

بررسی میزان مواجهه با بنزن در کارگران پمپ بنزین از طریق ارزیابی محیطی و پایش شاخص زیستی

نوشین راستکاری^{۱*}، فائزه ایزدپناه^۲، مسعود یونسیان^{۳*}

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۳۱

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۰۲

چکیده:

زمینه و هدف: بنزن یکی از آلاینده‌های اصلی در آلودگی هوا بوده که گسترده‌ترین ترکیب شیمیایی است که هم در فرایندهای طبیعی و هم در فرایندهای انسانی کاربرد دارد. مواجهه بنزن موجب خطرناک‌ترین عوارض نامطلوب بهداشتی زیادی بخصوص سرطان خون می‌گردد. هدف از انجام این مطالعه تعیین میزان مواجهه کارگران پمپ بنزین با بنزن از طریق اندازه‌گیری بنزن هوای تنفسی و شاخص زیستی ترانس-موکونیک اسید در ادرار است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه از نوع مطالعات مقطعی بوده که در تابستان سال ۹۳ انجام شد. ۴۰ پرسنل شاغل در پمپ بنزین‌ها (گروه مواجهه یافته با بنزن) و ۴۰ نفر از افراد عادی جامعه به عنوان گروه کنترل (گروه مواجهه نیافته با بنزن) در این مطالعه شرکت نمودند. نمونه‌های ادرار قبل و بعد از شیفت کاری جمع‌آوری گردید. به منظور تعیین غلظت ترانس، ترانس-موکونیک اسید در نمونه‌های ادرار از تکنیک کروماتوگرافی مایع (HPLC) مجهز به ردیاب *diode array* استفاده گردید. در انتهای شیفت کاری بنزن جذب شده بر روی کارت‌تریچ توسط کرین دی سولفید استخراج و توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی مجهز به دتکتور جرمی تعیین مقدار گردید.

یافته‌ها: میانگین غلظت بنزن هوای تنفسی در گروه کارگران پمپ بنزین برابر با $5/90 \pm 1/93 \text{ ppm}$ بود که به صورت معناداری از میانگین غلظت بنزن هوای تنفسی در گروه مواجهه نیافته ($1/15 \pm 0/744 \text{ ppm}$) بالاتر است. میانگین غلظت ترانس، ترانس-موکونیک اسید در ادرار کارگران پمپ بنزین $64/75 \pm 19/47 \text{ } \mu\text{g/L}$ بدست آمد که به صورت معناداری با غلظت ادراری این ترکیب در افراد مواجهه نیافته ($47/10 \pm 13/67 \text{ } \mu\text{g/L}$) متفاوت بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که همبستگی مناسبی ($r=0/581$) میان غلظت ادراری ترانس، ترانس-موکونیک اسید و غلظت بنزن هوای تنفسی وجود دارد. افراد شاغل در پمپ‌های بنزین در معرض مواجهه با غلظت‌های بالای بنزن بوده و در این گروه از افراد، تماس از طریق استنشاق اصلی‌ترین مسیر مواجهه است.

واژگان کلیدی: بنزن، ترانس، ترانس-موکونیک اسید، پایش بیولوژیکی، مواجهه شغلی

۱- (نویسنده مسئول): دکترای شیمی دارویی، دانشیار مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
n_rastkari@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد فیزیک، کارشناس مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۳- دکترای اپیدمیولوژی، استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۴- مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

