DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1633 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 21, No. 4, Winter

Received: 12.08.2024 Accepted: 28.10.2024 Published: 05.01.2026

Dermal Risk Assessment in Nail Technicians Exposed to Dibutyl Phthalate and Toluene Using DREAM Model

Sareh Kowsar[1], Sara Karimi-Zeverdegani[2]

Original Article

Abstract

Background: Toluene and dibutyl phthalate (DBP) are found in many consumer products, including cosmetics and nail polishes used in beauty salons. Therefore, this study aimed to investigate the concentrations of toluene and DBP in the air of nail salons and assess the risk of dermal exposure using the Dermal Exposure Assessment Method (DREAM) for these two substances.

Methods: This descriptive-analytical cross-sectional study was conducted in 2023 in 10 nail salons in Isfahan City, Iran, which were selected through random sampling. To evaluate the concentrations of toluene and DBP, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) 1501 and NIOSH 5020 methods were used, respectively. Additional data were collected using questionnaires that included demographic information about the employees, symptoms of diseases related to the substances used, and personal protective equipment (PPE). The DREAM model was employed to assess the risk of dermal exposure to these two substances.

Findings: Toluene concentrations ranged from 0.33 ppm to 11.78 ppm, while DBP concentrations varied from 0.11 ppm to 4.72 ppm. The results of the dermal risk assessment for toluene and DBP indicated that exposure in emission, deposition, and transfer was the highest for the forearms, hands, and torso front. The dermal risk assessment ranking was obtained using the DREAM model, and the results showed that the concentration of toluene in the salons was relatively high.

Conclusion: Nail technicians are exposed to concentrations of toluene and DBP in their workplace, and the risk assessment of dermal exposure to these compounds ranged from moderate to high. Based on the findings, researchers recommend that this group of workers use PPE such as appropriate gloves and masks. Additionally, future research should focus on the design and implementation of ventilation systems to improve safety for this occupational group.

Keywords: Risk assessment; Toluene; Dibutyl phthalate; Occupational exposure

Citation: Kowsar S, Karimi-Zeverdegani S. **Dermal Risk Assessment in Nail Technicians Exposed to Dibutyl Phthalate and Toluene Using DREAM Model.** J Health Syst Res 2026; 21(4): 508-15.

1- MSc Student, Student Research Committee AND Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Associate Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Sara Karimi-Zeverdegani; Associate Professor, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: s_karimi@hlth.mui.ac.ir

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1633]

DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1633 Published by Vesnu Publications

ارزیابی خطر مواجهه پوستی در تکنسین‌های ناخن‌کار مواجهه یافته با دی‌بوتیل فتالات و تولوئن با استفاده از مدل DREAM

ساره کوثر[1]، سارا کریمی زوردگانی[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: تولوئن و دی‌بوتیل فتالات در بسیاری از محصولات مصرفی از جمله لوازم آرایشی و لاک‌های ناخن در سالن‌های زیبایی یافت می‌شود. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی غلظت تولوئن و دی‌بوتیل فتالات در هوای محیط کار سالن‌های ناخن به همراه ارزیابی خطر مواجهه پوستی با استفاده از مدل Dermal exposure assessment method (DREAM) برای این دو ماده انجام شد.

روش‌ها: این مطالعه توصیفی- تحلیلی- مقطعی در ۱۰ سالن زیبایی ناخن در اصفهان که به روش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شدند، در سال ۱۴۰۲ انجام گردید. برای ارزیابی غلظت تولوئن و دی‌بوتیل فتالات به ترتیب از روش‌های National Institute for Occupational Safety and Health 1501 (NIOSH 1501) و NIOSH 5020 استفاده شد. به منظور جمع‌آوری سایر داده‌ها، از پرسش‌نامه‌های اطلاعات دموگرافیک کارکنان، علایم بیماری‌های مرتبط با مواد مورد استفاده و تجهیزات حفاظت فردی بهره گرفته شد. مدل ارزیابی خطر مواجهه پوستی با روش DREAM به منظور ارزیابی خطر مواجهه پوستی با این دو ماده انتخاب گردید.

یافته‌ها: غلظت تولوئن از ۰/۳۳ تا ۱۱/۷۸ppm و غلظت‌های دی‌بوتیل فتالات از ۰/۱۱ تا ۴/۷۲ppm متغیر بود. نتایج محاسبات ارزیابی خطر مواجهه پوستی برای تولوئن و دی‌بوتیل فتالات نیز نشان داد که مواجهه در انتشار، رسوب و انتقال برای ساعد، دست‌ها و جلوی تنه بیشترین مقدار را داشت. رتبه‌بندی ارزیابی خطر مواجهه پوستی با استفاده از روش DREAM به دست آمد و نتایج حاکی از آن بود که غلظت تولوئن در سالن‌ها به نسبت بالا می‌باشد.

