

## *Evaluation of The Effect of Environmental Pollution on Metals Concentration in Primary Teeth of Children from Sari and Tehran in 2021*

Parastoo Namdar<sup>1</sup>  
Anahita Lotfizadeh<sup>2</sup>  
Amir Reza Lesani<sup>2</sup>  
Abolfazl Hosseinnataj<sup>3</sup>  
Esmail Babanezhad<sup>4</sup>  
Ali Jafari<sup>2</sup>  
Azam Nahvi<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>2</sup> Dentist, Mazandaran, Sari, Iran

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Biostatistics, Faculty of health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Environmental Health, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>5</sup> Associate Professor, Dental Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

<sup>6</sup> Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received November 29, 2023 ; Accepted November 19, 2023)

### **Abstract**

**Background and purpose:** Metals are widely influenced in environmental pollution and disease development in humans. Since children are exposed to chemicals in the environment more than adults, risk assessment should be taken into consideration. Therefore, the investigation of the difference in children's contact levels in environments with different pollution and monitoring the concentration of metals through tissue sampling are essential for identifying and preventing such effects.

**Materials and methods:** Teeth were collected according to the inclusion criteria from dental clinics in Sari and Tehran. The samples were completely turned into powder by a grinder and prepared using an acid dissolution process to determine the concentration of metals by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Moreover, the maximum, minimum, mean, median and standard deviation values of the data were calculated. The normality of the data was determined by the Kolmogorov-Smirnov test. All statistical analyses were conducted using SPSS statistical software (v. 16).

**Results:** The average concentration of Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Al, Mn, Ba and Sr in two cities had a significant difference ( $P < 0.05$ ). In the case of the As, this difference was not significant ( $P > 0.05$ ). Additionally, in terms of tooth type a significant difference was observed among all these elements except Ba ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** It was concluded that the concentration of metals in deciduous teeth in Tehran was higher than in Sari, which can indicate its relation with more contact of children with metals in environments with higher pollution and harmful effects on human health.

**Keywords:** biomarkers, deciduous tooth, metals

J Mazandaran Univ Med Sci 2023; 33 (Supple 2): 151-160 (Persian).

**Corresponding Author:** Azam Nahvi - Dental Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.  
(E-mail: azamnahvi.pedodontist@gmail.com)

# ارزیابی تاثیر آلودگی محیط بر غلظت فلزات موجود در دندان های شیری کودکان ساری و تهران در سال ۱۴۰۰

پرستو نامدار<sup>۱</sup>  
آناهیتا لطفی زاده<sup>۲</sup>  
امیر رضا لسانی<sup>۲</sup>  
ابوالفضل حسین نتاج<sup>۳</sup>  
اسماعیل بابا نژاد<sup>۴</sup>  
علی جعفری<sup>۲</sup>  
اعظم نحوی<sup>۶۰۵</sup>

## چکیده

**سابقه و هدف:** فلزات به طور گسترده‌ای در آلودگی محیط و توسعه بیماری در انسان نقش دارند. از آنجا که کودکان بیش تر از بزرگسالان در معرض مواد شیمیایی موجود در محیط قرار دارند، ارزیابی خطر باید انجام گردد. بررسی تفاوت میزان تماس کودکان در محیط‌هایی با آلودگی متفاوت و نظارت بر غلظت فلزات از طریق نمونه برداری بافتی، برای شناسایی و پیشگیری از چنین اثراتی ضروری است.

**مواد و روش‌ها:** دندان‌ها، مطابق معیارهای ورود از کلینیک‌های دندانپزشکی سطح شهر ساری و تهران جمع آوری شدند. نمونه‌ها به طور کامل توسط یک دستگاه آسیاب تبدیل به پودر شده و با استفاده از فرایند انحلال اسیدی برای تعیین غلظت فلزات توسط دستگاه طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-MS) آماده شدند. مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین، میانه و انحراف معیار داده‌ها محاسبه شد. نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف اسمیرنوف تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه 16 صورت گرفت.

**یافته‌ها:** میانگین غلظت عناصر سرب، کادمیم، کروم، مس، روی، آلومینیوم، منگنز، باریم و استرانسیم در دو شهر اختلاف معنی داری داشت ( $P < 0/05$ ). در رابطه با آرسنیک این اختلاف معنی دار نبود ( $P > 0/05$ ). هم‌چنین از نظر نوع دندان بین تمامی این عناصر به جز باریم اختلاف معنی داری مشاهده شد ( $P < 0/05$ ).

**استنتاج:** در این مطالعه غلظت فلزات در دندان‌های شیری تهران بیش تر از ساری بود که می‌تواند نمایانگر ارتباط آن با تماس بیشتر کودکان با فلزات در محیط‌های با آلودگی بالاتر و اثرات زیان‌بار بر سلامتی انسان باشد.

