دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال سیزدهم شماره‌ی ۴۹
بهار ۱۴۰۱، صفحات ۵۶-۴۱

اثرات فلزات سنگین بر سلامتی کودکان

احمد اصل هاشمی
گروه آموزش بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

فاطمه یعقوبی رودپشتی
کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

غلامحسین صفری *
گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
Email: hsafari13@yahoo.com

ارسال: ۱۴۰۱/۰۷/۲۴ بازنگری : ۱۴۰۱/۰۸/۱۶ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۳۰

چکیده

کودکان به دلیل ویژگی‌های فیزیولوژیکی و رفتاری منحصر به فرد، نسبت به بزرگسالان بیش‌تر در معرض آلاینده‌های محیطی از قبیل فلزات سنگین قرار می‌گیرند. کودکان به قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی حساس‌تر هستند، زیرا اندام‌های آن‌ها هنوز در حال رشد بوده و تکامل نیافته است و عملکرد سم زدایی و سیستم ایمنی آن‌ها نسبت به بزرگسالان ضعیف‌تر است. هدف مقاله حاضر بررسی اثرات فلزات سنگین بر سلامتی کودکان است. یافته‌های این مطالعه نشان داد که ورود فلزات سنگین به بدن از طریق استنشاق هوای آلوده، جذب پوستی، مصرف مواد غذایی آلوده و نوشیدن آب آلوده صورت می‌گیرد. قرار گرفتن کودکان در معرض فلزات سنگین اثرات نامطلوبی بر سلامت آن‌ها دارد. ورود فلزات سنگین به بدن کودکان نه تنها بر رشد جسمی کودکان بلکه بر سیستم عصبی، کلیه‌ها و استخوان‌های آن‌ها نیز تأثیر می‌گذارند. مواجهه با فلزات سنگین در دوران بارداری و کودکی منجر به اثرات نامطلوبی بر رشد مغز شده و خطر ابتلا به اختلالات رشدی- عصبی و اصطلاحاً اوتیسم در کودکان را افزایش می‌دهد. بسیاری از این فلزات منجر به عقب ماندگی ذهنی و اختلالات عصبی شناختی در کودکان از قبیل اختلال حافظه و ضریب هوشی پایین می‌شوند. به دلیل اثرات نامطلوب فلزات سنگین بر سلامتی کودکان، باید تلاش کرد تا از آلودگی یا انتشار آن‌ها به محیط زیست از طریق قوانین و مقررات سختگیرانه جلوگیری شود.

کلید واژه: کودکان، فلزات سنگین، سلامتی، آلودگی محیط زیست.

مقدمه

فلزات موادی با رسانایی الکتریکی، درخشندگی و چکش خواری بالا هستند که الکترون‌های خود را برای تشکیل کاتیون از دست می‌دهند [۱]. فلزات به طور طبیعی در پوسته زمین وجود دارند. تقریباً ۳۰ فلز و شبه فلز، از ۹۲ عنصر طبیعی موجود در طبیعت، برای انسان سمی هستند [۲]. عناصر فلزی جزء اجزای ذاتی محیط هستند. حضور آن‌ها منحصر به فرد تلقی می‌شود به این معنا که حذف کامل آن‌ها از محیط پس از ورود آن‌ها به محیط دشوار است.

به طور کلی، اصطلاح فلزات سنگین به فلزات و شبه فلزاتی با وزن مخصوص بزرگ‌تر از ۵ (یا چگالی نسبی بیش‌تر از ۴/۵ گرم بر سانتی متر مکعب)، پتانسیل تجمع زیستی در طول زنجیره غذایی و معمولاً سمیت بالا برای موجودات زنده اطلاق می‌شود و به دو دسته فلزات سنگین ضروری و غیر ضروری تقسیم می‌شوند. برخی از محققان پیشنهاد می‌کنند که اصطلاح بحث برانگیز "فلزات سنگین" با "عناصر بالقوه سمی" جایگزین شود [۳].

با گسترش روزافزون استفاده از فلزات در صنعت و زندگی روزمره، مشکلات آلودگی محیط زیست ناشی از فلزات سمی ابعاد جدی به خود گرفته است.

آلودگی محیطی و تحت تأثیر قرار گرفتن انسان توسط فلزات سنگین از قبیل سرب (Cu)، کادمیوم (Cd)، کروم (Cr)، جیوه (Hg) و آرسنیک (As) به یک مشکل جدی در دنیا تبدیل شده است [۱]. متأسفانه پیدایش و کشف این فلزات در پنجاه سال اخیر باعث افزایش استفاده از این فلزات در تولیدات و فرآیندهای صنعتی شده است. انسان روزانه به‌طور غیر مستقیم از طریق ترکیبات زیستی مختلف، غذا، آب و هوا در معرض آلودگی فلزات سنگین قرار دارد. فلزات سنگین ماده اصلی تشکیل دهنده پوسته زمین هستند.

از آنجایی‌که این فلزات به آسانی تجزیه نشده و از بین نمی‌روند، به‌عنوان مواد آلوده کننده محیطی پایدار به‌شمار می‌روند. از ویژگی‌های این فلزات که منجر به به مشکلات متعددی می‌شود می‌توان به پایداری آن‌ها اشاره کرد که همانند سایر مواد آلی از طریق فرآیندهای شیمیایی و زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند [۴]. فلزاتی سنگین هم به طور طبیعی در خاک، آب و هوا (حاصل انفجارهای آتشفشانی، فرسایش خاک، هوازدگی) وجود دارند و هم از طریق فعالیت‌های انسانی مانند صنایع، دود ماشین، فعالیت‌های کشاورزی وارد محیط زیست و زنجیره غذایی می‌شوند [۵-۶]. گیاهان و محصولات کشاورزی در هنگام کاشت در مزرعه، فلزات سنگین را از طریق خاک، آب و کودهای شیمیایی جذب می‌کنند. علاوه براین، فلزات سنگین می توانند طی فرآیند تولید و بسته‌بندی نیز وارد مواد غذایی شوند.

بطور مثال، فلزات سنگین از جمله سرب، کادمیوم و ... ممکن است از بسته بندی‌های پلی اتیلن ترفتالات (PET) در طی ذخیره‌سازی طولانی مدت و همچنین حرارت دیدن به مواد غذایی منتقل مشوند و حتی قابلیت انتقال فلزات سنگین از جعبه‌های شیرینی و پیتزا ساخته شده از کاغذهای باطله و روزنامه ها، به مواد غذایی وجود دارد [۷-۸].

این فلزات حتی در غلظت‌های بسیار کم نیز می‌توانند برای انسان سمیت ایجاد کنند و فلزات سنگین ضروری نیز در صورت وجود و تجمع بیش از حد می‌تواند سمی تلقی شود. به عنوان مثال با اینکه نیاز به مصرف فلزات کمیاب همانند یون‌های آهن و مس برای حفظ عملکرد طبیعی بدن مانند سنتز متالو پروتئین‌ها به خوبی ثابت شده است؛ با این حال، موارد مصرف بیش از حد یون‌های فلزی با رویدادهای پاتولوژیک مانند رسوب اکسیدهای آهن در بیماری پارکینسون نسبت داده می‌شود [۹].

سمیت مرتبط با قرار گرفتن در معرض فلزات، در صورت عدم شناسایی یا درمان نامناسب، نشان دهنده یک مشکل پزشکی مهمی است که تأثیر بیش‌تری بر افزایش میزان مرگ و میر دارد [۷].

کودکان به دلایل مختلفی نسبت به بزرگسالان در برابر آلودگی فلزات سنگین آسیب پذیرتر هستند. اول اینکه کودکان راه‌های بیش‌تری برای تماس با فلزات سنگین مانند تماس دست به دهان دارند. دوم، متابولیسم پایه بالاتر، میزان پذیرش غذا و میزان دفع سموم کم‌تری در کودکان وجود دارد. سوم، از آنجایی که تهویه در دقیقه به اندازه بدن مربوط می‌شود، کودکان تهویه بیش‌تری در دقیقه نسبت به بزرگسالان دارند، که باعث می‌شود مواد مضر بیش‌تری را از طریق دود سیگار، دود دست سوم و آلودگی هوا استنشاق کنند. چهارم، سطح بدن کودکان نسبت به بزرگسالان بزرگ‌تر است و در نتیجه مواد سمی می‌توانند از طریق پوست جذب شده و در بدن تجمع کنند.

پنجم، اندام‌ها یا بافت‌های کودکان در حال رشد هستند و بنابراین نسبت به فرآیندهای سلولی مختل حساس‌تر هستند. ششم، کودکان اغلب فعالیت‌های بدنی بیش‌تری برای ارتباط با محیط دارند. مطالعات متعددی نشان داده است که ورود فلزات سنگین به کودکان نه تنها بر رشد جسمی کودکان تاثیرگذار است بلکه باعث عقب ماندگی ذهنی، اختلالات عصبی شناختی، اختلالات رفتاری، مشکلات تنفسی، سرطان و بیماری‌های قلبی عروقی در کودکان می‌شوند [۳]. مواجهه با فلزات سنگین در دوران بارداری و کودکی می‌تواند منجر به اثرات نامطلوبی بر رشد مغز شده و خطر ابتلا به اختلالات رشدی- عصبی اصطلاحاً اوتیسم در کودکان را افزایش دهد [۶]. از این رو، بررسی اثرات قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین بر سلامتی کودکان ضروری است.

