

Occupational and Environmental Risk Assessment of Inhalation Exposure to Hexavalent Chromium for Cancerous Effects

Fazli Z¹, Khodakarim S², Sajedifar J³, Goli F¹, Zendedel R^{1*}

1. Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2. Department of Epidemiology, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3. Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

* *Corresponding author.* Tel/Fax: +982122430793, E-mail: Zendedel76@sbmu.ac.ir

Received: Jun 1, 2016 Accepted: Aug 22, 2016

ABSTRACT

Background & objectives: Chromium plating is one of the most important sources of hexavalent chromium in the workplace. According to respiratory exposure to carcinogenic hexavalent chromium, it is necessary to monitor workers' exposure to electroplating industries. The aim of this study was to quantitative risk assessment for cancer in occupational and environmental exposures to chromic acid.

Methods: This cross-sectional study was conducted in 10 shops in Tehran chrome plating. The respiratory exposure to Cr (VI) was measured in NIOSH 7600 method by the National Institute for Occupational Safety and Health America. In this study it was estimated that the risk of environmental carcinogenesis cumulative risk information with the help of cumulative risk information from the EPA America (IRIS) and the risk of occupational carcinogen by the World Health Organization guideline. It also was used regression models used to estimate the risk presented by Deborah Proctor both occupational and environmental carcinogens.

Results: The middle exposure to hexavalent chromium mist in the workshop was 0.036 ± 0.022 mg/m³. Maximum exposure was in A7 Workshop with 0.096 ± 0.0024 mg/m³ and at least contact was in A4 Workshop with 0.023 mg/m³. As a result of the risk assessment with the help of different methods used in this study were unacceptable. The results show that these models environmental risk estimation model with the help of America Environmental Protection Agency significantly associated with risk is derived from the model Deborah Proctor ($p=0.0001$). But occupational risk estimates associated non-significant findings of the WHO model Deborah Proctor risk model was obtained from ($p=0.68$).

Conclusion: Exposure in occupational groups with polished chrome higher than other occupational groups were identified. Of workers participating in the study, 6/68% less than the limit proposed in contact with Iran. While the carcinogenic risk models used in this study is higher than is acceptable in these cases. It Seems to reduce the risk of carcinogenesis is not keeping respiratory exposure in industry workers about occupational exposure to hexavalent chromium and must control measures to minimize the exposure to chromium. These results highlight the importance of using appropriate methods to control the chromium contamination at levels below the threshold limit.

Keywords: Cancer Risk; Chromium VI; Plating Industry.

ارزیابی ریسک شغلی و محیطی برای اثرات سرطانزایی در مواجهه تنفسی با کروم شش ظرفیتی

زهره فضلی^۱، سهیلا خدا کریم^۲، جواد ساجدی فر^۳، فهیمه گلی^۱، رضوان زنده دل^{۱*}

۱. گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۲. گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۳. گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

* نویسنده مسئول. تلفکس ۰۲۱۲۲۴۳۰۷۹۳ ایمیل: Zendehdel76@sbmu.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: ترکیبات کروم بعنوان یکی از مهمترین منابع خطر برای سلامتی انسانها مطرح می باشند. ترکیبات شش ظرفیتی سمی تر از سایر ترکیبات آن می باشد. با توجه به خاصیت سرطانزایی آن هدف از این مطالعه پایش میزان مواجهه کارگران با کروم شش ظرفیتی در چند صنعت آبکاری بود. همچنین میزان ریسک محیطی و شغلی برای سرطانزایی به ازای غلظت های بدست آمده ارزیابی شد.

روش کار: این مطالعه توصیفی- مقطعی در ۱۰ کارگاه آبکاری کروم در تهران انجام شد. غلظت کروم شش ظرفیتی از روش ۷۶۰۰ موسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (NIOSH) تعیین گردید. در این مطالعه ریسک سرطانزایی محیطی و شغلی به ترتیب با کمک اطلاعات ریسک تجمعی از سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و راهنمای سازمان بهداشت جهانی برآورد شد. همچنین از مدل های رگرسیونی ارائه شده توسط Deborah Proctor برای تخمین میزان ریسک سرطانزایی دو سطح محیطی و شغلی استفاده گردید.

یافته ها: میانگین غلظت کروم شش ظرفیتی در کارگاه های بررسی شده $0.22 \text{ mg/m}^3 \pm 0.036$ با دامنه تغییرات بین 0.023 و 0.096 میلی گرم بر مترمکعب تعیین شد. تخمین ریسک محیطی با کمک مدل سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا اختلاف معنی داری با ریسک بدست آمده از مدل Deborah Proctor دارد ($p=0.001$). ولی ریسک شغلی تخمین یافته از مدل WHO اختلاف معنی داری با ریسک بدست آمده از مدل Deborah Proctor نداشت ($p=0.68$).

