

Non-carcinogenic risk assessment of occupational exposure to hexavalent chromium in two selected types of chrome electroplating workshops in Tehran

Zohreh Fazli¹, Rezvan Zendedel^{1*}, Davod Panahi¹, Mohsen Omid², Javad Sajedi far², Nima firouzeh³

1. Occupational Health Department, School of Public Health, Sahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Occupational Health Department, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. Medical Parasitology & Mycology Department, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ABSTRACT

Background and aims: There are increasing evidences for the toxicity of hexavalent chromium compounds. In the present research, occupational exposure to hexavalent chromium in the electroplating industry was studied. The corresponding non-carcinogenic risk was also assessed in two types of chrome electroplating workers.

Materials and methods: Occupational exposure to hexavalent chromium was evaluated in eighteen decorative and hard chromium electroplating workshops in Tehran, Iran. About 35 hard chromium electroplaters and 30 workers from decorative chrome electroplating workshops were studied. NIOSH 7600 was used to assess occupational exposure to hexavalent chromium. Non-carcinogenic risk assessment of hexavalent chromium was performed according to EPA reference dose. Ethical issues such as confidentiality of information and the announcement of results to the participants were all considered in all stages of research.

Results: The median hexavalent chromium concentration in studied workshops was 0.029 mg/m³, with the maximum occupational exposure of 0.096 mg/m³ in A7 related to hard chrome electroplating and the minimum level of 0.019 mg/m³ in B6 from decorative chrome electroplating workshops. The results of this study further showed that exposure to hexavalent chromium in the hard chromium electroplating workshops was significantly ($p \leq 0.0001$) higher than decorative chrome plating workshops. Non-carcinogenic risk of hard chrome electroplaters was 6 times higher than decorative chrome electroplating workers.

Conclusion: Airborne exposure to hexavalent chromium in the studied chrome electroplating workshops is lower than limit standard of occupational exposure, but non-carcinogenic risk is higher than acceptable level.

Keywords: Chromium VI, Chrome electroplating, Non-carcinogenic risk

***Corresponding Author:** Department of Occupational Health, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Email: zendehdel76@sbm.ac.ir

Received: 12 July 2016

Accepted: 20 Oct 2016

ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی در مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی برای دو نوع از آبکاریهای کروم منتخب شهر تهران

زهره فضلی^۱، رضوان زنده دل^{۱*}، داود پناهی^۱، محسن امیدی^۲، جواد ساجدی فر^۲، نیما فیروزه^۳

۱. گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳. گروه انگل شناسی و قارچ شناسی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: مدارک متعددی مبنی بر سمیت ترکیبات شش ظرفیتی کروم در اختیار است. در این تحقیق مقدار مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی در صنعت آبکاری مطالعه شد. همچنین ریسک غیرسرطانزایی در کارگران دو نوع آبکاری کروم تعیین شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مواجهه شغلی در ۱۸ کارگاه آبکاری کروم سخت و تزئینی واقع در تهران ارزیابی شد. ۳۵ آبکار کروم سخت و ۳۰ کارگر از کارگاه‌های آبکاری کروم تزئینی مورد بررسی قرار گرفتند. مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی با روش NIOSH ۷۶۰۰ تعیین گردید. ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی کروم شش ظرفیتی با توجه به دوز مرجع اعلام شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا صورت گرفت. در کلیه مراحل پژوهش رعایت موازین اخلاقی همچون محرمانه بودن اطلاعات و اعلام نتایج مطالعه به افراد شرکت کننده صورت گرفت.

یافته‌ها: میانگین غلظت کروم شش ظرفیتی در کارگاه‌های بررسی شده $0/029 \text{ mg/m}^3$ با حداکثر تماس $0/096 \text{ mg/m}^3$ در کارگاه Av مربوط به کارگاه‌های کروم سخت و حداقل تماس $0/019 \text{ mg/m}^3$ در کارگاه B۶ مربوط به کارگاه‌های کروم تزئینی ارزیابی شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، مواجهه با کروم شش ظرفیتی در آبکاران کروم سخت به شکل معنی داری ($p \leq 0/0001$) بالاتر از آبکاران کروم تزئینی است. ریسک غیرسرطان زایی در آبکاران کروم سخت ۶ برابر بیشتر از کارگران آبکاری کروم تزئینی بود.

