©2019 ASP Ins., Afarand Scholarly Publishing Institute, Iran

ISSN: 1027-1457; Iranian Journal of Forensic Medicine. 2019;25(3):113-119

Occupational Exposure Rate of Staffs of Bushehr Forensic Medicine Toxicology Lab to Chloroform, Diethyl Ether and Ammonia

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Hafizifard H.[1] *MSc,*
Moradi F.[1] *MSc,*
Kargarzadeh Ravari A.[1] *MA,*
Ebrahimpour K.*[2] *PhD*

How to cite this article
Hafizifard H, Moradi F, Kargarzadeh Ravari A, Ebrahimpour K. Occupational Exposure Rate of Staffs of Bushehr Forensic Medicine Toxicology Lab to Chloroform, Diethyl Ether and Ammonia. Iranian Journal of Forensic Medicine. 2019;25(3)-:113-119.

[1]Legal Medical Organization of Bushehr, Bushehr, Iran
[2]Environmental Health Engineering Department, Health Faculty, Isfahan University of Medical sciences, Isfahan, Iran

***Correspondence**
Address: Environmental Health Engineering Department, Health Faculty, Isfahan University of Medical sciences, Hezar-Jarib Street, Isfahan, Iran. Postal Code: 8174673461
Phone: +98 (31) 37923226
Fax: +98 (31) 36682509
k.najafabady@sbmu.ac.ir

Article History
Received: February 23, 2019
Accepted: July 8, 2019
ePublished: September 21, 2019

ABSTRACT

Aims Ammonia, chloroform, and diethyl ether are the three most commonly used solvents in sample preparation and extraction processes in forensic laboratories (especially forensic toxicology laboratory). The staffs of these labs are notably exposure to these solvents. Exposure to these solvents can have deleterious effects, such as hepatotoxicity, neurotoxicity, carcinogenicity and mutagenicity. The aim of this study was to evaluate the occupational exposure of Bushehr forensic laboratories staff to these solvents.

Materials & Methods This experimental research was performed in a cross-sectional study in 2017. Sampling was conducted individually for two consecutive weeks using individual sampling pump and adsorbent tubes. Analysis the amount of chloroform and diethyl ether was conducted using gas Chromatography with flame-ionization detector, and analysis the amount of ammonia was conducted using Spectrophotometer at 660 nm. Weight-time averages of exposure were also calculated using the relevant formulas.

Findings Weight-time averages of exposure to chloroform, diethyl ether and ammonia in the extraction section of the laboratory on days without sample extraction were 0.021, 0.0017 and 0.17ppm, respectively and on the days with sample extraction were 7.02 32.25 and 3.63ppm, respectively. There was a significant difference between the amount of staff exposure on the days of extraction and days without extraction ($p<0.05$). The weight-time average of exposure for all solvents (except chloroform) was less than their allowed limitation by the country.

Conclusion However, exposure levels of staffs of forensic medical laboratories in Bushehr is lower than the allowed limitation by the country, but in some cases (especially chloroform), these exposures are at the warning range.

Keywords Occupational Exposure; Chloroform; Diethyl Ether; Ammonia; Laboratory Personnel; Forensic Medicine

CITATION LINKS

[1] Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor ... [2] Occupational health hazards in the interventional laboratory: time for a safer ... [3] Breast cancer risk after occupational solvent exposure: the influence of timing and ... [4] Exposure to chemical carcinogens and risk of cancer among Finnish laboratory ... [5] Effect of occupational exposures on male fertility: literature ... [6] Congenital malformations related to maternal exposure to specific agents in biomedical research ... [7] Indoor air quality: the latest sampling and analytical ... [8] A suspicious case of chloroform induced acute toxic hepatitis in laboratory ... [9] Occupational exposure to chlorinated solvents and risks of glioma and meningioma in ... [10] Environmental and occupational exposure to chemicals and telomere length in human ... [11] Occupational exposure to carbon dioxide, ammonia and hydrogen sulphide on livestock farms in north-west ... [12] A workforce-based study of occupational exposures and asthma symptoms in cleaning ... [13] Potential health hazards for students exposed to formaldehyde in the gross anatomy ... [14] NIOSH Manual of analytical methods 5th edition and harmonization of occupational ... [15] Feasibility study for application of the marine coral powder as an adsorbent for Volatile Organic ... [16] Evaluation of a fluorometric method for measuring low concentrations of ammonia in ambient ... [17] TLVs and BEIs: Based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure ... [18] Analytical method development ... [19] Occupational exposure limits: a comparative ... [20] Central auditory damage induced by solvent ... [21] Exposure and cancer risk assessment for formaldehyde and acetaldehyde in the hospitals, Fortaleza-Brazil. Build ... [22] Risk assessment of chemicals in a toxicological laboratory: a case ... [23] The hazards of a chemical laboratory environment—a study of the mortality in two cohorts of Swedish ...

Copyright© 2019, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

میزان مواجهه شغلی کارکنان آزمایشگاه سم‌شناسی پزشکی قانونی بوشهر با حلال‌های کلروفرم، دی‌اتیل‌اتر و آمونیاک

