

پایش محیطی و بیولوژیکی جیوه و تعیین اثرات مواجهه با آن بر اختلالات عصبی-رفتاری؛ یک مطالعه مورد شاهدی در میان کارکنان یکی از واحدهای صنعت نفت

محمد حمید ایجازی^۱ - سارا سالاریان^۲ - مجید باقری حسین آبادی^{۳*}

Majidbagheri1989@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۳

مکیده

مقدمه: جیوه در اشکال مختلف خود توانایی ایجاد اثرات مضر بر روی ارگان های مختلف بدن به ویژه سیستم اعصاب مرکزی را دارد. هدف مطالعه حاضر، تعیین غلظت جیوه در هوای تنفسی و ادرار افراد مورد مواجهه با آن و هم چنین تعیین شیوع اختلالات عصبی-رفتاری محتمل بود.

روش کار: مطالعه مورد شاهدی حاضر بر روی کارکنان یکی از واحدهای صنعت نفت انجام شد. جامعه مورد مطالعه شامل ۵۲ نفر از کارکنان بودند و ۶۳ نفر هم به عنوان گروه شاهد انتخاب شدند. غلظت جیوه در هوا براساس روش NIOSH 6009 و غلظت جیوه در ادرار با روش طیف سنجی جذب اتمی بخار سرد اندازه گیری شد. اطلاعات دموگرافیک و علائم عصبی-رفتاری با استفاده از یک پرسش نامه خود گزارش دهی جمع آوری شد. آنالیز اطلاعات با آزمون های آماری ضریب هم بستگی پیرسون و رگرسیون چند متغیره و با استفاده از نرم افزار SPSS v24 انجام شد.

یافته ها: غلظت جیوه در هوای تنفسی 0.014 ± 0.062 میلی گرم بر متر مکعب بود که از حدود توصیه شده NIOSH و ACGIH بیش تر بود. علاوه بر این اختلاف معنی داری بین غلظت ادراری جیوه در گروه مورد (137.01 ± 37.73 میکروگرم بر گرم کراتنین) و شاهد (47.6 ± 5.93 میکروگرم بر گرم کراتنین) وجود داشت ($p=0.036$). براساس مدل رگرسیون لجستیک چند متغیره، رابطه معنی دار بین از دست دادن حافظه و اختلالات خواب با غلظت ادراری جیوه و از دست دادن حافظه، دمدمی مزاج بودن و ضعف عضلانی با غلظت جیوه در هوا یافت شد.

نتیجه گیری: غلظت جیوه در هوای تنفسی و بیومارکر ادراری آن در کارکنان واحد صنعتی مورد بررسی بالاتر از حدود مجاز توصیه شده بود. علاوه بر این غلظت جیوه در هوا و ادرار بر روی برخی از علائم عصبی-رفتاری تأثیر داشت.

کلمات کلیدی: جیوه، اختلالات عصبی-رفتاری، پایش بیولوژیکی، نمونه برداری هوا

۱- دکترای مدیریت، موسسه تحقیقاتی شاخص پژوه (SPRI)، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استادیار، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- مربی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران

مقدمه

است (۹، ۱۰). Kristensen و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه مروری خود نشان دادند که سطح ادراری جیوه عنصری به طور مشهود با افزایش میزان مواجهه با جیوه عنصری رابطه دارد (۱۱). نیمه عمر جیوه در بدن حدود ۳۰ تا ۶۰ روز بوده ولی نیمه عمر آن در مغز نامشخص است (۱۲). جیوه غیر آلی با سلینیوم بدون بازگشت باند شده و باعث افزایش پایداری آن در مغز می شود (۱۳). گستره وسیعی از اثرات شامل اثرات قلبی-عروقی، ناهنجاری کلیوی، اختلالات رفتاری، گوارشی، تولید مثلی، ایمنی و سمیت ژنی در خصوص مواجهه با جیوه القا می شود (۱۴، ۱۵). سیستم عصب مرکزی یکی از ارگان های مهم در بروز اثرات سمی جیوه است (۱۶). برخی از علائم اثرات جیوه بر روی سیستم عصبی شامل تحریک پذیری، تغییرات روانی، ضعف، اختلالات شناختی، کم رویی، تحریک پذیری حاد، افسردگی، بی خوابی، هیجان زدگی، سردرد، تاری دید، پاسخ کند عصبی، تغییرات رفتاری، اختلالات حافظه، خستگی و رعشه، می باشد (۱۷، ۱۸). بسیاری از این علائم و نشانه ها با قطع مواجهه به طور کامل از بین می رود. اگر چه مواجهه شدید ممکن است باعث اثرات پایدار در عمل کرد مغز شود. علاوه بر این مواجهه طولانی مدت ممکن است سبب اثرات کلیوی گردد (۱۹). مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط بین میزان مواجهه استنشاقی با بخارات جیوه عنصری و غلظت جیوه تام در ادرار و هم چنین اثر جیوه بر اختلالات عصبی-رفتاری طراحی شد. به این منظور غلظت جیوه در هوا و ادرار کارکنان یکی از واحدهای صنعت نفت اندازه گیری شد و با استفاده از یک پرسش نامه، اختلالات عصبی-رفتاری مورد ارزیابی قرار گرفت.