نتیجه‌گیری: میزان مواجهه تنفسی با کروم شش ظرفیتی در آبکاری‌های بررسی شده پایینتر از حدود مجاز شغلی است ولی میزان سطح ریسک غیرسرطانزایی بالاتر از میزان قابل قبول می‌باشد.

کلید واژه‌ها: کروم VI، آبکاری کروم، ریسک غیرسرطانزایی

*نویسنده مسئول: تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، کدپستی ۱۹۸۳۵۳۵۱۱.

مقدمه

تماس با فلزات سنگین یکی از مهمترین ریسک‌ها برای سلامتی است که در برخی صنایع وجود دارد [۱]. از جمله این فلزات، می‌توان به کروم شش ظرفیتی اشاره نمود که در صنایع مختلفی همچون تولید کرومات، صنایع رنگدانه‌های کروم، جوشکاری و آبکاری بکار گرفته می‌شود [۲].

فرایند آبکاری کروم، صنعت پوشاندن سطح قطعات با لایه‌ای نازک از کروم است. در صنعت آبکاری کروم، میست کروم شش ظرفیتی در حد قابل ملاحظه‌ای وارد هوای محیط کار می‌شود که از بارزترین مشکلات بهداشتی این فرایند است [۳]. از مهمترین انواع آبکاری‌های کروم، آبکاری کروم سخت و آبکاری کروم تزئینی می‌باشد. آبکاری کروم سخت بر روی انواع قطعات صنعتی شامل انواع شفت، جک، میل ماردون، قالب‌ها، غلطک، سیلندر انواع خودرو و... انجام می‌شود. آبکاری کروم تزئینی با هدف ایجاد سطحی شفاف و مقاوم در مقابل تغییر رنگ و تیرگی استفاده می‌شود. در این فرایندها از ترکیباتی چون اسید کرومیک (کروم شش ظرفیتی)، مواد قلیایی و اسیدها جهت شستشو، اسید شویی، چربی‌گیری و الکترولیز استفاده می‌گردد [۴]. آژانس بین‌المللی تحقیق بر سرطان

(International Agency for Research on Cancer: IARC) ترکیبات کروم شش را سرطانزای انسانی (گروه I) معرفی نموده است [۵]. مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی منجر به تحریک پوست و ایجاد زخم‌های پوستی، تحریک سیستم تنفسی، زخم و سوراخ شدن تیغه بینی، ایجاد اختلالات کبدی و کلیوی می‌شود [۶]. علاوه بر آن مشکلات تنفسی، آسم و برونشیت مزمن [۷] و حساسیت‌های پوستی در اثر تماس با کروم شش ظرفیتی رخ می‌دهد [۸، ۹].

جذب کروم شش ظرفیتی در صنایع، بیشتر از راه تماس پوستی و استنشاقی است. مواجهه کوتاه مدت با مقادیر بالایی از کروم شش ظرفیتی موجب تحریک در محل تماس می‌شود. ایجاد زخم در پوست، تحریک مخاط بینی، سوراخ شدن تیغه بینی، تحریک دستگاه گوارش، آسیب به حس بویایی و تغییر رنگ در زبان و دندان‌ها (به رنگ زرد) از علائم سمیت کروم شش ظرفیتی است [۱۰]. استنشاق بخارات حاوی کروم شش ظرفیتی برای مجاری تنفسی سوزش آور است. عطسه، آبریزش بینی، قرمز شدن گلو و تورم شش‌ها دیده می‌شوند [۱۱]. روش‌های متعددی برای ارزیابی ریسک سلامتی انسان‌ها در مواجهه با مواد شیمیایی ارائه شده است که شامل ارزیابی ریسک کمی، نیمه کمی و کیفی هستند، ارزیابی ریسک علاوه بر تخمین ریسک سرطانزایی، برآورد نسبت خطر غیرسرطانزایی (Non-carcinogenic Hazard Quotient: NHQ) را نیز شامل می‌شود که برآوردی از ارزیابی سایر اثرات بهداشتی به جز اثر ایجاد سرطان در مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی است. چندین

