ارزیابی کارایی ماسک تنفسی بر اساس شاخص بیولوژیکی ارتوکرزول در ادرار کارگران در معرض تولوئن

منیره خادم[1]، شهلا طاهری[2]، اکبر حسن‌زاده[3]

چکیده

مقدمه: در بسیاری از صنایع از جمله صنعت تولید رنگ، کارگران در معرض مواجهه با تولوئن قرار دارند. تولوئن جذب شده در کبد متابولیزه می‌شود و به صورت متابولیت‌های ادراری از جمله ارتوکروزول دفع می‌گردد. در برخی صنایع به دلایل مختلف تنها راه ممکن برای کاهش مواجهه، از وسایل حفاظت فردی استفاده می‌شود. هدف این مطالعه، بررسی کارایی یک وسیله حفاظت تنفسی در کاهش میزان مواجهه شاغلین با تولوئن از طریق پایش بیولوژیکی در ادرار بود.

روش‌ها: مطالعه بر روی شاغلین خط تولید در سه صنعت رنگ (۱۷ نفر) صورت گرفت. در شرایطی که شاغلین از وسیله حفاظت تنفسی استفاده نمی‌کردند، میانگین میزان مواجهه تنفسی هر یک از آن‌ها با تولوئن در طی شیفت کاری اندازه‌گیری شد. روز بعد به همان کارگران وسیله حفاظت تنفسی از نوع رسپیراتور نیم صورت تصفیه‌کننده هوا دارای تک فیلتر A1، حاوی زغال فعال مخصوص جذب گازها و بخارات آلی، داده شد. دوباره میزان میانگین مواجهه تنفسی با تولوئن اندازه‌گیری شد. در پایان شیفت کاری هر دو روز، نمونه ادرار آن‌ها نیز جمع‌آوری گردید و جهت تعیین میزان ارتوکرزول به آزمایشگاه منتقل شد. اندازه‌گیری ارتوکروزول ادراری با روش NIOSH ۸۳۰۵ (National institute for occupational safety and health) و نمونه‌برداری و سنجش میزان تولوئن موجود در هوای محیط کار با روش NIOSH ۱۵۰۱، صورت گرفت.

یافته‌ها: بین میانگین مواجهه کارگران با تولوئن در روز اول و دوم از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (P = ۰/۹۵۶)، اما مقایسه ارتوکرزول ادراری پایان شیفت کاری در روزهای عدم استفاده و استفاده از ماسک، تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P = ۰/۰۲۶). همچنین مقایسه میانگین تولوئن استنشاقی بر اساس شاخص ارتوکرزول در ادرار شاغلین که با فرمول محاسبه گردید، در روز عدم استفاده و استفاده از وسیله حفاظت تنفسی، تفاوت معنی‌داری را نشان داد (P < ۰/۰۵). با توجه به کاهش ۲۰ درصد تولوئن استنشاقی، میانگین کارایی ماسک حفاظتی بر اساس فرمول‌های مربوطه ۴۲/۶ درصد و فاکتور حفاظتی ۱/۷ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: فاکتور حفاظتی برای رسپیراتورهای مورد استفاده بر اساس استاندارد NIOSH، ۱۰ می‌باشد. بنابراین بر مبنای نتایج، ماسک مورد آزمون، کارایی لازم جهت کاهش میزان مواجهه با تولوئن را نداشت و برای حفاظت کارگر در مقابل تولوئن نمی‌توان تنها از ماسک حفاظتی به عنوان تنها راه ایمن‌سازی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: رسپیراتور نیم صورت تصفیه‌کننده هوا، شاخص بیولوژیکی، ارتوکرزول، تولوئن.

نوع مقاله: *تحقیقی*

دریافت مقاله: ۸۹/۱۰/۲۴ *پذیرش مقاله: ۹۰/۲/۱۲*

۱. دانشجوی دوره دکترای بهداشت حرفه‌ای، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۲. کارشناس ارشد بهداشت حرفه‌ای، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران. (نویسنده مسؤول)
Email: taheri@hlth.mui.ac.ir

۳. مربی، مرکز تحقیقات امنیت غذایی و گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تولوئن، یکی از حلال‌های آلی بسیار مهمی است که موارد استفاده زیادی در صنایع گوناگون مانند صنایع رنگ‌سازی، چاپ، کفش‌سازی، خودروسازی، داروسازی، نقاشی، لاستیک‌سازی و ... دارد. تولوئن ماده اولیه اصلی در رنگ، جوهر، تینر و چسب می‌باشد. همچنین به عنوان ماده خام اولیه در صنایع شیمیایی و آزمایشگاه‌ها کاربرد دارد (۲، ۱).