جیوه، فلزی بسیار سمی است که دارای اشکال مختلف (عنصری، آلی و غیر آلی) بوده و به طور گسترده از منابع طبیعی و مصنوعی وارد محیط زیست می شود. مواجهه انسان با ترکیبات مختلف جیوه، به دلیل سمیت بالای آن ها، باعث بروز نگرانی های زیادی در سرتاسر جهان شده است در حالی که سمیت آن بستگی زیادی به نوع ترکیب آن دارد (۱). جیوه عنصری مهم ترین ترکیب جیوه بوده که در دمای اتاق به صورت بخار است (۲). مواجهه شغلی با جیوه غیر آلی به طور عمده از طریق استنشاق بخارات جیوه عنصری اتفاق می افتد و می تواند باعث بروز اختلالات متعددی به خصوص در افراد شاغل در معادن، کارخانجات کلرآلکالین، دندان پزشکی و صنایع لامپ های فلورسنت فشرده شود (۳-۶). بخش عمده جیوه استنشاق شده ($Hg^0_{(g)}$) به داخل جریان خون جذب شده (حدود ۸۰%) و به دلیل این که فاقد بار الکتریکی است به راحتی در چربی حل می شود (۷، ۸). جیوه عنصری از طریق خون در سرتاسر بدن توزیع شده و به راحتی از اکثر غشای سلول ها شامل سد خونی مغزی و جفت عبور می کند. در خون بخشی از جیوه عنصری از طریق فرآیند اکسیداسیون توسط کاتالاز به جیوه دو بار اکسید تبدیل می شود. در نتیجه اکسیداسیون، جیوه غیر آلی به طور عمده به داخل کلیه ها منتقل شده و از طریق ادرار دفع می شود. به دلیل این که جیوه در ادرار به طور کامل غیر آلی (بیش از ۹۸%) بوده و منعکس کننده مواجهه با جیوه عنصری است، بنابراین غلظت جیوه تام در ادرار به عنوان بیومارکر مواجهه با $Hg^0_{(g)}$ برای ارزیابی تجمع جیوه در بدن به خصوص کلیه ها، در مواجهات طولانی مدت مناسب

روش کار

این مطالعه مقطعی و مورد-شاهدی در یکی از واحدهای صنعت نفت انجام شد. معیارهای ورود به مطالعه، کار تمام وقت و حداقل سابقه کار یک سال در شغل فعلی بود. معیارهای خروج نیز داشتن شغل دوم، تحت درمان بودن به دلیل مشکلات کلیوی و روانی و نیز استفاده از داروهای حاوی ترکیبات جیوه بود. علاوه بر این، افرادی که تمایل به شرکت در مطالعه نداشتند از مطالعه کنار گذاشته شدند. از میان جامعه مورد مطالعه، ۱۴ نفر به دلیل کار موقتی در بخش فعلی، ۶ نفر به دلیل مشکلات کلیوی و روانی، ۷ نفر به دلیل استفاده از داروهای حاوی ترکیبات جیوه و ۳ نفر به دلیل عدم تمایل به شرکت در مطالعه، از مطالعه کنار گذاشته شدند. در نهایت ۵۲ نفر به عنوان حجم نمونه در مطالعه انتخاب شدند. علاوه بر این، ۶۳ نفر از صنعت مشابه ولی بدون مواجهه با جیوه به عنوان گروه شاهد وارد مطالعه شدند.

جمع آوری اطلاعات

در مطالعه حاضر جمع آوری اطلاعات از طریق پرسش نامه، نمونه برداری از هوا و بررسی بیومارکر جیوه در ادرار انجام شد. پرسش نامه اطلاعات دموگرافیک حاوی سوالاتی در خصوص جنسیت، سن، وضعیت تأهل، سابقه کاری، وضعیت تأهل و نوبت کاری بود. به منظور ارزیابی علائم اختلالات عصبی-رفتاری ناشی از مواجهه با جیوه، از پرسش نامه و مصاحبه پزشک استفاده شد. پرسش نامه مورد استفاده ۱۴ مورد از علائم عصبی-رفتاری را مورد ارزیابی قرار می داد که این علائم در مطالعات بین المللی به طور مکرر گزارش شده بودند و پایایی و روایی آن ها مورد ارزیابی قرار گرفته بود (۲۰، ۲۱).

علائم عصبی-رفتاری که در این پرسش نامه مورد ارزیابی قرار گرفت شامل سردرد یا میگرن، از دست دادن حافظه، افسردگی، خستگی یا اختلالات خواب، دلواپسی، دمدمی مزاج شدن، پریشانی، مشکلات معدی، تجربه از دست دادن حواس بویایی یا چشایی، لرزش در دست ها، خارش و مورمور شدن، انداختن غیر ارادی چیزها، ضعف عضلانی و مشکل در همکاری با دیگران بودند. تمام علائم مورد ارزیابی از طریق یک مقیاس لیکرت ۵ حالتی، از ۱=هرگز تا ۵=اغلب اوقات توسط پزشک ارزیاب نمره گذاری شدند.

غلظت جیوه در هوای تنفسی و ادرار

تجهیزات

برای نمونه برداری هوا از پمپ نمونه بردار فردی (SKC. England)، تیوب های جامد جاذب (هاپکالید یک قسمتی ۲۰۰ میلی گرمی، SKC Inc., PA, USA) و روماتر (Defender 510, SKC, England) استفاده شد. آنالیز جیوه در نمونه های هوا و ادرار با استفاده از طیف سنجی جذب اتمی بخار سرد (FI-CVAAS; GBC, Model; Plus 906, Dandenong, Australia) انجام شد. از کیت پارس آزمون (Pars Azmon Inc., Tehran, Iran) برای اندازه گیری کراتنین ادرار استفاده گردید.

نمونه برداری از هوای تنفسی

به منظور اندازه گیری غلظت جیوه در هوای تنفسی از روش استاندارد NIOSH 6009 استفاده شد. تیوب نمونه برداری با استفاده از گیره در منطقه تنفسی کارگر قرار داده شد. ۵ عدد لوله جاذب به عنوان نمونه شاهد در محیط قرار گرفتند. بعد از نمونه برداری، دو طرف لوله های جاذب بسته و برای آنالیز

به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه ها آنالیز شدند. غلظت نهایی با استفاده از روش فوق محاسبه گردید.