روش برای ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی پیشنهاد شده است [۱۲]. این روش‌ها به طور کمی به تخمینی از اثرات آلاینده‌ها نمی‌پردازند؛ اما جهت تخمین کمی بر پایه (HQ) Hazard Quotient و Hazard Index (HI) برای مواد آلاینده در مطالعات بیان شده است [۱۳]. در مطالعات مختلف ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی فلزات در آب و خاک مطالعه شده است [۱۴، ۱۵]. همچنین ریسک غیرسرطانزایی در مواجهه با ترکیبات BTEX برای متصدیان ایستگاه‌های گازوئیل مطالعه شده است [۱۶]. با توجه به اهمیت شناخت و کنترل ترکیبات مخاطره‌آمیز در محیط‌های کاری و با در نظر گرفتن عوارض غیرسرطانزایی کروم شش ظرفیتی مطالعه حاضر با رویکرد پیشگیرانه، میزان ریسک غیرسرطانزایی برای مواجهه با فلز کروم شش ظرفیتی در دو نوع از کارگاه‌های آبکاری کروم سخت و تزئینی را مورد مطالعه قرار داده است.

مواد و روش‌ها

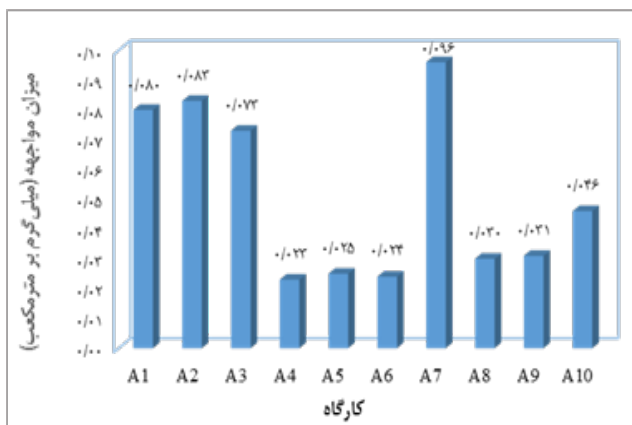
پایش مواجهه تنفسی

پژوهش حاضر یک مطالعه مقطعی از نوع توصیفی-تحلیلی است که در ۱۰ کارگاه آبکاری کروم سخت (A1-A10) و ۸ کارگاه آبکاری کروم تزئینی (B1-B8) در شهر تهران انجام یافت. 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 از کارگاه‌های آبکاری کروم سخت و همچنین ۳۰ نفر از کارگاه‌های کروم تزئینی انجام یافت. در این کارگاه‌ها، کارگران در ۲ گروه شغلی (۱) پولیش و شست شو و (۲) قطعه‌گذاری و نظارت بر وان، مشغول بودند. میزان مواجهه تنفسی کارگران با کروم شش ظرفیتی با استفاده از روش ۷۶۰۰ موسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا با کمک پمپ نمونه‌بردار فردی (انگلستان SKC) انجام گردید. تعیین مقدار کروم شش ظرفیتی با کمک محلول دی فنیل کاربازاید در دستگاه اسپکتروفتومتر مرئی مدل CE۲۰۲۱ و در طول موج ۵۴۰ نانومتر 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 و رطوبت نسبی در محیط نمونه برداری بر حسب میلی‌گرم بر مترمکعب محاسبه گردید. هر کدام از پارامترهای شرایط جوی با وسایل اندازه‌گیری مربوطه تعیین مقدار شدند. در کلیه مراحل پژوهش رعایت موازین اخلاقی همچون محرمانه بودن اطلاعات و اعلام نتایج مطالعه به افراد شرکت‌کننده صورت گرفت.

ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی

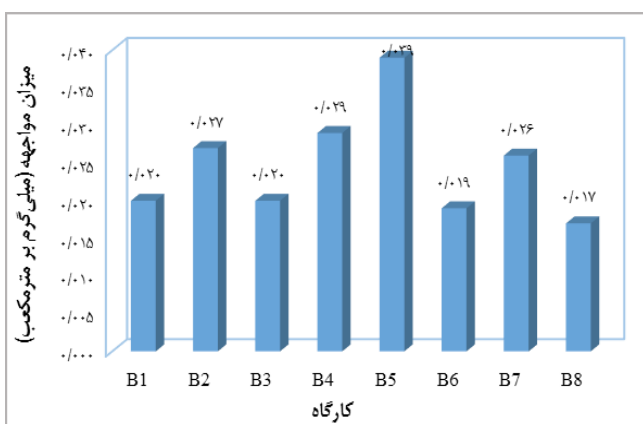
جهت ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی از نسبت خطر (NHQ) استفاده

در این مطالعه ۳۵ آبکار در ۱۰ کارگاه آبکاری کروم سخت و ۳۰ آبکار در ۸ کارگاه آبکاری کروم تزئینی، از نظر مواجهه شغلی و ریسک غیرسرطانزایی ارزیابی شدند. میانه غلظت کروم VI، در کارگاه‌های کروم سخت 0.33 mg/m^3 با تماس حداقل و حداکثر 0.97 mg/m^3 - 0.21 تعیین شد. نتایج مطالعه و نمودار شماره ۱ نشان می‌دهد که آزمون آماری من ویتنی برای غلظت کروم VI در کارگاه‌های آبکاری کروم سخت اختلاف معناداری ($p \leq 0.001$) دارد.



نمودار ۱- مواجهه شغلی در کارگاه‌های کروم سخت

میانگین غلظت کروم در کارگاه‌های کروم تزئینی $0.12 \pm 0.23 \text{ mg/m}^3$ به دست آمد (نمودار شماره ۲). غلظت کروم VI در کارگاه‌های کروم تزئینی اختلاف معناداری نداشت.



نمودار ۲- مواجهه شغلی در کارگاه‌های کروم تزئینی

در آزمون آماری تی تست برای گروه‌های شغلی مختلف میزان مواجهه با کروم شش ظرفیتی برای آبکاران کروم سخت و تزئینی به تفکیک، تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد؛ به این معنی که با توجه به یافته‌های آماری در گروه‌های شغلی از نظر مواجهه با کروم شش ظرفیتی اختلافی دیده نشد (جدول شماره ۱).

شد. ریسک خطر نسبت بین دوز تجمعی برآورد شده از یک آلاینده و دوز مرجع است. دوز مرجع دوزی است که با وجود مواجهه مداوم در طول عمر فرد، اثر غیرسرطانزایی قابل ملاحظه‌ای ایجاد نمی‌کند [۱۷]. در این تحقیق مقادیر دوز مرجع بر اساس پیشنهاد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) برای کروم شش ظرفیتی $8 \times 10^{-3} \text{ } \mu\text{g/m}^3$ در نظر گرفته شده است [۱۸]. جهت تعیین دوز تجمعی مواجهه با کروم شش ظرفیتی برای کارگران مطالعه شده از معادله زیر استفاده شد [۱۹]:

$$I = \frac{(C \times ET \times EF \times ED)}{AT}$$

I: دوز تنفسی ($\mu\text{g/m}^3$), C: غلظت مواجهه با کروم VI ($\mu\text{g/m}^3$), ET: ساعت کار روزانه (hr/day), EF: روزهای مواجهه در سال (days/year) با احتساب ۲۰ روز کار در ماه برابر با ۲۴۰ روز کاری در سال, ED: سابقه کار افراد (years), AT: میانگین طول عمر ۷۰ سال. مقدار NHQ بیشتر از یک مشخص کننده ریسک ایجاد اثرات غیرسرطانزایی است.

