

## تأثیر عوامل فنی، عملیاتی و محیطی بر میزان مواجهه کارگران با BTEX در فرایند رنگ یک صنعت خودرو سازی

فریده گل‌بابایی: استادا، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
نویسنده رابط: fgolbabaei@tums.ac.ir

رضا کاظمی: دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
شادروان بنفشه گلستان: استادا، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
مهران پور تالاری: اداره بهداشت صنعتی، مدیریت پیشگیری، درمان و رفاه شرکت ایران خودرو، تهران، ایران  
سید جمال الدین شاه طاهری: استادا، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
مسعود ریسمانچیان: دانشجوی دوره دکترا، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۲/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۸/۲۵

### چکیده

زمینه و هدف: با توجه به اثرات حاد و مزمن حلال‌های آلی، که نقاشان خودرو در مواجهه طولانی مدت با آنها هستند، ارزیابی و کنترل آنها برای حفظ سلامت کارکنان از اهمیت خاصی برخوردار است. در این تحقیق قصد بر آن است به منظور ارزیابی صحیح میزان مواجهه و انتخاب راه کارهای صحیح کنترلی، مهمترین عوامل تأثیر گذار در انتشار آلودگی با تأکید بر ارزیابی مواجهه با بنزن، تولوئن، زایلن و اتیل بنزن (BTEX)، شناسایی و تعیین گردد.

روش کار: در این تحقیق با مطالعه دقیق فرایند رنگ آمیزی یک شرکت خودرو سازی، عوامل احتمالی تأثیر گذار، حلال‌های آلی موجود در رنگ و ایستگاه‌های انتشار حلال‌های آلی شناسایی شده و سپس با توجه به تعداد متغیرهای مورد بررسی و سطوح آنها و ۵ نمونه به ازای هر ترکیب از متغیرها و نمونه‌های شاهد، ۲۴۰ نمونه هوا تعیین شد. نمونه‌ها بر اساس روش 1501 NIOSH جمع‌آوری، آنالیز و تعیین مقدار گردید، و در نهایت اطلاعات بدست آمده بوسیله نرم افزار spss 11.5 و آزمونهای رگرسیون چندگانه و آنالیز واریانس مورد تحلیل قرار گرفتند.

نتایج: در بین حلال‌های مورد مطالعه، مواجهه با بنزن در کلیه وظایف شغلی و مواجهه با تولوئن در ایستگاه‌ها رنگ رویه و رنگ آستر بالاتر از حدود مجاز مواجهه تشخیص داده شد ( $p < 0.05$ ). مواجهه با اتیل بنزن و زایلن کمتر از حدود مجاز بود ( $p < 0.05$ ). مهمترین عوامل تأثیر گذار بر میانگین مواجهه با هر چهار حلال مورد مطالعه به ترتیب میزان اثرگذاری عبارت از: وظیفه شغلی، نوع پیستوله و نوع رنگ مصرفی بوده است ( $p < 0.05$ ).

نتیجه گیری: از دلایل تأثیر متغیرهای وظیفه شغلی، نوع پیستوله و رنگ بر میزان مواجهه با BTEX، متفاوت بودن بار کاری هر وظیفه شغلی، کارایی متفاوت دو نوع پیستوله مورد استفاده و تفاوت در فرمولاسیون حلال‌های رنگ است. همچنین به دلیل وجود بنزن به صورت ناخالصی در حلال رنگ، میزان مواجهه با آن بیشتر از حد مجاز می‌باشد. بنابراین توجه به عواملی تأثیر گذار در حین ارزیابی و کنترل جهت کسب نتایج مطمئن تر توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: حلال‌های آلی (BTEX)، مواجهه شغلی، وظیفه شغلی، نوع پیستوله، نوع رنگ مصرفی

## مقدمه

Hallermanne 2001). عضو اصلی که در معرض تماس با زایلین آسیب می بیند سیستم اعصاب مرکزی است که علائمی مثل سردرد، قابلیت تحریک، خستگی، کاهش حافظه و مشکلات خواب می نماید همچنین اثر هپاتوتوکسیک نیز با توجه به افزایش ترانس آمینازها و افزایش اوروبیلینوژن ادراک در کارگرانی که تماس با زایلین داشته اند گزارش شده است (Van Vleet and Schnellmann 2003). مواجهه شغلی با ترکیبی از حلال های آلی در مشاغل زیادی از قبیل نقاشی، نقاشی با استفاده از اسپری، کف پوشی، کفاشی، لباسشویی و غیره مورد ارزیابی قرار گرفته است (Seeber et al. 1996; Anundi et al. 2000; Miscetti et al. 2003; Ekberg et al. 1986). چندین مطالعه نیز بر روی نقاشان خودرو متمرکز شده است، این گروه از افراد معمولاً با غلظت بالایی از حلال های آلی مختلف مواجهه دارند (Winder and Turner 1992; Husman 1980). اما در 10-15 سال اخیر مواجهه ی نقاشان خودرو با حلال های آلی به موجب مصوبات قانونی، استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب و یا کاهش استفاده از حلال های آلی در رنگ، کنترل یافته است. این مطلب با مطالعه اخیری که در اروپا انجام شده است قابل اثبات است (Triebig and Hallermann 2001; Bratveit 2004). Bohemian (et al. و همکاران پیامدهای نرو فیزیولوژیکی از قبیل کاهش تمرکز و حافظه و افزایش زمان عکس العمل را در بین نقاشان خودرو که مواجهه بلند مدت با حلال های آلی داشته اند در مقایسه با گروه شاهد گزارش نموده اند (Alberta 2008). در صنایع خودرو سازی شاغلین فرآیند رنگ در مواجهه طولانی مدت با غلظتهای بالای حلال های آلی قرار می گیرند (Beving et al. 1991). مهمترین عامل انتشار حلال های آلی در فرآیند رنگ آمیزی به دلیل اسپری بیش از حد (Overspray) رنگ می باشد (2004 NIOSH). Michal و همکاران با مطالعه ای که به منظور

