بیانگر نتایج میانگین سرب خون افراد شاغل در هر یک از مناطق پنجگانه معدن و همچنین میانگین سرب خون گروه شاهد می‌باشد به‌طوریکه اختلاف معناداری میان نتایج گروه شاهد و مورد مشاهده گردید.

در جدول ۶ نتایج حاصل از مدل ارزیابی مواجهه پوستی به‌صورت DREAM آورده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به هدف مطالعه، پس از آشنایی دقیق با فرآیند، بخش های مختلف و کارگران شاغل در مناطق پنجگانه کاری، میزان سرب خون و هوای منطقه تنفسی اندازه‌گیری گردید و در نهایت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. گرچه استاندارد سرب در سال ۲۰۱۵ توسط کمیته حفاظت و بهداشت آمریکا اعلام گردید، ولی استاندارد فوق با استاندارد سایر کشورها ازجمله کشور ما متفاوت است (۱۹، ۲۰، ۲۲). از طرفی نه‌تنها شرایط

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]

محیطی صنایع و معادن (ازجمله میزان رطوبت نسبی و سیستم های تهویه) در مناطق مختلف کشور متفاوت می‌باشند، ازاین‌رو نحوه استخراج، نوع تجهیزات مورد استفاده، نوع و نحوه استفاده از وسایل حفاظت فردی، نوع مطالعه، روش اندازه‌گیری و حتی تعاریف واژه ها نیز متفاوت هستند. لذا مقایسه این مطالعه با توجه به تفاوت های فوق و عدم بیان جزئیات آن در گزارش ها و مقالات چاپ شده از یک طرف و تفسیر جامع از طرف دیگر با محدودیت و مشکل همراه است (۴۱).

با توجه به نتایج به دست آمده میانگین سرب موجود در هوای مناطق کاری پنجگانه که در جدول ۳ آورده شده است؛ بیشترین مقدار میانگین سرب در هوای منطقه ۴ معادل ۰/۰۲۴۵ mg/m^3 بوده (داخل تونل‌های معدن) و کمترین مقدار نیز در منطقه ۱(خارج از تونل) برابر با ۰/۰۱۰۵ mg/m^3 می‌باشد. آزمون T مستقل نشان داد که نتایج به دست آمده از هوای محیط کار در داخل تونل و خارج از تونل از نظر متغیر سرب هوای منطقه تنفسی همگن بوده و اختلاف معناداری بی‌ن میانگین سرب هوا آن‌ها وجود ندارد (P_v = ۰/۹۴۵).

میانگین داده‌های موجود از سرب هوای منطقه تنفسی با حدود مجاز معرفی شده در ایران مورد مقایسه قرار گرفت بطوری که میانگین نتایج حاصله از سرب منطقه تنفسی برابر با ۰/۰۲ mg/m^3 بوده که از حد مجاز معرفی شده که برابر با ۰/۰۵ mg/m^3 می‌باشد، کمتر است. با توجه به نتایج مطالعه، میانگین سرب خون کارگران معادل ۲۴/۵ µg/dl بوده که از حد مجاز تعریف شده در کشور یعنی ۳۰ میکروگرم بر دسی لیترکمتر می‌باشد. در مقایسه ای که بین نتایج این تحقیق با مطالعه انجام شده در معدن سرب دنا صورت گرفت، نتایج حاکی از این بود که میانگین سرب خون کارگران مورد مطالعه در این تحقیق پایین تر از یافته های مطالعه آن‌ها که حدود ۲۸ µg/dl اعلام شده، می‌باشد (۴۲). به نظر می رسد این تفاوت ممکن است به علت نحوه استخراج، نوع دستگاه های مورد استفاده، میزان رطوبت و تهویه طبیعی موجود در معدن باشد. انتظار می رود که با توجه به مقدار پایین تر از حد مجاز سرب در هوای محیط کار، مقدار سرب خون نیز بطور کلی پایین تر از حد مجاز باشد که در این تحقیق این نتیجه حاصل گردید.

