Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 4, Issue 3, Autumn 2017, Pages: 1-7

Original Article

doi: ------

Relationship of Tetrachlorethylene Concentration in Exhaled Air with Personal Exposure Level among Dry Cleaning Workers

Fatemeh Rostami[1,*], Mohammad Javad Assari[2], Mohsen Aliabadi[2], Maryam Farhadian[3]

[1] *MSc Student, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

[2] *Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

[3] *Assistant Professor, Department of Biostatistics, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Fatemeh Rostami, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: mu_rostami@yahoo.com*

Received: 18/06/2017
Accepted: 19/09/2017

How to Cite this Article:
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. DOI: ------

Abstract

Background and Objective: The determination of the compounds and some metabolites in exhaled air is a practical method for biological monitoring, especially when the workplace air monitoring is not sufficient to determine the exposure level. Regarding this, the aim of the present study was to determine the relationship of tetrachlorethylene concentration in exhaled air with personal exposure levels among the dry cleaning workers.

Materials and Methods: This descriptive, cross-sectional study was performed in 2017. For the purpose of the study, the samples of exhaled air and personal exposure of 12 workers were collected. Additionally, the ambient air samples of dry cleaning workplace were simultaneously studied. The measurement of tetrachlorethylene in the exhaled air was performed using gas chromatograph equipped with flame ionization detector (GC-FID) through the incorporation of 1003 and 3704 NIOSH methods and optimization of the analysis parameters.

Results: According to the results, the personal exposure levels were above the recommended national occupational exposure limits. Furthermore, tetrachlorethylene concentration in the exhaled air of the workers was higher than the biological exposure index. There was a significant relationship between the concentration of tetrachlorethylene in exhaled air and personal exposure levels (r=0.66, P=0.046). Additionally, the concentration of ambient air showed a significant relationship with exhaled air concentration (r=0.59, P=0.003) and personal exposure levels (r=0.91, P<0.001).

Conclusion: As the findings indicated, the measurement of tetrachlorethylene in the exhaled air was a valid non-invasive biomarker for the assessment of occupational exposure in the dry cleanings. The measurement of tetrachlorethylene concentration in exhaled air can be accomplished with high sensitivity through the optimization of analytical conditions in GC-FID system and integration of 1003 and 3704 NIOSH methods.

Keywords: Air Sampling; Biological Monitoring; Dry Cleaning; Exhaled Air; Tetrachlorethylene

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.21859/johe.4.3.1]

Copyright © 2017 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: ----------

بررسی ارتباط بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و میزان مواجهه فردی در شاغلین خشکشویی

فاطمه رستمی[۱،*]، محمد جواد عصاری[۲]، محسن علی‌آبادی[۲]، مریم فرهادیان[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، ایران

[۲] استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، ایران

[۳] استادیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، ایران

* **نویسنده مسئول:** فاطمه رستمی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، ایران.

ایمیل: mu_rostami@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۲۷

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: در شرایطی که پایش هوای محیط کار برای تعیین میزان مواجهه کافی نباشد، اندازه‌گیری ترکیبات و برخی از متابولیت‌ها در هوای بازدمی، روشی کاربردی در پایش بیولوژیکی محسوب می‌گردد. در این ارتباط هدف از پژوهش حاضر، تعیین ارتباط بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و میزان مواجهه فردی در افراد شاغل در خشکشویی‌ها بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش توصیفی- مقطعی که در سال ۱۳۹۶ انجام شد، علاوه بر جمع‌آوری نمونه‌های هوای بازدمی و مواجهه فردی ۱۲ نفر از افراد شاغل در خشکشویی‌ها، نمونه‌های هوای محیط کار خشکشویی‌ها به‌طور هم‌زمان بررسی گردید. اندازه‌گیری تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی از طریق تلفیق روش‌های ۱۰۰۳ و NIOSH ۳۷۰۴، پس از بهینه‌سازی پارامترهای تجزیه با استفاده از دستگاه گازکروماتوگراف مجهز به آشکارساز یونش شعله‌ای (FID: Flame Ionization Detector) انجام شد.