بیومارکر جیوه در ادرار

در این مطالعه به منظور اندازه گیری بیومارکر ادراری جیوه، از روش طیف سنجی جذب اتمی بخار سرد (CV-AAS) استفاده شد. به این منظور غلظت جیوه غیرآلی در ادرار افراد مورد مواجهه قبل از شروع شیفت کاری اندازه گیری شد. براساس توصیه ACGIH، ۳۰ میلی لیتر ادرار، ۱۶ ساعت بعد از آخرین مواجهه افراد با جیوه جمع آوری شد. نمونه های جمع آوری شده در داخل ظروف پلی پروپیلین ریخته و تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگه داری شد. علاوه بر اندازه گیری جیوه غیرآلی در نمونه های ادرار، سنجش کراتینین با استفاده از روش Jaffe نیز انجام شد.

آنالیز آماری

از آزمون های توصیفی (شامل میانگین، انحراف معیار، فراوانی و درصد) برای بیان خصوصیات

دموگرافیک، سازمانی، غلظت جیوه در هوا و ادرار استفاده شد. براساس استاندارد ACGIH، غلظت جیوه در هوا و ادرار به دو گروه (بیش تر از حد مواجهه و کم تر از حد مواجهه) تقسیم شدند و از آزمون رگرسیون لجستیک چند متغیره برای بررسی اثر متغیرهای مستقل بر غلظت جیوه در هوا و بیومارکر ادراری آن استفاده شد. اختلالات عصبی-رفتاری گزارش شده توسط کارکنان به متغیر دوحالته (وجود علائم و عدم وجود علائم) تبدیل شد و وارد مدل رگرسیون لجستیک شدند.

یافته ها

براساس نتایج به دست آمده تنها وضعیت مصرف سیگار و نوبت کاری در دو گروه مورد و شاهد اختلاف معنی دار داشت. کم تر از یک چهارم افراد مورد مطالعه (۲۳%) سیگاری بودند این در حالی بود که تنها ۸% از افراد گروه شاهد سیگاری بودند. علاوه بر این، تعداد افراد نوبت کار در گروه مورد (۷۱/۱%) بیشتر تر از تعداد افراد نوبت کار در گروه شاهد (۲۶/۹%) بود (جدول ۱).

جدول (۱) - اطلاعات دموگرافیک و سازمانی افراد شرکت کننده در مطالعه به تفکیک گروه مورد و شاهد

P-Value	گروه شاهد (n=۶۳)	گروه مورد (n=۵۲)	متغیرها	
	میانگین (انحراف معیار)	میانگین (انحراف معیار)	بله	مصرف سیگار
۰/۳۵ [†]	۳۳/۷۳±۷/۷۷	۳۲/۴۶±۶/۴۵		سن (سال)
۰/۰۹۹	۱۶۷/۲۸±۸/۷۲	۱۶۴/۸۴±۶/۵۸		قد (سانتی متر)
۰/۱۳	۶۸/۳۶±۹/۰۹	۶۵/۹۱±۷/۹۸		وزن (کیلوگرم)
۰/۳۶	۹/۱۵±۶/۹۹	۸/۰۹±۴/۹۹		سابقه کاری (سال)
۰/۴۵۱	۲۴/۵۶±۲/۷۷	۲۴/۹۶±۲/۹۱		شاخص توده بدن
	فراوانی (%)	فراوانی (%)		
۰/۰۱۲*	۵ (% ۷/۹)	۱۳ (۲۵%)	بله	مصرف سیگار
	۵۸ (% ۹۲/۱)	۳۹ (۷۵%)	خیر	
<۰/۰۰۱	۱۷ (% ۲۷)	۳۷ (% ۷۱/۲)	نوبت کاری	نوبت کاری
	۴۶ (% ۷۳)	۱۵ (۲۸/۸)	روز کار	

† T-test; * Chi square

بر مترمکعب (انحراف معیار ۰/۰۰۱۴) به دست آمد که براساس استاندارد ACGIH و NIOSH بیش از حد مجاز است. از سویی دیگر میانگین غلظت جیوه در ادرار گروه مورد ۳۷/۷۳ میکروگرم بر گرم کراتنن (انحراف معیار ۱۳/۰۱) است که از استاندارد توصیه شده ACGIH (۱۳/۰۱) بیشتر است. به طور طبیعی ۰ تا ۲۰ میکروگرم جیوه بر گرم کراتنن در ادرار افرادی که با جیوه مواجهه ندارند وجود دارد (۲۲) براساس نتایج، غلظت جیوه در گروه شاهد در این محدوده قرار دارد (جدول ۳).

بیشترین شیوع علائم عصبی-رفتاری گزارش شده در میان افراد مواجهه یافته با جیوه مربوط به اختلالات خواب و کمترین آن مربوط به خستگی و مشکل در همکاری با دیگران بود. در میان اختلالات عصبی-رفتاری مورد مطالعه، از دست دادن حافظه، اختلالات خواب، تحریک پذیری، لرزش در دستها و ضعف عضلانی در گروه مورد و شاهد اختلاف معنی دار داشت (جدول ۲). میانگین غلظت جیوه در هوا ۰/۰۶۲ میلی گرم

جدول (۲) - شیوع علائم عصبی-رفتاری در گروه مورد (n=۵۲) و گروه شاهد (n=۶۳)

