مجله علوم پزشکی زانکو/ دانشگاه علوم پزشکی کردستان/ پاییز ۱۳۹۷/ ۹۷-۸۴

مقاله پژوهشی
(Originalpaper)

بررسی میزان جیوه، کادمیوم و سرب در شیر مادران و ارتباط آن ها با پارامترهای مطالعه شده در شهر سنندج

پگاه بهمنی[1*]، افشین ملکی[2]

۱- دانشجوی دکتری مرکز تحقیقات بهداشت محیط، موسسه تحقیقات توسعه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

۲- استاد، مرکز تحقیقات بهداشت محیط، موسسه تحقیقات توسعه سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

*نویسنده مسئول: شماره تماس: ۰۸۷-۳۳۱۶۰۱۰۰, E-mail: pegah_bahmani@yahoo.com

https://orcid.org/0000-0003-0911-5376

چکیده

زمینه و هدف: فلزات سنگین از جمله جیوه، کادمیوم و آرسنیک سمی هستند. مواجهه طولانی مدت موجودات زنده با آن‌ها خطرات زیادی را در پی خواهد داشت. اگر چه شیر مادر بهترین منبع تغذیه برای نوزادان است، اما می‌تواند منبع مواجهه با فلزات سمی باشد. هدف از این مطالعه تعیین میزان جیوه، کادمیوم و آرسنیک در شیر مادران شهر سنندج و بررسی اثر بعضی پارامترها بر غلظت آن ها و همچنین ارزیابی همبستگی بین فلزات سمی و رشد نوزادان بود.

مواد و روش کار: نمونه‌های شیر (۳۰-۲۰ میلی‌لیتر) از ۱۰۰ مادر در دو ماه بعد از بارداری جمع‌آوری شد. غلظت جیوه، کادمیوم و آرسنیک با استفاده از دستگاه اسپکترومتری جرمی پلاسمای جفت شده‌ی القایی(ICP-MS) آنالیز شد. از ضریب همبستگی اسپیرمن برای تعیین ارتباط بین غلظت فلزات سمی در شیر و متغیرهای تعریف شده استفاده شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت جیوه ۳/۴۸ میکروگرم در لیتر بود. غلظت کادمیوم و آرسنیک در محدوده تشخیص دستگاهی (به ترتیب ۰/۱ و ۰/۲ میکروگرم در لیتر) بود. در ۴۹ درصد نمونه‌ها غلظت جیوه بالاتر از استاندارد پیشنهاد شده سازمان بهداشت جهانی (۱/۷-۱/۴ میکروگرم در لیتر) بود. میانگین جذب هفتگی جیوه، کادمیوم و آرسنیک به ترتیب ۳/۴، ۰/۰۹۸ و ۰/۲ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم وزن نوزاد در هفته بود. نتایج نشان داد که بین غلظت جیوه در شیر مادر و فاکتورهای نوزادان (وزن، قد و دور سر نوزاد در ۲ ماهگی) ارتباط معنی‌داری وجود ندارد ($P>0/05$). بین غلظت جیوه در شیر مادر و پارامترهای مثل مصرف ماهی و شغل مادران ارتباط معنی داری وجود داشت ($P<0/05$).

نتیجه‌گیری: میانگین غلظت جیوه در نمونه‌های شیر مادر بیشتر از حد استاندارد پیشنهاد شده بود. برای کاهش میزان فلزات سمی در شیر مادران اقدامات پیشگیرانه از جمله برگزاری دوره‌های آموزشی بایستی انجام شود. به منظور ارزیابی میزان مواجهه مادران در طی دوران بارداری و دوران شیر دهی برنامه‌های پایش و سنجش میزان فلزات سمی در شیر مادر در جامعه‌ی آماری بزرگتر لازم است.

واژه‌های کلیدی: جیوه، کادمیوم، آرسنیک، شیر مادر، نوزادان

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

مقدمه

فلزات سنگین از جمله جیوه، کادمیوم و آرسنیک به علت سمیت بالا به عنوان مهم‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی محسوب می‌شوند که مواجهه طولانی مدت موجودات زنده با آنها خطرات زیادی را در پی خواهد داشت. حضور گسترده فلزات سنگین در محیط از جمله آب، خاک و هوا موجب انتقال این آلاینده‌ها به زنجیره‌ی غذایی می‌شود. بنابراین مواد غذایی به راحتی می‌تواند فلزات سمی را به بدن موجودات زنده منتقل نماید (۱, ۲). بعضی عناصر، مانند آهن، روی، کبالت و منگنز برای بدن لازم و ضروری هستند، اما در اثر جذب بیش از حد ممکن است برای بدن سمی و مضر باشند. عناصر غیر ضروری مانند جیوه، کادمیوم و آرسنیک برای موجودات زنده سمی هستند که مقادیر کمی از آن‌ها تاثیر قابل ملاحظه ای بر سیستم ایمنی بدن دارد و مواجهه با آنها سبب نارسایی کلیه و کبد، بی‌خوابی در کودکان، از دست دادن حافظه و آسیب به سیستم اعصاب مرکزی می‌شود (۳-۵). همچنین این عناصر دارای پتانسیل جهش زایی و سرطان‌زایی هستند. بعضی محققان گزارش کردند که این فلزات ممکن است اثرات کشندگی داشته باشند (۶-۸). شیر مادر بهترین منبع تغذیه در مراحل اول زندگی کودکان است (۹, ۱۰). بنابراین سلامت شیر مادر ارتباط مستقیم با سلامت کودکان و نسل آینده‌ی جامعه دارد. سازمان بهداشت جهانی (WHO) پیشنهاد می‌کند، کودکان در ۶ ماه اول زندگی از شیر مادر تغذیه کنند (۱۱). با این وجود شیر مادر ممکن است منبع مواجهه با فلزات سمی باشد که می‌تواند اثرات مضری بر تغذیه و سلامت کودکان داشته باشد (۱۲, ۱۳). WHO در سال ۱۹۸۹ متوسط غلظت فلزات سنگین در شیر مادر را برای جیوه، کادمیوم و آرسنیک به ترتیب ۱/۷، ۰/۱ و ۰/۳ میکروگرم بر لیتر اعلام نمود (۱۴). بیشتر فلزات سمی به سهولت از طریق پوست، تنفس و گوارش جذب می‌شود و پس از ورود به پلاسمای خون از جفت عبور می‌نمایند و وارد بافت‌های بدن جنین می شوند (۱۵).