کاربرد وسیع حلال های آلی در صنعت بر کسی پوشیده نیست. از موارد کاربرد آن ها می توان به صنعت چاپ، لاستیک سازی، صنعت تولید رنگ، ساخت اسباب بازی، پلاستیک سازی، صنعت تولید رنگ، تولید فیلم عکاسی و خودروسازی اشاره کرد (Linz et al. 1986). بر اساس تخمین های موسسه ملی سلامت و ایمنی شغلی در آمریکا ۸/۹ میلیون کارگر در نیمه اول دهه ۷۰ در مواجهه با حلال های آلی بودند. در سال ۱۹۸۴ بیش از ۴۹ تن انواع حلال های آلی در آمریکا تولید شده است (Beving et al. 1991). حلال ها بسته به نوعی که مورد استفاده قرار می گیرند و ترکیب شیمیایی آنها عوارض متعددی ایجاد می نمایند. برخی از این عوارض کوتاه مدت هستند مانند تحریک چشم ها، ریه ها و پوست، تهوع، گیجی و سردرد که در غلظتهای کم و متوسط در هوا ایجاد می شوند (Moen and Hollund 2000). حلال های آلی با چربی زدایی پوست زمینه بروز بیماریهای پوستی را فراهم می کنند و در غلظتهای بالا باعث سرکوب سامانه اعصاب مرکزی و در نهایت بیهوشی، اغماء و مرگ می شوند (Buzio et al. 2002). علاوه بر این حلال ها دارای اثرات اختصاصی نیز هستند. در این میان بنزن هماتوتوکسیک می باشد. مواجهه ی مزمن انسان با بنزن در محیط کار منجر به آسیب مغز استخوان می شود که در ابتدا بصورت آنمی لوکوپنی و یا ترمبوسیتوپنی بروز می کند (Baelum et al. 1982). تماس با تولوئن بصورت مزمن، باعث ایجاد صدمات دائمی در سیستم اعصاب مرکزی می گردد (Cranmer and Goldenberg 1986; Arlien-Soborg et al. 1979). در مطالعات انجام گرفته بر روی حیوانات در معرض تماس استنشاقی با اتیل بنزن تأثیر زیان آور آن بر روی خون، کبد، کلیه ها و چشم ها ثابت شده است (Kaukiainen et al. 2004; Triebig and )

دمای هوا، نوع بدنه خودرو رنگ آمیزی شده، نوع پیستوله و سابقه کارگر در نقاشی خودرو و آلاینده های مورد مطالعه بنزن، اتیل بنزن، تولوئن، و ایزومرهای زایلن بوده است. حجم نمونه با توجه به تعداد متغیرهای مورد بررسی انتخاب شده است. در این مطالعه ۵ گروه شغلی (رنگ رویه کار، پولیش کار، رنگ آستر، لای درب زن و تاج آب کار)، ۲ نوع بدنه (وانت و سواری)، ۲ نوع پیستوله (پر فشار و کم فشار با حجم بالا) و دو نوع رنگ (تابا، گاما) مورد بررسی قرار گرفتند که ایجاد ۴۰ ترکیب (Combination) می نماید. با ۵ بار تکرار هر ترکیب ۲۰۰ نمونه مورد نیاز بود که در نهایت با احتساب نمونه های شاهد ۲۴۰ نمونه در نظر گرفته شد.