مقدمه

آلاینده‌های شیمیایی محیط کار شامل گازها، بخارات و ذرات معلق جامد و مایع هستند؛ آلودگی هوای ناشی از این مواد یکی از مهمترین معضلات زیست محیطی در زندگی شهرنشینی امروز به خصوص در کشورهای در حال توسعه هست به نحوی که این مشکل همواره یکی از کانون‌های توجه مسئولین شهری و زیست‌محیطی بوده است. انسان در محیط زیست خود (محل زندگی و کار) در معرض انواع آلوده‌کننده‌های محیط زیست شامل انواع هیدروکربن‌های هالوژنه (کلروفرم، تتراکلرید کربن، دی کلرومتان) و هیدروکربن‌های آروماتیک (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلین) قرار دارد. هر یک از این مواد دارای خطرات خاص بوده و زیان حاصل از آنها بسته به نوع ماده شیمیایی، راه ورود، طول مدت تماس و تراکم آنها متفاوت است. مواجهه بیش از حد مجاز با این مواد در محیط کار می‌تواند سبب مسمومیت‌ها و بیماری‌های مختلفی گردد. بنزن یکی از آلاینده‌های اصلی در آلودگی هوا بوده که گسترده‌ترین ترکیب شیمیایی است که هم در فرایندهای طبیعی و هم در فرایندهای انسانی کاربرد دارد. بنزن مایعی بی‌رنگ تا زرد کم رنگ و با بوی معطر است (۱). این ترکیب شیمیایی از راه‌های تنفسی، گوارشی و پوستی وارد بدن انسان می‌گردد و پس از ورود به خون، به دلیل چربی دوست بودن این ماده، توزیع آن در بدن بستگی به مقادیر چربی اندام‌ها دارد (۲). این ترکیب اثرات بهداشتی مختلفی را شامل می‌شود. در تماس حاد با بنزن اثرات مخدر و خواب‌آور بر روی سیستم اعصاب مرکزی ایجاد می‌گردد (۳). مطالعات نشان می‌دهد که علت افزایش شروع لوسمی (سرطان خون)، مواجهه مزمن با بنزن است و سازمان (Environmental Protection Agency) EPA بنزن را به عنوان یک عامل سرطان‌زا طبقه‌بندی کرده است. در تلاش جهانی برای تولید سوخت‌های پاک، بنزن به عنوان یکی از اجزای بنزین که باید کاهش یابد شناسایی شد. در نتیجه EPA در سال ۱۹۹۵ مقدار مجاز بنزن در بنزین را به مقدار ۱٪ حجمی کاهش داد. اکنون بسیاری از کشورها در حال کاهش میزان بنزن موجود در بنزین خود هستند. علاوه بر این بنزن در صنایع تولید چرم، کفش،

لاستیک، دترجنت‌ها، چسب، حشره‌کش‌ها، حلال‌ها، رنگ بر و برخی صنایع دیگر استفاده می‌گردد (۴). بیشترین راه مواجهه افراد با بنزن و سایر ترکیبات آلی فرار از طریق استنشاقی است. تخمین زده می‌شود که $0.2 \mu\text{g}$ جذب روزانه انسان از طریق غذا، $0.15 \mu\text{g}$ از طریق آب و $70 \mu\text{g}$ از طریق هوای محیط اتفاق می‌افتد (۵). حضور بنزن در بنزین و استفاده وسیع به عنوان حلال در صنایع، منجر به ورود بخش قابل توجهی از این ماده به محیط شده است. محدوده غلظت بنزن در محیط آزاد از $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در مناطق روستایی تا $349 \mu\text{g}/\text{m}^3$ در مرکز مناطق صنعتی با ترافیک بالا است. در جایگاه‌های سوخت‌گیری تا $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ اندازه‌گیری شده است. سوخت خودروها و گاز خروجی از اگزوز وسایل نقلیه و تبخیر بنزن در پمپ بنزین‌ها و سوختن نفت و گاز، غلظت بنزن را در هوا افزایش می‌دهند (۱). پایش بیولوژیک سنجش غلظت یک ماده شیمیایی یا متابولیت‌های آن در ماتریس‌های بیولوژیک بوده و امکان ارزیابی مواجهه کارگران با مواد شیمیایی موجود در محیط کار را در زمان‌های مشخص، از طریق اندازه‌گیری نشانگرهای مناسب در نمونه‌های بیولوژیک (شامل ادرار، خون و هوای بازدم) فراهم می‌نماید. پایش بیولوژیک مکملی جهت ارزیابی مواجهه از طریق نمونه‌برداری هوا بوده و با شناخت به موقع اثرات برگشت‌پذیر، نقش مهمی در کاهش ریسک‌های مؤثر بر سلامت کارگران دارد. یکی از مزایای پایش بیولوژیکی این است که به دلیل خاصیت تجمعی و یکپارچگی خود باعث می‌شوند که در مورد تماس‌های ناخواسته اطلاع پیدا کنیم. بنابراین در حالی که نمونه‌گیری بعد از شیفت یا انتهای شیفت توصیه می‌شود، نمونه‌گیری قبل از شیفت نیز ما را از تماس‌های قبلی فرد و یا تماس‌هایی که ممکن است خارج از محیط کار رخ داده باشد آگاه می‌کند. نمونه‌برداری فردی و سنجش نشانگرها برای تعیین صحت و دقت مواجهه فردی به مواد سمی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. مطالعه بر روی مواجهه فردی با ترکیبات آروماتیک با نمونه‌برداری فردی بطور گسترده در دهه‌های اخیر گزارش شده است (۹-۶). در بین نمونه‌های بیولوژیک، جهت ارزیابی مواجهه تعیین بنزن،

