

ارزشیابی مواجهه شغلی کارگران با مونومر وینیل کلراید  
در دو صنعت پلاستیک‌سازی تهرانرعنا طایفه رحیمیان<sup>۱</sup>، منصور رضا زاده آذری\*<sup>۱،۲</sup>، محمد جواد جعفری<sup>۱</sup>، حمید سوری<sup>۲</sup>،  
بهزاد سرانجام<sup>۱</sup>، الهه توکل<sup>۱</sup>، محمد کریمی<sup>۲</sup>۱. دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
۲. مرکز تحقیقات ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران  
۳. شرکت پتروشیمی فجر بندر ماهشهر

## چکیده:

**مقدمه:** رشد صنعت پلاستیک در چند دهه اخیر بسیار چشمگیر بوده است. پلیمر وینیل کلراید یکی از پرکاربردترین پلاستیک‌ها در جهان می‌باشد که در طی فرایندهای حرارتی، مونومر وینیل کلراید آزاد می‌گردد. این مطالعه با هدف ارزشیابی مواجهه شغلی و تخمین میزان ریسک مواجهه کارگران با مونومر وینیل کلراید انجام گردید.

**مواد و روش‌ها:** این مطالعه از نوع توصیفی و مقطعی می‌باشد که بر روی ۱۰۰ نفر از کارگران دو کارخانه پلاستیک سازی شهر تهران (A,B) انجام پذیرفت. برای تعیین غلظت مونومر وینیل کلراید در هوای تنفسی، نمونه‌های هوا توسط روش بهینه شده موسسه ملی بهداشت و امنیت شغلی آمریکا به شماره ۱۰۰۷ انجام گردید. پارامترهای شرایط جوی هوا شامل دما، فشار، سرعت جریان و رطوبت نسبی همزمان با نمونه‌برداری اندازه گیری شد. ارزشیابی ریسک کمی کارگران بر اساس دو معیار مرگ و میر استاندارد شده و ریسک بروز سرطان انجام شد. تجزیه و تحلیل یافته‌ها با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۹ انجام گرفت.

**یافته‌ها:** پارامترهای جوی در کارخانه‌های A و B به ترتیب برای رطوبت نسبی  $43/77 \pm 16/71$  و  $37/16 \pm 14/45$  درصد، دمای هوا  $20/95 \pm 3/34$  و  $21/05 \pm 2/20$  سانتی‌گراد، فشار هوا  $87/48 \pm 0/54$  و  $87/41 \pm 0/64$  کیلو پاسکال و سرعت جریان هوا  $0/13 \pm 0/08$  و  $0/10 \pm 0/06$  متر بر ثانیه اندازه‌گیری شد. میزان مونومر وینیل کلراید در هوای استنشاقی کارگران کارخانه‌های A و B به ترتیب  $1/01 \pm 0/05$  و  $0/36 \pm 0/20$  بر حسب ppm اندازه‌گیری شد. میزان ریسک کمی بر اساس مرگ و میر استاندارد شده در افراد مواجهه یافته  $1/06 \pm 0/03$  برابر جمعیت بدون مواجهه با برآورد شد. میزان ریسک بروز سرطان بر اساس معیارهای محاسباتی سازمان سیستم اطلاعات جامع ریسک به ازای هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت مواجهه یافته محاسبه گردید که همبستگی آماری بین دو میزان ریسک برابر  $R^2 = 0/88$  بدست آمد. **نتیجه‌گیری:** مواجهه فردی ۳۱ درصد کارگران بیشتر از حد آستانه تماس شغلی (۱ppm) بوده است. در تحقیق حاضر، میانگین مواجهه فردی با مونومر وینیل کلراید در مقایسه با مطالعات سال‌های گذشته انجام شده کمتر و قابل قیاس با مطالعات اخیر می‌باشد. نتایج این مطالعه به وضوح مخاطرات شغلی کارگران را در شرایط رکود تولید فعلی خاطر نشان می‌سازد و از این رو به‌کارگیری سیستم‌های کنترلی فنی مهندسی به ویژه با رونق اقتصادی پیش بینی شده در سال‌های آتی، برای تأمین سلامت و تندرستی کارگران الزامی می‌باشد. **کلمات کلیدی:** صنعت پلاستیک، مونومر وینیل کلراید، پایش فردی، ارزشیابی ریسک.

## مقدمه

پتروشیمیایی به نسبت ارزان بسیار رشد چشم‌گیری داشته است (۱). قطعات پلاستیکی با پیشرفت تکنولوژی در ساخت محصولات با وزن کم، هزینه پایین، مقاومت بالا در برابر عوامل

صنعت پلاستیک در سال‌های اخیر با به‌کارگیری مواد اولیه

\* نویسنده مسئول مکاتبات: mrazari@sbmu.ac.ir

شغلی آمریکا انجام می‌گردد و داده‌های حاصله با حد آستانه مجاز تماس شغلی از دوایر کشوری و بین‌المللی سنجیده و مقایسه می‌شود.