نمونه برداری و تجزیه آلاینده ها: نمونه برداری از هوای تنفسی کارکنان با توجه به متغیر متغیرهای مورد بررسی و به صورت فردی بر اساس روش ۱۵۰۱ انیستیتو ملی ایمنی و بهداشت حرفه ای (NIOSH) انجام شده است (NIOSH 2005). در این مطالعه ابتداست نمونه برداری که شامل مینی پمپ نمونه برداری مدل مدل 224-44EX ساخت کمپانی SKC-USA (رنج فلوی ۰/۱ میلی لیتر تا ۱ لیتر)، ذغال فعال ۱۵۰ میلی گرمی ساخت شرکت SKC و هولدر نمونه برداری و لوله های رابط بود در مدار نمونه برداری قرار گرفته و بر روی فلوی ۰/۲ میلی لیتر بوسیله کالیبراتور الکترونیکی SKC بر اساس روش NIOSH 1501 کالیبره شده و جهت نمونه برداری مهیا شد. حداکثر حجم نمونه برابر با ۱/۲ لیتر با توجه به روش ۱۵۰۱ انتخاب شد. در حین نمونه برداری اطلاعات دموگرافیک کارگران شامل سابقه کارگر، موقعیت شغلی و شغل و همچنین مشخصات نمونه ها از طریق پرسشنامه ای که بدین منظور تهیه شده بود جمع آوری گردید. در ضمن به ازای هر ۱۰ نمونه ۱ نمونه به عنوان شاهد در نظر گرفته شده است (NIOSH 2005).

بعد از اتمام نمونه برداری بر اساس توصیه های روش NIOSH ۱۵۰۱، نمونه ها در دمای پایین تر از ۵ درجه سانتیگراد نگهداری شدند و در کمتر از ۵ روز مورد تجزیه و

ارایه فرمول ریاضی برای پیش بینی غلظت آلاینده ها در ناحیه تنفسی نقاشانی که بوسیله پیستوله کار می کنند انجام دادند، نشان دادند که میزان انتشار آلودگی در ناحیه تنفسی نقاشان به عواملی مانند نوع پیستوله مورد استفاده، شکل هندسی سطح مورد نظر برای رنگ آمیزی، سابقه ی نقاش و جهت قرار گرفتن کارگر نسبت به جهت جریان هوا بستگی دارد و این عوامل در ایجاد اسپری بیش از حد موثر- اند (Michal et al. 2004). نظر به اینکه مهمترین گام در بهداشت حرفه ای برای کنترل مخاطرات ناشی از حلال های آلی، ارزیابی میزان مواجهه شاغلین با آلاینده ها است و این امکان وجود دارد که میزان مواجهه ها متأثر از یک سری عوامل فنی و عملیاتی باشد و در صورت اثبات این فرض، توجه به این عوامل برای دستیابی به صحت و دقت بیشتر در امر ارزیابی و کنترل مهم است، لذا هدف این تحقیق شناسایی عواملی موثر بر میزان مواجهه با حلال های آلی جهت انتخاب صحیح استراتژی های کنترل و انجام ارزیابی- های دقیق تر میزان مواجهه این گروه از شاغلین با حلال های آلی می باشد.

## روش کار

این پژوهش به صورت مقطعی - موردی در سالهای رنگ یک صنعت خوردو سازی انجام شده است. این مطالعه در چهار مرحله به شرح زیر اجرا شده است: ابتدا با مطالعه فرآیند رنگ آمیزی خودرو، متغیرهای احتمالی تاثیر گذار بر میزان مواجهه شناسایی و مهمترین حلال های آلی موجود در هوای تنفسی شاغلین از لحاظ بهداشت شغلی پیش بینی شده است. جهت شناسایی متغیرهای مذکور از راهنمایی- های مسئولین فنی رنگ، کارشناسان بهداشت صنعتی و مطالعه دقیق فرآیند و اجزاء تشکیل دهنده رنگ و نمونه برداری های شغلی انجام شده در گذشته استفاده شده است. متغیرهای بالقوه تاثیر گذار که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند، عبارت بودند از: وظیفه ی شغلی، نوع رنگ

حجم بالا و کم فشار (high volume low pressure) و ۸۰ درصد پرفشار (conventional) بود. درصد نوع رنگ مصرفی برابر و بدنه های رنگ آمیزی شده ۴۰٪ و وانت و ۶۰٪ سواری بود.

بررسی میانگین مواجهه شغلی با آلاینده های مورد مطالعه: میانگین مواجهه شغلی با هر یک از آلاینده های بنزن، اتیل بنزن، تولوئن و زایلن برای هر وظیفه شغلی به صورت میانگین وزنی زمانی در طول ۸ ساعت حضور در کار محاسبه شد و با حدود مجاز توصیه شده از سوی ACGIH 2009 مقایسه گردید (ACGIH 2009). با توجه به جدول شماره ۲ مواجهه با زایلن و اتیل بنزن در تمام وظایف شغلی پایین تر از حدود مجاز و مواجهه با بنزن در تمام وظایف شغلی بالاتر از حدود مجاز است. این درحالی است که مواجهه با تولوئن در وظایف شغلی رنگ رویه و رنگ آستر، از حدود مجاز بالاتر و در رنگ درب و قسمتهای داخلی خودرو در حد مجاز مواجهه می باشد.