یک گروه به عنوان گروه کنترل (بدون مواجهه شغلی) برگزیده شدند. افراد عادی جامعه یعنی افرادی که شیفت کاری خود را به دور از ترافیک شهر در دفاتر اداری می‌گذرانند به عنوان گروه کنترل (معیار) هستند. در انتخاب این افراد از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در این مطالعه با درجه خلوص مناسب (HPLC Grade) برای تجزیه بوسیله دستگاه کروماتوگرافی از شرکت مرک آلمان تهیه شد. با توجه به اهمیت و تأثیر سن و جنسیت بر متابولیسم مواد، افراد هر دو گروه در یک محدوده سنی ۲۰-۴۰ سال و همگی مذکر و غیر سیگاری به صورت تصادفی انتخاب گردیدند و نمونه‌گیری از افراد هر دو گروه در یک روز کاری یکسان و از یک منطقه شهرداری یکسان انجام گرفت تا تأثیر عوامل وابسته به زمان نظیر دمای عمومی منطقه، میزان آلودگی هوا و... در مورد تمامی افراد یکسان گردد.

با استفاده از نمونه‌برداری مخصوص، نمونه هوای تنفسی هر گروه در طول شیفت کاری جمع‌آوری شد و میزان بنزن استنشاق شده بعد از استخراج جاذب‌ها توسط کربن دی‌سولفید و دستگاه GC/MS تعیین گردید. جهت تعیین میزان متابولیت ادراری tt-MA افراد هر گروه پیش از شروع شیفت کاری و پس از اتمام آن یک نمونه ادرار به حجم ۵۰ mL تهیه شد و تا زمان آنالیز در دمای ۲۰°C نگهداری گردید. تعیین مقدار بوسیله دستگاه HPLC مجهز به ردیاب diode array انجام پذیرفت (۱۶-۱۸).

به منظور آنالیز آماری اطلاعات جمع‌آوری شده، بررسی میزان همبستگی متغیرهای کمی با یکدیگر و وضعیت هر یک از متغیرهای مورد بررسی براساس متغیرهای کیفی از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ و آزمون پیرسون استفاده شد.

یافته‌ها

جدول شماره ۱ میانگین بنزن هوای استنشاقی در یک شیفت کاری در دو گروه را نشان می‌دهد. به طوری که در جدول مشاهده می‌گردد غلظت بنزن هوای استنشاقی در گروه کارگران پمپ بنزین به طور معنی‌داری بیشتر از گروه کنترل است.

نمونه خون و ادرار پیشنهاد می‌شود که برای راحتی کار ادرار در نظر گرفته می‌شود، چرا که جمع‌آوری آن ساده و غیرتهاجمی است و تقریباً تمامی متابولیت‌های حاصل از مواد آلوده‌کننده از طریق ادرار دفع می‌شوند. به علاوه در حال حاضر تقریباً تمامی اندیکس‌های بیولوژیک تماس با عوامل آلوده‌کننده (Biological exposure indices) مورد توافق براساس مقادیر نشانگرهای موجود در ادرار تدوین شده اند (۱۰، ۱۱).