هنگامه حفیظی‌فرد MSc
سازمان پزشکی قانونی بوشهر، بوشهر، ایران
فاطمه مرادی MSc
سازمان پزشکی قانونی بوشهر، بوشهر، ایران
احمد کارگرزاده‌راوری MA
سازمان پزشکی قانونی بوشهر، بوشهر، ایران
کریم ابراهیم‌پور* PhD
گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده
اهداف: آمونیاک، کلروفرم و دی‌اتیل‌اتر سه حلال بسیار پرکاربرد در فرآیندهای آماده‌سازی و استخراج نمونه در آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی (به‌خصوص آزمایشگاه سم‌شناسی قانونی) هستند و کارکنان این بخش‌ها مواجهات قابل‌توجهی را با این حلال‌ها تجربه می‌کنند. مواجهه با این حلال‌ها اثرات زیان‌باری مانند سمیت‌های کبدی و عصبی، سرطان‌زایی و جهش‌زایی را می‌تواند به دنبال داشته باشد. هدف این مطالعه ارزیابی میزان مواجهه شغلی کارکنان آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی بوشهر با این حلال‌ها بود.
مواد و روش‌ها: این مطالعه تجربی به‌صورت مقطعی در سال ۱۳۹۶ انجام شد. نمونه‌گیری‌ها به‌صورت فردی و در دو هفته متوالی به کمک پمپ نمونه‌برداری فردی و لوله‌های جاذب صورت پذیرفت. تعیین مقدار کلروفرم و دی‌اتیل‌اتر با استفاده از دستگاه گازکروماتوگراف مجهز به دتکتور یونیزان شعله‌ای و آنالیز مقادیر آمونیاک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۶۶۰نانومتر انجام شد. میانگین وزنی-زمانی مواجهه نیز به کمک فرمول‌های مربوطه مورد محاسبه قرار گرفت.
یافته‌ها: میانگین میزان مواجهه با کلروفرم، دی‌اتیل‌اتر و آمونیاک در بخش استخراج آزمایشگاه در روزهای بدون استخراج نمونه به ترتیب ۰/۰۲۱ppm، ۰/۰۰۷ و ۰/۱۷ و در روزهای استخراج به ترتیب ۷/۰۲ppm، ۳۲/۲۵ و ۳/۶۳ بود و بین میزان مواجهه کارکنان در روزهای استخراج و روزهای بدون استخراج تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$). میانگین وزنی- زمانی مواجهه برای همه حلال‌ها (به‌جز کلروفرم) کمتر از حدود مجاز کشوری آنها بود.
نتیجه‌گیری: اگرچه سطوح مواجهه‌ای کارکنان آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی شهر بوشهر کمتر از حدود مجاز کشوری است، ولی در برخی موارد (به‌خصوص در مورد حلال خطرناک کلروفرم) این مواجهات در سطح هشدار قرار دارد.
کلیدواژه‌ها: مواجهه شغلی، کلروفرم، دی‌اتیل‌اتر، آمونیاک، کارکنان آزمایشگاه، پزشکی قانونی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۱۷
*نویسنده مسئول: k.najafabady@sbmu.ac.ir

مقدمه
افراد بی‌شماری در سراسر جهان در مشاغل مختلف با مواد شیمیایی متنوعی در تماس هستند. مواجهه با این مواد می‌تواند منجر به اثرات بهداشتی متعددی بر افراد شود. از میان این مواد، ترکیبات آلی فرار یکی از عوامل اصلی آلوده‌کننده هوا بوده و به‌علت سرعت تبخیر بالا و انتشار سریع در محیط پیرامون، باعث مواجهه بسیاری از افراد و متعاقب آن اثرات جبران‌ناپذیر بر سلامت آنان در مشاغل گوناگون می‌شود. طبق تخمین سازمان بهداشت جهانی سالانه ۶۸ تا ۱۵۷میلیون مورد بیماری شغلی در اثر تماس‌های شغلی مختلف ایجاد می‌شود. در بین عوامل مخاطره‌آمیز محیط کار، عوامل شیمیایی به‌علت نوع و شدت اثراتی که بر سلامت انسان دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. هر یک از مواد شیمیایی دارای خطرات و زیان‌های مختص به خود است که در صورت تماس با آن رخ می‌دهد. زیان حاصل از آنها به نوع ماده شیمیایی، مسیر ورود به بدن، مقدار و طول زمان تماس بستگی دارد[1].
آزمایشگاه‌ها به‌عنوان مکان‌هایی که برخی از این مواد شیمیایی را دارا هستند حائز اهمیت هستند. شاغلین در آزمایشگاه‌ها از راه‌های مختلفی در معرض مواجهه با انواع مواد شیمیایی نظیر اسیدها و بازها، حلال‌های آلی و الکل‌ها هستند. بسیاری از پیامدهای ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی به‌صورت تجمعی و در طولانی‌مدت در بدن ظاهر می‌شود. تاکنون مطالعات مختلفی در ارتباط با تعیین میزان مواجهه فردی کارکنان شاغل در محیط‌های آزمایشگاهی انجام شده است. عوامل زیان‌آور هوابرد در غلظت‌های خاصی فاقد اثرات نامطلوب بهداشتی هستند، به‌طوری که شاغلین اگر به‌صورت مستمر در شیفت‌های کاری در معرض با این غلظت‌ها قرار گیرند احتمالاً در آنها عارضه‌ای ایجاد نخواهد شد. این مقادیر، حدود مواجهه شغلی نام دارد و لازم است کلیه محیط‌های شغلی از نظر میزان آلاینده‌های هوابرد مورد پایش قرار گرفته و نتایج با حدود مجاز مواجهه شغلی مقایسه شود[2].
در متون علمی بررسی‌شده، کمتر گزارشی در خصوص میزان حلال‌ها در هوای تنفسی کارکنان بخش‌های آزمایشگاهی وجود دارد و در بیشتر مطالعات به بررسی عوارض ایجادشده در بین این کارکنان پرداخته شده است. در مطالعه‌ای که توسط *اکنگا* و همکاران در سال ۲۰۱۴ روی بیش از ۴۷هزار زن با سابقه مواجهه شغلی با حلال‌ها انجام شد، مشخص شد که شانس ابتلا به سرطان سینه در تکنسین‌های آزمایشگاه‌های طبی که با حلال‌ها مواجهه دارند به نحو معنی‌داری بیشتر از سایر زنان است[3]. در مطالعه دیگری در فنلاند افزایش ابتلا به لوسمی و سرطان سیستم لنفاوی در بین کارکنان آزمایشگاه‌ها گزارش شده است[4]. کاهش باروری در مردان و عوارض بسیار متعدد روی جنین و همچنین سمیت تکاملی در بین نوزادانی که مادران آنها با حلال‌ها مواجهه داشته‌اند، از دیگر مواردی است که در بین کارکنان آزمایشگاه‌ها گزارش شده است[5, 6].
در متون علمی روش‌های متعددی برای شناسایی و تعیین مقدار حلال‌ها در محیط‌های آزمایشگاهی ارایه شده است که بسیاری از این روش‌ها جنبه پژوهشی و تحقیقاتی دارند، ولی با توجه به جنبه‌های قانونی و الزام‌آور این اندازه‌گیری‌ها، در اغلب کشورها

روش‌های استانداردشده‌ای برای اندازه‌گیری آلاینده‌ها در محیط‌های شغلی تدوین و توسط ارگان‌های قانون‌گذار ابلاغ شده است. معتبرترین سازمان قانون‌گذار در این زمینه انستیتو ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH) است که مجموعه دستورالعمل‌های استانداردشده‌ای را بدین منظور تهیه و ارایه نموده است[7].