**واژه های کلیدی:** نشانگرهای زیستی، دندان شیری، فلزات

## مقدمه

بیماری انسان نقش دارد. وقایع طبیعی و انسانی با تغییر سمیت این فلزات می‌تواند اثرات قابل ملاحظه‌ای بر

فلزات به طور گسترده‌ای در آلودگی محیط زندگی نقش دارند به طوری که اثرات سمی آن‌ها در گسترش

E-mail: azamnahvi.pedodontist@gmail.com

**مؤلف مسئول:** اعظم نحوی - ساری: دانشگاه علوم پزشکی مازندران، دانشکده دندانپزشکی

۱. استادیار، گروه ارتودانتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۲. دندانپزشک، ساری، مازندران، ایران

۳. استادیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۴. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۵. دانشیار، مرکز تحقیقات دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

۶. گروه دندانپزشکی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۸ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۴۰۲/۷/۱۶ تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۸/۲۸

تکامل دندان می‌باشد، این دندان‌ها نسبت به دندان‌های دائمی نشانگر زیستی مناسب‌تری می‌باشند (۱۰). فرایند ذخیره این عناصر در دندان‌ها به صورت جایگزینی فلزات با کلسیم موجود در ترکیب معدنی اصلی دندان‌ها (هیدروکسی آپاتایت) در دوران تکامل دندان صورت می‌گیرد (۷). مطالعات پیشین که غلظت عناصر مختلف را در دندان‌ها مورد بررسی قرار داده‌اند به یافته‌های قابل توجهی دست یافته‌اند. نتایج آنان نشان می‌دهد که بیش‌ترین میزان مس در دندان‌های پیش شیری و در پسران یافت شده است (۱۱). همچنین نتایج نشان می‌دهد که که غلظت عناصر مختلف در دندان‌های شیری و دائمی متفاوت است و با افزایش سن نیز غلظت برخی از آن‌ها در دندان‌های شیری کاهش می‌یابد (۱۲، ۱۳).

گزارش شده است که غلظت سرب در دندان‌ها می‌تواند به عنوان شاخص آلودگی محیط زیست مورد استفاده قرار گیرد (۱۴، ۱۵). همچنین مشاهده شده است که قرار گرفتن در معرض سرب محیط با غلظت بالاتر سرب موجود در دندان‌ها مرتبط است (۱۶). تاثیر منفی فلزات بر روی دندان‌های انسان به خصوص در جوان‌ها به وسیله مقدار دوز فلزات، طول مدت برخورد و ایمنی فردی شخص تعیین می‌شود (۱۷). غلظت سرب و روی تحت تاثیر پوسیدگی دندان‌ها قرار می‌گیرد و غلظت آنان در دندان‌های دچار پوسیدگی بیشتر است (۱۸). همچنین اندازه‌گیری غلظت فلزات در دندان‌های شیری نشان داده است که تماس با فلزات در سال‌های اولیه زندگی با مشکلات رفتاری در کودکان در ارتباط است (۱۹). هدف از این مطالعه تعیین غلظت عناصر سنگین در دندان‌های شیری کودکان ۳ تا ۱۳ ساله ساکن در شهر تهران (به‌عنوان یکی از آلوده‌ترین شهرهای ایران) و ساری و مقایسه آن‌ها با یکدیگر است.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه توصیفی تحلیلی با کد اخلاق IR.MAZUMS.REC.1401.011 در دانشگاه علوم

سلامت انسان‌ها داشته باشند (۲۰، ۲۱). فلزات می‌توانند در غلظت‌های قابل توجهی در هوا، آب و منابع غذایی وجود داشته باشند. آلودگی خاک، آب و محصولات کشاورزی توسط فلزات، متاثر از فعالیت‌های صنعتی، باعث نگرانی عمده در سراسر جهان شده است (۳، ۴). مواد شیمیایی منتشر شده در محیط ممکن است در آب، هوا و خاک پخش شوند. بنابراین، ممکن است این مواد در گیاهان ذخیره شده و در زنجیره غذایی انسان تجمع یابند که بر سلامتی انسان تأثیر می‌گذارد (۵). کودکان بیش‌تر در معرض فلزات سنگین قرار دارند؛ زیرا متابولیسم بالاتری دارند و جذب بیش‌تر مواد در دستگاه گوارش آنان صورت می‌گیرد. بنابراین نسبت به فلزات موجود در محیط آسیب‌پذیرتر هستند (۶). محیط تاثیر پذیرفته از عملکرد بشر منجر به طیف گسترده‌ای از اثرات بالینی می‌شود. نظارت بر وضعیت غلظت فلزات از طریق نمونه برداری بافتی از مفاهیم مهم برای شناسایی و پیشگیری از چنین اثراتی است. بررسی خون و ادرار می‌تواند اطلاعاتی را در رابطه با تماس‌های اخیر فرد با فلزات سمی محیطی در اختیار محققین قرار دهد. با توجه به این‌که نیمه عمر بعضی از فلزات در خون و ادرار کوتاه است، نمی‌توانند شاخص مناسبی برای ارزیابی تماس مزمن انسان با این فلزات باشند. ناخن‌ها و مو نیز با وجود طولانی‌تر بودن نیمه عمر فلزات در آن‌ها، به دلیل تماس مکرر با گرد و خاک و مواد شیمیایی مانند شامپوها، رنگ‌ها و لاک‌های ناخن نمی‌توانند معیار مناسبی برای ارزیابی تماس افراد با فلزات باشند (۷، ۸). گزارش‌ها حاکی از آن است که دندان‌ها شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی میزان تماس با طیف گسترده‌ای از عناصر شیمیایی هستند (۹). جمع آوری آسان نمونه‌ها، قابلیت ذخیره و مطالعه دندان‌ها از نظر محتوای عناصر کمیاب از جمله عواملی هستند که دندان‌ها را تبدیل به شاخص مناسبی می‌کنند. از آنجا که ذخیره فلزات از جمله سرب در دندان‌های شیری بیانگر تماس مادر و فرزند با فلزات در دوران بارداری و

