



بررسی کوررنگی اکتسابی در میان شاغلین مواجهه با حلالهای BTEX: مطالعه موردی پمپ بنزین‌های شهر تهران

سید پوریا فاضلی^۱، یاسر لبافی نژاد^۲، رسول یاراحمدی^{۳*}، آغافاطمه حسینی^۴

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۱۶

تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۴/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: دید رنگ از قابلیت‌های مهم دستگاه بینائی است. در بسیاری مشاغل، کوررنگی باعث کاهش بهره‌وری، افزایش زمان واکنش و اختلال تصمیم‌گیری کارگران در رویارویی با مخاطرات شده و بروز حوادث را محتمل می‌کند. این مطالعه به منظور بررسی مواجهه شغلی با حلال‌های BTEX و کوررنگی اکتسابی در کارگران پمپ بنزین‌های شهر تهران انجام گرفت.

روش بررسی: این مطالعه مقطعی در ۱۵ پمپ بنزین انجام شد. گروه مواجهه ۲۸۹ نفر کارگر پمپ بنزین، گروه کم مواجهه ۲۰۱ نفر کارگر خدماتی و گروه بدون مواجهه ۱۹۰ نفر کارکنان اداری شاغل در این پمپ بنزین‌ها بودند. با ثبت مشخصات افراد در پرسشنامه و لحاظ معیارهای خروج، ۱۹۳ نفر گروه اول، ۱۳۲ نفر گروه دوم و ۱۱۴ نفر از گروه سوم وارد مطالعه شدند. تعیین تیزی بینی چشم با Snellen Chart، کوررنگی ارثی با صفحات Ishihara و کوررنگی اکتسابی با Lanthony D-15 انجام گرفت. غلظت ترکیبات BTEX با استاندارد NIOSH 1501 تعیین گردید.

یافته‌ها: میزان کوررنگی اکتسابی در گروه اول ۶/۷۴ درصد، گروه دوم ۱/۵۱ درصد و در گروه سوم صفر تعیین شد. شاخص اختلال رنگ در گروه اول نسبت به گروه دوم بالاتر بود ($p=0/006$). آنالیز رگرسیون لجستیک نشان داد بین شاخص اختلال رنگ و مواجهه با حلال‌های BTEX، سن، سابقه کار و مصرف سیگار ارتباط معناداری وجود دارد ($p<0/05$).

نتیجه‌گیری: مواجهه شغلی مزم کارگران با غلظت‌های مختلف حلال‌های BTEX در ایستگاه‌های پمپ بنزین می‌تواند منجر به ابتلا به کوررنگی اکتسابی در این افراد گردد.

کلیدواژه‌ها: مواجهه شغلی، ترکیبات BTEX، کوررنگی اکتسابی، پمپ بنزین.

مقدمه

فزاینده‌ای در واحدهای صنعتی از قبیل: نفت، پتروشیمی، رنگ‌سازی، صنایع چوب، خشک‌شوئی، چاپ، صنایع فلزی، صنایع ساختمانی، کشاورزی و غیره کاربرد دارند. به‌طور خاص نوع آروماتیک حلال‌های آلی به‌واسطه تبخیر بالائی که دارند خیلی سریع در محیط منتشر و پس از مواجهه تنفسی وارد بدن کارگران می‌شوند. ازجمله مهم‌ترین ترکیبات سمی نفتی، ترکیبات آلی فرار مانند: بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلین هستند که تحت عنوان حلال‌های BTEX (Ethyl benzene, Xylene Benzene, Toluene,) نامیده می‌شوند [۴]. این حلال‌ها همگی سموم عصبی و تحریک‌کننده قوی هستند. آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC - International Agency for

فرآورده‌های نفتی شامل صدها هیدروکربن آلی فرار کوتاه، سبک و سنگین زنجیر می‌باشند. بنزین مخلوط شیمیایی پیچیده‌ای است که به‌طور بالقوه از بیش از ۱۰۰۰ ماده تشکیل شده است. هیدروکربن‌های موجود در بنزین شامل ۷۰-۶۰ درصد آلکان‌ها، ۳۰-۲۵ درصد مواد آروماتیک و ۱۰-۵ درصد آلکن‌ها می‌باشند. علی‌رغم تنوع زیاد حلال‌های آلی، تنها تعداد معدودی از آن‌ها به‌عنوان ترکیبات سمی برای انسان تعیین شده‌اند [۱ و ۲]. حلال‌های آلی عمدتاً در دمای هوا فرار بوده و تمایل دارند به بافت‌های چربی نظیر مغز و میلین بچسبند. بنابراین این خصوصیت حلال‌ها، آن‌ها را برای سلامتی خطرناک کرده است [۳]. حلال‌های آلی به‌طور

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

۲- دانشیار، گروه طب کار، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

۳- (نویسنده مسئول) دانشیار، مرکز تحقیقات آلودگی هوا، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران. yarahmadi.r@iums.ac.ir

۴- مربی، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

کوررنگی در فعالیت‌های شغلی و روزمره افراد اثرات منفی داشته و منجر به کاهش بازدهی و کارایی آن‌ها می‌شود [۲۳]. کوررنگی می‌تواند به صورت ارثی (وابسته به کروموزوم X) در هر دو چشم و در ناحیه سبز-قرمز طیف نور مرئی [۲۴] و یا به صورت اکتسابی معمولاً در یک چشم و بیشتر در ناحیه آبی-زرد (علاوه بر ناحیه سبز-قرمز) طیف نور مرئی نمایان گردد [۲۵]. بر طبق مطالعات اپیدمیولوژیک شیوع کوررنگی ارثی در مردان ۸ درصد و در زنان حدود ۵٪ درصد می‌باشد. این در حالی است که کوررنگی اکتسابی حدود ۱۵-۵ درصد جمعیت را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۲۵]. کوررنگی اکتسابی به‌عنوان یکی از شاخص‌های اولیه نورو توکسیک مواجهه شغلی با حلال‌های آلی گزارش شده است [۲۶ و ۲۲ و ۶]. در صورت عدم تشخیص به موقع و پیشرفت بیماری به دنبال مواجهه مزمن با نورو توکسین‌های شغلی، کوررنگی اکتسابی می‌تواند موجب بروز اختلالات پیشرفته سیستم عصبی شود [۲۷]. حدود ۳۰-۲۰ درصد بیماران مبتلا به کوررنگی اکتسابی در مراحل اولیه این بیماری از هر گونه نقصان دید رنگی در چشم‌های خود آگاهی ندارند. این عارضه در مراحل اولیه به صورت تحت بالینی با استفاده از تست‌های بینائی سنجی مناسب مانند Lanthony D-15 قابل تشخیص می‌باشد [۲۸]. تست Lanthony D-15 می‌تواند انواع کوررنگی اکتسابی نظیر PROTAN، DEUTAN، TRITAN و فرم ترکیبی آن‌ها را با حساسیت و دقت بالا نشان دهد. آژانس مواد سمی و ثبت بیماری ایالات متحده آمریکا این تست را به‌عنوان جزء مهم بررسی دامنه حسی بینائی در پایش و نظارت کارگران مواجهه یافته با حلال‌های آلی پیشنهاد می‌نماید [۶]. هدف این مطالعه بررسی اثرات نورو توکسیک مربوط به مواجهه مزمن شغلی با حلال‌های BTEX روی کوررنگی اکتسابی در کارگر پمپ بنزین، کارگران خدماتی-تعمیراتی و کارکنان اداری پمپ‌های بنزین ۵ ناحیه جغرافیائی شهر تهران می‌باشد.

