Iran Occupational Health

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

Iran Occupational Health. 2020 (29 Apr);17:7.

Study of the relationship between body heat strain level and tetrachlorethylene concentration in exhaled air among laundry workers

Fatemeh Rostami, MSc Student, Department of Occupational Hygiene, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
Mohammad Javad Assari, Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
Mohsen Aliabadi, (*Corresponding author) Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir
Maryam Farhadian, Department of Biostatistics, Researches Center for Health Sciences, School of Public health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Abstract

Background and aims: In the hot workplaces, the increase of body core temperature is induced in result of exposure to high air temperature and metabolism heating due to worker activity. Heat exposure can affect how well chemicals are absorbed into the body. Core temperature change can alter absorption, distribution, metabolism and excretion of the toxicants. Increases in respiration can cause further toxicant exposure through inhalation, while increases in sweat and skin blood and pulmonary ventilation flow can make more efficient transcutaneous absorption of toxicants. Therefore, the amounts of xenobiotic absorbed through the lungs and the skin during heat exposure can be raised significantly in result of higher pulmonary ventilation and cutaneous blood flow. Animal studies which are investigated the effects of thermal stress on chemical toxicity showed that heat exposure plays a role on toxins absorption. However, it is difficult to interpret these findings when trying to compare differences between humans and the animal models. It is observed that workers exposure in some work environment suggests that concomitant exposure to heat stress and chemicals is likely to increase the absorption and effects of certain xenobiotics. Tetrachlorethylene is a particular chemical compound is often used for laundry. The main route for human exposure to tetrachlorethylene is via inhalation, but the compound is also adsorbed by mouth contact. As mentioned, most of what is known on the effect of heat exposure on absorption of chemicals comes from animal studies. With regard to the importance of analyzing how thermal stresses can effect on toxicity response of chemical agents and moreover, need to better understanding of its related mechanisms in humans, the present study aimed to investigate the relation of body heat strain level with Tetrachlorethylene concentration in exhaled air among laundry workers in Hamadan city.
Methods: This descriptive analytical study was conducted in two steps of winter and summer in 2017. Twenty-four healthy workers employed in laundry workrooms located in the city of Hamadan, Iran, were enrolled in the study. Their age, height and weight were respectively 32.1±5.16 year, 173.7±11.5 cm, 70.3±16.5 kg. The participants were screened using a self-reported questionnaire in terms of their state of mental and physical health. Before initiation of the tests, a written informed consent form was signed by the subjects participating in this research. Based on ISO 9920 (2007), clothing insulations (Clo unit) of the participants were 1 Clo and 0.75 in winter and summer, respectively. Ambient air samples of laundry workroom were obtained using 150 mg coconut shell charcoal tubes (20/40 mesh) SKC and using SKC personal sampling pumps model 222 calibrated to a flow rate of 100 cc/min. The air samples were analyzed by the NIOSH method no 1003 recommended for Tetrachlorethylene. Desorption of Tetrachlorethylene from activated charcoals was done with 1ml of carbon disulfide. After 30 minutes an aliquot of the resultant solution (1 µl) was injected into Shimadzu 2010 gas chromatograph equipped with a flame ionization detector (F.I.D) and Rtx-1 column. One ml volume of the sample was injected into the gas chromatograph with a Hamilton gas—tight syringe. The instrumental temperatures were as follows: injector temperature, 250C; initial oven temperature, 70C (held for 5 min), increased to 120C at a rate of 10C min-1, held for 5 min. For exhaled air samples of the same

Keywords
Heat Strain
Tetrachlorethylene
Laundry
Exhaled Air

Received: 21/10/2018
Published: 29/04/2020

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

participants, individuals were asked to exhale normally into a 3 liter Tedlar air bags (SKC) until it was filled. Measuring Tetrachlorethylene in exhaled air was conducted through integrating NIOSH 1003 and NIOSH 3704 methods through optimizing analysis parameters using analytical device GC-FID. Thermal strain of exposed workers was measured based on oral temperature, heart rate and respiratory rate in accordance standard method ISO 9886:2004. The heart rate was measured using a heart rate device (Beurer PM100). Statistical analysis of the data was performed using the SPSS software version 20. The significance level of the tests was considered 0.05.

Results: The mean of dry temperature, natural wet bulb temperature and globe bulb temperature were 29.42°C, 23.96°C and 30.77°C, respectively. The mean of Tetrachlorethylene concentrations in ambient air of laundry workplace in summer and winter were 45.91 ppm, 50.64 ppm, respectively. The mean values of the thermal strain indexes included oral temperature, heart rate, and pulmonary ventilation in summer and winter were 37.3°C and 37.1°C, 99.95 and 90.95 beats per minute, 26 and 20.5 breath rate per minute, respectively. The mean values work metabolism in summer and winter were 110.86 and 108.73 kcal/h, respectively. The mean of Tetrachlorethylene concentration in exhaled air in summer and winter is 3.18 and 2.23 ppm, respectively, which were higher and lower than national occupational exposure limit (3 ppm). The significant difference was observed between the mean Tetrachlorethylene concentrations in exhaled air in summer and winter ($p<0.05$). Paired sample t-test was not showed a significant difference between the mean Tetrachlorethylene concentrations in ambient air samples in two steps ($p>0.05$). According to the results of paired sample t-test, core temperature, heart beat rate and pulmonary ventilation of workers were significantly increased in summer compared to winter ($p<0.05$). The results showed that correlation between Tetrachlorethylene concentration in the exhaled air and ambient air samples in winter ($p=0.003$, $r=0.58$) and summer ($p=0.023$, $r=0.46$) were statistically significant.