در این مطالعه مروری، انواع فلزات سنگین (مانند سرب، جیوه، و کادمیوم و آرسنیک)، منابع، مسیرهای مواجعه و ورود فلزات سنگین به بدن کودکان، آسیب پذیری کودکان در برابر فلزات سنگین و اثرات نامطلوب فلزات سنگین بر کودکان مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت راهکارهای به منظور مواجهه کم‌تر و محدود کردن خطرات ناشی از فلزات سنگین ارائه می‌شود.

مسیرهای احتمالی مواجهه و تاثیر فلزات سنگین بر سلامت انسان و همچنین و راه‌های محدود کردن خطرات ناشی از مواجهه و تماس با این فلزات در شکل ۱ نشان داده شده است. این اثرات نامطلوب در اثر قرار گرفتن مستقیم در معرض فلزات سمی در محیط یا به طور غیرمستقیم به دلیل فعالیت-های انسانی ایجاد می‌شوند.

مواد و روش‌ها

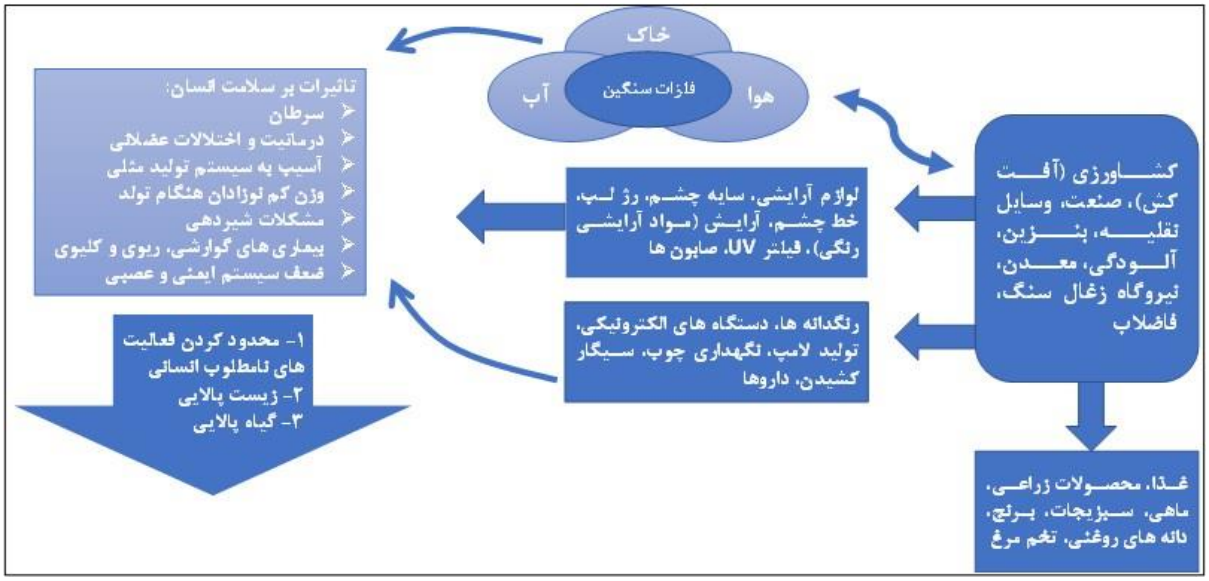
پژوهش حاضر یک مطالعه توصیفی- مروری است که داده-های آن از طریق مطالعات کتابخانه‌ای به دست آمده و از مرتبط‌ترین و به‌روزترین منابع حاوی نکات ارزنده در رابطه با اثرات فلزات سنگین بر سلامتی کودکان به منظور پردازش مطالب استفاده شده است.

این مطالعه به بررسی انواع فلزات سنگین مانند سرب، جیوه، و کادمیوم و آرسنیک، منابع، مسیرهای مواجعه و ورود فلزات سنگین به بدن کودکان، آسیب پذیری کودکان در برابر فلزات سنگین، اثرات نامطلوب فلزات سنگین بر سیستم عصبی، کلیه، رشد استخوان و سلامت روان کودکان، اوتیسم و فلزات سنگین می‌پردازد و در نهایت راهکارهای به منظور مواجهه کم‌تر و محدود کردن خطرات ناشی از فلزات سنگین در کودکان ارائه می‌شود.

- انواع فلزات سنگین

بر اساس بررسی متون، فلزات سنگین عبارتند از: کروم، سرب، کادمیوم، آهن آرسنیک، کبالت، جیوه، مس و روی. انواع فلزات سنگین به دو دسته ضروری و غیر ضروری طبقه بندی می‌شوند (جدول ۱).

فلزات سنگین ضروری در غلظت‌های کم سمیت کمتری دارند و در فرآیند بیولوژیکی به عنوان کوآنزیم عمل می-کنند. فلزات سنگین غیر ضروری حتی در غلظت‌های بسیار کم بسیار سمی هستند، تجزیه‌ناپذیر بوده و اثرات سمی شدیدی برای موجودات زنده ایجاد می‌کنند [۳-۱۰].



شکل ۱: مسیرهای مواجهه، تاثیر فلزات سنگین بر سلامت انسان و راه های محدود کردن خطرات ناشی از مواجهه با این فلزات [۸]

جدول ۱- طبقه بندی فلزات سنگین [۱۰ - ۳]

ضروری (بی ضرر)	غیر ضروری (سمی)
روی	سرب
مس	جیوه
آهن	کادمیوم
کبالت	آرسنیک
	کروم

- منابع اصلی فلزات سنگین

فلزات سنگین عناصر فلزی با وزن و چگالی اتمی بیش از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب هستند. برخی از فلزات سنگین مانند مس (Cu)، روی (Zn) و آهن (Fe) به عنوان ریزمغذی‌ها در غلظت‌های پایین عمل می‌کنند، اما در غلظت‌های بالا سمی هستند، در حالی که سایر فلزات سنگین و شبه فلزها مانند سرب (Pb)، کادمیوم (Cd) جیوه (Hg)، آرسنیک معدنی (As)، آلومینیوم (Al) و نیکل (Ni) حتی در غلظت های بسیار کم سمی هستند، از این رو آن‌ها نگرانی خاصی برای سلامتی دارند [۱۱]. این فلزات سنگین توانایی تجمع زیستی در زنجیره غذایی را دارند و کودکان می‌توانند به طور مزمن از منابع مختلف مانند هوا، آب و غذا در معرض آن‌ها قرار گیرند که منجر به تجمع آن‌ها در بافت‌های بدن کودکان و ایجاد بیماری‌های مختلف می‌شود زیرا به عنوان سموم سیستمیک با اثرات خاصی نوروتوکسیک، نفروتوکسیک، جنینی و تراتوژنیک عمل می‌کنند و می‌توانند مستقیماً بر رفتار کودکان تأثیر بگذارند و از طریق تأثیرگذاری بر تولید و استفاده از انتقال دهنده‌های عصبی، عملکردهای ذهنی و عصبی را مختل کنند [۱۲]. راه‌های قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین برای کودکان عبارتند از: استنشاق، بلع، جذب پوستی و مواجهه از طریق جفت. نحوه مواجهه و ماهیت منابع معمولاً تعیین کننده مسیر مواجهه غالب می‌باشد. به عنوان مثال، سرب می‌تواند از طریق استنشاق، بلع، تماس پوستی یا انتقال از طریق جفت جذب بدن شود. نوزادان و کودکان بسته به شرایط محلی از طریق مسیرهای مختلف در معرض سمیت سرب قرار می‌گیرند، مانند بلعیدن خاک و گرد و غبار آلوده به بنزین سرب دار و رنگ‌های قدیمی مبتنی بر سرب به دلیل فعالیت‌های دست به دهان. همچنین، هنگامی که از سیستم‌های آب لوله‌کشی با لوله‌های سربی استفاده می‌شود، جذب سرب از طریق آب آشامیدنی می‌تواند منبع مهمی باشد، در حالی که قرار گرفتن در معرض استنشاق ممکن است زمانی که سطح سرب در هوا بالا باشد قابل توجه باشد.