یافته‌ها: در این پژوهش سطوح مواجهه فردی افراد شاغل در خشکشویی‌ها بالاتر از حدود مجاز شغلی پیشنهادی (OEL-TWA: Occupational Exposure Level-Time Weighted Average) بود. غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی نیز بیشتر از شاخص بیولوژیکی مواجهه (BEI: Biological Exposure Index) ملی کشور به‌دست آمد. علاوه‌براین، نتایج نشان داد که در سطح معناداری ۰/۰۵ بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و میزان مواجهه فردی ارتباط معناداری وجود دارد (P=۰/۰۴۶، r=۰/۶۶). بین غلظت هوای محیطی با غلظت هوای بازدمی (P=۰/۰۰۳، r=۰/۵۹) و سطوح مواجهه فردی (P=۰/۰۰۱، r=۰/۹۱) نیز ارتباط معناداری به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که اندازه‌گیری تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی به‌عنوان یک نشانگر زیستی غیرتهاجمی به‌منظور ارزیابی مواجهه شغلی در خشکشویی‌ها از اعتبار کافی برخوردار می‌باشد. همچنین، درصورت بهینه‌سازی شرایط تجزیه‌ای دستگاه GC-FID و تلفیق روش‌های ۱۰۰۳ و NIOSH ۳۷۰۴ می‌توان غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی را با حساسیت قابل‌قبولی اندازه‌گیری نمود.

واژگان کلیدی: پایش بیولوژیک؛ تتراکلرواتیلن؛ خشکشویی؛ نمونه‌برداری هوا؛ هوای بازدمی

مقدمه

پایش بیولوژیک، ابزاری مفید برای ارزیابی مواجهه کلی ناشی از استنشاق، بلع و جذب پوستی است. هنگامی که پایش هوای محیط کار برای گزارش واقعی میزان مواجهه کافی نباشد، انجام پایش بیولوژیک در فعالیت‌ها و حوادث شغلی اهمیت دارد. علاوه‌براین، پایش بیولوژیک از نقش به‌سزایی در مطالعات زیست محیطی در سطوح ملی و بین‌المللی و ارتقای کیفی مطالعات اپیدمیولوژیک برخوردار می‌باشد [۱]. بخشی از مواد شیمیایی فرار جذب‌شده در بدن از طریق بازدم دفع می‌شود. اندازه‌گیری ترکیبات و برخی از متابولیت‌ها در هوای بازدمی، روش مناسبی برای پایش بیولوژیکی محسوب می‌گردد؛ زیرا علاوه بر غیرتهاجمی‌بودن نمونه‌برداری و عدم ایجاد ناراحتی در کارگر، نسبت به سایر نمونه‌های بیولوژیک (خون و ادرار) از روش‌های

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.21859/johe.4.3.1]

تجزیه بسیار ساده‌تری برخوردار است [۲]؛ درحالی که عواملی همچون غلظت‌های اندک، استفاده از این روش را در مواجهات شغلی محدود کرده و به‌ندرت مورد استقبال محققین قرار می‌گیرد. باید عنوان نمود که جذب تنفسی، اصلی‌ترین راه جذب تتراکلرواتیلن می‌باشد و تتراکلرواتیلن به‌سرعت از طریق اپی‌تلیوم آلوئول‌های ریه جذب می‌شود [۳]. نتایج مطالعات اندازه‌گیری غلظت تتراکلرواتیلن در هوای آلوئولی در اتاقک شرایط‌سازی‌شده حاکی از آن است که علاوه بر وجود رابطه مستقیم بین سطوح مواجهه و غلظت آلوئولی در داوطلبان در مواجهه با تتراکلرواتیلن، تجزیه نمونه هوای بازدم می‌تواند به‌عنوان روش مناسبی جهت پایش مواجهه میانگین وزنی-زمانی مورد استفاده قرار بگیرد [۴].

در این ارتباط، در پژوهشی که توسط Gobba در سال ۲۰۰۳ با هدف تعیین قابلیت اطمینان شاخص‌های بیولوژیک مورد استفاده به‌منظور پایش بیولوژیک مواجهه شغلی با غلظت‌های پایین تتراکلرواتیلن انجام گرفت، ضریب همبستگی (r) بین غلظت محیطی تتراکلرواتیلن و غلظت تتراکلرواتیلن در خون، هوای بازدمی و ادرار به‌ترتیب برابر با ۰/۹۴، ۰/۸۱ و ۰/۶۷ به‌دست آمد [۵].

در مطالعات انجام‌شده از روش‌های دستگاهی مختلفی به‌منظور اندازه‌گیری تتراکلرواتیلن در مواجهات شغلی استفاده شده است. در پژوهش راستکاری و همکاران (۲۰۱۰) برای پایش مواجهه با تتراکلرواتیلن در خشکشویی‌ها از دستگاه گاز کروماتوگرافی طیف‌سنج جرمی (GC-Mass) بهره گرفته شد [۶]. عظیمی پیرسرایی و همکاران (۲۰۰۸) نیز در پژوهش خود به‌منظور اندازه‌گیری پرکلرواتیلن در خشکشویی‌ها، نمونه‌های هوای بازدمی را با استفاده کیسه نمونه‌بردار تدلار جمع‌آوری نموده و با استفاده از دستگاه GC مجهز به آشکارساز FID تجزیه کردند [۷]. علاوه‌براین، Kernan و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی با هدف پایش بیولوژیکی تتراکلرواتیلن کارکنان خشکشویی‌ها به‌منظور تعیین مقدار تتراکلرواتیلن در خون و هوای بازدمی از دستگاه گاز کروماتوگرافی با آشکارساز PID (Photometric Ionization Detector) استفاده نمودند [۸]. در پژوهش Maccà و همکاران (۲۰۰۷) نیز ارزیابی سطوح مواجهه شغلی و میزان تتراکلرواتیلن در خون و ادرار افراد شاغل در خشکشویی‌ها با استفاده از تکنیک گاز کروماتوگرافی با آشکارساز ECD انجام گرفت.