نتیجه گیری: میزان مواجهه شغلی $68/6$ درصد کارگران شرکت کننده در این مطالعه کمتر از حد تماس شغلی وزن یافته زمانی ایران بود. در حالی که ریسک سرطانزایی طبق مدل های بکار گرفته در این مطالعه در این افراد بالاتر از حد قابل قبول بود. بنظر می رسد نگرانی داشتن میزان مواجهه تنفسی کارگران در صنایع حاوی کروم شش ظرفیتی به اندازه حدود مجاز شغلی سبب کاهش ریسک سرطانزایی نمی گردد و باید با اقدامات کنترلی مناسب میزان تماس با کروم را به حداقل ممکن کاهش داد. این نتایج اهمیت بکارگیری روش های مناسب جهت کنترل آلودگی کروم در مقادیری پایین تر از حد آستانه مجاز را مشخص می نماید.

واژه های کلیدی: ریسک سرطانزایی، کروم شش ظرفیتی، صنایع آبکاری

دریافت: ۹۵/۳/۱۲ پذیرش: ۹۵/۶/۱

مقدمه

تماس با فلزات در محیط های شغلی یکی از مهمترین مشکلات ایجاد شده برای سلامت کارگران می باشد (۱). کروم از جمله فلزات مورد استفاده در صنایع مختلفی

همچون جوشکاری، تولید کرومات، صنایع رنگدانه های کروم و آبکاری می باشد (۲). کروم به شکل ترکیبات مختلف با ظرفیت های یک، سه و شش استفاده می گردد و کروم شش ظرفیتی سمی تر از ترکیبات

به طور شفافی ارتباط دوز- پاسخ از سرطان ریه و مواجهه با کروم شش ظرفیتی نشان داده است (۱۴). همچنین سرطان نایژه در مواجهه با ترکیبات نامحلول کروم شش ظرفیتی ظاهر شده است، NIOSH اعلام کرده است که همه ترکیبات کروم شش ظرفیتی سرطانزا هستند و مواجهه تنفسی با کروم عامل مهمی در ایجاد تومورهای ریوی می‌باشد. همچنین مواجهه با $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ از ترکیبات کروم شش ظرفیتی سرطانزا محسوب می‌شود (۱۵).

تکنیک‌های ارزیابی مواجهه ای که امروزه در دسترس هستند به طور قابل توجهی می‌تواند در بهبود کیفیت مطالعات اپیدمیولوژیک و ارزیابی ریسک بهداشتی و شناسایی سطوح ایمن موثر باشد. همچنین بعنوان گامی در جهت کنترل آلاینده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۶). پایش مواجهه اولین گام در ارزیابی ریسک است و می‌تواند در جهت برنامه‌هایی چون مراقبت سلامت، آموزش و برنامه‌های حفاظت تنفسی بکار رود (۱۷). ارزیابی ریسک یکی از جدیدترین رویکردهای سم شناسی است، در این رویکرد ویژگی‌های مخاطره‌آمیز مواد شیمیایی و وسعت پیامدهای مواجهه به صورت احتمال بروز اثرات سمی در جمعیت‌های مواجهه یافته بیان می‌گردد (۱۸). میزان ریسک کمی سرطانزایی به دو شکل ارائه می‌شود: الف- ارائه ریسک بر اساس میزان میلی‌گرم دریافت شده از مسیر خوراکی در روز به ازای هر کیلوگرم از وزن بدن $(\text{mg}/\text{kg})/\text{day}$ که با برون‌یابی دوزهای پایین از منحنی‌های ارائه شده در تحقیقات تجربی بدست می‌آید (۱۹). ب- تعیین ریسک کمی به ازای میکروگرم دریافت تنفسی از ماده در هر مترمکعب از هوای تنفسی (۲۰). که گاهی اوقات به شکل ریسک واحد^۳ ارائه می‌گردد. در ریسک واحد خطر ابتلا به سرطان با نتایجی از مواجهه تنفسی مداوم به یک عامل شیمیایی در غلظت $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ تخمین زده می‌شود. طبق پیشنهاد سازمان حفاظت از محیط

دیگر می‌باشد (۳، ۴). تماس با کروم شش ظرفیتی سبب ایجاد زخم‌های پوستی، تحریک دستگاه تنفسی، زخم و سوراخ شدن تیغه بینی، ایجاد اختلالات کبدی و کلیوی می‌گردد (۵). در مطالعات مختلف مواجهه تنفسی با کروم شش ظرفیتی را مرتبط با سرطان ریه اعلام نموده اند (۳، ۶). همچنین ریسک سرطان معده، بینی و سینوس‌های بینی نیز در افراد مواجهه یافته با کروم شش ظرفیتی بالاتر از حد انتظار می‌باشد (۷). آژانس بین‌المللی تحقیق بر سرطان^۱ در سال ۱۹۸۰ این ترکیب را در گروه مواد سرطانزا طبقه بندی کرد و در سال ۱۹۸۷ به عنوان سرطانزای انسانی (گروه I) معرفی نمود.

