ORIGINAL ARTICLE

Semi-quantitative Risk Assessment of TDI and MDI in Car Paint Shops in Alborz Province, Iran

Seyedeh Azar Moosavifard[1],
Mozhgan Ardestani[1],
Fatemeh Zarei[2],
Mahmood Asgarianzadeh[2]

[1] Lecturer, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran
[2] BSc in Occupational Health, Faculty of Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

(Received August 10, 2015 Accepted September 21, 2015)

Abstract

Background and purpose: People are exposed to various chemicals during life especially in their working environment. Some of these chemicals have potential health risks. In risk assessment of chemicals, necessary actions are recommended to protect the involved people against hazardous chemicals. This study was designed to assess the semi quantities risk of TDI and MDI in car paint shops in Alborz province, Iran.

Materials and methods: A cross-sectional study was performed in 2013. Singapore's Workplace Safety and Health framework was used for risk assessment of TDI and MDI in car paint shops. The samples were collected from car paint shops using NIOSH 5522 method and analyzed by HPLC.

Results: Hazardous rate of TDI and MDI were 2 and 3 and the exposure rate of materials was 5. Risk factor of TDI and MDI were 3.8 and 3.1. Risk ratings for TDI and MDI were high and average, respectively.

Conclusion: In risk assessment the Singapore's Workplace Safety and Health framework is used for prioritizing control actions. The main drawbacks of this method are lack of risk evaluation (determining acceptable or unacceptable risks) and not considering the effect of high concentrations in measuring the exposure rate.

Keywords: risk assessment, TDI, MDI, car paint shop

J Mazandaran Univ Med Sci 2015; 25(132): 82-90 (Persian).

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و پنجم شماره ۱۳۲ دی سال ۱۳۹۴ (۹۰-۸۲)

ارزیابی ریسک نیمه کمی آلاینده‌های تولوئن دی ایزوسیانات و متیلن دی ایزوسیانات در کارگاه‌های نقاشی اتومبیل استان البرز

سیده آذر موسوی فرد[۱]
مژگان اردستانی[۱]
فاطمه زارعی[۲]
محمود عسگریان زاده[۲]

چکیده

سابقه و هدف: افراد در طی زندگی و به ویژه در محیط‌های کاری خود با مواد شیمیایی گوناگونی مواجهه دارند. برخی از این مواد شیمیایی خطرهای بهداشتی بالقوه زیادی برای سلامتی دارند. در ارزیابی ریسک مواد شیمیایی، میزان ریسک برای استفاده‌کننده‌گان مشخص شده و اقدامات لازم برای محافظت پرسنل در برابر مواد شیمیایی مخاطره‌آمیز پیشنهاد می‌گردد. بدین جهت پروژه حاضر با هدف ارزیابی ریسک نیمه کمی مواجهه با تولوئن دی ایزوسیانات و متیلن دی ایزوسیانات در کارگاه‌های نقاشی اتومبیل استان البرز تعریف و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: این مطالعه‌ای مقطعی در سال ۱۳۹۲ انجام گرفته است. جهت ارزیابی ریسک آلاینده‌های تولوئن دی ایزوسیانات و متیلن دی ایزوسیانات در کارگاه‌های فوق از روش دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور استفاده گردید. نمونه‌ها از کارگاه‌های نقاشی اتومبیل در سطح شهرستان کرج به روش NIOSH 5522 جمع‌آوری و توسط دستگاه HPLC آنالیز گردید.

یافته‌ها: درجه خطر تولوئن دی ایزوسیانات و متیلن دی ایزوسیانات به ترتیب برابر ۳ و ۲ است. درجه مواجهه برای مواد فوق در همه کارگاه‌ها برابر با ۵ به‌دست آمد.ضریب ریسک برای تولوئن دی ایزوسیانات و متیلن دی ایزوسیانات به ترتیب ۳/۸ و ۳/۱ محاسبه گردید. رتبه ریسک برای تولوئن دی ایزوسیانات برابر سطح ریسک زیاد و برای متیلن دی ایزوسیانات برابر سطح ریسک متوسط به‌دست آمد.

استنتاج: روش ارزیابی ریسک دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور جهت اولویت‌بندی اقدامات کنترلی به کار می‌رود. مهم‌ترین نقص این روش عدم انجام ارزشیابی ریسک (تعیین قابل قبول یا غیر قابل قبول بودن خطرات) و هم‌چنین عدم تاثیر میزان غلظت‌های بالا در محاسبه ضریب مواجهه می‌باشد.