Conclusion: Few quantitative data has been published on this subject, and hence, this study aimed to investigate the interaction of coexposure to heat and chemical agents in real work condition.The present study confirmed that the Tetrachlorethylene concentration was increased in the workers exhaled air in result of thermal strain in the laundry workrooms. It can be confirmed that workers who are exposed to extreme heat may be at risk for increased absorption of chemicals into the body. The quantities of Tetrachlorethylene absorbed via the pulmonary routes during work in the studied environment could significantly increase due to the elevation in pulmonary ventilation rate. It should be note that, the increase in skin temperature and skin blood flow as well as the presence of sweat on the skin surface may also promote the cutaneous absorption of chemicals during concomitant exposure to heat. It is suggested to empirically investigate workers skin absorption of chemical agents in exposure to high air temperature compared with natural condition in future studies.

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

How to cite this article:

Rostami F, Assari MJ, Aliabadi M, Farhadian M. Study of the relationship between body heat strain level and tetrachlorethylene concentration in exhaled air among laundry workers. Iran Occupational Health. 2020 (29 Apr);17:7.

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

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

سلامت کار ایران
دوره ۱۷ – ۷/۱۳۹۹
مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

بررسی ارتباط بین سطح استرین حرارتی بدن و غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدم شاغلین خشکشویی

فاطمه رستمی: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
محمد جواد عصاری: قطب علمی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
محسن علی آبادی: (* نویسنده مسئول) قطب علمی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir
مریم فرهادیان: استادیار، گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

چکیده

زمینه و هدف: در محیطهای کاری گرم، اثر شرایط دمایی محیط و گرمای متابولیسم ایجاد شده ناشی از فعالیت فیزیکی فرد موجب ذخیره گرما و افزایش دمای عمقی بدن کارگران می‌شود. در شرایط دمایی گرم افزایش جریان خون سطحی، تعریق و تهویه ریوی بیشتر و افزایش دمای بدن می‌تواند جذب مواد شیمیایی را از طریق تنفس و پوست افزایش داده و روند سمیت آلاینده شیمیایی در بدن و متابولیت‌های آن را تحت تاثیر قرار دهد. با توجه به اهمیت بررسی چگونگی تاثیر استرس‌های حرارتی بر میزان پاسخ سمی مواد شیمیایی، مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط بین سطح استرین حرارتی بدن و سطح تتراکلرواتیلن در هوای بازدم شاغلین خشکشویی انجام شد.

روش بررسی: مطالعه توصیفی تحلیلی حاضر در دو مرحله در زمستان و تابستان در شهر همدان انجام شد. همراه با نمونه‌های هوای بازدم ۲۴ نفر از شاغلین خشکشویی، نمونه‌های هوای محیطی نیز مورد بررسی قرار گرفت. نمونه برداری غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوا (محیطی و فردی) بر اساس روش NIOSH ۱۰۰۳ توسط لوله جاذب کربن فعال (ساخت شرکت SKC) متصل به پمپ نمونه برداری فردی کالیبره شده مدل ۲۲۲ ساخت شرکت SKC با دبی ۱۰۰ میلی لیتر بر دقیقه انجام پذیرفت. نمونه‌های هوای بازدمی نیز مطابق با توصیه روش NIOSH ۳۷۰۴ توسط کیسه‌های نمونه بردار سه لیتری از جنس تدلار ساخت شرکت SKC جمع آوری گردید. جهت علاوه بر این، استرین‌های حرارتی نیز با استفاده از شاخص دمای عمقی و ضربان قلب و تهویه ریوی مطابق با استاندارد ISO۹۸۸۶: ۲۰۰۴ اندازه گیری شد. نتایج با استفاده از نسخه ۲۱ نرم افزار spss مورد تحلیل قرار گرفت و سطح معنی داری ۰/۰۵ درنظر گرفته شد.

یافته ها: مطالعه حاضر نشان داد بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای محیط خشکشویی در فصول زمستان و تابستان اختلاف معنی داری وجود ندارد ($p>0/05$). با این حال میزان غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی در تابستان ۳/۱۸ ppm و در زمستان ۲/۲۳ ppm به دست آمد که به ترتیب بالاتر و پایین تر از حدود مجاز مواجهه شغلی کشور (۳ ppm) بود. بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی در فصول زمستان و تابستان تفاوت معنی داری مشاهده شد ($p<0/05$). نتایج همچنین نشان داد که علی رغم کاهش غلظت آلاینده در هوای محیطی در فصل تابستان، به دلیل افزایش دمای عمقی و ضربان قلب افراد، غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی افزایش یافته است. علاوه بر این، اختلاف بین میزان دمای بدن ، ضربان قلب نرخ تنفس در فصول زمستان و تابستان معنی دار بود ($p<0/05$).

نتیجه گیری: مطالعه حاضر تایید نمود علی رغم یکسان بودن غلظت تتراکلرواتیلن در هوای محیط خشکشویی در فصول زمستان و تابستان، به طور کلی سطح تتراکلرواتیلن در هوای بازدم به علت افزایش سطح استرین حرارتی و تهویه ریوی شاغلین خشکشویی افزایش یافته است. بنابراین می توان گفت مواجهه کارگران با شرایط دمایی گرم منجر به افزایش جذب تنفسی آلاینده‌ها در شاغلین می‌گردد. با توجه به امکان جذب پوستی آلاینده های شیمیایی در اثر افزایش جریان خون سطحی و همچنین تعریق ناشی از مواجهه با گرما، توجه به این موضوع در مطالعات آینده ضروری است. درنهایت پایش سلامت دوره ای و مراقبت های بهداشتی در مشاغل همراه با مواجهه همزمان با گرما و الایندهای شیمیایی توصیه می گردد.