اما مقایسه ای که بین میانگین سرب خون و هوای منطقه تنفسی افراد سیگاری و غیر سیگاری در این معدن صورت گرفت، نشان داد که میانگین سرب خون افراد سیگاری معادل ۵/۲۸۴ ±µg/dl ۲۶/۱۵ و میانگین سرب خون افراد غیر سیگاری معادل ۵/۱۹۳ ± µg/dl ۲۲/۸۵ می‌باشد، اما میانگین سرب هوای منطقه تنفسی افراد سیگاری و غیر سیگاری در این مطالعه برعکس می‌باشد؛ یعنی میانگین سرب هوای منطقه تنفسی برای افراد غیر سیگاری معادل ۰/۰۲۲ mg/m^3 و برای افراد سیگاری ۰/۰۱۸ mg/m^3 به دست آمد؛ اما نکته مهم این است که با آزمون آماری T مستقل هیچ رابطه ی معنا داری بین سرب خون و سرب هوای منطقه ی تنفسی با سیگاری بودن و نبودن کارگران تعیین نشد (به ترتیب P_v= ۰/۵۳۱. و P_v= ۰/۲۲۴). طبق نتایج حاصل از این تحقیق، میانگین سرب خون در گروه های سنی مختلف یکسان نمی‌باشد؛ بطوری که میزان سرب خون در گروه سنی ۲۲ تا ۳۸ سال پایین تر از گروه سنی ۳۹ تا ۵۳ سال تعیین گردید و در هر دو گروه سنی از میزان حد مجاز موجود کمتر می‌باشد. ولی با توجه به آزمون آمار T مستقل، بین میانگین سرب خون و انواع گروه سنی، این اختلاف معنی دار نمی‌باشد. در مقایسه ای که بین نتایج این تحقیق و سایر مطالعات انجام شد، یافته های این تحقیق با نتایج تحقیق برخورداری و همکاران و همچنین پژوهشی که در کشور فیلیپین انجام شده، همسو می‌باشد (۴۱، ۴۳). به دلیل اینکه سرب در خون همه ی افراد با سنین مختلف، چه نوزاد و کودک، چه افراد بالغ و مسن وجود دارد؛ بنابراین انتظار می رود در خون گروه شاهد نیز غلظتی از سرب یافت شود بنابراین در این تحقیق میانگین سرب خون گروه شاهد به‌عنوان سطح پایه لحاظ گردید. لازم به ذکر است که در مطالعه حاضر، گروه شاهد (کادر اداری معدن) با گروه مورد (کارگران معدن) دارای ویژگی های مشابه بوده و تنها تفاوت آن‌ها در میزان مواجهه با آلاینده سرب موجود در معدن می‌باشد.

گرچه با افزایش سابقه کار میزان سرب خون افراد نیز بیشتر شده است ولی این افزایش از نظر آماری معنی دار نمی‌باشد (P_v = ۰/۲۲۴) نتایج این مطالعه با یافته های سه تحقیق که درکوشک، دنا و پاکستان انجام شده همخوانی و مطابقت دارد. نتایج این سه مطالعه حاکی از این بود که بین سابقه کار و میانگین سرب خون ارتباط معنی داری وجود ندارد (۸، ۴۱، ۴۲). با توجه به نتایج

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]

این مطالعه، میانگین مقدار سرب خون افراد شاغل در هر یک از مناطق پنجگانه، به این صورت است که بیشترین میانگین در منطقه ۳ (داخل تونل) و کمترین میانگین برای منطقه ۲ (داخل تونل) به ترتیب دارای مقادیر ۲۸/۲۷۳ µg/dl و ۲۱/۸۱۲ µg/dl بود. مقایسه میانگین های فوق با استاندارد مورد نظر که ۳۰ µg/dl می‌باشد نشان میدهد که مواجهه سرب هردو گروه پایین تر از حد مجاز اعلام شده می‌باشد (۲۳). با انجام آزمون T مستقل بین داده‌های خون در قسمت تونل و غیر تونل نتایج حاکی از این بود که دو گروه، از نظر میزان سرب خون همگن بوده و اختلاف معناداری بین میانگین سرب خون آن‌ها وجود نداشت (P_v = ۰/۶۲۵). نتایج حاصل از این تحقیق با پژوهشی که در کوشک توسط برخورداری و همکاران انجام گرفته است، مطابقت دارد(۴۱). به منظور مقایسه سرب خون در دو گروه شاهد و مورد، از آزمون T مستقل استفاده شد؛ دو گروه، از نظر متغیر سرب خون همگن نبوده و اختلاف معناداری بین میانگین سرب خون آن‌ها وجود دارد (P_v = ۰/۰۰۱).