روش‌های استانداردی که هم‌اکنون برای اندازه‌گیری تتراکلرواتیلن در محیط‌های شغلی استفاده می‌شود، روش‌های ۱۰۰۳ و ۳۷۰۴ توصیه‌شده توسط موسسه ملی بهداشت و ایمنی شغلی آمریکا (NIOSH: National Institute of Occupational Safety and Health) است که به‌ترتیب به‌منظور اندازه‌گیری تتراکلرواتیلن در هوای محیطی و هوای بازدمی با استفاده از دستگاه گازکروماتوگراف (GC) مجهز به آشکارساز یونش نورسنجی PID مورد استفاده قرار می‌گیرد [۹]. هرچند این روش‌ها برای اندازه‌گیری تتراکلرواتیلن از حساسیت مناسبی برخوردار می‌باشد؛ اما مشکل دسترسی به آشکارساز PID در بسیاری از آزمایشگاه‌ها سبب محدودیت استفاده از این روش شده است. در این راستا از آنجایی که آشکارساز یونش شعله FID، معمول‌ترین آشکارساز دستگاه GC است و در بیشتر آزمایشگاه‌ها موجود می‌باشد، پژوهش حاضر با هدف اندازه‌گیری غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوای محیط خشکشویی‌ها و هوای بازدمی افراد شاغل در این محیط‌ها، مطابق با روش توصیه‌شده در پژوهش Sweet و همکاران در سال ۲۰۰۴ با تلفیق روش‌های ۳۷۰۴ و ۱۰۰۳ NIOSH، پس از بهینه‌سازی شرایط تجزیه‌ای در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه GC با آشکارساز FID صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش توصیفی- مقطعی که در سال ۱۳۹۶ انجام شد، (با وجود موافقت صورت‌گرفته قبلی) با توجه به عدم همکاری افراد شاغل در خشکشویی‌ها در ارتباط با شرکت در پژوهش و عدم استفاده از حلال تتراکلرواتیلن در بسیاری از خشکشویی‌ها، غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوای بازدمی و سطوح مواجهه فردی، میانگین وزنی زمانی TWA ۱۲ نفر از افراد شاغل در خشکشویی‌ها (در سه گروه شغلی اپراتور ماشین خشکشویی، اتوکار و منشی) به‌صورت تمام‌شمار انجام گرفت. نمونه‌های هوای محیطی نیز هم‌زمان با جمع‌آوری نمونه‌های هوای بازدمی جمع‌آوری گردید. شایان ذکر است که پیش از انجام پژوهش، تمامی افراد شرکت‌کننده فرم رضایت‌نامه شرکت در پژوهش را تکمیل نمودند.

نمونه‌برداری غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوا (محیطی و فردی) بر اساس روش ۱۰۰۳ NIOSH توسط لوله جاذب کربن فعال (ساخت شرکتSKC) متصل به پمپ نمونه‌بردار فردی کالیبره‌شده مدل ۲۲۲ ساخت شرکت SKC با دبی ۱۰۰ میلی‌لیتر بر دقیقه انجام شد. نمونه‌های هوای بازدمی نیز پس از تخلیه لباس‌ها از دستگاه خشکشویی، مطابق با توصیه روش ۳۷۰۴ NIOSH توسط کیسه‌های نمونه‌بردار ۳ لیتری از جنس تدلار ساخت شرکت SKC جمع‌آوری گردید. علاوه‌براین به‌منظور حذف آلودگی‌های احتمالی، کلیه کیسه‌ها قبل از انجام نمونه‌برداری، ۳ مرتبه توسط هوای خالص پر و خالی گردیدند. سپس، از افراد شرکت‌کننده درخواست گردید تا به‌مدت ۵ دقیقه در هوای آزاد تنفس کنند و پس از حبس‌نمودن نفس خود به‌مدت ۱۰ ثانیه، نیمی از بازدم خود را به هوای بیرون و نیمی دیگر را به داخل کیسه بدمند و این عمل را تا پرشدن کیسه ادامه دهند. در ادامه، نمونه‌های جمع‌آوری‌شده بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید [۱۰].