ارزیابی ریسک یک رویکرد جدید در بررسی مواجهه شغلی کارگران با ترکیبات شیمیایی مخاطره‌آمیز است (۱۷، ۱۸). در مطالعات اخیر، ارزیابی ریسک کمی با استفاده از مدل‌های ریاضی بر پایه نتایج مطالعات اپیدمیولوژیک کوهورت مرتبط با میزان مواجهه شغلی کارکنان با ترکیبات مخاطره‌آمیز بر حسب مرگ و میر استاندارد شده محاسبه شده است (۱۹). هسیه و همکاران در مطالعه کوهورتی پس از بررسی انواع سرطان‌های ناشی از مواجهه شغلی با مونومر وینیل کلراید در کارخانجات تولید پلی وینیل کلراید گزارش کرده‌اند که مرگ و میر ناشی از سرطان کبد، لوکومیا و همولنف بر حسب مرگ و میر استاندارد شده بالاتر از ۱ بوده است (۲۰). با توجه به نداشتن اطلاعات در باره میزان مواجهه کارگران پلاستیک‌سازی ایرانی با ترکیب مونومر وینیل کلراید، مطالعه حاضر در دو کارخانه بزرگ پلاستیک‌سازی شهر تهران، با هدف ارزشیابی مواجهه شغلی کارگران به ترکیب مونومر وینیل کلراید از طریق پایش فردی و در نهایت ارزیابی ریسک برای توجیه اقدامات کنترلی، ضروری تشخیص داده شد.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی و مقطعی می‌باشد که بر روی ۱۰۰ نفر از کارگران دو کارخانه پلاستیک‌سازی شهر تهران (A, B) انجام پذیرفت. همه کارگران به تعداد ۱۰۰ نفر در ۵ سالن جداگانه و بر اساس رویکرد گروه‌های دارای مواجهه یکسان به ۱۱ گروه شغلی با عناوین اختلاط ۱، کلندرینگ ۱، واینداب ۱ (سالن a)، اختلاط ۲، کلندرینگ ۲، واینداب ۲ (سالن b)، اختلاط ۳، کوتینگ، ریوایندر (سالن c)، انبار محصول و کنترل بسته‌بندی تقسیم شدند. کارگران یاد شده بر اساس روش بهینه شده موسسه ملی بهداشت و امنیت شغلی آمریکا به شماره ۱۰۰۷ در یک نوبت نمونه‌برداری شیفت صبح پایش فردی شدند. بدین منظور توسط پمپ نمونه‌بردار فردی با دبی ۰/۰۵ لیتر بر دقیقه، ۱۰ لیتر از هوای منطقه تنفسی هر کارگر از روی لوله جاذب کربن فعال عبور داده شد. آماده‌سازی نمونه‌های هوا، به ترتیب با استفاده از

خوردگی، به عنوان جایگزین بسیار مناسبی برای قطعات فلزی معرفی شده‌اند (۲، ۳). پلی وینیل کلراید ساخته شده از مونومر وینیل کلراید یکی از پرمصرف‌ترین مواد پلاستیکی در سطح جهانی است که در میدان گسترده‌ای از محصولات مانند بسته‌بندی، لوله‌ها، قطعات خودرو، مصالح ساختمانی و مبلمان بهره‌برداری می‌شود (۴).

سرطان زایی مونومر وینیل کلراید وسیله آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان در انسان و حیوان اثبات شده است (گروه سرطان‌زای A۱). مواجهه شغلی با مونومر وینیل کلراید علت اصلی نئوپلاسم کمیاب liver angiosarcoma در جمعیت انسانی می‌باشد (۵، ۶). مواجهه سخت با مونومر وینیل کلراید در حدود ۸۰۰۰ ppm باعث سرکوب سیستم عصبی مرکزی (۷) و در غلظت‌های بالاتر (۴۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰ ppm) سبب تحریک چشم و مجاری تنفسی، بیهوشی و مرگ می‌شود (۷، ۸). اثرات مواجهه مزمن ناشی از استنشاق مونومر وینیل کلراید شامل سندرم رینود، تغییرات شبه اسکرودرمی، استئولیز سر استخوان و فیبروز کبدی می‌باشد. مطالعات اپیدمیولوژیک نشان داده‌اند که مواجهه مزمن در غلظت‌های پایین‌تر از آستانه مجاز مونومر وینیل کلراید (۱ ppm)، با افزایش سمیت ژنتیکی در انسان همراه است و نیز انحرافات کروموزومی، تبادلات کروماتیدهای خواهری، شکست رشته‌های DNA، تشکیل DNA Adduct، آلکیله شدن پروتئین‌ها و پدیده میکرونوکلئوس سلولی در لنفوسیت‌های خون محیطی افراد در معرض مواجهه گزارش شده است (۹-۱۴). آوارا و همکاران افزایش قابل توجهی در تخریب DNA و تعداد نقاط آسیب‌دیدگی DNA لنفوسیت‌های خون محیطی کارگران صنعت پلاستیک در مقایسه با گروه کنترل مشاهده کردند (۱۵).