غلظت‌های کم تا متوسط تولوئن سبب خستگی، سرگیجه، ضعف، رفتار نامتعادل، نقصان حافظه، بی‌خوابی، کم اشتهایی، کم شدن دید و شنوایی می‌گردد. استنشاق غلظت‌های بالای تولوئن باعث ضرر به کلیه، کبد و مغز و تأثیر روی اعصاب می‌شود. تاکنون هیچ مدرکی دال بر سرطان‌زا بودن تولوئن در دست نیست.

از دیگر عوارض گزارش شده تولوئن می‌توان به اختلال در عملکرد سیستم اعصاب مرکزی به ویژه اختلال اعصاب پاراسمپاتیک، تحریک غشای موکوسی، نوروپاتی، اختلال عملکرد عصبی- رفتاری، اختلال توبول کلیوی، آثار تراتوژنیک، آثار کروموزومی، اختلال در قاعدگی، سقط جنین و درد زیر شکم اشاره نمود (۴، ۳).

مقداری از تولوئن جذب شده از راه تنفسی خارج می‌شود و قسمت اعظم آن (۸۰ درصد) در بدن به صورت اسید بنزوئیک، اکسید می‌گردد. سپس با گلیسین ترکیب و اسید هیپوریک تولید می‌شود که در ادرار دفع می‌گردد. از طرفی تولوئن در کبد طی واکنش هیدروکسیلاسیون توسط سیتوکروم P۴۵۰ به ارتوکرزول تبدیل و از طریق ادرار دفع می‌شود (۵). هدف در بهداشت حرفه‌ای برای تأمین حفاظت و سلامت کارکنان در برابر عوامل زیان‌آور محیط کار، حذف یا کاهش تماس افراد با عوامل زیان‌آور می‌باشد.

اقدامات کنترل محیطی شامل اقدامات مهندسی مانند طراحی و جانمایی مناسب دستگاه‌ها، حذف یا کاهش آلاینده در منبع تولید (متوقف کردن فرایند، جایگزینی مواد و ...)، استفاده از سامانه‌های بسته، محصور کردن، تهویه (موضعی و ترقیقی)، نظافت کارگاه، انبار کردن مواد و برچسب گذاری و ... می‌باشد.

استفاده از وسایل حفاظت فردی به عنوان آخرین راه کنترلی محسوب می‌شود، اما در کشورهای در حال توسعه و به خصوص در صنایع کوچک به دلایل اقتصادی، اغلب به عنوان اولین روش کنترل عوامل زیان‌آور به کار برده می‌شود.

جهت کنترل مواجهه تنفسی با حلال‌های آلی مانند تولوئن از وسایل حفاظت تنفسی استفاده می‌شود. وسایل حفاظت تنفسی، وسایلی هستند که از ورود آلاینده‌ها به دستگاه تنفسی جلوگیری می‌کنند. در واقع وسیله‌ای برای محافظت افراد در برابر مواد سمی موجود در هوا است. در رسپیراتورهای تصفیه‌کننده هوا که مخصوص آلاینده‌های گاز یا بخار می‌باشند، هوای محتوی گاز یا بخار با عبور از روی کارتریج‌های حاوی مواد جاذب سطحی (مانند کربن فعال) یا مواد واکنش‌پذیر با آلاینده تصفیه می‌شود.

کلیه افرادی که در محیط‌های آلوده از رسپیراتورها استفاده می‌کنند، بایستی از میزان حفاظت مورد انتظار از آن‌ها مطلع باشند. فاکتور حفاظت که در واقع نشانگر کارایی و راندمان رسپیراتور است، می‌تواند از طریق آزمایش‌های کمی مناسب تعیین گردد (۷، ۶).