نتیجه‌گیری: تکنسین‌های کاشت ناخن در محل کار خود با غلظت‌هایی از تولوئن و دی‌بوتیل فتالات مواجهه دارند و ارزیابی خطر مواجهه پوستی با این ترکیبات، می‌تواند از سطوح متوسط تا بالا متغیر باشد. با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهاد می‌شود این گروه از افراد از وسایل حفاظت فردی مانند دستکش و ماسک مناسب استفاده نمایند و در تحقیقات آینده به بررسی طراحی‌های سیستم تهویه برای این گروه از شاغلین پرداخته شود.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی خطر؛ تولوئن؛ دی‌بوتیل فتالات؛ مواجهه شغلی

ارجاع: کوثر ساره، کریمی زوردگانی سارا. **ارزیابی خطر مواجهه پوستی در تکنسین‌های ناخن‌کار مواجهه یافته با دی‌بوتیل فتالات و تولوئن با استفاده از مدل DREAM**. مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۴؛ ۲۱ (۴): ۵۱۵-۵۰۸

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۵/۲۲ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۸/۷ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵

مقدمه

سالن‌های زیبایی زنانه از جمله محیط‌های شغلی است که افراد در مواجهه با مواد شیمیایی مختلف قرار دارند. در سالن‌های زیبایی کارهایی مانند رنگ‌آمیزی مو، آرایش صورت، پاکسازی پوست، طراحی و اکستنشن ناخن وجود دارد که منجر به مواجهه زنان با مواد شیمیایی مضر می‌شود و می‌تواند باعث ایجاد مشکلات پوست، تنفسی و سایر مشکلات سلامتی گردد (۱). در سال‌های اخیر، صنعت ناخن پیشرفت قابل توجهی را نشان داده است، اما نگرانی‌های جدی در مورد خطرات بهداشتی مرتبط با آن وجود دارد. طی ۲۰ سال گذشته این صنعت رشد زیادی داشته؛ به طوری که تا سال ۲۰۱۷، ۵۶۳۸۹ سالن ناخن و ۴۳۹۷۵۱ تکنسین ناخن وجود داشته است (۲). با توجه به طیف وسیعی از محصولات مورد استفاده در سالن‌های ناخن، تکنسین‌های ناخن با برخی از ترکیبات آلی فرار مواجهه دارند. این مواد شیمیایی شامل فرمالدئید، تولوئن، استون، اتیل متاکریلات، متیل متاکریلات، گزیلن و فتالات‌ها می‌باشد که مواجهه با این گروه از ترکیبات، ممکن است منجر به ایجاد اختلال در عملکرد غدد درون‌ریز، تحریک چشم، مشکلات تنفسی و پوستی، سرطان، نقص‌های مادرزادی و واکنش‌های آلرژیک گردد (۴، ۳). مواجهه با فتالات و تولوئن در محل کار، می‌تواند خطراتی برای سلامت کارکنان داشته باشد. فتالات‌ها سرطان‌زا، سمی و مختل‌کننده باروری هستند که می‌توانند منجر به عدم تعادل هورمونی شوند (۵).

اثرات مرتبط با رشد از جمله کاهش وزن جنین، کاهش تولد نوزاد زنده و نقص‌های مادرزادی، در موش‌هایی که در معرض غلظت‌های بالای دی‌بوتیل

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: سارا کریمی زوردگانی؛ دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
Email: s_karimi@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]
[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1633]

فتالات از طریق مصرف خوراکی قرار داشتند، گزارش شده است. علاوه بر این، اثرات تولید مثلی مانند کاهش تولید اسپرم و وزن بیضه در حیوانات نیز گزارش شده است (۶). فتالات‌ها می‌توانند افراد را از طریق سیستم تنفسی درگیر و ریه‌ها را تحریک کنند (۱۰-۷). اثرات تولوئن بر انسان به مدت زمان و دز مواجهه با آن بستگی دارد. همچنین، اثرات نامطلوب تولوئن بر سیستم عصبی مرکزی (Central nervous system یا CNS)، سیستم قلبی- عروقی، سیستم خون‌ساز، سیستم تولید مثل و تنفسی، کبد، کلیه‌ها، پوست و اندام‌های حسی در غلظت‌های بالا گزارش شده است (۱۱). در سال ۲۰۱۱، دپارتمان کنترل مواد سمی (Department of Toxic Substances Control یا DTSC) غلظت تولوئن و دی‌بوتیل فتالات را در محصولات لاک ناخن در منطقه خلیج سانفرانسیسکو اندازه‌گیری کرد و به این نتیجه دست یافت که حداکثر غلظت تولوئن و دی‌بوتیل فتالات به ترتیب ۱۹۰۰۰۰ و ۸۸۰۰۰ppm بود (۱۲). هدایی و همکاران به این نتیجه رسیدند که بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلن، فرمالدئید و استایرن در ۲۰ سالن زیبایی در هوای سالن‌های ناخن تهران وجود دارد (۱۳).

Varshavsky و همکاران پژوهشی در مورد مواجهه با فتالات در میان کارگران سالن‌های ناخن ویتنامی- آمریکایی انجام دادند و نتیجه‌گیری کردند که این کارگران به طور نامتناسبی روزانه با فتالات مواجهه دارند (۱۴). در سال‌های اخیر، مشخص شده است که جذب پوستی مواد شیمیایی نیز می‌تواند عامل مهمی باشد. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که دست‌ها اولین ناحیه از بدن هستند که در مواجهه شغلی با حلال‌ها قرار دارند (۱۶، ۱۵). بنابراین، محدود کردن مواجهه پوستی برای پیشگیری بهینه از بیماری‌های پوستی بسیار مهم است (۱۵). از آن‌جایی که ارزیابی مواجهه شغلی با مواد شیمیایی مانند تولوئن و دی‌بوتیل فتالات‌ها از طریق تماس با پوست اغلب وقت‌گیر یا غیر عملی است، برخی از محققان از مدل‌هایی برای تخمین مواجهه پوست استفاده می‌کنند (۲۱-۱۷). ارزیابی مواجهه پوستی به روش Dermal exposure assessment method (DREAM)، یک مدل مفهومی نیمه کمی است که خروجی تخمینی از مواجهه پوست با مواد سمی را بر اساس شرایط فیزیکی و شیمیایی ماده سمی، شرایط شغلی و محیطی و سطح پوست فرد فراهم می‌کند (۲۲).