علائم عصبی-رفتاری	گروه مورد (n=۵۲)	گروه شاهد (n=۶۳)	P-Value*
سردرد یا میگرن	۱۱(۲۱/۲)	۱۰(۱۵/۹)	۰/۴۷۹
از دست دادن حافظه	۱۱(۲۱/۲)	۴(۶/۳)	۰/۰۲۶
افسردگی	۴(۷/۷)	۲(۳/۲)	۰/۴۰۷
خستگی	۱(۱/۹)	۳(۴/۸)	۰/۶۲۵
اختلالات خواب	۲۲(۴۲/۳)	۱۲(۱۹)	۰/۰۰۸
دلواپسی	۴(۷/۷)	۴(۶/۳)	۰/۵۳
محو شدن بینایی	۱۱(۲۱/۲)	۵(۷/۹)	۰/۰۵۸
تحریک پذیری	۱۰(۱۹/۲)	۴(۶/۳)	۰/۰۴۶
دمدمی مزاج بودن	۷(۱۳/۵)	۵(۷/۹)	۰/۳۷۲
از دست دادن حواس بویایی یا چشایی	۲(۳/۸)	۳(۴/۸)	۰/۵۹۱
لرزش در دستها	۱۱(۲۱/۲)	۵(۷/۹)	۰/۰۳۸
خارش و مورمور شدن	۲۱(۴۰/۴)	۱۸(۲۸/۶)	۰/۲۳۶
انداختن غیر ارادی چیزها	۳(۵/۸)	۴(۶/۳)	۰/۶۰۶
ضعف عضلانی	۱۸(۳۴/۶)	۸(۱۲/۷)	۰/۰۰۷
مشکل در همکاری با دیگران	۱(۱/۹)	۳(۴/۸)	۰/۶۲۵

* Chi square

جدول (۳) - میانگین، انحراف معیار و همبستگی غلظت جیوه در هوا و سطح بیومارکر جیوه در ادرار در گروه مورد و شاهد

نوع نمونه	گروه مورد (n=۵۲)	گروه شاهد (n=۶۳)	P-Value	استاندارد ACGIH	استاندارد NIOSH
	Mean±SD	Mean±SD			
غلظت جیوه در هوا (mg/m^3)	۰/۰۶۲ ± ۰/۰۰۱۴	-	-	۰/۰۲۵	۰/۰۵
غلظت جیوه در ادرار ($\mu g/g$ cratinine)	۳۷/۷۳ ± ۱۳/۰۱	۵/۹۳ ± ۴/۷۶	۰/۰۳۶	۳۵	-

جدول (۴) - متغیرهای تأثیرگذار بر اختلالات عصبی-روانی در گروه مورد، براساس مدل رگرسیون لجستیک چند متغیره

براساس غلظت جیوه در هوا			براساس غلظت ادرازی جیوه			متغیرها
P-Value	CI95%	OR	P-Value	CI95%	OR	
۰/۰۳۸	۱/۰۲ - ۲/۰۱	۱/۴۳	۰/۰۳۹	۱/۰۱ - ۱/۶۶	۱/۲۹	سن (سال)
۰/۰۱۴	۰/۳۶ - ۰/۸۹	۰/۵۶	۰/۰۱۱	۰/۴۴ - ۰/۹	۰/۶۳	سابقه کار (سال)
-	-	-	۰/۰۴۷	۱/۰۲ - ۳۲/۶۴	۵/۷۸	مصرف سیگار
۰/۰۶۵	۱/۰۷ - ۱/۱۶	۱/۰۸۹	۰/۰۳۵	۱/۰۲ - ۱/۸۷	۱/۱۴	از دست دادن حافظه
-	-	-	۰/۰۴۴	۱/۰۷ - ۱/۲۶	۱/۳۱	اختلالات خواب
۰/۰۰۳	۴/۲۳ - ۱/۳۹	۲/۶۶	-	-	-	دمدمی مزاج بودن
۰/۰۲۸	۱/۰۷ - ۱/۳	۱/۱۸	-	-	-	ضعف عضلانی

کمترین شیوع در گروه مورد مربوط به خستگی و عدم توانایی همکاری با دیگران، تنها با فراوانی ۱ مورد بود. در میان اختلالات عصبی-رفتاری مورد بررسی، از دست دادن حافظه، اختلالات خواب، تحریک پذیری، لرزش دست ها و ضعف عضلانی در دو گروه مورد و شاهد اختلاف معنی دار داشت. از سویی دیگر رابطه معنی داری بین سردرد، افسردگی، خستگی، دلواپسی، محو شدن بینایی، دمدمی مزاج بودن، از دست دادن حس بویایی، خارش و مورمور شدن، انداختن غیر ارادی چیزها و مشکل در همکاری با دیگران یافت نشد.

در مطالعه نقاب و همکاران (۲۰۱۲) که در میان ۴۶ نفر از افراد شاغل در واحد کلرآلکالین به عنوان گروه مورد و ۶۵ نفر به عنوان گروه شاهد انجام شد، رابطه معنی داری بین گروه مورد و شاهد در خصوص اختلالات عصبی-رفتاری از دست دادن حافظه، خستگی جسمی و ذهنی و دمدمی مزاج بودن یافت شد. علاوه بر این، در مطالعه آن ها مشخص شد که دلواپسی، افسردگی، تحریک پذیری، اختلالات خواب، محو شدن بینایی و لرزش در دو گروه مورد و شاهد رابطه معنی دار ندارد (۱۴). در مطالعه آن ها میانگین غلظت جیوه در هوا در گروه مورد ۰/۰۰۳۹۷ میلی

براساس نتایج مدل رگرسیون لجستیک چند متغیره، سن، سابقه کار، مصرف سیگار، از دست دادن حافظه و اختلالات خواب در بین افراد دارای غلظت ادرازی جیوه بیش از حد استاندارد و افراد دارای غلظت ادرازی جیوه کم تر از حد استاندارد رابطه معنی داری وجود دارد. در میان این متغیرها، مصرف سیگار دارای بیشترین نسبت شانس است به طوری که افراد سیگاری ۵/۷۸ برابر نسبت شانس بیشتری را برای قرار گیری در گروه با غلظت جیوه ادرازی بیش از حد مجاز دارند.

