

مطالعه فلزات سنگین سرب و کادمیم در استخوان‌های باستانی: مطالعه موردی محوطه ولیران دماوند

پرستو مسجدی‌خاک^{۱*}، محمدرضا نعمتی^۲ مصطفی خزایی کوهپیر^۳

چکیده

سرب و کادمیم از جمله فلزات سنگین است که به مقدار نادر در آب، خاک، گیاه، حیوان و انسان وجود دارد. این فلزات سنگین از طریق غذا خوردن، استنشاق و تماس پوستی، جذب بدن انسان و حیوان می‌شود. سرب و کادمیم به دلیل نیم عمر طولانی در بدن انسان و حیوان و سمیت زیادی که دارند از اهمیت بسیاری برخوردار هستند. در این پژوهش نمونه‌های دندانی از ۱۰ اسکلت انسانی محوطه تاریخی ولیران دماوند متعلق به دوره اشکانی جهت تعیین سطح سرب و کادمیم با استفاده از دستگاه طیف‌بینی جذب اتمی دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس تهران آزمایش گردید. این مطالعه میزان بالایی از سرب و کادمیم را در نمونه‌ها نشان داد. میزان سرب در نمونه‌ها بین ۳۸۰-۱۴۸ ppm و میزان کادمیم در نمونه‌ها بین ۱۰۳-۵۰ ppm متغیر بود. با توجه به آن که در مطالعات باستان‌شناسی سرب و کادمیم نشانه‌ای از آلودگی است، این میزان بالای سرب و کادمیم می‌توانسته در نتیجه عواملی همچون تغذیه و نوع آب آشامیدنی، انجام فعالیت‌های فلزکاری و بیماری‌ها جذب بدن شده باشد. با توجه به انواع عواملی که می‌توانسته موجب آلودگی نمونه‌ها به سرب و کادمیم شده باشد؛ به نظر می‌رسد رژیم غذایی و استفاده از آب چشمه عوامل اصلی در بالا بودن میزان سرب و کادمیم در نمونه‌های باستانی بوده باشد و همچنین وجود جاده در مجاورت محوطه نیز خود در طول زمان می‌توانسته موجب افزایش سطح سرب و کادمیم در خاک و اسکلت‌های انسانی شده باشد.

واژه‌های کلیدی: سرب، عناصر نادر، فلزات سنگین، ولیران.

ارجاع: مسجدی‌خاک پ. نعمتی م. خزایی کوهپیر م. ۱۳۹۸. مطالعه فلزات سنگین سرب و کادمیم در استخوان‌های باستانی: مطالعه موردی محوطه ولیران دماوند. نشریه جستارهای باستان‌شناسی ایران پیش از اسلام. ۴(۱): ۳۵-۴۰.

۱- استادیار گروه باستان‌شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه نیشابور، نیشابور، ایران.

۲- استادیار پژوهشکده باستان‌شناسی سازمان میراث فرهنگی ایران، تهران، ایران.

۳- دکترای باستان‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: parasomasjedi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۰۳

مقدمه

امروزه فلزات سنگین به عنوان مهم‌ترین آلاینده‌های محیط زیست در بسیاری از کشورها به یک معضل مهم تبدیل شده است. در بین فلزات سنگین سرب و کادمیم به دلیل نیم عمر طولانی در بدن انسان و حیوان و سمی بودن اهمیت ویژه‌ای دارند (Sarkar, 2002:180). فلزات سنگین به دلیل غیر قابل جذب بودن اثرات منفی فیزیولوژیکی، در غلظت‌های پایین نیز بر فعالیت و سلامت جانداران تاثیرگذار هستند (سبحانی اردکانی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۷).