مواجهه شغلی کارگران با بخارات مونومر وینیل کلراید در صنایع پتروشیمی مادر و صنایع ساخت قطعات پلاستیک صورت می‌گیرد. مهم‌ترین مواجهه کارکنان در صنعت پلاستیک مربوط به مونومرها همراه با نرم‌کننده‌ها، تثبیت‌کننده‌ها، اکتیواتورها و رنگ‌های به کار رفته می‌باشد. فرایند حرارتی گرانول‌های پلی وینیل کلراید در دستگاه تزریق، به آزاد شدن مونومر وینیل کلراید در هوای محیط کار می‌انجامد (۱۶). پایش فردی کارکنان به طور کلی با استفاده از روش‌های مدون سازمان‌های موسسه ملی بهداشت و ایمنی آمریکا و موسسه ملی بهداشت و امنیت

شد.

تجزیه و تحلیل یافته‌ها با نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۹ با استفاده از آزمون‌های تی مستقل، تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه، من‌ویتنی‌یو، کروسکال‌والیس، ضریب همبستگی و رگرسیون خطی انجام گرفت.

### یافته‌ها

مشخصات دموگرافیک: میانگین و انحراف معیار سن و سابقه کار کارگران دو کارخانه A و B در جدول ۱ آورده شده است. آزمون تی مستقل اختلاف معنی‌داری را بین سن کارگران دو کارخانه پلاستیک‌سازی نشان نداد ولی سابقه کار از لحاظ آماری معنی‌دار بوده است.

جدول ۱. مشخصات دموگرافیک کارگران پلاستیک‌سازی بر اساس نوع کارخانه

P	کارخانه B (۵۰ نفر)		کارخانه A (۵۰ نفر)		مشخصات
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
۰/۴۸	۳۷/۰۶	۷/۷۱	۳۸/۱۸	۸/۲۷	سن (سال)
۰/۰۳	۱۰/۷۲	۴/۴۷	۱۳/۱۲	۶/۷۳	سابقه کار (سال)

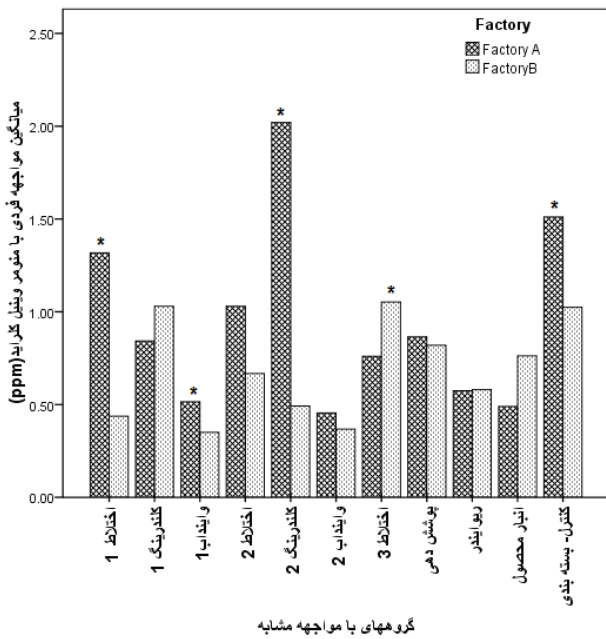
**شرایط آب و هوایی:** در هنگام نمونه‌برداری، شرایط آب و هوایی همچون رطوبت نسبی (درصد)، دما (درجه سانتی‌گراد)، فشار (کیلو پاسکال) و سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه) در محل استقرار هر یک از افراد، اندازه‌گیری شدند. بر اساس این نتایج، در میزان فشار، دمای هوا و سرعت جریان هوا بین دو کارخانه پلاستیک‌سازی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی رطوبت نسبی بین دو کارخانه از لحاظ آماری معنی‌دار گردید (جدول ۲).

جدول ۲. شرایط آب و هوایی بر اساس نوع کارخانه

P	کارخانه B		کارخانه A		شرایط آب و هوایی
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
۰/۰۳	۳۷/۱۶	۱۴/۴۳	۴۳/۷۷	۱۶/۷۱	رطوبت نسبی (%)
۰/۸۶	۲۱/۰۵	۲/۲۰	۲۰/۹۵	۳/۳۴	دما (C°)
۰/۵۶	۸۷/۴۱	۰/۶۴	۸۷/۴۸	۰/۵۴	فشار (KPa)
۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۰۸	سرعت جریان هوا (mps)

حلال دی‌سولفید کربن و تتراکلرید کربن به عنوان حلال استخراج و استاندارد داخلی که هر دو با درجه خلوص ۹۹/۹۹٪ از شرکت Merck در ویال‌هایی شیشه‌ای با حجم ۲ میلی لیتر مجهز به سپتوم تفلون از شرکت La-Pha-pack کشور آلمان انجام پذیرفت. پس از ۳۰ دقیقه زمان لازم برای استخراج، با میکرو سرنگ ویژه تزریق گاز ساخت شرکت همیلتون، ۲۵۰ میکرو لیتر از فضای بالای نمونه‌ها سریع به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق گردید. تجزیه و تحلیل نمونه‌ها توسط گاز کروماتوگراف مدل ۱۷A-GC مجهز به دکتور انجام شد. ستون موئینه در این مطالعه از نوع BP-10 شرکت سیگی کشور استرالیا به طول ۲۵ متر و با قطر داخلی ۰/۳۲ میلی‌متر و دبی عبوری گاز حامل ۲ میلی‌لیتر بر دقیقه بود. پارامترهای شرایط آب و هوایی محیط کار شامل دما، فشار، سرعت جریان و رطوبت نسبی همزمان با نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند. ارزیابی ریسک کمی کارگران بر اساس دو معیار مرگ و میر استاندارد شده و ریسک بروز سرطان انجام شد. برای محاسبه مرگ و میر استاندارد شده از مدل ریاضی معرفی شده توسط اعضای کمیته ارزیابی ترکیبات سرطان‌زا در هلند استفاده شد این رابطه ریاضی با استفاده از مطالعات اپیدمیولوژیک به منظور ارزیابی ارتباط کمی بین میزان مرگ و میر استاندارد شده و میزان مواجهه شغلی با مونومر وینیل کلراید به صورت رابطه  $SMR=1+0.774C$  بیان شده است (۱۹) که C میزان مواجهه بر حسب سی سال اشتغال محاسبه می‌شود.