یکی از مهمترین منابع انتشار کروم شش ظرفیتی در محیط کار، فرایند آّبکاری کروم است (۸). طبق گزارش اداره ایمنی و بهداشت حرفه ای آمریکا^۲ در سال ۲۰۰۵، تقریباً ۲۵۴۷۹ نفر در آمریکا دارای تماس شغلی با کروم شش ظرفیتی در پروسه آّبکاری بوده‌اند (۹). در فرایند آّبکاری کروم تماس کارگران با میست اسید کرومیک وجود دارد که از طریق استنشاق، بلعیدن و تماس پوستی رخ می‌دهد (۶). تماس با کروم می‌تواند درماتیت‌های شغلی ایجاد کند. علت ۵/۶ درصد از درماتیت‌های آلرژیک شغلی تماس با کروم می‌باشد (۱۰). از آثار دیگر تماس با کروم اختلالات کلیوی (۱۱) در مواجهه با $15\text{ mg}/\text{kg}$ از کروم شش ظرفیتی گزارش شده است (۱۲). در مطالعه ای که بر روی کارگران آّبکاری صورت گرفته مواجهه با غلظت‌های بالاتر از $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ تحریک بینی و مواجهه با غلظت‌های بالاتر از $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ منجر به سوراخ شدن تیغه بینی شده است (۱۳). در تماس کارگران آّبکاری با میست کروم، علائم حاد غیرطبیعی و اختلالات عملکردی در سیستم تنفسی گزارش شده است (۳). مطالعه اپیدمیولوژیک بر روی ۲۳۵۷ کارگر

¹ International Agency for Research on Cancer (IARC)

² Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

³ Unit Risk

پمپ نمونه بردار فردی SKC انجام گردید. تعیین مقدار کروم شش ظرفیتی با کمک محلول دی فنیل کاربازاید در دستگاه اسپکتروفتومتر مرئی مدل CE2021 و در طول موج ۵۴۰ نانو متر انجام یافت. میزان مواجهه تنفسی کارگران با کروم شش ظرفیتی با در نظر گرفتن حجم هوای نمونه برداری و با توجه به شرایط دما و فشار در محیط نمونه برداری بر حسب میلی گرم بر متر مکعب محاسبه گردید.

ارزیابی ریسک سرطانزایی

در این مطالعه ریسک سرطانزایی با دو رویکرد مواجهه شغلی و محیطی محاسبه گردید.

محاسبه ریسک سرطانزایی در مواجهه محیطی

در این مطالعه جهت تعیین میزان ریسک سرطانزایی در مواجهه محیطی از دو مدل استفاده گردید. در مدل اول با بکارگیری اطلاعات ریسک تجمعی از سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و با استفاده از روش برون یابی- چندمرحله ای میزان ریسک تعیین گردید (۲۳). این سازمان ریسک سرطانزایی در مواجهه محیطی بر اساس استنشاق آلاینده شیمیایی در محیط در تمام طول عمر افراد (طول عمر متوسط ۷۰ سال) ارائه شده است. قابل توجه است که مدل پیشنهاد شده در این سازمان برای تخمین ریسک سرطانزایی در غلظت‌های مواجهه محیطی کمتر از $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ قابل استفاده است. جهت استفاده از این مدل با کمک اعداد ریسک پیشنهاد شده برای سه غلظت از مواجهه محیطی با کروم شش ظرفیتی نمودار ریسک سرطانزایی ترسیم گردید (نمودار ۱) سپس از روی معادله خط بدست آمده، میزان بروز ریسک سرطان برای غلظت‌های تخمین یافته در این مطالعه برای هر فرد محاسبه گردید.

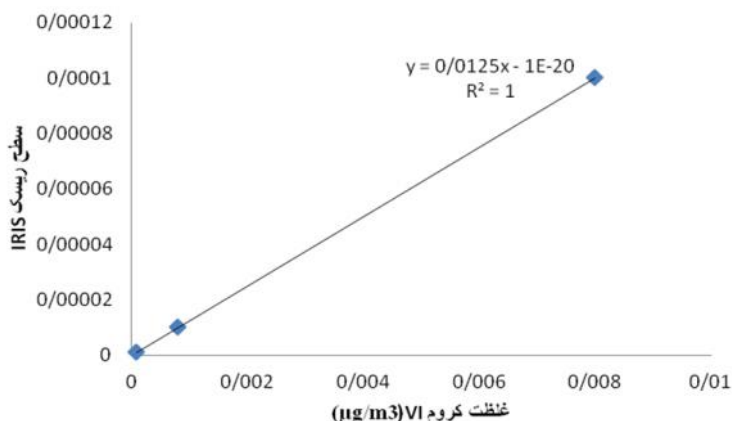
زیست آمریکا میزان ریسک قابل قبول در مواجهه محیطی با ترکیبات شیمیایی به شکل یک در هر ۱۰۰۰۰۰۰ در تماس شغلی یک در ۱۰۰۰ تعریف می‌شود (۲۲،۲۱). ریسک واحد برای مواجهه محیطی با کروم شش ظرفیتی $1.2 \times 10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3$ توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا برآورد گردیده است (۲۳). همچنین ریسک واحد برای مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی $10^{-2} \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 8$ توسط سازمان بهداشت جهانی تعیین شده است (۲۱).