نمونه‌ها به مدت ۴ تا ۶ ساعت روی حمام شن و در درجه حرارت ۱۲۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت تا مراحل هضم کامل شده و یک محلول کاملاً شفاف به دست آید. بعد از کامل شدن مرحله هضم، نمونه‌ها به آرامی در دمای محیط سرد شدند و سپس با آب دو بار تقطیر به حجم ۲۰ سی سی رسانده شدند و در آخر نیز به وسیله فیلترهای نیتروسولوزی ۴۵/۰ میکرومتر (مدل سارتریوس) فیلتر و داخل ظروف استریل ریخته شد (۱۱). آرسنیک (Arsenic: As)، منگنز (Manganese: Mn)، روی (Zinc: Zn)، آلومینیوم (Aluminium: Al)، مس (Copper: Cu)، کروم (Chromium: Cr)، استرانسیم (Strontium: Sr)، کادمیم (Cadmium: Cd)، باریم (Barium: Ba) و سرب (Lead: Pb) موجود در نمونه‌های دندان به وسیله دستگاه طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-MS) 7900 Series (Agilent, California, United States) اندازه‌گیری شد. از شاخص‌های فراوانی، درصد، میانگین و انحراف معیار جهت توصیف متغیرها استفاده شد. برای بررسی فرضیه نرمال بودن غلظت‌ها، آزمون کولموگروف اسمیرنف به کار گرفته شد. این آزمون نشان داد که غلظت‌ها دارای فرضیه نرمال می‌باشند بنابراین از آزمون‌های پارامتریک استفاده شد. از آزمون تی مستقل جهت مقایسه میانگین غلظت در دو شهر و آزمون تحلیل واریانس جهت مقایسه میانگین غلظت در زیر گروه‌های نوع دندان استفاده شد. سطح معنی‌داری کم‌تر از ۰/۰۵ معنی‌دار در نظر گرفته شد و داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS 16 تحلیل شدند.

## یافته‌ها

در این مطالعه از ۱۱۱ دندان استفاده شد که ۷۷/۵ درصد (۸۶ دندان) از آن‌ها از شهر تهران جمع‌آوری شده بودند. هم‌چنین از نظر نوع دندان، ۳۶/۹ درصد دندان پیش، ۳۴/۳ درصد دندان خلفی و باقی دندان‌ها نیش بودند.

پزشکی مازندران به تصویب رسید. در این مطالعه به بررسی تأثیرات آلودگی محیط بر غلظت عناصر سنگین موجود در دندان‌های شیری کودکان ساکن در شهر ساری و تهران در سال ۱۴۰۰ پرداخته شد. حجم نمونه، با استفاده از مطالعه Pashmi و همکاران (۱۱) که میانگین سرب در دندان شیری کودکان را  $1/62 \pm 1/96$  ارزیابی کرده بودند، صورت گرفت. با در نظر گرفتن فاصله اطمینان ۹۵ درصدی ( $1-\alpha$ )، توان آزمون ۹۰ درصدی ( $1-\beta$ )، خطای مورد قبول ۰/۵ (d)، حجم نمونه ۱۱۱ دندان محاسبه شد. دندان‌هایی وارد مطالعه شدند که فاقد پوسیدگی و ترمیم باشند و از کلینیک‌های دندانپزشکی سطح شهر ساری و تهران جمع‌آوری شده باشند. تمام ظروف مورد استفاده برای جمع‌آوری نمونه‌ها، ابتدا چندین بار با آب مقطر شسته شدند و سپس به مدت یک شب در محلول ده درصد اسید نیتریک قرار داده شدند تا کاملاً تمیز گردند. دندان‌های شیری داخل این ظروف جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید (۱۱). به منظور از بین بردن مواد آلی موجود بر دندان‌ها، نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در محلول پراکسید هیدروژن ۳۰ درصد قرار داده شد و سپس چندین بار با آب مقطر شسته شد (۱۱). نمونه‌ها سپس داخل خشک‌کن و در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا کاملاً خشک گردند (۱۱). بعد از این مرحله ابتدا تاج دندان‌ها به وسیله فرز الماسی جدا شد و به منظور هضم بهتر، نمونه‌ها توسط یک دستگاه آسیاب دارای تیغه استیل به طور کامل تبدیل به پودر شدند. برای انجام فرآیند هضم اسیدی، میزان یک گرم از هر نمونه به طور دقیق وزن شد و در داخل یک ارلن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد. به هر کدام از این ارلن‌ها میزان ۹ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد (مرکب آلمان) اضافه گردید و درب این ارلن‌ها با پارافیلیم بسته شد و به مدت یک شب در دمای اتاق قرار داده شدند. سپس مقدار ۳ میلی‌لیتر اسید پرکلریک ۷۲ درصد (مرکب آلمان) به این مخلوط اضافه گشت و