کشورهای آسیایی بیش از ۵۰ درصد جیوه‌ی مصنوعی جهان را تولید می‌کنند (۱۶). شکل آلی جیوه (مت هموگلوبین) به داخل دستگاه گوارش کودکان جذب می‌شود و در نهایت وارد مغزشان می‌شود، اما درصد کمی از شکل معدنی جیوه وارد شیر می‌شود و به ندرت وارد مغز می‌شود (۱۷). کادمیوم عنصر غیر ضروری و سمی برای بدن است که باعث آسیب به کلیه شده و اختلالات عصبی مثل پرخاشگری و بیش فعالی ایجاد می‌کند و همچنین ممکن است با عناصر ضروری و مغذی در بدن فعل و انفعالات متابولیکی داشته باشد و در متابولیسم کلسیم اختلال ایجاد نماید (۱۸-۲۱). آرسنیک نیز یک عنصر سمی و غیر ضروری است که حضور آن در ارگانیسم‌های زنده، نشان داده که اثرات حاد و مزمن بر سلامتی انسان دارد (۲۲, ۲۳). بنابراین کنترل مقدار آن برای جلوگیری از آلودگی به آرسنیک لازم و ضروری است. لیو و همکاران نشان دادند که متوسط غلظت سرب و کادمیوم در شیر مادران چینی به ترتیب ۴۰/۶ و ۰/۷۶ میکروگرم در لیتر بود (۱).

در دوران شیر دهی، فلزات سمی از خون مادر به داخل شیر منتقل شده و توسط نوزادان مصرف می شوند (۱۲, ۲۴). مطالعات کمی در ایران در مورد تعیین میزان فلزات سمی در شیر مادر و فاکتورهای تاثیر گذار بر مقدار آن‌ها وجود دارد. رحیمی و همکاران در سال ۲۰۰۹ میانگین غلظت کادمیوم و سرب را در شیر مادران زرین شهر مطالعه کردند و همچنین تاثیر برخی پارامترها را روی غلظت فلزات سمی بررسی نمودند. میانگین غلظت کادمیوم و سرب در ۴۴ نمونه به ترتیب ۲/۴۴ و ۱۰/۳۹ میکروگرم در لیتر بدست آمد.

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

همبستگی قابل توجهی بین میزان سرب در شیر مادر و سن مادر و همچنین بین میانگین غلظت کادمیوم و مصرف سیگار مشاهده شد (۲۵). نظر پور و همکاران در سال ۲۰۱۵ میانگین غلظت کادمیوم و کروم را در شیر ۱۰۰ مادر مراجعه‌کننده به درمانگاه‌های سطح شهر ورامین مطالعه کردند. نتایج نشان داد میانگین غلظت کادمیوم و کروم به ترتیب ۵ و ۳ میکروگرم در میلی‌لیتر بود، همچنین ارتباط معنی‌داری بین محل زندگی افراد و سطح کادمیوم و کروم مشاهده شد و بین مصرف سیگار توسط همسر، مصرف برنج وارداتی و مصرف آب معدنی با کروم ارتباط معنی داری گزارش کردند (۲۶).

با توجه به شواهد موجود، احتمال ورود فاضلاب، پساب و مواد شیمیایی سمی صنایع شهر سنندج (شهرک صنعتی شهر سنندج) به محیط زیست وجود دارد که می‌تواند باعث تجمع انواع آلاینده‌ها در خاکهای مجاور، آب‌های سطحی و زیرزمینی و زنجیره غذایی گردد و در نهایت وارد بدن انسان شوند و ممکن است در دوران شیر دهی وارد شیر مادران شوند. با توجه به همبستگی احتمالی بین سطح فلزات سمی خون مادر و احتمال انتقال آنها از طریق بند ناف و شیر مادر به جنین، تحقیق حاضر با هدف تعیین میزان جیوه، کادمیوم و آرسنیک در شیر مادران شهر سنندج و بررسی اثر بعضی پارامترها روی غلظت آنها و همچنین ارزیابی همبستگی بین فلزات سمی و رشد نوزادان اتجام شد.

مواد و روش کار

این مطالعه توصیفی-تحلیلی در تابستان سال ۹۶ در شهر سنندج انجام شد. روش نمونه‌گیری به صورت خوشه‌ای بود. از ۲۲ مرکز بهداشت سطح شهر سنندج، ۱۰ مرکز بهداشت به صورت تصادفی انتخاب شدند و از هر مرکز بهداشت ۱۰ مادر و در مجموع ۱۰۰ نفر انتخاب شدند. جامعه آماری شامل مادران شیرده مراجعه‌کننده به مراکز بهداشتی و درمانی در دو ماه بعد از زایمان بود. این مادران در نواحی شهری و غیر صنعتی زندگی می‌کردند. سوالات پرسشنامه که بر اساس مطالعات گذشته تهیه و تنظیم شد (۱۰, ۲۷)، حاوی اطلاعات زمینه ای بود که توسط مادران تکمیل گردید. به منظور از بین بردن فاکتورهای مداخله‌کننده در مطالعه، با مراجعه به پرونده پزشکی، مادرانی انتخاب شدند که به جزء قرص آهن و ویتامین های مکمل از داروی دیگری در حین بارداری و بعد از زایمان استفاده نمی‌کردند. سطح هموگلوبین خون مادران در روزهای اول بعد از زایمان بر اساس اطلاعات ثبت شده در پرونده آنها ثبت شد. مشخصات نوزادان نیز بر اساس پرونده آنها شامل وزن، قد، دور سر کودک در طی تولد و دو ماه بعد از زایمان ثبت گردید. این مطالعه توسط کمیته اخلاقی دانشگاه علوم پزشکی کردستان با کد ۹۳/۴۶ تایید شد و فرم رضایت که در آن اهداف مطالعه شرح داده شده بود توسط مادران مطالعه و تایید شد.