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

کلیدواژه‌ها
استرین حرارتی
تراکلرواتیلن
خشکشویی
هوای بازدمی

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۷/۲۹
تاریخ چاپ: ۹۹/۰۲/۱۰

شیوه استناد به این مقاله:
Rostami F, Assari MJ, Aliabadi M, Farhadian M. Study of the relationship between body heat strain level and tetrachlorethylene concentration in exhaled air among laundry workers. Iran Occupational Health. 2020 (29 Apr);17:7.

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

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

مقدمه

مطالعه تاثیر استرس‌های حرارتی بر میزان افزایش جذب مواد شیمیایی در بدن انسان توسط انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا NIOSH در سال ۲۰۱۳ جز اولویت‌های پژوهشی در زمینه مواجهه کارگران با تنش‌های حرارتی اعلام شده است (۱). در صورت مواجهه با محیط گرم ، گرما در بدن انسان تجمع پیدا کرده و دمای محیطی و مرکزی بدن تغییر می‌کند (۲، ۳). مواجهه با دماهای بالا در میان کارکنان شاغل در محیط‌های گرم باعث ایجاد اثرات نامطلوب فیزیولوژیکی می‌شود. همچنین استرس گرمایی بار اضافی بر سیستم قلبی – عروقی وارد کرده و باعث افزایش ضربان قلب و همچنین تهویه ریوی می‌شود (۴، ۵). به بیانی فعالیت یکسان در محیط‌های گرم نسبت به محیط با دمای اتاق، باعث افزایش بیشتر ضربان قلب می‌شود. مقدار ماده شیمیایی جذب شده از طریق ریه در صورت فعالیت در محیط گرم می‌تواند به علت افزایش در تهویه ریوی، افزایش یابد (۶). با توجه به شباهت‌های تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط با فعالیت فیزیکی و مواجهه با استرس گرمایی، می توان احتمال داد که در مواجهه همزمان با گرما و مواد شیمیایی، مقادیر حاصل از پایش بیولوژیکی هنگامی که ماده قابل حلال در خون است، افزایش یابد (۷). عامل دیگری که می‌تواند بر میزان جذب ماده شیمیایی در زمان فعالیت تاثیرگذار باشد، میزان جذب حلال‌های آلی در خون و ضریب پراکندگی این حلال‌ها بین خون و هوا است. افزایش تهویه ریوی باعث افزایش جذب حلال‌های آلی که ضریب پراکندگی بین خون و هوا آن‌ها بالاتر از ۶ است، می‌شود (۸). بطور مثال از آنجایی که ضریب پراکندگی بین خون و هوا تتراکلرواتیلن ۱۰/۳ است، افزایش میزان فعالیت و تهویه ریوی تاثیر بسزایی بر میزان جذب تتراکلرواتیلن خواهد داشت (۹). بنابراین از آنجا که گرما، مانند تمرینات ورزشی، منجر به افزایش تهویه ریه می‌شود، یکی از علل افزایش جذب مواد شیمیایی در افراد مواجهه یافته با گرما است (۱۰). خشکشویی یکی از مشاغل رایجی است که در آن شاغلین در معرض مواجهه شغلی با یک حلال آلی (تتراکلرواتیلن) می‌باشند و همزمان فعالیت ماشین‌های مورد استفاده که وظیفه شستشو و اتوی لباس را برعهده دارند باعث تولید گرما و بروز احساس ناراحتی در محیط می‌شود (۱۱-۱۳). تتراکلرواتیلن حلال غیرقابل اشتعالی است که از سوی آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC) در گروه ۲A و به عنوان سرطان‌زای قطعی در حیوان و سرطان‌زای احتمالی در انسان طبقه‌بندی شده‌است (۱۴). اثرات بهداشتی مواجهه با تتراکلرواتیلن محدوده وسیعی از جمله تاثیر بر تولید مثل و سیستم عصبی مرکزی تا احتمال ایجاد سرطان در قسمت‌های مختلف بدن، آسیب‌های کبدی و کلیوی و حتی آسیب سیستم بینایی را شامل می‌گردد (۱۲، ۱۵، ۱۶). جذب تنفسی، اصلی ترین راه جذب تتراکلرواتیلن است. تتراکلرواتیلن به سرعت از طریق اپی‌تلیوم آلوئولار ریه جذب می‌شود (۱۷). بخشی از این ماده شیمیایی فرار جذب شده در بدن از طریق بازدم حذف می شود (۱۸). از سویی اندازه گیری ترکیبات و برخی از متابولیت‌ها در هوای بازدمی روش مناسبی برای پایش بیولوژیکی محسوب می‌گردد؛ زیرا علاوه برغیرتهاجمی بودن نمونه برداری و عدم ایجاد ناراحتی در کارگر، نسبت به سایر نمونه‌های بیولوژیک از روش‌های تجزیه بسیار ساده‌تری برخوردار است (۱۹). لذا مطالعه حاضر با هدف تعیین ارتباط بین سطح استرین حرارتی بدن با سطح تتراکلرواتیلن در هوای بازدم شاغلین خشکشویی انجام شد.

روش بررسی

در این مطالعه توصیفی تحلیلی از نوع همبستگی شاغلین خشکشویی‌های مورد بررسی یک بار در فصل زمستان و بار دیگر در فصل تابستان مورد بررسی قرار گرفتند. علت دو مرحله‌ای بودن مطالعه انجام شده حذف اثر تفاوت‌های فردی کارکنان و محیط خشکشویی‌های مورد مطالعه بود تا از این طریق بتوان دقیق‌تر تاثیر تغییرات دمای هوا بر متغیرهای استرین حرارتی مورد بررسی قرار داد. معیارهای ورود به این مطالعه شامل عدم ابتلا به بیماری‌های قلبی -عروقی، بیماری‌های تیرویید، فشار خون، دیابت، بیماری‌های تب‌دار و عفونی و عدم پر کاری تیروئید، عدم مصرف داروهای آنتی‌دیورتیک و عدم مصرف داروهای مؤثر بر ضربان قلب بود.