به‌دلیل عدم دسترسی به آشکارساز PID، غلظت تتراکلرواتیلن

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.21859/johe.4.3.1]

در نمونه‌های هوا (محیطی و فردی) پس از بهینه‌سازی شرایط تجزیه‌ای در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه GC-FID مدل Shimadzu ۲۰۱۰ تعیین گردید. میزان تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی نیز مطابق با روش پیشنهادی در پژوهش Sweet و همکاران از طریق تلفیق روش‌های ۱۰۰۳ و ۳۷۰۴ NIOSH با استفاده از دستگاه GC-FID اندازه‌گیری شد [۱۱]. بدین‌منظور، ابتدا تتراکلرواتیلن جمع‌آوری‌شده در کیسه‌های نمونه‌بردار توسط پمپ نمونه‌بردار فردی به داخل لوله‌های جاذب زغال فعال انتقال داده شد و سپس، توسط حلال دی‌سولفید کربن از جاذب استخراج گردید و مقدار آن مطابق با روش ۱۰۰۳ NIOSH تعیین شد. برای حذف مشکل تداخل احتمالی رطوبت ناشی از هوای بازدمی داخل کیسه‌های تدلار در نتایج، نمونه قبل از انتقال به جاذب پیش‌فیلتر گردید. شرایط بهینه‌سازی‌شده دستگاه گازکروماتوگراف و مشخصات ستون مورد استفاده در روش پیشنهادی در جدول ۱ نشان داده شده است.

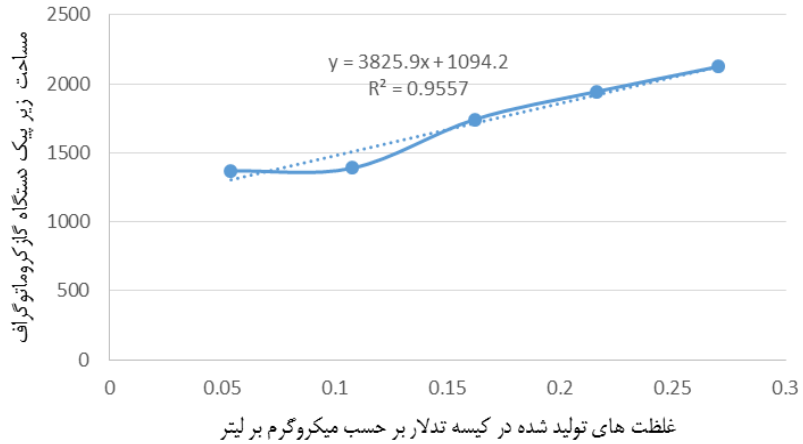
جدول ۱: شرایط بهینه‌سازی و مشخصات ستون مورد استفاده در دستگاه GC-FID

شرایط بهینه‌شده دستگاه GC	مشخصات ستون
دمای محل 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

برای تعیین غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوای محیطی و فردی ابتدا محلول استاندارد مادر در غلظت ۱۰۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر مطابق با توصیه روش ۱۰۰۳ NIOSH با استفاده از حلال‌های تتراکلرواتیلن و دی‌سولفید کربن ساخت شرکت مرک آلمان تهیه گردید و سپس، محلول‌های استاندارد کاربردی در غلظت‌های ۲۵-۰/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر توسط رقیق‌نمودن استاندارد مادر با دی‌سولفید کربن ساخته شد. در ادامه و پس از رسم منحنی کالیبراسیون و تعیین غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های آماده‌سازی‌شده، غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوا (فردی و محیطی) محاسبه گردید.

علاوه‌براین به‌منظور اندازه‌گیری غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوای بازدم، ابتدا محلول‌های استاندارد مادر و کاربردی پس از انجام محاسبات مبتنی‌بر چگالی از طریق تزریق تتراکلرواتیلن به داخل کیسه‌های نمونه‌بردار به روش استاتیک ساخته شد. بدین‌منظور، با تزریق مقادیر ۰/۵-۰/۱ میکرولیتر تتراکلرواتیلن توسط سرنگ میکرولیتری همیلتون (Hamilton) به درون کیسه‌های ۳ لیتری تدلار، استانداردهای کاربردی با غلظت ۰/۲۷-۰/۰۵۴ میکروگرم بر لیتر درون کیسه‌ها ساخته شد. حد تشخیص LOD (Limit of Detection) این روش به‌صورت تجربی از طریق کاهش متوالی غلظت درون کیسه‌ها معادل ۰/۰۰۹ میکروگرم بر لیتر به‌دست آمد که حاکی از حساسیت بالای روش پیشنهادی بود. در ادامه، غلظت‌های ساخته‌شده در کیسه‌ها با استفاده از پمپ نمونه‌بردار فردی به داخل زغال فعال انتقال داده شد و پس از آماده‌سازی با دی‌سولفید کربن تجزیه گردید. در نهایت، منحنی کالیبراسیون رسم شد و غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدم محاسبه گردید. نمودار کالیبراسیون غلظت‌های تولیدشده در شکل ۱ ارائه شده است.

داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 21 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به‌منظور بررسی ارتباط بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و سطوح مواجهه فردی و نیز وجود رابطه بین غلظت هوای محیطی با هریک از متغیرهای غلظت هوای بازدمی و میزان مواجهه فردی از آزمون آماری آنالیز رگرسیون و Pearson استفاده گردید. همچنین برای بررسی اختلاف هریک از غلظت‌های مورد بررسی بر حسب فعالیت‌های شغلی مختلف (اپراتور، اتوکار و منشی) از آزمون آماری آنالیز واریانس (ANOVA) بهره گرفته شد.



شکل ۱: منحنی کالیبراسیون استانداردهای کاربردی ساخته‌شده در کیسه‌های نمونه‌بردار

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.21859/johe.4.3.1]

یافته‌ها

در این پژوهش ۱۲ فرد (۹ مرد و ۳ زن) شاغل در خشکشویی با میانگین و انحراف سنی ۱۰/۹±۴۱/۰۸ سال شرکت داشتند. نتایج غلظت تتراکلرواتیلن به‌دست‌آمده در نمونه‌های هوا (محیطی و فردی) و هوای بازدمی در جدول ۲ نشان داده شده است.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، میانگین میزان مواجهه فردی شاغلین در طول شیفت کاری ۸ ساعته از حدود مجاز (OEL-TWA) ملی کشور در سال ۱۳۹۵ (۲۵ ppm) بالاتر بود. مقادیر تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی نیز بیشتر از شاخص مواجهه بیولوژیکی مواجهه (BEI) پیشنهادی بود و در حدود مجاز مواجهه ملی کشور (۳ ppm) به‌دست آمد [۱۲].

جدول ۳ نتایج آزمون آماری پیرسون و میزان ارتباط متغیرهای مورد بررسی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، ارتباط معناداری بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و میزان مواجهه فردی و همچنین، ارتباط معناداری بین غلظت هوای محیطی با غلظت هوای بازدمی و میزان مواجهه فردی مشاهده می‌شود.

میانگین و انحراف معیار سن، میزان غلظت هوای بازدمی و سطوح مواجهه فردی افراد شرکت‌کننده در پژوهش بر حسب نوع فعالیت شغلی در جدول ۴ ارائه گردیده است.

بر اساس نتایج جدول ۴، میانگین میزان مواجهه فردی شاغلین در هر سه گروه فعالیت شغلی (۱۲/۷۶ ppm±۳۰/۲۷) از حدود مجاز مواجهه بالاتر بود (جدول ۲).

جدول ۲: نتایج غلظت تتراکلرواتیلن در نمونه‌های هوا (محیطی و فردی) و هوای بازدمی در خشکشویی‌های مورد مطالعه

متغیر مورد بررسی	میانگین±انحراف معیار (ppm)	حداقل (ppm)	حداکثر (ppm)	حدود مجاز مواجهه (ppm) (OEL-TWA)
میزان مواجهه فردی	۳۰/۷۲±۱/۲۷	۸/۰۸	۵۱/۴۹	۲۵
غلظت هوای بازدمی	۳/۵۲±۳/۵۵	۰/۰۰۲	۱۱/۲۲	۳
غلظت هوای محیطی	۵۷/۹۱±۳/۱۲	۲/۴۵	۸۴/۰۱	-

جدول ۳: نتایج آزمون آماری پیرسون و ارتباط بین متغیرهای بررسی‌شده

متغیر مورد بررسی	غلظت هوای محیطی (ppm)		میزان مواجهه فردی (ppm)		غلظت هوای بازدمی (ppm)	
	r	سطح معناداری	r	سطح معناداری	r	سطح معناداری
غلظت هوای محیطی	۱	-	۰/۹۱	۰	۰/۵۹	۰/۰۰۳
میزان مواجهه فردی	۰/۹۱	۰	۱	-	۰/۶۶	۰/۰۴۶
غلظت هوای بازدمی	۰/۵۹	۰/۰۰۳	۰/۶۶	۰/۰۴۶	۱	-

جدول ۴: غلظت هوای بازدمی و میزان مواجهه فردی افراد شاغل با تتراکلرواتیلن بر اساس نوع فعالیت شغلی