بنابر آن چه گفته شد، اهمیت و نقش وسایل حفاظت فردی در حفاظت کارگران مشخص است، اما دانستن این موضوع ضروری است که این گونه وسایل تا چه حد میزان مواجهه کارگران را کاهش می‌دهند و آیا کارایی لازم را مطابق با استانداردها دارا می‌باشند؟

در این مطالعه نوعی از وسایل حفاظت تنفسی معمول در صنایع، برای کاهش میزان مواجهه با حلال‌های آلی پرکاربرد (مانند تولوئن، زایلن، بنزن و ...) در شرایط واقعی کار، مورد آزمایش قرار گرفت. سپس کارایی آن بر اساس فرمول‌های مربوطه تعیین گردید. با توجه به اهمیت و نقش پایش بیولوژیک در ارزیابی وسایل حفاظت تنفسی، فاکتور حفاظتی رسپیراتور به طور غیر مستقیم از طریق جستجوی متابولیت تولوئن در ادرار (ارتوکرزول ادرار) تعیین گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

روش‌ها

این مطالعه بر روی ۱۷ نفر از کارگران صنعت رنگ‌سازی شاغل در ۳ کارخانه تولید رنگ در اصفهان انجام گردید. انتخاب افراد بر اساس مواجهه با تولوئن، عدم مصرف دارو در زمان مطالعه و عدم وجود مشکل تنفسی جهت استفاده از رسپیراتور، صورت گرفت. وسیله حفاظت تنفسی مورد آزمون، رسپیراتور نیم صورت تصفیه‌کننده هوا از نوع تک فیلتر A1، حاوی زغال فعال مخصوص جذب گازها و بخارات آلی انتخاب گردید. قبل از استفاده کارگران از ماسک حفاظتی، نحوه استفاده صحیح از ماسک و نیز نحوه آزمایش ماسک از نظر نشتی به کارگران به طور کامل آموزش داده شد.

الف- تعیین مواجهه تنفسی با تولوئن و مقدار ارتوکروزول ادرار

جهت یافتن میانگین میزان مواجهه تنفسی هر یک از شاغلین با تولوئن در طی شیفت، تولوئن را با استفاده از پمپ نمونه‌بردار فردی کالیبره (44XR SKC) و لوله‌های جاذب زغال فعال (۰۱-۲۲۶)، طبق روش NIOSH ۱۵۰۱ (National institute for occupational safety and health) جمع‌آوری شد. با توجه به این که هدف از نمونه‌برداری تعیین میزان مواجهه شاغل در طی شیفت بود، بنابراین از هر کارگر ۳ تا ۴ نمونه در طی شیفت و طبق روش استاندارد گرفته شد.

برای سنجش میزان ارتوکرزول ادرار این کارگران نیز در پایان شیفت کاری، نمونه ادرار آن‌ها در بطری‌های پلی‌اتیلنی جمع‌آوری شد. دلیل ارزیابی ارتوکرزول ادراری در پایان روز، تعیین نیمه عمر کوتاه ارتوکرزول ادراری است.

روز بعد رسپیراتور تک فیلتره نیم صورت تصفیه‌کننده هوا در اختیار همان دسته از کارگران مورد نظر، قرار گرفت. رسپیراتورها از نظر تطابق آن‌ها با کارگران و نیز عدم وجود نشتی بررسی گردیدند. در ضمن آموزش لازم به آن‌ها ارایه گردید. سپس جهت یافتن میانگین میزان مواجهه تنفسی هر یک از شاغلین با تولوئن در طی شیفت، تولوئن با استفاده از پمپ نمونه‌بردار فردی و لوله‌های جاذب، جمع‌آوری گردید.

همچنین برای سنجش میزان ارتوکرزول ادرار این کارگران نیز، در پایان شیفت کاری نمونه ادرار آن‌ها در بطری‌های پلی‌اتیلنی جمع‌آوری شد. نمونه‌های هوا و نیز نمونه‌های ادرار در پایان نمونه‌برداری توسط یونولیت محتوی یخ به آزمایشگاه آنالیز نمونه‌ها منتقل گردید.

اندازه‌گیری ارتوکروزول ادراری به عنوان متابولیت تولوئن با روش NIOSH۸۳۰۵ و نمونه‌برداری و سنجش میزان تولوئن موجود در هوای محیط کار با روش NIOSH ۱۵۰۱، انجام گرفت. جهت آنالیز نمونه‌ها، از دستگاه گاز کروماتوگراف (مدل GC Mass- 5975C model 6890N) استفاده گردید. پس از انجام مراحل آنالیز، میزان تولوئن در حجم هوای نمونه‌برداری تصحیح شد و بر حسب ppm به دست آمد. مقدار ارتوکروزول ادرار نیز بر حسب ppb محاسبه گردید.