آنالیز آماری

آنالیز یافته‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۱۶ انجام یافت. برای مقایسه نتایج مواجهه با کروم شش ظرفیتی برای توزیع نرمال داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه و در توزیع غیرنرمال داده‌ها از آزمون کروسکال والیس استفاده شد. جهت تعیین معنی‌داری، اختلاف ریسک غیرسرطانزایی در دو گروه آبکاری از من ویتنی و تی تست استفاده شد.

یافته‌ها

ارزیابی مواجهه شغلی

۶۵ آبکار کروم در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند. میانگین سن و سابقه کار افراد مورد مطالعه به ترتیب 35.75 ± 1.05 و 7.9 ± 1.25 سال ارزیابی شد. میانگین سن و سابقه کار افراد در کارگاه‌های آبکاری کروم سخت به ترتیب 35.54 ± 1.02 و 9.48 ± 0.9 و میانگین سن و سابقه کار افراد در کارگاه‌های آبکاری کروم تزئینی به ترتیب 36 ± 1.1 و 6.2 ± 0.39 بود. میانه غلظت کروم شش ظرفیتی در کارگاه‌های بررسی شده 0.29 mg/m^3 با حداکثر تماس شغلی به میزان 0.97 mg/m^3 در کارگاه A7 مربوط به کارگاه‌های کروم سخت و حداقل تماس 0.19 mg/m^3 در کارگاه B6 مربوط به کارگاه‌های کروم تزئینی تعیین شد.

جدول ۱- میانگین مواجهه شغلی با کروم VI در گروههای شغلی

نوع کارگاه	مواجهه شغلی با کروم VI بر حسب mg/m^3 (انحراف معیار \pm میانگین)		نتیجه آزمون تی تست P
	شستشو و پولیش	قطعه‌گذاری و نظارت بر وان	
آبکاری کروم سخت	0.053 ± 0.015	0.044 ± 0.024	۰/۱۱
آبکاری کروم تزئینی	0.014 ± 0.002	0.024 ± 0.012	۰/۲۲

ارزیابی مواجهه با کروم شش ظرفیتی در آبکاران کروم سخت و تزئینی در نمودار شماره ۳ مقایسه شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد مواجهه با کروم VI در دو گروه از آبکاران اختلاف معنی‌داری دارد ($p \leq 0.0001$) و میزان مواجهه با کروم شش ظرفیتی در بین آبکاران کروم سخت بالاتر از آبکاران کروم تزئینی است.



نمودار ۳- میزان مواجهه با کروم VI کارگاه‌های آبکاری کروم سخت و تزئینی

ارزیابی ریسک غیرسرطانزایی

میزان ریسک غیرسرطانزایی در مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی برای کارگاه‌های آبکاری بررسی شده در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد؛ سطح ریسک غیرسرطانزایی در دو نوع کارگاه آبکاری غیر قابل قبول است. میزان ریسک غیرسرطانزایی در آبکاران کروم سخت، ۶ برابر بیشتر از آبکاران کروم تزئینی است.

جدول ۲- ریسک غیرسرطانزایی در دو نوع آبکاری کروم

نوع آبکاری	ارزیابی ریسک (انحراف معیار \pm میانگین)
کروم سخت	$123/89 \pm 102$
کروم تزئینی	$19/86 \pm 22$

بحث

پایش مواجهه، بعنوان گامی در جهت کنترل آلاینده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، تکنیک‌های ارزیابی مواجهه که امروزه در دسترس هستند، به طور قابل توجهی می‌تواند در بهبود کیفیت مطالعات و ارزیابی ریسک بهداشتی و شناسایی سطوح ایمن موثر باشد [۲۰]. پایش مواجهه اولین مرحله در ارزیابی ریسک است و همچنین می‌تواند مقدمه‌ای برای برنامه‌هایی چون مراقبت سلامت، آموزش و حفاظت تنفسی باشد [۲۱].