بررسی ارتباط مواجهه شغلی با عواملی مورد مطالعه: برای بررسی ارتباط میان میانگین مواجهه با آلاینده های BTEX و عواملی مورد مطالعه، اثرات اصلی (Main effect) و اثرات متقابل آنها بر میانگین مواجهه با BTEX از آنالیز واریانس چهار طرفه استفاده شد که نتایج آن در جدول شماره (۳) آورده شده است. طبق نتایج حاصل از این آزمون، متغیرهای وظیفه شغلی، رنگ و پیستوله بر میانگین مواجهه شغلی با آلاینده های مورد مطالعه BTEX تاثیر معنی داری داشته ( $p < 0.05$ ) و عامل بدنه با میانگین مواجهه ی زایلن و تولوئن نیز معنی دار بوده است ( $p < 0.05$ ); در حالی که میانگین مواجهه شغلی بنزن و اتیل بنزن ارتباط معنی داری با نوع بدنه نداشته است ( $p > 0.05$ ). بین متغیرهای سابقه شغلی نقاش و دمای هوا با میانگین مواجهه فردی BTEX ارتباط معنی داری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ) (جدول ۳). همچنین اثرات متقابل دوتایی، سه تایی و چهارتایی عوامل

تحلیل توسط گاز کروماتوگراف ساخت کمپانی SHIMATZU مدل 175A به همراه آشکارساز یونیزاسیون شعله ای (FID) که دارای ستون مویی با طول ۱۰۰ متر و دمای تزریق ۲۵۰ درجه سانتیگراد بود قرار گرفت. همچنین دمای ستون در این دستگاه از ۶۰ درجه با سرعت ۱۰ درجه در دقیقه به ۲۳۰ درجه سانتیگراد افزایش می یافت. بخش های پسین و پیشین لوله ذغال فعال را در ۰/۵ میلی لیتر دی سولفید کربن ریخته و پس از بازیافت شیمیایی بوسیله گاز کروماتوگراف تجزیه گردید منحنی کالیبراسیون برای هر ترکیب بین ۰/۲ و ۱۰۰ میکروگرم بر لیتر رسم گردید (NIOSH 2005).

اطلاعات بدست آمده از مراحل قبل به وسیله نرم افزار SPSS ۱۱/۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. آزمون های آماری مورد استفاده شامل آزمون آنالیز واریانس چهارطرفه و رگرسیون چندگانه می باشد.

## نتایج

کارگران مورد مطالعه همگی مرد بودند و ۴۳ درصد از آنها به سیگار اعتیاد داشتند. جدول شماره ۱ مشخص کننده اطلاعات دموگرافیک کارگران مورد مطالعه می باشد. سابقه شغلی آنها در سه گروه کمتر از ۵ سال، بین ۵ تا ۱۰ سال و بیشتر از ۱۰ سال مورد مطالعه قرار گرفت. بیشترین درصد کارگران در گروه کمتر از ۵ سال (۴۲/۷٪) و کمترین درصد آن در گروه بیشتر از ۱۰ سال (۲۳/۶٪) قرار داشتند. دمای هوا در حین نمونه برداری در سه رنج کمتر از ۲۸، ۲۸ تا ۳۰ و بالاتر از ۳۰ درجه سانتیگراد بود که بیشترین درصد نمونه ها در رنج دمای ۲۸ تا ۳۰ (۴۹/۳٪) و کمترین درصد آنها در رنج بالاتر از ۳۰ درجه سانتیگراد (۲۰٪) جمع آوری شدند. درصد فراوانی نقاشان در وظایف شغلی رنگ آستر، رنگ رویه، پولیش کاری، تاج آب و رنگ کاری درب به ترتیب ۲۰٪، ۲۱٪، ۳۰٪، ۱۵٪ و ۱۴٪ بود. درصد فراوانی نوع پیستوله مورد استفاده ۲۰ درصد از نوع

این مواجهه‌ها از قبل کمتر شده است (Beving et al. 1991). ولی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که میانگین مواجهه با بنزن در کارگران کلیه قسمتهای مورد مطالعه رنگ خودرو و مواجهه با تولوئن در کارگران رنگ رویه و رنگ آستر که به روش اسپری کار می‌کنند بالاتر از حدود مجاز مواجهه است. زایلن و اتیل بنزن در غلظت‌های کمتر از حدود مجاز مواجهه می‌باشند، ولی مواجهه همزمان با BTEX به دلیل بالا بودن میزان مواجهه با بنزن بالاتر از حدود مجاز می‌باشد. دلیل این امر استفاده از حلال‌های ناخالص و حاوی مقادیری بنزن و همچنین استفاده بی‌رویه تینر که حاوی مقادیر زیادی از بنزن می‌باشد به عنوان پاک‌کننده سطوح و پیستوله در ایستگاه‌های کاری است. و با توجه به اینکه حدود مجاز بنزن نسبت به دیگر حلال‌ها چندین برابر کمتر می‌باشد تجاوز از غلظت‌های مجاز برای بنزن با مقادیر کم نیز امکان‌پذیرتر می‌باشد. همچنین عدم وجود سامانه‌ی کنترلی مناسب مزید بر علت می‌باشد. این نتایج با نتایج مطالعه‌ی مشابه‌ای در ایتالیا توسط Vital و همکاران بر ارزیابی مواجهه با حلال‌های آلی در کارگاه‌های نقاشی خودرو صورت گرفت، مطابقت دارد.