برای تخمین کمی ریسک بروز سرطان‌زایی ناشی از مواجهه استنشاقی با مونومر وینیل کلراید، سازمان سیستم اطلاعات جامع ریسک سطوح ریسک را بر اساس غلظت مواجهه افراد جامعه برای طول عمر ۷۰ سال ارائه نموده است (۲۱) و در این مطالعه سطوح ریسک بر مبنای مواجهه شغلی در مدت زمان سی سال محاسبه



گروه‌های با مواجهه مشابه

\* سطح معنی دار آماری

نمودار ۱. میزان مواجهه شغلی با ترکیب مونومر وینیل کلراید در

گروه‌های متناظر شغلی

بررسی ارتباط بین متغیرهای آب‌وهوایی و میزان مواجهه با مونومر وینیل کلراید با استفاده از آزمون مدل رگرسیون چندگانه نشان داد که از میان پارامترهای شرایط آب‌وهوایی رطوبت نسبی ارتباط معنی‌دار و منفی را با میزان مواجهه فردی به وجود آورده است ( $p=0/01$ ).

جدول ۴. سطح معنی‌داری آزمون همبستگی بین متغیرهای دموگرافیک

و میزان مواجهه با مونومر وینیل کلراید

مونومر وینیل کلراید			ترکیب	
مشخصات دموگرافیک	سن	سابقه کار	تحصیلات	آموزش
کارخانه A (تعداد=۵۰)	۰/۳۰	۰/۰۰۱	۰/۹۲	۰/۷۵
کارخانه B (تعداد=۵۰)	۰/۵۷	۰/۰۰۲	۰/۸۹	۰/۸۹

میانگین میزان ریسک کمی بر اساس مرگ و میر استاندارد شده در تمام کارگران بررسی شده (به تعداد ۱۰۰ نفر)  $1/06 \pm 0/03$  برابر جمعیت بدون مواجهه با مونومر وینیل کلراید برآورد شد. بر اساس آزمون تی مستقل، ریسک مرگ و میر استاندارد شده از لحاظ آماری بین دو کارخانه معنی‌دار شد ( $P=0/001$ ) (جدول ۵).

نتایج مربوط به اعتبار بخشی روش موسسه ملی بهداشت و امنیت شغلی آمریکا به شماره ۱۰۰۷: برای اعتبار بخشی روش، پارامترهای حساسیت، صحت، دقت، حد تشخیص کیفی و کمی و گستره‌ی غلطی بررسی گردید که نتایج یافته‌های مربوط به اعتبار سنجی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳. نتایج مربوط به اعتبار بخشی روش موسسه ملی بهداشت و

امنیت شغلی آمریکا به شماره ۱۰۰۷

پارامترهای اعتبارسنجی	روش ۱۰۰۷ موسسه ملی بهداشت و امنیت شغلی آمریکا	روش ۱۰۰۷ شده موسسه ملی بهداشت و امنیت شغلی آمریکا
صحت	$\pm 17/5\%$	$\pm 6\%$
دقت	-	$\pm 3/93$
حساسیت (ppm)	-	۰/۰۰۶۷
حد تشخیص کیفی	۰/۱۵	۰/۰۰۴
حد تشخیص کمی	-	۰/۰۱
گستره‌ی غلطی (ppm)	۰/۱۶-۱۶	۰/۰۵-۲۵

نتایج پایش فردی:

تجزیه و تحلیل نمونه‌های پایش فردی نشان داد که میانگین و انحراف معیار میزان مواجهه شغلی با مونومر وینیل کلراید در کارخانه‌های A و B به ترتیب برابر با  $0/51 \pm 0/11$  و  $0/30 \pm 0/72$  بر حسب ppm بوده است. کارخانه A نسبت به کارخانه B مواجهه بیشتری را نشان داد. بر اساس آزمون تی مستقل، میزان مواجهه شغلی استنشاقی با ترکیب نامبرده بین دو کارخانه پلاستیک‌سازی از لحاظ آماری معنی‌دار شد ( $P=0/01$ ). مقایسه مواجهه شغلی با ترکیب مونومر وینیل کلراید در گروه‌های شغلی متناظر بین دو کارخانه نشان داد که به جز گروه‌های شغلی کلندر ۱، وینیل ۱، پوشش دهی، ریوایندر و انبار محصول، بین بقیه گروه‌های متناظر دیگر در دو کارخانه A و B اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشته است ( $P < 0/05$ ) (نمودار ۱).