یکی از مواد شیمیایی پرکاربرد در آزمایشگاه کلروفرم است که مایعی است به فرمول $CHCl_3$، بی‌رنگ و غیرقابل اشتعال با بوی مخصوص. این ماده قبلاً برای بیهوشی از راه تنفسی استفاده می‌شده است. کلروفرم یکی از خطرناک‌ترین هیدروکربن‌های کلردار فرّار است. تنفس، بلع و تماس آن با پوست زیان‌آور است و ممکن است سبب بیهوشی، فلج دستگاه تنفسی، توقف ضربان قلب و مرگ تاخیری به‌علت ضایعات کبدی و کلیوی شود. کلروفرم چربی پوست را می‌شوید و باعث تحریک آن می‌شود. در اثر تماس مزمن، علایم مشاهده‌شده شامل علایم عصبی و گوارشی شبیه افراد معتاد با الکل و همچنین بزرگ‌شدن کبد، التهاب سمی کبد و تجمع چربی در کبد هستند[8, 9].

دی‌اتیل‌اتر یکی از فرآورده‌های شیمیایی است که از آب‌گیری الکل‌اتیلیک ۹۶درجه در مجاورت اسیدسولفوریک ۹۸درجه در دمای ۱۴۰°C به دست می‌آید. اتر یکی از حلال‌های مهم غیرقطبی در شیمی است. به‌علت واکنش‌پذیری کم آن و همچنین نقطه جوش پایین آن حلال خوبی برای استخراج مواد آلی غیرقطبی است. اتر بیهوش‌کننده‌ای است که به‌عنوان حلال هم به کار برده می‌شود. سمیت این حلال در سیستم عصبی و اثرات سوء آن بر برخی از اندام‌های بدن مانند کبد و کلیه گزارش شده است[10].

آمونیاک مهم‌ترین ترکیب هیدروژن و نیتروژن است که در طبیعت از تجزیه مواد آلی ازت‌دار همچون اوره ادرار به دست می‌آید. آمونیاك به‌صورت مایع یا گاز بی‌رنگ بوده و دارای بوی تند و زننده است که اشک‌آور و خفه‌کننده است. چنانچه جریان بخارات آمونیاك با هوا مخلوط شود، مخلوط انفجاری حاصل می‌شود. آمونیاک سبب تحریکات دستگاه تنفسی، پوست و چشم شده و با آسیب‌رساندن به شش‌ها در اثر مواجهه با حجم زیاد این گاز می‌تواند سبب مرگ شود. گاز آمونیاك برای بولب‌های حسی بویایی بسیار سمی بوده و تنفس درازمدت آن موجب ازبین‌رفتن آنها و در نتیجه ازبین‌رفتن حس بویایی می‌شود. به علاوه تنفس درازمدت این گاز موجب آسیب مغزی نیز می‌شود[11, 12].

در آزمایشگاه پزشکی قانونی افراد معمولاً به‌صورت بلندمدت با تعداد زیادی مواد شیمیایی در غلظت‌های نسبتاً کم در تماس هستند. برخی از این ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی مانند دی‌اتیل‌اتر، کلروفرم و آمونیاک می‌توانند عوارضی را برای سلامتی کارکنان بخش استخراج آزمایشگاه و سم‌شناسی پزشکی قانونی به دنبال داشته باشند[11, 12].

در حال حاضر اطلاعات چندانی در خصوص میزان مواجهه کارکنان آزمایشگاه‌های سم‌شناسی با حلال‌های مورد استفاده در فرآیند استخراج نمونه وجود ندارد. این موضوع نگرانی‌هایی را در بین کارکنان آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی برانگیخته است که بر این اساس مطالعه حاضر با هدف اندازه‌گیری مقادیر آمونیاک، دی‌اتیل‌اتر و کلروفرم در هوای تنفسی آزمایشگاه‌های استخراج و سم‌شناسی پزشکی قانونی بوشهر و مقایسه نتایج با حدود مجاز مواجهه کشوری و بین‌المللی[13] طراحی شد.

با توجه به تعدد مراکز و آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی در کشور و شباهت کلی فرآیندها در این مراکز، انجام این مطالعه می‌تواند اطلاعات مناسبی از شرایط مواجهه‌ای کارکنان خدوم آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی فراهم نموده و از نتایج آن می‌توان در مورد پیش‌بینی تمهیدات کنترلی، آموزش بیشتر کارکنان، پایش و مراقبت‌های بهداشتی برای حفاظت کارکنان در مقابل مواجهه با مواد شیمیایی خطرناك در محیط کار استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

با توجه به یکسان‌بودن نسبی شرایط محیط کار، این مطالعه تجربی به‌صورت مقطعی در شهریور و مهر سال ۱۳۹۶ در بخش استخراج آزمایشگاه سم‌شناسی پزشکی قانونی بوشهر انجام شد.