Vital و همکاران در مطالعه‌ی که بر روی میزان مواجهه کارگران در طول یک شیفت با حلال‌های آلی بنزن، اتیل بنزن، بوتیل استات، زایلن و تولوئن انجام دادند دریافتند که در تمام کارگاه‌ها مواجهه با بنزن در غلظت‌های حدود مجاز و بالاتر وجود دارد. ولی مواجهه با دیگر حلال‌ها زیر حد مجاز و در حدود ۰/۱-۰/۰۱ حدود مجاز ۸ ساعته است (Beving et al. 1991).

نوع وظیفه شغلی به عنوان مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر میزان مواجهه با BTEX شناخته شد. متفاوت بودن نیازهای هر وظیفه، موقعیت‌های قرار گرفتن نقاش نسبت به سطح مورد رنگ آمیزی و متفاوت بودن میزان رنگ مصرفی در هر موقعیت شغلی و تفاوت در نحوه کنترل و کارایی سامانه‌ی کنترلی در هر ایستگاه را می‌توان از دلایل تأثیر این عامل ذکر

مورد مطالعه بر میزان مواجهه مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول شماره ۳ آورده شده است.

یافته‌های به دست آمده از آنالیز رگرسیون چندگانه: برای مشخص نمودن میزان اثر هر متغیر بر میانگین مواجهه فردی با آلاینده‌ها (BTEX) و تعیین مهمترین فاکتور تأثیرگذار بر میانگین مواجهه فردی از آنالیز رگرسیون چندگانه استفاده شد. پیستوله نوع HVLP نسبت به پیستوله پر فشار و رنگ تابا نسبت به گاما در هر چهار ترکیب مواجهه کمتری را ایجاد می‌نماید ( $p < 0/05$ ). میانگین مواجهه با بنزن، اتیل بنزن و زایلن در رنگ آمیزی بدنه وانت نسبت به بدنه سواری اختلاف معنی‌داری نداشته ولی در رابطه با میانگین مواجهه با تولوئن رنگ آمیزی بدنه سواری مواجهه کمتری ایجاد می‌نماید ( $p < 0/05$ ). همچنین میانگین مواجهه با هر چهار ترکیب در وظایف شغلی رویه کاری و آسترزنی نسبت به پولیش کاری با سطح معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) بیشتر است و تاج آپ کاران نسبت به پولیش کاران در مواجهه با غلظتهای بالاتری از بنزن و اتیل بنزن قرار دارند ( $p < 0/05$ ). میانگین مواجهه کارگران لای درب زن نسبت به پولیش کاران با هر چهار ترکیب دارای اختلاف معنی‌داری نبود ( $p > 0/05$ ). (جدول شماره ۴)

مهمترین عامل تأثیرگذار بر روی میانگین مواجهه فردی با آلاینده‌های مورد مطالعه بر اساس نتایج حاصل از رگرسیون چندگانه به ترتیب میزان تأثیر، وظیفه شغلی، نوع پیستوله و نوع رنگ مصرفی است. بدنه کمترین تأثیر را بر مواجهه با برخی از آلاینده‌ها دارد ( $p < 0/05$ ). همچنین دمای هوا و سابقه نقاش تأثیر معنی‌داری با میانگین مواجهه‌ها ندارد ( $p > 0/05$ ) (جدول ۴).

## بحث

نقاشان خودرو در مواجهه بلند مدت با غلظتهای نسبتاً بالایی از حلال‌های آلی قرار می‌گیرند. هر چند که به موجب اعمال مصوبات قانونی و کنترلهای فنی و فردی،

نوع کمتر است (NIOSH 2005). فاکتور تاثیر گذار دیگر بر روی میزان مواجهه نوع رنگ مورد استفاده بود، در این مطالعه دو نوع رنگ مد نظر قرار گرفت نتایج نشان داد که نوع رنگ در میزان مواجهه تاثیر گذار بوده و بین نوع رنگ و میزان مواجهه ارتباط معنی داری وجود دارد ( $p < 0.05$ ). در این مطالعه از نظرات کارگران در انتخاب نوع رنگ استفاده شد، بیشتر کارگران سالن های رنگ از بوی زننده رنگ تابا نسبت گاما و درصد خرابی بیشتر (تقریبا ۲۰ درصد) آن نسبت به گاما اظهار نگرانی می کردند. مهمترین دلیل این اختلاف درصد ترکیبی حلال های استفاده شده در رنگ ها و تفاوت در ویسکوزیته می باشد. در این مطالعه به دلیل سری بودن فرمولاسیون رنگها برای تولید کنندگان به بررسی دقیق درصد ترکیبی حلال ها و میزان انتشار و مواجهه با آنها پرداخته نشده است، ولی با اطمینان می توان گفت که رنگ های با ترکیبات متفاوت آلودگی متفاوت نیز ایجاد می نمایند.