نوع فعالیت شغلی	تعداد	میانگین±انحراف معیار سن (سال)	میانگین±انحراف معیار غلظت هوای بازدمی (ppm)	میانگین±انحراف معیار سطوح مواجهه فردی (ppm)
اپراتور ماشین خشکشویی	۳	۴۲±۵/۱۹	۵/۹±۵/۰۷	۳۰/۱۵±۲۱/۷۱
اتوکار	۵	۴۷±۱۲/۶۷	۲/۰۷±۱	۳۱/۹۴±۱۳/۲۲
منشی	۴	۳۲±۶/۹۴	۳/۵۶±۴/۰۳	۲۸/۲۸±۶/۳۱
جمع	۱۲	۴۱±۱۰/۹	۳/۵۲±۳/۵۵	۳۰/۲۷±۱۲/۷۶

بحث

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که سطوح مواجهه فردی افراد شاغل در خشکشویی با تتراکلرواتیلن از حدود مجاز شغلی (TWA-OEL) ملی کشور بالاتر بود (جدول ۲). در پژوهش راستکاری و همکاران (۲۰۱۰) که با هدف پایش میزان مواجهه حاد و مزمن با تتراکلرواتیلن در ارتباط با ۴۰ مرد شاغل در خشکشویی‌های شهر تهران انجام شد، مقدار متوسط مواجهه با تتراکلرواتیلن در منطقه تنفسی سه گروه از این افراد به‌ترتیب ۳۱/۰۴، ۵۰/۸۷ و ۱۲۰/۹۹ میلی‌گرم بر مترمکعب به‌دست آمد که با وجود تفاوت آماری معنادار با گروه کنترل، از TLV -TWA (Threshold Limit Value) گزارش‌شده توسط سازمان ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) (۱۷۰ میلی‌گرم بر مترمکعب) پایین‌تر بود [۶]. علاوه‌براین، در پژوهش Maccà و همکاران (۲۰۰۷) که به‌منظور ارزیابی میزان مواجهه ۷۱ فرد شاغل در خشکشویی با تتراکلرواتیلن انجام شد، میانگین مواجهه فردی با تتراکلرواتیلن معادل ۵۲/۳۲ میلی‌گرم بر مترمکعب به‌دست آمد که حدود

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.21859/johe.4.3.1]

۳۰ درصد از موارد بالاتر از TLV-TWA (۱۷۰ میلی‌گرم بر مترمکعب) بود [۱۳].

از سوی دیگر، نتایج نشان داد که مقادیر تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی شاغلین از شاخص بیولوژیکی مواجهه (BEI) پیشنهادی حدود مجاز شغلی ملی کشور (۳ ppm) بیشتر بود (جدول ۲). در این راستا در پژوهشی که توسط عظیمی پیرسرایی و همکاران در سال ۲۰۰۸ در ارتباط با ۱۷۹ نفر از کارکنان شاغل در خشک‌شویی‌های شهر تهران انجام گرفت، غلظت تتراکلرواتیلن در هوای منطقه تنفسی اپراتور ماشین، پرس‌کننده و دستیار به‌ترتیب ۱۱/۵، ۹/۶ و ۷/۲ ppm به‌دست آمد. در این پژوهش غلظت پرکلرواتیلن در هوای بازدمی کارکنان خشکشویی در صبح روز شنبه (قبل از تغییر هفته) به‌ترتیب ۱/۷، ۱/۵ و ۱/۱ ppm بود؛ درحالی که در روز جمعه (پایان شیفت در پایان هفته) به‌ترتیب ۲/۴، ۲/۰ و ۱/۵ ppm محاسبه گردید [۷]. علت وجود اختلاف در نتایج گزارش‌شده در این مطالعات را می‌توان به تفاوت شرایط کاری در خشکشویی‌های مورد مطالعه و همچنین، اهداف اصلی پژوهشگران از انجام پژوهش‌های مورد نظر نسبت داد.

