فصلنامه علمی تخصصی طب کار

دوره پنجم/ شماره اول/ بهار ۹۲/ صفحات ۷۱-٦٦

ارزیابی مواجهه شغلی کارگران یک صنعت باطری‌سازی با فلز سرب

هیوا آزمون[۱]، شیوا سوری[۱۱]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

تاریخ دریافت:۹۱/۰٦/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۱/۲۸

چکیده

مقدمه: سرب یکی از مهمترین فلزات سنگین سمی می‌باشد که سمیت و عوارض مسمویت آن در شاغلین صنایع مختلف (مانند صنایع باطری‌سازی) کاملا شناخته شده است. هدف از این تحقیق ارزیابی میزان مواجهه شغلی کارگران یک صنعت باطری‌سازی با این آلاینده می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه ۲٤ نمونه گرفته شده از فلز سرب در هوای منطقه تنفسی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. برای نمونه‌برداری ذرات از پمپ نمونه‌برداری مدل SKC ساخت انگلستان و فیلتر استرسلولز با پورسایز ۰/۸ میکرون و قطر ۳۷ میلیمتر استفاده شد. و بر اساس متد استاندارد $NIOSH_{7300}$ نمونه‌برداری با دبی ۲L/min انجام شد و پس از نمونه‌برداری، فیلترها به وسیله دستگاه ICP-AES آنالیز شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که از ۱۲ ایستگاه اندازه‌گیری ۹ ایستگاه (۷۵٪ از ایستگاه‌های اندازه‌گیری) دارای مقادیر آلاینده بیشتر ازحد مجاز بوده که بالاترین مقدار آلاینده نیز مربوط به ایستگاه ELBACK بود، آزمون آماری T-TEST نشان داد که میانگین مواجهه با سرب در این کارخانه بالاتر از حد مجازمی‌باشد ($Mean=0/33\ mg/m^3$, $SD=0/48$; $P_value=0/008$).

نتیجه‌گیری: با توجه به یافته‌های این تحقیق می‌توان دریافت که سلامت بیشتر شاغلین این صنعت به علت مواجهه با مقادیر غیرمجاز از این فلز سمی در خطر می‌باشد و کاهش مواجهه شغلی با استفاده از کنترل‌های فنی مهندسی مناسب (تهویه هوا) و کنترل‌های مدیریتی (مانند کاهش مدت زمان مواجهه) امری لازم و ضروری است.

کلیدواژه‌ها: سرب، ارزیابی تماس شغلی، باطری‌سازی، دستگاه ICP-AES

[۱] نویسنده مسئول: آدرس پستی: دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، تلفن: ۰۳۱۱۷۹۲۲۷٤٦

پست الکترونیکی: ssoury@yahoo.com

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-09]

مقدمه

یکی از مهمترین صنایع مصرف‌کننده سرب در تمام کشورهای جهان صنعت باطری‌سازی می‌باشد که تخمین زده شده است که فلز سرب به طور متوسط ۸۰٪ ماده اولیه مصرفی این صنعت را شامل می‌شود که مصرف آن در کشورهای در حال توسعه به صورت روزافزون در حال رشد می‌باشد(۱). در حدود ۵۰٪ از سرب مورد استفاده در صنایع باطری‌سازی از باطری کهنه و بازیافتی حاصل می‌شود که خود این بازیافت نیز باعث ایجاد مواجهه شغلی در مراحل فرآیندی این صنعت می‌باشد(۲).

سرب یکی از مهمترین فلزات سنگین و سمی است که عمدتاً می‌تواند در سنگ‌ها، خاک و حتی آب‌های آلوده به این فلز سمی وجود داشته باشد این عنصر دارای کاربردهای بسیار متنوع است که از آن جمله می‌توان استفاده در صنایع باطری‌سازی، سرامیک‌سازی ساخت ساچمه‌های سربی و صنایع لاستیک‌سازی، بلورسازی و تولید آفت‌کش‌ها اشاره داشت. لذا با توجه به کاربردهای ذکر شده می‌توان تا حدی به وسعت و میزان مواجهه کارگرانی که به نوعی در معرض آلاینده هستند پی برد(۵-۳).