با توجه به اهمیت سرطانزایی در مواجهه تنفسی با کروم شش ظرفیتی در این مطالعه با کمک میزان مواجهه کارگران در چند صنعت آبکاری میزان ریسک کمی سرطانزایی به ازای دریافت تنفسی کروم شش ظرفیتی جهت مواجهه شغلی و محیطی ارزیابی شد.

روش کار

پایش مواجهه تنفسی

این مطالعه توصیفی- مقطعی در ۱۰ کارگاه آبکاری کروم (A1-A10) در تهران انجام شد. در این کارگاه‌ها کارگران به سه گروه شغلی میله چینی، پولیش و اپراتور ناظر بر وان کروم تقسیم شدند. کارگران در قسمت پولیش به آماده سازی قطعات جهت آبکاری می‌پردازند، در قسمت میله چینی، کارگران قطعات را بر روی میله‌هایی برای ورود به وان کروم می‌چینند و اپراتورهای وان بر کار وان نظارت داشتند. به منظور برآورد میزان مواجهه کارگران آبکاری با کروم شش ظرفیتی، نمونه برداری از منطقه تنفسی کارگران به صورت تمام شماری برای ۳۵ کارگر مرد انجام یافت. میزان مواجهه تنفسی کارگران با کروم شش ظرفیتی از روش ۷۶۰۰ موسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا با کمک



نمودار ۱. سطح ریسک محیطی برای سرطانزایی با کمک اطلاعات ریسک تجمعی IRIS

محاسبه ریسک سرطانزایی در مواجهه شغلی

جهت تعیین ریسک سرطانزایی شغلی در این مطالعه از دو رویکرد استفاده شد. در رویکرد اول از راهنمای سازمان بهداشت جهانی استفاده گردید که ارزیابی ریسک کمی بر پایه مطالعاتی است که بر روی کارگران دارای مواجهه با کروم VI تدوین شده است. در مدل پیشنهاد شده سطح ریسک سرطانزایی به ازای مواجهه با هوای $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ به میزان 10^{-2} برآورد گردیده است (۲۴). جهت استفاده از این مدل با کمک اعداد ریسک پیشنهاد شده برای سه غلظت از مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی نمودار ریسک سرطانزایی ترسیم گردید (نمودار ۲)، سپس با کمک معادله خط بدست آمده، میزان بروز ریسک سرطان برای مقادیر مواجهه تخمین یافته در این مطالعه محاسبه گردید.

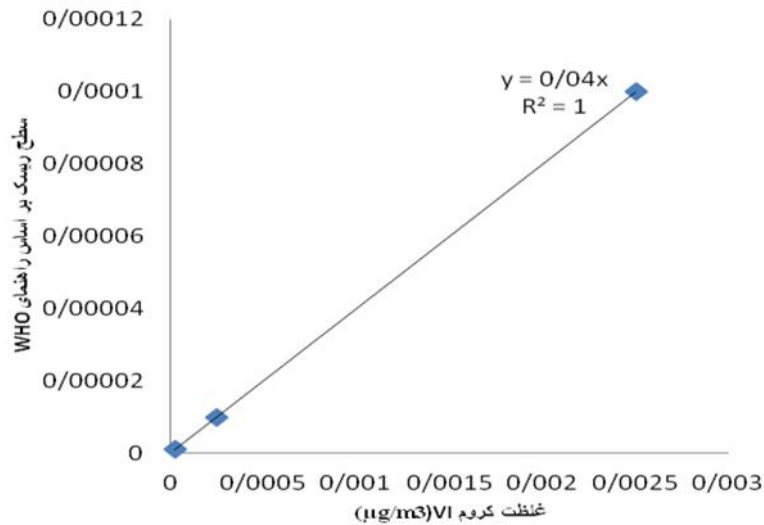
در رویکرد دوم از مطالعه دבורا پروکتور و همکاران استفاده گردید. جهت بکارگیری آن مدل با کمک ریسک سرطانزایی اعلام شده در غلظت‌های مختلف یک منحنی خطی ترسیم شد (جدول ۲) و با کمک معادله بدست آمده ریسک سرطانزایی شغلی به ازای غلظت‌های بدست آمده تخمین زده شد.