بحث

نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری از نظر سن، قد، وزن، سابقه کار و شاخص توده بدن بین افراد گروه مورد و شاهد وجود ندارد. علاوه بر این، وضعیت مصرف سیگار و نوبت کاری بین دو گروه اختلاف معنی دار داشت، به طوری که بیش از ۷۰ درصد از گروه مورد دارای نظام نوبت کاری بودند. براساس اختلالات عصبی-رفتاری گزارش شده توسط افراد شرکت کننده در مطالعه، بیشترین شیوع این اختلالات در گروه مورد مربوط به اختلالات خواب و در گروه شاهد مربوط به خارش و مورمور شدن بود.

گرم بر متر مکعب (انحراف معیار ۰/۰۰۶۲) بود در حالی که در مطالعه حاضر غلظت جیوه در هوای تنفسی گروه مورد ۰/۰۱۶۲ میلی گرم بر مترمکعب با انحراف معیار ۰/۰۰۶۲ اندازه گیری شد که ۴ برابر بیش تر از مطالعه آن ها است. غلظت ادراری جیوه در گروه مورد و شاهد مطالعه حاضر به ترتیب $13/01 \pm 37/73$ و $4/76 \pm 5/93$ میکروگرم بر گرم کراتنین بود در حالی که در مطالعه نقاب و همکاران (۲۰۱۲) در گروه مورد $26/77 \pm 34/3$ میکروگرم بر گرم کراتنین و در گروه شاهد $3/82 \pm 10/15$ میکروگرم بر گرم کراتنین بود. همراستا با مطالعه حاضر، Clarkson و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه خود نشان دادند افرادی که به طور طولانی مدت با جیوه مواجهه دارند علائمی مانند اختلالات خواب، از دست دادن حافظه، لرزش ماهیچه ها و تغییرات شخصیتی را بروز می دهند (۲۳). Gibb و O'Leary (۲۰۱۴) در مطالعه مروری خود نشان دادند که لرزش، ناهماهنگی حرکتی، از دست دادن حافظه و اختلالات بینایی از مهم ترین اثرات بهداشتی گزارش شده ناشی از جیوه در میان کارکنان شاغل در معادن کوچک طلا بوده و این علائم نه تنها در افراد شاغل در معادن به فراوانی وجود دارد بلکه در میان افرادی شایع بود که از ماهی های پایین دست این معادن تغذیه می کنند (۲۴). Drasch و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه خود نشان دادند افرادی که به طور شغلی با جیوه مواجهه دارند، اختلالات خواب، ترشح بزاق بیش تر و احساس طعم فلزی در دهان و لرزش بیش تری را نسبت به گروه شاهد گزارش کرده اند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (۲۵). در مطالعه آن ها از تست های نورولوژی برای ارزیابی اختلالات استفاده شد.

براساس مدل رگرسیون چند متغیره، سن، سابقه کار، مصرف سیگار، از دست دادن حافظه و اختلالات خواب متغیرهایی بودند که با غلظت ادراری جیوه رابطه معنی دار داشتند، به طوری که با افزایش سن و مصرف سیگار، غلظت جیوه در ادرار افزایش می یافت. یکی دیگر از عواملی که می تواند بر روی اختلالات خواب اثر گذار باشد نوبت کاری است که با برهم زدن ریتم سیرکادین باعث برهم خوردن ریتم خواب و بیداری می شود (۲۶). با توجه به این که تعداد افراد نوبت کار در گروه مورد بیش تر از گروه شاهد بود، ممکن است یکی از دلایل بیش تر بودن شیوع اختلالات خواب در آن ها باشد.

از میان علائم عصبی-رفتاری گزارش شده توسط کارکنان، از دست دادن حافظه، دمدمی مزاج بودن و لرزش عضلانی با غلظت جیوه در هوای تنفسی رابطه معنی دار داشت. با افزایش غلظت جیوه در هوای تنفسی، شیوع دمدمی مزاج بودن در میان کارکنان $2/66$ برابر افزایش می یافت. غلظت جیوه در هوا با سن رابطه مستقیم داشت. در این بین، سابقه کاری با غلظت ادراری جیوه و غلظت جیوه در هوا رابطه معکوس داشت. این موضوع می تواند ناشی از استفاده بیش تر افراد با تجربه از وسایل حفاظت فردی و هم چنین رعایت افراد با سابقه کاری بالاتر برای حضور در محیط های با آلودگی بیش تر باشد که به طور مؤثری میزان مواجهه با جیوه را کاهش می دهد. Decharat و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه خود نشان دادند که استفاده از وسایل حفاظت فردی مانند ماسک و دستکش می تواند میزان جیوه در ادرار کارکنان مراقبت های دهان و دندان را که در فرآیند ساخت ملغمه با آن مواجهه دارند، به نحوی مؤثر کاهش دهد. در مطالعه آن ها نشان داده شد

که اختلاف معنی داری بین گروه مورد و شاهد در خصوص لرزش ناشی از مواجهه با جیوه وجود ندارد، اگر چه آن‌ها اختلاف معنی داری بین شیوع لرزش دست در افراد سیگاری و غیر سیگاری یافتند (۲۹).