Research on Cancer)، به ترتیب بنزن را در گروه A و کلاس ۱ (ماده قطعاً سرطان‌زا)، تولوئن را در گروه C و کلاس ۳ (ماده سرطان‌زا برای انسان طبقه‌بندی نشده است)، اتیل بنزن را در گروه B و کلاس ۲b (ماده‌ای که می‌تواند برای انسان سرطان‌زا باشد) و زایلن را در گروه C و کلاس ۳ (ماده سرطان‌زا برای انسان طبقه‌بندی نشده است)، تقسیم‌بندی کرده است [۵]. آژانس حفاظت محیط زیست (EPA) و آژانس مواد سمی و ثبت بیماری ایالات متحده آمریکا (ATSDR) مهم‌ترین اثرات سم‌شناسی مواجهه با حلال‌های BTEX را سرطان خون، سرطان ریه، اختلالات عصبی، تاری دید، تنگی نفس، تحریک سیستم تنفس فوقانی و غیره اعلام کرده‌اند [۹-۶]. اثرات مواجهه مزمن با حلال‌های آلی شامل دامنه وسیعی از نقص دید رنگی تا آنسفالوپاتی سمی مزمن می‌باشد. مطالعات مختلف گذشته نشان می‌دهد که این اختلالات در مراحل اولیه برگشت‌پذیر بوده و با پیشرفت آن غیرقابل برگشت می‌باشند [۱۲-۱۰]. مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH) برآورد کرده است که حدود ۹٫۸ میلیون کارگر آمریکائی از نیمه اول دهه ۱۹۷۰ و دهه ۱۹۸۰ و حدود ۴۰۰٫۰۰۰ کارگر دانمارکی به صورت روزانه با حلال‌های آلی مواجهه دارند [۱۳]. شواهد حاکی از آن است که مواجهه شغلی هم‌زمان با مخلوط حلال‌های تولوئن و زایلن دارای اثر تقویتی (سینرژیک) بوده و یکی از اثرات مهم آن کوررنگی در افراد مواجهه یافته می‌باشد [۱۴]. برخی مطالعات به‌طور ویژه مواجهه شغلی کوتاه یا بلند مدت را با یک نوع حلال آلی و اثرات آن روی دید رنگ بررسی کرده‌اند [۱۵-۱۸]. برخی دیگر از این مطالعات به مواجهه شغلی با مخلوط حلال‌های آلی و همچنین اثرات آن‌ها روی دید رنگ پرداخته‌اند [۲۲-۱۹]. مواجهه شغلی کارگران با حلال‌های آلی موجب تغییرات عمده کاهشی درک رنگ در سیستم بینائی آن‌ها می‌شود.

1. Environmental Protection Agency

2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry

3. National Institute for Occupational Safety and Health

روش بررسی

افراد تحت مطالعه: این مطالعه یک مطالعه مقطعی-تحلیلی می‌باشد که در ۱۵ پمپ بنزین شهر تهران در سال ۲۰۱۷ انجام گرفته است. همه افراد تحت مطالعه دارای جنسیت مذکر بوده و به‌صورت داوطلبانه بعد از امضای فرم تعهدنامه اخلاقی دو جانبه (میان فرد تحت بررسی و دانشگاه علوم پزشکی ایران) تحت بررسی قرار گرفتند. همه اطلاعات مورد نیاز این مطالعه از قبیل مشخصات دموگرافیک، سوابق شغلی، سوابق شخصی، خانوادگی و پزشکی از طریق مصاحبه مستقیم با شرکت کنندگان و بررسی پرونده معاینات سلامت شغلی آنان در پرسشنامه استاندارد ثبت گردید.

معیارهای خروج از طرح شامل: سن زیر ۴۰ سال، سابقه کار کمتر از ۱ سال، ابتلا به بیماریهای چشمی (مانند گلوکوم، کاتاراکت، کدورت و دیستروفی قرنیه و غیره)، بیماری فشارخون، بیماری دیابت، بیماریهای قلبی-عروقی، سابقه مصرف داروهای نوروکسیک (مانند اتامبوتول، فنی توئین، کلروکین و غیره) برای مدت بیش از ۶ ماه، ابتلا به اختلالات سیستم عصبی (مانند آلزایمر، پارکینسون، M.S و غیره)، حدت بینائی کمتر از ۶/ در هر چشم با اصلاح عیوب انکساری تأیید شده با Snellen chart، ابتلا به اختلال کوررنگی مادرزادی تأیید شده با صفحات تست Ishihara، سابقه ترومای شدید به سر، مصرف الکل و سابقه مواجهه افراد با حلال‌های آلی در مشاغل قبلی بود [۸]. پس از تکمیل پرسشنامه توسط فرد شاغل و با نظارت کارشناس بهداشت حرفه‌ای، معاینات پزشکی توسط پزشک متخصص طب کار و معاینات بینائی سنجی شامل تعیین حدت بینائی و تعیین کوررنگی ارثی توسط اپتومتریست انجام گردید. افراد تحت مطالعه در ۱۵ پمپ بنزین از ۵ ناحیه جغرافیائی (شمال، جنوب، شرق، غرب و مرکز) شهر تهران شامل: تعداد ۲۸۹ نفر کارگر پمپ بنزین به‌عنوان گروه تحت مواجهه، تعداد ۲۰۱ نفر کارگران خدماتی-تعمیراتی به‌عنوان گروه کم مواجهه و تعداد ۱۹۰ نفر کارکنان اداری به‌عنوان گروه بدون مواجهه بودند.

ارزیابی کوررنگی اکتسابی: پس از تکمیل پرسشنامه و خروج برخی از شرکت کنندگان از مطالعه، برای واجدین شرایط باقیمانده معاینات بینائی سنجی شامل بررسی شبکیه چشم با دستگاه آفتالموسکوپ جهت تعیین بیماریهای چشمی، میزان حدت بینائی با استفاده از Snellen chart و کوررنگی ارثی با استفاده از Ishihara plate Test مورد بررسی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که همه معاینات بینائی سنجی به‌صورت تک چشمی و با بهترین اصلاح عیوب انکساری برای افراد تحت مطالعه انجام شده است.

برای تعیین میزان حدت بینائی، Snellen chart در فاصله ۲۰ فوتی از شخص مورد آزمایش قرار گرفت. در واقع تیزبینی نسبت فاصله شخص مورد آزمایش (x فوت) در تشخیص حروف طراحی شده هر ردیف از Snellen chart به فاصله شخص نرمال (۲۰ فوت) و تشخیص کوچکترین حروف چارت می‌باشد [۲۴].

برای تعیین میزان کوررنگی ارثی از کتابچه Ishihara plate Test با صفحات ۳۸ تائی استفاده شده است. چنانچه افراد تحت مطالعه بیش از ۳ خطا در تشخیص اعداد نوشته شده در این صفحات را داشتند به‌عنوان افراد کوررنگ در ناحیه سبز-قرمز طیف نور مرئی تشخیص داده می‌شدند. زمان لازم برای پاسخگویی هر صفحه حدود ۳ ثانیه در نظر گرفته شد. معاینه کلیه افراد با Ishihara plate Test با صفحات سالم و بدون شکستگی، در اتاق با شدت روشنائی مشابه نور روز، به‌صورت تک چشمی انجام و فاصله ۷۵ سانتی متری صفحات تست تا چشم افراد رعایت شده است [۲۹].