مقدار ضریب همبستگی اسپیرمن بین نتایج نمونه هوا و خون برابر با ۰/۰۹۳ شد. مقدار معناداری در این تحقیق برای نتایج خون ۰/۵۶۸ محاسبه شده است و این مقدار از ۰/۰۵ بزرگتر است، پس ضریب همبستگی برای نتایج نمونه خون و هوا در سطح ۰/۰۵ معنادار نبود. در نتایج حاصل، علامت مثبت ضریب همبستگی، نشانگر همسو بودن رابطه است و به دلیل پائین بودن نسبی مقدار ضریب همبستگی می‌توان گفت که رابطه متوسطی بین مقدار سرب موجود در خون کارگران و سرب موجود در هوای تنفسی آن‌ها وجود دارد.

ارتباط بین غلظت سرب هوا همچنین سرب خون و مواجهه پوستی واقعی مدل DREAM، با آزمون و ضریب همبستگی اسپیرمن سنجیده شد. با توجه به نتایج آزمون همبستگی و در سطح معناداری ۰/۰۵ هیچ ارتباط معناداری بین متغیرهای غلظت سرب هوای منطقه تنفسی و مواجهه پوستی واقعی بر اساس مدل DREAM وجود نداشت (P_v = ۰/۸۰۶). همچنین با توجه به نتایج آزمون همبستگی و در سطح معناداری ۰/۰۵ ارتباط معناداری بین متغیرهای غلظت سرب خون و مواجهه واقعی بر اساس مدل DREAM (P_v =۰/۱۹۳) مشاهده نشد. این مهم به این معنا می‌باشد که مقدار سرب در هوا به‌صورت گردوغبار به مقداری کم بوده که برآورد مواجهه پوستی آن نشان دهنده ی جذب سرب از پوست و انتقال آن به خون فرد نمی‌باشد. این امر را نمی‌توان با قطعیت کامل گفت زیرا مطالعاتی در خصوص استفاده از این مدل جهت بررسی جذب پوستی سرب در این معدن یافت نشد تا مقایسه ای صورت گیرد.

در آخر به منظور گسترش این مطالعه در معادن مشابه توصیه می‌گردد علاوه بر اندازه‌گیری میزان غلظت سرب در هوا و خون، با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری از سطح پوست، غلظت سربی که برروی پوست کارگر تجمع می یابد نیز مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

محل کار کارگران مهم‌ترین عامل مؤثر در افزایش و کاهش سرب خون می‌باشد. هرچند در این تحقیق هیچ اختلاف معناداری بین سرب خون با سرب هوای محل کار و سابقه‌یافت نشد و مدل DREAM نیز یک برآورد از مواجهه پوستی کارگران مشخص کرد که ارتباط معناداری با سرب خون و هوا نداشت؛ اما میزان غلظت گردو غبار حاوی سرب موجود در هوا، خود عامل اصلی بالا یا پایین بودن میزان سرب خون افراد می‌باشد. همچنین استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب، نحوه استفاده صحیح از آن‌ها، ایجاد برنامه زمان‌بندی مناسب بین حفاری و استخراج، استفاده از مالش‌های غیرنفتی جهت کاهش گردوغبارهای بعد از حفاری، ازجمله برنامه های پیشنهادی بوده که برای کاهش مواجهه کارگران با آلاینده سرب توصیه می‌گردد. در ادامه توصیه می‌شود که مسئولان معدن، طی یک برنامه زمان‌بندی شده با استفاده از یک برنامه غذایی مناسب و استفاده از روش‌های مدیریت ریسک، با کاهش مواجهه، به محافظت از کارگران و کاهش میزان سرب خون آن‌ها بپردازند. در نهایت آموزش هایی مبنی بر کاهش مواجهه با سرب و سمیت آن به کارگران داده شود تا به این صورت کارگران با مخاطرات شغلی سرب آشنایی کامل داشته باشند.

تقدیر و تشکر

نتایج این مقاله حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد با

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]

حمایت مالی دانشگاه علـوم پزشـکی اصـفهان می‌باشـد. همچنین از آقای مهندس خاکساری به دلیـل همکـاری های بی دریغ کمال تشکر و قدردانی عرض می‌گردد.