الف) مواد و وسایل مورد استفاده: استاندارد خالص حلال‌های مورد نیاز شامل کلروفرم، دی‌اتیل‌اتر و آمونیاک به ترتیب با کدهای ۱۶۰۱۳۸۳، ۴۷۹۴۸ و ۲۹۴۹۹۳ از شرکت سیگما؛ ایالات متحده تهیه شد. سایر حلال‌های مورد نیاز برای استخراج، آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها از شرکت مرک؛ آلمان تهیه شد. برای آنالیز کلروفرم و دی‌اتیل‌اتر از دستگاه گازکروماتوگراف مجهز به دتکتور یونیزان شعله‌ای (GC-FID) مدل 5975c (شرکت Agilent؛ ایالات متحده) و برای آنالیز مقادیر آمونیاک از دستگاه اسپکتروفتومتر مارک DR2000 (کمپانی Hach؛ ایالات متحده) استفاده شد.

ب) روش نمونه‌برداری: راهبرد نمونه‌برداری، تعیین نقاط، تعداد ایستگاه‌ها و تکرارهای لازم بر طبق توصیه‌های انجمن ملی بهداشت شغلی آمریکا و با توجه به برنامه کاری آزمایشگاه سم‌شناسی پزشکی قانونی صورت پذیرفت. بر این اساس، نمونه‌گیری در دو هفته متوالی ادامه داشت و در هر روز کاری برای هر حلال ۳ نمونه‌گیری انجام شد که در نهایت برای هر حلال ۳۶ نمونه تولید شد. نمونه‌برداری‌ها به‌صورت فردی انجام گرفت. بدین صورت که پمپ نمونه‌برداری روی کمربند کارکنان نصب و لوله جاذب نیز در محدوده تنفسی افراد (یقه لباس) نصب یا یک شیلنگ به پمپ نمونه‌برداری متصل شد. از فرد خواسته می‌شد که به کارهای عادی خود در آزمایشگاه بپردازد و همزمان کار نمونه‌برداری نیز انجام می‌شد. روند کار آزمایشگاه سم‌شناسی (بخش استخراج) پزشکی قانونی بوشهر بدین صورت است که براساس تعداد نمونه ارجاعی به آزمایشگاه، بخش استخراج در برخی روزها فعال بوده و عملیات استخراج نمونه صورت پذیرفته و در بعضی روزها نیز استخراج نمونه صورت نمی‌گیرد. بنابراین به‌صورت مختصر این روزها تحت عنوان "روز استخراج" و "روز بدون استخراج" نام‌گذاری شدند.

ج) نمونه‌گیری و آنالیز کلروفرم: نمونه‌گیری و آنالیز کلروفرم طبق متد شماره ۱۰۰۳ توصیه‌شده توسط انجمن ملی بهداشت شغلی آمریکا[14] صورت پذیرفت. برای این کار از پمپ نمونه‌برداری فردی (کمپانی SKC؛ انگلستان) و لوله‌های جاذب زغال فعال ساخت همین کمپانی (Lot#2000) استفاده شد. ابتدا پمپ‌ها کالیبره و سپس فلوی آنها روی ۰/۲لیتر بر دقیقه تنظیم شد. در ادامه دو سر لوله جاذب شکسته شده و به شیلنگ متصل شد. نمونه‌برداری برای مدت‌زمان نیم تا یک ساعت (بسته به غلظت احتمالی آلاینده) ادامه داشت. پس از اتمام نمونه‌برداری، دو سر لوله جاذب به‌خوبی مسدود شده و روی یخ به آزمایشگاه آنالیز دستگاهی منتقل می‌شد.

در آزمایشگاه، لوله جاذب شکسته شده و محتوای آن داخل یک‌میلی‌لیتر دی‌سولفیدکربن ریخته شده تا کلروفرم های جذب‌شده روی زغال فعال به داخل دی‌سولفیدکربن استخراج شوند. تعیین مقدار کلروفرم در نمونه استخراج‌شده توسط دستگاه GC-FID انجام شد. برای این کار دمای اینجکتور و دتکتور به ترتیب روی ۲۰۰°C و ۲۵۰°C تنظیم شد. ستون از نوع DB-5 و فلوی هلیوم به‌عنوان گاز حامل روی ۲میلی‌لیتر بر دقیقه تنظیم شد.

د) نمونه‌گیری و آنالیز دی‌اتیل‌اتر: نمونه‌گیری و آنالیز دی‌اتیل‌اتر طبق متد شماره ۱۶۱۰ توصیه‌شده توسط انجمن ملی بهداشت شغلی آمریکا[15] انجام گرفت. شرایط نمونه‌برداری و آنالیز نمونه کاملاً مشابه اندازه‌گیری و آنالیز کلروفرم در بخش قبلی بود.

ه) نمونه‌گیری و آنالیز آمونیاک: نمونه‌گیری و آنالیز آمونیاک طبق متد شماره ۶۰۱۵ توصیه‌شده توسط انجمن ملی بهداشت شغلی آمریکا[16] صورت پذیرفت. برای این کار از پمپ نمونه‌برداری فردی (کمپانی SKC؛ انگلستان) و لوله‌های جاذب سیلیکاژل تیمارشده با اسیدسولفوریک ساخت همین کمپانی استفاده شد. ابتدا پمپ‌ها کالیبره و سپس فلوی آنها روی ۰/۲لیتر بر دقیقه تنظیم شد. در ادامه دو سر لوله جاذب شکسته شده و به شیلنگ متصل شد. نمونه‌برداری برای مدت‌زمان نیم تا یک ساعت (بسته به غلظت احتمالی آلاینده) ادامه داشت. پس از اتمام نمونه‌برداری، دو سر لوله جاذب به‌خوبی مسدود شده و روی یخ به آزمایشگاه آنالیز دستگاهی منتقل می‌شد.

در آزمایشگاه، لوله جاذب شکسته شده و محتوای آن داخل ۲۰میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شده تا حاصل از واکنش آمونیاک با اسیدسولفوریک (ایندوفنل بلو) به داخل آب مقطر استخراج شود. تعیین مقدار آنالیت در نمونه استخراج‌شده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۶۶۰نانومتر انجام شد.

