



Research Article

Association between Urinary Concentrations of Heavy Metals (Lead, Cadmium, Mercury, Arsenic, Chromium, Nickel, and Zinc) in Pregnant Women in Arak City and the Risk of Low Birth Weight, SGA, and LGA in Newborns

Behrooz Karimi¹, Maryam Shekarpour Roudbari², Katayoun Vakilian³, Mohammad Javad Ghanadzadeh¹, Marjan Mahlouji⁴

¹ Department of Environmental Health Engineering, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran

² Department of Obstetrics and Gynecology, School of Medicine, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran

³ Department of Midwifery, School of Medicine, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran

⁴ Student Research Committee, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran

* **Corresponding author:** Behrooz Karimi, Department of Environmental Health Engineering, Arak University of Medical Sciences, Arak, Iran. Email: karimibehroz@yahoo.com

DOI: [10.61882/jams.28.6.477](https://doi.org/10.61882/jams.28.6.477)

How to Cite this Article:

Karimi B, Shekarpour Roudbari M, Vakilian K, Ghanadzadeh MJ, Mahlouji M. Association between Urinary Concentrations of Heavy Metals (Lead, Cadmium, Mercury, Arsenic, Chromium, Nickel, and Zinc) in Pregnant Women in Arak City and the Risk of Low Birth Weight, SGA, and LGA in Newborns. *J Arak Uni Med Sci.* 2026;**28**(6): 477-84. DOI: [10.61882/jams.28.6.477](https://doi.org/10.61882/jams.28.6.477)

Received: 28.05.2025

Accepted: 30.01.2026

Keywords:

Arak;
Heavy metals;
Birth weight;
Small for gestational age;
Large for gestational age

© 2024 Arak University of Medical Sciences

Abstract

Introduction: Exposure to heavy metals during pregnancy is associated with adverse health outcomes for both the mother and fetus. This study aimed to examine the impact of maternal exposure to heavy metals on pregnancy outcomes.

Methods: This cross-sectional study was conducted on 270 pregnant women in Arak between 2023 and 2024. Urine samples were collected from 127 participants before 28 weeks of gestation and from 143 participants after 28 weeks until delivery. The concentrations of heavy metals, including lead, cadmium, mercury, arsenic, chromium, nickel, and zinc, were determined using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), a method known for its high accuracy, precision, and reproducibility in simultaneous element measurement. Birth weight, small-for-gestational-age (SGA), and large-for-gestational-age (LGA) infants were assessed. Multivariate linear regression was used to analyze the relationship between heavy metal concentrations and birth weight after adjusting for confounding factors such as maternal age, body mass index, education, and smoking status. Logistic regression models were employed to examine the association between metal concentrations and the likelihood of SGA and LGA outcomes.

Results: The mean concentration of lead in maternal urine decreased from 0.7 to 0.65 µg/L, while mercury increased from 1.95 to 2.7 µg/L. Cadmium levels remained stable at 0.46 µg/L. Higher concentrations of lead, cadmium, and nickel were significantly associated with lower birth weight (Beta for lead: -34.0, P = 0.002; cadmium: -21, p = 0.005; nickel: -44, p = 0.01) and an increased risk of SGA (OR for lead: 1.04, p = 0.03; cadmium: 1.03, P = 0.042; nickel: 1.12, P = 0.03). Mercury and zinc were linked to a higher likelihood of LGA (OR for mercury: 1.07, P = 0.018; zinc: 1.011, P = 0.012). No significant associations were observed for arsenic and chromium.

Conclusions: Exposure to heavy metals is associated with an increased risk of adverse pregnancy outcomes, such as SGA and reduced birth weight. These findings underscore the need for biomonitoring of heavy metal exposure, maternal education for at-risk populations, and policy measures to mitigate industrial pollution.

بررسی رابطه غلظت ادراری فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم، نیکل و روی) در زنان باردار شهر اراک با خطر کاهش وزن تولد، LGA و SGA در نوزادان

بهروز کریمی*^۱، مریم شکرپوررودباری^۲، کتایون وکیلان^۳، محمدجواد قنادزاده^۴، مرجان مهلوجی^۴

^۱ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران

^۲ گروه زنان و زایمان، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران

^۳ گروه مامایی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران

^۴ کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران

* نویسنده مسئول: بهروز کریمی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی اراک، اراک، ایران. ایمیل: karimibehroz@yahoo.com

DOI: 10.61882/jams.28.6.477

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۷	چکیده
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۰	مقدمه: مواجهه با فلزات سنگین در دوران بارداری با پیامدهای نامطلوبی برای سلامت مادر و جنین همراه است. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر مواجهه مادران باردار با فلزات سنگین بر پیامدهای بارداری انجام شد.
واژگان کلیدی: اراک؛ فلزات سنگین؛ وزن تولد؛ وزن کمتر از سن بارداری؛ وزن بالاتر از حد نرمال	روش کار: این مطالعه مقطعی، روی ۲۷۰ زن باردار طی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳ در شهر اراک انجام شد. نمونه‌های ادرار از ۱۲۷ نفر پیش از هفته ۲۸ بارداری و از ۱۴۳ نفر پس از هفته ۲۸ تا زمان زایمان جمع شد. غلظت فلزات سنگین شامل سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم، نیکل و روی با روش اسپکترومتری جرمی پلاسمای القایی (ICP-MS) که دقت، صحت، تکرارپذیری بالایی در اندازه‌گیری همزمان عناصر است، تعیین شد. وزن تولد، نوزادان کوچک‌تر از سن جنینی (SGA) و بزرگ‌تر از سن جنینی (LGA) بررسی شد. رگرسیون خطی چندمتغیره پس از کنترل عوامل مخدوشگر مانند سن مادر، شاخص توده بدنی، تحصیلات، و مصرف سیگار برای بررسی رابطه بین غلظت فلزات و وزن تولد استفاده شد. برای بررسی ارتباط غلظت فلزات با احتمال وقوع SGA و LGA از مدل رگرسیون لجستیک استفاده شد.
تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی اراک محفوظ است.	یافته‌ها: میانگین غلظت سرب در ادرار مادران باردار از ۰/۷ به ۶۵/۰ $\mu\text{g/L}$ کاهش و جیوه از ۱/۹۵ به ۷/۲ $\mu\text{g/L}$ افزایش کادمیوم ثابت بود (۴۶/۰ $\mu\text{g/L}$). افزایش غلظت سرب، کادمیوم و نیکل با کاهش معنادار وزن تولد (بتا برای سرب: $P = ۰/۰۰۲$ ، $P = ۰/۰۰۵$ ، $P = ۰/۰۰۱$ ؛ افزایش خطر SGA همراه بود (OR برای سرب: $P = ۰/۰۰۳$ ، $P = ۰/۰۰۳$ ، $P = ۰/۰۰۳$ ؛ کادمیوم: $P = ۰/۰۰۳$ ، $P = ۰/۰۰۳$ ؛ نیکل: $P = ۰/۰۰۳$ ، $P = ۰/۰۰۳$ ؛ جیوه و روی با افزایش احتمال LGA مرتبط بودند ($P = ۰/۰۱۸$ ، $OR = ۱/۰۰۷$ ؛ $P = ۰/۰۱۲$ ، $OR = ۱/۰۱۱$ ؛ آرسنیک و کروم ارتباط معنادار نداشتند).
	نتیجه‌گیری: مواجهه با فلزات سنگین با افزایش خطر پیامدهای نامطلوب مانند SGA و کاهش وزن تولد مرتبط است. نتایج بر لزوم پایش زیستی فلزات سنگین، آموزش مادران در معرض خطر و سیاست‌گذاری برای کاهش آلودگی صنعتی تأکید دارد.
	ارجاع: کریمی بهروز، شکرپوررودباری مریم، وکیلان کتایون، قنادزاده محمدجواد، مهلوجی مرجان. بررسی رابطه غلظت ادراری فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم، نیکل و روی) در زنان باردار شهر اراک با خطر کاهش وزن تولد، LGA و SGA در نوزادان. مجله دانشگاه علوم پزشکی اراک ۱۴۰۴؛ ۲۸ (۶): ۴۷۷-۴۸۴.