به منظور بررسی همبستگی میان متغیرهای دموگرافیک و میزان مواجهه فردی با مونومر وینیل کلراید، برای متغیرهای کمی از ضریب همبستگی پیرسون و برای متغیرهای کیفی از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده گردید. آزمون ضریب همبستگی پیرسون بین سابقه کار و میزان مواجهه با وینیل کلراید در دو کارخانه همبستگی معنی‌دار مثبتی را نشان داد (جدول ۴).

**بحث**

ارزشیابی مواجهه شغلی به ترکیب مونومر وینیل کلراید با استفاده از پایش فردی در کارگران پلاستیک‌سازی انجام گردید. برای تجزیه و تحلیل نمونه‌ها در این مطالعه روش موسسه ملی بهداشت و امنیت شغلی آمریکا به شماره ۱۰۰۷ بهینه‌سازی شد. بر طبق یافته‌های بدست آمده این روش از حساسیت، صحت، دقت، حد تشخیص کمی و کیفی بهتری نسبت به روش موسسه ملی بهداشت و امنیت شغلی آمریکا به شماره ۱۰۰۷ برخوردار بوده است. از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در این یافته می‌توان به استفاده از ستون موئینه مناسب، افزایش زمان و حجم نمونه‌برداری با دبی کم برای دادن فرصت کافی برای جذب سطحی ترکیب مونومر وینیل کلراید، انتخاب بهترین برنامه حرارتی برای ستون و دتکتور به منظور جداسازی بهتر پیک‌ها و افزایش مقدار زغال فعال از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی گرم به لحاظ افزایش جذب سطحی، نام برد.

یافته این مطالعه مبنی بر ارتباط بین افزایش مقدار کربن فعال و کاهش شکست جذب سطحی با مطالعه ماتسومورا هم‌خوانی دارد (۲۲). در بررسی همبستگی میان متغیرهای دموگرافیک با مواجهه فردی مونومر وینیل کلراید و سابقه کار کارگران، هر دو کارخانه ارتباط معنی‌دار و مثبتی را نشان دادند که به نظر می‌رسد با افزایش سابقه کار و در نتیجه افزایش مدت زمان سپری شده در محیط کار، کارگران خود را در معرض مواجهه بیشتری به ترکیب مونومر وینیل کلراید قرار می‌دهند. همچنان که در مطالعه تریائولت گزارش شده است در کارگرانی با بیش از ۵ سال سابقه کار در صنعت پلاستیک، میزان بروز سرطان در گروه یاد شده به طور معنی‌داری بیشتر از دیگر کارکنان بوده است. علت اصلی میزان بروز بیشتر سرطان، مواجهه بیشتر کارکنان سابقه‌دار اعلام شده است (۲۳). میانگین مواجهه شغلی با ترکیب مونومر وینیل کلراید بین دو کارخانه پلاستیک‌سازی اختلاف معنی‌دار آماری نشان داد. برابر حدود مجاز مواجهه شغلی سازمان کنفرانس آمریکایی بهداشت صنعتی، حد مجاز مواجهه استنشاقی شغلی با مونومر وینیل کلراید معادل ۱ ppm تعیین شده است (۲۴) که نتایج بررسی نشان می‌دهد که میزان مواجهه کارگران در کارخانه پلاستیک‌سازی A با مونومر وینیل کلراید بالاتر از حدود مجاز شغلی است ولی در کارخانه B

جدول ۵. مقایسه ریسک کمی در اثر مواجهه با مونومر وینیل کلراید بر

حسب مرگ و میر استاندارد شده

کارخانه	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	P
A	۱/۰۷	۰/۰۳	۱/۰۳	۱/۱۸	۰/۰۰۱
B	۱/۰۵	۰/۰۲	۱/۰۲	۱/۱۱	

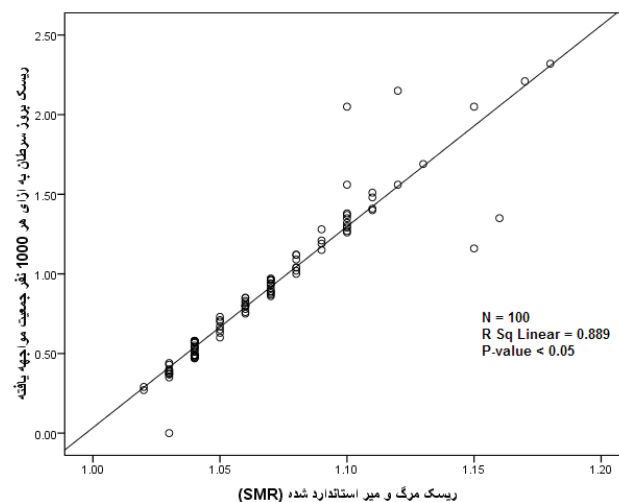
برای تخمین کمی ریسک بروز سرطان زایی ناشی از مواجهه استنشاقی با مونومر وینیل کلراید به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر، از یافته‌های سازمان سیستم اطلاعات جامع ریسک استفاده گردید که بررسی داده‌های این مطالعه نشان داد که تفاوت میزان ریسک بروز سرطان در بین دو کارخانه A و B از لحاظ آماری معنی‌دار بوده است ( $P < 0.01$ ).