سرب و ترکیبات آن می‌توانند از طریق مواجهه تنفسی وارد بدن شوند، البته ترکیبات آلی سرب از طریق پوست نیز قادر به ورود به بدن می‌باشند، این فلز سمی و ترکیباتش پس از ورود به بدن از طریق راه تنفسی (مهمترین راه مواجهه) وارد گردش خون سیستمیک شده و به اندام‌های مختلف بدن انتقال می‌یابد(٦) و علیرغم کاربردهای مفید و فراوانش دارای تاثیرات مخربی بر روی سیستم گردش خون، گوارش و عصبی است که یکی از مهمترین عوارض ناشی از این فلز می‌توان به آنسقالوپاتی اشاره کرد(۷،۸).

مسمومیت با سرب یکی از مشکلات اصلی در آلودگی محیط زیست است. در بالغین بیشترین منبع آلوده‌کننده، هوای محیط کار است(۹).

در مطالعه‌ای با عنوان بررسی و اندازه‌گیری سرب خون کارگران یک کارخانه باطری‌سازی، افزایش سرب خون از ٤٠ میلی‌گرم در دسی‌لیتر باعث افزایش معنی‌دار علائمی مانند خستگی و بیماری‌های سیستم عصبی و تناسلی شد(۱۰). میزان و شدت عوارض ناشی از این فلز به میزان غلظت و مدت زمان مواجهه وابسته می‌باشد(۱۱). آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان فلز سرب و مشتقات غیرارگانیک آن را در دسته 2A (احتمال سرطان‌زا برای انسان) تقسیم‌بندی کرده‌اند(۱۲). در صنعت باطری‌سازی برخی قسمت‌ها در ارتباط مستقیم با سرب می‌باشند که به اختصار به توصیف آن می‌پردازیم. بر اساس مطالعه ای که توسط متخصصین بهداشت شغلی دانشگاه کایرو بر روی غلظت سرب موجود در هوای تنفسی کارگران انجام شد یافته های حاصل از ۱۲ نمونه گرفته شده از ۲ بخش (آسیاب و ریخته‌گری) نشان داد که میانگین غلظت ذرات (٤٢ میلی‌گرم بر مترمکعب) بسیار بالاتر از حد مجاز شغلی بود و در حد وسیعی منجر به بروز و شیوع بیماری های مرتبط با فلز سرب در کارگران این صنعت شده بود(۱۳).

در بخش ریخته‌گری، شمش‌های سرب به صفحات سربی تبدیل می‌شوند و در بخش نوارسازی نوارهایی از سرب تولید می‌شود که این نوارها وارد بخش خمیرمالی شده و به همراه نوعی خمیر بر روی صفحاتی که در واحد ریخته‌گری آماده شده بودند بارگذاری می‌شوند. در قسمت البک نیز صفحات سربی به صورت مثبت و منفی در رج‌های شش‌تایی در کنار هم قرار می‌گیرند و در قسمت COS (Cast-on strap) عملیات ریخته‌گری به منظور اتصال بین این صفحات انجام می‌شود.

با توجه به مطالب ذکر شده فوق در مورد مضرات سرب و مشتقات آن بر روی سلامتی شاغلین صنایع مختلف به خصوص صنعت باطری‌سازی، لزوم توجه و بررسی بیشتر به آن امری بایسته و لازم می‌باشد لذا مهمترین هدف از انجام این مطالعه بررسی میزان مواجهه

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-09]

شغلی شاغلین صنعت باطری‌سازی با آلاینده سرب (ذرات سرب) موجود در هوای تنفسی کارگران ایستگاه‌های مختلف کاری و تعیین ایستگاه‌های کاری با ریسک بالای مواجهه شغلی با آلاینده سرب بود.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی تحلیلی بوده و بر اساس اطلاعات به دست آمده از مقادیر میانگین و انحراف معیار مطالعات قبلی و با استفاده از روابط و فرمول‌های آماری و به دلیل محدودیت تعداد اپراتورهایی که در این شرکت مستقیما با سرب سر و کار داشتند، نمونه‌برداری از منطقه تنفسی ۲٤ کارگر تعیین شد.

این افراد دارای فرآیند کار مستقیم با سرب بودند. پست کاری این افراد عبارت بودند از: اپراتور خط Elbak، کمک اپراتور Elbak، اپراتور COS (Cast-on strap)، کمک اپراتور COS، اپراتور برش و برس، اپراتور خمیرمالی، اپراتور میکسر خمیرمالی، اپراتور نوارسازی، اپراتور کوره پاتیل، اپراتور اکسیدسازی و اپراتور ریخته‌گری و نوارسازی. سپس با توجه به فعالیت‌های کاری در واحدهای مختلف، ساعت نمونه‌برداری از هوای محیط کار این شرکت بین ساعت ۹ صبح تا ۱۵ عصر تعیین شد. برای حذف میزان خطا و آلودگی احتمالی در هنگام نمونه‌برداری یا انتقال، ۲٤ نمونه به عنوان شاهد برگزیده شدند. نمونه‌های شاهد مثل نمونه‌های واقعی در محیط نمونه‌برداری باز شده و سپس مثل نمونه‌های واقعی بسته شده و به همراه آنها جهت آنالیز به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