واژه های کلیدی: ارزیابی ریسک، دی ایزوسیانات، متیلن دی ایزوسیانات، کارگاه نقاشی اتومبیل

مقدمه

افراد در طی زندگی و به ویژه در محیط‌های کاری خود با مواد شیمیایی گوناگونی مواجهه دارند. در پنجاه سال گذشته تغییرات قابل توجهی در مواد شیمیایی، فرآیندها و نوع فعالیت‌های صنایع شیمیایی صورت

مولف مسئول: فاطمه زارعی– البرز: ۴۵ متری گلشهر، خیابان صفاریان، دانشکده بهداشت E-mail: z.karajuni@gmail.com
۱. مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران
۲. کارشناس بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۳/۵/۲۰ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۳/۵/۲۸ تاریخ تصویب : ۱۳۹۴/۶/۳۰

گرفته است. تعداد کارخانجات تولید کننده مواد شیمیایی در بازار به شدت افزایش یافته و هر سال نیز محصولات جدیدی تولید و وارد بازار می‌شود برخی از این مواد شیمیایی خطرهای بهداشتی بالقوه زیادی برای سلامتی دارند(۱). آمار سازمان جهانی بهداشت گویای این واقعیت است که ۴ میلیون نفر در سطح جهان در صنایع شیمیایی مشغول به کار هستند به‌طوری‌که یک میلیون انسان سالانه در اثر تماس غیر ایمن با مواد شیمیایی دچار مرگ شده و یا از کار افتاده می‌شوند(۲). تمام ترکیبات ایزوسیانات باتوجه به حضور گروه N-C-O بسیار واکنش پذیر بوده و به راحتی با مولکول‌های بیولوژیکی واکنش نشان داده و یک محرک بسیارقوی برای دستگاه تنفسی و علت عمده آسم، برونشیت‌های شیمیایی به شمار می‌آیند.

تولوئن دی ایزوسیانات‌ها (TDI) به عنوان مهم‌ترین واسطه صنعتی به‌طور گسترده‌ای در صنعت کاربرد دارند. به همین منظور در خصوص خطرات مرتبط با بهداشت حرفه‌ای، سازمان OSHA استاندارد 29 CFR, Part 1910.1200, را پیشنهاد داده است و آژانس تحقیقات سرطان و برنامه سم‌شناسی ملی آن را یک ماده سرطان‌زا بالقوه اعلام کرده است(۳). افراد شاغل در صنایع تولید رنگ و نقاشان اسپری در معرض تنوع گسترده‌ای از مواد خطرناک مانند حلال‌های آلی، رنگ دانه‌های حاوی سرب، رقیق‌کننده‌ها، سفت‌کننده‌ها و پسماند مونومر پلاستیکی می‌باشند. این کارگران از بنزین و نفت به عنوان حلال استفاده می‌کنند از این رو جزء گروه‌های در معرض خطر genotoxicity به حساب می‌آیند(۵،۴). مطالعات گسترده‌ای روی ۵۷۰۰۰ نقاش نشان داده است، خطر مرگ ومیر ناشی از سرطان ریه دربین کارگران نقاش شیوع بیش‌تری دارد(۶). بر اساس دستورالعمل‌ها و قوانین جاری کشور، کارمندان و کارگران صنایع باید در شرایط ایمن با مواد شیمیایی مواجهه داشته باشند(۷). ارزیابی ریسک مواد شیمیایی یکی از راه‌کارهای اصلی برای شناسایی خطرات مواد شیمیایی بوده و می‌تواند در تعیین اولویت‌های آلاینده‌های مخاطره‌آمیز و هم‌چنین تصمیم‌گیری در مورد راه‌های کنترلی مناسب کمک شایانی نماید. در ارزیابی ریسک مواد شیمیایی، میزان ریسک برای استفاده‌کنندگان مشخص شده و اقدامات لازم برای محافظت پرسنل در برابر مواد شیمیایی مخاطره آمیز پیشنهاد می‌گردد(۸). از آن‌جایی‌که روش دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور به رتبه‌بندی و اولویت‌بندی خطرات اشاره می‌کند، با استفاده از این روش می‌توان اقدامات کنترلی را با توجه به فاکتورهای مواجهه و کاهش شاخص مواجهه ترکیبات مورد بررسی و هم‌چنین کاهش درجه خطر از طریق حذف ماده یا جایگزینی آن با یک ماده کم خطرتر را ارائه نمود. بدین جهت پروژه حاضر با هدف ارزیابی ریسک نیمه کمی مواجهه با تولوئن دی ایزوسیانات و متیلن دی ایزوسیانات در کارگاه‌های نقاشی اتومبیل استان البرز تعریف و اجرا گردید.

مواد و روش ها

این مطالعه‌ای مقطعی در سال ۱۳۹۲ انجام گرفته است. نمونه‌ها از نمایندگی‌های اتومبیل در سطح شهرستان کرج جمع‌آوری شده‌اند. طبق هماهنگی‌های به عمل آمده قبل از انجام پژوهش، تنها ۱۶ نمایندگی اتومبیل (واحد نقاشی) حاضر به همکاری شدند و به عنوان محیط پژوهش انتخاب گردیدند. روش انتخاب نمونه‌ها به صورت تمام شماری و شامل کلیه کارگران شاغل در واحدهای نقاشی اتومبیل (۴۴ نفر) بود. جهت ارزیابی ریسک آلاینده‌های تولوئن دی ایزوسیانات و متیلن دی ایزوسیانات (MSDS) در کارگاه‌های فوق از روش دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور استفاده گردید. ارزیابی ریسک در ۴ مرحله ۱- تعیین درجه خطر ۲- تعیین درجه مواجهه ۳-تعیین سطح ریسک ۴- تعیین رتبه ریسک انجام گردید. جهت تعیین درجه خطر (Hazard Rate) از شناسنامه ایمنی مواد شیمیایی استفاده گردید و با استفاده از دوزکشنده (LD50) و غلظت کشنده(LC50) بیان شده در شناسنامه ایمنی مواد شیمیایی و تقسیم‌بندی سرطان‌زایی مواد شیمیایی و سایر