### نتیجه گیری

بر اساس نتایج این مطالعه مشخص می شود که میانگین مواجهه ی شغلی با بنزن در وظایف مختلف شغلی نقاشی خودرو و مواجهه با تولوئن در برخی از وظایف (آسترزنی و رویه کاری) بالاتر از حدود مجاز مواجهه پیشنهاد شده از سوی ACGIH می باشد. و این مواجهه ها متاثر از متغیرهای، نوع وظیفه شغلی، نوع پیستوله مورد استفاده و نوع رنگ مصرفی می باشد. لذا پیشنهاد می شود در حین ارزیابی و نیز طراحی سامانه های کنترل به این متغیرها توجه شده و در کنار نتایج حاصل از مواجهه های شغلی حتما وظیفه شغلی، نوع پیستوله و نوع رنگ بیان گردد. همچنین برای کاهش میانگین مواجهه های شغلی توصیه می گردد از رنگ های ایمن تر مانند رنگ های پایه آبی، پیستوله های با بازده بالاتر مانند پیستوله های حجم بالا-فشار کم (HVLP) و اتاقک های رنگ (Boot) توصیه شده از سوی ACGIH استفاده شود.

کرد. همچنین طی تحقیقی که توسط Michel و همکاران در سال ۱۹۹۹ جهت مدلسازی میزان غلظت آلاینده ها ی تولید شده طی عملیات رنگ پاشی به صورت اسپری در منطقه تنفسی کارگران صورت گرفت جهت جریان هوا نسبت به موقعیت کارگر، سرعت جریان هوا در ناحیه تنفسی، اندازه کارگر، اندازه سطح تحت رنگ آمیزی و فاصله تفنگ اسپری تا این سطح و نوع پیستوله مورد استفاده از عوامل موثر بر میزان غلظت آلاینده ها در ناحیه تنفسی شناخته شد مهمترین عامل انتشار آلاینده اسپری بیش از حد (Overspray) شناخته شد که خود متاثر از عواملی فوق می باشد (Michel et al. 2001).

نوع پیستوله یکی دیگر از عواملی تاثیر گذار بر روی میزان مواجهه شناخته شد و نشان داده شد که استفاده از نوع HVLP نسبت به نوع مرسوم با فشار بالا میزان مواجهه کمتر ایجاد می نماید و بین نوع پیستوله و میزان مواجهه ارتباط معنی داری وجود دارد. دلیل این تفاوت در میزان Overspray ایجاد شده به وسیله دو نوع پیستوله مورد مطالعه است. رنگ اسپری شده مازاد متاثر از کارایی یا بازده انتقال رنگ است که به متغیرهای فشار رنگ در حین اسپری، نوع سطح، مهارت و تجربه نقاش و از همه مهم تر، به نوع پیستوله مورد استفاده بستگی دارد. هر چقدر که عامل بازده انتقال که به عنوان کسری از رنگ پوششی پاشیده شده به سطح تعریف می شود بیشتر باشد Overspray تولید شده کمتر و در نتیجه میزان مواجهه به حلال های آلی کمتر خواهد بود.

نتایج تحقیق حاضر با مطالعه ای که در سال ۱۹۹۷ توسط Flynn و همکارانش در سال ۱۹۹۷ بر روی میزان مواجهه شغلی به میستهای ناشی از اسپری رنگ صورت گرفت هم خوانی دارد. Flynn و همکارانش نشان داده شد که پیستوله های نوع HVLP دارای راندمان انتقال بیشتری نسبت به پیستوله های مرسوم با فشار بالا هستند و در نتیجه میزان مواجهه با میستهای ناشی از رنگ اسپری شده در این

## تشکر و قدردانی

شرکت به خصوص کارکنان سالن های رنگ و مدیریت  
بهداشت صنعتی تقدیم می دارند.

این تحقیق به پشتیبانی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم  
پزشکی تهران و شرکت ایران خودرو انجام گرفته است ، که  
بدینوسیله مولفین مراتب تشکر و قدردانی خود را از این

جدول ۱- اطلاعات دموگرافیک کارگران مورد مطالعه شاغل در صنعت خودروسازی

متغیر	میانگین	انحراف معیار
سن (سال)	۲۶/۵	۳/۵
سابقه کار (سال)	۶/۵	۲/۳
وزن (کیلوگرم)	۷۰/۴	۵/۱
قد (سانتیمتر)	۱۷۲/۶	۸/۲

جدول ۲- میانگین و انحراف معیار مواجهه شغلی با BTEX در فرآیند رنگ یک صنعت خودروسازی براساس نوع وظیفه