نمونه‌های شیر (۳۰-۲۰ میلی لیتر) توسط خود فرد در ظروف پلی‌اتیلن جمع‌آوری شد و بلافاصله به فریز ۲۰- درجه سانتی‌گراد منتقل گردید. ظروف پلی‌اتین از قبل توسط اسیدنیتریک ۲۰ درصد و سپس آب دیونیزه شسته شدند. برای آماده سازی نمونه، ۵ میلی لیتر از نمونه شیر داخل بشر ریخته شد و در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک شد و سپس در کوره در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد و به منظور پودر شدن و معدنی شدن کامل، نمونه در دمای ۴۵۰ درجه به مدت ۱۲ ساعت قرار داده شد. خاکستر بدست آمده با ۲ میلی‌لیتر پر اکسید هیدروژن شسته شد و سپس خشک گردید و مجددا در دمای

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

۴۵۰ درجه به مدت ۱۲ ساعت قرار داده شد. نمونه های خاکستر در اسید نیتریک یک مولار رقیق شدند. نمونه های هضم شده با آب دیونیزه تا حجم ۵۰ میلی لیتر رقیق شدند. غلظت جیوه، کادمیوم و آرسنیک با استفاده از دستگاه اسپکترومتری جرمی پلاسمای جفت شده‌ی القایی (ICP-MS) آنالیز شد. کمترین حد تشخیص (LOD)[1] دستگاه برای جیوه، کادمیوم و آرسنیک به ترتیب ۰/۳، ۰/۱ و ۰/۲ میکروگرم در لیتر بود.

میانگین جذب فلزات سمی در نوزادان با فرض اینکه میزان ۴/۵ لیتر در هفته شیر مصرف می کنند با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۱۳).

$$\text{میانگین جذب} = \frac{IR \times C}{BW}$$

IR= میزان مصرف شیر (لیتر در هفته)، C= غلظت فلزات سمی در شیر (میکروگرم در لیتر)، BW= وزن بدن نوزاد (کیلوگرم).

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ورژن ۲۳) آنالیز شد. برای ارزیابی توزیع داده‌ها از آزمون آماری کولموگروف اسمیرنوف استفاده شد. به دلیل اینکه داده‌ها توزیع نرمال نداشتند از آزمون من‌ویتنی‌یو ناپارامتریک برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها استفاده شد. برای تعیین ارتباط بین غلظت عناصر در شیر و متغیرهای تعریف شده از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده گردید. سطح معنی‌داری در تمام آزمونها، ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

میانگین و انحراف معیار مشخصات مادران و کودکان مورد مطالعه (سن مادران، وزن مادران، میزان تحصیلات، جنس نوزاد، سن جنینی نوزاد، وزن، قد و دور سر نوزادان در حین تولد و ۲ ماهگی) در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: مشخصات جمعیت مورد مطالعه

مشخصات	انحراف معیار ± میانگین ، درصد	محدوده
مادران		
سن (سال)	۲۷/۵±۴	۱۷-۳۷
وزن بارداری (کیلوگرم)	۶۴/۲±۶/۱	۴۸/۲-۹۸/۷
سطح تحصیلات زیر دیپلم	۷۷ درصد	
جنس نوزادان		
پسر	۵۳ درصد	
دختر	۴۷ درصد	
سن جنینی (هفته)	۳۸/۲±۱/۲	۳۱/۵-۴۰
وزن نوزاد در تولد (گرم)	۳/۳±۰/۳۸	۲/۲-۳/۴
قد نوزاد در تولد (سانتی متر)	۴۸/۸۴±۳/۴	۳۳-۵۴
دور سر نوزاد در تولد (سانتی متر)	۳۵/۱۵±۲/۵۳	۳۲-۵۲
وزن نوزاد در دو ماهگی (گرم)	۰/۵۹±۴/۶	۳/۱-۶
قد نوزاد در دو ماهگی (سانتی متر)	۶۸/۳۷±۳/۹	۴۹/۵۷-۶۹/۶۳
دور سر نوزاد در دو ماهگی (سانتی متر)	۳۸/۳±۲/۵۹	۳۴/۵۶-۵۶/۱۶

نتایج نشان داد، سطح جیوه در ۹۷ درصد نمونه های شیر مادر بالاتر از حد تشخیص دستگاهی (۰/۳ میکروگرم در لیتر) بود و در ۴۹ درصد نمونه‌ها، سطح جیوه بالاتر از حد استاندارد WHO (۱/۷-۱/۴ میکروگرم در لیتر) بود. در مجموع میانگین غلظت جیوه ۳/۴۸ میکروگرم در لیتر (۳/۵۶-۰/۹میکروگرم در لیتر) بود. در همه نمونه‌ها سطح آرسنیک و کادمیوم در محدوده حد تشخیص دستگاهی (LOD) بود.

میانگین غلظت جیوه در پارامترهای مختلف مادران در جدول ۲ نشان داده شده است. سن مادر، سطح آموزش و سیگار کشیدن در طی بارداری و دو ماه بعد از بارداری تاثیری بر مقدار جیوه نداشت. بر اساس جدول ۲ و شکل ۱، میانگین غلظت جیوه در مادران خانه‌دار بیشتر از مادران شاغل بود (P<۰/۰۵). ٪۴۰

1- Limit of Detection

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

مادران در دوران بارداری و ۲ ماه بعد از بارداری موهایشان را رنگ کردند، اما بر اساس همبستگی اسپیرمن (جدول ۳) اثر قابل توجهی روی مقدار جیوه در شیر مادر نداشت (r_s=-0.030, p=0.93). جدول ۳ نشان می‌دهد، هیچ همبستگی بین سطح هموگلوبین در روز زایمان و سطح جیوه مشاهده نشد (r_s=-0.025, p=0.71). بعلاوه، استفاده از مکمل‌های ویتامین در طی بارداری یا در ۲ ماه بعد از بارداری روی مقدار جیوه اثر نداشت ($P>0.05$).