فلز سرب به دلیل گستردگی منابع سرب، بیشترین مقدار را در محیط زیست به خود اختصاص داده است. فلز سرب از دوران باستان شناخته شده و استفاده شده است. شواهد نشان می‌دهد که مصریان باستان با سرب آشنایی داشته‌اند و از خاصیت آن به عنوان ماده‌ای که سبب مرگ می‌شود به‌خوبی آگاه بوده‌اند (حبیبی، ۱۳۷۸: ۹). سرب از ۵ تا ۷ هزار سال قبل از میلاد برای لعاب‌کاری ظروف به‌کار رفته است. رومی‌ها از سرب در لعاب‌دهی ظروف و در لوله‌های تأمین آب منازل استفاده می‌کردند (Silva et al, 2005: 81; Fleming, 2007: 79)؛ همین موجب مسمومیت‌های شدید و مرگ و میر زیاد در بین اشراف‌زادگان رومی گردید و آزمایش‌های صورت‌گرفته روی اجساد شاهزادگان رومی میزان بالای سرب را در استخوان‌های آن‌ها تأیید می‌کند (صاحب‌قدم لطفی، ۱۳۶۷: ۴).

در مطالعات باستان‌شناسی، سرب و کادمیم به عنوان یک شاخص آلودگی مطرح است. در گذشته سرب از طریق آلودگی مواد غذایی و آشامیدنی توسط مواد مصرفی سرب دار، ظروف مربوط به پخت و پز، ظروف ذخیره غذا، لوله‌های هدایت آب و استنشاق هوای آلوده وارد بدن می‌شده است (مایز، ۱۳۸۱: ۲۷۶ و ۲۷۷)، هم‌چنین وسایل آرایشی و مصرف تنباکو از منابع دیگر سرب است (Rubio et al, 2005: 47). سرب عنصری است که بیش از ۹۵ درصد آن در استخوان و دندان ذخیره می‌گردد (Hugo et al, 2002: 674; Todd et al, 2004: 485). سطح سرب استخوان ممکن است تحت تأثیر سرب طبیعی خاک و سرب صنعتی بالا برود (Ericson et al, 1991: 217-219). در سبزیجات، غلات و میوه‌ها مقادیری از سرب است که تابعی از غلظت این عنصر در خاک محوطه است. سطح سرب بسته به سن و محل استخوان‌بندی افزایش می‌یابد

(Wittmers et al, 1988:382).

کادمیم همانند سرب عکس‌العمل بیولوژیکی در بدن ندارد. بیش از ۵۰ درصد کادمیم در کلیه و کبد ذخیره می‌شود و بخش نسبتاً کمی از آن در استخوان تجمع می‌یابد (همان). تجمع کادمیم در غذا وابسته به سطح تجمع آن در خاک است (Silva et al, 2005:80).

به طور کلی غذا به عنوان مهم‌ترین منبع انباشت کادمیم در بدن انسان است. افزایش کادمیم در بدن موجب می‌شود کادمیم جایگزین عناصر ضروری بدن همچون روی شده و موجب بی‌اثر شدن عملکرد بیولوژیکی آنزیم‌ها گردد (Zapata et al, 2006:358). کادمیم در کبد، کلیه، استخوان، مو و پانکراس تجمع می‌یابد (رحیمی آلاشتی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳۴) و بخش نسبتاً کمی از آن در استخوان ذخیره می‌شود.

امروزه فعالیت‌های صنعتی، معدن‌کاری، احتراق سوخت‌های فسیلی، استفاده از آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی و وسایل نقلیه موجب افزایش حجم فلزات سنگین در چرخه زیست محیط شده است (Adriano, 1986:533). فلزات سنگین بسته به کمیت و کیفیت سبب تغییر در عملکردهای طبیعی سیستم تنفسی، سیستم عصبی، گردش خون، تولید مثل و حرکت می‌شوند (Hugo et al, 2004:489).