در سال‌های اخیر جهت پایش بیولوژیکی تماس با بنزن، اندازه‌گیری نشانگر ترانس، ترانس-موکونیک اسید در ادرار پایان شیفت کاری توسط ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienist) ارائه شده است (۱۲). سطح مجاز مواجهه شغلی با بنزن در محیط کار ۰/۵ ppm (TWA= Time Weighted Average) است که عبارت است از متوسط غلظت مجاز ماده شیمیایی در ۸ ساعت کار روزانه و ۴۰ ساعت کار در هفته به طوری که مواجهه مستمر و روز به روز با این مقدار تقریباً در کلیه کارگران باعث ایجاد عارضه نامطلوبی نگردد مشروط بر آنکه فاصله زمانی بین پایان ۸ ساعت کار و شروع مجدد آن کمتر از ۱۶ ساعت نباشد و در این مدت با همان ماده شیمیایی با عوامل تشدید کننده اثرات آنها مواجهه نداشته باشند. ولی در سال ۲۰۱۱ برای سازمان ACGIH با توجه به عوارض حاصل از این ماده سرطان‌زا حد مجاز مواجهه شغلی با بنزن را ۰/۱ ppm تعریف کرده است. مطالعات متعددی در خصوص اندازه‌گیری ترانس، ترانس موکونیک اسید ادراری افراد مواجه با بنزن در مشاغل گوناگون جهان انجام پذیرفته (۱۵-۱۳) و هدف از انجام این مطالعه، ارزیابی میزان مواجهه کارگران پمپ بنزین از طریق دو روش پایش هوای تنفسی و پایش زیستی است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت توصیفی-مقطعی در تابستان ۹۳ در یکی از مناطق شهرداری شهر تهران انجام گردید. افراد مورد مطالعه (۸۰ نفر) از لحاظ جمعیتی، دو گروه از افراد جامعه یکی به عنوان گروه در معرض مواجهه (کارگران پمپ بنزین) و

جدول ۱: میانگین بنزن هوای استنشاقی در یک شیفت کاری (غلظت براساس ppm)

محدوده غلظت	انحراف معیار \pm میانگین	تعداد	گروه	
۰/۳۴۰-۳/۳۱	۱/۱۵ \pm ۰/۷۴۴	۴۰	افراد عادی (کنترل)	بنزن هوای استنشاقی
۱/۱۳۰-۱۰/۱۱	۵/۹۰ \pm ۱/۹۳	۴۰	پرسنل پمپ بنزین	

ارتباط در جداول ۳ و ۴ چه در قبل از شیفت کاری و چه بعد از شیفت کاری قابل مشاهده است.

همانطور که در جدول شماره ۲ میانگین غلظت tt-MA در ادار کارگران پمپ بنزین به طور معنی داری بیشتر از گروه کنترل بوده و با غلظت هوای تنفسی در ارتباط است، که این

جدول ۲: میانگین غلظت نشانگر tt-MA بنزن قبل و بعد از شیفت کاری (غلظت براساس $\mu\text{g/L}$)

محدوده غلظت	انحراف معیار \pm میانگین	تعداد	گروه	
۲۰/۱۴-۷۰/۲۸	۴۲/۸۶ \pm ۱۲/۱۰	۴۰	افراد عادی (کنترل)	tt-MA اداری
۳۰/۲۵-۹۸/۷۴	۵۴/۰۳ \pm ۱۸/۰۵	۴۰	پرسنل پمپ بنزین	قبل از شیفت کاری
۲۳/۵۶-۷۵/۴۱	۴۷/۱۰ \pm ۱۳/۶۷	۴۰	افراد عادی (کنترل)	tt-MA اداری
۳۶/۵۸-۱۱۰/۳۹	۶۴/۷۵ \pm ۱۹/۴۰	۴۰	پرسنل پمپ بنزین	بعد از شیفت کاری

جدول ۴: همبستگی Pearson (P value) در نشانگر tt-MA بنزن در بعد از شیفت کاری

بنزن هوای استنشاقی	tt-MA اداری بعد از شیفت کاری	
۱	۰/۵۸۱ (۰/۰۰۰۱)	بنزن هوای استنشاقی
-	۱	tt-MA اداری بعد از شیفت کاری