جدول ۶. ریسک بروز سرطان در مواجهه با مونومر وینیل کلراید

(سازمان سیستم اطلاعات جامع ریسک)

کارخانه	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	P
A	۱۰۳/۵۶	۵۲/۲۶	۱/۰۳	۱/۱۸	۰/۰۰۱
B	۷۴/۶۸	۳۱/۵۰	۱/۰۲	۱/۱۱	

ارتباط میان میزان ریسک به صورت مرگ و میر استاندارد شده و بروز سرطان با همبستگی آماری برابر با  $R^2 = 0.88$  محاسبه گردید (نمودار ۲).



نمودار ۲. همبستگی میان ریسک مرگ و میر استاندارد شده با ریسک

باز بروز سرطان در کارگران پلاستیک‌سازی



غلته‌های داغ و شکستن مولکول‌های پلی وینیل کلراید بر اثر دمای بالا باعث آزاد شدن گاز مونومر وینیل کلراید به محیط کار شده و بالاترین میزان مواجهه شغلی کارگران در این واحد به دست آمد که این یافته با مطالعه آزمایشگاهی واکمن و همکاران مبنی بر تأثیر قابل توجه دما در آزاد شدن مونومر ترکیب پلی وینیل کلراید مطابقت دارد (۲۶). میزان دمای فرایند در قسمت کلندرینگ کارخانجات این مطالعه ۱۵۰-۲۰۰ درجه سانتی‌گراد بود که می‌تواند توجیه‌کننده مقادیر مختلف مونومر وینیل کلراید اندازه‌گیری شده در بخش‌های مختلف فرایند صنعتی باشد. بخش کنترل و بسته‌بندی در هر دو کارخانه مقادیر بالایی از میزان مواجهه کارکنان را نشان داد که عامل اصلی این افزایش را می‌توان به نبود تهویه عمومی و وارد شدن مونومر وینیل کلراید از بخش‌های مختلف کارخانه به بخش مورد بحث نسبت داد. مطالعه آوارا میزان مونومر وینیل کلراید اندازه‌گیری شده در واحد کنترل بسته‌بندی  $0.09 \pm 1.4$  گزارش کرده است که در مطالعه حاضر، برای کارخانه A و B به ترتیب  $0.31 \pm 1.51$  و  $0.26 \pm 1.02$  ppm محاسبه شد (۱۵). در این مطالعه بین مواجهه فردی با مونومر وینیل کلراید و رطوبت نسبی ارتباط معنی‌دار و منفی برقرار بود بدین ترتیب افزایش رطوبت نسبی می‌تواند عامل کاهش چگالی و میزان بخارات مونومر وینیل کلراید در منطقه تنفسی افراد باشد.

ارزیابی ریسک بروز سرطان بر اساس اطلاعات به دست آمده از سازمان سیستم اطلاعات جامع ریسک نشان داد که تفاوت میزان بروز ریسک بین دو کارخانه A و B از لحاظ آماری معنی‌دار بوده است. مقایسه یافته‌های ارزیابی ریسک کمی بر اساس معیار مرگ و میر استاندارد شده و سیستم اطلاعات جامع ریسک نشان داد که میزان ریسک به غیر از گروه‌های شغلی واینداب ۲، پوشش دهی و انبار محصول در بقیه گروه‌ها از لحاظ آماری یکسان می‌باشد. بر اساس نتایج این مطالعه هر دو معیار ریسک هم‌دیگر را تایید می‌نمایند. بررسی مواجهه شغلی کارگران در این مطالعه و همچنین ارزیابی ریسک آنان بر حسب میزان بروز سرطان و مرگ و میر استاندارد شده مشخص گردید که کارگران یادشده دارای ریسک قابل ملاحظه در این مطالعه می‌باشند که با توجه به رونق اقتصادی در سال‌های آتی، مدیریت ریسک در کارخانه‌های یاد شده بسیار سفارش می‌شود.

میزان مواجهه پایین‌تر از حدود مجاز بوده است. بنا بر گزارش محققان در دو دهه پیش، میانگین سطح مواجهه در کارخانه‌های پلاستیک‌سازی پلی وینیل کلراید در مطالعه هاگمار (۲۵) و آوارا (۱۵) به ترتیب ۱۰ و  $3.22$  بر حسب ppm گزارش شده است. در حالی که در مطالعه سمولیانسکین که به تازگی انجام شده است مواجهه با مونومر وینیل کلراید هوای محیط کار ppm  $0.50$  اعلام شده است (۱۶). در مطالعه حاضر میانگین مواجهه فردی با مونومر وینیل کلراید در دو کارخانه A و B در قیاس با مطالعات سال‌های گذشته کمتر و قابل سنجش با مطالعات اخیر می‌باشد. با توجه به مشاهدات محیط کار، میزان بالا بودن مواجهه در کارخانه A را می‌توان به بسته بودن در و پنجره‌ها، تهویه عمومی نامناسب، تهویه موضعی مغایر با معیار طراحی تهویه صنعتی و نبود مکان مناسب برای استراحت کارگران و گذراندن مدت زمان بیشتر کارکنان در محیط کار نسبت داد. به طور کلی ۳۱ درصد کارگران دو کارخانه که بیشتر از حد آستانه تماس شغلی مواجهه با ترکیب مونومر وینیل کلراید داشتند. با توجه به رکود اقتصادی کارخانه‌های یاد شده در حال حاضر، به نظر می‌رسد که مواجهه شغلی کارکنان در وضعیت متعارف بیش از میزان اندازه‌گیری این مطالعه باشد.