ب- تعیین کارایی و فاکتور حفاظتی ماسک

فاکتور حفاظتی که در واقع نشانگر کارایی و راندمان رسپیراتور است، به شکل زیر تعریف می‌شود. می‌توان آن را از طریق آزمایش‌های کمی تناسب تعیین نمود (۷، ۶).

$$PF = Cout / Cin \times ۱۰۰$$

Cout = غلظت آلاینده در خارج از ماسک

Cin = غلظت آلاینده داخل ماسک

مطابق با معیارهای NIOSH، فاکتور حفاظتی رسپیراتور در محیط کار (Workplace protection factor) نیز با تکیه بر به دست آوردن غلظت آلاینده داخل ماسک در شرایط واقعی محیط کار به دست می‌آید (۸).

در مطالعه حاضر برای تعیین غلظت آلاینده داخل ماسک، بر مبنای مطالعات انجام شده توسط Nakayama و همکاران (۹)، Gobba و همکاران (۱۰)، Lof و همکاران (۱۱) و Triebig و همکاران (۱۲) که به جهت تعیین غلظت آلاینده داخل ماسک از پایش بیولوژیکی آلاینده استفاده نمودند. از میزان ارتوکرزول ادرار به عنوان متابولیت حاصل از تولوئن، استفاده گردید. ارتوکرزول به عنوان متابولیت تولوئن در ادرار به دلیل نیمه عمر کوتاه آن، مطابق با استاندارد ACGIH

Archive of SID

www.SID.ir

American conference of governmental industrial) hygienists) در پایان شیفت کاری اندازه‌گیری گردید. میزان آن به عنوان میزان تولوئن دریافتی و جذب شده توسط بدن، مورد استفاده قرار گرفت (۱۳).

جهت تعیین کارایی ماسک، فاکتور حفاظتی بر اساس میزان مواجهه فردی کارگر با تولوئن و میزان ارتوکرزول ادرار مراحل زیر به ترتیب انجام شد (۹).

۱- برآورد تولوئن استنشاقی [Itoluene (ppm)]

منظور از تولوئن استنشاقی، میزان واقعی تولوئن جذب شده بر مبنای شاخص ارتوکرزول در ادرار در پایان شیفت در روزهای بدون استفاده و با استفاده از وسیله حفاظت تنفسی می‌باشد.

$$\text{ITOLUENE (ppm)} = \frac{20(\text{ppm})}{800(\text{ppb})} \times \text{ocresol (ppb)} \quad (۱)$$

در فرمول ۱ بر اساس استاندارد (۲۰۰۹) ACGIH، حد مجاز (TLV) تولوئن، ۲۰ ppm و شاخص بیولوژیک مواجهه (BEI) ارتوکرزول در ادرار ۵۰۰ ppb، در نظر گرفته شده است (۱۳). بخش سوم فرمول ۱، میزان ارتوکرزول ادرار کارگران مورد مطالعه در پایان شیفت کاری است.

۲- محاسبه درصد Fتولوئن استنشاقی بر مبنای میزان مواجهه فردی (PE)

$$F(\%) = \frac{\text{ITolouene}}{\text{PE}} \times 100 \quad (۲)$$

ITOLUENE: تولوئن استنشاقی محاسبه شده از فرمول ۱

PE: میزان مواجهه فردی با تولوئن (ppm)

۳- محاسبه کارایی رسپیراتور (درصد E)

$$E(\%) = 100 - \quad (۳)$$

همچنین کارایی رسپیراتور با فرمول زیر که یک فرمول ادغامی از فرمول‌های ۱، ۲ و ۳ می‌باشد، قابل محاسبه است.

$$E(\%) = 100 - 4 \times \frac{\text{ocresol}}{\text{PE}} \quad (۴)$$

۴- محاسبه فاکتور حفاظتی ماسک (PF) بر مبنای کارایی ماسک (E) (۷)

$$PF = \frac{1}{(1-E)} \quad (۵)$$

در نهایت نتایج مربوط به همه نمونه‌های محیطی و بیولوژیکی و محاسبات انجام شده توسط فرمول‌های مذکور بر حسب اهداف مورد نظر توسط نرم‌افزار آماری $SPSS_{۱۸}$ تجزیه و تحلیل گردید.