اثرات مضر وتاثیر آن‌ها بر روی ارگان‌های بدن درجه خطر (Hazard Rate) تعیین گردید. درجه مواجهه (Exposure Rate) با توجه به نمونه‌برداری هوا و نتایج حاصل از پایش نمونه‌های هوا تعیین شد. ۴۴ نمونه فردی هوا توسط پمپ نمونه‌برداری فردی با استفاده از محلول جاذب تریپتامین و DMSO و سمپلر ایمپینجر نمونه‌برداری شد. سپس نمونه‌ها در بطری‌های شیشه‌ای تیره که با فوم آلومینیومی جهت جلوگیری از تاثیر نور بر نمونه‌ها پوشیده شده بودند به آزمایشگاه انتقال یافت و توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (HPLC) به روش NIOSH 5522 مورد آنالیز قرار گرفت. فاز متحرک در آنالیز HPLC استونیتریل (۴۰ تا ۵۰ درصد) و سدیم استات (۵۰ تا ۶۰ درصد) به عنوان بافربوده است. برای آنالیز از دستگاه HPLC ساخت شرکت KNAUER با دتکتور UV و ستون C18 استفاده گردید. جهت آنالیز، ابتدا استانداردهای محتوی ۰/۰۵ تا ۱۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر از مشتقات مونومر تریپتامین تهیه گردید. روش مشتق‌سازی بدین صورت است که ابتدا ۰/۰۰۲۵ مول (۰/۴۱ g) از تریپتامین با خلوص ۹۹ درصد را در ۳۰۰ میلی‌لیتر تولوئن حل کرده و تا دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد تا کاملا حل شود. ۰/۰۰۱ مول (۱۵۰-۳۰۰ میلی‌گرم) از ایزوسیانات در ۲۰ میلی لیتر از تولوئن حل شده و سپس محلول به دست آمده در محلول تریپتامین اضافه گردید. مشتقات تریپتامین به صورت ژل سفید رنگی رسوب نمودند که با روش فیلتراسیون از فیلتر عبورداده شده و جمع‌آوری گردید. و آن گاه رسوبات به دست آمده در ۴۵۰ میلی‌لیتر از ماده MDI و ان پروپانولول و ۵۰ میلی لیتر از ماده TDI و ان پروپانولول حل گردید. بعد از آن محلول از صافی گذرانده شده واجازه داده شد که سرد وخشک شود. سپس کریستال‌های به دست آمده به عنوان MDI و TDI مشتق‌سازی برای آنالیز جمع‌آوری شدند. جهت آنالیز نمونه‌ها، ۲۵ میکرولیتر از نمونه‌ها توسط سرنگ به دستگاه تزریق گردید. در نهایت با استخراج کروماتوگرام‌های مربوطه و محاسبه سطح زیرپیک منحنی، غلظت MDI و TDI محاسبه و باتوجه به فرمول $C=\frac{(\sigma_s V_s-\sigma_b V_b)(MW_M/MW_{DIT})}{v}$ تعیین غلظت نهایی برحسب میلی‌گرم بر مترمکعب انجام گرفت. برای تعیین میانگین غلظت تولوئن دی ایزوسیانات ومتیلن دی ایزوسیانات با بعضی از پارامترهای جوی مداخله گر محیط کار(رطوبت، دما) از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد.

در مرحله بعد نمره ریسک یا سطح ریسک با توجه به درجه خطر ماده شیمیایی (HR) و درجه مواجهه(ER) و با استفاده از رابطه $(HR+ER)^{1/2}$ محاسبه گردید. پس از مشخص شدن نمره ریسک برای مواد به منظور طراحی اقدامات کنترلی، رتبه‌بندی ریسک (Risk rating) صورت گرفت.

یافته ها

اطلاعات دموگرافیک کارگران در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. ۳۵/۵ درصد از کارگران سیگاری و ۳۶ درصد ازکارگاه‌ها فاقد سیستم تهویه صنعتی بوده است.

درجه خطر را می‌توان با توجه به اثرات سمی مواد شیمیایی (جدول شماره ۲) ویا از طریق دوز کشنده و غلظت کشنده (جدول شماره ۳) تعیین نمود. دراین مطالعه اطلاعات موردنیاز از طریق شناسنامه ایمنی مواد به دست آمده و پس از تعیین درجه خطر با استفاده از هردوجدول بزرگترین عدد به عنوان مبنای درجه مواجهه درنظر گرفته شد، که به ترتیب برابر ۳ و ۲ برای تولوئن دی ایزوسیانات ومتیلن دی ایزوسیانات می‌باشد.

