

## ارزیابی مواجهه شغلی کارگران ریخته‌گری آلومینیم با آئروسول‌های قابل استنشاق آلومینیم

منصور رضازاده آذری\*<sup>۱</sup>، علی چوپانی<sup>۲</sup>، محمد جواد جعفری<sup>۴</sup>، حمید سوری<sup>۲</sup>، سید یونس حسینی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشکده بهداشت، بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

<sup>۴</sup> دانشکده بهداشت، بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

### چکیده

**سابقه و هدف:** آلومینیم و به‌طور مشخص ترکیبات آن، بخش بزرگی از آلاینده‌های موجود در هوای ریخته‌گری‌های آلومینیم را تشکیل می‌دهند. مطالعات زیادی که در دهه‌های اخیر بر روی اثرات زیان‌آور آلومینیم انجام پذیرفته‌است، آنرا به عنوان یک فلز نوروٹوکسیک معرفی نموده‌اند. مواجهه مزمن شغلی از طریق تنفس عبارات ریخته‌گری‌های آلومینیم، یک مشکل رایج می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی میزان مواجهه شغلی با آئروسول‌های آلومینیم در گروه‌های مختلف شغلی دو کارخانه ریخته‌گری آلومینیم می‌باشد.

**روش بررسی:** به منظور بررسی مواجهه شغلی کارگران ریخته‌گری با آئروسول‌های قابل‌استنشاق (Respirable) آلومینیم، از ناحیه تنفسی ۶۳ کارگر در دو کارخانه ریخته‌گری جنوب شهر تهران با روش ۰۶۰۰ مؤسسه NIOSH نمونه‌برداری شد. سپس نمونه‌ها با استفاده از روش بهینه شده ۷۰۱۳ مؤسسه NIOSH ماده‌سازی شد و توسط دستگاه جذب اتمی گرافیتی با حساسیت بالا مورد تحلیل قرار گرفتند. داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار آماری SPSS16 با استفاده از آزمون‌های آماری تی مستقل و آنالیز واریانس یک‌طرفه مورد تحلیل قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** میانگین آئروسول‌های قابل‌استنشاق آلومینیم در کارخانه A و B به ترتیب برابر  $3/21 \pm 2/33$  و  $3/31 \pm 2/15$  میلی‌گرم بر مترمکعب بود. آزمون‌های آماری نشان دادند که در ریخته‌گری کارخانه A بین میزان مواجهه شغلی گروه‌های مختلف (Similar Exposure Group) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $P=0/089$ )، اما در ریخته‌گری کارخانه B اختلاف معنی‌داری در میزان مواجهه شغلی گروه مذاب‌کار و مونتاژکار مشاهده شد ( $P=0/044$ ). بررسی کلی گروه‌های مختلف شغلی در ریخته‌گری‌های آلومینیم، اختلاف معنی‌داری را میان مواجهه گروه مذاب‌کار و مونتاژکار ( $P=0/005$ ) و نیز میان گروه سمباده‌زن و مونتاژکار ( $P=0/02$ ) نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** بیشتر کارگران ریخته‌گری آلومینیم، با مقداری بیش از حدود مجاز مواجهه‌ی شغلی ارائه شده توسط انجمن دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) و کشور ایران، در مواجهه می‌باشند. می‌توان بالا بودن میزان مواجهه در گروه مذاب‌کار و سمباده‌زن را در مقایسه با گروه مونتاژکار، به ماهیت این واحدها در تولید آئروسول نسبت داد.

**واژگان کلیدی:** مواجهه شغلی، ریخته‌گری آلومینیم، آئروسول‌های قابل‌استنشاق.

### مقدمه

بصورت خالص وجود ندارد و بصورت ترکیباتی همانند هیدروکساید، سیلیکات، سولفات و فسفات در محیط زیست یافت می‌گردد (۱). احتمال دارد که توزیع گسترده این فلز ظرفیتی برای مواجهه و صدمات انسانی باشد (۲).