یافته‌ها

نمونه‌برداری از تولوئن استنشاقی کارگران در طی شیفت کاری از طریق نمونه‌برداری از منطقه تنفسی کارگران در دو روز متوالی کاری (روز اول بدون استفاده از ماسک و روز دوم با استفاده از ماسک حفاظتی) صورت گرفت. نتایج به دست آمده شامل میانگین و انحراف معیار میزان مواجهه کارگران با تولوئن در کارخانجات رنگ‌سازی مورد مطالعه و ارتوکرزول ادرار آن‌ها در پایان شیفت کاری بدون استفاده و با استفاده از رسپیراتور و همچنین کارایی و فاکتور حفاظتی رسپیراتور مورد مطالعه در جدول ۱ ارایه شده است.

آزمون Paired t نشان داد که میانگین مواجهه با تولوئن در دو روز بدون استفاده و با استفاده از رسپیراتور با هم تفاوت معنی‌داری ندارد. در ضمن با توجه به طبیعی نبودن توزیع مقدار مواجهه با تولوئن از آزمون Wilcoxon استفاده شد که نتایج آزمون Paired t را تأیید می‌نماید. مقایسه ارتوکرزول ادراری پایان شیفت کاری در روزهای بدون استفاده و با استفاده از ماسک، تفاوت معنی‌دار آماری نشان داد (P = ۰/۰۲۶).

جهت تعیین ارتباط ارتوکرزول ادراری پایان شیفت کاری و مواجهه تنفسی با تولوئن در هر دو روز از آزمون همبستگی Spearman استفاده گردید. مشخص شد که بین میزان مواجهه تنفسی با تولوئن و ارتوکرزول ادراری در پایان شیفت کاری بدون استفاده از ماسک حفاظتی رابطه مستقیم و معنی‌دار آماری وجود دارد (P = ۰/۰۰۶). این رابطه در روز

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از ماسک حفاظتی از نظر آماری معنی‌دار نبود.

جهت تعیین کارایی ماسک و نیز تعیین فاکتور حفاظتی بر اساس میزان مواجهه فردی کارگر با تولوئن و میزان ارتوکرزول ادرار از فرمول‌های ارایه شده در قسمت روش کار استفاده گردید.

در نهایت به کمک فرمول، فاکتور حفاظتی ماسک مورد استفاده برای همه نمونه‌ها محاسبه گردید و میانگین آن برای کل افراد ۱/۷ به دست آمد. فاکتور حفاظتی برای رسپیراتورهای تصفیه‌کننده هوا با نیم ماسک با کارتریج حذف گاز و بخار بر اساس توصیه NIOSH، ۱۰ تعیین شده است. مقایسه نشان داد که فاکتور حفاظتی برای ماسک مورد استفاده از میزان توصیه شده پایین‌تر می‌باشد.

در این پژوهش درصد تولوئن استنشاقی در روز بدون استفاده از رسپیراتور ۷۰/۲ ± ۵۶/۰۵ و در روز استفاده از ماسک ۴۷/۶ ± ۳۶ درصد بود.

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار میزان مواجهه کارگران کارخانجات رنگ‌سازی با تولوئن و ارتوکرزول ادرار آن‌ها در پایان شیفت کاری بدون استفاده و با استفاده از رسپیراتور و کارایی و فاکتور حفاظتی رسپیراتور مورد مطالعه

شماره کارگر	کارخانه	متوسط مواجهه فردی با تولوئن (TWA) بدون استفاده از رسپیراتور (ppm)	ارتوکرزول ادرار کارگران در پایان شیفت کاری بدون استفاده از رسپیراتور (ppb)	متوسط مواجهه فردی با تولوئن (TWA) با استفاده از رسپیراتور (ppm)	ارتوکرزول ادرار کارگران در پایان شیفت کاری با استفاده از رسپیراتور (ppb)	کارایی رسپیراتور مورد مطالعه	فاکتور حفاظتی رسپیراتور مورد مطالعه
۱	A	۲۶/۷	۱۵۰	۱۵/۹	۱۰	۹۷/۴۸	۳۳/۳
۲	A	۲	۳۲	۵۱/۸	۸	۹۹/۳۸	۱۰۰
۳	A	۱۵/۸	۱۰۴۵	۷/۷	۸۳۰	۰	۰
۴	A	۳۵/۸	۱۷۲	۰/۸	۱۰	۵۰	۲
۵	A	۸	۱۵۴	۱	۶	۷۶	۴/۲
۶	B	۱۴/۲	۶۸	۶/۶	۴۲	۷۴/۵۵	۳/۸
۷	B	۲۴/۲	۱۴۸	۱۲	۸۸	۷۰/۶۷	۳/۳
۸	B	۰/۷	۴۵	۳/۸	۶۷	۲۹/۴۷	۱/۴
۹	B	۴/۴	۲۹	۰/۹	۱۳۰	۰	۰
۱۰	B	۲/۳	۳۲	۱/۱	۶۹	۰	۰
۱۱	B	۱۲	۲۹	۱/۶	۳۷	۷/۵	۱/۱
۱۲	C	۱۴/۸	۱۳۴	۰/۶۲	۵۴	۰	۰
۱۳	C	۲/۵	۱۷۴	۶۳/۶	۳۹	۹۷/۵۵	۳۳/۳
۱۴	C	۰/۵۳	۸۰	۳/۲	۸۰	۰	۰
۱۵	C	۹/۵	۹۴	۴/۷	۶۶	۴۳/۸۳	۱/۸
۱۶	C	۱/۸	۵۴	۳/۶	۶۲	۳۱/۱۱	۱/۴
۱۷	C	۱/۱	۵۸	۲/۷	۳۶	۴۶/۶۷	۱/۸
میانگین و انحراف معیار		۱۰/۴ ± ۱۰/۵	۱۴۵/۳ ± ۲۳۷/۴	۱۰/۷ ± ۱۸/۳	۹۶/۱ ± ۱۹۲	۴۲/۶ ± ۴۲/۸	۱/۷ ± ۳۷/۸