مدل دوم برای تخمین ریسک سرطانزایی از مطالعه دבורا پروکتور^۱ و همکاران استخراج شد. در این مطالعه کوهورت کارگران تولید کرومات از سال ۱۹۴۰ تا ۲۰۱۱ در کشور ایالت اوهایو کشور ایالات متحده آمریکا مورد پیگیری قرار گرفتند. در این مدل با استفاده از روش‌های رگرسیونی مدلی برای تخمین میزان ریسک سرطانزایی در طول عمر فرد (۷۰ سال) بر اساس میزان تماس با کروم شش ظرفیتی و بر اساس تقسیم بندی زمان مواجهه ارائه شد. در مطالعه اخیر با کمک ریسک‌های اعلام شده در مقاله دבורا پروکتور برای غلظت‌های مختلف یک منحنی خطی رسم شد (جدول ۱) و با کمک معادله بدست آمده ریسک سرطانزایی محیطی به ازای غلظت‌های بدست آمده تخمین زده شد.

جدول ۱. معادلات ارزیابی ریسک سرطانزایی در مواجهه محیطی با کروم شش ظرفیتی

معادله بکار گرفته شده از مطالعه دבורا پروکتور	سابقه مواجهه
$y = 24/261x + 0/0386$	زیر ۱ سال
$y = 26/961x + 0/0391$	زیر ۵ سال
$y = 32/161x + 0/0392$	زیر ۱۰ سال
$y = 14/521x + 0/0785$	زیر ۱۵ سال

^۱ Deborah Proctor



نمودار ۲. سطح ریسک شغلی سرطان با کمک مدل سازمان بهداشت جهانی

جدول ۲. معادلات ارزیابی ریسک سرطانزایی در مواجهه شغلی با کروم

شش ظرفیتی	
سابقه مواجهه	معادله بکار گرفته شده از مطالعه دوبرا پروکتور
زیر ۱ سال	$y = 123/16x + 0/0392$
زیر ۵ سال	$y = 131/66x + 0/0394$
زیر ۱۰ سال	$y = 152/46x + 0/0398$
زیر ۱۵ سال	$y = 191/66x + 0/0404$

یافته‌ها

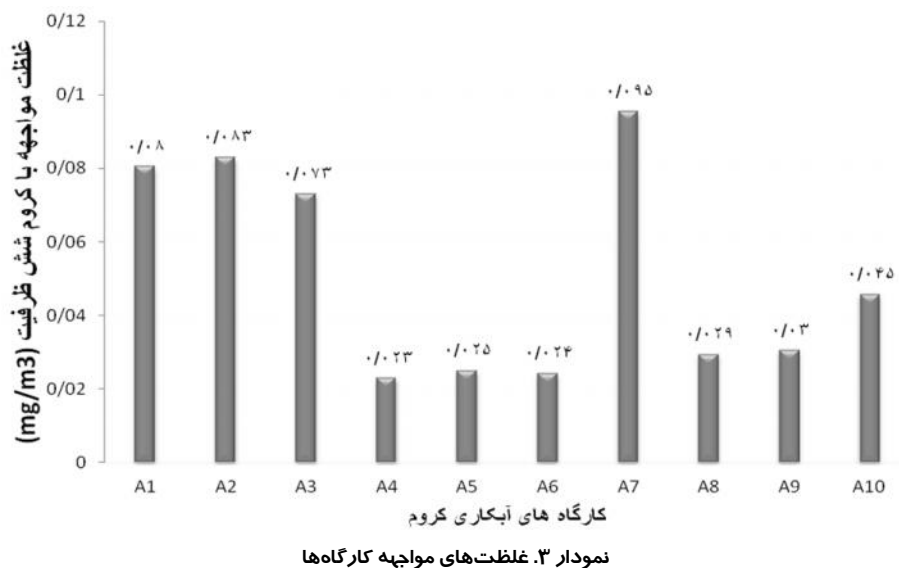
ارزیابی مواجهه شغلی

میانگین سن و سابقه کار افراد مورد مطالعه به ترتیب ۲۲/۱۰±۳۵/۵۴ و ۹/۹±۹/۴ سال ارزیابی شد. میانه غلظت کروم شش ظرفیتی در کارگاه‌های بررسی‌شده در نمودار ۳ نشان داده شده است. میانه میزان مواجهه با میست کروم شش ظرفیتی در کارگاه‌های بررسی شده $۰/۰۲۲ \pm ۰/۰۳۶ \text{ mg/m}^3$ با حداکثر تماس شغلی به میزان $۰/۰۲۴ \pm ۰/۰۹۶ \text{ mg/m}^3$ در کارگاه A7 و حداقل تماس $۰/۰۲۳ \text{ mg/m}^3$ در کارگاه A4 ارزیابی شد. میزان مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی در کارگاه‌های بررسی شده از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($p=۰/۰۰۰۱$).

آنالیز آماری

آنالیز یافته‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS-16 انجام یافت. برای مقایسه نتایج مواجهه با کروم شش ظرفیتی و ریسک سرطانزایی در کارگاه‌ها و گروه‌های شغلی مختلف برای توزیع نرمال داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه، و جهت توزیع غیرنرمال داده‌ها از آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. همچنین برای مقایسه دو مدل ارزیابی ریسک شغلی از آزمون تی و مقایسه دو مدل ارزیابی ریسک محیطی از آزمون من-ویتنی یو^۱ استفاده شد.