پیشینه پژوهش

امروزه پژوهشگران بسیاری به بررسی فلزات سنگین در استخوان‌های باستانی پرداخته‌اند؛ از جمله می‌توان به پژوهش‌های جاناتان و همکارانش اشاره کرد. آن‌ها میزان فلزات سنگین استخوان‌های انسانی عصر باستان و معاصر هندیان را با آمریکای شمالی و انگلیس مقایسه کرده و بیان داشتند که میزان سرب در انسان‌های معاصر به‌دلیل استفاده‌های صنعتی از سرب افزایش یافته است (Ericson et al, 1991:220). کنزالز میزان سرب و کادمیم در استخوان انسان‌های پیش از تاریخ جزایر قناری را به همراه نمونه‌های امروزی مطالعه کرد و بازگو کرد که میزان سرب در نمونه‌های باستانی جزایر قناری کمتر از نمونه‌های امروزی است و میزان بالای سرب در نمونه‌های امروزی را نتیجه آلودگی‌های محیطی دانسته است (Gonzalez-Reimers et al, 1999:407). او در پژوهش دیگری که روی استخوان‌های انسانی و حیوانی پیش از تاریخ و معاصر

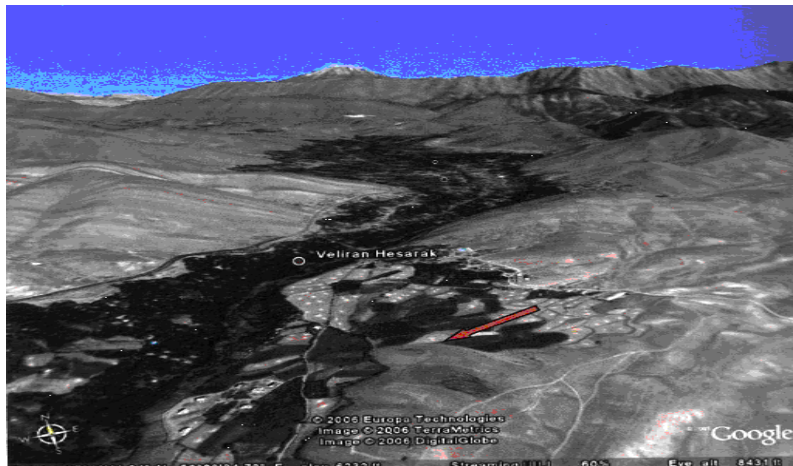
با توجه به اهمیتی که فلزات سنگین در زندگی انسان دارد، در این پژوهش به بررسی عنصر سرب و کادمیم در استخوان‌های انسانی محوطه باستانی ولیران دماوند پرداخته شده است تا از طریق بررسی سطح سرب و کادمیم، وجود آلودگی‌های زیست محیطی در محوطه بررسی شود.

جغرافیای محوطه مطالعه شده

روستای ولیران در بخش مرکزی شهرستان دماوند قرار دارد و جزء دهستان تارود محسوب می‌شود. این محوطه در حدود پانصد متری جنوب روستای ولیران بر تپه ماهورهای میان روستای ولیران قرار دارد. در نتیجه کاوش‌های صورت گرفته در این محوطه، بقایای معماری منظمی متعلق به دوره ساسانی و در زیر آن گورستانی متعلق به دوره اشکانی شناسایی شد. از این گورستان ۲۱ تدفین انسانی و اشیای نفیسی همچون چهار ریتون و آمفورای سفالی و ۷ سکه نقره متعلق به شاهان اشکانی و ظروف و اشیای از جنس نقره، مفرغ و آهن به دست آمد (شکل ۱) (نعمتی، ۱۳۸۵: ۳۷۰).

جزیره قناری انجام داد، عنوان داشت که ارتباط معنی‌داری بین سرب و کادمیم استخوان وجود دارد و سرب در استخوان‌های انسانی و حیوانی عصر حاضر جزیره قناری، بیشتر از گذشته بوده است (Gonzalez-Reimers *et al.*, 2003:98).