نوزادان در حال خزیدن به سطوحی نزدیک‌تر هستند که احتمالاً گرد و غبار سرب روی آن‌ها قرار دارد، نزدیکی که منجر به افزایش قرار گرفتن در معرض هم از تنفس در غبار و هم در اثر بلع به دلیل فعالیت‌های دست به دهان می‌شود. همچنین سرب در اسکلت مادران تجمع می‌یابد و حرکت آن از استخوان در دوران بارداری و شیردهی باعث قرار گرفتن در معرض جنین و نوزادان شیرده می‌شود. از این رو، مواجهه مداوم زنان قبل از بارداری مهم است [۱۳]. گرد و غبار خانه به طور بالقوه منبع مهم و دائمی قرار گرفتن در معرض کادمیوم در مناطقی با خاک‌های آلوده است، به ویژه در جاهایی که مسیرهای ورودی با بقایای تولید فلزات غیرآهنی (مانند خاکستر روی یا سینتل‌ها به عنوان لجن اجاق گاز) پوشانده شده است، وضعیتی که می‌تواند کودکان را بیش‌تر تحت تاثیر قرار دهد. نسبت به بزرگسالان مخصوصاً در سال-های اولیه زندگی که مدت طولانی‌تری در خانه می‌مانند. سیگار کشیدن غیرفعال منبع دیگری از کادمیوم است که در آن پدران و مادرانی که سیگار می‌کشند فرزندان خود را در معرض خطر قرار می‌دهند که خطر بیش‌تری نسبت به مواد غذایی حاوی این فلز را در بر می‌گیرد [۱۴]. منابع و اثرات سلامتی فلزات سنگین در جدول ۲ ارائه شده است. بطور کلی مسیرهای اصلی مواجهه با فلزات سنگین عبارتند از [۳]:

مواجهه شغلی: قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین در مناطق معدنی و صنایع ذوب رایج است. قرار گرفتن در معرض سرب در صنایع تولیدی مانند صنعت چاپ نیز رخ می‌دهد.

آلودگی محیطی: تخلیه زباله های صنعتی که باعث آلودگی محصولات کشاورزی به فلزات سنگین و همچنین تجمع این فلزات در ماهی های پرورشی می‌شود.

استنشاق دود: استنشاق سرب از اگزوز خودرو، استنشاق کادمیوم از دوده، استنشاق انواع فلزات سنگین و ترکیبات شیمیایی ناشی از سیگار کشیدن و غیره.

مواجهه روزانه در طول زندگی: لوازم آرایشی، رنگ مو ، فرآورده های گیاهی حاوی فلزات سنگین.

مواجهه اشتباهی: مانند آفت کش‌های حاوی جیوه.

جدول ۲- منابع و اثرات سلامتی فلزات سنگین [۱۰]

فلزات سنگین		منابع	تاثیر بر سلامتی
ضروری	روی (Zn)	پالایش نفت، لوله کشی، تولید برنج	اختلالات گوارشی، عملکرد غیر طبیعی کلیه و کبد
	مس (Cu)	پولیش مس، آبکاری با مس	اختلالات شکمی، اختلال در فعالیت متابولیک
	آهن (Fe)	مصرف زیاد مکمل‌های آهن و مصرف خوراکی	استفراغ، اسهال، درد شکم، کم آبی بدن و بی حالی
	کبالت (Co)	آلیاژ جایگزین مفصل ران	هماتولوژیک، قلبی عروقی، کبدی، غدد درون ریز
غیر ضروری	کروم (Cr)	ساخت فولاد، آبکاری، منسوجات	اختلالات ریوی (برونشیت، سرطان)، سیستم کلیوی و تناسلی
	سرب (Pb)	باتری، احتراق زغال سنگ، صنعت رنگ	تأثیر جدی بر سلامت روان (بیماری آلزایمر)، سیستم عصبی
	آرسنیک (As)	رسوب اتمسفر، معدن، آفت کش‌ها	سرطان پوست، مشکلات مغزی و قلبی
	جیوه (Hg)	احتراق زغال سنگ، ماهی، معدن، صنعت رنگ، صنعت کاغذ، فوران آتشفشانی	اسکلروزیس، کوری، بیماری میناماتا، ناشنوایی، مشکلات معده، اختلالات کلیوی
	کادمیوم (Cd)	پلاستیک، کودها، آفت کش‌ها	مشکلات مربوط به پوکی استخوان، سرطان پروستات، بیماری‌های ریوی، مشکلات کلیوی

اثرات فلزات سنگین بر سلامتی کودکان

متأسفانه کودکان بیش‌تر در معرض سمیت فلزات سنگین هستند. به دلیل اینکه عملکرد سم زدایی و سیستم ایمنی آن‌ها نسبت به بزرگسالان ضعیف‌تر است و از طرفی کودکان نسبت به وزنشان، غذای بیش‌تری مصرف می‌کنند، بنابراین جذب فلزات سنگین در آن‌ها می‌تواند ۴۰ تا ۹۰ درصد بیش-تر از بزرگسالان باشد.

طبق گفته آکادمی اطفال آمریکا حتی مقادیر پایین فلزات سنگین در غذای کودکان هم می‌توانند اثرات مخربی روی رشد مغزی گذاشته و منجر به بیماری‌هایی از جمله اوتیسم شوند.

قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین به خصوص در دوران بارداری و اوایل دوران کودکی می‌توانند باعث اثرات مخرب روی رشد مغز شده و خطر ابتلا به اختلالات رشدی- عصبی و اصطلاحاً اوتیسم در کودکان را افزایش دهند.

برای درک بهتر اوتیسم می‌توان به انجام حرکت‌های تکراری (دست زدن، پریدن)، نقص در مهارت‌های کلامی و ارتباط اجتماعی، مقاومت در برابر تغییرات در محیط اطراف و روال زندگی روزمره در افراد مبتلا اشاره کرد [۳]. طبق تحقیقات، نسبت ابتلا به اوتیسم در کودکان ایرانی، یک کودک مبتلا در بین ۱۵۰ کودک است. از نظر رتبه ابتلا به اوتیسم در سال ۲۰۲۲ میلادی، ایران در رتبه ۱۴ قرار دارد.

سازمان جهانی بهداشت تخمین زده است که حدود ۱۵ تا ۱۸ میلیون کودک در کشورهای در حال توسعه با قرار گرفتن در معرض سرب، دچار آسیب‌های دائمی مغز می‌شوند به دلیل اینکه در کشورهای در حال توسعه معمولاً قوانین سختگیرآن‌ها ی برای ورود آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین به مواد غذایی و محیط زیست وجود ندارد.

حد مجاز پیشنهاد شده توسط سازمان جهانی بهداشت، آزانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده امریکا و اداره ایمنی و بهداشت حرفه ای برای فلزات سنگین در ماتریس های محیطی مختلف در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- حد مجاز فلزات سنگین در ماتریس‌های محیطی [۱۰]

فلز سنگین	USEPA			WHO	OSHA	
	هوای آزاد	**آب شرب**	**خاک**	**آب شرب**	**هوای محیط کار**	**خون**
سرب	۰/۱۵۱ $\mu g/m^3$	۱۵۱ µg/L	زمین ppm (۴۰۰ (به-ppm بازی؛ ۱۲۰۰ جز زمین بازی)	۱۵۲ µg/L	۳۰۱$\mu g/m^3$	۴۰۱µg/dL
کادمیوم	۱۳۰۶-۶/۵ ng/m^3	۰/۰۰۵۳ mg/L	۸۵۴ mg/Kg	۰/۰۰۳۳ mg/L	۵۴ µg $/m^3$	—
آرسنیک	۵۰۶ $\mu g/m^3$	۰/۰۱۲ mg/L	—	۰ /۰۱۲ mg/L	۱۰۵ µg $/m^3$	—
جیوه	۵۷ mg/m^3	۰/۰۰۲۲ mg/L	۱۶۷ -۴ mg/Kg	۰/۰۰۱۲ mg/L	—	—

به طور کلی سمیت یون‌های فلزی برای سیستم‌های پستانداران به دلیل واکنش شیمیایی یون‌ها با پروتئین‌های ساختاری سلولی، آنزیم‌ها و سیستم غشایی است. اندام‌های هدف سمیت فلزی خاص، معمولاً اندام هایی هستند که بالاترین غلظت فلز را در داخل بدن تجمع می‌کنند که این موضوع اغلب به مسیر مواجهه و ترکیب شیمیایی فلز یعنی ظرفیت، فراریت، حلالیت در چربی و غیره بستگی دارد. اندام‌های هدف و علائم بالینی مواجهه مزمن با فلزات سنگین در جدول ۴ ارائه شده است.

به نظر می‌رسد کودکان (و جنین‌های در حال رشد) در برابر اثرات عصبی سرب بسیار آسیب‌پذیر هستند. مطالعات اپیدمیولوژیک آینده‌نگر اغلب نشان داده‌اند که حتی قرار گرفتن در معرض سطوح پایین سرب در کودکان پیش‌دبستانی (با سطوح سرب خون در محدوده ۵– µg/dL ۲۵) می‌تواند منجر به نقص در رشد عقلانی شود که با از دست دادن امتیاز ضریب هوشی (IQ) آشکار می‌شود.

از این رو، مرکز کنترل بیماری (the Centers for Disease Control= CDC) در ایالات متحده سطح مجاز سرب خون در خون کودکان را از ۲۵ µg/dL به ۱۰ µg/dL کاهش داده است و غربالگری جهانی سرب خون را برای همه کودکان بین ۶ ماه تا ۵ سال توصیه می‌کند. در کودکان، مواجهه مزمن با سرب باعث کند شدن رشد، اختلال شنوایی، تغییرات عصبی رفتاری، کاهش ضریب هوشی (IQ)، کم خونی، کاهش سطح و عملکرد ۱/۲۵-دی هیدروکسی ویتامین D_3 پلاسما، کاهش تکانه‌های عصبی فیبر میلین، کولیک روده و علائم گوارشی مرتبط و آنسفالوپاتی می‌شود. برخلاف بزرگسالان، اثرات مواجهه مزمن با سرب حتی پس از کاهش سطح خون، در کودکان غیرقابل برگشت است [۱۵]. اثرات سلامتی با سطوح مختلف سرب خون در کودکان و بزرگسالان در شکل ۲ نشان داده شده است.