مقدمه

آلودگی فلزات سنگین در شهرهای صنعتی ایران، به‌ویژه در تهران، اراک و کرمانشاه، به عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی و بهداشتی کشور است (۱). برخی مناطق کشور، به‌ویژه مناطقی با فعالیت‌های صنعتی شدید، دارای سطوح بسیار بالایی از کادمیوم و سرب هستند؛ به‌طوری‌که غلظت این فلزات در برخی نقاط تا ۱۶۰ برابر حد مجاز گزارش شده است (۲). مطالعات میدانی در اراک نشان می‌دهد که غلظت فلزاتی مانند مس و روی در خاک مناطق صنعتی بسیار بالاست و برخی گروه‌های شغلی مانند رانندگان تاکسی و مأموران راهنمایی و رانندگی با مواجهه شغلی

نگران‌کننده با سرب و روی روبرو هستند (۳).

فلزات سنگین نظیر سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، کروم، نیکل و روی از طریق انتشار در هوا، آب و خاک وارد زنجیره غذایی انسان می‌شوند و به‌دلیل زیست‌پایداری و تجمع در بافت‌های بدن، می‌توانند اثرات مزمن و غیرقابل برگشت به‌ویژه بر سلامت زنان باردار و جنین داشته باشند (۴). پیامدهای مواجهه پیش از تولد با فلزات سنگین شامل افزایش ریسک بیماری‌های قلبی-عروقی، اختلال در عملکرد سیستم تنفسی، فشارخون بالا و اختلالات متابولیک نظیر مقاومت به انسولین است (۵). تغییرات در برنامه‌ریزی متابولیک نیز به صورت اختلال در پروفیل چربی‌ها، مقاومت به انسولین و الگوهای التهابی

محققین (اختلاف میانگین پیامد ۰/۱۲) تعیین گردید (۱۸). معیارهای ورود شامل سن ≤ 18 سال، سکونت دائم در اراک و عدم اختلالات روانی یا وابستگی به مواد بود. شرکت‌کنندگان به دو گروه تقسیم شدند: نیمه اول بارداری (۱۲۷ نفر، < 28 هفته) و نیمه دوم (۱۴۳ نفر، ≤ 28 هفته تا زایمان).

اطلاعات جمعیتی، بهداشتی و بارداری با پرسشنامه‌های معتبر و پایا جمع‌آوری شد (۱۹). در انجام پژوهش، اصول بیابیه هلسینکی، راهنمای عموم اخلاق در پژوهش‌های دارای آزمودنی انسانی و مقررات حاکم بر آن رعایت شده و کد اخلاق به شناسه IR.ARAKMU.REC.1403.016 از سوی دانشگاه علوم پزشکی اراک صادر شد.

نمونه‌های ادرار (۱۰۰-۱۵۰ میلی‌لیتر) در ظروف پلی‌اتیلنی اسیدشویی شده جمع‌آوری و در -20°C درجه سانتی‌گراد نگهداری و طی سه هفته به آزمایشگاه منتقل شدند.

آماده‌سازی نمونه و اندازه‌گیری فلزات

نمونه‌ها با بخیر، هضم اسیدی (نیتریک:پرکلریک ۴:۱) و رقیق‌سازی با آب دیونیزه آماده شدند. غلظت فلزات سنگین (Cr, As, Hg, Cd, Pb, Zn, Ni) با دستگاه ICP-MS (مدل Agilent 7500) اندازه‌گیری و کالیبراسیون با محلول‌های استاندارد انجام شد. انتخاب فلزات بر اساس سرطان‌زایی (IARC) و تجمع زیستی بالا بود (۲۰). حد تشخیص (LOD) برای هر فلز گزارش شد و کنترل کیفیت روزانه اعمال گردید.

طبقه‌بندی پیامدهای تولد

پیامدها شامل کم‌وزنی هنگام تولد (LBW)، فشار خون بارداری، کوچک یا بزرگ بودن نوزاد نسبت به سن حاملگی (SGA/LGA) و دیابت بارداری بود. وزن تولد بر اساس صدک‌های سن بارداری (SGA: صدک < 10 ، AGA: صدک $10-90$ ، LGA: صدک > 90) و نیز شاخص‌های LBW (< 2500 گرم)، VLBW (< 1500 گرم)، ELBW (< 1000 گرم) و ماکرووزومی (> 4000 گرم) طبقه‌بندی شد (۲۱، ۲۲). اطلاعات تکمیلی با پرسشنامه‌های دموگرافیک، بسامد خوراک و مواجهه با آلاینده‌ها جمع‌آوری گردید.

تحلیل برای گروه‌های نیمه اول، نیمه دوم و کل نمونه‌ها جداگانه انجام شد. مدل رگرسیون خطی برای بررسی ارتباط بین غلظت فلزات با وزن تولد، و مدل رگرسیون لجستیک برای برآورد نسبت شانس (Odds Ratio) وقوع SGA و LGA به کار رفت. متغیرهای بالقوه مخدوش‌کننده شامل سن مادر، شاخص توده بدنی، تعداد زایمان، مصرف سیگار، سطح تحصیلات، فشارخون بارداری، دیابت بارداری، و سابقه زایمان زودرس در مدل‌ها وارد شدند. هم‌خطی با شاخص تورم واریانس (VIF) بررسی و غلظت فلزات به علت نرمال نبودن، لگاریتمی شدند. انتخاب مدل بهینه با معیار اطلاعات آکائیک (AIC) و تحلیل حساسیت با حذف تدریجی متغیرها انجام شد. تمامی تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار R نسخه ۳.۳.۴ صورت گرفت.

یافته‌ها

ویژگی‌های جمعیت مورد مطالعه

از ۲۷۰ مادر باردار شرکت‌کننده، حدود نیمی (۴۹/۶ درصد) در گروه سنی ۲۵ تا ۳۵ سال قرار داشتند. ۴/۱ درصد زیر ۲۰ سال و ۲۱/۵ درصد بالای ۳۵ سال بودند. ۶۱ درصد از زنان نخست‌زا بودند. جنسیت نوزادان تقریباً

سیتوکینی مشاهده شده که با فلزات جیوه، سرب و نیکل مرتبط هستند (۶). پایداری زیستی این آلاینده‌های سمی موجب ایجاد بار سلامت جمعی می‌شود که از دوران جنینی آغاز و تا بزرگسالی ادامه می‌یابد (۷).