براساس نتایج به دست آمده در این مطالعه، مصرف سیگار یکی از مهم ترین عوامل اثر گذار بر غلظت جیوه در ادرار است. هنگامی که برگ های تنباکو حاوی جیوه باشد، سیگار کشیدن ممکن است باعث مواجهه استنشاقی با جیوه شود. از آن جایی که جذب استنشاقی جیوه قابل توجه است، قسمت زیادی از آن وارد جریان خون شده که می تواند باعث افزایش سطح جیوه در ادرار شود. به دلیل این که ورود جیوه به بدن افراد سیگاری، از مسیری غیر از مواجهه شغلی است، رابطه معنی داری بین غلظت جیوه در هوای تنفسی و مصرف سیگار یافت نشد زیرا اندازه گیری انجام شده در خارج از زمان مصرف سیگار افراد بوده است. برخلاف این نتایج، Li و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه خود نشان دادند که مصرف سیگار و سن با غلظت جیوه در ادرار رابطه ای ندارد. تفاوت در حجم نمونه و غلظت جیوه در ادرار ممکن است علت این اختلاف باشد. در مطالعه آن‌ها ۲۲ نفر به عنوان گروه مورد در نظر گرفته شدند که تنها ۳ نفر از آن‌ها سیگاری بودند. از سویی دیگر غلظت جیوه در ادرار افراد سیگاری و غیر سیگاری به ترتیب ۹۷۹ (انحراف معیار ۱۴۵۰) و ۱۵۸۰ (۱۸۳۰) میکرو گرم بر گرم کراتنین بود. مقادیر جیوه در ادرار در مطالعه آن‌ها بسیار بیش تر از مطالعه حاضر برآورد شد (۳۰).

Satoh (۲۰۰۰) در یک مطالعه مروری به این نتیجه رسید که مواجهه با غلظت های ۰/۰۵ میلی گرم بر مترمکعب و حتی کم تر، باعث آسیب های

که افرادی که سابقه کاری بیش تر از ۵ سال دارند غلظت جیوه در ادرار آن‌ها کم تر از افراد با سابقه کاری کم تر از ۵ سال است (۲۷). هم راستا با مطالعه حاضر، در مطالعه ای که توسط Drasch و همکاران (۲۰۰۱) بر روی افراد شاغل در معادن کوچک طلا و هم چنین مردم ساکن در اطراف معادن انجام گرفت، نشان داده شد افرادی که به طور شغلی با جیوه مواجهه دارند علائمی مانند لرزش، مشکلات حافظه، بیقراری، کاهش وزن، احساس طعم فلزی در دهان و اختلالات خواب را تجربه می کنند (۲۵). البته شیوع برخی از علائم مانند خستگی نیز در مطالعه آن‌ها با غلظت ادراری جیوه رابطه داشت که با نتایج مطالعه حاضر متفاوت است. این تفاوت ممکن است ناشی از تفاوت در جامعه مورد مطالعه باشد زیرا در مطالعه آن‌ها نه تنها بر روی کارکنان معادن کوچک طلا مورد مواجهه با جیوه انجام شد بلکه بیش از ۵۰ درصد از کل جامعه مورد مطالعه، مردم ساکن در اطراف این معادن بودند که به طور غیر شغلی با جیوه مواجهه داشتند. Frumkin و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه ای به بررسی اثرات بهداشتی مواجهه طولانی مدت با جیوه در میان کارکنان واحد کلرآلکالین پرداختند. مشابه با مطالعه حاضر، در مطالعه آن‌ها مشخص شد که مواجهه با جیوه رابطه معنی داری با اختلالات خواب و از دست دادن حافظه دارد. نتایج آن‌ها نشان داد که مواجهه با جیوه با تحریک پذیری، افسردگی و لرزش در گروه مورد رابطه معنی دار دارد که با نتایج مطالعه حاضر تناقض دارد. لازم به ذکر است که میزان میانگین غلظت ادراری جیوه در مطالعه آن‌ها ۲/۷۶ با انحراف معیار ۲/۰۴ بود که به طور قابل توجه ای از مطالعه حاضر کم تر است (۲۸). Elingsen و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه خود گزارش دادند

خفیف در مجاری کلیه و افزایش شکایت‌ها ناشی از خستگی، اختلالات حافظه، لرزش، الکتروکاردیوگرام غیر طبیعی و عمل کرد ضعیف در تست‌های عصبی-رفتاری می‌شود (۳۱).

Li و Tang (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات نورو توکسیک مواجهه با جیوه در میان کارگران ساخت دماسنج‌ها طبی پرداختند. آن‌ها در مطالعه خود نشان دادند که ریسک بروز علائم عصبی (از دست دادن حافظه، خستگی، لرزش، بی خواب و دمدمی مزاج بودن) در میان کارکنان با افزایش غلظت جیوه در هوا به طور قابل توجه‌ای افزایش می‌یابد. در مطالعه آن‌ها غلظت جیوه در هوای تنفسی ۰/۰۲۷ میلی گرم بر متر مکعب اندازه‌گیری شد (۲۰).