نمونه برداری تتراکلرواتیلن در محیط خشکشویی:

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

نمونه برداری غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوا (محیطی و فردی) بر اساس روش NIOSH ۱۰۰۳ (۲۰)، توسط لوله جاذب کربن فعال (ساخت شرکت SKC)متصل به پمپ نمونه برداری فردی کالیبره شده مدل ۲۲۲ ساخت شرکت SKC با دبی ۱۰۰ میلی لیتر بر دقیقه انجام پذیرفت. نمونه‌های هوای بازدمی نیز مطابق با توصیه روش NIOSH ۳۷۰۴ (۲۱) توسط کیسه‌های نمونه بردار سه لیتری از جنس تدلار ساخت شرکت SKC جمع آوری گردید. به منظور حذف آلودگی‌های احتمالی، کلیه کیسه ها قبل از انجام نمونه برداری، ۳ بار توسط هوای خالص پر و خالی گردید. سپس از افراد شرکت کننده درخواست گردید تا به مدت ۵ دقیقه در هوای آزاد نفس کشیده و بعد از حبس نمودن نفس خود به مدت ۱۰ ثانیه، نیمی از بازدم خود را به هوای بیرون و نیمی دیگر را به داخل کسیه بدمند و این عمل را تا پر شدن کیسه ادامه دهند. فرآیند پر شدن کیسه از هوای بازدمی در داخل محیط خشکشویی صورت گرفت. سپس نمونه‌های جمع‌آوری شده بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوا (محیطی و فردی)، بعد از بهینه‌سازی شرایط تجزیه‌ای در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه GC-FID مدل Shimadzu ۲۰۱۰ تعیین مقدار گردید. به علت عدم دسترسی به آشکارساز PID میزان تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی مطابق روش پیشنهادی در مطالعه اسویت و همکاران از طریق تلفیق روش‌های ۱۰۰۳ و NIOSH ۳۷۰۴ و با استفاده از دستگاه GC-FID اندازه‌گیری گردید (۲۲). جهت کالیبراسیون دستگاه گازکروماتوگرافی جهت آلاینده مورد نظر در ابتدا محلول‌های استاندارد مادر و کاربردی بعد از انجام محاسبات مبتنی بر چگالی از طریق تزریق تتراکلرواتیلن به داخل کسیه‌های نمونه بردار به روش استاتیک ساخته شد. بدین منظور با تزریق مقادیر ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ میکرولیتر تتراکلرواتیلن توسط سرنگ میکرولیتری همیلتون (Hamilton) به درون کیسه های سه لیتری تدلار به ترتیب استانداردهای کاربردی با غلظت‌های ۰/۰۵۴، ۰/۱۰۸، ۰/۱۶۲، ۰/۲۱۶ و ۰/۲۷ میکروگرم بر لیتر درون کیسه‌ها ساخته شد. در ادامه غلظت‌های ساخته شده در کیسه‌های نمونه بردار با استفاده از یک پمپ نمونه بردار فردی به داخل زغال فعال انتقال داده شد و پس از آماده‌سازی با دی سولفیدکربن تجزیه گردید. در نهایت منحنی کالیبراسیون رسم و غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی محاسبه گردید. جهت آماده سازی نمونه جهت تزریق به دستگاه ابتدا تتراکلرواتیلن جمع‌آوری شده در کیسه‌های نمونه بردار توسط پمپ نمونه برداری فردی به داخل لوله‌های جاذب زغال فعال انتقال داده شد و سپس توسط حلال دی‌سولفید کربن از جاذب استخراج و مطابق روش NIOSH ۱۰۰۳ (۲۰) تعیین مقدار گردید. شرایط بهینه سازی شده دستگاه گازکروماتوگراف و مشخصات ستون مورد استفاده در روش پیشنهادی در جدول ۱ نشان داده شده است.

نمونه برداری تتراکلرواتیلن در هوای بازدم: برای اندازه گیری غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوای بازدمی، ابتدا محلول‌های استاندارد مادر و کاربردی بعد از انجام محاسبات مبتنی بر چگالی از طریق تزریق تتراکلرواتیلن به داخل کسیه‌های نمونه بردار به روش استاتیک ساخته شد. بدین منظور با تزریق مقادیر ۰/۵ – ۰/۱ میکرولیتر تتراکلرواتیلن توسط سرنگ میکرولیتری همیلتون (Hamilton) به درون کیسه های سه لیتری تدلار، استانداردهای کاربردی با غلظت ۰/۲۷-۰/۰۵۴ میکروگرم بر لیتر درون کیسه ها ساخته شد. حد تشخیص LOD (Limit of Detection) روش مذکور به صورت تجربی از طریق کاهش متوالی غلظت درون کیسه‌ها ۰/۰۰۹ میکروگرم بر لیتر به دست آمد

جدول ۱- شرایط بهینه سازی و مشخصات ستون مورد استفاده در دستگاه GC-FID

شرایط بهینه شده دستگاه GC	مشخصات ستون
دمای تزریق: ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد دمای اولیه ستون: ۷۰ درجه سانتی‌گراد زمان نگهداری در دمای اولیه: ۵ دقیقه زمان افزایش دما: به ازای هر دقیقه، ۱۰ درجه افزایش دما تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد کل زمان تجزیه: ۱۰ دقیقه	ستون مویین Rtx1 جاذب ۲ میکرومتری پلی متیل سیلوکسان

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

که حاکی از حساسیت بالای روش پیشنهادی می‌باشد. در ادامه غلظت‌های ساخته شده در کیسه‌ها با استفاده از پمپ نمونه بردار فردی به داخل زغال فعال انتقال داده شد. به منظور آماده سازی برای تجزیه ابتدا قسمت جلویی لوله جاذب زغال فعال شکسته و جاذب کربن فعال حاوی آلاینده جذب شده درون ویال ۱/۵ میلی‌لیتری ریخته شد. سپس ۱ میلی لیتر حلال دی سولفید کربن به ویال اضافه کرده و به منظور انتقال تتراکلرواتیلن از جاذب کربن فعال به حلال دی سولفیدکربن در ویال محکم گردید و به مدت ۳۰ دقیقه درون شیکر (مدل FR 602) قرار داده شد. در نهایت ۱میکرولیتر از محلول حاصله به دستگاه گازکروماتوگرافی با آشکارساز FID تزریق گردید(۲۳).