با توجه به این که استفاده از محصولات آرایشی روند افزایشی داشته است و افراد زیادی اعم از ناخن‌کاران و مشتریان با مواد زیان‌آور شیمیایی موجود در این حرفه مواجهه دارند و از سوی دیگر، تحقیقات اندکی در ایران بر روی مواجهه ناخن‌کاران با فتالات‌ها و تولوئن صورت گرفته است، پژوهش حاضر با هدف اندازه‌گیری دی‌بوتیل فتالات و تولوئن هوای محیط کار ناخن‌کاران و برآورد مواجهه پوستی این دو ماده با استفاده از مدل DREAM انجام شد.

روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی- تحلیلی- مقطعی بود که در ۱۰ سالن ناخن منتخب شهر اصفهان در سال ۱۴۰۲ انجام شد. تحقیق طی چهار مرحله شامل «انتخاب سالن‌های ناخن، نمونه‌برداری تولوئن از هوای محیط کار، نمونه‌برداری دی‌بوتیل فتالات از هوای محیط کار و ارزیابی خطر مواجهه پوستی با این دو ماده» صورت گرفت. بدین ترتیب، سالن‌های زیبایی که به طور انحصاری خدمات ناخن ارایه می‌کردند، انتخاب شدند و ۱۰ فرد ناخن‌کار که در مواجهه با دو ماده تولوئن و دی‌بوتیل فتالات بودند، مورد بررسی قرار گرفتند. متوسط ساعت کاری در این سالن‌ها ۶ ساعت و متوسط تعداد مراجعه‌کنندگان در بازه زمانی انجام پژوهش، ۸ نفر بود.

روش National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH 1501) برای نمونه‌برداری و آنالیز تولوئن: جهت جمع‌آوری نمونه‌ها، از لوله‌های ذغال فعال پیشنهادی NIOSH و پمپ نمونه‌بردار فردی (شرکت SKC، انگلستان) استفاده گردید. قبل از نمونه‌برداری، ابتدا پمپ‌ها کالیبره و در دبی ۱ لیتر بر دقیقه تنظیم گردید. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافت و پس از بازیافت شیمیایی به کمک دی‌سولفید کربن، با استفاده از دستگاه Gas chromatography-Mass spectrometry (GC-MS) آنالیز گردید (۲۴، ۲۳). بر اساس دوره کار ناخن‌کاران که ۷ دقیقه بود، زمان نمونه‌برداری ۷۰ دقیقه در نظر گرفته شد.

روش NIOSH 5020 برای نمونه‌برداری و آنالیز دی‌بوتیل فتالات: جهت جمع‌آوری نمونه‌ها، از فیلتر غشایی استر سلولزی با پورسایز ۰/۸ میکرون و پمپ نمونه‌بردار فردی کالیبره شده با دبی ۲ لیتر در دقیقه استفاده گردید. پس از اتمام نمونه‌برداری و انجام مراحل آماده‌سازی فیلتر، استخراج توسط دی‌سولفید کربن صورت گرفت و در نهایت، آنالیز با دستگاه GC-MS انجام شد (۲۵). مدت نمونه‌برداری با توجه به شرایط کاری ناخن‌کاران، ۹۰ دقیقه در نظر گرفته شد.

روش ارزیابی خطر پوستی با استفاده از روش DREAM: این مدل نیمه کمی، مواجهه واقعی و بالقوه را برای ۹ قسمت بدن از جمله سر، بازوها، ساعدها، دست‌ها، جلوی بدن، پشت بدن، پایین تنه، پایین پاها و پاها بررسی می‌کند. مواجهه بالقوه طبق رابطه‌های ۱ تا ۴ محاسبه گردید.

$$Skin_P_{BP} = E_{BP} + D_{BP} + T_{BP}$$ رابطه ۱

در رابطه ۱، $Skin_P_{BP}$ مواجهه بالقوه پوست، E_{BP} مواجهه انتشاری، D_{BP} مواجهه رسوبی و T_{BP} مواجهه انتقالی می‌باشد.

$$E_{BP} = P_{E.BP} \cdot I_{E.BP} \cdot E_I \cdot ER_E$$ رابطه ۲

در رابطه ۲، $P_{E.BP}$ انتشار به لباس و پوست بدون پوشش، $I_{E.BP}$ شدت انتشار، E_I انتشار ذاتی و ER_E فاکتور مسیر مواجهه است که برای انتشار عدد ۳ و برای انتقال و رسوب عدد ۱ در نظر گرفته می‌شود.

$$D_{BP} = P_{D.BP} \cdot I_{D.BP} \cdot E_I \cdot ER_D$$ رابطه ۳

در رابطه ۳، $P_{D.BP}$ احتمال رسوب روی لباس و پوست بدون پوشش، $I_{D.BP}$ شدت رسوب روی لباس و پوست بدون پوشش می‌باشد.

$$T_{BP} = P_{T.BP} \cdot I_{T.BP} \cdot E_I \cdot ER_T$$ رابطه ۴

در رابطه ۴، $P_{T.BP}$ احتمال انتقال روی لباس و پوست بدون پوشش، $I_{T.BP}$ شدت انتقال آلودگی از سطح تماس می‌باشد.