Siojewski و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود نشان دادند که غلظت جیوه در ادرار افراد سیگاری به طور معنی‌داری بیش‌تر از افراد غیر سیگاری است که این نتیجه‌گیری منطبق با نتایج این مطالعه است (۳۲). در مطالعه Steckling و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده شد که اختلاف معنی‌داری بین افراد با مواجهه کم با جیوه و مواجهه زیاد با جیوه از نظر مصرف سیگار وجود ندارد. البته تعداد افراد مورد بررسی در مطالعه آن‌ها ۱۹۸ نفر بودند که تنها ۴٪ از آن‌ها مصرف سیگار داشتند در حالی که در مطالعه حاضر ۲۵٪ از افراد مورد مواجهه با جیوه سیگاری بودند (۳۳). در خصوص مصرف سیگار و رابطه آن با غلظت جیوه در ادرار باید به این نکته اشاره کرد که تعداد سیگار مصرفی در روز و نوع سیگار مصرفی می‌تواند از متغیرهای مهم در اثرگذاری مصرف سیگار بر غلظت جیوه در ادرار باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه نشان داده شد که سطح مواجهه با جیوه در هوای تنفسی در کارکنان یکی از واحدهای صنعت نفت بیش‌تر از حد استاندارد است. مواجهه بیش از استاندارد باعث افزایش غلظت جیوه در ادرار می‌شود. علاوه بر این میزان افزایش غلظت جیوه در ادرار با برخی از اختلالات عصبی-رفتاری رابطه داشت. مطالعه حاضر شواهدی را در خصوص اثر سن، سابقه کاری و مصرف سیگار بر غلظت جیوه در هوا و ادرار فراهم آورد. از سویی دیگر افزایش غلظت جیوه در هوای تنفسی با علائم عصبی-رفتاری مانند از دست دادن حافظه، دمدمی مزاج بودن و ضعف عضلانی و غلظت ادراری جیوه به ترتیب با شیوع علائم از دست دادن حافظه و اختلالات خواب ارتباط داشت. کارکنان در واحد صنعتی مورد بررسی به طور قابل توجهی از اثرات عصبی-رفتاری مواجهه با جیوه رنج می‌بردند که باید به منظور کنترل مواجهه آن‌ها اقدامات لازم مانند بهبود تکنولوژی فرآیند، شرایط محیط کار، تهویه موضعی و تامین وسایل حفاظت فردی مانند ماسک و دستکش مناسب، صورت گیرد. علاوه بر این، پایش مداوم محیط کار، بررسی‌های پزشکی و برنامه‌های آموزشی به طور مرتب برای پیش‌گیری از بروز اثرات احتمالی لازم الاجرا است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از تمام کارکنانی که در این مطالعه شرکت کردند و هم‌چنین سرپرستان که اطلاعات لازم را در اختیار محققین قرار دادند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

REFERENCES

- Li P, Feng X, Shang L, Qiu G, Meng B, Zhang H, et al. Human co-exposure to mercury vapor and methylmercury in artisanal mercury mining areas, Guizhou, China. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2011;74(3):473-9.
- Osanloo M, Shirkhanloo H, Qorban Dadrass O. Using silver nano particles for sampling of toxic mercury vapors from industrial air sample. *Journal of Health and Safety at Work*. 2014;4(1):21-30.
- Liang P, Feng X, Zhang C, Zhang J, Cao Y, You Q, et al. Human exposure to mercury in a compact fluorescent lamp manufacturing area: by food (rice and fish) consumption and occupational exposure. *Environmental Pollution*. 2015;198:126-32.
- Pacyna EG, Pacyna JM, Sundseth K, Munthe J, Kindbom K, Wilson S, et al. Global emission of mercury to the atmosphere from anthropogenic sources in 2005 and projections to 2020. *Atmospheric Environment*. 2010;44(20):2487-99.
- Sherman LS, Blum JD, Franzblau A, Basu N. New insight into biomarkers of human mercury exposure using naturally occurring mercury stable isotopes. *Environmental science & technology*. 2013;47(7):3403-9.
- Golbabaee F, Moradi Hanifi S, Hassani H, Shirkhanlo H, Hossini M. Evaluation of the quality of gas turbine inlets in a gas power plan. *Journal of Health and Safety at Work*. 2013;3(3):35-44.
- Clarkson TW, Vyas JB, Ballatori N. Mechanisms of mercury disposition in the body. *American Journal of Industrial Medicine*. 2007;50(10):757-64.
- Holmes P, James K, Levy L. Is low-level environmental mercury exposure of concern to human health? *Science of the total environment*. 2009;408(2):171-82.
- Berglund M, Lind B, Björnberg KA, Palm B, Einarsson Ö, Vahter M. Inter-individual variations of human mercury exposure biomarkers: a cross-sectional assessment. *Environmental Health*. 2005;4(1):20.
- World Health Organization. *Elemental mercury and inorganic mercury compounds: Human health aspects*. 2003.
- Kristensen AKB, Thomsen JF, Mikkelsen S. A review of mercury exposure among artisanal small-scale gold miners in developing countries. *International archives of occupational and environmental health*. 2014;87(6):579-90.
- Joint W, Organization WH. *Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution*. Geneva, Switzerland 2007.
- Ralston NV, Ralston CR, Blackwell JL, Raymond LJ. Dietary and tissue selenium in relation to methylmercury toxicity. *Neurotoxicology*. 2008;29(5):802-11.
- Neghab M, Amin Norouzi M, Choobineh A, Reza Kardaniyan M, Hassan Zadeh J. Health effects associated with long-term occupational exposure of employees of a chlor-alkali plant to mercury. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2012;18(1):97-106.
- Centers for Disease Control Prevention. *Fourth national report on human exposure*