فرایند آبکاری کروم برای اهداف تزئینی و محافظتی از دیرباز مورد توجه بوده است که به منظور ایجاد مقاومت در برابر خوردگی و حرارت، افزایش کیفیت در مقابل سایش، تزیین و ... صورت می‌گیرد. کروم مورد استفاده در آبکاری کروم سخت و کروم تزئینی به شکل اسید کرومیک است که از ترکیبات کروم VI است. ضخامت قشر کروم در "کروم سخت" معمولاً بین ۵/۲-۷۵ میکرون است. در حالی که در کروم تزئینی این ضخامت به ندرت به ۲ میکرون می‌رسد [۴]. نتایج این مطالعه نیز نشان می‌دهد، میزان مواجهه با میست کروم شش ظرفیتی در آبکاری‌های کروم سخت به شکل معنی‌داری ($P \leq 0.0001$)، بالاتر از آبکاران کروم تزئینی است که به دلیل بکارگیری غلظت بالاتر از اسید کرومیک در وان‌های کارگاه‌های کروم سخت می‌باشد. بنابراین به هنگام بازرسی و در نظر گرفتن مواجهه با کروم شش ظرفیتی، توجه به نوع آبکاری کروم اهمیت ویژه‌ای دارد.

ارزیابی ریسک، فرایندی جهت برآورد احتمال ایجاد اثرات مضر بر سلامتی و در نتیجه مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی است. غلظت کروم شش ظرفیتی در کارگاه‌های بررسی شده $0.029 mg/m^3$ ارزیابی شد. حد آستانه شغلی وزنی-زمانی پیشنهاد شده در اداره ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH)، مجمع دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) و مرکز سلامت محیط و کار در ایران برای کروم VI، 0.05 میلی‌گرم بر مترمکعب است. نتایج مطالعه نشان داد، میانگین غلظت مواجهه با کروم VI، در آبکاران کروم سخت (0.045 ± 0.022 میلی‌گرم بر مترمکعب) و تزئینی (0.023 ± 0.012 میلی‌گرم بر مترمکعب) و پایین‌تر از حد استاندارد پیشنهاد شده است.

میزان تراکم کروم شش ظرفیتی در هوای تنفسی آبکاران کروم در مطالعه گلبابایی و همکاران برابر با $14/57 \mu g/m^3$ ارزیابی شده است. [۲۲] که پایین‌تر از رنج‌های مواجهه تنفسی در مطالعه حاضر است. Chen و همکاران در مطالعه‌ای بر روی ۳۰ نفر از کارگران آبکاری، مواجهه شغلی با غلظت کروم VI را $25/2 \mu g/m^3$ ارزیابی کردند که با مطالعه ما همخوانی دارد [۲۳]. همچنین در مطالعه Zhang و همکاران که بر روی کارگران آبکاری انجام دادند، متوسط غلظت

انسانهاست. بررسی میزان ریسک غیرسرطانزایی جهت ممانعت از ایجاد عوارض مواجهه تنفسی در طول سابقه کار برای کارگران حایز اهمیت است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد همه افراد مطالعه شده در این تحقیق، ریسک غیرسرطانزایی غیرقابل قبول دارند. با توجه به اینکه دوز مرجع مورد استفاده در این تحقیق ریسک ایجاد آتروفی در تیغه بینی است [۱۸]؛ نتایج این تحقیق نشان می‌دهد تمامی آبکاران کروم سخت و تزیینی جهت ایجاد آتروفی تیغه بینی ریسک پذیر هستند. در بین تمام آبکاران مورد بررسی در این مطالعه با مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی، ۲۲ درصد از افراد، مقادیری بالاتر از حدود مجاز مواجهه شغلی داشتند؛ ولی تمامی آبکاران دارای ریسک غیرسرطانزا هستند.