Archive of SID

www.SID.ir

بحث

در این بررسی، میانگین مواجهه با تولوئن در روز بدون استفاده از رسپیراتور ppm ۱۰/۵ ± ۱۰/۴ و در روز استفاده از رسپیراتور ppm ۱۸/۳ ± ۱۰/۷ می‌باشد. همان طور که مشاهده می‌شود غلظت تولوئن در دو روز استفاده از ماسک و عدم استفاده از ماسک مشابه است. میانگین ارتوکرزول در روز بدون استفاده از رسپیراتور ppb ۲۳۷/۴ ± ۱۴۵/۳ و در روز استفاده از رسپیراتور ppb ۱۹۲ ± ۹۶/۱ بود که تفاوت معنی‌داری را نشان داد. از آن جایی که هدف مطالعه، بررسی تأثیر رسپیراتور بر کاهش استنشاق تولوئن بود، این نکته به عنوان نقطه قوت مطالعه محسوب می‌گردد. در مطالعات Gobba و همکاران (۱۰) و مطالعه Lof و همکاران (۱۱) نیز بر این موضوع تأکید گردیده است.

بر اساس این نتیجه، استفاده از ماسک حفاظت تنفسی می‌تواند مواجهه کارگران با تولوئن را کاهش دهد. همان طور که در نتایج مربوط به اندازه‌گیری تولوئن در هوای محیط کار ذکر گردید کارگران در هر دو روز آزمایشات با غلظت‌های مشابهی از تولوئن مواجه بودند و تفاوت معنی‌داری در مواجهه آن‌ها در روز بدون استفاده از ماسک و روز استفاده از ماسک وجود نداشت. بین میزان مواجهه تنفسی با تولوئن و ارتوکرزول ادراری پایان شیفت کاری بدون استفاده از ماسک حفاظتی رابطه مستقیم و معنی‌دار آماری وجود داشت، اما این رابطه در روز استفاده از ماسک حفاظتی از نظر آماری معنی‌دار نبود. با توجه به این مطالب و نتایج ارایه شده در جدول ۱ و همچنین آزمون آماری می‌توان گفت که ماسک تنفسی توانسته است به عنوان یک جاذب عمل نماید و مواجهه کارگران با تولوئن را کاهش دهد. در نتیجه تفاوت معنی‌داری را در سطح ارتوکرزول ادراری آن‌ها ایجاد نماید. این نتایج با مطالعات Lof و همکاران (۱۱)، Triebig و همکاران (۱۲)، آزاد و شجاعی (۱۴)، Tsukasa و همکاران (۱۵)، Bentsen و همکاران (۱۶) همخوانی داشت.