برای به‌دست آوردن ضریب مواجهه نیز ابتدا باید متوسط وزنی–زمانی هفتگی مواجهه (E) مواد فوق در هر یک از نمایندگی‌ها را با توجه به فرمول $E=\frac{F.D.M}{W}$ محاسبه کرد که در آن F تعداد مواجهه در هفته و D متوسط زمان هر مواجهه است که به طور متوسط روزانه ۲ خودرو در این کارگاه‌ها رنگ می‌شد و متوسط ساعت رنگ کردن هریک از خودروها ۲ ساعت بوده است. M میزان غلظت مواجهه بر حسب میلی‌گرم بر متر

مکعب و W متوسط زمان کاری در هفته است که این افراد ۶۰ ساعت در هفته مشغول به کار بودند. میانگین غلظت مواجهه و متوسط وزنی زمانی هفتگی مواجهه در جدول شماره ۴ بیان شده است.

جدول شماره ۱: اطلاعات دموگرافیک نقاشان اتومبیل

	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف استاندارد
سن	۲۲	۶۰	۳۶/۴	۹/۰۷
سابقه کار	۳	۴۷	۱۸/۲۵	۹/۶۶
سابقه کار بارنگ	۳	۳۷	۱۶/۶	۹/۳۷

جدول شماره ۲: تعیین درجه خطر ازطریق اثرات سمی یا عوارض زیان‌آور شیمیایی(۹).

درجه خطر	توصیف اثرات مواد شیمیایی در تقسیم بندی مخاطرات مواد شیمیایی
۱	- موادی که هیچ گونه اثر بهداشتی شناخته شده ای ندارند و به عنوان مواد سمی یا زیان آور طبقه بندی نشده اند. - موادی که ACGIH آنها را در طبقه A5 سرطانزاها قرار داده است.
۲	- موادی که اثرات برگشت پذیر روی پوست، چشم و غشاء مخاطی دارند ولی اثراتشان آنقدر شدید نیست که بتواند اختلال جدی برانسان ایجاد کنند. - موادی که ACGIH آنها را در طبقه A4 سرطانزاها قرار داده است. - موادی که سبب ایجاد حساسیت و تحریک در پوست می شوند.
۳	- موادی که احتمالاً برای انسان یا حیوان سرطانزا یا موتاژن هستند ولی اطلاعات کافی در این مورد وجود ندارد. - موادی که ACGIH آنها را در طبقه A3 سرطانزاها قرار داده است. - موادی که IARC آنها در گروه B2 قرار داده است. - مواد خورنده (۵< PH ۳ یا ۱۲< PH۹) و مواد حساس کننده دستگاه تنفسی و ...
۴	- موادی که امکان سرطانزایی، موتاژنی (ایجاد جهش ژنی) و تراتوژنی (ناقص الخلقه زایی) آنها برطبق مطالعات انجام شده روی حیوانات بیشتر از دسته قبلی است. - موادی که سازمان ACGIH آنها را در طبقه A2 سرطانزاها قرار داده است. - گروه A2 در طبقه بندی IARC - مواد خیلی خورنده (۲ >PH> ۰ یا ۱۴ > PH >۱۱/۵)
۵	-موادی که اثر سرطانزایی، موتاژنی (ایجاد جهش ژنی) و تراتوژنی (ناقص الخلقه زایی) آنها شناخته شده است. - موادی که ACGIH آنها را در طبقه A1 سرطانزاها قرار داده است. - گروه ۱ در طبقه بندی IARC - مواد شیمیایی خیلی سمی

جدول شماره ۳:تعیین درجه خطر از طریق سمیت حاد مواد شیمیایی(۹).

LD50 جذب شده از راه دهان (mg/kg وزن بدن موش رات)	LD50 جذب پوستی (mg/kg وزن بدن موش رات)	LC50 جذب شده از طریق استنشاق در موش رات (mg/lit گازها و بخارات در ۴ ساعت)	LC50 جذب شده از راه استنشاق در موش رات (mg/lit آئروسولها و ذرات معلق در ۴ ساعت)
>۲۰۰۰	>۲۰۰۰	>۲۰	>۵
۲۰۰<LD50<۲۰۰۰	۴۰۰<LD50<۲۰۰۰	۲<LC50<۲۰	۱<LC50<۵
۲۵ <LD50 <۲۰۰	۵۰ <LD50 <۴۰۰	۰/۵<LC50<۲	۰/۲۵<LC50<۱
LD50 <۲۵	LD50 <۵۰	LC50<۰/۵	LC50<۰/۲۵

در مرحله بعد، از تقسیم متوسط وزنی زمانی هفتگی بر مقادیر مواجهه مجاز بلندمدت (TDI=0.036، MDI=0.051) طبق فرمول $\frac{E}{PEL}$ و با توجه به جدول شماره ۵ میزان ضریب مواجهه برای تولوئن دی ایزوسیانات ومتیلن دی ایزوسیانات در هریک از کارگاه‌ها برابر ۵ تعیین گردید. سپس باتوجه به محاسبه ضریب مواجهه و درجه خطر ضریب ریسک باتوجه به فرمول $(HR * ER)^{1/2}$ برای تولوئن دی ایزوسیانات ومتیلن دی ایزوسیانات محاسبه شده که به ترتیب برابر با ۳/۸ و ۳/۱ می‌باشد.