بررسی داده‌های حاصل از پایش فردی با ترکیب مونومر وینیل کلراید نشان داد که گروه‌های مختلف شغلی در هر یک از دو کارخانه پلاستیک‌سازی از نظر مواجهه فردی اختلاف معنی‌دار آماری دارند. بیشترین میزان مواجهه شغلی با مونومر وینیل کلراید در کارخانه A مربوط به گروه‌های شغلی اختلاط ۱، اختلاط ۲، کلندرینگ ۲ و کنترل بسته‌بندی و در کارخانه B نیز بیشترین مواجهه در واحدهای کلندرینگ ۱، اختلاط ۳ و کنترل بسته‌بندی مشاهده شد. به نظر می‌رسد ماهیت کار و نحوه فرایندهای انجام گرفته در گروه‌های شغلی نامبرده به گونه‌ای است که موجب آزادسازی مقادیر زیادی از بخارات مونومر وینیل کلراید به هوای محیط کار و در نتیجه مواجهه بیشتر شده است بدین ترتیب که واحد مربوط به اختلاط به دلیل ماهیت کار و استفاده از همزن‌های اتوماتیک برای یک‌دست و گرم کردن مواد درون ظروف سرباز، جریان هوای به نسبت کم، بسته بودن نسبی محیط و نبود کاربرد تهویه موضعی مناسب، می‌تواند باعث افزایش میزان مواجهه شغلی شده باشد. بخش کلندرینگ به علت داشتن

## تشکر و قدردانی

فجر بندر ماهشهر برای تامین نمونه استاندارد وینیل کلراید، از مقامات محترم دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی برای حمایت مالی این مطالعه نیز سپاسگزاری می گردد

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای است. ضمن تشکر از مقامات شرکت پتروشیمی

## REFERENCES

1. Andrady AL, Neal MA. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2009;364(1526):1977-84.
2. Thompson RC, Moore CJ, vom Saal FS, Swan SH. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2009;364(1526):2153-66.
3. Thompson RC, Swan SH, Moore CJ, vom Saal FS. Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2009;364(1526):1973-6.
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for vinyl chloride. 2006. [cited July 2012 ; Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=282&tid=51>].
5. Elliott P, Kleinschmidt I. Angiosarcoma of the liver in Great Britain in proximity to vinyl chloride sites. *Occupational and environmental medicine*. 1997;54(1):14-8.
6. Falk H, Herbert J, Crowley S, Ishak KG, Thomas LB, Popper H, et al. Epidemiology of hepatic angiosarcoma in the United States: 1964-1974. *Environmental health perspectives*. 1981;41:107.
7. Lester D, Greenberg L, Adams WR. Effects of single and repeated exposures of humans and rats to vinyl chloride. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1963;24(3):265-75.
8. Mastromatteo E, Fisher A, Christie H, Danziger H. Acute inhalation toxicity of vinyl chloride to laboratory animals. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1960;21(5):394-8.
9. Fučić A, Horvat D, Dimitrović B. Mutagenicity of vinyl chloride in man: comparison of chromosome aberrations with micronucleus and sister-chromatid exchange frequencies. *Mutation Research/Genetic Toxicology*. 1990;242(4):265-70.
10. Leonard A, Decat G, Leonard E, Lefevre M, Decuyper L, Nicaise C. Cytogenetic investigations on lymphocytes from workers exposed to vinyl chloride. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*. 1977;2(5):1135-41.
11. Qiu Y-I, Wang W, Wang T, Liu J, Sun P, Qian J, et al. Genetic Polymorphisms, Messenger RNA Expression of p53, p21, and CCND1, and Possible Links with Chromosomal Aberrations in Chinese Vinyl Chloride-Exposed Workers. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*. 2008;17(10):2578-84.
12. Zhu S, Wang A, Xia Z. Polymorphisms of DNA repair gene XPD and DNA damage of workers exposed to vinylchloride monomer. *International journal of hygiene and environmental health*. 2005;208(5):383-90.
13. Bao Y. The effects of vinyl chloride on pregnancy parturition and fetal development among female workers]. *Zhonghua yu fang yi xue za zhi [Chinese journal of preventive medicine]*. 1988;22(6):343.
14. Barakat RA, Bakery H, Salem MA, Abdelaleem NM. Early Investigation of Hepatocarcinogenic Effect of Polyvinyl Chloride in Rat. *Global Veterinaria*. 2014;12(1):67-75.
15. Awara WM, El-Nabi SH, El-Gohary M. Assessment of vinyl chloride-induced DNA damage in lymphocytes of plastic industry workers using a single-cell gel electrophoresis technique. *Toxicology*. 1998;128(1):9-16.
16. Smolianskiene G. Exposure assessment of vinyl chloride monomer in the workplace air of Lithuanian industries.