مطالعات نشان می‌دهند که بین سطوح بالای آلومینیم و افزایش ریسک اختلالات تحلیلی عصبی مانند انسفالوپاتی، بیماری آلزایمر و بیماری پارکینسون ارتباط وجود دارد (۳). با توجه به مطالعات

آلومینیم یکی از فراوان‌ترین عناصر زمین است و تقریباً ۸٪ از پوسته زمین را شامل می‌شود و بعد از اکسیژن (۴۷٪) و سیلیسیم (۲۸٪) در جایگاه سوم قرار می‌گیرد. فراوانی این عنصر در محیط زیست، مواجهه با آن را غیر قابل اجتناب می‌نماید. عنصر آلومینیم

عناوین مذاب‌کار، مونتاژکار و سمباده‌زن تعریف گردید. از آنجا که این گروه‌ها دارای شرایط مواجهه یکسانی بوده‌اند، به عنوان گروه‌های با مواجهه یکسان (Similar Exposure Group) شناخته می‌شوند.

برای نمونه‌برداری از آئروسول‌های قابل استنشاق، روش ۰۶۰۰ مؤسسه NIOSH مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین نمونه‌برداری با استفاده از سیکلون Higgins-Dewell (HD) و فیلتر غشایی استر سلولزی (Mixed Cellulose Ester) دارای سایز منافذ ۰/۸ و قطر ۲۵ میلی‌متر و دبی ۲/۲ لیتر بر دقیقه از منطقه تنفسی کارگران و به هنگام فعالیت معمول آنها انجام پذیرفت. همزمان با نمونه برداری پارامترهای جوی هوا شامل دمای تر و خشک، فشار، سرعت جریان و رطوبت نسبی نیز اندازه‌گیری شد.

برای آماده‌سازی نمونه، روش بهینه شده ۷۰۱۳ مؤسسه NIOSH به کار گرفته شد. فیلترهای حاوی نمونه، در اسید نیتریک غلیظ هضم گردید سپس با اسید نیتریک ۱۰ درصد به حجم رسانده شد. غلظت‌های استاندارد مورد نیاز با استفاده از سولفات آلومینیم ۱۸ آب (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) تهیه گردید و به هر کدام از آنها ۲۰۰ میکرولیتر محلول پتاسیم ۵۰۰۰۰ ppm اضافه شد. برای تجزیه نمونه‌ها با حساسیت بسیار بالا، دستگاه جذب اتمی کوره گرافیتی مدل Aurora ساخت کشور کانادا مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه در طول موج ۳۰۹/۳ نانومتر، شدت لامپ دوتریم ۴ میلی‌آمپر و ولتاژ ۷۲۵، تنظیم گردید و نمونه‌ها به حجم ۲۰ میکرولیتر به دستگاه تزریق شد. برنامه دمایی مورد استفاده بصورت جدول ۱ تنظیم شد.

جدول ۱. برنامه دمایی مورد استفاده جهت آنالیز نمونه‌های پایش فردی

مراحل	دما (درجه سانتیگراد)	شیب (ثانیه)	زمان ماند (ثانیه)	جریان گاز (لیتر بر دقیقه)
خشک کردن	۸۵	۵	۰	۲
خاکستر سازی ۱	۱۱۰	۱۵	۱۰	۲
خاکستر سازی ۲	۵۰۰	۵	۵	۲
اتم سازی	۲۷۰۰	۰	۲	۲

داده‌ها در نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ و با استفاده از آزمون‌های تحلیل واریانس یکطرفه و تی مستقل مورد تحلیل قرار گرفتند.

اخیر، آلومینیم در اندام‌های مختلف پستانداران مانند مغز، استخوان، کبد و کلیه تجمع می‌یابد و می‌تواند در طول عمر منجر به نقص کلیوی شود (۴).

مطالعات بسیاری که در دهه‌های اخیر بر روی اثرات زیان‌بار آلومینیم انجام پذیرفته‌است، آنرا به عنوان یک فلز نوروٹوکسیک معرفی نموده‌اند (۵). اثرات نوروٹولوژیکی گزارش شده در افراد مواجهه‌یافته با آلومینیم شامل: انسفالوپاتی، رعشه، ناهنجاری‌های شناختی و تعادلی می‌باشد (۶). آلومینیم و به‌طور مشخص ترکیبات آن، بخش بزرگی از آلاینده‌های موجود در هوای ریخته‌گری‌های آلومینیم را تشکیل می‌دهد. تولید جهانی آن سالانه به میلیون‌ها تن می‌رسد.