در این مطالعه ارزیابی کوررنگی اکتسابی ناشی از مواجهه شغلی مزمن افراد با حلال‌های BTEX با Lanthony D-15 desaturated panel test مورد بررسی قرار گرفت [۲۵]. Lanthony D-15 یکی از انواع تست‌های تمایزی به‌صورت مجموعه واحد شامل چیش ۱۵ مهره رنگی به دنبال یک مهره ثابت به‌عنوان راهنما بوده که پس از توضیح توسط اپتومتریست به‌صورت تک چشمی با بهترین شرایط اصلاح عیوب

در محور سبز- قرمز، نوع دوم اختلال در محور سبز- قرمز و زرد- آبی، نوع سوم اختلال در محور زرد- آبی و نوع چهارم اختلال طبقه‌بندی نشده تقسیم‌بندی گردید. معیار تشخیص کوررنگی اکتسابی در بررسی کمی این تست، عدد شاخص اختلال رنگ (CCI) بود. این عدد نسبت مجموع فاصله مهره های چینش شده توسط معاینه شونده به مجموع فاصله چینش استاندارد مهره ها می‌باشد. در صورت چینش صحیح مهره ها عدد ۱ و در صورت اختلاف در چینش عددی بیش از ۱ بدست می‌آید. هر چه عدد بدست آمده اختلاف بیشتری با ۱ داشته باشد یعنی شدت کوررنگی اکتسابی بالاتر است [۸].

از آنجاکه بررسی کیفی به تنهایی نمی‌تواند در ارزشیابی کوررنگی در مراحل اولیه و تحت بالینی آن تعیین کننده باشد بنابراین در این مطالعه بررسی نتایج هم به صورت کیفی و هم به صورت کمی مورد ارزشیابی قرار گرفت [۲۰].

ارزیابی مواجهه: در این مطالعه برای سنجش حلال‌های BTEX از روش استاندارد NIOSH 1501 استفاده گردید.

کالیبراسیون وسایل: قبل از شروع و بعد از نمونه برداری پمپ نمونه برداری هوا و دستگاه تجزیه کننده گاز کروماتوگرافی قبل از تعیین غلظت حلال‌های اندازه گیری شده هم به صورت کیفی و هم به صورت کمی کالیبره گردید.

نمونه برداری ترکیبات BTEX: نمونه برداری از حلال‌های BTEX، در ۳۰ ایستگاه کاری مربوط به ۱۵ پمپ بنزین تحت بررسی، توسط ۲ نفر کارشناس بهداشت حرفه ای طراحی و انجام شد. تعداد ایستگاه های مورد سنجش با توجه به اهداف نمونه برداری، میانگین زمانی مواجهه^۵، تعداد شیفت های کاری (۳ شیفت)، غلظت و نحوه انتشار حلال‌های BTEX با توجه به مصادف شدن زمان نمونه برداری با فصل پائیز تعیین گردید. عملیات نمونه برداری توسط پمپ نمونه

انکساری چشم توسط معاینه شونده مرتب می‌شد. این تست رایجترین تست تشخیص کوررنگی اکتسابی در موقعیتهای شغلی بوده که نسبت به سایر تست های تشخیصی دارای مزیت های فراوان از قبیل؛ حساسیت بالای تشخیص در مرحله تحت بالینی به واسطه کاربرد رنگهای اشباع شده در ساختار مهره های آن، بیان کمی نتایج و فراهم نمودن امکان مقایسه نتایج در افراد مواجهه یافته، فراهم نمودن امکان بررسی مطالعات دوز- اثر، کارکرد ساده برای شرکت کنندگان و صرفه جویی در زمان جهت پاسخگویی و قابلیت حمل و آنالیز آسان آن برای اپتومتریست می‌باشد. در این مطالعه جهت جلوگیری از اثرات حاد ناشی از مواجهه با حلال‌های BTEX، انجام تست در ابتدای شیفت های کاری برای واجدین شرایط انجام گرفت. روشنائی استاندارد محل انجام تست، با استفاده از لامپ های فلورسنت با شدت روشنائی ۱۲۰۰ لوکس و با دمای رنگ ۵۰۰۰ درجه کلوین روی سطح کار بدون ایجاد خیرگی و سایه های مزاحم فراهم شد [۲۰]. جهت جلوگیری از اثر نور دستگاه افتالموسکوپ در چشم معاینه شوندهگان و احتمالاً تأثیر آن روی قضاوت افراد در مرتب سازی و چینش مهره ها انجام تست Lanthony D-15 با تاخیر انجام گرفت. محدودیت زمانی در چینش مهره ها برای شرکت کنندگان اعمال نشد ولی میانگین زمانی از ۴۵ ثانیه تا ۲/۵ دقیقه ثبت گردید. اپتومتریست همه معاینه شوندهگان را به یک شیوه معاینه کرده و هیچ گونه اطلاعی از اسامی آنها طی مراحل معاینه، آنالیز و بررسی فرم های بینائی سنجی و محاسبه شاخص CCI^۴ و غیره نداشت.

نتایج نهائی تست Lanthony D-15 را می‌توان به دو صورت کیفی و کمی مورد بررسی قرار داد. معیار تشخیص کوررنگی اکتسابی در بررسی کیفی این تست، جایگذاری نادرست ۲ مهره یا بیشتر بود. بسته به اینکه اشتباه در کدام محور طیف دید رنگی اتفاق افتاده باشد کوررنگی اکتسابی به چهار نوع شامل: نوع اول اختلال

⁵ . Time-Weighted Average (TWA)

⁴ . Color Confusion Index

حلال‌های بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلین (BTEX) مد نظر بود بنابراین به‌واسطه اثرات سم‌شناسی مشابه‌ای که حلال‌های این مخلوط داشتند بایستی اثرات تجمعی ناشی از مواجهه هم‌زمان آن‌ها بر اعضای بدن مورد بررسی قرار می‌گرفت. برای محاسبه غلظت معادل مواجهه شغلی با این مخلوط از فرمول محاسباتی زیر استفاده گردید. چنانچه عدد بدست آمده از این فرمول بیش از یک باشد یعنی مواجهه شغلی با این مخلوط بیش از حد مجاز می‌باشد.

$$Em = \frac{C1}{L1} + \frac{C2}{L2} + \dots + \frac{Cn}{Ln} \leq 1$$

Em: غلظت معادل مواجهه، بر حسب واحد PPM
C: غلظت هر کدام از حلال‌های BTEX به تفکیک در هوای محیط کار، بر حسب واحد PPM
L: حد آستانه مجاز مواجهه شغلی هر کدام از حلال‌های BTEX به تفکیک، بر حسب واحد PPM

تجزیه و تحلیل آماری: در این مطالعه جهت مقایسه متغیرهای کیفی از آزمون Fisher's Exact Test و جهت مقایسه متغیرهای کمی از آزمون One-Way ANOVA استفاده شد. جهت بررسی ارتباط دقیق بین مقدار مواجهه با مخلوط حلال‌های BTEX و میزان کوررنگی اکتسابی در افراد تحت مطالعه، آنالیز Regression logistic مورد استفاده قرار گرفت. همه نتایج ذکر شده با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ استخراج گردید.