کادمیوم عامل اصلی بیماری آلزایمر است و به دلیل استفاده زیاد از کودهای فسفاته در خاک تجمع یافته و وارد زنجیره غذایی می‌شود. WHO بیان می کند که جیوه یک فلز سمی خطرناک است که آبزیان را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد و مصرف چنین غذاهای تحت تأثیر جیوه توسط انسان منجر به چندین بیماری مضر مانند میناماتا می‌شود و اثرات فیزیولوژیکی متعددی ایجاد می کند.

جدول ۴- جنبه‌های بالینی مسمومیت های مزمن با فلزات سنگین [۵]

فلزات سنگین	اندام های هدف	منابع اولیه	اثرات بالینی
سرب	سیستم عصبی، سیستم خون ساز، کلیه	فیوم و گرد و غبار صنعتی غذای آلوده	انسفالوپاتی، نوروپاتی محیطی، اختلالات اعصاب مرکزی، کم خونی
جیوه	سیستم عصبی کلیه	فیوم و گرد و غبار صنعتی آب و غذای آلوده	پروتئینوری
کادمیم	کلیه، اسکلت ریه	فیوم و گرد و غبار صنعتی آب و غذای آلوده	پروتئینوری، گلوکوزوری، استئومالاسی، آمینواسیدوری، آمفیزمی
آرسنیک	سیستم عصبی ریه، پوست	گرد و غبارهای صنعتی مصارف دارویی آب آلوده	سوراخ شدن تیغه بینی، سرطان ریه نوروپاتی محیطی: درماتوم، پوست، سرطان
کروم	ریه	فیوم و گرد و غبار صنعتی غذای آلوده	زخم، سوراخ شدن تیغه بینی سرطان ریه

علاوه بر سمیت عمومی فلزات سنگین، موضوع سرطان زایی بالقوه ترکیبات فلزی نیز نگران‌کننده هست. برخی از فلزات سنگین مانند آرسنیک، کروم منجر به ایجاد سرطان در جمعیت های انسانی در معرض مواجهه شده‌اند.

مواجهه طولانی مدت با فلزات سنگین منجر به افزایش خطر ابتلا به سرطان می گردد.

افزایش خطر ابتلا به سرطان ریه و مثانه و ضایعات پوستی مرتبط با آرسنیک گزارش شده است. جمعیت هایی که بصورت مزمن و طولانی مدت در معرض آرسنیک قرار می گیرند، خطر مرگ و میر ناشی از سرطان ریه، مثانه و کلیه را نشان می‌دهند که با افزایش مدت زمان مواجعه این خطر نیز افزایش می یابد.

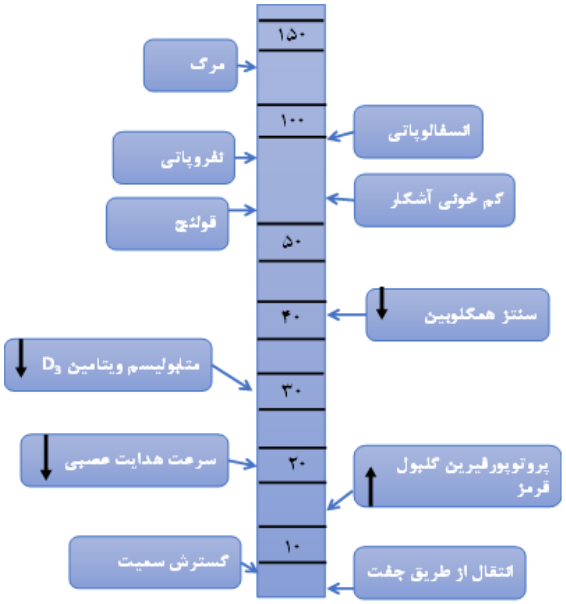
نتایج حاصل از آخرین ارزیابی WHO حاکی از آنست که قرار گرفتن در معرض آرسنیک از طریق آب آشامیدنی با سرطان ریه، کلیه، مثانه و پوست مرتبط است که در سرطان پوست ضایعات پیش سرطانی مستقیماً قابل مشاهده است. کراتوز آرسنیک یک درماتوز پیش سرطانی است که در بیماران مبتلا به سمیت مزمن آرسنیک دیده می‌شود.

این بیماری با پاپول‌ها و پلاک‌های زرد رنگ شبیه ذرت و هیپرکراتوتیک مشخص می‌شود که عمدتاً کف دست‌ها و کف پا را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

اغلب به صورت نواحی کوچک هیپرکراتوز شروع می‌شود که تعداد و اندازه آن افزایش می‌یابد و کل کف دست و پا را درگیر می کند.

به ندرت می‌تواند به پشت دست‌ها و پاها، سایر قسمت‌های بدن گسترش یابد و ممکن است به نوعی از سرطان پوست (سرطان سلول سنگفرشی) تبدیل شود.

اثرات پوستی ناشی از مسمومیت مزمن با آرسنیک در شکل ۳ نشان داده شده است. همچنین اثرات سرطانزایی، سرب، جیوه، کادمیوم و آرسنیک در جدول ۵ بطور خلاصه ارائه شده است.



شکل ۳: اثرات سلامتی با سطوح مختلف سرب خون در کودکان و بزرگسالان [۱۶]

شکل ۴: اثرات پوستی ناشی از مسمومیت مزمن با آرسنیک: الف) ضایعات پوستی ناشی از آرسنیکوزیس [۱۷]؛ ب) کراتوز آرسنیک [۱۸]

جدول ۵- اثرات سرطانزایی، سرب، جیوه، کادمیوم و آرسنیک [۱۰]

فلزات سنگین	اثرات سرطانزایی
سرب	سرطان روده، سرطان ریه و سیستم عصبی مرکزی
جیوه	سرطان کولون (روده بزرگ)، سرطان ریه، سرطان مغز و سرطان پوست
کادمیم	سرطان معده، سرطان سینه، سرطان ریه و سرطان کلیه
آرسنیک	سرطان پروستات، سرطان خون، سرطان کبد و سرطان پوست

- آسیب پذیری کودکان در برابر فلزات سنگین محیطی

کودکان و نوزادان تحت رشد و تکامل سریع و مداوم هستند. از این رو در بسیاری از دوره‌ها دارای شرایط آسیب‌پذیری هستند که آن‌ها را به طور استثنایی در برابر اثرات مضر عوامل مختلف شیمیایی و فیزیکی مستعد می‌کند. در طول دوره جنینی، رشد سریع سلولی و تمایز اولیه رخ می دهد و شانس بیشتری برای مواد سمی در ایجاد ناهنجاری های مادرزادی یا جهش فراهم می‌کند [۱۹]. همچنین در سال‌های اول زندگی، ساختارهایی به عنوان سیستم عصبی که ظرفیت محدودی برای ترمیم آسیب‌های ساختاری دارد، همچنان در حال توسعه هستند. اگر هر گونه تخریب سلول‌های مغز توسط مواد شیمیایی مانند سرب و جیوه یا عدم برقراری اتصالات حیاتی بین سلول‌های عصبی رخ دهد، ممکن است منجر به آسیب-های عصبی-رشدی دائمی شود [۲۰]. تمام توالی متابولیسم و سم زدایی از ترکیبات سمی در کودکان به ویژه در دوران نوزادی نارس و ناکارآمدتر از بزرگسالان است، بنابراین آن‌ها نسبت به بزرگسالان بیش‌تر مستعد اثرات خطرناک هستند و داروهای تجویز شده برای آن‌ها دوز کم‌تری به ازای هر کیلوگرم وزن دارند [۲۱- ۱۹].

با کمال تعجب، کودکان به ازای هر واحد وزن بدن یا سطح بدن، بیش‌تر از بزرگسالان در معرض عوامل خطرزای محیطی قرار دارند. مطابق جدول ۶، نوزادان و کودکان خردسال هوای بیش‌تری نسبت به بزرگسالان تنفس می‌کنند، آب و مایعات بیش‌تری می‌نوشند و غذای بیش‌تری می-خورند. جذب مواد شیمیایی در روده در کودکان بیش‌تر از بزرگسالان است. به عنوان مثال، نوزادان حدود ۵۰ درصد از محتوای سرب مواد غذایی را جذب می کنند، در حالی که بزرگسالان تنها ۱۰ درصد را جذب می‌کنند [۲۲]. علاوه بر این، کودکان انتخاب‌های غذایی و ترجیحات غذایی متفاوتی نسبت به بزرگسالان دارند. به عنوان مثال، کودکان معمولاً شیر و محصولات لبنی بسیار بیش‌تری مصرف می‌کنند. نوزادان و کودکان نوپا رفتار اکتشافی و فعالیت دست به دهان از خود نشان می‌دهند و آن‌ها را در معرض مقادیر بسیار بالاتری از مواد سمی از قبیل سرب و سایر ترکیبات شیمیایی موجود در گرد و غبار و خاک قرار می‌دهد [۲۳]. کودکان نسبت به بزرگسالان سال‌های بیش‌تری از زندگی را در پیش رو دارند، بنابراین زمان بیش‌تری برای ابتلا به بیماری‌های مزمن دارند. آلاینده‌های هوا نمونه مهمی از مواجهه کودکان با آلاینده‌های محیطی است. کودکان خردسال اغلب بیش‌تر وقت خود را در خانه می‌گذرانند و معمولاً روی زمین می-خزند. سطح کف و لایه هوا در نزدیکی کف، منابع اصلی عوامل شیمیایی از جمله ترکیبات موجود در دود تنباکو محیطی (ETS)، رادون و محصولات احتراق ناشی از وسایل گرمایشی و پخت و پز و همچنین آلاینده‌های هوای بیرون از قبیل ذرات هستند که حاوی آلاینده‌های خطرناک زیادی از جمله فلزات سنگین هستند. همچنین کودکان دریافت هوای بیشتری را به ازای هر کیلوگرم وزن بدن دریافت می‌کنند که به حساسیت بیش‌تر ریه‌های در حال رشد آن‌ها نسبت به

آلاینده‌های هوا اضافه می‌شود که در نهایت منجر به خطرات بیش‌تر برای سلامتی می‌شود [۲۴- ۲۲].