از سوی دیگر، در پژوهش حاضر ارتباط مثبت و معناداری بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی با غلظت‌های محیطی (P=۰/۰۰۳، r=۰/۵۹) با سطوح مواجهه فردی (P=۰/۰۴۶، r=۰/۶۶) مشاهده شد. با توجه به وجود ریسک بالای مواجهه با تتراکلرواتیلن در خشکشویی‌ها که در پژوهش حاضر و سایر مطالعات مشابه نیز مورد تاکید قرار گرفته است [۱۴]، این یافته چندان دور از انتظار نبود؛ درحالی که بیشترین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی افراد شاغل با فعالیت شغلی اپراتور خشکشویی و کمترین میزان آن در هوای بازدمی افراد شاغل با فعالیت شغلی اتوکار مشاهده شد و بیشترین و کمترین سطوح مواجهه فردی نیز به‌ترتیب در فعالیت‌های شغلی اتوکار و منشی به‌دست آمد (جدول ۲). علت این مغایرت را می‌توان ناشی از وجود اختلاف قابل‌ملاحظه در رنج غلظت هوای محیطی (بیش از ۸۰ ppm) در حین جمع‌آوری نمونه‌های هوای بازدمی و سطوح مواجهه فردی دانست (جدول ۲)؛ زیرا در تعیین سطوح مواجهه فردی، مواجهه ۸ ساعته فرد مورد بررسی قرار گرفته است و کلیه افراد (حتی منشی) به‌دلیل اقتضای وظیفه شغلی به‌طور دائم در بخش‌های مختلف محل کار در حال رفت و آمد بوده‌اند؛ ازاین‌رو، میزان مواجهه کل افراد شاغل در فعالیت شغلی متفاوت، اختلاف چندانی با یکدیگر ندارد (کمتر از ۴ ppm)؛ بنابراین آزمون One-Way ANOVA نیز اختلاف آماری معناداری را بین سطوح مواجهه فردی با نوع فعالیت شغلی (اپراتور، اتوکار و منشی) نشان نداد. علاوه‌براین، اختلاف بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی اپراتور خشکشویی نسبت به سایر فعالیت‌های شغلی را می‌توان ناشی از اندازه‌گیری هوای تتراکرواتیلن هوای بازدمی پس از تخلیه دستگاه خشکشویی دانست که با توجه به ارتباط معنادار به‌دست‌آمده بین غلظت هوای محیطی با غلظت هوای بازدمی، این یافته دور از انتظار نبود؛ هرچند که تعداد کم نمونه‌های جمع‌آوری‌شده در هریک از فعالیت‌های شغلی مربوطه را نمی‌توان در کسب این نتیجه بی‌تاثیر دانست (جدول ۴).

در این زمینه در پژوهشی که توسط Kernan و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از مدل آماری انجام شد، نتایج نشان داد که بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و سطوح مواجهه فردی ارتباط معناداری مشاهده می‌شود [۸]. در پژوهش عظیمی پیرسرایی و همکاران (۲۰۰۹) نیز نتایج تحلیل رگرسیون خطی حاکی از آن بود که بین غلظت هوای بازدمی در پایان شیفت در روز شنبه و سطوح مواجهه فردی ارتباط معناداری وجود دارد (P<۰/۰۰۱، r=۰/۹۹). بین غلظت هوای بازدمی پایان شیفت در عصر روز پنجشنبه و سطوح مواجهه فردی نیز ارتباط معناداری مشاهده شد (P<۰/۰۰۱، r=۰/۹۸) [۷].

تاکنون مطالعات اندکی در مورد بررسی این رابطه انجام شده است. در این راستا در پژوهشی که توسط Kernan و همکاران در سال ۲۰۰۸ با هدف امکان‌سنجی پایش بیولوژیکی تتراکلرواتیلن به‌منظور ارزیابی مواجهه کارکنان خشکشویی انجام گرفت، غلظت تتراکلرواتیلن در خون و هوای بازدمی در ابتدا و انتهای شیفت کاری اندازه‌گیری گردید [۸]. همچنین، می‌توان به پژوهش Maccà و همکاران ۲۰۰۷ که در آن به پایش تتراکلرواتیلن در هوای محیطی خشکشویی‌ها با استفاده از نمونه‌گیر غیرفعال فردی (Radiello) در کل شیفت کاری پرداخته شد، اشاره نمود. این پژوهشگران با استفاده از لوله‌های آشکارساز، غلظت لحظه‌ای تتراکلرواتیلن در هوای محیطی در پیک آلودگی را به‌صورت قرائت مستقیم اندازه‌گیری نمودند [۱۳]. در این پژوهش ارتباط معناداری بین غلظت‌های محیطی با غلظت هوای بازدمی (P=۰/۰۰۳، r=۰/۵۹) و سطوح مواجهه فردی (P=۰، r=۰/۹۱) به‌دست آمد. با توجه به این موضوع که غلظت‌های تتراکلرواتیلن در هوای محیطی عامل اصلی افزایش سطوح مواجهه فردی و غلظت آن در هوای بازدمی شاغلین می‌باشد (جدول ۲)، با درنظرگرفتن وجود همبستگی قابل‌ملاحظه به‌دست‌آمده بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و سطوح مواجهه فردی می‌توان نتیجه گرفت که هرگونه افزایش در غلظت‌های هوای محیطی سبب افزایش تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی و سطوح مواجهه فردی شاغلین می‌شود. این یافته با نتایج پژوهش Gobba و همکاران ۲۰۰۳ همسویی دارد. در این پژوهش با بررسی شاخص‌های بیولوژیک مواجهه در محیط‌های با غلظت پایین تتراکلرواتیلن، ضریب همبستگی (r) بین غلظت تتراکلرواتیلن در هوای محیطی و سطوح تتراکلرواتیلن در خون، هوای بازدمی و ادرار به‌ترتیب برابر با ۰/۹۴، ۰/۸۱ و ۰/۶۷ به‌دست آمد که میزان همبستگی گزارش‌شده در ارتباط با هوای بازدمی با مقادیر به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر ۰/۵۹

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.21859/johe.4.3.1]

تقریبا نزدیک می‌باشد [۱۵].