References

1. Carson BL. Toxicology Biological Monitoring of Metals in Humans: 0. CRC Press: CRC Press; 2018.
2. Center EH, Institute ER. Guide for lead control at work. University of Tehran: University of Tehran.
3. Sanaee G. Industrial Toxicology. 3th, editor. Tehran University: Tehran University Press; 1992.
4. Kumarathilaka P, Seneweera S, Meharg A, Bundschuh J. Arsenic speciation dynamics in paddy rice soil-water environment: sources, physico-chemical, and biological factors-a review. Water Res. 2018;140:403-14.
5. Winder C, Stacey NH. Occupational toxicology: CRC press; 2004.
6. Yavuz IH, Yavuz GO, Bilgili SG, Demir H, Demir C. Assessment of heavy metal and trace element levels in patients with telogen effluvium. Indian J Dermatol. 2018;63(3)L:246.
7. Hasegawa K, Wurita A, Nozawa H, Yamagishi I, Minakata K, Watanabe K, et al. Fatal zolpidem poisoning due to its intravenous self-injection: Postmortem distribution/redistribution of zolpidem and its predominant metabolite zolpidem phenyl-4-carboxylic acid in body fluids and solid tissues in an autopsy case. Forens sci Int. 2018;290:111-20.
8. Ikegami A, Takagi M, Fatmi Z, Kobayashi Y, Ohtsu M, Cui X, et al. External lead contamination of women's nails by surma in Pakistan: Is the biomarker reliable? Environ Pollut. 2016;218:723-7.
9. Malani PN. Harrison's principles of internal medicine. JAMA. 2012;308(17):1813-4.
10. Fonte R, Agosti A, Scafa F, Candura S. Anaemia and abdominal pain due to occupational lead poisoning. Haematologica. 2007;92(2):e13-e4.
11. Bi J, Fang M, Wang J, Xia S, Zhang Y, Zhang J, et al. Near-infrared fluorescent probe for sensitive detection of Pb (II) ions in living cells. Inorgan Chim Acta. 2017;468:140-5.
12. Needleman H. Lead poisoning. Ann Rev Med. 2004;55:209-22.
13. Ye X, Wong O. Lead exposure, lead poisoning, and lead regulatory standards in China, 1990–2005. Regulatory Toxicol Pharmacol. 2006;46(2):157-62.
14. Lazarević V, Krstić I, Dimitrijević M. Toxicological analysis of ambient monitoring in metal industry. Zaštita Materijala. 2017;58(1):47-54.
15. Brown DG, Rao S, Weir TL, O'Malia J, Bazan M, Brown RJ, et al. Metabolomics and metabolic pathway networks from human colorectal cancers, adjacent mucosa, and stool. Cancer Metabol. 2016;4(1):11.
16. Roman D, Harvey C, Hutchison L, editors. Hazardous substance restrictions: And why they are restricted. Product Compliance Engineering (ISPCE), 2017 IEEE Symposium on; 2017: IEEE.
17. Gutiérrez M, Mickus K, Camacho LM. Abandoned PbZn mining wastes and their mobility as proxy to toxicity: A review. Sci Total Environ. 2016;565:392-400.
18. Brown RW, Longoria T. Multiple risk factors for lead poisoning in Hispanic sub-populations: A review. J Immigrant Minor Health. 2010;12(5):715-25.
19. Steenland K, Barry V, Anttila A, Sallmén M, McElvenny D, Todd A, et al. A cohort mortality study of lead-exposed workers in the USA, Finland and the UK. Occup Environ Med. 2017;74(11):785-91.
20. Alexander IA, Ya MG, Yalwa MG, Alhassan AJ, Nels RONNO, Nelson NO, et al. Determination of Lead and some Parameters of Oxidative Stress in Exhaust Fume in Relation to Age in Commercial Tricyclists in Kano Municipal in Commercial Tricyclists in Kano Municipal. CARD Int J Med Sci Appl 2017.
21. Dehghan-Nasiri M, Golbabaii F, Koohpaii A, Rahimi-Forooshani A, Shahtaheri S. Biological and environmental monitoring of lead and exposure in the automobile industry. Iran Occup Health J. 2012;48(4).
22. ACGIH T, editor BEIs: threshold limit values for chemical substances and physical agents. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2015: ACGIH.
23. Abdol-rahman Bahrami F, Ahmadzadeh M, Asilian H, Allahyari T. Occupational exposure limits: Occupational Health Research Center, Tehran University of Medical Sciences; 2016:117.
24. Agyemang V. Blood Lead Levels and Selected Haematological Parameters Among At Risk Occupational Groups and Blood Donors in Kenyasi, Brong Ahafo Region. university of ghana: University Of Ghana; 2018.
25. Shahrabi J, Dorosti A. Study of blood lead levels, hemoglobin & plasma ascorbic acid in a car company welders. Iran Occup Health J. 2006.
26. Vermeulen R, Stewart P, Kromhout H. Dermal exposure assessment in occupational epidemiologic research. Scand J Work Environ Health. 2002:371-85.
27. Brouwer D, Semple S, Marquart J, Cherrie J. A dermal model for spray painters. Part I: subjective exposure modelling of spray paint deposition. Ann Occup Hyg. 2001;45(1):15-23.
28. Teschke K, Olshan A, Daniels J, De Roos A, Parks C, Schulz M, et al. Occupational exposure assessment in case–control studies: opportunities