جدول ۲: میانگین جیوه در شیر مادر بر اساس مشخصات مادران

مشخصات		تعداد	میانگین غلظت جیوه (p ۷۵-۲۵) (میکروگرم در لیتر)
سن (سال)	کمتر از ۲۵	۲۵	۲/۱ (۰/۳-۲/۱)
	بیشتر از ۲۵	۷۵	۱/۲ (۱/۲-۸/۷)
تحصیلات	ابتدایی	۲۴	۰/۹ (۱/۲-۵/۶)
	متوسطه	۵۳	۱/۴ (۱/۰-۳/۴)
	دانشگاهی	۲۳	۳/۱ (۱/۵-۳/۲)
وضعیت اشتغال	کارمند	۹	۳/۴ (۱/۰-۷/۵)
	خانه دار	۹۱	*۷/۱ (۱/۵-۰/۹)
سیگار کشیدن در بارداری و دو ماه	بلی	۰	۰
بعد زایمان	خیر	۱۰۰	۲/۱ (۱/۴-۲/۳)
مصرف مکمل های ویتامین در	بلی	۹۵	۳/۰ (۰-۱/۵)
بارداری	خیر	۵	۳/۷ (۱/۹-۷/۶)
مصرف مکمل های ویتامین در دو	بلی	۴۵	۳/۵ (۰/۸-۵/۲)
ماه بعد از زایمان	خیر	۵۵	۲/۹ (۱/۲-۴/۳)
تعداد فرزند	۱	۷۲	۳/۱ (۰-۱/۵)
	۲ یا بیشتر	۲۸	۱/۸ (۰/۰۱-۱/۷)
استفاده از رنگ مو در بارداری و دو	بلی	۴۰	۲/۳ (۱/۲-۳/۷)
ماه بعد از زایمان	خیر	۶۰	۳/۱ (۱/۳-۳/۲)
مقدار هموگلوبین خون در روز زایمان	≤۱۲	۱۶	۲/۲ (۱/۱-۷/۷)
	>۱۲	۸۴	۳/۴۵ (۱/۵-۳/۷۲)
پر کردن دندان در دوران بارداری و	بلی	۲	۲/۸ (۳/۰-۱/۵)
بعد از زایمان	خیر	۹۸	۱/۲ (۱/۴-/۵/)
مصرف ماهی در دوران بارداری	یک وعده در ماه	۲۰	۳/۰ (۴/۱-۱/۲)
	۲-۱ وعده در ماه	۲۵	۲/۶ (۱/۱-۲/۲)
	۴-۳ وعده در ماه	۵۵	*۳/۶۷ (۱/۸-۲/۸)

*$P<0.05$

سطح جیوه در مادرانی که مصرف ماهی بیشتری در دوران بارداری داشتند، بیشتر از سایر مادران بود ($P<0.05$). شکل ۱ و ۲ میانگین غلظت جیوه در گروه-های معنی‌دار (مادران شاغل و خانه‌دار و مادرانی که مصرف ماهی داشتند) را نشان می‌دهد. جدول ۴ میانگین جذب هفتگی جیوه، کادمیوم و آرسنیک را به ازای هر کیلوگرم وزن بدن نوزاد نشان می‌دهد. میانگین جذب هفتگی بر اساس مصرف ۴/۵ لیتر شیر در هفته و

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

متوسط وزن ۴/۶ کیلوگرم برای جیوه، کادمیوم و آرسنیک به ترتیب ۳/۴، ۰/۰۹۸ ۰/۲ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم وزن در هفته بود. جذب هفتگی کادمیوم و آرسنیک کمتر از جذب هفتگی قابل تحمل (TWI) بود و برای جیوه بیشتر از TWI بود. در جدول ۵ میانگین جیوه در شیر مادر بر اساس مشخصات نوزادان نشان داده شده است. همانطورکه در جدول ۶ نشان داده شده، ارتباط معنی‌داری بین وزن، قد و دور سر نوزاد در ۲ ماه بعد از تولد با سطح جیوه مشاهده نشد ($p>0.05$).

جدول ۳: ضریب همبستگی بین غلظت جیوه در شیر مادر و مشخصات مادران

مشخصات		تعداد	ضریب همبستگی
سن (سال)	کمتر از ۲۵	۲۵	r_s=۰/۱۰۴ p=۰/۹۱۸
	بیشتر از ۲۵	۷۵	r_s=۰/۱۰۲ p=۰/۴۲۰
تحصیلات	ابتدایی	۲۴	r_s=۰/۲۱۴ p=۰/۱۲۲
	متوسطه	۵۳	r_s=-۰/۱۲۴ p=۰/۱۱۴
	دانشگاهی	۲۳	r_s=-۰/۰۹۸ p=۰/۲۳۰
وضعیت اشتغال	کارمند	۹	r_s=۰/۱۲۳ p=۰/۰۷۹
	خانه دار	۹۱	r_s=۰/۵۰۴ *p=۰/۰۰۱
سیگار کشیدن در بارداری و دو ماه بعد زایمان	بلی	۰	۰
	خیر	۱۰۰	r_s=۰/۱۰۴ p=۰/۷۶۱
مصرف مکمل های ویتامین در بارداری	بلی	۹۵	r_s=۰/۱۱۷ p=۰/۴۵۰
	خیر	۵	r_s=۰/۱۱۱ p=۰/۱۱۲
مصرف مکمل های ویتامین در دو ماه بعد از زایمان	بلی	۴۵	r_s=۰/۰۴۹ p=۰/۲۵۲
	خیر	۵۵	r_s=۰/۱۰۱ P=۰/۱۸۱
تعداد فرزند	۱	۷۲	r_s=۰/۰۱۱ p=۰/۱۳۰
	۲ یا بیشتر	۲۸	r_s=۰/۱۳۹ p=۰/۶۴۲
استفاده از رنگ مو در بارداری و دو ماه بعد از زایمان	بلی	۴۰	r_s=-۰/۰۳۰ P=۰/۹۳۰
	خیر	۶۰	r_s=۰/۱۱۸ p=۰/۶۷۱

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

مقدار هموگلوبین خون در روز زایمان	≤۱۲	۱۶	r_s=-۰/۰۲۵ P=۰/۷۱۰
	>۱۲	۸۴	r_s=۰/۱۱۹ p=۰/۱۱۰
پر کردن دندان در دوران بارداری و بعد از زایمان	بلی	۲	r_s=-۰/۱۰۲ p=۰/۳۸۳
	خیر	۹۸	r_s=-۰/۰۹۱ p=۰/۲۳۵
مصرف ماهی در دوران بارداری	یک وعده در ماه	۲۰	r_s=۰/۱۰۴ p=۰/۰۸۷
	۲-۱ وعده در ماه	۲۵	r_s=۰/۱۱۹ p=۰/۰۹۶
	۴-۳ وعده در ماه	۵۵	r_s=۰/۰۳۵ *p=۰/۰۱۴

جدول ٤: میانگین جذب هفتگی جیوه، کادمیوم و آرسنیک به ازای هر کیلوگرم وزن بدن نوزاد

فلزات سمی	میانگین جذب هفتگی (µg/kg.wk)	TWI(µg/kg.wk)
جیوه	۳/۴	۱/۶(JECFA, 2003)
کادمیوم	۰/۰۹۸	۶/۷(FAO/WHO)
آرسنیک	۰/۲	۱۵(WHO/IAEA, 1989)