یافته‌ها

در این مطالعه تعداد ۶۸۰ نفر از ۳ گروه کارکنان شاغل (۲۸۹ نفر کارگر پمپ بنزین، ۲۰۱ نفر خدماتی-تعمیراتی و ۱۹۰ نفر اداری) در ۱۵ پمپ بنزین بزرگ شهر تهران مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از لحاظ کردن معیارهای خروج از طرح با مصاحبه مستقیم، معاینه عمومی سلامتی، بررسی مستندات پرونده سلامت شغلی افراد و پرسشنامه استاندارد تعداد ۲۰۱ نفر (۸۰ نفر

برداری فردی (13030-SKC-SP000) با فلوی ۲/۰ لیتر بر دقیقه به روش مدار فعال و با استفاده از نمونه بردار لوله جاذب سطحی جامد حاوی زغال فعال با حجم هوای نمونه برداری ۸ لیتر و برای مدت ۴۰ دقیقه در هر ایستگاه کاری صورت گرفت. لازم به ذکر است که حجم هوای نمونه برداری شده، فلوی پمپ، فشار هوا، غلظت حلال‌ها، رطوبت و دما در طول مدت نمونه برداری تحت کنترل بوده زیرا افزایش هر کدام از این پارامترها در طول نمونه برداری سبب بوجود آمدن پدیده ترک آلاینده^۶ در جاذب‌های سطحی و مخدوش شدن نمونه‌ها می‌شوند. بعد از انجام عملیات نمونه برداری، نمونه‌های تهیه شده در هر جایگاه با رعایت نگهداری آن‌ها در دمای حدود ۴ درجه سانتیگراد جهت جلوگیری از بروز پدیده مهاجرت^۷ حلالها از جاذب‌های سطحی به آزمایشگاه منتقل شدند.

علاوه بر ۳۰ نمونه گرفته شده، معادل ۱۰ درصد کل آن‌ها (تقریباً ۳ نمونه) به‌عنوان نمونه شاهد جهت فراهم کردن افزایش قابلیت اطمینان تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌ها جمع‌آوری گردید [۲۹].

آماده‌سازی نمونه‌ها: محتوای بخش‌های جلویی و عقبی لوله‌های جاذب سطحی تخلیه شد و هر کدام به‌صورت جداگانه با مقدار ۱/۱ میلی لیتر حلال دی سولفید کربن^۸ مخلوط شدند.

اندازه‌گیری ترکیبات BTEX: تزریق نمونه به دستگاه گاز کروماتوگرافی با آشکار ساز شعله‌ای-یونی^۹ صورت گرفت و نمونه‌ها بر حسب جرم (معمولاً mg) تعیین مقدار شدند. لازم به ذکر است در این مرحله جداسازی با استفاده از ۱ میلی لیتر دی سولفید کربن انجام شد.

آنالیز نمونه‌ها: تعیین و محاسبه غلظت حلال‌های BTEX بر حسب mg/m^3 انجام گرفت. از آنجا که در مطالعه حاضر مواجهه هم‌زمان کارگران با مخلوط

6. Break Through

7. Migration

8. CS₂

9. GC-FID

جدول ۱- مقایسه گروه های مختلف مطالعه از لحاظ سن، سابقه کار، قد، وزن، BMI و مصرف سیگار

ردیف	عنوان متغیر	پارامترها	گروه های تحت مطالعه		
			مواجهه	کم مواجهه	بدون مواجهه
			(تعداد=۱۹۳، ۴۲/۹۶٪)	(تعداد=۱۳۲، ۳۰/۷٪)	(تعداد=۱۱۴، ۲۵/۹۷٪)
۱	سن (سال)	میانگین انحراف معیار	۴۵/۷۹ ۵/۰۸۵	۴۶/۰۱ ۵/۵۵۳	۴۶/۳۵ ۶/۱۲۱
۲	سابقه کار (سال)	میانگین انحراف معیار	۸/۲۳ ۵/۵۶۲	۸/۱۹ ۷/۰۴۶	۸/۷۴ ۷/۴۰۹
۳	قد (متر)	میانگین انحراف معیار	۱/۷۳۶۹ ۷/۱۷۳	۱/۷۴۲۹ ۷/۲۲۲۹	۱/۷۳۹۶ ۷/۵۵۸۹
۴	وزن (کیلوگرم)	میانگین انحراف معیار	۷۷/۱۵ ۱۰/۷۹۷	۷۵/۳۴ ۱۳/۶۱۷	۷۵/۵۰ ۱۱/۶۹۴
۵	BMI (kg/m ²)	میانگین انحراف معیار	۲۵/۵۵۴۳ ۲/۸۸۰۲۴	۲۴/۷۱۹۸ ۳/۸۸۱۵۹	۲۵/۲۹۳۰ ۳/۷۶۴۱۵
۶	مصرف سیگار (جعبه در سال)	میانگین انحراف معیار	۱۰/۱۳ ۵/۴۵۷	۱۲/۲۵ ۳/۱۲۴	۹/۱۲ ۳/۷۳۱

*آزمون آماری مورد استفاده One-Way ANOVA بوده است. ** آزمون آماری مورد استفاده Kruskal-Wallis test بوده است

جدول ۲- نتایج سنجش غلظت حلالهای BTEX، به تفکیک گروه های تحت مواجهه در ۵ ناحیه و ۱۵ پمپ بنزین منتخب شهر تهران

غلظت معادل	غلظت حلال های BTEX بر حسب PPM				گروه های تحت مواجهه	شماره جایگاه	ناحیه جغرافیایی
	زایلین TLV=100 PPM	اتیل بنزن TLV=20 PPM	تولون TLV=20 PPM	بنزن TLV*=۰/۵ PPM			
مواجهه (PPM)							
۰/۵۶	۰/۱۱۱	۰/۰۳۵	۰/۲۱۳	۰/۲۶۴	کارگر پمپ بنزین	شمال	۱
۰/۴۳	۰/۰۸۷	۰/۰۱۹	۰/۱۲۷	۰/۲۱۲	خدماتی - تعمیراتی		
۰/۶۶	۰/۱۲۲	۰/۰۴۸	۰/۱۸۴	۰/۳۲۵	کارگر پمپ بنزین		
۰/۳۳	۰/۰۸۷	۰/۰۴۶	۰/۱۳۸	۰/۱۶۱	خدماتی - تعمیراتی		
۰/۴۶	۰/۱۲	۰/۰۳۷	۰/۱۹۳	۰/۲۲۵	کارگر پمپ بنزین		
۰/۴۳	۰/۱۲۴	۰/۰۳۵	۰/۱۵۷	۰/۲۱۱	خدماتی - تعمیراتی		
۱/۰۳	۰/۱۴۳	۰/۰۴۶	۰/۲۲۲	۰/۵۱	کارگر پمپ بنزین		
۰/۹۸	۰/۱۴۳	۰/۰۴۳	۰/۱۶۶	۰/۴۷۳	خدماتی - تعمیراتی		
۰/۹۶	۰/۱۶۵	۰/۰۵۵	۰/۱۶۴	۰/۴۷۳	کارگر پمپ بنزین		
۰/۸۲	۰/۰۶۵	۰/۰۳۲	۰/۱۲۷	۰/۴۰۵	خدماتی - تعمیراتی		
۰/۹۶	۰/۱۸۸	۰/۰۵۴	۰/۱۷۸	۰/۴۷۴	کارگر پمپ بنزین		
۰/۷۵	۰/۱۵۲	۰/۰۳۶	۰/۱۹۲	۰/۳۷۱	خدماتی - تعمیراتی	شرق	۶
۰/۷۱	۰/۱۴۲	۰/۰۳۹	۰/۲۶۵	۰/۳۴۵	کارگر پمپ بنزین		
۰/۶۸	۰/۱۲۷	۰/۰۳۱	۰/۲۴۹	۰/۳۳۴	خدماتی - تعمیراتی		
۰/۹۵	۰/۱۶	۰/۰۵۸	۰/۱۸۵	۰/۴۷	کارگر پمپ بنزین	۷	۸
۰/۷۷	۰/۱۱۳	۰/۰۳۷	۰/۱۵۶	۰/۳۷۹	خدماتی - تعمیراتی		
۰/۹۴	۰/۱۷۴	۰/۰۳۶	۰/۲۲۵	۰/۴۶۳	کارگر پمپ بنزین		
۰/۸۴	۰/۱۳۳	۰/۰۴۱	۰/۱۶۶	۰/۴۱۵	خدماتی - تعمیراتی	۹	