جدول ۶- مقایسه میزان دریافتی هوا، آب و غذا درکودکان و بزرگسالان [۲۵]

متوسط (واحد)	کودک (زیر ۱ سال)	بزرگسال	نسبت (کودک/بزرگسال)
هوا /kg-^{3}m) (day	۰/۴۴	۰/۱۹	۲/۳
آب/ مایعات (g/kg-day)	۱۶۱	۳۵/۵	۴/۸
غذا (-g/kg (day	۱۴۰	۲۳	۶/۱

- راه‌های ورود فلزات سنگین به بدن کودکان

- انتقال فلزات سنگین از مادر به نوزاد

طبق گفته سازمان جهانی بهداشت، فلزات سنگین مانند سرب، به مرور زمان در استخوان و دندان‌ها ذخیره می‌شوند و در طول بارداری از استخوان مادر به داخل خون وارد شده و می‌توانند با عبور از جفت، جنین در حال رشد را تحت تأثیر قرار دهد. فلزات سنگین از قبیل جیوه، سرب و کادمیوم مواد سمی هستند که به خوبی از جفت عبور می کنند و در بافت های جنین تجمع می یابند. در واقع قرار گرفتن در معرض جیوه و سرب قبل از تولد، تهدیدی برای سلامتی جنین به ویژه برای مغز در حال رشد آن‌ها می‌باشد. همچنین قرار گرفتن جنین در معرض سرب و کادمیوم با کاهش وزن هنگام تولد مرتبط است. تحقیقات نشان داد که تقریباً ۹۰ درصد غلظت سرب در خون مادر می‌تواند به نوزاد منتقل شود. علاوه براین، استفاده از ماده پر کننده دندان به رنگ نقره‌ای یا سیاه (آمالگام) در هنگام بارداری، باعث انتقال این فلز سنگین به جنین می‌شود. دندان‌های شیری کودکان نشان دهنده اطلاعات قبل از تولد (دوران بارداری) و بعد از تولد است که بر اساس تحقیقات موسسه ملی علوم بهداشت محیط زیست آمریکا (NIEHS)، دندان‌های شیری کودکان اوتیسم دارای مقدار بیشتری از سرب می‌باشند. به این معنی که اوتیسم می‌تواند از دوران جنینی شروع شود و فلزات سنگین قادرند در دوران بارداری از مادر به جنین در حال رشد منتقل شوند [۲۶].

- انتقال فلزات سنگین از طریق مواد غذایی و آب

با توجه به اینکه وجود فلزات سنگین در غذاهای کودکان می‌تواند اثرات مخربی را روی آن‌ها بگذارد، وجود قوانین سخت برای بررسی و محدودیت وجود فلزات سنگین در غذای آن‌ها امری ضروری است. مواد غذایی مختلف می-توانند به فلزات سنگین آلوده باشند اما گاهی احتمال آلوده بودن برخی از مواد غذایی به فلزات سنگین بیش‌تر است به طور مثال، برنج از جمله مواد اولیه مورد استفاده برای غذای کودکان مانند سوپ، شیر برنج، فرنی و ... می‌باشد که به دلیل ساختار و استفاده از آب زیاد هنگام کشت، ده برابر بیش‌تر از محصولات کشاورزی دیگر، فلز سنگین آرسنیک را جذب می‌کند. علاوه براین، برخی از ماهی‌ها به خصوص ماهی‌های با چثه بزرگ و طول عمر زیاد و ماهی‌هایی که شکارچی ماهی‌های کوچک‌تر هستند، می‌توانند دارای مقادیر خطرناکی از فلزات سنگین از جمله جیوه باشند. منابع غذایی انواع فلزات سنگین در جدول ۷ ارائه شده است [۹].

جدول ۷- منابع غذایی انواع فلزات سنگین [۹]

فلز سنگین	منبع غذایی
کادمیوم	تخم مرغ، ماهی، قارچ، سیر، اسفناج، گندم، برنج، جو دوسر، ذرت، سویا، بادام زمینی، قارچ
سرب	سرب تخم مرغ، پودر کاکائو، برنج، گندم، سیب زمینی، مکمل کلسیم، غذای دودی، شراب، آبجو، شیر، هویج، کشمش
آرسنیک	پاپایای سبز، برنج، گوجه فرنگی، هویج، غذاهای دریایی، خردل هندی، گوشت گاو و مرغ، شراب، شیر
جیوه	جیوه تخم مرغ، قارچ، غذاهای دریایی، روغن ماهی

- انتقال فلزات سنگین از طریق اشیا

در دهان گذاشتن در کودکان یکی از رفتارهای مهمی است که برای قرار گرفتن آن‌ها در معرض مواد شیمیایی محیطی شناسایی شده است. نوزادان و کودکان خردسال اغلب اشیایی از جمله اسباب‌بازی‌ها را به دهان می‌برند که منجر به حرکت بزاق و قرار گرفتن دهان در معرض مواد شیمیایی سمی می‌شود. یک "مثلث خطر" با اسباب‌بازی‌های کودکان آلوده به فلزات سمی، دسترسی به اسباب‌بازی‌ها برای کودکان و آسیب‌پذیری آن‌ها در مواجهه شناسایی شده است. مکیدن اشیا و اسباب بازی‌های دارای رنگ‌های شیمیایی بر پایه سرب و ... باعث در معرض خطر قرار گرفتن کودکان با فلزات سنگین می‌شود. نکته دیگر اینکه، برخی از کودکان مبتلا به اوتیسم به دلیل تمایل به مکیدن اشیا، بیشتر در معرض خطر سرب هستند [۲۸-۲۷].

- انتقال فلزات سنگین از طریق دود سیگار

دود سیگار حاوی فلزات سنگین از جمله آرسنیک، سرب، کادمیوم و ... می‌باشد. استنشاق دود سیگار توسط مادر باردار یا نوزاد، خطر ابتلا به اوتیسم در کودکان را افزایش می‌دهد. باقی مانده دود سیگار روی لباس، مبلمان، فرش، دیوار، گرد و غبار خانه و ... تا ماه‌ها و سال‌ها باقی می‌ماند و از آنجا که کودکان ممکن است اسباب بازی، پستانک و دست خود را به سطوح بزنند و وارد دهان خود کنند، در خانه افراد سیگاری، کودکان بیش‌تر در معرض فلزات سنگین قرار می‌گیرند. علاوه براین، حتی قرار گرفتن و نفس کشیدن مادران باردار در مکانی که فردی در حال سیگار کشیدن نیست ولی بوی سیگار احساس می‌شود، باعث ورود فلزات سنگین به بدن مادر و در معرض خطر قرار گرفتن جنین می‌شود [۲۹-۳۰].

- انتقال فلزات سنگین از طریق لوازم آرایشی

فلزات سنگین موجود در لوازم آرایشی و به ویژه در لوازم آرایشی رنگی، ممکن است عمداً یا به صورت ناخالصی از طریق مواد خامی مصرفی در فرآیند تولید وارد شوند. چنین آلودگی ممکن است ناشی از تصفیه نادرست مواد خام یا فرآیند تولید باشد [۳۱-۳۲]. وجود فلزات سنگین (شامل Cd، Pb، As، Ni، Cr و Hg) در محصولات آرایشی برای سلامتی انسان خطرناک تلقی می‌شود [۳۳]. با این حال، برخی از این عناصر به منظور حمایت از عملکرد متابولیک و فیزیولوژیکی مناسب پوست به لوازم آرایشی اضافه می‌شوند و قوانین به وضوح حد مجاز این فلزات سنگین را تعیین کرده است. از جمله محصولاتی آرایشی که حاوی فلزات ذکر شده فوق هستند، می‌توان به محصولاتی از قبیل رژ لب و براق کننده لب، کرم ها و لوسیون‌های زیبایی و همچنین محصولات مراقبت از مو اشاره کرد که بر روی غشای مخاطی اعمال می شوند [۳۶-۳۴]. وجود سرب در لوازم آرایشی و بهداشتی اکیداً ممنوع است [۳۲]. سرب می تواند از طریق دستگاه گوارش و تنفس وارد بدن شود یا از طریق پوست یا غشاهای مخاطی جذب شود. تحقیقات نشان داده است که قرار گرفتن دائمی در معرض حتی سطوح پایین سرب می‌تواند باعث اگزما و حساسیت های تماس پوستی شود.