جدول شماره ۴:میانگین غلظت و متوسط وزنی- زمانی هفتگی مواجهه

		TDI		MDI	
شماره کارگاه	تعداد نقاشان	M(mg/m^3)	E	M(mg/m^3)	E
۱	۶	۳/۶۸۵	۱/۴۷۴	۸/۸	۳/۵۲
۲	۶	۳/۶۱	۱/۴۴۴	۰/۳۶	۰/۱۴۴
۳	۱	۱۱/۶	۴/۶۴	۳	۱/۲
۴	۱	۲۴/۲۰	۹/۶۸	۰/۶۲	۰/۲۴۸
	۲	۲۹/۲۲	۱۱/۶۸۸	۱۰/۵۹	۴/۲۳۶
	۱	۲۰/۵۶	۸/۲۲۴	۱/۱۶	۰/۴۶۴
	۱	۱۸/۰۴	۷/۲۱۶	۲۸/۴۱	۱۱/۳۶۴
	۶	۲۰/۵۳	۸/۲۱۲	۰/۳۱	۰/۱۲۴
	۲	۱۲/۱۹۵	۴/۸۷۸	۰/۳۸	۰/۱۵۲
	۲	۲۰/۸۵	۸/۳۴	۰/۷۱	۰/۲۸۴
	۲	۱۷/۴۰	۶/۹۶	۰/۸۲	۰/۳۲۸
	۴	۲/۵۲	۱/۰۱۶	۰/۳۳	۰/۱۳۲
	۲	۱۹/۹۶	۷/۹۸۴	۰/۷۹	۰/۳۱۶
	۲	۱۵/۸۸	۶/۳۵۲	۰/۶۳	۰/۲۵۲
	۲	۱۰/۴۷	۴/۱۸۸	۰/۵۱	۰/۲۰۴
	۴	۶/۱۳۵	۲/۴۵۴	۰/۴۵	۰/۱۸

در نهایت رتبه ریسک با توجه به جدول شماره ۶ برای تولوئن دی ایزوسیانات برابر با سطح ریسک زیاد و برای متیلن دی ایزوسیانات برابر سطح ریسک متوسط به دست آمد. نتایج ارزیابی ریسک در جدول شماره ۷ ارائه شده است.

جدول شماره ۵: تعیین ضریب مواجهه(ER)

ضریب مواجهه	E/PEL
۱	<۰/۱
۲	۰/۱ -۰/۵
۳	۰/۵ -۱
۴	۱ -۲
۵	≤۲

جدول شماره ٦: تعیین رتبه ریسک

رتبه ریسک	ضریب ریسک
ناچیز	۱ -۱/۷
کم	۱/۷ -۲/۸
متوسط	۲/۸ -۳/۵
زیاد	۳/۵ -۴/۵
خیلی زیاد	۴/۵-۵

نام ماده	درجه خطر	درجه مواجهه	سطح ریسک	رتبه ریسک	اقدامات اصلاحی با توجه به سطح ریسک
تولوئن دی ایزوسیانات	۳	۵	۳/۸	بالا	انجام کنترل های مهندسی موثر، بکارگیری سیستم های تهویه مناسب، انجام نمونه برداری هوا،آموزش کارگران، بهبود برنامه حفاظت تنفسی، تهیه وسایل حفاظت فردی مناسب، اصلاح روشهای انجام کار، تهیه دستورالعمل های شرایط اضطراری و کمک های اولیه، ارزیابی مجدد بعد از انجام مراحل فوق
متیلن دی ایزوسیانات	۲	۵	۳/۱	متوسط	انجام و حفظ اقدامات کنترلی موجود، بکارگیری سیستم های تهویه مناسب، نمونه برداری هوا ،آموزش کارگران، ارزیابی مجدد هر 3 سال یکبار*

* برای رتبه ریسک متوسط ارزیابی ۳ساله قرارداده شده است. ولی با توجه به غلظت نمونه های متیلن دی ایزوسیانات که چندین برابر(بیش از ده برابر) حدود مجاز می باشد. انجام اصلاحات فوق و نمونه برداری سالیانه و ارزیابی ریسک سالیانه پیشنهاد می شود.

با توجه به این‌که نمونه‌ها در کارگاه‌های مختلف با شرایط جوی گوناگون جمع‌آوری شده است، به منظور تجزیه وتحلیل و بررسی میزان همبستگی آن‌ها با میزان آلاینده‌های محیط کار مورد آزمون آماری قرار گرفتند. در این بررسی آماری، آزمون همبستگی پیرسون ارتباط معنی‌داری ($p <$ ۰/۰۵) بین فاکتور دما، رطوبت و افزایش میزان غلظت نشان داد. تفاوت غلظت آلاینده در بین گروه‌ها معنی‌دار است در حالی که تفاوت داخل گروه این گونه نیست.