برای اندازه‌گیری فلز سرب در این تحقیق از استاندارد $NIOSH_{7300}$ استفاده شد(۱٤). بر اساس این استاندارد برای نمونه‌برداری از فلز سرب از فیلتر استرسلولز با پورسایز ۰/۸ میکرون و قطر ۳۷ میلیمتر به عنوان واسط، پمپ نمونه‌برداری SKC-224-44-XR ساخت کشور انگلستان و دستگاه طیف‌سنجی نشر اتمی با پلاسمای آرگون کوپل شده القایی (ICP-AES) مدل LIBERTY– RL ساخت شرکت Varian استرالیا جهت آنالیز نمونه‌ها استفاده شد (شرایط عملکرد دستگاه ICP-AES در جدول ۱ آورده شده است).

جدول۱- مشخصات و شرایط استفاده از دستگاه ICP-AES در تحقیق

توان دستگاه (کیلو وات)	۱
سرعت جریان گاز پلاسما (لیتر/دقیقه)	۱۵
سرعت جریان گاز کمکی (لیتر/دقیقه)	۱/۵
فشار نبولایزر (کیلو پاسکال)	۲۰۰
زمان تکرار (ثانیه)	۱
ارتفاع دید (میلی‌متر)	۱۰
مکش نمونه (ثانیه)	۷۵
زمان شستشو (ثانیه)	۱۰
سرعت پمپ (دور در دقیقه)	۲۵

دبی پمپ نمونه برداری روی ۲L/min تنظیم شد و برای کالیبراسیون پمپ نمونه‌برداری از کالیبراتور دیجیتال SKC-510M استفاده گردید. زمان نمونه‌برداری نیز بین ۲۰ تا ٤۰ دقیقه بود. فیلتر به وسیله هولدر به یقه کارگر نصب گردید. بعد از نمونه‌برداری، فیلترها به آزمایشگاه منتقل و در مخلوط ٤ به ۱ اسید نیتریک (٦۵٪) و پرکلریک (۷۰٪) ساخت شرکت مرک آلمان هضم و سپس به وسیله دستگاه ICP-AES آنالیز شدند.

در این روش ابتدا دستگاه را مطابق دستورالعمل شرکت سازنده تنظیم نموده و برای تعیین مقدار کمی نمونه‌ها، منحنی کالیبراسیون رسم گردید. سپس محلول‌های نمونه اصلی را به دستگاه تزریق و با توجه به شدت نشر و مقایسه آن با منحنی استاندارد، غلظت نمونه‌های مجهول تعیین گردید. همچنین حد تشخیص دستگاه برای فلز سرب ۰/۰۰۰۵ میلی‌گرم بر مترمکعب به دست آمد.

به علت متفاوت بودن شرایط دمایی و فشار محل نمونه‌برداری با شرایط استاندارد (دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-09]

و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه) تصحیحات دما و رطوبت بر روی حجم هوای نمونه‌برداری صورت پذیرفت.

در نهایت مقادیر به دست آمده با حدود مجاز مواجه ارائه شده توسط استاندارد ACGIH-2012 مقایسه گردید($TLV\text{-}TWA=۰/۰۵ mg/m^3$)(۱۵).

یافته‌ها

نتایج نمونه‌های گرفته شده از منطقه تنفسی کارگران با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۱۸ و آزمون آماری T-Test تجزیه و تحلیل شد و نتایج نشان داد که از ۲۴ نمونه آلاینده جمع‌آوری شده از منطقه تنفسی کارگران، غلظت سرب در ۱۸نمونه (۹ ایستگاه کاری) بالاتر از حد مجاز(جدول۱) و در ۶ نمونه (۳ ایستگاه کاری) مواجهه کمتر از حد مجاز TLV-TWA بود. در نتیجه ۷۵٪ از ایستگاه‌های مورد بررسی در این صنعت دارای هوای آلوده و بالاتر از حدمجاز بودند. در میان ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده بیشترین غلظت سرب و بالاترین سطح مواجهه فردی مربوط به ایستگاه سالن مونتاژ و اپراتور Elbak می‌باشد که دارای میانگین وانحراف معیار (۱/۳۱±۰/۵۵) و کمترین مواجهه مربوط به ایستگاه میکسر خمیرمالی بود که دارای میانگین و انحراف معیار (۰/۰۳±۰/۰۲) بود و در کل میانگین غلظت کلیه ایستگاه‌ها بالاتر از حد استاندارد بود که دارای میانگین و انحراف معیار (۰/۳۳±۰/۴۸) بودند. نتایج پایش آلاینده سرب (میانگین غلظت وانحراف معیار و تعداد نمونه) کلیه ایستگاه‌ها در جدول شماره ۲ ثبت شده است. نتایج نمونه‌های شاهد همگی کمتر از $۰/۰۰۰۵ mg/m^3$ بدست آمد.