در این پژوهش درصد تولوئن استنشاقی در روز بدون استفاده از رسپیراتور ۷۰/۲ ± ۵۶/۰۵ و در روز استفاده از ماسک ۴۷/۶ ± ۳۶ درصد بود. بنابراین رسپیراتور توانسته است در میزان مواجهه آن‌ها با تولوئن، حدود ۲۰ درصد کاهش ایجاد نماید. در مطالعات مشابه نیز محققین کاهش مواجهه با آلاینده‌های محیط کار توسط انواع مختلف ماسک حفاظتی را به صورت درصدهای متفاوتی نشان دادند. مانند مطالعه Triebig و همکاران (۱۲) که کاهش مواجهه با استایرن را ۲۶ درصد، مطالعه Chang و همکاران (۱۷) کاهش مواجهه با زایلن را ۹۶ درصد و مطالعه Lof و همکاران (۱۱) که کاهش مواجهه ۹۲-۵۶ درصدی با استایرن را گزارش کردند.

کارایی وسیله حفاظت تنفسی مورد استفاده توسط فرمول ۴ محاسبه گردید که نتایج مربوط به آن در جدول ۱ مشاهده می‌شود. میانگین کارایی وسیله حفاظت تنفسی برای کارگران ۴۲/۸ ± ۴۲/۶ درصد بود. هر چند که در این مطالعه ماسک تنفسی مورد استفاده در برخی افراد حدود ۹۹ درصد کارایی نشان داد، اما در برخی دیگر کارایی بسیار کم و حدود صفر را نشان داده است. این نتیجه با برخی مطالعات مانند مطالعه Nakayama و همکاران (۹) مطابقت داشت.

در نهایت با استفاده از کارایی ماسک، فاکتور حفاظتی آن محاسبه گردید. در مواردی که کارایی ماسک مورد استفاده بالا است؛ به طور منطقی فاکتور حفاظتی آن نیز مقدار بالایی به دست آمد، در صورتی که میانگین به دست آمده برای فاکتور حفاظتی با توجه به کل آزمایشات حدود ۱/۷ حاصل شد. ماسک‌هایی که کارایی کمی داشتند به خصوص آن‌هایی که کارایی حدود صفر داشتند، باعث کاهش زیادی در فاکتور حفاظتی کل شدند. به هر شکل مقایسه با توجه به نتیجه کلی انجام می‌شود. فاکتور حفاظتی استانداردی که سازمان NIOSH در مورد این نوع رسپیراتورها توصیه کرده است، ۱۰ می‌باشد.

نتیجه‌گیری

مقایسه نتایج این مطالعه با توصیه NIOSH نشان داد که ماسک مورد استفاده کارایی لازم را برای کاهش مواجهه با تولوئن ندارد. با توجه به این که کارایی ماسک در افراد مختلف

Archive of SID

www.SID.ir

در این مطالعه بسیار متغیر بود، پیشنهاد می‌گردد جهت بررسی کارایی رسپیراتورهای حفاظتی مختلف، مطالعات گسترده‌تری با حجم نمونه بیشتر صورت پذیرد.

همچنین برای حفاظت کارگر در مقابل بخارات آلی، هیچ‌گاه به ماسک حفاظتی به عنوان تنها راه ایمن‌سازی کارگر اطمینان نگردد و راهکارهای مهندسی از جمله نصب سیستم‌های تهویه مناسب به عنوان راهکار اصلی کاهش میزان مواجهه کارگران، مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله نتیجه طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله از حمایت‌های اجرایی و مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و به ویژه راهنمایی‌های ارزنده سرکار خانم دکتر فلاح کارشناس محترم پژوهشی، تشکر می‌گردد. همچنین از مدیران محترم کارخانجات رنگ‌سازی مورد مطالعه که امکان اجرای طرح را در کارخانجاتشان فراهم نمودند، تشکر می‌شود.