جنین در حال رشد به دلیل نابالغ بودن سیستم‌های سم‌زدایی و سرعت بالای رشد و تکثیر سلولی، حساسیت بیشتری نسبت به تجمع زیستی این فلزات دارد (۸). متیل‌جیوه از طریق اتصال به میکروتوبول‌های عصبی در بافت عصبی جنین تجمع می‌یابد، در حالی که سرب از طریق تقلید عملکرد کلسیم، در ساختارهای استخوانی در حال رشد ترجیحاً رسوب می‌کند (۸). این رسوب بافتی ویژه، دوره‌هایی از آسیب‌پذیری بیشتر را در مراحل مختلف بارداری ایجاد می‌کند:

- ۱- سه‌ماهه اول: تشکیل لوله عصبی با اوج تجمع جیوه در بافت‌های جنینی هم‌زمان می‌شود.
 - ۲- سه‌ماهه دوم: فرآیند استخوان‌سازی موجب افزایش جذب سرب در ماتریس استخوانی می‌گردد.
 - ۳- سه‌ماهه سوم: افزایش سریع وزن باعث بازتوزیع فلزات به بافت چربی و اندام‌های داخلی می‌شود (۹).
- تمام این موارد در آینده می‌تواند منجر به بروز بیماری‌های مزمن و کاهش کیفیت زندگی فرد شود.

همچنین مواجهه پیش از تولد با فلزات سنگین مانند سرب و جیوه با افزایش فشارخون و تغییرات خطرناک در متابولیسم لیپیدها در کودکان ارتباط دارد (۸). سرب باعث اختلال عملکرد عروق، کاهش نوسانات ضربان قلب و افزایش ریسک فشارخون در دختران می‌شود، و جیوه تکامل کلیه را مختل می‌کند (۱۰). این مواجهه‌ها منجر به کاهش کلسترول و LDL و افزایش تری‌گلیسرید می‌شود که خطر بیماری قلبی را افزایش می‌دهد (۱۱). ارتباط بین انواع مختلف فلزات سنگین با دیابت بارداری توسط Soomro و همکاران (۱۲)، پره اکلمسی توسط Chen و همکاران (۱۳)، و چاقی توسط Zinia و همکاران (۱۴) در چند مطالعه دیگر گزارش شده است. اغلب این مطالعات در کشورهای توسعه یافته نظیر ژاپن (۱۵) با غلظت کم آلودگی‌ها هستند. همچنین غلظت سرب در خون ماموران راهنمایی و رانندگی و رانندگان تاکسی شهر اراک بسیار بالا بود که احتمالاً ناشی از افزایش آلودگی‌های محیطی و صنعتی منطقه باشد (۱۶).

شهر اراک به عنوان یکی از قطب‌های صنعتی کشور، با آلودگی‌های گسترده محیطی مواجه است و کمبود اطلاعات در زمینه تأثیرات این آلودگی‌ها بر سلامت زنان باردار، ضرورت انجام مطالعاتی دقیق در این حوزه را ایجاب می‌کند (۱۷). لذا، مطالعه حاضر برای اولین بار در کشور با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین در ادرار زنان باردار ساکن اراک و ارتباط آن با پیامدهای بارداری نظیر کاهش وزن کودک هنگام تولد، تولد نوزاد کوچک‌تر از سن حاملگی (SGA)، تولد نوزاد بزرگ‌تر از سن حاملگی (LGA)، فشارخون بالا و دیابت بارداری طراحی شده است تا شواهد علمی مؤثری برای بهبود سیاست‌های بهداشت محیط و سلامت مادر و کودک فراهم آورد.

روش کار

این مطالعه مقطعی، روی ۲۷۰ زن باردار در اراک انجام شد. حجم نمونه بر اساس سطح اطمینان ۹۵٪، $\alpha = 0.05$ و $\beta = 0.02$ و با توجه به مطالعه قبلی

تأثیر بر وزن هنگام تولد نوزادان

افزایش غلظت سرب با کاهش معنادار وزن تولد همراه بود (بتا در کل نمونه‌ها: -۳۴ - $(۵۴- تا ۱۴-)$ ، کادمیوم در ابتدای بارداری (بتا: -۴۴ ، $P = ۰/۰۰۵$) و انتهای بارداری (بتا: -۴۱ ، $P = ۰/۰۰۳$) اثر منفی معنادار داشت، اما در کل نمونه‌ها معنادار نبود ($P = ۰/۲۱$). نیکل در هر سه تحلیل اثر منفی معنادار نشان داد (بتا حدود -۴۴ ، $P = ۰/۰۰۵$) جیوه، آرسنیک، کروم و روی ارتباط معناداری با وزن تولد نداشتند (جدول ۳).

تأثیر بر LGA و SGA

در نیمه اول بارداری، سرب ($OR = ۱/۰۴۵$ ، $P = ۰/۰۲۹$)، کادمیوم ($OR = ۱/۰۷۰$ ، $P = ۰/۰۱۸$) و نیکل ($OR = ۱/۱۴۰$ ، $P = ۰/۰۳۴$) با افزایش خطر SGA همراه بودند. جیوه ($OR = ۱/۰۷۰$ ، $P = ۰/۰۱۸$) و روی ($OR = ۱/۰۱۰$ ، $P = ۰/۰۱۴$) با افزایش خطر LGA مرتبط بودند. کادمیوم با کاهش خطر LGA همراه بود ($OR = ۰/۰۵۸$ ، $P = ۰/۰۰۷$). در نیمه دوم بارداری، سرب ($OR = ۱/۱۶۰$ ، $P = ۰/۰۳۱$) و نیکل ($OR = ۱/۱۳۰$ ، $P = ۰/۰۰۴$) با افزایش خطر SGA همراه بودند. جیوه ($OR = ۱/۰۵۰$ ، $P = ۰/۰۰۴$) و روی ($OR = ۱/۰۰۹$ ، $P = ۰/۰۱۸$) با افزایش خطر LGA مرتبط بودند.

برابر بود ($۵۰/۷$ درصد پسر). از نظر تحصیلات، $۶۵/۲$ درصد، دیپلم، $۱۵/۹$ درصد، کارشناسی و $۸/۵$ درصد، تحصیلات تکمیلی داشتند. منبع درآمد $۷۸/۹$ درصد خانوارها از طریق همسر تأمین می‌شد. $۱/۱$ درصد از زنان سیگاری و $۱/۵$ درصد مصرف‌کننده الکل بودند. $۷۲/۶$ درصد مادران شاخص توده بدنی طبیعی، $۱۰/۴$ درصد، کم‌وزن و ۱۷ درصد، چاق بودند. میزان مرده‌زایی $۱/۸۵$ درصد، و سابقه زایمان زودرس ۱۰ درصد، گزارش شد. میانگین وزن تولد $۳۲۴۳/۶$ گرم بود. $۱۰/۷$ درصد نوزادان SGA و $۳/۷$ درصد LGA داشتند (جدول ۱).

غلظت فلزات سنگین

غلظت فلزات در ادرار مادران در ابتدا (هفته ۸-۱۲) و انتهای بارداری (هفته ۳۲-۳۶) اندازه‌گیری شد. میانگین هندسی سرب از $۰/۷$ به $۰/۶۵$ میکروگرم/لیتر کاهش یافت ($P < ۰/۰۰۵$). جیوه از $۱/۹۵$ به $۲/۷$ میکروگرم/لیتر افزایش یافت ($P < ۰/۰۱$). کادمیوم ($۰/۴۶$ میکروگرم/لیتر) و آرسنیک ($۹/۸$ میکروگرم/لیتر) بدون تغییر باقی ماندند. کروم $۰/۳۹$ ، نیکل $۴۲/۱$ و روی ۲۸۶۰ میکروگرم/لیتر گزارش شد. درصد نمونه‌های زیر حد تشخیص برای فلزات مختلف بین $۲/۳$ تا ۱۶ درصد متغیر بود (جدول ۲).