جدول۲- نتایج ارزیابی میزان غلظت فلز سرب در هوای منطقه تنفسی کارگران در یک صنعت باطری‌سازی

محل کار	میانگین غلظت سرب mg/m^3	انحراف معیار	تعداد نمونه‌برداری	ارزشیابی
اپراتور خط Elbak	۱/۳۱	۰/۵۵	۳	بالاتر از حد مجاز
کمک اپراتور خط Elbak	۰/۷۸	۰/۰۳	۲	بالاتر از حد مجاز
اپراتور COS	۰/۱۲	۰/۰۴	۳	بالاتر از حد مجاز
کمک اپراتورCOS	۰/۱۱	۰/۰۱	۲	بالاتر از حد مجاز
اپراتور برش و برس	۰/۱۰	۰/۰۳	۲	بالاتر از حد مجاز
اپراتور خمیر مالی	۰/۶۳	۰/۰۲	۲	بالاتر از حد مجاز
اپراتور میکسر خمیر مالی	۰/۰۳	۰/۰۲	۲	کمتر از حد مجاز
اپراتور نوارسازی	۰/۰۴	۰/۰۱	۲	کمتر از حد مجاز
اپراتور کوره پاتیل	۰/۰۴	۰/۰۲	۲	کمتر از حد مجاز
اپراتور اکسیدسازی	۰/۰۶	۰/۰۲	۲	بالاتر از حد مجاز
اپراتور ریخته‌گری	۰/۰۶	۰/۰۳	۲	بالاتر از حد مجاز
میانگین غلظت سرب	۰/۳۳	۰/۴۸	۲۴	بالاتر از حد مجاز

بحث

بر اساس نتایج ذکر شده در جدول شماره ۲ بیشتر شاغلین صنعت باطری‌سازی ذکر شده در این مطالعه در طول شیفت کاری خود با مقادیر بیش ازحد مجاز از ذرات سرب در تماس می‌باشند که نتایج مشابهی را در

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-09]

مطالعات دیگر انجام شده در کشورهای مختلف جهان می‌توان مشاهده کرد. از مهمترین این مطالعات که به صورت کامل و جامعی به بررسی آلاینده سرب موجود در صنایع باطری‌سازی شماری از کشورهای در حال توسعه پرداخته است می‌توان به مطالعه مروری Gottesfeld و Pokhrel در سال ۲۰۱۱ اشاره داشت(۱). که در آن نتایج مربوط به غلظت سرب موجود در هوای تنفسی شاغلین کارخانجات باطری‌سازی کشورهایی مانند چین، تایلند، بلغارستان، کره جنوبی، سنگاپور و غیره که توسط مطالعات مختلفی در بین سال‌های ۱۹۹۳تا ۲۰۰۸ در این کشورها انجام شده است را مورد ارزیابی و مقایسه قرار داده اند. نکته مشترک بیان شده در مورد غلظت سرب موجود در هوای تنفسی شاغلین صنایع باطری‌سازی ذکر شده در این مطالعه مروری با استناد به نتایج ذکر شده در آن این می‌باشد که تمامی صنایع باطری‌سازی کشورهای در حال توسعه ذکر شده در آن (همانند نتایج مطالعه کنونی که در ایران انجام شده) دارای میانگین غلظت سرب بالاتر از حد مجاز می‌باشند.

به هرحال می‌توان به این نکته اشاره داشت که ایران و دیگر کشورهای ذکر شده در مطالعه مروری ذکر شده فوق در دسته کشورهای در حال توسعه می‌باشند و ما روز به روز شاهد افزایش به کارگیری فلز سرب و ترکیبات آن در آنها می‌باشیم که متاسفانه توجه خاصی به خطرات تهدیدکننده سلامت شاغلین در صنایع مصرف‌کننده این فلز سمی نشده است که با توجه به این روند رو به رشد استفاده و در نتیجه تماس طولانی مدت و مزمن با این مقادیر غیرمجاز در صنایع مربوطه به خصوص باطری‌سازی‌ها می‌تواند منجر به بروز بیماری‌های شغلی و عوارض ناگوار جسمی و روانی در افراد شود.