¹ Mann-whitney U Test



کارگاه A1 ثبت گردید، ولی بین دما و میزان مواجهه و همچنین فشار و میزان مواجهه رابطه همبستگی معناداری دیده نشد.

ارزیابی ریسک

میزان میانگین ریسک کمی محیطی و شغلی در کارگاه‌های بررسی شده در جدول ۴ ارائه شده است. در مورد مدل دیورا پروکتور میزان ریسک کمی محیطی به صورت میانه است. نتایج بررسی این مدل سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا با استفاده از آزمون من-ویتنی یو اختلاف معنی‌داری با ریسک بدست آمده از مدل دیورا پروکتور بدست آمد ($p=0/0001$)، ولی ریسک شغلی تخمین یافته از مدل WHO با استفاده از آزمون تی اختلاف معنی‌داری با ریسک بدست آمده از مدل دیورا پروکتور نداشت ($p=0/68$).

میزان مواجهه با کروم شش ظرفیتی در گروه‌های شغلی مختلف در جدول ۳ مشخص گردیده است، نتایج نشان می‌دهد میزان تماس کارگران در بخش پولیش میله بالاتر از بخش‌های دیگر است.

جدول ۳. مواجهه شغلی با میست کروم شش ظرفیتی در گروه‌های شغلی

میانگین مواجهه با کروم شش ظرفیتی (mg/m ³)	شغل
0.053 ± 0.015	پولیش
0.044 ± 0.025	نظارت بر کاروان
0.038 ± 0.003	میله چینی
0.05	P

نتایج ارزیابی دما و فشار هوا در کارگاه‌های مختلف نشان می‌دهد میزان دما ($p=0/0001$) و فشار هوا ($p=0/0001$) در کارگاه‌های بررسی شده اختلاف معنی‌داری دارا است، بطوری‌که بیشترین میزان دما در کارگاه A4 و A7 و بیشترین مقدار فشار هوا در

جدول ۴. ریسک کمی محیطی و شغلی در مواجهه با کروم شش ظرفیتی

ریسک	روش ارزیابی	ارزیابی ریسک میانگین	p-value
ریسک محیطی	بر اساس اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا	0.56	0/0001
	بر اساس مدل Deborah Proctor	1/638	
ریسک شغلی	بر اساس مدل WHO	1/824	0/68
	بر اساس مدل COX مطالعه Deborah Proctor	0/611	

بحث و نتیجه گیری

ارزیابی ریسک یکی از روش‌های پیشگیری موثر برای حفاظت از سلامت انسان‌ها است. بررسی میزان ریسک مواجهه محیطی جهت پیشگیری از ایجاد عوارض مواجهه تنفسی در طول عمر افراد برای عموم مردم اهمیت دارد. همچنین میزان ریسک در مواجهه شغلی جهت ممانعت از ایجاد عوارض مواجهه تنفسی در طول سابقه کار افراد برای کارگران حائز اهمیت است. در این مطالعه ابتدا میزان مواجهه تنفسی در چند کارگاه آבקاری بررسی گردید، سپس بر اساس میزان مواجهه تنفسی با کروم میزان ریسک سرطانزایی به ازای آن غلظت‌ها با دو رویکرد مواجهه محیطی و شغلی ارزیابی شد.

در مطالعه حاضر میزان مواجهه با میست کروم در ۱۰ کارگاه ارزیابی شده در رنج ۲۳ تا ۹۶ میکروگرم بر مترمکعب مشاهده گردید، وجود فاصله غلظتی به دلیل تفاوت در شرایط سیستم تهویه کارگاه‌های مختلف، فضای کارگاهی و نیز بار کاری کارگاه‌ها بود. حد آستانه شغلی وزن یافته زمانی پیشنهاد شده در وزارت بهداشت ایران و اداره ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا 0.05 میلی گرم بر مترمکعب تعیین شده است. میانه مواجهه شغلی با ترکیب کروم شش ظرفیتی 0.022 ± 0.038 میلی گرم بر مترمکعب ارزیابی شد که پایین‌تر از حد استاندارد مشخص گردید. از کارگران شرکت کننده در این مطالعه ۲۴ نفر ($6/68\%$) دارای تماس کمتر از حد مجاز بوده و ۱۱ نفر ($4/31\%$) مواجهه ای بیشتر از حد مجاز داشتند. از بین کارگاه‌های مطالعه شده ۴۰ درصد دارای غلظت مواجهه‌ای بالاتر از حد آستانه مجاز بودند. میزان تراکم کروم شش ظرفیتی در هوای تنفسی آبکاران کروم در مطالعه گلبابایی و همکاران برابر با $14/57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ارزیابی شده است (۲۵) که پایین‌تر از محدوده مواجهه در مطالعه حاضر است. چن^۱ و