جدول ۱. ویژگی‌های عمومی جمعیت مورد مطالعه

متغیر	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)
سن مادر (سال)	۲۵-۳۰	۲۵ (۳۹/۴)	۲۵ (۲۴/۴۸)
تعداد زایمان (درصد)	بیش از ۳۵	۶۳ (۴۹/۶۱)	۷۱ (۴۹/۶۵)
جنسیت نوزاد (درصد)	پسر	۲۷ (۲۱/۲۶)	۳۱ (۲۱/۶۸)
تعداد زایمان (درصد)	اولین فرزند	۷۸ (۶۱/۴۲)	۸۷ (۶۰/۸۴)
جنسیت نوزاد (درصد)	دختر	۶۲ (۴۸/۸۲)	۷۱ (۴۹/۶۵)
تحصیلات مادر (درصد)	زیر دیپلم	۱۳ (۱۰/۳۴)	۱۵ (۱۰/۴۹)
تحصیلات تکمیلی	دیپلم	۸۳ (۶۵/۳۵)	۹۳ (۶۵/۰۳)
منبع درآمد خانوار (درصد)	کارشناسی	۲۰ (۱۵/۷۵)	۲۳ (۱۶/۰۸)
منبع درآمد خانوار (درصد)	تحصیلات تکمیلی	۱۱ (۸/۶۶)	۱۲ (۸/۳۹)
وضعیت سیگار کشیدن (درصد)	خود فرد	۹ (۷/۰۹)	۱۰ (۶/۹۹)
وضعیت سیگار کشیدن (درصد)	همسر	۱۰۰ (۷۸/۷۴)	۱۱۳ (۷۹/۰۲)
وضعیت سیگار کشیدن (درصد)	سایر	۵ (۳/۹۴)	۵ (۳/۵۰)
وضعیت سیگار کشیدن (درصد)	سیگاری	۱ (۰/۷۹)	۲ (۱/۴۰)
وضعیت سیگار کشیدن (درصد)	قبلاً سیگاری	۱۲ (۹/۴۵)	۱۳ (۹/۰۹)
وضعیت سیگار کشیدن (درصد)	هرگز	۱۱۰ (۸۶/۶۱)	۱۱۹ (۸۳/۲۲)
مصرف الکل (درصد)	در حال حاضر	۲ (۱/۵۷)	۲ (۱/۴۰)
مصرف الکل (درصد)	قبلاً	۲۹ (۲۲/۸۳)	۳۱ (۲۱/۶۸)
مصرف الکل (درصد)	هرگز	۹۶ (۷۵/۵۹)	۱۱۰ (۷۶/۹۲)
شاخص توده بدنی (درصد)	کم‌وزن	۱۳ (۱۰/۳۴)	۱۵ (۱۰/۴۹)
شاخص توده بدنی (درصد)	طبیعی	۹۱ (۷۱/۶۵)	۱۰۵ (۷۳/۴۳)
شاخص توده بدنی (درصد)	چاق	۲۳ (۱۸/۱۱)	۲۳ (۱۶/۰۸)
عوامل خطر (درصد)	مرده‌زایی	۲ (۱/۵۷)	۳ (۲/۱۰)
عوامل خطر (درصد)	زایمان زودرس	۱۲ (۹/۴۵)	۱۵ (۱۰/۴۹)
عوامل خطر (درصد)	فشارخون بالا	۱۳ (۱۰/۳۴)	۱۵ (۱۰/۴۹)
عوامل خطر (درصد)	دیابت بارداری	۱۲ (۹/۴۵)	۱۳ (۹/۰۹)
نتایج تولد (درصد)	وزن تولد (گرم)	$۴۲۵ \pm ۳۲۴۳/۶$	$۴۲۵/۹ \pm ۳۲۵۵/۹$
نتایج تولد (درصد)	SGA	۲۹ (۰/۷۴)	۱۳ (۱۰/۲۴)
نتایج تولد (درصد)	LGA	۱۰ (۳/۷۰)	۵ (۳/۹۴)

داده‌ها به صورت تعداد (درصد) و وزن تولد به شکل میانگین \pm انحراف معیار ارائه شده‌اند. SGA: نوزاد کوچک نسبت به سن بارداری، LGA: نوزاد بزرگ نسبت به سن بارداری.

جدول ۲. آمار توصیفی غلظت فلزات سنگین در نمونه ادرار مادران باردار در دو بازه زمانی، ابتدای بارداری و انتهای بارداری

عنصر	گروه نمونه	میانگین (µg/L)	انحراف معیار	میانگین هندسی (µg/L)	حداقل	صدک ۲۵	میان	صدک ۷۵	حداکثر	درصد زیر حد تشخیص (<LOD %)
سرب (Pb)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۰/۸۲	۰/۲۲	۰/۷۰	۰/۲۸	۰/۴۸	۰/۷۸	۰/۹۲	۶/۱۰	۵/۵
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۰/۷۰	۰/۱۸	۰/۶۵	۰/۲۸	۰/۴۸	۰/۶۸	۰/۸۰	۵/۹۰	۶/۰
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۰/۸۰	۰/۲۰	۰/۷۸	۰/۲۸	۰/۵۲	۰/۷۸	۰/۹۲	۲/۵۰	۵/۸
جیوه (Hg)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۲/۰۸	۰/۶۰	۱/۹۵	۰/۱۵	۱/۵۵	۲/۱۰	۲/۸۵	۱۲/۰۰	۸/۵
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۳/۶۰	۰/۳۵	۲/۷۰	۰/۴۵	۲/۴۰	۳/۵۰	۴/۵۰	۲۳/۰۰	۹/۰
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۳/۴۰	۰/۸۰	۲/۶۸	۰/۳۲	۲/۲۰	۳/۲۰	۴/۵۰	۱۲/۵۰	۸/۸
کادمیوم (Cd)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۰/۷۵	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۲۳	۰/۴۵	۰/۶۰	۰/۷۵	۳/۴۰	۳/۲
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۰/۷۸	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۶۵	۰/۸۵	۳/۶۰	۳/۵
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۰/۷۶	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۲۳	۰/۵۵	۰/۸۵	۰/۹۵	۲/۰۵	۳/۳
آرسنیک (As)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۹/۸	۲/۷۰	۹/۷۵	۱/۴۰	۶/۰۰	۹/۸۰	۱۳/۵۰	۲۹/۰۰	۲/۵
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۱۰/۵۰	۲/۱۰	۹/۸۵	۲/۲۰	۶/۵۰	۱۰/۸۰	۱۷/۵۰	۳۰/۰۰	۲/۲
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۱۰	۲/۳۰	۹/۸۰	۱/۴۰	۶/۱۰	۱۰/۰۰	۱۵/۵۰	۲۹/۰۰	۲/۳
کروم (Cr)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۰/۴۲	۰/۲۰	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۴۲	۰/۶۰	۱/۱۰	۱۶/۰
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۰/۴۵	۰/۱۹	۰/۴۰	۰/۱۸	۰/۳۰	۰/۴۵	۰/۶۲	۱/۰۰	۱۵/۸
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۰/۴۳	۰/۱۹	۰/۳۹	۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۴۳	۰/۶۱	۱/۰۲	۱۶/۰
نیکل (Ni)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۴۳	۱۱/۵۰	۴۲/۰۰	۱۹/۰۰	۳۳/۰۰	۴۳/۵۰	۵۴/۰۰	۷۲/۰۰	۵/۷
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۴۳/۵۰	۱۰/۸۰	۴۲/۳۰	۱۹/۵۰	۳۲/۵۰	۴۳/۵۰	۵۴/۵۰	۷۵/۰۰	۵/۶
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۴۳/۲۰	۱۰/۹۰	۴۲/۱۰	۱۹/۰۰	۳۳/۲۰	۴۳/۲۰	۵۳/۰۰	۷۱/۰۰	۵/۶
روی (Zn)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۲۸۵۰	۱۰۰	۲۸۵۰	۱۴۸۰	۲۱۵۰	۲۸۰۰	۳۴۵۰	۴۵۰۰	۵/۵
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۲۸۸۰	۱۰۲	۲۸۸۰	۱۴۹۰	۲۲۰۰	۲۸۶۰	۳۴۰۰	۴۳۹۰	۵/۷
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۲۸۵۵	۹۹/۵	۲۸۶۰	۱۴۸۰	۲۱۵۰	۲۸۳۰	۳۴۰۰	۴۴۰۰	۵/۶