جدول ٥: میانگین جیوه در شیر مادر بر اساس مشخصات نوزادان

مشخصات		تعداد	میانگین غلظت جیوه (p۷۵-۲۵)، میکروگرم در لیتر
وزن در دوماهگی	<۴۰۰۰	۴۳	۲/۹ (۱/۱-۲/۳)
	≥۴۰۰۰	۵۷	۳/۲ (۱/۶-۶/۴)
قد در دو ماهگی (سانتی متر)	<۶۰	۴۹	۳/۶ (۱/۴-۵/۳)
	≥۶۰	۵۱	۳/۱ (۱/۳-۳/۴)
دور سر در دو ماهگی (سانتی متر)	<۴۵	۳۸	۲/۷ (۱/۴-۶/۲)
	≥۴۵	۶۲	۳/۲ (۱/۴-۹/۵)

جدول ٦: ضریب همبستگی بین غلظت جیوه در شیر مادر و مشخصات نوزادان

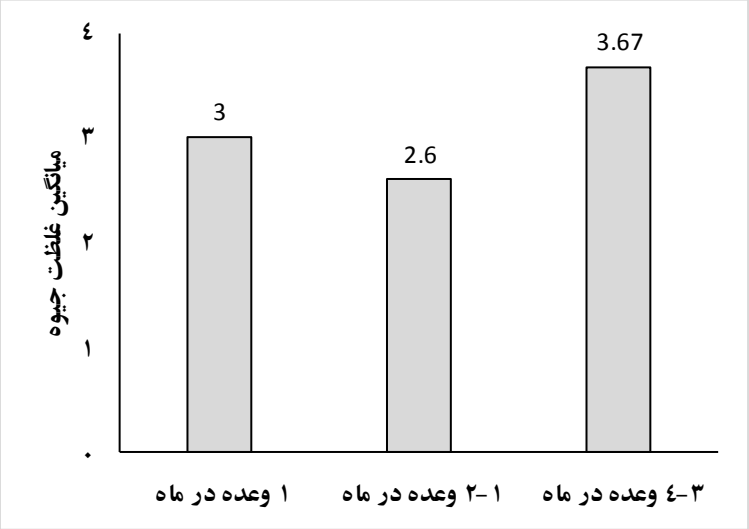
مشخصات		تعداد	ضریب همبستگی
وزن در دوماهگی	<۴۰۰۰	۴۳	r_s=۰/۳۱۴ P=۰/۱۰۸
	≥۴۰۰۰	۵۷	r_s=۰/۱۰۹ P=۰/۱۰۵
قد در دو ماهگی (سانتی متر)	<۶۰	۴۹	r_s=۰/۲۲۴ P=۰/۱۱۴
	≥۶۰	۵۱	r_s=۰/۴۱۰ P=۰/۱۰۸

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

دور سر در دو ماهگی (سانتی متر)	<۴۵	۳۸	r_s=۰/۱۰۵ P=۰/۱۶۰
	≥۴۵	۶۲	r_s=۰/۱۰۱ p=۰/۰۹۴



شکل ۱: میانگین غلظت جیوه در گروههای مادران شاغل و خانه دار



شکل ۲: میانگین غلظت جیوه در گروههای مصرف کننده ماهی

بحث و نتیجه‌گیری

در جامعه‌ی مورد مطالعه، میانگین غلظت جیوه در شیر مادر ۳/۴۸ میکروگرم در لیتر بود، در حالی که غلظت کادمیوم و آرسنیک در شیر مادر در محدوده‌ی حد تشخیص دستگاهی (به ترتیب ۰/۱ و ۰/۲ میکروگرم در لیتر) بود. در سال ۱۹۸۹، WHO استاندارد غلظت جیوه در شیر مادر را ۱/۷-۱/۴ میکروگرم در لیتر اعلام کرد (۱۴)، در حالی که در این مطالعه در ۴۹ درصد نمونه‌ها غلظت جیوه بالاتر از استاندار بود. با توجه به اینکه بین سطح جیوه در شیر مادران و مصرف ماهی و همچنین شغل مادران همبستگی معنی‌دار وجود داشت (p<۰/۰۵)، بالا بودن