اندازه گیری استرین های حرارتی: در این مطالعه جهت اندازه‌گیری شاخص دمای زیر زبانی از دماسنج جیوه‌ای طبی و برای اندازه گیری شاخص ضربان قلب از ضربان سنج مچی مدل Beurer PM110 ساخت کشور آلمان استفاده شد. قابل ذکر است که ضربان سنج مذکور قابلیت اندازه‌گیری میزان متابولیسم بر اساس جنسیت، قد و وزن افراد را دارا می‌باشد و مقدار متابولیسم در این مطالعه با استفاده از این ضربان سنج اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری ضربان قلب و دمای زیرزبانی بدن برای هر فرد در زمان انجام فعالیت و همزمان با نمونه برداری از هوای بازدمی ثبت شد. مطابق با توصیه کنفرانس دولتی مهندسین بهداشت صنعتی آمریکا برای دستیابی به مقدار دمای عمقی مقدار ۰/۵ درجه سانتی‌گراد به مقدار دمای زیرزبانی اندازه گیری شده اضافه شد. هر یک از معیار های اندازه گیری دمای بدن از جمله دمای گوش، دمای تیمپانیک، دمای زیر زبانی و دمای پوست دارای معایب و مزایایی هستند با این حال علت انتخاب دمای زیر زبانی در این مطالعه میدانی سهولت اندازه گیری، انعکاس سریع تغییرات دمای عمقی بدن و تمایل کارگران به این روش نمونه گیری بود. طبق روش استاندارد ۲۰۰۴ :۹۸۸۶ ISO (۲۴) جهت دستیابی به نتایج معتبر پانزده دقیقه قبل از اندازه گیری از افراد خواسته شد از خوردن، آشامیدن و کشیدن سیگار اجتناب کنند . طبق توصیه استاندارد دمای زیرزبانی برای شرایط دمایی بین ۱۸ تا ۳۰ درجه دارای صحت قابل قبولی است به شرط اینکه جهت اندازه گیری دماسنج حداقل ۸ دقیقه داخل دهان بسته فرد قرار گیرد. نهایتا داده‌های به دست آمده با استفاده از نسخه ۲۱ نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت بررسی ارتباط بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و سطوح استرین حرارتی از آزمون آماری تی زوجی استفاده شد.

یافته‌ها

افراد مورد مطالعه شامل ۲۱ نفر مرد و ۳ نفر زن بودند. جدول ۲ و ۳ به ترتیب نتایج اندازه گیری غلظت تتراکلرو اتیلن در محیط و در هوای بازدم شاغلین و مقادیر دمای تابشی، خشک و تر طبیعی در محیط خشکشویی را نشان می دهد. نتایج نشان داد مقدار تتراکلرواتیلن در هوای بازدم در فصل تابستان بالاتر از حد مجاز کشوری (ppm ۳) بوده و نسبت به

جدول ۲- مقادیر تتراکلرواتیلن در محیط خشکشویی و هوای‌بازدم شاغلین در فصول زمستان و تابستان

متغیر	تابستان				زمستان				p
	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	
غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدم (ppm)	۳/۱۸	۳/۵۷	۰/۱۹	۱۴/۳۹	۲/۲۳	۲/۲۳	۰/۰۰۲	۱۱/۲۲	۰/۰۰۵
غلظت تتراکلرواتیلن در هوای محیط خشکشویی (ppm)	۴۵/۹۱	۱۸/۱۸	۱۸/۲۳	۷۵/۸۹	۵۰/۶۴	۳۵/۶۶	۲/۴۵	۱۰۳/۴۱	۰/۴۳

جدول ۳- مقادیر دمای تابشی، خشک و تر طبیعی در فصول زمستان و تابستان در محیط خشکشویی

متغیر	تابستان				زمستان			
	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر
دمای خشک °C	۲۹/۴۲	۰/۹۷	۲۷/۴	۳۱	۱۵/۶۹	۱/۱۹	۱۳/۹	۱۷/۷
دمای تابشی °C	۳۰/۷۷	۱/۵۵	۲۷/۴	۳۳/۸	۱۵/۶۷	۱/۲۱	۱۴	۱۸
دمای تر طبیعی °C	۲۳/۹۶	۱/۱۲	۲۲/۷	۲۶/۴	۱۴/۴	۱/۳۸	۱۲/۸	۱۶/۵

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

فصل زمستان افزایش معنی‌داری (افزایش حدود ۴۳٪) را نشان داد (p=۰/۰۰۵). اما مقدار غلظت پرکلرواتیلن در محیط خشکشویی و نیز مقدار متابولیسم افراد در فصل تابستان و زمستان تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (p>۰/۰۵).

جدول ۴ نتایج اندازه گیری شاخص های استرین حرارتی شاغلین را نشان می دهد. بر اساس نتایج آزمون آماری تی زوجی دمای عمقی، ضربان قلب شاغلین و میزان تهویه ریوی شاغلین در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان افزایش معنی داری را نشان داد.