زاپاتا، استخوان‌های اسکلت‌های انسانی قرن چهارم تا ششم میلادی یکی از مناطق ساحلی جنوب شرق اسپانیا را تجزیه عنصری کرد. او میزان سرب بسیار زیادی را گزارش داد و آن را بازتابی از تغییرات پس از مرگ و نیز وجود سرب در آب‌های آشامیدنی ساکنان محوطه مورد مطالعه در طول دوره زندگی می‌داند (Zapata *et al.*, 2006:359). تود و همکاران میزان سرب استخوان درشت نی را با دو تکنیک XRF و AAS اندازه‌گیری کردند؛ نتایج آن‌ها نشان داد که تفاوت چشم‌گیری در میزان سرب اندازه‌گیری شده با این دو تکنیک وجود ندارد (Todd *et al.*, 2002:675). مسجدی در پژوهشی میزان سرب را در نمونه‌های انسانی محوطه باستانی گوهرتپه به‌شهر مطالعه کرد؛ نتایج او سرب زیادی را در نمونه‌ها نشان داد. با توجه به بوت‌های ذوب فلز و فلزاتی که در کنار اسکلت‌ها به دست آمد، دلیل بالا بودن سرب در نمونه‌ها را انجام فعالیت‌های فلزکاری در محوطه ذکر کرد (مسجدی، ۱۳۹۴:۳۳).



شکل ۱- عکس هوایی از محوطه ولیران (نعمتی، ۱۳۸۵: ۳۷۱).

این روش نمونه‌ها را به صورت پودر درآورده، سپس یک گرم از نمونه را در ده گرم اسید نیتریک حل کرده و این یک گرم به مدت ۱۲ ساعت در کوره در دمای ۷۰۰ درجه قرار داده شد و خاکستر به دست آمده با اسید نیتریک رقیق شده به نسبت ۱ به ۱ به حجم ۱۰cc رسانده شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۱۰ نمونه دندان از محوطه باستانی ولیران به منظور انجام مطالعات انتخاب شد. نمونه‌ها به‌طور تصادفی و بدون توجه به سن و جنس انتخاب شدند. در

نمونه‌ها سپس با دستگاه طیف بینی جذب اتمی در دانشگاه تربیت مدرس تهران آزمایش شد.

بحث

غلظت ترکیبات شیمیایی موجود در استخوان تحت تأثیر عوامل گوناگونی هم‌چون رژیم غذایی و وضعیت زیست محیطی قرار دارد (Nowak and Chmielnicka, 2000: 268). فلزات سنگین هم‌چون سرب به دلایل مختلف و با درجات مختلف در استخوان تجمع می‌یابند. سرب هم‌چنین ممکن است با سموم محیطی از نواحی صنعتی دیده شود.

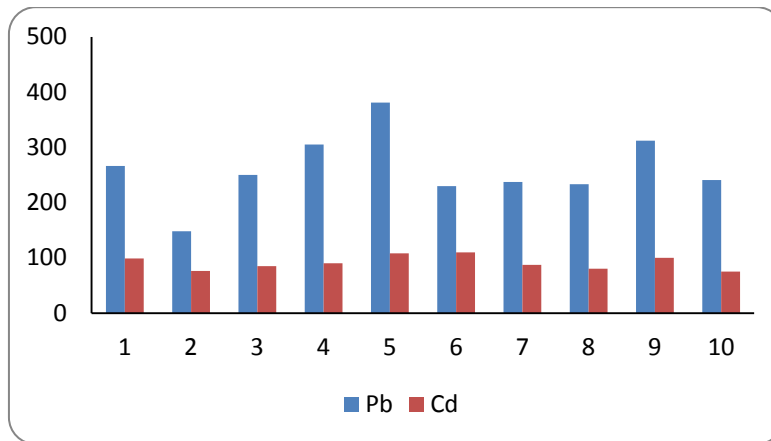
حد مجاز سرب در آب طبق استانداردهای ملی ایران، سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد اولیه سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۱۵ میلی‌گرم در لیتر است. مصرف هفتگی سرب برای افراد بالغ را کارشناسان فائو (FAQ) و بهداشت جهانی (WHO) ۰/۳ میلی‌گرم پیشنهاد کرده‌اند (رحیمی آلاستی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۴۲).