و) محاسبه میانگین وزنی- زمانی مواجهه: میانگین وزنی- زمانی مواجهه (TWA) عبارت است از میانگین میزان مواجهه افراد با عوامل زیان‌آور مختلف که براساس مدت‌زمان مواجهه (۸ ساعت کار در روز و ۴۰ ساعت کار در هفته) تنظیم شده باشد. برای محاسبه میانگین وزنی- زمانی مواجهه با حلال‌های مورد نظر از فرمول استاندارد زیر که توسط انجمن متخصص دولتی بهداشت شغلی آمریکا توصیه شده استف استفاده شد[17]:

$$TWA = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} c_1 t_1}{\sum_{i=1}^{n} t_i} \right)$$

TWA: میانگین وزنی- زمانی مواجهه

c_i: غلظت حلال در هوا

t_i: مدت‌زمان مواجهه

ز) اعتباربخشی به روش‌های اندازه‌گیری: برای معتبرسازی روش آنالیز کمی و کیفی حلال‌ها، استاندارد خالص و تاییدشده (CRM) این حلال‌ها از شرکت سیگما؛ ایالات متحده تهیه شد و پس از تایید مجدد به کمک دستگاه گازکروماتوگراف مجهز به دتکتور طیف‌سنجی جرمی (GC-MS)، ابتدا منحنی‌های کالیبراسیون در رنج غلظتی ppb ۱، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ رسم و سپس کلیه شاخص‌های اعتباربخشی به متد از جمله: رنج خطی، تکرارپذیری، ریکاوری و حدود تشخیص (LOD و LOQ) براساس به‌روزترین دستورالعمل‌های مربوطه در کتب رفرنس[18] مورد بررسی قرار گرفته و بهینه‌سازی شد.

ح) آنالیز آماری: آنالیز آماری داده‌های به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار SPSS 20 صورت گرفت و حسب مورد برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آماری T مستقل استفاده شد.

یافته‌ها

بین میزان مواجهه کارکنان در روزهای استخراج و روزهای بدون استخراج تفاوت آماری معنی‌داری وجود داشت ($p<0/05$؛ جدول ۱). میانگین وزنی- زمانی مواجهه کارکنان آزمایشگاه محاسبه شد و مقادیر آن با استاندارد ملی ایران و همچنین با حدود مجاز اعلام‌شده توسط اداره ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (OSHA) [19] به‌عنوان یکی از معتبرترین سازمان‌ها در عرصه بین‌المللی در خصوص ایمنی و بهداشت شغلی مقایسه شد (جدول ۲).

سپس منحنی‌های کالیبراسیون اندازه‌گیری حلال‌های مختلف و نتایج اعتباربخشی به متدهای اندازه‌گیری ارایه شد (جدول ۳ و نمودارهای ۳-۱).

جدول ۱) مقادیر اندازه‌گیری‌شده حلال‌های مختلف در هوای استنشاقی بخش استخراج آزمایشگاه پزشکی قانونی (برحسب ppm)

آنالیت	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	میانگین آماری
کلروفرم							
روز بدون استخراج	۰/۰۱۸	۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	۰/۰۰۶	۰/۰۶۷	۰/۰۲۶	۰/۰۲۱±۰/۰۱۳
روز استخراج	۰/۴۵	۱/۰۶	۳۳/۴	۰/۵	۶/۵	۰/۲۵	۷/۰۲±۱/۳۰
دی‌اتیل‌اتر							
روز بدون استخراج	ND	۰/۰۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰۵	ND	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷±۰/۰۰۱
روز استخراج	۲۶/۶	۰/۳۱	۰/۸	۶۵/۹	۱/۲	۱۰۴/۷	۳۳/۲۵±۴/۳۰
آمونیاک							
روز بدون استخراج	۰/۳	ND	۰/۰۸	۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۳	۰/۱۷±۰/۰۱
روز استخراج	۳/۶۴	۲/۳۵	۰/۶۶	۱/۴۷	۱۳	۰/۶۹	۳/۶۳±۰/۴۷

جدول ۲) میانگین وزنی- زمانی مواجهه کارکنان آزمایشگاه پزشکی قانونی با حلال‌های مختلف و مقایسه با حدود مجاز مواجهه شغلی (برحسب ppm)

آنالیت	TWA (daily)[1]	TWA (total)[2]	OEL-TWA[3]	OSHA-PEL[4]
کلروفرم				
روز بدون استخراج	۰/۰۲۱±۰/۰۱۳	۲/۲۲±۰/۴۰	۱۰	۲
روز استخراج	۶/۰۸±۱/۳۰			
دی‌اتیل‌اتر				
روز بدون استخراج	۰/۰۰۷±۰/۰۰۱	۳۰/۱±۰/۵۰	۴۰۰	۴۰۰
روز استخراج	۸۲/۹±۹/۴۰			
آمونیاک				
روز بدون استخراج	۰/۲۱±۰/۰۹	۱/۴۲±۰/۲۳	۲۵	۵۰
روز استخراج	۳/۵۵±۰/۴۸			

۱: میانگین وزنی- زمانی مواجهه با حلال‌ها (محاسبه‌شده برای روزهای دارای استخراج و بدون استخراج به‌صورت جداگانه)

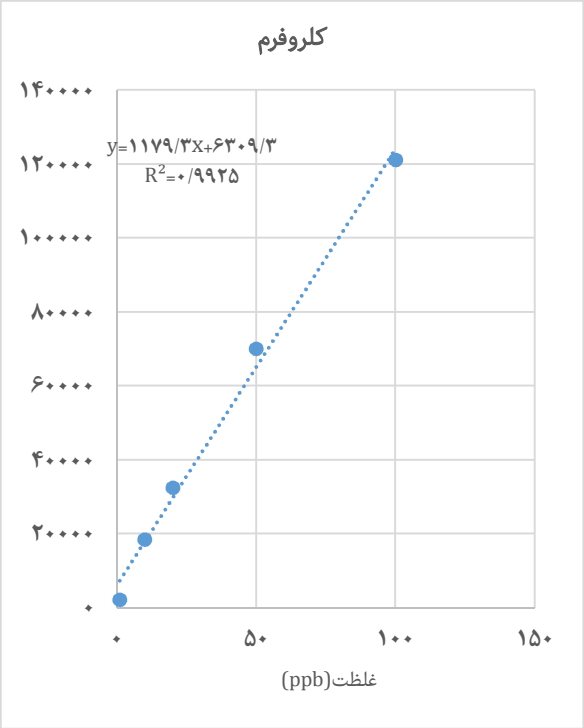
۲: میانگین وزنی- زمانی مواجهه با حلال‌ها (محاسبه‌شده برای روزهای دارای استخراج و بدون استخراج به‌صورت ترکیبی)