بحث

تاریخچه بهداشت حرفه‌ای شامل تحقیقات در راستای اثرات مواجهه شیمیایی روی کارگران و تلاش برای مدیریت ریسک مواد شیمیایی بوده است. کنترل خطرات بهداشتی از مرحله تولید، استفاده تا دفع مواد شیمیایی اهمیت بسیار زیادی دارد. با افزایش روزافزون تولید و استفاده از مواد شیمیایی ریسک مواجهه با مواد نیز افزایش می‌یابد(۱۰). مطالعات مختلفی در ارتباط با تعیین میزان مواجهه با تولوئن دی ایزوسیانات و متیلن دی‌ایزوسیانات صورت گرفته ولی تاکنون مطالعه ای در زمینه تعیین رتبه ریسک تماس شغلی نقاشان اتومبیل که با این دو ماده مواجهه دارند، انجام نشده است. سطح ریسک به‌دست آمده برای تولوئن دی‌ایزوسیانات مطابق مطالعه جهانگیری و همکاران در سال ۹۲ باعنوان ارزیابی ریسک مواد شیمیایی در صنعت فوم‌سازی می‌باشدآن‌ها در مطالعه خود ضریب ریسک TDI را ۳/۶۷ و رتبه ریسک آن را زیاد به دست آوردند. البته لازم به ذکر است که در مطالعه ذکر شده رتبه ریسک به صورت تئوری تخمین زده شده است و نمونه‌برداری فردی جهت محاسبه ضریب ریسک انجام نشده است(۱۱). ماهیت متیل دی ایزوسیانات و تولوئن دی ایزوسیانات به گونه ایست که به سرعت در هوای محیط کار پخش شده و می‌توانند ساعت‌ها در محیط باقی بمانند و کارگران آنرا استنشاق نمایند و همین امر منجر به افزایش میزان غلظت این آلاینده در محیط کار می‌شود. مرتضوی و همکاران نیز در مطالعه خود این موضوع را تایید نمودند. آن‌ها ملاحظه کردند که میزان غلظت آلاینده متیلن‌دی‌ایزوسیانات در روزهای پایانی هفته به مراتب بیش‌تر از روزهای ابتدایی هفته است و این اختلاف کاملا معنی‌دار بوده است(۱۲). درمطالعه حاضر بین دمای کارگاه‌ها و میزان آلاینده رابطه معنی‌داری ($p >$ ۰/۰۵) مشاهده شد، بدین معنی که هرچه دما بالاتر رود میزان ایزوسیانات در محیط کار نیز افزایش خواهد یافت. میرمحمدی و همکاران نیز در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند(۱۳). نتایج حاصل از مقایسه غلظت آلاینده با حدود تراکم مجاز نشان می‌دهد که میانگین غلظت آلاینده تولوئن دی ایزوسیانات و متیل دی ایزوسیانات در تمام کارگاه‌ها به ترتیب $7.9 mg/m^3$ و $1/05\ mg/m^3$ بود که بیش‌ترین غلظت مربوط به کارگاه نقاشی بود که از بخاری برای خشک کردن رنگ استفاده می‌کرد. از آن‌جایی که افزایش دما سبب واکنش‌پذیری ماده می‌شود و دراین مطالعه ارتباط معنی‌داری بین افزایش دما و افزایش غلظت براساس ضریبت همبستگی پیرسون مشاهده شده است ($p <$ ۰/۰۵)، لذا توجه به دمای کارگاه