جدول شماره ۱: مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه در سطوح متغیرهای شهر و نوع دندان

متغیر	میانگین	انحراف معیار	سطح معنی داری
Pb غلظت کل	۸۳۸	۲/۲۱	-
	۵/۶۸	۱/۰۹	<۰/۰۰۱
	۹/۱۶	۱/۸۰	<۰/۰۰۱
	۱۰/۲۶	۱/۹۷	<۰/۰۰۱
ساری شهر	۸/۲۵	۱/۲۴	<۰/۰۰۱
	۶/۴۶	۱/۱۸	<۰/۰۰۱
	۰/۲۳	۰/۱۲	-
	۰/۱۰	۰/۰۳	<۰/۰۰۱
تهران شهر	۰/۲۶	۰/۱۱	<۰/۰۰۱
	۰/۳۴	۰/۱۲	<۰/۰۰۱
	۰/۱۹	۰/۰۶	<۰/۰۰۱
	۰/۱۳	۰/۰۳	<۰/۰۰۱
نوع دندان	۳۲/۱۲	۵/۰۴	-
	۲۴/۵۵	۵/۲۵	<۰/۰۰۱
	۳۴/۳۲	۳/۱۰	<۰/۰۰۱
	۳۵/۰۵	۴/۶۸	<۰/۰۰۱
Xلفی	۲۸/۴۴	۳/۴۷	<۰/۰۰۱
	۳۲/۰۷	۴/۵۲	<۰/۰۰۱
	۱۰/۷۱	۱/۵۷	-
	۱۰/۱۳	۱/۴۳	۰/۰۳۵
ساری شهر	۱۰/۸۸	۱/۵۸	<۰/۰۰۱
	۱۰/۹۸	۰/۳۸	<۰/۰۰۱
	۸/۵۰	۰/۳۳	<۰/۰۰۱
	۱۲/۳۰	۰/۴۴۶	<۰/۰۰۱
نوع دندان	۶۵۸/۴۵	۲۵۷/۴۱	-
	۲۰۲/۱۵	۸۲/۸۵	<۰/۰۰۱
	۷۹۱/۰۸	۶۹/۰۷	<۰/۰۰۱
	۶۰۶/۷۲	۲۷۵/۷۰	۰/۰۲۸
تهران شهر	۶۱۸/۱۲	۲۱۹/۸۴	۰/۰۲۸
	۷۴۸/۲۳	۲۴۸/۳۳	۰/۰۲۸
	۲۹۳/۸۴	۶۲/۶۶	-
	۲۲۳/۳۹	۳۲/۴۸	<۰/۰۰۱
نوع دندان	۳۱۴/۳۲	۱۳/۱۶	<۰/۰۰۱
	۳۰۶/۲۱	۲۵/۴۴	۰/۰۱۷
	۲۷۷/۸۳	۳۵/۶۳	۰/۰۱۷
	۲۹۳/۹۷	۵۷/۰۶	۰/۰۱۷
ساری شهر	۳۰/۱/۸۲	۱۲۷/۶۳	-
	۸۰/۸۸	۱۶/۱۰	<۰/۰۰۱
	۳۶۶/۴	۴۹/۷۷	<۰/۰۰۱
	۲۵۲/۳۳	۸۹/۲۲	۰/۰۰۲
تهران شهر	۳۵۷/۶۷	۱۳۵/۲۸	۰/۰۰۲
	۳۰۷/۱۰	۱۳۸/۴۱	۰/۰۰۲
	۰/۹۵	۰/۲۸	-
	۰/۹۰	۰/۳۳	۰/۳۱۵
ساری شهر	۰/۹۶	۰/۲۷	<۰/۰۰۱
	۱/۳۰	۰/۰۱	<۰/۰۰۱
	۰/۸۳	۰/۰۲	<۰/۰۰۱
	۰/۶۶	۰/۰۶	<۰/۰۰۱
نوع دندان	۱۷۱/۰۲	۵۸/۷۰	-
	۶۴/۸۵	۷/۳۹	<۰/۰۰۱
	۲۰۱/۸۸	۱۲/۸۶	<۰/۰۰۱
	۱۸۱/۸۶	۶۲/۸۱	۰/۱۲۲
تهران شهر	۱۷۵/۴۶	۵۳/۸۳	۰/۱۲۲
	۱۵۵/۵۹	۵۶/۲۶	۰/۱۲۲
	۱۷۲/۱۰	۲۳/۴۲	-
	۱۳۹/۱۰	۲/۲۴	<۰/۰۰۱
ساری شهر	۱۸۲/۰۵	۱۶/۹۷	<۰/۰۰۱
	۱۶۸/۸۴	۱۸/۶۴	<۰/۰۰۱
	۱۵۷/۶۲	۸/۱۷	<۰/۰۰۱
	۱۸۸/۶۱	۲۶/۹۴	<۰/۰۰۱