در روابط ۱ تا ۴، P نشان دهنده احتمال و I به معنای شدت در مواجهه‌های انتشاری (E)، انتقالی (T) و رسوبی (D) است. شاخص EI یا انتشار ذاتی، پس از تعیین حالت فیزیکی ماده (جامد، مایع، گاز) بر اساس روابط ۵ تا ۷ محاسبه گردید.

https://hsr.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1633]

$$E_{I(SOLID)} = PS \cdot C \cdot F \cdot DU \cdot SS$$ رابطه ۵

در رابطه ۵، PS حالت فیزیکی، C غلظت، F فرموالاسیون، DU گرد و غبار و SS چسبندگی، موم و مرطوب می‌باشد.

$$E_{I(LIQUIDS)} = PS \cdot C \cdot EV$$ رابطه ۶

در رابطه ۶، EV بخار، دمای جوش می‌باشد.

$$E_{I(VAPOURS)} = PS \cdot C$$ رابطه ۷

مواجهه واقعی که در آن فاکتور لباس، حفاظتی برای دست‌ها و سایر قسمت‌های بدن در نظر گرفته شده است، بر اساس رابطه ۸ محاسبه گردید که در آن، $Skin_A_{BP}$ مواجهه واقعی پوست، O_{HA} فاکتور حفاظتی برای دست‌ها و O_{BP} فاکتور حفاظتی برای بقیه بخش‌های بدن می‌باشد.

$$Skin_A_{BP} = Skin_P_{BP} \cdot O_{HA/BP}$$ رابطه ۸

فاکتور لباس حفاظتی و اندازه قسمت‌های بدن با استفاده از روابط ۹ و ۱۰ محاسبه گردید.

$$O_{HA} = M \cdot PFM_{HA} \cdot RF \cdot GC \cdot GD \cdot UG \cdot URF \cdot BC$$ رابطه ۹

در رابطه ۹، M ماده استفاده شده در لباس و دستکش، PFM_{HA} فاکتور حفاظتی، RF فرکانس تعویض، GC دستکش‌ها به خوبی به لباس‌های بازو متصل می‌شوند، GD درصد مدت زمان کاری که دستکش پوشیده است، UG استفاده از جفت دستکش روی دستکش بیرونی، URF فرکانس تعویض دستکش داخلی و BC استفاده از کرم محافظ می‌باشد.

$$O_{BP} = M \cdot PFM_{BP} \cdot RF$$ رابطه ۱۰

در نهایت، مواجهه واقعی برای ۹ بخش از بدن محاسبه شد. عدد نهایی به یکی از شش دسته‌بندی طبق استاندارد مدل DREAM شامل مواجهه بسیار کم (صفر تا ۱۰)، مواجهه کم (۳۰-۱۰)، مواجهه متوسط (۱۰۰-۳۰)، مواجهه بالا (۱۰۰۰-۳۰۰) و در صورتی که عدد نهایی بیشتر از ۱۰۰۰ باشد، در دسته مواجهه بسیار بالا قرار گرفت (۲۷، ۲۶).

یافته‌ها

پژوهش حاضر با هدف اندازه‌گیری دی‌بوتیل فتالات و تولوئن هوای محیط کار ناخن‌کاران و همچنین، برآورد مواجهه پوستی این دو ماده با استفاده از روش DREAM انجام گرفت که نتایج در جدول ۱ ارایه شده است. بر این اساس، حداقل و حداکثر غلظت تولوئن از ۰/۳۳ تا ۱۱/۷۸ppm و میانگین آن ۷/۹۱ppm تعیین گردید و در خصوص دی‌بوتیل فتالات حداقل و حداکثر غلظت از ۰/۱۱ تا ۴/۷۲ppm و میانگین آن، ۲/۳۵ppm به دست آمد.

جدول ۲ میانگین مقادیر به دست آمده از محاسبات ارزیابی خطر مواجهه پوستی با تولوئن و دی‌بوتیل فتالات را با استفاده از مدل DREAM در ۹ ناحیه بدن نشان می‌دهد.

جدول ۱. غلظت تولوئن و دی‌بوتیل فتالات در هوای محیط کار سالن‌های ناخن

نمونه	غلظت تولوئن (ppm)	غلظت دی‌بوتیل فتالات (ppm)
۱	۱۰/۱۱	۲/۶۳
۲	۹/۹۶	٤/۷۲
۳	۹/۰۱	٤/۱۲
٤	۷/٤۲	٤/٥۹
٥	٤/۸۷	۳/۰۰
٦	۰/۳۳	۰/۱۱
۷	۱۱/۷۸	۰/۲۸
۸	۹/۳۹	۲/۰٤
۹	۸/۹	۱/۱۷
۱۰	۷/۳۰	۰/۸۹

رتبه‌بندی ارزیابی خطر با توجه به عدد نهایی مدل DREAM در جدول ۳ ارایه شده است که برای دی‌بوتیل فتالات ۴۰ درصد در سطح خطر کم و ۳۰ درصد در سطح خطر خیلی کم و برای تولوئن نیز ۶۰ درصد در سطح خطر متوسط دسته‌بندی شدند.