### شغلی بر حسب ppm

آلاینده	بنزن	اتیل بنزن	تولوئن	زایلن	وظیفه شغلی
	میانگین (انحراف معیار)	میانگین (انحراف معیار)	میانگین (انحراف معیار)	میانگین (انحراف معیار)	
	(۰/۵۱)۲/۳۶	(۴/۵۰)۱۵/۶۷	(۷/۵۰)۳۵/۵۰	(۸/۸۹)۳۴/۰۰	رنگ رویه
	(۰/۶۰)۱/۸۳	(۳/۷۵)۱۲/۶۷	(۸/۰۰)۲۵/۰۰	(۴/۵۰)۲۹/۰۰	رنگ آستر
	(۰/۷۲)۲/۲۷	(۴/۲۵)۱۵/۹۰	(۶/۶۶)۲۰/۰۰	(۵/۳۴)۳۳/۰۰	رنگ در
	(۰/۰۲)۰/۸۸	(۲/۳۲)۷/۹۱	(۵/۵۰)۱۷/۸۰	(۳/۳۳)۱۹/۰۰	تاچ آب
	(۰/۱۵)۰/۵۱	(۲/۳۴)۷/۹۷	(۳/۷۰)۱۵/۵۰	(۴/۴۳)۱۳/۷۰	پولیش کاری
TLV-TWA	۰/۵	۱۰۰	۲۰	۱۰۰	

جدول ۳- سطح معنی داری بررسی ارتباط میان میزان مواجهه و متغیرهای مورد مطالعه در کارگران فرآیند رنگ یک صنعت

خودروسازی

متغیر	وظیفه شغلی	بدنه	رنگ	پیستوله	سابقه	دما	آلاینده
بنزن	<۰/۰۰۱	۰/۰۶۸	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۲۷	۰/۱۲	
اتیل بنزن	<۰/۰۰۱	۰/۱۳	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۱۳	۰/۳۳	
تولوئن	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۲۲	۰/۷۲	
زایلن	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۹۰	۰/۱۵	

جدول ۴- سطح تاثیرات متقابل معنی دار فاکتورهای مورد بررسی بر روی میانگین مواجهه کارگران با BTEX در فرآیند رنگ

یک صنعت خودروسازی

منبع اثر	آلاینده	سطح معنی داری
وظیفه شغلی / رنگ	زایلن	۰/۰۱۵
شغل / پیستوله	زایلن	۰/۰۲۰
وظیفه شغلی / بدنه	زایلن	۰/۰۰۱
وظیفه شغلی / بدنه / پیستوله	بنزن	۰/۰۷۷

## References

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)., 2009. TLVs and BEIs. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio.
- Anundi, H., Langworth, S., Johanson, G., Lind, ML., Åkesson, B. and Friis Edling, C., 2000. Air and biological monitoring of solvent exposure during graffiti removal. *Int Arch Environ Health*, **73**, pp. 561-69.
- Arlie-Soborg, P., Bruhn, P., Gyldested, C. and Melgaard, B., 1979. Chronic painters' syndrome. Chronic toxic encephalopathy in house painters. *Acta Neurol Scand*, **60**, pp. 149-56.
- Baelum, J., Andersen, I. and Millhave, L., 1982. Acute and subacute symptoms among workers in the printing industry. *Br J Ind Med*, **39**, pp. 70-5.
- Beving, H., Tornling, G. and Olsson, P., 1991. Increased erythrocyte volume in car repair painters and car mechanics. *Br J Ind Med*, **48**, pp. 499-501.
- Bratveit, M., Hollund, BE. and Moen, BE., 2004. Reduced exposure to organic solvents by use of water-based paint systems in car repair shops. *Int Arch Occup Environ Health*, **77**, pp. 31-8.
- Buzio, L., Tondel, M., DE Palma, G., Buzio, C., Franchini Mutti, A. and Axelson, O., 2002. Occupational risk