\* : تمامی غلظت‌های گزارش شده بر حسب  $\mu\text{g/g}$  می‌باشد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میانگین غلظت عناصر Sr و Ba, Al, Cu, Mn, Zn, Cr, Cd, Pb در دندان‌های جمع آوری شده از شهرهای ساری و تهران اختلاف معنی داری داشت ( $P < 0/05$ ) به گونه‌ای که غلظت این عناصر در دندان‌های جمع آوری شده از تهران بیش تر بود. هم چنین از نظر غلظت عناصر در دندان‌های مختلف اختلاف معنی داری در مقادیر عناصر Sr, Cd, Pb, Cr, Cu, Mn, Zn, Al و As مشاهده شد ( $P < 0/05$ ) به گونه‌ای که غلظت عناصر Cr, Cd, Pb, Al و As در دندان‌های پیش، غلظت عناصر Zn, Cu و Sr در دندان‌های خلفی و غلظت عنصر Mn در دندان نیش از باقی دندان‌ها بیش تر بود. مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه در سطوح شهر و نوع دندان در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

## بحث

هدف اولیه از این پژوهش مقایسه غلظت فلزات در دندان‌های شیری کودکان ساری و تهران بود. با توجه به داده‌های به دست آمده غلظت‌های متفاوتی از فلزات در دندان‌های شیری کودکان مشاهده شد. مطالعات نشان داده‌اند که غلظت فلزات سنگین در بافت‌های دندان مانند عاج دندان در انسان یا حیوانات منعکس کننده رسوب فلزات آلاینده در محیط است. جذب عناصر ضروری، معمولاً از طریق منابع غذایی و همچنین عناصر غیر ضروری ناشی از دخالت‌های محیطی است (۲۰). در این مطالعه به جز فلز آرسنیک، اختلاف غلظت معناداری بین تمامی فلزات موجود در دندان‌های شیری مورد مطالعه بین دو گروه نمونه‌های موجود در شهر ساری و تهران وجود داشت. در همه موارد، غلظت فلزات مورد مطالعه در نمونه‌های جمع آوری شده در شهر تهران بیش تر بود. یافته‌ی حاضر می‌تواند حاکی از فعالیت‌های صنعتی گسترده و ورود وسیع آلاینده‌ها به محیط زیست تهران به عنوان یکی از صنعتی‌ترین و آلوده‌ترین شهرهای ایران باشد (۲۱).

Alomary و همکاران در سال ۲۰۰۶ میانگین مقدار سرب را در ۲۸۰ دندان جمع آوری شده در اردن  $28/91 \pm 13/70 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $0/74-69/15 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده است که از مقادیر اندازه گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه بیش تر است (۲۲). دلیل این اختلاف می‌تواند مربوط به جامعه بزرگسال با محدوده سنی گسترده تر باشد؛ زیرا این افراد سال‌های بیش تری در تماس با آلاینده‌ها قرار دارند. هم‌چنین، جامعه مورد مطالعه آنان شامل افراد مصرف‌کننده سیگار بود که منبعی برای ورود آلاینده‌های بیش تر به بدن می‌باشد.

Chew و همکاران در سال ۲۰۰۰ میانگین مقدار سرب را در ۴۷ دندان در مالزی  $4/91 \pm 0/51 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $1/7-40/5 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده است که از مقادیر اندازه گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه بسیار بیشتر است (۲۳). در این مطالعه نیز جامعه مورد بررسی افراد بزرگسال چینی بودند که می‌تواند عواملی از جمله سن، شغل، مصرف سیگار و محیط زندگی و تماس با آلاینده‌ها، مقادیر فلزات در دندان‌ها را متأثر سازد. Kern and Mathiason در سال ۲۰۱۲ میانگین مقدار سرب در ۱۷ دندان دائمی را  $3/84$  در یک بازه  $(0/373 \pm 0/005)(15/78 \pm 0/02) \mu\text{g/g}$  گزارش کرده‌اند که از مقادیر اندازه گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه بیش تر است (۲۴). سن، تغذیه و محل زندگی از جمله عواملی هستند که بین نتایج مطالعه می‌تواند اختلاف ایجاد کنند. مصرف بیش تر یا کم تر از حد مس مشکلاتی را به همراه دارد (۲۵).

Amr و همکاران در سال ۲۰۱۱ میانگین مقدار مس در ۶۴ دندان شیری و ۱۱۲ دندان دائمی جمع آوری شده از مصر را  $6/4 \pm 4/8 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $2-11/3 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده‌اند که از مقادیر اندازه گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه کم تر بود (۱۲). Chew و همکاران در سال ۲۰۰۰ میانگین مقدار مس را در ۴۷ دندان دائمی در مالزی  $0/29 \pm 0/03 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $0/1-6/0 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده است که از مقادیر

اندازه گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه کم تر است (۲۳). آلودگی کم تر محیط در مالزی و مصر و یا مصرف کم تر مواد غذایی حاوی مس از جمله گیاهان در آنان می‌تواند علت این یافته باشد.