۳: حدود مجاز مواجهه با حلال‌ها (توصیه‌شده توسط وزارت بهداشت ایران در کتابچه حدود مجاز مواجهه شغلی)

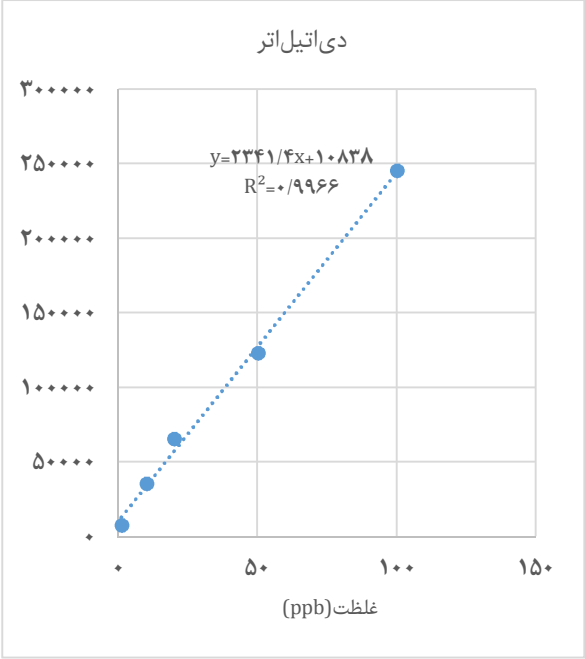
۴: حدود مجاز مواجهه با حلال‌ها (توصیه‌شده توسط اداره ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا)

جدول ۳) نتایج اعتباربخشی به متدهای اندازه‌گیری

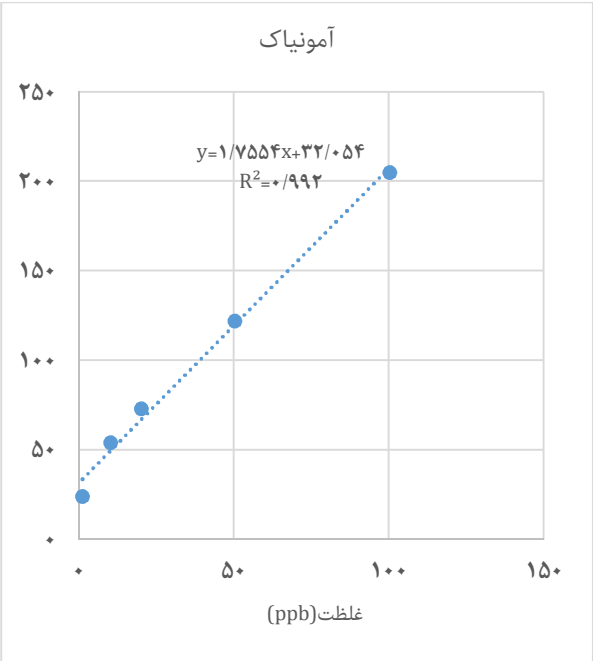
حلال‌ها	R^2	LOD (ppb)	LOQ (ppb)	ریکاوری (درصد)	ضریب تغییرات (درصد)
کلروفرم	۰/۹۹۲	۰/۳۷	۱/۲۳	۹۱	۴/۲
دی‌اتیل‌اتر	۰/۹۹۶	۰/۶۶	۲/۱۸	۸۹	۶/۱
آمونیاک	۰/۹۹۲	۴/۷	۱۵/۶	۹۳	۵/۵



نمودار ۱) منحنی کالیبراسیون مربوط به‌اندازه‌گیری کلروفرم



نمودار ۲) منحنی کالیبراسیون مربوط به‌اندازه‌گیری دی‌اتیل‌اتر



نمودار ۳) منحنی کالیبراسیون مربوط به‌اندازه‌گیری آمونیاک

بحث

آزمایشگاه‌ها به‌عنوان مکان‌هایی که بسیاری از مواد شیمیایی در آنها نگهداری و مصرف می‌شوند از نقطه‌نظر سلامت شغلی کارکنان بسیار حائز اهمیت هستند. شاغلین در آزمایشگاه‌ها از راه‌های مختلفی در معرض مواجهه انواع مواد شیمیایی نظیر اسیدها و بازها و حلال‌های آلی و الکل‌ها هستند. تاکنون مطالعات مختلفی در ارتباط با تعیین مواجهه فردی کارکنان شاغل در محیط‌های بیمارستانی و آزمایشگاه‌ها انجام شده است[4-6]. اداره آمار کار ایالات

متحده در سال ۲۰۰۹، نرخ رویدادهای مربوط به حوادث و بیماری‌های شغلی غیرکشنده که در آزمایشگاه‌های پزشکی و تشخیصی روی داده است را ۲/۸ مورد به ازای هر ۲۰۰هزار ساعت کاری گزارش نمود[9].

تحقیقات مختلف نشان می‌دهد حلال‌های آلی اثرات مختلفی بر سلامت ارگان‌های مختلف بدن از جمله سیستم عصبی، قلب، کلیه، پوست و کبد دارند[19]. *فیونت* و *مک‌فرسون* در مطالعه خود اثر حلال‌های آلی را بر سیستم عصبی شنوایی نشان دادند[20]. *سوسا* و همکاران در سال ۲۰۰۹ میزان مواجهه فردی به فرمالدئید و استالدئید را در دو بیمارستان کشور برزیل مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که سطوح مواجهه، مقادیر بالاتری را از حد مجاز توصیه‌شده نشان می‌دهد[21].