نتیجه گیری

بعنوان یک نتیجه‌گیری کلی از این مطالعه می‌توان گفت به هنگام بازرسی و بررسی مواجهه شغلی آبکاران کروم، توجه به نوع آبکاری اهمیت ویژه‌ای دارد؛ بطوری که تماس با کروم شش ظرفیتی محلول در آبکاران کروم سخت، بیشتر از آبکاران کروم تزیینی است. همچنین حدود مجاز مواجهه شغلی با کروم شش ظرفیتی، حدی برای کاهش ریسک غیرسرطانزایی این ترکیب نیست و افرادی با میزان مواجهه پایین‌تر از حدود مجاز شغلی، ممکن است دارای سطح ریسک بالاتر از میزان قابل قبول باشد.

تشکر و قدردانی

از دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و همچنین از کارشناسان بهداشت حرفه‌ای مراکز بهداشتی شرق و غرب تهران کمال تشکر را داریم که نهایت همکاری را در اجرای این پروژه داشته‌اند.

مواجهه کوتاه مدت در کارگاه‌های آبکاری برابر با 0.06 mg/m^3 (رنجی بین 0.016 تا 0.531 میلی‌گرم بر متر مکعب) [۲۴] ارزیابی شد که در محدوده نتایج این مطالعه می‌باشد. در مطالعه‌ای که Pierre و همکاران بر روی کارگران آبکاری کروم سخت انجام دادند، حداکثر غلظت مواجهه در این کارگران $5.3 \mu\text{g/m}^3$ برآورد گردید که پایین‌تر از رنج غلظتی مواجهه آبکاران کروم سخت در مطالعه حاضر است [۲۵]. در مطالعه دیگری Gwang yong و همکاران، مواجهه تنفسی کارگران با کروم شش ظرفیتی در کارگاه‌های آبکاری را $3 \mu\text{g/m}^3$

۲۱/۶-۱۱/۲۶ ارزیابی نمودند [۲۶] که با نتایج مطالعه ما همسو است. بر اساس نتایج این مطالعه، ۴۰ درصد از کارگاه‌های کروم سخت دارای غلظت مواجهه‌ای بالاتر از حد آستانه مجاز بوده‌اند؛ بطوری که بالاترین میزان مواجهه در کارگاه ۷A مشاهده شد. بیشترین میزان رطوبت نسبی نیز در کارگاه A7 گزارش گردید، بطوری که رابطه همبستگی معنی‌دار و مثبتی بین میزان مواجهه و رطوبت نسبی هوا مشاهده شد ($P=0.009$). همچنین کمترین میزان مواجهه با کروم شش ظرفیتی در کارگاه A4 تعیین گردید. قابل ذکر است که در کارگاه A4 به دلیل استفاده از گلوله‌های ضد گاز و نیز تهویه موضعی، کمترین میزان مواجهه گزارش گردید. در کارگاه‌های آبکاری کروم سخت، ۱۱ نفر (31.4%) دارای مواجهه‌ای بیشتر از حد مجاز بوده‌اند؛ همچنین در کارگران گروه‌های شغلی مختلف ۵۷ درصد از پولیش‌کاران و ۲۹ درصد از کارگران چینش میله و نظارت بر وان، با مواجهه‌ای بالاتر از حد مجاز ارزیابی شده‌اند.

در بین آبکاران کروم تزیینی، ۳ نفر (7.5%) مواجهه بیشتر از حد مجاز با کروم VI داشته‌اند. میزان مواجهه با کروم شش ظرفیتی در تمامی کارگاه‌های آبکاری کروم تزیینی پایین‌تر از حد مجاز بدست آمد. بالاترین میزان مواجهه با کروم VI در کارگاه ۵B (0.39 ± 0.14) میلی‌گرم بر مترمکعب) و کمترین میزان مواجهه در کارگاه B6 (0.19 ± 0.09) میلی‌گرم بر مترمکعب) مشاهده گردید.

ارزیابی ریسک یکی از روشهای پیشگیری موثر برای حفاظت از سلامت

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):13-29.
3. Klaassen CD. Casarett and Doull's Toxicology: the basic science of poisons. 17th ed. New York: McGraw-Hill 2008.
4. M Torrent FM. Metal Electroplatings. Tehran: Zaban Tasvir Publishing Co 2004; 210-35 (In Persian).
5. WHO. Overall evaluations of carcinogenicity: An updating of IARC monographs volumes 1 to 42. Lyon: International Agency for Research on Cancer, International Agency for Research on Cancer, World Health

Organization; 1987.