References

1. Sullivan JB, Krieger GR. Clinical environmental health and toxic exposures. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p. 1146-50.
2. Proctor NH, Hughes JP, Fischman ML. Chemical hazards of the workplace. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott; 1988. p. 604-606.
3. Casarett LJ, Klaassen CD, Doull J. Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons. 6th ed. New York: McGraw-Hill Medical Pub; 2001. p. 891-2.
4. Marquardt H. Toxicology. Carolina: Academic Press; 1999. p. 609-11.
5. Harris RL, Patty FA. Patty's industrial hygiene. 5th ed. New Jersey: Wiley; 2000.
6. Mohammad Fam I. Personal protection Equipment. Hamedan: Fanavaran Publication; 2005. p. 183-226.
7. Nelson TJ. The assigned protection factor according to ANSI. Am Ind Hyg Assoc J 1996; 57(8): 735-40.
8. NIOSH -National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Respirator Selection Logic 2004 [Online]. 2005; Available from: URL: www.cdc.gov/niosh/docs/2005-100/
9. Nakayama S, Nishide T, Horike T, Kishimoto T, Kira S. Evaluation of the efficiency of respiratory protective equipment based on the biological monitoring of styrene in fibreglass reinforced plastics industries. J Occup Health 2004; 46(2): 132-40.
10. Gobba F, Ghittori S, Imbriani M, Cavalleri A. Evaluation of half-mask respirator protection in styrene-exposed workers. Int Arch Occup Environ Health 2000; 73(1): 56-60.
11. Lof A, Brohede C, Gullstrand E, Lindstrom K, Sollenberg J, Wrangskog K, et al. The effectiveness of respirators measured during styrene exposure in a plastic boat factory. Int Arch Occup Environ Health 1993; 65(1): 29-34.
12. Triebig G, Werner P, Zimmer H. A field study to determine the effectiveness of several respiratory protection masks on the styrene exposure during lamination activities. Ind Health 2009; 47(2): 145-54.
13. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2008.
14. Azad S, Shojaei S. Survey of Ergonomical aspects for effectiveness of respiratory protection masks on the Disel Iran Group. Proceedings of the 1st National Congress on Health & safety in work Environment; 2009 Nov 16-17; Tehran, Iran; 2009. p. 180-1.
15. Tsukasa I, Megumi N, Takao K, Kayo U, Keiko M, Ryuji T, et al. Biological Monitoring of Styrene in FRP-Making Small Industries in Kumamoto, Japan: Winter-Summer Difference and Effect of Protective Masks in Practical Working Conditions. Journal of occupational health 2002; 44(2): 83-8.
16. Bentsen RK, Noto H, Halgard K, Ovrebo S. The effect of dust-protective respirator mask and the relevance of work category on urinary 1-hydroxypyrene concentration in PAH exposed electrode paste plant workers. Ann Occup Hyg 1998; 42(2): 135-44.
17. Chang FK, Chen ML, Cheng SF, Shih TS, Mao IF. Evaluation of dermal absorption and protective effectiveness of respirators for xylene in spray painters. Int Arch Occup Environ Health 2007; 81(2): 145-50.

Archive of SID

www.SID.ir

The Efficiency of Respiratory Protective Equipment Based on Monitoring a Biological Indicator, Urinary Ortho-Cresol, in Workers Exposed to Toluene

Monireh Khadem[1], Shahla Taheri[2], Akbar Hasanzadeh[3]

Abstract

Background: In most industries, including paint manufacturing, workers are exposed to toluene. Absorbed toluene in liver is metabolized and is exerted as urine metabolites, such as ortho-cresol. Due to different reasons, the only possible way to reduce exposure in some industries is using personal protective equipments. This study uses urine biological monitoring to examine the efficiency of a respiratory protective equipment in toluene exposure reduction among workers.

Methods: Production line workers of three paint industries (22 Subjects) were studied. When the workers were not using respiratory protective equipment, their average respiratory exposure to toluene was measured during a shift. The next day, the average toluene respiratory exposure of the same workers during a shift was measured while they were using air purifying respirator masks with A1/organic vapor filters. In addition, their urine samples, collected at the end of the shifts, were sent to the lab for determining the amount of ortho-cresol. Urinary ortho-cresol measurement was carried out by NIOSH (National institute for occupational safety and health) 8305. Sampling and measuring of existing toluene in workplace air was done by NIOSH 1501.

Findings: No statistically significant difference was observed between the average toluene exposure levels on the first and second days ($P = 0.026$). However, the average respiratory toluene calculated by a formula based on urinary ortho-cresol revealed a significant difference between the two days ($P < 0.05$). Using related formulas and considering a 20% reduction in inhaled toluene, the average efficiency of respirator was found to be 42.6% with a protective factor of 1.7.

Conclusion: According to NIOSH standard, protective factor for the respirators used should be 10. So, according to our results, this kind of respirator does not have sufficient efficiency for reducing toluene exposure and it cannot be used as a safe way for protecting workers against chemical pollutants.

Key words: Respiratory Protective Equipment, Biological Criterion, Ortho-Cresol, Toluene.

Archive of SID

1- PhD Candidate, Department of Occupational Health, School Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2- MSc, Department of Occupational Health, School Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan Iran. (Corresponding Author), Email: taheri@hlth.mui.ac.ir
3- Lecture, Research Center for Food Security and Department of Occupational Health, School Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan Iran.

www.SID.ir