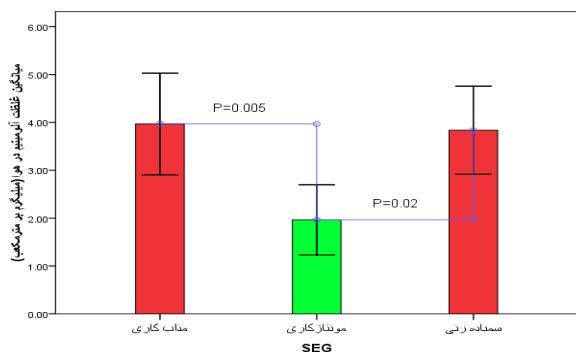
اهمیت تولید فراورده‌های آلومینیمی به‌حدی است که میزان تولید این فلز، شاخصی برای توسعه کشورها در نظر گرفته می‌شود. مواجهه مزمن شغلی از طریق تنفس غبارات ریخته‌گری‌های آلومینیم، یک مشکل رایج می‌باشد (۷، ۸). در مطالعات سم‌شناسی، مسیر اصلی مواجهات صنعتی از طریق سیستم تنفس گزارش شده است (۹). در مطالعات اخیر، اثرات ناشی از مواجهه مزمن با آئروسول‌های آلومینیم در ریخته‌گری این فلز مورد مطالعه قرار گرفته‌است (۱۰-۱۴). به‌طوری‌که Halatek در لهستان میزان مواجهه ۵۰ نفر از مذاب‌کاران را با اکسید آلومینیم (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) به میزان ۰/۳۲±۰/۱۸ میلی‌گرم بر مترمکعب (۱۵)، Metwally در یک شرکت آلومینیم‌سازی کشور مصر میزان مواجهه فردی ۶۰ نفر را با فیوم آلومینیم ۶/۹۱ میلی‌گرم بر متر مکعب (۱۶) و Rollin در دو واحد ذوب یک ریخته‌گری آلومینیم آفریقای جنوبی میزان غلظت آئروسول‌های آلومینیم را به‌صورت کلی و قابل استنشاق به میزان ۰/۳۵±۰/۱۵ و ۱/۴±۰/۲ گزارش نموده‌اند (۱۷). بنابراین با اندازه‌گیری میزان دقیق مواجهه فردی کارگران با آئروسول‌های این فلز و مقایسه آن با حدود مجاز تماس شغلی، می‌توان ریسک ناشی از آنرا در گروه‌های مختلف شغلی این ریخته‌گری‌ها تخمین زد. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده هیچ‌گونه مطالعه‌ای در ارتباط با این موضوع در کشور ایران انجام نپذیرفته است بنابراین، مطالعه حاضر باهدف بررسی میزان مواجهه شغلی با آئروسول‌های قابل استنشاق آلومینیم در گروه‌های مختلف شغلی ریخته‌گری‌ها انجام گرفت.

## مواد و روشها

در این مطالعه مواجهه شغلی ۶۳ کارگر با آئروسول‌های قابل استنشاق آلومینیم در دو کارخانه ریخته‌گری جنوب شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. در هر یک از این ریخته‌گری‌ها سه گروه با

## یافته‌ها

سمباده‌زن و مونتاژکار (P=0.02) مشاهده شد (نمودار ۱). همچنین بررسی پارامترهای جوی سرعت جریان، فشار و رطوبت نسبی هوا در گروه‌های مختلف شغلی هر دو ریخته‌گری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.