استفاده از کرم‌های دور چشم و همچنین لوازم آرایشی رنگی حاوی سرب، ممکن است به غلظت بالای سرب در خون کمک کند [۳۷ -۳۸]. وجود سرب در مقادیر بالاتر از حد مجاز پیشنهادی سازمان غذا و داروی امریکا (FDA) در برخی از لوازم آرایشی توسط گزارش شده است [۳۱]. در خاورمیانه، آفریقا و آسیا، یک لوازم آرایشی سنتی (سرمه) بر پایه آنتیموان یا سنگ گالن (PbS) هنوز رایج و محبوب است و به دلیل این باور که سرمه اثر درمانی و تقویتی بر روی چشم دارد برای درمان کودکان و نوزادان نیز استفاده می‌شود. سطوح بیش از حد سرب، کادمیوم و آرسنیک در برخی از لوازم آرایشی مبتنی بر سرمه از بازارهای آلمان و اسپانیا گزارش شده است [۳۹].

آرسنیک به عنوان رنگدانه در لوازم آرایشی رنگی (سایه چشم، رژ لب) استفاده می‌شود و همچنین در بسیاری از

محصولات آرایشی و مراقبت از پوست مانند لوسیون‌ها وجود دارد. برخلاف سایر مواد آرایشی، افزودنی‌های رنگی برای استفاده در ایالات متحده باید تأییدیه FDA را داشته باشند. حد مجاز پیشنهادی برای آرسنیک در لوازم آرایشی ۳ ppm است [۴۰]. استفاده از آرسنیک به شکل غیر آلی آن ممکن است عوارض جانبی زیادی مانند خستگی، تهوع، استفراغ، بیماری های پوستی و سرطان داشته باشد [۴۲-۴۱].

جیوه ممکن است در لوازم آرایشی به دو شکل یافت شود: آلی (تیومرسال) که به عنوان نگهدارنده استفاده می شود و غیر آلی (HgCl) که در کرم های روشن کننده پوست استفاده می شود، که می تواند با عناصر دیگر مانند اکسیژن، گوگرد و کلر ترکیب شود [۴۳]. با این حال، استفاده از ترکیبات جیوه در لوازم آرایشی فقط به عنوان نگهدارنده مجاز است. گزارش های متعددی نشان داده است که جیوه هنوز در محصولات آرایشی و بهداشتی در کشورهایی مانند مکزیک، ایالات متحده، آفریقا و آسیا استفاده می‌شود [۴۴-۴۶]. بسیاری از لوازم آرایشی آزمایش شده دارای جیوه بیش از حد مجاز تعیین شده توسط WHO و FDA بودند (این مقدار نباید بیش از ۶۵ ppm در محصول نهایی باشد) [۳۳]. مطالعات علمی نشان داده است که سطح جیوه در بدن افراد در معرض کرم‌های روشن‌کننده پوست، بیشتر است. بنابراین، استفاده طولانی مدت از لوازم آرایشی حاوی مقادیر کم جیوه می‌تواند منجر به آسیب کلیه، آسیب پوست به شکل تغییر رنگ یا تغییرات آلرژیک و همچنین نوروپاتی محیطی شود [۴۷]. گزارش هایی از مسمومیت با جیوه در زنان باردار و کودکان نیز ثبت شده است. به عنوان مثال علائم مسمومیت با جیوه شامل از دست دادن اشتها، تشنج، کاهش وزن، ضعف و بثورات بدنی در یک دختر چهار ساله عراقی پس از سه ماه استفاده از کرم سفید کننده مشاهده شد. سطح جیوه ادرار در این دختر به طور قابل توجهی بالاتر از استاندارد عمومی پذیرفته شده بود. علاوه بر این، بر اساس مطالعات انجام شده، غلظت جیوه در خون زنان باردار استفاده کننده از کرم‌های سفید کننده در سه ماهه سوم بارداری، ۱۵/۶ µg/L گزارش شده است [۴۹-۴۸].

کادمیوم می‌تواند در رنگدانه‌های معدنی موجود در محصولات آرایشی و بهداشتی وجود داشته باشد. مطالعات نشان داده شده است که کادمیوم می‌تواند در استخوان‌ها ، کلیه‌ها و دندان‌ها تغلیظ شود. FDA هنوز حداکثر غلظت مجاز کادمیوم در لوازم آرایشی را تعریف نکرده است. با این حال، بر اساس مقررات اتحادیه اروپا استفاده از کادمیوم و ترکیبات آن را در لوازم آرایشی ممنوع می‌باشد [۵۰].

آژانس بین المللی تحقیقات سرطان (IARC) کادمیوم و سرب را در گروه A۲ مواد سرطان زا طبقه بندی کرده است. محصولات آرایشی و بهداشتی، به ویژه رژ لب‌ها، می‌توانند برای سلامتی خطرناک باشند، زیرا زنان به طور متوسط در طول زندگی خود چهار پوند (۱۸۱۴/۳۶ گرم) رژ لب وارد بدن خود می‌کنند (می‌بلعند). کادمیوم را می‌توان در محصولات شستشو نیز یافت. استفاده طولانی مدت از این محصولات ممکن است منجر به بثورات پوستی، مشکلات غشاء مخاطی و اختلال در سایر اندام‌ها شود [۵۰].

درماتیت پوستی می‌تواند به دلیل نیکل موجود در جواهرات و لوازم آرایشی نیز ایجاد شود. استفاده از نیکل در محصولات آرایشی و بهداشتی توسط پارلمان اروپا ممنوع است [۳۸]، با این حال، داده های موجود وجود نیکل در بسیاری از انواع لوازم آرایشی رنگی تولیده و استفاده شده در نقاط مختلف جهان را نشان می‌دهد [۳۳].

مطالعات نشان می‌دهد که نیکل عمدتاً در رژلب‌ها و پودرها تشخیص داده می‌شود [۳۱، ۵۱]. به طور کلی، فلزات سمی موجود در لوازم آرایشی ممکن است مستقیماً بر روی پوست یا به طور غیرمستقیم با جذب از طریق پوست به خون عمل کرده و منجر به تجمع زیستی و اثرات سمی در اندام‌های مختلف بدن شود.

- راهکارهای به منظور مواجهه کم‌تر و محدود کردن خطرات ناشی از فلزات سنگین در کودکان [۵۵-۵۲]

- استفاده از سبزیجات سبز تیره که کلروفیل (سبزینه) زیادی دارند و غذاهای ارگانیک حاوی گوگرد مانند پیاز، تخم مرغ و سیر در رژیم غذایی توصیه می‌شود. مولکول‌های حاوی گوگرد می‌توانند با فلزات سنگین ترکیب شوند و منجر به دفع فلزات سنگین از بدن انسان شوند.

- آکادمی اطفال آمریکا توصیه می‌کند غذای کودک خود را در منزل آماده کنید و از دادن غذاهای فرآوری شده خودداری کنید. بدلیل اینکه علاوه بر کاهش هزینه‌ها، از آلودگی‌های غذایی در مراحل آماده‌سازی و بسته‌بندی غذا جلوگیری می‌شود. به‌طور مثال در صورت نیاز به آرد برنج برای تهیه غذای کودک، بهتر است از برنج سالم و مرغوب در منزل استفاده کرده و آرد برنج تهیه کنید و از خریداری آردهای فله‌ای و بسته‌بندی شده بدون برند معتبر که معمولاً از برنج‌های نامرغوب، کهنه و آفت‌زده، دارای لکه های سیاه و از لاشه و خرده‌های برنج تهیه می‌شود و آلوده به مایکوتوکسین ها و فلزات سنگین است، خودداری کنید.

- بهتر است برای پخت غذای کودکان، به جای استفاده از برنج از غلات دیگر مانند جو، بلغور و ... استفاده کنید. یا از پوره مواد غذایی مانند سیب‌زمینی، نخود فرنگی و ... و یا حتی غذاهای سالم و ساده‌ای که برای مصرف خودتان تهیه می‌کنید، به جای غذاهای فرآوری شده برای تغذیه کودک استفاده کنید.

- به کودکان خود، ترجیحاً مواد غذایی دارای رنگ‌های طبیعی بدهید. از دادن مواد غذایی دارای رنگ‌های مصنوعی مانند سان ست یلو و ... خودداری کنید.

- سیگار نکشید! دود سیگار باعث می‌شود کودکان در معرض فلزات سنگین قرار بگیرند.

- از پر کردن دندان در هنگام بارداری بپرهیزید.

- عادات غلط مانند جویدن ناخن را ترک کنید. به دلیل اینکه، ناخن دارای میزان کراتین بالا است و فلزات سنگینی مانند آرسنیک میل ترکیبی زیادی با کراتین دارند و غلظت آرسنیک در ناخن نسبت به سایر بافت‌ها بیشتر است.

- شستن و تمیز کردن هر چیزی که نوزادان و کودکان مدام با آن در تماس هستند مانند بطری، پستانک و اسباب بازی‌ها.