- to environmental chemicals, updated tables. Atlanta, GA: Department of Health and Human Services. 2012.
16. Fernandes Azevedo B, Barros Furieri L, Peçanha FM, Wiggers GA, Frizera Vassallo P, Ronacher Simões M, et al. Toxic effects of mercury on the cardiovascular and central nervous systems. *BioMed Research International*. 2012;2012.
 17. Wastensson G, Lamoureux D, Sällsten G, Beuter A, Barregård L. Quantitative tremor assessment in workers with current low exposure to mercury vapor. *Neurotoxicology and teratology*. 2006;28(6):681-93.
 18. Milioni ALV, Nagy BV, Moura ALA, Zachi EC, Barboni MT, Ventura DF. Neurotoxic impact of mercury on the central nervous system evaluated by neuropsychological tests and on the autonomic nervous system evaluated by dynamic pupillometry. *Neurotoxicology*. 2017;59:263-9.
 19. Clarkson TW. The three modern faces of mercury. *Environmental health perspectives*. 2002;110(Suppl 1):11.
 20. Tang N, Li Y. Neurotoxic Effects in Workers of the Clinical Thermometer Manufatcure Plant. *International journal of occupational medicine and environmental health*. 2006;19(3):198-202.
 21. Zwicker JD, Dutton DJ, Emery JCH. Longitudinal analysis of the association between removal of dental amalgam, urine mercury and 14 self-reported health symptoms. *Environmental Health*. 2014;13(1):95.
 22. Iowa TUo. Department of Pathology Laboratory Services Handbook [Available from: https://www.healthcare.uiowa.edu/path_handbook/handbook/test1299.html].
 23. Clarkson TW, Magos L, Myers GJ. The toxicology of mercury—current exposures and clinical manifestations. *N engl j med*. 2003;2003(349):1731-7.
 24. Gibb H, O’Leary KG. Mercury exposure and health impacts among individuals in the artisanal and small-scale gold mining community: a comprehensive review. *Environmental health perspectives*. 2014;122(7):667.
 25. Drasch G, Böse-O’Reilly S, Beinhoff C, Roider G, Maydl S. The Mt. Diwata study on the Philippines 1999—assessing mercury intoxication of the population by small scale gold mining. *Science of the Total Environment*. 2001;267(1):151-68.
 26. James SM, Honn KA, Gaddameedhi S, Van Dongen HP. Shift Work: Disrupted Circadian Rhythms and Sleep—Implications for Health and Well-being. *Current Sleep Medicine Reports*. 2017;3(2):104-12.
 27. Decharat S, Phethuayluk P, Maneelok S, Thepaksorn P. Determination of mercury exposure among dental health workers in Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. *Journal of toxicology*. 2014;2014.
 28. Frumkin H, Letz R, Williams PL, Gerr F, Pierce M, Sanders A, et al. Health effects of long-term mercury exposure among chloralkali plant workers. *American journal of industrial medicine*. 2001;39(1):1-18.
 29. Ellingsen DG, Bast-Pettersen R, Efskind J, Thomassen Y. Neuropsychological effects of

- low mercury vapor exposure in chloralkali workers. *Neurotoxicology*. 2001;22(2):249-58.
30. Li P, Feng X, Qiu G, Li Z, Fu X, Sakamoto M, et al. Mercury exposures and symptoms in smelting workers of artisanal mercury mines in Wuchuan, Guizhou, China. *Environmental Research*. 2008;107(1):108-14.
31. Satoh H. Occupational and environmental toxicology of mercury and its compounds. *Industrial health*. 2000;38(2):153-64.
32. Słojewski M, Czerny B, Safranow K, Drożdżik M, Pawlik A, Jakubowska K, et al. Does smoking have any effect on urinary stone composition and the distribution of trace elements in urine and stones? *Urological research*. 2009;37(6):317.
33. Steckling N, Boese-O'Reilly S, Gradel C, Gutschmidt K, Shinee E, Altangerel E, et al. Mercury exposure in female artisanal small-scale gold miners (ASGM) in Mongolia: An analysis of human biomonitoring (HBM) data from 2008. *Science of the Total Environment*. 2011;409(5):994-1000.

Environmental and biological monitoring of exposure to mercury and assessment of its effects on neurobehavioral disorders; A case-control study among workers in a unit of petroleum industry

Mohammad Hamid Ijazi¹, Sara Salarian², Majid Bagheri Hosseinabadi^{3,*}

¹ Ph.D., Management, Shakhse Pajouh Research Institute (SPRI), Isfahan University, Isfahan, Iran

² Assistant Professor, School of Medicine, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ Lecturer, School of Public Health, Shahrood University of Medical Sciences, Shahrood, Iran

Abstract

Introduction: Mercury, in different form can induce adverse effects on various organs especially central nervous system. The aim of this study was to determine concentration of mercury in inhalation and urine of the exposed worker and to investigate the prevalence of probable neurobehavioral disorders.

Material and Method: The present case-control study was conducted among workers of a unit in a petroleum industry. The study population consisted of 52 workers as case and 63 workers as control groups. The mercury concentration in air and urine was measured according to NIOSH 6009 standard and using the cold vapor atomic absorption spectrophotometer (CV-AAS). Demographic data and neurobehavioral disorders were collected using a self-reported questionnaire. Pearson correlation coefficient, multiple regression tests and SPSS v24 were used to analyze the data.

Result: Air concentration of mercury was 0.062 ± 0.0014 mg/m³ which was higher than the recommended threshold by NIOSH and ACGIH. In addition, there was a significant difference between urinary concentration of mercury in the case (37.73 ± 13.01 µg/g creatinine) and control (5.93 ± 4.76 µg/g creatinine) groups ($p=0.036$). Based on the multivariate logistic regression model, significant relationships were found between memory loss, sleep disturbance, and urine mercurial concentrations and, between memory loss, moody, muscle weakness and air mercurial concentration.

Conclusion: The values of Hg in blood and urine workers who worked in investigated unit were significantly higher than recommended threshold values. In addition, the Hg concentration in urine was related to some of neurobehavioral disorders.

Key words: Mercury Exposure, Neurobehavioral Disorders, Biological Monitoring, Air Sampling

* Corresponding Author Email: majidbagheri1989@gmail.com