بحث

با توجه به این که پژوهش‌های محدودی در زمینه بررسی آلاینده‌های موجود در شغل ناخن‌کاری انجام گرفته و همچنین، بررسی غلظت مواد شیمیایی مانند تولوئن و دی‌بوتیل فتالات به همراه ارزیابی خطر پوستی با آن‌ها انجام نشده است، مطالعه حاضر دارای نوآوری می‌باشد و با هدف ارزیابی غلظت‌های دی‌بوتیل فتالات و تولوئن هوای محیط کار سالن‌های ناخن و ارزیابی خطر مواجهه پوستی با استفاده از مدل DREAM انجام شد. ارزیابی خطر پوستی نشان داد که مواجهه با دی‌بوتیل فتالات بیشتر در سطوح متوسط و پایین رتبه‌بندی شده است؛ در حالی که تولوئن رتبه بالاتری داشت. سیستم تهویه طبیعی و تهویه عمومی در ۶۰ درصد سالن‌ها وجود داشت و سیستم‌های تهویه موضعی از جمله فن‌های رومیزی، در ۷۰ درصد سالن‌ها وجود داشت. از طرف دیگر، کارکنان سالن‌های ناخن از مشکلات پوستی مانند قرمزی و خشکی و ایجاد لک بر روی پوست، مشکلات تنفسی و چشمی شکایت داشتند. مطابق با داده‌های جدول ۱، بیشترین غلظت دی‌بوتیل فتالات ۴/۷۲ppm و کمترین غلظت ۰/۱۱ppm با میانگین ۲/۳۵ppm بودند. در خصوص تولوئن، بیشترین و کمترین غلظت به ترتیب ۱۱/۷۸ و ۰/۳۳ppm با میانگین ۷/۹۱ppm تعیین گردید. از دلایل اصلی غلظت بالای ترکیبات مورد بررسی می‌توان به تعداد مراجعه‌کنندگان این سالن‌ها، فضای سالن و استفاده از تهویه عمومی، طبیعی و موضعی اشاره نمود. علاوه بر این، به دلیل تقاضای بالای مشتریان برای طراحی‌های خاص ناخن، از حلال‌های متعدد به طور گسترده در سالن‌ها استفاده می‌شود که به طور طبیعی می‌تواند منجر به افزایش غلظت این ترکیبات گردد

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]
[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1633]

جدول ۲. میانگین مقادیر ارزیابی خطر مواجهه پوستی با تولوئن و دی‌بوتیل فتالات با استفاده از روش Dermal exposure assessment method (DREAM)

شاخص	بخش‌های بدن	دی‌بوتیل فتالات (میانگین ± انحراف معیار)	تولوئن (میانگین ± انحراف معیار)
E_{BP}	سر	۲/۷۰ ± ۲/۷۸	۶/۲۱ ± ۷/۵۴
	بازو	۰/۹۰ ± ۰/۶۹	۳/۷۸ ± ۳/۳۱
	ساعد	۱۱/۰۷ ± ۱۰/۶۲	۱۷/۰۱ ± ۲۶/۱۱
	دست‌ها	۴۶/۶۲ ± ۳۶/۱۴	۷۳/۰۸ ± ۳۳/۸۶
	جلوی بدن	۹/۰۰ ± ۹/۳۵	۱۸/۱۸ ± ۱۰/۹۹
	پشت بدن	۰/۲۷ ± ۰/۴۱	۲/۰۷ ± ۰/۹۹
	پایین بدن	۲/۱۶ ± ۲/۱۳	۱/۹۸ ± ۰/۸۸
	پایین پا	۰/۲۷ ± ۰/۴۱	۲/۰۷ ± ۰/۹۹
	پا	۰/۱۸ ± ۰/۳۶	۰/۷۲ ± ۰/۳۶
D_{BP}	سر	۰/۷۸ ± ۰/۷۰	۳/۱۲ ± ۳/۰۹
	بازو	۰/۳۳ ± ۰/۲۱	۱/۳۵ ± ۱/۰۶
	ساعد	۲/۳۷ ± ۲/۳۹	۶/۹۰ ± ۸/۳۵
	دست‌ها	۱۱/۳۴ ± ۱۲/۳۷	۲۰/۳۴ ± ۱۱/۹۹
	جلوی بدن	۲/۰۱ ± ۴۵۲	۴/۷۴ ± ۳/۵۸
	پشت بدن	۰/۳۰ ± ۰/۳۳	۱/۰۲ ± ۰/۹۱
	پایین بدن	۰/۸۴ ± ۰/۹۵	۱/۹۵ ± ۲/۴۸
	پایین پا	۰/۲۷ ± ۰/۳۴	۰/۶۰ ± ۰/۳۰
	پا	۰	۰/۴۸ ± ۰/۳۶
T_{BP}	سر	۰/۳۶ ± ۰/۲۹	۲/۵۵ ± ۳/۲۹
	بازو	۰/۳۳ ± ۰/۲۱	۱/۹۸ ± ۲/۵۶
	ساعد	۵/۷۳ ± ۸/۶۶	۴/۹۸ ± ۳/۳۵
	دست ها	۱۰/۶۸ ± ۱۰/۰۶	۱۸/۰۶ ± ۱۲/۲۰
	جلوی بدن	۲/۶۴ ± ۳/۲۳	۲/۳۷ ± ۲/۳۹
	پشت بدن	۰/۱۲ ± ۰/۱۵	۰/۶۶ ± ۰/۳۷
	پایین بدن	۰/۵۷ ± ۰/۷۴	۰/۶۳ ± ۰/۳۴
	پایین پا	۰/۱۵ ± ۰/۱۵	۰/۷۵ ± ۰/۷۳
	پا	۰	۰/۶۳ ± ۰/۷۴
$Skin_P_{BP}$	سر	۳/۸۴ ± ۳/۴۸	۱۱/۸۸ ± ۱۱/۸۷
	بازو	۱/۵۶ ± ۱/۰۶	۷/۱۱ ± ۶/۳۷
	ساعد	۱۹/۱۷ ± ۱۹/۴۵	۲۸/۰۸ ± ۳۶/۳۳
	دست‌ها	۶۹/۴۵ ± ۵۴/۷۶	۱۱۱/۴۸ ± ۵۱/۶۲
	جلوی بدن	۱۳/۶۵ ± ۱۳/۳۳	۲۵/۲۹ ± ۱۴/۶۲
	پشت بدن	۰/۶۹ ± ۰/۷۹	۳/۷۵ ± ۲/۰۰
	پایین بدن	۳/۵۷ ± ۰/۹۸	۳/۶۹ ± ۱/۷۲
	پایین پا	۰/۶۹ ± ۰/۶۶	۳/۴۲ ± ۱/۶۳
	پا	۰/۱۸ ± ۰/۳۶	۱/۸۳ ± ۱/۲۱
O_{HA}	دست‌ها	۰/۷۷ ± ۰/۳۶	۰/۷۷ ± ۰/۳۶