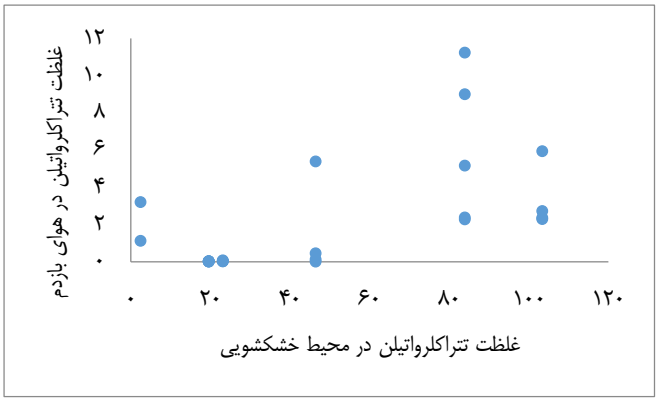
نتایج وضعیت همبستگی غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و هوای محیط خشکشویی، در فصول تابستان و زمستان با استفاده از آزمون آماری پیرسون مورد بررسی قرار گرفت، در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج ذکر شده بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و محیط خشکشویی در

جدول ٤- مقادیر شاخص‌های استرین حرارتی شاغلین در فصول زمستان و تابستان

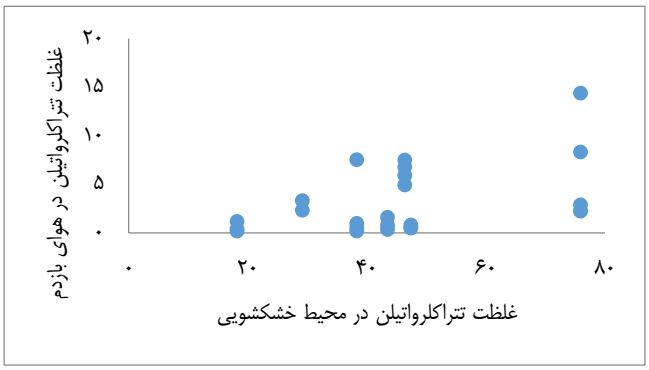
متغیر	تابستان				زمستان				p
	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	
ضربان قلب (ضربه در دقیقه)	۹۹/۹۵	۹/۱۵	۸۰	۱۲۵	۹۰/۹۵	۹/۰۵	۶۱	۹۹	۰/۰۰۱
دمای عمقی (درجه سانتی‌گراد)	۳۷/۳	۰/۱۶	۳۷	۳۷/۶	۳۷/۱	۰/۱۵	۳۶/۸	۳۷/۵	۰/۰۰۱
تهویه ریوی (تعداد تنفس در دقیقه)	۲۶	۳/۵	۱۴	۲۸	۲۰/۵	۲/۵	۱۵	۲۳	۰/۰۰۱
متابولیسم (کیلوکالری در ساعت)	۱۱۰/۸۶	۱۴/۱۱	۸۷/۲	۱۴۱/۵	۱۰۸/۷۳	۱۷/۴۸	۸۰/۱	۱۳۸/۹	۰/۲۳۷

جدول ٥- نتایج آزمون همبستگی بین غلظت تتراکلرواتیلن در محیط خشکشویی و هوای بازدمی درفصول زمستان و تابستان

متغیر	فصل	غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی (ppm)	
		r	p
غلظت تتراکلرواتیلن در محیط (ppm)	زمستان	۰/۵۸	۰/۰۰۳
	تابستان	۰/۴۶	۰/۰۲۳



شکل ۱- نمودار پراکنش غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدم و محیط خشکشویی در فصل زمستان بر حسب ppm



شکل ۲- نمودار پراکنش غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدم و محیط خشکشویی در فصل تابستان بر حسب ppm

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

هر دو مرحله اندازه گیری ارتباط معنی‌دار و مستقیم وجود دارد. شکل ۱ و ۲ نمودار پراکنش مقادیر غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدم و محیط خشکشویی را در دو فصل زمستان و تابستان نشان می‌دهد.