نمودار ۱. میزان مواجهه فردی گروه‌های مختلف شغلی در ریخته‌گری‌های آلومینیم

## بحث

در بررسی میزان مواجهه با آئروسول‌های قابل استنشاق آلومینیم در گروه‌های مختلف شغلی ریخته‌گری A اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها مشاهده نمی‌شود. اگرچه اختلاف گروه‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار نیست، اما می‌توان اختلاف مشهودی را بین مواجهه گروه‌ها به‌خصوص بین مواجهه دو گروه مذاب‌کار و سمباده‌زن با گروه مونتاژکار مشاهده نمود. در ریخته‌گری B بر خلاف ریخته‌گری A، بین میزان مواجهه گروه مذاب‌کار و گروه مونتاژکار اختلاف معنی‌داری مشاهده می‌شود. برای توجیه اختلاف موجود، متغیرهای احتمالی تأثیرگذار بر میزان مواجهه مانند متغیرهای سرعت جریان، درصد رطوبت نسبی، سن، و سابقه کار مورد بررسی قرار گرفت اما اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین شرایط حاکم بر ریخته‌گری مورد توجه قرار گرفت. جریان طبیعی هوا در واحدهای ذوب این ریخته‌گری‌ها به‌طور محسوس انجام نمی‌گیرد و از هیچ‌گونه وسایل تهویه عمومی یا موضعی استفاده نمی‌شود. پس آئروسول‌های آلومینیم در کوره‌های ذوب تولید و در فضا منتشر می‌شوند و به دلیل عدم تعویض محسوس هوا، آئروسول‌ها برای مدتی در هوا معلق می‌مانند و باعث مواجهه افراد می‌گردند.

در واحد سمباده‌زنی، قطعات ریخته‌گری‌شده با استفاده از سمباده‌های نرم و زیر پرداخت کاری می‌شوند. با توجه به نوع سمباده‌های مورد استفاده، آئروسول‌های آلومینیم در اندازه‌های متفاوتی تولید و در هوا منتشر می‌شوند. در بررسی محیط کار

افراد مورد مطالعه به ترتیب دارای سن و سابقه کار  $36 \pm 7/2$  و  $12 \pm 8/2$  سال بودند و آزمون آماری اختلاف معنی‌داری را در بین سن و سابقه کار کارگران در گروه‌های مختلف شغلی دو ریخته‌گری A و B نشان نداد.

نتایج پایش فردی کارگران در گروه‌های مختلف شغلی دو ریخته‌گری A و B بصورت خلاصه در جدول ۲ آمده است. آزمون آماری نشان می‌دهد میزان مواجهه شغلی در بین گروه‌های مختلف شغلی (SEGs) در ریخته‌گری A اختلاف معنی‌داری ندارد ( $P=0/089$ )، اما در ریخته‌گری B اختلاف معنی‌داری در میزان مواجهه شغلی گروه مذاب‌کار و مونتاژکار مشاهده می‌شود ( $P=0/044$ ).

جدول ۲: میزان مواجهه فردی گروه‌های مختلف شغلی در دو ریخته‌گری A و B ( $\text{mg/m}^3$ )<sup>\*</sup>

گروه شغلی	کارخانه A			کارخانه B		
	تعداد	میانگین	SE	تعداد	میانگین	SE
مذاب کار	۱۳	۳/۷۷	۰/۷۷	۱۲	۴/۱۸	۰/۷
مونتاژکار	۱۱	۱/۹۴	۰/۵۱	۱۰	۱/۹۸	۰/۵
سمباده‌زن	۹	۳/۹۳	۰/۶۱	۸	۳/۷۳	۰/۶
مجموع	۳۳	۳/۲۰	۰/۴	۳۰	۳/۳۳	۰/۴

\* SD: انحراف معیار؛ SE: خطای معیار

میانگین آئروسول‌های قابل استنشاق آلومینیم در کارخانه A و B به ترتیب برابر  $3/21 \pm 2/33$  و  $3/31 \pm 2/15$  میلی‌گرم بر متر مکعب می‌باشد. مقایسه میزان مواجهه شغلی در کارخانه‌های A و B اختلاف آماری معنی‌داری را نشان نمی‌دهد ( $P=0.853$ ). در مقایسه بین گروه‌های متناظر شغلی هر دو ریخته‌گری A و B، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میزان مواجهه فردی گروه‌های متناظر شغلی در دو ریخته‌گری A و B ( $\text{mg/m}^3$ )

ریخته‌گری B	ریخته‌گری A		
	مذاب کار	مونتاژکار	سمباده‌زن
مذاب کار	۰/۷۲۶	۰/۱۹	۰/۷۹۳
مونتاژکار	۰/۰۶۸	۰/۹۵۷	۰/۰۲۴
سمباده‌زن	۰/۹۷۵	۰/۰۴۵	۰/۸۲۷