دیمیتریو و *تسوکالی* در سال ۲۰۰۶ مطالعه‌ای را با هدف پایش حلال‌های اتانول، اتیل‌استات و کلروفرم در یک آزمایشگاه سم‌شناسی در کشور یونان انجام دادند؛ نتایج این تحقیق نشان داد که میزان مواجهه با اتانول، اتیل‌استات و کلروفرم بیشتر از مقادیر توصیه‌شده شغلی بوده است[22].

برخی از پیامدهای ناشی از مواجهه با این مواد شیمیایی آنی است، اما از آنجایی که بسیاری از مواد شیمیایی در آزمایشگاه‌ها در غلظت‌های کم مورد استفاده قرار می‌گیرند یا میزان مواجهه با آنها کم است، اثرات حاصل از آنها به‌صورت تجمعی و در طولانی‌مدت در بدن ظاهر می‌شود. در نتیجه ممکن است در کوتاه‌مدت علایم سیستمیک خاصی بروز نداده و در طولانی‌مدت علایمی را از خود نشان دهند و پیامدهایی نظیر بیماری، آسیب‌های جسمی و حتی مرگ را نیز به دنبال داشته باشند. این مساله به‌خوبی در مطالعه *رابرت الین* مشخص شد؛ وی با انجام یک مطالعه کوهورت در کشور سوئد که به مدت ۲۰ سال به طول انجامید دریافت که میزان شیوع مرگ‌ومیر به‌علت بروز سرطان‌های بدخیم به‌ویژه لوسمی در بین متخصصان شیمی که کار در آزمایشگاه‌ها را حداقل چند سال بعد از فارغ‌التحصیلی ادامه دادند و به‌خصوص با ترکیبات آلی کار می‌کردند، بسیار بالا بوده است[23].

در مطالعه حاضر به بررسی مواجهه کارکنان آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی با حلال‌های پرمصرف در آزمایشگاه پرداخته شده است. بررسی متون علمی نشان می‌دهد که این اولین مطالعه از نوع خود در کشور است و تاکنون تحقیق علمی شاخصی در این زمینه انجام نشده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده میانگین کلی وزنی- زمانی مواجهه برای هیچ کدام از حلال‌ها بیشتر از حدود مجاز توصیه‌شده کشوری و بین‌المللی نیست. البته در مورد کلروفرم که یکی از سمی‌ترین و خطرناک‌ترین حلال‌ها از دسته حلال‌های کلره است شرایط کمی متفاوت است. بدین صورت که حد مجاز کشوری مواجهه با آن ۱۰ppm و حد توصیه‌شده توسط OSHA برابر ۲ppm است. در این مطالعه میانگین وزنی- زمانی مواجهه با کلروفرم ۲/۲۲ppm به دست آمده که کمی بیشتر از حد توصیه‌شده توسط OSHA است. از طرفی ممکن است در بازبینی کتابچه حدود مجاز مواجهات کشور در آینده، حد مجاز مواجهه با کلروفرم اصلاح شود. در هر صورت مواجهات کارکنان آزمایشگاه سم‌شناسی پزشکی قانونی با کلروفرم می‌تواند در حد هشدار قرار داشته باشد و پیشنهاد می‌شود راهکارهایی برای کاهش مواجهات کارکنان با این حلال خطرناک در نظر گرفته شود.

نکته قابل توجه دیگر این است که چنانچه میانگین وزنی- زمانی مواجهه با حلال‌ها به‌صورت جداگانه فقط برای روزهای استخراج محاسبه شود، این میانگین به‌شدت افزایش پیدا کرده و ممکن است به‌صورت شاخص از حدود مجاز مواجهه شغلی تجاوز نماید. به‌طور مثال مواجهه کلی وزنی- زمانی مواجهه با کلروفرم ۲/۲۲ppm و میانگین وزنی- زمانی روزهای استخراج ۶/۰۸ppm بوده است. به‌روشنی مشخص است که در صورت افزایش روزهای استخراج (به‌طور مثال در صورت افزایش بار کاری آزمایشگاه)، شرایط مواجهه می‌تواند کاملاً تغییر کرده و به حدود بحرانی نزدیک شود.

در کل با توجه به اثرات زیان‌بار این حلال‌ها بر سلامت انسان و احتمال اثرات ناشناخته‌ای که بعضاً در آینده بروز خواهد نمود پیشنهاد می‌شود که از مصرف این حلال‌ها حتی‌المقدور کاسته شده و با جایگزین‌کردن روش‌ها و پروتکل‌های فعلی آماده‌سازی نمونه با پروتکل‌های جدیدتر، از مواجهات کارکنان با این حلال‌ها کاسته شود. به‌طور مثال به‌جای روش سنتی استخراج مایع- مایع (LLE) می‌توان از تکنیک جدید میکرو استخراج مایع- مایع (DLLME) استفاده نمود که در آن مصرف حلال‌ها به‌شدت کاهش یافته و در کاهش مواجهات کارکنان کاملاً مؤثر است. به‌کارگیری اقدامات کنترلی از قبیل سیستم‌های مهندسی تهویه هوا و در نهایت استفاده از وسایل حفاظت فردی می‌تواند کاملاً موثر باشد.

از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به موردی‌بودن آن در سازمان پزشکی قانونی بوشهر اشاره نمود که امکان یک بررسی جامع در خصوص مواجهات کارکنان خدوم آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی در مناطق مختلف کشور را فراهم نمی‌نماید. با توجه به بار کاری متفاوت این آزمایشگاه‌ها در مراکز مختلف، قطعاً مواجهات کارکنان متفاوت خواهد بود. پیشنهاد می‌شود مطالعه جامع‌تری با همکاری همه مراکز پزشکی قانونی در کشور انجام و مطالعات تکمیلی مانند پایش‌های بیولوژیک نیز به آن اضافه شده تا امکان یک ارزیابی خطر جامع فراهم شود.