تحصیلی افراد تحت مطالعه شامل ۲۱۹ نفر زیر دیپلم (۴۹/۹ درصد)، ۱۹۲ نفر دیپلم (۴۳/۷ درصد)، ۱۷ نفر فوق دیپلم (۳/۹ درصد)، ۹ نفر لیسانس (۲/۱ درصد) و ۲ نفر فوق لیسانس (۰/۵ درصد) بودند. بیشترین سطح تحصیلات در گروه های مواجهه (۱۳۲ نفر) و بدون مواجهه (۵۲ نفر) زیر دیپلم و در گروه کم مواجهه (۸۵ نفر) دیپلم بود. ۸۶ نفر از افراد (۱۹/۶ درصد) دارای مصرف سیگار و ۳۵۳ نفر (۸۰/۴ درصد) از آن ها فاقد

کارگر پمپ بنزین، ۵۶ نفر خدماتی-تعمیراتی و ۶۵ نفر اداری) و با انجام معاینات بینائی سنجی شامل تست های حدت بینائی کم تر از ۰/۶، تعداد ۸ نفر (۴ نفر کارگر پمپ بنزین، ۳ نفر خدماتی-تعمیراتی و ۱ نفر اداری) و کوررنگی ارثی تعداد ۳۲ نفر (۱۲ نفر کارگر پمپ بنزین، ۱۰ نفر خدماتی-تعمیراتی و ۱۰ نفر اداری) از مطالعه خارج شدند. به طور کلی تعداد ۴۳۹ نفر از کارکنان این پمپ بنزین ها وارد مطالعه شدند. سطح

ادامه جدول ۲

۸۳	۱۴۱	۰۵۱	۱۸۵	۴۱	کارگر پمپ بنزین	
۵۴	۱۲۳	۰۲۱	۱۲۵	۲۶۵	خدماتی - تعمیراتی	۱۰
۸۴	۰۹۵	۰۴۶	۲۷۸	۴۱۲	کارگر پمپ بنزین	غرب
۷۲	۰۷۷	۰۳۵	۲۶۱	۳۵۵	خدماتی - تعمیراتی	۱۱
۸۸	۱۲۵	۰۵۹	۲۷۷	۴۲۹	کارگر پمپ بنزین	
۶۱	۱۱۱	۰۵۵	۱۹۱	۲۹۷	خدماتی - تعمیراتی	۱۲
۱۰۷	۱۶۵	۰۴۸	۱۸۵	۵۳۱	کارگر پمپ بنزین	
۹۷	۱۴	۰۳۹	۱۶۲	۴۸۲	خدماتی - تعمیراتی	۱۳
۱۰۱	۱۶۳	۰۵۴	۱۵۵	۵۰۱	کارگر پمپ بنزین	مرکز
۶۸	۱۲۸	۰۴۹	۱۲۸	۲۳۴	خدماتی - تعمیراتی	۱۴
۱۰۲	۱۴۲	۰۸۳	۲	۵۰۱	کارگر پمپ بنزین	
۸۵	۱۲۶	۰۴۲	۱۹۳	۴۱۷	خدماتی - تعمیراتی	۱۵

*حدود استاندارد مواجهه در این مطالعه بر اساس حد مواجهه شغلی (OEL) مورد تأیید کشور ایران می باشد. لازم به ذکر است این استاندارد نسبت به سایر استانداردهای بین المللی نظیر OSHA, ACGIH و NIOSH سخت گیرانه تر می باشد.

جدول ۲، نتایج مربوط به سنجش غلظت حلال‌های BTEX در ۱۵ پمپ بنزین منتخب مربوط به ۵ ناحیه جغرافیائی شهر تهران را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود غلظت حلال‌های تولوئن، اتیل بنزن و زایلن در همه ایستگاه‌های مورد سنجش در حد آستانه مجاز گزارش گردید. غلظت بنزن در پمپ بنزین شماره ۴ ناحیه جنوب و پمپ بنزین‌های شماره ۱۵ و ۱۴، ۱۳ ناحیه مرکز شهر بیش از حد آستانه مجاز بوده و بالطبع غلظت معادل مواجهه با مخلوط حلال‌های BTEX در این نواحی بیش از ۱ بود. گروه اول با غلظت بیش از حد آستانه مجاز بنزن در پمپ بنزین‌های شماره ۴، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ مواجهه داشتند. بالاترین میزان غلظت معادل مواجهه (۱/۰۷) در پمپ بنزین شماره ۱۳ ناحیه مرکز و

مصرف بودند. جدول ۱، مقایسه گروه‌های مختلف تحت مطالعه را از لحاظ ویژگی‌های دموگرافیک نظیر سن، سابقه کار، قد، وزن، BMI و مصرف سیگار بیان می‌کند. با استفاده از آزمون آماری One-Way ANOVA نشان داده شد که میان متغیرهای سن، سابقه کار، قد و وزن با گروه‌های تحت مطالعه هیچ گونه رابطه معنی داری وجود ندارد ($P > 0.05$). با انجام تست One-Way ANOVA مشخص گردید میان مصرف سیگار و BMI در گروه‌های تحت مطالعه رابطه معنی دار وجود دارد ($P < 0.05$). برای تعیین اختلاف میانگین میان مصرف سیگار و BMI بین گروه‌های تحت مطالعه از آزمون تعقیبی Tukey HSD استفاده شد. این آزمون نشان داد اختلاف میانگین بین مصرف سیگار با گروه‌های بدون مواجهه و کم مواجهه وجود داشته و در خصوص BMI این اختلاف ناشی از تفاوت بین گروه‌های مواجهه و کم مواجهه می‌باشد. از آنجا که در استفاد از این آزمون دوباره رابطه معنی داری بین مصرف سیگار و BMI در گروه‌های تحت مطالعه مشاهده شد ($P < 0.05$) یعنی شرط نرمال بودن توزیع داده‌ها و برابری واریانس گروه‌ها برقرار نیست. لذا برای تعیین نتیجه قطعی از آزمون غیر پارامتریک Kruskal-Wallis test استفاده گردید و مشاهده شد که میان مصرف سیگار و BMI با گروه‌های تحت مطالعه رابطه معنی دار وجود دارد ($P < 0.05$).