حد مجاز کادمیم در آب طبق استانداردهای ملی ایران، سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد اولیه سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) به ترتیب ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۵ میلی‌گرم در لیتر است. سازمان غذا و دارو (FAD) حداکثر میزان جذب روزانه برای انسان را ۵۵ میکروگرم و حد مجاز کادمیم کل در خاک را ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام کرده است (همان).

در این پژوهش سطح سرب و کادمیم در ۱۰ نمونه اسکلت انسانی بررسی شد. میزان سرب در اسکلت‌های انسانی محوطه ولیران بین ۱۴۸-۳۸۰ ppm بود (نمودار ۱). میزان سرب در این نمونه‌ها بسیار بالاست و سرب یک نمونه حتی به ۳۸۰ ppm می‌رسد که بسیار زیاد است. مارکوس و همکاران در پژوهشی به بررسی میزان سرب در دندان‌های بیماران پرداختند؛ نتیجه پژوهش آن‌ها نشان داد که

میزان بالای سرب در دندان‌های ساکنان محوطه ناشی از بیماری‌های کبدی بوده است (Marques, 2004:56). با توجه به این که مطالعات آسیب‌شناسی روی اسکلت‌های محوطه ولیران انجام نشده، نمی‌توانیم به قطعیت بالا بودن سرب در نمونه‌ها را نتیجه بیماری ساکنان محوطه بدانیم. میزان کادمیم در نمونه‌ها بین ۱۰۳-۵۰ ppm است (نمودار ۱). کادمیم همانند سرب عکس‌العمل بیولوژیکی در بدن ندارد. بیش از ۵۰ درصد کادمیم در کلیه و کبد ذخیره می‌شود و بخش نسبتاً کمی از آن در استخوان تجمع می‌یابد (Wittmers *et al*, 1988:385). تجمع کادمیم در غذا وابسته به سطح تجمع آن در خاک است (Silva *et al*, 2005:81). وجود کادمیم موجب نرمی استخوان می‌گردد (Smirjakova *et al*, 2006:31). میزان بالای کادمیم در استخوان مرتبط با آلودگی هوا، آب، انجام فعالیت‌های صنعتی و ذوب فلزات و معدن کاری است. بالا بودن سطح کادمیم، تأثیرات محیطی را نیز آشکار می‌سازد (Silva *et al*, 2005:91).

با توجه به این اصل که میزان سرب و کادمیم در اسکلت انسان تحت تأثیر محیط زندگی فرد و نیز مواد غذایی است که او مصرف کرده است (Martinez, 2005:64)؛ بالا بودن سرب و کادمیم در محوطه ولیران می‌توانسته نتیجه چند عامل باشد؛ یک عامل قرار گرفتن جاده در نزدیکی محوطه است که این می‌توانسته موجب آلودگی خاک شده و استخوان‌های باستانی را نیز تحت تأثیر خود قرار داده است (Gonzalez *et al*, 1999, 2003). فلزکاری و استفاده از ظروف و اشیای فلزی از سوی ساکنین این محوطه نیز می‌تواند سطح سرب را در استخوان و دندان افزایش دهد. از سوی دیگر آستانه طبیعی برخی فلزات هم‌چون سرب و کادمیم با کشف فلزات شروع به افزایش کرده و بنابراین دلیل بالا بودن فلزاتی هم‌چون سرب و کادمیم می‌تواند نتیجه وجود معادن در منطقه باشد (Jurkiewicz, *et al* 2004:95).