نتیجه‌گیری

اگرچه سطوح مواجهه‌ای کارکنان آزمایشگاه‌های پزشکی قانونی شهر بوشهر کمتر از حدود مجاز کشوری است، ولی در برخی موارد (به‌خصوص در مورد حلال خطرناک کلروفرم) این مواجهات در سطح هشدار قرار دارد.

تشکر و قدردانی: این پژوهش در اداره کل پزشکی قانونی بوشهر انجام شد، بدین وسیله از حمایت‌های مالی مرکز تحقیقات سازمان

پزشکی قانونی و همچنین از تمام افرادی که در انجام این تحقیق یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

تاییدیه اخلاقی: پروپوزال این طرح و موارد اخلاقی مربوطه با شماره طرح ۱۰۹۲۵۲ مورخ ۹۵/۱۰/۱۳ به تایید دفتر امور پژوهشی سازمان پزشکی قانونی کشور رسیده است.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌دارند در انجام مطالعه و نگارش مقاله هیچ گونه تعارض منافعی نداشته‌اند.

سهم نویسندگان: هنگامه حفیظی‌فرد (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه (۲۵%)؛ فاطمه مرادی (نویسنده دوم)، روش‌شناس (۲۵%)؛ احمد کارگرزاده راوری (نویسنده سوم)، تحلیلگر آماری (۲۵%)؛ کریم ابراهیم‌پور (نویسنده چهارم)، پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۲۵%)

منابع مالی: این پژوهش از حمایت‌های مالی مرکز تحقیقات سازمان پزشکی قانونی برخوردار بوده است.

منابع

1- Guo H, Lee SC, Chan LY, Li WM. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. Environ Res. 2004;94(1):57-66.
2- Klein LW, Miller DL, Balter S, Laskey W, Haines D, Norbash A, et al. Occupational health hazards in the interventional laboratory: time for a safer environment. Radiology. 2009;250(2):538-44.
3- Ekenga CC, Parks CG, D'Aloisio AA, DeRoo LA, Sandler DP. Breast cancer risk after occupational solvent exposure: the influence of timing and setting. Cancer Res. 2014;74(11):3076-83.
4- Kauppinen T, Pukkala E, Saalo A, Sasco AJ. Exposure to chemical carcinogens and risk of cancer among Finnish laboratory workers. Am J Ind Med. 2003;44(4):343-50.
5- Sheiner EK, Sheiner E, Hammel RD, Potashnik G, Carel R. Effect of occupational exposures on male fertility: literature review. Ind Health. 2003;41(2):55-62.
6- Wennborg H, Magnusson LL, Bonde JP, Olsen J. Congenital malformations related to maternal exposure to specific agents in biomedical research laboratories. J Occup Environ Med. 2005;47(1):11-9.
7- Hess-Kosa K. Indoor air quality: the latest sampling and analytical methods. 3rd Edition. Boca Raton: CRC press; 2018.
8- Lee D-G, Lee C-H, Jang K-H, Chae H-J, Moon J-D. A suspicious case of chloroform induced acute toxic hepatitis in laboratory worker. Korean J Occup Environ Med. 2012;24(3):304-10.
9- Neta G, Stewart PA, Rajaraman P, Hein MJ, Waters MA, Purdue MP, et al. Occupational exposure to chlorinated solvents and risks of glioma and meningioma in adults. Occup Environ Med. 2012;69(11):793-801.
10- Zhang X, Lin S, Funk WE, Hou L. Environmental and occupational exposure to chemicals and telomere length in human studies. Postgrad Med J. 2013;89(1058):722-8.
11- Barrasa M, Lamosa S, Fernandez MD, Fernandez E. Occupational exposure to carbon dioxide, ammonia and hydrogen sulphide on livestock farms in north-west Spain. Ann Agric Environ Med. 2012;19(1):17-24.
12- Vizcaya D, Mirabelli MC, Antó JM, Orriols R, Burgos F, Arjona L, et al. A workforce-based study of occupational exposures and asthma symptoms in cleaning workers. Occup Environ Med. 2011;68(12):914-9.
13- Raja DS, Sultana B. Potential health hazards for students exposed to formaldehyde in the gross anatomy laboratory. J Environ Health. 2012;74(6):36-40.
14- Ashley K. NIOSH Manual of analytical methods 5th edition and harmonization of occupational exposure monitoring. Gefahrst Reinhalt Luft. 2015;2015(1-2):7-16.
15- Mashkoori A, Bahrami A, Shahana FG, Zare Sakhvidi MJ, Koohpaei A, Mohammadbeigi A. Feasibility study for application of the marine coral powder as an adsorbent for Volatile Organic Hydrocarbons. Iran Jo Health Saf Environ. 2015;2(2):270-4.
16- Groves WA, Agarwal D, Chandra MJ, Reynolds SJ. Evaluation of a fluorometric method for measuring low concentrations of ammonia in ambient air. J Environ Monit. 2005;7(2):163-8.
17- ACGIH. TLVs and BEIs: Based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. USA; American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2009.
18- Swartz ME, Krull IS. Analytical method development and validation. Boca Raton: CRC press; 2018.
19- Schenk L, Hansson SO, Rudén C, Gilek M. Occupational exposure limits: a comparative study. Regul Toxicol Pharmacol. 2008;50(2):261-70.
20- Fuente A, McPherson B. Central auditory damage induced by solvent exposure. Int J Occup Saf Ergon. 2007;13(4):391-7.
21- Sousa FW, Caracas IB, Nascimento RF, Cavalcante RM. Exposure and cancer risk assessment for formaldehyde and acetaldehyde in the hospitals, Fortaleza-Brazil. Build Environ. 2011;46(11):2115-20.
22- Dimitriou A, Tsoukali H. Risk assessment of chemicals in a toxicological laboratory: a case study. Global NEST J. 2006;8(3):330-4.
23- Olin GR. The hazards of a chemical laboratory environment—a study of the mortality in two cohorts of Swedish chemists. Am Ind Hyg Assoc J. 1978;39(7):557-62.