جدول ۳- فراوانی ابتلا به کوررنگی اکتسابی بر اساس ۵ جهت جغرافیایی شهر تهران در سال ۲۰۱۷

جمع	ابتلا به کوررنگی اکتسابی		جهت جغرافیایی
	عدم ابتلا (درصد) فراوانی	ابتلا (درصد) فراوانی	
۸۹(۱۰۰٪)	۸۹(۱۰۰٪)	۰(۰٪)	شمال
۱۰۰(۱۰۰٪)	۹۴(۹۴٪)	۶(۶٪)	جنوب
۸۴(۱۰۰٪)	۸۲(۹۷/۶٪)	۲(۲/۴٪)	شرق
۸۲(۱۰۰٪)	۸۱(۹۸/۸٪)	۱(۱/۲٪)	غرب
۸۴(۱۰۰٪)	۷۸(۹۲/۹٪)	۶(۷/۱٪)	مرکز
	P=۰/۰۲۴		آزمون آماری*

*آزمون آماری مورد استفاده آزمون Fisher's Exact Test بوده است.

جدول ۴- فراوانی کوررنگی اکتسابی بر حسب انواع آن و مقدار CCI به تفکیک سه گروه تحت مطالعه

فراوانی در گروه‌های تحت مطالعه			انواع کوررنگی اکتسابی
بدون مواجهه (تعداد-درصد)	کم مواجهه (تعداد-درصد)	مواجهه (تعداد-درصد)	
-	-	۱-۰/۵۲	نوع اول
-	-	۲-۱/۰۳۶	نوع دوم
-	۲-۱/۵۱	۱۰-۵/۱۸	نوع سوم
-	-	-	نوع چهارم
-	۲-۱/۵۱	۱۳-۶/۷۴	جمع*
۱	۱/۰۳	۱/۱۲	میانگین
۰	۰/۲۵	۰/۴۷	انحراف معیار

**CCI
(F=۵/۲۱, P=۰/۰۶)

* آزمون آماری مورد استفاده Fisher's Exact Test بوده است (P<۰/۰۵).

**آزمون آماری مورد استفاده One-Way ANOVA بوده است (P<۰/۰۵).

جدول ۵- تعیین ارتباط بین متغیرهای مورد مطالعه و مقدار CCI

ردیف	عنوان متغیر	B	SE	OR	CI 95%		P*
					حداقل	حداکثر	
۱	غلظت معادل مواجهه (E _m)	۱۰/۸۱۴	۳/۳۶۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	P<۰/۰۰۱
۲	سن	۰/۱۹۴	۰/۰۴۲	۰/۸۳۴	۰/۷۵۹	۰/۸۹۴	P<۰/۰۰۱
۳	سابقه کار	۰/۱۰۱	۰/۰۳۲	۰/۹۰۴	۰/۸۴۹	۰/۹۶۲	P<۰/۰۰۱
۴	مصرف سیگار	۱/۵۹۲	۰/۵۳۲	۰/۲۰۳	۰/۰۷۲	۰/۵۷۸	P<۰/۰۰۳

* آزمون آماری مورد استفاده Regression logistic بوده است.

CCI به تفکیک گروه‌های مختلف در جدول شماره ۴ نشان داده شده است. جدول شماره ۴ نشان می‌دهد که براساس آزمون‌های آماری میزان شیوع انواع کوررنگی اکتسابی در گروه مواجهه نسبت به سایر گروه‌ها به‌طور کاملاً معنی‌داری بالاتر بود (P<۰/۰۵). در گروه مواجهه ۱۳ نفر و در گروه کم مواجهه ۲ نفر مبتلا به انواع کوررنگی اکتسابی بودند. بیشترین نوع ابتلا در گروه‌های مواجهه و کم مواجهه، کوررنگی اکتسابی از نوع سوم (اختلال در محور زرد- آبی طیف دید رنگی) می‌باشد. در گروه بدون مواجهه هیچ نوع کوررنگی اکتسابی دیده نشد. در هیچ کدام از گروه‌های تحت مطالعه کوررنگی اکتسابی از نوع چهارم مشاهده نشد. با استفاده از آزمون آماری One-Way ANOVA میانگین CCI همه کارگران تحت بررسی برابر ۱/۰۵ (۱-۳/۳۲) و مقدار آن به‌طور معنی‌داری در گروه مواجهه نسبت به بقیه گروه‌ها بالاتر بود (P<۰/۰۵).

کمترین مقدار غلظت معادل مواجهه (۰/۳۳) در پمپ بنزین شماره ۲ ناحیه شمال مشخص شد. جدول ۳ نتایج فراوانی کوررنگی اکتسابی در پمپ بنزین‌های شهر تهران را بر اساس جهت‌های جغرافیائی نشان می‌دهد. شمال شهر فاقد ابتلا به کوررنگی اکتسابی و جهت‌های جنوب و مرکز شهر دارای بالاترین فراوانی و درصد ابتلا به این بیماری بودند. با انجام آزمون آماری Fisher's Exact Test مشخص گردید که میان ابتلا به کوررنگی اکتسابی و ۵ جهت جغرافیائی مورد مطالعه رابطه معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). بررسی کوررنگی اکتسابی با تست Lanthony D-15 در گروه‌های تحت مطالعه نشان داد که تعداد ۱۵ نفر (۳/۴۲ درصد) از کلیه کارکنان (۱۳ نفر از گروه اول و ۲ نفر از گروه دوم) به این اختلال مبتلا بوده و ۴۲۴ نفر (۹۶/۵۸ درصد) فاقد ابتلا می‌باشند. فراوانی کوررنگی اکتسابی بر حسب انواع آن و مقدار