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1633]

جدول ۲. میانگین مقادیر ارزیابی خطر مواجهه پوستی با تولوئن و دی‌بوتیل فتالات با استفاده از روش Dermal exposure assessment method (DREAM) (ادامه)

شاخص	بخش‌های بدن	دی‌بوتیل فتالات (میانگین ± انحراف معیار)	تولوئن (میانگین ± انحراف معیار)
O_{BP}	سر	۰/۲۷ ± ۰/۰۹	۰/۳ ± ۵/۵۵۱۱۲E-۱۷
	بازو	۰/۳ ± ۵/۵۵۱۱۲E-۱۷	۰/۳ ± ۵/۵۵۱۱۲E-۱۷
	ساعد	۰/۳ ± ۵/۵۵۱۱۲E-۱۷	۰/۳ ± ۵/۵۵۱۱۲E-۱۷
	جلوی بدن	۰/۲۲ ± ۰/۱۰	۰/۲۰ ± ۰/۱۱
	پشت بدن	۰/۳ ± ۵/۵۵۱۱۲E-۱۷	۰/۳ ± ۵/۵۵۱۱۲E-۱۷
	پایین بدن	۰/۲۶ ± ۰/۰۸	۰/۲۰ ± ۰/۱۰
	پایین پا	۰/۲۶ ± ۰/۰۸	۰/۳ ± ۵/۵۵۱۱۲E-۱۷
	پا	۰/۳ ± ۵/۵۵۱۱۲E-۱۷	۰/۳ ± ۵/۵۵۱۱۲E-۱۷
$Skin_A_{BP}$	سر	۰/۸۵ ± ۰/۷۳	۲/۴۵ ± ۲/۴۵
	بازو	۰/۳۱ ± ۰/۲۱	۱/۴۲ ± ۱/۲۸
	ساعد	۳/۰۴ ± ۳/۰۸	۴/۴۶ ± ۵/۷۸
	دست ها	۲۱/۰۷ ± ۲۱/۱۰	۳۷/۵۲ ± ۲۷/۷۲
	جلوی بدن	۳/۸۷ ± ۵/۱۳	۶/۸۳ ± ۵/۶۹
	پشت بدن	۰/۲۵ ± ۰/۲۹	۱/۳۶ ± ۰/۷۳
	پایین بدن	۱/۸۰ ± ۲/۱۶	۱/۸۳ ± ۱/۵۷
	پایین پا	۰/۲۱ ± ۰/۲۴	۱/۱۷ ± ۰/۵۶
	پا	۰/۰۷ ± ۰/۰۳	۰/۳۵ ± ۰/۲۳
نمره خطر		۳۱/۳۸ ± ۲۸/۱۵	۵۷/۴۲ ± ۳۸/۲۴

E_{BP}: مواجهه انتشاری، D_{BP}: مواجهه رسوبی، T_{BP}: مواجهه انتقالی، $Skin_P_{BP}$: مواجهه بالقوه پوست، $Skin_A_{BP}$: واجهه واقعی پوست، O_{HA}: فاکتور حفاظتی برای دست‌ها، O_{BP}: فاکتور حفاظتی برای بقیه بخش‌های بدن

نتایج تحقیق Quach و همکاران نشان داد که غلظت ترکیباتی مانند تولوئن، متیل متاکریلات و ترکیبات آلی فرار، بالاتر از دستورالعمل‌های توصیه شده بود و علایمی مانند سردرد، تحریک و مشکلات تنفسی گزارش شد (۲۸). McNary و Jackson مواجهه کارگران سالن‌های ناخن با تولوئن را در طول استفاده از محصولات آرایشی ناخن ارزیابی کردند و دریافتند که ۹۰ درصد از تکنسین‌های ناخن با غلظت‌های تولوئن مساوی یا کمتر از ۲۶۰ppm مواجهه داشتند (۲۹). نتایج پژوهش Park و همکاران در کشور کره نشان داد که ۵۰ درصد از غلظت تولوئن در هوا از حد مجاز مواجهه آن کشور فراتر رفته است و بیماری‌های تنفسی و عصبی مختلف از جمله سردرد، سرفه تحریکی و گرفتگی قفسه سینه گزارش شده بود (۳۰).

جدول ۳. رتبه‌بندی ارزیابی خطر مواجهه پوستی با تولوئن و دی‌بوتیل فتالات به روش Dermal exposure assessment method (DREAM)

ماده	سطح خطر	تعداد (درصد)	درصد فراوانی معتبر	درصد فراوانی تجمعی
رتبه‌بندی دی‌بوتیل فتالات	خیلی کم	۳ (۳۰)	۳۰	۳۰
	کم	۴ (۴۰)	۴۰	۷۰
	متوسط	۲ (۲۰)	۲۰	۹۰
	بالا	۱ (۱۰)	۱۰	۱۰۰
رتبه‌بندی تولوئن	خیلی کم	۲ (۲۰)	۲۰	۲۰
	کم	۱ (۱۰)	۱۰	۳۰
	متوسط	۶ (۶۰)	۶۰	۹۰
	بالا	۱ (۱۰)	۱۰	۱۰۰

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1633]

طبق داده‌های جدول ۲، میزان انتشار، رسوب و انتقال دی‌بوتیل فتالات برای ساعد، دست‌ها و جلوی تنه عدد بیشتری را به خود اختصاص داد. مواجهه بالقوه پوست برای سر، ساعد، دست‌ها و جلوی تنه بالاترین مقادیر را داشت. مواجهه واقعی پوست برای ساعد، دست‌ها و جلوی تنه بالاترین مقادیر را نشان داد که بیان‌کننده مواجهه بیشتر این قسمت‌های بدن با دی‌بوتیل فتالات می‌باشد.