جدول ۳. رگرسیون چندگانه بین لگاریتم غلظت سرب، کادمیوم و جیوه با وزن هنگام تولد نوزادان

فلز	گروه نمونه	بتا (فاصله اطمینان ۹۵٪)	مقدار P
سرب (Pb)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۰/۲۴۵۰ - ۰/۴۲۱۰ تا -۰/۶۹۰۰	۰/۰۴۰
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۰/۲۹۳۰ - ۰/۴۸۴۰ تا -۱/۰۲۰۰	۰/۰۱۷
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۰/۳۴۰۰ - ۰/۵۴۰۰ تا -۱/۴۰۰۰	۰/۰۰۲
جیوه (Hg)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۰/۶۱۰۰ - ۰/۲۲۰۰ تا -۰/۳۴۰۰	۰/۷۸
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۰/۱۵۰۰ - ۰/۱۰۰۰ تا -۰/۳۳۰۰	۰/۲۸
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۰/۱۳۵۰ - ۰/۱۰۰۰ تا -۰/۳۲۰۰	۰/۳۱
کادمیوم (Cd)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۰/۴۴۰۰ - ۰/۲۳۵۰ تا -۰/۶۴۵۰	۰/۰۰۵
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۰/۴۱۰۰ - ۰/۱۹۵۰ تا -۰/۶۲۵۰	۰/۰۰۳
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۰/۲۱۰۰ - ۰/۱۱۰۰ تا -۰/۴۱۰۰	۰/۰۲۱
آرسنیک (As)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۰/۱۰۰۰ - ۰/۲۱۰۰ تا -۰/۱۸۰۰	۰/۱۵
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۰/۱۲۰۰ - ۰/۴۱۰۰ تا -۰/۲۰۰۰	۰/۱۲
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۰/۱۱۰۰ - ۰/۳۱۰۰ تا -۰/۱۹۰۰	۰/۱۴
کروم (Cr)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۰/۰۳۵ - ۰/۰۱۰ تا -۰/۰۶۰	۰/۲۰
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۰/۰۳۸ - ۰/۰۱۲ تا -۰/۰۶۴	۰/۱۸
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۰/۰۳۷ - ۰/۰۱۱ تا -۰/۰۶۳	۰/۱۹
نیکل (Ni)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۰/۴۵۰۰ - ۰/۳۰۰۰ تا -۰/۶۰۰۰	۰/۰۱
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۰/۴۳۵۰ - ۰/۲۹۰۰ تا -۰/۵۸۰۰	۰/۰۱۲
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۰/۴۴۰۰ - ۰/۲۹۵۰ تا -۰/۵۸۵۰	۰/۰۱۱
روی (Zn)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)	۰/۲۸۰۰ - ۰/۲۴۰۰ تا -۰/۳۲۰۰	۰/۰۸
	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)	۰/۲۸۵۰ - ۰/۲۴۵۰ تا -۰/۳۲۵۰	۰/۰۷
	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)	۰/۲۸۲۵ - ۰/۲۴۲۵ تا -۰/۳۲۲۵	۰/۰۷۵

۰/۰۵ < P نشان دهنده معنی داری از نظر آماری است. مدل نهایی بر اساس متغیرهای سن مادر، تعداد زایمان، تحصیلات، سیگار کشیدن، مصرف الکل، شاخص توده بدنی، زایمان زودرس، فشارخون بالا و دیابت بارداری تعدیل شده است.

در کل نمونه‌ها، سرب با افزایش خطر هر دو پیامد (OR = ۱/۰۳۷, P = ۰/۰۳۷) با افزایش خطر LGA همراه بود (OR = ۱/۰۱۱, P = ۰/۰۱۲). آرسنیک و کروم ارتباط معناداری با LGA یا SGا نداشتند (جدول ۴).

در کل نمونه‌ها، سرب با افزایش خطر هر دو پیامد (OR = ۱/۰۴۰, P = ۰/۰۳۵) و LGA (OR = ۱/۰۵۰) همراه بود. کادمیوم (OR = ۱/۰۳۰, P = ۰/۰۴۲) و نیکل

جدول ۴. رگرسیون لجستیک چندگانه جهت بررسی تاثیر غلظت فلزات سنگین بر نسبت شانش LGA و SGA

P	LGA (OR [95% CI])	P	SGA (OR [95% CI])	فلز	زمان نمونه‌گیری
۰/۲۱۰	(۱/۱۲۰ تا ۰/۵۶۰) ۰/۷۹۰	۰/۰۲۹	(۱/۳۲۵ تا ۱/۰۱۱) ۱/۰۴۵	سرب (Pb)	پیش از هفته ۲۸ (n = ۱۲۷)
۰/۰۰۷	(۰/۱۸۶۰ تا ۰/۳۹۰) ۰/۵۸۰	۰/۰۱۸	(۱/۷۵۰ تا ۱/۰۲۰) ۱/۰۷۰	کادمیوم (Cd)	
۰/۰۱۸	(۱/۱۵۰ تا ۱/۰۳۰) ۱/۰۷۰	۰/۲۷۰	(۱/۱۰۰ تا ۰/۷۳۰) ۰/۸۹۰	جیوه (Hg)	
۰/۲۴۰	(۱/۰۱۰ تا ۰/۹۴۰) ۰/۹۸۰	۰/۵۴۰	(۱/۰۴۰ تا ۰/۹۸۰) ۱/۰۱۰	آرسنیک (As)	
۰/۳۹۰	(۱/۰۷۰ تا ۰/۹۷۰) ۱/۰۲۰	۰/۱۳۰	(۱/۱۲۰ تا ۰/۹۹۰) ۱/۰۵۰	کروم (Cr)	
۰/۲۹۰	(۱/۰۵۰ تا ۰/۸۵۰) ۰/۹۴۰	۰/۰۳۴	(۱/۲۸۰ تا ۱/۰۱۰) ۱/۱۴۰	نیکل (Ni)	
۰/۰۱۴	(۱/۰۱۸ تا ۱/۰۰۲) ۱/۰۱۰	۰/۲۱۰	(۱/۰۱۰ تا ۰/۹۹۸) ۱/۰۰۵	روی (Zn)	بعد از هفته ۲۸ (n = ۱۴۳)
۰/۷۶۰	(۱/۳۳۰ تا ۰/۶۸۰) ۰/۹۵۰	۰/۰۳۱	(۱/۳۵۰ تا ۱/۰۱۰) ۱/۱۶۰	سرب (Pb)	
۰/۰۸۰	(۱/۰۴۰ تا ۰/۴۸۰) ۰/۷۱۰	۰/۱۵۰	(۱/۴۰۰ تا ۰/۹۲۰) ۱/۱۳۰	کادمیوم (Cd)	
۰/۰۴۰	(۱/۰۷۰ تا ۱/۰۱۰) ۱/۰۵۰	۰/۳۴۰	(۱/۳۱۰ تا ۰/۹۰۰) ۱/۰۹۰	جیوه (Hg)	
۰/۳۶۰	(۱/۰۲۰ تا ۰/۹۶۰) ۰/۹۹۰	۰/۴۴۰	(۱/۰۵۰ تا ۰/۹۹۰) ۱/۰۲۰	آرسنیک (As)	
۰/۳۲۰	(۱/۰۸۰ تا ۰/۹۸۰) ۱/۰۳۰	۰/۱۹۰	(۱/۱۰۰ تا ۰/۹۸۰) ۱/۰۴۰	کروم (Cr)	
۰/۲۶۰	(۱/۰۴۰ تا ۰/۸۴۰) ۰/۹۳۰	۰/۰۴۰	(۱/۳۷۰ تا ۱/۰۰) ۱/۱۳۰	نیکل (Ni)	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)
۰/۰۱۸	(۱/۰۱۷ تا ۱/۰۰۱) ۱/۰۰۹	۰/۱۹۰	(۱/۰۱۱ تا ۰/۹۹) ۱/۰۰۶	روی (Zn)	
۰/۰۱۵	(۱/۰۹۰ تا ۱/۰۰۵) ۱/۰۵۰	۰/۰۳۵	(۱/۰۹۰ تا ۱/۰۰۵) ۱/۰۴۰	سرب (Pb)	
۰/۱۳۰	(۱/۱۸۰ تا ۰/۵۰۰) ۰/۷۶۰	۰/۰۴۲	(۱/۰۷۰ تا ۱/۰۰۵) ۱/۰۳۰	کادمیوم (Cd)	
۰/۳۱۰	(۱/۷۷۰ تا ۰/۸۳۰) ۱/۲۱۰	۰/۴۷۰	(۱/۳۴۰ تا ۰/۸۶۰) ۱/۰۸۰	جیوه (Hg)	
۰/۴۲۰	(۱/۰۲۰ تا ۰/۹۶۰) ۰/۹۹۵	۰/۴۱۰	(۱/۰۴۰ تا ۰/۹۹۰) ۱/۰۱۵	آرسنیک (As)	
۰/۳۵۰	(۱/۰۷۰ تا ۰/۹۸۰) ۱/۰۲۵	۰/۲۱۰	(۱/۰۹۰ تا ۰/۹۸۰) ۱/۰۳۵	کروم (Cr)	کل نمونه‌ها (n = ۲۷۰)
۰/۲۸۰	(۱/۰۴۰ تا ۰/۸۶۰) ۰/۹۵۰	۰/۰۳۷	(۱/۲۶۰ تا ۱/۰۰) ۱/۱۲۰	نیکل (Ni)	
۰/۰۱۲	(۱/۰۲۰ تا ۱/۰۰۳) ۱/۰۱۱	۰/۲۴۰	(۱/۰۱۰ تا ۰/۹۹۷) ۱/۰۰۴	روی (Zn)	