- در صورت امکان نوزاد از شیر مادر تغذیه کند. چون احتمال آلوده شدن شیر خشک به فلزات سنگین در مراحل آماده‌سازی بیش‌تر است. علاوه براین ممکن است آبی که برای رقیق کردن شیر خشک استفاده می‌شود به فلزات سنگین آلوده باشد. لوله‌های آب قدیمی می‌توانند فلزات سنگینی مانند آرسنیک، سرب و ... را به آب منتقل کنند.

- پیشنهاد می‌شود به کودکان خود، میوه خرد شده یا پوره شده به جای آبمیوه بدهید. بعضی از آبمیوه‌ها دارای سطوح قابل توجهی از فلزات سنگین هستند. به دلیل اینکه چنانچه میوه به فلزات سنگین آلوده باشد، غلظت فلزات سنگین در آبمیوه به دلیل عصاره گیری و غلیظ شدن میوه بیش‌تر می‌شود. علاوه براین، احتمال ورود فلزات سنگین به آبمیوه در حین فرآوری و فرآیند تولید آن وجود دارد.

- بیش‌تر ماهی‌های بزرگ، شکارچی و ماهی‌هایی که عمر طولانی دارند، می‌توانند به فلزات سنگین از جمله جیوه آلوده باشند. بنابراین مصرف بیش از اندازه ماهی توسط کودکان ممکن است اثرات مخرب روی سیستم عصبی بگذارد. طبق گفته سازمان غذا و داروی آمریکا، ماهی مانند سالمون، قزل آلا، ساردین و ... دارای مقادیر کم‌تری از جیوه هستند و ماهی‌های مانند ماهی تن باله دراز و کوسه، اره ماهی و ... دارای مقادیر بالای جیوه هستند.

و نکته آخر اینکه، تصور نکنید که میزان آلودگی به فلزات سنگین در غذاهای ارگانیک از غذاهای غیرارگانیک کمتر است، از آنجا که فلزات سنگین در آب و خاک وجود دارند و علاوه براین، در طی فرآوری و بسته بندی مواد غذایی ممکن است وارد مواد غذایی شوند، بنابراین، آلودگی به

فلزات سنگین در غذاهای ارگانیک و غیرارگانیک اغلب مشابه هستند. البته غذاهای ارگانیک ممکن است دارای مقادیر کم‌تری از آفت‌کش‌ها و سایر مواد شیمیایی باشند.

نتیجه‌گیری

از آنجایی که فلزات سنگین به طور طبیعی در محیط وجود دارند و به راحتی از زنجیره غذایی در بدن تجمع می‌یابند، کنترل خطرات سلامتی آن‌ها به ویژه اثرات نامطلوب آن‌ها بر متابولیسم و سیستم عصبی دشوار است. کودکان به عنوان جمعیت حساس به طور گسترده در معرض فلزات سنگین قرار دارند و سیستم عصبی، عملکرد کلیه و رشد استخوان آن‌ها توسط سرب، کادمیوم، جیوه، کروم، آرسنیک و غیره مختل می‌شود. هدف مقاله حاضر بررسی منابع، مسیرهای مواجعه و ورود فلزات سنگین به بدن کودکان، آسیب پذیری کودکان در برابر فلزات سنگین و همچنین اثرات نامطلوب فلزات سنگین بر سلامتی کودکان بود. یافته‌های این مقاله نشان داد که ورود فلزات سنگین به بدن از طریق استنشاق هوای آلوده، جذب پوستی، مصرف مواد غذایی آلوده و نوشیدن آب آلوده صورت می‌گیرد. قرار گرفتن کودکان در معرض فلزات سنگین اثرات نامطلوبی بر سلامت آن‌ها دارد.

اثرات نامطلوب سمیت فلزات سنگین بسته به فلز مورد نظر متفاوت است. با این حال، اکثر فلزات سنگین درای اثرات منفی مشابه و مشترک بر سلامتی کودکان دارند. به عنوان مثال، بسیاری از این فلزات منجر به عقب ماندگی ذهنی و اختلالات عصبی شناختی در کودکان از قبیل اختلال حافظه و ضریب هوشی پایین در کودکان می شوند. به نوبه خود، آسیب های عصبی علاوه بر ایجاد اختلالات رفتاری، عملکرد تحصیلی کودک را نیز مختل می‌کند. علاوه بر این جیوه، سرب و کادمیوم رشد کودکان را مختل می‌کند. علاوه بر این فلزات سنگین باعث ایجاد سرطان از جمله سرطان‌های سینوسی، ریه و بینی و حتی بیماری دیابت نیز می‌شوند. مسمومیت با فلزات سنگین همچنین باعث ایجاد مشکلات تنفسی مانند تحریک مجاری هوا، انسداد راه‌های هوایی و بیماری‌های تنفسی مانند رینیت، برونشیت و آسم می‌شود. آن‌ها همچنین باعث بیماری‌های قلبی عروقی مانند نارسایی قلبی، سکته مغزی، بیماری عروق کرونر قلب و افزایش یا کاهش فشار خون نیز می‌شوند. بهرحال محدودیت‌ها و چالش‌هایی در زمینه مطالعه و بررسی اثر فلزات سنگین بر سلامتی کودکان وجود دارد که از مهمترین آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- بیش‌تر مطالعات بر روی تأثیر تنها یک یا دو فلز سنگین تمرکز دارند. با این وجود، مردم در معرض مخلوطی از فلزات سنگین با انواع دیگر آلاینده‌های محیطی قرار دارند. همچنین، برهم‌کنش بین این آلاینده‌ها بر مشکلات در ارزیابی اثرات واقعی می‌افزاید. بنابراین مطالعه اثرات ترکیبی آلاینده های مختلف ضروری است.

۲- اگرچه مطالعات اپیدمیولوژیک و سم شناسی فراوان نشان داده است که فلزات سنگین اثرات نامطلوبی بر سلامت کودکان دارند، اثرات طولانی مدت و دوز کم آن به خوبی روشن نشده است که نیاز به روش‌های جدیدی برای ارزیابی دارد. در واقع، اکنون انتظار می‌رود که سم شناسی محاسباتی افق‌های جدیدی را باز کند.

به دلیل اثرات مضر مسمومیت با فلزات سنگین بر سلامتی کودکان، باید تلاش کرد تا از آلودگی یا انتشار آن‌ها به محیط زیست جلوگیری شود. این امر از طریق قوانین و مقررات سختگیرانه قابل دستیابی است. برای ارتباط بین قرار گرفتن در معرض دوز کم، طولانی مدت، مختلط و خطرات سلامتی در انسان. علاوه بر این، با توجه به تفاوت‌های منطقه‌ای، تقویت همکاری‌های فرامنطقه‌ای و ایجاد یک سیستم جامع ارزیابی مواجهه و اثرات سلامت به رفع ناهماهنگی بین مطالعات و ارائه پشتیبانی قوی داده‌ها برای سیاست‌های پیشگیری و کنترل آلودگی کمک می‌کند.

منابع

[1] Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, BB., 2014, Beeregowda KN. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdisciplinary toxicology;7(2):60.

[2] Morais, S., Costa, FG., 2012, Pereira MdL. Heavy metals and human health. Environmental health–emerging issues and practice;10(1):227-45.