نمودار ۱ - غلظت سرب و کادمیم در نمونه‌های محوطه ولیران

پیشرفتگی امروز نبودند، نیز عوامل مختلفی وجود داشت که موجب آلودگی محیطی می‌شد و این عوامل شامل رژیم غذایی، فعالیت‌های مرتبط با ذوب فلز، استفاده از ظروف و اشیای فلزی بود. نتایج این پژوهش میزان نسبتاً بالایی از سرب و کادمیم را در محوطه ولیران نشان داد. غلظت بالای این دو فلز در این محوطه تحت تأثیر زیست بوم و نحوه معیشت ساکنان محوطه بوده است. با توجه به این که در کنار تغذیه و نوع آب آشامیدنی، فعالیت‌های صنعتی مانند فلزکاری و استفاده از فلزات نیز می‌توانسته به مرور زمان موجب افزایش سطح فلزات سنگین در نمونه‌ها شده باشد؛ به نظر می‌رسد از مجموع این عوامل نوع رژیم غذایی و استفاده از آب‌های معدنی و فعالیت‌های فلزکاری که در محوطه انجام شده بیشترین تأثیر را در افزایش حجم سرب و کادمیم ساکنان این محوطه داشته است. هرچند که قرار گرفتن جاده در کنار محوطه نیز در طول زمان خود می‌توانسته موجب افزایش حجم سرب و کادمیم خاک و دندان شده باشد.

با توجه به آن که در آب چشمه میزان بالایی سرب وجود دارد؛ از دیگر عواملی که می‌توانسته موجب افزایش میزان سرب در اسکلت‌های مورد بررسی باشد، استفاده ساکنان این محوطه از آب چشمه‌ها بوده است. وجود چشمه‌های آب معدنی فراوان در محدوده دماوند تأکیدی بر این نظر است (همان).

از عوامل دیگری که موجب بالا رفتن میانگین سرب در بدن می‌شود نوع رژیم غذایی ساکنان این محوطه است؛ سبزیجات، غلات و میوه‌ها دارای مقادیری از سرب هستند (Fleming, 2007: 81; Jurkiewicz, et al, 2004:97).

نتیجه‌گیری

نظام معیشتی و زیست محیطی می‌تواند ترکیبات استخوان‌های انسانی و حیوانی در ادوار مختلف را تحت تأثیر خود قرار دهد. امروزه آلودگی محیطی در نتیجه فلزات سنگین یک موضوع مهم در بیشتر کشورهاست و دندان‌ها نشانه‌های خوبی از وجود آلودگی محیطی را فراهم می‌کنند. در گذشته که جوامع از لحاظ صنعتی به

منابع

۱. حبیبی، مسعود، ۱۳۷۸، بررسی میزان سرب موجود در خاک و نباتات حاشیه جاده سراسری مازندران (بهشهر- آمل)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۲. رحیمی آلاشتی، سپیده، محمدعلی بهمنیار، مهدی قاجارسپانلو، ۱۳۹۰، نقش لجن فاضلاب بر میزان pH, O.C, EC خاک و تجمع سرب و کادمیم در خاک و گیاه کاهو و تربچه، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، دوره ۱۸، شماره ۳، بهار ۱۳۹۰. صص ۱۴۷-۱۳۳.
۳. سبحانی اردکانی، سهیل، مریم جمالی، محمد معانی‌جو، ۱۳۹۳، بررسی غلظت آرسنیک، روی، کروم و منگنز در منابع آب زیرزمینی دشت رزن و تهیه نقشه پهنه‌بندی عناصر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۶، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۳. صص ۳۷-۲۵.