مدل نهایی بر اساس متغیرهای سن مادر، تعداد زایمان، جنسیت نوزاد، تحصیلات، سیگار کشیدن، مصرف الکل، شاخص توده بدنی، مرده زایی، زایمان زودرس، دیابت، فشار خون بالا و دیابت بارداری تعدیل شده است. SGA: کوچک‌تر از سن جنینی، LGA: بزرگ‌تر از سن جنینی.

مواجهه با غلظت فلزات سنگین پیامدهای تولد

غلظت سرب در طول بارداری کاهش جزئی یافت (احتمالاً ناشی از انتقال جفتی) (۲۸)، اما جیوه روند افزایشی داشت. آرسنیک و کادمیوم پایدار باقی ماندند که نشان‌دهنده مواجهه مزمن است. نیکل و کروم عمدتاً زیر حد تشخیص بودند، اما روی در سطوح بالاتر از انتظار یافت شد. سرب و نیکل با کاهش وزن تولد ارتباط معنادار داشتند. کادمیوم گرچه اثر مستقیم آماری نداشت، الگوهای وابسته به زمان مواجهه را نشان داد.

غلظت سرب در این مطالعه نسبت به مطالعات چین و عربستان پایین‌تر، اما مشابه مطالعه نروژ بود (۲۹-۳۱). شواهد نشان می‌دهند مواجهه با سرب، کادمیوم و آرسنیک با محدودیت رشد داخل رحمی مرتبط است. هر افزایش ۰/۶۳ میکروگرم/لیتر کادمیوم ادراری با کاهش ۴۵ گرم وزن تولد همراه است (۳۲). کادمیوم، با اختلال در آنزیم‌های وابسته به روی و مهار مهاجرت سلول‌های تروفوبلاست، بازسازی شریان‌های مارپیچی را مختل می‌کند و از طریق مهار ناقلین آمینواسیدی در جفت، رشد جنین را محدود می‌سازد (۳۳). آرسنیک از طریق آسیب اکسیداتیو به پرزهای جفت و کاهش فولات خون، با محدودیت رشد جنین مرتبط است. هر دو برابر شدن آرسنیک با پلاسما، فولات را ۱۱/۲ نانومول/لیتر کاهش می‌دهد. مواجهه با آرسنیک با هیپومیتلاسیون ژن IGF2 منجر به اختلال در تهاجم تروفوبلاست می‌شود (۳۲). مصرف الکل با کاهش SAM این اثرات را تشدید می‌کند (۳۳). سرب نیز با جایگزینی کلسیم در استخوان جنین، بر تشکیل ماتریکس استخوانی اثر می‌گذارد. در مادران چاق، ترشح IL-6 فعال‌سازی NF-κB ناشی از کادمیوم و جیوه را تشدید می‌کند؛ در مادران کم‌وزن، کاهش گلوکوتائون منجر به کاهش متیلاسیون آرسنیک و افزایش MMA (سمیت بیشتر) می‌شود (۳۳).

بحث

این مطالعه، ویژگی‌های جمعیتی، اقتصادی-اجتماعی و سلامت مادران باردار در اراک را بررسی کرد. نیمی از مادران در محدوده سنی ۲۵ تا ۳۵ سال بودند که خطر کمتری برای زایمان زودرس و پره‌اکلامپسی دارند (۲۳). در مقابل، مادران نوجوان و بالای ۳۵ سال با افزایش خطر ناهنجاری‌های عصبی و زایمان زودرس مواجه‌اند (۲۴). ۶۱ درصد از مادران، نخست‌زا بودند که حساسیت بیشتری به عوامل محیطی دارند. مواجهه مزمن با آلاینده‌هایی مانند سرب و کادمیوم می‌تواند اثرات منفی داشته باشد، به‌ویژه در مادران مسن‌تر که کاهش پروتئین‌های محافظ فلزات، اثرات مضر را تشدید می‌کند (۲۵). بیش از ۶۵ درصد از مادران دارای تحصیلات دیپلم و ۸/۵ درصد دارای تحصیلات تکمیلی بودند. وابستگی اقتصادی ۷۸ درصد از مادران به درآمد همسر ممکن است دسترسی به منابع محافظتی را محدود کند (۲۵). مصرف فعلی سیگار (۱/۱ درصد) و الکل (۱/۵ درصد) کم بود، اما سابقه مصرف بالاتر (به ترتیب ۹/۳ و ۲۲/۲ درصد) می‌تواند مواجهه با دود دست‌دوم یا تغییرات اپی‌ژنتیکی را منعکس کند که حساسیت به کادمیوم را افزایش می‌دهد. این تغییرات ممکن است بروز ۳/۷ درصد موارد LGA را توضیح دهند (۲۶).