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

مقدار جیوه در ۴۹ درصد نمونه‌ها می‌تواند احتمالاً به دلیل مصرف بالای ماهی در مادران در دوران بارداری و شیردهی و همچنین استفاده زیاد مادران خانه‌دار از مواد شوینده در منازل باشد. میانگین غلظت جیوه در مطالعات گذشته در جهان در رنج ۴/۱۵-۰/۱۵ میکروگرم در لیتر و در ایران در رنج ۲۲/۷-۰/۰۵ میکروگرم در لیتر بود (۱۳, ۱۶, ۱۷, ۲۸). در مطالعه‌ای که بر روی ۱۰۰ مادر شیرده شهر مادرید اسپانیا انجام شد، میانگین غلظت جیوه ۰/۵۳ میکروگرم بر لیتر بود، همچنین نتایج مطالعه نشان داد، ارتباط معنی‌داری بین سطح جیوه در شیر مادر و سن مادر و تعداد فرزندان وجود دارد که در مادران مسن‌تر و مادران دارای فرزندان بیشتر غلظت جیوه پایین‌تری گزارش شد (۱۷). اختلاف در غلظت جیوه در این مطالعه و مطالعات گذشته، بستگی به فاکتورهای مختلفی، مانند تفاوت در زمان نمونه‌برداری (صبح یا شب) و روش نمونه‌برداری (پمپی یا دستی) دارد. اگر چه فاکتورهایی نظیر روش آنالیز نمونه‌ها و آلوده شدن نمونه‌ها نیز ممکن است بر روی نتایج نهایی تاثیر داشته باشد. چن و همکاران در مطالعه‌ای تخمین زدند که ۹۹/۶-۹۹/۳ درصد مواجهه جیوه در نوزادان از طریق شیر مادر است (۱۳). بنابراین شیر مادر منبع اصلی مواجهه جیوه برای نوزادان است و مصرف شیر مادر بوسیله نوزادان می‌تواند خطر بالقوه‌ای برای سلامتی، از جمله آسیبهای عصبی و مشکلات ایمنی را به همراه داشته باشد (۱۳). در این مطالعه، مقدار کادمیوم و آرسنیک در محدوده LOD گزارش شد. به طور کلی، غلظت کادمیوم و آرسنیک شناسایی شده در شیر مادران در مطالعات گذشته بیشتر از LOD گزارش شده است (۸, ۱۷). مادران مشارکت‌کننده در این مطالعه در نواحی شهری زندگی می کردند و با فاکتورهای خطرناک محیطی و شغلی مواجهه نبودند. سن مادر، سطح تحصیلات، سیگار کشیدن و رنگ مو، تاثیری بر غلظت جیوه نداشت. با این وجود غلظت جیوه در مادران جوان‌تر (کمتر از ۲۵ سال) بیشتر از مادران بزرگتر (بالای ۲۵ سال) بود، اما اختلاف معنی-داری مشاهده نشد (r_s=0.104, P=0.918). همچنین میانگین غلظت جیوه در شیر مادران دارای یک فرزند بیشتر از مادران با دو یا تعداد بیشتر فرزند بود که می-تواند به عنوان یک فاکتور خطر در نظر گرفته شود. اگر چه اختلاف قابل توجه آماری مشاهده نشد (r_s=0.011, P=0.130). در مطالعات گذشته نیز اختلاف آماری بین تعداد فرزندان و میانگین غلظت سرب مشاهده نشده است (۲۹, ۳۰). در این مطالعه تعداد کمی از مادران از رنگ مو در حین بارداری و دو ماه بعد از بارداری استفاده کردند، اما همبستگی معنی-داری بین غلظت جیوه در شیر و رنگ مو مشاهده نشد. کویاشیکی و همکاران رابطه معنی‌داری بین رنگ مو و میزان سرب در شیر مادر مشاهده نمودند (۳۱). بعضی مطالعات گزارش کردند که همبستگی بین کمبود آهن و سطح سرب در انسان وجود دارد (۳۲, ۳۳)، اما در این مطالعه هیچ ارتباط قابل توجهی بین میزان هموگلوبین خون و سطح جیوه مشاهده نشد. همچنین مکمل ویتامین اثر قابل توجهی روی غلظت جیوه در شیر نداشت. این نتایج مشابه مطالعه انجام شده در مصر بود (۱۲). در مادران شیرده استرالیا، همبستگی قابل توجهی بین غلظت جیوه در شیر انسان و مکمل ویتامین مشاهده شد (P<۰/۰۵) (۲۴). غلظت فلزات مطالعه شده در شیر مادر ارتباطی با سیگار کشیدن نداشت. در حالی که چائو و اوران گزارش کردند که کادمیوم ارتباط مستقیمی با کشیدن سیگار دارد (۶, ۲۷). در این مطالعه، تعداد کمی از زنان، دندان پر شده در طی بارداری و بعد از زایمان داشتند که ارتباط معنی‌داری بین سطح جیوه و مقدار آمالگام موجود در ماده پرکننده دندان مشاهده نشد. غلظت جیوه در شیر مادران با مصرف

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

ماهی بیشتر در طی دوران بارداری، بیشتر از دیگران بود (r_s=0.035,P=0.014) که می‌تواند به دلیل وجود جیوه در بافت ماهی باشد که مشابه مطالعه چن و همکاران در سال ۲۰۰۶ بود (۱۳).

بر اساس گزارش WHO و سازمان خوار و بار کشاورزی ملل متحد (FAO) میانگین جذب هفتگی (TWI) برای جیوه، کادمیوم و آرسنیک به ترتیب ۱/۶، ۶/۷ و ۱۵ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم در هفته است (۱۴, ۳۴, ۳۵). نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد، میانگین جذب هفتگی کادمیوم و آرسنیک به ترتیب ۰/۰۹۸ و ۰/۲ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم در هفته بود که این مقادیر ۱/۴۶ و ۱/۳ درصد کمتر از استاندارد TWI بود. میانگن جذب هفتگی جیوه ۳/۴ میکروگرم به ازای هر کیلوگرم در هفته بود که ۴۷ درصد بیشتر از استاندارد TWI بود، اما در مقایسه با مطالعه چن و همکاران کمتر بود (۱۳). بالا بودن مقدار جیوه نسبت به استاندارد TWI می‌تواند به دلیل مصرف بالای ماهی در دوران بارداری باشد که در مطالعات گذشته، ارتباط بین مصرف ماهی با بالا بودن سطح جیوه در شیر مادر به اثبات رسیده است (۱۳). همچنین بر اساس نتایج جدول ۳، بین مقدار جیوه و وضعیت اشتغال مادران ارتباط معنی‌داری وجود داشت (r_s=0.504,P=0.001). بالا بودن مقدار جیوه در شیر مادران خانه دار، احتمالاً به دلیل استفاده زیاد این مادران از مواد شوینده در حین بارداری و دوران شیردهی نسبت به مادران کارمند می‌باشد.

فلزات سمی از جمله جیوه به طور بالقوه سلامت انسان بویژه سلامت زنان باردار و نوزادان شیرخوار را تهدید می کند. جیوه می تواند در چربی بدن ذخیره شود و در طی دوران شیردهی به نوزاد منتقل شود، بنابراین شیر مادر یک منبع اصلی مواجهه نوزادان با جیوه است (۱۳). مطالعه حاضر نشان داد، ارتباطی بین غلظت جیوه در شیر مادر و مشخصات نوزادان مانند سن، جنس، وزن، قد و دور سر نوزاد در ۲ ماه بعد از بارداری وجود ندارد (جدول ۶). این می تواند یکی از دلایل رشد طبیعی نوزادان در حین تولد و ۲ ماه بعد از تولد از نظر وزن، قد و دور سر باشد (جدول ۱). کورداس و همکارانش در سال ۲۰۰۴ گزارش کردند، همبستگی منفی بین سطح سرب خون و اندازه دور سر نوزادان مکزیکی که نزدیک سواحل دریا زندگی می‌کنند، وجود دارد که دلیل آن ممکن است، شرایط جوی حاکم در منطقه و فاکتورهای ژنتیکی باشد (۳۶). همچنین، اورن نیز ارتباط قابل توجهی بین مشخصات نوزادان (وزن تولد، سن و جنس) با سطح کادمیوم مشاهده نکرد (۲۷).

بر اساس مطالعات گذشته، مقدار فلزات سمی در شیر انسان می‌تواند روی مدت زمان تغذیه شیر تاثیر داشته باشند. تورنا و واسوویکس گزارش کردند که سطح اولیه فلزات سمی به تدریج در طی دوران شیردهی کاهش می‌یابد که این موضوع بستگی به مقدار اولیه فلزات در شیر مادر دارد. همچنین مطالعات نشان می دهند، مقدار فلزات سمی بعد از یک مدت زمان معین شیردهی ممکن است بیشتر از مقدار اولیه فلزات سمی در شیر مادر باشد که این بستگی به مقدار اولیه فلزات سمی در شیر مادر دارد (۳۷, ۳۸).