۴. صاحب‌قدم لطفی، عباس، ۱۳۶۷، متابولیسم سرب و مسمومیت‌های ناشی از آن، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۵. مایز، سایمون، ۱۳۸۱، باستان‌شناسی استخوان‌های انسان، ترجمه مازیار اشرفیان، انتشارات سازمان میراث فرهنگی کشور، تهران.
۶. مسجدی خاک، پرستو، ۱۳۹۴، تحلیل عناصر سنگین موجود بر دندان حیوان‌های باستانی: مطالعه موردی دندان‌های باستانی و جدید مورد محوطه ذلف‌آباد اراک، دو فصلنامه علوم باستان‌شناختی، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴. صص ۳۰-۴۲.
۷. نعمتی، محمدرضا، ۱۳۸۵، گزارش بررسی محوطه ولیران دماوند، سازمان میراث فرهنگی کشور، تهران.
8. Adriano DC. 1986, Trace Elements in the Terrestrial Environment. New York: Springer-Verlag, 533.
9. Ericson JE. Smith D. Fiegal R. 1975, Skeleton concentrations of lead, cadmium, zinc and silver in ancient North American pecoe Indians. Environmental Health perspectives, Vol. 93: 217-223.
10. Fleming D. 2007, evidence for lead diagenesis in ancient bones of the southern Andes, Nuclear instrument and methods in physics research, BXX, toxic elements. Brazilian. Plant Physiology, Londrina, Vol. 17: 79-93.
11. Gonzalez-Reimers E. Arnay-de-la-Rosa M. Velasco-Vazquez J. Galindo-Martín L. Delgado-Ureta E. Santolaria-Fernandez F. 1999, Bone lead in the prehistoric population of Gran Canaria. American Journal of human Biology, Vol. 11: 405 – 410.
12. Gonzalez-Reimers E. Velasco-Vazquez J. Arnay-de-la-Rosa M. Alberto-Barroso V. Galindo-Martín L. Santolaria-Fernandez F. 2003, Bone cadmium and lead in prehistoric inhabitants and domestic animals from Gran Canaria. The science of the total Environment, Vol. 301: 97-103.
13. Hugo B. Luna S. Herms W. De Campos C. 2004, Determination of lead in bone by electrothermal atomic absorption spectrometry with Zeeman Effect background correction. *The Brazilian Chemical Society Sao Paulo*, Vol.15: 487-490.
14. Jurkiewicz A. Nowak R. Gazdzik T. Ioska K. 2004, metal content in femoral head spongius bone of people living regions of different degrees of environmental pollution in southern and middle Poland. Ecotoxicology and environmental safety San Diego. Vol. 59: 95-101.
15. Marques AF. 2004, Xray microprobe synchrotron radiation XRay fluorescence application on human teeth of renal insufficiency patients. Spectrochemica Acta, Vol. 59: 51-60.
16. Martinez- Garcia MJ. 2005, Heavy metals in human bones in different historical epochs. Science of the total environment, Vol. 348: 51-72.
17. Nowak B. Chmielnicka J. 2000, Relationship of Lead and Cadmium to Essential Elements in Hair, Teeth, and Nails of Environmentally Exposed People. Ecotoxicology and environmental safety Vol. 46: 265-274.
18. Rubio C. González-Iglesias T. Revert C. Reguera J. 2005, Lead Dietary Intake in a Spanish Population (Canary Islands). Agricultural and Food Chemistry, Vol. 42: 69-45.
19. Sarkar B. 2002, Heavy metals in environment. Environmental Practice New York, Vol.4: 180-181.
20. Silva A. Barrocas P. Jacob S. Moreira JC. 2005, Dietary intake and health effects of selected toxic elements. Brazilian Journal of Plant Physiology Londrina, Vol. 17: 79-93.
21. Smirjakova S. Ondrassovicova O. Kaskova A. Lakticova K. 2006, The effect of cadmium and lead pollution on human and animal health. Food and Agriculture Organization. Vol. 49: 31-32.
22. Todd AC. parsons PJ. Carroll S. Geraghty C. Khan FA. Shida Tang Sh. Moshier EL. 2002, Measurements of lead in human tibiae: A comparison between K-shell x-ray fluorescence and electrothermal atomic absorption spectrometry. Physics in Medicine and biology, Vol.47: 673-687.
23. Wittmers L. Wallgren J. Aufderheide A. and Rapp G. 1988, Lead in bone, distribution of lead in the human skeleton. Arch Environ Health, Vol. 43: 381-391.
24. Zapata J. Pérez-Sirvent C. Martínez-Sánchez MJ. Tovar P. 2006, Diagenesis, not Biogenesis: Two Late Roman Skeletal Examples. Science of the Total Environment, Vol. 369: 357-36.