در مطالعات انجام شده توسط Burguera و همکاران در سال ۲۰۰۲ بر ۶۷ دندان شیری (۲۶)، Fisher و همکاران در سال ۲۰۱۳ بر ۴۵ دندان شیری (۱۳) و پشمی و همکاران در سال ۲۰۱۲ بر ۱۰۸ دندان شیری (۱۱)، نیز مشخص گردید که میزان مس در دندان پیش شیری بیش تر از سایر دندان‌ها بود که با نتایج به دست آمده در این مطالعه مطابقت ندارد. تفاوت در منطقه مورد مطالعه و تغییرات ناگهانی در آلودگی یک محیط در زمان تکامل دندان‌های پیش و یا خلفی به هنگام بارداری مادر می‌تواند از جمله دلایل تناقض بین یافته‌های مطالعه حاضر و سایر مطالعات باشد. آرسنیک (As) نیز در فهرست سمی ترین فلزات قرار دارد. وجود آرسنیک در دندان‌های نمونه‌برداری شده می‌تواند به دلیل مصرف سیگار باشد (۲۷).

Amr و همکاران در سال ۲۰۱۱ میانگین مقدار آرسنیک را در ۶۴ دندان شیری و ۱۱۲ دندان دائمی جمع آوری شده از مصر  $0/82 \pm 0/07 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $0/14-0/23 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده‌اند که از مقادیر اندازه گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه بسیار کم تر است (۱۲).

Jones و همکاران در سال ۲۰۱۴ میانگین مقدار آرسنیک را در ۷۵ دندان دائمی جمع آوری شده از جمعیت آمریکایی  $0/05 \pm 0/03 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $0/01-0/16 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده‌اند که آن نیز از مقادیر اندازه گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه کم تر است (۲۸). غلظت بیش تر این فلزات در دندان‌های کودکان ایرانی ممکن است به دلیل آلودگی بیش تر هوا و آلاینده‌ها در محیط و یا حتی مصرف بیش تر دخانیات در خانواده‌های ایرانی باشد که نیاز به مطالعات بیش تر دارد.

Amr و همکاران در سال ۲۰۱۱ میانگین مقدار کروم را در ۶۴ دندان شیری و ۱۱۲ دندان دائمی جمع آوری

شده در مصر  $0.04 \pm 0.01 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $2 \mu\text{g/g}$  - گزارش کرده‌اند که از مقادیر اندازه‌گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه بسیار کم‌تر است (۱۲). Jones و همکاران در سال ۲۰۱۴ میانگین مقدار کروم را در ۴۷ نمونه دندان آمریکایی  $0.19 \pm 0.28 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $0.00-1.18 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده‌اند که از مقادیر اندازه‌گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه کم‌تر است (۲۸). فعالیت‌ها و پساب‌های صنعتی منبع اصلی ورود کروم به محیط زیست و آلودگی آن هستند که بسیار در محیط پایدارند و برای اندام‌های انسان سمی هستند (۲۹). بنابراین با توجه به نتایج فوق می‌توان نتیجه گرفت که در مطالعه حاضر کودکان در محیط آلوده‌تر با فعالیت‌های صنعتی بیش‌تری زندگی می‌کرده‌اند. منگنز (Mn) در سطوح بالا، اختلال حرکتی شدید به نام "منگنیسم" ایجاد می‌کند (۳۰). Am و همکاران در سال ۲۰۱۱ میانگین مقدار منگنز را در ۶۴ دندان شیری و ۱۱۲ دندان دائمی مصری  $5.5 \pm 2 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $2.5-8.5 \mu\text{g/g}$  و میانگین غلظت روی را  $30 \pm 133 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $85-166 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده است که از مقادیر اندازه‌گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه بسیار کم‌تر است (۱۲). Chew و همکاران در سال ۲۰۰۰ میانگین مقادیر روی را در نمونه دندان‌های دائمی جمع‌آوری شده در مالزی  $1.69 \pm 1.09 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $182.5-93.4 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده است که از میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه کم‌تر است (۲۳).

در مطالعه پشمی و همکاران در سال ۲۰۱۲ بر ۱۰۸ دندان شیری، میانگین غلظت عنصر روی در نمونه‌های دندان شیری شهر بیرجند برای دندان‌های آسیا، نیش و پیش به ترتیب:  $17.306$ ،  $67.154$  و  $67.193$  میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شد که از میانگین مقادیر این مطالعه برای هر سه گروه دندانی کم‌تر است (۱۱). نتایج به دست آمده از مطالعه پشمی و همکاران نشان می‌دهد که غلظت عنصر روی در دندان آسیا بالاتر از

سایر دندان‌ها است که با نتایج به دست آمده از این مطالعه مطابقت دارد. تغییرپذیری غلظت عناصر با نوع دندان می‌تواند تحت تاثیر سن دندان، مکان قرارگیری آن در دهان و اندازه آن باشد (۱۱). روی یک عنصر ضروری برای بدن است. گزارش شده است که دندان بچه‌ها با میزان روی پایین‌تر از ۹۰ میکروگرم بر گرم نشان‌دهنده تأمین روی کم باشد (۲۶).