و جلوگیری از افزایش آن در جهت خشک‌کردن رنگ ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی غلظت این مواد شیمیایی در محیط کار به دلیل ماندگاری بالا و تبدیل سریع به ذرات (Particles) و بخارهای غلیظ در انتهای نوبت کاری افزایش می‌یابد(۱۳). تمامی نمونه‌های تجزیه شده در کارگاه‌های مختلف دارای غلظت بالاتر از استاندارد بوده است. بالا بودن میزان آلاینده در محیط کار، عدم وجود هرگونه سیستم تهویه در بیش از۳۶ درصد کارگاه‌های مورد ارزیابی و نبود وسایل حفاظت فردی مناسب، استعمال دخانیات در ۳۵/۵ درصد کارگران می‌تواند در آینده شیوع بیماری‌های مرتبط با ترکیبات ایزوسیانات را در میان کارگران این کارگاه‌ها افزایش دهد. همان‌طورکه در جدول شماره ۷ دیده می‌شود رتبه ریسک برای هر دو آلاینده تولوئن دی ایزوسیانات و متیل دی ایزوسیانات در همه کارگاه‌ها به ترتیب زیاد و متوسط بود. اقدامات کنترلی پیشنهادی برای این رتبه ریسک شامل کنترل‌های مهندسی موثر، انجام نمونه‌برداری، آموزش کارگران، بهبود برنامه حفاظت تنفسی، تهیه وسایل حفاظت فردی است. ولی با توجه به مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها و غلظت‌های فوق‌العاده بالای آلاینده (چندده برابر استاندارد) که درجدول شماره ۴ بیان شده است، می‌توان گفت که رتبه ریسک هر کدام از آلاینده‌ها باید در رتبه خیلی زیاد قرار گیرد ولی از آن‌جایی‌که دراین روش یک محدوده عددی در نظر گرفته شده لذا هر چقدر میزان آلاینده از یک مقداری بیش‌تر شود طبقه‌بندی که برای آن در نظر گرفته شده تغییر نمی‌کند. مطابق جدول شماره ۵ اگر نسبت E/PEL بیش‌تر از ۲ باشد ER=5 خواهد شد. برای داده‌های این مطالعه این نسبت بسیار بیش‌تر از این مقدار بوده است ولیکن با وجود ان، ER همان ۵ محاسبه می‌شود. از طرفی HR یا ضریب خطر تولوئن دی ایزوسیانات و متیل دی ایزوسیانات با توجه به اطلاعات حاصل از اثرات زیان‌آور و سمیت حاد موادشیمیایی مطابق جداول شماره ۲ و ۳ محاسبه می‌شود و در آن میزان غلظت آلاینده نقشی ندارد. درحالی که در پژوهش حاصل غلظت آلاینده‌ها به حدی بالاست که نمی‌توان ضریب خطری که برای همان آلاینده در زیرحد مجاز درنظر گرفته می‌شود برای غلظت‌های بالا نیز درنظر گرفت. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که در ارزیابی ریسک مکان‌هایی که احتمال وجود آلاینده با غلظت بالا مطرح است، حتما باید از نمونه‌برداری استفاده گردد و نمی‌توان به ارزیابی ریسک بدون نمونه‌برداری اکتفا نمود. با استفاده از این روش می‌توان مخاطرات شیمیایی موجود را شناسایی کرد و اقدامات کنترلی مناسب را ارائه داد. ولیکن این بدان معنی نیست که این روش جایگزین پایش‌های فردی می‌باشد. گلبابایی و همکاران با استفاده از این روش مواد شیمیایی مخاطره آمیز در یک صنعت پتروشیمی را شناسایی کرده و راه‌کار کنترلی ارائه نمودند(۸).

جهانگیری و همکاران نیز در مطالعه خود اظهار داشتند که این روش ارزیابی ریسک، روشی مناسب جهت اولویت‌بندی اقدامات کنترلی است(۱۴). ازجمله مزایای این روش رتبه‌بندی و اولویت‌بندی خطرات است. زیرا با استفاده از این روش می‌توان اقدامات کنترلی را با توجه به فاکتورهای مواجهه و کاهش شاخص مواجهه ترکیبات مورد بررسی و هم‌چنین کاهش درجه خطر از طریق حذف ماده یا جایگزینی آن با یک ماده کم خطرتر ارائه نمود(۹). که مطالعات جلالی وهمکاران در سال ۱۳۹۲، جهانگیری و همکاران در سال ۱۳۹۰، گلبابایی و همکاران در سال ۱۳۹۱ تاییدکننده این مطلب می‌باشند(۱۴،۱۱،۹،۸). یکی از نواقص این روش این است که این ابزار تنها مسیر تنفسی را برای مواجهه با مواد شیمیایی در نظر می‌گیرد. هر چند اصلی‌ترین راه مواجهه‌های شغلی مسیر تنفسی است؛ اما نمی‌توان مسیرهای پوستی و گوارشی را نیز در نظر نگرفت (به‌خصوص در مواجهه با ترکیبات آلی مثل تولوئن دی ایزوسیانات ومتیلن دی ایزوسیانات)، لذا به کارشناسان توصیه می‌شود به منظور تعیین ریسک دقیق شرایط کار

با مواد شیمیایی، ارزیابی جامع مواد شیمیایی را که لازمه آن پایش هوای محیط کار است. پس از انجام ارزیابی ریسک نیمه کمی، در برنامه‌های بهداشتی خود داشته باشند(۱۱). از طرفی نقص دیگر این روش عدم انجام ارزشیابی ریسک (تعیین قابل قبول یا غیر قابل قبول بودن خطرات) و هم‌چنین عدم تاثیر میزان غلظت‌های بالا در محاسبه ضریب مواجهه می‌باشد. درکل هر کدام از روش‌های پیشنهاد شده دارای کاستی‌هایی می‌باشند؛ اما در نهایت هدف تمامی آن‌ها ایجاد شرایطی است که در هنگام تصمیم‌گیری‌ها به ویژه در رابطه با اقدامات کنترلی و بهینه‌سازی شرایط کاری می‌توانند ریسک‌های موجود را اولویت‌بندی نموده و هزینه‌های بهسازی را که در اغلب اوقات محدود می‌باشند، در زمینه کنترل مهم‌ترین خطرات موجود، جهت دهی نمایند. لازم به ذکر است که روش فوق توسط کریمی وهمکاران به صورت نرم‌افزار طراحی شده است که استفاده از ابزار فوق را راحت‌تر خواهد نمود(۱۵). از طرفی ایزوسیانات‌ها در محیط کار به صورت موادی فعال و فرار به اشکال بخار و آئروسل دیده می‌شوند. اگر فرض شود در محیط کار سایرترکیبات شیمیایی بسیار کم و یا وجود ندارند. حضور ایزوسیانات‌ها به تنهایی می‌تواند سلامت کارگران را به خطر بیندازد.