$P_{\text{value}} < 0/05$  \* اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

در بررسی کلی مواجهه گروه‌های مختلف شغلی ریخته‌گری‌های آلومینیم، اختلاف معنی‌داری میان مواجهه گروه مذاب‌کار و مونتاژکار ( $P=0.005$ ) و همچنین میان گروه

Rollin در آفریقای جنوبی و برخی مطالعات اروپایی نیز میزان مواجهه فردی به آئروسول‌های قابل استنشاق را در ریخته‌گری آلومینیم، کمتر از مطالعه حاضر گزارش کرده‌اند (۱۱، ۱۷، ۱۸). این در حالی است که میزان مواجهه شغلی مطالعه Metwally در مصر بسیار بیشتر از این مطالعه بیان شده است. مواجهه پایین در کشورهای توسعه یافته ممکن است به علت استفاده از سیستمهای کنترلی مناسب باشد اما در کشورهای در حال توسعه مانند ایران و مصر به علت عدم استفاده از این گونه سیستمها، مواجهه بالاتر از حدود مجاز شغلی می‌باشد.

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه و مطالعات مشابه در صنعت ریخته‌گری آلومینیم، کارگران در ایستگاه‌های کاری مختلف با مقادیر مختلفی از آئروسول‌های قابل استنشاق آلومینیم مواجهه دارند. بیشتر کارگران با مقداری بیش از مقدار حدود مجاز ارائه شده توسط انجمن دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH) و حدود مجاز مواجهه شغلی ایران (۱۳۹۱) در تماس می‌باشند. بنابراین با توجه به یافته‌های مطالعات اخیر در رابطه با ایجاد اثرات نوروکسیکی در مواجهه‌های مزمن با آئروسول‌های این فلز، توجه به اقدامات کنترلی فنی - مهندسی یا مدیریتی به منظور کاهش مواجهه کارگران ضروری به نظر می‌رسد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه‌ای با همین عنوان می‌باشد. بنابراین نویسندگان این مقاله از تمامی مسئولین دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهبشتی به‌خاطر حمایتی که در انجام این پایان‌نامه تقبل نمودند، کمال سپاسگزاری را دارند. همچنین به زحمات سرکار خانم دکتر زنده دل و سرکار خانم دکتر مهشید نامداری بی‌نهایت ارج نهاد می‌شود.

### REFERENCES

1. Daniel Krewski, Robert A Yokel. Human health risk assessment for aluminum, aluminum oxide, and aluminum hydroxide. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2007; 10(Suppl 1): 1-269.
2. Zhang K, Zhou Q. Toxic effects of Al-based coagulants on *Brassica chinensis* and *Raphanus sativus* growing in acid and neutral conditions. *Environ toxicol.* 2005; 20(2):179-87.
3. Becaria A, Campbell A, Bondy S. Aluminum as a toxicant. *Toxicol. Ind. Health.* 2002; 18(7):309-20.
4. Gómez M, Sánchez DJ, Llobet JM, Corbella J, Domingo J. The effect of age on aluminum retention in rats. *J Toxicol.* 1997; 116(1-3):1-8.
5. Polizzi S, Pira E, Ferrara M, Bugiani M, Papaleo A, Albera R, et al. Neurotoxic effects of aluminium among foundry workers and Alzheimer's disease. *Neurotoxicology.* 2002;23(6):761-74.
6. Winder C, Stacey N. *Occupational toxicology.* 2, editor. Florida: CRC press; 2004.
7. Exley C, Chappell J, Birchall J. A mechanism for acute aluminium toxicity in fish. *J Theor Biol.* 1991;151(3):417-28.

به‌صورت چشمی و بدون استفاده از ابزار، میزان تولید آئروسول‌های آلومینیم در واحد سمباده زنی بیش از واحد ذوب به‌نظر می‌رسد. درحالی‌که بر اساس نتایج آزمون‌های آماری، بین میزان مواجهه شغلی گروه سمباده‌زن و مذاب‌کار در محدوده آئروسول‌های قابل استنشاق اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. بنابراین برای بیان ریسک مواجهه، اندازه‌گیری آلاینده ضروری است و نمی‌توان به مشاهدات چشمی اعتماد نمود.