- Annals of occupational Hygiene. 2002;46(suppl 1):456-9.
17. Azari MR, Nasermoaddeli A, Movahadi M, Mehrabi Y, Hatami H, Soori H, et al. Risk assessment of lung cancer and asbestosis in workers exposed to asbestos fibers in brake shoe factory in Iran. *Industrial health*. 2010;48(1):38-42.
  18. Azari MR, Rokni M, Salehpour S, Mehrabi Y, Jafari MJ, Moaddeli AN, et al. Risk assessment of workers exposed to crystalline silica aerosols in the east zone of Tehran. *Tanaffos*. 2009;8(3):43-50.
  19. Swaen G, de Hollander A, Kroes R, den Engelse L, Feron V, Mulder G, et al. A scientific basis for the risk assessment of vinyl chloride. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1987;7(1):120-7.
  20. Hsieh H-I, Chen P-C, Wong R-H, Du C-L, Chang Y-Y, Wang J-D, et al. Mortality from liver cancer and leukaemia among polyvinyl chloride workers in Taiwan: an updated study. *Occupational and environmental medicine*. 2011;68(2):120-5.
  21. Integrated Risk Information System(IRIS). vinyl chloride. 2000 [cited 10 may 2012 ; Available from:<http://www.epa.gov/iris/subst/1001.htm>].
  22. Matsumura Y. Adsorption capacities of active carbon tubes for sampling atmospheric vinyl chloride vapor. *Industrial health*. 1980;18(2):61-7.
  23. Theriault G, Allard P. Cancer mortality of a group of Canadian workers exposed to vinyl chloride monomer. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 1981;23(10):671-6.
  24. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs and BEIs Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for chemical Substances and Physical Agent & Biological Exposure Indices. 2013. [Available from: <http://www.acgih.org/store/ProductDetail.cfm?id=2233>].
  25. Hagmar L, Kesson B, Nielsen J, Andersson C, Lindan K, Attewell R, et al. Mortality and cancer morbidity in workers exposed to low levels of vinyl chloride monomer at a polyvinyl chloride processing plant. *American journal of industrial medicine*. 1990;17(5):553-65.
  26. Starnes Jr W. Structural and mechanistic aspects of the thermal degradation of poly (vinyl chloride). *Progress in Polymer Science*. 2002;27(10):2133-70.



## Evaluation of Occupational Exposure with Vinyl Chloride Monomer in the Plastic Production Industry in Tehran

Tayfeh Rahimian R<sup>1</sup>, Rezazadeh Azari M<sup>1,2\*</sup>, Jafari MJ<sup>1</sup>, Soori H<sup>1</sup>, Saranjam B<sup>1</sup>, Tavakol E<sup>1</sup>, Karimi M<sup>3</sup>

### Abstract

**Backgrounds and Objective:** Growth of the plastics industry in recent decades has been dramatic. Poly Vinyl Chloride is one of the most widely used plastics in the world that granules in the thermal process decompose to Vinyl Chloride Monomer and is released in work air environment. This study aimed to evaluate occupational exposure and estimate workers' exposure with vinyl chloride monomer risk.

**Materials and Methods:** A cross-sectional study of 100 workers at two Plastic factories in Tehran (A, B) was performed. Personal monitoring of workers to Vinyl Chloride Monomer was conducted by Optimized Method No.1007 from NIOSH. Atmospheric conditions, such as temperature, pressure, air velocity, and relative humidity were measured simultaneously along with personal monitoring. Quantitative risk assessment of workers was computed in the form of Standard Mortality Rate and incident rate cancer. Statistical analysis of data was conducted by SPSS version 19.

**Results:** Climatic parameters in the plant A and B for a relative humidity were  $43.77 \pm 16.71$  and  $37.16 \pm 14.45$  % and temperature  $20.95 \pm 3.34$  and  $21.05 \pm 2.20$  °C, air pressure  $87.48 \pm 0.54$  and  $87.41 \pm 0.64$  kPa and air velocity  $0.13 \pm 0.08$  and  $0.10 \pm 0.06$  meters per second were measured respectively. Occupational exposure to Vinyl Chloride Monomer plants A and B were  $1.01 \pm 0.51$  and  $0.72 \pm 0.30$  as ppm respectively. Quantitative risk of exposed workers based on Standard Mortality Rate was estimated  $1.06 \pm 0.03$  times of the population without exposure. Incident rate cancer based on accounting measures of Integrated Risk Information System was calculated per 1000 person exposure population. The correlation of Standard Mortality Rate and the risk of cancer incidence was statistically significant ( $R^2 = 0.88$ ).

**Conclusion:** Thirty one percent of workers had higher exposure to Vinyl Chloride Monomer than the occupational exposure limits (1 ppm). In the present workers' exposure in this study is lower than international workforces reported in decades ago, but higher than studies recently published. The results clearly describes occupational hazard of workers in the current Iranian recession situation. The application of control system in the form of engineering control measure, especially in the coming years with projected economic growth, is justified for securing workers health and well-being.

**Keywords:** Plastic Industry, Vinyl Chloride Monomer, Personal Monitoring, Risk Assessment

1. Faculty of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2. Safety Promotions and Injury Prevention Research Center of Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3. Fajr Petrochemical Companies, Bandar mahshahr, Iran

\* **Corresponding Author:** mrzari@sbmu.ac.ir