جدول ۳: همبستگی Pearson (P value) در نشانگر tt-MA بنزن در قبل از شیفت کاری

بنزن هوای استنشاقی	tt-MA اداری قبل از شیفت کاری	
۱	۰/۴۱۳ (۰/۰۰۰۱)	بنزن هوای استنشاقی
-	۱	tt-MA اداری قبل از شیفت کاری

پژوهشگران را به خود جلب کرده است. چرا که در سال‌های اخیر منابع آلوده‌کننده بسیاری در جوامع بشری به دست خود انسان ایجاد شده است. بنزن از منابع کنترل شده و غیر کنترل شده وارد هوا شده و به دلیل کاربرد گسترده این ترکیبات در صنعت و مشاغل مختلف افراد در معرض مواجهه با این ترکیبات قرار دارند. زیرا بنزن به هنگام سوختن نفت، بنزین و زغال سنگ در موتور وسایل نقلیه و بخارات متصاعد شده از ایستگاه‌های

بحث

هزاران ماده سمی تولید شده توسط انسان به طور مداوم به محیط زیست ساطع می‌شوند، در نتیجه جمعیت عمومی در معرض مواجهه با تعداد زیادی از آلاینده‌ها از طریق استنشاق هوا، بلع توسط غذا و جذب از طریق پوست هستند (۱۹). بنزن یک ترکیب مهم از آلاینده‌ها است که به صورت معمول در هوای فضاهای باز و بسته حضور دارد و توجه بسیاری از

نتایج حاصل از مطالعه حاضر قابل مقایسه و مشابه نتایج حاصل از مطالعات موجود در منابع معتبر و بین المللی است (۱۵-۱۳).

نتیجه گیری

به طور کلی می توان گفت که غلظت بنزن هوای تنفسی کارگران پمپ بنزین بیش از حد مجاز تعیین شده توسط سازمان های مربوطه بوده (۰/۵ ppm)، لذا با توجه به خطرات بالقوه ناشی از تماس با بنزن ضروری است با استفاده از روش های مختلف از جمله کنترل های مهندسی و مدیریتی میزان مواجهه این کارگران با بنزن را به کمتر از حد مجاز کاهش داد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل از طرح تحقیقاتی با عنوان "ارزیابی ارتباط میان متابولیت های ادراری بنزن و میزان بنزن در هوای تنفسی به منظور یافتن بیومارکر مناسب جهت بررسی میزان مواجهه با بنزن" مصوب مرکز تحقیقات آلودگی هوای پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران در سال ۹۱ با کد ۱۹۸۱۹-۴۶-۰۴-۹۱ است که با حمایت این مرکز اجرا شده است.

پمپ بنزین و حلال های صنعتی منتشر می شود بنابراین یکی از مشاغلی که به طور مداوم در معرض مواجهه با این ماده شیمیایی خطرناک است، پرسنل پمپ های بنزین هستند.

هدف اصلی بهداشت شغلی، پیشگیری یا کنترل مناسب تماس افراد با عوامل زیان آور محیط کار بوده و ارزیابی صحیح تماس در طراحی استراتژی های کنترلی با ارزش و مفید است. ارزیابی خطرات شغلی از طریق ارزیابی تماس و مقایسه با مقادیر استاندارد غلظت های مجاز آلودگی هوا است. روش های پایش بیولوژیکی در سال های اخیر بسیار مورد توجه بوده است. امروزه مشخص شده است که ارزیابی دوز بیولوژیکی جذب شده در بدن همانند پایش شغلی برای فراهم کردن اطلاعات جهت کنترل اثرات مواد شیمیایی خطرناک مهم و ضروری است.

از آنجایی که بنزن به عنوان یکی از خطرناک ترین عوامل شیمیایی زیان آور در محیط کار شناخته شده است بنابراین بررسی میزان مواجهه کارگران پمپ بنزین با این آلاینده ضروری است و اندازه گیری ترانس، ترانس موکونیک اسید در ادرار کارگران می تواند به عنوان یک شاخص مناسب در ارزیابی مواجهه شغلی با این آلاینده محسوب گردد. تحقیق حاضر نشان می دهد که میانگین غلظت ترانس، ترانس موکونیک اسید بعد از شیفت کاری به طور قابل توجهی افزایش می یابد که می تواند نشانگر مواجهه بالا با بنزن از طریق استنشاق باشد. هر چقدر میزان آلاینده های بنزن در محیط کار بیشتر باشد انتظار بر این است که غلظت tt-MA افزایش یابد که تحقیقات انجام گرفته ارتباط tt-MA دفع شده از ادرار کارگران و بنزن موجود در هوا را تأیید می نماید (۲۰، ۲۱).