همکاران در مطالعه ای بر روی ۳۰ نفر از کارگران آבקاری مواجهه شغلی با غلظت کروم VI را $25/2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ارزیابی کردند (۲۶). همچنین در مطالعه ژانگ^۲ و همکاران متوسط غلظت مواجهه کوتاه مدت در کارخانه‌های آבקاری برابر با $0.06 \text{ mg}/\text{m}^3$ (محدوده ای بین 0.016 تا 0.531 میلی گرم بر متر مکعب) ارزیابی شد (۲۷). در بین گروه‌های شغلی، از نظر غلظت‌های مواجهه در شاغلین پولیش، کارگران ناظر بر وان و سپس کارگران چینش میله به ترتیب بیشترین مواجهه مشاهده شد. بالاترین میزان مواجهه در کارگاه ۷ گزارش شد ($0.024 \text{ mg}/\text{m}^3 \pm 0.096$) و در کارگاه ۴ به دلیل استفاده از گلوله‌های ضد گاز و نیز تهویه موضعی مناسب کمترین غلظت مواجهه ($0.023 \text{ mg}/\text{m}^3$) مشاهده شد.

در این مطالعه ارزیابی ریسک کمی با کمک دو مدل در دو سطح محیطی و شغلی انجام شد. ارزیابی ریسک محیطی در هر دو روش نشان داد که از لحاظ آماری بین کارگاه‌های مختلف ارتباط معنی‌داری وجود دارد. با توجه به اینکه ریسک قابل قبول محیطی ۱ نفر به ازای یک میلیون نفر است (۲۸)، در این مطالعه به طور میانگین بر اساس اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا برابر با 0.056 معادل ۵۶۰۰۰۰ نفر به ازای یک میلیون نفر و بر اساس مدل محیطی COX مطالعه دبورا پروکتور، برابر با $1/638$ معادل ۱۳۶۸۰۰۰ نفر در یک میلیون بدست آمد، همچنین با توجه به اینکه ریسک قابل قبول شغلی ۱ نفر به ازای ۱۰۰۰ نفر است، در این مطالعه به طور میانگین بر اساس راهنمای WHO، $1/824$ معادل ۱۸۲۴ نفر به ازای ۱۰۰۰ نفر و بر اساس مدل شغلی COX مطالعه دبورا پروکتور $0/611$ معادل ۶۱۱ نفر ازای ۱۰۰۰ نفر بدست آمد، تمامی ریسک‌های بدست آمده از دو روش غیر قابل قبول هستند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد میزان ریسک سرطانزایی با غلظت‌های

² Zhang

¹ Chen

موجودات آزمایشگاهی جمع آوری شده است، بنابراین از اسناد اطلاعات حیوانی هم در زمینه این راهنما با هدف برآوردی جهت سلامت عمومی و محیط زیستی استفاده شده است. در این مطالعه اختلاف معنی داری در دو مدل ارزیابی ریسک محیطی بدست آمد. در حالی که در راهنمای WHO ارزیابی ریسک کمی بر پایه مطالعاتی که بر روی کارگرانی که مواجهه با کروم VI داشتند، بر اساس آنالیز دوز- پاسخ از اطلاعات مرگ و میر سرطان ریه تدوین گردیده است که بین دو مدل ارزیابی ریسک شغلی اختلاف معنی داری یافت نشد. با توجه به اینکه روش IRIS برای غلظت‌های بالای مواجهه (بیشتر از $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) مناسب نمی‌باشد (۲۳) و اینکه نتایج حاصل از مطالعات اپیدمیولوژیک شغلی کارگران در معرض و افراد مورد مطالعه با مطالعات شغلی سازگارتر است، استفاده از ارزیابی ریسک در سطح شغلی پیشنهاد می‌شود.

بررسی شده در این مطالعه برطبق مدل دوبرا پروکتور در مواجهه محیطی و بر اساس مدل پیشنهاد شده توسط WHO برای مواجهه شغلی غیرقابل قبول می‌باشد.

در این مطالعه میزان تماس با کروم شش ظرفیتی در ۲۴ نفر از کارگران بررسی شده پایین‌تر از حد مجاز بود، در حالی که طبق همه مدل‌های مورد استفاده در این مطالعه همه افراد ریسک سرطانزایی شغلی غیرقابل قبول دارا می‌باشند. بنابراین بنظر می‌رسد حدود مجاز مواجهه شغلی حدی برای کاهش ریسک سرطانزایی نمی‌باشد و مقدار کروم شش ظرفیتی بعنوان یک ماده با ریسک سرطانزایی باید تا حد امکان در محیط با اقدامات کنترلی کاهش داده شود.