6. Galloway TS. Biomarkers in environmental and human health risk assessment. *Marine Pollution Bulletin* 2006; 53(10):606-13.
7. 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.
8. Bertazzi P, Zocchetti C, Terzagli G, Riboldi L, Guercilena S, Beretta F. Cancerogenic risk in the production of paints and varnishes. Mortality study. *La Medicina del lavoro* 1981; 72(6):465.
9. Cempel M, Nickel G. Nickel: a review of its sources and environmental toxicology. *Polish Journal of Environmental Studies* 2006; 15(3):375-82.
10. MÄKINEN M, Linnainmaa M. Dermal exposure to chromium in electroplating. *Annals of Occupational Hygiene* 2004; 48(3):277-83.
11. Scutaru B, Popa D, Cazuc V, Popescu I, Roman I, Hurduc V, et al. Ambient and biological monitoring of electroplating workers. *Journal of Preventive Medicine* 2006; 14(3-4):7-16.
12. Wang X, Sato T, Xing B, Tao S. Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Science of the Total Environment* 2005; 350(1):28-37.
13. Zheng N, Wang Q, Zhang X, Zheng D, Zhang Z, Zhang S. Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao city, China. *Science of the Total Environment* 2007; 387(1):96-104
14. Zabin SA, Foaad M, Al-Ghamdi AY. Non-carcinogenic risk assessment of heavy metals and fluoride in some water wells in the Al-Baha Region, Saudi Arabia. *Human and Ecological Risk Assessment* 2008; 14(6):1306-17.
15. Chabukdhara M, Nema AK. Heavy metals assessment in urban soil around industrial clusters in Ghaziabad, India: probabilistic health risk approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2013; 87:57-64.
16. Tunsaringkarn T, Siriwong W, Rungsiyothin A, Nopparatbundit S. Occupational exposure of gasoline station workers to BTEX compounds in Bangkok, Thailand. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2012; 3(3 July).
17. Smith R. EPA Region III Risk Based Concentration Table. Philadelphia (PA): United States Environmental Protection Agency, Region III, 1995.
18. USEPA. Chromium (VI). Integrated Risk Information System (IRIS), Chemical Assessment Summary, National Center for Environmental Assessment, United States Environmental Protection Agency; 1998. CASRN.1998; 18540-29-9.
19. Yimrungruang D, Cheevaporn V, Boonphakdee T, Watchalayann P, Helander HF. Characterization and health risk assessment of volatile organic compounds in gas service station workers. *Environment Asia* 2008; 2:21-29.
20. 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.

21. Stewart P, Stenzel M. Exposure assessment in the occupational setting. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 2000; 15(5):435-44.
22. Golbabaie F, Ostadi M, Mohammad K, Ostadi V, Rismanchian M, Tirgar A, et al. Feasibility of biological monitoring for evaluating of exposure to Cr6 in Electroplating workshops. *Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research* 2007; 5(3):15-22 (In Persian).
23. Chen J-L, Guo Y-L, Tsai P-J, Su L-F. Use of inhalable Cr⁺⁶ exposures to characterize urinary chromium concentrations in plating industry workers. *Journal of Occupational Health* 2002; 44(1):46-52.
24. Zhang X-H, Zhang X, Wang X-C, Jin L-F, Yang Z-P, Jiang C-X, et al. Chronic occupational exposure to hexavalent chromium causes DNA damage in electroplating workers. *BMC Public Health* 2011; 11(1):224.
25. Pierre F, Diebold F, Baruthio F. Biomonitoring of two types of chromium exposure in an electroplating shop. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 2008; 81(3):321-29.
26. Yi GY, Kim B, Shin YC. Worker Exposure Assessment on Airborne Total Chromium and Hexavalent Chromium by Process in Electroplating Factories. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene* 2015; 25(1):89-94.