بحث

با توجه به وجود آلاینده شیمیایی و استرس گرمایی در بسیاری از محیط‌های کاری و تاثیر این عوامل بر سلامت کارکنان و حتی روند کاری و اجتناب ناپذیر بودن مواجهه با عوامل ذکر شده و با عنایت به این موضوع که در چنین محیط‌هایی اثر شرایط دمایی محیط و گرمای متابولیسم ایجاد شده در نتیجه فعالیت فرد با یکدیگر ترکیب شده و باعث ذخیره گرما و افزایش دمای عمقی بدن شده و از سویی افزایش جریان خون سطحی، تعریق و تهویه ریوی بیشتر و افزایش دمای مرکزی بدن می‌تواند جذب مواد شیمیایی را تحت تاثیر قرار دهد، بررسی همزمان این عوامل علاوه بر محیط‌های آزمایشگاهی در محیط‌های واقعی بدیهی بنظر می‌رسد. اکثر مطالعات انجام شده جهت بررسی تاثیر دمای محیط بر مواد شیمیایی بر روی حیوانات آزمایشگاهی کوچک انجام شده است. نتایج نشان داده است که تنش حرارتی تاثیر قابل توجه‌ای در افزایش مسمومیت و افزایش نرخ مرگ و میر در گونه‌های مورد آزمایش دارد. در حالی‌که عدم درک تفاوت‌های فیزیولوژیکی گونه‌های آزمایشگاهی و انسان مانعی مهم جهت تعمیم نتایج تحقیقات حاصل از مطالعات آزمایشگاهی به شرایط انسانی محسوب می‌گردد (۶). از سویی برخی مطالعات آزمایشگاهی تغییرات دما را بر میزان جذب برخی مواد شیمیایی و نیز تاثیر افزایش تهویه ریوی به عنوان عامل تاثیر پذیر از افزایش گرما بر جذب برخی مواد شیمیایی به طور آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده و افزایش غلظت و میزان آلاینده جذب شده را نشان داده است. از جمله این مطالعات، مطالعه آزمایشگاهی گرای می‌باشد که نشان داد مواجهه استنشاقی در طی تنش حرارتی به دلیل افزایش نرخ تهویه و حجم جاری تنفس، تشدید می‌شود. در این مطالعه افزایش ۱۰ درجه سانتی‌گرادی در دمای محیط باعث افزایش ۲۵٪ سمیت نیتروژن اکساید استنشاقی به دلیل افزایش حجم تنفسی شد (۲۵). تردیف نیز در مطالعه خود نشان داد که افزایش تهویه ریوی می‌تواند باعث افزایش ۲۰۰٪ در غلظت شاخص‌های بیولوژیکی مواجهه برای بسیاری از حلال‌های محلول در خون (مانند تولوئن، استن، تری‌کلرواتیلن و استایرن) شود (۲۶). تردیف در مطالعه دیگر خود نشان داد با افزایش فعالیت فیزیکی میزان تهویه ریوی افزایش یافته و میزان اِن هگزان در هوای بازدمی روند صعودی آرامی را طی می‌کند (۲۷). مطالعه نادآیو نشان داد میزان غلظت تولوئن در هوای بازدمی در زمان اعمال فیزیکی با شدت نسبتا کم در مقایسه با زمان استراحت به طور قابل توجه‌ای افزایش یافته است (۲۸). در مطالعه تقریبا مشابه، تورچن میزان تغییرات بار کاری و تهویه ریوی را بر میزان جذب استایرن در بازدم هوا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نیز نشان داد غلظت شاخص‌های بیولوژیکی استایرن با تمرین فیزیکی دارای نوسان است و به شدت فعالیت بدنی و تهویه ریوی بستگی دارد. بنابراین شدت بار کاری باید در تفسیر داده‌های پایش بیولوژیکی و در ارزیابی خطر سلامت مرتبط با مواجهه با استایرن مورد توجه قرار گیرد (۷). با توجه به نتایج مطالعه حاضر و با عنایت به تفاوت معنی‌دار بین میزان ضربان قلب و دمای عمقی بدن در فصل تابستان و زمستان و با در نظر داشتن این نکته که مقدار غلظت تتراکلرواتیلن در هوای محیط خشکشویی در فصول تابستان و زمستان تفاوت معنی‌داری نداشته است اما مقادیر غلظت هوای بازدمی در فصل تابستان افزایش یافته است، می توان دلیل افزایش غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی را به افزایش میزان دمای عمقی و ضربان قلب نسبت داد.

ازجمله نقاط قوت مطالعه حاضر انجام اولین بررسی همزمان مواجهه با تنش‌های حرارتی و بخارات آلی تتراکلرواتیلن در محیط واقعی و بدون مداخله در وضعیت کاری می‌باشد. همچنین این مطالعه اولین بررسی همزمان مواجهه با تنش‌های حرارتی و بخارات آلی تتراکلرواتیلن در محیط خشکشویی است. تعداد پایین نمونه، وجود محدودیت‌های زمانی و مالی و نمونه‌گیری هوای بازدمی بدون کنترل دی اکسید کربن موجود در هوای بازدمی و نیز تجزیه نمونه‌های بازدمی بدون تزریق مستقیم به دستگاه گازکروماتوگرافی و عدم دسترسی به آشکارساز PID از نقاط ضعف مطالعه حاضر می‌باشد. از سویی به دلیل انجام طرح مطالعه حاضر برای اولین بار در سطح کشور در شرایط واقعی کار

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

امکان مقایسه و تعمیم نتایج بدست آمده وجود نداشت. به نوعی می‌توان گفت مطالعه حاضر در راستای معرفی مواجهه شغلی همزمان موجود در محیط های کار و استفاده از آن جهت تدوین و تصحیح حدود مجاز مواجهه در مشاغلی است که علاوه بر مواد شیمیایی خطرناک از لحاظ تنش‌های حرارتی نیز دچار مخاطره هستند. مطالعه حاضر افزایش تعداد افراد شرکت کننده، بررسی میزان تاثیر تطابق یافتگی گرمایی بر میزان دمای عمقی و ضربان قلب و نیز استفاده از تهویه مکنده موضعی(در محل قرارگیری دستگاه خشکشویی و مخصوصا استفاده از آن در زمان قرار دادن و تخلیه لباس‌ها از دستگاه) در طرح ریزی مطالعات آینده پیشنهاد می‌دهد.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد علی‌رغم یکسان بودن غلظت تتراکلرواتیلن در هوای محیط خشکشویی در فصول زمستان و تابستان به طور کلی سطح تتراکلرواتیلن در هوای بازدم به علت افزایش سطح استرین حرارتی و تهویه ریوی شاغلین خشکشویی نزدیک به ۴۳٪ افزایش یافته است. همچنین نتایج نشان داد مواجهه کارگران با شرایط دمایی گرم می‌تواند منجر به افزایش جذب تنفسی آلاینده‌ها در شاغلین گردد. با توجه به اینکه مطالعه حاضر اولین مطالعه تجربی بررسی تاثیر استرین‌های حرارتی در محیط واقعی بر افزایش جذب آلاینده‌های شیمیایی است، جهت تحلیل و قضاوت جامع تر در خصوص افزایش سمیت آلاینده‌ها در مواجهه با استرس های حرارتی ، نیاز به انجام مطالعات مشابه در ابعاد گسترده تری بر روی سایر جمعیت های شغلی می‌باشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای به شماره ۹۴۱۲۱۸۷۲۶۴ است. بدین وسیله از کلیه شاغلین محترم در خشکشویی‌های مورد مطالعه به جهت همکاری صادقانه و همچنین از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان برای حمایت مالی از این طرح تحقیقاتی سپاسگزاری می‌نماید.