- factors for renal cell cancer. An Italian case-control study. *Med Lav*, **93**, pp. 303–09.
- Cranmer, JM. and Goldenberg, M., 1986. Proceedings of the workshop on neurobehavioral effects of solvents. *Neuro Toxicology*, **7** (3), pp. 45–54.
- Ekberg, K., Barregard, L., Hagberg, S. and Sallsten, G., 1986. Chronic and acute effects of solvents on central nervous system functions in floorlayers. *Br J Ind Med*, **43**.
- Husman, K., 1980. Symptoms of car painters with long exposure to a mixture of organic solvents. *Scand J Work Environ Health*, **6**, pp. 19–32.
- Kaukiainen, A., Vehmas, T., Rantala, K., Nurminen, M., Martikainen, R. and Taskinen, H., 2004. Results of common laboratory tests in solvent-exposed workers. *Int Arch Occup Environ Health*, **77**, pp. 39–46.
- Linz, DH., de Garmo, PL., Morton, WE., Wiens, AN., Coull, BM. and Maricle, RA., 1986. Organic solvent-induced encephalopathy in industrial painters. *J of Occup Med*, **28**, pp. 119–25.
- Vitali, M., Ensabella, F., Stella D. and Guidotti, M., 2006. Exposure to Organic Solvents among Handicraft Car Painters: A Pilot Study in Italy. *Industrial Health*, **44**, pp. 310–317.
- Miscetti, G., Garofani, P., Bod, P., Mencarelli, A., Ballerani, A., Ceppitelli, A., Angeloni, R. and Peccetti, V., 2003. Esposizione a solventi organici volatili in un gruppo di falegnamerie artigiane. *Med Lav*, **94**, pp. 216–23.
- Michale, R., Flayn N. and Erdic, S., 2001. On the Use of Computational Fluid Dynamics in the Prediction and Control of Exposure to Airborne Contaminants: An Illustration Using Spray Painting. *Ann. occup. Hyg*, **44**(3).
- Moen, BE. and Hollund, BE., 2000. Exposure to organic solvents among car painters in Bergen, Norway. *Ann Occu Hyg*, **44**, pp. 185–9.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2004. Control of Paint Overspray in Autobody Repair Shops DHHS (NIOSH) Publication No. 96-106.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2005. Method 1501, Issue 3.
- Seeber, A., Sietmann, B. and Zupanic, C., 1996. In search of dose-response relationships of solvent mixtures to neurobehavioural effects in paint manufacturing and painters. *Food Chem Toxicol*, **34**, pp. 1113–20.
- Takigawa, T., Horike, T., Ohashi, Y., Kataoka, H., Wang, DH. and Kira, S., 2004. Were volatile organic compounds the inducing factors for subjective symptoms of employees working in newly constructed hospitals? *Environ Toxicol*, **19**, pp. 280–90.
- Triebig, G. and Hallermann, J., 2001. Survey of solvent related chronic encephalopathy as an occupational disease in European countries. *Occup Environ Med*, **58**, pp. 575–81.
- Van Vleet, TR. and Schnellmann, RG., 2003. Toxic nephropathy: environmental chemicals. *Semin Nephrol*, **23**, pp. 500–8.
- Wang, JD. and Chen, JD., 1993. Acute and chronic neurological symptoms among paint workers exposed to mixtures of organic solvents. *Environ Res*, **61**, pp. 107–16.
- Winder, C. and Turner, PJ., 1992. Solvent exposure and related work practices among apprentice spray painters in automotive body repair workshops. *Ann Occ Hyg*, **36**, pp. 385–94.
- Yu-mitan, Michael, Flyan and Buller 2002. a field evaluation of the impact of transfer efficiency on worker exposure during spray painting. *Ann. occup. Hyg.*, **44**(1), pp. 103–112.

## **Influence of operational, technical and environmental factors on exposure of motor-vehicle painters to volatile organic solvents**

**Golbabaei F., Ph.D.** Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran—Corresponding author: fgolbabaei@tums.ac.ir

**Kazemi R., MS.c.** Student, Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**Golestan G., Ph.D.** Associate Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**Pourtalari M., MS.c.** Industrial Hygiene department, Iran-Khodro Company, Tehran, Iran

**Shahtaheri J., Ph.D.** Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

**Rismanchian M., Ph.D.** Student, Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Received: Feb 22, 2010

Accepted: Nov 16, 2010

### **ABSTRACT**

**Background and Aim:** Considering the acute and chronic effects of organic solvents to which vehicle painters are exposed for long periods of time, their evaluation and control is crucial for protection of health of the employees. This study aimed to find the most influential factors on exposure to, and spreading pollution with, benzene, toluene, xylene, and ethylbenzene (BTEX) in order to be able to choose the best control measures.

**Materials and Methods:** In a motor-vehicle company the vehicle painting process was studied in detail and the solvents used in paints and in spreading organic solvent stations were identified. Based on the types and concentrations of the variables being studied, using the NIOSH method a total of 240 air samples were collected (5 samples for each variable and the respective controls) and analyzed. The SPSS version 11.5 was used for data analysis, the statistical tests being multi-regression and analysis of variance.

**Results:** Exposure to benzene in all occupational tasks, as well as to toluene in top coating and undercoating stations exceeded, while exposure to ethylbenzene and xylene did not reach, the respective permitted exposure limits ( $p < 0.05$ ). The most effective factors on exposure to all the four solvents were, in order of effectiveness, occupational task, gun type, and the type of paint used ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The effects of the variables studied – occupational task, gun and paint types – on exposure to BTEX relate to differences in occupational task work load, the type of gun used, and the paint organic solvent formulation. The reason for the potentially high exposure to benzene is its presence as an impurity in the paint solvents. Thus, it is highly recommended that in the process of control and evaluation special attention be paid to these factors.

**Key words:** Volatile organic solvents, Occupational exposure, Occupational task, Painting gun, Paint type