اطلاعات IRIS بر اساس اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا بر پایه مطالعات اپیدمیولوژیک و ارتباط دوز- پاسخ و سرطان ریه در مواجهه افراد با کروم VI و همچنین اطلاعات بدست آمده از سرطان

References

- 1- Wiwanitkit V. Minor heavy metal: A review on occupational and environmental intoxication. *Indian journal of occupational and environmental medicine*. 2008;12 (3):116.
- 2- Anderson RA. Nutritional role of chromium. *Science of the Total Environment*. 1981;17(1): 13.
- 3- Neghab M, Azad P, Zarei F, Ghaderi E. Acute and Chronic Respiratory Effects of Chromium Mists. *Journal of health sciences and surveillance system*. 2015;3(3):119-24.
- 4- Nickens KP, Patierno SR, Ceryak S. Chromium genotoxicity: a double-edged sword. *Chemico-biological interactions*. 2010;188 (2):276-88.
- 5- Winder C, Stacey NH. *Occupational toxicology*. CRC Press; 2004: 309-10.
- 6- Gatto NM, Kelsh MA, Mai DH, Suh M, Proctor DM. Occupational exposure to hexavalent chromium and cancers of the gastrointestinal tract: a meta-analysis. *Cancer epidemiology*. 2010;34 (4):388-99.
- 7- Bertazzi P, Zocchetti C, Terzaghi G, Riboldi L, Guercilena S, Beretta F. Cancerogenic risk in the production of paints and varnishes. Mortality study. *La Medicina del lavoro*. 1981; (6)72: 465.
- 8- Kuo YM, Wang CS. Droplet fractionation of hexavalent chromium from bubbles bursting at liquid surfaces of chromic acid solutions. *Journal of aerosol science*. 2002;33(2):297-306.
- 9- Golbabaei SH, Tirgar A, Hoseini SM. Effective Factors on Determination of Hexavalent Chromium in Air. *Journal of Kermanshah University of Medical Sciences*. 2008;12(1): 71.
- 10- Kanerva L, Jolanki R, Estlander T, Alanko K, Savela A. Incidence rates of occupational allergic contact dermatitis caused by metals. *American Journal of Contact Dermatitis*. 2000;11(3):155-60.
- 11- Miksche L, Lewalter J. Health surveillance and biological effect monitoring for chromium-exposed workers. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1997;26(1):S94-S9.
- 12- Wedeen RP, Qian L. Chromium-induced kidney disease. *Environmental health perspectives*. 1991;92:71.

- 13- Saha R, Nandi R, Saha B. Sources and toxicity of hexavalent chromium. *Journal of Coordination Chemistry*. 2011;64 (10):1782-806.
- 14- Gibb HJ, Lees PS, Pinsky PF, Rooney BC. Lung cancer among workers in chromium chemical production. *American journal of industrial medicine*. 2000;38(2):115-26.
- 15- Katz SA, Salem H. The toxicology of chromium with respect to its chemical speciation: a review. *Journal of Applied Toxicology*. 1993;13 (3):217.
- 16- Nieuwenhuijsen M, Paustenbach D, Duarte-Davidson R. New developments in exposure assessment: the impact on the practice of health risk assessment and epidemiological studies. *Environment International*. 2006;32(8):996-1009.
- 17- Stewart P, Stenzel M. Exposure assessment in the occupational setting. *Applied occupational and environmental hygiene*. 2000;15(5):435-44.
- 18- 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.
- 19- Mancuso T. editor Consideration of chromium as an industrial carcinogen. *International Conference on Heavy Metals in the Environment, Toronto, Ontario, Canada*. 1975.
- 20- Mancuso TF. Chromium as an industrial carcinogen: Part I. *American Journal of Industrial Medicine*. 1997;31 (2):129-39.
- 21- Krzyzanowski M, Cohen A. Update of WHO air quality guidelines. 2008: 7-13.
- 22- Park RM, Bena JF, Stayner LT, Smith RJ, Gibb HJ, Lees PS. Hexavalent chromium and lung cancer in the chromate industry: a quantitative risk assessment. *Risk analysis*. 2004;24(5):1099-108.
- 23- Integrated Risk Information System (IRIS). Chromium (VI) ; CASRN 18540-29-9. In: EPA, editor. EPA. 1987.
- 24- WHO. Air quality guidelines for Europe. 2000.
- 25- Golbabaie F, Ostadi m, Mohammad K, Ostadi V, Rismanchian V, Tirgar A, et al. Feasibility of biological monitoring for evaluating of exposure to cr 6 in electroplating workshops. *journal of school of public health and institute of public health research*. 2007;5:15-22.
- 26- Chen JL, Guo YL, Tsai PJ, Su LF. Use of inhalable Cr⁺⁶ exposures to characterize urinary chromium concentrations in plating industry workers. *Journal of Occupational Health*. 2002;44(1):46-52.
- 27- Zhang XH, Zhang X, Wang XC, Jin LF, Yang ZP, Jiang CX, et al. Chronic occupational exposure to hexavalent chromium causes DNA damage in electroplating workers. *BMC Public Health*. 2011;11 (1):224.
- 28- Rodricks JV, Brett SM, Wrenn GC. Significant risk decisions in federal regulatory agencies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1987;7(3):307-20.