[3] Zhang, Y., 2019, Emerging Chemicals and Human Health: Springer.
[4] Pourmaghods H PA, Kavezadeh, F., 2008, Investigating the amounts of toxic metals lead, chromium and cadmium in some plastic toys for children in Isfahan city. Journal of Shahid Sadougi University of Medical Sciences and Healthcare Services, Yazd;14(1).
[5] Mahurpawar, M., 2015, Effects of heavy metals on human health. Int J Res Granthaalayah; 530:1-7.
[6] Yang, F., Massey, IY., 2019, Exposure routes and health effects of heavy metals on children. Biometals;32(4):563-73.
[7] Jan, AT., Azam, M., Siddiqui, K., Ali, A., Choi, I., Haq, QMR., 2015, Heavy metals and human health: mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants. International journal of molecular sciences;16(12):29592-630.
[8] Witkowska, D., Słowik, J., Chilicka, K., 2021, Heavy metals and human health: Possible exposure pathways and the competition for protein binding sites. Molecules. 26(19):6060.
[9] Mudgal, V., Madaan, N., Mudgal, A., Singh, R., Mishra, S., 2010, Effect of toxic metals on human health. The open Nutraceuticals journal;3(1).
[10] Jyothi, NR., 2020, Heavy metal sources and their effects on human health. Heavy Metals-Their Environmental Impacts and Mitigation.
[11] Schwartz, MS., Benci, JL., Selote, DS., Sharma, AK., Chen, AG., Dang, H., 2010, et al. Detoxification of multiple heavy metals by a half-molecule ABC transporter, HMT-1, and coelomocytes of Caenorhabditis elegans. PloS one;5(3):e9564.
[12] Obiri, S., Dodoo, D., Armah, F., Essumang, D., Cobbina, S., 2010, Evaluation of lead and mercury neurotoxic health risk by resident children in the Obuasi municipality, Ghana. Environmental toxicology and pharmacology; 29(3):209-12.
[13] Weiss, B., 2000, Vulnerability of children and the developing brain to neurotoxic hazards. Environmental Health Perspectives;108(suppl 3):375-81.
[14] Eržen, I., Kragelj, L., 2006, Cadmium concentrations in blood in a group of male recruits in Slovenia related to smoking habits. Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology. 76(2).
[15] Wang, C-N., Song, X-Y., Gao, Q., Wang, F., Liu, P., Wu, Y-N., 2009, Dietary exposure to lead by children and adults in the Jinhu area of China. Food Additives and Contaminants;26(6):821-8.
[16] Hassanien, MA., Shahawy, AME., 2011, Environmental heavy metals and mental disorders of children in developing countries. Environmental heavy metal pollution and effects on child mental development: Springer; p. 1-25.
[17] Smith, AH., Lingas, EO., Rahman, M., 2000, Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. Bulletin of the World Health Organization. 78(9):1093-103.
[18] Haley, R., 2017, Evaluation of a colorimetric assay for the detection of arsenic in water.
[19] Faustman, EM., Silbernagel, SM., Fenske, RA., Burbacher, TM., Ponce, RA., 2000, Mechanisms underlying Children's susceptibility to environmental toxicants. Environ Health Perspect;108 Suppl 1(Suppl 1):13-21.
[20] Rice, D., Barone, Jr., 2000, Critical periods of vulnerability for the developing nervous system: evidence from humans and animal models. Environ Health Perspect; 108 Suppl 3(Suppl 3):511-33.
[21] Scheuplein, R., Charnley, G., Dourson, M., 2002, Differential sensitivity of children and adults to chemical toxicity. I. Biological basis. Regul Toxicol Pharmacol; 35(3):429-47.
[22] Bruce, N., Perez-Padilla, R., Albalak, R., 2000, Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. Bull World Health Organ. 78(9):1078-92.
[23] Joint, WH WHO., 2007, Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution. World Health Organization. Regional Office for Europe.
[24] Ezzati, M., Kammen, DM., 2001, Quantifying the effects of exposure to indoor air pollution from biomass combustion on acute respiratory infections in developing countries. Environ Health Perspect;109(5):481-8.
[25] Licari, L., Nemer, L., Tamburlini, G., 2005, Children's health and environment: developing action plans: WHO Regional Office Europe.
[26] Gundacker, C., Hengstschläger, M., 2012, The role of the placenta in fetal exposure to heavy metals. Wiener medizinische wochenschrift; 162(9):201-6.
[27] Igweze, ZN., Ekhator, OC., Orisakwe, OE., 2020, A pediatric health risk assessment of children's toys imported from China into Nigeria. Heliyon; 6(4):e03732.
[28] Cui, X-Y., Li, S-W., Zhang, S-J., Fan, Y-Y., Ma, LQ., 2015, Toxic metals in children's toys and jewelry: coupling bioaccessibility with risk assessment. Environmental Pollution. 200:77-84.
[29] Willers, S., Gerhardsson, L., Lundh, T., 2005, Environmental tobacco smoke (ETS) exposure in children with asthma—relation between lead and cadmium, and cotinine concentrations in urine. Respiratory medicine; 99(12):1521-7.
[30] Li, L., Guo, L., Chen, X., Xiang, M., Yang, F., Ren, J-c., 2018, et al. Secondhand smoke is associated with heavy metal concentrations in children. European Journal of Pediatrics. 177(2):257-64.
[31] Łodyga-Chruścińska, E., Sykuła, A., Więdłocha, M., 2018, Hidden metals in several brands of lipstick and face powder present on polish market. Cosmetics; 5(4):57.
[32] Bocca, B., Pino, A., Alimonti, A., Forte, G., 2014, Toxic metals contained in cosmetics: A status report. Regulatory Toxicology and Pharmacology; 68(3):447-67.
[33] Borowska, S., Brzóska, MM., 2015, Metals in cosmetics: implications for human health. Journal of applied toxicology. 35(6):551-72.
[34] Alam, M., Akhter, M., Mazumder, B., Ferdous, A., Hossain, M., Dafader, N., 2019, et al. Assessment of some heavy metals in selected cosmetics commonly used in Bangladesh and human health risk. Journal of Analytical Science and Technology; 10(1):1-8.
[35] Gondal, M., Seddigi, Z., Nasr, M., Gondal, B., 2010, Spectroscopic detection of health hazardous contaminants in lipstick using laser induced breakdown spectroscopy. Journal of Hazardous Materials; 175(1-3):726-32.
[36] Khalid, A., Bukhari, IH., Riaz, M., Rehman, G., Ain, Q., Bokhari, TH., 2013, et al. Determination of lead, cadmium, chromium, and nickel in different brands of lipsticks. International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences. 1(2):263-71.
[37] Mousavi, Z., Ziarati, P., Shariatdoost, A., 2013, Determination and safety assessment of lead and cadmium in eye shadows purchased in local market in Tehran. J Environ Anal Toxicol; 3(193):2161-0525.1000193.
[38] Yebpella, G., Magomya, A., Lawal, U., Gauje, B., Oko, O., 2014, Assessment of trace metals in imported cosmetics marketed in Nigeria. Assessment; 4(14).
[39] Navarro-Tapia, E., Serra-Delgado, M., Fernández-López, L., Meseguer-Gilabert, M., Falcón, M., Sebastiani, G., 2021, et al. Toxic elements in traditional kohl-based eye cosmetics in Spanish and German markets. International Journal of Environmental Research and Public Health;18(11):6109.
[40] Administration. FsUSFaD. FDA's Testing of Cosmetics for Arsenic, Cadmium, Chromium, Cobalt, Lead, Mercury, and Nickel Content. 2018.
[41] Naujokas, MF., Anderson, B., Ahsan, H., Aposhian, HV., Graziano, JH., Thompson, C., 2013, et al. The broad scope of health effects from chronic arsenic exposure: update on a

worldwide public health problem. Environmental health perspectives; 121(3):295-302.
[42] Abir, T., Rahman, B., D'Este, C., Farooq, A., Milton, AH., 2012, The association between chronic arsenic exposure and hypertension: a meta-analysis. Journal of toxicology.
[43] Mohammed, T., Mohammed, E., Bascombe, S., 2017, The evaluation of total mercury and arsenic in skin bleaching creams commonly used in Trinidad and Tobago and their potential risk to the people of the Caribbean. Journal of public health research. 6(3):jphr. 1097.
[44] Shankar, PR., Subish, P., 2007, Fair skin in South Asia: an obsession? Journal of Pakistan Association of Dermatologists. 17(2):100-4.
[45] Peregrino, CP., Moreno, MV., Miranda, SV., Rubio, AD., Leal, LO., 2011, Mercury levels in locally manufactured Mexican skin-lightening creams. International Journal of Environmental Research and Public Health; 8(6):2516-23.
[46] Agorku, ES., Kwaansa-Ansah, EE., Voegborlo, RB., Amegbletor, P., Opoku, F., 2016, Mercury and hydroquinone content of skin toning creams and cosmetic soaps, and the potential risks to the health of Ghanaian women. Springerplus. 5:319.
[47] Ladizinski, B., Mistry, N., Kundu, RV., 2011, Widespread use of toxic skin lightening compounds: medical and psychosocial aspects. Dermatologic Clinics; 29(1):111-23.
[48] Benz, MR., Lee, S-H., Kellner, L., Döhlemann, C., Berweck, S., 2011, Hyperintense lesions in brain MRI after exposure to a mercuric chloride-containing skin whitening cream. European Journal of Pediatrics; 170(6):747-50.
[49] Dickenson, CA., Woodruff, TJ., Stotland, NE., Dobraca, D., Das, R., 2013, Elevated mercury levels in pregnant woman linked to skin cream from Mexico. American journal of obstetrics and gynecology; 209(2):e4-e5.
[50] O risakwe, OE., Otaraku, JO., 2013, Metal concentrations in cosmetics commonly used in Nigeria. Scientific World Journal. 2013: 959637.
[51] Sani, A., Gaya, MB., Abubakar, FA., 2016, Determination of some heavy metals in selected cosmetic products sold in kano metropolis, Nigeria. Toxicology reports; 3:866-9.
[52] 10 Things You Need to Know About Toxic Heavy Metals in Baby Food [Internet]. 2021. Available from: https :// kidseatincolor.com/toxic-baby-food/.
[53] Baby Foods Are Tainted with Dangerous Levels of Arsenic, Lead, Cadmium, and Mercury [Internet]. 2021. Available from: https ://oversight. house. gov/ sites/ democrats. oversight. house. gov/files/20210204%20ECP%20Baby%20Food%20Staff%20Report.pdf.
[54] Nine Things You Can Do to Reduce Heavy Metal in Your Baby's Diet [Internet]. Available from: https://drive.google.com/file/d/1M_1VkiWgJcBwN-IPVyXs7PqKxuVohabu/view?fbclid=IwAR3zOfUupKdMzSh7vytCBC6mMh2yt6G6dVlvp_LDm17M9aj4PZ0wBWHEkCM.
[55] What FDA is Doing to Protect Consumers from Toxic Metals in Foods [Internet]. 2018. Available from: https://www.fda.gov/food/conversations-experts-food-topics/what-fda-doing-protect-consumers-toxic-metals-foods.