محققان پیشنهاد کرده‌اند که با استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، این مواجهه به حداقل میزان کاهش می‌یابد. ارزیابی خطر مواجهه پوستی برای تولوئن نشان داد که میزان انتشار، رسوب و انتقال تولوئن برای ساعد، دست‌ها و جلوی تنه بیشترین مقدار را داشت و مواجهه واقعی پوست برای سر، بازوها، ساعد، دست‌ها و جلوی تنه بالاترین مقدار را نشان داد. با وجود مواجهه زیاد این مواد در برخی سالن‌ها، در محاسبات نهایی به دلیل در نظر گرفتن عامل لباس برای دست‌ها و سایر قسمت‌های بدن، عدد کمتری تخصیص یافت که نشان دهنده تأثیر واضح استفاده از تجهیزات حفاظت فردی برای کاهش تماس پوستی می‌باشد.

در مطالعه میرسلیمی و همکاران که با هدف ارزیابی میزان مواجهه شغلی با سرب از طریق پایش هوا و پایش بیولوژیک در شاغلان یک معدن سرب و روی و با روش DREAM برای ارزیابی خطر مواجهه پوستی انجام شد، یکی از پیشنهادها، استفاده از وسایل حفاظت فردی و استفاده صحیح از آن‌ها برای کاهش مواجهه می‌باشد (۳۱).

رتبه‌بندی ارزیابی خطر مواجهه پوستی برای هر دو ماده در سالن‌ها انجام شد (جدول ۳). برای دی‌بوتیل فتالات، بیشتر در سطوح بسیار کم و کم طبقه‌بندی شد؛ در حالی که برای تولوئن، ۶۰ درصد در رده مواجهه متوسط قرار داشت. میزان خطر در سالن‌هایی که از تجهیزات حفاظت فردی استفاده می‌کردند، کمتر بود. همچنین، سالن‌هایی که از وسایل حفاظت فردی استفاده نمی‌کردند، میزان خطر بالاتری را گزارش نمودند. رابطه بین رتبه‌بندی نهایی ارزیابی خطر و غلظت این دو ماده حاکی از آن بود که با افزایش غلظت تولوئن و دی‌بوتیل فتالات، میزان خطر نیز به نسبت افزایش یافته است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ۳۰ درصد از کارکنان تمایلی به استفاده از تجهیزات حفاظت فردی نداشتند. همچنین، این افراد چالش‌هایی را در استفاده از این تجهیزات از جمله ناراحتی، تاری دید در عینک، لیز خوردن و کاهش دقت و سرعت (هنگام استفاده از دستکش) بیان کردند. نتایج پژوهش Kwapniewski و همکاران نشان داد که مانیکوریست‌ها در مواجهه با دی‌بوتیل فتالات‌ها قرار می‌گیرند و دستکش‌ها این میزان مواجهه را به حداقل می‌رسانند (۳۲).

در مطالعه حاضر محدودیت‌هایی همچون عدم در دسترس بودن تکنسین‌های ناخن و همچنین، بی‌میلی برای شرکت در تحقیق وجود داشت. محدودیت دیگر، ماهیت نامنظم و غیر قابل پیش‌بینی شیفت کاری تکنسین‌های ناخن و تغییرات در انجام کارهای روزانه بود. در راستای تأیید یا رد نتایج، پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آینده، حجم نمونه بیشتری در نظر گرفته شود. از دیگر پیشنهادها، طراحی سیستم تهویه موضعی حین انجام فرایند ناخن‌کاری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که غلظت‌هایی از تولوئن و دی‌بوتیل فتالات در سالن‌های ناخن یافت می‌شود که به دلیل اثرات سمی آن‌ها، اقداماتی برای به حداقل رساندن غلظت این مواد، ضروری است. همچنین، با توجه به این که سطوحی از خطر مواجهه پوستی با این ترکیبات نشان داده شد، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند دستکش‌های ایمنی مناسب لازم به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد با شماره ۳۴۰۱۶۰۷ و کد اخلاق IR.MUI.RESEARCH.REC.1401.328، مصوب دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله از کلیه افرادی که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Heibati B, Jaakkola MS, Lajunen TK, Ducatman A, Bamshad Z, Eslamizad S, et al. Occupational exposures and respiratory symptoms and lung function among hairdressers in Iran: a cross-sectional study. International Archives of Occupational and Environmental Health. 2021; 94: 877-87.
2. Seo JY, Kim HK, Euam J, Strauss SM. "Worrying About Getting Sick in the Future": Lived Experience of Health Seeking and Healthcare Utilization Among Korean Immigrant Nail Salon Workers. Journal of Racial and Ethnic Health Disparities. 2020; 7(3): 508-18.
3. Keretetse G, Brouwer D, Nelson G. Evaluating awareness of health risks and self-reported symptoms among nail technicians in Johannesburg, South Africa–a pilot study. Occupational Health Southern Africa. 2022; 28(6): 223-8.
4. Spoelstra C. Respiratory exposure and potential dermal exposure to volatile organic compounds in nail salons: A pilot study: North-West University; 2010.
5. Hauser R, Calafat A. Phthalates and human health. Occupational and environmental medicine. 2005; 62(11): 806-18.
6. ATSDR T. ATSDR (Agency for toxic substances and disease registry). Prepared by clement international corp, under contract. 2000; 205: 88-0608.
7. Sharpe RM, Skakkebaek NE. Testicular dysgenesis syndrome: mechanistic insights and potential new downstream effects. Fertility and sterility. 2008; 89(2): e33-e8.
8. Badroo IA, Khanday AH, Badroo SA, Khan SK, Malik IA, Nandurkar HP, Untoo SA. Effects on Fertility and Reproductive Behavior From Environmental Contaminants in Extreme Environments. Climate Change and Its Impact on Fertility. 2021: 206-25.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1633]