کاهش مواجهه با فلزات سمی برای کل جمعیت، بویژه مادران و نوزادان بهترین راه حل برای جلوگیری از اثرات زیان‌آور فلزات سمی است. استراتژی‌های پیشگیرانه شامل اصلاح رفتار و تغذیه مناسب مادران در دوران بارداری می‌تواند خطر مواجهه با فلزات سمی را کاهش دهد.

شیر مادر می‌تواند منبع مواجهه با فلزات سمی برای مادران و نوزادان باشد. نتایج مطالعه نشان داد، میانگین سطح جیوه در نمونه‌های شیر مادر بیشتر از حد

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

استاندارد پیشنهاد شده (WHO) بود و جذب هفتگی جیوه در نوزادان بیشتر از استاندارد TWI بود. در این مطالعه، بین غلظت جیوه در شیر مادر و پارامترهایی مثل مصرف ماهی و شغل مادران ارتباط معنی‌داری وجود داشت. برای افزایش سطح آگاهی مادران باردار و مادران شیرده و کاهش میزان فلزات سمی در شیر مادران اقدامات پیشگیرانه، از جمله برگزاری دوره‌های آموزشی بایستی انجام شود. همچنین به منظور ارزیابی میزان مواجهه مادران در طی دوران بارداری و دوران شیردهی برنامه‌های پایش و سنجش میزان فلزات سمی در شیر مادر لازم و ضروری است. براساس نتایج این مطالعه و بررسی‌های پیشین، تحقیقات بیشتری جهت بررسی سایر عوامل موثر (مانند رژیم غذایی، محل سکونت، نوع ظروف استفاده شده در آشپزی و سبک زندگی یا عادات فرهنگی) و شناسایی منابع مواجهه مادر و جنین با فلزات سنگین مورد نیاز است. همچنین پیشنهاد می‌شود، غلظت سایر فلزات سمی در شیر مادران (سرب، روی، مس، کروم، آلومینیوم و ...) نیز بررسی گردد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی بخش تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی کردستان انجام شد. نویسندگان از زنان داوطلب برای شرکت در این مطالعه سپاسگزار هستند.

References

1- Liu K-s, Hao J-h, Xu Y-q, Gu X-q, Shi J, Dai C-f, et al. Breast milk lead and cadmium levels in suburban areas of Nanjing, China. Chinese Medical Sciences Journal. 2013;28(1):7-15.

2- Gundacker C, Zödl B. Heavy metals in breast milk: implications for toxicity. Reviews in Food and Nutrition Toxicity. 2005;4:1-28.

3- Vahter M, Berglund M, Åkesson A, Liden C. Metals and women's health. Environmental research. 2002;88(3):145-55.

4- Bentum J, Sackitey O, Tuffuor J, Essumang D, Koranteng-Addo E, Owusu-Ansah E. Lead, cadmium and arsenic in breast milk of lactating mothers in Odumanse-Atua community in Manya Krobo district of eastern region of Ghana. Journal of chemical and pharmaceutical research. 2010;2(5):16-20.

5- Koka J, Koranteng-Addo J, Bentum J, Koka D ,Kamoah G. Analysis of lead and cadmium in human milk in the greater Accra region of Ghana. Der Chemica Sinica. 2011;2(2):240-6.

6- Chao H-H, Guo C-H, Huang C-B, Chen P-C, Li H-C, Hsiung D-Y, et al. Arsenic, cadmium, lead, and aluminium concentrations in human milk at early stages of lactation. Pediatrics & Neonatology. 2014;55(2):127-34.

7- Zazouli MA, Bandpei AM, Maleki A, Saberian M, Izanloo H. Determination of cadmium and lead contents in black tea and tea liquor from Iran. Asian Journal of Chemistry . .۱۳۸۷:(۲)۲۲;۲۰۱۰

8- Brender JD, Suarez L, Felkner M, Gilani Z, Stinchcomb D, Moody K, et al. Maternal exposure to arsenic, cadmium, lead, and mercury and neural tube defects in offspring. Environmental research. 2006;101(1):132-9.

9- Winiarska-Mieczan A .Cadmium, lead, copper and zinc in breast milk in Poland. Biological trace element research. 2014;157(1):36-44.

10- Vieira SM, de Almeida R, Holanda IB, Mussy MH, Galvão RC, Crispim PT, et al. Total and methyl-mercury in hair and milk of mothers living in the city of Porto Velho and in villages along the Rio Madeira, Amazon, Brazil. International journal of hygiene and environmental health. 2013;216(6):682-9.