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]

for improvement. Occup Environ Med. 2002;59(9):575-94.
29. Cherrie JW, Schneider T. Validation of a new method for structured subjective assessment of past concentrations. Ann Occup Hyg. 1999;43(4):235-45.
30. Semple SE, Proud LA, Tannahill SN, Tindall ME, Cherrie JW. A training exercise in subjectively estimating inhalation exposures. Scand J Work Environ Health. 2001:395-401.
31. Stewart PA, Lees PS, Correa A, Breysse P, Gail M, Graubard B. Evaluation of three retrospective exposure assessment methods. Ann Occup Hyg. 2003;47(5):399-411.
32. Abdel-Shafy HI, Mansour MS. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation. Egypt J Petroleum. 2016;25(1):107-23.
33. Thomas D, Stram D, Dwyer J. Exposure measurement error: influence on exposure-disease relationships and methods of correction. Ann Rev Public Health. 1993;14(1):69-93.
34. Armstrong BG. Effect of measurement error on epidemiological studies of environmental and occupational exposures. Occup Environ Med. 1998;55(10):651-6.
35. Schneider T, Vermeulen R, Brouwer DH, Cherrie JW, Kromhout H, Fogh CLJ. Conceptual model for assessment of dermal exposure. Occup Environ Med. 1999;56(11):765-73.
36. De Joode BVW, Van Hemmen JJ, Meijster T, Major V, London L, Kromhout H. Reliability of a semi-quantitative method for dermal exposure assessment (DREAM). J Exposure Sci Environ Epidemiol. 2005;15(1):111.
37. Safety NIfO, Health. Method 7082. NIOSH Manual of Analytical Methods,: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers; 1994.
38. Eller P, Cassinelli M. Lead in blood and urine. Method 8003. NIOSH manual of analytical methods. 1984:8001-3.
39.Rahimi-Froushani A, Golbabaei F, Khadem M, Shahtaheri S. Purification and concentration of lead samples in biological monitoring of occupational exposures. Iran Occup Health J. 2006;3(1):28-36.
40. Van-Wendel-De-Joode B, Brouwer DH, Vermeulen R, Van Hemmen JJ, Heederik D, Kromhout H. DREAM: a method for semi-quantitative dermal exposure assessment. Ann Occup Hyg. 2003;47(1):71-87.
41. Aminipour M, Barkhordari A, Ehrampoush M, Hakimian A. Blood lead levels in workers at Kooshk lead and zinc mine. SSU J. 2008;16(2):24-30.
42. Fairbrother A, Wenstel R, Sappington K, Wood W. Framework for metals risk assessment. Ecotoxicol Environ Safe. 2007;68(2):147-2288.
43. Cortez-Lugo M, Riojas-Rodríguez H, Moreno-Macías H, Montes S, Rodríguez-Agudelo Y, Hernández-Bonilla D, et al. Evaluation of the effect of an environmental management program on exposure to manganese in a mining zone in Mexico. Neurotoxicology. 2018;64:142-51.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-10]