البته تعداد نمونه محدود می تواند در نتایج بدست آمده اثرگذار باشد. نتایج حاصل از مطالعه ای که Melikian و همکاران (۲۰۰۲) در چین، در مورد مواجهه های فردی با غلظت های مختلفی از بنزن و ارتباط آن با متابولیت های ادراری انجام داده اند، تأیید کننده یافته های مطالعه حاضر است (۲۲).

همچنین در مطالعه ای که در آمریکا توسط Weaver و همکاران (۲۰۰۰) صورت گرفته نشان دهنده این مسئله است که tt-MA می تواند بیومارکر منحصر به فردی قلمداد شود (۲۳).

منابع

- 1- Raymond D. Hamilton & Hardy's Industrial Toxicology. St. Louis: Mosby; 1998.
- 2- Sieg H, Schafer G. Toxicology. California: Academic Press; 1999.
- 3- Harri R. Patty's Industrial Hygiene & Toxicology. New York: Inter Science; 2000.
- 4- Klaassen CD. Casarett & Doulls Toxicology: The Basic Science of Poisons. New York: McGraw-Hill; 2001.
- 5- Buratti M, Fustinoni S, Colombi A. Fast liquid chromatographic determination of urinary trans, trans-muconic acid. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*. 1996;677(2):257-63.
- 6- Adgate JL, Church TR, Ryan AD, Ramachandran G, Fredrickson AL, Stock TH, et al. Outdoor, indoor, and personal exposure to VOCs in children. *Environmental Health Perspectives*. 2004;112(14):1386-92.
- 7- Cakmak S, Dales RE, Liu L, Kauri LM, Lemieux CL, Hebborn C, et al. Residential exposure to volatile organic compounds and lung function: results from a population-based cross-sectional survey. *Environmental Pollution*. 2014;194:145-51.
- 8- Yun YW, Feng LF, Hee SL, Tae OK. Risk assessments of exposure to airborne volatile organic compounds in Gumi industrial complex area, Korea. *Advanced Materials Research*. 2012;518-523:932-36.
- 9- Corazzini R, Gonçalves G, Bonetti T, Garcia DM, Fonseca FLA, Carvalho C. Effect of exposure to volatile organic compounds (VOCs) on inflammatory response in gas station attendant. *The FASEB Journal*. 2013;27:1b190.
- 10- Polkowska Z, Kozłowska K, Mazerska Z, Górecki T, Namieśnik J. Volatile organohalogen compounds in human urine: The effect of environmental exposure. *Chemosphere*. 2006;62(4):626-40.
- 11- Ducos P, Berode M, Francin JM, Arnoux C, Lefèvre C. Biological monitoring of exposure to solvents using the chemical itself in urine: application to toluene. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2008; 81:273-84.
- 12- ACGIH. Threshold limit values for substances in workroom air. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienist; 2000.
- 13- Qu Q, Shore R, Li G, Li S, Jin X, Melikian AA, et al. Biomarkers of benzene: Urinary metabolites in relation to individual genotype and personal exposure. *Chemico-Biological Interactions*. 2005;153-154:85-95.
- 14- Qu Q, Melikian AA, Li G, Shore R, Chen L, Cohen B, et al. Validation of biomarkers in humans exposed to benzene: urine metabolites. *American Journal of Industrial Medicine*. 2000;37(5):522-31.
- 15- Fustinoni S, Buratti M, Campo L, Colombi A, Consonni D, Pesatori AC, et al. Urinary t,t-muconic acid, S-phenylmercapturic acid and benzene as biomarkers of low benzene exposure. *Chemico-Biological Interactions*. 2005;153-154:253-56.
- 16- Mariusz M, Zabiegała B, Namieśnik J. Testing and sampling devices for monitoring volatile and semi-volatile organic compounds in indoor air. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2012;32:76-86.
- 17- Alwis KU, Blount BC, Britt AS, Patel D, Ashley DL. Simultaneous analysis of 28 urinary VOC metabolites using ultra high performance liquid chromatography coupled with electrospray ionization tandem mass spectrometry (UPLC-ESI/MSMS). *Analytica Chimica Acta*. 2012;750:152-60.
- 18- Huang S, Xiong J, Zhang Y. A rapid and accurate method, ventilated chamber C-history method, of measuring the emission characteristic parameters of formaldehyde/VOCs in building materials. *Journal of Hazardous Materials*. 2013;261:542-49.
- 19- Assadi Y, Ahmadi F, Milani Hossieni MR. Determination of BTEX Compounds by Dispersive Liquid-Liquid Microextraction with GC-FID. *Chromatographia*. 2010;71(11-12):1137-41.
- 20- Ong CN, Kok PW, Ong HY, Shi CY, Lee BL, Phoon WH, et al. Biomarkers of exposure to low concentrations of benzene: a field assessment. *Occupational and Environmental Medicine*. 1996;53(5):328-33.
- 21- Boogaad PJ, Van-Sitter NJ. Biological monitoring of exposure to benzene: a comparison between s-phenylmercapturic acid, trans, trans-myconic acid and phenol. *Occupational and Environmental Medicine*. 1995;52(9):611-20.