در واحد مونتاژکاری، بر حسب نیاز، عملیات مختلفی مانند سوراخکاری قطعه با استفاده از دریل، بستن قطعات مختلف، گرفتن پیچیدگی از قطعات و بسته‌بندی صورت می‌گیرد. به نظر می‌رسد در عملیات سوراخکاری به دلیل استفاده از دریل سرعت پایین، احتمال ایجاد غبار در محدوده قابل استنشاق بسیار ضعیف باشد و عملیات این واحد در اصل پتانسیل ایجاد آئروسول را ندارند. در واحد سمباده زنی قطعات پس از پرداختکاری برای مدتی در آن محیط باقی مانده و آئروسول‌های معلق در فضای این واحد، بر روی قطعات رسوب می‌کنند. قطعات به واحد مونتاژ منتقل و در عملیات مونتاژ، آئروسول‌ها رسوب می‌کنند دوباره در هوا منتشر و منجر به مواجهه افراد می‌شوند. بنابراین میزان مواجهه در این واحد کمتر از دو واحد دیگر به نظر می‌رسد.

با توجه به نتایج حاصل از مواجهه شغلی گروه‌های هر دو ریخته‌گری و عدم اختلاف متغیرهای دخیل در میزان مواجهه، بالا بودن میزان مواجهه در گروه مذاب‌کار و سمباده‌زن در مقایسه با گروه مونتاژکار را می‌توان به ماهیت این واحدها در تولید آئروسول‌ها نسبت داد. به‌گونه‌ای که در شرایط یکسان محیطی می‌توان میزان مواجهه در گروه‌های مذاب‌کار و سمباده‌زن را بیشتر از گروه مونتاژکار برآورد نمود.

8. Yokel RA. Persistent aluminum accumulation after prolonged systemic aluminum exposure. *Biol Trace Elem Res.* 1983; 5(6):467-74.
9. Zatta P, Favaroto M, Nicolini M. Deposition of aluminum in brain tissues of rats exposed to inhalation of aluminum acetylacetonate. *Neuroreport.* 1993;4(9):1119-22
10. Baydar T, Engin A, Aydin A, Sahin G. Effect of aluminum exposure on pteridine metabolism. *Biol Trace Elem Res.* 2005; 106(2):153-64.
11. Buchta M, Kiesswetter E, Otto A, Schaller K, Seeber A, Hilla W, et al. Longitudinal study examining the neurotoxicity of occupational exposure to aluminum-containing welding fumes. *IJOEH.* 2003; 76(7):539-48.
12. Gitelman HJ, Alderman FR, Kurs-Lasky M, Rockette HE. Serum and urinary aluminum levels of workers in the aluminium industry. *Ann Occup Hyg.* 1995; 39(2):181-91.
13. Riihimäki V, Hänninen H, Akila R, Kovala T, Kuosma E, Paakkulainen H, et al. Body burden of aluminum in relation to central nervous system function among metal inert-gas welders. *Scand. J. Work Environ. Health.* 2000; 26(2):118-30.
14. Sinczuk-Walczak H, Szymczak M, Razniewska G, Matczak W, Szymczak W. Effects of occupational exposure to aluminum on nervous system: clinical and electroencephalographic findings. *IJOMEH.* 2003; 16(4):301-10.
15. Hałatek T, Trzcinka-Ochocka M, Matczak W, Gruchała J. Serum Clara cell protein as an indicator of pulmonary impairment in occupational exposure at aluminum foundry. *IJOMEH.* 2006; 19(4):211-23.
16. Metwally FM, Mazhar MS. Effect of Aluminum on the Levels of Some Essential Elements in Occupationally Exposed Workers. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2007; 58(3):305-11.
17. Röllin HB, Theodorou P, Cantrell AC. Biological indicators of exposure to total and respirable aluminum dust fractions in a primary aluminum smelter. *Occup Environ Med.* 1996. 53(6); 417-21.
18. Westberg H, Selden A. Letter to the Editor. *Arch. Environ Health.* 1999; 54:364.