۱۰/۴ درصد از مادران کم‌وزن و ۱۷ درصد چاق بودند. چاقی با افزایش استرس اکسیداتیو جفت و کم‌وزنی با افزایش حساسیت به آسیب‌های ناشی از سرب همراه است (۲۷). تقریباً ۱۰ درصد از مادران سابقه زایمان زودرس، دیابت بارداری یا فشار خون بالا داشتند. میانگین وزن تولد نوزادان ۳۲۴۳/۶ گرم بود، اما شیوع SGA (۱۰/۷ درصد) دو برابر میانگین جهانی بود که ضرورت غربالگری هدفمند را برجسته می‌کند.

نتیجه‌گیری

مواجهه مادران باردار با فلزات سنگین، به‌ویژه سرب، کادمیوم و جیوه، با پیامدهای نامطلوب رشد جنین همراه است. غلظت این فلزات در طول بارداری تغییر می‌کند (کاهش سرب، افزایش کادمیوم و جیوه) که می‌تواند ناشی از تغییرات فیزیولوژیک مادر و مواجهه‌های محیطی باشد. افزایش غلظت سرب، کادمیوم و نیکل به‌طور معناداری با کاهش وزن تولد و افزایش خطر SGA مرتبط بود. کادمیوم به‌ویژه در مراحل انتهایی بارداری بیشترین تأثیر را داشت. افزایش جیوه با افزایش خطر LGA همراه بود، در حالی که آرسنیک، کروم و روی ارتباط معناداری با پیامدهای منفی نشان ندادند. این نتایج بر اهمیت پایش زیستی فلزات سنگین در دوران بارداری، آگاهی‌بخشی به مادران در معرض خطر، و تدوین سیاست‌های پیشگیرانه در مناطق صنعتی مانند اراک تأکید دارد. انجام مطالعات آینده‌نگر برای درک بهتر مکانیسم‌های تأثیرگذاری و تدوین راهبردهای مؤثر کاهش خطر ضروری است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از حمایت‌های مالی دانشگاه علوم پزشکی اراک تشکر و قدردانی می‌نمایند.

سهم نویسندگان

مجری و طراح اصلی مطالعه: بهروز کریمی، مشاوره و جمع‌آوری داده‌های بالینی: مریم شکرپور، کتابیون و کیلیان، محمدجواد قنادزاده، مرجان مهلوجی.

تضاد منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

اقدامات پیشگیرانه کم‌هزینه شامل تحلیل موی مادر (تشخیص کادمیوم > 0.12 میکروگرم/گرم با حساسیت ۸۹ درصد، برای پیش‌بینی SGA، پایش فولات (هدف $> 13/4$ نانومول/لیتر)، مکمل‌های کلسیم و ویتامین D کاهش $11/7\%$ سرب خون بندناف)، و فیلترهای آب خانگی (حذف $99/3$ درصد کادمیوم و $94/8$ درصد سرب) است. برنامه‌های تغذیه‌ای ترویج‌دهنده حبوبات غنی از آهن و نمک‌های سلنیوم‌دار می‌توانند تعامل فلز-فولات را مختل کنند (۳۴).

تأثیر فلزات سنگین بر SGA و LGA

حتی سطوح پایین سرب خون مادر (< 10 میکروگرم/دسی‌لیتر) با کاهش وزن تولد و افزایش احتمال SGA به‌صورت خطی مرتبط است. سرب با جایگزینی کلسیم، مهار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و اختلال در عملکرد جفت (کاهش سنتز فاکتورهای آنژیوژنز و افزایش مقاومت عروقی) به رشد جنین آسیب می‌زند. کادمیوم و نیکل با کاهش عناصر ضروری (روی و آهن) در جفت، سبب اختلال در رشد جنینی و هیپوکسی مزمن می‌شوند. استرس اکسیداتیو ناشی از این فلزات منجر به آپوپتوز، کاهش پرزهای ترمینال و افزایش فیبروز در جفت می‌شود. نوزادان SGA در معرض خطر بیشتر برای دیابت نوع ۲، بیماری‌های قلبی-عروقی و اختلالات عصبی-شناختی هستند (۳۳).

نقاط قوت مطالعه شامل اندازه‌گیری همزمان فلزات در اوایل و اواخر بارداری، کنترل عوامل مخدوش‌کننده متعدد و حجم نمونه نسبتاً بالا ($N = 270$) است. محدودیت‌ها شامل بررسی تنها هفت فلز، عدم اندازه‌گیری شاخص‌های استرس اکسیداتیو، و عدم تفکیک اثرات فقر یا سوءتغذیه است. پیشنهادها شامل استفاده از آنالیز موی سر، ارائه مکمل‌های کلسیم، نصب فیلترهای حذف فلزات در مناطق صنعتی، گنجاندن اندازه‌گیری فلزات در مراقبت‌های پیش از زایمان، و استفاده از روش‌های آماری پیشرفته مانند kernel machine برای تحلیل اثرات جمعی است (۳۵).

References

- Asgari A, Sobhanardakani S, Cheraghi M, Lorestani B, Sadr MK. Source apportionment, ecological and health risks of potentially toxic elements in street dusts across different land uses in city of Kermanshah, Iran. *Sci Rep.* 2025;15(1):2517. [pmid: 39833456](#) [doi: 10.1038/s41598-025-86677-6](#)
- Mohammadi MJ, Farhadi M, Ghanbari S, Asban P, Kiani F, Taherian M, et al. Ecological risk assessment of heavy metals in urban dust in Iran: A systematic review and meta-analysis. *Toxicol Rep.* 2023;11:471-80. [pmid: 38075013](#) [doi: 10.1016/j.toxrep.2023.11.007](#)
- Solgi E. Assessment of copper and zinc contamination in soils of industrial estates of Arak region (Iran). *IJT.* 2015;9(28):1277-83.
- Rudge CV, Röllin HB, Nogueira CM, Thomassen Y, Rudge MC, Odland J. The placenta as a barrier for toxic and essential elements in paired maternal and cord blood samples of South African delivering women. *Journal of environmental monitoring* : JEM. 2009;11(7):1322-30.
- Rappazzo K, Coffman EH. EP, 2017. Exposure to per fluorinated alkyl substances and health outcomes in children: a systematic review of the epidemiologic literature. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14(7):691. [pmid: 28654008](#) [doi: 10.3390/ijerph14070691](#)
- Stratakis N, Conti DV, Borrás E, Sabido E, Roumeliotaki T, Papadopoulou E, et al. Association of Fish Consumption and Mercury Exposure During Pregnancy With Metabolic Health and Inflammatory Biomarkers in Children. *JAMA Netw Open.* 2020;3(3):e201007. [pmid: 32176304](#) [doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.1007](#)
- Khalili R, Legaspi JM, Fabian MP, Levy JI, Korrick SA, Vieira VM. Multiple prenatal exposures and acute-care clinical encounters for asthma among children born to mothers living near a Superfund site. *Am J Epidemiol.* 2024;193(8):1088-96. [pmid: 38576180](#) [doi: 10.1093/aje/kwae032](#)
- RÍsovÁ V. The pathway of lead through the mother's body to the child. *Interdiscip Toxicol.* 2019;12(1):1-6. [pmid: 32189981](#) [doi: 10.2478/intox-2019-0001](#)
- Sahu MC, Yogeshbhai MR, Oza H, Upadhyay K, Chanania K, Pati S. Blood lead levels in pregnant women and their newborn infants at an Indian teaching hospital. *J Family Med Prim Care.* 2024;13(1):348-55. [pmid: 38482293](#) [doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc_963_23](#)
- Liu Y, Ettinger AS, Téllez-Rojo M, Sánchez BN, Zhang Z, Cantoral A, et al. Prenatal lead exposure, type 2 diabetes, and cardiometabolic risk factors in Mexican children at age 10-18 years. *J Clin Endocrinol Metab.* 2020;105(1):210-8. [pmid: 31608940](#) [doi: 10.1210/clinem/dgz038](#)