Burguera و همکاران در سال ۲۰۰۲ با حجم نمونه ۶۷ دندان شیری، در مطالعه خود گزارش نمودند که میزان روی در دندان آسیا بیش‌تر از سایر دندان‌ها است که با نتیجه به دست آمده از تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۶). در این مطالعه تمام مقادیر به دست آمده برای فلز روی بالاتر از ۱۰۰ Part Per Million (قسمت در میلیون) بوده و نشان‌دهنده این است که بچه‌ها مصرف روی کافی داشته‌اند. میزان روی به دست آمده در این مطالعه در دندان‌های کودکان ساکن تهران بسیار بالاتر از مقادیر به دست آمده توسط سایر محققان می‌باشد و علت آن را می‌توان مصرف بیش‌تر غذاهای حاوی این عنصر توسط کودکان ساکن در شهر تهران بیان کرد (۳۱).

Am r و همکاران در سال ۲۰۱۱ میانگین مقدار آلومینیوم را در ۶۴ دندان شیری و ۱۱۲ دندان دائمی مصری  $12.3 \pm 17.9 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $3-69.5 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده‌اند که از مقادیر اندازه‌گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه کم‌تر است (۲۴). آلومینیوم به‌طور عمده از طریق تغذیه و آب آشامیدنی وارد بدن می‌شود. بنابراین، با توجه به نتایج فوق می‌توان احتمال داد که مقادیر آلومینیوم بیش‌تری در آب و مواد غذایی مصرفی کودکان مطالعه حاضر وجود داشته است.

Amr و همکاران میانگین مقدار باریم را در نمونه دندان‌های شیری مصری  $3.2 \pm 7.8 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $13.8-2.06 \mu\text{g/g}$  گزارش کرده‌اند که از مقادیر اندازه‌گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه کم‌تر است (۱۲). Amr و همکاران میانگین مقدار استرانسیم را در نمونه دندان‌های مصری  $11.3 \pm 87 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $157 \mu\text{g/g}$

شیری کودکان تهران و ساری وجود دارد. هم‌چنین تفاوت معنی‌داری بین غلظت عنصر آرسنیک در بین نمونه‌های تهران و ساری مشاهده نشد. این نتایج می‌تواند بیانگر تجمع بیش‌تر این فلزات در دندان‌های شیری در محیط‌هایی با آلودگی بیش‌تر باشد. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که دندان‌های شیری ابزار مناسبی برای تعیین آلودگی محیط می‌باشند و یافته‌های به دست آمده از آن‌ها بیانگر وضعیت محیط در طولانی مدت می‌باشد.

### سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله لازم می‌دانند تا از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران بابت حمایت‌های صورت گرفته تشکر کنند.

۱۱۴-۶۰/۹ گزارش کرده‌اند که از مقادیر اندازه‌گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه کم‌تر است (۱۲). Brown در سال ۲۰۰۴ میانگین مقدار استرانسیم را  $118 \pm 37/8 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $52-262 \mu\text{g/g}$  برای ۲۷ نمونه در انگلیس و  $175 \pm 38/0 \mu\text{g/g}$  در یک بازه  $97 \pm 244 \mu\text{g/g}$  برای ۲۱ نمونه در اوگاندا گزارش کرده است که در انگلیس از مقادیر اندازه‌گیری شده در دندان‌های شیری در این مطالعه کم‌تر و در اوگاندا از مطالعه حاضر اندکی بیش‌تر بود (۳۲). این اختلاف می‌تواند مرتبط با تغذیه، سطح پیشرفتگی کشورها و پاکی محیط زیست کشورها باشد.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تفاوت قابل توجهی بین غلظت فلزات سرب، کادمیم، مس، آلومینیوم، روی، منگنز، باریم، استرانسیم و کروم در دندان‌های

### References

1. Abdulla M, Chmielnicka J. New aspects on the distribution and metabolism of essential trace elements after dietary exposure to toxic metals. *Biol Trace Elem Res* 1989; 23: 25-53.
2. Rahman MM, Hossain MKFB, Afrin S, Saito T, Kurasaki M. Effects of metals on human health and ecosystem. In book: *The Handbook of Environmental Chemistry*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2022. p. 81-119.
3. Zhang M, Pu J. Mineral materials as feasible amendments to stabilize heavy metals in polluted urban soils. *J Environ Sci (China)* 2011; 23(4): 607-615.
4. Cao H, Chen J, Zhang J, Zhang H, Qiao L, Men Y. Heavy metals in rice and garden vegetables and their potential health risks to inhabitants in the vicinity of an industrial zone in Jiangsu, China. *J Environ Sci (China)* 2010; 22(11): 1792-1799.
5. Mahmoud N, Al-Shahwani D, Al-Thani H, Isaifan RJ. Risk Assessment of the Impact of Heavy Metals in Urban Traffic Dust on Human Health. *Atmosphere* 2023; 14(6): 1049.
6. Nkwunonwo UC, Odika PO, Onyia NI. A review of the health implications of heavy metals in food chain in Nigeria. *Sci World J* 2020; 2020: 6594109.
7. Filipoiu DC, Bungau SG, Endres L, Negru PA, Bungau AF, Pasca B, et al. Characterization of the toxicological impact of heavy metals on human health in conjunction with modern analytical methods. *Toxics* 2022; 10(12): 716.
8. Kaur N. Photochemical mediated reactions in five-membered O-heterocycles synthesis. *Synth Commun* 2018; 48(17): 2119-2149.
9. Sharma S, Kaur G, Kaur C. Trend in the analysis of heavy metals in human teeth dentine: A review. *INPAFO* 2020; 9(2): 93-112.
10. Moskalenko O, Marchwińska-Wyrwał E, Piekut A, Gut K, Ćwieliąg-Drabek M. Lead in