نتیجه‌گیری

با توجه به وجود همبستگی معنادار بین غلظت تتراکلرواتیلن هوای بازدمی و سطوح مواجهه فردی و غلظت هوای محیطی و نیز همخوانی این نتایج با یافته‌های سایر مطالعات مشابه می‌توان نتیجه گرفت که اندازه‌گیری تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی به‌عنوان یک نشانگر زیستی غیرتهاجمی به‌منظور ارزیابی مواجهه شغلی در خشکشویی‌ها از اعتبار کافی برخوردار می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که درصورت بهینه‌سازی شرایط تجزیه‌ای دستگاه GC-FID، با تلفیق روش‌های ۱۰۰۳ و ۳۷۰۴ NIOSH می‌توان غلظت تتراکلرواتیلن در هوای بازدمی را با حساسیت بالا اندازه‌گیری نمود.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای به شماره ۹۴۱۲۱۸۷۲۶۴ است. بدین‌وسیله از تمامی افراد شاغل در خشکشویی‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر که همکاری صادقانه‌ای با پژوهشگران داشتند و نیز از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان به‌دلیل حمایت مالی از این طرح تحقیقاتی سپاسگزاری می‌شود.

REFERENCES

1. Cocker J. A perspective on biological monitoring guidance values. *Toxicol Lett*. 2014;**231**(2):122-5. PMID: 25223251 DOI: 10.1016/j.toxlet.2014.09.010
2. Opdam JJ, Smolders JF. Alveolar sampling and fast kinetics of tetrachloroethene in man. I. Alveolar sampling. *Br J Ind Med*. 1986;**43**(12):814-24. PMID: 3801333
3. Ziener CE, Braunsdorf PP. 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;**2014**:904512. PMID: 24772171 DOI: 10.1155/2014/904512
4. Fernandez J, Guberan E, Caperos J. Experimental human exposures to tetrachloroethylene vapor and elimination in breath after inhalation. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1976;**37**(3):143-50. PMID: 1266733 DOI: 10.1080/0002889768507437
5. Gobba F, Righi E, Fantuzzi G, Roccatto L, Predieri G, Aggazzotti G. Perchloroethylene in alveolar air, blood, and urine as biologic indices of low-level exposure. *J Occup Environ Med*. 2003;**45**(11):1152-7. PMID: 14610396 DOI: 10.1097/01.jom.0000094990.52172.ea
6. Rastkari N ,Yunesian M, Ahmadkhaniha R. Exposure assessment to trichloroethylene and perchloroethylene for workers in the dry cleaning industry. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2011;**86**(4):363-7. PMID: 21416139 DOI: 10.1007/s00128-011-0244-9
7. Azimi Pirsaraei SR, Khavanin A, Asilian H, Soleimanian A. Occupational exposure to perchloroethylene in dry-cleaning shops in Tehran, Iran. *Ind Health*. 2009;**47**(2):155-9. PMID: 19367044
8. 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*. 2008;**7**(1):12. PMID: 18412959 DOI: 10.1186/1476-069X-7-12
9. Eller PM. NIOSH manual of analytical methods. Collingdale, USA: Diane Publishing; 1998.
10. Hydrocarbons, Halogenated. NIOSH Manual of Analytical Methods. Available at: URL: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1003.pdf; 2010.
11. Sweet ND, Burroughs GE, 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. PMID: 15238304 DOI: 10.1080/15459620490472921
12. Occupational exposure limits. 4th ed. New York: Center of Excellence for Occupational Health (CEOH): Center for Environment and Health, Ministry of Health and Medical Education, Student Publications; 2017.
13. Maccà I, Carrieri M, Luisa Scapellato M, Scopa P, Trevisan A, Bartolucci G. Biological monitoring of exposure to perchloroethylene in dry cleaning workers. *Med Lav*. 2012;**103**(5):382-93. PMID: 23077798
14. Chin DL, 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. PMID: 24526433 DOI: 10.1007/s10903-014-9989-7
15. Gobba F, Righi E, Fantuzzi G, Roccatto L, Predieri G, Aggazzotti G. Perchloroethylene in alveolar air, blood, and urine as biologic indices of low-level exposure. *J Occup Environ Med*. 2003;**45**(11):1152-7. PMID: 14610396 DOI: 10.1097/01.jom.0000094990.52172.ea

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.21859/johe.4.3.1]