نکته‌ای که ذکرآن حائز اهمیت می‌باشد این است که دستگاه‌های Elbak, COS (Cast-on strap) و ریخته‌گری مجهز به سیستم تهویه موضعی می‌باشند که در زمان نمونه‌برداری این سیستم‌ها روشن بودند. با این وجود همانگونه که در نتایج جدول ۲ مشخص است میزان مواجهه کارگران با سرب بالاتر از حد مجاز می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بر اساس مقادیر به دست آمده می‌توان به این مهم اشاره داشت که شاغلین این صنعت به طور نامناسبی در معرض مواجهه با آلاینده سمی سرب می‌باشند و لذا این مهم قابل ذکر است که جهت حفظ سلامت شاغلین این صنعت هر چه زودتر باید تمهیداتی برای کنترل این آلاینده انجام شود. پس از انجام این مطالعه راهکارهای پیشنهادی جهت کاهش مواجهه با آلاینده به مدیریت پیشنهاد شد که از آن جمله می‌توان به بررسی علت عدم کارایی سیستم تهویه و کاهش مدت زمان مواجهه شاغلین اشاره کرد. همچنین پیشنهاد شد اثرات زیان آور سرب به آنان به صورت علمی، ملموس و مستمر آموزش داده شود به نحوی که رعایت اصول بهداشتی در محیط کار و استفاده از ماسک به یک فرهنگ تبدیل شود. همچنین کارگرانی که با سرب در تماس هستند باید مورد پایش‌های بالینی مانند تعیین سرب خون قرار گیرند.

منابع

1. Gottesfeld P, Pokhrel A. Review : Lead exposure in battery manufacturing and recycling in developing countries and among children in nearby communities. Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2011;8(9):520-32.
2. End Uses of Lead. [database on the Internet]. International Lead and Zinc Study Group. 2011.
3. Anderson L, Wingren G, Axelson O. Some hygienic observation from the glass industry. Int Arch Occup Enviroment health. 1990;62:249-52.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-09]

4. Meshkinian A, Asilian H, Nazmara S, Shahtaheri DJ. determination of lead in the environment and in the urben service in a tehran manicipility district. Journal of School Health and Health Research Institute. 2002;1(3):31-41.[Persian].
5. Askin D, Volkmann M. Effect of personal hygiene on blood lead levels of woekers at a lead processing facility. Am lnd Hyg Assoc J. 1997;58(10):752-3.
6. Farhmandkia Z, Mehrasbi MR, Sekhavatjo MS. Evaluation of heavy metals in sediment particles in the air in zanjan city. Journal of environment and health. 2009;4:240-9.
7. Baronowski J, Baronowska I. Determination of heavy metals in the bone and livers of deseased human. Bull environ Contam Toxical. 2002;69:1-7.
8. Higashikawa K, Furuki K, Takada S, Okamoto S, Ukai H, Yuasa T, et al. Blood lead level among lead-exposed workers .a statistical approach. Industrial Health. 2000;38:181-8.
9. Izadimod N, Montazeri K, mansory NS. Lead concentrations in hair compared Nakhlak lead mine foreman with people village journal of research in medical science. 2000;1:13-9.
10. Tabrizizadeh M, Boozarjomehri F, Akhavan.Karbasi M, Maziar F. Evaluation of the relationship between blood lead level and prevalence of oral complication in koushk lead mine workers,yazd province. Journal of Dental Medicine. 2006;19(1):91-9.
11. García-Lestón J, Roma-Torres J, Vilares M, Pinto R, Cunha LM, Prista J, et al. Biomonitoring of a population of Portuguese workers exposed to lead. Mutation Research 2011;721(1):81-8.
12. IARC. Inorganic and Organic Lead Compounds. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans; 2006.
13. EMARA AM, EL-GHAWABI SH, MADKOUR OI, EL-SAMRA GH. Chronic manganese poisoning in the dry battery industry. Brit J industr Med. 1971;28(1):78-82.
14. NIOSH. NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Elements by ICP: method 7300 , third Edition. 2003.
15. ACGIH. TLVs and BEIs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices2012.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-09]