- human teeth dentine as a bio-indicator of environmental exposure to lead. *Med Środ* 2020; 23(1-4): 33-38.
11. Pashmi K, PourKhabbaz A. Evaluation of the concentration of copper and zinc elements in children deciduous teeth of Birjand City (Iran) in 2010. *Journal of Mashhad Dental School* 2012; 36(4): 271-278 (Persian).
  12. Amr M. Trace elements in Egyptian teeth. *Int J Phys Sci* 2011; 6(27): 6241-6245.
  13. Fischer A, Wiechula D, Przybyla-Misztela C. Changes of concentrations of elements in deciduous teeth with age. *Biol Trace Elem Res* 2013; 154(3): 427-432.
  14. Kamberi B, Kocani F, Dragusha E. Teeth as indicators of environmental pollution with lead. *J Environment Analytic Toxicol* 2012; 2(1): 1000118.
  15. Shishniashvili T, Suladze N, Margvelashvili V. Primary teeth and hair as indicators of environmental pollution. *J Clin Pediatr Dent* 2016; 40(2): 152-155.
  16. Johnston JE, Franklin M, Roh H, Austin C, Arora M. Lead and arsenic in shed deciduous teeth of children living near a lead-acid battery smelter. *Environ Sci Technol* 2019; 53(10): 6000-6006.
  17. Duruibe JO, Ogwuegbu M, Egwurugwu JJIops. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *Int J Phys Sci* 2007; 2(5): 112-118.
  18. Tvinnereim HM, Eide R, Riise T. Heavy metals in human primary teeth: some factors influencing the metal concentrations. *Sci Total Environ* 2000; 255(1-3): 21-27.
  19. Horton MK, Hsu L, Henn BC, Margolis A, Austin C, Svensson K, et al. Dentine biomarkers of prenatal and early childhood exposure to manganese, zinc and lead and childhood behavior. *Environ Int* 2018; 121: 148-158.
  20. Anjos M, Barroso R, Perez C, Braz D, Moreira S, Dias K, et al. Elemental mapping of teeth using  $\mu$ SRXRF. *Nucl Instrum Methods Phys Res B* 2004; 213: 569-573.
  21. Heger M, Sarraf M, Heger MP. Air pollution in Tehran: health costs, sources, and policies. Washington DC: World Bank Group; 2018.
  22. Alomary A, Al-Momani I, Massadeh A. Lead and cadmium in human teeth from Jordan by atomic absorption spectrometry: Some factors influencing their concentrations. *Sci Total Environ* 2006; 369(1-3): 69-75.
  23. Chew L, Bradley D, Mohd AY, Jamil MM. Zinc, lead and copper in human teeth measured by induced coupled argon plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES). *Appl Radiat Isot* 2000; 53(4-5): 633-638.
  24. Kern J, Mathiason L. The determination of copper, zinc, and lead in human teeth using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES). *The Concordia College Journal of Analytical Chemistry* 2012; 3: 33-39.
  25. Lokeshappa B, Shivpuri K, Tripathi V, Dikshit A. Assessment of Toxic Metals in Agricultural Produce. *Food and Public Health* 2012; 2(1): 24-29.
  26. Burguera E, Romero Z, Burguera M, Burguera JL, de Arenas H, Rondon C, et al. Determination of some cationic species in temporary teeth. *J Trace Elem Med Biol* 2002; 16(2): 103-112.
  27. Khandaker M, Asaduzzaman K, Nawi S, Usman A, Amin Y, Daar E, et al. Assessment of radiation and heavy metals risk due to the dietary intake of marine fishes (*Rastrelliger kanagurta*) from the Straits of Malacca. *PLoS One* 2015; 10(6): e0128790.
  28. Jones ME. Trace element analysis of human tooth enamel by laser ablation-inductively

- coupled plasma-mass spectrometry for estimation of region of origin. Masters' Thesis. Boston University; 2014.
29. Al-Ouqaili MT, Saleh RO, Amin HIM, Jawhar ZH, Akbarizadeh MR, Naderifar M, et al. Synthesize of pluronic-based nanovesicular formulation loaded with *Pistacia atlantica* extract for improved antimicrobial efficiency. *Arab J Chem* 2023; 16(6): 104704.
30. Dydak U, Jiang Y-M, Long L-L, Zhu H, Chen J, Li W-M, et al. In vivo measurement of brain GABA concentrations by magnetic resonance spectroscopy in smelters occupationally exposed to manganese. *Environ Health Perspect* 2011; 119(2): 219-224.
31. Wiechula D, Fischer A, Kwapuliński J, Loska K, Fischer T, Kurpas P. Multivariate statistical analysis of metal concentrations in teeth of residents of Silesian region, southern Poland. *Arch Environ Contam Toxicol* 2006; 51(2): 314-320.
32. Brown CJ, Chenery SR, Smith B, Mason C, Tomkins A, Roberts GJ, et al. Environmental influences on the trace element content of teeth—implications for disease and nutritional status. *Arch Oral Biol* 2004; 49(9): 705-717.