لذا داشتن برنامه‌ای مدون همراه با مطالعات علمی مناسب می‌تواند در پیشگیری از بروز بیماری‌هایی که ارتباط آن‌ها با این ترکیبات به اثبات رسیده است مثل آسم شغلی، بروز حساسیت و راش‌های پوستی و احتمال سرطان‌زا بودن تاثیر گذار باشد. کم هزینه‌تر بودن پایش‌های بیولوژیکی به جای نمونه‌برداری هوا و فراهم نمودن مراکز آزمایشگاهی مجهز به وسایل و تجهیزات لازم برای این پایش‌ها و معرفی این مراکز به معاونت‌های بهداشتی،اتحادیه صنوف مربوطه، شرکت‌های طب کار و بهداشت حرفه‌ای راه مناسبی به نظر می‌رسد. از طرفی با توجه به این‌که افرایش دما می‌تواند در بالا بردن غلظت آلاینده در محیط کار موثر باشد به کلیه کارگاه‌ها اطلاع رسانی شود تا برای خشک کردن رنگ به جای استفاده از بخاری از کوره‌های خشک کن استفاده نمایند.

References

1. Allahyari T. Risk analysis and risk assessment in chemical processes. Qom: Publish by Nejabat; 2006. (Persian)
2. Hatamei H. textbook of public health: safety chemicals. 2nd ed. Tehran: Arjomand; 2007 (Persian).
3. Marjan Bilban. Mutagenic Testing of Workers Exposed to Toluene-Diisocyanates During Plastics Production Process. American Journal of Industrial Medicine 2004; 45(5): 468-474.
4. Pinto D, Ceballos JM,Garcia G, Guzman P, Del Razo LM, Vara E, et al. Increased cytogenetic damage in outdoor painters. Mutat Res 2000; 467(2): 105-111.
5. Lee KH, Ichiba M, Zhang J, Tomokuni K, Hong YC, Ha M, et al. Multiple biomarkers study in painters in a shipyard in Korea. Mutat Res 2003; 540(1): 89-98.
6. Gajalakshmi P, Balasundaram A, Venkatesan P, Santhiya ST, Ramesh A. Cytogenetic studies on spray painters in south India. Mutat Res 2002; 514(1): 1-6.
7. Malakoti J, Rezazadeh Azari M, Farahani A. Occupational exposure risk assessment of researchers to harmful chemical agents. Journal of IRIAF Health Administration 2000; 13(3,4): 31-35 (Persian).
8. Golbabaie F, Eskandari D, Rezazade Azari M, Jahangiri M, Rahimi M, Shahtaheri J. Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. Iran Occupational Health 2012; 9(3): 11-21 (Persian).

9. Jalali M, Jalali S, Shafii motlagh M, Mardi H, Negahban SAR, Faraji tomarkandi V, et al. Health risk assessment of occupational exposure to BTEX compounds in petrol refueling stations in Mashhad. J Neyshabur Univ Med Sci 2014; 1(1): 19-27 (Persian).
10. Karimi A, Jamshidi Slukloei HR, Eslamizad S. Designing SQCRA as a Software to Semi-quantitative Chemical Risk Assessment in Workplace. Journal of Occupational Hygiene Engineering 2014; 1(2): 47-56 (Persian).
11. Jahangiri M, Jalali M, Saeidi CH, Mohammadpour H, Mardi H, Mehr Alipour J. Health Risk assessment of occupational harmful chemicals in order to provide Control guidelines: case study in a polyurethane foam industry. TKJ 2013; 5(4): 33-41 (Persian).
12. Mortasavi SB, Jabbari Gharabag M, Asilian H, Khavanin A, Solimanian A. Evaluation of 4,4-methylene diphenyl diisocyanate effects on foam producing workers of car manufacture. JQUMS 2005; 9(1): 43-50 (Persian).
13. Mirmohammadi ST, Hakimi E, Ab Kadir O, Mohamadian M, Kamel K. Evaluation Of Concentration Methylen DIphenyl DIisocyanate (MDI) in the polyurethane industries of iran. J Mazandaran Univ Med Sci 2009; 18(63): 83-90 (Persian).
14. Jahangiri M, Motovagheh M. Health risk assessment of harmful chemicals: case study in a petrochemical industry. Iran Occupational Health 2011; 7(4): 4-0 (Persian).
15. Swaen GM, Meijers JM. Risk assessment of leukaemia and occupational exposure to benzene. Br J Ind Med 1989; 46(12): 826-830.