- 22- Melikian AA, Qu Q, Shore R, Li G, Li H, Jin X, et al. Personal exposure to different levels of benzene and its relationships to the urinary metabolites S-phenylmercapturic acid and trans,trans-muconic acid. *Journal of Chromatography B*. 2002;778:211-21.
- 23- Weaver VM, Buckley T, Groopman JD. Lack of Specificity of trans,trans-Muconic Acid as a Benzene Biomarker after Ingestion of Sorbic Acid-preserved Foods. *Cancer Epidemiology, Biomarker and Prevention*. 2000;9:749-55.

Exposure to Benzene in Gas Station Workers: Environmental and Biological Monitoring

N. Rastkari¹, F. Izadpanah¹, M. Yunesian^{1,2}

¹Center for Air Pollution Research (CAPR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

²Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: 22 May 2015; Accepted: 23 August 2015

ABSTRACT

Background and objective: Benzene is one of the main pollutants in air and one of the most extensive chemical compound used in both natural and industrial processes. Benzene exposure leads to the most dangerous adverse health effects, particularly blood cancer. The aim of this study was to evaluate the gas station workers' exposure to benzene by measuring benzene in breathing air and urinary trans, trans-muconic acid.

Materials and Methods: This cross-sectional study conducted in summer 2014 investigated 40 gas station workers and 40 occupationally non-exposed persons. Spot urine samples were obtained prior to and at the end of the work shift from each subject. The urinary levels of trans, trans-muconic acid was determined by liquid chromatography (HPLC) with diode array detector. At the end of the work shift, the benzene collected on sorbing cartridges was desorbed using carbon disulfide and was analyzed using gas chromatography and mass spectrometry detection.

Results: The mean value for exposure to benzene in breathing zone of gas station workers was 5.90 ± 1.93 ppm, which was significantly greater than the occupationally non exposed group (1.15 ± 0.744 ppm). The mean urinary concentrations of trans, trans-muconic acid differed significantly between samples of gas station workers (64.75 ± 19.47 $\mu\text{g/L}$) and occupationally non-exposed persons (47.10 ± 13.67 $\mu\text{g/L}$).

Conclusion: A good correlation ($r = 0.581$) between the mean values of benzene in breathing zone and the urinary concentration trans, trans-muconic acid was observed. Gas station workers were found to be probably the most exposed groups in this study. Inhalation is presumably the main route of exposure in gas station workers.

Keywords: benzene, trans, trans-muconic acid, biological monitoring, occupational exposure

*Corresponding Author: n_rastkari@yahoo.com

Tel: +98 21 8897 8395 Fax: +98 21 8897 8397