11. Howe CG, Margetaki K, Vafeiadi M, Roumeliotaki T, Karachaliou M, Kogevas M, et al. Prenatal metal mixtures and child blood pressure in the Rhea mother-child cohort in Greece. *Environ Health*. 2021;20(1):1. **pmid:** 33407552 **doi:** 10.1186/s12940-020-00685-9
12. Soomro MH, Baiz N, Huel G, Yazbeck C, Botton J, Heude B, et al. Exposure to heavy metals during pregnancy related to gestational diabetes mellitus in diabetes-free mothers. *Sci Total Environ*. 2019;656:870-6. **pmid:** 30625673 **doi:** 10.1016/j.scitotenv.2018.11.422.
13. Chen Y, Pu Y, Liu H, Cao A, Du Y, He S, et al. A study on the mediating role of serum hormones in the effects of heavy metals on preeclampsia. *Environ Pollut*. 2024;360:124721. **pmid:** 39147224 **doi:** 10.1016/j.envpol.2024.124721.
14. Zinia SS, Yang K-H, Lee EJ, Lim M-N, Kim J, Kim WJ. Effects of heavy metal exposure during pregnancy on birth outcomes. *Sci Rep*. 2023;13(1):18990. **pmid:** 37923810 **doi:** 10.1038/s41598-023-46271-0
15. Okubo H, Nakayama SF. Periconceptional maternal diet quality influences blood heavy metal concentrations and their effect on low birth weight: the Japan environment and children's study. *Environ Int*. 2023;173:107808. **pmid:** 36827813 **doi:** 10.1016/j.envint.2023.107808
16. Shokrzadeh M, Abdollahi M, Maleki-Rad A-A, Mohseni H-S, Bairami Z, Khaksar S, et al. Reviewing the lead and cadmium concentrations of Arak traffic officers and taxi drivers' blood in 2013, Iran [in Persian]. *J Mazandaran Univ Med Sci*. 2013;22(2):29-35.
17. Karimi B, Shokrinezhad B. Spatial variation of ambient PM2.5 and PM10 in the industrial city of Arak, Iran: A land-use regression. *Atmospheric Pollution Research*. 2021;12(12):101235. **doi:**10.1016/j.apr.2021.101235
18. Karimi B, Nodehi RN, Yunesian M. Serum level of PCBs and OCPs and leukocyte telomere length among adults in Tehran, Iran. *Chemosphere*. 2020;248:126092. **pmid:** 32041072 **doi:** 10.1016/j.chemosphere.2020.126092
19. Karimi B, Yunesian M, Nabizadeh R, Mehdi-pour P. Serum level of total lipids and telomere length in the male population: a cross-sectional study. *Am J Mens Health*. 2019;13(2):1557988319842973. **pmid:** 30961458 **doi:** 10.1177/155798831984297
20. Jyothi NR. Heavy metal sources and their effects on human health. *Heavy Metals-Their Environmental Impacts and Mitigation*. 2020. **doi:** 10.5772/intechopen.95370
21. Chalas E. The American College of Obstetricians and Gynecologists in 2020: a clear vision for the future. *Obstet Gynecol*. 2020;135(6):1251-4. **pmid:** 32349052 **doi:** 10.1097/AOG.0000000000003899
22. van Zijl MD, Oudijk MA, Ravelli AC, Mol BW, Pajkrt E, Kazemier BM. Large-for-gestational-age fetuses have an increased risk for spontaneous preterm birth. *J Perinatol*. 2019;39(8):1050-6. **pmid:** 30940928 **doi:** 10.1038/s41372-019-0361-6
23. Korenbrot CC, Steinberg A, Bender C, Newberry S. Preconception care: a systematic review. *Matern Child Health J*. 2002;6(2):75-88. **pmid:** 12092984 **doi:** 10.1023/a:1015460106832
24. Wadhwa PD, Culhane JF, Rauh V, Barve SS. Stress and preterm birth: neuroendocrine, immune/inflammatory, and vascular mechanisms. *Matern Child Health J*. 2001;5(2):119-25. **pmid:** 11573837 **doi:** 10.1023/a:1011353216619
25. Flocks J, Escobedo F, Wade J, Varela S, Wald C. Environmental justice implications of urban tree cover in Miami-Dade County, Florida. *Environmental Justice*. 2011;4(2):125-34. **doi:**10.1089/env.2010.0018
26. Guadix P, Corrales I, Vilariño-García T, Rodríguez-Chacón C, Sánchez-Jiménez F, Jiménez-Cortegana C, et al. Expression of nutrient transporters in placentas affected by gestational diabetes: role of leptin. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023;14:1172831. **pmid:** 37497352 **doi:** 10.3389/fendo.2023.1172831
27. Holland OJ, Cuffe JS, Dekker Nitert M, Callaway L, Kwan Cheung KA, Radenkovic F, et al. Placental mitochondrial adaptations in preeclampsia associated with progression to term delivery. *Cell Death Dis*. 2018;9(12):1150. **pmid:** 30455461 **doi:** 10.1038/s41419-018-1190-9
28. Stojavljević A, Perović M, Nešić A, Miković Ž, Manojlović D. Levels of non-essential trace metals and their impact on placental health: A review. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022;29(29):43662-74. **pmid:** 35426027 **doi:** 10.1007/s11356-022-20205-1
29. Sun H, Chen W, Wang D, Jin Y, Chen X, Xu Y. The effects of prenatal exposure to low-level cadmium, lead and selenium on birth outcomes. *Chemosphere*. 2014;108:33-9. **pmid:** 24875909 **doi:** 10.1016/j.chemosphere.2014.02.080.
30. Xie X, Ding G, Cui C, Chen L, Gao Y, Zhou Y, et al. The effects of low-level prenatal lead exposure on birth outcomes. *Environ Pollut*. 2013;175:30-4. **doi:** 10.1016/j.envpol.2012.12.013
31. Hansen S, Nieboer E, Sandanger TM, Wilsgaard T, Thomassen Y, Veyhe AS, et al. Changes in maternal blood concentrations of selected essential and toxic elements during and after pregnancy. *Journal of Environmental Monitoring*. 2011;13(8):2143-52. **doi:** 10.1039/C1EM10051C
32. Kale PL, Fonseca SC. Intrauterine growth restriction, prematurity, and low birth weight: risk phenotypes of neonatal death, Rio de Janeiro State, Brazil. *Cad Saude Publica*. 2023;39(6):e00231022. **pmid:** 37377302 **doi:** 10.1590/0102-311XPT231022.
33. Kippler M, Tofail F, Gardner R, Rahman A, Hamadani JD, Bottai M, et al. Maternal cadmium exposure during pregnancy and size at birth: a prospective cohort study. *Environ Health Perspect*. 2012;120(2):284-9. **pmid:** 21862444 **doi:** 10.1289/ehp.1103711
34. Xu FX, Chen X, Zhang H, Fan YJ, Song YP, Lv JW, et al. Association between gestational arsenic exposure and intrauterine growth restriction: the role of folate content. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022;29(59):89652-61. **pmid:** 35857162 **doi:** 10.1007/s11356-022-21961-w.
35. Rahman ML, Oken E, Hivert MF, Rifas-Shiman S, Lin PD, Colicino E, et al. Early pregnancy exposure to metal mixture and birth outcomes - A prospective study in Project Viva. *Environ Int*. 2021;156:106714. **pmid:** 34147999 **doi:** 10.1016/j.envint.2021.106714