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

11- Organization WH. Indicators for assessing infant and young child feeding practices part 3: country profiles. 2010.
12- Leotsinidis M, Alexopoulos A, Kostopoulou-Farri E. Toxic and essential trace elements in human milk from Greek lactating women: association with dietary habits and other factors. Chemosphere. 2005;61(2):238-47.
13- Chien L-C, Han B-C, Hsu C-S, Jiang C-B, You H-J, Shieh M-J, et al. Analysis of the health risk of exposure to breast milk mercury in infants in Taiwan. Chemosphere. 2006;64(1):79-85.
14- Organization WH. Minor and trace elements in breast milk: report of a joint WH. 1.۹۸۹
15- Iran Environmental Protection Agency, ST-04/00.
16- Okati N, Sari A, Ghasempouri S. Evaluation of mercury pollution in breast milk and Iranian infants' hair. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 2013;4(9):2857-64.
17- García-Esquinas E, Pérez-Gómez B, Fernández MA, Pérez-Meixeira AM, Gil E, de Paz C, et al. Mercury, lead and cadmium in human milk in relation to diet, lifestyle habits and sociodemographic variables in Madrid (Spain). Chemosphere. 2011;85(2):268-76.
18- Sinha M, Manna P, Sil PC. Cadmium-induced neurological disorders: prophylactic role of taurine. Journal of Applied Toxicology. 2008;28(8):974-86.
19- Wang X, Yang Y, Wang X, Xu S. The effect of occupational exposure to metals on the nervous system function in welders. Journal of occupational health. 2006;48(2):100-6.
20- Matés JM, Segura JA, Alonso FJ, Márquez J. Roles of dioxins and heavy metals in cancer and neurological diseases using ROS-mediated mechanisms. Free Radical Biology and Medicine. 2010;49(9.٤١-١٣٢٨:(
21- Kosanovic M, Jokanovic M, Jevremovic M, Dobric S, Bokonjic D. Maternal and fetal cadmium and selenium status in normotensive and hypertensive pregnancy. Biological trace element research. 2002;89(2):97-103.
22- Ebrahimi R, Maleki A, Shahmoradi B, Daraei H, Mahvi AH, Barati AH, et al. Elimination of arsenic contamination from water using chemically modified wheat straw. Desalination and Water Treatment. 2013;51(10-12):2306-16.
23- Cava-Montesinos P, Cervera ML, Pastor A, de la Guardia M. Determination of arsenic and antimony in milk by hydride generation atomic fluorescence spectrometry. Talanta. 2003;60(4):787-99.
24- Gundacker C, Pietschnig B, Wittmann KJ, Lischka A, Salzer H, Hohenauer L, et al. Lead and mercury in breast milk. Pediatrics.۸-۸۷۳:(٥)۱۱۰;۲۰۰۲ .
25- Rahimi E, Hashemi M, Baghbadorani ZT. Determination of cadmium and lead in human milk. International Journal of Environmental Science & Technology. 2009;6(4):671-6.
26- NAZARPOUR S, TEIMOORI L, TEIMOORI S. Cadmium and Chrome Concentrations in Human Milk. 2014.
27- Örün E, Yalçın SS, Aykut O, Orhan G, Morgil GK, Yurdakök K, et al. Breast milk lead and cadmium levels from suburban areas of Ankara. Science of the Total Environment. 2011;409(13):2467-72.
28- Bose-O'Reilly S, Lettmeier B ,Roider G, Siebert U, Drasch G. Mercury in breast milk–A health hazard for infants in gold mining areas? International journal of hygiene and environmental health. 2008;211(5-6):615-23.
29- Ettinger AS, Téllez-Rojo MM, Amarasiriwardena C, González-Cossío T, Peterson KE, Aro A, et al. Levels of lead in breast milk and their relation to maternal blood and bone lead levels at one month postpartum. Environmental health perspectives. 2004;112(8):926.

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

30- Frković A, Kraš M, Alebić-Juretić A. Lead and cadmium content in human milk from the Northern Adriatic area of Croatia. Bulletin of environmental contamination and toxicology. 1997;58(1):16-21.
31- Koyashiki GAK, Paoliello MMB, Matsuo T, de Oliveira MMB, Mezzaroba L, de Fátima Carvalho M, et al. Lead levels in milk and blood from donors to the Breast Milk Bank in Southern Brazil. Environmental research. 2010;110(3):265-71.
32- Bradman A, Eskenazi B, Sutton P, Athanasoulis M, Goldman LR. Iron deficiency associated with higher blood lead in children living in contaminated environments. Environmental Health Perspectives. 2001;109(10):1079.
33- Wright RO, Tsaih S-W, Schwartz J, Wright RJ, Hu H. Association between iron deficiency and blood lead level in a longitudinal analysis of children followed in an urban primary care clinic. The Journal of pediatrics. 2003;142(1):9-14.
34- JECFA, Sixty-first meeting of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JECFA). Summary and conclusions. . 2003.(Annex 4. Rome, 10–19th June.(
35- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive,Technical Report Series 2000.(No. 901, Geneva.(
36- Kordas K, Lopez P, Rosado JL, García Vargas G, Alatorre Rico J, Ronquillo D, et al. Blood lead, anemia, and short stature are independently associated with cognitive performance in Mexican school children. The Journal of nutrition. 2004;134(2):363-71.
37- Turan S, Saygi Ş, Kiliç Z, Acar O. Determination of heavy metal contents in human colostrum samples by electrothermal atomic absorption spectrophotometry. Journal of tropical pediatrics. 2001;47(2):81-5.
38- Wasowicz W, Gromadzinska J, Szram K, Rydzynski K, Cieslak J, Pietrzak Z. Selenium, zinc, and copper concentrations in the blood and milk of lactating women. Biological trace element research. 2001;79(3): 221-33.

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]

Original paper

Investigation of Mercury, Cadmium and Arsenic Levels in Breast Milk and Their Relationship with the Studied Parameters in Sanandaj, Iran

Pegah Bahmani [1,2*], **Afshin Maleki** [2]
1. Student Research Committee, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.
2.Environmental Health Research Center, Research Institute for Health Development, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.
*Corresponding author, pegah_bahmani@yahoo.com, Tell: +98-87-33160100

Abstract

Background and Aim: Heavy metals including mercury (Hg), cadmium (Cd), and arsenic (As) are toxic. long-term exposure of living organisms to them will have many risks. Although breast milk is the best nutrition for infants, it can be a source of exposure to toxic metals. The objective of this study was to determine the levels of mercury (Hg), cadmium (Cd), and arsenic (As) in the breast milk and to investigate the effect of some parameters on their concentration as well as to evaluate the correlation between toxic metals and infant growth.

Material and Method: Breast milk samples (20-30 ml) were collected from 100 mothers at around 2nd month postpartum. Concentrations of Hg, Cd, and As were analyzed using Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy (ICP-MS). The Spearman correlation coefficient was used to determine the relationship between the concentration of the toxic metals in milk and the defined variables.

Results: Mean Hg concentration was 3.48 µg/L. concentration of Cd and As was in the range of Limit of Detection (0.1 and 0.2 µg/L, respectively). In 49% of samples, the concentration of Hg was higher than the limit recommended by World Health Organization (WHO) (1.4-1.7 µg/l). Mean weekly intake of Hg, Cd and As was 3.4, 0.098, and 0.2 µg/kg per week, respectively. The results showed that there was no significant relationship between Hg concentration in breast milk and infant factors (weight, length, and head circumference of infants at 2nd month of age) ($p>0.05$). There was a significant relationship between the concentration of mercury in breast milk and parameters such as fish consumption and mother's occupation ($p<0.05$).

Conclusion: Mean concentration of mercury in breast milk samples is higher than the recommended limit. To reduce the amount of toxic metals in breast milk, preventive practice, including the holding of an educational course, should be carried out. In order to evaluate the exposure of mothers during pregnancy and lactation, monitoring programs and measuring the levels of toxic metal in breast milk are needed in a larger statistical population.

Keywords: Mercury, Cadmium, Arsenic, Breast milk, Infants.

[Downloaded from zanko.muk.ac.ir on 2026-11-05]