حلال‌های BTEX از نوع آبی-زرد به میزان ۵/۱۸ درصد بود که این میزان با نتایج مطالعات قبلی مطابقت داشت [۶]. بر اساس مطالعات انجام شده ابتدا به نوع سوم کوررنگی اکتسابی (طیف دید رنگی آبی-زرد) به دلیل حساسیت زیاد سلول‌های مخروطی آبی شبکیه چشم‌ها در افراد مواجهه یافته با حلال‌های آلی فرار در مقایسه با سلول‌های مخروطی قرمز و سبز نسبت به اثرات این نوروتوکسین‌ها بر مسیرهای عصبی سیستم بینائی می‌باشد [۲۵]. در این مطالعه علاوه بر کوررنگی اکتسابی نوع سوم، کوررنگی اکتسابی نوع اول و دوم نیز مشاهده شد. مطالعات نشان می‌دهند که عمده دلایل بروز نوع اول و دوم کوررنگی اکتسابی می‌تواند پیشرفت بیماری و درگیری گسترده اعصاب بینائی و یا ناشی از ابتلا افراد به کوررنگی ارثی مادرزادی باشد که با تست تشخیصی ایشی‌ها را تشخیص داده نشده باشد [۱۰ و ۸]. میانگین شاخص اختلال رنگ (CCI) در گروه مواجهه نسبت به گروه‌های کم مواجهه و بدون مواجهه بالاتر بود و این نتیجه با مطالعات انجام شده قبلی مطابقت داشت [۲۲ و ۶]. در مطالعه ما ارتباط معنا داری بین مقدار غلظت مواجهه با مخلوط حلال‌های BTEX و شاخص اختلال رنگ مشاهده شد که با نتایج مطالعات قبلی مطابقت داشت [۱۷ و ۸]. در این مطالعه بین سن و CCI ارتباط معنا داری دیده شد و این نتیجه با برخی مطالعات قبلی هماهنگی داشت [۲۲ و ۱۶ و ۱۰]. عمده دلیل این هماهنگی را می‌توان اعمال محدودیت سنی در مطالعه حاضر دانست که افراد زیر ۴۰ سال از مطالعه خارج شده بودند. در این مطالعه بین سابقه کار و CCI ارتباط معنا داری وجود داشت ولی با نتایج دیگر مطالعات هماهنگی نداشت [۱۰]. در مطالعه ما شاید در نظر گرفتن سابقه کار ۱ سال و بیشتر برای افراد تحت مطالعه و خروج افراد کمتر از یک سال سابقه کار از مطالعه توجیه مناسبی برای معنا داری ارتباط بین سابقه کار و CCI باشد. همچنین در این مطالعه بین مصرف سیگار و CCI ارتباط معنا داری مشاهده شد که با نتایج مربوط به برخی مطالعات قبلی مطابقت داشت [۳۱]. ولی با نتایج برخی دیگر هماهنگی نداشت [۱۶ و ۸]. عدم

برای تعیین ارتباط دقیق تر بین میزان مواجهه با مخلوط حلال‌های BTEX و CCI از روش آنالیز آماری رگرسیون لجستیک مطابق جدول شماره ۵ استفاده گردید. ابتدا با آزمون آماری Independent-Samples T Test ارتباط هر کدام از متغیرها به صورت اختلاف دوتائی واریانس‌ها تعیین شد و مشخص گردید که همه متغیرهای جدول شماره ۵ دارای ارتباط معنی داری در عدم تساوی واریانس‌ها می‌باشند ($P < 0.05$). بعد از تعیین عدم تساوی واریانس‌ها با استفاده از آزمون آماری Regression logistic مشاهده شد که بین مقدار مواجهه با مخلوط BTEX، سن، سابقه کار و مصرف سیگار با CCI ارتباط معنا داری وجود دارد ($P < 0.05$).

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه میان مواجهه شغلی مزمن با غلظت‌های مختلف (بیشتر و یا کمتر از حد مجاز مواجهه) ترکیبات BTEX در ایستگاه‌های پمپ بنزین و ابتدا به کوررنگی اکتسابی در کارکنان تحت مواجهه و کم مواجهه، ارتباط معنا داری مشاهده شد. در مطالعه حاضر ۶/۷۴ درصد افراد تحت مواجهه با مخلوط حلال‌های BTEX به کوررنگی اکتسابی با درگیری یک طرفه و قرینه چشم‌ها مبتلا بودند. نظر به لحاظ کردن سن ۴۰ سال و بیشتر و همچنین سابقه کار بیش از ۱ سال برای افراد مواجهه یافته در این مطالعه، میزان ابتلا افراد در مقایسه با مطالعات مشابه، کمتر بود [۱۰ و ۸]. با توجه به بررسی پمپ بنزین‌ها براساس جهت‌های جغرافیائی در این مطالعه مشخص شد که کمترین درصد ابتلا به کوررنگی اکتسابی به ترتیب در شمال و غرب شهر تهران وجود دارد. نظر به جهت وزیدن باد غالب تهران از سمت غرب و شمال و بالطبع مهاجرت آلاینده‌ها از این مناطق می‌تواند توجیه مناسبی برای جریان هوا بسمت مرکز، شرق و جنوب شهر بوده [۳۲] و ابتدای بیشتر افراد این مناطق به کوررنگی اکتسابی در نتیجه تماس با مخلوط حلال‌های BTEX باشد. بیشترین نوع کوررنگی اکتسابی در افراد مواجهه یافته با

effects of motor fuels: Carcinogenicity of gasoline—Scientific update. *Enviro Res.* 1992 Oct 1;59(1):238-49.

3. Betancur-Sánchez AM, Vásquez-Trespacios EM, Sardi-Correa C. Impaired colour vision in workers exposed to organic solvents: A systematic review. *Arch Socied Esp Oftalmol.* 2017 Jan 31;92(1):12-8.

4. Greenberg MI, Hamilton RJ, Phillips SD, McCluskey GJ. Occupational, Industrial, and Environmental Toxicology, Mosby, Inc, Philadelphia, Pennsylvania. 2003,786

5. International Agency for Research on Cancer. IARC handbooks of cancer prevention. IARC; 2005.

6. Lee EH, Paek D, Kho YL, Choi K, Chae HJ. Color vision impairments among shipyard workers exposed to mixed organic solvents, especially xylene. *Neurotoxicol Teratol.* 2013 Jun 30;37:39-43.

7. Tunsaringkarn T, Siritwong W, Rungsiyothin A, Nopparatbundit S. Occupational exposure of gasoline station workers to BTEX compounds in Bangkok, Thailand. *Int J Occup Enviro Med.* 2012 Jun 16;3(3 July).

8. Attarchi MS, Labbafinejad Y, Mohammadi S. Occupational exposure to different levels of mixed organic solvents and colour vision impairment. *Neurotoxicol Teratol.* 2010 Oct 31;32(5):558-62.

9. Iregren A, Andersson M, Nylén P. Color vision and occupational chemical exposures: I. An overview of tests and effects. *Neurotoxicology.* 2002;23(6):719-33.

10. Lee E-H, Do Eum K, Cho S-I, Cheong H-K, Paek DM. Acquired dyschromatopsia among petrochemical industry workers exposed to benzene. *Neurotoxicology.* 2007;28(2):356-63.

11. Kaur S, Mursyid A, Kamaruddin A, Ariffin A. Effect of petroleum derivatives and solvents on colour perception. *Clin Experim Optom.* 2004 Jul 1;87(4-5):339-43.

12. ACGIH T. and BEIs®, threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices 2010 Cincinnati. In: OH American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

13. Fine L, Rosenstock L. Cardiovascular disorders. *Textbook of Clinical Occupational and Environmental Medicine Philadelphia, Pa: Elsevier Saunders.* 2005;563.

14. Campagna D, Stengel B, Mergler D, Limasset JC, Diebold F, Michard D, et al. Color vision and occupational toluene exposure. *Neurotoxicol*

هماهنگی در خصوص این ویژگی می‌تواند به دلیل تعداد مصرف کننده های بالای سیگار (حدود یک پنجم افراد تحت مطالعه) در مطالعه حاضر باشد.

اثرات نوروتوکسیک مخلوط حلال‌های BTEX می‌توانند به دنبال مواجهه مزمن شغلی افراد، از طریق سلول های عصبی، سیستم بینائی را تحت تأثیر قرار داده و به‌طور ویژه اختلال درک دید رنگی از نوع اکتسابی را در این افراد باعث گردند. بنابراین نظر به اهمیت موضوع سلامت شاغلین و تشخیص به موقع کوررنگی اکتسابی در مراحل اولیه و جلوگیری از بروز علائم و نشانه های اختلالات عصبی پیشرفته ناشی از مواجهه افراد با حلال‌های آلی فرار بخصوص مخلوط حلال‌های BTEX، انتظار می رود که تست های بینائی سنجی درک دید رنگ با حساسیت و دقت بالا (مانند Lanthony D-15) توسط پزشک متخصص، برای این افراد تجویز و طی معاینات پزشکی دوره ای تکرار گردند.