9. Yu Y, Wang JQ. Phthalate exposure and lung disease: the epidemiological evidences, plausible mechanism and advocacy of interventions. Reviews on Environmental Health. 2022.
10. Duty SM, Calafat AM, Silva MJ, Ryan L, Hauser R. Phthalate exposure and reproductive hormones in adult men. Human reproduction. 2005; 20(3): 604-10.
11. Benignus V. Health effects of toluene: a review. Neurotoxicology. 1981; 2(3): 567-88.
12. Kopelovich L, Perez AL, Jacobs N, Mendelsohn E, Keenan JJ. Screening-level human health risk assessment of toluene and dibutyl phthalate in nail lacquers. Food and Chemical Toxicology. 2015; 81: 46-53.
13. Hadei M, Hopke PK, Shahsavani A, Moradi M, Yarahmadi M, Emam B, Rastkari N. Indoor concentrations of VOCs in beauty salons; association with cosmetic practices and health risk assessment. Journal of Occupational Medicine and Toxicology. 2018; 13: 1-9.
14. Varshavsky JR, Morello-Frosch R, Harwani S, Snider M, Petropoulou SSE, Park JS, et al. A pilot biomonitoring study of cumulative phthalates exposure among Vietnamese American nail salon workers. International journal of environmental research and public health. 2020; 17(1): 325.
15. Niedner R. Occupational burden of the skin: the example of hands. Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz. 2008; 51(3): 334-9.
16. Karagounis TK, Cohen DE. Occupational hand dermatitis. Current Allergy and Asthma Reports. 2023; 23(4): 201-12.
17. Vermeulen R, Stewart P, Kromhout H. Dermal exposure assessment in occupational epidemiologic research. Scandinavian journal of work, environment & health. 2002: 371-85.
18. Brouwer D, Semple S, Marquart J, Cherrie J. A dermal model for spray painters. Part I: Subjective exposure modelling of spray paint deposition. Annals of occupational hygiene. 2001; 45(1): 15-23.
19. Teschke K, Olshan A, Daniels J, De Roos A, Parks C, Schulz M, Vaughan T. Occupational exposure assessment in case–control studies: opportunities for improvement. Occupational and environmental medicine. 2002; 59(9): 575-94.
20. Semple SE, Proud LA, Tannahill SN, Tindall ME, Cherrie JW. A training exercise in subjectively estimating inhalation exposures. Scandinavian journal of work, environment & health. 2001: 395-401.
21. Stewart PA, Lees PS, Correa A, Breysse P, Gail M, Graubard BI. Evaluation of three retrospective exposure assessment methods. Annals of occupational hygiene. 2003; 47(5): 399-411.
22. De Joode BvW, Vermeulen R, Van Hemmen J, Fransman W, Kromhout H. Accuracy of a semiquantitative method for Dermal Exposure Assessment (DREAM). Occupational and environmental medicine. 2005; 62(9): 623-32.
23. Kevin Ashley. Glossary of Abbreviations, Definitions and Symbols. Department of Health And Human Services Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), 5th Edition: DEpartment of Health And Human Services Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health; 2016.
24. Abouee-Mehrizi A, Soltanpour Z, Mohammadian Y, Sokouti A, Barzegar S. Health risk assessment of exposure to benzene, toluene, ethyl benzene, and xylene in shoe industry-related workplaces. Toxicology and Industrial Health. 2024; 40(1-2): 33-40.
25. CIM O. NIOSH 5020 37 NOEL 304,305. Phthalate Esters. 2003; 209(210): 351.
26. Van-Wendel-de-Joode B, Brouwer DH, Vermeulen R, Van Hemmen JJ, Heederik D, Kromhout H. DREAM: A method for semi-quantitative dermal exposure assessment. Annals of Occupational Hygiene. 2003; 47(1): 71-87.
27. Zeverdegani SK, Rismanchian M, Mirsalimi E. Semi-quantitative dermal exposure assessment of lead with DREAM model in a lead mine in Iran. 2020.
28. Quach T, Gunier R, Tran A, Von Behren J, Doan-Billings P-A, Nguyen K-D, et al. Characterizing workplace exposures in Vietnamese women working in California nail salons. American journal of public health. 2011; 101(S1): S271-S6.
29. McNary JE, Jackson EM. Inhalation exposure to formaldehyde and toluene in the same occupational and consumer setting. Inhalation toxicology. 2007; 19(6-7): 573-6.
30. Park S-A, Gwak S, Choi S. Assessment of occupational symptoms and chemical exposures for nail salon technicians in Daegu City, Korea. Journal of Preventive Medicine and Public Health. 2014; 47(3): 169.
31. Mirsalimi E, Rismanchian M, Zeverdegani SK. Assessment of exposure to lead through air and biological monitoring in a lead and zinc mine. Iran Occupational Health. 2019; 16(4): 35-45.
32. Kwapniewski R, Kozaczka S, Hauser R, Silva MJ, Calafat AM, Duty SM. Occupational exposure to dibutyl phthalate among manicurists. Journal of occupational and environmental medicine. 2008; 50(6): 705-11.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2025-12-25]

[DOI: 10.48305/jhsr.v21i4.1633]