References

1. National Institute for Occupational Safety and Health (Niosh). Criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments. Centers for Disease Control and Prevention; Department of Health and Human Services; 2013.
2. Aliabadi M, Farhadian M, Jalali M, Jahangiri M, Negahban AR. A new empirical approach for predicting heat strain in workers exposed to hot indoor environments. Indoor Built Environ. 2018; 27(5):597-605.
3. Anderson JC, Hlastala MP. Breath tests and airway gas exchange. Pulm Pharmacol Ther. 2007;20(2):112-7.
4. Jalali M, Aliabadi M, Farhadian M, Negahban S. Investigation of the variation of urine density as abiomarker of dehydration conditions in workers employed in hotworkplaces. Iran Occup Health. 2014;11(2):99-110.
5. Hemmatjo R, Motamedzade M, Aliabadi M, Kalatpour O, Farhadian M. The effect of various hot environments on physiological responses and information processing performance following firefighting activities in a smoke-diving room. Saf Health Work. 2017;8(4): 386-392.
6. Leon LR. Thermoregulatory responses to environmental toxicants: The interaction of thermal stress and toxicant exposure. Toxicol Appl Pharm. 2008;233(1):146-61.
7. Truchon G, Brochu M, Tardif R. Effect of physical exertion on the biological monitoring of exposure to various solvents following exposure by inhalation in human volunteers: III. Styrene. J Occup Environ Hyg. 2009;6(8):460-7.
8. Csanády GA, Filser J. The relevance of physical activity for the kinetics of inhaled gaseous substances. Arch Toxicol. 2001;74(11):663-72.
9. Gargas ML, Burgess RJ, Voisard DE, Cason GH, Andersen ME. Partition coefficients of low-molecular-weight volatile chemicals in various liquids and tissues. Toxicol Appl Pharm. 1989;98(1):87-99.
10. Mautz WJ. Exercising animal models in inhalation toxicology: interactions with ozone and formaldehyde. Environ Res. 2003;92(1):14-26.
11. Hadkhale K, Martinsen JI, Weiderpass E, Kjaerheim K, Lynge E, Sparen P, et al. Occupation and risk of bladder cancer in Nordic countries. J Occup Environ Med. 2016; 58(8):301-307.
12. Duffy SA, Hong O. Knowledge of occupational chemical exposure and smoking behavior in korean immigrant drycleaners. J Immigr Minor Health. 2016;18(1):243-51.
13. Jalil AS, Dor Z, Yahya MS, Mohideen Batcha MF, Hasnan K. Heat stress investigation on laundry workers. International Conference on Ergonomics

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

(ICE07), Kuala Lumpur; 2007.
14. McKernan LT, Ruder AM, Petersen MR, Hein MJ, Forrester CL, Sanderson WT, et al. Biological exposure assessment to tetrachloroethylene for workers in the dry cleaning industry. Environ Health Glob. 2008;7(1):1.
15. Ruder AM, Ward EM, Brown DP. Mortality in dry-cleaning workers: An update. AM J Ind Med. 2001;39(2):121-32.
16. Verplanke AJ, Leummens MH, Herber RF. Occupational exposure to tetrachloroethene and its effects on the kidneys. J Occup Environ Med. 1999;41(1):11-16.
17. Pirsaraei SRA, Khavanin A, Asilian H, Soleimanian A. Occupational exposure to perchloroethylene in dry-cleaning shops in Tehran, Iran. IND Health. 2009;47(2):155-9.
18. Ziener C-E, Braunsdorf P-P. Trace analysis in end-exhaled air using direct solvent extraction in gas sampling tubes: Tetrachloroethene in workers as an example. Int J Anal Chem. 2014; 64(6):397-400.
19. Rostami F, Assari MJ, Aliabadi M, Farhadian M. Relationship of tetrachlorethylene concentration in exhaled air with personal exposure level among dry cleaning workers. J Occup Hyg Eng. 2017;4(3):1-7.
20. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Manual of Analytical Methods (Hydrocarbons, Halogenated) [Internet]. November 2010. Available from: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1003.pdf.
21. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition ,perchloroethylene (portable GC) in exhaled breath and air [Internet]. January 1998. Available from:https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/3704.pdf.
22. Sweet ND, Burroughs G, Ewers L, Talaska G. A field method for near real-time analysis of perchloroethylene in end-exhaled breath. J Occup Environ Hyg. 2004;1(8):515-20.
23. Bahrami A. Sampling and analysis of pollutants in air, Volume 2, Fanavaran Publication, Tehran; 2016.
24. ISO 9886. Ergonomics - Evaluation of thermal strain by physiological measurements.International Organization for Standardization; Geneva; Switzerland; 2004.
25. Boningari T, Smirniotis PG. Impact of nitrogen oxides on the environment and human health: Mn-based materials for the NOx abatement. Curr Opin Chem Eng. 2016;13:133-41.
26. Truchon G, Tardif R, Droz P, Charest-Tardif G, Pierrehumbert G, Drolet D. Quantification of biological variability using modeling—development of a strategy guide for biological exposure monitoring, Montréal, IRSST; 2003.
27. Tardif R, Nadeau V, Truchon G, Brochu M. Effect of physical exertion on the biological monitoring of exposure to various solvents following exposure by inhalation in human volunteers: II. n-Hexane. J Occup Environ Hyg. 2007;4(7):502-8.
28. Nadeau V, Truchon G, Brochu M, Tardif R. Effect of physical exertion on the biological monitoring of exposure of various solvents following exposure by inhalation in human volunteers: I. Toluene. J Occup Environ Hyg. 2006;3(9):481-9.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]