تقدیر و تشکر

این مطالعه به‌عنوان طرح تحقیقاتی با حمایت مرکز تحقیقات بهداشت کار، دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام گرفت. از همکاری صمیمانه جناب آقای حاج محمدرضا، رئیس محترم اتحادیه جایگاهداران سراسر کشور، جناب آقای مستجابی، مدیریت محترم شرکت بازرگانی بهران و جناب آقای میرزائی که به‌عنوان اپتومتریست ما را در انجام این طرح تحقیقاتی یاری نمودند مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام می داریم.

منابع

1. Todd GD, Chessin RL, Colman J. Toxicological profile for total petroleum hydrocarbons (TPH). US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 1999.

2. Mehlman MA. Dangerous and cancer-causing properties of products and chemicals in the oil refining and petrochemical industry: VIII. Health

Neurotoxicology: approaches and methods. 1995.

27. Gobba F. Color vision: a sensitive indicator of exposure to neurotoxins. *Neurotoxicology*. 2000;21(5):857-62.

28. Heydarian S, Mahjoob M, Gholami A, Veysi S, Mohammadi M. Prevalence of color vision deficiency among arc welders. *J Optom*. 2017 Jun 30;10(2):130-4.

29. Ishihara S. *The Series of Plates Designed as a Test for Colour Deficiency: Concise Edition*: Kanehara Trading Incorporated; 2011.

30. Zrenner E, Riedel K, Adamczyk R, Gilg T, Liebhardt E. Effects of ethyl alcohol on the electrooculogram and color vision. *Doc Ophthalmol*. 1986;63(4):305-12.

31. Erb C, Nicaeus T, Adler M, Isensee J, Zrenner E, Thiel H-J. Colour vision disturbances in chronic smokers. *Graefe's Arch Clin Experim Ophthalmol*. 1999;237(5):377-80.

32. Amini H, Hosseini V, Schindler C, Hassankhany H, Yunesian M, Henderson SB, et al. Spatiotemporal description of BTEX volatile organic compounds in a Middle Eastern megacity: Tehran Study of Exposure Prediction for Environmental Health Research (Tehran SEPEHR). *Enviro Pollut*. 2017;226:219-29.

Teratol. 2001;23(5):473-80.

15. Muttray A, Wolters V, Jung D, Konietzko J. Effects of high doses of toluene on color vision. *Neurotoxicol Teratol*. 1999;21(1):41-5.

16. Schäper M, Demes P, Kiesswetter E, Zupanec M, Seeber A. Colour vision and occupational toluene exposure: results of repeated examinations. *Toxicology letters*. 2004;151(1):193-202.

17. Semple S, Dick F, Osborne A, Cherrie J, Soutar A, Seaton A, et al. Impairment of colour vision in workers exposed to organic solvents. *Occup Environ Med*. 2000;57(9):582-7.

18. Gobba F, Ghittori S, Imbriani M, Roccato L, Cavalleri A, editors. *Colour discrimination loss in workers exposed to solvent mixtures. Proceedings of the 7th International Symposium on Neurobehavioral Methods and Effects in Occupational and Environmental Health National Institute for Working Life, Program and Abstracts, Sweden; 1999.*

19. Dick F, Semple S, Chen R, Seaton A. Neurological deficits in solvent-exposed painters: a syndrome including impaired colour vision, cognitive defects, tremor and loss of vibration sensation. *Qjm*. 2000;93(10):655-61.

20. Gobba F, Cavalleri A. Color vision impairment in workers exposed to neurotoxic chemicals. *Neurotoxicology*. 2003;24(4):693-702.

21. Dick F, Semple S, Soutar A, Osborne A, Cherrie J, Seaton A. Is colour vision impairment associated with cognitive impairment in solvent exposed workers? *Occup Environ Med*. 2004;61(1):76-8.

22. Guest M, D'Este C, Attia J, Boggess M, Brown A, Tavener M, et al. Impairment of color vision in aircraft maintenance workers. *Int Arch Occup Environ Health*. 2011;84(7):723-33.

23. Moen BE, Hollund BE. Exposure to organic solvents among car painters in Bergen, Norway. *Ann Occup Hyg*. 2000 May 1;44(3):185-9

24. Hall JE. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology E-Book: Elsevier Health Sciences; 2015.

25. Simunovic MP. Acquired color vision deficiency. *Surv Ophthalmol*. 2016 Apr 30;61(2):132-55.

26. Mergler D. Behavioral neurophysiology: Quantitative measures of sensory toxicity.

Acquired color vision impairment among gasoline station workers with occupational exposure of BTEX: A case study in Tehran city

Seyyed Poorya Fazeli¹, Yasser labbafinejad², Rasoul Yarahmadi*³, Agha Fatemeh Hosseini⁴

Received: 2017/03/10

Revised: 2017/07/11

Accepted: 2017/10/08

Abstract

Background and aims: Color vision is one of the most important capabilities of the visual system. Color vision impairment in many jobs, lead to reduced productivity, increased reaction time and workers' decision-making in confronting with of hazardous situations and as a result, it can lead to occupational accidents. This study was carried out to investigate occupational exposure to BTEX solvents and acquired color vision impairment among gasoline station workers in Tehran city.

Methods: This cross sectional study is conducted in the 15 gasoline stations of Tehran city. The workers (680) were studied in three groups. The first group consisted of those working as a distributor of gasoline (289) with exposure to organic solvents. The second group included service workers (201) were working as a low exposure and third group was the administrative staff (190) that was considered as no exposure to organic solvents. After recording the demographic characteristics of the participants in the standardized questionnaire and considering exclusion criteria, 193 from the first group, 132 from the second group and 114 from the third group were qualified to participate in the study. The visual acuity with the SnellenChart, inherent color vision impairment with Ishihara plates and Acquired color vision impairment with LANTHONY D-15 were determined. The determination of the concentrations of BTEX compounds was carried out according to the standard NIOSH 1501.

Results: The frequency of acquired color vision impairment was 6.74% for distributor workers, 1.51% for service workers, and 0% for administrative staff working at the same gas station. Color confusion index was higher in the first group than in the second group ($p=.006$). The results of logistic regression indicated there was a significant relationship between color confusion index (CCI) and exposure to BTEX compounds, age, work experience and smoking ($p<.05$).

Conclusion Based on the results of this study, the occupational chronic exposure of workers with BTEX compounds in gasoline station can lead to acquired color vision impairment in these people.

Keywords: Occupational exposure, BTEX compounds, Acquired color vision, Gasoline station.

1. Department of Occupational Health, School of Public Health, Iran University of Medical sciences, Tehran, Iran.

2. Department of Occupational Medicine, School of Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

3. (**Corresponding author**) Department of Occupational Health, Air Pollution Research Center, School of Public Health, Iran University of Medical sciences, Tehran, Iran. yarahmadi.r@iums.ac.ir

4. Department of Biostatistics, School of Public Health, Iran University of Medical sciences, Tehran, Iran.